

Holz aus Gemeindewald wird zu Wärme und Strom

Westschweizer Energieversorger Romande Energie betreibt in Puidoux und Charmey Holzvergaser-Heizkraftwerke von Regawatt

ib. Mit möglichst hohem elektrischen Wirkungsgrad grünen Strom und Wärme für ein Nahwärmenetz aus Holz zu gewinnen, das aus dem Gemeindewald bereitgestellt wird und mit möglichst geringem Aufwand verwertet werden kann – so etwa könnte man die Aufgabe zusammenfassen, der sich die Planer des Westschweizer Energieversorgers Romande Energie für ein Projekt in Puidoux stellten. Herausgekommen ist eine Holzvergaseranlage mit BHKW und ORC-Modul, das die bayerische Firma Regawatt plante und baute. Es ging im letzten Jahr in Betrieb, in diesem folgte ein „Schwester-Projekt“ in Charmey.

Romande Energie SA, Morges (Kanton Waadt), ist für einen großen Teil des operativen Geschäfts der Romande Energie Holding SA zuständig, dem mit 300000 Stromkunden fünftgrößten Energieversorger der Schweiz. Er ist überwiegend im französisch sprechenden Teil der Schweiz (Romandie oder Suisse romande) aktiv. Die Holding gehört mehrheitlich dem Kanton Waadt und mehr als 200 Gemeinden des Kantons. 2018 setzte sie 597,6 Mio. Franken um, was einem Zuwachs von 3,9% gegenüber dem Vorjahr entsprach. Seit 2008 gibt es für die erneuerbaren Energien den Geschäftsbereich Umwelt, der ständig

ausgebaut werden soll. Der selbst produzierte Strom, im Jahr 2018 waren das etwa 18% des gesamten Stromvertriebs, wird zu 100% aus erneuerbaren Energien gewonnen. Dabei entfallen etwa 95% der eigenen Produktion auf Wasserkraft. Zudem hat man in Frankreich einen Windpark gekauft, da es in der Schweiz schwer sei, Windkraftanlagen zu etablieren. Weiterhin arbeitet man an Solar- und Geothermieprojekten. Mehrere Projekte gibt es im Bereich Biomasse. Auch dort sucht man ständig nach neuen geeigneten Standorten. Einen solchen fand man in Puidoux (Kanton Waadt), einer 2900-Seelen-Gemeinde nahe der Kantonshauptstadt Lausanne und nicht weit vom Ufer des Genfersees. Dort bestand die von der Kommune unterstützte Möglichkeit, mit Holz eine Reihe von Wohngebäuden, ein Schwimmbad, eine Tennishalle und Gebäude eines Gewerbegebietes über ein Nahwärmenetz zu versorgen. Im Sinne hoher Ressourceneffizienz war es dabei das Ziel, auf Kraft-Wärme-Kopplung zu setzen.

Seit Januar letzten Jahres versorgt nun eine Holzvergaseranlage, die mitten im Gewerbegebiet und direkt an der Autobahn steht, den Ort mit Wärme und speist zudem Biostrom ein. In die KWK-Anlage und den Netz-Neubau investierte der Energieversorger etwa 13 Mio. Schweizer Franken (etwa 11,5 Mio. Euro).

Projektleiter auf Betreiberseite ist Giulio Caimi. Er erklärt, wie man auf die Vergasertechnik kam. So werden in der Schweiz für den Erhalt einer kostendeckenden Einspeisevergütung Mindestwerte für den Gesamtwirkungsgrad einer Kraft-Wärme-Kopplung gefordert.



Das erste Holzvergaser-Heizkraftwerk der Romande Energie in Puidoux ist seit letztem Jahr am Netz, hier ein Bild von der Eröffnungsfeier. Fotos: Ißleib, Romande Energie, Regawatt



Der Festbett-Gegenstromvergaser ist 9 m hoch und hat einen Durchmesser von 2,8 m. Er wird von oben befüllt; blau zu erkennen ist der Zwischenbehälter für die Hackschnitzel.



Im unteren Bereich befindet sich der Drehrost, über den die Asche ausgetragen wird. Hier wird auch die angefeuchtete Luft eingeblasen.



Verwendet werden grobe Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 20 bis 50%. Übergrößen werden vor der Einschleusung gekappt.



Feinanteile werden im Fördersystem ausgesiebt, getrocknet, brikettiert und anschließend gemeinsam mit den Hackschnitzeln im Vergaser genutzt.



An diesem Bereich u. a. mit dem Gebläse für die Vergaserluft ist der modulare Aufbau der Anlage gut zu erkennen.



System zur Abscheidung der Kondensate: Das Gas wird permanent analysiert (rechter Kasten im Vordergrund).



Die motorische Nutzung des aufbereiteten Holzgases erfolgt in einem BHKW mit Jenbach-Gasmotor. Dessen Abgase werden in der Brennkammer nachverbrannt.



Ein ORC-Modul von Dürr verwertet die Wärme, die in den Rauchgasen aus der Brennkammer enthalten ist, direkt, ohne Thermoölkreis – eine Besonderheit der Anlage in Puidoux.

Hat die Stromerzeugung einen relativ niedrigen Wirkungsgrad, wie z. B. bei ORC-Anlagen (um 14%), muss der Anteil der genutzten Wärme entsprechend hoch sein. Dies ist ein Problem, wenn auf der Abnehmerseite kein konstant hoher Wärmebedarf herrscht. So ist in Puidoux mit seiner Abnehmerstruktur – viele kommunale Gebäude und Wohnhäuser – vor allem im Sommer der Heizbedarf eher niedrig. Daher strebte man eine Anlage an, mit der man dem wechselnden Wärmebedarf sehr gut folgen kann, die dabei aber einen möglichst hohen elektrischen Wirkungsgrad aufweist, um einen entsprechend hohen Gesamtwirkungsgrad zu erreichen. Technisch geeignet wäre dafür z. B. Dampfturbinentechnik, die einen Wirkungsgrad von 25 bis 28% aufweist, aber gerade im für das Projekt Puidoux wichtigen Teillastbetrieb recht unflexibel ist. Dagegen gibt es inzwischen einige Vergaseranlagen in diesem Leistungsbereich.



Projektleiter Giulio Caimi (rechts) mit Jules Dutour, dem Betriebsleiter in Puidoux, in der Steuerwarte des Vergaser-Heizkraftwerkes.

Als zweiten wichtigen Faktor nennt Caimi den Brennstoff. Die Kommune Puidoux ist selbst ein großer Waldbesitzer (25% Bewaldung). Sie wünschte daher für das KWK-Projekt, dass dort Holz aus den eigenen Wäldern verwertet werden kann. Da man bei Romande Energie eine möglichst einfache Holzlogistik anstrebte, suchte man ein Vergaser-System, welches mit feuchtem Holz arbeiten kann. Bei Recherchen auf dem Markt stieß man auf Regawatt aus Abensberg in Bayern. Dessen „Kombi Power System“ (KPS) basiert auf einem Festbett-Gegenstromvergaser, der nicht nur mit feuchtem Holz zurechtkommt, sondern sogar eine hohe Feuchte benötigt. So kam man ins Gespräch und nach der Besichtigung zweier Anlagen entschied man sich bei Romande Ener-

gie, eine Anlage von Regawatt zu kaufen. Diese ist nun seit letztem Jahr in Betrieb. Ausgelegt sind Heizkraftwerk und Netz auf 10 GWh_{therm.}. Aktuell liegt der Verkauf bei etwa 5,5 GWh (Prognose für 2019). Wenn nach Anschluss weiterer Abnehmer die Auslegungsleistung vollständig abgefragt wird, wird der Holzbedarf etwa 20000 bis 24000 m³ betragen. Das Holz liefert ein Forstunternehmer aus dem Gemeindewald. Dort wird es als Vollholz bereitgestellt und gelagert. Sinkt der Vorrat am Kraftwerk unter einen definierten Sollwert, wird der Unternehmer automatisch informiert. Er hackt dann das Holz im Wald direkt auf die Transportfahrzeuge und bringt die Hackschnitzel zum

Fortsetzung auf Seite 810

Holz aus Gemeindewald wird zu Wärme und Strom

Fortsetzung von Seite 809

Werk. Für die Annahme am Schubboden-Bunker muss kein Kraftwerksmitarbeiter vor Ort sein. Die Abrechnung erfolgt nach enthaltener Energie, also nach Wärme- und Stromzähler. Für die Holz-Qualität macht Regawatt die Vorgabe, dass der Feinanteil möglichst gering ist; das bedeutet, dass maximal 20 % der Hackschnitzel kleiner als 11,2 mm sein dürfen. Es dürfen jedoch in kleineren Mengen auch Äste und Rinden enthalten sein. Der Wassergehalt sollte möglichst zwischen 30 und 50 % betragen. Ist das Holz zu trocken, wird es im Silo befeuchtet.

Über einen Kettenförderer werden die Hackschnitzel zum Vergaser transportiert. Dort ist ein Rüttelsieb eingebaut, das den (sehr geringen) Feinanteil abscheidet. Die rücklaufende Kette fördert diese zu einem unterflur installierten Behälter, wo sie mit warmer Luft durchströmt und so getrocknet werden. Anschließend brikkettiert man sie (Presse von Gross Apparatebau), sodass sie als stückiges Material mit den Hackschnitzeln im Vergaser genutzt werden können.

Der Vergaser mit einer Brennstoffleistung von 4,5 MW ist 9 m hoch und hat einen Durchmesser von 3 m (Regawatt bietet auch eine 2 MW-Variante an). Er wird über eine Zellradachse, die eventuell vorhandene Übergrößen zerteilen kann, befüllt. Rotierende Arme sorgen für eine gleichmäßige Verteilung. Von unten wird zuvor befeuchtete Luft zugegeben (Gegenstromprinzip). Der Feuchte kommen dabei zwei Aufgaben zu. Zum einen sorgt das Wasser dafür, dass die Temperatur im Vergaserkern nicht über 1000 °C steigt (ohne wären es bis 2000 °C), sodass sich im Vergaser keine Zonen bilden, wo der Ascheschmelzpunkt überschritten wird. So verhindert man Schlackebildung, die zu Störungen führen würde. Außerdem führt der hohe Wasserdampfgehalt im System zu einer hohen Ausbeute an Wasserstoff. So hat das Holzgas der Anlage in Puidoux einen relativ konstant hohen Anteil an Wasserstoff von 21 %. Hinzu kommen 29 % CO und 10 % CO₂, wie Klaus Röhrmoser, Geschäftsführer von Regawatt berichtet.

In etwa 3,5 Stunden (bei Volllast) durchläuft das Holz den Vergaser bis zur vollständigen Umsetzung. Als Rückstand bleibt vollständig ausgebrannte Asche (feinkörnig, hellgrau), die über den Drehrost am Boden des Vergasers ausgeschleust wird. Die Regelung des Vergasers läuft über die zugegebene Luft, die per Gebläse eingebracht wird. Dabei reagiert das System sehr schnell auf Veränderungen. Kommt es zu Störungen, werden die Luftzuleitung und die Gasableitung verschlossen. Ebenfalls der Sicherheit dient, dass das System nahezu drucklos arbeitet.

Der Gegenstromvergaser liefert ein sehr kondensathaltiges Gas. Es verlässt den Vergaser mit etwa 75 °C. Über zwei in Reihe geschaltete Kühler, für den zweiten gibt es eine wie eine Wärme-

pumpe arbeitende Kühleinheit, und einen Nasselektrofilter wird das Kondensat aus dem feuchten Rohgas abgeschieden. Es besteht grob aus zwei Fraktionen, dem schweren, heizwertreichen Pyrolyseöl (hat etwa 50 % des Heizwertes von Heizöl) und einem Anteil, der stärker gelöst ist. Beide werden statisch getrennt und die zweite Komponente durch Wärmezugabe „eingedickt“. Danach können beide im Kern des Wärmesystems, der Brennkammer, genutzt werden.

Die Gaszusammensetzung wird kontinuierlich überwacht, um mit der Anlagensteuerung schnell auf Änderungen reagieren zu können. Das gereinigte und entfeuchtete Holzgas geht über einen Verdichter zur motorischen Nutzung. Dazu setzt man auf einen Jenbacher-Gasmotor mit Turboaufladung (2,7 bar Ladedruck), der in einem gekapselten und zur Vorbeugung von Kondensation stets warmen Raum steht. Dieser treibt einen Generator an, mit dem Strom erzeugt und ins Netz eingespeist wird (Block-Heizkraftwerk). Die Stromerzeugung ist abhängig von der Gaserzeugung, die sich wiederum am Wärmebedarf im Netz orientiert. Der Regelbereich des BHKW reicht daher von 310 bis 770 kW_a. Aufgrund der hohen Gasqualität und der Erfahrungen des Herstellers geht Giulio Caimi davon aus, dass der Motor mindestens 80000 Betriebsstunden hält.

Die im BHKW anfallende Wärme wird mit anderen Wärmeströmen in der Brennkammer gesammelt. Dorthin leitet man auch über einen Schalldämpfer die Abgase des Motors, die dort nachverbrannt werden, was einen Katalysator erspart. In der Brennkammer werden zudem das Pyrolyseöl, das bei Bedarf aus einem Zwischenbehälter zugeführt wird, der Brühdampf aus dem Kondensatverdampfer und das Kondensat daraus genutzt. Ohne Motorbetrieb wird dort auch das Holzgas verbrannt, das in diesem Fall nicht aufbereitet werden muss (Nutzung des Rohgases). Die Steuerung erfolgt über die Zugabe von Primär-, Sekundär- und Tertiärluft.

Damit bündelt die Brennkammer alle Wärmeströme, sodass diese gemeinsam auf einen Abhitzekegel übertragen und anschließend genutzt werden können. Zudem werden in der Brennkammer durch die hohe Temperatur alle bis dahin noch vorhandenen Schadstoffe nahezu vollständig abgebaut, sodass das Abgas, welches über den Kamin nach außen abgegeben wird, auch ohne Filter die hohen Vorgaben des Kantons Waadt erfüllt. Regawatt garantiert Staubgehalte unter 20 mg/m³, gemessen wurden in Puidoux deutlich geringere Werte, auch für andere Schadstoffe:

- ◆ Staub: 2,9 bis 9,1 mg/m³ (zulässiger Grenzwert 30 mg/m³)
 - ◆ CO: 21 bis 98 mg/m³ (zulässiger Grenzwert 400 mg/m³)
 - ◆ NO_x: 183 bis 224 mg/m³ (zulässiger Grenzwert 500 mg/m³)
- Die geringen Staubgehalte ermögli-



In Charmey ist eine zweite Anlage im Bau (hier der Bauzustand Anfang September). Beim Transport der Komponenten des Vergasers konnte man gut in sein Inneres sehen.



chen eine Besonderheit der Anlage in Puidoux. Dort wird nämlich direkt mit der heißen Abluft ein ORC-Modul (Organic Rankine Cycle) betrieben, ohne Umweg über einen Thermoölkreislauf. Die geringen Staubgehalte garantieren, dass der ORC-Verdampfer nicht verschmutzt. Das verwendete Modul von Dürr Cyplan verträgt jedoch nur eine maximale Eingangstemperatur von 510 °C. Daher sitzt oberhalb der Brennkammer eine Mischkammer, wo die nach dem Durchgang durch den Abhitzekegel immer noch zu heiße Abluft aus der Brennkammer mit Rezirkulationsluft aus dem Economizer so gemischt wird, dass die Eingangstemperatur für die ORC-Anlage nicht überschritten wird (Temperatur nach dem ORC-Prozess 240 °C). Dürr bietet ORC-Module im Leistungsbereich von 40 kW bis 1000 kW an. In Puidoux ist ein Modul vom Typ „120 HT“ mit einer Leistung von maximal 120 kW verbaut, wobei der Regelbereich von 60 bis 120 kW_a reicht. Bei der Eigenentwicklung von Dürr Cyplan wurde das Konzept eines hermetisch abgeschlossenen Turbogenerators umgesetzt, das heißt, dass die Turbine und der Generator auf einer Welle montiert sind und von einem gemeinsamen Gehäuse umschlossen sind. So kann kein Arbeitsmittel entweichen. Die Gleitlager der Welle sind so konstruiert und dimensioniert, dass die Schmierung durch das Arbeitsmittel selbst erfolgt. Dabei werden die schmierenden Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe genutzt. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Anlage vergleichsweise leise arbeitet. Eine zusätzliche Kapselung wie beim BHKW war daher nicht nötig. Als Arbeitsmittel (=Fluid) setzt Dürr Cyplan reine Kohlenwasserstoffe ein, das heißt, sie enthalten weder Chlor noch Fluor.

Durch den Puffer kann die Anlage gleichmäßiger durchfahren, auch bei größeren außentemperaturabhängigen Schwankungen in der Wärmeabnahme über den Tag. Grundsätzlich ist das Vergaserkraftwerk jedoch im Verhältnis 1:5 modulierbar.

Um den Aufbau einer solchen Anlage vor Ort zu beschleunigen, setzt Regawatt weitgehend auf Modulbauweise. Dabei werden Funktionseinheiten in Metallgerüsten vorinstalliert und auf der Baustelle nur noch verbunden, wie Klaus Röhrmoser, Geschäftsführer des Anlagenbauers, berichtet.

Zweite Anlage von Romande Energie entsteht in Charmey

Noch bevor der Vergaser in Puidoux erstmals in Betrieb genommen wurde, entschied man bei Romande Energie, auch im etwa 50 km entfernten Charmey (Kantons Freiburg) eine Vergaseranlage zu bauen. Dort war bereits eine Heizanlage mit drei Holzkesseln zur Versorgung eines Wärmenetzes in Betrieb. Nach Ablauf der Übergangsfrist für die 2008 eingeführten Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung hätte die Anlage die strengereren Abgasvorschriften nicht mehr einhalten können. Eine Ertüchtigung hätte u. a. zu einer deutlichen räumlichen Vergrößerung der Anlage für die Filtertechnik geführt. Daher entschloss man sich zum Neubau, nun mit einem Vergaser. In Charmey, das auf knapp 900 m ü. NN liegt, und wo etwa doppelt so viele Kunden angeschlossen sind (u. a. ein Bad) ist der Wärmebedarf über das Jahr deutlich höher als in Puidoux (663 m ü. NN). Bisher verkaufte man dort pro Jahr 9 GWh Wärme pro Jahr, künftig sollen es bis zu 11 GWh sein. Deshalb hat in diesem Projekt die Wärmeausbeute einen viel höheren Stellenwert. Der Hauptunterschied zu Puidoux ist daher, dass die Anlage in Charmey mit einer zusätzlichen Rauchgaskondensation ausgestattet wurde. Dazu rüstete man das Netz auf Niedertemperaturbetrieb um, sodass der Rücklauf zur Kondensation des Abgases genutzt werden kann, was einen zusätzlichen Wärmegeinn von bis zu 900 kW (bei 40 °C Rücklauftemperatur) bringen soll. Ansonsten sind beide Anlagen nahezu baugleich, sodass man Erfahrungen übertragen kann und das eingespielte Bedienpersonal von Puidoux sich auch mit der Technik der Anlage in Charmey sehr gut auskennt. Mit der Erfahrung von mehr als einem Jahr Vollbetrieb ist davon auszugehen, dass werktäglich jeweils eine Bedienungskraft auf der Anlage nötig ist, am Wochenende fällt pro Tag im Schnitt eine Arbeitsstunde an, zudem wird dann ein Bereitschaftsdienst vorgehalten. Bei Störungen wird das Personal per Smartphone alarmiert.

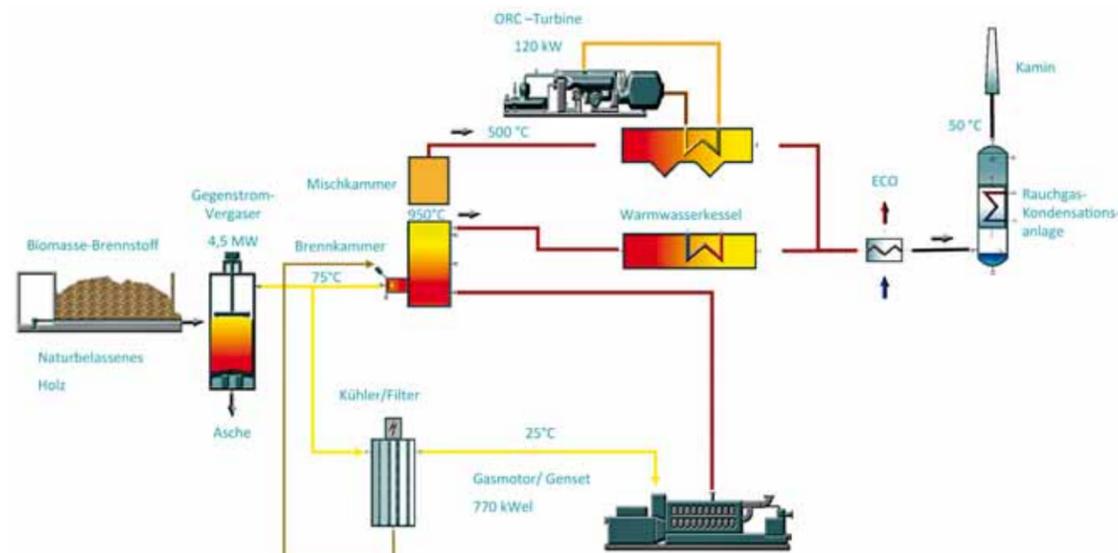
Eine Rauchgaskondensation und De-NO_x-Anlage hat Regawatt auch schon bei einem Vergaser-Projekt im niederländischen Ens (Feuerungsleistung 4,5 MW; 4,2 MW_{therm}, 500 kW_a) integriert. Vorgabe des dortigen Betreibers, des Blumenproduzenten A. Baas Kwekerij, und der zuständigen Förderstelle war eine möglichst hohe Gesamteffizienz, verbunden mit möglichst niedrigen Emissionswerten, insbesondere beim NO_x. Für die Genehmigung der

Anlage in Charmey galten bereits die zum Jahr 2018 verschärfte Werte der LRV, was vor allem hinsichtlich Stickoxyden von Bedeutung ist. Deshalb installierte man bei der zweiten Anlage von Roman Energie eine Harnstoffeinspritzung. Die im niederländischen Ens betriebene ORC-Anlage wird im Gegensatz zu Puidoux und Charmey mit einem Thermoölkreislauf gespeist. Allein diese drei Beispiele zeigen, wie Regawatt in der Lage ist, auf Basis seines Vergasersystems mit Brennkammer und BHKW und/oder ORC-Modul verschiedene Rahmenbedingungen bei der Planung zu berücksichtigen und in entsprechende Technik umzusetzen. Dazu gehört auch, dass Kunden, die z. B. einen geringeren Aufwand wünschen, eine Anlage angeboten werden kann, die ohne motorische Nutzung eines zu reinigenden Holzgases auskommt, aber trotzdem Strom erzeugen kann. Diese besteht dann nur aus den Hauptkomponenten Vergaser, Brennkammer und ORC-Anlage.

Durch den Anschluss von etwa 30 Neukunden steht Romande Energie in Puidoux unter zusätzlichem Druck, zuverlässig Wärme zu liefern. Der Spitzenlastbedarf wird zunächst über die direkte Verbrennung von Rohgas in der Brennkammer erzeugt. Hierzu wurde der Vergaser (im Verhältnis zum Bedarf des BHKW) mit 50 % Leistungsreserve bemessen. Zudem wird ein redundantes Heizsystem mit einem 3,2 MW Erdgaskessel vorgehalten. Zwar wäre die Anlage auch so auslegbar, dass man im Bedarfsfall auch über die Brennkammer Wärme aus Erdgas erzeugen kann, man wollte aber ein völlig unabhängiges Ersatzheizsystem, u. a. für die Zeiten der regelmäßigen Wartungen. Dafür gibt Regawatt einen festen Wartungsplan vor, um die hohe zu erwartende Verfügbarkeit auch zu erreichen.

Aus Erfahrung gelernt

Die Vergaseranlage in Puidoux ist die sechste, die in Charmey die siebte, die Regawatt bisher in Betrieb gesetzt hat. Darin inbegriffen sind zwei Pilotanlagen, eine davon in Hersbruck und eine beim Bauunternehmen Max Bögl, die 2012 zur Versorgung von dessen Standort Sengenthal (Bayern) mit regenerativer Energie und Prozesswärme auf Basis von Hackschnitzeln in Betrieb ging. Beide Anlagen waren mit einem Hochtemperatur-Lufterhitzer und einer Gasturbine zur Stromerzeugung ausgestattet. Bei Bögl hatte die Gasturbine seit 2012 mehrere Totalschäden, sodass sich das Unternehmen in diesem Jahr entschloss, das System dauerhaft außer Betrieb zu setzen. Auch die erste Pilotanlage bei der Naturenergie Hersbruck war mit einer Gasturbine gekoppelt. Auch dort traten ähnliche Probleme auf, sodass man auch hier die Turbinen außer Betrieb setzte. Dieser Vergaser wird heute nur noch zur reinen Wärmeerzeugung zur Versorgung einer Therme, eines Gymnasiums, von Wohnblöcken, eines Bürogebäudes des Finanzamts, eines Freibades und der Psoriasis-Klinik betrieben. „Aufgrund dieser Erfahrungen kombinieren wir neue Anlagen nicht mehr mit Gasturbinen, sondern nur noch mit Gasmotoren und/oder ORC-Anlagen“, erklärt Klaus Röhrmoser.



Grundsätzlich sind die Anlagen in Puidoux und Charmey gleich aufgebaut, in Charmey ist jedoch wegen des höheren Wärmebedarfs im Netz noch eine Rauchgaskondensation vorgesehen (siehe Grafik). Die Anlage in Charmey hat bei einer Feuerungsleistung von 3,6 MW eine elektrische Leistung von 890 kW.