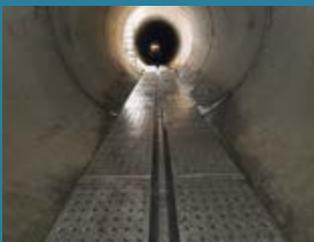


Klimaschutz & Abwasserbehandlung



Praxisbeispiele zum Klimaschutz
in der kommunalen Abwasserbehandlung



servicestelle:
kommunaler
klimaschutz

Klimaschutz & Abwasserbehandlung

Praxisbeispiele zum Klimaschutz
in der kommunalen Abwasserbehandlung



servicestelle:
kommunaler
klimaschutz

Impressum

Herausgeber: „Servicestelle: Kommunalen Klimaschutz“ beim Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Auf dem Hunnenrücken 3, 50668 Köln

Konzept: Franziska Wittkötter

Redaktion: Klaus-Dieter Beißwenger, Franziska Wittkötter

Gestaltungskonzept, Layout, Illustration: Irina Rasimus Kommunikation, Köln

Druck: purpur Produktion GmbH, Köln

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Alle Rechte vorbehalten. Köln 2012

Nur zur einfacheren Lesbarkeit verzichten wir darauf, stets männliche und weibliche Schreibweisen zu verwenden.

Diese Veröffentlichung wird kostenlos abgegeben und ist nicht für den Verkauf bestimmt.

Diese Publikation wurde auf Recyclingpapier (100% Altpapier, ausgezeichnet mit dem Blauen Engel) und klimaneutral gedruckt (die Emissionen aus der Druckproduktion werden durch eine Förderung zertifizierter Klimaschutzprojekte ausgeglichen).

ClimatePartner 
klimaneutral

Inhalt

CORNELIA RÖSLER Vorwort	5
FRANZISKA WITTKÖTTER Einleitung: Klimaschutzpotenziale in der kommunalen Abwasserbehandlung	6
HEINZ BRANDENBURG Energiekonzeption der Kölner Klärwerke	10
AGNES HÄHNEL-SCHÖNFELDER UND ALEXANDER MAURITZ Mannheim auf dem Weg zum energieautarken Klärwerk	22
GERHARD MEIER Das Wolfsburger Modell der Abwasserwertung – Beispiel für nachhaltige Wasser- und Energiekreisläufe	32
VOLKER CORNELSEN Energetische Klärgasnutzung in Warendorf	42
ROLF BARTEL Heizkraftwerk Kläranlage Waiblingen: Abwasserwärmenutzung mit Tradition	52
FRIEDRICH BACHSTEFFEL Energiegewinnung aus Abwasser am Beispiel Donaumarkt Regensburg	62
Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz – Information und Beratung für Kommunen	76
Bildnachweis	78

Klimaschutz & Abwasserbehandlung



Vorwort

Klimaschutz ist eine große Herausforderung für die Kommunen. Daher sind gute Ideen, Lösungsmöglichkeiten und Strategien gefragt, die zum Klimaschutz vor Ort einen wesentlichen Beitrag leisten.

In vielen Kommunen haben erfolgreich realisierte Projekte bereits zu beachtlichen CO₂-Einsparungen geführt. Sie dokumentieren das große kommunale Engagement für den Klimaschutz, mit dem sie beispielgebend für Bevölkerung und Privatwirtschaft sind und eine wichtige Vorbildfunktion ausüben. Zugleich können positive Praxisbeispiele anderen Kommunen Mut machen, selbst die Initiative zu ergreifen und eigene Maßnahmen zu verwirklichen.

Mit den in der Reihe „Themenhefte“ veröffentlichten Publikationen greift die „Servicestelle: Kommunalen Klimaschutz“ nach und nach verschiedene Schwerpunkte bzw. Handlungsfelder des kommunalen Klimaschutzes auf. Es werden Ziele, Aufgaben und Inhalte des jeweiligen Themenbereichs aufbereitet und konkrete Erfahrungen aus der Praxis unterschiedlicher Kommunen dargestellt.

Mit der Veröffentlichung „Klimaschutz und Abwasserbehandlung“ werden Ansätze und Möglichkeiten zum Klimaschutz und zugleich zur Energie- und somit auch Kosteneinsparung in der kommunalen Abwasserentsorgung aufgezeigt. Die sechs dargestellten Beispiele aus der kommunalen Praxis machen deutlich: Dem hohen Energiebedarf von Kläranlagen steht durch Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienzsteigerung sowie zur Energieerzeugung in Klärwerken ein erhebliches Klimaschutzpotenzial gegenüber.

Wir danken dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit dafür, dass es diese Veröffentlichung über die Förderung der beim Deutschen Institut für Urbanistik angesiedelten „Servicestelle: Kommunalen Klimaschutz“ ermöglicht hat. Und wir danken allen Autoren, die mit ihrem wertvollen Erfahrungsschatz einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen dieser Veröffentlichung geleistet haben.

Cornelia Rösler
Leiterin der „Servicestelle: Kommunalen Klimaschutz“
beim Deutschen Institut für Urbanistik



CORNELIA RÖSLER

Leiterin des Bereichs
Umwelt, Deutsches Institut
für Urbanistik (Difu)

Seit 1991 wissenschaftliche Mitarbeiterin im Difu. Koordinatorin des Arbeitsbereichs Umwelt am Standort Berlin von 1993 bis 2001. 2001 Wechsel zum Difu-Standort Köln. Seit 2009 Leiterin des Bereichs Umwelt. Initiierung, Durchführung und Leitung einer Vielzahl von Projekten zum kommunalen Umweltschutz. Seit 2008 Leiterin der „Servicestelle: Kommunalen Klimaschutz“. Vertreterin des Difu in der Fachkommission Umwelt des Deutschen Städtetages, in den bundesweiten Umweltamtsleiterkonferenzen sowie im Arbeitskreis Energieeinsparung des Deutschen Städtetages.

FRANZISKA WITTKÖTTER

Klimaschutzpotenziale in der kommunalen Abwasserbehandlung

Bei der Umsetzung konkreter Klimaschutzmaßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen kommt den Kommunen eine besondere Rolle zu, da hier erhebliche Einsparpotenziale vorhanden sind. Vor allem mit Blick auf die eigenen Liegenschaften und Einrichtungen ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, direkt Einfluss zu nehmen. So kann durch Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen sowie den Ausbau und die Nutzung von erneuerbaren Energien ein erheblicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Im kommunalen Bereich gehören die mehr als 10.000 Klärwerke zu den größten Stromverbrauchern. Mit durchschnittlich fast 20 Prozent des Stromverbrauchs aller kommunalen Einrichtungen benötigen sie mehr Strom als Schulen, Krankenhäuser, Verwaltungsgebäude oder andere

kommunale Einrichtungen. Der Gesamtverbrauch entspricht dabei laut einer Schätzung des Umweltbundesamtes etwa dem Strombedarf von 900.000 Vier-Personen-Haushalten, mit ihm verbunden sind rund drei Millionen Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr. [1] Zugleich sind die Potenziale zur Realisierung von Klimaschutz in der kommunalen Abwasserbehandlung groß. Sie ergeben sich aus zwei Ansatzpunkten:

- Reduzierung des Energiebedarfs durch Energieeinsparung und Energieeffizienzsteigerung,
- Energieerzeugung durch Kläranlagen (Nutzung vorhandener Energiequellen).

Als strategisches Planungsinstrument und Entscheidungsgrundlage für Kläranlagenbetreiber sind Untersuchungen der Optimierungsmöglichkeiten der Kläranlage notwendig. Dabei können sowohl ökologische als auch ökonomische Interessen der Kläranlagenbetreiber miteinander verbunden werden, geht doch mit Energieoptimierungen auch eine Reduzierung der Energiekosten einher.

Seit 1. Januar 2011 können Kommunen, kommunale Eigenbetriebe sowie kommunale Zusammenschlüsse, die zu 100 Prozent aus Kommunen gebildet werden und dem öffentlichen Recht unterliegen (z.B. Abwasserzweckverbände), einen Zuschuss für die Erstellung eines Teilkonzeptes „Klimafreundliche Abwasserbehandlung“ erhalten – Grundlage dafür bildet die „Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Klimaschutzinitiative“ des Bundesumweltministeriums. Neben der Beschreibung des Ist-Zustands, der Erstellung einer Energie- und CO₂-Bilanz sowie Potenzialanalysen steht die Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs im Fokus eines solchen Klimaschutzteilkonzeptes. Dabei sol-



len, unter Einbindung relevanter Akteure, kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen für die Bereiche Betriebsoptimierung, Energieeinspar- und -effizienzmaßnahmen sowie Energieerzeugung identifiziert und beschrieben werden. Außerdem sind Konzepte hinsichtlich des Controllings und der Öffentlichkeitsarbeit zu erstellen. Es werden bis zu 50 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben gefördert; zuwendungsfähig sind die im Rahmen des Projekts anfallenden Sach- und Personalausgaben von fachkundigen Dritten. [2]

Potenziale zur Energieeinsparung und Energieeffizienzsteigerung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes [3] wurden kurz- und mittelfristige Energieeinsparpotenziale für die einzelnen Verfahrensschritte der Abwasserbehandlung (biologische Reinigung), Klärschlammbehandlung (Faulgasgewinnung) und Klärschlammverwertung ermittelt.

Als Hauptansatzpunkte für die energetische Optimierung gelten die Belüftungssysteme der Hauptreinigungsstufe (Belebungsbecken), die kontinuierlich laufenden Pumpwerke u.a. für Zulauf, Zwischenhebwerke und Faulturmumwälzung sowie die Rührwerke. Sie verbrauchen in normal geführten Anlagen zusammen über 80 Prozent des Stroms. Mit dem Einsatz von effizienten Belüftungssystemen, verbesserter Steuerung der Aggregate, dem Einsatz von Motoren und von Pumpen der höchsten Energieeffizienzklasse sowie dauerhafter Überwachung der einzelnen Stromverbraucher durch separate Stromzähler und Druckmessgeräte sind bei der Abwasserbehandlung insgesamt Stromeinsparungen von durchschnittlich 20 Prozent – und damit eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes um 600.000 Tonnen – möglich.

Weitere 600.000 Tonnen CO₂ können, so die Ergebnisse des Forschungsvorhabens, bei der Klärschlammbehandlung durch verbesserte Faulgasgewinnung und -verwertung eingespart werden. Möglich wird dies durch eine Reduzierung des Wärmebedarfs aufgrund maschineller Entwässerung des Klärschlammes vor der Verbringung in den Faulbehälter und durch Faulgasverstromung mittels Blockheizkraftwerken.

Die größten Potenziale zur Energieeinsparung und -gewinnung bei der Klärschlammverwertung



ergeben sich durch Trocknung des Klärschlammes mit Sonnenenergie und/oder ungenutzter Abwärme und Verbrennung möglichst nah am Kläranlagenstandort.

Energieerzeugungspotenziale durch Kläranlagen

Ziel der Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttostromverbrauch auf mindestens 30 Prozent zu steigern. Neben dem sparsamen und effizienten Einsatz von Energie kann die Abwasserbehandlung auch zum oben genannten Ausbauziel der Bundesregierung und somit zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beitragen. Energieerzeugungs-



potenziale der Kläranlagen, die den erneuerbaren Energien zugerechnet werden können, sind folgenden Maßnahmen und Prozessen zuzuordnen:

- elektrische und thermische Verwertung von Klärgas,
- Nutzung von Energie aus der Verbrennung von Klärschlamm,
- Nutzung der Abwasserwärme mithilfe von Wärmetauschern und Wärmepumpen,
- Energieerzeugung aus Wasserkraft bei nutzbaren Wasserspiegelgefällen im Wasserweg oder entlang des Vorfluters.

Weitere Energieerzeugungspotenziale, die nicht direkt mit der Abwasserbehandlung verbunden sind, ergeben sich durch die Nutzung erneuerbarer Energien auf der Kläranlage in Form von Solarenergie auf den Dächern wasserwirtschaftlicher Anlagen, Betriebs- und Verwaltungsgebäude oder dem Freigelände sowie der Geothermie. Auch die Gaserzeugung aus Bioabfall (Co-Fermentation) zur Erhöhung der Effektivität und Effizienz der Energieerzeugung auf der Kläranlage kann eine Rolle spielen. [4]

Durch die Nutzung der vorhandenen Energiequellen vor Ort kann der Eigenbedarf an Strom zum Teil abgedeckt werden. Die Wärmepotenziale der Kläranlage reichen bei modernen Anlagen bereits zur Bedarfsdeckung unter anderem hinsichtlich der Beheizung der Faultürme und Betriebsgebäude aus. Zum Teil entsteht durch die Abwasserwärmenutzung zudem ein Wärmeüber-

schuss, der an weitere Abnehmer möglichst in der Nähe der Kläranlage weitergegeben werden kann. Hierdurch ergeben sich für den Kläranlagenbetreiber wie den (potenziellen) Wärmenutzer ökologische und wirtschaftliche Vorteile.

Praxisbeispiele zeigen Wege

In diesem Themenheft werden ganzheitliche Konzeptionen und die Umsetzung verschiedener, zum Teil ineinandergreifender Maßnahmen vorgestellt. Damit werden Erkenntnisse und Erfahrungen aus der kommunalen Praxis zu der Frage weitergegeben, wie in der Abwasserbehandlung ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden kann.

Den Auftakt macht HEINZ BRANDENBURG, Hauptabteilungsleiter „Betrieb Klärwerke und Netze“ bei den Stadtentwässerungsbetrieben Köln. Er stellt die Energiekonzeption der Kölner Klärwerke vor, die auf drei wesentlichen Faktoren basiert: Erkennen und Ausschöpfen der Potenziale zur Energieeinsparung durch Energiecontrolling, Maßnahmen zur Erhöhung der Energieerzeugung – insbesondere durch die Nutzung des Klärgases, das im Zuge der Faulung entsteht – sowie vollständige Nutzung des Wärmeüberschusses, indem Wärme an Wärmenutzer in der Nähe der Kläranlage geliefert wird.

Im Rahmen der Mannheimer Klimaschutzstrategie kommt dem Projekt „Energieautarkes Klärwerk“ eine besondere Bedeutung zu. Die Leiterin der Klimaschutzleitstelle, AGNES HÄHNEL-SCHÖNFELDER, und der Betriebsleiter des Eigenbetriebs Stadtentwässerung, ALEXANDER MAURITZ, beschreiben in ihrem Beitrag, wie die Stadt Mannheim konsequent das strategische Ziel der energetischen Autarkie für das Klärwerk verfolgt. Um den externen Energiebezug in Form von Wärme und Strom auf Null zu reduzieren, werden die kläranlagen- und standortspezifischen Energiequellen optimal genutzt.

GERHARD MEIER, Vorstand der Wolfsburger Entwässerungsbetriebe, stellt das „Wolfsburger Modell der Abwasserverwertung“ und damit ein interessantes Beispiel für nachhaltige Wasser- und Energiekreisläufe vor. Die fünf Schritte des Modells umfassen die landwirtschaftliche Verwertung von gereinigtem Abwasser, die Speicherung von Klarwasser ohne Nährstoffe im Grundwasser,

Anbau und Energieverwertung nachwachsender Rohstoffe im Verregnungsgebiet, die Nutzung der thermischen Energie zur Klärschlamm-trocknung sowie die weitergehende Nutzung des Biogases. Ein Exkurs zeigt außerdem, wie die Wolfsburger Entwässerungsbetriebe durch Prozessoptimierungen den Klimaschutz zusätzlich vorantreiben.

Die energetische Klärgasverwertung steht im Fokus des Beitrags von VOLKER CORNELSEN, Betriebsleiter i.R. der Entsorgungsbetriebe der Stadt Warendorf. Nachdem das Klärgas dort zunächst über Motoren verbrannt wurde, entschied man sich 2006 für den Einsatz von zwei Microgasturbinen zur Energieerzeugung. Die anfangs prognostizierten Zahlen zur Wirtschaftlichkeit werden heute weit übertroffen. Zusätzliche Maßnahmen zur Energieeinsparung und die Nutzung erneuerbarer Energien auf der Kläranlage führten dazu, dass der Strombezug der Warendorfer Kläranlage stark gesenkt werden konnte.

ROLF BARTEL, Leiter des Bereichs Wärme- und Energieerzeugung bei den Stadtwerken Waiblingen, stellt das bereits seit 1983 bestehende und 2002/2004 umgebaute „Heizkraftwerk Kläranlage“ vor. Als erneuerbare Energiequellen werden das auf der Kläranlage anfallende Klärgas und die Wärme aus dem gereinigten Abwasser für die Wärmeversorgung genutzt. Über ein Fernwärmenetz sind mittlerweile mehr als 30 überwiegend kommunale Gebäude an das Heizkraftwerk angeschlossen.

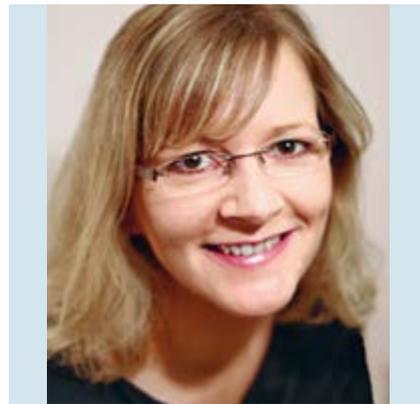
Die Energiegewinnung aus Abwasser im historischen Altstadtbereich von Regensburg ist Gegenstand des Beitrags von FRIEDRICH BACHSTEFFEL vom Amt für Hochbau und Gebäudeservice der Stadt Regensburg. Ausführlich beschrieben wird die Machbarkeitsstudie zur Realisierung der Wärmegewinnung aus Kanalabwasser mittels Wärmetauscher für den Standort Donaumarkt. Auf Grundlage des daraus resultierenden Nutzungskonzepts sowie der ermittelten überschlägigen Investitions-, Verbrauchs- und Betriebskosten wird ab Herbst 2012 mit der Umsetzung des Vorhabens begonnen. ■

Quellenangaben

- [1] UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2009), *Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen*, Dessau-Roßlau.
- [2] BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011), *Merkblatt „Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten“, Hinweise zur Antragstellung*, Berlin.
- [3] UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2008), *Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen*, Dessau-Roßlau.
- [4] DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) (2010), *Energiepotenziale in der deutschen Wasserwirtschaft, Schwerpunkt Abwasser*, Hennef.

Internettipps

Informationen zum Forschungsprojekt „Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen“, www.umweltbundesamt.de/wasser-und-gewaesserschutz/abwasser/fg-energie.htm
DWA-Informationssystem Energie – „DI-Energie“, www.dwa.de/rwservice/dwaenergie/



FRANZISKA WITKÖTTER

Wissenschaftliche
Mitarbeiterin, Deutsches
Institut für Urbanistik (Difu)

Seit 2008 wissenschaftliche Mitarbeiterin des Difu. Arbeitsschwerpunkt ist der kommunale Klimaschutz, insbesondere die Beratung und Information im Rahmen des Projektes „Service-stelle: Kommunaler Klimaschutz“. Studium der Geographie in Bochum und Bonn.

Energiekonzeption der Kölner Klärwerke

Eine Millionenstadt wie Köln braucht ein modernes und effizientes System der Ver- und Entsorgung, um Umwelt und Gesundheit der Menschen zu schützen und gleichzeitig eine hohe Lebensqualität sicherzustellen. Als Teil dieses Kreislaufs verstehen sich die Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (StEB) als modernes Unternehmen der öffentlichen Daseinsvorsorge.

Die StEB wurden am 1. Mai 2001 als Kommunalunternehmen der Stadt Köln gegründet. Neben der Kernaufgabe der Abwasserbeseitigung sind die StEB in Köln für Hochwasserschutz, Hochwasservorsorge, Straßenentwässerung sowie Gewässerunterhaltung und Gewässerausbau zuständig. Insgesamt beschäftigen die StEB rund 650 Mitarbeiter für Management, Planung und Betrieb aller öffentlichen Abwasseranlagen in Köln. Die StEB betreiben insgesamt fünf Kläranlagen, rund 2.400 km Kanalnetz und etwa 155 Pumpwerke. Das Großklärwerk Köln-Stammheim ist eines der größten deutschen kommunalen Klärwerke. Alle

Klärwerke wurden zu Beginn der Neunzigerjahre auf den damaligen Stand der Technik ausgebaut.

Die Stadtentwässerungsbetriebe Köln wiesen im Jahr 2010 einen Gesamtverbrauch von rund 53,5 Mio. kWh Strom auf. Der Anteil des selbstproduzierten Stroms lag bei 44,5 Prozent. Für den verbleibenden Anteil an fremdbezogenem Strom von 55,5 Prozent wurde ein Betrag in Höhe von etwa 4,4 Mio. Euro aufgewendet [1]. Der anhaltend starke Anstieg der Energiekosten ist für die StEB Anreiz genug, eine optimale Energienutzung zu verwirklichen. Neben diesem rein wirtschaftlichen Argument motivieren Faktoren wie Rohstoffknappheit und damit die Frage nach einer langfristigen Versorgungssicherheit sowie die Belange der Ökologie – denen Wasserwirtschaftsunternehmen sich besonders verpflichtet fühlen – dazu, der Energiekonzeption besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Da rund 92 Prozent des Stromverbrauchs der StEB auf die Abwasserreinigung entfallen, stehen die Klärwerke besonders im Fokus.

Kläranlagen der Stadtentwässerungsbetriebe Köln

Klärwerk	Ausbaugröße (EW)	Anteil an den gesamten zu reinigenden Abwässern (in Prozent)	Behandelte Jahresabwassermenge (JAM) (m ³ /a)	Ermittelte Jahres-schmutzwasser-menge (JSM) (m ³ /a)
Stammheim	1.450.000	80,44	86.228.933	62.257.813
Langel	116.000	6,24	7.264.839	4.831.109
Wahn	92.000	5,33	6.259.156	4.128.419
Rodenkirchen	88.000	4,52	5.402.320	3.495.098
Weiden	80.000	3,46	4.050.206	2.678.035

Für eine verantwortungsvolle und zukunftsgerichtete Energiekonzeption sind für die Stadtentwässerungsbetriebe Köln folgende Aspekte relevant:

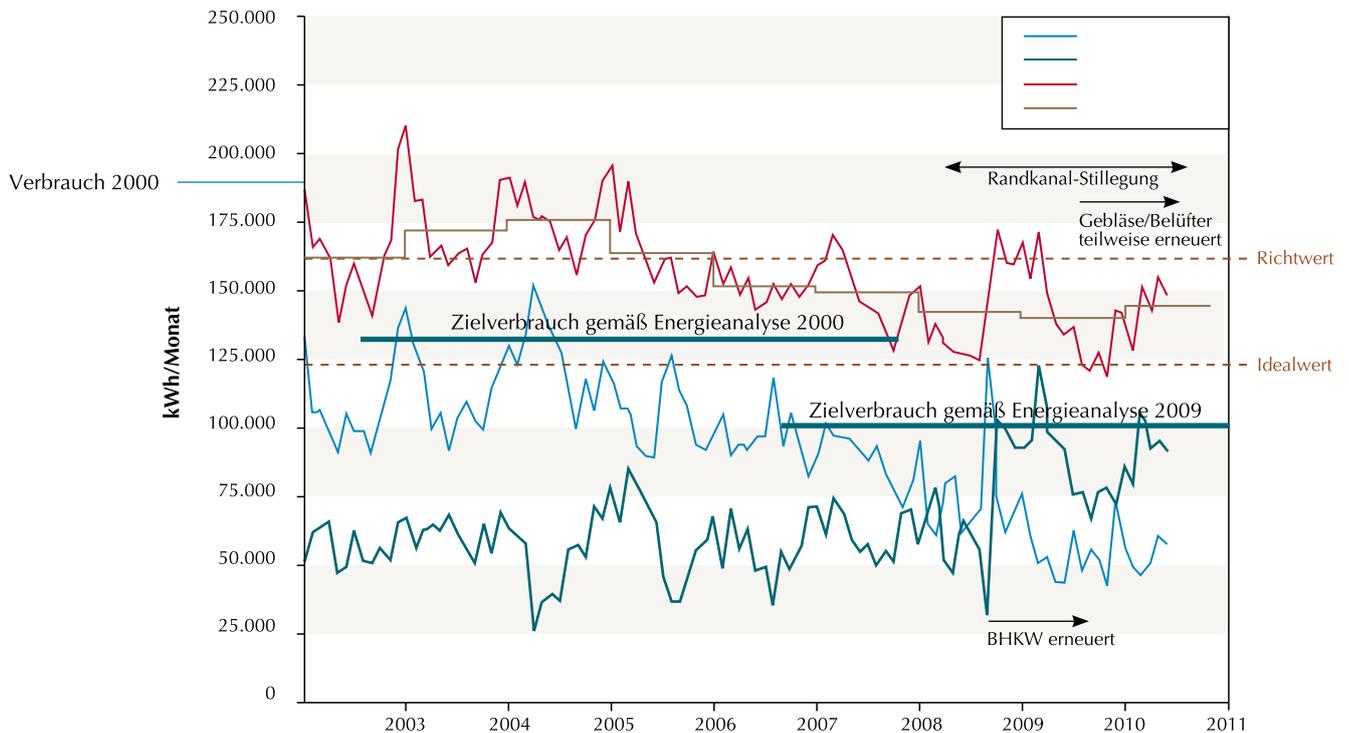
- Erkennen und Ausschöpfen der Potenziale zur Energieeinsparung (vornehmlich Strom),
- Maßnahmen zur Erhöhung der Energieerzeugung (Strom und Wärme),
- vollständige Nutzung des Energieüberschusses (Wärme).

Erkennen und Ausschöpfen der Potenziale zur Energieeinsparung

Ende der Neunzigerjahre wurden für alle Kölner Klärwerke Energieanalysen entsprechend dem Energiehandbuch NRW [2] durchgeführt und die dort benannten Maßnahmen umgesetzt. Es handelte sich vor allem um Maßnahmen zur Verringerung der Energieverbräuche der Belebungsanlagen (besser abgestufte Gebläseleistung, Austausch der Belüf-

platten, Einsatz effektiver Pumpentechnik). Nach Abschluss dieser Arbeiten stellte sich die Frage, ob mit dieser Umsetzung bereits alle Potenziale sinnvoll ausgeschöpft werden konnten. Aus der langjährigen Energiebetrachtung wurde deutlich, dass durch eine einmalige Energieanalyse nicht langfristige Erfolge zu erzielen sind. Dies verdeutlicht die Abbildung „Energiebilanz der Kläranlage Köln-Weiden“. Nach Umsetzung der Maßnahmen der ersten Energieanalyse aus dem Jahr 2000 reduzierte sich 2003 der Energiebedarf deutlich. Durch alterungsbedingten Verschleiß (z. B. der Belüfterelemente) und suboptimale Regelungen erhöhte sich jedoch der Bedarf in den Folgejahren merklich. Dieser konnte erst 2007 im Zuge der Erneuerung der prozessleittechnischen Anlagen auf den Zielverbrauch der Energieanalyse gebracht werden. Durch den Einbau von kontinuierlichen Energieverbrauchsmessungen für alle relevanten Verfahrensstufen und die energetische Optimierung der Regelungen ließ sich im Zuge der verfahrenstechnischen Automatisierung diese Verbrauchseinsparung erzielen.

Energiebilanz der Kläranlage Köln-Weiden



Aufgrund des Alters der Klärwerke sind in den nächsten Jahren nahezu die kompletten maschinentechnischen und elektrotechnischen Anlagen auszutauschen. Vor diesem Hintergrund realisieren die StEB bis 2020 ein umfangreiches Modernisierungsprogramm mit einem Reinvestitionsvolumen von rund 150 Mio. Euro. Im Zuge dieser Modernisierung erfolgt zugleich eine verfahrenstechnische Optimierung im Sinne einer energieeffizienten und ressourcenschonenden Abwasserreinigung. Zielsetzung der StEB ist es, mit der Modernisierung bis zum Jahr 2020 den Gesamtstromverbrauch um weitere 15 Prozent zu senken und gleichzeitig den Anteil der Eigenstromversorgung der Kläranlagen von derzeit 50 Prozent auf 70 Prozent zu erhöhen.

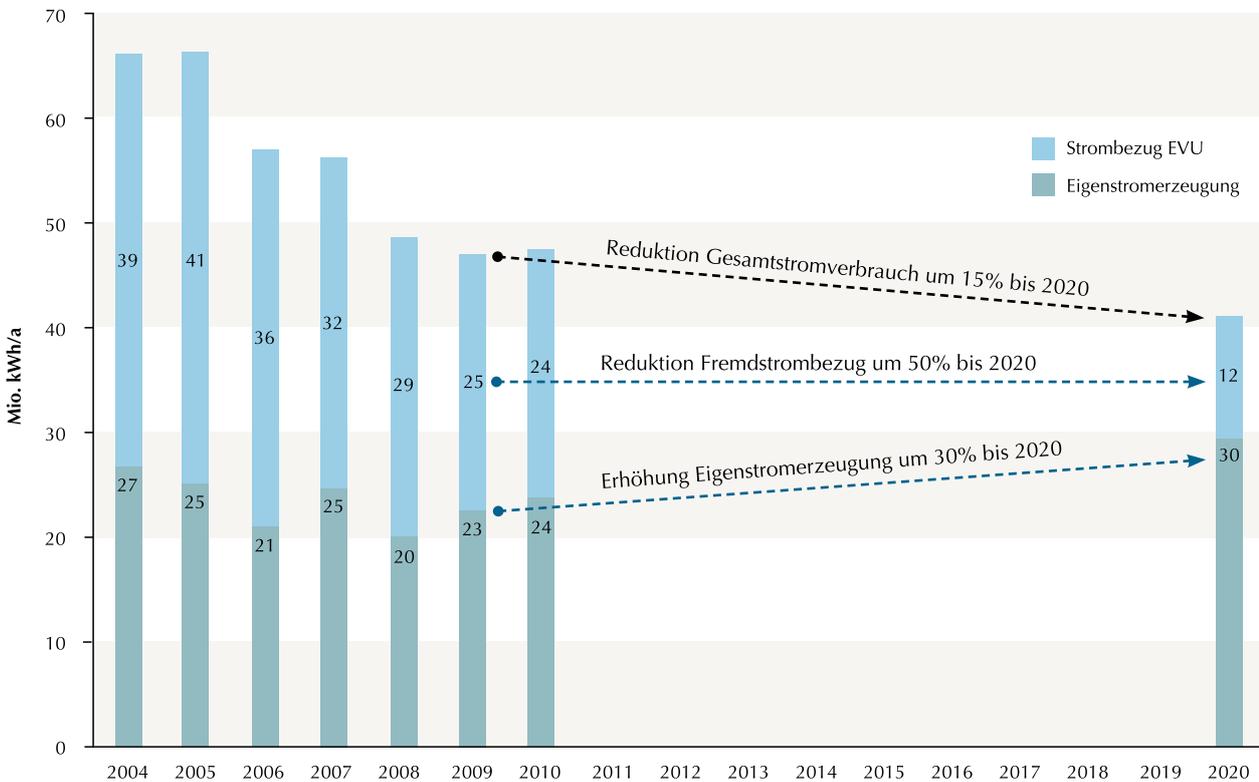
Diese ehrgeizigen Ziele zu erreichen erfordert ein differenziertes Energiecontrolling für Betrieb, Planung und Bau der Anlagen.

Energiecontrolling am Beispiel des Großklärwerks Köln-Stammheim

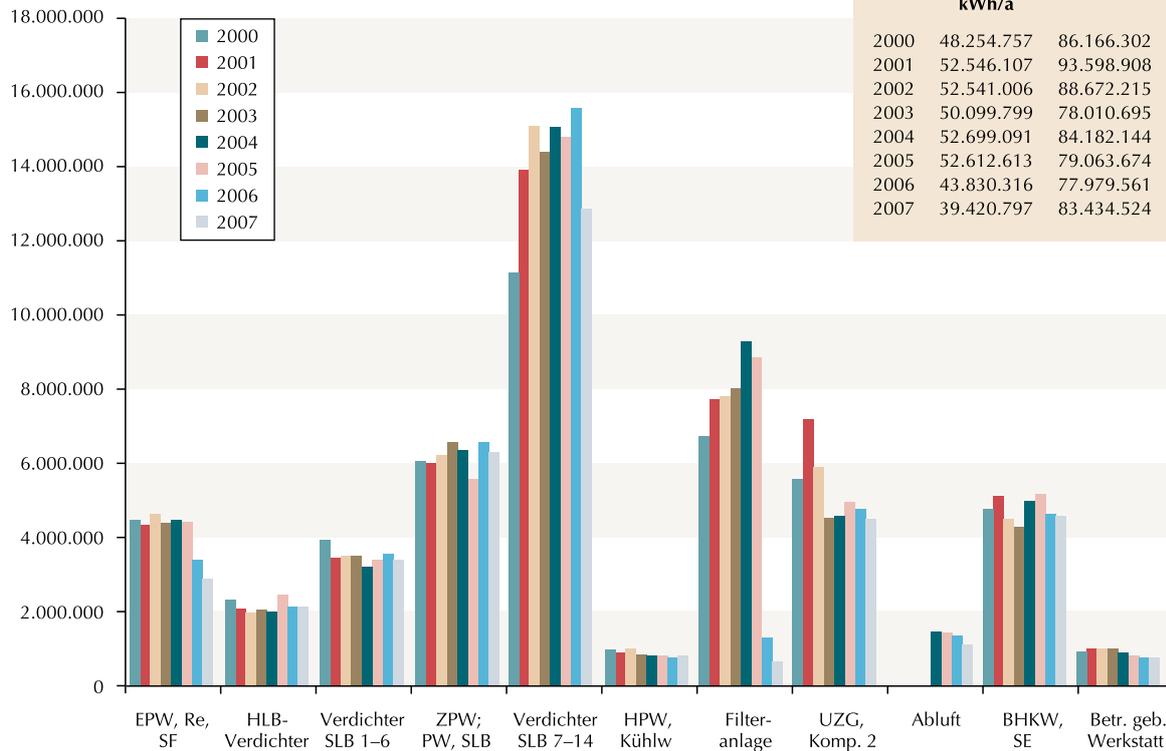
Um Verbrauchsentwicklungen gezielter zu prognostizieren und auf Grundlage dieser Prognosen frühzeitig Veränderungen einzuleiten, wurde ein differenziertes Energiecontrolling entwickelt und umgesetzt. Es soll am Beispiel des Großklärwerks (GKW) Stammheim vorgestellt werden.

Bis zum Jahr 2005 wurde neben der genannten einmalig durchgeführten Feinanalyse des Energieverbrauchs im Klärwerk Köln-Stammheim der Energieverbrauch der Anlage anhand der Leistungsmessungen an den elf Trafo-Stationen der Mittelspannungsanlage analysiert. Die Hauptenergieverbraucher sowie erhebliche Änderungen im Stromverbrauch konnten hiermit identifiziert werden. So wurden z. B. durch die Umstellung der Filteranlage von kontinuierlichem

Prognose des Energieverbrauchs in den Kölner Klärwerken



Jahresstromverbrauch (kWh/a)



Leistungsmessungen Mittelspannungsanlagen

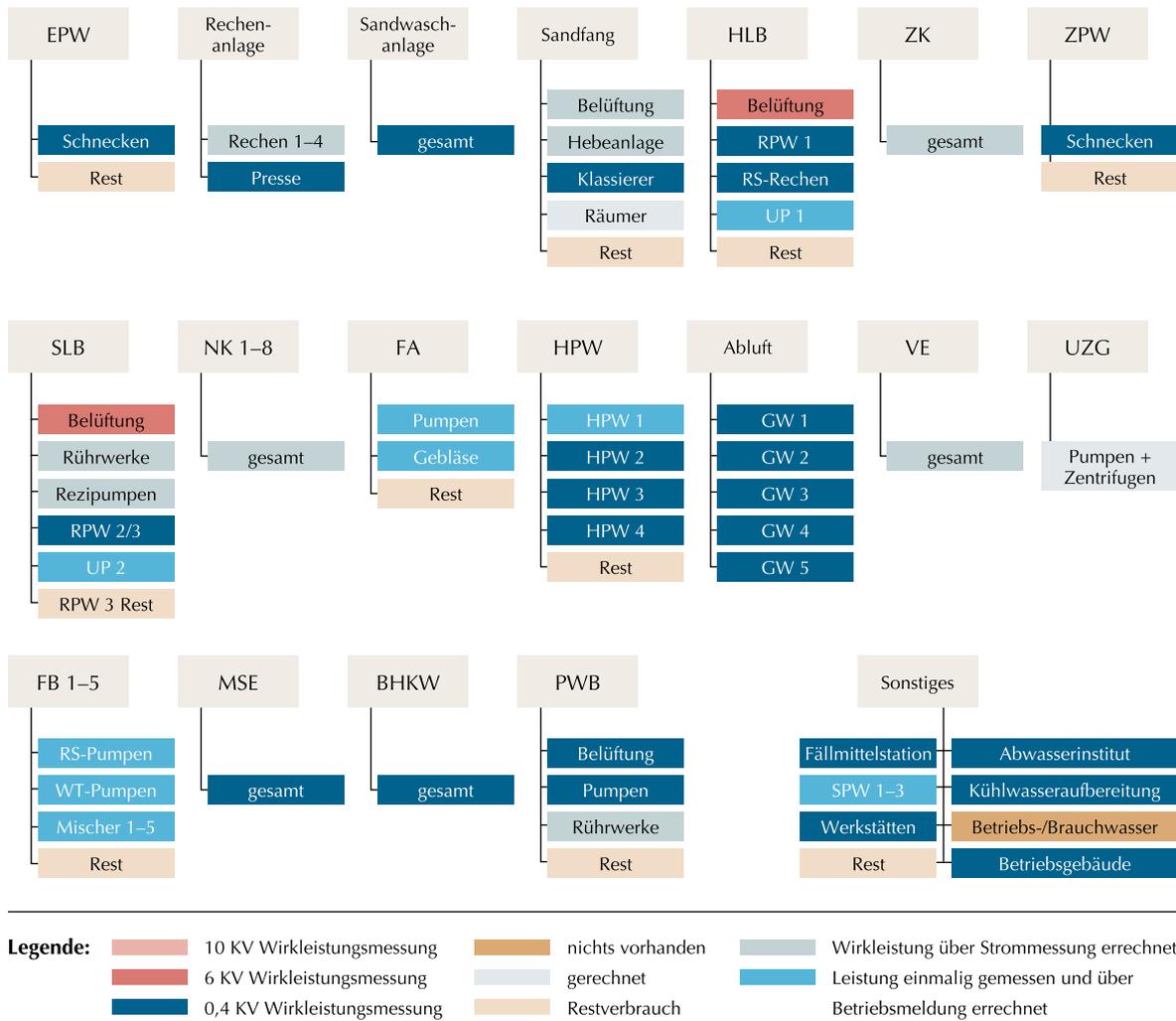
Energiecontrolling im Großklärwerk Köln-Stammheim anhand der Leistungsmessungen an den Trafo-Stationen

Betrieb auf Stand-by-Betrieb Ende 2005 über 7.000.000 kWh Strom eingespart. Eine weitere wesentliche Stromeinsparung konnte durch den Austausch der Belüfterelemente der Schwachlastbelegung erzielt werden.

Nicht alle Verbraucher der Kläranlage waren jedoch nach streng verfahrenstechnischen Gesichtspunkten den Mittelspannungsanlagen zugeordnet worden. Auch war die Aufteilung für eine weitergehende Analyse nicht genügend differenziert. Aus diesen Gründen wird die Energieanalyse des Großklärwerks Köln-Stammheim seit 2005 anhand detaillierter Leistungsmessungen erstellt. Hierzu wurden 30 Wirkleistungs-Messeinrichtungen mit automatischer Erfassung im Leitsystem nachgerüstet, um die einzelnen verfahrenstechnischen Anlagebereiche energetisch exakt und kontinuierlich erfassen zu können. Die Kosten

hierfür beliefen sich auf rund 20.000 Euro. Diese Investitionssumme entspricht weniger als einem Prozent der jährlichen Kosten für den Stromerwerb. Anders ausgedrückt: Ab einer Stromersparnis von 200.000 kWh hat sich diese einmal zu tätige Investition bereits amortisiert.

Eine komplette Übersicht der Verfahrensgruppen mit separat ermittelbaren Stromverbrauchswerten ist in der Abbildung „Verfahrenstechnische Aufteilung der Leistungsmessungen im Großklärwerk Köln-Stammheim“ dargestellt (siehe nächste Seite). Es ist ersichtlich, dass nicht für jede Stromverbrauchsermittlung eine eigene Leistungsmessung installiert wurde. Ob eine Berechnung des Verbrauchs über einmal ermittelte Leistungswerte in Kombination mit Betriebsstundenzählern ausreichte, wurde anhand von Bilanzierungen überprüft.



Verfahrenstechnische Aufteilung der Leistungsmessungen im Großklärwerk Köln-Stammheim

Durch diese differenzierte Betrachtung werden alle auch scheinbar nicht relevanten Stromverbraucher systematisch erfasst und analysiert.

Die Energieverbräuche der einzelnen Stufen werden den nach dem Energiehandbuch NRW ermittelten Richt- bzw. Idealwerten gegenübergestellt. Bei Abweichungen werden die Ursachen gesucht, anschließend Maßnahmen hinsichtlich Wirksamkeit und Kosten ermittelt.

Durch diese Analyse wurde beispielsweise ein deutlich erhöhter spezifischer Energiebedarf des Schneckenpumpwerks im Einlauf der Kläranlage festgestellt. Dieser wurde zum großen Teil dadurch

verursacht, dass die unterschiedlichen Zulaufsammler jeweils getrennt angenommen wurden und sich dadurch für einige Schnecken ungünstige Wasserstände einstellten. Durch die Realisierung eines gemeinsamen Pumpensumpfes und den Einbau frequenz geregelter Schnecken konnten über 300.000 kWh Strom pro Jahr eingespart werden. Hierdurch reduzieren sich die Fremdstrombezugskosten um ca. 45.000 Euro. Bei Investitionskosten in Höhe von 116.000 Euro hat sich diese Maßnahme innerhalb von drei Jahren amortisiert.

In der abgebildeten Feinanalyse wird dieses Vorgehen am Beispiel der verfahrenstechnisch



Einlaufpumpwerk
Großklärwerk
Köln-Stammheim

nicht im Fokus stehenden Anlagenbereiche Außenbeleuchtung, Transformatorstationen und raumluftechnische Anlagen dargestellt. Allein für diese drei Bereiche konnte ein Einsparpotenzial von fast 330.000 kWh/a ermittelt werden.

Bisher ist es bei vielen Anlagen üblich, einmalig eine Feinanalyse durch externe Berater erstellen zu lassen. Demgegenüber hat die hier beschriebene Methode Vorteile: Es kann jederzeit überprüft werden, ob Maßnahmen auch wirksam sind und

Feinanalyse für Außenbeleuchtung, Transformatorstationen und Raumluftechnik (Großklärwerk Köln-Stammheim)

	Ist-Werte GWK Wh/m ³ kWh/EW a kWh/a	Soll-Werte GWK Wh/m ³ kWh/EW a kWh/a	Bemerkungen	Einsparpotenzial kWh/a	Nach Realisierung der Maßnahmen Wh/m ³ kWh/EW a kWh/a
Außenbeleuchtung				16.940	
Maßnahmen: kurzfristig	Austausch der Quecksilberdampflampen gegen Natriumdampflampen (Realisierung in 2007 möglich)				
Einsparpotenzial:	17.000 €/a				
Kosten:	38.203 €				
Trafoleerlaufverluste				111.164	
Maßnahmen: kurzfristig	Abschalten der redundanten Trafos, dadurch Reduzierung der Leerlaufverluste (Realisierung in 2007)				
Einsparpotenzial:	11.000 €/a,				
Kosten:	keine				
RLT-Anlagen				200.000	
Ursachen:	Zu hoch eingestellte Sollwerte der Raumtemperaturen, nicht erforderliche dauernde Belüftung, teilweise Zu- und Abluftventilator in Betrieb				
Maßnahmen: sofort, kurzfristig	Abschalten der Belüftung in der Filteranlage (Beobachtung, ob Schwitzwasser entsteht) Reduzierung der Raumtemperaturen				
Einsparpotenzial:	20.000 €/a				
Kosten:	keine				

inwiefern sich Betriebsmodifikationen, z. B. zur Verbesserung der Ablaufqualität, auf die Energiebilanz auswirken. Je weiter fortgeschritten die Bemühungen zur Energieeinsparung und je geringer – d. h. je weniger offensichtlich – die noch erzielbaren Einsparpotenziale sind, desto wichtiger werden wiederkehrende detaillierte Analysen einzelner Aggregate in unterschiedlichen Betriebssituationen. Nur durch eine solche kontinuierliche Erfassung – sie wird ohne zusätzlichen Messaufwand automatisiert im Prozessdatenarchiv gespeichert – ist es möglich, Energieeinsparpotenziale kurzfristig zu erkennen und zu nutzen. Die Energieverbrauchsanalyse erfolgt durch die zuständigen Betriebsingenieure im Zuge ihrer routinemäßigen Anlageüberprüfungen. Da die Energieverbräuche zusätzlich für die Anlagefahrer verfügbar sind, werden Unregelmäßigkeiten aber bereits im Anlagenbetrieb unmittelbar festgestellt und kommuniziert.

Wie wirksam dieses Vorgehen ist, lässt sich am Beispiel des Großklärwerks Köln-Stammheim

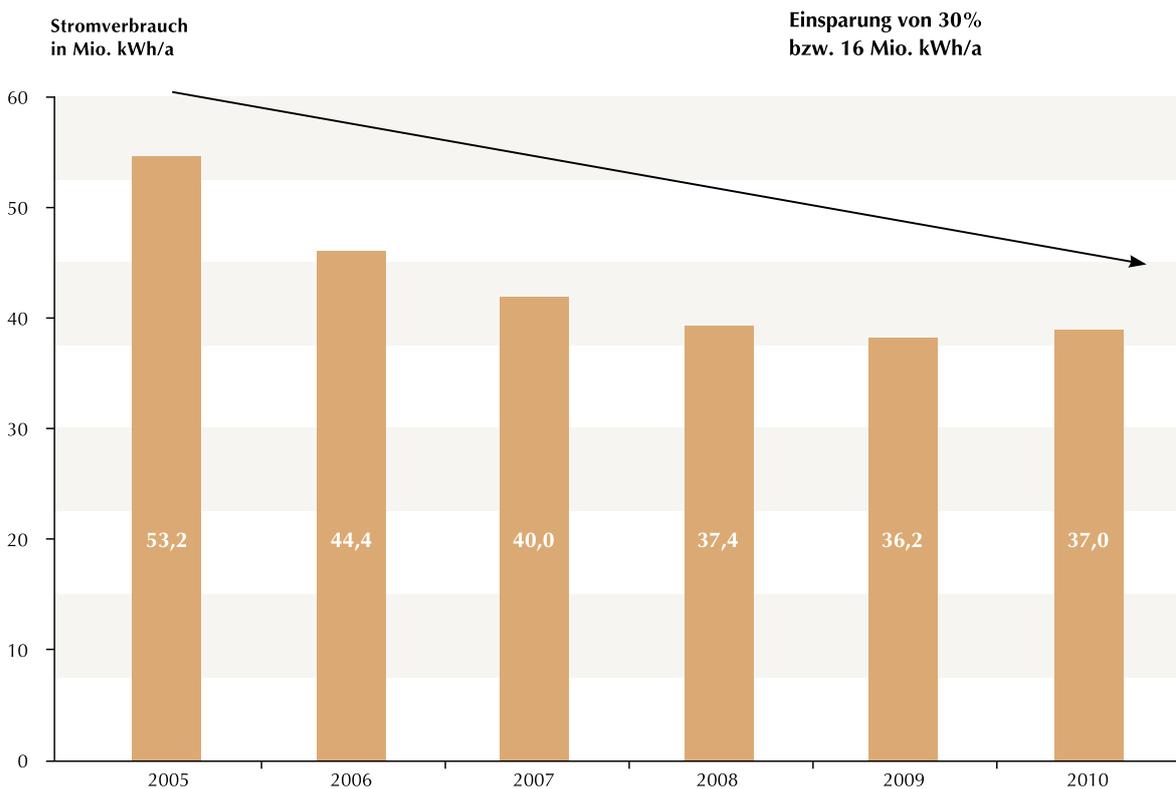
belegen. Wie die Abbildung der zeitlichen Entwicklung des Stromverbrauchs zeigt, konnte der Gesamtstromverbrauch von 2005 bis 2010 um 30 Prozent reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung von etwa 16 Mio. kWh/a.

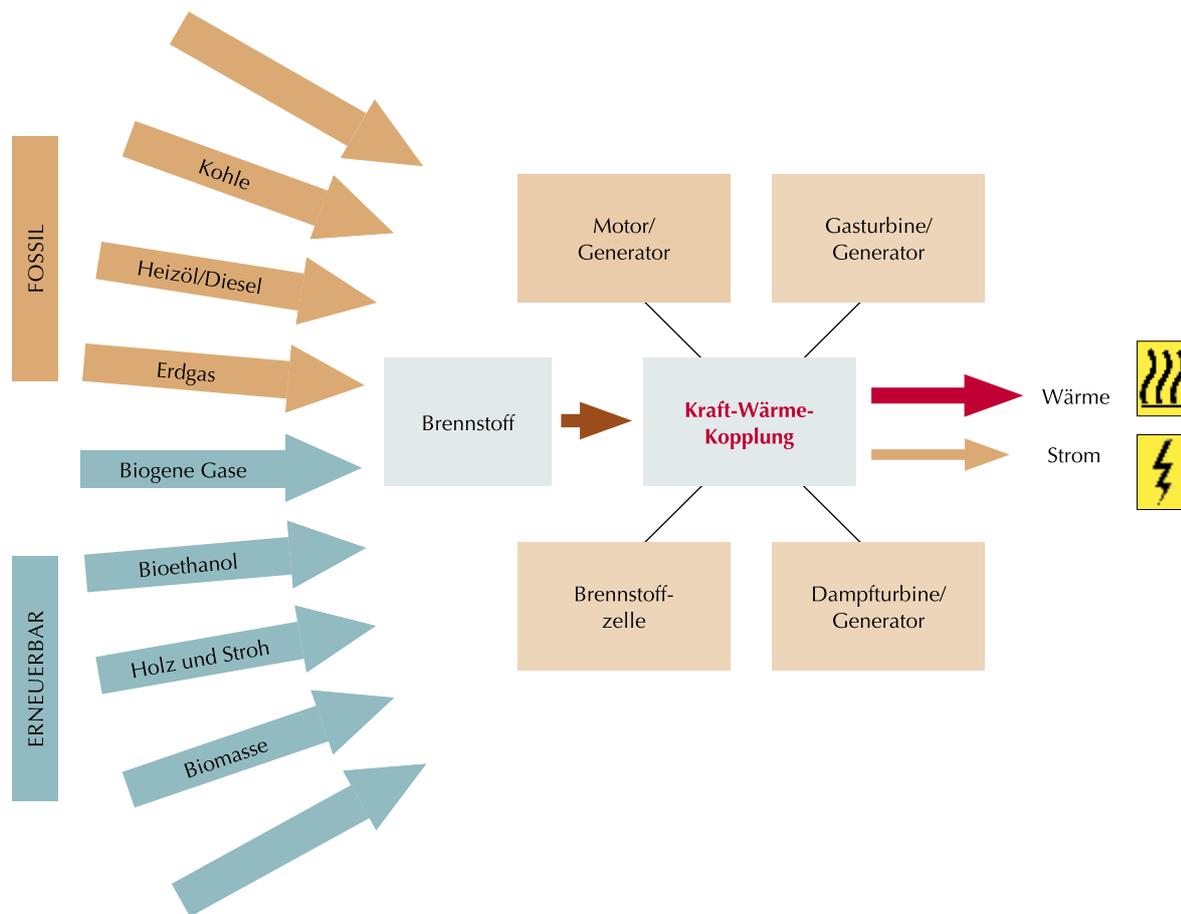
Ziel des Energiekonzepts für die Kölner Klärwerke ist es, langfristig für alle Anlagen die Idealwerte des Energiehandbuchs NRW zu erreichen. Dies soll mit Hilfe des vorgestellten Energiecontrollings umgesetzt werden – und zwar im Zuge der in den nächsten Jahren anstehenden Erneuerungen der elektro- und maschinentechnischen Anlagen.

Maßnahmen zur Erhöhung der Energieerzeugung (Strom und Wärme)

Bei den meisten größeren Kläranlagen wird das beim Faulungsprozess entstehende Klärgas in Kraftwerken zur Eigenenergieerzeugung verwendet. Hierbei werden Verfahren der Kraft-Wärme-

Stromverbrauch des Großklärwerks Köln-Stammheim von 2005 bis 2010





Möglichkeiten der Energieerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kopplung

Kopplung (überwiegend Blockheizkraftwerke [BHKW]) angewendet. Sämtliche Kläranlagen der Stadtentwässerungsbetriebe Köln sind hiermit ausgestattet. Im Klärwerk Rodenkirchen wurde bis 2010 über zehn Jahre lang eine Brennstoffzelle erfolgreich betrieben. Die übrigen Blockheizkraftwerke der Stadtentwässerungsbetriebe Köln waren mit 15 bis 20 Jahre alten Verbrennungsmotoren ausgestattet. Bei der anstehenden Ersatzinvestition verfolgten die Stadtentwässerungsbetriebe Köln das Ziel, diejenige Technologie einzusetzen, welche für die rasant sich ändernden Randbedingungen des Energiemarktes am besten geeignet ist. Im Rahmen einer von den StEB beauftragten, breit angelegten Konzeptstudie wurden alle verfügbaren Technologien zur Kraft-Wärme-Kopplung wie auch zur Aufbereitung zu Erdgas und Wasserstoff als Ersatzenergieträger geprüft (siehe auch Abb. oben).

Die Abbildung „Bewertung der Klärgasverwertungstechnologien“ (siehe nächste Seite) zeigt

die Ergebnisse: Hiernach zeichnen sich die Verfahren zur Klärgasaufbereitung durch eine hohe Umweltverträglichkeit aus. Es fehlt ihnen jedoch an Marktreife und an der Verfügbarkeit entsprechender Technologien, so dass sie derzeit noch nicht wirtschaftlich sind. Bei den konventionellen Wärmekopplungstechnologien führen moderne Gasmotoren mit möglichen elektrischen Wirkungsgraden von bis zu 40 Prozent zur günstigsten Gesamtbewertung. Demgegenüber ist bei Gasturbinen mit einem geringeren Wirkungsgrad zu rechnen. Brennstoffzellen führen zu noch deutlich höheren Wirkungsgraden von über 50 Prozent. Diese Technologie ist jedoch derzeit aufgrund fehlender Marktreife noch nicht wirtschaftlich einsetzbar.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse haben sich die Stadtentwässerungsbetriebe entschlossen, alle Kölner Klärwerke mit hocheffizienten Gasmotor-Blockheizkraftwerken auszurüsten. Für die Klärwerke Rodenkirchen, Weiden, Langel und Wahn wurden bereits kostengünstige Standardmodu-

Alternative	Wirkungsgrad El. Th. Ges.			Kosten	Technisc Machbarkeit	Marktr	Gesamt
Zündstrahlmotor	+			++	+	+	+
Gasmotor	+	+	-	+	+	-	+
Mikrogasturbine	O	+	+	-	+		O
Gas-Wärmepumpe	++	++	-		+		+
Stirling-Motor	O	O					-
Gasmotor mit ORC*	+	+		-		-	-
Einspeisung Gasnetz		+		--	-		-
Erdgas-Tankstelle		+		--			-
H ₂ -Nutzung		++		--	O		-

■ ++ sehr gut
 ■ + gut
 ■ O mittelmä
 ■ -
 ■

*ORC: Organic Rangine Cycle – Verfahren zur Umwandlung von Verbrennungswärme in elektrische Energie

Bewertung der Klärgasverwertungstechnologien

le in Containerbauweise in den Jahren 2009/2010 in Betrieb genommen. Die prognostizierten elektrischen Wirkungsgrade von 38 Prozent konnten im Echtzeitbetrieb bestätigt werden.

Die Wirtschaftlichkeit des Austausches wird aus der Tabelle S. 19 ersichtlich. Aufgrund der Abschreibung und der höheren Instandhaltungskosten der neuen Anlage steigen zwar die Kosten des BHKW von rund 17.000 Euro/a auf etwa 88.000 Euro/a, aber durch den höheren Wirkungsgrad der neuen Anlage werden ungefähr 70.000 Euro höhere Energieerlöse erzielt. Zusätzlich wird eine Förderung von etwa 39.000 Euro für die Kraft-Wärme-Kopplung vergütet, so dass gegenüber der Altanlage rund 37.000 Euro höhere Erträge generiert werden. Bei den sicherlich stark ansteigenden Energiebezugskosten wird sich diese Wirtschaftlichkeit in der Zukunft noch weiter erhöhen.

Blockheizkraftwerk in Container-Bauweise, Kläranlage Köln-Wahn



	BHKW alt 2008	BHKW neu 2009
Stromerzeugung	917.845 kWh	1.377.158 kWh
Abschreibung	0 EUR	37.869 EUR
Betrieb	4.664 EUR	4.103 EUR
Instandhaltung	12.457 EUR	45.764 EUR
Kosten	17.121 EUR	87.736 EUR
Energieerlöse	138.870 EUR	208.364 EUR*
KWK-Vergütung	0 EUR	38.839 EUR
Erlöse	138.870 EUR	247.203 EUR
Saldo	121.749 EUR	159.467 EUR

*Stromkosten = 0,151 EUR/kWh

Jahreskostenvergleich des alten und neuen Blockheizkraftwerks im Klärwerk Köln-Wahn

Im Großklärwerk Stammheim wird die vorhandene Anlage durch neue Gasmotoren ersetzt. Neben einer Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrades kann eine Steigerung der Eigenstromerzeugung auch durch eine verbesserte Gasproduktion, z.B. mittels Co-Fermentation, erzielt werden. Eine entsprechende Umsetzung für das Großklärwerk Stammheim befindet sich zurzeit im Genehmigungsverfahren. Um diesen Möglichkeiten Rechnung zu tragen, beinhaltet die Erneuerung der Blockheizkraftwerk-Anlage die Berücksichtigung ausreichender Reserven für eine moderat erhöhte Gasproduktion. Zusätzlich wird eine Ausbaureserve für einen weiteren Gasmotor planerisch berücksichtigt.

Ziel ist es, durch die Erneuerung der Energieerzeugungsanlagen in Kombination mit den vorgesehenen Energieeinsparmaßnahmen den Anteil der Eigenerzeugung am Gesamtstrombedarf für alle Anlagen von derzeit 50 Prozent auf 70 Prozent zu erhöhen. Für das Großklärwerk Köln-Stammheim wird nach Umsetzung der identifizierten Einsparmaßnahmen eine

Reduzierung des Jahresstromverbrauchs auf ca. 31,5 Mio. kWh/a bis zum Jahr 2020 angestrebt. Nach der Erneuerung des Blockheizkraftwerks wird mit der heutigen Faulgasmenge (d. h. ohne Co-Fermentation) eine Eigenstromerzeugung von ca. 22 Mio. kWh/a erwartet. Diese ehrgeizigen Ziele sind jedoch nur realisierbar, wenn nicht in Zukunft weitergehende Reinigungsanforderungen (z.B. zur Reduzierung von gefährlichen Stoffen) gestellt werden.

Die Erneuerung der Blockheizkraftwerke aller Klärwerke mit einer Gesamtinvestition von zwölf Mio. Euro wird bis 2012 umgesetzt sein.

Vollständige Nutzung des Energieüberschusses (Wärme)

Mit dem Betrieb von Blockheizkraftwerken auf Kläranlagen kann in der Regel zwar nur ein Teil des Eigenstrombedarfs, jedoch der vollständige Wärmebedarf abgedeckt werden. Die vollständige Nutzung



Anlieferung eines Motors für das Blockheizkraftwerk Großklärwerk Köln-Stammheim

der erzeugten elektrischen Energie ist auf Kläranlagen generell gegeben. Demgegenüber liegt die mögliche Wärmeproduktion schon heute deutlich oberhalb des gesamten Wärmebedarfs der Kläranlage, inklusive Warmwasserversorgung und Heizungsanlagen. Somit wurden im Rahmen der Energiekonzeptstudie zur effektiven Energieverwertung (s.o.) mit Priorität Möglichkeiten gesucht, den vorhandenen Wärmeüberschuss sinnvoll zu nutzen.

Grundsätzlich ist es möglich, die überschüssige Wärme in Strom zu verwandeln (ORC-Verfahren). Dieses Verfahren ist jedoch nur wirtschaftlich, wenn keine Möglichkeiten der direkten Wärmenutzung bestehen, da durch die Umwandlung von Wärme in elektrische Energie erhebliche Wirkverluste eintreten. Als weitere Variante wurde die Realisierung einer Klärschlamm-trocknung untersucht. Auch wenn mit der überschüssigen Wärme nur eine Teiltrocknung umgesetzt werden kann, ergeben sich durch die hierbei reduzierten Entsorgungsmengen wirtschaftliche und ökologische Vorteile. Derartige Verfahren sind jedoch aufgrund der erheblichen Investitionen vorrangig für Großanlagen wie das

Großklärwerk Stammheim interessant, verursachen einen erheblichen Betriebsaufwand und erfordern eine besondere Beachtung der Geruchsemissionen und der Betriebssicherheit.

Sofern ein potenzieller Wärmenutzer in der Nähe der Kläranlage gefunden werden kann, stellt die Wärmelieferung eine ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung dar. In der Ortslage Stammheim, in etwa einem Kilometer Entfernung von der Kläranlage, befindet sich ein größeres Fernwärmenetz. Es versorgt eine Wohnsiedlung mit 1.700 Wohneinheiten und etwa 100 Einfamilienhäuser mit Heizungs- und Warmwasserenergie.

Aufgrund der günstigen Rahmenbedingungen wird diese Wohnsiedlung ab 2012 mit Überschusswärme aus dem Blockheizkraftwerk der Kläranlage versorgt. Bei saisonalen Schwankungen der Klärgasgewinnung wird zusätzlich Erdgas verstromt. Ziel ist es, etwa 10.000 MWh an Wärmeenergie – das entspricht ca. 80 Prozent des Wärmebedarfs – für die Wohnsiedlung durch Abwärme zu decken. Die übrigen 20 Prozent werden über eine konventionelle Wärmeerzeugungsanlage mit-

tels Erdgas bzw. Heizöl sichergestellt. Durch dieses zukunftsfähige Energieversorgungskonzept können nicht nur jährlich ca. 4.100 t CO₂ eingespart werden. Zusätzlich ergibt sich für die Bewohnerschaft ein Kostenvorteil gegenüber der jetzigen Versorgung in Höhe von ca. 17 Prozent.

Fazit

Die systematische Erfassung noch vorhandener Energieeinsparpotenziale ist ein notwendiger Beitrag zu einer ressourcenschonenden Abwasserreinigung. Heute sind bei vielen Anlagen Energieeinsparmaßnahmen mit großem Einsparpotenzial bereits erkannt und größtenteils auch umgesetzt. Weitergehende Einsparpotenziale können nur realisiert werden, wenn auf Grundlage eines umfassenden Energiecontrollings die Verbrauchstrends kontinuierlich analysiert werden. Die hierfür erforderlichen Investitionen sind vergleichsweise gering und amortisieren sich schnell.

Durch eine hierauf basierende konsequente Umsetzung von Energiesparmaßnahmen sowie den Einsatz moderner Anlagentechnologien zur Stromerzeugung wird das anspruchsvolle Ziel, mehr als 70 Prozent des Energiebedarfs der Kölner Klärwerke über Eigenstromerzeugung zu gewinnen, erreichbar. Die hierzu erforderlichen Energieeinsparungen werden sukzessive im Zuge der alterungsbedingten Erneuerungen der verfahrenstechnischen Anlagen realisiert; für diese Erneuerungsmaßnahmen werden die Idealwerte des Energiehandbuchs zugrunde gelegt.

Wesentlicher Baustein einer zukunftsfähigen Energiekonzeption ist die effiziente Nutzung der bei der Verstromung anfallenden Wärme. Für das Großklärwerk Stammheim konnte eine nahezu 100-prozentige Nutzung der anfallenden Wärme durch Versorgung einer in der Nähe liegenden Wohnsiedlung erzielt werden.

Die in den nächsten Jahren sich verknappende Primärenergieversorgung wird eine weitere rasante Steigerung der Energiekosten bewirken. Insofern ist der besondere Fokus auf dem Thema Energie berechtigt. Hier sind verstärkt innovative Ideen und Technologien gefragt. Nur so lässt sich die Abwasserreinigung auch in Zukunft für die Kölner Bürger mit vertretbarem wirtschaftlichem Aufwand realisieren. ■

Quellenangaben

[1] StEB Köln, Umwelterklärung 2011.

[2] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (Hrsg.), Handbuch Energie in Kläranlagen NRW, Düsseldorf 1999.



HEINZ BRANDENBURG
Hauptabteilungsleiter
Betrieb Klärwerk und Netze,
Stadtentwässerungsbetriebe
Köln, AöR

Seit 1994 bei den Stadtentwässerungsbetrieben Köln, AöR. Davor unter anderem Gruppenleiter der Vor- und Entwurfsplanung im Amt für Stadtbahn- und Brückenbau der Stadt Köln. Studium Bauingenieurwesen an der Bergischen Universität (BUGH) Wuppertal.

Mannheim auf dem Weg zum energieautarken Klärwerk

In der Klimaschutzpolitik hat die Bundesregierung unter anderem festgelegt, die CO₂-Emissionen in Deutschland gegenüber dem Basisjahr 1990 bis zum Jahr 2020 um 40 Prozent zu senken. Die Klimaschutzziele der Bundesregierung sind vielfach nur mit Maßnahmen zu erreichen, die durch die Kommunen vor Ort umgesetzt werden. Großstädten wie Mannheim fällt eine entscheidende Rolle zu: Sie müssen bei ihren eigenen Einrichtungen die Weichen für eine langfristig verträgliche Klimaschutzpolitik stellen, zugleich die Bürger sowie weitere Akteure zu einem entsprechenden Handeln und Verhalten ermutigen. Die Stadtverwaltung Mannheim begreift Klimaschutz folgerichtig als eine zentrale politische Aufgabe sowie als Standortvorteil und Markenzeichen guter Kommunalpolitik.

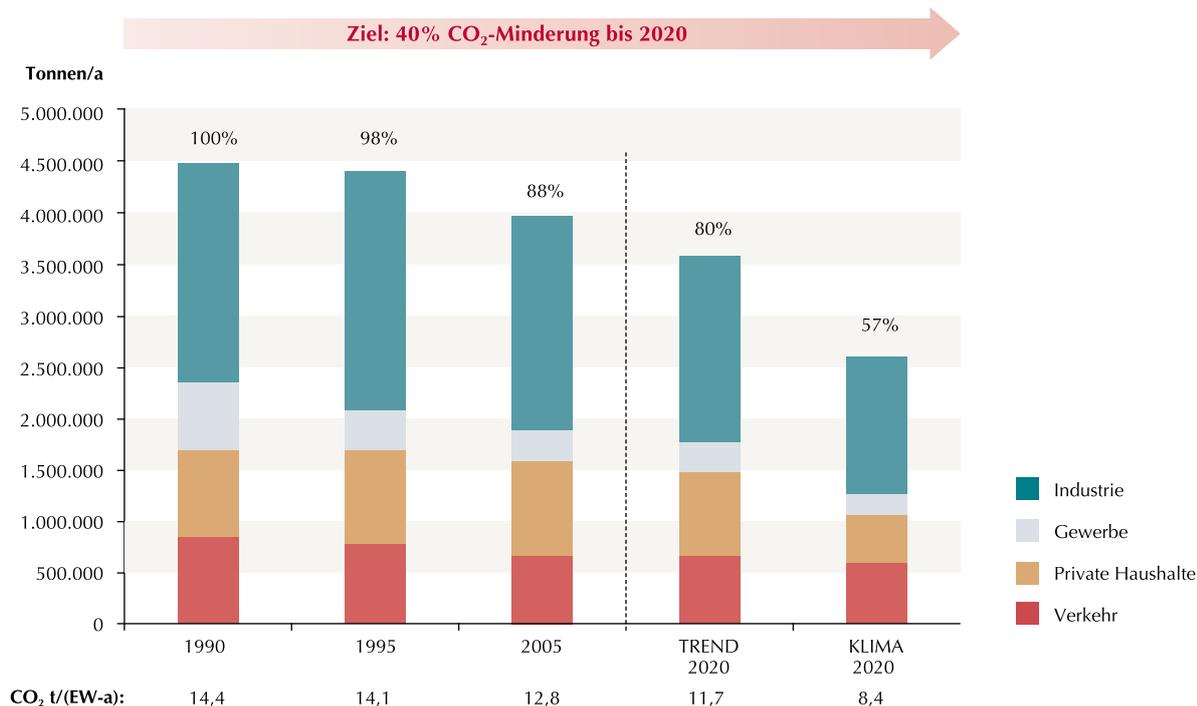
Klimaschutzstrategien der Stadt Mannheim

Mannheim will sich mit der Klimaschutzkonzeption 2020 an die Spitze der Klimaschutzbewegung der Region stellen.

Die Stadt Mannheim hat mit der Klimaschutzkonzeption 2020, die 2009 einstimmig im Gemeinderat beschlossen wurde, eine konsequente und nachhaltige Klimaschutzstrategie erstellt. Ein weitreichender Aktionsplan wird bis 2020 umgesetzt. Die Stadtverwaltung strebt als ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung an, in Zusammenarbeit mit anderen Akteuren bis 2020 den Ausstoß von CO₂ gegenüber 1990 um 40 Prozent zu mindern. Gemeinsam mit dem IFEU-Institut Heidelberg wurde die Klimaschutzkonzeption 2020 mit 60 Maßnahmen aus

Klimaschutzstrategien in Mannheim



CO₂-Emissionen von 1990 bis 2020

den Bereichen Energie und Verkehr erarbeitet. Hierbei stehen neben Energieeinsparung, Energieeffizienz und dem Einsatz erneuerbarer Energien sowohl die energetische Gebäudesanierung als auch die Förderung umweltfreundlicher Verkehrsträger im Vordergrund. Die Konzeption setzt dort an, wo erhebliches Einsparpotenzial in den Sektoren Private Haushalte, Industrie und Gewerbe zu erwarten ist. Konsequentes Handeln im eigenen Haus ist für die Stadt eine wichtige Leitlinie.

Der Beitritt zum Konvent der Bürgermeister, einer europäischen Initiative im Kampf gegen den Klimawandel, im April 2010 stellt die konsequente Weiterführung der Klimaschutzpolitik der Stadt dar. Als Mitglied des europäischen Netzwerks EURO CITIES tritt Mannheim im Environment-Forum in Sachen Umwelt- und Klimaschutz in den Erfahrungsaustausch mit anderen europäischen Großstädten. Dies ist die logische Schlussfolgerung der Mannheimer Klimaschutzpolitik, die über die Stadtgrenzen hinaus angelegt ist.

Weitere Erfolgsfaktoren im Klimaschutzprogramm der Stadt sind die Einrichtung einer Klimaschutzleitstelle bei der Stadtverwaltung, die Gründung der Klimaschutzagentur Mannheim und eine aktive Öffentlichkeitsarbeit. Mannheim hat damit

die entsprechenden infrastrukturellen Voraussetzungen geschaffen, um die Klimaschutzkonzeption 2020 erfolgreich umzusetzen.

Die Klimaschutzleitstelle trägt dem ganzheitlichen Ansatz der Mannheimer Klimaschutzkonzeption 2020 Rechnung und engagiert sich für die Umsetzung der 60 Maßnahmen aus dem Aktionsplan der Konzeption. Dafür bündelt sie die Ressourcen und Aktivitäten in den einzelnen Dienststellen für diese wichtige Aufgabe der Stadt. Sie begleitet und unterstützt kommunale Klimaschutzprojekte, sorgt für eine enge Abstimmung und Effizienz der Klimaschutzmaßnahmen und ist Ansprechpartnerin für die Stadtverwaltung in Fragen von Fördermöglichkeiten. Die Klimaschutzleitstelle gewährleistet eine enge Abstimmung mit der Klimaschutzagentur Mannheim und kümmert sich um Öffentlichkeitsarbeit, Aktionen und Kampagnen für den Klimaschutz.

Um besondere Einzelprojekte finanziell zu unterstützen und Breitenförderprogramme einzurichten, haben Stadt und lokaler Energieversorger, die MVV Energie AG, einen Klimaschutzfonds eingerichtet. Dieser stellt derzeit Mittel für drei Breitenförderprogramme zur Verfügung, die in der Klimaschutzagentur Mannheim bearbeitet werden.

Außerdem werden damit zusätzlich „Leuchtturmprojekte“ in der Stadt gefördert.

Begleitende Öffentlichkeitsarbeit soll die Vorbildwirkung von beispielhaften Klimaschutzprojekten unterstreichen. So wurde 2009 die Aktion Klimaschutzkalender unter dem Startmotto „12 Monate – 12 Klimaschutzprojekte“ von der Stadt Mannheim ins Leben gerufen. Sie geht mit neuem Slogan „12 Monate – ein Klima“ 2011 ins dritte Jahr. Der neue Titel soll verdeutlichen, dass jede einzelne Aktion in jedem Monat zählt, um das Klima zu schützen und die CO₂-Minderungsziele zu erreichen. Stadtweit und dezernatsübergreifend wird dabei monatlich ein Klimaschutzprojekt in der Stadt Mannheim im Rahmen eines Pressetermins der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Kampagne ist von der Idee getragen, die Vorbildfunktion der Kommune mit der Stärkung des Klimaschutzbewusstseins in der Bevölkerung zu verknüpfen. Sie kann sich auf ein starkes Aktionsbündnis mit den städtischen Gesellschaften und dem Energieversorger stützen. Die vorgestellten Maßnahmen wechseln in ihrer thematischen Ausrichtung und reichen von großen bis zu kleinen Projekten, von Technik bis zur Aktion – die ganze Bandbreite der Möglichkeiten und der Akteursbeteiligung spiegelt sich dabei wider. Die Aktion ist auch Bestandteil der Klimaschutzkonzeption 2020 und damit eine der 60 Maßnahmen, mit denen die CO₂-Minderung von 40 Prozent gegenüber 1990 im Jahr 2020 in Mannheim erreicht werden soll.

Glaubwürdigkeit und Vorbildwirkung der Stadt

Die Stadtverwaltung wird bei der Energieeinsparung und im Klimaschutz an ihrer Glaubwürdigkeit und an ihrer Vorbildwirkung gemessen. So ist es wichtig, dass die städtischen Liegenschaften und auch die kommunalen Eigenbetriebe ein gutes Beispiel für Energieeinsparung, Energieeffizienz und erneuerbare Energien abgeben.

Unter dem Motto „Mannheim ist aktiv und handelt“ hat Mannheim 2008 das stadtweite Großprojekt „Klimaschutz in Mannheim – KliMA“ ins Leben gerufen. Aus diesem Projekt gingen viele Impulse auf die Erstellung der Klimaschutzkonzeption 2020 aus.

Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung war von Anfang an bei der Erstellung des Klimaschutzpro-

gramms der Stadt dabei. Er beteiligt sich jedes Jahr mit Maßnahmen an der Umsetzung der Klimaschutzkonzeption 2020. Projekte der Stadtentwässerung sind deswegen auch jedes Jahr Bestandteil der Vorstellung wichtiger Klimaschutzmaßnahmen in der Aktion „12 Monate – ein Klima“.

Eine besondere Bedeutung für die Mannheimer Klimaschutzstrategien kommt dem Projekt „Energieautarkes Klärwerk“ zu. In seinem Rahmen ist der kommunale Eigenbetrieb Stadtentwässerung mit einer europaweit innovativen Klärschlammvergasungsanlage und einer Reihe von weiteren Maßnahmen auf dem Weg, ein energieautarker Betrieb ohne Bezug von Fremdenergie zu werden. Hierbei werden Energieeffizienz und erneuerbare Energien mit der Nutzung von Biomasse besonders innovativ verbunden. Wenn alle Maßnahmen umgesetzt sind, lassen sich jährlich insgesamt 40.000 Tonnen CO₂-Emissionen einsparen.

Weitere interessante Projekte für den Klimaschutz aus der Stadtentwässerung erwarten die Öffentlichkeit bis Dezember 2011. Zum Beispiel nehmen noch bis dahin eine neue Anlage zur Beheizung des unter Denkmalschutz stehenden, über 100 Jahre alten Pumpwerks Ochsenperch durch Nutzung der Abwärme im Abwasser und ein Wasserrad im Ablauf der Kläranlage ihren Betrieb auf. Damit ist der Eigenbetrieb Stadtentwässerung einer der bedeutendsten Partner in der Kommune, wenn es darum geht, die CO₂-Minderungsziele zu erreichen.

Auf dem Weg zum energieautarken Klärwerk

Erneuerbare Energien und Klimaschutz sind neben der permanenten Verbesserung der Abwasserreinigung zentrale Zukunftsthemen, mit denen sich der Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim seit geraumer Zeit befasst.

Neben der Straßenbeleuchtung ist die Kläranlage zumeist der größte Stromverbraucher in Kommunen. Im Fall der Stadt Mannheim, deren städtische Betriebe und Einrichtungen pro Jahr rund 63 Mio. kWh Strom benötigen, nimmt die Abwasserreinigung mit etwa 26 Mio. kWh/a vor der Straßenbeleuchtung (einschließlich Lichtsignalanlagen) mit rund 18 Mio. kWh/a den ersten Platz der Einzelstromverbraucher ein. Dieser hohe Verbrauch an elektrischer Energie belegt die Notwendigkeit, im

Bereich der Abwasserreinigung alle Anstrengungen zu unternehmen, um eine ressourcenschonende und ökologische Energiepolitik voranzutreiben.

Dabei lassen sich die volkswirtschaftlichen Ziele des Klimaschutzes mit den betriebswirtschaftlichen Interessen des Eigenbetriebs Stadtentwässerung effizient verknüpfen. Klimarelevante Schadstoffe können auf zweierlei Weise vermindert werden: 1.) indem der Energieverbrauch reduziert wird, 2.) indem das Klärwerk mit regenerativen Energien versorgt wird. Dem Gewässerschutz als eigentlicher Zielsetzung der Abwasserbehandlung ist bei aller Anstrengung auf der Energieseite stets oberste Priorität einzuräumen.

Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim verfolgt konsequent das strategische Ziel der energetischen Autarkie: mit laufenden Optimierungsmaßnahmen an den bestehenden Anlagenteilen, mit der Verwertung von Co-Substraten, mit dem Bau einer Photovoltaikanlage und einer Wasserkraftanlage sowie mit der Implementierung einer neuen Verfahrenstechnik zur Klärschlammverwertung.

Der Begriff der Energieautarkie hat sich in der Fachwelt etabliert – und dies obwohl er vom Grundsatz her nicht korrekt ist. Echte Autarkie bedeutet die Selbstversorgung bei gleichzeitiger Unabhängigkeit von externen Stoffbezügen. Da im Fall der Kläranlage Mannheim das strategische Ziel nur durch aktive Nutzung der Co-Vergärung erreicht werden kann, ist die Definition der Autarkie nicht

gegeben. In der Folge bedeutet Energieautarkie immer, den externen Energiebezug in Form von Wärme und Strom auf null zu reduzieren.

Kurzbeschreibung des Klärwerks Mannheim

Abwasserreinigung

Das Klärwerk Mannheim wurde 1973 in Betrieb genommen und im Jahre 2000 aufgrund verschärfter Einleitbedingungen um eine Stufe zur Nährstoffelimination erweitert.

Die wesentlichen Grundlagen und Randbedingungen des Klärwerks lassen sich so zusammenfassen:

- Ausbaugröße 725.000 EW,
- Regenwetterzufluss 4.000 l/s,
- Trockenwetterzufluss 1.600 l/s,
- Zulaufpumpwerk, drei Grobrechen (40 mm), vier Feinrechen (8 mm),
- Volumen an Regenüberlaufbecken 40.000 m³,
- vier belüftete Sand- und Fettfänge,
- drei Vorklärbecken,
- fünf Belebungsbeckenstraßen, V = ca. 80.000 m³,
- zehn Nachklärbecken mit einem Durchmesser von je 40 m,
- Flockungfiltrationsstufe (32 Filterzellen à 90 m², gesamt 2.784 m²).

Luftbild Klärwerk Mannheim





Klärschlammvergasungsanlage

Die Schlammbehandlung des Mannheimer Klärwerks umfasst somit folgende Verfahrensschritte:

- Überschussschlammeindickung (Zentrifugen),
- Faulung (3 x 7.500 m³),
- Schlammentwässerung (Zentrifugen),
- Schlamm-trocknung (Konvektionstrockner),
- Schlammvergasungsanlage für 5.000 t/a (in der Inbetriebnahmephase).

Das getrocknete Klärschlammgranulat von derzeit ca. 10.000 t/a wird bis Herbst 2011 in der Zementindustrie thermisch und stofflich verwertet. Anschließend erfolgt die Verwertung von 50 Prozent des getrockneten Klärschlammes in der neuen Klärschlammvergasungsanlage auf dem Klärwerksgelände.

Schlammbehandlung

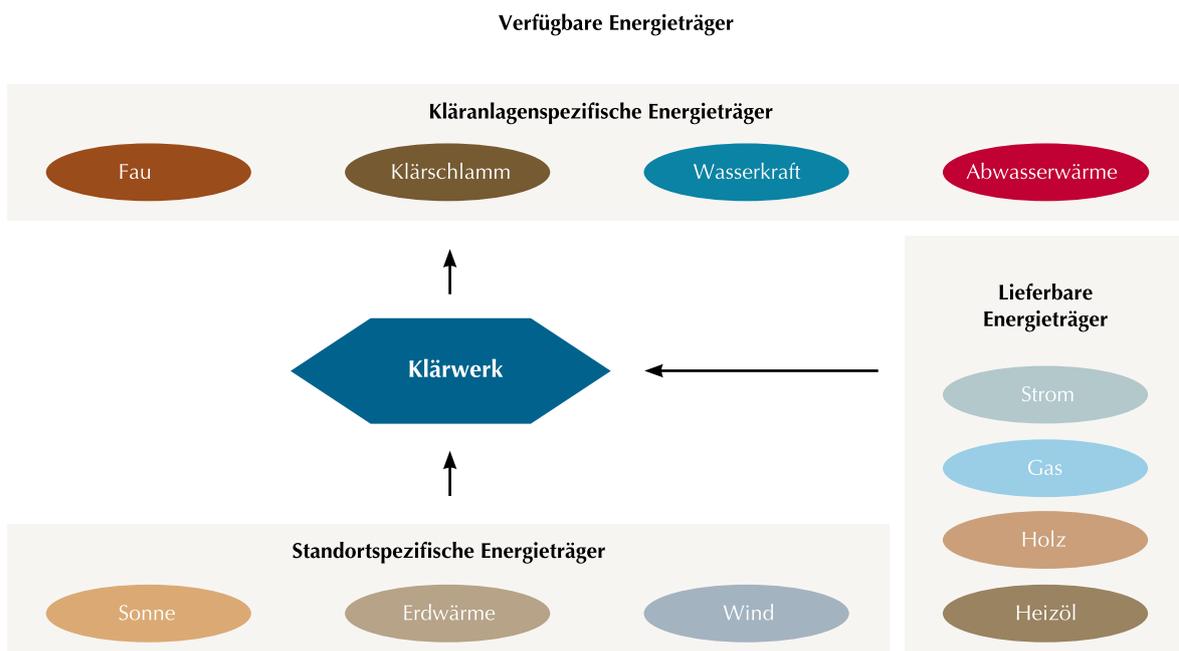
Im Rahmen des Ausbaus und der Erweiterung des Klärwerks wurde die Schlammbehandlung um eine Klärschlamm-trocknungsanlage erweitert. Zurzeit wird die erste Stufe einer Klärschlammvergasungsanlage realisiert.

Ausgangssituation mit Blick auf die Energieträger

Die Abbildung zeigt die Ausgangssituation der einzelnen Energieträger auf Kläranlagen.

Die Nutzung der spezifischen Energieträger ist vor dem Hintergrund sich wandelnder Anforder-

Allgemeine Ausgangssituation der Energieträger auf Kläranlagen



rungen stetigen Veränderungen unterworfen. So wurde nach Inbetriebnahme der Kläranlage 1973 von den kläranlagenspezifischen Energieträgern lediglich das Faulgas genutzt. Die standortspezifischen Energieträger wurden nicht genutzt, während die lieferbaren Energieträger für die notwendige Energieversorgung des Klärwerks eine dominierende Rolle spielten.

Der ständig wachsende Energieverbrauch aufgrund der verschärften Anforderungen an die Abwasserreinigung und die kontinuierlich steigenden Energiekosten zwangen die Betreiber von Kläranlagen, vor dem Hintergrund von Wirtschaftlichkeitsüberlegungen über eine veränderte Nutzung der verfügbaren Energieträger nachzudenken. Durch die vermehrte Nutzung kläranlagenspezifischer Energieträger, ergänzt durch standortspezifische Energieträger, erschließen sich die Kläranlagen neue Energiequellen. Dadurch werden neben den Betriebskosten auch die CO₂-Emissionen reduziert, womit die Betreiber von Kläranlagen einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Energiequellen des Klärwerks Mannheim

Bei den nachfolgenden Betrachtungen wird zur Wahrung der Übersichtlichkeit idealtypisch von einem konstanten Strombedarf des Klärwerks Mannheim von 26 Mio. kWh elektrischer Energie pro Jahr und von einem konstanten Wärmebedarf von 29 Mio. kWh thermischer Energie pro Jahr ausgegangen.

Faulgas

Seit der Inbetriebnahme des Klärwerks im Jahr 1973 wird in den Faultürmen aus dem vorbehandelten Klärschlamm in erheblichem Umfang Klärgas erzeugt. In einer der ersten Klärschlammbehandlungsanlagen wurde auf dem Klärwerk Mannheim im Jahr 2002 eine Desintegrationsanlage in Betrieb genommen. Dabei wird ein Teilstrom des eingedickten Überschussschlammes durch mechanische Zerkleinerung und anschließende Bestrahlung mit Ultraschall so verändert, dass der anaerobe Abbauprozess in der nachfolgenden Schlammfäulung signifikant verbessert wird. Mit dieser verfahrenstechnischen Ergänzung wurden daraufhin pro Jahr sieben Mio. m³ Klärgas produziert. 65 Prozent davon wurden zur Heizgaserzeugung

in der Trocknung eingesetzt. Mit dem Rest wurde entweder ein entsprechend ausgestatteter Luftverdichter oder die Blockheizkraftwerk-Anlage betrieben. Auf diese Weise konnten 23 Prozent des Strom- und 100 Prozent des Wärmebedarfs selbst erzeugt werden. Die CO₂-Einsparung betrug 24.000 t pro Jahr.

Seit dem Jahr 2007 konnte die Klärgasproduktion durch die zusätzliche Einbeziehung der Co-Vergärung deutlich gesteigert werden. Die gezielte Zugabe von Produktrückständen aus der Nahrungsmittelindustrie und von sonstigen leicht abbaubaren Substanzen in die Faulungsanlage erhöhte die Klärgasausbeute auf elf Mio. m³ pro Jahr. Die Verwertung dieser Klärgasmenge in der Schlamm-trocknung, dem Blockheizkraftwerk und dem HV-Turbo bringt insgesamt eine CO₂-Einsparung von 33.000 t im Jahr. Mit dieser Weiterentwicklung ist es gelungen, den Strombedarf zu 61 Prozent und den Wärmebedarf zu 100 Prozent selbst zu decken.

Im Hinblick auf weiter steigende Energiekosten und aufgrund freier Faulraumkapazitäten wurde intensiv darüber nachgedacht, die Co-Fermentation auszubauen. So wurde beschlossen, auch Material der Kategorie III anzunehmen, das vor der Verwertung im Faulbehälter einer Hygienisierung zugeführt werden muss. Auf dem Gelände der Kläranlage wurde eine automatisierte, technisch hochwertige Anlage errichtet. Sie stellt sicher, dass das angelieferte Material mindestens eine Stunde bei wenigstens 70 °C hygienisiert werden kann.

Problematisch für die Co-Vergärung auf Kläranlagen ist die genehmigungsrechtliche Situation, da Abfälle auf wasserrechtlich genehmigten Anlagen mitbehandelt werden. Das Genehmigungsverfahren ist aufwendig und äußerst langwierig. Da die Kläranlagenbetreiber hier grundsätzlich hinsichtlich geordneter Abfallverwertung und CO₂-Einsparung einen umweltpolitisch positiven Beitrag leisten, sollten die Genehmigungsbehörden bundeseinheitliche Vereinfachungen für die zügige Erteilung von Betriebsgenehmigungen beschließen. Im Fall der Kläranlage Mannheim wird seit etwa zwei Jahren auf die Erteilung der Dauergenehmigung zur Hygienisierung gewartet. Parallel dazu gestaltet sich die Akquisition geeigneter Co-Substrate zunehmend schwieriger, da hier die Betreiber von Kläranlagen mit jenen von Biogasanlagen konkurrieren.



Beschattung der Filtration mit aufmontierten Solarzellen

Um das Management der Stoffströme unterschiedlicher Herkunft und mit unterschiedlichem Gehalt an verwertbarer Organik so zu optimieren, dass die Gasproduktion bei bestmöglicher Nutzung der vorhandenen Gasbehälter ($2 \times 5.000 \text{ m}^3$) dem Strombedarf folgt, werden seit Juli 2009 Künstliche Neuronale Netze (KNN) eingesetzt. KNN imitieren die Organisations- und Verarbeitungsprinzipien des menschlichen Gehirns und sind wie dieses in der Lage, aus vergangenen Ereignissen und Erfahrungen zu lernen. Eine spezielle Software erhält regelmäßig Informationen über die angelieferten Co-Substrate und errechnet daraufhin, wann welche Substratmenge aus welchem der beiden Vorlagebehälter der Faulung zudosiert werden soll. Dies ist erforderlich, um zu einem definierten Zeitpunkt so viel Gas zur Verfügung zu haben, dass der externe Strombezug minimiert wird, weil der Großteil des Strombedarfs in der Blockheizkraftwerk-Anlage des Klärwerks selbst erzeugt werden kann.

Photovoltaik-Anlage und Wasserrad

Der standortspezifische Energieträger Sonne wurde beim Bau einer Photovoltaik-Anlage auf der Abdeckung der Filtration genutzt. Die Beschattung der Filteranlage war notwendig geworden, um während der Sommermonate die Algenbildung in den offenen Filterbecken und den hohen Reinigungsaufwand zu minimieren. Im Hinblick auf die Diskussion um die Verringerung des klimaschädlichen CO_2 entschloss sich der Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim, auf der 2.300 m^2 großen Bedachung der Filter eine Photovoltaik-Anlage ($270 \text{ kW}_{\text{peak}}$) zu montieren.

Seit der Inbetriebnahme im Dezember 2006 wurden 1.144 MWh Solarstrom (Stand 11.08.2011) zu den EEG-geförderten Preisen ins Stromnetz des örtlichen Energieversorgers eingespeist. Dies entspricht einer CO_2 -Einsparung von rund 800 t .

Um den kläranlagenspezifischen Energieträger Wasserkraft zu nutzen, wird zurzeit ein Wasserrad mit einem Durchmesser von $6,00 \text{ m}$ und einer



Wasserrad

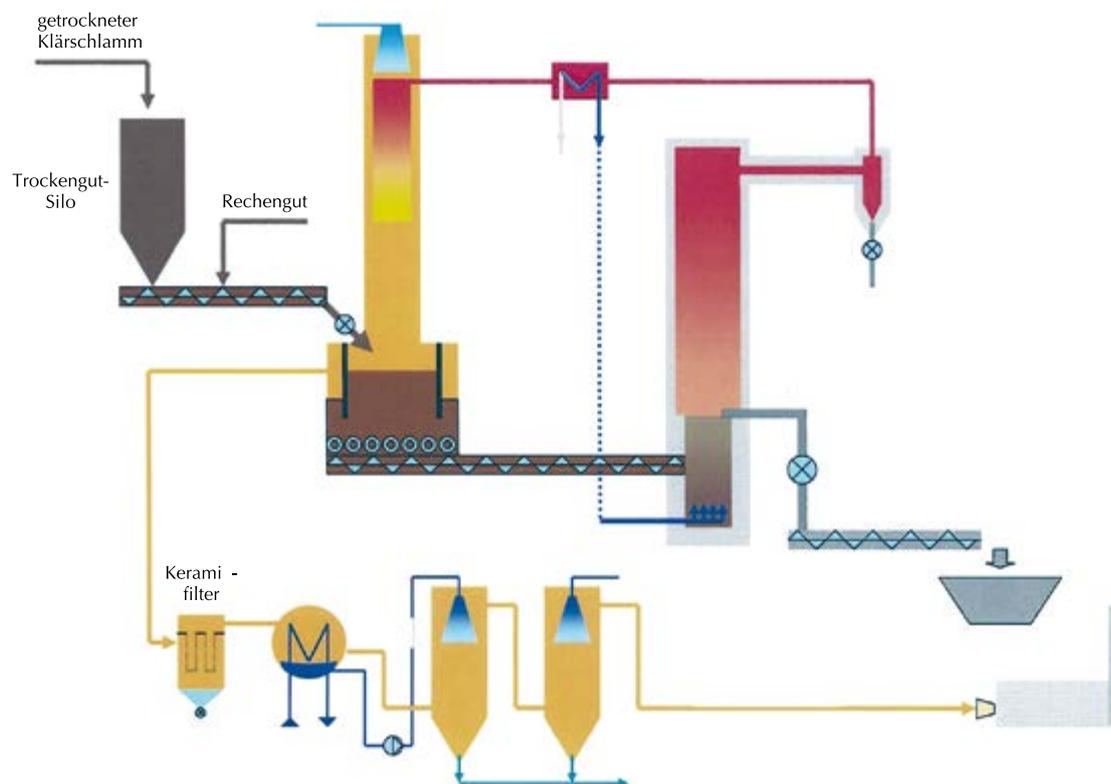
Breite von 1,60 m im Ablauf des Klärwerks zum Rhein errichtet. Die Anlage ist für eine Fallhöhe von 1,80 m und eine maximale Wassermenge von 1.800 l/s ausgelegt und hat eine mittlere Leistung von 12 kW. Dies führt zu einer jährlichen Stromerzeugung von 100.000 kWh, woraus eine CO₂-Einsparung von ca. 70 t resultiert.

Klärschlammvergasungsanlage

Der getrocknete Klärschlamm enthält im Feststoff immer noch mehr als 50 Prozent organische Anteile. Für seine Verwertung in der Zementindustrie fallen zurzeit Kosten an. Um diesen wertvollen Energielieferanten selbst nutzen zu können, wird auf dem Klärwerk Mannheim als weiterer Prozessschritt eine Klärschlamm- und Rechengutvergasungsanlage installiert. Die Abbildung zeigt das Verfahrensschema der Vergasungsanlage.

Der Vergasungsreaktor ist die Schlüsselkomponente des Verfahrens: In ihm entsteht in einer stationären Wirbelschicht bei einer Temperatur von

Verfahrensschema einer Klärschlammvergasungsanlage



bis zu 900 °C aus dem getrockneten Klärschlamm ein brennbares Gas.

Das entstandene Gas (Synthesegas) wird in der Rohgasquenche abgekühlt und anschließend durch Filtration und Trocknung weiter aufbereitet. Nach einer Aufenthaltszeit von ca. 30 Minuten im Vergasungsreaktor verbleibt vom Klärschlamm nur noch ein inertes Granulat. Dieses kann als Zuschlagstoff zur Herstellung von Asphalt und als Füllmaterial im Straßen- und Tiefbau eingesetzt werden. Alternativ besteht auch die Möglichkeit des Einbaus in eine Monodeponie, um zu einem späteren Zeitpunkt den Phosphor zu Dünge Zwecken zu gewinnen.

Bis Ende 2011 wird die erste Straße der Vergasungsanlage mit einer Kapazität von 5.000 t/a getrocknetem Klärschlamm und 500 t/a intensiv entwässertem Rechengut in Dauerbetrieb gehen. Die erstmalig in dieser Größenordnung realisierte Anlage wird zu Beginn durch den Hersteller betrieben. Während dieser Zeit werden die Mitarbeiter des Klärwerks in der neuen Verfahrenstechnik intensiv geschult. Nach einem Jahr störungsfreiem Betrieb geht die Anlage in die Zuständigkeit des Eigenbetriebs Stadtentwässerung Mannheim über. Parallel dazu werden zwei weitere Behandlungsstraßen des gleichen Typs realisiert.

Das erzeugte Synthesegas soll als weiterer Brennstoff neben Klärgas für die Heizgaserzeugung in der Schlamm-trocknung eingesetzt werden. Im Endausbau ersetzt das Synthesegas 90 Prozent des Klärgases. Das frei werdende Klärgas wird dann in der erweiterten Blockheizkraftwerk-Anlage zur Erzeugung von zusätzlichem Strom genutzt. Nach der Fertigstellung der gesamten Anlage werden der Strombedarf des Klärwerks zu 95 Prozent und der Wärmebedarf zu 100 Prozent gedeckt. Die zusätzliche CO₂-Einsparung aus dem Verfahrensschritt der Vergasungsanlage beträgt 7.000 t pro Jahr. Darüber hinaus werden durch die Verwertung des Klärschlammes und des Rechenguts direkt vor Ort die im Zusammenhang mit den Transportleistungen entstehenden Verkehrs- und Umweltbelastungen mehr als halbiert. Das Transportvolumen wird von 11.000 t/a Eingangsmaterial in die Vergasungsanlage auf 5.000 t/a Granulat reduziert.

Zusammenfassung

Die Tabelle zeigt zusammengefasst, wie sich die Nutzung der verfügbaren und neuen Energiequellen auf dem Klärwerk Mannheim auswirkt.

Auswirkung der Nutzung von Energiequellen auf dem Klärwerk Mannheim

	Faulung Trocknung	Co-Substrate Photovoltaik Wasserkraft	Klärschlamm-/ Rechengut- vergasung
Inbetriebnahme	1973–1995	2007–2011	2011–2015
Klärgasproduktion (Mio. m ³ /a)	7,0	11,0	11,0
Synthesegasproduktion (Mio. m ³ /a)	0	0	15,2
Stromproduktion im Blockheizkraftwerk (Mio. kWh/a)	6,0	15,9	24,5
Strom aus Photovoltaik (kWh/a)	0	240.000	240.000
Strom aus Wasserrad (kWh/a)	0	100.000	100.000
Stromautarkiegrad (%)	23	62	95
Summe CO ₂ -Einsparung (t/a)	24.000	33.000	40.000

Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim wird das strategische Ziel der energetischen Autarkie durch mehrere Maßnahmen zu 95 Prozent erreichen:

- Nutzung des anfallenden Faulgases,
- Verwertung von Co-Substraten,
- Betrieb einer Photovoltaikanlage,
- Betrieb einer Wasserkraftanlage und
- Implementierung einer neuen Verfahrenstechnik zur Klärschlamm- und Rechengutverwertung (Vergasungsanlage).

Die CO₂-Einsparung wird im Endausbau 40.000 t/a betragen. Der rechnerisch verbleibende kleine Schritt zur 100-prozentigen Energieautarkie wurde bereits durch energetische Optimierungen an der bestehenden Anlage getan. In der Belebungsstufe

wurde die Belüftung verändert, wodurch die Verdichter mit weniger Strom betrieben werden können. Darüber hinaus werden durch den Einbau energieeffizienterer Komponenten bei notwendigem reparaturbedingtem Austausch regelmäßig Energieeinsparungen erzielt.

Bei der innovativen Energieerzeugung auf Kläranlagen lassen sich die volkswirtschaftlichen Ziele des Klimaschutzes mit den betriebswirtschaftlichen Interessen einer Stadtentwässerung effizient verknüpfen. Die Steigerung des Grades der Eigenenergieerzeugung kompensiert die stetige Erhöhung der Kosten lieferbarer Energie. Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen: Dem Gewässerschutz als eigentlicher Zielsetzung der Abwasserbehandlung wird bei aller berechtigten Anstrengung hinsichtlich der Energieerzeugung stets oberste Priorität eingeräumt. ■



AGNES HÄHNEL-SCHÖNFELDER
Klimaschutzleitstelle
der Stadt Mannheim

Seit 2005 bei der Stadt Mannheim, Fachbereich Baurecht und Umweltschutz. Davor in verschiedenen Umweltverwaltungen auf kommunaler bis Landesebene in Thüringen und Baden-Württemberg. Studium der Baustoffverfahrenstechnik, Hochschule für Architektur und Bauwesen/ Bauhaus-Universität Weimar.



ALEXANDER MAURITZ
Betriebsleiter des Eigenbetriebs
Stadtentwässerung Mannheim

Davor unter anderem Abteilungsleiter bei der Stadt Hanau und Projektingenieur bei der Anlagenbaufirma Dorr-Oliver in Wiesbaden sowie bei der Planungsgesellschaft Lahmeyer International in Frankfurt am Main. Studium des Bauingenieurwesens mit Vertiefungsrichtung Siedlungswasserwirtschaft an der Technischen Universität Karlsruhe.

Das Wolfsburger Modell der Abwasserverwertung – Beispiel für nachhaltige Wasser- und Energiekreisläufe

Die Wolfsburger Entwässerungsbetriebe (WEB) sind als Anstalt des öffentlichen Rechts (AöR) eine rechtlich eigenständige öffentliche Einrichtung. Die Stadt Wolfsburg hat der WEB die hoheitlichen Aufgaben der Abwasserbeseitigung und die Unterhaltungspflicht für die öffentlichen Gewässer als eigene Aufgaben übertragen (Abwasserbeseitigungspflicht und Gewässerunterhaltungspflicht nach Wasserhaushaltsgesetz/WHG). Die WEB erlässt die Abwasserbeseitigungssatzung und die Abwasserabgabsatzung entsprechend in eigenem Namen.

Die Wolfsburger Entwässerungsbetriebe reinigen und verwerten das Abwasser aus dem gesamten Stadtgebiet von Wolfsburg und aus einigen Umlandgemeinden. Die Abwässer des Volkswa-

genwerks werden in einer werkseigenen Kläranlage separat gereinigt und nicht weiterverwertet. Die Ausbaugröße des Hauptklärwerks am Stahlberg beträgt 170.000 EW; insgesamt werden im Mittel acht Mio. Kubikmeter Abwasser pro Jahr behandelt. Die Länge des Kanalnetzes beträgt rund 1.000 Kilometer, mit ca. 21.000 erschlossenen Grundstücken. Schmutz- und Regenwasser werden überwiegend im Trennsystem abgeleitet. Zur Regenwasserbehandlung betreibt die WEB 42 Rückhaltebecken mit einem Stauvolumen von 950.000 Kubikmetern, hinzukommen fünf Talsperren zum Hochwasserschutz mit insgesamt 1,1 Mio. Kubikmetern Stauvolumen und rund 120 Kilometer Gewässer und Gräben im Stadtgebiet Wolfsburgs.

Luftbild der Kläranlage Stahlberg



Nachhaltige Wasser- und Energiekreisläufe

Durch die Zusammenführung der Stadtentwässerung und der operativen Aufgaben des Abwasserverbandes Wolfsburg bleibt der gesamte Stoffstrom in einer Zuständigkeit: von der Anfallstelle des Abwassers bis zur Wiederverwendung des gereinigten Abwassers in der Landwirtschaft. Die Wasser- und Energiekreisläufe sind direkt miteinander verknüpft. So können die drei Sekundärrohstoffpotenziale des Abwassers – Wasser, Energie und Nährstoffe – im Rahmen eines Stoffstrommanagements vollständig verwertet und die innewohnenden Ressourcen ortsnahe genutzt werden. Durch die einheitliche Aufgabenwahrnehmung konnte der Gebührenbedarf in den letzten zwei Jahren um zehn Prozent gesenkt werden.

Entsprechend dem Kerngedanken des „Wolfsburger Modells“, Abwasser schadlos unter Ausnutzung seiner Ressourcen zu behandeln, wurden die modernen Ansätze zur Verbindung von Abwasserreinigung und Klimaschutz frühzeitig durch die WEB aufgegriffen. Neben dem Klimaschutzeffekt durch die Wiederverwendung des gereinigten Abwassers und der Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen ist es gelungen, durch Prozessoptimierung der Abwasserreinigung erheblich Energie einzusparen und den CO₂-Ausstoß zu verringern. Rohstoffe und Abfallstoffe werden in ganzheitlichen ökologischen Kreisläufen betrachtet.

Das Wolfsburger Modell wurde als Musterbeispiel für den nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser im deutschen Pavillon auf der Weltausstellung ThemenEXPO „Wasser und Nachhaltigkeit“ in Zaragossa 2008 vorgestellt. Der Begriff des „Wolfsburger Modells der Abwasserwertung“ war für die EXPO 2000 in Hannover geprägt worden. Ein dezentrales EXPO-Projekt wurde damals auf der Kläranlage Wolfsburg umgesetzt. Für die EXPO 2008 und den WEB-Stand im deutschen Pavillon wurde der Begriff erweitert in „Wolfsburger Modell der Abwasserwertung – Ein Beispiel für nachhaltige Wasser- und Energiekreisläufe“.

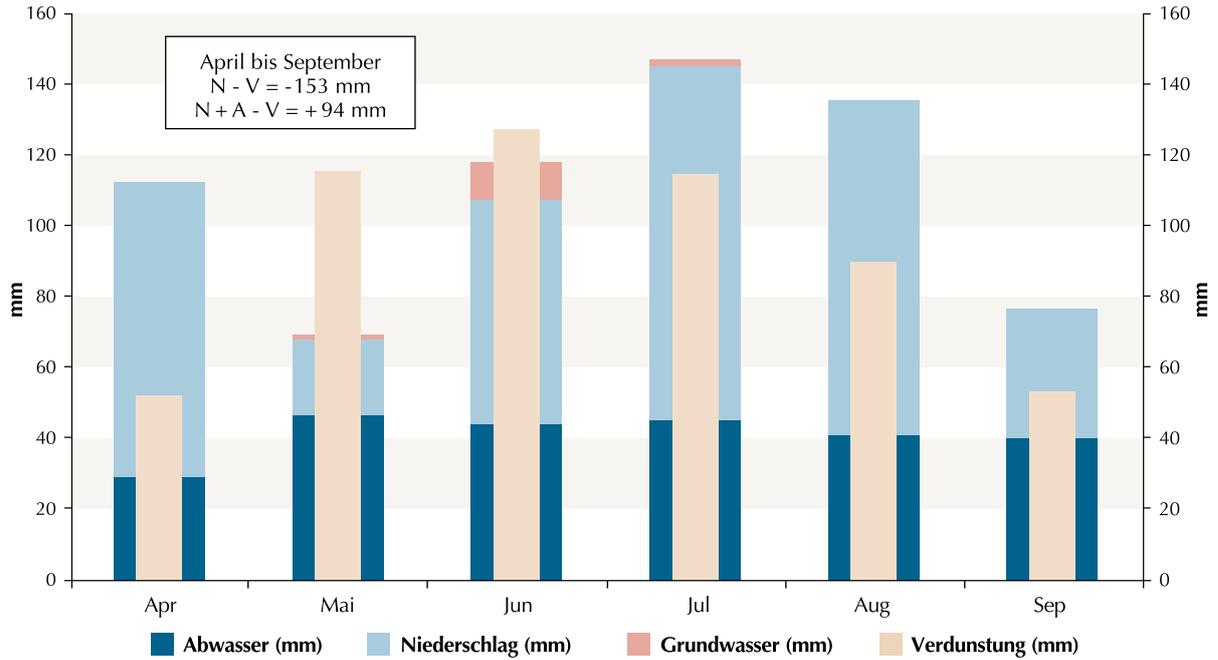
Die fünf Schritte des Wolfsburger Modells

- 1) „Klassische“ landwirtschaftliche Verwertung von gereinigtem Abwasser (Beregnung) unter Ausnutzung der Wertstoffe Stickstoff und Phosphat aus Abwasser als Düngemittelergänzung in der Vegetationsperiode;
- 2) Speicherung von Klarwasser ohne Nährstoffe in den Wintermonaten im Grundwasser, Bedarfsentnahme zur Beregnung in der Vegetationsperiode ohne Eingriff in den natürlichen Grundwasserhaushalt;
- 3) Anbau nachwachsender Rohstoffe im Verregnungsgebiet, Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie durch Verwertung der Rohstoffe in einer Biogasanlage und einem Blockheizkraftwerk, dadurch energieautarke Abwasserbehandlung im Klärwerk und Abgabe von elektrischer Energie ins allgemeine Stromnetz;
- 4) Nutzung der thermischen Energie zur Klärschlamm-trocknung; damit wird aus dem Abfallstoff Klärschlamm ein Ersatzbrennstoff mit einem Heizwert, der etwa dem von Braunkohle entspricht;
- 5) mögliche weitergehende Nutzung des Biogases nach Aufbereitung als Erdgasersatz in Kraftfahrzeugen oder Blockheizkraftwerken.

Schritt 1: Landwirtschaftliche Verwertung von gereinigtem Abwasser

Natürliche Schwankungen der Wasserbilanz können durch die Wiedernutzung des Abwassers ausgeglichen werden, da es in urbanen Gebieten mit Schwemmkanalisation ganzjährig anfällt. Eingriffe in den Grundwasserhaushalt zur Feldberegnung können weitgehend durch vorgereinigtes Abwasser ersetzt werden, wodurch eine grundwasser-schonende Feldberegnung ermöglicht wird.

In Wolfsburg wird dieser Prozess der Wiedernutzung des Abwassers seit 70 Jahren umgesetzt. Das gereinigte Abwasser wird im Sommer als Beregnungswasser landwirtschaftlich verwertet (verregnet). Die Reinigungsleistung der Kläranlage wird hierzu bedarfsgerecht gesteuert: Im Sommer wird teilbiologisch gereinigt, nur Kohlenstoff wird entzogen, Stickstoff und Phosphor bleiben als Wertstoff



Wasserbilanz im Verregnungsgebiet 2008

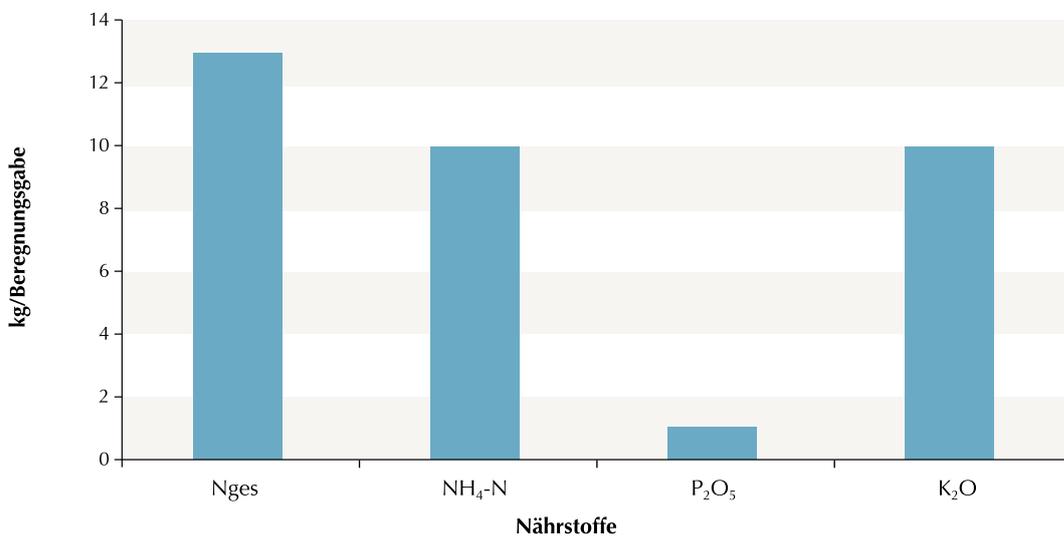
zur landwirtschaftlichen Verwertung im Abwasser. Letzteres führt auch zur Einsparung von mineralischen Düngern. Das Klärwerk wandelt sich dadurch von einer Abwasserbehandlungsanlage zu einer Sekundärrohstoff-Nutzungsanlage.

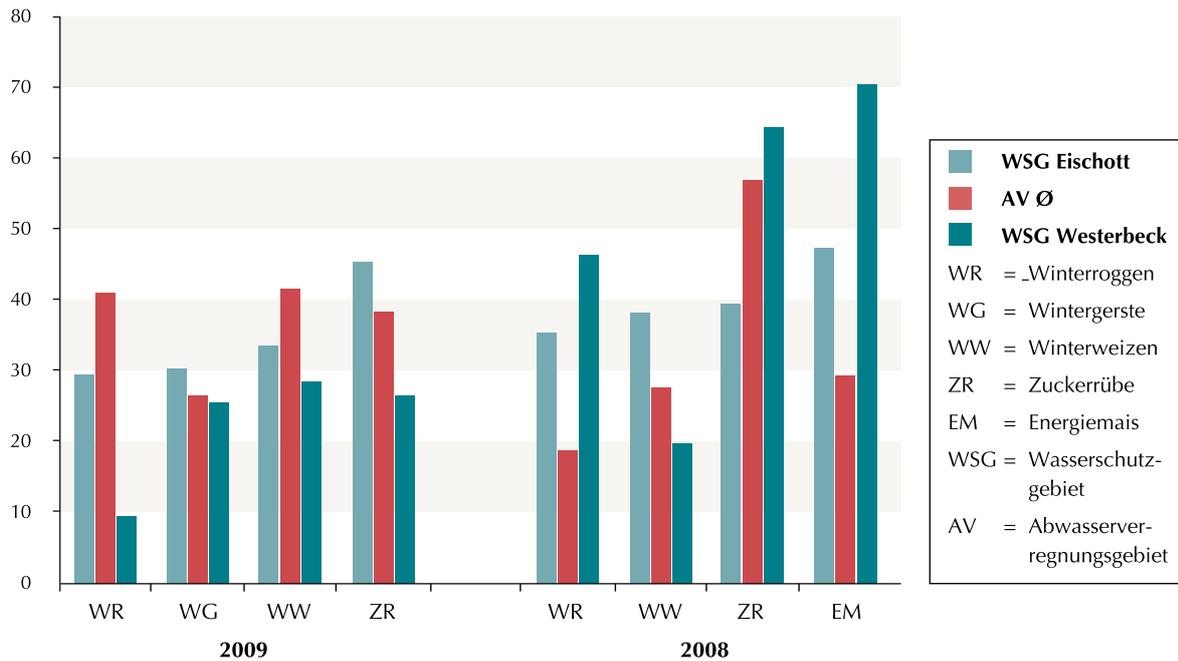
Die Abbildung oben macht die Bedeutung der Abwasserweiterverwertung für die landwirtschaftlich genutzten Flächen deutlich. Der natürliche Niederschlag (hellblau) reicht über lange Perioden nicht

aus, um die Verdunstung (beige) auszugleichen. Nur durch die kontinuierliche Abwasserverwertung kommt es zu einer ausreichenden Versorgung der Pflanzen mit Wasser. Im Juni und Juli wird zusätzlich noch Grundwasser (hellrot) aus dem in den Wintermonaten angelegten Grundwasserspeicher zum Ausgleich des Defizits zugeführt.

Die Abbildung unten zeigt die mittleren Nährstoffgehalte im Beregnungswasser. Die Landwirte

Nährstoffgehalte im Beregnungswasser





N-Min-Konzentration im Boden nach der Ernte, Vergleich der Werte in Abwassererregungsgebiet mit angrenzenden Wasserschutzgebieten, Herbst 2008 und Herbst 2009

im Verregnungsgebiet erhalten monatlich Nährstoffberichte, können so die Nährstoffversorgung ihrer Kulturen überprüfen und gegebenenfalls ergänzend düngen. Analog zu den Wasserschutzgebieten im Umkreis werden der Umgang mit Nährstoffen und die potenzielle Gefährdung des Grundwassers durch Überdüngung überwacht.

Ein wichtiges Kriterium ist der so genannte N-Min-Wert der Böden im Herbst (siehe Abb.). Die N-Min-Werte im Herbst zeigen die Einhaltung der guten landwirtschaftlichen Praxis und die Vorteile der Stickstoffdüngung mittels der Abwasserfeldberegnung. Gemessen wird hier der nach der Ernte im Boden verbliebene Stickstoff, der potenziell ins Grundwasser ausgewaschen werden könnte. Der N-Min-Wert ist somit ein Näherungswert für die Grundwassergefährdung durch die landwirtschaftliche Nutzung der Böden. Die N-Min-Werte der Wasserschutzgebiete im Umfeld liegen dabei zum Teil über den Werten im Gebiet der Abwasserwertung.

Risiken

Neben Nährstoffen enthält Abwasser auch unerwünschte Spurenstoffe. Ein Großteil von diesen wird dem Abwasser durch die biologische Abwasserreinigung und den Klärschlamm entzogen. Dennoch

bleiben Pharmazeutika und Keime in erheblichem Umfang im Abwasser gelöst. Diese Stoffe sind auch im Verregnungswasser nachweisbar. Sie werden im Boden weiter abgebaut, endgültige Aussagen über das langfristige Verhalten dieser Stoffe in der Umwelt gibt es allerdings noch nicht. Möglicherweise ist die weitergehende Reinigung der Abwässer ein Erfordernis des 21. Jahrhunderts. In Wolfsburg werden derzeit die Machbarkeit und die ökobilanziellen Auswirkungen einer weitergehenden Abwasserreinigung untersucht.

Exkurs: Klimaschutz durch Energieeinsparung

Die nachfolgend dargestellten Prozessoptimierungen wurden in den letzten beiden Jahren bei den Wolfsburger Entwässerungsbetrieben durchgeführt:

- **Klärschlammwässerung:** Umstellung der Betriebsweise auf kontinuierlichen Zentrifugetrieb, hierdurch Fortfall der Anlauf- und Abfahrzeiten; Stromersparnis pro Jahr: 156.000 kWh.
- **Verregnungspumpwerk:** Durch die Nachrüstung von Frequenzumrichtern zur Pumpensteuerung und eine Änderung der Laufzeiten konnte eine spezifische Ersparnis von 0,03 kWh/m³ erreicht werden. Dies entspricht einer Verringerung des

Strombedarfs von etwa acht Prozent und bedeutet bei 4,5 Mio. Kubikmetern verregneten Wassers eine Stromeinsparung pro Jahr von 147.000 kWh.

- **Hauptabwasserpumpwerk:** Änderung der Betriebsweise durch Optimierung bzw. Minimierung der Leistungsspitzen im Pumpenbetrieb, Verringerung des hydraulischen Widerstands im Leitungsnetz, hierdurch Senkung des spezifischen Energiebedarfs pro Kubikmeter um 0,004 kWh. Bei 8,8 Mio. Kubikmetern/Jahr Förderleistung entspricht dies einer Stromeinsparung im Jahr von 35.200 kWh.
- **Biogaserzeugung:** Durch die Reduzierung der Rührwerksgeschwindigkeiten und -laufzeiten sowie verminderte Heizungsrücklaufführung konnte der Stromverbrauch um 358.780 kWh/Jahr gesenkt werden.

Durch weitere Optimierungen bei Beleuchtung, Beckenbelüftung der Belebungsstufe der Abwasserreinigung, Ersatz von Rührwerken durch ener-

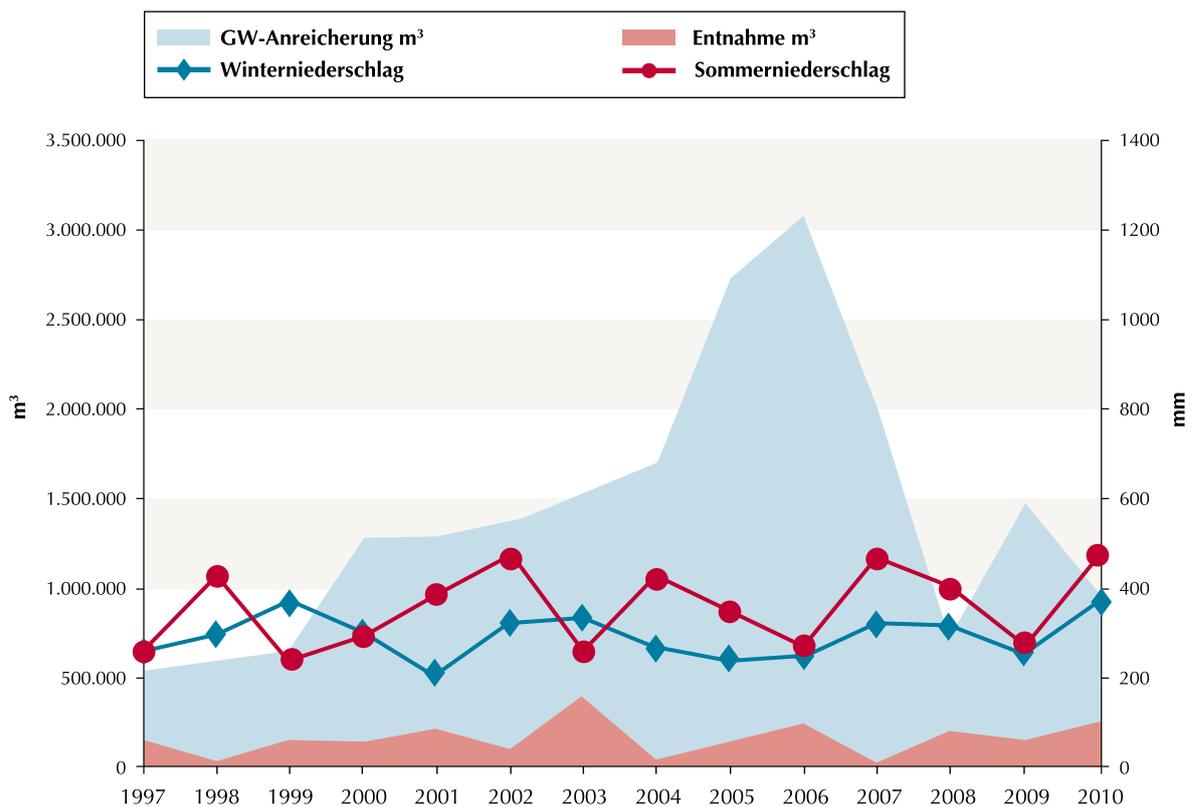
gieoptimierte Anlagen im Bereich Sandfang und Rechengebäude wurden weitere Stromeinsparungen von 17.580 kWh/Jahr realisiert.

Derzeit wird die zweite Kläranlage der WEB im Wolfsburger Ortsteil Hattorf neu errichtet. Ein besonderes Augenmerk liegt auch hier auf der Optimierung des Energieverbrauchs. Heizung und Warmwassererwärmung der Betriebsgebäude erfolgen durch Wärmetauscher im Kläranlagenzulauf.

Neu ist der Prozessschritt Schlammverdickung, um das Transportvolumen des Klärschlammes auf der Kläranlage Hattorf drastisch zu verringern. Eine Gesamtbilanzierung der Energieoptimierung kann für die Anlage noch nicht erfolgen. Insgesamt wird mit Einsparungen von mindestens zehn Prozent gerechnet. Dies entspräche mindestens 30.000 kWh plus den eingesparten Transportfahrten für Klärschlamm (minus 70 Prozent).

Für die Abwasserreinigung ergibt sich damit eine Gesamtstromverbrauchssenkung von 355.780 kWh/Jahr bei gleicher Reinigungs- und Pumpenleistung zuzüglich der erwarteten Einsparungen auf der Kläranlage Hattorf.

Verhältnis von Grundwasseranreicherung zu Grundwasserentnahme im Verregnungsgebiet





Versickerungsmulde im Lohbusch

Schritt 2: Speicherung von Klarwasser ohne Nährstoffe im Grundwasser

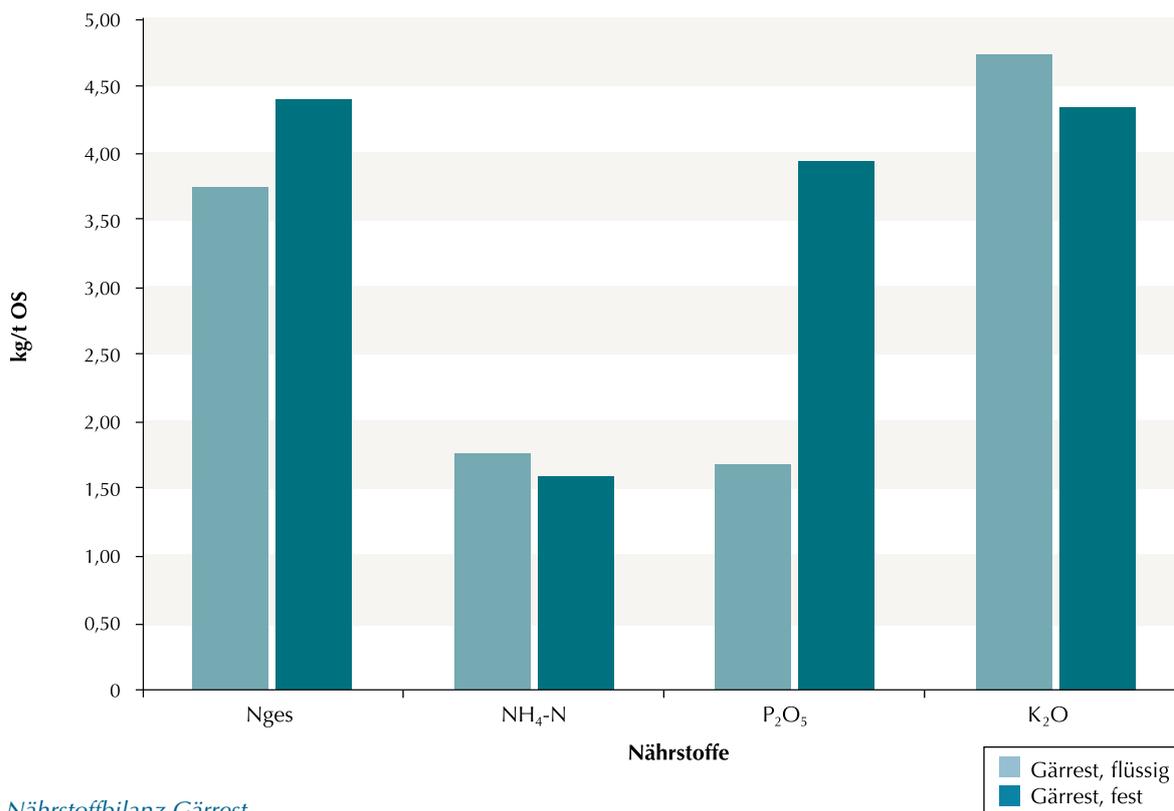
Im Winter wird das Abwasser zur Verbesserung des natürlichen Grundwasserdargebots genutzt. Die Grundwasseranreicherung im Winter erlaubt es bei extremer Trockenheit im Sommer, Zusatzberegnungswasser aus dem Grundwasser zu nutzen, ohne in den natürlichen Wasserhaushalt einzugreifen. Möglich wird dies durch die hydrogeologisch ermittelte Position der Grundwasserentnahmehbrunnen. Diese sind so platziert, dass die im Winter durch die Versickerung gebildete Grundwasseraufhöhung unter Berücksichtigung der Grundwasserfließbewegung den Bereich der Entnahmehbrunnen etwa im Juli erreicht. Bei der Betrachtung der angereicherten im Vergleich zur entnommenen Wassermenge ergibt sich eine deutlich positive Wassermengenbilanz für das Grundwasser.

Als Speichermedium wird bei der Versickerung im Winter der Porenraum im Untergrund

genutzt. Dazu wird das Abwasser einer biologischen Vollreinigung entsprechend der wasserrechtlichen Erlaubnis unterzogen. Es wird dann zur Grundwasseranreicherung über eine Oberbodenpassage versickert (verrieselt). Das Grundwasser wird so um maximal zwei Mio. Kubikmeter pro Jahr über Versickerungsmulden angereichert, Überschussmengen werden in die Aller abgeleitet. Der Bau von Speichern oder Rückhaltebecken entfällt, bauliche Anlagen sind nur in Form von Rohrleitungen für den Wassertransport erforderlich.

Schritt 3: Anbau nachwachsender Rohstoffe im Verregnungsgebiet, Gewinnung von Energie durch Verwertung der Rohstoffe

Die Biogasanlage der WEB wurde Mitte der 90er-Jahre, in den Anfängen der landwirtschaftlichen Energieproduktion, als „Kreislaufwirtschaftsbau-



Nährstoffbilanz Gärrest

stein“ für das Wolfsburger Modell geplant. Einerseits suchten die landwirtschaftlichen Betriebe nach alternativen Produkten, um unabhängiger von den stark schwankenden Erlösen des reinen Getreideanbaus zu werden. Zugleich sollte durch die gestiegenen Anforderungen an eine schadstofffreie landwirtschaftliche Produktion der Klärschlamm aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausgenommen werden. Es wurden alternative Entsorgungswege für den Klärschlamm gesucht. Hier bot sich unter den damaligen Förderbedingungen der Bau einer Biogasanlage an. Die benötigten Rohstoffe können in direkter Umgebung im Verregnungsgebiet gewonnen werden, eine dreijährige Fruchtfolge lässt sich einhalten. Derzeit beträgt der Flächenanteil der Energierohstoffe 22 bis 25 Prozent. Die Abwärme der Stromproduktion wird zur Klärschlamm-trocknung genutzt. Der Klärschlamm wiederum versorgt über das VW-Kraftwerk die Stadt Wolfsburg mit Strom und Wärme. Der Energiekreislauf ist geschlossen: Was über die Abwasserleitungen als gespeicherte Energie von der WEB gesammelt wurde, kehrt als Licht und Wärme in die Haushalte zurück. Insge-

samt 17 Mio. kW/h Strom wurden 2010 von den beiden Blockheizkraftwerksmotoren der WEB ins öffentliche Stromnetz abgegeben, etwa zwölf Mio. kW/h Abwärme wurden zur Klärschlamm-trocknung direkt genutzt; das Wärmeäquivalent des im Kraftwerk verwerteten Klärschlammgranulats beträgt ebenfalls rund zwölf Mio. kW/h pro Jahr.

Weil ausschließlich landwirtschaftliche Energierohstoffe verwendet werden, kann der bei der Biogasproduktion entstehende Gärrest direkt als Dünger ohne bodenfremde Bestandteile in der Landwirtschaft wiederverwendet werden.

Über Energie und Nährstoffe hinaus kann zu jedem Prozess noch eine Ökobilanzrechnung der jeweils eingesparten Transportemissionen durchgeführt werden. Weil die Sekundärrohstoffe direkt in Wolfsburg verwendet werden, entfallen sowohl Entsorgungstransportwege als auch Liefertransportwege für Düngemittel und Brennstoff. In der Fachliteratur zur CO₂-Bilanz von Düngemitteln frei Acker wird von einer Einsparung von ein bis acht Kilogramm CO₂-Äquivalenten pro Kilogramm Dünger ausgegangen.

Schritt 4: Nutzung der thermischen Energie zur Klärschlamm-trocknung

Das Abfallprodukt der Abwasseraufbereitung, der Klärschlamm, wird zur Energiegewinnung verwendet (siehe auch Schritt 3). Hierzu wird der Rohschlamm (ca. 360.000 Kubikmeter, Trockensubstanzgehalt [TS-Gehalt] ca. 1 bis 2 Prozent) zunächst über Zentrifugen vorentwässert (Zentrifugenschlamm rund 36.000 Tonnen, TS-Gehalt 22 bis 24 Prozent). Dieser vorentwässerte Schlamm wird dann über eine Schlammpumpe auf den Bandrockner geleitet. Der Bandrockner wird mit der Abwärme aus der Verstromung des Biogases betrieben. Hierbei werden die Abgaswärme und die Ölwärme der Biogasmotoren über Wärmetauscher genutzt. Es entsteht ein Sekundärbrennstoff mit dem Brennwert deutscher Braunkohle. Gleichzeitig wird die zu entsorgende Klärschlammmenge um 93 Prozent reduziert. Der getrocknete Klärschlamm wird im nahe gelegenen VW-Kraftwerk zur Strom- und Fernwärmeproduktion verwertet.

Schritt 5: Weitergehende Nutzung des Biogases zum Beispiel als Kraftstoffersatz

Die Verwertung des Rohgases ist ausschließlich in dafür ausgelegten Biogasmotoren möglich. Der verwertbare Methananteil am Rohgas beträgt in der Regel zwischen 52 und 54 Prozent. Durch die Aufbereitung des Rohbiogases zu reinem Methan werden sowohl die direkte Verwertung in Erdgasfahrzeugen als auch die Einspeisung in ein bestehendes Erdgasnetz und die anschließende Verwertung in Kraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung möglich. Derzeit wird die Wirtschaftlichkeit einer Aufbereitung des Biorohgases zu Methan mit Erdgasqualität geprüft.

Klärschlamm-trockner, im Hintergrund Bandrockner mit Gebläse, im Vordergrund die Austragsspindel für den getrockneten Schlamm, Kammzerkleinerer und Transportleitung zum Klärschlamm-silo



Historischer Rückblick: Abwassernutzung früher

In der Stadt Wolfsburg wird das Abwasser seit 1937 in der Landwirtschaft verwendet. Die historischen Wurzeln liegen hierbei nicht in der Abwasserbeseitigung, sondern in der Bodenbeschaffenheit der landwirtschaftlichen Flächen. Bodenpunktzahlen im Bereich der sogenannten Skatböden (Bodenpunkte „18, 20 passe“) ließen eine Nutzung nur durch Boden verbessernde Maßnahmen zu. Die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe und Feststoffanteile erhöhen die Bodenfruchtbarkeit entscheidend.

Zunächst wurde das Rohabwasser aus der Stadt direkt auf die Äcker gepumpt, zum Teil wurden die Feststoffanteile in Absetzbecken separiert. Für die Landbevölkerung galt der Grundsatz: „Wenn ich meinen Acker riechen kann, weiß ich, dass etwas wachsen wird“.



Dieser Ansatz einer Kreislaufwirtschaft konnte noch nicht auf den heutigen Kenntnissen und Motiven zur Schonung der natürlichen Ressourcen aufbauen.

Historisches Foto (ca. 1953) einer Beregnungsmaschine im Winterbetrieb



Über das Verregnungspumpwerk wurde das Rohabwasser den Sandbodeengebieten im Norden Wolfsburgs zugeführt. Nach der Restauration im Jahre 2010 ist das Verregnungspumpwerk eines der wenigen erhaltenen technischen Bauwerke aus der Gründerzeit der Stadt Wolfsburg.

Pumpenstube des Verregnungspumpwerks von 1937, restauriert im Jahre 2010

Bilanz der Abwasserwiederverwertung

Die Wiederverwertung des gereinigten Abwassers ist der Kern des Wolfsburger Modells der Abwasserwiederverwertung und der bedeutendste Beitrag der Wolfsburger Entwässerungsbetriebe zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel.

Im Mittel 4,5 Mio. Kubikmeter Abwasser werden, wie oben dargestellt, jährlich zur Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen verregnet. Zusätzlich werden bis zu zwei Mio. Kubikmeter/Jahr zur Grundwasseranreicherung versickert. Von diesen werden maximal 200.000 Kubikmeter/Jahr zur Bewässerung wieder entnom-

men. Diese Grundwasser schonende Bewässerung der landwirtschaftlichen Flächen spart entsprechend 4,7 Mio. Kubikmeter Grundwasserentnahme. Die Menge entspricht dem Jahreswasserverbrauch einer Stadt von etwa 95.000 Einwohnern.

Die Wolfsburger Entwässerungsbetriebe haben insgesamt eine positive Energiebilanz. Einem Gesamtverbrauch von zehn Mio. kWh für insgesamt 63 Pumpstationen, ein Großklärwerk, ein kleineres Ortsteilkklärwerk und zwei Klärteichanlagen steht eine Eigenproduktion von 17 Mio. kWh gegenüber. Diese wird im Blockheizkraftwerk der WEB aus Biogas ohne fossile Brennstoffe erzeugt.

Energieverbrauch der Abwasserbehandlung

Abwassertransport	2.801.525 kWh/a
Abwasserreinigung	7.738.692 kWh/a
Abwassernutzung	2.380.772 kWh/a

Energieproduktion aus Abwassernutzung

Energieproduktion aus Biogas	16.647.040 kWh/a
Nutzbare Wärme	12.000.000 kWh/a
Energieproduktion aus Klärschlamm	16.732.000 kWh/a
Wärmeproduktion aus Klärschlamm	12.000.000 kWh/a

Netto-Energieüberschuss 44.619.169 kWh/a

Die insgesamt eingesparte Menge an CO₂ durch die Energieerzeugung aus nicht-fossilen Brennstoffen beträgt 6,8 Mio. Tonnen/Jahr bei einem angenommenen CO₂-Äquivalent von 0,4 kg je kWh.

Ausblick

Das Wolfsburger Modell der Abwasserwertung erfüllt seit mehr als 70 Jahren Anforderungen des nachhaltigen Umgangs mit den Ressourcen Wasser und Energie. Wie die aktuellen Diskussionen über die Erwärmung der Erde und die Bemühungen, die Emissionen von Treibhausgasen zu begrenzen, deutlich machen, weist die Energiebilanz der Wolfsburger Entwässerungsbetriebe in die richtige Richtung.

Wie sich die Erderwärmung auf das Wetter in Mitteleuropa auswirkt, lässt sich nur schwer vorher-sagen. Eine gleichmäßige und zuverlässige Wasserversorgung für die Landwirtschaft in allen Jahreszeiten bereitzustellen, wird jedoch auf jeden Fall ein wichtiges Ziel aller Reaktionen auf die möglichen Folgen der Erderwärmung sein. Die Wiederverwendung des Rohstoffs Wasser, wie sie in Wolfsburg praktiziert wird, ist hierzu ein wichtiger Beitrag. Diese bewährte Praxis unter den gestiegenen Anforderungen an Schadstofffreiheit und Hygiene weiter-zuentwickeln und für die Zukunft zu sichern, ist das gemeinsame Ziel des Abwasserverbandes Wolfsburg und der Wolfsburger Entwässerungsbetriebe. ■



DR. GERHARD MEIER
Vorstand der Wolfsburger Entwässerungsbetriebe AÖR

Davor unter anderem Planungsleiter Stadtentwässerung bei der Stadt Braunschweig und Geschäftsführender Gesellschafter eines Büros für Geotechnik. Studium und Promotion an der Universität Hannover im Fachbereich Geowissenschaften.

Energetische Klärgasnutzung in Warendorf

Die kommunale Zentralkläranlage der Stadt Warendorf wurde 1993 auf 80.000 Einwohnerwerte (EW) erweitert und in Betrieb genommen. Es handelt sich um eine Kläranlage mit einer simultanen Nitrifikation und Denitrifikation, einer separaten anaeroben Schlammfäulung und einer Phosphatelimination. Hier wird das Abwasser aus fünf von insgesamt sechs Ortsteilen gereinigt. Auf der Kläranlage findet außerdem die zentrale Regenwasserbehandlung der Stadt Warendorf statt.

Die Kläranlage ist innerhalb einer Kommune oft der größte einzelne Energieverbraucher. Auf Kläranlagen befinden sich Gebäude und Faultürme mit einem hohen Wärme- und viele Aggregate mit sehr hohem Strombedarf. Wenn Betreiber die Belange des Klimaschutzes ernst nehmen, sollten sie sowohl sämtliche Einsparpotenziale ermitteln und nutzen als auch den Einsatz erneuerbarer Energien vorantreiben. Für beide Wege eignet sich eine Kläranlage ganz hervorragend. Im Folgenden wird der Einsatz erneuerbarer Energien – hier in Form der Klärgasnutzung – im Warendorfer Klärwerk näher dargestellt. Auf die Nutzung weiterer erneuerbarer Energiequellen in Warendorf und auf Maßnahmen der Energieeinsparung wird in einem Exkurs eingegangen.

Erste Erfahrungen und Umsetzungsschritte

Bis 1986 verwendete die Stadt Warendorf das anfallende Klärgas aus den Faulprozessen des Klärschlammes lediglich für die Beheizung der Faultürme und der Betriebsgebäude. 1986 begannen die Entsorgungsbetriebe [1] damit, das Klärgas auch in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zu nutzen. Dafür schlossen sie mit einem Anbieter (im Folgenden Aufsteller genannt) einen Strom- und Wärmeliefer-

ungsvertrag ab. Vergütet wurde hierbei der produzierte Strom. Die Abwärme konnte kostenlos genutzt werden.

Das BHKW bestand aus vier umgebauten Benzinmotoren mit einer maximalen elektrischen Abgabeleistung von 15 kW. Die sehr häufigen Wartungsarbeiten wurden ausschließlich vom Aufsteller durchgeführt. Die Motoren fielen oft wegen Störungen aus, was das wirtschaftliche Ergebnis für den Aufsteller erheblich schmälerte. Nach rund vier Jahren wurde die Anlage abgebaut und der Vertrag aufgelöst.

Die Qualität des Klärgases aus der Warendorfer Anlage war zu diesem Zeitpunkt nicht besonders gut. Der hohe Anteil an Schwefel und erhebliche Mengen von Siloxanen bedeuteten eine hohe Belastung für Motoren. Es wurde daher auch erwogen, eine Gaswäsche aufzubauen. Dies hätte den Betrieb aber derart verteuert, dass ein wirtschaftliches Ergebnis nicht mehr zu erzielen gewesen wäre.

Das überschüssige Klärgas, welches nicht für die Heizung der Faultürme und der Betriebsgebäude genutzt wurde, musste wieder über eine Fackel verbrannt werden. Die Entsorgungsbetriebe suchten jedoch weiter nach einer sinnvollen Klärgasnutzung.

1999 wurde ein erneuter Versuch mit einem Blockheizkraftwerk gestartet, ebenfalls wieder mit einem Strom- und Wärmelieferungsvertrag. Da es auf einer Nachbarschaftskläranlage zur gleichen Zeit zu einem Totalschaden durch Siloxane kam und seitdem das Klärgas dort mit Heizöl gewaschen wird, verfolgte der neue Aufsteller in Warendorf die Idee, ein BHKW mit einem überdimensionierten Motor zu installieren. Dieser erzeugt im Betrieb geringere Temperaturen und verkräftet somit die Siloxanbelastung erheblich besser. Doch auch dieser Versuch wurde nach vier Jahren ab-

gebrochen. Der Motor wies ebenfalls insgesamt zu geringe Laufzeiten auf, eine Wirtschaftlichkeit wurde nicht erreicht. Auf Grund dieser Erfahrungen kam ein dritter Versuch mit einem Motor nicht mehr in Betracht.

Zwischenzeitlich wurde in Erwägung gezogen, das Faulgas aus der Anlage nicht nur für die Beheizung der Faultürme zu nutzen, sondern auch für die Trocknung des Klärschlammes. Der damals niedrige Entsorgungspreis für Klärschlamm von ca. 58 Euro/t brutto hielt die Verantwortlichen der Entsorgungsbetriebe aber von einer Investition in das Verfahren ab.

Die Entscheidung für den Einsatz von Microgasturbinen

2006 initiierten die Entsorgungsbetriebe Warendorf einen Ideenwettbewerb, um Vorschläge für eine innovative Klärgasnutzung zu erhalten. Eines der am Wettbewerb teilnehmenden Ingenieurbüros schlug vor, das Gas in Microgasturbinen zu verbrennen.

Diese zum damaligen Zeitpunkt noch nicht weit verbreitete Technik machte die Warendorfer Akteure neugierig. Ihr erster Weg führte zum Institut für solare Energietechnik (ISET) der Universität Kassel auf den Eichhof nach Bad Hersfeld. Auf diesem Versuchsgut der hessischen Landwirtschaftskammer läuft seit 2005 eine 30 kW-Microgasturbine mit Gas aus der dortigen landwirtschaftlichen Biogasanlage. Der notwendige Gasdruck wird dort durch einen Kompressor erzeugt und in einem Druckbehälter vorgehalten. (Bei der später in Warendorf installierten Microgasturbinen-Anlage erzeugt ein geregelter Kompressor den notwendigen Gasdruck von ca. 6 bar, der dann vor den Turbinen auf ca. 4 bar heruntergeregelt wird.)

Um eine bessere Entscheidungsgrundlage zu haben, nahm man in Warendorf Kontakt zu Betreibern weiterer Referenzanlagen auf, in denen Turbinen mit Klärgas betrieben werden. Dies gestaltete sich zum damaligen Zeitpunkt noch sehr schwierig, da es nur vereinzelte Anlagen in Belgien, der Schweiz und in Österreich gab. Heutzutage ist es leichter, solche Anlagen zu finden und die Betreiber nach ihren Erfahrungen zu befragen. Im März 2007 wurde die erste Microgasturbine auf einer deutschen Kläranlage in Darmstadt-

Eberstadt in Betrieb genommen, mittlerweile gibt es in Deutschland mehr als 40 solcher Anlagen. Im Vergleich zur hohen Anzahl von Blockheizkraftwerken sind dies allerdings noch immer verschwindend geringe Zahlen.

Der Betreiber der schweizerischen Abwasserreinigungsanlage Morgental bestätigte damals uneingeschränkt die Tauglichkeit der Microgasturbinen für die Klärgasnutzung. Auch von dort wurden ähnliche Schwierigkeiten mit dem ehemaligen Blockheizkraftwerk berichtet, wie sie in Warendorf aufgetreten waren.

Nachteile gegenüber Gasmotoren:

- höhere Anschaffungskosten,
- geringerer elektrischer Wirkungsgrad.

Vorteile gegenüber Gasmotoren:

- geringere Wartungskosten,
- hohe Verfügbarkeit,
- keinerlei Schmiermittel (Luftlagerung),
- geringer Personalbedarf,
- gutes Teillastverhalten,
- Unempfindlichkeit gegen Schwankungen der Gasqualität (Minimum 35 Prozent Methan),
- geringe Schallentwicklung,
- geringerer Abgasausstoß, vor allem NO_x (< 9 ppm),
- Unempfindlichkeit gegen Schwefelwasserstoff im Klärgas.

Diese Erfahrungen und Referenzen sowie die notwendigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Warendorf führten schließlich dazu, dass der zuständige Betriebsausschuss dem Vorschlag der Entsorgungsbetriebe zustimmte, auch in Warendorf solche Microgasturbinen einzusetzen.

Realisierung der Microgasturbinen

Nach der Zustimmung des Betriebsausschusses ging die Umsetzung zügig voran. Microgasturbinen der Firma „capstone“ zur Anwendung von Klärgas konnten zu diesem Zeitpunkt nur in einer bestimmten Anbieterkooperation (Wels Strom GmbH/VTA Austria GmbH) erworben werden; daher waren weder eine öffentliche noch eine beschränkte Ausschreibung möglich. Das örtliche Rechnungsprüfungsamt hatte nach entsprechenden Erklärungen



Geöffnete Turbine

daher keine Bedenken und stimmte im Juni 2007 einer freihändigen Vergabe zu.

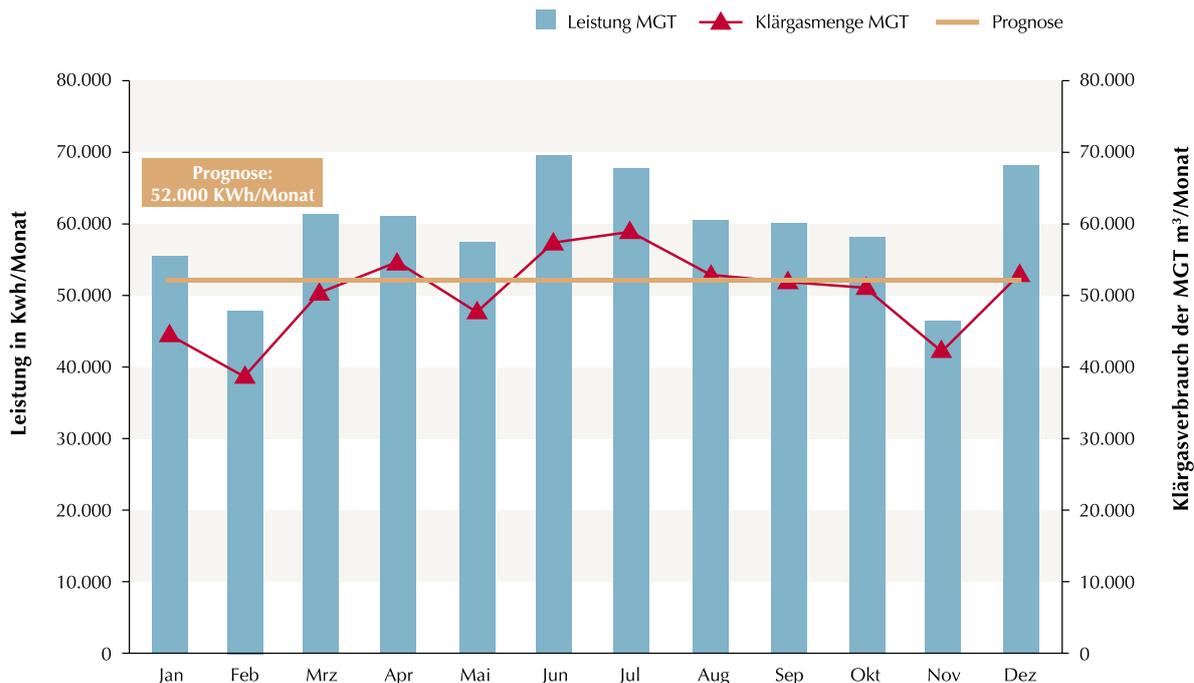
Zunächst wurde 2007 ein Betrieb gewerblicher Art gegründet. Da sich jedoch herausstellte, dass die Erhöhung der Bezugskosten eine Einspeisung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ausschloss, wurde der Betrieb gewerblicher Art wieder aufgelöst.

Der Einbau der zwei Microgasturbinen erfolgte im November und Dezember 2007 durch die Entsorgungsbetriebe Warendorf. Betreiber ist die Firma Wels Strom, mit der auch ein Wartungsvertrag abgeschlossen wurde. Das anfallende Klärgas wird seitdem direkt in den Turbinen verbrannt, nachdem es zunächst entwässert und über den Siloxanfilter geleitet wurde.

Die dem Betriebsausschuss vorgelegten prognostizierten Zahlen zur Wirtschaftlichkeit werden bis heute weit übertroffen. Ein sehr großer Vorteil gegenüber einem Motor sind bei der Microgasturbine die wesentlich geringeren Wartungskosten. Wie viele andere Anlagen läuft auch die in Warendorf in Teillast. Die oft kritisch diskutierten elektrischen Wirkungsgrade machen sich deshalb lange nicht so stark bemerkbar. Im Teillastbereich ist die Turbine dem Motor weit überlegen.

Die Prognose von 52.000 kWh pro Monat wurde bisher weit übertroffen. Im Mittel liegt das Ergebnis bei ca. 63.000 kWh pro Monat – also bei rund 21 Prozent mehr. Das Gas hat einen ca. 62-prozentigen Methangehalt, womit pro cbm 1,3 kWh erzeugt werden.

Erzeugte elektrische Leistung und Klärgasverbrauch, Microgasturbinen (MGT) 2010



Technische Details der Microgasturbine und ihres Betriebs

Basis für die Entwicklung der Microgasturbine waren Turbolader- und Luftfahrtindustrie. Ähnlich wie bei Hilfsantrieben in Flugzeugen wird Strom über einen schnell laufenden Permanentmagnet-Generator erzeugt, der ohne Zwischenschaltung eines mechanischen Getriebes gekoppelt ist. Durch wartungsfreie Luftlager kann auf den Einsatz von Schmierstoffen vollständig verzichtet werden. Die Verbrennungsluft tritt über den Generator in die Microgasturbine ein, kühlt diesen dabei und wird im Kompressor auf etwa 4 bar komprimiert. In der Brennkammer wird der Brennstoff beigemischt und verbrannt. Die heißen Verbrennungsgase werden in der Turbine entspannt und treiben so Verdichter und Generator an. Dank Rekuperatortechnik (Vorwärmung der Luft durch die heißen Abgase) können elektrische Wirkungsgrade von 26 bis 30 Prozent erreicht werden. [2]

Der Generator-Läufer ist ca. 50 cm lang und das einzige bewegliche Teil der Turbine. Der um den Permanentmagneten gebaute Generator ist klein und hat mit herkömmlichen Generatoren wenig gemein. Mit ihm wird hochfrequenter Strom mit max. 96.000 Umdrehungen pro Minute erzeugt, der in der eigenen unterhalb der Turbine befindlichen Elektronik zuerst zu Gleichstrom und dann zu üblichem Drehstrom mit 50 Hz umgewandelt wird. Hierzu ist keine eigene Frequenzregelung notwendig, den Sollwert liefert das Netz. Damit ist sichergestellt, dass die Turbine immer synchron mit dem Netz läuft. Die Elektronik benötigt für diese Umwandlung rund 5 kW.

Der Generator erzeugt intern maximal 70 kW/h, wovon 65 kW ins Netz eingespeist werden. Der Kompressor und der Gaskühler benötigen im Mittel ca. 7 kW/h. Aus dem Prozessleitsystem wird der Füllstand des Gasometers an die Turbinen weitergegeben. Zwei Füllstände werden ebenfalls vorgegeben. Dementsprechend regeln die Microgasturbinen zwischen voller und minimaler Leistung. Hierdurch kann das Betriebspersonal Einfluss auf das Gasmanagement nehmen.



Läufer des Generators

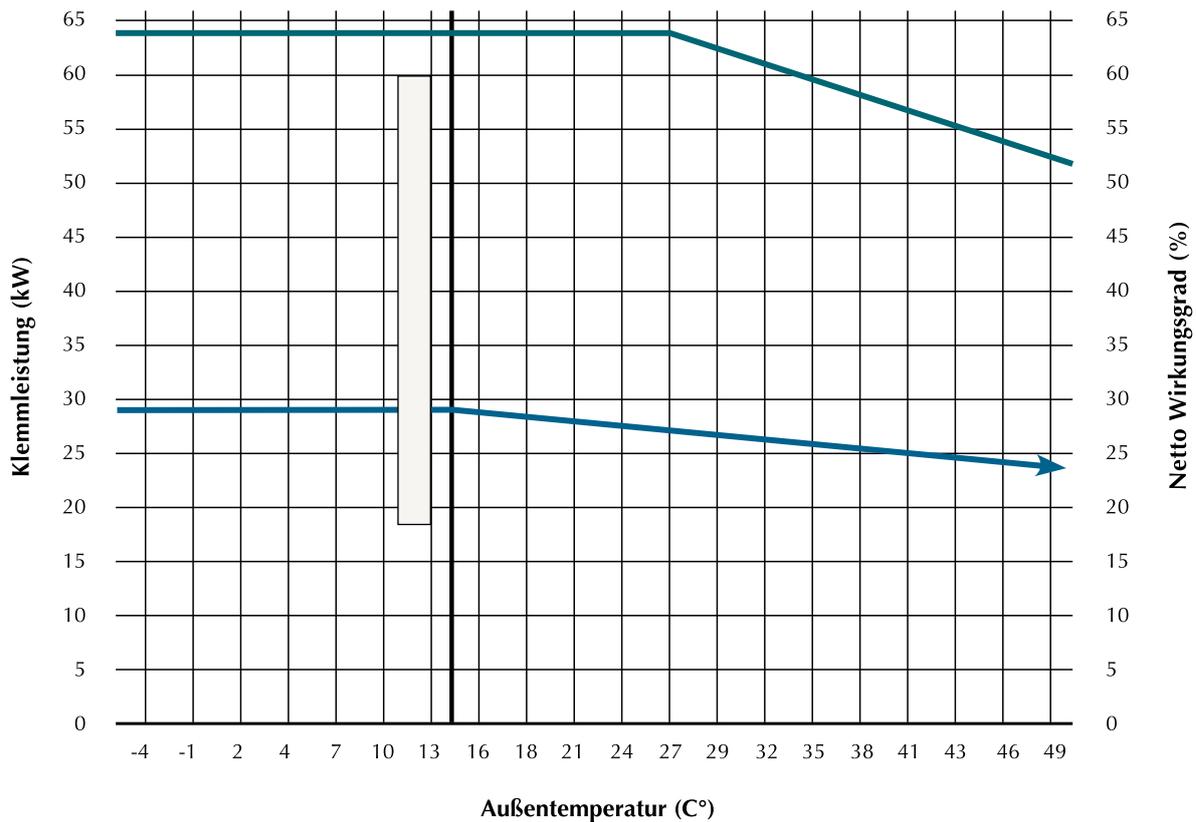
Warendorf war die erste Anlage des ausgewählten Anbieters, die mit zwei 65 kW-Turbinen auf einen Wärmetauscher ging. Hier steht sozusagen der Prototyp.

Wartung und Optimierung der Anlage

Die ersten 8.000 Betriebsstunden waren Ende 2008 erreicht. Im Laufe des ersten Betriebsjahres wurde der Siloxanfilter entleert, um die Beaufschlagung des Filtermaterials festzustellen. Der laufende Betrieb hat ergeben, dass die Wartungsintervalle des Siloxanfilters und des Kompressors um drei Monate verlängert werden können. Die Zeit bis zum Austausch des Heißeils wurde vom Anbieter von 20.000 auf 40.000 Stunden verdoppelt. Bis Juni 2011 haben die Turbinen rund 27.000 Betriebsstunden geleistet.

Der Wartungsvertrag sieht bei der Vergütung die Laufzeiten der Aggregate vor und nicht, wie oft in anderen Fällen, die erzeugte Strommenge. Dies ist als eine faire Vereinbarung anzusehen. Es ist von den Betriebskosten her betrachtet nämlich vollkommen gleichgültig, ob 35 kW oder 130 kW erzeugt werden.

Der ursprüngliche Bypass innerhalb des Wärmetauschers stellte sich als zu klein heraus. Es strahlte noch zu viel Wärme in die Turbinen zurück, sodass diese sich zuerst herunterregelten und dann wegen Überhitzung abschalteten. Die Auspuffanlage wurde daraufhin komplett geändert. Wenn keine Wärme im Heizsystem gebraucht wird, wird der Wärmetauscher außen komplett umgangen.



Datenblatt Warendorfer Turbinen (Leistung und Wirkungsgrad CR 65 in Funktion der Außentemperatur, Meereshöhe)

Das abgebildete Datenblatt der Warendorfer Turbinen wurde erst nach der Inbetriebnahme realisiert. Es wird ersichtlich, dass der Wirkungsgrad bei wärmerer Umgebungstemperatur abnimmt. Bauliche Optimierungen trugen und tragen kontinuierlich dazu bei, bestmögliche Ergebnisse zu erreichen. In Warendorf wurde für die Turbinenanlage ein geschlossener Anbau an das bestehende Betriebsgebäude geschaffen.

Der Zuluftbedarf wurde dabei zunächst stark unterschätzt. Es stellte sich im Betrieb schnell heraus, dass die Abwärme der Turbinen, des Kompressors und des Gaskühlers nur sehr unzureichend aus dem Raum geleitet werden konnte. Als erste Maßnahme wurde der Gaskühler in eine angrenzende Fahrzeughalle umgestellt. Die Zu- und Abluftöffnungen wurden wesentlich vergrößert. Es wurde ein wärmegeführter Ventilator eingebaut und eine neue Lüftungsöffnung über das Dach geschaffen. Während der Arbeitszeit wird das vorhandene Rolltor offen gehalten.

Der Gaskompressor und der Gaskühler, so die Erfahrungen in Warendorf, sollten jeweils in einem separaten Raum untergebracht werden – zum einen

wegen der Abwärme, zum anderen wegen des nicht unerheblichen Lärms, den der Kompressor verursacht.

Ergebnisse: Zahlen und Fakten

- Inbetriebnahme der Microgasturbinen im Dezember 2007,
- Gesamtinvestition ca. 424.000 Euro, davon 320.000 Euro Maschinenkosten,
- Stromertrag rund 63.000 kWh/Monat,
- CO₂-Einsparung etwa 450 t/a,
- Jahreserlöse ca. 70.000 Euro/a,
- Jahresgewinn rund 18.000 Euro,
- Lebenserwartung 15 Jahre, d. h. ca. 270.000 Euro Gesamtgewinn.

Der Personalbedarf für Ölstandkontrolle und Ölwechsel am Kompressor sowie Reinigung des Betriebsraumes belief sich – neben den ohnehin üblichen Kontrollgängen über die Kläranlage – auf nicht einmal 40 Stunden im Jahr. Die Wartungsarbeiten innerhalb eines Jahres nahmen bisher insgesamt zwei Tage in Anspruch.

	2008	2009	2010	2011 (Stand: Juni)
Betriebsstunden Microgasturbine 1	7.797	8.194	7.991	3.981
Betriebsstunden Microgasturbine 2	7.999	7.994	7.660	4.049
Störungen/Ereignisse	Umbau des Wärmetauschers, Störung der Elektronik in Microgasturbine 1	Keine	Neuer Generator für eine Turbine innerhalb der Garantiezeit nach ca. 19.100 Betriebsstunden; Austausch eines Lüfters eines Wechselrichters	Fehler an der Abgasklappe
Verfügbarkeit (in Prozent)	98,5	98,6	97,0	97,4
Stromertrag (in kWh)	758.795	789.960	710.200	368.313

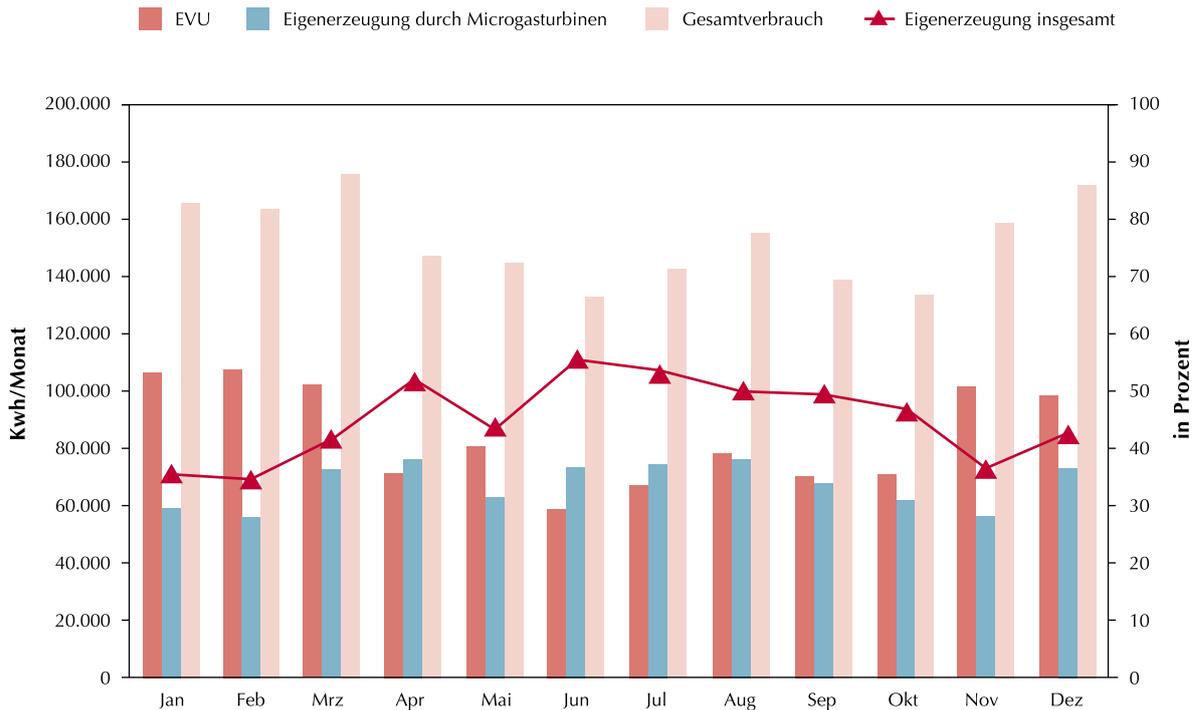
Daten zum Betrieb der Microgasturbinen

Die Microgasturbinen haben seit dem 20.12.2007 bis zum 30.06.2011 insgesamt 2.654.100 kWh produziert und damit 1.590 t CO₂ eingespart. Sie haben innerhalb eines Betriebsjahres fast die gleiche Leistung erzeugt wie das zweite Blockheizkraftwerk mit Gasmotor innerhalb von vier Jahren. Vor der Inbetriebnahme der Turbinen sah die Energiebilanz

mit Blick auf den sogenannten Eigenstrom so aus: Sieben Prozent des Strombedarfs stammten aus der Energierückgewinnung durch ein Wasserrad im Kläranlagenauslauf und durch Probeläufe von zwei Notstromgeneratoren. Mit Einsatz der Microgasturbinen werden nun zusätzlich rund 39 Prozent des Strombedarfs selbst erzeugt.

Links: Turbinenraum, rechts: Anzeigentafel mit den aktuellen Erzeugungswerten vor dem Kläranlagentor





Gesamter Leistungsverbrauch und Anteil eigenerzeugter Energie der Kläranlage Warendorf 2010

Exkurs: Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung weiterer erneuerbarer Energiequellen

Energieeinsparung

Die Abwassermeister der Kläranlage begannen nach der Erweiterung der kommunalen Zentralkläranlage 1993 damit, sämtliche energieverbrauchenden Maschinen zu überprüfen. Dabei wurden insbesondere alle von den Aufstellern und vom Planer vorgegebenen Laufzeiten der Aggregate geprüft und in vielen Fällen reduziert. Viele Antriebe, Rührwerke, Frostwächter und Kompressoren müssen wesentlich seltener und kürzer als bisher vorgegeben eingeschaltet sein.

Ein Beispiel: Die bis zu diesem Zeitpunkt ständig laufenden Rührwerke in vier Belebungsbecken wurden in der Nitrifikationsphase abgeschaltet. Von den zwei eingebauten Rührwerken wurde nach Beobachtung des Belebtschlammes eines vollkommen außer Betrieb genommen und ein

spezifischer Verbrauchswert von 15 kWh/EW/a in der Belebung erzielt. Das erst später veröffentlichte Energiehandbuch für Kläranlagen in NRW [3] beschreibt einen Idealwert von 18 kWh/EW/a. Der Richtwert lag bei 23 kWh/EW/a.

Bei der Stadt Warendorf gibt es ein ständig implementiertes Vorschlagswesen, durch das die private Initiative gefördert wird. Die akribischen Überprüfungen der energieverbrauchenden Maschinen und die erzielten Einspareffekte wurden im Rahmen dieses Anreizinstrumentes als Verbesserungsvorschlag eingereicht und die Abwassermeister mit einer Geldprämie ausgezeichnet.

Energierückgewinnung durch ein Wasserrad

Der Ablauf der Kläranlage liegt etwa fünf Meter über der Vorflut. 1995 wurden sowohl der Einsatz einer Turbine als auch der eines Wasserrades für den Auslauf der Kläranlage geprüft. Die Wirtschaftlichkeit beider Varianten war gleich gut. Die Entscheidung fiel zugunsten eines Wasserrades. Mit dieser alten

Technik lässt sich zudem die Energierückgewinnung für Besucher besonders anschaulich darstellen.

Im September 1996 wurde das Wasserrad in Betrieb genommen. Es hat einen Durchmesser von 4,85 m und ein maximales Schluckvermögen von 1440 m³/h. Maximal können 13,6 kWh Strom erzeugt werden. Seit 1996 bis zum 30.06.2011 hat die Anlage 439.219 kWh erzeugt und damit 263 t CO₂ eingespart.

Eine weitere noch nicht umgesetzte Idee der Energierückgewinnung ist der Einsatz eines Generators in den Rücklaufschlammleitungen.



Wasserrad im Kläranlagenauslauf

Photovoltaikanlage

Auf der Kläranlage finden jährlich viele Führungen statt. Besonders häufig nehmen Fachlehrkräfte mit ihren Schulklassen die Gelegenheit wahr, Einrichtungen und Verfahren kennenzulernen, die dazu dienen, Erkenntnisse praktisch nutzbar zu machen. Dies war Anlass, eine vom Land NRW finanzierte Photovoltaikanlage mit 3 W Anschlussleistung auf dem Kläranlagengelände zu installieren, um den Besuchergruppen auch diese Technik näherzubringen.

Die Anlage wurde 1998 in Betrieb genommen. Sie hat bis 30.06.2011 mit 35.900 kWh zur Energieversorgung der Kläranlage beigetragen und damit 21 t CO₂ eingespart.



Eigene Photovoltaikanlage

Verpachtung eines Daches zum Betrieb einer Photovoltaikanlage

Im Jahr 2007 wurde das Gebäude zur Schlammmentwässerung saniert, und es erhielt ein neues Dach. Im Rahmen dieser Sanierung verpachteten die Entsorgungsbetriebe Warendorf die Dachfläche an einen Privatmann, der dort eine Photovoltaikanlage errichtete.



Verpachtete Dachfläche mit Photovoltaikanlage

Fazit

Durch jahrelanges konsequentes Vorgehen konnten die Entsorgungsbetriebe Warendorf eine Vielzahl von Maßnahmen umsetzen, die zu einer besseren Energiebilanz führ(t)en. Diese reichen von der Energieeinsparung bis zur innovativen Ener-

gieerzeugung mit Hilfe von Microgasturbinen bei schwierigen Gasverhältnissen. Die Verbindung von Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien zeigt nach den Warendorfer Erfahrungen einen Weg auch für andere kommunale Einrichtungen.

Bei der Klärgasnutzung müssen in jedem einzelnen Fall Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit

CO₂-Einsparungen in Tonnen, 1996 bis 2010

Jahr	Eigene Photovoltaik-anlage (kWh/Jahr)	Wasserrad (kWh/Jahr)	BHKW Gas-motoren (kWh/Jahr)	BHKW Microgas-turbinen (kWh/Jahr)	Summe pro Jahr (kWh/Jahr)	Einsparung t CO ₂ /Jahr
1996		4.002			4.002	2,4
1997		31.414			31.414	18,8
1998	3.596	39.563	19.659		62.818	37,7
1999	2.966	23.970	280.628		307.564	184,5
2000	2.451	26.195	237.330		265.976	159,6
2001	2.462	29.867	177.326		209.655	125,8
2002	2.603	38.573	121.005		162.181	97,3
2003	2.980	29.841			32.821	19,7
2004	2.615	26.648			29.263	17,6
2005	2.648	29.564			32.212	19,3
2006	2.611	29.332			31.943	19,2
2007	2.519	40.429		26.782	69.730	41,6
2008	2.167	31.477		758.795	792.439	475,5
2009	1.723	26.620		789.960	818.303	491,6
2010	2.801	29.549		753.573	785.923	471,6
Summe kWh	34.142	437.044	835.948	2.329.110	3.636.244	
Summe CO₂ in t	20	262	502	1.397		2.181,7

der Varianten Microgasturbinen und Gasmotoren einander gegenübergestellt werden. Bei der Suche nach der jeweils besten Lösung darf der Fokus nicht nur auf dem Wirkungsgrad liegen. Nötig ist vielmehr eine ganzheitliche Betrachtung, die auch Verfügbarkeit und Verhalten der Anlage im Teillastbereich im Auge hat. Schwankende Gasqualitäten sind ebenfalls zu berücksichtigen. Es sollten auch die günstigen Abgaswerte einer Kraft-Wärme-Kopplung-Anlage mit Microgasturbinen einbezogen werden.

Mit dem Betrieb des Wasserrades, der eigenen Photovoltaikanlage und den Microgasturbinen werden jährlich rund 450 t CO₂ eingespart. Die Tabelle zeigt die Einsparungen an CO₂ in Tonnen von 1996 bis 2010, differenziert nach den einzelnen Maßnahmen und als Gesamtwert. Die CO₂-Einsparung der Heizenergie wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt, da die Heizkessel bereits vor diesen Maßnahmen mit Klärgas als Primärenergie befeuert wurden.

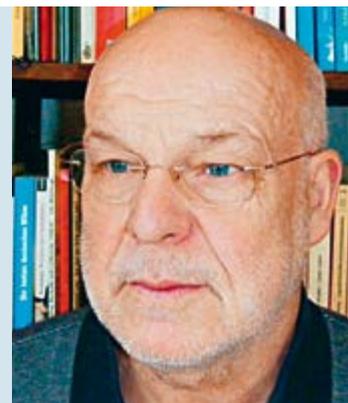
Ab 2008 konnte der Strombezug für die Kläranlage aufgrund der beschriebenen Maßnahmen gegenüber den Vorjahren drastisch gesenkt werden. Der Gesamtbezug pro Einwohnerwert der Kläranlage reduzierte sich von etwa 36 kWh pro Einwohnerwert im Jahr 2007 auf 20 kWh pro Einwohnerwert im Jahr 2008. Die Kosten für den Strombezug der Entsorgungsbetriebe Warendorf sanken entsprechend, obwohl die Strompreise anstiegen. Alle bisherigen jährlichen Betriebsergebnisse bestätigen diese Aussage und lassen auch zukünftig zufriedenstellende Ergebnisse erwarten. ■

Quellenangaben

[1] „Zum 01.01.2011 wurde der Abwasserbetrieb Warendorf mit der Aufgabe der Abwasserbeseitigung auf dem Gebiet der Stadt Warendorf gegründet. Er ist hervorgegangen aus den früheren Entsorgungsbetrieben der Stadt Warendorf. Die Betriebszweige der früheren Entsorgungsbetriebe Abwasser und Abfallwirtschaft wurden getrennt. Der Bereich Abfallwirtschaft ist dem Sachgebiet Umwelt- und Geoinformation der Stadt Warendorf zugeordnet.“ (Homepage Abwasserbetrieb Warendorf, Wir über uns. Abfrage vom 20.10.2011)

[2] Die Ausführungen in diesem Absatz beruhen im Wesentlichen auf Angaben in der Broschüre „Micro-Turbine“ der VTA Technologie GmbH, Rottenbach (Österreich); vgl. <http://www.vta.cc/userupload/editorupload/files/files/MicroTurbine-Planermappe.pdf> (letzter Aufruf am 26.10.2011).

[3] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (Hrsg.), *Handbuch Energie in Kläranlagen NRW*, Düsseldorf 1999.



VOLKER CORNELSEN

Betriebsleiter i. R.
der Entsorgungsbetriebe [1]
der Stadt Warendorf

Werkleiter bzw. Betriebsleiter der eigenbetriebsähnlichen Einrichtungen des Abwasserwerkes, später der Entsorgungsbetriebe der Stadt Warendorf (1991–2010). Davor unter anderem Tiefbauamtsleiter. Studium der Ingenieurwissenschaften (grad.), Schwerpunkt Stadtentwässerung an der Ingenieurschule Minden/Westf.

Heizkraftwerk Kläranlage Waiblingen: Abwasserwärmenutzung mit Tradition

Die Sammelkläranlage am Waldmühleweg wird von der Stadt Waiblingen seit 1951 betrieben. In den Jahren 1983 und 1989 fanden umfangreiche Erweiterungen statt, sodass die Ausbaugröße der Anlage mittlerweile bei 70.000 Einwohnergleichwerten liegt.

Die behandelte Jahresabwassermenge beträgt inzwischen über 3,5 Mio. Kubikmeter, die ermittelte Jahresschmutzwassermenge liegt bei ungefähr 2,2 Mio. Kubikmetern. Bei voller Auslastung der Kläranlage werden je Tag folgende Abfall- und Schlammengen erreicht [1]:

Frischschlamm:	80–100 m ³ /d
Überschussschlamm:	30–40 m ³ /d
Faulschlamm:	50–60 m ³ /d
Entwässerte Schlammmenge:	ca. 3.000 t/a
Rechengut gepresst:	140 t/a
Sand im Sandfang:	60 t/a

Vom Energiekonzept zum „Heizkraftwerk Kläranlage“

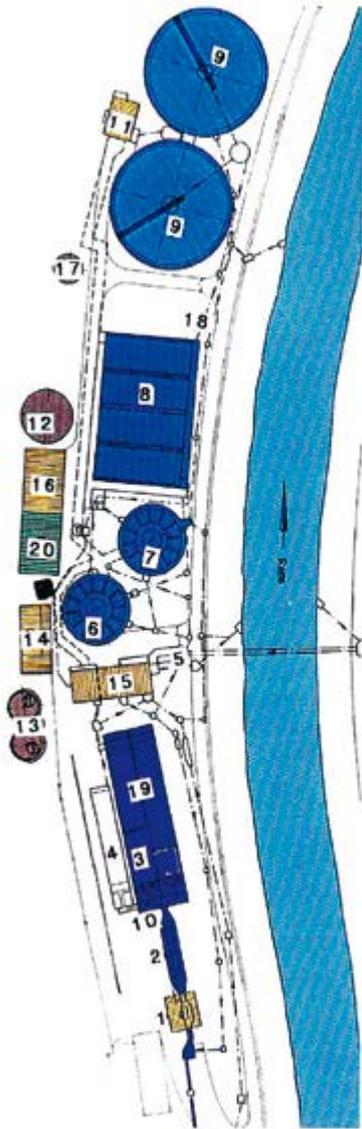
Im Rahmen der Erweiterung der Kläranlage Anfang der 1980er-Jahre wurde von den Stadtwerken Waiblingen die Planung eines integralen Energiekonzepts in Auftrag gegeben, um die Möglichkeiten der Nutzung der beiden erneuerbaren Energiequellen – Klärgas und Abwasser – zu untersuchen.

Die anfallende Klärgasmenge wurde im ersten Ansatz mit etwa 800 bis 1.000 Kubikmeter pro Tag veranschlagt, als Energiegehalt sollten durchschnittlich 6,25 kWh pro Kubikmeter Klärgas zur Verfügung stehen.

Das behandelte Abwasser ist im Auslauf der Kläranlage über das ganze Jahr hinweg zwischen zwölf und 18 °C warm, im Jahresmittel sind es 15,6 °C – das sind günstige Voraussetzungen für den Betrieb einer Wärmepumpe. Bei einem middle-



Sammelkläranlage
Waiblingen



Funktionsschema:

- 1 Rechenanlage
- 2 Sandfang (3 Kammern)
- 3 Vorklärbecken 410 m³
- 4 Filtratspeicherbecken 250 m³
- 5 Schneckenpumpen
- 6 Phosphoreliminationsbecken 1350 m³
- 7 Denitrifikationsbecken (Stickstoffabbau) 1350 m³
- 8 Vier Belebungsbecken (biologischer Abbau von Ammonium und Kohlenstoff) 5100 m³
- 9 Zwei Nachklärbecken
- 10 Frischschlammumpwerk
- 11 Rücklauf- und Überschussschlammwässerung
- 12 Faulturm 2500 m³
- 13 Schlammeindicker 1000 m³
- 14 Kammerfilterpresse
- 15 Werkstatt
- 16 Betriebsgebäude: Schaltwarte, Labor, Sozialräume
- 17 Gasbehälter 300 m³
- 18 Ultrafiltration, Online-Messgeräte
- 19 Regenüberlaufbecken 750 m³, 490 m³, 300 m³
- 20 Fernwärme

Komponenten der Kläranlagentechnik [2]

ren Trockenwetterabfluss der Kläranlage von 400 Kubikmetern pro Stunde und einer Temperaturspannung in der Wärmepumpe von lediglich drei Kelvin beträgt das theoretisch nutzbare Abwärmepotenzial in der Kläranlage Waiblingen rund 1.400 kW – genug, um etwa 160 neue Einfamilienhäuser zu beheizen.

Aufgrund der positiven Ergebnisse aus den Untersuchungen zum Energiekonzept wurde die Anlage durch das Wirtschaftsministerium des Landes Baden-Württemberg und das Bundesministerium für Forschung und Technologie sowie die Europäische Gemeinschaft als Modellprojekt gefördert.

Das „Heizkraftwerk Kläranlage“ der Stadtwerke Waiblingen ist dann zusammen mit der erweiterten städtischen Sammelkläranlage im Sommer 1983 in Betrieb gegangen. Installiert wurde eine

2.500 kW leistende Absorptionswärmepumpe, welche bivalent im Erdgas- bzw. Klärgasbetrieb lief. Als Kältemittel fand damals Ammoniak Verwendung. Zur Abdeckung von Spitzenlasten kamen zwei Kessel mit jeweils 3.500 kW Nennleistung zum Einsatz, die mit Erdgas befeuert wurden. Einer dieser Spitzenkessel erhielt zusätzlich eine zweite Gasrampe für Klärgas. So konnte das kontinuierlich anfallende Klärgas auch dann energetisch genutzt werden, wenn die Absorptionswärmepumpe zu Revisionszwecken abgeschaltet werden musste.

Außerdem wurden ein 300 Kubikmeter fassender Klärgasspeicher und ein 80 Kubikmeter großer Pufferspeicher für das geplante Fernwärmenetz installiert. Nur für Notfälle gedacht war eine Gasfackel, über die das Klärgas bei einem Kom-

plettausfall der Technik kontrolliert abgeflammt werden konnte.

Besitzer des Grundstücks und der Baulichkeiten auf dem Gelände ist die Stadt Waiblingen, die Stadtwerke haben die Räumlichkeiten zur Aufstellung der Anlagentechnik gemietet. Als Schnittstelle für das geklärte Abwasser ist das Nachklärbecken definiert (siehe Position 9 in der Abbildung „Komponenten der Kläranlagentechnik“), das Klärgas wird den Stadtwerken aufbereitet und getrocknet am Klärgasverdichter übergeben. Die Abrechnung der Klärgasmenge erfolgte zunächst pauschal, mittlerweile ist ein Klärgaszähler installiert. Eine kontinuierliche Überwachung der Klärgasqualität findet nicht statt, es werden lediglich zweimal jährlich Proben gezogen und von einem unabhängigen Labor auf Methangehalt und Gasbegleitstoffe untersucht.

Ein zentraler Bestandteil des integralen Energiekonzepts waren die Suche nach potenziellen Wärmesenken und die Planung der notwendigen Fernwärmeleitungen. Zu den ersten angeschlossenen Kunden des im Jahr 1984 in Betrieb genommenen Fernwärmenetzes gehörte das Kreiskrankenhaus Waiblingen mit einer Anschlussleistung von 1.400 kW und einem Wärmebedarf von etwa vier Mio. Kilowattstunden pro Jahr. Ungefähr ein Viertel dieses Wärmebedarfs wird für die Warmwasserbereitung des Krankenhauses benötigt und garantiert so eine kontinuierliche Grundauslastung des Heizkraftwerks. Außerdem wurden die lokale Kultur- und Veranstaltungsstätte „Bürgerzentrum Waiblingen“ mit gehobener Gastronomie sowie

das Rathaus und das Waiblinger Hallenbad mit einem Wärmebedarf von rund 2,5 Mio. Kilowattstunden pro Jahr an das Fernwärmenetz angeschlossen. Auch diese Abnehmer zeichnet ein relativ gleichmäßiger Warmwasserbedarf aus, der die Grundlast des Heizkraftwerks auf hohem Niveau hält. Die Kläranlage selbst hat mit der Klärschlamm-trocknung und der Faulturmheizung eine Anschlussleistung von 450 kW, der Jahresheizenergiebedarf liegt bei etwa 850.000 kWh/a.

Durch den Bau des Heizkraftwerks konnten alte Heizsysteme ersetzt und zunächst rund 280.000 Liter Heizöl jährlich substituiert werden. Die Einsparung entsprach bei einer Klärgasnutzung von durchschnittlich 1.800.000 kWh/a einer CO₂-Emissionsreduktion von jährlich 660 Tonnen. Das Verteilnetz des Heizkraftwerks Kläranlage besaß anfangs eine Länge von 2.200 Metern, ausgehend von einer Hauptverteilung in der Dimension DN 200.

Mittlerweile sind mehr als 30 überwiegend kommunale Gebäude und eine Einkaufspassage in der Waiblinger Innenstadt mit zum Teil hohem Leistungsbedarf für Wärme und Trinkwarmwasser an dieses Netz angeschlossen. Als besonders renommierte Kunden konnten im Jahr 2006 die „Galerie Stihl Waiblingen“ sowie die angrenzende „Kunstschule Unteres Remstal“ gewonnen werden. Erstere wird nicht nur mit Heizwärme, sondern auch mit Prozesswärme für die Klimaanlage versorgt. Die „Galerie Stihl Waiblingen“ verfügt über eine Anschlussleistung von 165 kW, der Jahresheizenergiebedarf beläuft sich auf über 200.000 kWh/a.



*Galerie Stihl
Waiblingen*



Klärgas-Blockheizkraftwerk

Die Summe aller vertraglich zugesicherten Leistungen beträgt heutzutage gut elf Megawatt, das Leitungsnetz verfügt inzwischen über eine Gesamtlänge von knapp acht Kilometern. Die jährlich abgegebene Wärmemenge beträgt mittlerweile durchschnittlich 12,5 Mio. Kilowattstunden, immer wieder kommen neue Abnehmer entlang der bestehenden Trasse hinzu. Mehrere Netzerweiterungen wurden im Laufe der Jahre durchgeführt, weitere sind aktuell in der Planungsphase.

Der Umbau des „Heizkraftwerks“

Zunehmend hohe Instandhaltungskosten, Schwierigkeiten bei der Ersatzteilversorgung und ein stetig steigender Bedarf beim Personaleinsatz machten nach knapp zwanzig Jahren Betrieb einen Austausch der kompletten Anlagentechnik erforderlich. In einem ersten Abschnitt wurde die kaum noch funktionstüchtige Absorptionswärmepumpe im Herbst 2002 außer Betrieb gesetzt und im darauffolgenden Sommer durch ein Klärgas-Blockheizkraftwerk (BHKW) ersetzt.

Die Größe des BHKW richtete sich dabei nicht nach der Wärmegrundlast des angeschlossenen Netzes, sondern nach der anfallenden Klärgasmenge von ungefähr 850 Kubikmetern pro Tag. Daher ist das BHKW-Modul mit einer thermischen Leistung von 210 kW eher klein ausgefallen, die elektrische Leistung beträgt 115 kW. Diese Auslegung ermöglicht etwa 5.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr.

Zeitgleich wurden drei neue, über eine umschaltbare Schlechtpunktmessung drehzahlregelte Netzumwälzpumpen installiert und die Druckhaltung inklusive Nachspeisung erneuert. Außerdem wurde am alten Absorptionswärmepumpen-Standort ein 63 Kubikmeter fassender Heizöltank errichtet, um zukünftig die komplette Anlage bivalent betreiben zu können. Dies erleichtert den Stadtwerken das Lastmanagement bei der Gasversorgung. Der ursprünglich installierte, 80 Kubikmeter fassende Pufferspeicher wurde demontiert.

Der zweite Bauabschnitt im Sommer 2004 betraf die Integration einer Kompressionswärmepumpe – neben dem BHKW die zentrale Komponente der regenerativen Wärmeerzeugung. Die neue Wärmepumpe verfügt über sechs Kompressorstufen und ist mit einer



*Kompressions-
wärmepumpe*

Heizleistung von 563 kW ausgelegt. Die elektrische Leistungsaufnahme beträgt 157 kW, daraus resultiert eine Leistungszahl von 3,57 nach der Formel

$$\text{Leistungszahl } \varepsilon = \frac{Q_c}{P_{zu}} = 3,57 \text{ mit}$$

Q_c = Nutzwärme in kW,

P_{zu} = zugeführte Verdichterleistung in kW.

Die Messtechnik zur Bewertung der tatsächlichen Arbeitszahl wurde zum Teil nachgerüstet und besteht im Wesentlichen aus je einem Wärmemengenzähler für den Kaltwasser- und Warmwasserkreis sowie einem Stromzähler, welcher den Stromverbrauch der Kompressoren und der angeschlossenen Pumpen misst. Hier gilt es zu beachten, dass für den Kaltwasserkreis ein spezieller Zähler, der auch sehr geringe Temperaturspreizungen zuverlässig erfassen kann, Verwendung findet.

Als Wärmequelle dient das geklärte Abwasser, dem mit Hilfe des Kältemittels R 134a in einem Verdampfungs-/Kondensationsprozess Wärme entzogen und auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben wird. Der Durchfluss auf der Kaltwasserseite liegt bei 20 bis 21 Litern pro Sekunde (70–75 m³/h), die Temperaturdifferenz im Verdampfer ist ausgelegt auf fünf Kelvin.

Auch der Austausch der alten Zwei-Kesselanlage gegen drei nun wahlweise mit Erdgas oder Heizöl zu betreibende Spitzenlastkessel wurde in diesem Jahr durchgeführt. Ein zusätzlich verwendeter kleiner Niedertemperaturkessel mit 780 kW Leistung kann bivalent mit Erdgas oder mit Klärgas betrieben werden, falls das BHKW zu Wartungszwecken abgeschaltet werden muss. Außerdem wurde eine neue, außentemperatur- und leistungsbedarfsabhängige Mess-, Steuer- und Regelungstechnik realisiert.

Zusammenfassung der aktuellen Anlagentechnik:

BHKW-Modul:

210 kW thermisch, 115 kW elektrisch, Klärgas

Wärmepumpe:

563 kW thermisch, elektrisch angetriebene
Kompressoren

Sommerlast-Kessel 4:

780 kW thermisch, Erdgas/Klärgas

Spitzenlast-Kessel 1:

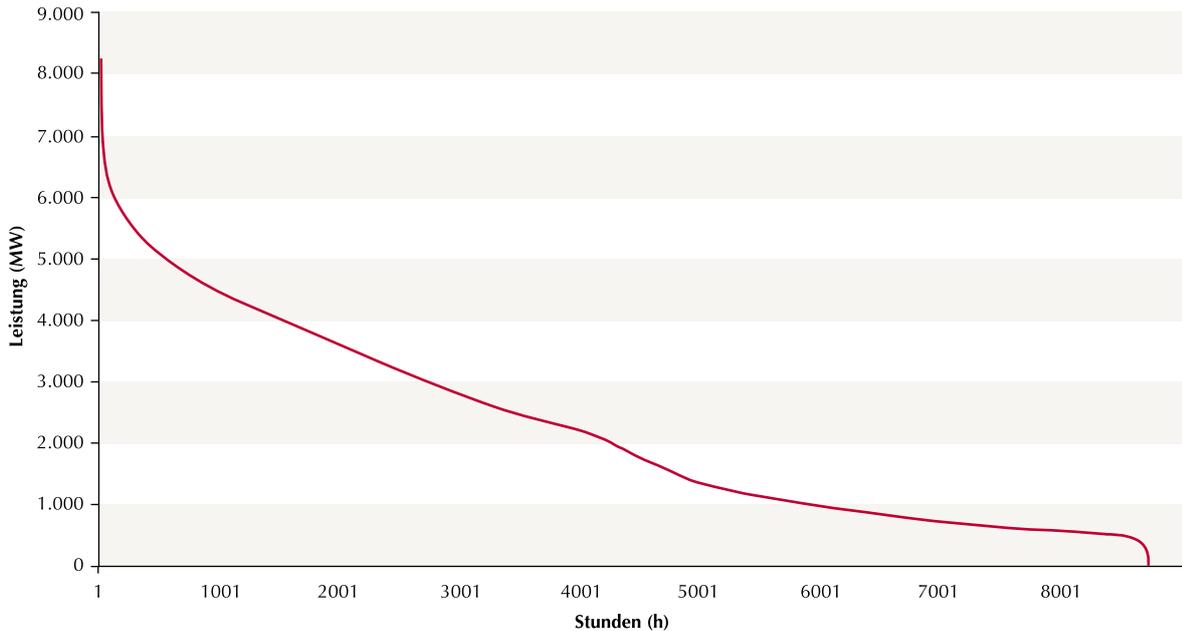
2.000 kW thermisch, Erdgas/Heizöl

Spitzenlast-Kessel 2:

2.000 kW thermisch, Erdgas/Heizöl

Spitzenlast-Kessel 3:

1.750 kW thermisch, Erdgas/Heizöl



Geordnete Jahresdauerlinie 2009, Heizkraftwerk Kläranlage

Resultierende Gesamtwärmeleistung der Erzeugungsanlage: 7.303 kW

Sowohl die Kompressionswärmepumpe als auch das Blockheizkraftwerk wurden finanziell mit Tilgungszuschüssen aus dem kommunalen CO₂-Minderungsprogramm „Klimaschutz – Plus“ des Landes Baden-Württemberg gefördert.

Betriebserfahrungen

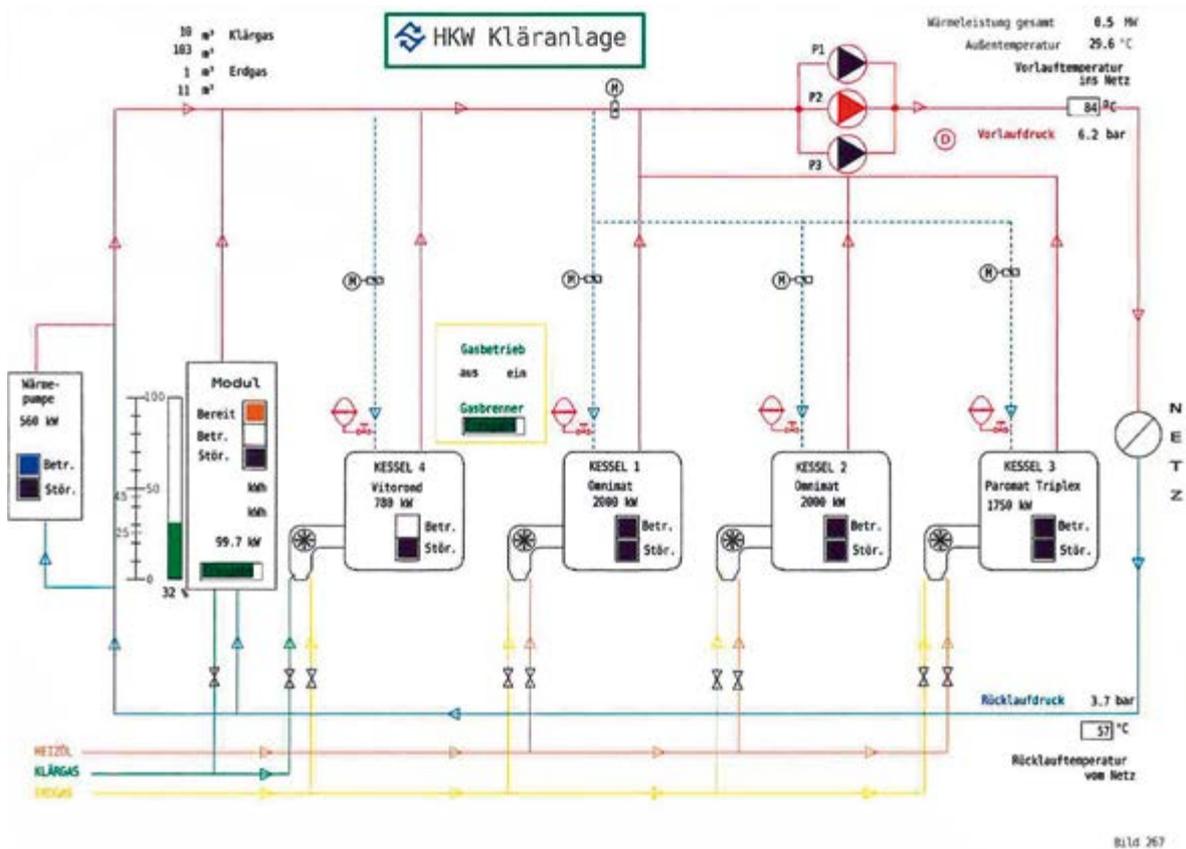
Im Heizkraftwerk (HKW) Kläranlage wurden von 2005 bis 2010 durchschnittlich 13.700.000 kWh Wärme pro Jahr erzeugt. 1.150.000 kWh jährlich oder 8,4 Prozent davon wurden durch das BHKW geliefert, 2.000.000 kWh jährlich bzw. 14,6 Prozent steuerte die Wärmepumpe bei. Dabei erzeugte das BHKW bei durchschnittlich 5.500 Vollbenutzungsstunden jährlich rund 632.500 kWh elektrisch, der Stromverbrauch der Wärmepumpe inklusive der Hilfsantriebe bewegte sich bei gemittelten 3.600 Vollbenutzungsstunden jährlich ebenfalls auf diesem Niveau. Der Jahresnutzungsgrad der gesamten Erzeugungsanlage betrug über die Jahre 1,1 bis 1,2.

Die hier für 2009 beispielhaft dargestellte geordnete Jahresdauerlinie zeigt anschaulich: Das

BHKW und die Wärmepumpe sind im Zusammenspiel bestmöglich auf die Jahresgrundlast des Versorgungsgebiets abgestimmt. Eine thermische Leistung von ungefähr 600 kW wird praktisch das ganze Jahr über abgefordert, mindestens 1.000 kW werden während 5.500 Stunden im Jahr benötigt.

Die hydraulische Einbindung der Wärmepumpe wie auch des BHKW erfolgt mangels Pufferspeicher in den Rücklauf des Fernwärmenetzes, praktisch als Rücklaufanhebung für die nachgeschaltete Spitzenlast-Kesselanlage (siehe Abbildung „Anlagenschema HKW Kläranlage in der Visualisierung der Fernüberwachung“).

Das funktioniert allerdings nur gut, solange die Rücklauftemperaturen aus dem Fernheiznetz den Grenzwert von maximal 55 °C nicht überschreiten. Bei höheren Zulauftemperaturen sinkt die gemessene Arbeitszahl der Wärmepumpe stark ab. Die Praxis zeigt jedoch, dass insbesondere in der Schwachlastphase während der Sommermonate diese Vorgabe nicht immer zu halten ist. Eine wahrscheinliche Ursache hierfür ist die im Sommer fast ausschließlich vorherrschende Anforderung zur Trinkwarmwasserbereitung, die je nach Art der Erwärmung (Durchlaufprinzip, Speicher- oder Speicherladesystem) nahezu unausweichlich



Anlagenschema HKW Kläranlage in der Visualisierung der Fernüberwachung

zu hohen Rücklauftemperaturen führt. Bei Temperaturen über 62 °C aus dem Fernheiznetz wird die Wärmepumpe daher automatisch abgeschaltet. Um zukünftig auch während der Sommermonate einen zufriedenstellenden Betrieb der Wärmepumpe gewährleisten zu können, müsste auf der Abnehmerseite umgestellt werden auf effizientere Trinkwassererwärmungen. Alternativ böte sich – als zugegeben radikale Methode – der Einbau von mechanischen Rücklauftemperaturbegrenzern an: Diese Regler stoppen den primärseitigen Volumenstrom durch die Übergabestation bei Erreichen einer bestimmten Rücklauftemperatur, ungeachtet eines eventuellen Bedarfs auf der Abnehmerseite.

Ein weiterer Nachteil ist das Fehlen einer hydraulischen Entkopplung der Wärmepumpe. Der erforderliche Mindestvolumenstrom auf der Warmwasserseite der Wärmepumpe kann im Schwachlastbetrieb nicht immer vom Fernwärmenetzrücklauf gedeckt werden. Dann wird der

Wärmepumpe die fehlende Wassermenge über eine interne Rücklaufanhebung zugeführt. Dies wiederum hebt die Zulufttemperatur zur Wärmepumpe an und drückt damit die Arbeitszahl weiter nach unten. Abhilfe könnte hier ein großer Pufferspeicher leisten, aus dessen unterem Teil der Wärmepumpe kontinuierlich kaltes Wasser zugeführt werden könnte. Insofern erweist sich aus heutiger Sicht der Rückbau des ursprünglich vorhandenen 80 Kubikmeter-Speichers als ungünstig.

Alle diese nachteiligen Phänomene sind allerdings im Teil- und Volllastbetrieb nicht zu beobachten. In der Heizperiode läuft die Wärmepumpe normalerweise mit allen sechs Kompressorstufen und einer Arbeitszahl von 3,2 bis 3,4.

Eine Besonderheit der Waiblinger Abwasserwärmenutzung besteht darin, dass dem Abwasser nicht wie üblich in einem Zulaufkanal zur Kläranlage die Wärme beispielsweise über Rohrbündelwärmetauscher entzogen wird. Vielmehr wird in der Waiblinger Kläranlage das bereits gereinigte

Abwasser aus dem Auslauf zur nahegelegenen Rems direkt auf der Kaltwasserseite der Wärmepumpe genutzt. Zu diesem Zweck wurde zwischen Nachklärbecken und Auslauf ein jeweils 200 Kubikmeter fassendes Puffer- und Ansaugbecken errichtet, aus dem die Kaltwasserpumpe ganzjährig zwischen zwölf und 18 °C warmes, gereinigtes Abwasser in Richtung Wärmepumpe fördert. Die Länge der Zulaufleitung vom Ansaugbecken bis zur Wärmepumpe beträgt insgesamt 120 Meter.

Dieses Wasser muss noch einmal gefiltert werden, um langfristig den Wärmeübertrager der Wärmepumpe nicht zu verschmutzen. Die Nachreinigung erfolgte bis in das Jahr 2007 hinein mittels eines Automatik-Rückspülfilters, der von der alten Absorptionswärmepumpe übernommen wurde. Diese Filtration funktionierte technisch recht gut, aber im Revisionsfall stand die Wärmepumpe systembedingt oft wochenlang still, da die Filterelemente nur manuell gereinigt werden konnten. Zudem waren entsprechende Ersatzteile für den Automatikfilter nicht mehr verfügbar.

Daher wurde auf einen sogenannten Beutelfilter umgerüstet (siehe Abbildung nächste Seite). Bei diesem System werden insgesamt vier Filterstrümpfe parallel vom Abwasser durchströmt; es bildet

sich ein biogener Filterkuchen von mehreren Zentimetern Stärke im Innern der Strümpfe. Bei Überschreiten eines gewissen Differenzdrucks meldet die Wärmepumpe mangelnde Durchströmung – für das Bedienpersonal das sichere Zeichen, dass die Filterstrümpfe getauscht werden müssen. Dieser Vorgang dauert lediglich zehn Minuten. Die verschmutzten Filterstrümpfe können unter dem Wasserhahn gereinigt und zwei- bis dreimal wiederverwendet werden. Ersatz für verbrauchte Filtereinsätze ist herstellerunabhängig und preiswert am Markt verfügbar.

In der Phase der Umstellung zum neuen Filter liefen Versuche mit unterschiedlichen Filtergraden von 50 bis 600 Mikrometern. Ziel war ein Kompromiss: Einerseits sollte die Filtration (sichtbar an der Stärke des sich bildenden Filterkuchens) möglichst effektiv sein und damit einhergehend maximalen Maschinenschutz bieten, andererseits sollte das Reinigungsintervall für den Vorfilter möglichst weit gestreckt werden. Letztlich bleibt aber festzustellen, dass die Maschenweite der eingesetzten Filterstrümpfe laufend den aktuellen Bedingungen in den Nachklärbecken angepasst werden muss. Je nach vorherrschender Biosphäre im geklärten Abwasser werden Filter mit entsprechender Maschenweite verbaut.

Nachklärbecken mit Zulauf zum Puffer-/Ansaugbecken





Von oben nach unten: Gehäuse Beutelfilter, Beutelfilter mit aufgeklapptem Deckel und neu verbauten Filtereinsätzen, gebrauchte Filtereinsätze

Die bisherige Erfahrung zeigt allerdings auch, dass trotz aller Filtermaßnahmen der Wärmetauscher der Wärmepumpe im Rhythmus von etwa zwei Jahren kaltwasserseitig gespült werden muss, um einen einwandfreien Wärmeübergang zu gewährleisten. Dies geschieht mittels einer Entkalkungspumpe, die eine fünfprozentige Reinigungslösung auf Chlorbasis mehrere Stunden durch den Wärmetauscher pumpt. So kann der Biofilm gelöst werden. Es gilt dabei zu beachten, dass diese Chemikalien nur nach Rücksprache mit dem jeweiligen Wärmepumpenhersteller eingesetzt werden dürfen. Ansonsten besteht Gefahr für die Materialpaarungen und Dichtungen im Wärmetauscher!

Fazit und Ausblick

Nach mittlerweile sechs Jahren Betriebserfahrung mit den neuen Anlagenkomponenten kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die Technik überwiegend gut funktioniert. Die bei einem solchen Projekt üblichen Anlaufschwierigkeiten sind überwunden, der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand konnte minimiert werden. Die einzelnen Wärmeerzeuger harmonisieren gut miteinander, sowohl Wärmepumpe als auch BHKW-Modul kommen auf wirtschaftliche Vollbenutzungstunden pro Jahr.

Eine gemessene Jahresarbeitszahl von durchschnittlich 3,3 ist bei einem theoretischen COP („Coefficient of performance“) von 3,57 ein anständiger Wert, der Anlagennutzungsgrad liegt regelmäßig über 110 Prozent.

Der Wartungsaufwand für die Kompressionswärmepumpe ist im Vergleich zur alten Absorptionswärmepumpe deutlich gesunken. Lediglich einmal im Jahr steht die neue Wärmepumpe zu Revisionszwecken für etwa einen halben Tag still, die Reinigung des Vorfilters nimmt wie oben erwähnt kaum noch Zeit in Anspruch.

Bei der Auswahl der Anlagenkomponenten wäre ein etwas größeres Klärgas-BHKW sicherlich wünschenswert gewesen, der Anfall an Klärgas stand dem allerdings entgegen. Wenn mittelfristig der Tausch des Blockheizkraftwerks in Frage kommt (es wurde ein Vollwartungsvertrag über zehn Jahre abgeschlossen mit anschließender Option einer Generalüberho-

lung), bestünde die Möglichkeit, zukünftig ein der Grundlast angepasstes BHKW bivalent mit Klärgas oder Erdgas zu betreiben.

Der Rückbau des ursprünglich vorhandenen Pufferspeichers muss aus heutiger Sicht als Nachteil bewertet werden. Die hydraulische Entkopplung sowohl der Wärmepumpe als auch des Blockheizkraftwerks vom Hauptrücklauf des Nahwärmenetzes ist eine wesentliche Voraussetzung für über das Jahr stabile Zulauftemperaturen zu diesen Wärmeerzeugern. Ein weiteres Absenken der Systemtemperaturen, namentlich eine bessere Rücklaufauskühlung des Nahwärmenetzes, bietet insofern noch große Optimierungspotenziale. Hier liegt das Hauptaugenmerk der Stadtwerke Waiblingen auf Umbaumaßnahmen auf der Verbraucherseite: Selbst heutzutage existieren bei den angeschlossenen Abnehmern neben den bereits erwähnten ineffizienten Warmwasserbereitern noch Heizungsverteiler und Heizkreise, die nach dem Einspritzprinzip funktionieren und so immer wieder für überhöhte Rücklauftemperaturen zum Heizkraftwerk sorgen. Was bei Neubauten inzwischen Standard ist, muss bei Altanlagen sukzessive nachgerüstet werden: der Umbau auf Niedertemperatur-Heizsysteme und die Beimischschaltung für Radiatoren- und Lüftungskreise.

Aber auch die Sensibilisierung des technischen Personals auf der Abnehmerseite trägt dazu bei, das Gesamtsystem wirtschaftlich zu betreiben. Hierzu werden regelmäßig Hausmeisterschulungen der Stadtwerke Waiblingen im Zusammenspiel mit den städtischen Behörden und der hiesigen „Energieagentur Rems-Murr“ angeboten. Inhalte dieser Schulungen sind beispielsweise der hydraulische Abgleich und die zeitliche Entzerrung von Heizkreisen, um eine möglichst gleichmäßige Heizlast ohne hohe Bedarfsspitzen zu generieren. Weitere Themen sind unter anderem die richtige Auswahl und Einstellung von drehzahlregelten Heizungsumwälzpumpen oder auch die Sinnhaftigkeit von allzu rigoros vorgenommenen Nachtabsenkungen. Diese müssen in der Praxis dann häufig mit hohen Aufheizzuschlägen kompensiert werden. ■

Quellenangaben

[1] und [2] Die technischen Angaben zur Sammelkläranlage sowie das Funktionsschema (Abbildung „Komponenten der Kläranlagentechnik“) wurden freundlicherweise von Frau Monika Jahnel, Abwassermeisterin bei der Stadt Waiblingen, zur Verfügung gestellt.



ROLF BARTEL

Leiter des Bereichs Wärme- und Energieerzeugung bei den Stadtwerken Waiblingen GmbH

Bei den Stadtwerken Waiblingen GmbH seit Mitte der 90er-Jahre in den Bereichen Fernwärmeversorgung, Wasserkraftwerke und Netzersatzanlagen tätig. Vor Abschluss des DAA-Technikerstudiums (Heizungs-/Lüftungs- und Klimatechnik) als Servicemoniteur und Anlagenmechaniker sowie als Offiziersassistent der Schiffsbetriebstechnik bei der deutschen Handelsschifffahrt beschäftigt.

Energiegewinnung aus Abwasser am Beispiel Donaumarkt Regensburg*

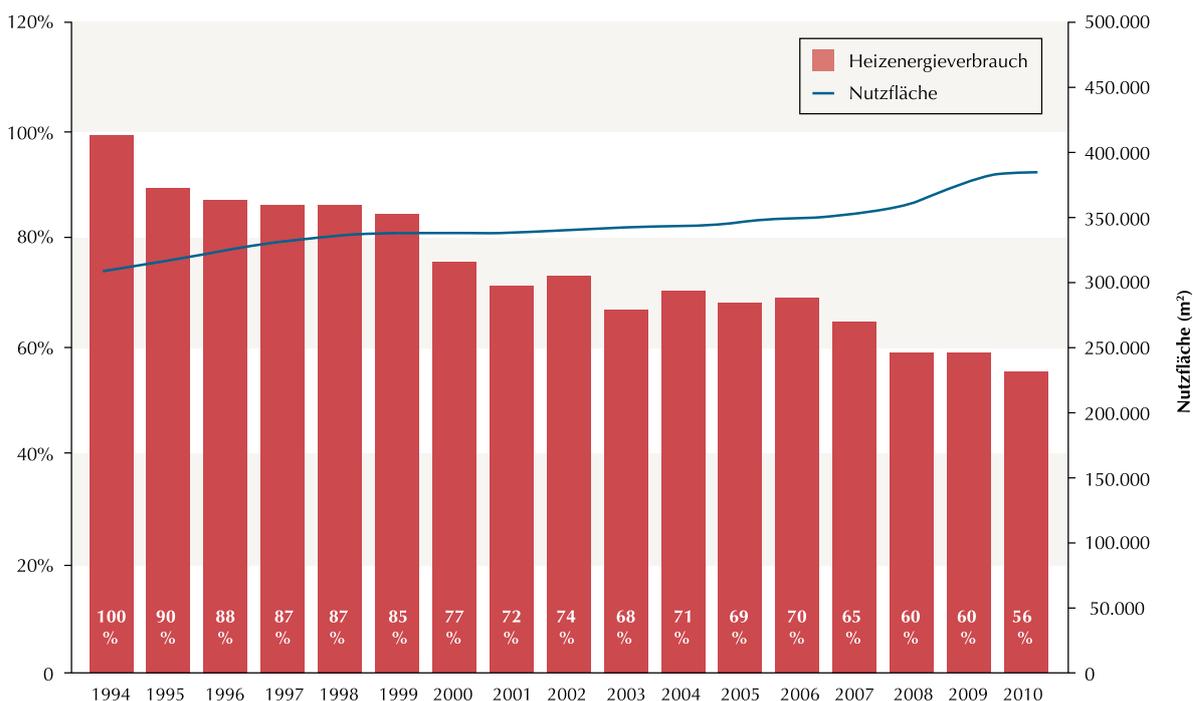
Der verantwortungsvolle Umgang mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen stellt eine der wichtigsten Aufgaben dar, die es derzeit zu lösen gilt. Insbesondere für Kommunen und damit auch für die Stadt Regensburg ist mit dieser Aufgabe eine Vorbildfunktion verbunden. Die Mitgliedschaft im Klimabündnis europäischer Städte verpflichtet Regensburg zur Reduzierung der CO₂-Emissionen. Weiterhin erfordert der wachsende Kostendruck durch steigende Energie- und Wasserpreise sowie die Umsetzung der gesetzlichen Auflagen innovatives Handeln.

Die Stadtverwaltung Regensburg realisiert seit mehreren Jahren ambitionierte Konzepte zum Energie-

einsparen. So konnte z. B. der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch für die städtischen Liegenschaften von 1994 bis 2011 um fast 50 Prozent gesenkt werden.

Die gesamte Einsparung seit 1994 – also in einem Zeitraum von 16 Jahren – bezieht sich auf rund 240.000 MWh mit einer Umweltentlastung von etwa 50.000 Tonnen CO₂ und einer Kostenentlastung von ca. 11,5 Millionen Euro. Für das Jahr 2010 konnte eine Heizenergieeinsparung von 30.000 MWh mit einer Kostenreduzierung von 1.750.000 Euro erreicht werden. Die CO₂-Emission wurde um 6.500 Tonnen reduziert.

Entwicklung des Heizenergieverbrauchs in Regensburg 1994 bis 2010, flächen- und temperaturbereinigt



Denkmalschutz versus erneuerbare Energien?

„Solarzellen, Sonnenkollektoren und vergleichbare technische Anlagen sind unzulässig“, so die Altstadtschutzsatzung der Stadt Regensburg. Mit dieser unmissverständlichen Vorschrift bezieht Regensburg Position bei Fragen der „fünften“ Fassade – dem Dach – im Bereich des Welterbes. Raum für Diskussionen gibt es da nicht.

Möglichkeiten zur Energieeffizienz, auch an historischen Gebäuden, gibt es viele. Schlagworte wie Innendämmung, Anlagen- und Fensteroptimierung, kontrollierte Lüftung sind im Denkmalsbereich geläufig. Aber auch erneuerbare Energien sind möglich und zulässig: Das Amt für Hochbau und Gebäudeservice entwickelte zusammen mit einem Berater im Auftrag des Stadtrates Konzepte, Wärme aus Abwasser – als regenerative Energiequelle eingestuft – zu nutzen. Neu ist diese Idee nicht, da sie in der Schweiz seit 20 Jahren praktiziert wird. Hauptsächlich für Wohngebiete oder Gewerbe entwickelt, werden inzwischen Anlagen unter anderem in Bochum, Hamburg und Berlin, in Dresden und Grevesmühlen geplant und in Betrieb genommen. Neu ist vielleicht der gezielte Einsatz im historischen Altstadtbereich.

Am 13. Juli 2006 hat die UNESCO das Ensemble „Altstadt Regensburg mit Stadthof“ als 32. Welt-

erbestätte in Deutschland in die Welterbeliste aufgenommen. Das Welterbe-Ensemble erstreckt sich über 183 Hektar und umfasst rund 1.000 Baudenkmäler. Es entspricht der Ausdehnung der Stadt um das Jahr 1320. Die dichte Bebauung der Altstadt stammt überwiegend aus dem 12. bis 14. Jahrhundert. [1]

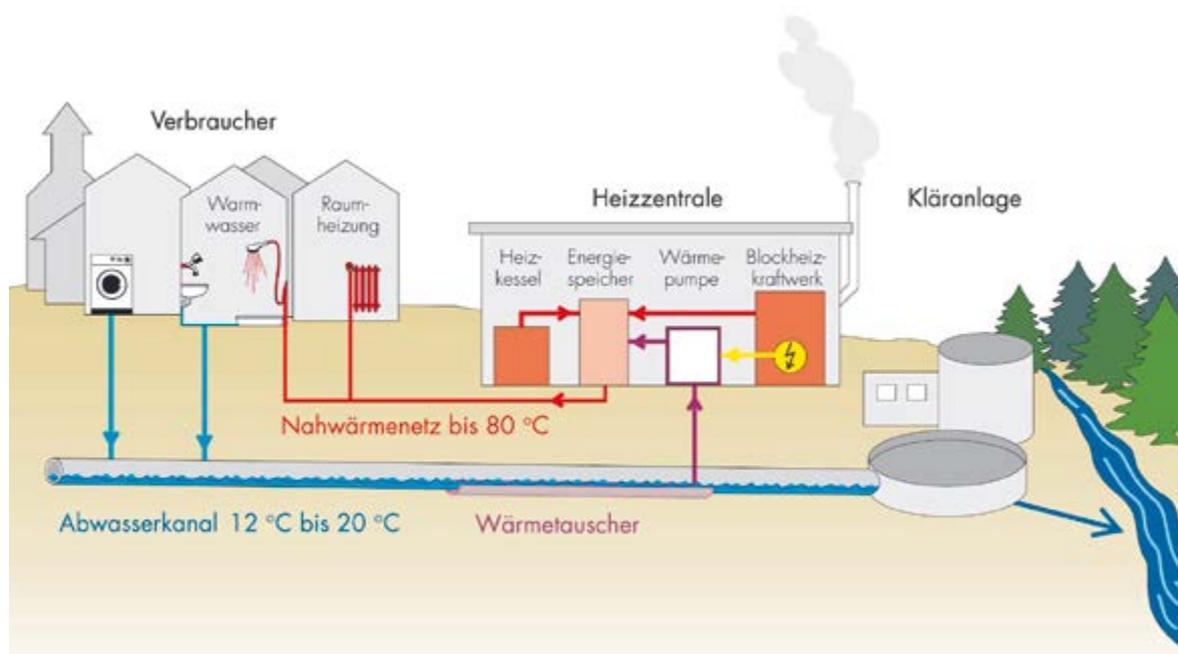
Auch in Regensburg wurden zuerst Neubau- und Gewerbegebiete bewertet. Der besondere Reiz lag jedoch im östlichen Teil der Altstadt, dem Donaumarkt. Das Areal Donaumarkt befindet sich größtenteils im städtischen Besitz bzw. im Besitz der Stadtbau GmbH Regensburg.

Die Nutzung der Abwasserwärme ist, da im bestehenden Kanalnetz implementierbar, denkmalverträglich, im Betrieb frei von Feinstaub und im Gegensatz zur Grundwasserwärmepumpe unproblematisch für Grundverhältnisse.

Energiegewinnung aus Abwasser

Das Prinzip ist denkbar einfach. Die im Abwasser enthaltene Wärme kann mittels Wärmetauscher ausgekoppelt werden. Dank der ganzjährigen Temperatur von zwölf bis 20 °C ist Abwasser eine ideale Quelle für den effizienten Betrieb von Wärmepumpen. Die gewonnene Wärme wird in einem Pufferspeicher gesammelt. Für Spitzenlasten und

Schaltbild Abwasserwärmenutzung



zur Betriebssicherheit wird zusätzlich ein Gaskessel benötigt, so dass über Pufferspeicher und Spitzenlastkessel eine Heizenergie mit bis zu 80 °C dem Abnehmer zur Verfügung gestellt werden kann. Im Sommer kann die Technik auch zur Kühlung genutzt werden. Der Strom für die Wärmepumpe soll umweltfreundlich durch ein gasbetriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW) gewonnen werden. Die Abwärme des BHKW dient wieder dem Pufferspeicher für Heizzwecke. Für das Projekt am Donaumarkt wurden Investitionskosten in Höhe von rund 1.000.000 Euro ermittelt. Je nach Entwicklung der Verbrauchskosten für Strom und Gas sowie der betriebsgebundenen Kosten ergibt sich ein eindeutiger wirtschaftlicher Vorteil gegenüber einer konventionellen Gasheizungsanlage.

Da die Wärme aus Abwasser als erneuerbare Energie eingestuft wird, ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz in Deutschland anwendbar. Auf eine alternative Verbesserung der Energieeffizienz um 15 Prozent zur gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) und somit auf weitere Investitionskosten kann durch den regenerativen Status verzichtet werden.

Umsetzungsschritt 1: Grundsatzbeschluss

Der Ausschuss für Stadtplanung, Verkehr, Umwelt- und Wohnungsfragen beauftragte im Oktober 2007 die Verwaltung, die Potenziale der Wärmeenergiegewinnung aus Kanalabwasser sowie die für diese Form der Energiegewinnung geeigneten möglichen Standorte in Regensburg zu ermitteln. Die Wärmeenergiegewinnung aus Kanalabwasser ist allerdings an bestimmte Restriktionen gebunden:

- **Mindestdurchmesser der Kanäle:** 600 mm, für kleinere Kanäle und Leitungen sind Wärmeübertragertechniken in der Entwicklung,
- **Mindestlänge des Kanals:** 20 bis 150 m, Begehbarkeit der Kanäle ist vorteilhaft, aber nicht mehr zwingend notwendig,
- **Trockenwetterabflüsse von mehr als 10 l/s;** kurze Distanzen zwischen Kanal und Wärmeerzeuger von maximal 300 m, in Ausnahmefällen auch mehr,
- **Wärmebedarf des Abnehmers:** mindestens 150 kW,

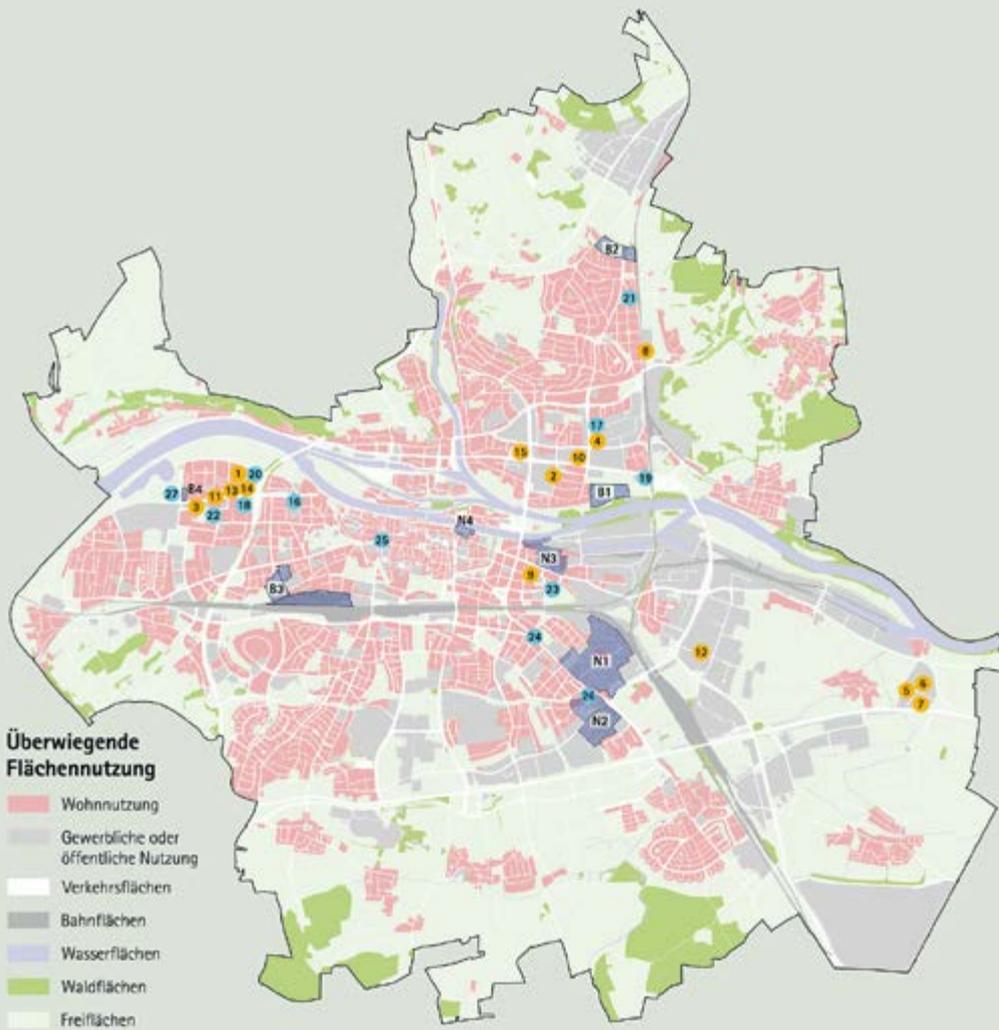
- **Neubauprojekt oder Sanierungsobjekt vorteilhaft.**

Bevorzugter Einsatzbereich der Abwasserwärmenutzung sind Raumheizung, Raumkühlung und Warmwasserbereitung insbesondere in großen Gebäuden wie beispielsweise

- **Kindergärten, Schulen/Hochschulen/Universitäten,**
- **Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime, Verwaltungsgebäude,**
- **Sportstätten und Schwimmbäder,**
- **große Wohngebäude, Kaufhäuser, Baumärkte usw.**

Unter Berücksichtigung der genannten Voraussetzungen wurde für die Wärmeenergiegewinnung aus Abwasser eine Reihe potenzieller Einsatzbereiche im Stadtgebiet ermittelt. Das Ergebnis dieser Untersuchung wurde dem Ausschuss im April 2008 zur Kenntnis gegeben. Die Karte zeigt die potenziellen Einsatzbereiche der Wärmeenergiegewinnung aus Kanalabwasser sowohl für einzelne Gebäude als auch Gebiete (Gebiete, in denen Neuordnungen durchgeführt werden, sowie Gebiete der Bauleitplanung). Diese Auflistung ist bei allen zukünftigen Maßnahmen zu berücksichtigen, so dass bei der Planung und Umsetzung konkreter Projekte eine detaillierte, einzelfallbezogene Prüfung zum Einsatz eines Energiekonzeptes von Fachkräften erfolgen kann (u. a. Untersuchungen zum möglichen Einsatz der Technologie, zur Wirtschaftlichkeit, zu den Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Kläranlage).

Als erste konkrete Maßnahme wurde die Wärmeenergiegewinnung aus Kanalabwasser am Donaumarkt aufgeführt. Der Donaumarkt war über viele Jahre hinweg einer der möglichen Standorte für den Bau einer Kultur- und Kongresshalle in Regensburg. Nach jahrelanger kontroverser Diskussion und letztlich aufgrund des Bürgerentscheids „Kein Kultur- und Kongresszentrum (Stadthalle) am Donaumarkt“ im Dezember 2006 wurde diese Planung am Donaumarkt nicht mehr weiterverfolgt. Daraufhin hat die Stadt Regensburg für das Entwicklungskonzept „Donaumarkt-Promenade“ eine Mischnutzung beschlossen. Ziel ist eine Nutzung der Flächen für Hotel, Wohnungen, Dienstleistungen, Gastronomie und öffentliche Gebäude. Am Donaumarkt, der letzten Brachfläche im Altstadtbe-



Potenzielle Gebäude/zukünftige Baugebiete für die Nutzung von Abwasserwärme

Gebäude (Privat)

Nr.	Name
1	Bischof Manfred Müller Schule
2	Donau Einkaufszentrum
3	Eckert Schulen AG
4	Gewerbepark (verschiedene Unternehmen/ Unternehmenszusammenschlüsse – Hanthofer Weg/Vilsstraße)
5	Globus-Baumarkt
6	Hiendl
7	Ikea
8	Max Holzwerk Zimmerei Schreinerei
9	Musikgymnasium der Regensburger Domspatzen
10	real,- SB-Warenhaus
11	Seniorenstift Albertinum
12	Siemens VDO (jetzt: Continental)
13	Studentenwohnheim der Protestantischen Alumnestiftung
14	Studienseminar St. Emmeram
15	OBI-Baumarkt

Gebäude (Öffentlich)

Nr.	Name
16	Albertus-Magnus-Gymnasium
17	Amt für Landwirtschaft und Forsten + Landwirtschaftsschule
18	Clermont-Ferrand-Hauptschule + Städtische Sporthalle
19	Donau-Arena
20	Hochschule für Kirchenmusik
21	Konradschule
22	Körperbehindertenzentrum (Pater-Ruppert-Mayer-Zentrum)
23	REWAG
24	Staatl. Hochbauamt
25	Stadttheater
26	Straßenbauamt
27	Westbad

Baugebiet/Neuordnung

Geb. B-Plan	Name
B1	Weichs Ost
B2	Frauenzellstraße
B3	Gebiet Ladehofstr., Margaretenau, Jahnstadion
B4	Messerschmittstraße
Geb. Neuordnung	
N1	Prinz-Leopold-Kaserne
N2	Bajuwarenkaserne
N3	Schlachthofareal/ Marina Quartier
N4	Donaumarkt

0 500 1000 2000 m

Potenzielle der Wärmeenergiegewinnung aus Kanalabwasser in Regensburg

reich, sollen ca. 20.000 m² Wohn- und Nutzflächen in drei Bauabschnitten errichtet werden. Neben einer energiesparenden Bauweise sollen die trotzdem noch nötige Wärme und Kälte möglichst sparsam und unter Berücksichtigung des Welterbes umweltfreundlich bereitgestellt werden.

In dem für die Wärmeenergiegewinnung wirtschaftlichen Umkreis von 300 m befinden sich zusätzlich eine Versammlungsstätte, eine Turnhalle und ein Standort für eine Kunsthalle oder ein Muse-

um. Gerade Letzteres ist ein perfekter Abnehmer, da ein beständiges Wärmekontingent und zusätzlich Kälte für die Klimatisierung der Ausstellungsflächen gefordert werden. Ideal ist hier der Altstadtsammler an der Nordseite des Areals, der mit seinen Abmessungen von 2,80 m x 1,50 m und einem Trockenwetterabfluss von 70 l/s alle Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Nutzen erfüllt. Mit einer Länge von voraussichtlich 100 m für den Wärmetauscher wird eine Wärmeleistung



Donau mit Donaumarkt (links) und historischer Altstadt (rechts)

von 250 kW und eine Kälteleistung von 200 kW prognostiziert.

Der Donaumarkt bietet ideale Voraussetzungen für die Wärme- bzw. Kältegewinnung aus Kanalabwasser:

- Neubebauung mit ca. 20.000 m² Nettogeschossfläche,
- verdichtete Neubebauung, kurze Entfernung zwischen Entnahmestelle und Verbraucher, voraussichtliche Wärme- bzw. Kälteleistung ca. 1.000/200 kW,
- Trockenwetterabfluss im Nachttief ca. 70 Liter/s,
- Trockenwetterspitzenabfluss ca. 270 Liter/s,
- großer Kanalquerschnitt 2.800/1.500 mm, weitere mögliche Abnehmer im Umfeld.

Umsetzungsschritt 2: Machbarkeitsstudie

Im August 2008 forderte die Stadtverwaltung Regensburg fünf fachlich geeignete Planungsbüros aus dem gesamten Bundesgebiet zur Angebotsabgabe auf. Gegenstand war die Erstellung einer Machbarkeitsstudie laut Vorgaben des Amtes für Hochbau und Gebäudeservice „Realisierung einer Abwasser-Wärmenutzung für Heizen und Kühlen im Neubaugebiet Donaumarkt-Areal Regensburg“. Das Planungsbüro, das sich dabei als wirtschaftlichster Anbieter durchgesetzt hat, wurde daraufhin vom Amt für Hochbau und Gebäudeservice mit der Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Wärme- und Kälterückgewinnung aus Abwasser

Hauptsammler begradigt



mittels einer Abwasserwärmepumpe (AWP) beauftragt. Diese Studie wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie mit 50 Prozent der Kosten gefördert.

In der Machbarkeitsstudie werden die nutzbare Wärme aus dem Abwasser abgeschätzt, ein mögliches Nutzungskonzept aufgezeigt und überschlüssig Investitions-, Verbrauchs- und Betriebskosten sowie die Wirtschaftlichkeit ermittelt. Es werden eine Referenz und zwei Varianten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen.

Mögliche Varianten

Fall A: Referenzfall

Wärmeerzeugung → Erdgaskessel 1.000 kW
Kälteerzeugung → Kälteanlage, 200 kW

Fall B: Abwasserwärmepumpe, Abwasserwärmeübertrager in vorhandenem Hauptsammler

Grundlast der Wärmeerzeugung →
Abwasserwärmepumpe 250 kW
Spitzenlast der Wärmeerzeugung → -
Erdgaskessel 750 kW
Kälteerzeugung →
Abwasserwärmepumpe 200 kW

Fall C: Abwasserwärmepumpe, Abwasserwärmeübertrager in begradigtem Hauptsammler

Grundlast der Wärmeerzeugung → -
Abwasserwärmepumpe 250 kW
Spitzenlast der Wärmeerzeugung → -
Erdgaskessel 750 kW
Kälteerzeugung → -
Abwasserwärmepumpe 200 kW

Die ursprüngliche Variante C, Begradigung des Abwassersammlers, wird zwar in der Studie noch geprüft, entfällt aber nachträglich aus Kostengründen (hohe Investitionen im Kanalbereich) und wird daher nicht weiter aufgeführt.

Im Sommer 2011 wurde – bedingt durch neue Kenntnisse bei der Planung, mittlerweile erheblichen Veränderungen im Energiemarkt und nicht zuletzt auf Wunsch des voraussichtlichen Betreibers – zusätzlich zu den Varianten A, B und C die Variante D untersucht. Bei dieser wird der Strom für den Betrieb der elektrischen Wärmepumpe

umweltverträglich durch ein am Markt bewährtes 50 kW gasbetriebenes BHKW erzeugt. Das BHKW stellt neben dem Strom auch ca. 85 kW Wärmeleistung mit einer Temperatur von bis zu 90 °C bereit. Diese hohe Heiztemperatur ist ideal für die legionellenfreie Erzeugung von Warmwasser und zur Versorgung von Heizkreisen im Trutzerblock. Letzterer kann, bedingt durch den strengen Denkmalschutz, voraussichtlich nicht EnEV-konform saniert werden.

Fall D: Abwasserwärmepumpe, Blockheizkraftwerk, Abwasserwärmeübertrager in vorhandenem Hauptsammler

Grundlast der Wärmeerzeugung → -
zwei Abwasserwärmepumpen je 85 kW
Grundlast der Wärmeerzeugung und elektrische Leistung zum Wärmepumpenbetrieb → -
BHKW mit 85 kW thermisch und 50 kW elektrisch
Spitzenlast der Wärmeerzeugung → -
zwei Erdgaskessel je 375 kW
Kälteerzeugung → -
Abwasserwärmepumpe 200 kW

Durch den Einsatz eines BHKW bei der Variante D wurde die Wärmepumpenleistung auf 170 kW verkleinert. Gleichzeitig verringert sich die Länge des Abwasserwärmeübertragers. Dadurch entstehen trotz des zusätzlichen BHKW keine höheren Investitionskosten im Vergleich zur Variante B.

Daten und Unterlagen

Folgende Unterlagen standen zur Verfügung:

- Generalentwässerungsplan der Stadt Regensburg von 1998,
- Kanalbestand Donaumarkt von 2008,
- Längsschnitt Hauptsammler Süd, Donaumarkt,
- Plan Kanalprofil mit den Maßen 2.80 x 1.50, Gerinnehydraulik_KV2800_1500_Trapez.pdf,
- Geländeschnitte,
- Plan „Entwicklung Donaumarkt“ des Planungsamtes,
- mehrere Fotos des Donaumarktes Regensburg,
- aktuelle Energiepreise des örtlichen Netzbetreibers.

Ausgangslage Wärme- und Kältebedarf

Das Amt für Hochbau und Gebäudeservice der Stadt Regensburg geht von folgenden Werten aus: Bei einer geplanten Gebäudenutzfläche von 20.000 m² und einer spezifischen Heizleistung von 50 W/m² ergibt sich eine Wärmeleistung von 1.000 kW. Mit üblichen Vollbenutzungsstunden von 1.500 Stunden pro Jahr errechnet sich daraus ein Jahres-Wärmeverbrauch von 1.500 MWh/a.

Die Gebäude sollen mit Niedertemperaturheizsystemen, z.B. Fußbodenheizungen, beheizt werden. Das Temperaturniveau des Heiznetzes liegt damit bei maximal 45/35 °C. Dieses niedrige Temperaturniveau ist optimal geeignet für den Einsatz von Wärmepumpen.

Für die Ermittlung der Kühlleistung wurde von einer zu kühlenden Fläche von 5.000 m² ausgegangen. Die spezifische Kälteleistung wurde mit 40 W/m² geschätzt; dies ergibt eine Kälteleistung von 200 kW. Mit üblichen Vollbenutzungsstunden von 500 Stunden pro Jahr errechnet sich daraus ein Jahres-Kälteverbrauch von 100 MWh/a.

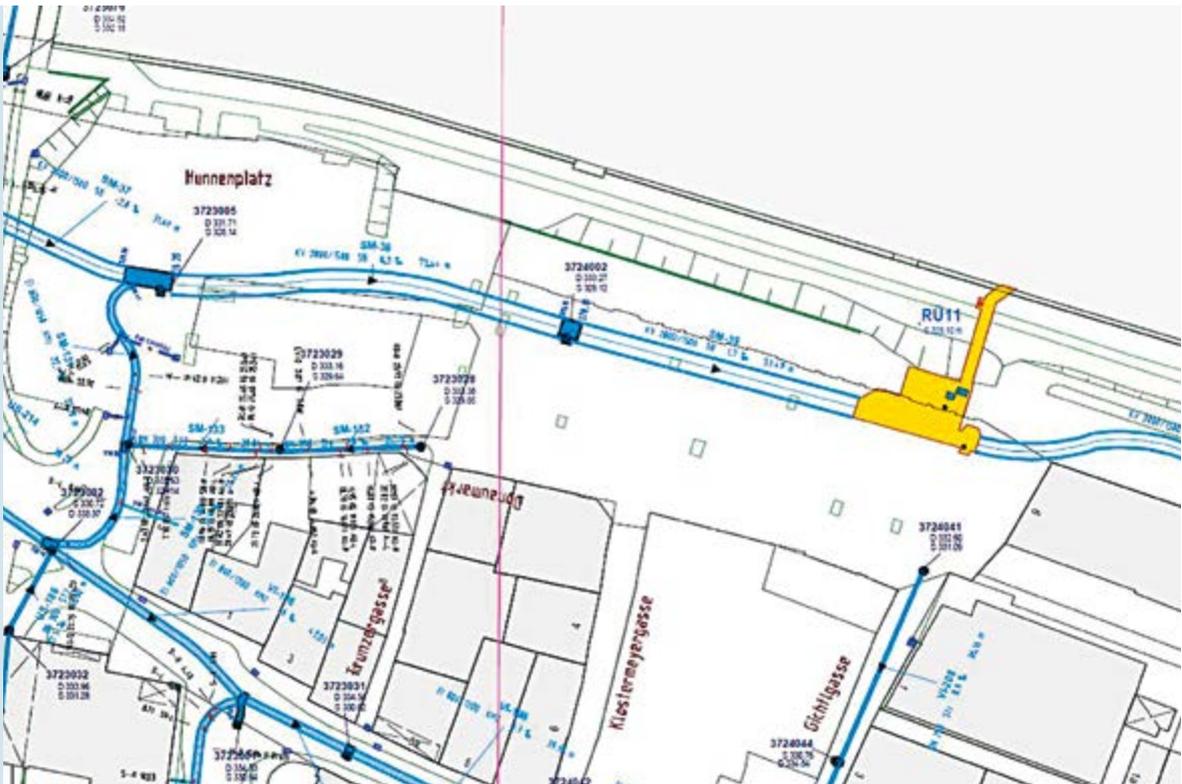
Ausgangslage Abwasser

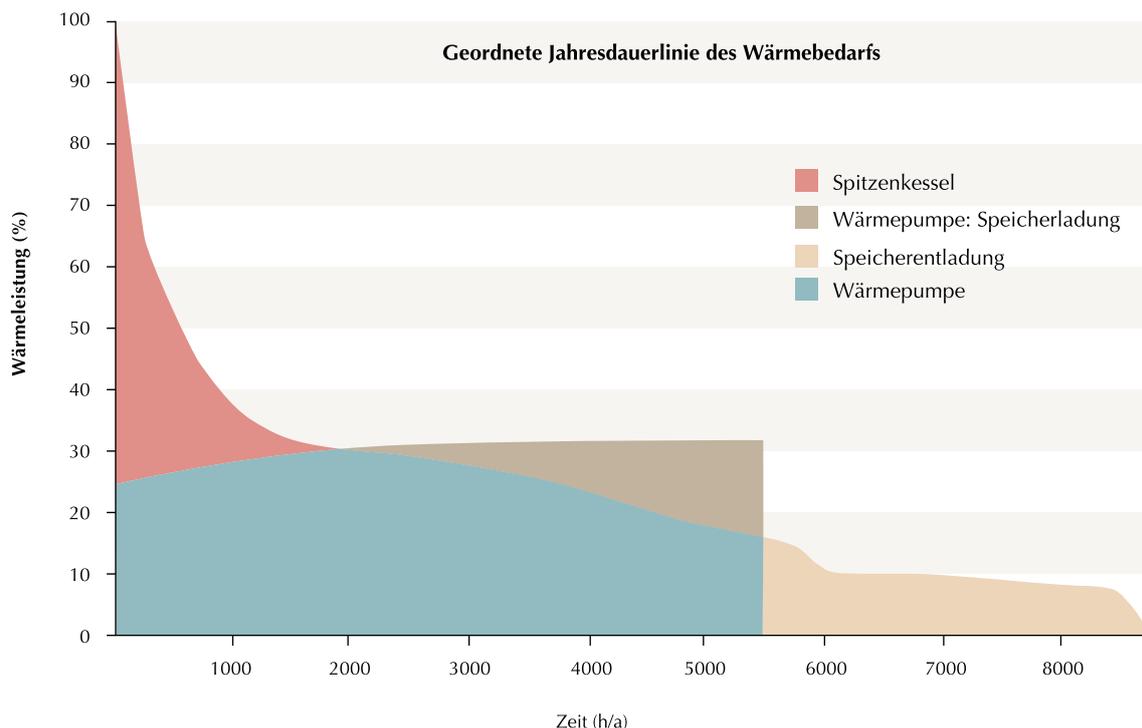
In dem Bereich Donaumarkt liegt eine Freispiegelleitung. Der „Hauptsammler Süd“ hat ein Sonderprofil mit einer Breite von 2,8 m und einer Höhe von 1,5 m bei einem Gefälle von 0,38 Promille (Haltung SM-39, zwischen Schacht 3724002 und RÜ 11) und einem Gefälle von 0,41 Promille (Haltung SM-38, zwischen den Schächten 3723005 und 3724002). Die Haltung SM-39 ist ein gerader Abschnitt; die Haltung SM-38 beschreibt eine leichte Kurve.

Der durch das Tiefbauamt berechnete bzw. geschätzte Wert für den Trockenwetterspitzenabfluss in diesem Kanal liegt bei ca. 270 Litern pro Sekunde; der Trockenwetterabfluss im Nachttief bei ca. 70 Litern pro Sekunde. Nach der Entscheidung für die Abwasserenergienutzung wurde in der Haltung SM-39 eine Messung des Abwasserabflusses sowie der Abwassertemperatur über mehrere Tage durchgeführt (Tages- und Wochenganglinien). Dabei haben sich die angenommenen Werte bestätigt.

Bei einer Abkühlung des Abwassers um 3 K (Kelvin) ist im Abwasser eine verfügbare Wärme-

Kanalbestandsplan im Bereich Donaumarkt





Wärmeleistungsdiagramm für ein Gebäude mit bivalenter Wärmepumpe und Spitzenlastkessel

leistung von fast 900 kW vorhanden. Die Wärmepumpe könnte damit bei einem COP (Coefficient of performance) von 4 eine Wärmeleistung von rund 1.200 kW zur Verfügung stellen.

Technisches Konzept: Wärmepumpenanlage

Wärmepumpen können monovalent oder bivalent ausgelegt werden. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wird im Folgenden von einer bivalent-parallelen Betriebsweise der Wärmepumpe ausgegangen. Um mit der Wärmepumpe in der Grundlastversorgung eine möglichst hohe Laufzeit zu erreichen, sollte die Leistung der Wärmepumpe für den Gebäudekomplex Donaumarkt bei der gegebenen Heizlast etwa 250 kW betragen.

Wärmepumpen arbeiten im Allgemeinen unter Vollast. Bei geringer Leistungsanforderung wird die überschüssige erzeugte Wärme in einen Pufferspeicher geleitet. Dieser wird im umgekehrten Fall durch das Heizungssystem entladen, bevor die Wärmepumpe erneut in Betrieb geht.

Es wird eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von mindestens 4,0 angenommen. Dies bedeutet bei 250 kW Wärmepumpenleistung, dass 190 kW über den Abwasserwärmetauscher gewonnen werden, 60 kW stammen aus der elektrischen Antriebsleistung der Wärmepumpe. Damit können rund zwei Drittel des Jahres-Brennstoffverbrauchs durch die Wärmepumpe substituiert werden.

Auch eine Grundlastkühlung des Gebäudes ist möglich. Im Sommerbetrieb kann man mit der „passiven Kühlung“ ohne Wärmepumpe dem Gebäude Wärme entziehen. Die Gebäudeabwärme wird dann direkt dem im Sommer kühleren Abwasser zugeführt. Bei größeren Anforderungen ist mit Hilfe der Wärmepumpe eine „aktive Kühlung“ mit vernünftigen Leistungszahlen möglich. Die Rückkühlung erfolgt in diesem Fall über den Abwasserwärmetauscher. Es ist also kein Rückkühlwerk wie bei einer konventionellen Kälteanlage notwendig.

Die ausgewählte Wärmepumpe mit einer Heizleistung von 250 kW in der Variante B und einer Wärmequellenleistung von 190 kW arbeitet im Kältebetrieb mit etwa gleichen Temperaturen auf

der Verdampferseite und mit niedrigeren Temperaturen auf der Kondensatorseite. Daher wird diese Wärmepumpe eine Kälteleistung von mindestens 200 kW erzielen und passt damit zum geschätzten Kälteleistungsbedarf des Gebäudekomplexes.

Technisches Konzept: Umsetzung

Für die Wärmeentnahme aus dem Kanal wird ein Wärmetauschersystem aus Edelstahl im Kanal auf die Kanalsole montiert. Es wird in 1 bis 3 m langen Elementen eingebracht und dort zusammengesetzt.

Die Verringerung des Querschnitts des Haupt-sammlers liegt hier unter 1 Prozent. An der Stelle der Ausfädelung der Verteil- und Sammelleitungen beträgt die Verringerung des Kanalquerschnitts ca. 5 Prozent.

Im Betrieb mit Abwasser bildet sich auf den Wärmeübertragungsflächen ein Biofilm, die Sielhaut, die den Wärmeübergang verringert. Bei der Dimensionierung des Wärmeübertragers ist dies mit Hilfe des „Fouling Faktor“ zu berücksichtigen.

Für die Auslegung der verschiedenen Wärmetauscher-Bauformen und -Fabrikate stehen keine Standardprogramme zur Verfügung; die Dimen-

sionierung ist somit individuell für jeden Anwendungsfall neu festzulegen.

Richtwert Leistung/Wärmetauscherfläche:
ca. 1,5 – 2,0 kW/m²

Nach überschlägigen Berechnungen ist hier ein Wärmetauscherübertrager mit einer Leistung von 190 kW mit einer Gesamtlänge von maximal 100 Meter erforderlich. Die Montage ist in den Hal-tungen SM-39 und SM-38 vorgesehen. In der Hal-tung SM-38 wird der Wärmeübertrager bis in die Kurve hineinreichen, was etwas höhere Kosten als bei gerader Verlegung verursacht.

Die Verbindungsleitung zwischen der Technik-zentrale und dem Abwasserwärmetauscher sollte laut Machbarkeitsstudie zwischen dem Gebäude C „Ostermeier-Quartier“ und dem Regenrücklauf-becken RÜ 11 verlaufen. Vorteilhaft ist hierbei, dass der Abstand mit ca. 15 Metern sehr kurz ist und dass während der Bauarbeiten für das Gebäu-de „Ostermeier-Quartier“ dort ohnehin Tiefbauar-beiten stattfinden.

Emschergenossenschaft Bochum, Edelstahlwärmetauscher im Kanal DN 3000





Lageplan Wärmeübertrager und mögliche Trasse der Verbindungsleitung

In der Tabelle werden die wichtigsten technischen Daten der Machbarkeitsstudie zusammengefasst.

Nicht vergessen werden darf der Platzbedarf in der Technikzentrale. Diese sollte bereits im Rahmen der Machbarkeitsstudie nicht zu klein bemessen

werden. Für das Projekt in Regensburg wurden in der Machbarkeitsstudie ca. 40 m² angegeben. Dies hat sich bei der Planung als deutlich zu gering erwiesen und führt jetzt zu einem erheblich höheren Planungsaufwand.

Wichtige technische Daten der Machbarkeitsstudie

Abwasser	Minimal vorhandene Abwassermenge	70 l/s 250 m ³ /h
Haltung 1	Maße	2800/1500 mm
	Länge	53,29 m
	Gefälle	0,38 ‰
Haltung 2	Maße	2800/1500 mm
	Länge	73,11 m
	Gefälle	0,41 ‰
Abwasserwärmeübertrager	Leistung	190 kW
	Länge	100 m
Zwischenkreis zur Heizzentrale	Länge der Trasse	15 m
	Durchmesser	DN 150
Auswirkung	Temperaturabsenkung der minimalen Abwassermenge in der Haltung	0,65 K

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsabschätzung wurde entsprechend der VDI-Richtlinie 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ und unter Annahme eines kalkulatorischen Zinses von 5,0 Prozent durchgeführt. Für die Ermittlung der kapitalgebundenen Kosten wurden die Nutzungsdauern in Anlehnung an die VDI 2067 verwendet:

Erdgaskessel	20 a,
Kälteanlage, Rückkühlwerk und Kältespeicher	15 a,
Blockheizkraftwerk	15 a,
Wärmepumpe	20 a,
Pufferspeicher, Pumpen, Verrohrung, Wärmedämmung	20 a,
Abwasserwärmeübertrager	30 a,
Verbindungsleitung zur Heizzentrale	40 a,
Elektro- sowie Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik	20 a,
Bau	50 a.

Die Planungskosten wurden mit den gewichteten Mittelwerten der einzelnen Annuitätsfaktoren kapitalisiert. Die Rechnung ist als Vollkostenrechnung aufgebaut. Das heißt, es werden sämtliche zugehörige Kosten in Bezug auf die Abwasserenergieanlage, den Erdgaskessel und die Kälteanlage einbezogen, z.B. Abwasserwärmeübertrager, Verbindungsleitung, Wärmepumpe, Rückkühlwerk, hydraulische Ein-

bindung sowie Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik. Nicht bepreist werden diejenigen Komponenten, die sowohl im Referenzfall als auch bei der Wärme- und Kälteerzeugung mittels Abwasserwärmepumpe erforderlich sind, wie die bauliche Hülle der Heizzentrale, die Heiznetze beginnend mit den Verteilern/Sammlern etc.

In die Wirtschaftlichkeitsberechnung gehen als zweite wesentliche Kostengruppe die aktuellen Energiepreise ein. Unterstellt man für die nächsten 20 Jahre steigende Energiepreise, so gilt das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung faktisch nur für das erste Jahr, da sich das Ergebnis mit steigenden Energiepreisen von Jahr zu Jahr zugunsten der energiesparenden Technik verschiebt. Als Variante wird unterstellt, dass Erdgas und Strom zukünftig in ähnlichem Maße steigen wie in den letzten fünf Jahren. Die Preissteigerung bei Erdgas betrug im Zeitraum 2003 bis 2007 rund zehn Prozent jährlich, die von Strom rund sieben Prozent jährlich. [2]

Investitionskosten/Kapitalgebundene Kosten

Die Investitionskosten der einzelnen Anlagenkomponenten wurden anhand aktueller Herstellerpreise und eigener Erfahrungen des mit der Machbarkeitsstudie beauftragten Planungsbüros geschätzt. Das Honorar für die Planung wird auf Grundlage der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) ermittelt. Damit ergeben sich Planungskosten von etwa 15 Prozent der Investitionssumme.

Investitionskosten und Kapitalkosten für die betrachteten Fälle (geschätzt)

	Investitionskosten	Kapitalkosten
Fall A Referenzfall Erdgaskessel + Kälteanlage:	336.000 Euro	28.000 Euro/a,
Fall B AWP, vorhandener Sammler:	840.000 Euro	59.000 Euro/a,
Fall D AWP + BHKW, vorhandener Sammler:	840.000 Euro	59.000 Euro/a.

Verbrauchsgebundene Kosten

Erdgaskosten

	ohne Teuerung	mit Teuerung
Fall A Referenzfall Erdgaskessel + Kälteanlage:	91.000 Euro/a	247.000 Euro/a,
Fall B AWP, vorhandener Sammler:	41.000 Euro/a	111.000 Euro/a,
Fall D AWP + BHKW, vorhandener Sammler:	70.000 Euro/a	190.000 Euro/a.

Stromkosten/Erlöse

Kosten für den Antriebsstrom der Wärmepumpe und der Kälteanlage

	ohne Teuerung	mit Teuerung
Fall A Referenzfall Erdgaskessel + Kälteanlage:	5.000 Euro/a	10.000 Euro/a,
Fall B AWP, vorhandener Sammler:	46.000 Euro/a	91.000 Euro/a,
Fall D AWP + BHKW, vorhandener Sammler:	13.000 Euro/a	26.000 Euro/a,
Stromerlöse BHKW	-14.000 Euro/a	-14.000 Euro/a.

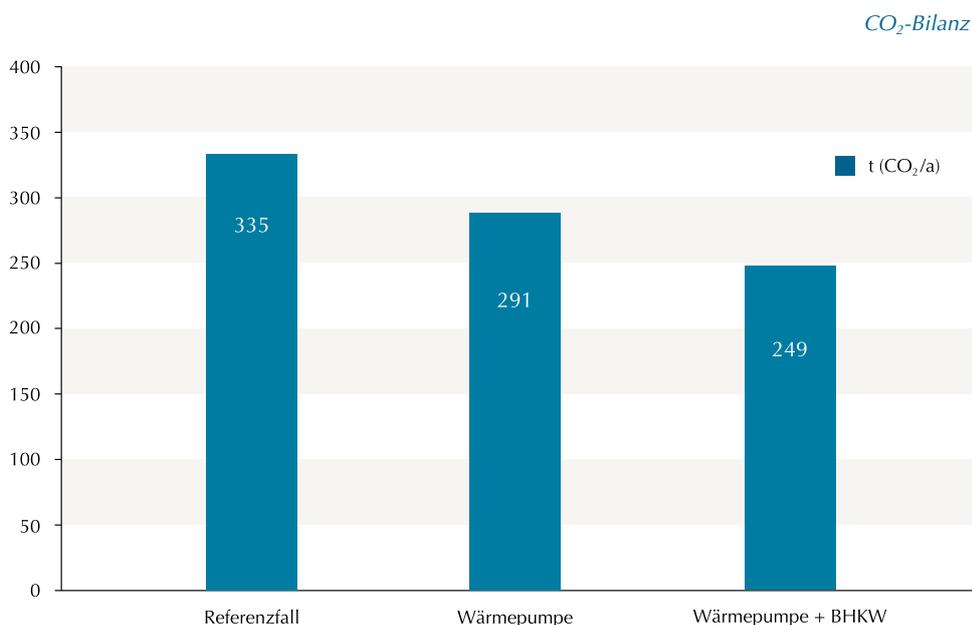
Verbrauchsgebundene Kosten insgesamt

	ohne Teuerung	mit Teuerung
Fall A Referenzfall Erdgaskessel + Kälteanlage:	96.000 Euro/a	257.000 Euro/a,
Fall B AWP, vorhandener Sammler:	87.000 Euro/a	202.000 Euro/a,
Fall D AWP + BHKW, vorhandener Sammler:	69.000 Euro/a	202.000 Euro/a.

Betriebsgebundene und sonstige Kosten

Unter den betriebsgebundenen Kosten werden Wartung und Instandsetzung der Technik, Versicherung, allgemeiner Verwaltungsaufwand und Personalkosten veranschlagt.

Fall A Referenzfall Erdgaskessel + Kälteanlage:	12.000 Euro/a,
Fall B AWP, vorhandener Sammler:	17.000 Euro/a,
Fall D AWP + BHKW, vorhandener Sammler:	22.000 Euro/a.



CO₂-Emissionsfaktor für Erdgas (BRD): 200 kg CO₂/MWh
 CO₂-Emissionsfaktor für Strom (BRD): 596 kg CO₂/MWh

Die Machbarkeitsstudie zeigt: Die Abwasserenergienutzung mit Blockheizkraftwerk (Fall D) im Projekt „Wärme aus Abwasser Donaumarkt-Regensburg“ ist die wirtschaftlich beste Variante. Gegenüber der Vollversorgung aus einem Erdgaskessel (Fall A) ergeben sich nach heutigen Preisen jährliche Einsparungen von rund 14.000 Euro. Berücksichtigt man jedoch die Energiepreis-Teuerung, so beträgt die durchschnittliche Kosteneinsparung ca. 40.000 Euro pro Jahr, in 20 Jahren somit 800.000 Euro. Bereits die erste im Jahre 2009 durchgeführte Berechnung – ohne Zuschuss – erbrachte unter Berücksichtigung der zu erwartenden Energiepreisteigerung einen wirtschaftlichen Betrieb. Neben dem wirtschaftlichen Vorteil ist auch die CO₂-Einsparung mit mehr als 80 Tonnen pro Jahr am höchsten.

Mit dem positiven Ergebnis der Machbarkeitsstudie hat die Stadt Regensburg eine Förderung gemäß dem Sonderinvestitionsprogramm „Nationale UNESCO-Welterbestätten“ (2010–2014) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) beantragt. Daraufhin wurde das Regensburger Projekt „Energie zum Heizen und Kühlen aus Abwasser für das Neubaugebiet Donaumarkt Regensburg“ als beispielgebend für andere Städte in dieses Programm aufgenommen. Dadurch erhält die Stadt Regensburg eine Förderung in Höhe von 500.000 Euro – unter der Voraussetzung, dass die Maßnahme Ende 2014 abgeschlossen und abgerechnet ist. Somit halbieren sich die Investitions- und Kapitalkosten, die übrigen Kostengruppen bleiben gleich.

Investitionskosten und Kapitalkosten inklusive Förderung

Fall A (Referenzfall Erdgaskessel + Kälteanlage)

Investitionskosten: 336.000 Euro

Kapitalkosten: 28.000 Euro/a,

Fall B (AWP, vorhandener Sammler)

Investitionskosten: 420.000 Euro

Kapitalkosten: 30.000 Euro/a,

Fall D (AWP + BHKW, vorhandener Sammler)

Investitionskosten: 420.000 Euro

Kapitalkosten: 31.000 Euro/a.

Weitere Planung und Umsetzung

Bis zum Ende des Jahres 2011 ist vorgesehen, die genauen Anlagengrößen zu ermitteln sowie die Vor- und Entwurfsplanung abzuschließen. Dazu sind auch mögliche Interessen von potenziellen Abnehmern außerhalb des Donaumarktes zu berücksichtigen (Museum, nahegelegenes Hotel, private Schulsportanlage usw.). Ebenso sind die wirtschaftlichen und rechtlichen Grundlagen für eine Entscheidung hinsichtlich des Betreibers der Anlage – Contractor oder Stadt Regensburg selbst – zu ermitteln.

Mit der Ausführungs- und Detailplanung erfolgen 2012 auch Ausschreibung und Vergabe.

Der Einbau des Kernstücks der Anlage, der Wärmetauscher, ist für den niederschlagsarmen Monat Oktober 2012 vorgesehen. Der Einbau der Wärmepumpe, des BHKW und des Gasspitzenlastkessels einschließlich Pufferspeicher, Verrohrung, Steuerung und Regelung ist für 2012/13 geplant.

Dabei ist integrale Planung die Grundvoraussetzung für den Erfolg. Dies setzt eine intensive Zusammenarbeit zwischen Investor, Kanalbetrieb (Tiefbauamt), Planer und zukünftigem Anlagenbetreiber in allen Planungsphasen voraus.

Gesamtbewertung

Für die Versorgung mit regenerativer Energie aus Abwasser spricht auch das seit 1. Januar 2009 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG). Es schreibt vor, dass Eigentümer künftiger Gebäude einen Teil ihres Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien decken müssen. Dies gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude, deren Bauantrag bzw. -anzeige nach dem 1. Januar 2009 eingereicht wurde. Welche Form von erneuerbaren Energien genutzt werden soll, kann der Eigentümer frei entscheiden. In Anbetracht der Zugehörigkeit des Donaumarktes zur historischen Altstadt scheiden sowohl Solaranlagen, Wasser/Wasser-Wärmepumpen als auch Geothermien ungeachtet der noch nicht kalkulierbaren Mehrkosten und der technischen Umsetzung aus. Neben der gewonnenen Wärme kann auch in den Sommermonaten Kälte genutzt werden, ohne störende Rückkühlbauwerke auf den Dächern zu benötigen.

Die Belieferung von Gebäuden mit Wärme und, falls nötig, mit Kälte aus Abwasser ist beispielgebend für andere Städte mit gleicher oder ähnlicher historischer Bausubstanz. Sie zeigt, wie erneuerbare Energie in historischen Stadträumen genutzt werden kann, und stellt eine echte Alternative dar, da dadurch gleichzeitig die Verpflichtungen aus gesetzlichen Anforderungen (EeWärmeG, EnEV 2009/2012) erfüllt werden, ein wesentlicher Beitrag zum Umweltschutz erbracht und das Erscheinungsbild des Welterbes nicht beeinträchtigt wird. Aus diesem Grund erhält die Stadt Regensburg aus dem Sonderinvestitionsprogramm „Nationale UNESCO-Welterbestätten“ (2010–2014) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) einen Investitionszuschuss in Höhe von 500.000 Euro.

Der Standort Donaumarkt Regensburg ist – so kann resümiert werden – technisch dafür geeignet, eine Abwasserenergienutzung zu realisieren. Die Anlage kann wirtschaftlich betrieben werden. Hier in aller Kürze noch einmal die Argumente für das Vorhaben:

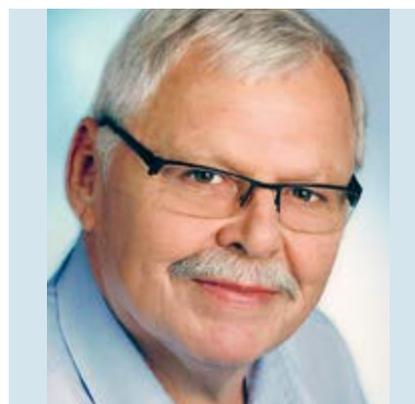
- geringere Energiekosten für den Endverbraucher,
- Schonung der Umwelt durch die Einsparung von ca. 80 Tonnen CO₂,
- Vorbildfunktion,
- Einhalten des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes,
- Einhalten von Denkmalschutz und der Welterbe-Satzung,
- keine Dachaufbauten,
- Imagegewinn für die Stadt Regensburg. ■

Quellenangaben

- [1] Näheres unter <http://www.regensburg.de/welterbe>.
[2] Vgl. Statistisches Bundesamt, Fachserie 17; Reihe 2 Gas sowie Strom.

* Anmerkung

Der Textbeitrag beruht ganz wesentlich auf den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie (vgl. Abschnitt „Umsetzungsschritt 2: Machbarkeitsstudie“), die von „ECO.S Energieconsulting Stodtmeister“ durchgeführt wurde. Der Inhaber dieses Unternehmens, Dipl.-Ing. Wolfram Stodtmeister, hat dankenswerterweise an der Erstellung des Beitrags mit wichtigen Hinweisen mitgewirkt.



FRIEDRICH BACHSTEFFEL

Stadt Regensburg,
Amt für Hochbau und
Gebäudeservice

Seit 1981 bei der Stadtverwaltung Regensburg tätig. Schwerpunkte: Bauleitung, Planung, Unterhalt für Heizung, Lüftung, Sanitär der kommunalen Gebäude (Schulen, Kindergärten, Horte, Verwaltungsgebäude usw.), seit rund zehn Jahren ausschließlich Energiemanagement. Davor Projektingenieur Lüftung. Studium an der FH München, Dipl. Ing. (FH) Versorgungstechnik.

Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz

Information und Beratung für Kommunen

Speziell für Kommunen wurde beim Deutschen Institut für Urbanistik (Difu) die „Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz“ eingerichtet. Sie bietet Veranstaltungen zu unterschiedlichen Aspekten des kommunalen Klimaschutzes und telefonische Beratung zum Förderprogramm des Bundesumweltministeriums (BMU) an. Auf ihrer Homepage stellt sie umfassende Informationen zum Thema zur Verfügung und richtet gemeinsam mit dem BMU jährlich einen Wettbewerb aus. Unterstützt wird die Servicestelle von ihren Kooperationspartnern, den kommunalen Spitzenverbänden.

Veranstaltungen und Informationen

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der bundesweit agierenden Servicestelle stehen den Kommunen seit Sommer 2008 als Ansprechpart-

ner zur Seite. Mehrmals im Jahr organisiert die Servicestelle verschiedene Fachveranstaltungen, die der inhaltlichen Auseinandersetzung mit Aspekten des Klimaschutzes dienen und kommunalen Akteuren eine Möglichkeit zum fachlichen Austausch bieten. In Zusammenarbeit mit dem Bundesumweltministerium und den kommunalen Spitzenverbänden richtet die Servicestelle zudem jährlich eine „Kommunalkonferenz“ aus, in deren Rahmen auch die Gewinner des Wettbewerbs „Kommunaler Klimaschutz“ prämiert werden.

Wissenswertes zum kommunalen Klimaschutz bietet die Homepage der Servicestelle. Interessierte finden hier unter anderem: Infomaterialien und Links, Beschreibungen bereits realisierter Klimaschutzmaßnahmen und -projekte, Beispiele kommunaler Klimaschutzkonzepte, die Richtlinie und die Merkblätter zum BMU-Förderprogramm für Kommunen, Übersichten über weitere kom-

Bundesumweltminister Dr. Norbert Röttgen, Difu-Institutsleiter Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann mit dem Team der „Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz“: Cornelia Rösler, Anna Hogrewe-Fuchs, Franziska Wittkötter, Ulrike Vorwerk, Nadine Thoß (v.l.n.r.)



munalrelevante Förderprogramme und Wettbewerbe zur Realisierung bzw. Auszeichnung von Klimaschutzmaßnahmen.

vorzustellen und anderen als Vorbild zu dienen. Die Vorbereitung und Durchführung des Wettbewerbs liegen in den Händen der Servicestelle.

Beratung zum BMU-Förderprogramm

Das Team der „Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz“ beantwortet telefonische und schriftliche Anfragen und berät kommunale Akteure, die auf Basis der „Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Klimaschutzinitiative“ des BMU Fördermittel beantragen wollen.

Um das Förderprogramm bei vielen Kommunen bekannt zu machen, stellen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Servicestelle das BMU-Förderprogramm auch auf Veranstaltungen Dritter vor.

Wettbewerb „Kommunaler Klimaschutz“

Mit dem Wettbewerb „Kommunaler Klimaschutz“ erhalten Kommunen und Regionen jedes Jahr die Chance, sich für ihre vorbildlichen Klimaschutzprojekte auszeichnen zu lassen. Der in Kooperation mit dem Bundesumweltministerium bundesweit durchgeführte Wettbewerb ermöglicht den Gewinnern, ihre erfolgreich realisierten Klimaschutzprojekte einem breiten Publikum

Die Nationale Klimaschutzinitiative

Gefördert wird die Servicestelle im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums. Ziel der Nationalen Klimaschutzinitiative ist es, die Potenziale für den Klimaschutz durch die Steigerung der Energieeffizienz und die Nutzung regenerativer Energien kostengünstig zu realisieren. Städte, Gemeinden und Kreise bilden eine zentrale Zielgruppe der umfassenden Initiative. Sie müssen sich der Herausforderung stellen, klimaschädliche Emissionen effektiv und mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln zu reduzieren, da in Kommunen aufgrund der räumlichen Konzentration unterschiedlichster Nutzungen ein großer Teil klimarelevanter Emissionen erzeugt wird.

Durch zahlreiche Förderprogramme, intensive Öffentlichkeitsarbeit und verschiedene Wettbewerbe im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative werden Kommunen, Verbraucher, Unternehmen und Schulen zur Auseinandersetzung mit dem Thema Klimaschutz bewegt und bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen unterstützt. ■

Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz beim Deutschen Institut für Urbanistik

Bereich Umwelt
www.difu.de

Tel. 0221/340 308-15
Fax 0221/340 308-28

Auf dem Hunnenrücken 3
50668 Köln

E-Mail: kontakt@kommunaler-klimaschutz.de
www.kommunaler-klimaschutz.de

servicestelle:
kommunaler
klimaschutz

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE

Bildnachweis

view7 – Fotolia.com: Titelseite (rechts)
Firma Foto Design Herbert Stolz, Regensburg: Titelseite (links, 1. v. o.)
Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR (StEB): Titelseite (links, 2. v. o.)
ECO.S Energieconsulting Stodtmeister: Titelseite (links, 3. v. o.)
Abwasserbetrieb der Stadt Warendorf: Titelseite (links, 4. v. o.)
Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim: Titelseite (links, 5. v. o.)
Christian Schwier – Fotolia.com: S. 4
pholidito – Fotolia.com: S. 6
klikk – Fotolia.com: S. 7
Harald Lange – Fotolia.com: S. 8
Peter Wittkötter: S. 9
Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR (StEB): S. 14, 15 (oben), 18 (unten), 19, 20;
StEB-Umwelterklärung 2011: S. 10, 16; StEB-Energiefeinanalyse Klärwerk Weiden: S. 11, 15 (unten);
StEB-Energiebericht Kläranlage Köln-Stammheim: S. 13
Dr. Seibert-Erling, setacon GmbH: S. 12
john becker ingenieure – Konzeptstudie Energie: S. 17
T.B.E. Technische Beratung Energie GmbH (verändert): S. 18 (oben)
Peter Jost ph-photography, Hürth: S. 21
Stadt Mannheim: S. 22, 31 (links); Stadt Mannheim und
Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu): S. 23;
Stadt Mannheim, Fachbereich Geoinformation und Vermessung: S. 25
Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim: S. 26 (oben und unten), 28, 29 (oben), 30;
Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim und Firma Kopf Syngas: S. 29 (unten)
Fotograf Michael Wolf: S. 31 (rechts)
Luftbildverlag Hans Bertram GmbH: S. 32
Wolfsburger Entwässerungsbetriebe AöR (WEB): S. 34 (oben und unten), 35–39, 40 (beide), 41
Abwasserbetrieb der Stadt Warendorf: S. 44 (oben und unten), 47 (oben), 47 (unten, beide), 48, 49 (alle), 50
VTA Technologie GmbH, A-4681 Rottenbach: S. 45
Capstone Turbine Corporation/VTA Technologie GmbH, A-4681 Rottenbach: S. 46
Volker Cornelsen: S. 51
Stadtwerke Waiblingen GmbH: S. 52–59, 60 (alle), 61
Stadtverwaltung Regensburg: S. 62, 65, 66 (unten), 68, 71 (oben und unten), 73
ECO.S Energieconsulting Stodtmeister: S. 63, 69, 70
Firma Foto Design Herbert Stolz, Regensburg: S. 66 (oben)
Friedrich Bachsteffel: S. 75
Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz: S. 76
Bambuh – Fotolia.com: S. 79





Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE