

ABWASSERWÄRME – NUTZUNG VOR DER ARA

Die Nutzung von Wärme aus dem Abwasser ist nicht zwingend an den Bereich nach der Kläranlage gebunden. Allerdings bestehen noch immer Vorbehalte, vor der ARA diese Energie zu nutzen. Anhand von zwei realisierten Projekten wird aufgezeigt, dass es durchaus Möglichkeiten und Wege gibt, dieses grosse Energiepotenzial zu nutzen, um Gebäude zu beheizen und zu kühlen und so einen Beitrag zur CO₂-Reduktion zu leisten.

Michèle Vogelsanger, InfraWatt*

RÉSUMÉ

UTILISATION DE LA CHALEUR DES EAUX USÉES AVANT LA STATION D'ÉPURATION

Le potentiel de chaleur à distance n'est pas encore entièrement exploité, notamment en ce qui concerne l'utilisation de la chaleur résiduelle provenant des eaux usées. Selon une étude, la seule chaleur des eaux usées peut couvrir 7 TWh/a ou environ 12% des besoins en chaleur futurs, ce qui souligne l'importance de l'utilisation de la chaleur des eaux usées. Différentes options sont envisageables: Récupération en interne, dans le canal de collecte des eaux usées ou à la sortie de la station d'épuration.

L'article présente deux projets totalement différents:

Dans la cité de l'énergie de Kriens, la mairie est chauffée mais aussi refroidie depuis 2018 à l'aide de chaleur issue du canal des eaux usées. Des échangeurs de chaleur installés ultérieurement ont été utilisés dans le canal de collecte.

Le Grand Resort Bad Ragaz est chauffé avec la chaleur résiduelle de l'eau thermale utilisée. La société KASAG Swiss AG a conçu pour cela des échangeurs thermiques spécifiques qui permettent de récupérer la chaleur résiduelle dans un bassin d'eau stagnante.

EINLEITUNG

ABWASSERWÄRME MIT GROSSEM POTENZIAL

Das Ziel des Bundesrates «Netto null bis 2050» ist praktisch nur erreichbar, wenn der Wärme- und Kältesektor bis 2050 möglichst vollständig dekarbonisiert wird. Dass die Dekarbonisierung im Wärmebereich machbar ist, zeigt nun eine Studie im Auftrag der Wärme-Initiative Schweiz (WIS) und AEE Suisse [1]: Nah- und Fernwärme werden zukünftig eine wichtige Rolle einnehmen; deren Anteil wird im Wärmebereich von heute rund 8 auf etwa 27 Prozent ansteigen, prognostizieren die Fachleute der Studie. Damit sind die Potenziale für Fernwärme aber noch nicht ausgeschöpft; sie werden in der Studie auf zwei Drittel des gesamten Wärmebedarfs geschätzt. Ortsgebundene Energiequellen wie Abwasserwärme, KVA-Abwärme oder die mittels Wärmepumpen genutzte Energie von Gewässern oder Geothermie sollten dabei besondere Beachtung finden. So zeigen die Ergebnisse der WIS-Studie, dass in der Schweiz ausreichend Energiequellen aus Abwärme und erneuerbaren Energien vorhanden sind, um den gesamten Wärmebedarf bei Weitem zu decken. Der heutige Wärmebedarf von 100 TWh/a wird gemäss WIS bis 2050 auf etwa 80 TWh/a sinken, wovon die Gebäudeheizung (ohne die Prozesswärme) 60 TWh/a beansprucht. Allein mit der Abwasserwärme können 7 TWh/a oder rund 12% gedeckt werden. Diese Tatsache unterstreicht

* Kontakt: vogelsanger@infrawatt.ch

(© makasanphoto/123RF.com)

die Bedeutung der Abwasserwärmenutzung (Tab. 1).

KOSTEN

Die Wärmerückgewinnung aus Abwasser kann entweder im Gebäude selbst (In-

house), in den grösseren Sammelkanälen oder auf der Kläranlage (ARA) nach dem Reinigungsprozess erfolgen (Tab. 2). Je näher bei der ARA, umso grösser ist der Volumenstrom, aber oft umso kleiner Delta T und gleichzeitig ergibt sich häufig

eine grössere Distanz zu den Wärmebezüglern.

Als Erfahrungswert über freies Gelände gilt pro 1 MW Wärmeabnahme eine überbrückbare Distanz mittels Fernwärme von 1 km, bei 2 MW also rund 2 km.

Potenzialtyp	Energieträger	Potenzial			Quelle
		Theoretisch	Nachhaltig nutzbar		
Ortsungebunden	Holz		14		Thees et al. (2017)
	Biogas		6		Thees et al. (2017)
Gebäude- und nachfragebezogen	Solarenergie (Thermisch)	10,8	8,2 (Dach) 2,6 (Fassade)		Remund (2017)
	Solarenergie (PV)		50		Meteotest (2018)
	Luft ¹		25–35 (je nach Szenario)		REA TEP
Standortgebunden	Erdwärme (bodennah, ohne Regeneration)		6		REA TEP
	Erdwärme (bodennah, mit Regeneration) ¹		31–35 (je nach Szenario)		REA TEP
		Theoretisch	Monovalent [zugeordnet]	Bivalent ² [zugeordnet]	
Ortsgebunden mit Infrastruktur (thermische Verbunde) zu erschliessen	KVA	7	2	5	REA TEP
	ARA ¹	8	2	7	REA TEP
	Seen, Flüsse ¹	160	1–21	1–17	REA TEP
	Grundwasser ¹	14	1–5	1–9	REA TEP
	Mitteltiefe Geothermie ¹	>140	8–31	4–22	Schädle (2020), Geothermie Schweiz, REA TEP

¹ Inkl. Strom für dezentrale bzw. zentrale Wärmepumpen

² Inkl. rund 30% hochwertige Energie aus Spitzenlastanlagen, z. B. aus KVA, Holz oder Biogas

Tab. 1 Potenziale von ortsgebundenen Energiequellen.

(Quelle: Studie WIS [1])

			
	Sammelkanal	Hauseigenes Sammelabwasser	Duschkabine
Fakten	Wärmepotenzial +++ baulicher Aufwand +++	Wärmepotenzial ++ baulicher Aufwand mittel ++	Wärmepotenzial + baulicher Aufwand klein +
Standort	– im Abwasserkanal selber [Sohlenwärmetauscher, vgl. Bild] – externer Schacht	Hausinternes Abwasser wird vor Einleitung in den öffentlichen Kanal gesammelt.	Rückgewinnung direkt aus der Duschrinne (z. B. System Joulia)
Voraussetzungen	Sohlenwärmetauscher nachträglich eingebaut; Kanaldurchmesser > [70]100 cm. Ab ca. 10 l/s Tagesabflussminimum bei Trockenwetter entspricht einer Abwassermenge von ca. 5000 Einwohnern. Abwasserrohr mit integriertem Wärmetauscher: Kanaldurchmesser > 20 cm. Ab ca. 3 l/s Tagesabflussminimum.	Ab 10 Wohneinheiten (20–25 Personen); geeignet für Heime, Hotels, grössere Wohnbauten, Spitäler, Schwimmbäder, Industrie etc.	Keine; System eignet sich für Einzelhäuser, Wohnungen etc.
Vorteile	– grosser Wasserstrom – einfache Wartung	– hohe Abwassertemperaturen – kurzes Verteilnetz – keine Bewilligung nötig	– hohe Abwassertemperaturen – Wartung ist selber machbar – keine Bewilligung nötig
Nachteile	– Bewilligung muss eingeholt werden – Platzbedarf bei externem Schacht	– beschränktes Volumen – beschränkte Wärmemenge	– geringe Wassermengen – geringe Wärmeleistung im Vergleich

Tab. 2 Grober Vergleich der Abwasserwärmenutzung vor der Kläranlage [4].

Im letzten Jahr erschien das Merkblatt der DWA¹ M114 zum Thema Abwasserwärmenutzung [2]. Die Autorinnen und Autoren haben mit Schweizer Unterstützung durch Projektleiter *Beat Kobel, Ryser Ingenieure AG*, versucht, die Kosten, bezogen auf Deutschland, abzuschätzen. Sie stellten fest, dass Abwasserwärmenutzungsanlagen im Vergleich zu konventionellen Anlagen im konkurrenzfähigen Bereich liegen. Die Gesteungskosten liegen bei den meisten Objekten zwischen 0,07 und 0,11 Euro/kWh. Für die Schweiz sind aus verschiedenen Projekten Gesteungskosten zwischen 0,10 und 0,15 Fr./kWh bekannt [3]. Das ergibt Amortisationszeiten um die 20 Jahre, womit die gesamten Anlagen inklusive der langlebigen Wärmeleitungen wirtschaftlich sind.

Die Wärmerückgewinnung vor der Kläranlage wird aufgrund der Abkühlung des Abwassers oft kontrovers diskutiert; Kläranlagenbetreiber befürchten eine verminderte Tätigkeit bei der Nitrifikation (Biologie). Experten der DWA zeigen im Merkblatt jedoch auf, dass eine Wärmeentnahme im Hinblick auf die Reinigungsleistung der Kläranlage als unkritisch beurteilt werden kann, solange durch diese die Temperatur im Gesamtzulauf der ARA nicht um mehr als 0,5 K abkühlt. Diese Abkühlung wird als Bagatellgrenze bezeichnet. Liegt hingegen die Abkühlung darüber, so muss jeweils eine individuelle Analyse durch Experten aus dem Abwasserfach erstellt und die maximale Wärmeentzugsleistung aufgrund der Ammoniumkonzentration im Ablauf der ARA und den Einleitbedingungen ermittelt werden, damit eine Nutzung der Wärme aus Abwasser aus dem Kanal befürwortet werden kann. Auf jeden Fall bedarf es einer Konzession und einer Bewilligung durch den Kanton und den Betreiber der ARA.

REALISIERTE PROJEKTE

Nachfolgend werden zwei völlig verschiedene Projekte von Abwärmenutzung vorgestellt:

In der Energiestadt Kriens wird das Stadthaus seit 2018 mit Wärme aus dem Abwasserkanal beheizt und auch gekühlt. Dabei wurden nachträglich eingebaute Sohlenwärmetauscher im Sammelkanal genutzt. Das Grand Resort Bad Ragaz wird mit Abwärme aus dem abgebadeten Ther-

malwasser beheizt. Eigens dafür wurde Wärmetauscher konzipierte, die in einem Absenkbecken mit stehendem Wasser die Rückgewinnung der Abwärme ermöglichen.

PROJEKT 1: ZENTRUM PILATUS, KRIENS

WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS DEM KANAL

Im charakteristischen Gebäude des neuen *Zentrum Pilatus* (Fig. 1) befinden sich die Räumlichkeiten der Stadtverwaltung, der multifunktionale Pilatussaal, Laden-/Büroflächen und 30 Mietwohnungen. Das Gebäude wurde im Auftrag der Bauherrschaften *Alfred Müller AG*, Baar, und der Gemeinde Kriens erstellt, von *Burkard Meyer Architekten BSA AG* aus Baden entworfen, und für die Sanitär- sowie HLK/MSRL-Planung war die Firma *Amstein + Walthert Luzern AG* beauftragt.

Der grösste Teil der Heizenergie für das gesamte Gebäude stammt aus dem Abwasserkanal unter der Schachenstrasse. Im Kanal wurde ein 81 Meter langer Kanalwärmetauscher der *KASAG Swiss AG* aus Edelstahl mit seitlich angeordneten Vor-/Rücklaufleitungen zur Heizzentrale installiert (Fig. 2a-c). Der durchschnittliche Trockenwetterabfluss (TWA) beträgt 201/s bei einem Kanaldurchmesser von 2692 mm. Die Auslegung für die Wär-

mebereitstellung beruht auf folgenden Annahmen:

Heizen

- Abwassertemperatur Winter 10 °C, TWA 201/s
- Leistung Wärmetauscher 160 kW
- Glykol-Zwischenkreislauf
- 3-4 °C Vorlauftemperatur
- Volumenstrom 51 m³/h

Kühlen, in erster Priorität über Free-Cooling (passives Kühlen)

- Abwassertemperatur 16 °C, TWA 201/s
- Vorlauftemperatur 18 °C
- Volumenstrom 51 m³/h
- Leistung Wärmetauscher 50 kW (bei Verwendung als Rückkühlung einer Kältemaschine mit entsprechender Anpassung der Vorlauftemperatur ist eine Kühlleistung von mind. 160 bis circa 320 kW möglich).

Die Wärme, die aus dem Abwasser gewonnen wird (160kW bzw. 260MWh/a), dient als Energiequelle für die Wärmepumpenanlage mit einer Leistung von 200kW (Wärme) und 50 bis 100kW (Free-Cooling). Die gesamte benötigte Energie inklusive des Gesamtkälteleistungsbedarfs von 300kW beträgt etwa 680MWh/a, wovon 440MWh/a für die Heizenergie und 240MWh/a für die



Fig. 1 Das markante, dunkle Gebäude des Zentrum Pilatus in der Bildmitte, das mit Abwärme aus dem Abwasserkanal beheizt wird.

(© Stadt Kriens)

¹ DWA = Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

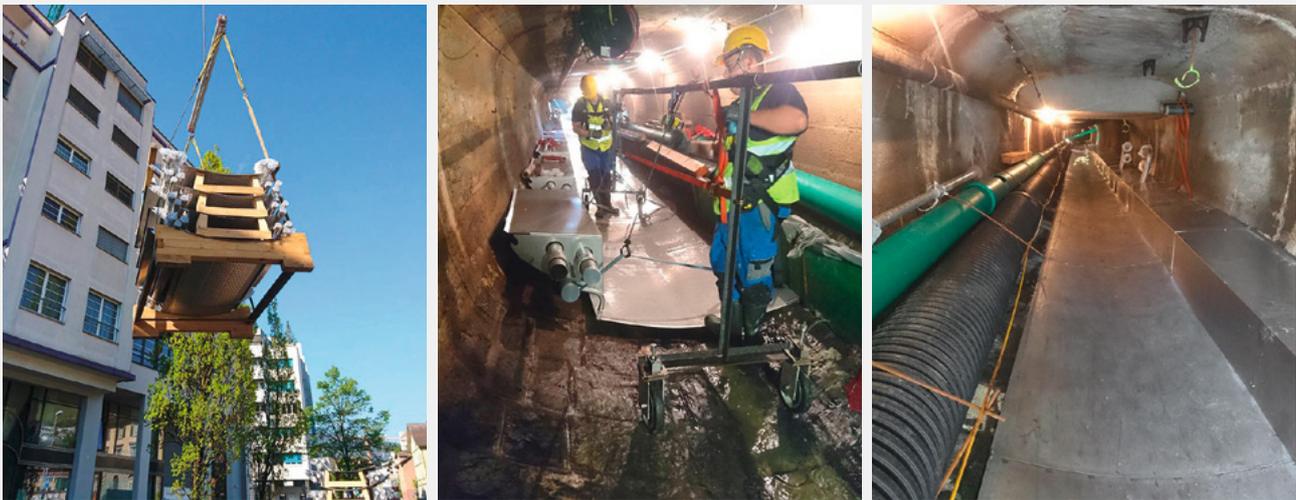


Fig. 2a–c Anlieferung, Montage und Endinstallation des Kanalwärmetauschers der KASAG AG aus Langnau; c) Die links installierten Leitungen, in Grün und Schwarz, wurden nach erfolgter Installation demontiert und dienten der Wassererhaltung während der Installation.

(©Stadt Kriens).

Kälteenergie verwendet werden. Der Deckungsgrad der Wärmepumpe beträgt ca. 85%, der Rest wird über einen Spitzenlast-Gasheizkessel mit einer Leistung von 300 kW abgedeckt.

KLIMATISIERUNG

Die Wärme fließt im Zentrum Pilatus nur in wenigen Räumen in Heizkörpern. Im Büroteil dienen die Betondecken sowohl als Heizkörper als auch als Kühlelement. Dieses thermoaktive Bauteilsystem ist ein innovatives Element, das die Gebäudemasse (Betondecken) als Energiespeicher und Strahlungsfläche für Heizen und Kühlen der Räume nutzt. Das System sorgt für ein behagliches Raumklima und erhöht durch niedrige Heizungstemperaturen die Effizienz der Wärmepumpenanlage. Im Wohnbereich wurden hingegen konventionelle Fussbodenheizungen verwendet.

Die Kälteerzeugung erfolgt in erster Linie über das Free-Cooling-Prinzip, sprich passives Kühlen. Mittels Wärmetauscher wird die kühlere Temperatur im Abwasserkanal auf die Platten übertragen. Diese werden damit unter die Raumtemperatur gekühlt, sodass Raumwärme zum Teil über das Abwasser abgeführt werden kann. Zusätzlich benötigte Kühlleistung erfolgt über die kombinierte Wärmepumpe/Kältemaschine. Die Abwärme der Kältemaschine wird für die Raumheizung und die Brauchwarmwassererwärmung genutzt. Überschusswärme wird über einen Hybridrückkühler im Dachgeschoss an die Umgebungsluft abgegeben. Die Kälte wird über eine Speicheranlage auf den Kälteverteiler geführt und dort auf die

verschiedenen Kälteverbraucher verteilt. Die Energieeffizienz des Systems wird verbessert, indem auf dem Dach über eine Photovoltaikanlage Solarstrom erzeugt wird, der für den Betrieb der Wärmepumpe genutzt werden kann.

ERFAHRUNGEN AUS DEM KANAL

Zuständig für den Unterhalt des Abwasserkanals ist die städtische Immobilienabteilung von Kriens. Nach rund zwei Jahren läuft nun ein Projekt an, das eine Auswertung der Erfahrungen und der Instandhaltungsplanung zum Ziel hat. So viel kann jedoch schon einmal gesagt werden: Bisher funktionierte die Wärmerückgewinnungsanlage ohne Probleme.

PROJEKT 2: GRAND RESORT BAD RAGAZ

WÄRMERÜCKGEWINNUNG INHOUSE AUS THERMALWASSER

Tief in der mystischen Taminaschlucht (Fig. 3) entspringt Europas wasserreichste Thermalquelle, die Taminaquelle. Experten gehen davon aus, dass ihr Ursprung im Tödigebiet (Kt. Glarus) oder im Sardongebiet liegt und das Wasser dort rund 1000 m tief in die Erde eindringt, dabei durch geothermische Einflüsse erwärmt wird und in der Taminaschlucht durch Felsquerspalten nach rund zehn Jahren wieder an die Oberfläche gelangt. Die Thermalquelle wurde bereits im Jahr



Fig. 3 Die Taminaschlucht in ihrer ganzen Wildheit.

(© Grand Resort Bad Ragaz)



Fig. 4 Das Thermalbad im heutigen Kleid.

1242 von einem Jäger entdeckt. Im Quellwasser erkannten die Mönche des nahe gelegenen Klosters Pfäfers eine heilende Wirkung; seither wird die Tamina als Badesquelle genutzt.

Das Thermalwasser für das gesamte Grand Resort Bad Ragaz inkl. öffentliches Thermalbad (Fig. 4), Hotelanlagen und weitere Betriebsteile wird heute mit einem Querpumpwerk aus einem Naturstollen direkt an der Quelle aus rund 7 m Tiefe emporgepumpt und ins ca. 4 km entfernte Felsenreservoir im Dorf Bad Ragaz gefördert. Das Reservoir hat ein Fassungsvermögen von rund 330 m³, das Thermalwasser weist dabei eine konstante Wassertemperatur von 36,5 °C auf.

Von dort aus wird das Thermalwasser ca. 700 m zum Grand Resort befördert, der Massenstrom beträgt rund 1000 l/min. Primär wird das Thermalwasser für die 14 verschiedenen Schwimmbäder, in geringen Anteilen für das Brauchwasser und diverse Trinkbrunnen verwendet. Das genutzte Badewasser, das dann immer noch eine Temperatur von ungefähr 30 bis 33 °C aufweist, fließt in ein zentrales Absenkbecken mit Fassungsvermögen von 450 m³ zurück. Die Vorlauftemperatur auf den Wärmepumpenkreislauf beträgt anschliessend ungefähr 22 bis 28 °C.

WÄRMETAUSCHER

Seit knapp zehn Jahren wird die Wärme des «abgedauten» Thermalwassers genutzt. Im Absenkbecken befinden sich – komplett abgetaucht – zwölf Plattenwärmetauscher (Fig. 5) der Firma KASAG Swiss AG

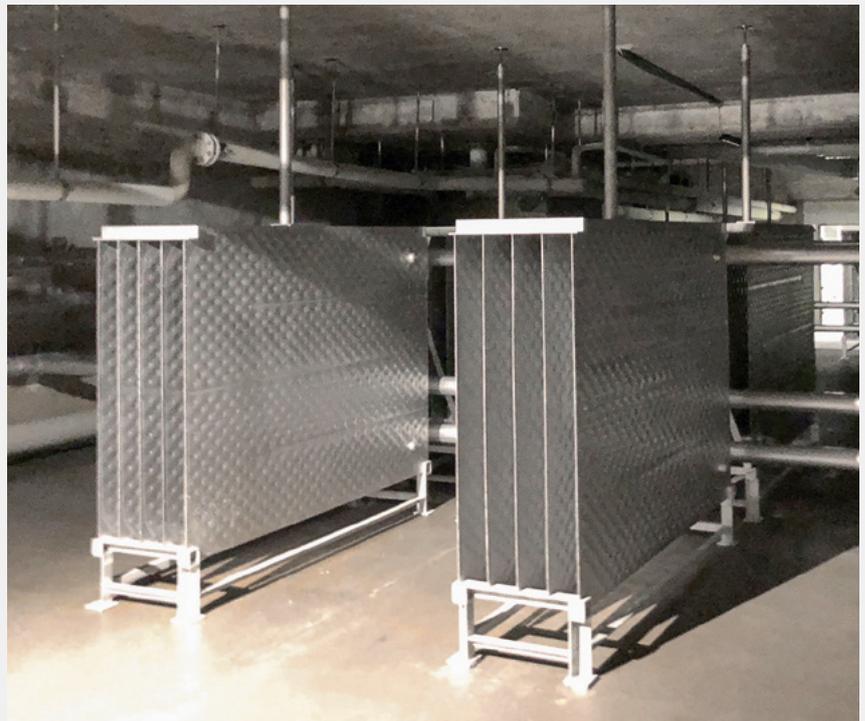


Fig. 5 Extra für die Tamina-Therme hergestellte Wärmetauscher im leeren Absenkbecken.

(© Grand Resort Bad Ragaz AG)

aus Langnau. Für die *Grand Resort Bad Ragaz AG* hat die Herstellerfirma die erste Anlage dieser Art entwickelt. Die Herausforderung war, eine geeignete Edelstahlqualität einzusetzen, die durch das chlorhaltige Badewasser nicht angegriffen wird, sprich korrodiert. Zudem handelt es sich bei dem Absenkbecken um stehendes Wasser ohne – respektive mit nur geringer Bewegung. Die Wärmetauscher mussten deshalb so konzipiert werden, weil durch die Abkühlung des Wassers eine Art umgekehrter Kamineffekt entsteht: Das abgekühlte Wasser sinkt auf den Boden, wärmeres Wasser fließt nach, und so zirkuliert das Wasser ganz leicht. Aufgrund der langjährigen Erfahrung fanden die Fachleute eine Lösung, die auch in der Praxis funktioniert. Selbst die ersten Wärmetauscher sehen heute noch aus wie neu.

Reto Schwengeler, Leiter Infrastruktur und Sicherheit vom Grand Resort Bad Ragaz, ist überzeugt von der Anlage: «Das Absenkbecken wird und wurde bereits vor Einsatz der Wärmetauscher jedes Jahr einmal komplett geleert. Jetzt werden dabei einfach auch noch die Wärmetauscher gereinigt. Der Zusatzaufwand, um den Biofilm auf den Wärmetauschern zu entfernen, hält sich somit in Grenzen, und in Anbetracht der enormen Einsparung an Heizöl ist der Aufwand auch wirtschaftlich sinnvoll und vertretbar.»

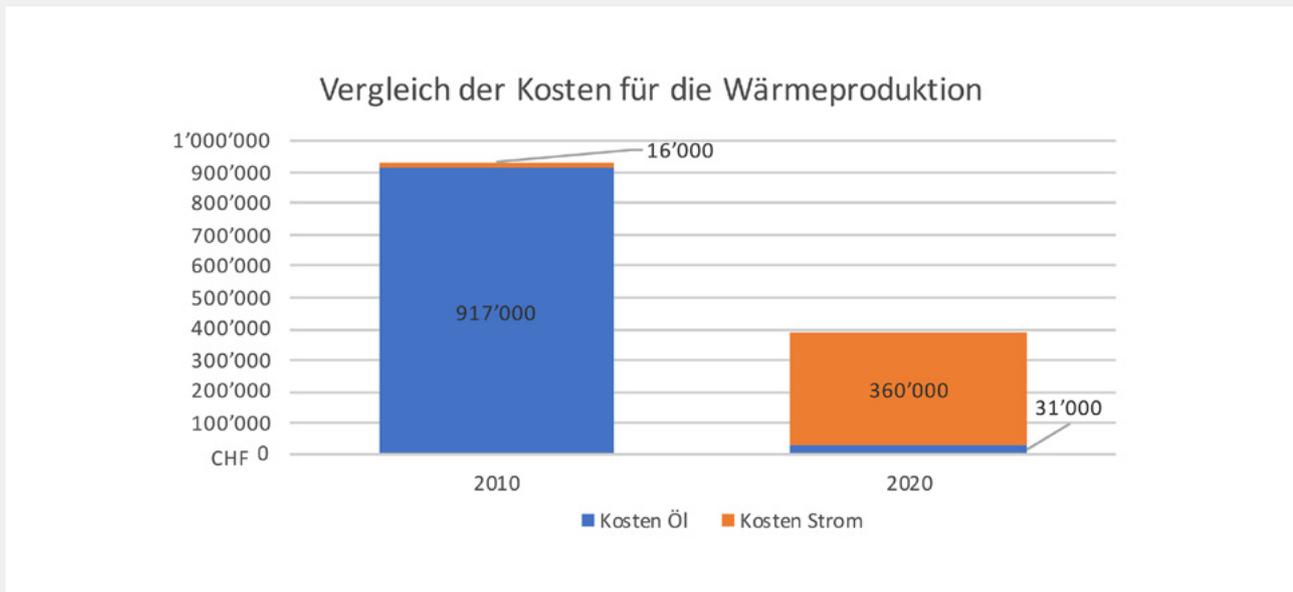


Fig. 6 Durch die Wärmerückgewinnung aus dem Thermalabwasser sowie dem Einsatz der Wärmepumpen ergeben sich massive Kosteneinsparungen im Fall des Grand Resort Bad Ragaz. (Grafik: Grand Resort Bad Ragaz.)

Die zwölf Wärmetauscherelemente mit einer Gesamtfläche von 360 m² erbringen insgesamt eine Wärmeleistung von 614 kW (am definierten Auslegungspunkt). Dem gesamten abgedaketen Wasser aus den Beckenwasserkreisläufen aus der Tamina-Therme sowie aus dem Spa des Hotels wird im Jahr rund 350 MWh Wärme mittels Wärmetauscher entzogen. Mit drei Abwasserwärmepumpen mit einer Heizleistung von je 870 kW werden so die Grundlast des gesamten Resorts und die Wärme für das Heisswasser/Duschwasser abgedeckt. Für die Spitzenabdeckung steht nach wie vor ein Heizkessel bereit. Vor dem Einsatz der Wärmetauscher verbrauchte die gesamte Hotel- und Thermalanlage jährlich rund 12 000 MWh/a für die Wärmebereitstellung. Dank der Nutzung der Abwasserwärme mittels Wärmepumpen werden nun aktuell 95% des Wärmebedarfs abgedeckt, im Vergleich zu 2010 werden so jährlich rund 2900 Tonnen CO₂ eingespart.

Die Wärmenutzung aus dem Abwasser des Resorts stellt für die Kläranlage Bad Ragaz gemäss Klärmeister Peter Zai denn auch keine Probleme dar: «Die Temperaturen liegen einerseits nach der Wärmenentnahme immer noch in einem hohen Bereich, die Wassermenge ist vernachlässigbar und das Resort liegt in grösserer Distanz zur ARA, sodass sich die Ab-

kühlung bei uns unten kaum bemerkbar macht. So ergeben sich keine negativen Auswirkungen auf die Reinigungsleistung der ARA. Da haben bei uns Wetterereignisse eine viel grössere Auswirkung.»

FINANZIERUNG

Die CO₂-Einsparungen konnten beim Grossverbrauchermodell als Mehrerfüllung angerechnet werden und so floss ein Teil der getätigten Investitionen zurück. Die Investitionen für die Wärmetauscherelemente und deren Anschlüsse beliefen sich auf rund 220 000 Franken, mit den Wärmepumpen, den Leitungen etc. auf insgesamt 2,5 Mio. Franken. Mit den jährlichen Heizöleinsparungen sowie den Rückvergütungen können Einsparungen von mehreren 100 000 Franken pro Jahr generiert werden (Fig. 6).

FAZIT

Abwasserwärmenutzung ist neben anderen Möglichkeiten ein interessanter Weg, das Netto-null-Ziel der Schweiz zu erreichen, und sollte, wann immer möglich, genutzt werden. Langjährig erprobte Techniken stehen zur Auswahl, ebenso versierte Hersteller, Planungs- und Ingenieurbüros. Nutzen wir doch deren Know-how sowie das grosse und ständig nachfliessende Energiepotenzial, das in unserem Abwasser steckt.

Für Objekte, die nicht dem Grossverbrauchermodell unterstellt sind, ist es heute sehr einfach möglich, über das Programm Wärmeverbände der Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation KliK, Fördergelder von 100 Franken pro anrechenbare Tonne CO₂ bis und mit 2030 zu erhalten [5].

www.waermeverbuende.klik.ch

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Jakob, M. et al. (2020): Erneuerbare- und CO₂-freie Wärmeversorgung Schweiz. Schlussbericht von TEP Energy GmbH in Zusammenarbeit mit ECOPLAN, im Auftrag der AEE Suisse und der Wärme-Initiative Schweiz (WIS), Zürich. (zu beziehen bei info@aeesuisse.ch)
- [2] Merkblatt DWA-M 114 (2020): Abwasserwärmenutzung, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- [3] Müller, E.A.; Moser, R.; Mathys, O. (2015): Abwasserenergienutzung aus Kanal – Machbarkeitsstudie The Circle Flughafen Zürich, Bundesamt für Energie, BFE
- [4] Energie Schweiz, Bundesamt für Energie (2017): Broschüre Heizen und Kühlen mit Abwasser, Ratgeber für Bauherren, Gemeinden und Betreiber <http://www.infrawatt.ch/de/doc/teleriscaldamento?page=2>
- [5] Müller, E.A.; Fumeaux, G. (2020): Förderprogramm Wärmeverbände. Herausgegeben von Aqua & Gas, Ausgabe 1/20