

## HOCHEFFIZIENTE DAMPFERZEUGUNG – EIN LEUCHTTURMPROJEKT

**Die Dampfzentrale in Sursee beliefert umliegende Firmen mit jährlich rund 25 000 Tonnen Dampf. Bis 2017 wurde der Dampf mit Heizöl und Biogas hergestellt. Mit dem Ausbau des Erdgasnetzes wurde es möglich, auf Erdgas/Biogas umzusteigen. Zudem wurde die Dampfzentrale mit einer Gasturbine zur Stromproduktion ergänzt. Nicht nur wurden 2018 aufgrund der Umstellung 2450 t CO<sub>2</sub> eingespart, auch macht die Wärme-Kraft-Kopplung einen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 94% möglich – mit dem zusätzlichen Nutzen der Stromproduktion. Das erworbene Know-how aus diesem Leuchtturmprojekt dient als Basis für weitere fenaco-Energieprojekte.**

*Michael Gfeller\*, fenaco Genossenschaft, Areale und Technik*

*Florian Brunner, Brunner Energieberatung GmbH*

*Beat Wellig, Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Institut für Maschinen- und Energietechnik IME*

*Beat Näf, Acrona Projects Sàrl*

Die fenaco Genossenschaft, Areale und Technik, betreibt in Sursee eine Dampfzentrale, die u. a. die Unternehmen Ramseier Suisse AG und die UFA AG mit auf 10 bar verdichteten Dampf beliefert (Fig. 1). Der jährliche Dampfbedarf beträgt rund 25 000 Tonnen und wurde bisher mit Heizöl und intern erzeugtem Biogas gedeckt. Dafür standen zwei 8-t/h-Ölkessel sowie ein Biogas-/Ölkessel mit 2,7 t/h Dampf im Einsatz. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit haben bei der fenaco Genossenschaft seit jeher hohen Stellenwert. Deshalb wurden auch für die neue Energieversorgung verschiedene Varianten auf ihre technische Machbarkeit, Investitions- und Lebenszykluskosten sowie Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen untersucht. Sämtliche Varianten sollten ein grosses Leistungsspektrum von rund 10 t/h Dampf (während der Mostereisaison) bis zu wenigen Tonnen Dampf pro Stunde (an den Wochenenden) abdecken. Auch sollte das Biogas möglichst wirtschaftlich verwertet werden können. In Anbetracht der zunehmenden Bedeutung von dezentraler Stromproduktion war eine Wärme-Kraft-Kopplung ein Wunschkriterium (Fig. 2).



Fig. 1 Die Dampfzentrale produziert jährlich rund 25 000 Tonnen verdichteten Dampf.

(©zVg eicher+pauli)

### RÉSUMÉ

#### UNE PRODUCTION DE VAPEUR ULTRA-EFFICACE – UN PROJET PHARE

La centrale de production à vapeur de la coopérative fenaco à Sursee fournit près de 25 000 t de vapeur chaque année aux entreprises telles que Ramseier Suisse SA et AFA AG. Jusqu'en 2017, la vapeur était produite avec du mazout et du biogaz. L'extension du réseau de gaz naturel a permis de passer au gaz naturel/biogaz. La centrale de production à vapeur a été complétée d'une turbine à gaz pour la production d'électricité. En 2018, cette transition a permis d'économiser 2 450 t de CO<sub>2</sub> et la production combinée de chaleur et d'électricité a atteint un rendement global jusqu'à 94%, en offrant l'avantage supplémentaire de la production d'électricité. L'obtention d'électricité de qualité à partir du processus de combustion permet d'atteindre l'indépendance partielle du fournisseur d'électricité qui était visée. Le savoir-faire acquis dans le cadre de ce projet phare servira de base à d'autres projets énergétiques de fenaco.

#### VARIANTENWAHL

Indem energie wasser luzern ewl das Erdgasnetz ausbaute, zeichnete sich eine Lösung mit einer konventionellen Dampferzeugung inklusive einer Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) mittels Microgasturbine (MGT) ab. Die Wahl fiel auf eine Capstone-Turbine C200 in Kombination mit einem Gasturbinen-Abgas-Brenner DDZG-GTM von Saacke und einem 10-t/h-Dampfkessel von Viessmann sowie einem zweiten 10-t/h-Dampfkessel mit Dreistoffbrenner. Das Erzeugungskonzept ist vereinfacht in Figur 3 dargestellt.

Die annähernd vollständige thermische Nutzung der Rauchgase mit einem Gesamtwirkungsgrad von bis zu 94% im Vollastbetrieb war das herausragende Kriterium für die Kombination Capstone-Turbine und Saacke-Brenner. Dieser Wirkungsgrad ist einem konventionellen Dampfkessel ebenbürtig – mit dem

\* Kontakt: michael.gfeller@fenaco.com

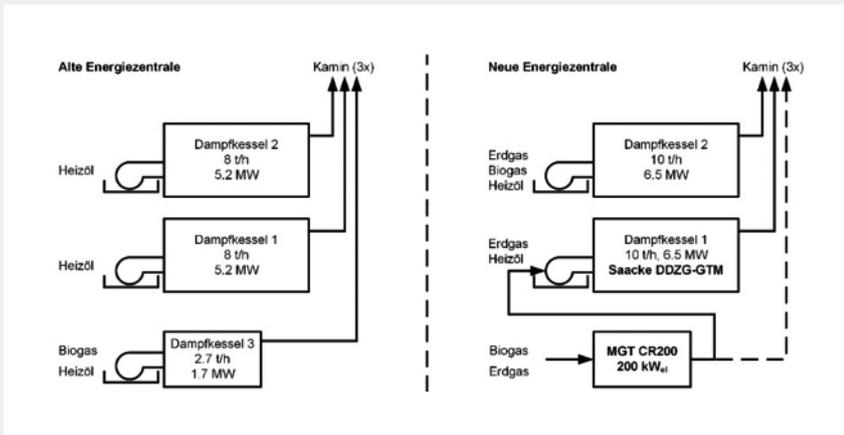


Fig. 2 Darstellung der Funktionsweise der Wärme-Kraft-Kopplung

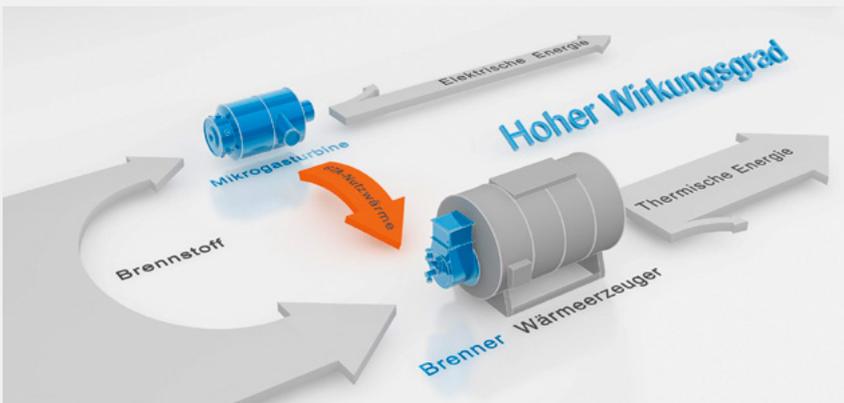


Fig. 3 Vereinfachte Darstellung des Dampferzeugungskonzepts in alter und neuer Energiezentrale



Fig. 4 Biogasreaktor der ARA

zusätzlichen Nutzen der Elektrizitätsproduktion. Der MGT-Betrieb erfolgt wärmegeführt, damit die Abgase möglichst vollständig genutzt werden können: Bei einem Dampfbedarf von mehr als 4 t/h oder 2,6 MW beträgt die Turbinenlast 100% (ca. 200 kW<sub>el</sub>), darunter wird bis zu einer Turbinenlast von ca. 33% proportional reduziert. Zur zusätzlichen Effizienzsteigerung wird überdies die Kühlluft der Turbine als Verbrennungsluft genutzt. Anhand der Jahresdauerlinie der *fenaco* wird in einem Durchschnittsjahr eine Elektrizitätsproduktion von ca. 900 MWh/a erwartet, was rechnerisch einem Volllastäquivalent von 4700 Stunden pro Jahr entspricht.

**KOMBINATION MIT BIOGAS**

Vorgabe war es, möglichst alles Biogas aus den Reaktoren der betriebsinternen ARA in der Turbine als Energieträger zu nutzen (Fig. 4). Die Problematik dabei stellt sich, dass auch bei maximaler Biogasproduktion die Turbine nicht mit dem Biogas über längere Zeit auf Volllast betrieben werden kann. Regelungstechnisch wurde dies so umgesetzt, dass über die Gasspeicherbewirtschaftung der Tur-

bine jeweils ausschliesslich Biogas oder ausschliesslich Erdgas zugeführt wird. Die Umschaltung erfolgt automatisch und unterbrechungsfrei, im Normalbetrieb und bei durchschnittlicher Biogasproduktion im Halbstundentakt.

**ÜBERPRÜFUNG DER EFFIZIENZ**

Um die im Vorfeld in Aussicht gestellten Aussagen zu Wirkungsgrad der MGT zu überprüfen, wurde das Projekt von der Hochschule Luzern messtechnisch begleitet. Der 22 Seiten umfassende Messbericht vom 8. Februar 2019 bestätigt für

einen Lastbetrieb von 4-10t/h Dampf die entsprechenden Wirkungsgrade. Aus Mangel an Referenzmessungen wird angenommen, dass die Wirkungsgrade einer konventionellen Erzeugung und des WKK-Betriebs auch in Teillast < 4 t/h identisch sind (Fig. 5).

**WIRTSCHAFTLICHKEIT DER MICRO-GASTURBINE**

Bereits bei der Entscheidung für eine Wärme-Kraft-Kopplung mit MGT zeichnete sich ab, dass die Wirtschaftlichkeit nach herkömmlicher Betrachtungsweise

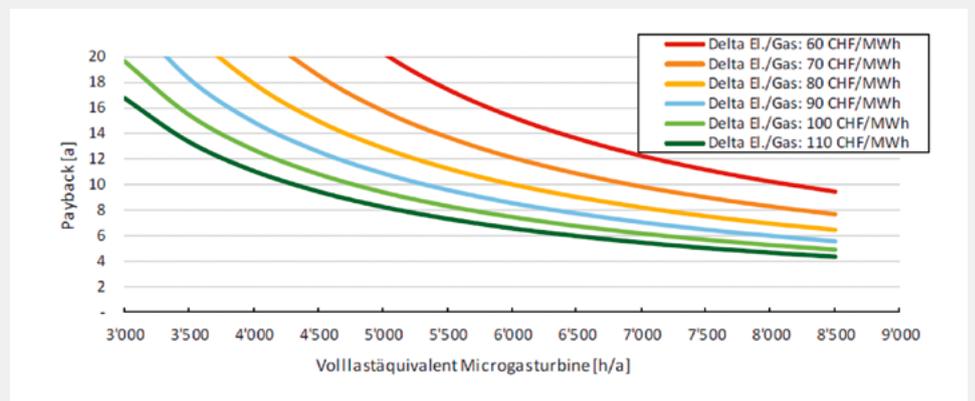


Fig. 5 Gesamtnutzungsgrad

(Paybackzeit von 7–8 Jahren) nicht gegeben ist. Dennoch hat sich die *fenaco Genossenschaft* für diese «Leuchtturm»-Variante entschieden – nicht zuletzt um Erfahrungen für künftige Pro-

jekte zu sammeln zu können und eine Teilunabhängigkeit der Elektrizitätsversorger zu erlangen.

In vorliegendem Projekt ist die hohe Paybackzeit, also bis die Aufwendungen durch Energieeinsparungen wieder eingespielt sind, auch auf die Mehrkosten der Biogaseinbindung, in vorliegendem Projekt ca. 14%, zurückzuführen.

Eine MGT lässt sich über die Lebensdauer der Anlage nur amortisieren, falls sich die Differenz der Energiepreise von Gas und Elektrizität in Zukunft deutlich erhöhen. Die Herausforderungen für Folgeprojekte liegt darin, Industrieunternehmen mit einem konstant hohen Dampfbedarf zu finden. Bei einem Volllastäquivalent von 6500 Stunden im Jahr und einer Preisdifferenz von 100 Fr./MWh sind Paybackzeiten von gegen sieben Jahren möglich (Fig. 6).

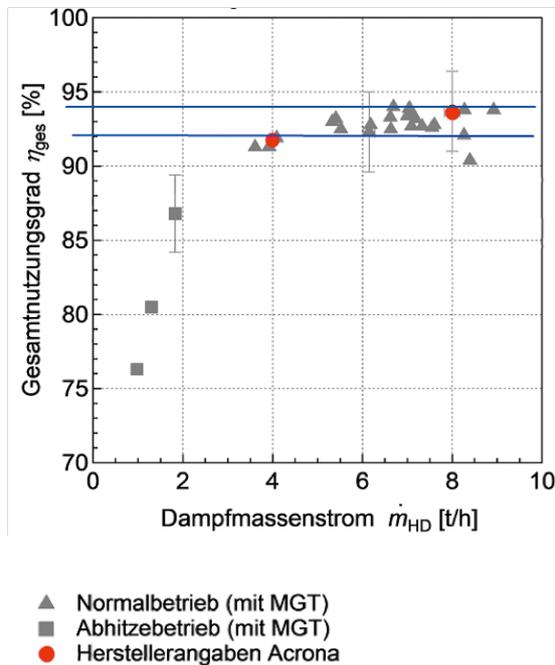


Fig. 6 Statische Paybackzeit einer MGT C200 mit 200 kW<sub>e</sub> ohne Biogasnutzung in Abhängigkeit des erreichbaren Volllastäquivalents der MGT und der Preisdifferenz zwischen Erdgas und Elektrizität.

#### FAZIT

Insgesamt konnten mit der Erneuerung der Energiezentrale die angestrebten Ziele erreicht werden. Die 100% Verfügbarkeit von Dampf ist sichergestellt (Redundanz). Die Gesteungskosten pro Tonne Dampf konnten gegenüber der alten Energiezentrale gesenkt werden. Mit der Umstellung von Öl auf Gas wurden im Jahr 2018 zudem 2450 t CO<sub>2</sub> eingespart – eine hochwirksame Massnahme, das übergeordnete Energieeffizienzziel zu erreichen. Mit der Gewinnung von hochwertigem Strom aus dem Verbrennungsprozess wird die angestrebte Teil-unabhängigkeit vom Stromlieferanten erreicht (deckt 25% des Eigenbedarfs der Merkurstrasse ab).

Das erworbene Know-how aus diesem Leuchtturmprojekt dient als Basis für weitere *fenaco*-Energieprojekte.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Wellig, B.; Käch, T.; Stirnimann, P. (2008): Messbericht
- [2] Brunner, F. (2010): Wirtschaftlichkeitsbetrachtung MGT Saacke fenaco
- [3] Näf, B.: Schlussbericht Hocheffiziente Dampferzeugung fenaco Sursee RevC

## Gipfelstürmer messen ...

**kamstrup**

### ... mehr als nur den Wasserverbrauch!

#### Mit den Ultraschall-Wasserzählern von Kamstrup

- erfassen Sie die Wasser- und Umgebungstemperatur
- werden Sie frühzeitig vor Rohrbrüchen durch Frostschäden oder Änderungen der Wasserqualität gewarnt
- erhalten Sie intelligente Alarmfunktionen bei Leckagen, Rohrbrüchen, Trockenlauf, Rückfluss oder Manipulation
- können Sie Wasserverluste und Begleitschäden minimieren



Kamstrup A/S Schweiz · Industriestrasse 47 · 8152 Glattbrugg  
T: 043 455 70 50 · info@kamstrup.ch · kamstrup.com