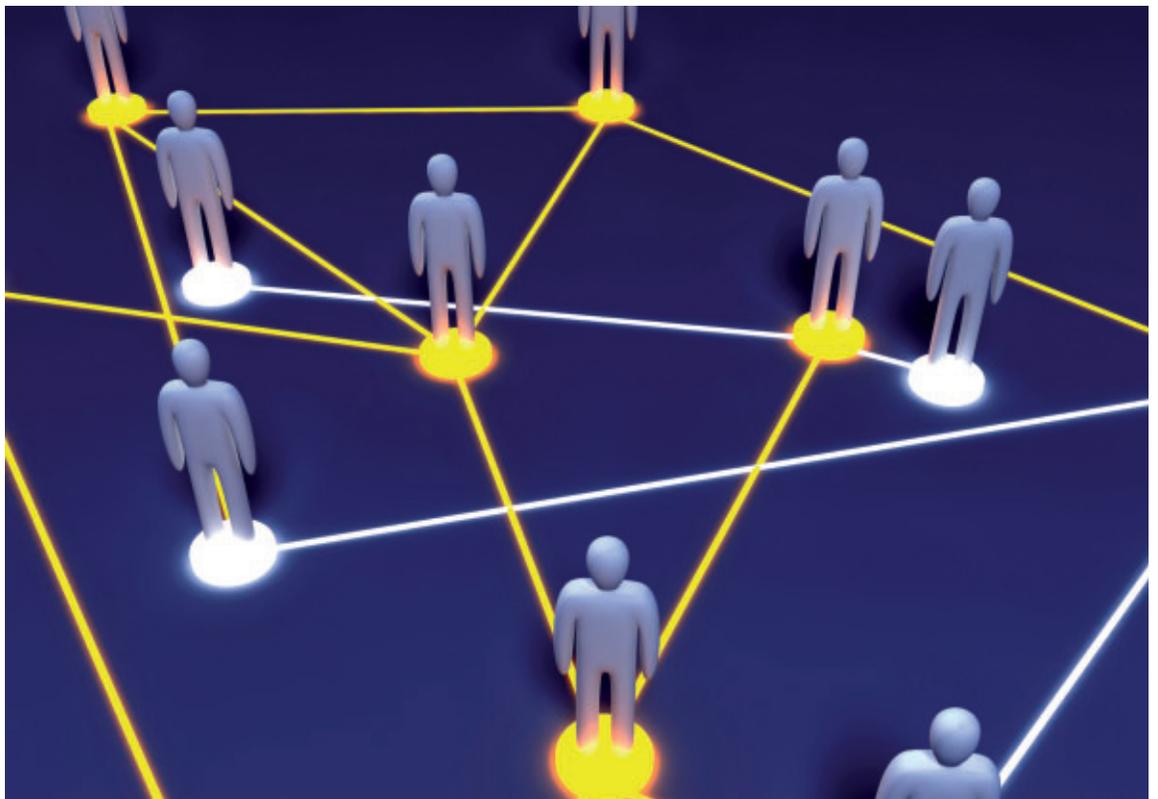


# Rationelle (Ab)Wärmenutzung in NRW



Kooperationsprojekte  
im Clustermanagement Umwelttechnologien.NRW



Die Redaktion des Clustermanagements Umwelttechnologien.NRW bedankt sich bei allen Autoren für Ihre Beiträge und die Lieferung von Bildmaterial.

Besonderer Dank gilt dem Land Oberösterreich – vertreten durch das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz – und Dr. Roland Brandstätter vom Sachverständigenbüro Brandstätter als Redakteur Broschüre – für die freundliche Unterstützung und Freigabe zur Verwendung von Inhalten und Bildmaterial aus der Broschüre „Industrielle Abwärmenutzung – Beispiele und Technologien“.

Das Cluster Umwelttechnologien.NRW arbeitet im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW.

## Impressum

### Herausgeber

Cluster Umwelttechnologien.NRW  
c/o Roland Berger Strategy Consultants GmbH  
Karl-Arnold-Platz 1, D-40474 Düsseldorf  
[www.umweltcluster-nrw.de](http://www.umweltcluster-nrw.de)

### V.i.S.d.P.

Ralph Büchele  
Clustermanager Umwelttechnologien.NRW

### Redaktion

Marcus Bloser  
Christa Morgenschweis  
Clustermanagement Umwelttechnologien.NRW

### Fotos

Akteure des Clusters Umwelttechnologien.NRW  
Fotolia.com: Spectral-Design (Titel), fotoflash, max blain, Imaginis (Bidleiste Seiten oben), jwolfram (S. 7)

### Gestaltung

dot.blue – communication & design  
Jutta Schlotthauer  
[www.dbcd.de](http://www.dbcd.de)

### Druck

Gutenberg Druckerei GmbH  
Bottrop



## Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,



Thema dieser Broschüre ist die Nutzung von Abwärme. Damit wird jene Wärme bezeichnet, die beispielsweise in Kraftwerken bei der Energieumwandlung oder bei Trocknungsprozessen in der Industrie entsteht und häufig nach ihrer Erzeugung ungenutzt verloren geht. Die rationelle Nutzung dieser Abwärme – also gewissermaßen ihr „Recycling“ – ist noch viel zu wenig verbreitet. Dies ist erstaunlich angesichts der großen Potenziale, die damit verbunden sind: Die konsequente Abwärmenutzung leistet einen signifikanten Beitrag zur Senkung des Energiebedarfs und zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Damit verbunden sind also positive Kosten- und Umweltschutzeffekte.

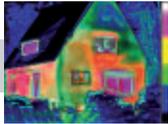
Die Verwendung der in der Abwärme enthaltenen Energie ist auf verschiedene Weise möglich. Die Spannweite reicht von der Beheizung von Gebäuden über die Klärschlamm-trocknung bis hin zur Stromproduktion. Ziel ist es den Einsatz primärer Energieträger zu reduzieren. Einerseits geht es darum Abwärme soweit wie möglich zu reduzieren und andererseits entstehende Abwärme gezielt weiteren Verwendungen zuzuführen.

Mit der rationellen Abwärmenutzung sind nicht nur erhebliche Effizienz- und Kosteneffekte verbunden, sie bietet auch einen attraktiven Markt für Anbieter von innovativen Technologien und Dienstleistungen. Um dieses Marktpotenzial in NRW zu mobilisieren hat das Cluster Umwelttechnologien.NRW die Initiative ergriffen. Ziel ist es, Transparenz über die großen Potenziale der Abwärmenutzung zu schaffen, sowie Anbieter und Nachfrager von Abwärme zusammenzubringen. Zugleich leistet dies einen Beitrag für einen attraktiven Umwelttechnikstandort NRW, der sich im Bereich der Abwärmenutzung als Vorreiter in Deutschland positioniert.

Ich freue mich Ihnen mit der vorliegenden Broschüre einen Streifzug durch dieses spannende Themengebiet präsentieren zu dürfen. Aus unterschiedlichen Blickwinkeln finden Sie anschauliche Berichte über die Anwendungsmöglichkeiten und Technologien der Abwärmenutzung. Die Vielzahl innovativer Praxisbeispiele aus NRW soll neugierig machen und Ihr Interesse wecken. Mein besonderer Dank gilt den Autoren dieser Broschüre, die mit ihren unabhängigen Betrachtungsperspektiven und eigenständigen Ausführungen diese Broschüre erst ermöglicht haben.

Viel Spaß bei der Lektüre wünscht Ihnen Ihr Cluster Umwelttechnologien.NRW!

Ralph Büchele  
Clustermanager



## Inhaltsübersicht

5.....	<b>Rahmenbedingungen zur Wärmenutzung</b>
8.....	<b>Erzeugung/Bereitstellung von Wärme</b>
8 .....	Wärmeerzeugung: Alternative Energiequellen auf kommunalen Kläranlagen
10 .....	Wärmefassung als Voraussetzung zur Nutzung industrieller Abwärme
12 .....	<b>Transport und Verteilung von Wärme</b>
12.....	Wärmetransport: Zertifizierte Qualität für sicheren Baufortschritt – das flexible und vorgedämmte Rohrsystem Ecoflex
16.....	Wärmennetze: Nutzung von Abwärme in Fernwärme- und Nahwärmennetzen
19 .....	<b>Wärmenutzung</b>
19.....	Abwasserwärmenutzung: Potenzialstudie in Aachen
22 .....	Beispiele zur Industriellen Wärmenutzung
30 .....	<b>Wärmeverbundsysteme</b>
30.....	Energieverbundsysteme: Beispiele zur Abwärmenutzung
35 .....	Energieverbund Engelskirchen-Ehreshoven: Schritte zur nachhaltig regenerativen Energieversorgung
39.....	<b>Wärmespeicherung</b>
39.....	Wärmespeicherung, innovative Möglichkeiten: Speicherung der Überschusswärme und Gewinnung von Erdwärme
42 .....	Wärmespeicherung, Praxisbeispiel: Wohnen am Eltzhof in Köln-Wahn
43 .....	<b>Technische Prozesse zur Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme</b>
48 .....	<b>Dezentrale Energie-Konzepte</b>
52.....	<b>Vernetzung von Wärmequellen und Wärmesenken</b>
54.....	<b>Geschäftsmodelle im Bereich Abwärmenutzung</b>
56.....	<b>Ausblick</b>
58.....	<b>Autorenverzeichnis</b>



# Rahmenbedingungen zur Wärmenutzung

Dipl.-Ing. Christa Morgenschweis – Grontmij GmbH

## Politischer Rahmen

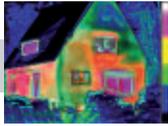


Wegen des erwarteten Anstiegs der Energiepreise werden Fragen einer gesicherten Energieversorgung, insbesondere der Wirtschaftlichkeit und der Versorgungssicherheit in der Zukunft eine größere Rolle spielen als in der Vergangenheit. Bei der Standortwahl wird diese Frage zunehmend größere Bedeutung gewinnen.

Der Trend zu einer effizienteren Nutzung der Wärmeproduktion ist nicht neu und wird bereits durch das Konzept der Kraft-Wärme-Koppelung (die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme) und den Aufbau einer Fernwärmeinfrastruktur aufgegriffen. Diese Konzepte zielen aber speziell auf große Energieerzeuger ab.

Die Nutzung bereits vorhandener dezentraler Wärmequellen und eine Verteilung im Nahbereich ohne aufwändige Infrastruktur wurde bisher wenig thematisiert. Und dies obwohl, sowohl sich für die Erzeuger von Abwärme als auch für die Nutzer wirtschaftliche Vorteile ergäben, also win-win-Situationen. Wenn dies nicht bereits heute der Fall ist, so spätestens bei dem für die Zukunft erwarteten Anstieg der Energiepreise.

Ziel der künftigen Versorgung mit Nutzwärme (Raumheizung, Warmwasserbereitung, Kälteerzeugung oder Prozesswärme) muss es sein, soweit wie möglich bisher ungenutzte Abwärme einzusetzen. Diese Art von Wärmeversorgung würde zugleich die Forderungen der Gesetze: Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG), Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz (KWKG) und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), erfüllen. Diese Gesetze beinhalten auch Förderungen zur Abwärmenutzung, das KWKG fördert z. B. den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird. Weitere Gesetze spielen für die Abwärmenutzung nur am Rande eine Rolle, sie werden daher hier nicht aufgeführt.



## Technische Möglichkeiten der Wärmenutzung

Bei allen Energieumwandlungsprozessen fällt Wärme an. Häufig findet jedoch eine Nutzung dieser Restwärme nicht statt. Dem gegenüber steht, dass z. T. in unmittelbarer Nachbarschaft zu Wärmeerzeugern viele Möglichkeiten für eine Nutzung der Abwärme bestehen.



In NRW fallen durch die Großindustrie (Wärme- und Stromkraftwerke, Chemieanlagen, Kunststoffhersteller, usw.) aber auch durch mittlere und kleinere Gewerbebetriebe (Lebensmittelproduktion, Gaststätten, Großküchen, usw.) sehr große Mengen an Abwärme an, die bisher als Kühlwasser bzw. Abwasser in die Vorfluter oder als Abluft in die Atmosphäre abgegeben werden. Mögliche Nutzer dieses Wärmeüberschusses sind vor allem solche Einrichtungen, welche ganzjährig oder über einen großen Teil des Jahres einen nennenswerten Bedarf an Wärme oder Warmwasser (Schwimmbäder, industrielle Trocknungsprozesse, usw.) oder auch Kälte (Bürogebäude, usw.) haben. Gerade in NRW bieten sich aufgrund des nach wie vor hohen Industrialisierungsgrades und der Siedlungsdichte große Potentiale für eine Vernetzung von Wärmeerzeugern und -nutzern an.

Zudem zeichnet sich ab, dass die Bergwerksstrukturen in NRW eine seltene Möglichkeiten darstellen, Wärme in großen Mengen saisonal zwischen zu speichern und wieder in Fern- oder Nahwärmenetzwerke einzuspeisen.

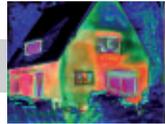


Die Nutzung von Abwärme hängt immer auch davon ab, ob eine Fassung der Wärme überhaupt technisch realisierbar ist. So ist es bei einigen Industrieprozessen kompliziert die Wärme aufzufangen um sie weiter zu verwenden. In Prozessen, in denen die Wärme in einem geschlossenen Kreislauf vorhanden ist (z. B. in Form von Wasser oder Dampf), birgt die Fassung der Wärme nur geringe Schwierigkeiten. Auch die Gewinnung von Wärme aus Abwasser stellt mittlerweile den Stand der Technik dar.

Eine wichtige Komponente für die Wärmegewinnung ist der Wärmetauscher, der die Wärme von einem Medium auf ein anderes überträgt. Mögliche Medien sind Luft/Luft, Luft/Wasser oder Wasser/Wasser. Findet der Anfall und die Nutzung der Abwärme nicht gleichzeitig statt, ist es notwendig ein Speichersystem zu verwenden. Falls der Wärmerückgewinnung das geringe Temperaturniveau der Abwärme entgegenwirkt, kann eine Wärmepumpe eingesetzt werden. Mit Hilfe mechanischer Energie hebt die Wärmepumpe die Wärme von einem niedrigen auf ein höheres Temperaturniveau an.



Dem Transport der Wärme wird auch eine große Rolle zuteil. So ist es wichtig, dass die Rohrleitungen ausreichend gedämmt sind, damit so wenig Wärme wie möglich beim Transport verloren geht.



## Beitrag zum Klimaschutz durch Wärmenutzung

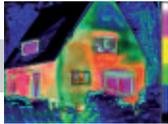
Für die Nutzung zur Wärmeversorgung tragen Öl und Gas in erheblichem Umfang zur Vortreibung von Treibhauseffekt und Klimawandel bei. Von insgesamt über 800 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen jährlich, gehen 40 % auf Öl und Gas zurück, die zur Wärmeversorgung genutzt werden (Quelle: UBA).

Im Jahr 2009 wurden ca. 6,6 % des deutschen Wärmebedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt. Im EEWärmeG heißt es, dass bis 2050 50 % möglich seien. Kommunen sollen auch im Interesse des Klimaschutzes den Anschluss und die Nutzung von Wärmenetzen vorschreiben können.



Durch die höhere Primärenergieausnutzung bei zusätzlicher Nutzung der Überschusswärme, werden insgesamt erheblich weniger Klimagase, insbesondere Kohlendioxid, emittiert werden. Abwärmenutzung ist daher eine ressourcenschonende, umwelt- und klimafreundliche Form der Wärmebereitstellung.

In der Zukunft dürfte die Verbreitung von Fern- und Nahwärmenetzen aus ökonomischen – eine Kilowattstunde Fernwärme kostet zurzeit in Deutschland ca. 0,05 € – und ökologischen Gründen sowie wegen der größeren Versorgungssicherheit deutlich zunehmen.



# Erzeugung/Bereitstellung von Wärme

## Wärmeerzeugung: Alternative Energiequellen auf kommunalen Kläranlagen

Dr. Wolfgang Kühn, Dipl.-Ing. Josef Esser – LINEG Wasserwirtschaft

Bei der biologischen Reinigung von kommunalen und gewerblichen Abwässern fallen als Reststoffe hochorganische Klärschlämme an, die meist anaerob weiter behandelt werden. Bei dieser sogenannten Faulung (Vergärung) in Faulbehältern entsteht energiereiches Faulgas (Biogas) mit einem Methananteil von ca. 65–70 %.



In der Regel wird das Faulgas in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Erzeugung von elektrischer Energie genutzt. Neben der elektrischen Energie entsteht durch die notwendige Kühlung der BHKW Abwärme.

Als Faustwert kann gelten, dass i.d.R. 30–40 % des Strombedarfs einer Kläranlage durch diesen Prozess gedeckt werden kann. Der Wärmebedarf zur Heizung von Gebäuden und zur Beheizung der Faulbehälter (37 Grad) ist i.d.R. durch die Abwärme der BHKW's mehr als vollständig gedeckt. Teilweise muss ein Teil dieser Abwärme über Kühler ungenutzt an die Umwelt abgegeben werden, insbesondere in den Sommermonaten.



Befinden sich im Einzugsgebiet eine Kläranlage Gewerbebetriebe, die hoch organische Abwässer erzeugen, kann es sich lohnen, diese Abwässer nicht über die städtische Kanalisation zur Kläranlage zu leiten (also nicht mit „normalem“ kommunalen Abwasser zu verdünnen), sondern separat, z. B. über eine Druckleitung, zur Kläranlage zu führen und dort anaerob zu behandeln, also – ähnlich wie den Klärschlamm – auszufaulen.

Dazu können ggf. noch freie Kapazitäten der vorhandenen Faulbehälter genutzt werden oder es kann in eigens dafür erstellten Anlagen erfolgen. Der Charme einer solchen Vorgehensweise liegt darin, diesen Teilstrom nicht mit dem restlichen kommunalen Abwasser unter Einsatz von Energie (Belüftung) zu reinigen, sondern in einem ersten Schritt unter Energiegewinn zu behandeln.

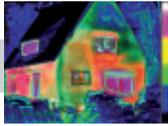


Ein derartiges Projekt ist derzeit bei der LINEG in der Vorplanungsphase. Es handelt sich hierbei um einen nicht unerheblichen, hochorganischen, mit relativ hohen Temperaturen anfallenden Abwasserstrom, der mittels wärme gedämmter Druckleitung zu einer unserer größeren Kläranlagen transportiert und dort in einem leistungsstarken Anaerobreaktor behandelt werden soll.

Erste Berechnungen schätzen die dabei anfallende Menge an Biogas so hoch ein, dass bei einer entsprechenden Nutzung des Gases sogar mehr elektrische Energie erzeugt werden kann, als an dem Kläranlagenstandort benötigt wird.

Die dabei zwangsläufig anfallende (Ab-)wärme übersteigt den Bedarf der Kläranlage, insbesondere im Sommer, um ein Vielfaches. Über eine sinnvolle Nutzung dieses Überschusses an thermischer Energie wird derzeit noch nachgedacht. Die günstigen Temperaturen von bis zu 70 Grad erlauben, die Wärme über eine Entfernung von 1000 m oder mehr zu transportieren und z. B. zu Heizzwecken zur Verfügung zu stellen. Andere Überlegungen gehen dahin, die Wärme möglicherweise unter Tage zu speichern, d.h. den Wärmeüberschuss im Sommerhalbjahr für das Winterhalbjahr nutzbar zu machen.

Dieses Projekt stellt einen Beitrag i. S. des von der Bundesregierung beschlossenen Energie- und Klimaschutzprogramms dar. Diese Art der Bioenergiebereitstellung auf der Basis von Reststoffen ist eine besonders vorteilhafte Option der Biomassenutzung, da keine Nutzungskonkurrenz, wie etwa bei der Biomasseproduktion auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, auftritt.



## Wärmefassung als Voraussetzung zur Nutzung industrieller Abwärme

Gerald Menzler – VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V.

Die Nutzungsmöglichkeiten von Abwärme aus industriellen und gewerblichen Prozessen ist eine Möglichkeit zur nachhaltigen und ressourcenschonenden Nutzenergiebereitstellung. Ein wesentlicher Grundgedanke sollte darin bestehen, die Abwärme in möglichst hochwertige Energieformen (elektrischen Strom) umzuwandeln, d.h. der reinen Wärmeerzeugung eine Stromerzeugung vorzuschalten.



Rotationswärmetauscher in Klimageräten,  
Quelle: RGS GmbH Ingolstadt

Die Abwärme ist stets an ein Medium gebunden, dies können gasförmige- und flüssige Massenströme sein oder auch Feststoffe. Ein wesentlicher Punkt für Nutzung von Abwärme und für die Umsetzungsmöglichkeiten von solchen Projekten ist der Umstand, an welche Medien die Abwärme gebunden ist. Wenn der Abwärmestrom schon in ein Medium gefasst ist, z. B. als Kühlwassermassenstrom oder als Abluft in einem Rohrleitungssystem, ist eine Nutzung einfacher als bei ungefassten Abwärmeströmen z. B. eine Raumluftströmung oder ein Stapel gebrannter Ziegel. Hier muss die Abwärme zunächst mit Apparaten an ein Trägermedium übertragen werden, was mit Kosten verbunden ist. Wenn nun die Abwärme weiter genutzt werden soll, ist es prinzipiell möglich, die Abwärme aus dem Prozess an andere Prozesse weiterzugeben oder in den gleichen Prozess zurückzuführen. Dies wird im Allgemeinen als Wärmerückgewinnung bezeichnet, z. B. in Lüftungsanlagen (warme Fortluft gibt die Wärme an die kalte Außenluft). Die Nutzung im gleichen Prozess sollte stets als erstes geprüft werden.

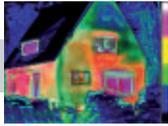
Um die Wärme gefasster oder ungefasster Abwärme für den gleichen oder andere Prozesse nutzbar zu machen, müssen Wärmeübertrager installiert werden. Daher spielt auch bei einem umfangreichen Abwärmeangebot das Temperaturniveau eine entscheidende Rolle, um keine zu großen Wärmeübertragungssysteme aufbauen zu müssen. Ein weiterer Punkt ist die Zeitverschiebung zwischen Angebot und Nachfrage, sodass unter Umständen ein Speicher notwendig wird.

Das Potenzial für eine Stromerzeugung aus Abwärme ist beachtlich. Das Fraunhofer-Institut UMSICHT in Oberhausen hatte im Jahr 2005 ermittelt, dass technisch erschließbare, niedrigtemperierte Abwärme in einer Größenordnung von 6,7 GW anfällt. Diese könnte mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 6–10 % verstromt werden. Bei 5000 Stunden Verfügbarkeit könnten 2 Mrd. kWh Strom erzeugt werden, was ausreicht, um eine Stadt mit 500.000 privaten Haushalten zu versorgen.



Schwadenkondensator für Backöfen in Bäckereien.  
Quelle: NET GmbH Puchheim

Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit sind die Wärmeerzeugungskosten, z. B. Beispiel aus einem Gaskessel ein erstes Maß für die Rentabilität und Umsetzungswahrscheinlichkeit. Die Investitions- und Betriebskosten der Wärmerückgewinnungsanlage müssen sich über die eingesparten Wärmeentstehungskosten amortisieren. Betrachtet man einen Gewerbekunden aus der Metallverarbeitung ergibt sich für diesen Fall ein aktueller Gaspreis von 4 Cent/kWh (Brennwert). Mit dem Wirkungsgrad des Kessels von 90 % und der Umrechnung des Brennwertes auf den nutzbaren Heizwert ergeben sich für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Wärmeentstehungskosten von rund 5 Cent/kWh. Nach heutigem Erkenntnis, zumindest bezogen auf die Gaspreise an der Börse, sind Steigerungen zu erwarten. Dies beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der Abwärmenutzung positiv.



# Transport und Verteilung von Wärme

## Wärmetransport: Zertifizierte Qualität für sicheren Baufortschritt – das flexible und vorgedämmte Rohrsystem Ecoflex

Dipl.-Ing. Ute Klümper – Uponor GmbH und Mario Erdmann – Burscheider Flanschenhandel GmbH

Für eine nachhaltige Installation und die Gewährleistung der Versorgung bietet die Zertifizierung des vorgedämmten Rohrsystems Ecoflex auch für die Fachplanung und das ausführende Handwerk die gewünschte Sicherheit. Das Uponor System Ecoflex empfiehlt sich dabei als Kunststoffrohrsystem nach DIN EN 15632-3, das sich durch eine effiziente Wärmedämmung und damit durch den DIN Certco zertifizierten bzw. VDI 2055 überwachten, geringen Leitungsverlust auszeichnet. Entscheidend für die Auswahl des Kunststoffrohrsystems Ecoflex für die Nahwärmeversorgungsleitungen in dem Projekt einer Neubausiedlung in Essen Borbeck war zusätzlich die Kiwa Komo Zertifizierung aller verwendeten Systembauteile. Für Qualität und einer geprüften Lebensdauer von 30 Jahren steht das bei dem Ecoflex Rohrsystem eingesetzte Mediumrohr aus peroxidisch vernetztem Polyethylen (PE-Xa). Durch seine hohe Temperaturbeständigkeit eignet



Baustellenablauf und -einweisung bei der Erstellung der Nahwärmeversorgung



es sich insbesondere zum Transport und für die Verteilung von Warmwasser und ist ebenso für den Einsatz als nachhaltige Abwärmeleitung zu empfehlen. Gleichzeitig ist das PE-Xa Material resistent gegen Inkrustationen und Spannungsrisse. Zudem überzeugt das flexible vorgedämmte Rohrsystem im Vergleich zu starren, gedämmten Stahlleitungen insbesondere mit seiner flexiblen und damit wirtschaftlicheren Verlegemöglichkeit.

Der Systemanbieter Uponor unterstützt den praktischen Einsatz seiner Produkte projektspezifisch mit einer passgenauen und vorkonfektionierten Lieferung der als Rollenware verfügbaren Ecoflex Rohre sowie kompetenter fachlicher Unterstützung auf der Baustelle. Die Einweisung in die Verarbeitung zeigt dem ausführenden Fachmann von Anfang an die korrekten und effizienten Arbeitsschritte für eine nachhaltige und dauerhafte Installation bei gleichzeitig zügigem Baufortschritt.



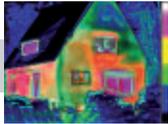
## Der Praxiseinsatz: Das Wohnbauprojekt Borbecker Börde, Essen

Für zukünftige Hausbesitzer „Freiräume für sich und seine Familie“ mit komfortablen Eigenheimen umzusetzen, ist das Ziel der Wilma Wohnen West GmbH. Mit diesem Anspruch errichtet der Bauträger auf dem Gelände eines ehemaligen Krankenhauses in der Borbecker Börde in Essen 86 Neubaeinheiten. Nach KfW Effizienz Standard 70 und der neuesten EnEV 2009 errichtet, bieten diese Neubauten neben einem hohen Wohnkomfort zusätzlich ein unter ökologischen und ökonomischen Aspekten entwickeltes energetisches Gesamtkonzept. Darin enthalten ist die Versorgung über ein Nahwärmenetz mit hoher

Versorgungssicherheit und einem guten Preis-Leistungsverhältnis durch Anwendung der aktuellen energiepolitischen Vorgaben. Umgesetzt wurde in diesem Konzept neben der am 1. Oktober 2009 in Kraft getretenen Energie-Einspar-Verordnung (EnEV) auch die Novelle Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) von 2009. Die darin beschriebenen Maßnahmen beinhalten die Erhöhung der Wärmedämmung von Gebäuden um 15 % sowie eine anteilmäßige Wärmeversorgung von Neubauten durch erneuerbare Energien.

### Abgestimmtes Energiekonzept

Passend zu der haustechnischen Energieplanung bieten die Stadtwerke Essen AG ein speziell auf dieses Projekt abgestimmtes Versorgungskonzept an: Eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) mit einer Leistung von 80 KW (thermisch) als Blockheizkraftwerk (BHKW) sowie den Einsatz eines Spitzenkessels (Mischbetrieb) für die effiziente Nutzung der verwendeten Energie und eine nachhaltige Versorgung mit Heizwasser. Für die Energieversorgung der Anlage fiel die Entscheidung auf umweltfreundliches und CO<sub>2</sub>-Emissionen sparendes Erdgas.

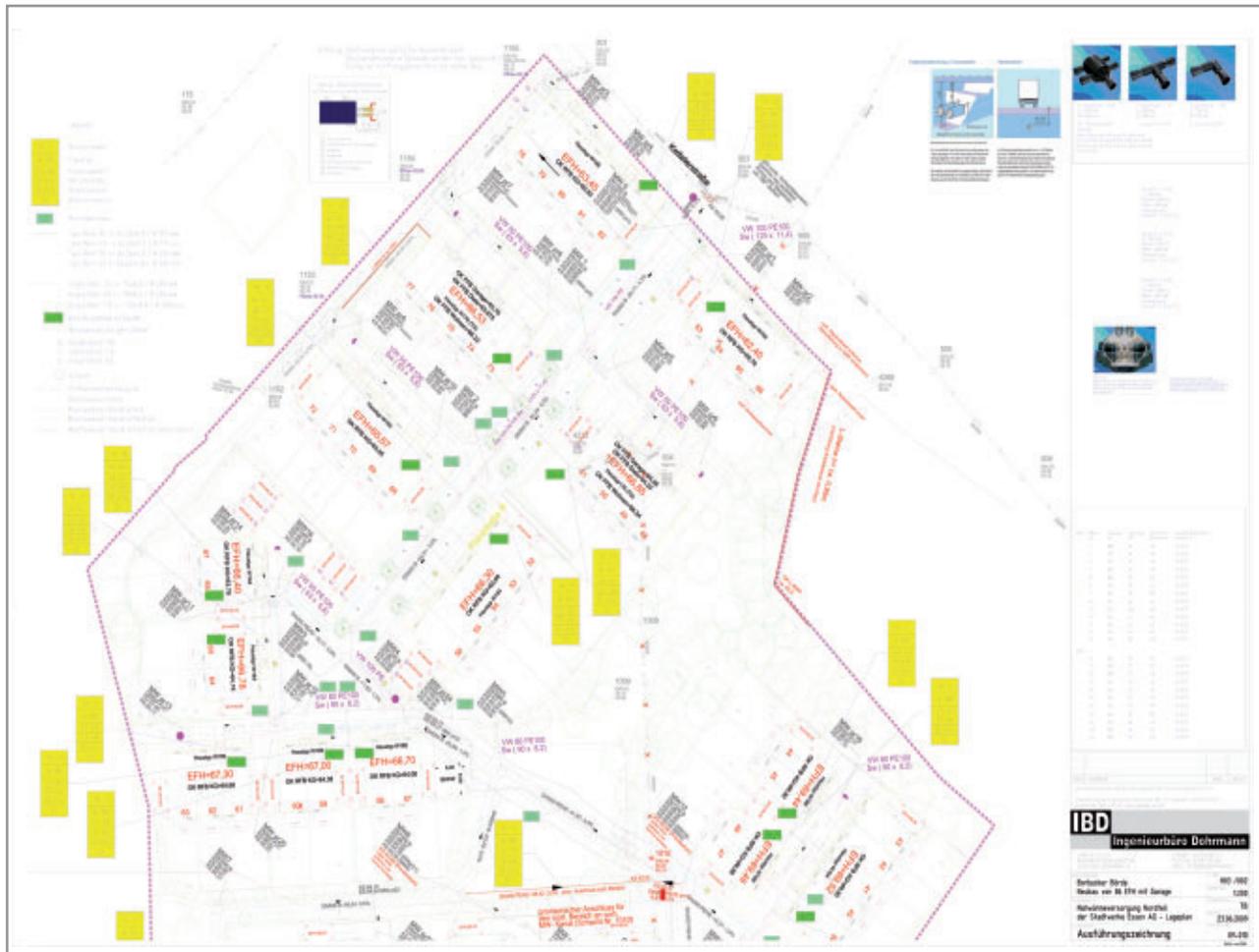
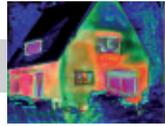


Das Kernstück des Versorgungskonzeptes: Von einer Nahwärmezentrale aus werden alle 86 Wohneinheiten des knapp 1.000 m umfassenden Netzes an Nahwärmeversorgungsleitungen mit Nahwärmeunterstationen als Übergabepunkte in den Gebäuden angeschlossen. Die Umsetzung des Projektes der Stadtwerke Essen AG mit ihrem Schwerpunkt Gas-Wasserversorgung erfolgte mit der kompetenten Beratung des Ingenieurbüros Dohrmann GmbH & Co. KG, Essen. Das Ergebnis: eine für das Projekt entwickelte und durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kupplung nach dem Erneuerbaren Energie Gesetz förderfähige Insellösung im Wärmeversorgungsbereich. Projektleiterin Bettina Berens vom ausführenden Ingenieurbüro Dohrmann erläutert das hier erstellte Konzept so: „Bei der Planung des Nahwärmenetzes waren neben der präzisen Auslegung der Leistung zur Versorgung aller Wohneinheiten ebenfalls die Anforderungen an die Materialqualität zu berücksichtigen. Speziell bei der Verwendung der rund 1.000 Meter umfassenden Nahwärmeversorgungsleitung spielte die Vermeidung von Wärmeverlusten eine entscheidende Rolle.“ Eine weitere Anforderung: Das Material sollte sich für eine zügige und damit wirtschaftliche Verlegung eignen. Die Wahl fiel dabei auf den Einsatz des flexiblen und vorgedämmten Ecoflex Rohrsystems des Systemherstellers Uponor. Neben den guten Material- und Verlegeeigenschaften überzeugte das Rohrsystem Ecoflex dabei durch seine für das gesamte System gültige Zertifizierung.

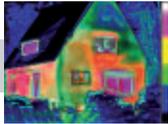
## Ganzheitliches Servicepaket

Mit der Möglichkeit eines Wärmeliefercontractings über die entsprechende Vertragslaufzeit konnte den Immobilienerwerbern ein ganzheitliches Servicepaket mit planbarer Preisstabilität und niedrigen Jahresnebenkosten angeboten werden. Jedes Einfamilienhaus konnte zudem aufgrund der gegebenen günstigen Voraussetzungen bzw. der Ausführungsplanung im Standard als KfW – Effizienzhaus 70 ausgewiesen werden. Auch die Logistik war gut geplant. Zuständig dafür war die EBERO Gruppe. Dabei handelt es sich um einen Zusammenschluss europaweit integriert arbeitender Unternehmen, die ihren Kunden effiziente Lösungen mit einer starken Kompetenzstruktur bieten. Die Lieferung des benötigten Rohrleitungsmaterials erfolgte in diesem Projekt über das Partnerunternehmen infralogistik ruhr GmbH, einem Joint Venture zwischen der EBERO GmbH & Co. KG und der Stadtwerke Essen AG.

Durch eine fachkompetente Planung und die Entscheidung für neue Technologien und effiziente Produktlösungen werden in dem Gesamtprojekt Borbecker Börde Klimaschutz sowie der schonende Umgang mit knappen Ressourcen bei gleichzeitiger Versorgungssicherheit umgesetzt. Zusätzlich erhalten die späteren Immobilienbesitzer und damit Endkunden ein zukunftssicheres und ganzheitliches Energiekonzept, das sich auch durch seine ökonomischen Vorteile auszeichnet.



Trassenplan Abschnitt Nord – Borbecker Börde



## Wärmenetze: Nutzung von Abwärme in Fernwärme- und Nahwärmenetzen

Dipl.-Ing. Thomas Döking – E.ON Fernwärme GmbH

Der Wärmemarkt birgt ein erhebliches Potential zur Effizienzsteigerung und zur Reduzierung von Klimagasemissionen. Die Fernwärme mit einem Anteil von 14 % am Raumwärmemarkt in Deutschland wird zu 86 % aus Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung gespeist und bietet bis weit in die 2050er Jahre reichende Optionen, eine klimaschonende und effiziente Wärmeversorgung zu gewährleisten. Insbesondere in den Großstädten wie Berlin, Hamburg oder München sowie in den Ballungsgebieten an Rhein und Ruhr liegt der Marktanteil der Fernwärme auf Grund der für die Fernwärmeversorgung vorteilhaften hohen Anschlussdichte weitaus höher als im Durchschnitt und erreicht in den Innenstadtbereichen der Großstädte zum Teil mehr als 70 %.

Allein die E.ON Fernwärme verfügt im mittleren Ruhrgebiet in den Städten Gladbeck, Gelsenkirchen, Recklinghausen, Herne, Datteln und Castrop-Rauxel über einen Marktanteil von 35 %. Mit dem Wärmebedarf der Vertriebspartner zur Wärmeversorgung der Städte Bochum, Marl, Herten und Dortmund hält die E.ON Fernwärme eine Anschlussleistung von rd. 940 MW vor und verkauft rd. 1.700 GWh Wärme pro Jahr. Mit dieser Wärmemenge lassen sich rd. 200.000 Wohnungen versorgen. Dabei nimmt der Ausbau des Fernwärmenetzes und die Anzahl der angeschlossenen Objekte Jahr für Jahr weiter zu. Mittlerweile werden auch im Substitutionswettbewerb erheblich Zuwächse generiert. Das folgende Bild zeigt die bestehende Infrastruktur der Fernwärmenetze im nördlichen Ruhrgebiet und verdeutlicht die flächendeckende Versorgung der Stadtzentren.

Die Wärmeversorgung der Endkunden erfolgt über ein flächendeckendes Fernwärmenetz mit einer Gesamtlänge von rd. 700 km. Das Fernwärmenetz wird dabei mit Heizwasser bei einer gleitenden Vorlauftemperatur von 80–130 °C in Abhängigkeit der Außentemperatur betrieben. Die

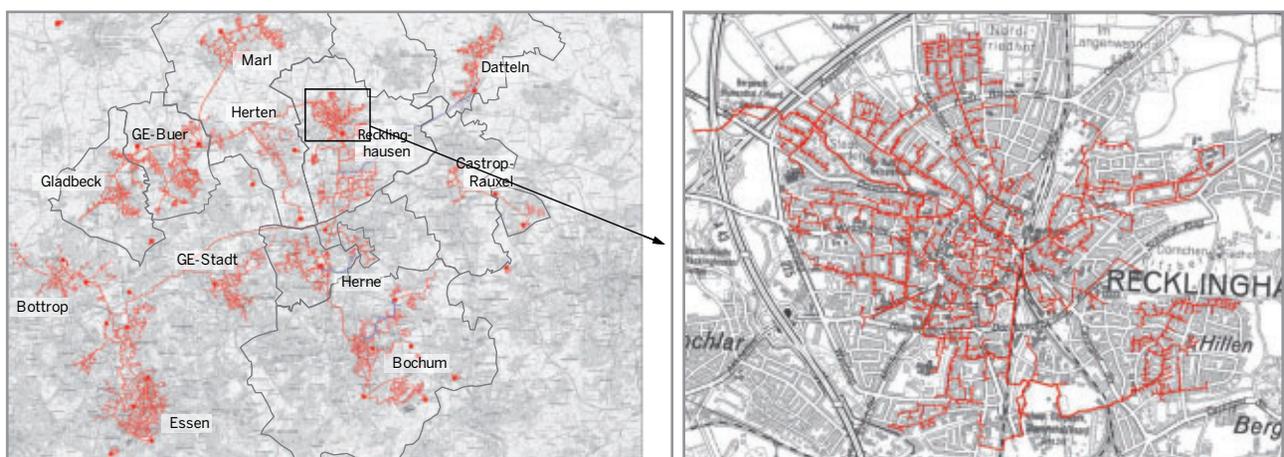
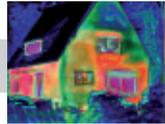


Bild 1: Fernwärmenetze im nördlichen Ruhrgebiet



Rücklauftemperaturen belaufen sich auf im Mittel 60–65 °C. Zum Aufbau von Fernwärmesystemen gibt es unterschiedliche Philosophien. Zum Teil wird die Wärme über Haupttransportleitungen mit weitaus höheren Temperaturen bis zu 180 °C transportiert und dann über Wärmetauscherstationen auf ein anderes Temperatur- und Druckniveau transferiert. Andere Versorger arbeiten grundsätzlich mit geringeren Temperaturen und Drücken und bevorzugen eine direkte Einspeisung in die Hausanlagen.

Die Zielsetzung, mit einer möglichst hohen Effektivität maximale Leistungen über die Netze zu transportieren, ist bei allen Fernwärmeversorgungsunternehmen gleich. Dazu ist es erforderlich, die Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauftemperatur zu erhöhen. Das bedeutet in erster Linie eine Reduzierung der Rücklauftemperatur. Hierzu wurden von den Fernwärmeversorgungsunternehmen große Anstrengungen unternommen. Z. B. wurden durch Sanierungen von Kundenanlagen bei Großabnehmern ganz gezielt Temperaturspreizungen erhöht und Tagesganglinien geglättet, was neben günstigeren Anschlusswerten für den Kunden auch zu einer besseren Übertragungskapazität der Netze führte. Auch eine Reduzierung der Vorlauftemperaturen ist sinnvoll, um möglichst niedrig temperierte Wärmequellen nutzen zu können. Dies erfordert aber in erster Linie eine Reduzierung der Systemtemperaturen der Fernwärmekunden. Diese Tendenz ist mittlerweile sehr deutlich. Niedertemperaturheizungen sind insbesondere in Neubauten auf dem Vormarsch.

Mit den geringen Rücklauftemperaturen lassen sich im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess insbesondere die kostengünstigen Entnahmen auf einer möglichst niedrigen Druckstufe nutzen, was in erheblichem Umfang zur Brennstoffeinsparung und damit zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung beiträgt.

Die Vorteilhaftigkeit der Fernwärme aus hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) drückt sich auch durch die Gleichsetzung mit den regenerativen Erzeugungsvarianten im Erneuerbaren Energien Wärmegesetz aus. Um die Nutzung der Wärme aus KWK weiter voran zu treiben, wird

der Ausbau der Infrastruktur gemäß KWK Gesetz mit einem Betrag von 1 € pro m Trasse und mm Nenndurchmesser der Mediumleitung gefördert. Dieser Betrag kommt sowohl dem Netz- betreiber für den Ausbau der Netze als auch direkt dem Kunden für seinen Hausanschluss zu Gute. Darüber hinaus berücksichtigt das Programm „progres.nrw“, welches die förderpolitischen Aktivitäten zur Energiepolitik in NRW bündelt, auch die Förderung der Nah- und Fernwärme.

Beigefügtes Schema (Bild 2) zeigt den Kraft-Wärme-Kopplungsprozess, in dem gemeinsam Strom und Fernwärme erzeugt wird.

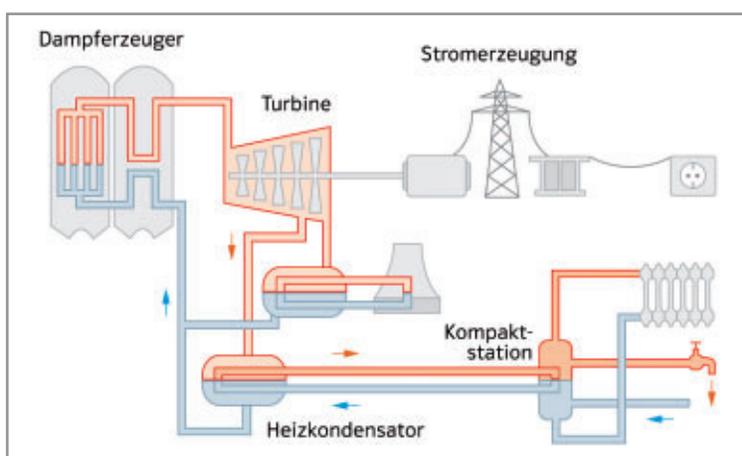
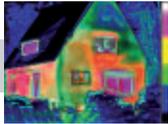


Bild 2: KWK-Prozess



Neben der Erzeugung in KWK-Anlagen wird vielfach auch Abwärme aus Müllheizkraftwerken, Biomasseanlagen und industriellen Prozessen genutzt. Auch im Bereich der industriellen Abwärmennutzung hat E.ON Fernwärme langjährige Erfahrung. So wird z. B. Brüdenwärme aus einer Äthanoldestillation in Herne genutzt, um den größten Teil des Wärmebedarfs für ein Inselnetz in Herne zu decken.

Insgesamt setzen die erforderlichen Systemtemperaturen der Fernwärme die Randbedingungen für eine erfolgreiche Abwärmennutzung. Zielsetzung ist, das Temperaturniveau abzusenken, um möglichst günstige und weniger energieintensive Wärme nutzen zu können.

Für den Anschluss der Endkunden an das Netz der Fernwärmebetreiber gibt es zwei Möglichkeiten. Bei der E.ON Fernwärme ist der Großteil der Kunden über indirekte Anlagen hydraulisch vom Fernwärmenetz getrennt. Darüber hinaus gibt es aber auch Sekundärnetze, die hydraulisch vom Primärnetz entkoppelt sind und mit niedrigeren Temperaturen und Drücken betrieben werden, womit eine direkte Einspeisung in die Gebäudezentralheizungen möglich ist. Die Abrechnung des Wärmeverbrauchs erfolgt über geeichte Wärmehähler.

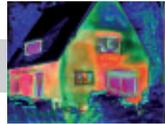
Im Falle der indirekten Versorgung wird die Wärme an die Hausanlage des Kunden über eine Fernwärmestation übergeben, die in kompakter Bauweise für einen weiten Anwendungsbereich zur Verfügung steht und neben den Wärmetauschern für die Wohnraumbeheizung und die Warmwasserbereitung auch sämtliche Regelungseinrichtungen, die Heizungspumpe und den Wärmehähler beinhaltet. Im Bild 3 ist die Fernwärmekompaktstation der E.ON Fernwärme zur Versorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern zu sehen. Bild 4 zeigt eine große Station zur Versorgung eines Krankenhauses.



Bild 3: Fernwärmekompaktstation zur Versorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern



Bild 4: Fernwärmeübergabestation 1.400 kW zur Versorgung eines Krankenhauses



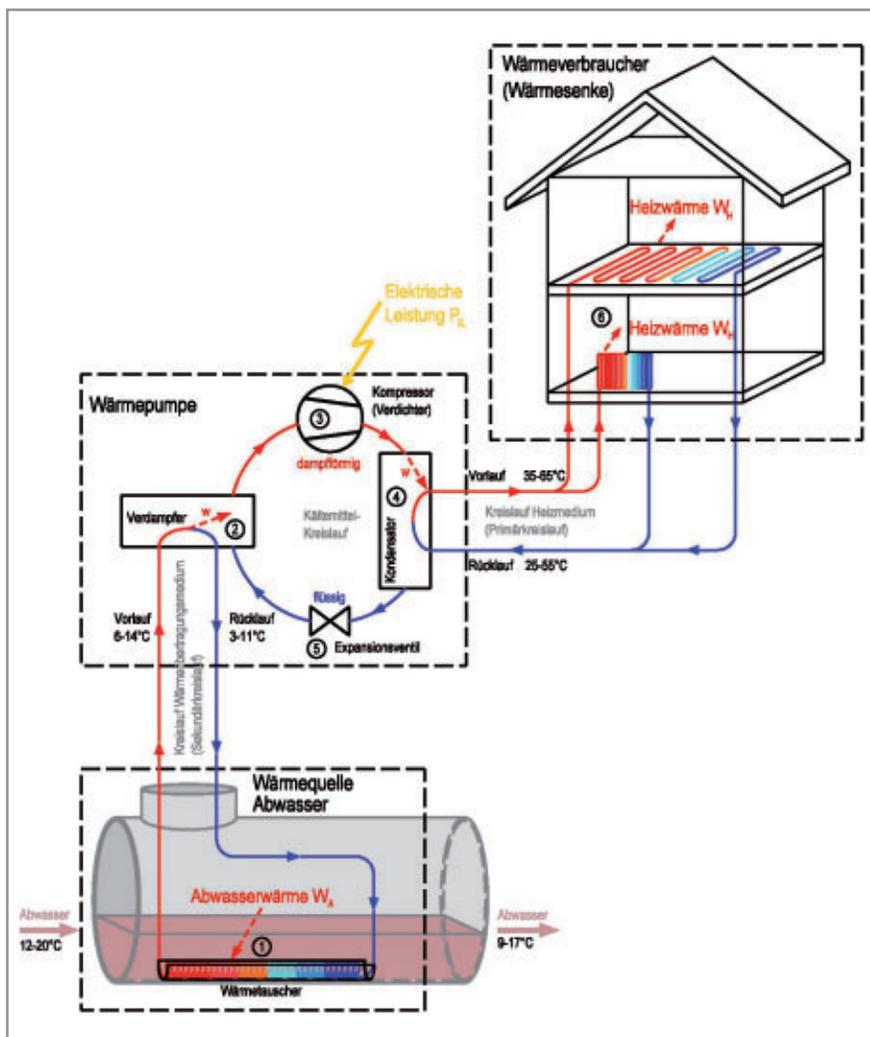
# Wärmenutzung

## Abwasserwärmenutzung: Potenzialstudie in Aachen

Dipl.-Ing. Uwe Lorenz – Stadtwerke Aachen Aktiengesellschaft

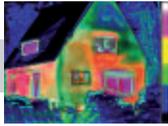
Die STAWAG hat sich als örtlicher Energieversorger das Ziel gesetzt, die Nutzung umweltfreundlicher und regenerativer Energiequellen zu fördern. Neben den bereits weit verbreiteten Energieformen wie Sonne und Windkraft rückt die Nutzung der Abwasserwärme immer mehr in den

Fokus. Sie ist nicht nur ökologisch sinnvoll sondern bereits heute wirtschaftlich. Anfang 2006 übernahm die STAWAG den Betrieb des Kanalnetzes und der abwassertechnischen Anlagen von der Stadt Aachen. Sie ist damit verantwortlich für die technische Betriebsführung von ca. 790 km öffentlicher Abwasserkanäle. Davon sind 85 km begehbare Mischwasserkanäle, die für eine Abwasserwärmenutzung generell in Frage kommen.



Schematische Darstellung einer Abwasserwärmenutzungsanlage

Um dem Abwasser in einem Kanalsystem Wärme zu entziehen, ist ein flächiges Wärmeübertragungselement i.d.R. aus Edelstahl notwendig. Dieses plattenartige Element ist meist doppellagig ausgeführt; der Zwischenraum, wird dabei von einem Wärmeübertragungsmedium (z. B. Wasser-Glykol-Gemisch) durchströmt. Wird dieses Übertragungsmedium einer Wärmepumpe zugeleitet, kann dadurch Wärmeenergie auf einem deutlich höheren Temperaturniveau erzeugt werden. Eine Abwasserwär-



menutzungsanlage besteht i.d.R. aus den Komponenten Wärmequelle (Wärmetauscher), Nahwärmenetz, Wärmepumpe und dem Wärmeverbraucher (Heizwärme/Warmwasser).



Dampf an einer Schachtabdeckung im Stadtgebiet von Aachen

## Örtliche Randbedingungen

Die Abwässer in einigen Stadtteilen Aachens sind geprägt durch einen hohen Anteil an industriellem Abwasser aus der Lebensmittel verarbeitenden Industrie. Im Zusammenwirken mit den besonderen hydrogeologischen Verhältnissen (Thermalquellen) führt dies gebietsweise zu hohen Abwassertemperaturen. Messungen im Kanalnetz der Stadt Aachen haben gezeigt, dass die Abwassertemperaturen auch in der kalten Jahreszeit mit teilweise über 20 °C oberhalb der üblichen Werte liegen. Dies stellt ein erhebliches Wärmepotenzial dar, welches derzeit noch ungenutzt in die Atmosphäre entweicht.



Ausschnitt aus der Wärmedargebotskarte für das Stadtgebiet von Aachen

## Erstellung einer Potentialstudie

Diese außergewöhnliche Situation war Anlass, die bislang ungenutzten Energiepotenziale im Kanalnetz der Stadt Aachen im Rahmen einer Studie zu identifizieren und zu bewerten. Anhand einer Datenmatrix wurden zunächst alle notwendigen Angaben für die Erstellung einer Wärmedargebotskarte zusammengetragen. Hierzu wurden zunächst die digitalisierten und georeferenzierten Stammdaten des Kanalnetzes der Stadt Aachen wie Rohrnennweite, Profil, Material, Abwasserart, Linienführung und Lage, Alter und Zustand der Kanäle in ein geografisches Informationssystem (GIS) überführt. Öffentliche Liegenschaften der Stadt Aachen, wie z. B. Schulen und Kindergärten, sowie gemeinnützige Einrichtungen der städtischen Wohnungsgesellschaft, die als potentielle Ab-



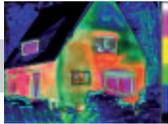
nehmer in Frage kommen, mussten von Hand in die Karte übernommen werden. Darüber hinaus wurden in die Betrachtungen weitere spezifische Randbedingungen, wie z. B. Informationen über das Fernwärmenetz der STAWAG, eingebunden. Damit sollte sichergestellt werden, dass es in Fernwärmeverrang- und -erwartungsgebieten zu keiner hauseigenen Konkurrenz kommt. In der Wärmedarstellungskarte für die Stadt Aachen wurden dann die begehbaren Mischwasserkanäle ( $\geq 1000$  mm Höhe) dargestellt, für die ein Einsatz von Plattenwärmetauschern und damit für eine Abwasserwärmenutzung möglich erscheint.

## Ausblick

Anhand der Wärmedarstellungskarte lassen sich mögliche Standorte für eine Abwasserwärmenutzungsanlage aufzeigen. Berücksichtigt man, dass ca. 5 % bis 10 % der Gebäude eines urbanen Siedlungsgebietes mit Wärme aus Abwasser generell versorgt werden können, stellt dies ein erhebliches Potential dar. Mit einer Abwasserwärmenutzungsanlage reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Gebäuden, was im innerstädtischen Bereich zu einer signifikanten Verbesserung der Luftqualität führen kann.

Ein Pilotprojekt zur Abwasserwärmenutzung im Stadtgebiet von Aachen befindet sich in der Planung. Neben technischen Details sind vor allem die finanziellen und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen zu klären. Die Dimensionierung der Abwasserwärmenutzungsanlage erfolgt auf der Basis von Messungen im Abwasserkanal in der letzten Heizperiode in Verbindung mit der geplanten energetischen Sanierung der Gebäude. Erste Berechnungen haben außerdem gezeigt, dass aufgrund der sehr großen Wärmemenge im Abwasserkanal ein Einfluss der Abwasserwärmenutzungsanlage auf die Zulauftemperatur der Kläranlage ausgeschlossen werden kann.

Weitergehende Informationen zur Abwasserwärmenutzung sind u. a. im Merkblatt M 114 „Energie aus Abwasser-, Wärme- und Lageenergie“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) sowie in der Broschüre „Heizen und Kühlen mit Abwasser“ vom Bundesverband Wärmepumpe e. V. zu finden.



## Beispiele zur Industriellen Wärmenutzung

Hinweis der Redaktion: Die folgenden Beispiele in diesem Kapitel wurden im Original mit freundlicher Genehmigung und Unterstützung des Landes Oberösterreich – vertreten durch das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz – und Dr. Roland Brandstätter vom Sachverständigenbüro Brandstätter als Redakteur – aus der Broschüre „Industrielle Abwärmenutzung – Beispiele und Technologien“ übernommen.

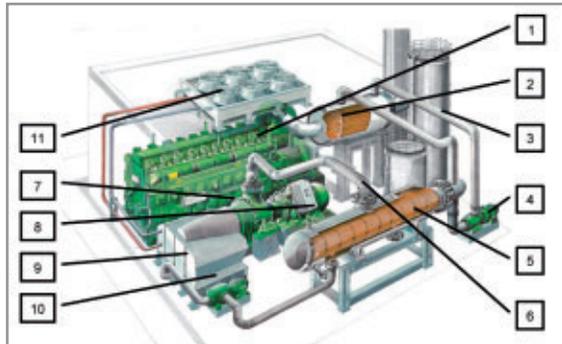
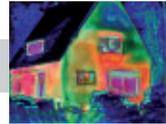


Quelle:  
Gesellschaft für Motoren  
und Kraftanlagen mbH  
D-18211 Bargeshagen  
[www.gmk.info](http://www.gmk.info)

### Stromerzeugung aus Abwärme bei Gerresheimer in Essen

#### Abwärme aus Schmelzwannen

Ort:	Essen/Deutschland
Technologie:	Stromerzeugung mit ORC-Prozess
Abwärmequelle:	Schmelzöfen – Abgasströme mit 370 °C
Thermische Leistung des Wärmetauschers:	2,6 MW
Elektrische Leistung brutto:	570 kW <sub>el</sub>
Jahresertrag:	4.000 MWh <sub>el</sub>
Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen:	2.400 Tonnen/Jahr



- 1 Abwärmequelle
- 2 Abgaswärmetauscher
- 3 Thermoölkreislauf
- 4 Thermoölpumpe
- 5 Vorwärmer-Verdampfer-Einheit
- 6 Frischdampfleitung
- 7 Turbine
- 8 Generator
- 9 Wärmetauscher-Kondensator-Einheit
- 10 Kondensat-Speisepumpe
- 11 Kühlsystem

#### Technische Daten der Anlage:

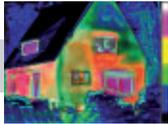
Abwärmeleistung:	4,4 MW
Thermische Leistung des Wärmetauschers:	2,6 MW
Generatorleistung brutto:	570
$kW_{el}$	
Elektrische Leistung netto:	500
$kW_{el}$	
Verdampfungsdruck:	20 bar
Kondensatortemperatur:	40 °C
Elektrischer Wirkungsgrad brutto:	22 %
Elektrischer Wirkungsgrad netto:	19 %

Die Gerresheimer Essen GmbH, ein Unternehmen der Gerresheimer Gruppe, einem führenden Hersteller von Glas und Kunststoff für die Pharma-Industrie, bekennt sich ausdrücklich zu einem verantwortungsvollen Umgang mit der Natur und ihren Ressourcen. Deshalb startete der Betrieb gemeinsam mit der GMK Gesellschaft für Motoren und Kraftanlagen mbH mit Sitz in Bargeshagen/Mecklenburg-Vorpommern und der URBANA AGIMUS Contracting GmbH aus Braunschweig ein Pilotprojekt für die Installation eines ORC-Moduls zur Nutzung anfallender Abwärme. Das innovative Projekt wurde von der Deutschen Bundesumweltstiftung gefördert. Durch den Einsatz eines ORC-Prozesses wird bis jetzt ungenutzt an die Umgebung abgegebene Abwärme von zwei Schmelzöfen in hochwertige elektrische Energie umgewandelt. Die Inbetriebnahme der Anlage ist für das Jahr 2009 geplant.

#### Beschreibung des Prozesses:

Der Abgasstrom der Schmelzöfen beträgt 33.000 Nm<sup>3</sup>/h und hat ein Temperaturniveau von 370 °C. Bezogen auf Umgebungstemperatur entspricht das einer Abwärmeleistung von ca. 4,4 MW. In einem Wärmetauscher mit einer Leistung von 2,6 MW wird das Abgas auf 180 °C heruntergekühlt und erwärmt dabei ein Thermoöl auf 270 °C. Eine stärkere Abkühlung ist aus technischen Gründen zur Vermeidung von Korrosionsschäden nicht möglich. Das Thermoöl verdampft das organische Arbeitsmedium WL 220 bei einem Druck von unter 20 bar. Der Arbeitsmitteldampf wird anschließend in einer einstufigen Dampfturbine ins Vakuum hinein entspannt und treibt einen Generator mit einer elektrischen Leistung von 570 kW<sub>el</sub> an. Abzüglich der elektrischen Leistung der Nebenaggregate liegt die elektrische Nettoleistung der Anlage bei knapp 500 kW<sub>el</sub>. Das expandierte Arbeitsmittel wird einem Zwischenwärmetauscher zugeführt und beim letzten Schritt des Kreisprozesses im Kondensator verflüssigt und auf ca. 40 °C heruntergekühlt. Die Kondensatorleistung von 2 MW wird als Abwärme an die Umgebung abgegeben, was aus thermodynamischen Gründen unvermeidbar ist.

Bei einer angenommenen Betriebszeit von mindestens 8.000 Volllaststunden können pro Jahr 4.000 MWh elektrischer Strom generiert werden. Dies entspricht in etwa dem jährlichen Strombedarf von 1.200 Haushalten. Dieser wird zur Eigenstromversorgung benutzt und muss deshalb nicht aus dem öffentlichen Netz bezogen werden, was im Zuge steigender Energiepreise die Kosten für den Energiebezug nachhaltig verringert. Unter Berücksichtigung des deutschen Strommixes können mit der Errichtung dieser Anlage die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 2.400 Tonnen pro Jahr reduziert werden. Diese innovative Technik ist somit aktiver Klimaschutz, der sich auch wirtschaftlich rechnet.



## Flughafen Köln-Bonn



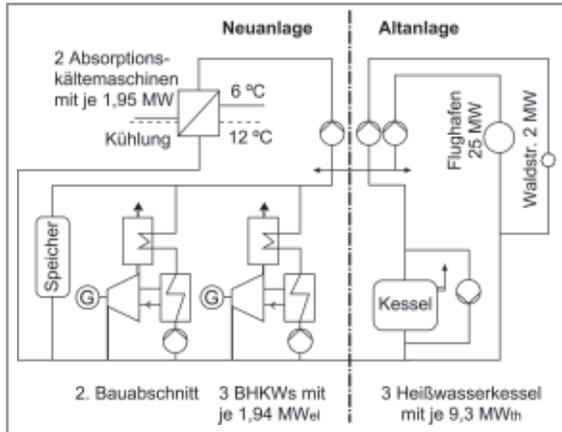
Quelle:  
Fernwärmeverbund Niederrhein  
Duisburg/Dinslaken GmbH & Co Kg  
46537 Dinslaken  
[www.fernwaerme-niederrhein.de](http://www.fernwaerme-niederrhein.de)

### Absorptionskältemaschinen sichern optimale Auslastung der BHKW-Module am Flughafen Köln/Bonn

#### Abwärme von BHKW

Ort:	Köln/Deutschland
Technologie:	Lithiumbromid-Absorptionskältemaschine
Abwärmequelle:	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung in Heizkraftwerk
Kälteleistung der Absorptionskältemaschinen:	2 x 1,95 MW
Abwärmeleistung zum Betrieb der Kältemaschinen:	2 x 2,6 MW
Temperatur der Abwärmequelle:	95 °C
Kaltwasser-Vorlauftemperatur:	6 °C

Größere Industriebetriebe setzen aus Gründen der Versorgungssicherheit oft auf Eigenstromerzeugung mittels Blockheizkraftwerken (BHKWs), welche neben der Stromerzeugung die anfallende Abwärme nutzen und dadurch einen höheren Gesamtwirkungsgrad erzielen. Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen wird vor allem durch eine relativ konstante und gut ausgelastete Stromerzeugung gewährleistet.



### Technische Daten der Anlagen jeweils pro Modul:

#### 2 Absorptionskältemaschinen

Kälteleistung	1,95 MW
Absorptionsmittel	Lithiumbromid
Auslegungstemperaturniveaus des Antriebes	95/70 °C
Temperaturniveaus des Kaltwassers	6/12 °C
Leistungszahl	0,75

#### 3 BHKW-Module

Elektrische Leistung	1,94 MW
Thermische Leistung	2,20 MW
Temperaturniveau der Abwärme	95 °C
Wirkungsgrad	> 80 %

#### 3 Kompressionskältemaschinen

Kälteleistung	1,65 MW
Elektrische Antriebsleistung	320 kW

#### 3 Heißwasserkessel (Bestand)

Thermische Leistung	9,30 MW
---------------------	---------

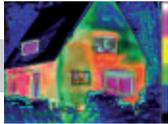
Deshalb sind in BHKWs Abnehmer, welche konstant auch in den Sommermonaten Prozesswärme benötigen, wichtig für den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage, da dadurch auch mehr Strom generiert werden kann. Im konkreten Fall des Flughafens Köln/Bonn besteht aber kein hoher Bedarf an Wärme im Sommer. Deshalb bietet die Abwärmenutzung zur Kälteerzeugung mit Absorptionskältemaschinen eine optimale Lösung, da dadurch das BHKW zum Großteil gut ausgelastet werden kann.

Folgende Punkte waren in der Planungsphase entscheidend für die Errichtung einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK):

- Deckung der Grundlast des Strombedarfs am Flughafen
- Wärme- und Kälteversorgung des Flughafen-Areals
- Optimierte Anlagenauslastung durch Wärme- und Kältebereitstellung
- Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (effiziente Primärenergienutzung)
- Wirtschaftlichkeit

Ausgehend von diesen technischen, ökonomischen und auch ökologischen Rahmenbedingungen wurde ein optimal aufeinander abgestimmtes Anlagenkonzept entwickelt und 1999 in Betrieb genommen. Die drei bestehenden erdgas- und erdölbeheizten Heizkessel mit einer Leistung von jeweils 9,3 MW bleiben auch nach Installation der BHKW-Module in Betrieb, um die Spitzenlast des Wärmebedarfs zu decken. Die drei BHKW-Module stellen jeweils eine elektrische Leistung von 1,94 MW und eine Abwärmeleistung von 2,2 MW bei 95 °C. Die Temperaturniveaus der Abwärme der BHKWs und der zwei Absorptionskältemaschinen wurden gezielt aufeinander abgestimmt. Deshalb wurden bewusst einstufige Absorptionskältemaschinen installiert, die zwar einen etwas niedrigeren Wirkungsgrad als zweistufige Absorptionskältemaschinen aufweisen, dafür aber bei niedrigeren Antriebstemperaturen effizienter Kälte liefern. Durch das niedrigere Temperaturniveau der Antriebswärme kann die Effizienz der Stromerzeugung gesteigert werden. Die zwei Absorptionskältemaschinen stellen eine Kälteleistung von je 1,95 MW bei einer thermischen Antriebsleistung von 2,6 MW bereit.

Weiters wurde in das Netz ein Wärmespeicher mit einem Volumen von 120 m<sup>3</sup> eingebaut, um abnehmerseitige Schwankungen des Wärmebedarfs im Laufe eines Tages ohne ein Takten der BHKW-Module auszugleichen. Außerdem wurden zwei Kompressionskältemaschinen mit einer Kälteleistung von jeweils 1,65 MW zur Spitzlastdeckung des Kältebedarfs integriert. Die höheren Investitionskosten für diese komplexe Anlagenkombination im Vergleich zu Standard-Anlagen können durch den effizienteren und günstigeren Betrieb wieder ausgeglichen werden.



## Fernwärme Niederrhein

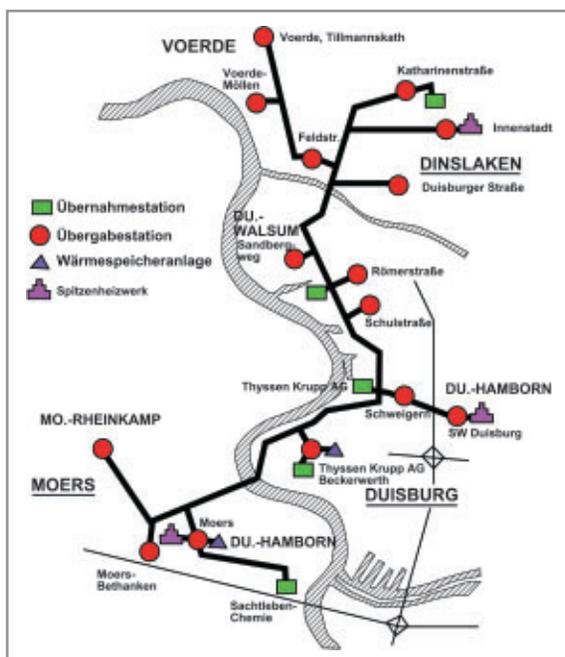


Quelle:  
Fernwärmeverbund Niederrhein  
Duisburg/Dinslaken GmbH & Co Kg  
46537 Dinslaken

### Abwärme aus drei Industrieanlagen deckt ein Drittel des Wärmebedarfs der Fernwärme Niederrhein

#### Abwärme aus Stahlwerk und Chemiefabrik

Ort:	Duisburg/Deutschland
Technologie:	Einspeisung in ein Fernwärmenetz
Abwärmequellen:	zwei Stahlwerke, Chemiefabrik
Temperaturniveaus:	140 bis 600 °C
Wärmemenge:	350 GWh
Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen:	90.000 Tonnen/Jahr



Die Firmenphilosophie der Fernwärme Niederrhein, dass Ökonomie und Ökologie keine Gegensätze sein müssen, wurde durch Nutzung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Industrieabwärme in die Praxis umgesetzt.

Zur optimalen Ausnutzung der Abwärme wurde der Fernwärmeverbund Niederrhein Duisburg Dinslaken gegründet, welcher mit einem 29 km langen Primärnetz über 15 Übergabestationen mit einer Anschlussleistung von 550 MW die Fernwärme an Sekundärnetze der Fernwärme Niederrhein und der Stadtwerke Duisburg abgibt.

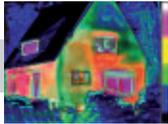
Das Netz der Fernwärmeversorgung Niederrhein mit knapp 800 MW Anschlussleistung ist über 500 km lang und versorgt ein Gebiet mit 500.000 Einwohnern mit Fernwärme. Von den 1.100 GWh eingespeister Fernwärme werden etwa 350 GWh aus industrieller Abwärme bezogen.

Die industrielle Abwärme wird von zwei Stahlwerken der ThyssenKrupp AG und der Produktionsanlage der Sachtleben Chemie GmbH geliefert.

Im Hochofen Duisburg-Schweglern der ThyssenKrupp AG erhitzen 250 °C heiße Verbrennungsgase über Wärmeübertrager das Fernwärmewasser. Das Warmbandwalzwerk Beeckerwerth der ThyssenKrupp AG stellt mit 450 °C bis 600 °C heißen Abgasen Wärme für das Fernwärmenetz zur Verfügung. Die jährlich eingespeiste Wärmemenge der beiden Stahlwerke der ThyssenKrupp AG beträgt 250 GWh.

Die Schwefelsäureanlage Duisburg-Homberg der Sachtleben Chemie GmbH liefert weitere 100 GWh Wärme pro Jahr. Die Wärme stammt aus der Schwefelsäureproduktion, welche für die Erzeugung von Titandioxid verwendet wird. Die gewonnene Abwärme wird im Heizkraftwerk Sachtleben auf 140 °C erhitzt, um ein geeignetes Temperaturniveau für die Fernwärmeversorgung zu erreichen.

Durch die Nutzung der industriellen Abwärme wird der Kohlendioxidausstoß jährlich um 90.000 Tonnen reduziert und der Wärmebedarf von 100.000 Haushalten gedeckt.



## Walzwerk Plettenberg



Quelle:  
ASUE Arbeitsgemeinschaft für  
sparsamen und umweltfreund-  
lichen Energieverbrauch e. V.  
10785 Berlin  
[www.asue.de](http://www.asue.de)

### Abwärme aus Walzwerk beheizt Freizeitbad

#### Abwärme aus Verpackungserzeugung

Ort:	Plettenberg/Deutschland
Technologie:	Gasmotor-Wärmepumpe
Abwärmequellen:	Walzöl
Temperaturniveau der Abwärme:	45 bis 50 °C
Leistung der Wärmepumpe:	1,2 MW
Brennstoffeinsparung/Jahr:	3.000 MWh <sub>BS</sub>
Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen:	700 Tonnen/Jahr



Ein Paradebeispiel zur Abwärmenutzung mittels Wärmepumpe stellt die Kooperation zwischen dem Werk Ohle der Alcan Deutschland GmbH und dem Plettenberger Freizeitbad AquaMagis im deutschen Bundesland Nordrhein-Westfalen dar.

Bei der Produktion von Verpackungen und Menüschalen aus Aluminium erwärmt sich das Walzöl auf 45 bis 50 °C. Bis zum Ende des Jahres 2003 musste die anfallende Abwärme ungenutzt und aufwendig über einen Kühlturm abgeführt werden. Jetzt wird die Temperatur der Abwärme mit einer, mit einem Gasmotor betriebenen, Wärmepumpe auf 75 °C angehoben. Der Gasmotor selbst liefert mit dem Ölkühler, dem Motorkühler und dem Abgas zusätzliche Wärme. Insgesamt liefert das System bis zu 1,2 MW thermische Leistung und somit mehr als zur Deckung der Grundlast des Freizeitbades benötigt wird. Deshalb ist der Gasmotor mit einer elektromagnetischen Kupplung, mit einem Generator mit einer maximalen Leistung von 220 kW<sub>e</sub>, verbunden, der die gesamte elektrische Energie ins Netz einspeist. Der Generator wird in Abhängigkeit des Wärmebedarfs des Freizeitbades betrieben. Benötigt AquaMagis an kalten Tagen eine hohe thermische Leistung, so kann die Generatorleistung auf bis zu 25 kW<sub>e</sub> heruntergeschaltet werden. Diese Betriebsweise garantiert, dass der Motor immer im wirtschaftlichen Volllastbetrieb arbeitet. Im Sommer läuft der Gasmotor zur Gänze im BHKW-Betrieb.

Die Wärme wird über eine 740 m lange Leitung vom Werksgelände zum Freizeitbad transportiert. Die Vorlauftemperatur beträgt 75 °C und die Rücklauftemperatur liegt zwischen 45 und 50 °C.

Diese Anlage hat nicht nur Innovationscharakter, sie ist auch wirtschaftlich: Als im Jahr 1999 erste Vorerhebungen zu diesem Projekt unternommen wurden, setzte es sich bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit gegenüber einer direkten Beheizung des Freizeitbades mit einem Gaskessel durch, obwohl damals die Gaspreise wesentlich niedriger als heute waren. Seit dem Jahr 2000 ist der Gaspreis um über 70 Prozent angestiegen.

Die Firma Alcan gibt die anfallende Wärme kostenlos ab. Trotzdem profitiert auch das Werk von der Kooperation mit dem Freizeitbad, da weniger Wärme über Kühltürme abgeführt werden muss.

Durch die verringerte Wärmeabfuhr über den Kühlturm konnte die Bildung von Nebelschwaden sichtbar gemindert werden. Das Freizeitbad erspart sich ein Grundlast-Heizsystem und muss somit rund 3.000 MWh thermische Energie weniger aufbringen, was eine Reduktion der Kohlendioxidemissionen von 700 Tonnen pro Jahr mit sich bringt.



# Wärmeverbundsysteme

## Energieverbundsysteme: Beispiele zur Abwärmenutzung

Dr. G. Seibert-Erling – setacon GmbH und Tanja Etges – john becker ingenieure

### Hintergrund

In der Diskussion um den Klimawandel stand in der Vergangenheit die Reduzierung des Primärenergieeinsatzes zur Erzeugung von Prozessenergien (Strom, Dampf etc.) im Fokus der Betrachtung, wie es auch das TEHG vorsieht. Ein weiteres Instrument zur CO<sub>2</sub>-Einsparung in Deutschland ist der Ausbau der erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung, das durch das EEG erfolgreich umgesetzt wurde. Der nicht unbeträchtliche Anteil der Wärmeerzeugung an der Klimaveränderung wurde jedoch lange Zeit übersehen. Mit der Einführung des EEWärmeG ist zwischenzeitlich eine erste Korrektur vorgenommen worden, indem nun bei Neubauten und Modernisierungen im Gebäudebereich die Verwendung von erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung nachgewiesen werden muss. Allerdings erfolgen sämtliche Betrachtungen immer noch erzeugungsorientiert und sind auf interne Prozesse bzw. die Nutzung innerhalb des eigenen Wirkungsbereiches beschränkt. Mögliche Synergieeffekte mit umliegenden Nutzern und Erzeugern werden oft nicht betrachtet. Dabei liegt gerade hier ein bisher kaum angetastetes Potenzial zur CO<sub>2</sub>-Minderung.

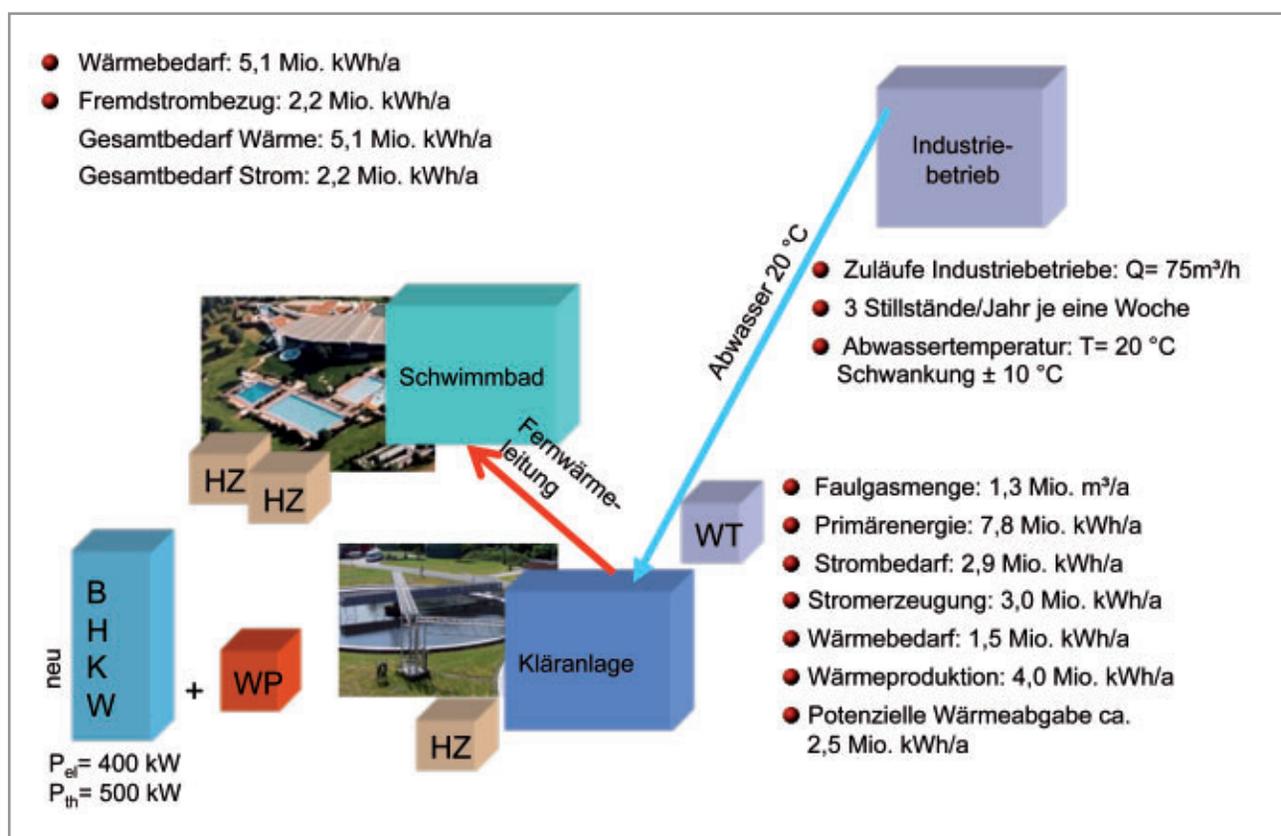
### Potenziale

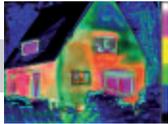
Besonders geeignet für die Schaffung eines Energieverbundes sind Kläranlagen, da sie einerseits Verbraucher von Strom und Wärme sind, andererseits aber durch die Produktion und die energetische Verwendung des regenerativen Klärgases auch Energieerzeuger sind. So sind sie Quelle und Senke zugleich und bieten damit einen flexiblen Spielraum zum Austausch unterschiedlicher Energiearten wie der Abwärme. Zwar benötigt die Kläranlage zur Aufrechterhaltung der Prozesse dauerhaft Wärme in Abhängigkeit der Außentemperatur, was insbesondere zu Überschüssen in den Sommermonaten führt. Allerdings befinden sich Kläranlagen auch häufig in unmittelbarer Nähe zu Gewerbebetrieben, die in den Sommermonaten Kühlungsbedarf haben. Da Kälte nichts anderes ist als Wärme auf einem sehr geringen Temperaturniveau, kann die Abwärme auch zu Kühlzwecken genutzt werden. Weiterhin kann die Kläranlage auch über die reinen Überschüsse hinaus Wärme zur Verfügung stellen, da die von der Anlage selbst benötigte Wärmeenergie unkompliziert durch die Nutzung von Abwasserwärme mittels Wärmepumpen bereitgestellt werden kann.



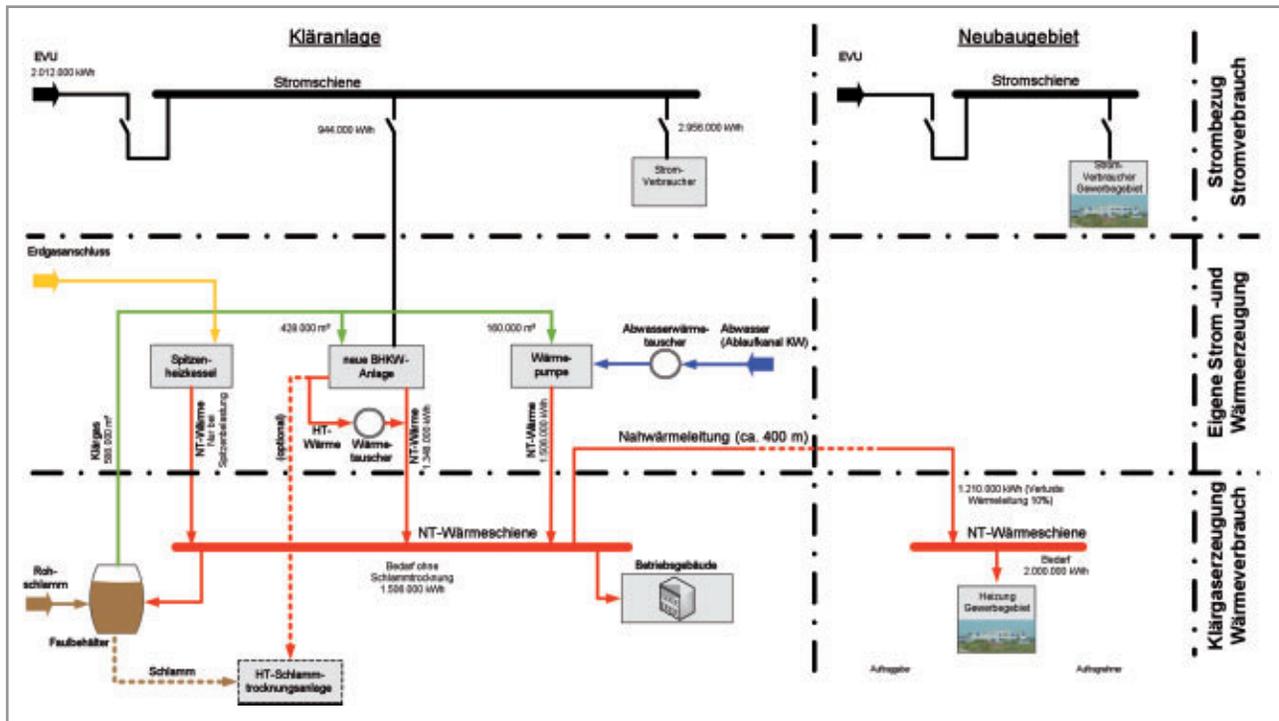
Möglichkeiten zur Integration von Kläranlagen in dezentrale Energiekonzepte gibt es viele. Innerhalb eines Umkreises von etwa 1 km konnten bisher folgende Möglichkeiten zur Abwärmenutzung identifiziert werden:

### Kläranlage – Schwimmbad





## Kläranlage – Erschließungsgebiet (Gewerbe)



### Energetische Kenngrößen

Ausbaugröße: 2 Mio. EW  
 Gasanfall 11 Mio. m<sup>3</sup>/a  
 Wärmeerzeugung ca. 33 Mio. kWh/a  
 Wärmebedarf ca. 16 Mio. kWh/a

### Energetische Perspektive

Mitversorgung der Fußball-Arena, die noch ohne erneuerbare Energie konzipiert wurde (Erdgas-Rasenheizung)  
 elektrische Leistung 12 MW  
 Kälteleistung 3,2 MW  
 Wärmeleistung 5,2 MW



- Kläranlage – Einkaufszentrum – Hotel – Wohnanlage
- Kläranlage – Gewächshäuser – Landesbehörde
- Kläranlage – Schlosspark – Wasserkraftanlage
- Kläranlage – Sektkellerei
- Kläranlage – Imbiss/Raststätte – Gewerbegebiet
- Kläranlage – Fleischereibetrieb



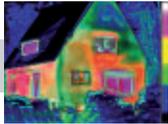
## Umsetzung

Bislang wurde von den oben genannten Beispielen noch kein Energieverbund realisiert. Eine positive Ausnahme könnte allerdings die Kläranlage Engelskirchen des Aggerverbandes werden. Hier laufen derzeit konkrete Verhandlungen zur Umsetzung eines Energieverbundes einer Kläranlage mit einem Schlosspark und einer Wasserkraftanlage, der es überdies ermöglichen würde, ausschließlich mit erneuerbaren Energieträgern auszukommen und damit eine beträchtliche CO<sub>2</sub>-Reduzierung gegenüber dem heutigen Versorgungskonzept zu erreichen (s. Beitrag von Herrn Bauer, Aggerverband).

Hinderlich an der Umsetzung solcher Projekte ist nicht nur die fehlende rechtliche Verpflichtung zur Abwärmenutzung. Auch der psychologische Effekt, dass es sich bei Klärgas um ein Nebenprodukt der Abwasserreinigung handelt, führt dazu, dass dieser regenerative Energieträger bei der Bevölkerung mit unangenehmen Geruchsemissionen negativ vorbesetzt ist. Oft wird auch mit einer unzureichenden Versorgungssicherheit argumentiert, weil auch bei Revisionsarbeiten an den wesentlichen Anlagenteilen der Kläranlage (Faulturm, BHKW, Heizung) die Lieferung der Abwärme an den externen Verbraucher gewährleistet werden muss. Dieses kann aber unkompliziert durch die Vorhaltung der bisherigen Ersatzenergien wie Erdgas oder Heizöl oder von Reserveraggregaten erreicht werden, was auf Kläranlagen ohnehin die Regel ist.

Demgegenüber steht der Vorteil der preislichen Entkopplung von den traditionellen Energieträgern (Öl, Gas, Strom), der mit der Unabhängigkeit von den klassischen Energieversorgern einhergeht. Für den externen Nutzer bedeutet dies die Möglichkeit langfristige Versorgungsverträge mit einem fest kalkulierbaren Preis abschließen zu können. Der Kläranlagenbetreiber kann auf diese Weise nach der derzeitigen Verwaltungspraxis Einnahmen erzielen ohne dafür einen Betrieb gewerblicher Art zu gründen, da es sich bei der Abwärme um ein Nebenprodukt aus einer hoheitlichen Tätigkeit handelt.

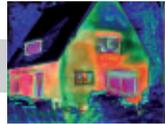
Hierin zeigt sich auch die Wichtigkeit der Vertragsgestaltung. Es sind nicht nur die Preise für die Lieferung der Wärme mit eventuellen Preissteigerungen (z. B. auf Basis der Inflationsrate) ausschlaggebend für eine positive Beurteilung der Verbundpartner. Auch sind beispielsweise Bau und Betrieb der Wärmetrasse zu klären, ggf. kann hierfür auch ein Contractingvertrag abgeschlossen werden. Werden alle Aspekte berücksichtigt, können alle Beteiligten einen positiven Nutzen aus dem Verbund ziehen.



## Ausblick

Der Beitrag der Wärmeerzeugung zur Klimaerwärmung wurde in der Vergangenheit fast gänzlich vernachlässigt. Dabei liegt gerade hier ein enormes Potenzial, weil zur Bereitstellung von Wärme bisher in der Regel hochwertige Primärenergie im wahrsten Wortsinn verheizt wurde. Gleichzeitig wird oftmals in Gewerbe und Industrie Abwärme aus Prozessen ungenutzt an die Atmosphäre abgegeben. Dies ist auch auf Kläranlagen der Fall. Dabei eignen sich Kläranlagen nicht nur aufgrund ihrer Doppelfunktion als Energieerzeuger und -verbraucher als Partner für einen Energieverbund, sondern auch wegen ihres Standortes, der häufig in der unmittelbaren Umgebung von Gewerbegebieten zu finden ist.

Für die Umsetzung eines Energieverbundes ist die Vertragsgestaltung so vorzunehmen, dass es zu einer klassischen win-win-Situation für die Beteiligten kommt. Neben dem finanziellen Vorteil, der durch einen Energieverbund erzielbar ist, indem man sich von den Preissteigerungen für die klassischen Energieträger entkoppelt, sind auch eine ausgeglichene Energie- und eine positive CO<sub>2</sub>-Bilanz positive Effekte eines Energieverbundes, der zudem noch positive Impulse für die regionale Wirtschaft setzt.

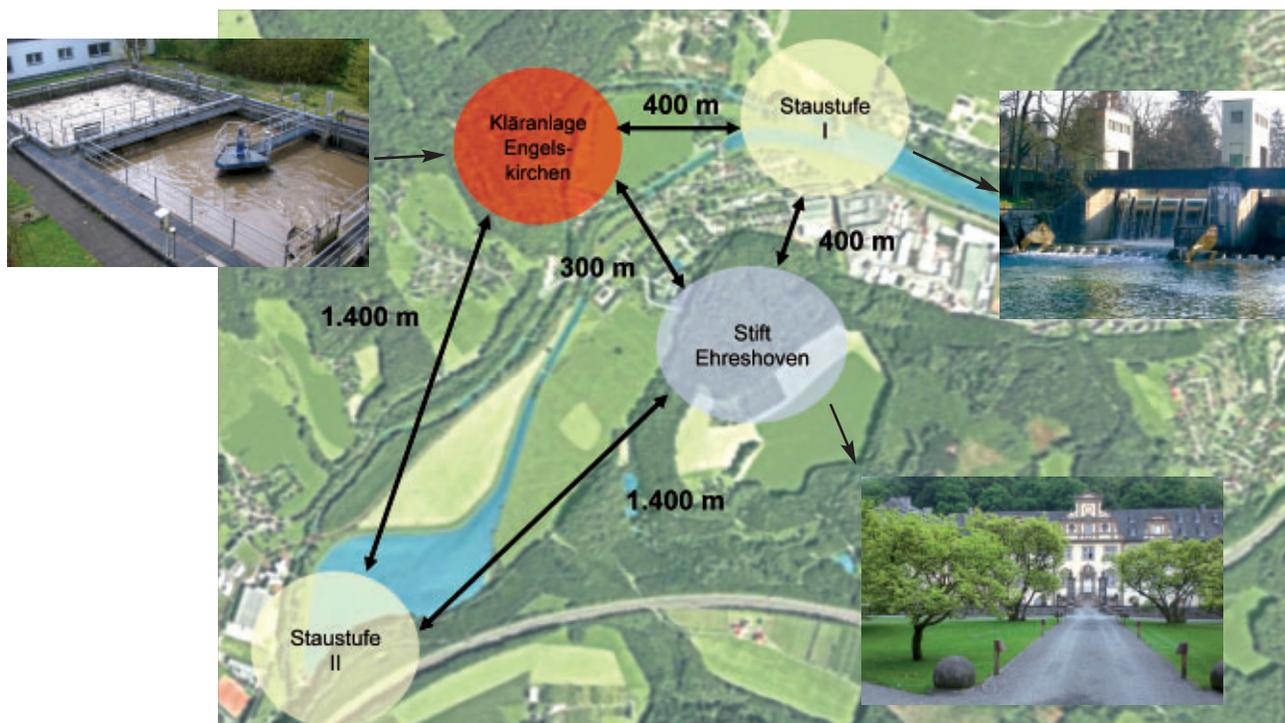


## Energieverbund Engelskirchen-Ehreshoven: Schritte zur nachhaltig regenerativen Energie- versorgung

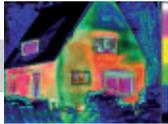
Dipl.-Ing. Thomas Bauer – Aggerverband

Im Rahmen einer Energieanalyse für die Kläranlage Engelskirchen sollte die Möglichkeit eines Energieverbundes mit dem nahegelegenen Stift Ehreshoven untersucht werden mit dem Ziel einer nachhaltigen und auf regenerativen Energien basierenden Versorgung. Bei der Aufnahme des Ist-Zustandes zeigten sich insbesondere der Einsatz fossiler Brennstoffe und ein deutlicher Wärmeüberschuss vor allem in den Sommermonaten als ökologisch bedenklich. Der Erdgaseinsatz konnte durch die Anpassung der BHKW-Steuerung nahezu gänzlich eingespart werden. Der Wärmeüberschuss lässt sich durch Mitversorgung des Stiftes Ehreshoven reduzieren. Bei der Suche konnten nicht nur Abnehmer, sondern auch Erzeuger von regenerativer Energie identifiziert werden. Vor diesem Hintergrund entstand die Idee eines Energieverbundes, der die am Standort Engelskirchen-Ehreshoven verfügbaren erneuerbaren Energien Wasserkraft, Abwasserwärme, Klärgas und Holzenergie/Hackschnitzel zu einem wirkungsvollen Verbund zusammenschließt.

Partner des Energieverbundes sind die Agger-Kette als Betreiber der Wasserkraftanlagen, der Aggerverband, als Betreiber der Kläranlage Engelskirchen-Ehreshoven und das Stift Ehreshoven.



Luftbildaufnahme mit Energieverbund-Standorten. Die oben gezeigte Luftbildaufnahme zeigt die räumliche Nähe der beteiligten Energieverbundteilnehmer zueinander.

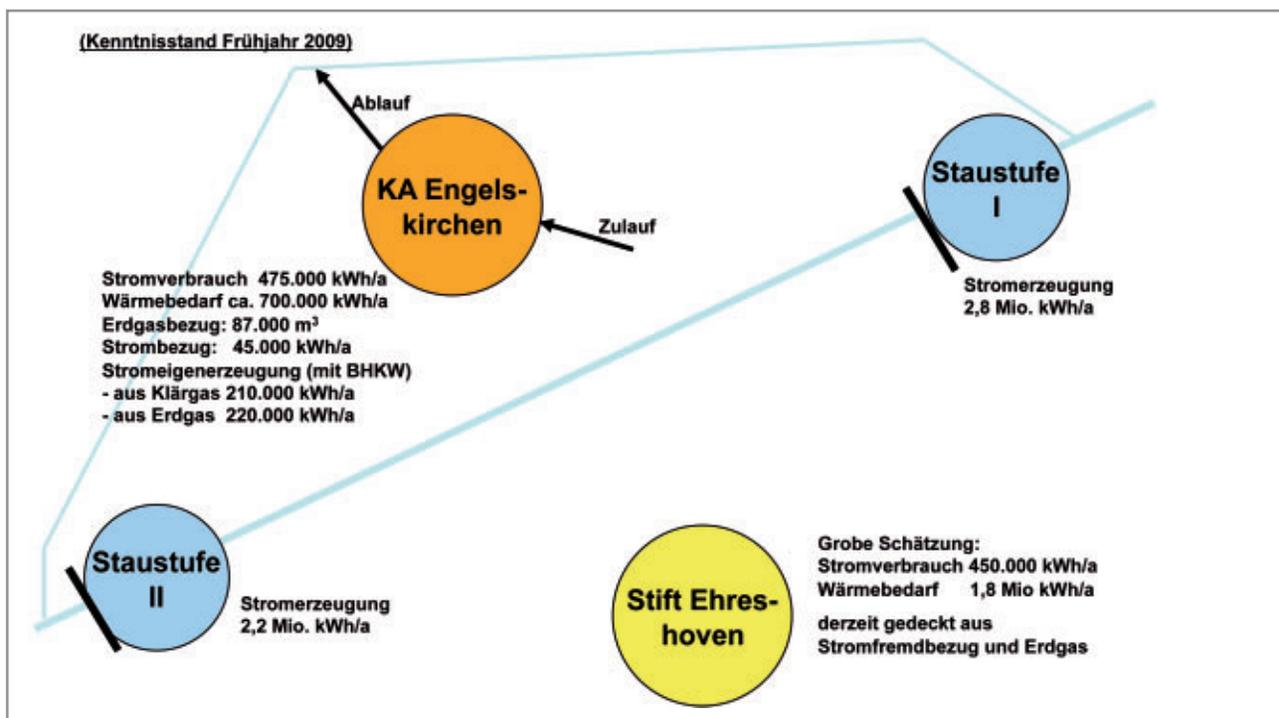


## Ausgangssituation

Die Kläranlage Engelskirchen-Ehreshoven ist vor allem wegen ihrer Doppelfunktion als Energielieferant und Energieverbraucher für den Energieverbund interessant. So kann sie einerseits kontinuierlich Energie in Form von Klärgas und Abwasserwärme bereitstellen, benötigt andererseits aber auch kontinuierlich Strom sowie Wärme. Sie ist damit das wesentliche Bindeglied des geplanten Energieverbundes, da sie die Abgabe und Abnahme von Energie auch zu einem gewissen Teil puffern und regeln kann.

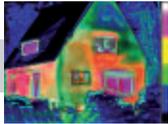
Das Stift Ehreshoven gilt als der prächtigste Adelssitz im Bergischen Land. Wesentliches Standbein ist die Forstwirtschaft auf einer Waldfläche von rund 1.500 ha. Die Schlossanlage besteht aus dem zweiflügeligen Hauptgebäude und der sogenannten Vorburg. Mit in die Betrachtung einbezogen wird die aus einem ehemaligen Bauernhof entstandene Malteser-Kommende, die als Tagungs- und Versammlungsort einen nicht unerheblichen Energieverbrauch aufweist.

Die Agger-Kette betreibt in unmittelbarer Nähe der Kläranlage eine Wasserturbine, die auf einen Durchfluss von 10 m<sup>3</sup>/s ausgelegt ist. Bei niedrigeren Pegelständen schalten die Turbinen ab und die Wasserkraft bleibt ungenutzt. Durch den Einbau einer weiteren Turbine für den Niedrigwasserbereich können bei einer zu installierenden Leistung von 100 kW pro Jahr mind. 500.000 kWh zusätzlich erzeugt werden.



Energetische Ausgangssituation – KA Engelskirchen, Aggerkette und Stift/Kommende





## Zusammenfassung

Der regionale Energieverbund hat die Zielsetzung, alle am Standort Ehreshoven verfügbare erneuerbaren Energiequellen zu integrieren. Dabei sind bestehende Anlagen zu optimieren und neue Energiearten durch innovative Erzeugungstechnologien zu erschließen und vollständig zu nutzen.

Mit der Verwirklichung eines Verbundes können nachhaltig Energiekosten eingespart, eine Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern wie Erdgas und Heizöl und vor allem den damit verbundenen Preissteigerungen sichergestellt werden. Zudem kann durch deutliche CO<sub>2</sub>-Verminderung von etwa 825 t CO<sub>2</sub>/a ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Die Verbundlösung hat Modellcharakter und ist energetisch flexibel und ausbaufähig.

Momentan befindet sich das Projekt noch in der Planungsphase und kurz vor der Investitionsentscheidung der beteiligten Unternehmen. Diese steht in starker Abhängigkeit vom Einkaufspreis für den Strom aus Wasserkraft und den daraus resultierenden Verkaufspreis für das Klärgas sowie möglicher Fördermittel.



# Wärmespeicherung

## Wärmespeicherung, innovative Möglichkeiten: Speicherung der Überschusswärme und Gewinnung von Erdwärme

Prof. Dr. Schetelig – Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH

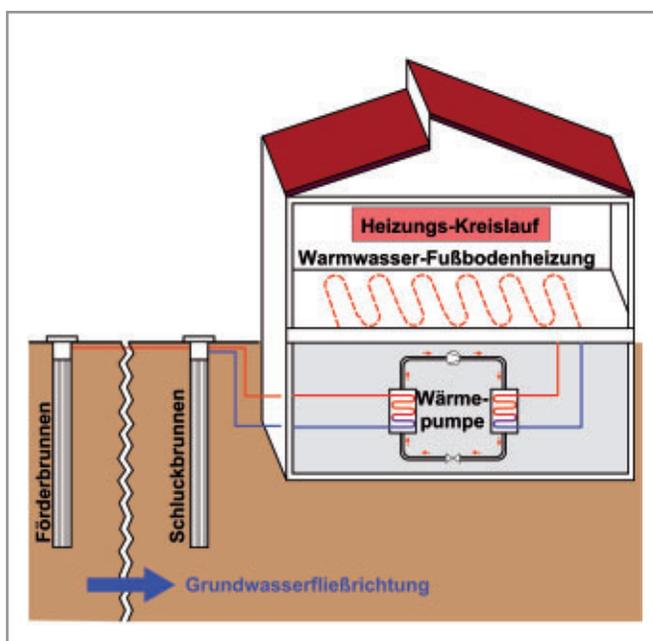


Bild 1: Oberflächennahe Wärme-/Kältespeicherung im Untergrund

In Industrie- und Gewerbebetrieben, aber auch in Wohn- und Geschäftsgebäuden fallen aus Produktionsprozessen und Klimatisierung große Wärmemengen an, die zum Zeitpunkt ihrer Entstehung, vor allem im Sommerhalbjahr, oft nicht genutzt werden können. Umgekehrt besteht im Winter, besonders an kalten Tagen, ein erhöhter Wärmebedarf. Frühling und Herbst sind durch einen oft raschen Wechsel von Außentemperaturen und Sonneneinstrahlung charakterisiert, was einen raschen Wechsel im Wärme- und Kältebedarf und damit ein außerordentlich flexibles Management des Wärmehaushalts erfordert (Bild 1). Erschwert wird der Ausgleich zwischen Wärme-/Kälteproduktion und dem jeweiligen Verbraucher auch oft durch eine deutliche Entfernung zwischen beiden Standorten.

Es gibt bislang keine Erhebungen über die in NRW anfallenden und wirtschaftlich nutzbaren Abwärmemengen. Diese dürften aber nach groben Abschätzungen mehrere hundert bis über 1.000 MW erreichen. Eine wesentliche Grundlage für die Nutzung bilden die schon bestehenden und künftig noch zu errichtenden

Fernwärmenetze (z. B. EON-Fernwärme im Ruhrgebiet: knapp 1.000 MW). Bei steigenden Preisen für Öl und Gas wird die Nutzung der Abwärme rasch zunehmen.

Für den täglichen und saisonalen Ausgleich zwischen Wärme- und Kälteproduktion und -bedarf bietet die Zwischenspeicherung in Gestalt von Warm-/Kaltwasser in stillgelegten Bergwerken oder in geeigneten, speicherfähigen Schichten in Tiefen zwischen etwa 200 und 1.000 m eine sinnvolle Lösung (Bild 2). Zu Beginn des Speicherbetriebes wird eingeleitetes Warmwasser Energie an das umgebende Wasser und an das Gebirge abgeben und sich dabei entsprechend abkühlen. Schon nach wenigen Zyklen werden sich die Energieverluste bei der Speicherung aber stark

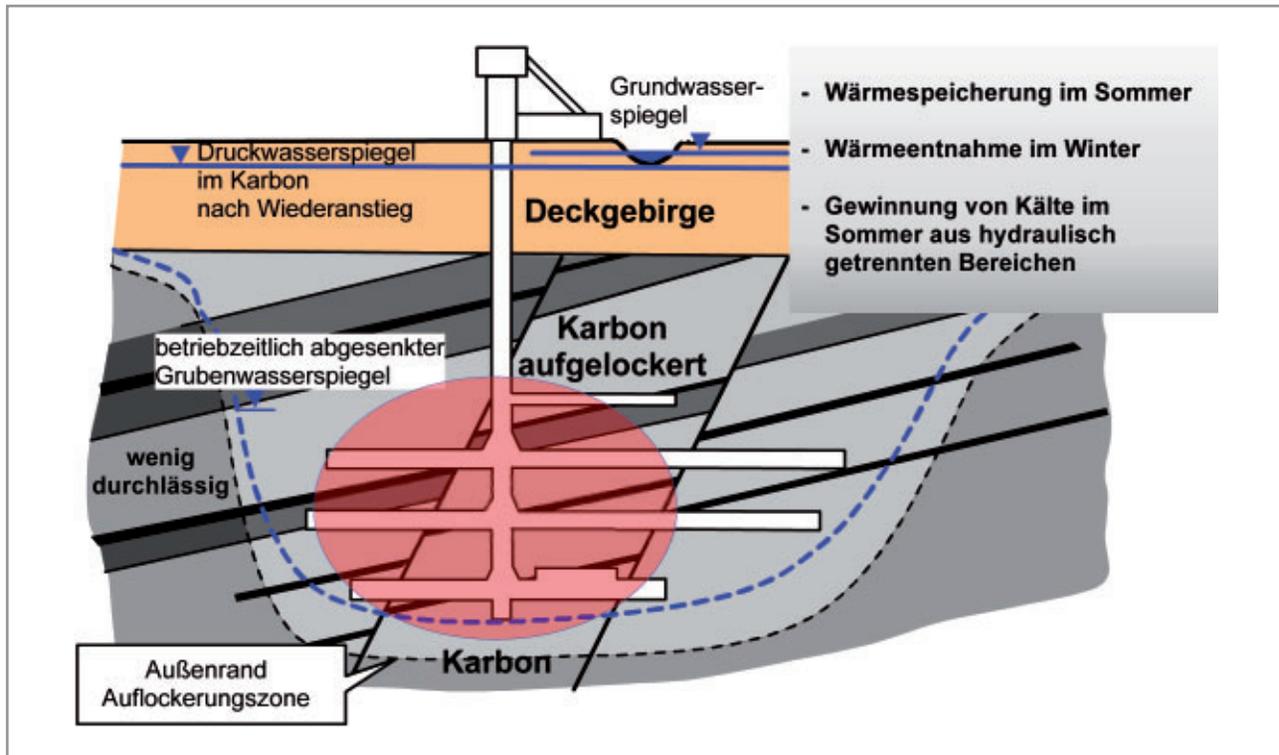
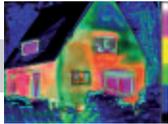


Bild 2: Wärme-/Kältespeicherung in Tiefen von ca. 200 bis 1.000 m (Beispiel: stillgelegtes Steinkohlenbergwerk)

verringern. Das Gestein besitzt eine beachtliche Speicherfähigkeit und angesichts der großen Gebirgskörper sind anhaltende, große Wärmeverluste nicht zu befürchten.

Besonders günstige hydraulische Bedingungen bestehen bei einer Tiefenlage der Gruben- oder Grund- bzw. Druckwasseroberfläche bis ca. 100 m unter Gelände, wie sie etwa im stillgelegten Aachener Steinkohlenrevier vorliegt. Dann wird für die Einleitung des Wassers keine zusätzliche Energie benötigt und die Förderkosten für die Wiedergewinnung sind relativ gering.

Bei tiefem Grubenwasserspiegel bis nahezu 1.000 m, wie er derzeit in weiten Teilen des nördlichen Ruhrgebietes vorliegt, ist zu prüfen, ob die bei der Wärmeeinleitung anfallende potenzielle Fallenergie wirtschaftlich nutzbar ist, z. B. über einen Generator an der Schachtsohle.

Bei der Nutzung von stillgelegten Bergwerken besteht in der Regel kein Interessenkonflikt mit anderen Nutzern oder wasserwirtschaftlichen Auflagen. Eine Nutzung von Bergwerken als Wärmespeicher würde zugleich zu einer intensiven und regelmäßigen Überwachung (Monitoring) der hydraulischen Verhältnisse im Grubengebäude und dessen Umfeld und damit zur Sicherung geeigneter Umweltbedingungen beitragen.



Bei der Nutzung von tiefliegenden Grundwasserleitern sind schon bestehende oder mögliche, künftige Nutzungen oberflächennaher Grundwässer, z. B. durch Trinkwassergewinnungsanlagen, zu beachten. Dies kann intensive hydrogeologische Untersuchungen, detaillierte vertragliche Vereinbarungen und ein intensives Monitoring erfordern.

Je nach geologischen oder bergbaulichen Gegebenheiten bietet sich häufig die Möglichkeit, Warm- und Kaltwasser in getrennten Grundwasserkörpern in unterschiedlichen Gebirgsbereichen zu speichern und so kostengünstig für die Heizung im Winter oder die Kühlung im Sommer bereitzustellen. Eine Untertagespeicherung von Überschusswärme ermöglicht auch fast immer eine gleichzeitige Nutzung von Erdwärme, um eventuelle Engpässe auszugleichen.

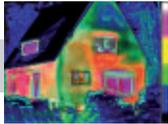
Der Chemismus des Grubenwassers oder Grundwassers in den Untertage-Speichern erfordert den Einsatz von Wärmetauschern. In der Regel sind auch Wärmepumpen erforderlich, um jeweils die geforderte Betriebstemperatur bereitstellen zu können.

Um eine hohe Flexibilität solcher dezentraler Versorgungssysteme zu gewährleisten, dürfte in vielen Fällen der Bau und Betrieb eines kleineren oder mittleren Zwischenspeichers zweckmäßig sein, in dem Wärme bzw. Kälte mit der geforderten Betriebstemperatur mit Hilfe von Wärmepumpen vorgehalten werden.

In Gebieten mit gasreicher Kohle oder anderen methanhaltigen Gesteinen bietet sich neben einer Speicherung von Überschusswärme und einer Gewinnung von Erdwärme auch die Nutzung einer weiteren Energiequelle an, nämlich des so genannten Flözgas bzw. von Schwachgasen, die einem Erdgas mit geringerem Energieinhalt entsprechen. Regionen mit einer steten Freisetzung von Methan finden sich in NRW vor allem im Ruhrgebiet und im Münsterland. Eine planmäßige Sammlung und Absaugung solcher Gase, verbunden mit einem entsprechenden Monitoring-System, würde auch einen Beitrag zur Verringerung der Emissionen des klimaschädlichen Methans darstellen. Bei Bebauung über Methan-Austrittsstellen wäre dies zugleich ein Beitrag zur öffentlichen Sicherheit (schlagende Wetter!).

Erste Machbarkeitsstudien in der Aachener Region lassen erkennen, dass Anlagen zur Heizung und Klimatisierung von Gebäuden über eine Nutzung von Überschuss- oder Erdwärme mit saisonaler Zwischenspeicherung im Untergrund die Grenze der Wirtschaftlichkeit erreicht haben. Im Einzelnen wird die Wirtschaftlichkeit durch die Verfügbarkeit von Überschusswärme, einen günstigen Zugang zu geeigneten Speicherräumen, die Gebäudetechnik sowie die jeweils anfallenden Leitungs- und Pumpkosten beeinflusst.

Durch eine Nutzung der großen, in Nordrhein-Westfalen vorhandenen Abwärmemengen, vielfach in Verbindung mit der Gewinnung von Erdwärme, wird ein wichtiger Beitrag zur Versorgungssicherheit und zur Minderung der Abhängigkeit von knapper und teurer werdenden fossilen Energieträgern geleistet. Die Nutzung von Abwärme und Erdwärme bedeutet darüber hinaus einen wichtigen Beitrag zur Verminderung der Emission von Treibhausgasen und damit einen Beitrag zur günstigen Beeinflussung des Klimawandels.



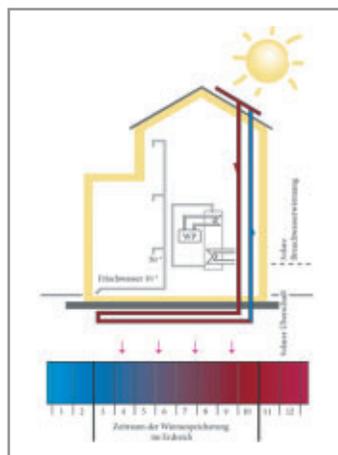
## Wärmespeicherung, Praxisbeispiel: Wohnen am Eltzhof in Köln-Wahn

Andreas Klein – EBERO GmbH & Co. KG  
Quelle: [www.wohnen-am-eltzhof.de](http://www.wohnen-am-eltzhof.de)

### Speicherung solarer Wärme mittels Rohrschleifen unterhalb der Bodenplatte

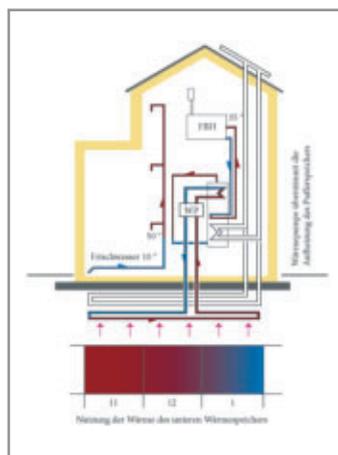
#### Thermische Solaranlage

Um die kostenlose Energie der Sonne zur Erwärmung des Warmwassers zu nutzen, ist jedes Haus mit hocheffizienten Solarkollektoren ausgestattet. Diese erwärmen über ein Leitungssystem das Wasser in einem speziellen 500 Liter Pufferspeicher. So werden mindestens 65 % des jährlichen Bedarfs an Energie für die Warmwasser-Bereitung gedeckt.



#### Erdspeicher/-kollektor

Die überschüssige solare Wärme wird an Sonnentagen durch Rohrschleifen in die Erde unter der Bodenplatte des Hauses geleitet und dort gespeichert. Dieser Erdspeicher erstreckt sich unter der gesamten Grundrissfläche des Hauses.



#### Wärmepumpe

Wenn Energie an sonnenlosen Tagen benötigt wird kann diese mit Hilfe einer Wärmepumpe dem Erdspeicher entzogen werden und zur Erzeugung von Heißwasser im Pufferspeicher für die Fußbodenheizung und Warmwasseraufbereitung genutzt werden.



# Technische Prozesse zur Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme

Hinweis der Redaktion: Die folgenden Beispiele in diesem Kapitel wurden im Original mit freundlicher Genehmigung und Unterstützung des Landes Oberösterreich – vertreten durch das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz – und Dr. Roland Brandstätter vom Sachverständigenbüro Brandstätter als Redakteur – aus der Broschüre „Industrielle Abwärmenutzung – Beispiele und Technologien“ übernommen.

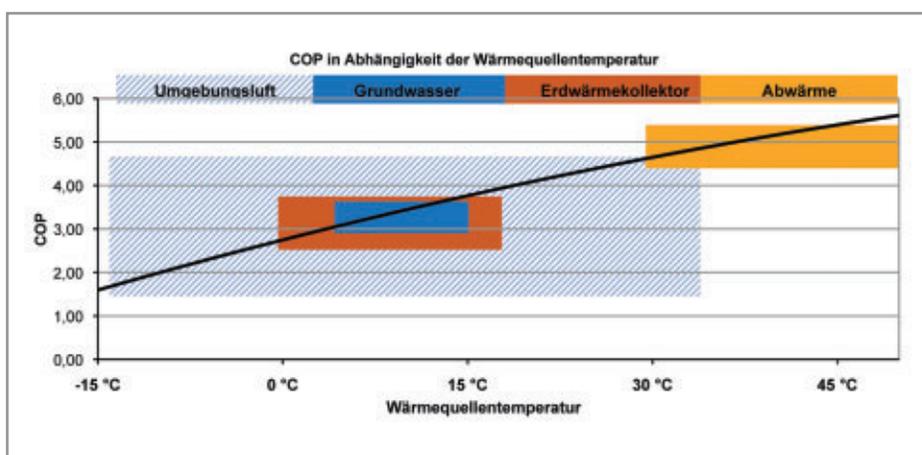
## Wärmepumpen

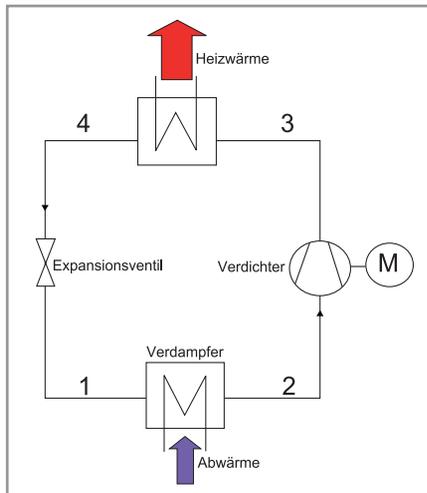
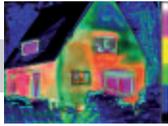
Abwärme mit Temperaturen unter 50 °C kann weder für die direkte Einspeisung in ein Fernwärmenetz noch für die Umwandlung in elektrische Energie mittels ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle) noch für die Kälteerzeugung verwendet werden.

Die Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme wird durch den Einsatz einer Wärmepumpe ermöglicht. Selbst Abwärme mit 30 °C bietet im Vergleich zu herkömmlichen Wärmequellen von Wärmepumpen immer noch ein beachtliches Temperaturniveau.

Das Diagramm stellt den ungefähren COP von Wärmepumpen in Abhängigkeit der Wärmequellentemperatur beim Einsatz eines elektrisch betriebenen Verdichters und bei einer Kondensations-temperatur von 60 °C dar. Die farbigen Felder kennzeichnen die üblichen Temperatur- und COP-Bereiche von verschiedenen Wärmequellen. Es ist zu erkennen, dass die Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme gute COP-Werte erzielt. Beim großen Bereich der Umgebungsluft ist anzumerken,

dass während der Heizperiode die durchschnittliche Lufttemperatur bei rund 3 °C liegt und der COP bei diesen Temperaturen knapp 3 beträgt. Jedoch ist gerade bei den höchsten Leistungsanforderungen beim Heizbetrieb die Außentemperatur sehr niedrig, wodurch sich bei einem Wärmepumpenbetrieb mit Umgebungsluft als Wärmequelle sehr niedrige COP-Werte ergeben.

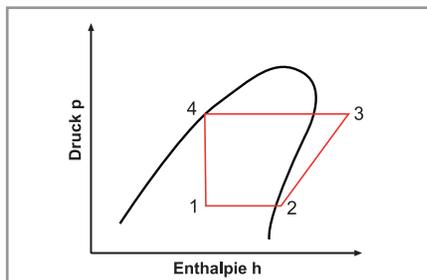




#### Der Wärmepumpenprozess läuft in vier Teilschritten ab:

- 1 → 2: Durch Zufuhr der Abwärme wird das Kältemittel bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur verdampft.
- 2 g → 3: Im Verdichter wird das Kältemittel auf Kondensationsdruck und Kondensationstemperatur gebracht.
- 3 g → 4: Im Kondensator gibt das Kältemittel Wärme an ein Heizmedium ab und kondensiert.
- 4 g → 1: Das Kondensat wird entspannt und die Temperatur fällt wieder unter das Niveau der Abwärme, damit wieder ein Wärmeübergang von der Abwärme auf das Kältemittel erfolgen kann.

Der Verdichter einer Wärmepumpe kann mit einem Elektromotor oder mit einem Verbrennungsmotor betrieben werden. Durch den höheren Wirkungsgrad von Elektromotoren ist der COP-Wert bei elektrisch betriebenen Wärmepumpen höher.



Die Nutzung der Abwärme der Verbrennungsmotoren erhöht den Wärmeertrag der Anlage wesentlich und hochwertige elektrische Energie wird durch den Einsatz eines Brennstoffes substituiert. Deshalb eignen sich stationär betriebene Verbrennungsmotoren für die Nutzung konstant anfallender industrieller Abwärme in der Regel besser als Elektromotoren. Verbrennungsmotoren bringen allerdings einen höheren Investitions- und Wartungsaufwand mit sich.

## Nutzung von Abwärme für Kälteanlagen

Das Wachsen des Marktes für Raumklimatisierung bringt viele technische und ökologische Probleme mit sich. Die steigende Nachfrage nach Klimaanlage führt unausweichlich zu einem Anstieg der benötigten elektrischen Energie. In Spanien wird sich der von Klimageräten verursachte Strombezug im Zeitraum von 1996 bis 2020 versechsfachen. Für Österreich wird eine Verdreifachung prognostiziert und 2020 etwa 360 GWh betragen.

Diese Entwicklung bringt die Tatsache mit sich, dass die elektrische Spitzenlast an heißen Sommertagen infolge von Klimaanlage stark ansteigen wird. Bei einem Voranschreiten dieser Entwicklung werden sich die jährlichen Lastspitzen vom Winter in den Sommer verlagern. Dadurch werden hohe Investitionen für den Ausbau von Kraftwerkskapazitäten erforderlich. Laut Studien steigt zwischen 1996 und 2020 die Spitzenlast für den Betrieb elektrisch betriebener Klimageräte in 15 EU-Mitgliedsstaaten um 33 Gigawatt auf 43 Gigawatt. Der Anstieg entspricht rund 175 Prozent der österreichischen Kraftwerkskapazität.

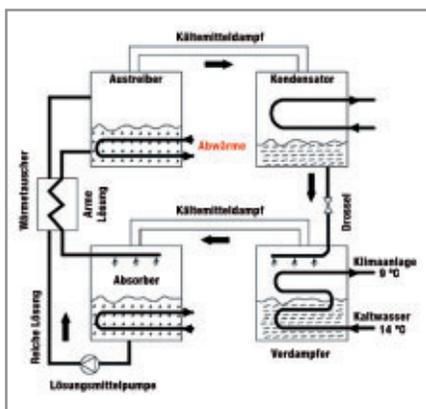
Die steigende Nachfrage nach elektrisch betriebenen Raumklimageräten kann durch den Einsatz von thermisch betriebenen Kälteanlagen und dem Bau von Fernkältenetzen zum Teil abgedeckt



werden. Statt die Kälte mittels Kompressionskältemaschinen bereitzustellen, eignen sich thermisch betriebene Kältemaschinen für den Einsatz in Kälteanlagen. Hier spielt die Verwertung überschüssiger Abwärme, einerseits aus KWK-Anlagen und andererseits aus Industrieanlagen eine besondere Rolle. Abwärme steht in der Regel das ganze Jahr konstant zur Verfügung und findet deshalb außerhalb der Heizperiode oft keine Verwendung. Die Umwandlung von Abwärme in Kälte ist deshalb in vielen Fällen entscheidend für die ganzjährige effiziente Nutzung von Abwärme. Betrachtet man das System aus Kälteanlagen und die dafür benötigten Kraftwerkskapazitäten

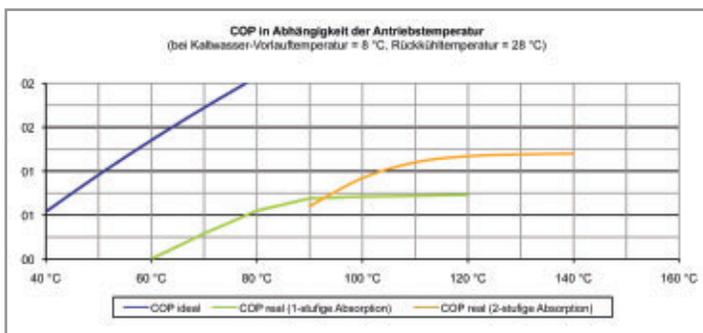
ganzheitlich und langfristig, so verlagern sich ökonomische und ökologische Argumente weg von Kompressionskältemaschinen hin zu thermisch betriebenen Kälteaggregaten.

Anstatt eines mechanischen Verdichters bei Kompressionskältemaschinen kommt bei Absorptionskälteanlagen ein so genannter thermischer Verdichter zum Einsatz.



**Vereinfacht ist der Kühlkreislauf anhand der Aufgaben der einzelnen Komponenten zu beschreiben:**

- Verdampfer:** Dem Kaltwasser der Klimaanlage wird durch das Verdampfen des Kältemittels Wärme entzogen. Hier wird die Kälte erzeugt.
- Absorber:** Ein Lösungsmittel absorbiert das Kältemittel, dabei steigt der Druck im Kreislauf an.
- Austreiber:** Durch Zufuhr von Wärme werden Lösungsmittel und Kältemittel wieder getrennt.
- Kondensator:** Das Kältemittel kondensiert und die dabei freiwerdende Wärme wird über eine Rückkühlanlage abgeführt.
- Drossel:** Das Kältemittel wird auf Verdampfendruck entspannt.



Das Diagramm zeigt, dass die realen Leistungszahlen deutlich unter dem dealen COP (Coefficient of Performance) liegen und die Abwärme mindestens auf einem Temperaturniveau von 80 °C liegen sollte. Abwärmepemperaturen über 120 °C bringen im realen Prozess keine weiteren Verbesserungen des Wirkungsgrades.

**Bestimmend für den Wirkungsgrad einer thermischen Kälteanlage sind die 3 folgenden Parameter:**

- Je höher das Temperaturniveau der Antriebswärme (Abwärme), umso höher ist der Wirkungsgrad.
- Je höher die Kaltwassertemperatur im Vorlauf des Kühlsystems ist, umso höher ist der Wirkungsgrad.
- Je niedriger die Temperatur der Rückkühlanlage im Kondensator ist, umso höher ist der Wirkungsgrad.

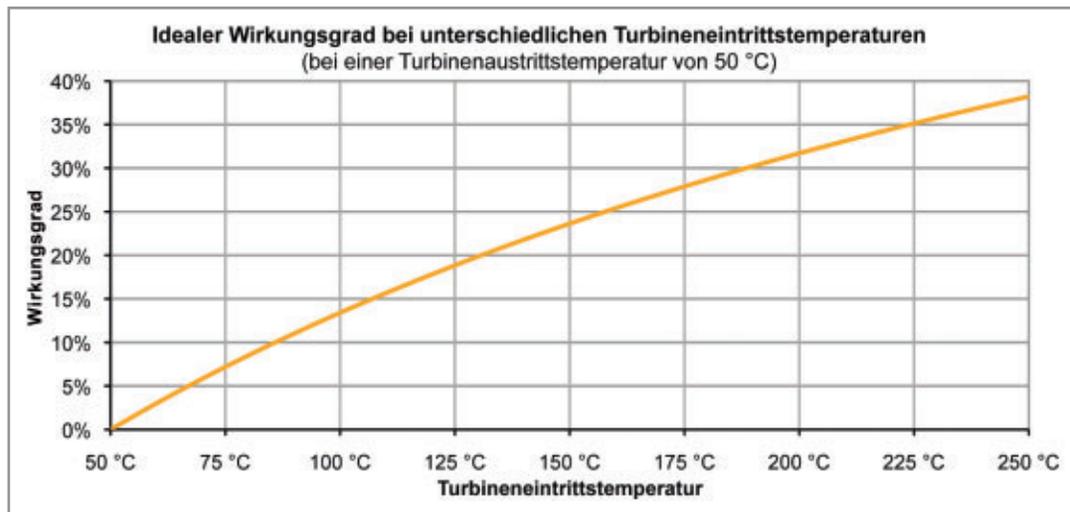


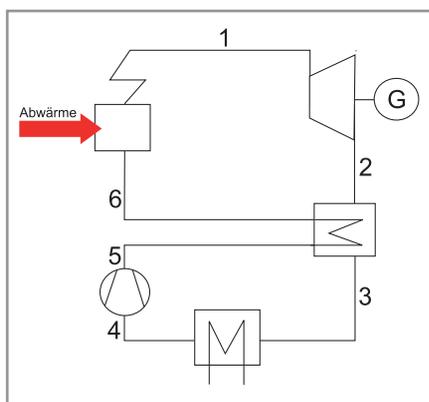
## Erzeugung elektrischer Energie mittels ORC

Mit dem Organic Rankine Cycle (ORC) kann selbst Abwärme auf relativ niedrigem Temperaturniveau in hochwertige elektrische Energie umgewandelt werden. Mit der Möglichkeit zur Einspeisung in das öffentliche Netz kann die Abwärme auch noch genutzt werden, wenn kein Bedarf an Wärme oder Kälte im Betrieb oder in der Umgebung des Betriebes besteht.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Wasserdampfprozessen wird beim ORC-Prozess an der Stelle von Wasserdampf ein organisches Arbeitsmedium, welches bereits bei niedrigeren Temperaturen als Wasser vollständig verdampft, eingesetzt. Deshalb ist es nicht notwendig, Wärme auf einem hohen Temperaturniveau für den Betrieb einer Turbine zu verwenden. Abhängig vom Temperaturniveau der Wärmequellen können unterschiedliche Arbeitsmittel gewählt werden, um die Wärme optimal zu nutzen. In der Regel wird die Wärme nicht direkt, sondern über einen Thermoölkreislauf an das organische Arbeitsmedium übertragen. Entscheidend für den Ertrag und folglich der Wirtschaftlichkeit einer ORC-Anlage ist das Temperaturniveau der Abwärme.

Das Diagramm zeigt den idealen Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Turbineneintrittstemperatur. Die real erzielten Wirkungsgrade liegen etwa um 15 bis 50 Prozent darunter. Das Temperaturniveau der Abwärme liegt wegen der Verluste bei den Wärmeübertragern und im Thermoölkreislauf über der Turbineneintrittstemperatur.

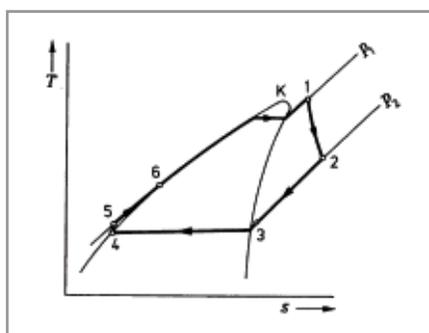




Das Schaltbild und das T;S-Diagramm zeigen den Verlauf eines ORC-Prozesses:

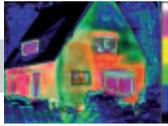
- 1 → 2: Expansion des organischen Arbeitsmittels in einer Turbine
- 2 → 3: Innerer Wärmetausch zur Verbesserung des Wirkungsgrades
- 3 → 4: Kondensation des Arbeitsmittels
- 4 → 5: Druckerhöhung in einer Pumpe
- 5 → 6: Vorwärmung durch inneren Wärmetausch
- 6 → 1: Erwärmung, Verdampfung und Überhitzung des Arbeitsmediums durch die Abwärmequelle

Die erzielbaren Wirkungsgrade im Vergleich zu herkömmlichen kalorischen Kraftwerken scheinen auf den ersten Blick sehr niedrig. Dafür ist es aber nicht notwendig, hohe Temperaturen im Verdampfer zu erzielen. Deshalb befinden sich die Einsatzgebiete von ORC-Modulen unter anderem in der Geothermie und in der Abwärmenutzung. In den letzten Jahren erlangte diese Technologie vor allem durch den Einsatz in Biomassekraftwerken Marktreife.



Aus wirtschaftlicher Sicht ist eine ORC-Anlage interessant, wenn ganzjährig Wärme auf dem benötigten Temperaturniveau anfällt. Dadurch sind die Voraussetzungen für die Nutzung industrieller Abwärme besonders günstig, da die industriellen Abwärmequellen konstant und beinahe das ganze Jahr über Wärme liefern, was bei Biomasse Heizkraftwerken nicht der Fall ist.

ORC-Anlagen zeichnen sich besonders durch eine hohe Zuverlässigkeit und niedrige Betriebskosten aus. Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die thermische Hülle von Neubauten und der Sanierung von bestehenden Gebäuden bei gleichzeitig steigendem Strombedarf wird es in Zukunft immer wichtiger, vorhandene Wärmepotenziale zur Stromerzeugung zu nutzen.



# Dezentrale Energie-Konzepte

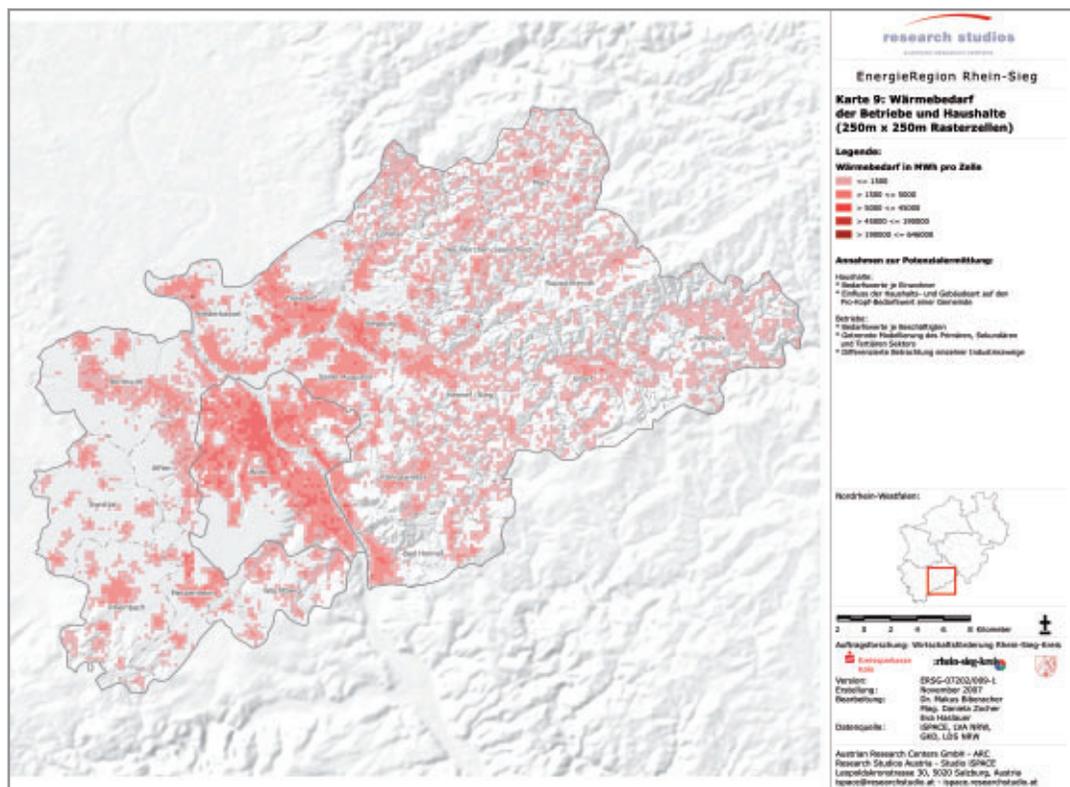
Arndt Schäfer – ascem – Arndt Schaefer Chemicals Environment Metals

## Verbundprojekt Windeck: Dezentrale Energie-Autarkie

Wärmenutzer und Wärmeerzeuger zusammen zu bringen, fördert dezentrale Energie-Konzepte. Dabei können regionale Wärmeangebote zielgerichtet genutzt werden – sofern die regionalen Wärmeangebote bekannt sind. Dies schont die Umwelt durch Ressourcen-Einsparung. In einem Verbundprojekt-Vorhaben soll eine Win-Win-Situation für gewerbliche Nutzer mit der Kommune und mit privaten Nutzern geschaffen werden.

### Energierregion Rhein-Sieg

Die Energierregion Rhein-Sieg ist eine Modellstudie des Rhein-Sieg-Kreises. In der Studie werden die regional verfügbaren erneuerbaren Energieressourcen und die Energiebedarfe von Haushalten und Gewerben in einer Gesamtbilanz (Makro-Analyse) betrachtet. Grundlage dieser wissenschaftlich systematischen Studie sind amtliche Daten. Die Ergebnisse werden in einem interaktiven digitalen Kartenwerk unter <http://www.energieregion-rhein-sieg.de> online vorgestellt.



Wärmenetze



## Forum Innovation

Das Forum Innovation der IHK Bonn/Rhein-Sieg ist eine Plattform für innovative Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen. Das Forum veranstaltet vierteljährliche Workshops zu den unterschiedlichsten Themen ([www.forum-innovation.de](http://www.forum-innovation.de)).

Ideenvielfalt wecken und aktiv umsetzen: das ist Gegenstand des Forums Innovation und wird durch Workshops und Netzwerkbildungen gefördert.

## Workshops und Networking

In den moderierten Workshops des Forums Innovation kommen Menschen mit unterschiedlichem (interdisziplinären) Fachwissen zusammen, die gemeinsam Antworten auf die Fragestellung des einladenden Unternehmens entwickeln bzw. Lösungswege aufzeigen. Es geht dabei nicht nur darum, Prozesse anzuregen, sondern vielmehr darum, Innovationen systematisch zu begleiten und zu entwickeln.



Im Juni 2010 wurde ein Workshop zum Thema „Konzepte für die lokale Zusammenführung von Wärmeerzeugern und -nutzern“ in Windeck erfolgreich durchgeführt. Windeck ist die flächengrößte Gemeinde des Rhein-Sieg-Kreises und liegt im südlichen NRW. Einladendes Unternehmen war die ASCEM, Hersteller gießerei-technischer Erzeugnisse.

Vorhandene Wärmequellen (Prozesswärme) im gewerblichen Bereich sind dort Extruder zur Herstellung von Kunststoff-Recyclaten, hydraulische Pressen, ferner ein geplanter Sinterofen für Formteile und ein geplantes BHKW. Die Anlagen sind in einer Industriehalle mit einer Nutzfläche von ca. 9.000 m<sup>2</sup>, mit einem Nutzinhalt von ca. 95.000 m<sup>3</sup> untergebracht.



Abwärme spart in zweierlei Hinsicht Energie: Jene, die für die Ableitung oder Kühlung der heißen Prozesswärme nötig wäre, und jene, die sonst für die Wärmeverbraucher produziert werden müsste.

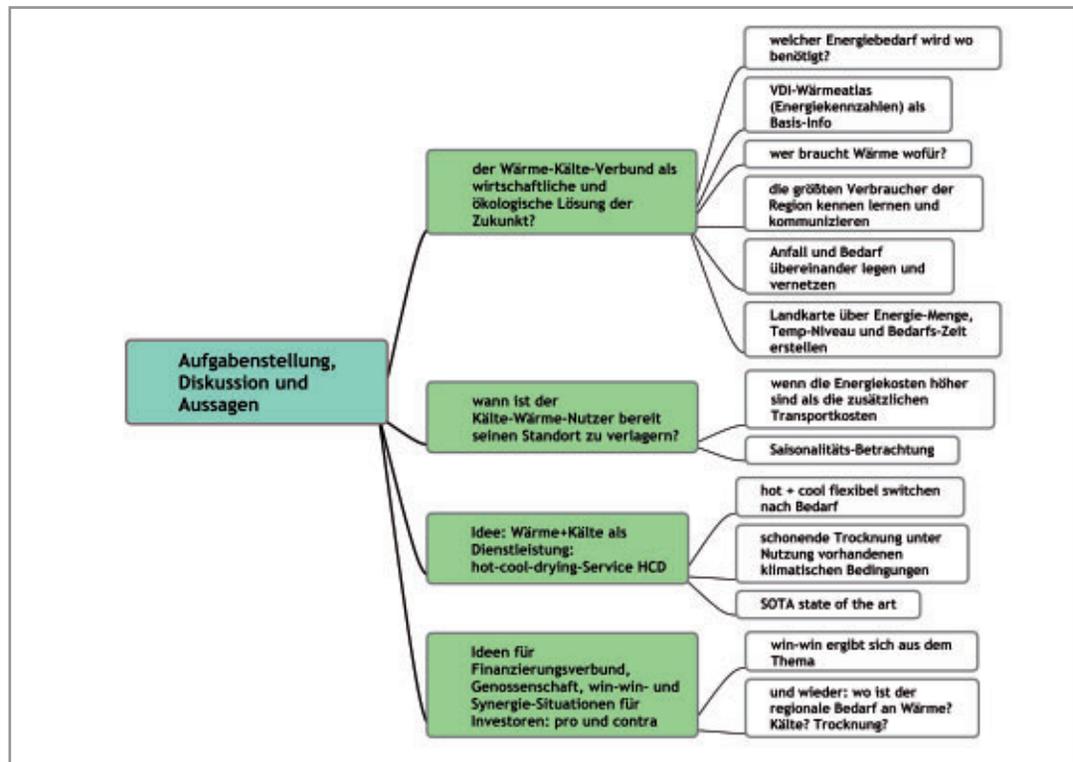
Ziel ist die wirtschaftlich sinnvolle Verknüpfung der Wärmequellen mit Wärmenutzern, einschließlich Wärmespeicherung, um eine neue Kultur dezentraler Energie- und Win-Win-Konzepte umzusetzen.

Der Workshop und die entstehenden Netzwerke helfen Ideen zu generieren, zu planen und aktiv umzusetzen.



## Themen und Fragestellungen im Workshop

- Energie-Einsparung vor alternativer Energie-Erzeugung: Nutzungsmöglichkeiten von Prozess-abwärme < 100°C
- Kraft-Wärme-Kopplung im kleinen und mittleren Leistungsbereich
- Überlegungen zum Wärme-Kälte-Verbund als wirtschaftliche und ökologische Lösung der Zukunft
- Evaluierung, wann ein Wärme-Kälte-Nutzer bereit ist, seinen derzeitigen Standort zu verlagern, um ein energieeffizienteres lokales Wärmenetz nutzen zu können?
- Ideenentwicklung für local-hot-cool-dry-Nutzer mit Bewertungsprofil
- Ideen für einen geeigneten Finanzierungsverbund unter den Gesichtspunkten, wo die größten Synergie- und Win-Win-Potentiale realisiert werden können, PPP, etc.



## Regionale Netzwerke

Regionale Netzwerke bieten vielfältige Möglichkeiten, miteinander ins Gespräch zu kommen und aktiv zu handeln. Netzwerke fördern die Verfügbarkeit von Informationen und machen diese lebendig.



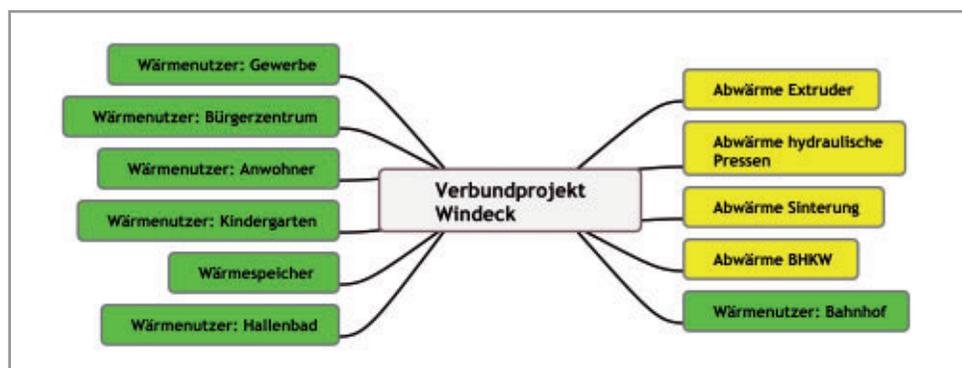
## Win-Win für das geplante Verbundprojekt

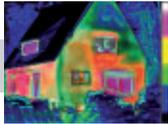
Vielfältige Win-Win-Situationen ergeben sich im geplanten Verbundprojekt:

- für gewerbliche Nutzer mit einer Vielzahl unterschiedlichster Nutzungsmöglichkeiten (z. B. durch das local-hot-cool-dry-net),
- für die Gemeinde, den Wärmebedarf kommunaler Gebäude preiswert zu decken (Kindergarten, Schule, Bahnhof, Hallenbad),
- bis hin zum privaten Hausbesitzer per Nahwärmenetz.

Im Rahmen des Workshops wurden die Notwendigkeiten klar, mehr über den regionalen Bedarf für Wärme, Kälte und Trocknung sowie die Bedarfszeiten zu wissen und das Angebot zu erfahren, miteinander ins Gespräch zu kommen.

Weiteres Ziel ist die Erstellung einer Landkarte mit Einzelbilanzen um das Wärmeangebot, den Wärmebedarf und die Bedarfszeiten transparenter und damit planbarer zu machen (Mikro-Analyse). Dadurch wird eine sinnvolle Ergänzung zum bereits vorhandenen interaktiven digitalen Kartenwerk Energie-Region-Rhein-Sieg geschaffen.





# Vernetzung von Wärmequellen und Wärmesenken

Arndt Schäfer – ascem – Arndt Schaefer Chemicals Environment Metals

## Aufbau eines LE-OSS (Lokale Energie – one-stop-shop)

Gedanken über mögliche Verknüpfungen von Wärmeerzeugern und Wärmennutzern mag es viele geben; aber wie können diese Verknüpfungen nachhaltig, wirtschaftlich und fachgerecht umgesetzt werden?

Damit gute Ideen nicht ungenutzt brach liegen, ist die lokale Kommunikation der möglichen Beteiligten und eine professionelle Unterstützung für mögliche Projekte wichtig.

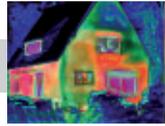
Dies kann durch ein LE-OSS (lokale Energie – one stop shop) sichergestellt werden. Hier lassen sich lokale und überregionale, unabhängige und neutrale Informationen, zuständige Behörden und aktive Netzwerke bündeln, um Projekte tatkräftig bei ihrer Umsetzung zu unterstützen und zu fördern.

Dabei werden folgende Disziplinen unterstützt:

- Technologie: Was ist heute machbar und nachhaltig umsetzbar?
- Ökologische Nachhaltigkeit: Ressourcen-Effizienz und Energievermeidungspotentiale erkennen;
- Ökonomische Nachhaltigkeit: Berechnung der Wirtschaftlichkeit mittels Businessplan;
- Genehmigungsverfahren: Unterstützung der zuständigen Behörden durch kurze Wege;
- Finanzierung;
- Treffpunkt für Wärme-Angebot und -Nachfrage;
- Ideentreffpunkt und -austausch

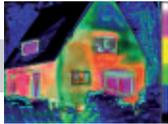
Für die Umsetzung dezentraler Energie-Konzept-Projekte ist ein LE-OSS (one-stop-shop) eine geeignete Umsetzungshilfe. Die vorstellbaren Dienstleistungen und Informationsquellen des LE-OSS sind:

- rasche Abwicklung über eine zentrale Stelle,
- persönliche Ansprechpartner und fundierte Beratung,
- Schaffung eines einheitlichen Ansprechpartners (gemäß EU-Dienstleistungsrichtlinie),
- vollständige Unterstützung aller Projektbelange,
- Herstellung von Transparenz, um die Struktur des Projektes, seine Kosten und das Genehmigungsverfahren transparenter zu machen,
- Einbindung aller Genehmigungsbehörden mit verlässlichen Terminzusagen,



- Zurverfügungstellung von Netzwerklinks zu anderen Verbundprojekten, Unternehmen, Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen, Hochschulen, Handwerk, Wirtschaftsförderung, Effizienz-Agentur, etc.,
- Zurverfügungstellung von Infos zum Standort und zur Infrastruktur,
- Zurverfügungstellung von Infos zur Finanzierung und Förderung, UVP, etc.
- Zurverfügungstellung und Prüfung rechtlicher Rahmenbedingungen,
- Unterstützung bei der Personalsuche und Mitarbeiterqualifikation, = weniger Bürokratie zur schnelleren Zielerreichung, insbesondere durch
- LE-OSS-online
  - um den Faden jederzeit wieder aufnehmen zu können,
  - um über den aktuellen Projektstatus informiert zu werden (SOLL-IST-Vergleich)
  - um aus best-practice zu lernen und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess sicherzustellen

Miteinander ins Gespräch kommen, Erfahrungen austauschen, nachhaltig entwickeln und aktiv handeln ist Win-Win für die Gestaltung unserer Zukunft.



# Geschäftsmodelle im Bereich Abwärmenutzung

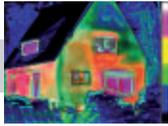
Ralph Büchele – Roland Berger Strategy Consultants

Der Markt im Bereich Abwärmenutzung bietet gemessen an den bislang noch weitgehend ungenutzten Potenzialen attraktive Wachstumsperspektiven. Ein verändertes Umweltbewusstsein und steigende Energiekosten führen zu einer regen Nachfrage nach innovativen Technologien und Lösungen. In den letzten Jahren haben sich als Antwort darauf bereits neue profitable Geschäftsmodelle entwickelt. Heute sind auf allen Stufen der Wertschöpfungskette Unternehmen aktiv: Diese reichen vom traditionellen Energieversorger über Hersteller von Heiz- und Klimatechnik bis hin zu innovativen Startup-Unternehmen. In unterschiedlicher Weise und Intention haben die Unternehmen den Sektor Abwärme für sich erschlossen und ökonomisch nutzbar gemacht.

So sind die traditionellen Energieversorger bestrebt, Strom und Wärme enger zusammenzubringen. Sie forcieren den Ausbau ihrer Fern- und Nahwärmenetze, um beispielsweise die großen Potenziale der Kraft-Wärme-Kopplung noch besser auszuschöpfen und in Zukunft deutlich mehr Menschen direkt mit Wärme versorgen zu können. Allein in Berlin mit dem dortigen Versorger Vattenfall erfolgt derzeit jährlich ein Ausbau des Fernwärmenetzes um bis zu 25 km, rund 35.000 Wohneinheiten werden dort pro Jahr neu an dieses Netz angeschlossen. Mit Nachdruck wird so auch die Integration der großen anfallenden Mengen an Abwärme aus den Kraftwerken vorangetrieben. Wenn es sich dabei um Biomassekraftwerke handelt, wird zugleich ein erneuerbarer Energieträger fest in das Fernwärmenetz integriert. So sollen beispielsweise in Berlin und Hamburg bis Ende 2020 vier Biomasseheizkraftwerke in Betrieb gegangen sein. Durch die Nutzung von Wärme gelingt es den traditionellen Energieversorgern, die Erfüllung des gesetzlich vorgeschriebenen Energiemix zu gewährleisten. Zugleich erhöhen sie den Wirkungsgrad ihrer Kraftwerke und erweitern ihr Serviceportfolio, indem sie neben Strom das Produkt Wärme anbieten. Hinter den beschriebenen Aktivitäten der Kraftwerksbetreiber steht die zunehmende Konvergenz von Strom und Wärme. Diese Konvergenz ist ein Trend, der unmittelbar auch das Geschäftsfeld der Hersteller von Heiz- und Klimatechnik beeinflusst: Durch das verstärkte Anbieten von Wärme durch Stromkonzerne bekommen sie zusätzliche Konkurrenz. Hierauf haben Unternehmen wie Buderus oder Viessmann mit einer Ausweitung ihres eigenen Geschäftsmodells reagiert. Sie schaffen sich neue Erlösformen, indem sie technischer Planer und Ausrüster für Abwärmeerfassung und -weiterleitung werden und als Betreiber der Anlagen für Industrieunternehmen und Wohnungsgesellschaften tätig werden. Zudem nehmen sie verstärkt Produkte wie Mikro-Blockheizkraftwerke (3–15 kW) in ihr Portfolio auf, mit hohem Wirkungsgrad für die dezentrale Energieversorgung auch im Privatbereich und bei kleinen Wohneinheiten. Auf diese Weise erweitern sie ihr bisheriges Produktspektrum als Antwort auf veränderte Kundenbedürfnisse. Eines wird dabei schnell deutlich: Chance und Bedrohung der Abwärmenutzung liegen für Hersteller von klassischer Heiz- und Klimatechnik eng beieinander.



Dynamische Geschäftsfelder wie der Bereich der Abwärmenutzung bieten auch Raum für innovative Unternehmensneugründungen. Ein gutes Beispiel bietet die e2-power GmbH, die mittels Abwärme-Contracting einen lukrativen Markt erschlossen hat. Das Unternehmen bietet seinen Kunden maßgeschneiderte Lösungen zur Abwärmenutzung. Im Fokus steht dabei die Stromerzeugung aus Abwärme durch den Einsatz moderner Organic-Rankine-Cycle-Technologie (ORC). Der Vorteil ist, dass die ORC-Technologie auch dann zum Einsatz kommen kann, wenn das Temperaturgefälle zwischen Wärmequelle und -senke sehr niedrig ist. Dieses Energiepotenzial bislang ungenutzter Abwärme wird aufgegriffen, um es mithilfe von Niedertemperaturtechnik in elektrischen Strom umzuwandeln. Wichtigste Kunden sind Industrie- und Gewerbebetriebe aber auch Betreiber von Biogasanlagen, die beispielsweise eine Nachrüstung ihrer Anlagen zur Nutzung der Kühlwasserwärme anstreben. Die Konfiguration und Anschaffung der ORC-Anlagen, deren Anschluss, Wartung sowie Service und Beratung bezüglich des Vertragsverhältnisses zwischen Kunden und Energieversorgungsunternehmen werden komplett vom Contracting-Anbieter übernommen. Im Gegenzug erhält dieser einen Teil der durch die Nutzung der Abwärme erwirtschafteten Erlöse durch Einspeisung oder einen Anteil an der Einsparung bei der Deckung des Eigenbedarfs.



# Ausblick

PD Dr.-Ing. Bert Bosseler – IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur

Energie sollte nicht ungenutzt in die Umwelt entweichen. Abwärmenutzung ist hier ein wesentlicher Beitrag. Der Cluster Umwelttechnologien.NRW will Potenziale aufzeigen und die Vielzahl möglicher Verbraucher und Anbieter zusammen bringen. Auch für mittlere und kleinere Gewerbebetriebe bieten moderne Verfahren zur Erzeugung, Fassung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Wärme neue Perspektiven. Die vorliegende Broschüre stellt anhand von Beispielen eindrucksvoll dar, wie die dezentrale Erzeugung und Nutzung von Wärme gefördert werden kann.

Die technischen Voraussetzungen zur rationellen und flächendeckenden (Ab-)Wärmenutzung sind gerade in NRW grundsätzlich gegeben. Allerdings sind auch Hindernisse zu überwinden, wenn die geografische Nähe zwischen Verbraucher und Anbieter fehlt. Neue technische Lösungen zur besseren Vernetzung und Speicherung setzen hier an. Gerade der Untergrund bietet hier noch viele Handlungsfreiheiten und Innovationsspielräume.

Darüber hinaus sind echte Infrastrukturkonzepte gefragt, um die Verbindung der vielen Quellen mit den vielen Nutzern und neuen Speichermöglichkeiten strukturiert zu entwickeln. Die politischen Rahmenbedingungen können hier von entscheidender Bedeutung sein, um Zuständigkeiten zu klären und die Verantwortlichkeit für Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung des Gesamtsystems zu stärken. Alle Akteure sind gefragt, hierzu geeignete Modelle zu entwickeln und in der Praxis zu erproben. Herausragende Fragestellungen sind:

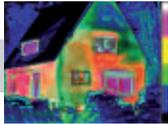
- Kleinräumige Vernetzung: Für kleingewerbliche Strukturen sind Vernetzungskonzepte zu entwickeln und z. B. kritische Vernetzungsgrößen zu bestimmen.
- Verteilte Wärmepufferung/-speicherung: Diskontinuitäten in der Wärmeerzeugung müssen gerade auch bei einer Vielzahl von dezentralen Wärmequellen ausgeglichen werden. Die Weiterentwicklung modularer Speicher ist ebenso gefragt, wie ein geeignetes Speicher-/Puffermanagement.
- Netzzugang: Der Netzzugang zu Nah- und Fernwärmenetzen ist für kleine Anbieter und Nutzer zu verbessern. Hierzu sind insbesondere technische Hemmnisse zu überwinden.



In der konkreten Umsetzung wollen die Autoren der vorliegenden Broschüre das Thema „Nutzung von Abwärme“ weiter voranbringen. Pilotprojekte bieten sich zu zwei Schwerpunkten an:

- **Anbieter und Verbraucher zusammenbringen:** Der Aufbau von Nahwärmekonzepten setzt umfassende Kenntnis über Lage und Umfang von Wärmequellen und möglichen Wärmesenken voraus. Das Wissen über die Verteilung von Anbietern und Nutzern unterstützt die Konzeptentwicklung. Beispielprojekte wie die „Energierregion Rhein-Sieg“ sorgen für Transparenz, beschränken ihr Informationsangebot allerdings auf erneuerbare Energien wie Solarenergie und Geothermie. Der Aufbau umfassender Informations- und Beratungsangebote zur Identifizierung von Anbietern und Verbrauchern von Wärme bietet sich gerade zur Nutzung industriell-gewerblicher Abwärme an.
- **Netze umweltfreundlich ausbauen:** Die Kosten der Infrastruktur dominieren die Entscheidung für oder gegen eine Nutzung von (Ab-)wärme. Gerade in dicht besiedelten Räumen ist es notwendig, die Netze mit grabenlosen Bautechniken zu erweitern. Üblicherweise werden Nah- und Fernwärmenetze jedoch durch Verlegung in offenen Gräben ausgebaut, da Bautechniken und Rohrleitungen bereits für die weitergehenden Anforderungen aus Temperaturbeanspruchungen und Wärmedämmung optimiert sind. Erfahrungen mit im Wasser- und Gasnetzbereich verbreiteten grabenlosen Bauverfahren sollen genutzt, geeignete Anforderungen definiert und Pilotbaustellen in grabenloser Bauweise bei Netzbetreibern in NRW ausgeführt werden. Umweltschutz und kostengünstiges Bauen gehen hier Hand in Hand.

Aktiver Umweltschutz fordert alle Akteure, (Ab-)Wärmenutzung kann einen wichtigen Beitrag leisten.



## Autorenverzeichnis

Dipl.-Ing. Christa Morgenschweis  
Grontmij GmbH  
Graeffstraße 5, 50823 Köln



Dr. G. Seibert-Erling  
setacon GmbH  
Augustinusstraße 9b, 50226 Frechen  
Tanja Etges  
john becker ingenieure  
Heppendorferstr. 3, 50170 Kerpen



Dipl.-Ing. Thomas Bauer  
Aggerverband  
Sonnenstraße 40, 51645 Gummersbach



Dipl.-Ing. Uwe Lorenz  
STAWAG – Betriebsführung Abwasser  
Lombardenstr. 12-22, 52070 Aachen



Dr. Wolfgang Kühn und Josef Esser  
LINEG – Wasserwirtschaft/Fachbereich Energie  
Friedrich-Heinrich-Allee 64, 47475 Kamp-Lintfort



Gerald Menzler  
VIK e. V.  
Richard-Wagner-Straße 41, 45128 Essen



Dipl.-Ing. Ute Klümper  
Uponor GmbH  
Prof.-Katerkamp-Str. 5, 48607 Ochtrup  
und  
Mario Erdmann  
Burscheider Flanschenhandel GmbH  
Industriestr. 81a, 51399 Burscheid



Andreas Klein  
EBERO GmbH & Co. KG  
August-Euler-Str. 3, 50259 Pulheim



Dipl.-Ing. Thomas Döking  
E.ON Fernwärme GmbH  
Bergmannsglückstr. 41-43, 45896 Gelsenkirchen





Prof. Dr. Schetelig  
Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH  
Preusweg 74, 52074 Aachen



Arndt Schäfer  
ascem – Arndt Schäfer Chemie und Umwelt GmbH  
Schöneckerweg 8, 51570 Windeck-Schladern



Ralph Büchele  
Roland Berger Strategy Consultants GmbH  
Mies-van-der-Rohe-Str. 6, 80807 München



PD Dr.-Ing. Bert Bosseler  
IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur  
Exterbruch 1, 45886 Gelsenkirchen



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Nordrhein-Westfalen herausgegeben. Sie darf weder von Parteien, noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen sowie auch für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Eine Verwendung dieser Druckschrift durch Parteien oder sie unterstützende Organisationen ausschließlich zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder bleibt hiervon unberührt. Unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

**Cluster Umwelttechnologien.NRW**  
c/o Roland Berger Strategy Consultants  
Karl-Arnold-Platz 1, 40474 Düsseldorf  
[www.umweltcluster-nrw.de](http://www.umweltcluster-nrw.de)



**Förderhinweis**



**EUROPÄISCHE UNION**  
*Investition in unsere Zukunft*  
**Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung**