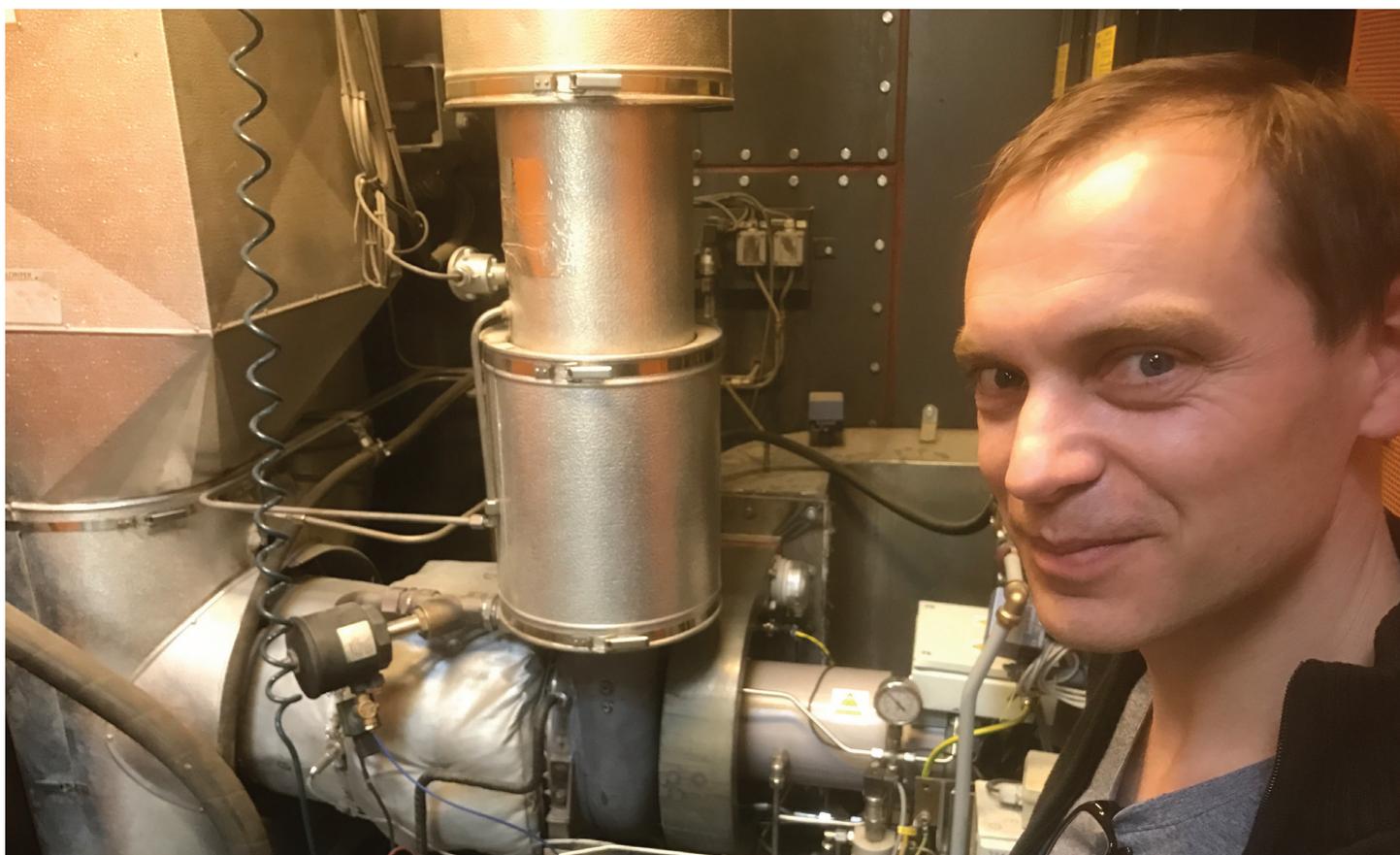


EINE TURBINE, DIE MEHR BIETET ALS HEISSE LUFT

Vom Cheminée bis zum grossen Heizwerk – Holz wird seit jeher zur Erzeugung von Wärme genutzt. Ergänzend zur Wärmeproduktion kann Holz aber auch zur Produktion von Strom eingesetzt werden. Heissluftturbinen verwenden hierzu erhitzte Luft aus einer Feuerung, die über eine Turbine geführt und mit dem zugeschalteten Generator in Elektrizität umgewandelt wird. Die beträchtliche Restwärme wird anschliessend zur Warmwasser-Erzeugung verwendet. Die neue Technologie eignet sich für den Einsatz in den Energiezentralen von Fernwärmenetzen – oder in Industrie- und Dienstleistungsbetrieben, die auf Selbstversorgung mit Wärme und Elektrizität zielen.



Dietrich Vogel, bei der Schmid AG Leiter des Heissluftturbinen-Projekts, vor der Heissluftturbine, die die Schmid AG am Firmensitz im thurgauischen Eschlikon installiert hat. Foto: B. Vogel

Auf den ersten Blick ist das Fernwärmenetz im freiburgischen Düringen ein Wärmeverbund, wie es in der Schweiz Hunderte gibt: Im Herbst 2015 nahm in der Stadt mit ihren 8000 Einwohnern ein neues Fernwärme-Netz seinen Betrieb auf. Seither wurden die gemeindeeigenen Gebäude und rund 180 Haushalte angeschlossen. Im Endausbau sollen es 400 Haushalte sein. Betreiber des Wärmeverbunds ist der Westschweizer Energieversorger Celsius Groupe E. «Unser Unternehmen legt Wert auf innovative Lösungen bei der Wärmeproduktion», sagt Olivier David, der den Bau der neuen Energiezentrale als Projektleiter verantwortet hat.

Die Energiezentrale des Wärmeverbunds Düringen verfügt über eine Holzfeuerung, die nicht nur Wärme produziert, sondern auch Strom. Einzigartig ist die für die Stromproduktion eingesetzte Heissluftturbine-Technologie. Hierbei werden die Turbine und der zugeschaltete Generator nicht durch ein in einer Brennkammer erzeugtes heisses Verbrennungsgas angetrieben, wie bei Flugzeug- und anderen Gasturbinen üblich, sondern durch die in der Feuerung und über den Abgas-Luft-Wärmetauscher zu hohen Temperaturen erwärmte Luft.

Holzheizungen produzieren Strom

Wer die Erfinder dieser Neuheit sprechen will, muss von Düringen quer durch die Schweiz ins thurgauische Eschlikon reisen. Dort hat die Schmid AG ihren Sitz, ein 1936 gegründetes Familienunternehmen, das auf den Bau von mittleren und grossen Holzfeuerungen (180 bis 6500 kW Wärmeleistung) für Wärmeverbünde, Industrie- und Dienstleistungsunternehmen spezialisiert ist. In der Werkhalle der Schmid AG stehen riesige Stahlkuben, aus denen hier in Eschlikon Holzfeuerungen der modernsten Generation entstehen. Herzstück dieser Feuerungen sind Brennkammern mit Vorschubrostfeuerung. Diese durch Schmid über Jahrzehnte optimierte Technologie garantiert einen optimalen Energieertrag mit Wirkungsgraden von 92% und mehr.

Holzfeuerungen sind das angestammte Geschäft von Schmid. Ein noch relativ junges Tätigkeitsfeld des Thurgauer Industriebetriebs sind Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen, also Holzfeuerungen, die so umgebaut werden, dass sie neben Wärme – quasi als Nebenprodukt – auch Strom produzieren. In den Anlagen setzte Schmid bisher Vergasertechnologie und ORC-Turbinen ein. Letztere arbeiten wie Dampfturbinen, verwenden statt Dampf aber eine organische Flüssigkeit. Die



Die Wärme-Kraft-Kopplungsanlage mit Heissluftturbine in der Energiezentrale der Fernwärme Düringen. Foto: Schmid AG

Anlage in Düringen geht mit der Heissluftturbine nun einen neuen, dritten Weg: «Wir haben die Technologie über Jahre entwickelt», sagt Philipp Lüscher, CEO der Schmid AG. «Gegenüber der ORC-Technologie hat die Heissluftturbine den Vorteil, dass sie mit einem risikoärmeren Betriebsmedium arbeitet, nämlich Luft statt organischen Thermoölen. Das Medium heisse Luft ermöglicht eine einfachere Anlagentechnik und senkt so die Wartungskosten. Und im Gegensatz zu Vergasern läuft die Heissluftturbine nicht nur mit hochwertigem Holzbrennstoff, sondern auch mit günstigem Holz, was die Betriebskosten senkt.»

Auf günstige Holzbrennstoffe ausgelegt

Die Entwicklung der Heissluftturbine reicht annähernd zehn Jahre zurück. Auf der Grundlage von Vorarbeiten eines englischen Ingenieurs und des Ökozentrums Langenbruck wurde zuerst ein Prototyp gebaut. Später entstand in Düringen

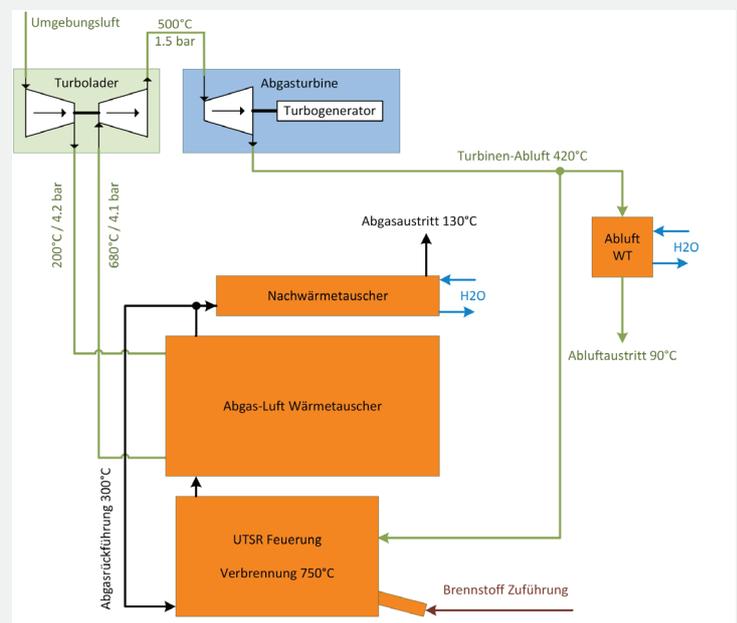
die erste Kundenanlage, vom BFE im Rahmen seines Leuchtturm-Programms unterstützt. Damit hat die Heissluftturbine die Serienreife erlangt. «Die grösste Herausforderung bei der Entwicklung war die Kommunikation zwischen den Hauptkomponenten», sagt Dietrich Vogel. Der Diplomingenieur und Verfahrenstechniker war bei der Schmid AG als Projektleiter für die Entwicklung verantwortlich. «Die eigentliche

Innovation der WKK-Anlage liegt nicht in ihren Bauteilen, sondern in deren Zusammenspiel.»

Von Beginn weg war die Anlage für den vollautomatisierten Langzeitbetrieb mit kostengünstigem Brennstoff ausgelegt. Zwar kann sie auch mit gut getrockneten Hackschnitzeln beschickt werden, die Anlage läuft aber auch mit minder-

WIE DIE HEISSLUFTTURBINE FUNKTIONIERT

In einer klassischen Holzfeuerung wird die Wärmeenergie aus dem Verbrennungsprozess mithilfe eines Wärmetauschers zur Erhitzung von Wasser genutzt. Das Warmwasser wird dann in den Heizkreislauf oder ein Fernwärmenetz eingespeist. Bei der Anlage in Düdingen gelangen die 750 °C heissen Rauchgase aus der Holzfeuerung ebenfalls in einen Wärmetauscher. Dort wird die Wärme aber nicht zur Erhitzung von Wasser verwendet, sondern von Luft, die zuvor durch einen Kompressor auf gut 4 bar verdichtet und damit auf 200 °C vorgewärmt worden ist. Beim Austritt aus dem Wärmetauscher ist die Luft 680 °C heiss. In einem dreistufigen Prozess wird die Wärme in verschiedene Energieformen umgewandelt: Im ersten Schritt wird die Luft durch einen Turbolader geführt, welcher den Kompressor antreibt, der die Umgebungsluft verdichtet (siehe Grafik links oben). Im zweiten Schritt gelangt die Luft – noch 500 °C heiss – auf die Heissluftturbine, die über den angehängten Generator Strom produziert. Im dritten Schritt wird die noch 420 °C heisse Luft in einen Wärmetauscher geführt, wo sie – wie in einer konventionellen Holzfeuerung – für Heizzwecke und für die Produktion von Warmwasser genutzt wird.



Das Herzstück der Anlage ist der Rauchgas-Luft-Wärmetauscher. Die Wärmeübertragung von Abgasen auf Luft erfordert eine relativ grosse Fläche. Daher ist dieser Wärmetauscher wesentlich grösser als der Rauchgas-Wasser-Wärmetauscher einer konventionellen Holzfeuerung. Heissluftturbinen haben hohe Arbeitstemperaturen. Um den hohen Temperaturen standzuhalten, ist der Wärmetauscher aus hitzebeständigem Edelstahl gefertigt – ein Hauptgrund für die relativen hohen Kosten dieser Wärme-Kraft-Kopplungsanlage (WKK).

Die Anlage hat einen thermischen Wirkungsgrad von 63% und einen elektrischen Wirkungsgrad von 13%, was in einem Gesamtwirkungsgrad von rund 76% resultiert. Der Wert liegt für eine mit Biomasse betriebene WKK-Anlage im oberen Mittelfeld. Mit weiteren Optimierungen könnte dieser auf 80% steigen. Damit die Wärme optimal umgesetzt wird, werden die Rauchgase nach Verlassen des Rauchgas-Luft-Wärmetauschers nochmals in einem Nachwärmetauscher genutzt, bevor sie im Elektroabscheider gereinigt und dann in die Umgebung entlassen werden.

Die Heissluftturbinen-Anlage in Düdingen hat eine thermische Leistung von 450 kW und liefert ganzjährig Bandenergie. Ihre Wärmeproduktion wird im Winter und in der Übergangszeit durch eine Holzheizung (2000 kW_{th}) unterstützt. BV

wertigen, oft auch feuchten Holzarten wie Waldaufwisch mit Tannenchries, Rinden, Strauchschnitt oder Abfällen aus der Holzindustrie. «Brennstoffe mit einer Feuchtigkeit von bis zu 55% meistert unsere Anlage ohne Probleme. Das vermindert die Brennstoffkosten gegenüber einer Anlage, die nur mit hochwertigen Hackschnitzeln läuft, um gut und gern die Hälfte», sagt Schmid-Projektleiter Dietrich Vogel. Einzige Bedingung ist, dass das Holz naturbelassen ist, was beispielsweise den Einsatz von Abrissholz ausschliesst.

Wärme ganzjährig als Bandlast nutzen

Eine Anlage zur dezentralen Erzeugung von Wärme und Strom, die mit dem einheimischen, CO₂-neutralen Energieträger Holz betrieben wird – dieses Konzept entspricht sehr gut den Anforderungen an aktuelle Energieproduktion. Allerdings ist die Wärme-Kraft-Kopplungsanlage teurer als eine konventionelle Holzfeuerung und ohne Fördermassnahmen wie die Kostendeckende Einspeisevergütung noch nicht konkurrenzfähig. Interessant ist die Anlage zum Beispiel für Firmen, die die produzierte Wärme ganzjährig nutzen und den Strom ebenfalls selber verbrauchen können. «Technisch gesehen haben wir die Marktreife erlangt, künftig wollen wir daran arbeiten, die Anlage noch günstiger zu bauen, beispielsweise durch Optimierungen des Abgas-Luft-Wärmetauschers, der zentralen Komponente der Anlage», sagt Philipp Lüscher.



Detailansicht der WKK-Anlage in Düdingen: Die Turbogruppe mit isolierten Zuluft- und Abluftleitungen, Bypassventilen und Öl-Kühlungsleitungen. Foto: Schmid AG

Neben Fernwärmenetzen und Industriebetrieben ist die Holzfeuerung mit Heissluftturbine für Betriebe mit Restholzverwertung konzipiert, aber auch für grosse Wärmeverbraucher mit Strombedarf wie ausgebaute Fussballarenen oder Zoologische Gärten. In Ländern wie Österreich und Italien, aber auch in Japan und China stösst die Cleantech-Innovation des Schweizer Familienunternehmens auf gute Resonanz.

- www.schmid-energy.ch, www.heissluftturbine.ch
- Den **Schlussbericht** zum Projekt finden Sie unter: <https://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=34699>
- **Auskünfte** zum Projekt erteilt Dr. Yasmine Calisesi ([yasmine.calisesi\[at\]bfe.admin.ch](mailto:yasmine.calisesi[at]bfe.admin.ch)), Sektion Cleantech des BFE
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Holz und andere Biomasse: www.bfe.admin.ch/CT/bioenergie

PILOT-, DEMONSTRATIONS- UND LEUCHTTURM-PROJEKTE DES BFE

Die Heissluftturbine der Düdinger Wärme-Kraft-Kopplungsanlage gehört zu den Leuchtturmprojekten, mit denen das Bundesamt für Energie (BFE) die Entwicklung von sparsamen und rationellen Energietechnologien fördert und die Nutzung erneuerbarer Energien vorantreibt. Der Prototyp der Anlage war zuvor bereits im Rahmen eines BFE-Pilot- und Demonstrationsprojekts unterstützt worden. Das BFE fördert Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte mit 40% der anrechenbaren Kosten. Gesuche können jederzeit eingereicht werden.

- **Informationen** unter: www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration
www.bfe.admin.ch/leuchtturmprogramm