THERMISCHEN NETZE: PROJEKTENTWICKLUNG

VORGEHEN UND ERFAHRUNGEN

Der Auf- und Ausbau von Wärmnetzen ist eine Grundlage, um die riesigen Energiequellen wie Abwasser, See-, Fluss- und Grundwasser sowie Abwärme zur Beheizung von Gebäuden vermehrt zu nutzen und die CO_2-Emissionen in der Schweiz massgeblich zu reduzieren. Damit diese Ziele erreicht werden können, müssen viele weitere Projekte realisiert werden. Dazu braucht es «Brückenbauer» zwischen Wärmequellen und geeigneten Wärmeabnehmern. Fachleute berichten, wo die Chancen und wo die Hindernisse liegen.

Ernst A. Müller, InfraWatt*
Christoph Bollinger, 3-Plan Haustechnik AG
André Flückiger, eicher+pauli

RÉSUMÉ

DÉVELOPPEMENT DE PROJET DE RÉSEAUX THERMIQUES – DÉMARCHE ET EXPÉRIENCES

Les réseaux thermiques représentent l'avenir, de même que l'utilisation de la chaleur des eaux usées comme source d'énergie inexploitée. Seuls les réseaux thermiques permettront d'exploiter les immenses sources de chaleur locales et d'atteindre l'objectif de neutralité carbone d'ici 2050. Il reste donc beaucoup de réseaux thermiques à créer. Mais comment les développer? Il faut des incitations financières, comme le propose déjà la *Fondation KliK*, qui seront encore renforcées par la nouvelle loi sur le CO_2. Un nombre suffisant de spécialistes compétents est nécessaire, et la formation initiale et continue doivent être renforcées. Il est nécessaire d'élaborer une planification de l'approvisionnement spatial en chaleur dans les communes, qui définissent en premier lieu des zones d'utilisation des énergies locales à l'aide de réseaux thermiques. Cette planification énergétique doit être effectuée par les communes. Il faut surtout des initiatives et des institutions ou personnes disposant d'un bon réseau, qui créent des passerelles entre les sources d'énergie et les clients potentiels et suscitent des projets. Enfin et surtout, un développement de projet soigné constitue la base nécessaire à la poursuite de l'augmentation des réseaux de chaleur.

AUSGANGSLAGE

Die Fachleute der Wärmeinitiative Schweiz (WIS) gehen davon aus, dass thermische Netze stark zunehmen, von heute 8 auf 27% bis 2050 *(vgl. A&G 9/20, S. 56)*. Für die Versorgung dieser Netze würden die ortsgebundenen Energiequellen wie Abwasser der Kläranlagen (ARA), Abwärme der Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) und See- oder Grundwasser ausreichen. Abseits dieser Standorte kommen Erdwärme, mitteltiefe Geothermie oder überall Solarenergie und Luft infrage sowie Holz. Letzteres kann überallhin transportiert werden, zudem bietet es unter den erneuerbaren Energien die einzige Alternative zur Deckung des grossen, hochtemperaturigen Prozesswärmebedarfes.

THERMISCHE NETZE: BRÜCKENBAUER VON WÄRMEANGEBOT UND WÄRMEABNEHMER

Für die Entwicklung von thermischen Netzen braucht es zwei Voraussetzungen: eine ausreichende Wärmequelle und geeignete, grössere Wärmeabnehmer oder dicht überbaute Siedlungsgebiete. Beide Seiten haben unterschiedliche Bedürfnisse und

** Kontakt: mueller@infrawatt.ch*

müssen für den Start eines Projekts zusammengebracht werden.
Wärmeverbünde wurden bisher weitgehend vonseite der Wärmequelle initiiert, vor allem von der Holzbranche. Ein wichtiger Grund dafür ist ein grosses Bedürfnis, Energieholz abzusetzen, wofür sich Förster, Waldbesitzer und betroffene Firmen in den Gemeinden und Regionen sehr aktiv einsetzen.
Seitens der Wärmequelle Abwasser fehlten bisher diese Initianten, da die primäre Aufgabe der Kläranlagen die Abwasserreinigung ist. Inzwischen machen sich aber immer mehr Kläranlagenbetreiber Überlegungen zu ihrer mit Abstand grössten Energiequelle: die ARA-externe Abwasserwärmenutzung wie sie im Leitfaden «Energie in ARA» beschrieben wird [1]. Der Verein *InfraWatt* kann Kläranlagen bzw. Gemeinden landesweit – dank Unterstützung von *EnergieSchweiz* – eine kostenlose Grobabklärung über das Wärmepotenzial des Abwassers der ARA und gestützt auf GIS-Karten über potenziell geeignete Wärmeabsatzgebiete anbieten, ergänzt mit einer Beratung zum weiteren Vorgehen und zu den Fördermöglichkeiten *(s. Box)*.
Was die Seite Wärmeabnehmer betrifft, so verfolgen Gebäudebesitzer bei einem Heizungsersatz oder einem Neubau meist eine Einzelheizung. Selbst wenn in einem Gebiet eine Verbundlösung sinnvoll wäre, fehlt die Zeit, um auf den Aufbau eines Wärmeverbundes zu warten. Wärmeverbundprojekten kann dies zum Verhängnis werden. Denn haben grössere Bauten im Einzugsgebiet bereits eine neue Einzelheizung realisiert, ist der Wärmeabsatz zu klein für einen wirtschaftlichen Verbund geworden. In den Siedlungsgebieten braucht es also dringend eine vorausschauende Planung der Wärmeversorgung und eine rasche Umsetzung der Wärmeverbundprojekte. Ein wichtiges Werkzeug dazu sind kommunale oder kantonale Energierichtpläne.

ENERGIEPLANUNG ALS ZENTRALE GRUNDLAGE

Die Gemeinden nehmen eine zentrale Rolle bei der Entwicklung von Wärmeverbünden ein. Ihnen obliegt die Aufgabe bzw. in gewissen Kantonen sogar die Pflicht, eine Energieplanung zu erstellen. Einerseits werden die Energiequellen und ihre Potenziale identifiziert und andererseits entsprechende Versorgungsgebiete ausgeschieden. Dabei haben die ortsgebundenen hochtemperaturigen Energiequellen (Abwärme aus KVA oder Industrie) vor den ortsgebundenen niedertemperaturigen Energiequellen (Abwasser, See- und Grundwasser) Priorität vor den nicht ortsgebundenen Energiequellen (Erdreich, Sonne, Luft und Holz etc.).
Die Erstellung von Energieplänen reicht aber noch nicht. Wichtig ist, dass die Gemeinden den Vollzug bzw. die Umsetzung der Energieplanung aktiv unterstützen. Mit der Beauftragung von ersten Machbarkeitsstudien können sie aktiv Wärmeverbundprojekte initialisieren und die Entscheidungsträger seitens Wärmequelle und Wärmeabnehmer zusammenbringen. Insbesondere dort, wo auch eigene kommunale Gebäude betroffen sind, können sich die Gemeinden aktiv für die Realisierung von Verbünden einsetzen. Schliesslich werden gute Projekte heute finanziell unterstützt und gefördert *(Box)*.

ERFOLGSFAKTOR: GANZHEITLICHE PROJEKTENTWICKLUNG

Eine saubere und gesamtheitliche Betrachtung ist für die Entwicklung der Projekte von thermischen Netzen ein wesentlicher Erfolgsfaktor *(Fig. 2)*. Folgende Inhalte bzw. Bearbeitungsschritte gilt es dabei anzugehen:

ERMITTLUNG WÄRMEPOTENZIAL VON ARA UND ABNEHMER IN UMGEBUNG

ARA Wohlen: Einwohnergleichwerte	62 500
Heizwärmepotenzial aus bivalenter Anlage (WP-COP=3.0; 40% Leistungs-; 75% Energieabdeckung) [MWh/a]	30 079

Wärmeangebot aus ARA	30 Mio. kWh/a
Wärmenachfrage	total 42 Mio. kWh/a
Distanz zu Bezügern	bis zu 2 km
Siedlungsgebiete (rote Quadrate)	19 Mio. kWh/a oder 9 MW
Feuerungen (violette Kreise)	23 Mio. kWh/a oder 8 MW

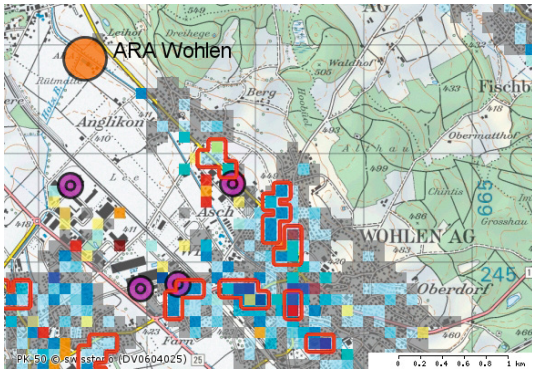

Fig. 1 Rasche Einschätzung von Energiequellen (orange ARA) und potenziell geeigneten Absatzgebieten (rot umrandete Gebiete oder violette Gross-Feuerungen) mit dem Tool von VFS/BFE.

PROJEKTIDEE SKIZZIEREN UND VERMITTELN

Als Erstes gilt es, eine Idee für ein Projekt mit einer groben Vorstellung von Energieangebot und möglichen Absatzgebieten zu haben. Die Grundlagen kann InfraWatt mit einer Grobabschätzung und Beratung liefern. Die Projektidee kann von der Gemeinde, den Bedürfnissen nach Wärmequelle oder Wärmeverbraucher, von Contractoren oder Energiefachleuten ausgehen. Wichtig ist, dass diese Projekt-

FINANZIELLE UNTERSTÜTZUNG VON WÄRMEVERBUNDPROJEKTEN

1. ERSTE GROBABSCHÄTZUNG UND BERATUNG
Verein InfraWatt unterstützt von EnergieSchweiz: *info@infrawatt.ch*

2. FINANZBEITRAG MACHBARKEITSSTUDIEN
- diverse Kantone: entsprechende Energiefachstellen anfragen
- EnergieSchweiz für Gemeinden (Eingabegesuch bis 31.7.2021), bis zu 30 000 Franken für Wärmenetze oder Energiestudien für ARA oder WV
  Information: *mueller.eam@bluewin.ch*
  (s. A&G online)

3. FINANZBEITRAG AN REALISIERUNG
Stiftung KliK: *www.waermeverbuende.klik.ch*
Kantone: *www.energiefranken.ch*

Fig. 2 Vorgehen bei einer sauberen Projektentwicklung. (Quelle: eicher+pauli)

idee in frühem Stadium nach Abschätzung der Chancen den wichtigsten Entscheidungsträgern vermittelt und diese für einen nächsten Schritt gewonnen werden können. Dabei können die Gemeinde als übergeordnete Instanz oder die Betreiber der Energiequelle oder allenfalls bereits die betroffenen Areal- und Gebäudeeigentümer den nächsten Schritt initiieren, nämlich eine Machbarkeitsstudie (Förderungsmöglichkeiten *s. Box).*

VORABKLÄRUNG ODER MACHBARKEITSSTUDIE

In einem zweiten Schritt ist das Projekt detaillierter zu betrachten, entweder zunächst mit einer ersten Abschätzung der Absatzgebiete und der Wirtschaftlichkeit oder gleich mit einer Machbarkeitsstudie, in der die räumliche und technische Machbarkeit verschiedener Projektvarianten geprüft wird. In dieser Phase ist es sinnvoll, die wesentlichen Endkunden einzubeziehen und ihren Bedarf an Wärme und Kälte aufzunehmen. Schlussendlich werden die Kosten, die Wirtschaftlichkeit und die Energiepreise für die Wärmelieferung berechnet. Für die Gemeinden gilt es zu klären, wie die CO_2-Ziele bzw. die Reduktion der fossilen Energien gemäss den damaligen Vorgaben von Bund und Kanton erfüllt und wie mit dem Rückbau des Gasnetzes umgegangen werden soll.

ORGANISATION UND VERMARKTUNG

Nach der Klärung von Standorten für Energiezentralen und Haupterschliessungswegen sowie der Auswahl der bevorzugten Lösungsvariante und Kennen der Investitionen und der Wirtschaftlichkeit geht es darum, eine geeignete Organisation bzw. Trägerschaft für die Umsetzung des Projektes zu finden. Dabei ist eine lösungsoffene Diskussion zwischen Gemeinden, potenziellen Contractoren oder Investoren oft zielführend. Ein gemeinsamer Auftritt stärkt die anschliessende Vermarktung, die Akzeptanz in der Öffentlichkeit und vor allem das Interesse der betroffenen Gebäudeeigentümer bzw. potenziellen Kunden.

GRUNDLAGEN FÜR REALISIERUNGSENTSCHEID

Auf dieser Basis kann die Akquisition der Endkunden durch die Trägerschaft erfolgen. Ziel ist in dieser Phase, ausreichende Absichtserklärungen von Gebäudeeigentümern zu erhalten, die notwendig sind, um den minimalen Energieabsatz bzw. die Wirtschaftlichkeit des Erstausbaus sicherzustellen. Darauf basierend können die Grundlagen für die Planung, Realisierung und damit die Finanzierung sauber erarbeitet werden, damit der Realisierungsentscheid gefällt werden kann.

Bei Bedarf kann es bei grösseren und komplexeren Projekten Sinn ergeben, eine Zweitmeinung *(Due Diligence)* einzuholen, die neben einem Quercheck der erarbeiteten Unterlagen vorausschauend die Chancen und Risiken, die Kompetenzen und Verantwortlichkeiten bewertet.

ERMITTLUNG WÄRMEBEDARF IM GEBAUTEN GEBIET

Für eine erste Betrachtung kann InfraWatt für alle Gemeinden in der Schweiz eine Karte mit potenziell geeigneten Gebieten für Wärmeverbünde anbieten (*Fig. 1).* Für die weiteren Schritte, z. B. Machbarkeitsstudie, braucht es eine genauere Ermittlung des möglichen Wärmeabsatzes. Dazu werden folgende Parameter ermittelt:

- generelle Bebauungsdichte
- Nutzung (Wohnen, Gewerbe, Industrie)
- bereits vorhandene, parzellenübergreifende Energienetze
- Energiebedarf (Wärme, Kälte, ev. E-Mobilität)

Die einfachste Methode zur Ermittlung von Angaben über den Heizenergieverbrauch ist, bei der Feuerungskontrolle oder bei den Gebäudebesitzern nachzufragen. Leider sind diese aber oft nicht verfügbar. In diesen Fällen hat sich eine Ermittlung über das webbasierte geografische Informationssystem (GIS) bewährt, mit dem die gesamte Gebäudefläche über die Grundfläche und die Anzahl Stockwerke ermittelt werden kann. Über die Energiebezugsfläche, die bei Wohnbauten weitgehend der oberirdischen Geschossfläche entspricht, und eine Abschätzung der Energiekennzahlen lässt sich gemäss Norm SIA 380 der Wärmebedarf hochrechnen. Die Energiekennzahlen lassen sich gestützt auf das Baujahr – oder genauer, aufgrund einer Besichtigung – abschätzen.
Für den Warmwasserbedarf kann auf die Standardwerte nach SIA 380/1 abgestellt werden, wobei für Wohnnutzungen ein Bedarf von 21 kWh/m² a und bei Infrastrukturbauten von 7 kWh/m² a angenommenen werden kann *(Fig. 3).*
Im zweiten Schritt stellt sich die Grundsatzfrage nach dem möglichen Betriebsregime der Wärmeverteilung. Anergienetze, auch kalte Fernwärme genannt, haben dank den tiefen Temperaturen den Vorteil, dass sie geringe Verteilverluste verursachen. Die Anergie z. B. aus Abwasser, Seewasser etc. kann über eine hydraulische Trennung mittels eines Zweileitersystems zu den Verbrauchern geführt und dort mittels dezentraler Wärmepumpen auf das benötigte Temperaturniveau transformiert werden. Im Fall einer «warmen Fernwärme» mit einer zentralen Heizanlage können mit Holz oder mit entsprechend grossen Wärmepumpen auch höhere Temperaturen erreicht werden, unterstützt allenfalls von einem Spitzenkessel. Bei Kläranlagen kann zudem überschüssige Abwärme mit höheren Temperaturen aus einem vorhandenen BHWK genutzt werden.

Erfahrungswerte für die energetische Erstbeurteilung von Gebäuden

Effizienzklasse	Beschreibung	Heizwärmebedarf
A	Minergie P- Neubauten	15- 20 kWh/m2 a
B	Neubauten Minergie und MuKen 2014	20- 25 kWh/m2 a
C	Mässig gedämmte Neubauten	25- 35 kWh/m2 a
D	Teilsanierte Altbauten, unsanierte Bauten mit Baujahr bis ca. 1995	35- 45 kWh/m2 a
E	Altbauten mit Erstellungsjahr 1980- 1995	45-100 kWh/m2 a
F	Unsanierte Altbauten mit mässigen Wärmelecken	100- 140 kWh/m2 a
G	Energetisch unsanierte Altbauten mit gravierenden Wärmelecken	140- 160 kWh/m2 a

Teilsanierte Liegenschaften auf den 50- Jahren Der Heizwärmebedarf kann hier mit ca. 50 kWh/m2 angenommen werden

Minergie P- Neubau. Der Heizwärmebedarf beträgt hier nur 15 kWh/m2 a

Durchschnittlicher Neubau mit einem Heizwärmebedarf von ca. 25 kWh/m2 a

Fig. 3 Erfahrungswerte für die energetische Erstbeurteilung von Gebäuden. *(© Ch. Bollinger)*

Der Temperaturbedarf der Abnehmer ist schon früh zu ermitteln, da neben energetisch guten Gebäuden mit Temperaturniveau von 35 °C auch Hochtemperatur-Bezüger mit einer Vorlauftemperatur von über 70 °C liegen können. Hier gilt es besonders bei den sekundärseitigen Installationen sorgfältig zu planen, welcher Typ Wasser-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt wird, um das Gesamtsystem möglichst effizient betreiben zu können resp. den Anteil an hochwertiger Exergie (Strom) gering zu halten. Für die Planung des Betriebsregimes kann eine Verteilung des monatlichen Bedarfes an Band- und Spitzenlast über das Jahr nützlich sein.

Die spezifische Leistung kann über Jahresvolllaststunden gerechnet werden, wobei auf das SIA-Merkblatt 2024 «Standardnutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik» zurückgegriffen werden kann. Bei neueren Wohnbauten ist zu beachten, dass die Vorhalteleistung für die Brauchwarmwasseraufbereitung gegenüber der Heizwärme dominant ist. Es ist daher für die Planung der sekundärseitigen Installation wichtig, dass die Ladezeiten des Brauchwarmwasserspeichers berücksichtigt werden, um eine ausreichende Vorhalteleistung anbieten zu können.

Beim Einsatz von Wärmepumpen hat die Jahresarbeitszahl einen grossen Einfluss auf den Stromverbrauch und damit auf die Wirtschaftlichkeit. Abwasser oder Grundwasser haben dank ihren höheren Temperaturen in der Heizperiode deshalb gegenüber See-/Flusswasser und v. a. gegenüber Luft als Energiequelle deutliche Effizienzvorteile. Für die Ermittlung der Jahresarbeitszahl haben sich die Standarddaten aus dem Minergie-Reglement bewährt; wobei bei höheren Temperatur-Bezügern die Jahresarbeitszahlen etwas nach unten korrigiert werden sollten.

BERECHNUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT

Bei Wärmenetzen stehen die Gewinnvorstellungen des Erstellers oder Betreibers im Zielkonflikt mit akzeptablen Wärmepreisen der Abnehmerseite. Die Wirtschaftlichkeit kann für beide Seiten mit den Lebenszykluskosten eruiert werden, wobei das gesamte System berücksichtigt werden muss, bei Anergienetzen also auch die dezentralen Wärmepumpen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass Wärmenetzprojekte mit einem resultierenden Wärmegestehungspreis von über 22 Rp./kWh über den gesamten Lebenszyklus nicht wettbewerbsfähig und schwierig zu realisieren sind. Die Lebenszykluskosten werden durch folgende Faktoren massgeblich beeinflusst:

- Investitionskosten
- Stromtarife des örtlichen Versorgers
- erwarteter Wärmeverkaufspreis

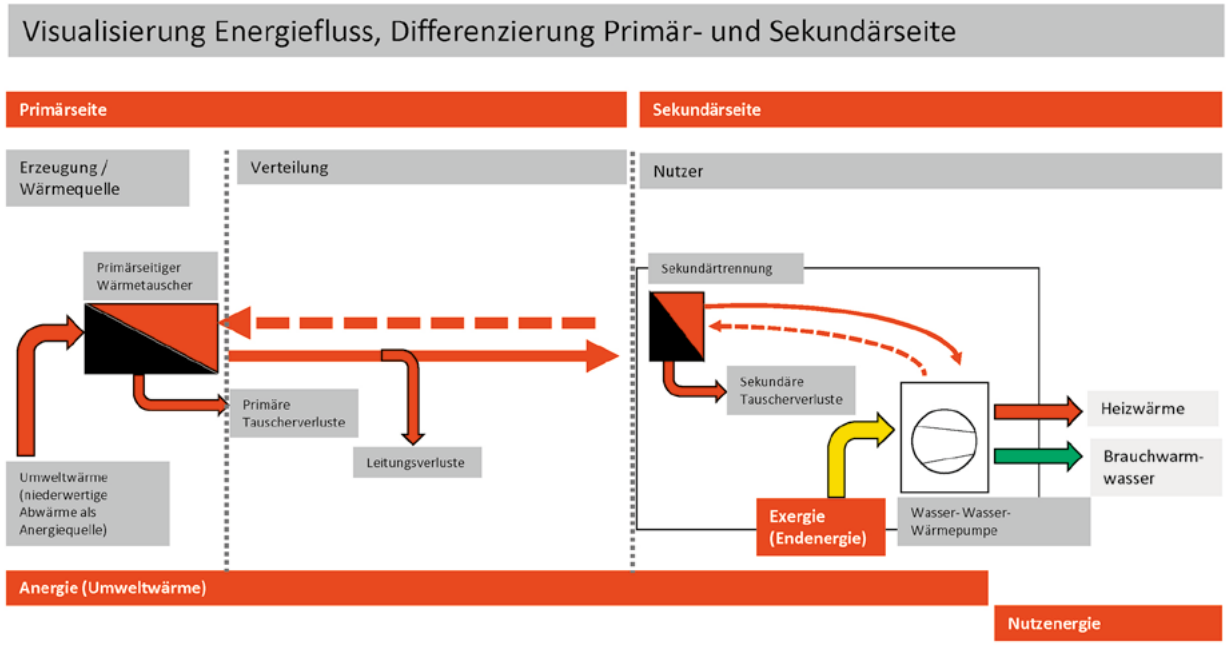

Fig. 4 Funktionsweise von Anergienetzen von Wärmequelle, Verteilung und Nutzer. *(© Ch. Bollinger)*

- Amortisationsdauer der technischen Anlagen und des Leitungsnetzes
- Verzinsung des eingesetzten Kapitals
- Systemgrenzen der primär- und sekundärseitigen Installationen

Für die Amortisation der technischen Anlagen und des Leitungsnetzes kann auf die einschlägigen Bauteiltabellen der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB oder die Norm SIA 480 «Wirtschaftlichkeitsberechnung im Hochbau» zurückgegriffen werden. Eine Lebenszyklusbetrachtung wird üblicherweise über einen Zeitraum von 25 Jahren durchgeführt, wobei unter Einbezug des Leitungsnetzes mit einer höheren Lebenserwartung eine mittlere Betrachtungsdauer von ca. 35 Jahren resultiert.

CHANCEN UND STOLPERSTEINE VON WÄRMEVERBÜNDEN

Oft wird (zu) viel Zeit in die technische Variantenstudien gesteckt und die Entwicklung des Energieabsatzgebietes in Zusammenarbeit mit Gemeinden und Bezügern vernachlässigt. Dabei ist nebst dem Wärme- zwingend auch der potenzielle Kältebedarf zu evaluieren.
Zudem gilt es, die dezentrale Elektrizitätserzeugung und die Transformation zur Elektromobilität bzw. deren Bedürfnisse auf die erdverlegte Infrastruktur zu berücksichtigen. Dies bietet dem künftigen Energieversorger zusätzliche Absatzchancen, senkt die spezifischen Erschliessungskosten und erhöht damit die Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit des Gesamtprojektes. Warum also nebst der Wärme und Kälte nicht auch Kommunikationsmedien, Elektrizität und Mobilität anbieten?
Während des Projektverlaufes können sich alternative Energiequellen, dezentrale oder semizentrale Lösungen der Energieversorgung als spannend erweisen. Können diese Systemvarianten wie z. B. Umnutzung eines bestehenden Gasnetzes, Bau einer dezentralen Lösung für Kleinbezüger (Anergienetz), Nutzung einer zusätzlichen oder alternativen Energiequelle lösungsoffen in die Entwicklung miteinfliessen, wird die Chance zum Projekterfolg grösser und für den Initianten keineswegs kleiner.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Müller, E.A. et al. (2008): Leitfaden Energie in ARA, VSA/EnergieSchweiz*

SAMBESI
zertifiziert nach W12 durch SVGW

REMEC
REMEC AG | CH-6460 Altdorf
Telefon +41 41 500 39 11 | www.remec.ch

swan
ANALYTICAL INSTRUMENTS

AMI SAC254
Bestimmung von organischer Substanzen (DOC, TOC). Fehlerfrei und beständig gegen Verschmutzung.

AMI Codes-II O_3
Ozonmessung nach DIN 38408-3. Zuverlässig nach längerer Abwesenheit von Ozon, sofort betriebsbereit nach Wartungen.

Swan Wasseranalytik AG · CH-8340 Hinwil
www.wasseranalytik.swan.ch
wasseranalytik@swan.ch

SWISS MADE

Abwasser