

Energiekosten-Reduzierung durch hydraulische Optimierung

Verbesserung der Heizungs-Hydraulik durch Rücklaufnutzung für die Fußbodenheizung und Zwei-Zonen-Be- und Entladung des Pufferspeichers

Dipl.-Ing. Hans-Georg Baunach, Geschäftsführer,
Wolfgang Heini, freier Fachjournalist

Auf die Anlagenhydraulik konzentrierte sich die energetische Optimierung der Heizungsanlage in einem Gewerbeobjekt in Schweinfurt. Zielsetzungen waren die Nutzung von Wärmeüberschüssen für Niedertemperaturkreise, die Optimierung der Pufferladung, längere Laufzeiten für ein vorhandenes BHKW sowie der Betrieb eines Gas-Spitzenlastkessels mit maximaler Brennwertnutzung. Erreicht wurde die Optimierung der Anlagenhydraulik durch

den Einsatz der Mehrwege-Mischverteiler rendeMIX von HG Baunach zusammen mit einem speziellen Dreikammer-Heizungsverteiler. Ein Jahr nach der Heizungs-Hydraulik-Optimierung zeigte eine Auswertung der Energieverbrauchsdaten eine Reduzierung der Energiekosten von mehreren tausend Euro. Für den Anlagenbetreiber hat sich die Investition damit nach einem Jahr bereits zu rund einem Viertel amortisiert.

Die Modernisierung der Heizungsanlage in der Niederlassung des SHK-Fachgroßhändlers Richter + Frenzel in Schweinfurt umfasste neben dem Austausch des Gas-Spitzenlastkessels in erster Linie die hydraulische Optimierung. Seit der Wiederinbetriebnahme im November 2006 läuft das BHKW im Dauerbetrieb und aus dem Brennwertkessel läuft kontinuierlich Kondensat. In der gesamten Anlage herrschen definierte Systemtemperaturen, und dies mit minimalem regelungstechnischem Aufwand.

Das Heizsystem, Baujahr 1984, hat drei Hoch- und zwei Niedertemperaturkreise zu versorgen:

Hochtemperatur-Heizkreise (75/50 °C):

- ▶ Waren- und Abhollager, zu beheizende Fläche: 900 m², Beheizung über Luftherhitzer
- ▶ Badausstellung: Beheizung über Unterflurkonvektoren
- ▶ Warmwasserbereitung in der Bad-Oase (über Plattenwärmetauscher)

Niedertemperatur-Heizkreise (40/30 °C):

- ▶ Fußbodenheizung für die Badausstellung, zu beheizende Fläche: 600 m²
- ▶ Fußbodenheizung für Büroräume, zu beheizende Fläche: 200 m².



Abb.1: Für die Wärmeverteilung der Heizkreise wurden die Mehrwege-Mischventile von HG Baunach zusammen mit einem neuartigen Dreikammerverteiler von Magra eingesetzt. Die Reihenfolge der Verteilerabgänge richtet sich dabei nach dem Temperaturgefälle im Rücklauf in Fließrichtung zum Kessel.

WÄRMEERZEUGER BENÖTIGEN TIEFE RÜCKLAUFTEMPERATUREN

Die Grundlast des Heizwärmebedarfs wird durch ein Dachs-BHKW von Senertec mit einer Leistung von 15 kW_{th} gedeckt. Als zusätzlicher Wärmeerzeuger zur Spitzen-

lastabdeckung dient ein Gas-Brennwertkessel von Wolf Heiztechnik mit 130 kW Wärmeleistung und einem Modulationsbereich von 19 bis 100%. Dieser übernimmt die Nachheizung und verstärkt so bei Bedarf die Kraft-Wärme-Kopplung. Die vom BHKW produzierte Wärme wird in einem 1000 Liter fassenden Pufferspeicher beheizt, Abb.2. Die vom BHKW produzierte elektrische Energie (ca. 5 kW_{el}) versorgt die Außenbeleuchtungen des Gebäudes sowie alle Verbraucher im Standby-Betrieb. Eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen energieeffizienten Betrieb dieser bivalenten Wärmeerzeuger-Kombination sind tiefe Rücklauftemperaturen, um für das BHKW lange Laufzeiten sowie für den 130 kW-Mittelkessel eine kontinuierliche Brennwertnutzung zu erreichen.

RÜCKLAUFNUTZUNG IN RICHTUNG DER NIEDRIGEREN TEMPERATURBEREICHE

Die Planungsaufgabe lautete nun einerseits, die Laufzeiten des vorhandenen Klein-BHKWs zu maximieren und für den neuen Gas-Brennwertkessel sicherzustellen, dass dieser auch tatsächlich den Brennwert aus dem Abgas nutzt. Hierzu sollte auf der Seite der Wärmeverteilung das Prinzip der Rücklaufnutzung umge-

COFELY

MACHT DEN ROTSTIFT GRÜN.

Einsparungen durch effizientere Energienutzung sind in aller Munde. Wir realisieren sie jeden Tag für unsere Kunden. Mit ganzheitlichen Lösungen für Gebäude- und Anlagentechnik, Kältetechnik, Energy Services und Facility Services verwandeln wir Kosten in nachhaltige Erfolge für Ihr Unternehmen und die Umwelt. Damit Sie Ihre Energie noch besser einsetzen können.

Axima heißt jetzt COFELY – alle Infos zur Umstellung auf www.cofely.de

ANLAGENTECHNIK

ENERGY SERVICES

FACILITY SERVICES

REFRIGERATION

ENERGIEN OPTIMAL EINSETZEN.

COFELY
GDF SUEZ

setzt werden: Reicht die Temperatur aus dem Rücklauf eines Heizkreises aus, um damit einen anderen Heizkreis mit niedrigerem Temperaturniveau zu versorgen, soll zuerst diese verfügbare Heizwärme dafür genutzt werden, bevor auf den Vorlauf zugegriffen wird.

Für die Modernisierungsplanung wurden zunächst die Leistungsdaten und Massenströme des Bestands aufgenommen. Die daraus erstellte Anlagenberechnung

hatte ergeben, dass aus dem Rücklauf der Hochtemperaturkreise noch ein großer Überschuss an Heizwärme vorhanden war. Zudem waren dadurch die Rücklauftemperaturen sowohl für das BHKW als auch für den geplanten Brennwertkessel zu hoch. „Unter den Gegebenheiten der bestehenden Anlagenhydraulik wäre es nicht möglich gewesen, im Pufferspeicher eine effiziente Spreizung zu erzielen, um das Puffervolumen maximal nutzen zu

können. Ebenso konnten mit der bestehenden Hydraulik keine niedrigen Rücklauftemperaturen und damit keine effektive Brennwertnutzung erreicht werden – die Vermischung der Rückläufe von Hoch- und Niedertemperaturkreisen hätte ein lauwarmes Heizwasser ergeben“, war die einheitliche Meinung von Baunach, die die Hydraulik-Optimierung der Anlage in Verbindung mit dem neuartigen Dreikammer-Verteiler von Magra konzipiert hatte.

Anlage Richter + Frenzel Schweinfurt Ermittlung der Energiekosteneinsparung anhand Vergleich der Betriebsjahre 2007 / 2005					
1	Zeitraum	aktuell	1.1. - 31.12.2005	1.1. - 31.12.2007	2007/2005
2	Gesamt-Gasverbrauch		344.918 kWh	264.992 kWh	-23,17%
3	BHKW-Laufzeit		3.890 h	4.748 h	+22,06%
4	BHKW-Gasverbrauch	22,8 kW	88.692 kWh	108.254 kWh	+22,06%
5	BHKW-Gasverbrauch Strom	25%	22.173 kWh	27.064 kWh	+22,06%
6	BHKW-Gasverbrauch Wärme	75%	66.519 kWh	81.191 kWh	+22,06%
7	Gasverbrauch Heizwärme		322.745 kWh	237.928 kWh	-26,28%
8	Gasverbrauch Kessel		256.226 kWh	156.738 kWh	-38,83%
9	Kessel-Laufzeit	130,0 kW	1.971 h	1.206 h	-38,83%
10	Strom-Einkauf	abgelesen	65.700 kWh	54.861 kWh	-16,50%
11	Strom-Erzeugung BHKW	abgezogen	22.173 kWh	27.064 kWh	+22,06%
12	Strom-Verbrauch	resultierend	87.873 kWh	81.925 kWh	-6,77%
13	Kosten Gasverbrauch	4,3 ct/kWh	14.999,06 €	11.523,40 €	-3.475,65 €
14	Kosten Gasbereitstellung		1.436,38 €	869,22 €	-567,16 €
15	KWK-Vergütung BHKW-Gas	5,50 €/MWh	487,81 €	595,40 €	+107,59 €
16	Kosten Stromeinkauf	13,5 ct/kWh	8.869,50 €	7.406,24 €	-1.463,27 €
17	Gesamtkosten-Vorteil				5.613,67 €
Erläuterungen:					
1	Die energetische Optimierung der Anlage war Ende des Jahres 2006 abgeschlossen worden; das Jahr 2007 war somit das erste Betriebsjahr nach der Modernisierung. Für den Kostenvergleich wurde das Kalenderjahr 2005 herangezogen, da während der Heizperiode die Jahre 2005 und 2007 ähnliche Witterungsbedingungen aufwiesen wie 2006 und 2007.				
2	Die Reduzierung des Gasverbrauchs wurde erreicht durch a) hydraulischen Abgleich der gesamten Heizungsanlage (ein Teil der Heizwärme blieb zuvor ungenutzt) b) Austausch des einstufig arbeitenden Spitzenlastheizkessels durch einen modulierenden Gas-Brennwertkessel				
3 - 6	Die gestiegenen BHKW-Laufzeiten und die damit gesteigerte BHKW-Stromproduktion wurden durch folgende Maßnahmen erreicht: I. optimiertes Pufferspeichermanagement durch a) hydraulischen Abgleich b) Rücklaufnutzung durch Einsatz von Mehrwege-Mischverteilern und Dreikammer-Verteiler c) Zwei-Zonen-Be- und Entladung des Pufferspeichers durch Einsatz eines Mehrwege-Mischverteilers II. Einbindung des Spitzenlast-Heizkessels in der Weise, dass dieser vorlaufseitig direkt in das Verteilnetz einspeist und nicht in den Pufferspeicher				
7	Gasverbrauch Heizwärme = Gesamt-Gasverbrauch - BHKW-Gasverbrauch für Stromproduktion				
8	Gasverbrauch Kessel = Gasverbrauch Heizwärme - BHKW-Gasverbrauch für Wärmeproduktion				
9	Durch die erhöhten BHKW-Laufzeiten zur Deckung der Heizwärme-Grundlast verringerten sich die Laufzeiten des als Spitzenlastkessel eingesetzten Gas-Brennwertheizkessels.				
10 - 12	Durch die erhöhte BHKW-Stromproduktion verringerten sich die Kosten für den Strombezug.				
13 - 16	Der Berechnung liegen die Energiepreise des Jahres 2007 zugrunde.				
17	Durch die hydraulische Optimierung der gesamten Anlage konnten die Betriebskosten für Gas und Strom pro Jahr um 5.613,67 Euro reduziert werden.				

MEHRWEGE-MISCHVERTEILER UND DREIKAMMER-VERTEILER

Für die Hydraulik der bestehenden Heizungsanlage galt es, zwei Funktionsprinzipien zu realisieren:

Rücklaufnutzung in zwei Stufen:

Der Wärmeüberschuss aus den Heizkreisen mit hohen Systemtemperaturen (75/50 °C) sollte in der Weise für die Nieder-temperaturheizkreise (40/30 °C) genutzt werden, dass der Rücklauf über einen Mehrwege-Mischverteiler und über den Verteiler bzw. Sammler direkt dem jeweiligen NT-Heizkreis zugeführt wird. So reicht beispielsweise die Rücklauf-temperatur der Lufterhitzer in der Halle sowie der Unterflurkonvektoren in der Badausstellung aus, um damit die Fußbodenheizungen in der Ausstellung und in den Büroräumen vor-



Abb.2: Die Wärmegrundlast wird durch ein Dachs-BHKW von Senertec gedeckt, das auf den Pufferspeicher (Bildmitte hinten) arbeitet. Die Nachheizung übernimmt ein 130 kW-Gasbrennwert-Mittelkessel von Wolf Heiztechnik.

laufseitig zu versorgen. Die Rückläufe aus diesen Niedertemperaturkreisen wiederum sollten separat in den unteren Teil des Pufferspeichers geleitet werden. Erreicht werden sollte damit, dass diese sich nicht mit dem ungenutzten Überschuss aus den Rückläufen der Hochtemperaturkreise vermischen können.

Definierte Temperaturspreizung und tiefe Rücklauftemperaturen:

Im vorhandenen Pufferspeicher, der nach den Berechnungen von Baunach mit 1000 l

eher knapp bemessen ist, sollte eine möglichst hohe Spreizung erreicht werden. Für die Hochtemperatur-Heizkreise soll so stets ein möglichst großes Puffervolumen mit Nutztemperatur zur Verfügung stehen. Die zuvor erwähnte Rücklaufnutzung sorgt für niedrige Rücklauftemperaturen, um für das BHKW möglichst lange Laufzeiten zu erhalten.

WÄRME WIRD MEHRFACH GENUTZT STATT EINFACH VERHEIZT

Um die Heizwasserströme entsprechend Wärmebedarf und -angebot zu mischen und umzuleiten, wurden die Mehrwege-Mischverteiler eingesetzt, Abb.1. Die Mischer sind als kompakte Installationsblöcke mit Dämmschalen ausgebildet, in die werkseitig bereits auch Absperr-Kugelhähne und Thermometer integriert sind. Der wesentliche Unterschied dieses Mehrwege-Mischverteilers zu konventionellen Drei- und Vierwegemischern besteht darin, dass der neu eingesetzte Verteiler zum Kesselkreis hin drei Anschlüsse aufweist:

- ➔ zwei Vorlaufeingänge für heißes und warmes Wasser
- ein Rücklaufausgang für kaltes Wasser.

Prinzip der Rücklaufnutzung:

Der Eingang für heißes Wasser wird mit der Vorlaufkammer des Verteilers verbunden, der Eingang für warmes Wasser mit der mittleren Verteilerkammer. Der mittleren Kammer wird stromabwärts der noch warme Rücklauf aus den Hochtemperaturkreisen zugeführt.

Prinzip der Zwei-Zonen-Be- und Entladung:

Die Rückläufe der Niedertemperaturkreise werden in eine separate, dritte Rücklaufkammer des Heizungsverteilers eingespeist. Damit gelangt der warme Rücklauf-Überschuss getrennt und ohne Vermischung zum Pufferspeicher.

Die drei Kammern des Heizungsverteilers kommunizieren mit zwei Zonen des Pufferspeichers, Abb.3:

- Die Vorlauf-Verteilerschiene erhält das Heizwasser aus der oberen Temperaturebene, das im Bedarfsfall über zwischen-geschaltete Brennwertkessel nachgeheizt wird.

Hallen- heizung

Alles was Hallen
wohlig wärmt
– für das beste
Raumklima.



Informieren Sie
sich jetzt!

Erfahren Sie alles über
die neueste Generation
Warmlufterzeuger und
Wärmestahler von
SCHULTE.

Für jede Anforderung
die richtige Lösung –
www.schulte.ag
oder rufen Sie direkt an:
02932. 986-00

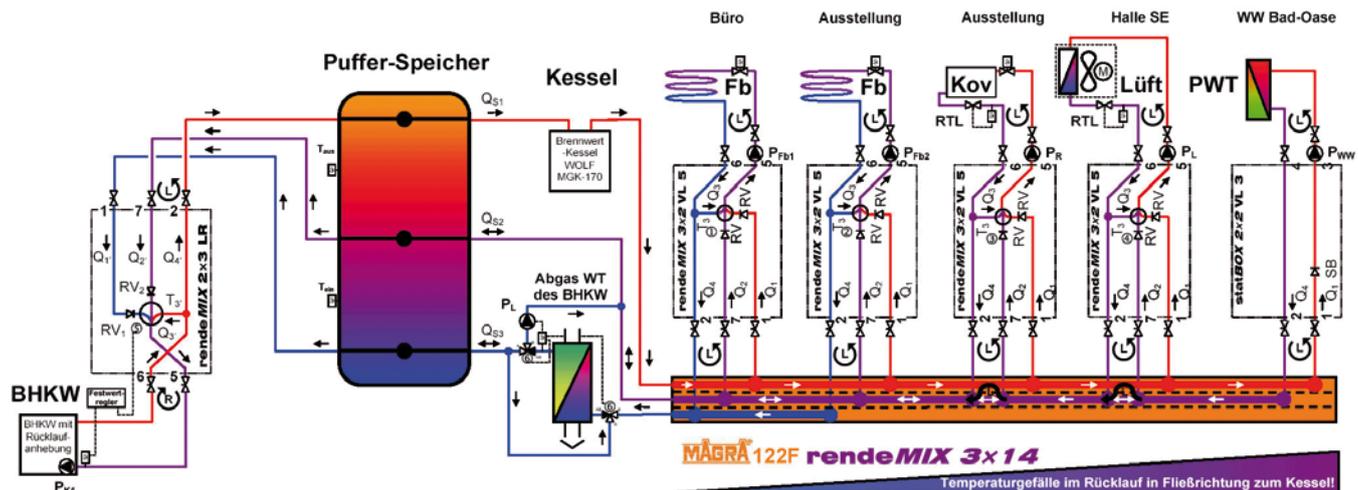


Abb.3: Die Mehrwege-Mischventile rendeMIX von HG Baunach verteilen die Heizwärme an die Hoch- und Niedertemperaturheizkreise. Hohe Rücklauftemperaturen werden für die Niedertemperaturkreise weiter genutzt. Zusammen mit dem Dreikammer-Verteiler von Magra werden niedrige Rücklauftemperaturen für BHKW und Brennwertkessel bereitgestellt.

► Die mittlere Verteilerkammer wirkt zwar primär als Rücklauf, arbeitet jedoch auch in Gegenrichtung und ist auf halber Höhe an den Pufferspeicher angeschlossen. Bei voll geladenem Puffer kann so die verfügbare Heizwassertemperatur aus der mittleren Ebene genutzt werden. Die Entnahme aus der mittleren Speicherzone hat den Vorteil, dass im oberen Bereich eine ausreichende Reserve beibehalten werden kann. Die Mehrwege-Mischer der Hochtemperaturkreise sind mit je einem Vor- und einem Rücklaufanschluss an der mittleren Verteilerschiene angeschlossen. Abhängig von Puffertemperatur und Heizwärmebedarf erhalten diese Kreise somit entweder Heizwasser aus dem Speicher, oder die Heizkreise speisen mit „nicht verbrauchter“ Rücklauftemperatur in die Fußbodenheizkreise oder in den Puffer zurück.

► In die dritte Verteilerkammer strömen ausschließlich die Niedertemperatur-Rückläufe der Fußbodenheizungen von Ausstellung und Bürotrakt. Diese zweite Stufe der Rücklaufnutzung geht auf die untere Pufferspeicherebene, unterstützt somit die vorgesehene Spreizung und sichert darüber hinaus die Brennwertnutzung.

BHKW LÄUFT RUND UM DIE UHR, BRENNWERTKESSEL ARBEITET KONSTANT IM KONDENSATIONSBEREICH

Der Rücklauf aus der dritten Verteilerkammer strömt zusätzlich über einen Abgaswärmetauscher, der im Zuge der Anlagen-

modernisierung am BHKW nachgerüstet wurde, um den Brennwert zusätzlich zu nutzen. Dies erhöht die Wärmeausbeute des verbrannten Gases und damit auch den Gesamtwirkungsgrad der Anlage. Der Gas-Brennwertkessel speisest erst nach dem Pufferspeicher direkt in den zum Verteiler führenden Vorlauf ein, damit ausschließlich die Kraft-Wärme-Kopplung den Speicherinhalt aufheizt. Damit war auch die Planungsvorgabe der optimierten Brennwertnutzung erfüllt. Dass der Brennwertkessel tatsächlich im Kondensationsbereich läuft, ist daran zu erkennen, dass die Kondensathebeanlage innerhalb einer halben Stunde mehrmals abgepumpt hat.

ZWEI-ZONEN-PRINZIP OPTIMIERT WÄRMEVERSORGUNG UND ENERGIEAUSNUTZUNG

Der Hersteller bezeichnet die Anlage nach der Modernisierung als „brennwerttauglich abgeglichen“. Regelungstechnisch erscheint das energetisch optimierte System unkompliziert. Die Ansteuerung der Stellmotoren für die Mischer erfolgt auf simple Weise durch gewöhnliche witterungsgeführte Regelungen aus dem Kesselzubehör (230 V Dreipunktsignal) mit angepassten Heizkurven. Die Anbindungen zu den Luftherzern in den Hallenbereichen wurden mit Thermostatventilen und Fernfühlern versehen, die anhand der Lufttemperatur und des Gebläsebetriebes den Durchfluss regeln. Für die Unterflurkonvektoren in der Badausstellung wurden rücklaufseitig RTL-Ventile installiert,

um so die Rücklauftemperatur auf einen für die Fußbodenheizungen sinnvollen Wert nach oben zu begrenzen. Die Regelung für das BHKW wurde zusätzlich mit einer Relaischaltung erweitert, um bei geringer Heizlast die Taktraten deutlich zu verlängern und das Puffervolumen voll auszunutzen. Am Pufferspeicher befinden sich dazu zwei Thermostat-Schalter auf unterschiedlicher Höhe, die für einen starken Schichtungs-aufbau sorgen. Als Bindeglied zwischen BHKW und Pufferspeicher ist ein weiterer Mehrwege-Mischer eingesetzt, Abb.4. Er wirkt mit einem integrierten Festwertregler als Rücklaufanhebung für das BHKW. Dieser verbindet die drei Puffer-Einspeisepunkte mit der Heizkraftanlage und sorgt somit für eine schichtende Beladung. Sowohl im Kesselkreis als auch zwischen Puffer und Verteiler wurde so mit den Mischventilen das Zwei-Zonen-Prinzip angewandt. Damit wird erreicht, dass die Spreizung im Puffer immer möglichst hoch gehalten wird. Erst wenn die obere Zone vollständig aufgeladen ist, wird der untere Teil in den Ladeprozess einbezogen. Es steht oben schneller Nutztemperatur zur Verfügung und der untere Bereich bleibt länger kalt.

WENIGER GASVERBRAUCH, DAFÜR MEHR BHKW-STROM

In der Heizungsanlage herrscht nach der Modernisierung eine definierte Temperaturspreizung, gleichzeitig ist ein ausreichender Vorrat an Bereitschaftswärme vorhanden. Mit der Optimierung der Anlagenhydraulik

konnten eine optimale Brennwertnutzung und eine effiziente Wärmeversorgung erreicht werden. Über zwölf Monate ab dem



Abb.4: Der rendeMIX zwischen BHKW und Pufferspeicher bewirkt, dass der Speicher nach dem Zwei-Zonen-Prinzip beladen wird.

Zeitpunkt der Inbetriebnahme nach der hydraulischen Optimierung wurden die Verbrauchswerte für Gas und Strom in dem Referenzobjekt Richter + Frenzel mit Span-

nung beobachtet. Das Augenmerk galt dabei nicht nur dem Gasverbrauch, sondern auch dem Stromzähler: Je länger die Laufzeiten des Klein-BHKWs sind, desto höher ist die Stromvergütung, die dem Anlagenbetreiber zugute kommt. Stehen ausreichend tiefe Rücklauftemperaturen zur Verfügung, werden längere BHKW-Laufzeiten und damit eine höhere Stromproduktion erreicht. Aus den Verbrauchswerten für Gas und Strom, den Betriebszeiten von BHKW und (Spitzenlast-)Heizkessel sowie dem erzeugten BHKW-Strom lässt sich ablesen, wie sich die energetische Optimierung ausgewirkt hat.

Die Einsparungen für das betrachtete Verbrauchsjahr wird auf insgesamt rund 5.600 Euro beziffert. Aus den erfassten Vergleichsdaten für Energieverbrauch und Betriebsdauer, s. Tabelle, lässt sich ablesen, wie die Energieausnutzung im Anlagensystem gesteigert und damit die Kosten reduziert werden konnten.

ZUSAMMENFASSUNG

Die durchgeführten Maßnahmen zur Reduzierung der Energiekosten hatten sich mit Ausnahme des ausgetauschten Spitzenlastheizkessels rein auf die Anlagenhydraulik konzentriert. Diese umfassten den hydraulischen Abgleich der Anlage, die Realisierung der Rücklaufnutzung sowie der Zwei-Zonen-Be- und Entladung des Pufferspeichers. Das Blockheizkraftwerk leistet jetzt durch den Dauerbetrieb mehr als die Hälfte der Wärmeproduktion; hinzu kommt, dass dabei auch mehr Strom erzeugt wird. Die Rücklaufnutzung und das effiziente Puffermanagement bieten optimale Bedingungen für den Betrieb von BHKW und Brennwertkessel.

*Autor: Dipl.-Ing. Hans-Georg Baunach, Geschäftsführer, Wolfgang Heidl, freier Fachjournalist Baunach, Hückelhoven
Fotos / Grafiken: Baunach, Heidl
www.baunach.net*