

Erhöhung der Energieeffizienz in komplexen Gebäuden

Im Rahmen der Schweizer Energiewende muss der Energieverbrauch, insbesondere der Anteil der fossilen Brennstoffe, reduziert werden. Dies wurde auch an der Konferenz der Kantonalen Energiedirektoren bekräftigt, indem die verschärften Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE 2014) klar verabschiedet wurden. Text **Zoran Alimpic, Milinko Simic, Reto Schwengeler**

Es wurde in den MuKE 2014 festgehalten, dass die erneuerbaren Energien zu fördern sind und die Energieeffizienz zu erhöhen ist, wodurch der Schadstoffausstoss minimiert wird.

Die einfachste und schnellste Massnahme ist die Abwärmenutzung (AWN). Dabei werden mit minimalen Investitionen Energien genutzt, welche man sonst ins Freie abführen müsste. Eine wichtige Massnahme ist der Einsatz von Hochtemperatur-Wärmepumpen, mit welchen Temperaturen über 70 Grad erreicht werden können.

Das Management des Grand Resorts in Bad Ragaz (GRBR) fasste im Rahmen der strategischen Planung den Entschluss, mit geeigneten Massnahmen den Verbrauch fossiler Brennstoffe möglichst zu vermeiden und damit auch den Schadstoffausstoss zu minimieren. Es war aber schwierig, aufgrund des komplexen und weit verzweigten Wärmeverbundes und der unterschiedlichen Betriebszeiten sowie Medien-Temperaturen, wirtschaftliche Lösungen zu finden. Deshalb wurde, im Rahmen

eines Energiekonzeptes, der Einsatz einer Hochtemperatur-Wärmepumpe (HT-WP) geprüft.

Die Zielsetzung des Konzeptes war, eine WP korrekt auszulegen und diese möglichst effektiv einzubinden. Jedoch besteht das Problem, dass viele Verbraucher im Nahwärmeverbund Betriebstemperaturen von über 70 Grad benötigen. Die meisten heute in der Schweiz eingesetzten WP können aber, mit vernünftigen Aufwand, nur unterhalb von 70 Grad betrieben werden. Aus diesem Grund wurde eine zweistufige HT-WP von 1 MW Wärmeleistung im Jahr 2012 sternförmig in die Hydraulik eingebunden, um die beiden bestehenden Erdölkessel von je 3.2 MW zu entlasten. Die WP nutzt als Wärmequelle einerseits das abgebadete Wasser der Innen- und Aussenbecken, andererseits die Abwärme der Klimakälte.

Mittlerweile hat sich die eingesetzte HT-WP als betriebssichere, ökologische wie auch ökonomische Lösung bewährt. Die getätigten Investitionen konnten schon nach den ersten beiden Betriebsjahren durch Erdöleinsparungen amortisiert werden. Die Hauptgründe dafür sind: Maximale AWN verdampferseitig aus abgebadetem Wasser von ca. 28 Grad, welches zuerst in ein Becken von 280 m³ gelangt, bevor es in die Kanalisation entleert wird. Zudem wurde die Wärmespeicher-Kapazität kondensatorseitig, durch grössere Wärmespeicher von 20 m³, erhöht.

Mit diesen Erkenntnissen werden Fachplaner, Betreiber und Bauherrschaften ermuntert, insbesondere bei älteren Heizungsanlagen mit höheren Betriebstemperaturen, den Einsatz solcher HT-WP zu prüfen. Als Hilfsmittel dienen Datenauswertungen, beispielsweise aus dem Energiecontrolling, zur korrekten Dimensionierung der Energieerzeuger. Ein konkreter Einsatzbereich sind komplexe Gebäude, in welchen das ganze Jahr gleichzeitig geheizt

und gekühlt wird. Dabei dient die Abwärme aus gewerblichen und Klimakälteanlagen, oder wie in diesem Fall abgebadetes Wasser mit einem Temperaturniveau von ca. 26 bis 34 Grad, als Wärmequelle. Mittels der zweistufigen HT-WP können die Temperaturen kostengünstig auf über 70 Grad angehoben werden, zur Speisung der Brauchwarmwasser- (BWW) und der Heizgruppen. Dabei wird, wie angedacht, die Energieeffizienz der Wärmeerzeugung erhöht, der Verbrauch fossiler Brennstoffe drastisch gesenkt und damit auch der Schadstoffausstoss minimiert.

Das Grand Resort Bad Ragaz AG (GRBR) hat in der Vision und Mission die zentrale Bedeutung des Thermalquellwassers und die enge Verbundenheit mit der Natur niedergeschrieben. Deshalb hat sich das GRBR auch der Nachhaltigkeit, für einen sorgfältigen Umgang mit den Umwelt-Ressourcen, verpflichtet. Das Hauptziel ist die Nutzung von 100 Prozent erneuerbaren Energien, mit einer vollständigen Eliminierung des CO₂-Ausstosses auf der Parzelle:

Die zentrale Massnahme zur Verwirklichung des Hauptziels ist die maximale Wärmenutzung aus dem Thermalquellwasser. Aufgrund eines Energiekonzeptes kristallisierte sich als effektivste Lösung der Einsatz einer 2-stufigen HT-WP heraus. Damit kann die Abwärme aus dem abgebadeten Wasser genutzt werden, um den Nahwärmeverbund mit Temperaturen > 70 Grad zu speisen.

Hydraulische Einbindung

Die Idee, zweistufige HT-WP in einem Nahwärmeverbund wie im GRBR einzusetzen, ist nicht neu (Zogg, 2008). Die Neuheit ist die effektive Einbindung, wie im stark vereinfachten Schema auf Seite 39 abgebildet:

■ Die Innovation dieser hydraulischen Einbindung beinhaltet folgende Elemente:

Kontakte

Zoran Alimpic

zoran.alimpic@hslu.ch, Vollamtlicher Forschungsdozent, Hochschule Luzern - Technik & Architektur (HSLU) ZIG (Zentrum für Integrale Gebäudetechnik) Technikumstrasse 21, 6048 Horw

Milinko Simic

milinko.simic@kapag.ch
CEO KAPAG Kälte-Wärme AG
Schwäntenmoos 6a, 8126 Zumikon
www.kapag.ch,

Reto Schwengeler

reto.schwengeler@resortragaz.ch
Technischer Leiter Grand Resort Bad Ragaz,
CEO Peter P. Tschirky, 7310 Bad Ragaz
www.resortragaz.ch,

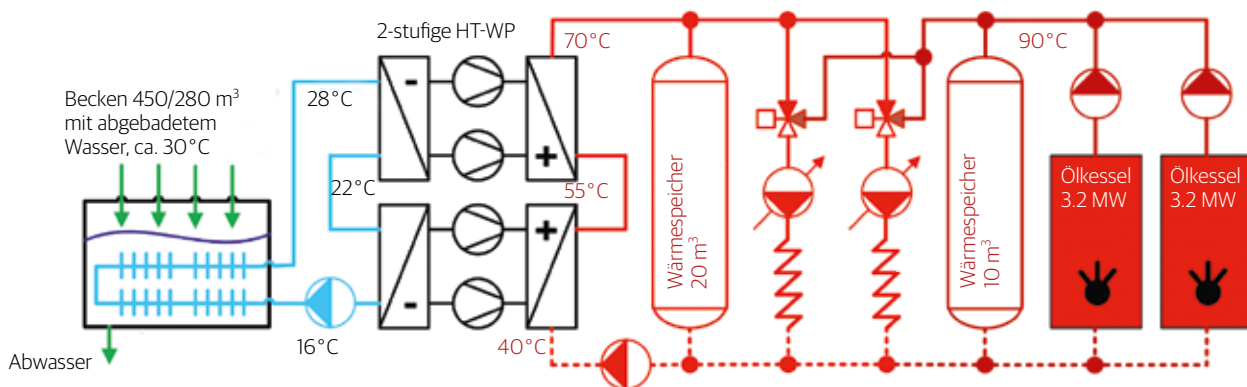


Im Grand Resort Bad Ragaz wurde im Rahmen der strategischen Planung beschlossen, auf den Einsatz fossiler Brennstoffe zu verzichten.

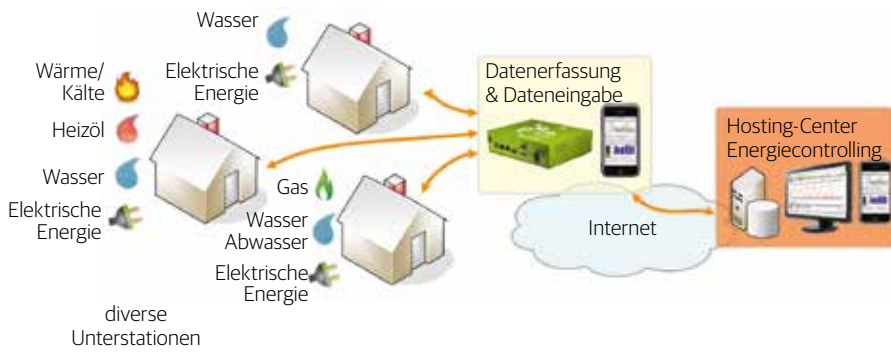
- Dimensionierung der WP mit Hilfe des Energiecontrollings. Dabei wurden Tagesmessungen analysiert und für den jeweiligen Betriebszustand ausgewertet.
- Zusammenführen aller Wärmequellen, in diesem Fall das abgedadete Wasser aller Bäder, in ein zentrales Speicherbecken. Damit wird die Verweilzeit erhöht, bevor das Wasser in die Kanalisation geleitet wird.
- Hydraulische Einbindung der WP zwischen dem Speicherbecken und grösseren Wasserspeichern, mit sternförmiger Wärmeverteilung zu allen Unterstationen.

- Die beiden dezentralen Spitzenlastkessel werden nur bei tieferen Aussentemperaturen hinzugeschaltet und produzieren die Restleistung, die momentan im Nahwärmeverbund benötigt wird. Die WP, die bei den Hauptverbrauchern positioniert wurde, ist dadurch dauernd in Betrieb und schaltet praktisch nicht mehr aus.
- Im Sommer wird die WP auch als Kältemaschine für die Klimakälte genutzt, indem das Abwasser auf ca. 10 Grad abgekühlt wird.

Prinzipschema Wärmezeugung



Elemente Energiecontrolling



Schritte Energiecontrolling



► Auf diese Weise ist es möglich, mittels AWN auf tieferem Temperaturniveau von ca. 28 Grad auch die Hochtemperatur-Heizgruppen von 70 Grad energieeffizient zu versorgen. Die AWN steht heute, sowohl aus energetischen wie auch aus wirtschaftlichen Gründen, mehr denn je im Fokus. AWN ist die bei einem Prozess anfallende unvermeidbare Abwärme, die bei anderen Prozessen gleichzeitig oder zeitverschoben weiter genutzt wird (RAVEL, 1993). Abwärme entsteht in nahezu jedem industriellen Prozess, insbesondere auch bei Kälteanlagen und wie in diesem Fall in Wasserbädern.

Energiecontrolling

In der neuen MuKE 2014 sollen die CO₂-Emissionen bei Altbauten schrittweise gesenkt werden. Beim Einsatz von fossilen Brennstoffen müssen deshalb zukünftig 10 Prozent des bisherigen Energieverbrauches durch den Einsatz erneuerbarer Energien oder durch Effizienzmassnahmen kompensiert werden.

Mittels des neuen SIA-Merkblattes 2048 «Energetische Betriebsoptimierung» sind die wichtigsten Massnahmen pro Fachgewerk beschrieben. Als Plattform, um Betriebsoptimierungen effektiv und effizient durchführen zu können, dient das Energiecontrolling, wie oben abgebildet.

Das Ziel des Energiecontrollings ist, durch kontinuierliche Beobachtung geeigneter Grössen den Energieverbrauch zu minimieren. Der Zielverbrauch hängt dabei hauptsächlich von der Nutzung, dem Benutzerverhalten, dem Energiestandard und dem Technisierungsgrad der Gebäudetechnik ab. Mögliche Schritte zur Erreichung einer hohen Energieeffizienz sind aus der Grafik oben rechts ersichtlich.

In einem ersten Schritt werden Energiedaten, in enger Zusammenarbeit mit dem Betreiber, erfasst und danach auch ausgewertet und plausibilisiert. Damit lassen sich schon mal mittels einer Grobanalyse mögliche Energiepotenziale orten.

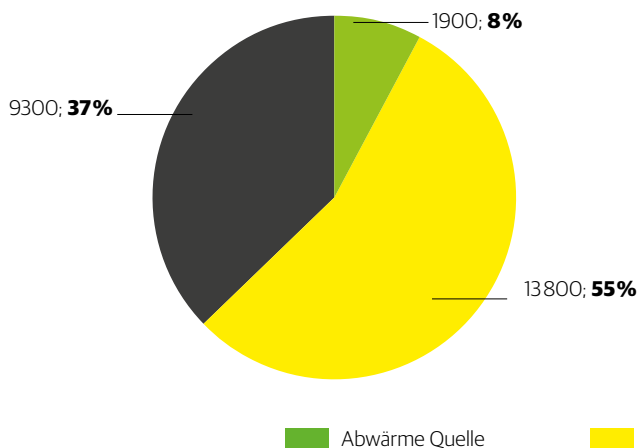
In einem dritten Schritt können diese auch mit Kennzahlen verglichen werden. Danach können aufgrund des berechneten Einsparpotenzials in einem vierten Schritt effektive Massnahmen erarbeitet und umgesetzt werden (siehe Grafiken unten). Es ist empfohlen, diese Massnahmen, unter Beibehaltung der Sicherheit und Hygiene, mit der NPV-Methode (net present value; Barwert) zu bewerten. Dies beinhaltet auch die Berechnung der «Total Cost of Ownership». Gewinnbringende Massnahmen sind: Maximale WRG, optimale AWN und sinnvolle Auslegung von Energiespeichern.

Ergebnisse

Aufgrund der Auswertungen wurde eine zweistufige HT-WP (Bild links oben, Fabrikat: Kapag) mit dem Kältemittel R134a, in die bestehende Hydraulik eingebaut. Der Standort im Nahwärmeverbund wurde so gewählt, dass sowohl Wärme als auch Kälte sternförmig zu allen Gebäuden gefördert werden können.

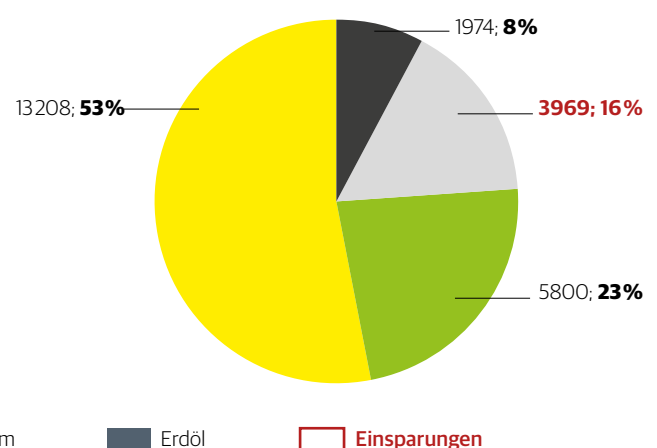
Energieverbrauch 2010

Energiekonsum im MWh/a; Jahr 2010



Energieverbrauch 2013

Energiekonsum im MWh/a; Jahr 2013



Energieverbrauch im GRBR, 2010, vor dem Einbau der WP.

Energieverbrauch im GRBR, 2013, nach dem Einbau der WP.

Nach der Projektierung im Jahr 2011 und der Anpassung des hydraulischen Netzes im Jahr 2012 konnte die WP im Jahr 2012 im Nahwärmeverbund eingebunden werden. Nach der Inbetriebnahme und ersten Betriebsoptimierungen präsentiert sich der gesamte Energieverbrauch wie folgt:

Im Jahr 2013 konnten ca. 16 Prozent der Wärme (ca. 3969 MWh) durch die WP eingespart werden, bei in etwa gleichem Stromverbrauch (siehe Grafik). Dies ist verwunderlich, weil neue WP-Kompressoren installiert wurden. Dafür konnte durch die sternförmige Energieverteilung viel Antriebsstrom für die Förderpumpen eingespart werden. Zudem wurde der Nahwärmeverbund optimiert und damit auch die Wärmeverluste reduziert.

Die AWN mittels neuer WP führte zu einer massiven Einsparung von zirka 700000 Litern Erdöl pro Jahr, von zirka 900000 auf knapp 200000 Liter. Daraus resultiert eine Reduktion des CO₂-Ausstosses um über 1800 Tonnen pro Jahr.

Mit dieser Einsparung können die Investitionen dieser WP innerhalb von drei Jahren amortisiert werden.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Rahmen der Schweizer Energiewende muss der Energieverbrauch minimiert werden. Die einfachste und schnellste Massnahme ist die Abwärmenutzung (AWN). Es ist aber nicht einfach, in komplexen Gebäuden mit gleichzeitigem Wärme- und Kältebedarf, die optimale Lösung zu finden. Die Probleme der AWN sind: Das unterschiedliche Temperaturniveau zwischen der Abwärme und der benötigten Nutzwärme, die unterschiedlichen Wärmemengen und die Zeitverschiebung zwischen dem Abwärme-Anfall und dem Nutzenergie-Bedarf.

In solchen Fällen macht es Sinn, die Aufnahme aller Energieströme mit Hilfe des Energiecontrollings durchzuführen. Diese hat beim GRBR zur Lösung geführt, eine zweistufige HT-WP von 1 MW Wärmeleistung sternförmig ins hydraulische Netz des Nahwärmeverbundes einzubinden. Dadurch konnte das Temperaturniveau von der Abwärme von zirka 28 Grad auf das zur Nutzung erforderliche Temperaturniveau von 70 Grad angehoben werden. Mittels grösserer Wärmespeicher sowohl auf der Verdampfer- wie auch auf der Kondensatorseite konnte die Zeitverschiebung so kompensiert werden, dass die Nutzwärme jeweils zur richtigen Zeit zur Verfügung steht.

Mit dem Einbau dieser WP spart das GRBR jährlich zirka 700000 Liter Erdöl, reduziert den CO₂-Ausstoss um über 1800 Tonnen pro Jahr und kann somit die getätigten Investitionen innerhalb von drei Jahren amortisieren.



Die 2-stufige Hochtemperatur-Wärmepumpe.

Die Innovation dieses Projektes, das in Zusammenarbeit mit der HSLU durchgeführt wurde, beinhaltet folgende Elemente: Energiecontrolling-Auswertung mit Stundenwerten, Einsatz einer zweistufigen HT-WP mit gleichzeitigem Wärme- und Kältebedarf und hohen COPs, sternförmige Einbindung der WP ohne grössere Verteilverluste, Installation der WP zwischen zwei Wärmespeicher-Anlagen mit einem korrosionsfreien Zwischenkreis und Erhöhung der Verweilzeit des abgebadeten Wassers als Wärmequelle.

Somit kann mit dem gezielten Einsatz von WP ein grösserer Beitrag im Rahmen der Energiewende geleistet werden, mittels Maximierung der Energieeffizienz und Minimierung fossiler Brennstoffe. Dies unterstützt die neue MuKE n 2014, um bei Altbauten die CO₂-Emissionen schrittweise zu senken.

Als Ausblick stellt sich die Schlussfrage, ob wir wieder dieselbe WP mit dem Kältemittel R134a ein zweites Mal im Nahwärmeverbund des GRBR einbinden würden. Die Antwort ist ja, aber man müsste auch den Einsatz einer CO₂-WP prüfen. Diese Idee wird begünstigt durch die neue Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV, SR 814.81) des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Darin wird gefordert, dass ab dem 01.12.2013 in Klimakälteanlagen und WP mit einer Kälteleistung von mehr als 600 kW vermehrt natürliche Kältemittel einzusetzen sind.

Mit diesen Erkenntnissen werden Fachplaner, Betreiber und Bauherrschaften ermuntert, insbesondere bei älteren Heizungsanlagen mit höheren Betriebstemperaturen mit Hilfe des Energiecontrollings den Einsatz solcher HT-WP zu prüfen. ■

Literatur

Brunner, R., und Kyburz, V., 1993.

Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung; Planung, Bau und Betrieb von Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen. Impulsprogramm RAVEL, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.

Furrer, E., Bentlage, H., Reiner, G., und Grenacher, B., 2009.

Bewilligung von Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln; Wegleitung betreffend Bewilligungspflicht bei mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bern.

Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE n), 2014.

MuKE n 2014: Die Kantone machen ernst mit der Energiewende. Medienmitteilung vom 14.01.2015, Bern.

Recknagel, H., Sprenger, E., und Schramek, E.R., 2013/14.

Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, 76. Auflage. Oldenbourg Industrieverlag GmbH, ISBN 978-3-8356-3324-7, München.

SIA-Merkblatt 2048, 2015: Energetische Betriebsoptimierung, SIA Zürich.

Zogg, M., 2008. Geschichte der Wärmepumpe; Schweizer Beiträge und internationale Meilensteine. Bundesamt für Energie BFE, Abteilung Energieeffizienz und erneuerbare Energien, Bern.