



▲ Bild 1 • Das Caritas-Haus Feldberg liegt 1.200 m ü. M. (Feldberggipfel rechts oben). Das macht sich bereits in der Luftdichte bemerkbar. Die werkseitige Gemischeinstellung muss korrigiert werden.

Korrekturfaktor für dünne Luft

Flüssiggas-KWK auf dem Feldberg – Was zu beachten ist

BERND GENATH

Wilhelm Hauff hat mit seinem Märchen „Das kalte Herz“ eine finstere Seite des Schwarzwalds beschrieben. Mittlerweile pochen dort aber viele warme Herzen, etwa in Form umweltschonender KWK. Und selbst in Einrichtungen abseits der Erdgas-Infrastruktur. Dort mit Flüssiggas als Brennstoff. Zum Beispiel im Caritas-Haus Feldberg. Worauf ist mit Propan und Butan als Energieträger und KWK im Gebirge zu achten?

Den hölzernen Fassadenschindeln des ehemals schmucken kleinen Bahnhofs in typischer Schwarzwaldhaus-Architektur täten Schrubber und Seife gut. Umso mehr hebt sich indes die schwarze Schrift auf dem aufgenagelten weißen Schild zur Bahnsteigseite hin ab: „Feldberg-Bärental, 967 m ü. M., höchstgelegener Bahnhof Deutschlands.“ Noch einmal rund 250 m bergauf ersummt die BHKW-Anlage im Caritas-Haus Feldberg Strom und Wärme für das Therapiezentrum am Fuß des Schwarzwaldgipfels. Laut KWK-Hersteller EC Power dürfte sie die höchst gelegene Mikro-BHKW-Installation in Deutschland sein. Die Anmerkung zu dem besonderen Ort ist indes mehr als nur eine erwähnenswerte Randnotiz. Die Höhenluft nimmt erheblichen Einfluss auf die Leistung der Power-Unit. Details dazu gleich.

Seit 100 Jahren Kinderheilstätte
Caritas-Haus Feldberg gGmbH: Die Geschichte beginnt vor 100 Jahren. Damals als Kinderheilstätte errichtet, erweiterte der Träger den Komplex in den vergangenen 90er-Jahren zu einer Klinik und einem Therapiezentrum für Rehabilitation und Kur, in erster Linie für Mutter und Kind wie auch für Kinder und Jugendliche ohne Begleitung. Die medizinische Abteilung umfasst aktuell 140 Zimmer mit rund 300 Betten. 100 Mitarbeiter – Ärzte, Psychologen, Pflege-, Verwaltungs- und Technikpersonal – betreuen die Kurgäste und Patienten. „Über die Auslastung können wir nicht klagen“, sagt Haustechniker Konrad Hugenschmidt, „260 bis 270 Betten sind immer belegt, in der Hochsaison auch 290.“ In seine Zuständigkeit fällt unter anderem, die Räumlichkeiten zur Zufriedenheit ihrer Nutzer stets ausreichend mit Wärme und Warmwasser zu versorgen. „Hier oben in der heilsamen

Natur des Schwarzwalds haben Umwelt und Umweltbewusstsein vermutlich einen anderen Stellenwert als in den dicht bebauten Städten unten im Rheintal. Wir versprechen Erholsamkeit und Entspannung in sauberer Bergluft. Deshalb hat sich unsere Verwaltung vor bereits beinahe zwei Jahrzehnten für eine umweltschonende Kraftwärmekopplung entschieden. Die sollte ursprünglich die drei Ölkessel total ersetzen. Das stellte sich aber als nicht machbar heraus. Die Modernisierung kurz nach Millennium musste sich auf zwei KWK-Blöcke als Ersatz für einen der drei Ölkessel beschränken.“

Frühere Probleme

Der Brennstoff Öl für die beiden Kessel à 500 kW legte es damals nahe, die Tankfüllung auch gleichzeitig für die Grundlast-Wärme- und Stromerzeuger einzusetzen. Doch machte die Heizöl-KWK – Hugenschmidt spricht von „die erste Generation“ – als Vorgänger der heutigen Flüssiggas-XRGI-Kaskade weder der Buchhaltung noch den Haustechnikern große Freude. Der Wartungsaufwand übertraf die Kalkulation: Einspritzdüsen verstopften, Ölpumpen streikten, die Abgaswerte liefen aus dem Ruder, sodass ständig der Service ins Haus musste. Ohnehin stecken in einer Heizöl-Maschine mehr Verschleißteile als in einer Gas-Maschine. Die Stillstandszeiten häuften sich also und zudem fluktuierte der Heizölpreis. Die Literatur sieht generell in den angesprochenen Punkten das spezifische Problem der Heizöl-KWK. Diesem fossilen Energieträger eröffnet sich darüber hinaus angesichts des drohenden Klimawandels nach einhelliger Meinung keine neue Zukunft, während sich Erdgas- und Flüssiggas-Motoren auf synthetische Kraftstoffe umrüsten lassen. EC Power zog aus alledem die Konsequenz und baut keine XRGI-Power-Units mehr auf Heizöl-Basis. Trotz der Enttäuschung über die Unzuverlässigkeit dieser ersten Generation nachhaltiger Energieerzeugung kam der Geschäftsführung der gemeinnützigen GmbH das Umweltbewusstsein nicht abhandeln. Wie gesagt, Kreise der Fachwelt hatten mittlerweile erkannt, dass Heizöl nicht der ideale Energieträger für diese Aggregate ist, sodass sich das Caritas-Haus 2011 zu einem Austausch gegen die zweite Generation, jetzt auf Basis Flüssiggas, von EC Power Premiumpartner Enerquinn Energiesystem-



technik GmbH aus dem oberschwäbischen Weingarten überzeugen ließ. Die Premiumpartner von EC Power sind für eine Region zuständig und das Bindeglied zwischen Hersteller und Anlagen bauenden Fachbetrieben. Das Partnernetz umspannt deutschlandweit zehn solcher Knotenpunkte. In der Referenzliste von Enerquinn, dem schwäbischen Experten für Full-Service mit Planung, Umsetzung und Wartung von XRGI-Maschinen, stehen mittlerweile 1.000 Anlagen. Das Unternehmen arbeitet mit 400 Heizungsbauern sowie 150 Planern, Ingenieurbüros, Stadtwerken und Energieversorgern zusammen. Das Angebot umschließt sämtliche Leistungen der XRGI-Reihe, von 6, 9, 15 und 20 kW elektrisch je Einzelblock bis hinauf zu Kaskaden mit 80 kW.

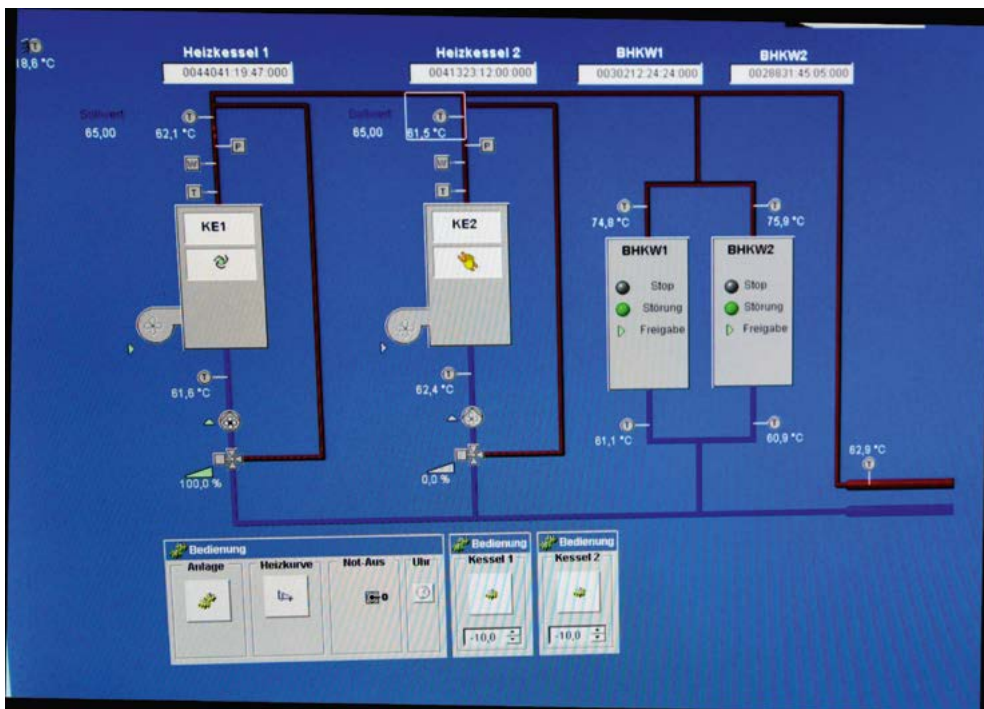
▼ Bild 3 • Die Umrüstung machte Schwierigkeiten. Die beiden Blöcke 1 (rechts) und 2 (links) ließen sich nur schwer unterbringen. Ursprünglich war daran gedacht, alle drei Ölkessel gegen KWK auszuwechseln. Das ließen die Räumlichkeiten aber nicht zu.



◀ Bild 2 • Block 1 der Zweier-XRGI-Kaskade mit je 15 kW elektrisch und 30 kW thermisch. Die beiden verbliebenen Ölkessel á 500 kW müssen in der Sommerzeit maximal in den frühen Morgenstunden oder abends den XRGI-Maschinen zur Warmwasserbereitung zur Seite stehen.

Das sagt die VwVwS

Als Premiumpartner stützt sich Enerquinn beim Entwurf seiner XRGI-Konzepte auf das eigene wie auf das spezielle Know-how des Herstellers ab. Zur Dienstleistung gehören nicht nur Planung, Montage, Inbetriebnahme und Wartung. Der Full-Service beinhaltet Antragstellung, Fördermittelberatung, Abrechnung und andere Facetten eines Komplettpakets. Der Wechsel zu Flüssiggas zwang sich auf, weil das Caritas-Haus im Naturschutzgebiet Südschwarzwald über keinen Gasanschluss verfügt. Als Speicher vergrub der beauftragte Tankbauer zwei Behälter á 4.800 l. Diese höhere Investition gegenüber den Tanks im Haus verlangen die Bauordnungen. Aus Sicherheitsgründen verbieten sie die Lagerung von Flüssiggas in Gebäuden. Für die Umwelt entsteht dadurch kein Risiko. Die „Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS)“ zum Schutz von Umwelt und Gesundheit stuft Propan und Butan als nicht wassergefährdende Stoffe ein. Der Tankwagen fährt im Prinzip alle 14 Tage vor. Die Leitungen münden in zwei EC Power XRGI



◀ Bild 4 • Anlagenbild aus der Gebäudeleittechnik. Rücklauftemperatur zum BHKW ca. 61 °C. Sie bewegt sich damit im Soll. Der Rücklauf mit Kühlfunktion darf bis 72 °C hinaufgehen.

15 mit je 15 kW elektrisch und 30 kW thermisch ein. Seit Inbetriebnahme im August 2011 bis Juni 2019 produzierte Block 1 in 58.500 Betriebsstunden rund 870.000 kWh Strom und 1,7 Mio. kWh Wärme. Anlage 2 weicht mit 850.000 kWh Strom und 1,65 Mio. kWh Wärme in 57.000 Betriebsstunden nur unwesentlich von den Werten des Zwilling ab. „Umgerechnet bedeuten diese Zahlen eine Laufzeit von rund 7.000 Betriebsstunden je Aggregat pro Jahr. Gefühlt arbeiten für mich die Maschinen klaglos rund um die Uhr und das 365 Tage im Jahr“, bewertet Hugenschmidt die Zahlen. Das Caritas-Haus habe mit dem Wechsel auf Flüssiggas die richtigen Weichen für eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung gestellt. „Wir hatten bisher keinen Ausfall zu beklagen, abgesehen von den Wartungsintervallen. Was dort ausgewechselt wird, weiß ich nicht, denn unsere Verwaltung schloss einen Vollwartungsvertrag mit Enerquinn ab. Wir jedenfalls sind vollauf zufrieden“, zieht er Bilanz.

Korrekturfaktor für Höhenluft

Verlangt Flüssiggas eine besondere Anpassung der XRGI-Maschinen? „Die eigentliche Anpassung hält sich in Grenzen, die Maschinen müssen jedoch für diesen Brennstoff geeignet sein. Wegen des höheren Brennwertes des Mediums liegen die Verbrennungstemperaturen höher und belasten die Ein- und Auslassventile. Die in den XRGI sind dar-



▲ Bild 5 • Produktion 03.07.2019.



▲ Bild 6 • Normalerweise gehört zu den XRGI-Einheiten ein Wärmeverteilungsmodul. Das Installieren gestatteten die Verhältnisse im Caritas-Haus nicht. Die Anlagenbauer mussten sozusagen in Handarbeit die beiden Einheiten an den Wärmeverteiler anschließen.

auf vorbereitet. Nach unserer Erfahrung gilt das nicht für alle Produkte“, erklärt Günter Lay, Servicetechniker bei Enerquinn und für den Feldberg zuständig. „Zur Anpassung ist zu sagen, dass das in erster Linie wegen des höheren Brennwertes von Propan gegenüber Erdgas die Zündung beziehungsweise konkret die Luftpfehlung betrifft. Wir halten uns an die TA Luft und stellen die Abgaswerte entsprechend ein, nämlich 500 ppm CO und 250 ppm NOx.“ Der unterschiedliche Energieinhalt ist das eine, die dünne Luft in 1.200 m Höhe das andere. Denn wie schon eingangs gesagt, hängt die Leistung von Verbrennungsmotoren allgemein, auch die vom Pkw, von der Luftdichte ab. Die vermindert sich beim Aufstieg in der Vertikalen nach der barometrischen Höhenformel. Und zwar exponentiell, in den ersten tausend Metern aber näherungsweise linear. Den Motoren mangelt es mithin – genauso wie dem Menschen – an Sauerstoff. Das Verbrennungsgemisch wird fetter. Die Dichteabnahme beträgt in den unteren Schichten rund 10 Prozent je 800 m. Um den gleichen Betrag verringern sich die kW oder PS. Die beiden XRGI-Maschinen würden damit im 1.200 m hohen Caritas-Haus je 15 Prozent respektive gut 2 kW an Kraft verlieren, wenn nicht EC Power diesem Umstand insofern Rechnung trägt, dass das Gasgemisch nachgeregelt werden kann: mehr Luft. „Auch das ist ein Grund, warum sich mein Unternehmen Enerquinn für die EC-Power-Aggregate entschieden hat. Dass sie sich über einen Korrekturfaktor einjustieren lassen. Wir bedienen ja eine Bergregion. Das geht nicht bei allen Marken. Dort muss man mit der Höhe Leistungsverluste in Kauf nehmen“, verweist Günter Lay auf dieses Plus der XRGI-Reihe.

Verzicht auf Pufferspeicher

Die Luftdichte hängt ebenfalls von der Temperatur ab. Mit zunehmender Kälte zieht sich das Gas zusammen, nämlich von 1,15 kg/m³ bei plus 40 °C auf knapp 1,4 kg/m³ bei minus 20 °C. Die Installationen müssen jedoch auf diese Veränderlichkeit nicht eingehen, zumindest bei Mikro- und Nano-BHKWs nicht, weil sie die Verbrennungsluft dem Heizraum entnehmen. Dessen Temperatur schwankt nur unerheblich zwischen Januar und Juni. Anders wäre es bei Außenluftansaugung. Das Caritas-Haus verbraucht den ge-

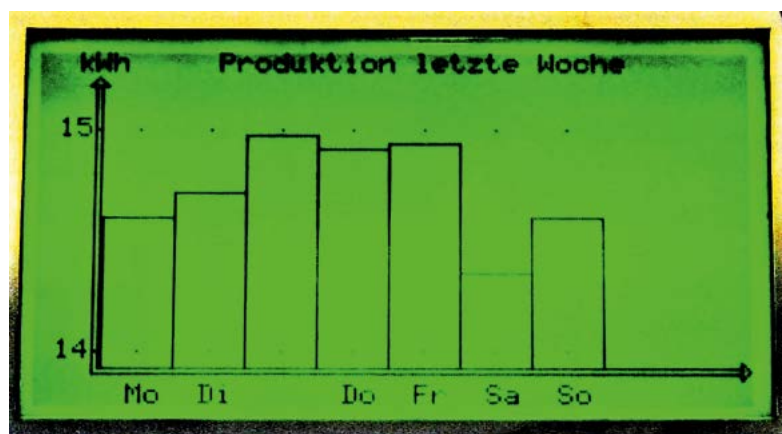


▲ Bild 7 Verantwortlich, dass alles klappt: Günter Lay, Enerquinn (links), und Konrad Hugenschmidt, Caritas-Haus Feldberg.



◀ Bild 8 • Die Trinkwasserspeicher werden nicht von einem Energiemanagement angesteuert. Sie entnehmen sich die notwendige Wärme aus dem zentralen Verteiler. Da sie ohnehin den beiden XRGI beinahe die gesamte Leistung abnehmen, durfte eine aufwendigere Regelung entfallen.

► Bild 9 • Produktion 26. Woche 2019 Block 2.



▼ Bild 10 • Energieinhalt Flüssiggas.

Flüssiggase	Heizwert H _i	Brennwert H _s
Propan	12,87 kWh/kg	14,00 kWh/kg
Butan	12,69 kWh/kg	13,77 kWh/kg
Propan	6,83 kWh/Liter	7,44 kWh/Liter
Butan	7,36 kWh/Liter	7,99 kWh/Liter

nerierten Strom selbst. Wegen des hohen Eigenbedarfs für das Objekt entsteht kein Überschuss, der ins Netz eingespeist werden könnte. Die Anlage selbst ist Wärme geführt. In den Sommermonaten reicht das Wär-

► Bild 11 • Luftdruck/Luftdichte in Abhängigkeit von der Höhe. Ohne Nachregulierung würde ein Verbrennungsmotor auf der Zugspitze nur noch 68,4 Prozent seiner Leistung bringen.

Höhe	Luftdruck (Vergleich zu 0 m Höhe)	Luftdruck
-425 m Totes Meer	105,6 %	1070,1 hPa
-300 m	103,9 %	1053,0 hPa
-200 m	102,6 %	1039,6 hPa
-100 m	101,3 %	1026,3 hPa
0 m	100 %	1013,25 hPa
100 m	98,7 %	1000,3 hPa
200 m	97,5 %	987,6 hPa
300 m	96,2 %	975,0 hPa
400 m	95,0 %	962,5 hPa
500 m	93,8 %	950,3 hPa
600 m	92,6 %	938,1 hPa
700 m	91,4 %	926,2 hPa
800 m	90,2 %	914,4 hPa
900 m	89,1 %	902,7 hPa
1000 m	88,0 %	891,2 hPa
1500 m	82,5 %	835,8 hPa
2000 m	77,4 %	783,8 hPa
2241 m	75 %	759,9 hPa
2500 m	72,5 %	735,1 hPa
2962 m Zugspitze	68,4 %	692,80 hPa
3000 m	68,0 %	689,4 hPa
3500 m	63,8 %	646,5 hPa

meangebot von rund 60 kW aus, um monovalent den Energiebedarf der verschiedenen Trinkwasserspeicher in den Gebäuden zu decken. Maximal springen die beiden Kessel in den frühen Morgenstunden oder abends an. Die Planungsabteilung von Enerquinn verzichtete wegen des konstant hohen Wärmebedarfs auf Pufferspeicher. Kessel und XRGI speisen in einen zentralen Verteiler ein, aus dem sich die verschiedenen Verbraucher bedienen. So auch die Trinkwas-

serboiler. „Wir müssen keine Wärme bevorraten. Die angebundenen Verbraucher nehmen sie uns sofort weg. Das geht ja aus den 7.000 Betriebsstunden pro Jahr hervor. Pufferspeicher würden hier die Regelung und den Ablauf mehr stören als nutzen“, geht Günter Lay auf die Frage nach den Zwischendepots ein.

Meldungen aus Berlin

Konrad Hugenschmidt, der Haustechniker, hat selbstverständ-

lich eine Einweisung von Enerquinn in die KWK-Technik, speziell in die XRGI-Maschinen, erhalten. Nun ist er allerdings für Vieles in dem Areal zuständig. Fordern ihn da die Power-Units nicht zu sehr? „Nein, überhaupt nicht. Es gibt ganz andere Installationen hier im Haus, die mich fordern, nicht die beiden XRGI. Erstens besteht ein Vollwartungsvertrag. Es ist Sache von Enerquinn, die Maschinen am Laufen zu halten. Zweitens sind die Dinge, die in meine Zuständigkeit fallen, mit einigen Handgriffen erledigt. Ganz selten kommt es schon mal vor, dass der Warmwasserrücklauf zu hoch ist, sodass sich die Maschinen aus Sicherheitsgründen abstellen. Der Rücklauf kühlt ja Motor, Generator und Bauteile, er darf nicht über 72 oder 73 °C hinausgehen. In dem Fall läuft auf meiner hauseigenen GLT eine Störmeldung auf. Ich weiß dann gleich Bescheid, was den Stillstand verursacht hat. Eventuell kann ich einen Verbraucher zuschalten. Ich sehe das auch an der Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf. Die bewegt sich bei den Warmwasserbereitern je nach Abnahme zwischen 5 und höchstens 10 K. Sind zu wenig Verbraucher am Netz, fällt sie auf rund 2 K. Die XRGI nehmen erst wieder den Betrieb auf, wenn der Rücklauf seinen Sollwert hat.“ Stichwort Vollwartungsvertrag: Der Weg der Fernüberwachung führt über den EC Power Server in der deutschen Zentrale des Herstellers in Berlin. Der protokolliert, dokumentiert und schickt, wenn keine Fehlermeldung vorliegt, die Daten zweimal täglich an den Premiumpartner Enerquinn. Im Störfall natürlich sofort.

Zu den Betriebskosten

Der Einkaufspreis Flüssiggas liegt nicht weit vom Erdgas entfernt, er ist auch eine Frage des Händlers: Einige Gesellschaften bieten wegen des rund 30 Prozent erhöhten Bezugs gegenüber der äquivalenten Erdgasmenge einer Kesselanlage – aufgrund der gleichzeitigen Wärme- und Stromerzeugung – einen Sondertarif an. Die Rückerstattung der Ökosteuer, KWK-Bonus, eventuelle Einspeisevergütung und erspartes Netzentgelt gelten selbstverständlich auch für Flüssiggas.

www.ecpower.de

www.enerquinn.de

www.caritas-haus-feldberg.de