Vereinshäuser

Sportstätten dürfen kein Stiefkind sein

Fallstudie BHKW-unterstützte Heizanlage Deutsches Tischtenniszentrum

Bernd Genath, Düsseldorf

Auf die einzelnen und neuen heizungstechnischen Komponenten im sanierten Deutschen Tischtenniszentrum Düsseldorf passt deshalb die Hervorhebung „innovativ“ nicht, weil die Bauteile zeitlich gesehen das Stadium der Innovation einige Jahre hinter sich haben: Brennwert- und BHKW-Anlagen sind heute Stand der Technik und das Mehrwegemischer-Prinzip macht sich immer breiter. Was die Installation im DTTZ trotzdem berichtenswert macht, sind der Einsatzort der musterhaften Wärmeversorgung, nämlich im normalerweise heizungstechnischen Stiefkind Sportstätte, die verschaltungstechnische Intelligenz der Gerätekombination und ihre dokumentierte Effektivität.

Bild 1

Deutsches Tischtenniszentrum Düsseldorf mit Deckenstrahlplatten in der großen Halle

Die öffentlichen Auftraggeber investierten bewusst in eine beispielgebende TGA, beispielgebend für ähnliche Einrichtungen. Vorbildliches Muster kann das Sanierungspaket natürlich nur sein, wenn es sich bewährt. Die ersten Ergebnisse sprechen aber bereits eindeutig dafür, das geht aus den aufschlussreichen Messprotokollen hervor.

Davon ist die Rede: Einer der Grundsteine der in Tokyo errungenen Vizeweltmeisterschaft 2014 des deutschen Tischtennisteams liegt in Düsseldorf. Genauer im Stadtteil Grafenberg und dort im Deutschen Tischtenniszentrum DTTZ (**Bild 1**), das in den Gebäuden des Traditionsvereins Borussia Düsseldorf angesiedelt ist. In den Vitrinen der Borussia steht eine Unzahl von Pokalen für gewonnene Deutsche Meisterschaften. Aktive des Vereins gehören regelmäßig zur absoluten Weltelite, wie etwa *Steffen Fetzner* und *Jörg Rosskopf*, die sich bei den Weltmeisterschaften 1989 im Doppel durchsetzten, oder aktuell Profi *Timo Boll*. Ihm gelang das Kunststück, sich selbst vor den übermächtigen Chinesen vorübergehend auf Platz 1 der Weltrangliste zu spielen.

Einmalig in Deutschland

2006 hatte der Deutsche Tischtennisbund DTTB seine Talentschmiede von Heidelberg nach Düsseldorf verlegt. Die Anlage und die Möglichkeiten um den Rekordmeister Borussia boten effizientere Strukturen zur Förderung künftiger Generationen. Das heißt nichts anderes, dass an die Investition von 5 Mio. Euro in den Bundesstützpunkt (mit Internat) sowohl der DTTB als auch die Finanziers des Projekts – die Stadt Düsseldorf (50 %), das Land Nordrhein-Westfalen (30 %) und der Bund (20 %) – selbstverständlich Erwartungen knüpfen.

Derzeit die Nummer 2 hinter China zu sein, erfüllt Ansprüche dieser Art an die Nationalmannschaft. Doch hängt die Dauerhaftigkeit einer Top-Platzierung in Teilen von der durchgehenden Nutzung und Nutzbarkeit der Einrichtung ab, ergo von ihrer Attraktivität. Die Beteiligten waren sich deshalb darüber im Klaren, dass Folgekosten auf sie zukommen werden. Allein die jährlichen Betriebsausgaben Technik schätzten die Planer 2006 bei der Übergabe der Trainings- und Wettkampfstätte an den DTTB auf 200 000 Euro. Ein Grund für diesen relativ hohen Posten verbirgt sich in der Verzahnung Alt mit Neu. Der realisierte Entwurf mit Integration des Bundesstützpunkts in die Liegenschaften des Grafenberger Vereins musste in Bezug auf die Energieversorgung – was jedoch allgemein für Erneuerungen gilt – soweit wie möglich auf vorhandene Installationen zurückgreifen. Mehr als 5 Mio. Euro für Bauten und Technik standen nun mal nicht zur Verfügung.

Neu und Alt verzahnt

Der Bestand hatte freilich einige Jahre hinter sich:

Der Baukomplex stammt aus dem Jahr 1994, damals durch einen holländ-

Autor

Dipl.-Ing. Bernd Genath ist freier Journalist, Düsseldorf.

Bild 2

Teil der Lüftungsanlage

Bild 3

Die Lüftungstechnik erhielt erst in späteren Jahren eine Entfeuchtungsstufe. Vor der Maßnahme spielten an ungünstigen Tagen die Profis regelrecht umhüllt von einem Feuchteschleier. Im Bild rechts DTTZ-Mitarbeiter und Haustechniker Danilo Enz, im Hintergrund neben Peter Weber BHKW-Berater Thilo Braun von der Firma Vaillant

dischen Generalunternehmer errichtet. Der hatte seinen Subunternehmer Heizungstechnik – Gas atmosphärisch – aus den Niederlanden mitgebracht. Beide, der GU und der Anlagenbauer, zogen sich jedoch nach der Errichtung zurück. Schon seit vielen Jahren betreut deshalb das Düsseldorfer Unternehmen Florack GmbH die Haustechnik.

Die bescherte üppig Arbeit. An der Altanlage traten relativ rasch Mängel auf, angefangen bei der Regelung bis hin zu Defekten in der Einrohrheizung, etwa an den Ventilen. Von denen hatten die Stränge reichlich: 240 Stück. Reparaturen und Teilsanierungen füllten das Auftragsbuch. Irgendwann kam auch noch eine Lüftungsanlage für die große Halle hinzu, so dass es der Kessel nicht mehr schaffte, die Gebäude komfortabel zu temperieren, auch wenn er 24 Stunden durchlief. Die zusätzlich aufgelasteten 120 kW für die Lüftung gingen über seine Leistungsreserve hinaus. Ihm, dem Wärmeerzeuger, blieb vorerst nichts anderes übrig, als einen Mangel zu verteilen.

Dieser Mangel trat durch die zunehmende Popularität des Tischtennis aufgrund der Erfolge der Nationalmannschaft wie auch des Vereins Borussia Düsseldorf mehr und mehr zu Tage: feucht-nasser Hallendunst statt vorhand-orientierte Raumluftkonditionen. Vorhand-orientiert soll sagen: Allgemein bekannt ist von der Sportart mit dem Zelluloid ihre Anfälligkeit gegen Wind und Zug. Der federleichte Ball wiegt nur 2,7 Gramm, so dass ihn beinahe jeder Hauch von der Seite aus der gewünschten Richtung bläst. Weniger bekannt ist dagegen der erhebliche Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Bahnkurve. Die Profis spielen mit Topspin. Diese spezielle Schlagtechnik versetzt den Ball in Rotation, die seine Richtung nach dem Abprall von der Platte schwer berechenbar macht.

Kaum Topspin bei Feuchtigkeit

Je höher die Reibung zwischen Ball und Schläger, desto höher der Drall. Feuchtigkeit dagegen schwächt das Ergebnis. Sie überzieht den Noppenbelag des Spielgeräts regelrecht mit einem Schmierfilm. Der Ball erhält keinen Spin, er wird für den Gegner kalkulierbar. Die Altanlage nun war so aufgebaut: Die Deckenstrahlplatten (siehe Bild 1) liefen im Prinzip in Kombination mit einem hohen Außenluftanteil. Die Zuluft strömte unentfeuchtet unter der Decke an die Register heran, die erhitzten sie und drückten sie nach unten. Dadurch erhöhte sich besonders an schwülen und regnerischen Tagen die relative Luftfeuchte in der Halle. Die pendelte bei Bundesliga- oder Nationalmannschaftsspielen mit tausend und mehr Besuchern ohnehin schon am zulässigen Grenzwert. „Zulässig“ bezieht sich hier nicht auf hygienische Komfortbedingungen, „zulässig“ bezieht sich auf Zelluloidkugel und Schläger.

„An unglücklichen Tagen spielten wir regelrecht im Nebel“, schaut *Jo Pörsch*, Geschäftsführer der Borussia Düsseldorf e. V., zurück. 2009 sanierte man deshalb die Lüftungsanlage (**Bild 2**) zu einer Klimaanlage, verschloss der Frischluft den Weg über die Deckenstrahler – die Heizwasser durchflossenen Platten behielt man allerdings bei – und lenkte sie stattdessen über eine ordentliche Entfeuchtungsstufe (**Bild 3**) als eine der ersten Umrüstungsmaßnahmen. Diese Nachbesserung gewährleistete wieder einen vernünftigen Spielbetrieb.

Wirtschaftliches BHKW

Mit dieser und anderen Ausweitungen war freilich die Zeit des atmosphärischen Gaskessels endgültig abgelaufen. Der konnte, wie angedeutet, die Immobilie in der Heizperiode ohnehin nur noch mit maximal 40 °C Vorlauftemperatur versorgen. 2013 ging man deshalb hin, die TGA komplett zu sanieren: unter anderem mit einem Gas-Brennwertkessel, dem auf Anraten des Umweltamtes der Stadt Düsseldorf ein Klein-BHKW zur Seite steht.

Warum Umweltamt? Weil die Behörde der Landeshauptstadt den Sportvereinen vor dem Hintergrund der Klimadiskussion Beratung in Richtung energieeffiziente Installationen anbietet. Energieeffizienz hat in so manchen clubeigenen Liegenschaften nicht unbedingt vordere Priorität. Zwar beobachtet jede Vereinsführung die Entwicklung der Energie- und Betriebskosten argwöhnisch, die gehören aber angesichts der heterogenen Mitgliederinteressen selten zu den Schwerpunktthemen der Arbeit. Die Mitglieder wollen in erster Linie eine funktionierende, nicht eine sparsame Wärmeversorgung. Die Öffentliche Hand als finanzierende oder bezuschussende Instanz demgegenüber sieht in Elektrizität und Heizung in erster Linie den Kostenfaktor.

Apropos Kostenfaktor: Warum machte sich die Behörde trotz notorisch klammer städtischer Kasse für ein Klein-BHKW stark? „An Sportanlagen besteht ein öffentliches Interesse. Wenn es um Investitionen geht, beteiligt sich deshalb die Öffentliche Hand mit einem gewissen Prozentsatz. Das gilt für alle Bezirkssportanlagen. Wenn jetzt noch ökologische Anforderungen berücksichtigt werden, ist die Stadt auch bereit, eine etwas höhere Bezuschussung zu verantworten. Das ist in diesem Falle geschehen“, klärt der halbamtliche Energieberater *Martin Halbrügge* auf. Sein Ingenieurbüro IAS Halbrügge betraute das Umweltamt mit

Bild 4

Die Wärme-(und Strom-)Erzeugung übernimmt im sanierten DTTZ ein Vaillant-BHKW mit 4,7 kW elektrisch und 12,5 kW thermisch sowie ein „Ecocraft"-Gasbrennwertkessel. Rechts Anlagenbauer Peter Weber von der anlagenbauenden Firma Florack GmbH, Düsseldorf, in der Mitte Energieberater Martin Halbrügge des Büros Ecoteam, Halver. Ganz links Rendemix-Entwickler Hans-Georg Baunach

Bild 5

Der beengte Technikraum verlangte nach einer kompakten Installation

der energetischen Betreuung des DTTZ, mit der Erstellung eines Masterplans – deshalb das Attribut „halbamtlich".

Entscheidend: Analyse von Lastprofilen

Genau genommen geht es nicht nur um ein öffentliches Interesse, es geht um ein öffentliches Gebäude. Der zugefügte Neubau, der 2005/2006 mit der Errichtung des Deutschen Tischtenniszentrums auf dem Areal der Borussia entstand, ist städtisch. Und ihren eigenen Backsteinbau zogen die Kleinballartisten 1994 ebenfalls zum größten Teil mit Mitteln von Bund, Land und Stadt hoch, weil schon damals die Trainingseinrichtung Bedeutung über die Vereinsebene hinaus hatte.

„Unsere Grundarbeit", schildert der Fachingenieur, „bestand zunächst einmal in einer Verbrauchsanalyse. Das BHKW drängte sich förmlich auf, als der thermische und der elektrische Bedarf sichtbar wurden. Thermisch: Allein in den 16 Hotelzimmern fließt zwei- bis dreimal am Tag Duschwasser, nämlich nach jedem Training, und das über 300 Tage im Jahr. Wenn kein Lehrgang ansteht, quartieren sich gerne Aussteller und Besucher der zahlreichen Düsseldorfer Messen in dem Internat-Hotel ein. Elektrischer Bedarf für Beleuchtung, für Pumpen, für Geräte, besteht ohnehin das ganze Jahr."

Martin Halbrügge zeichnete die Lastprofile auf und errechnete bei Einbau eines BHKWs eine enorme Kostenersparnis, da der Komplex den eigen produzierten Strom 8 000 Stunden und mehr im Jahr selbst verbrauchen würde oder könnte. Das gewählte Aggregat „Ecopower" von Vaillant (**Bild 4**) mit einer Leistung von 12,5 kW thermisch (4,7 kW elektrisch) nimmt sich im Vergleich zum gesamten Bedarf von 280 kW thermisch bescheiden aus, aber die 280 kW berücksichtigen den ungünstigsten Winterfall mit gefüllten Trainingsräumen, Hotelbelegung, Wettbewerb (Zuschauertribüne) und anderes Additive. Der Wärmebedarf unterliegt in einem Sportzentrum mit Hotel erheblichen Schwankungen.

Keine Einbußen durch neues EEG

Nebenbei bemerkt, wegen der 4,7 kW elektrisch nagen die neuen Bestimmungen zur Zahlung der EEG-Umlage nicht an der Wirtschaftlichkeit des „Ecopower". Zwar muss nun auch die neue KWK (die nach dem 1. August 2014 in Betrieb geht) einen finanziellen Beitrag zum Ausbau der „Erneuerbaren" leisten, die Streichung der vormaligen Befreiung vom EEG-Obolus trifft jedoch lediglich Maschinen über 10 kW elektrisch. „Und mit dem Wartungsvertrag liegt der Betreiber auf der sicheren Seite. Obwohl er sich zur Zuverlässigkeit des Aggregats ohnehin keine großen Gedanken machen muss. Wir arbeiten mit Remscheid schon seit Jahren zusammen, sowohl was die Kraftwärmekopplung als auch die Gaswärmeerzeugung angeht, nennenswerte Probleme hat es bisher nicht ein einziges Mal gegeben", erklärt *Peter Weber*, Geschäftsführer der Florack GmbH, warum er seinem Auftraggeber zur Kombination des „Ecopower" mit dem Brennwertkessel „Ecocraft" riet.

Entwurfsunterstützung in Bezug auf die Vaillant-Energietechnik hatte *Peter Weber* von *Thilo Braun*, Dipl.-Ing. und Vertriebsingenieur für Regenerative Energien bei einem der weltweit führenden Unternehmen für Heizungs- und Energietechnik erhalten (Vaillant-Umsatz 2013 Gesamtgruppe 2,381 Mrd. Euro, 12 000 Beschäftigte). Die Kompetenz der Florack GmbH in Sachen KWK lag dem Kunden DTTZ in Form einer Quasi-Lizenz vor, ausgestellt von Vaillant. Den Hersteller sorgt das Risiko, dass sein führender Name durch schlechte Ausführung Schaden leidet. Der Schaden könnte sich als Schatten auf die gesamte Marke legen. Deshalb erhalten ausschließlich intensiv im Werk geschulte Vaillant-Kunden die BHKW-Technik, die Wartungs- und Ersatzteile und die Gewährleistungszusage.

Mehrwege-Mischprinzip als Ausweg

Zu BHKW und Kessel gehört ein ausreichend dimensionierter Pufferspeicher, um die Effizienz zu optimieren. Des Weiteren sah der Umbau vor, die teilweise marode Wärmeverteilung zu erneuern. Wie schon weiter vorne gesagt, funktionierten einige Mischer und Ventile nicht mehr und die Pumpen fielen in die Kategorie „Energiefresser". Allerdings platzte bereits die Technikzentrale aus den Nähten (**Bild 5**). Einen zusätzlichen Anbau gab das Gelände nicht her. Die Beteiligten mussten deshalb auf eine Kompaktanlage mit mäßigem Speichervolumen von 1 500 l für das gesamte Sport- und Hotelgelände zurückgreifen und einige technische Besonderheiten realisieren, um nicht an der Wirtschaftlichkeit größere Abstriche hinnehmen zu müssen.

Die Integrierung des Mehrwegemischers „Rendemix" etwa zwang sich förmlich auf. Erst diese sinnige Entwicklung (**Bild 6**) macht es im Prinzip möglich, mit einem relativ kleinen Speicher auszukommen: indem die Regelarmatur eine deutlich stabilere Schichtung und eine Exergie schonende Be- und Entladung vornimmt. Im Ergebnis läuft die

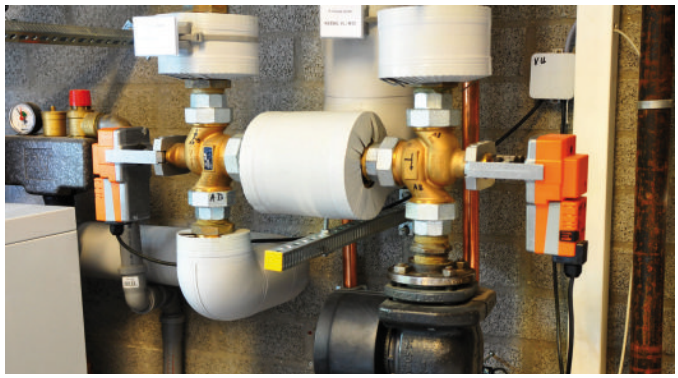


Bild 6

Mischer-Installation für fünf Heizkreise plus einen ungeregelten Hochtemperaturkreis (Lüftung, rechts). Die per „Rendemix“ geregelten Heizkreise bedienen unter anderem die Deckenstrahlplatten (große Halle) und die Radiatorensysteme (Hotel, kleine Halle, Umkleidekabine). Details siehe auch Abschnitt „Auswertung der Temperaturaufzeichnungen“

Schaltung auf einen Puffer hinaus, der wegen seiner Zweizonen-Be- und -Entladung gegenüber einer üblichen Einzonen-Be- und -Entladung bei gleichem Inhalt beinahe die doppelte Kapazität anbietet.

Heiß bleibt lange heiß

Darüber hinaus schickt der Mischer bei Bedarf warmes Rücklaufwasser nicht in den Speicher zurück, sondern direkt in solche Heizkreise, denen diese Vorlauftemperatur genügt (**Bild 7**). Er entlastet damit die Vorratbehälter. Die Rücklauftemperatur aus den Deckenstrahlplatten zum Beispiel liegt irgendwo zwischen 45 und 50 °C . Dieses Niveau reicht für bestimmte Niedertemperaturkreise als Vorlauf völlig aus. „Wir kombinieren hier zwei Techniken, die Zweizonen-Entladung, bei der wir, wenn es für einige Abnehmer ausreicht, zuerst das warme Wasser aus der Mitte nehmen und abkühlen, bevor wir auf das wertvolle heiße Wasser der oberen Pufferzone zugreifen, mit der Rücklaufnutzung. Das heißt, die Stränge des Hochtemperaturkreises stellen ihren Rücklauf den mittleren Anschlüssen als Vorlauf zur Verfügung“ (**Bild 8**), erläutert *Hans-Georg Baunach*, Entwickler des „Rendemix“, das Sparschema.

Legionellenprophylaxe und hygienische Trinkwasserversorgung standen bei der Sanierung und Modernisierung natürlich ebenfalls ganz oben auf der Agenda. Nicht ganz leicht taten sich dabei die Planer mit der Antwort auf die Frage nach der Abdeckung der Bedarfsspitzen. Ein Trainingszentrum plus Hotel passt nicht in die üblichen Dimensionierungsregeln für Speicher. Anlagenbauer Florack und das Büro Halbrügge implementierten deshalb zunächst zur Verbrauchsanalyse Warmwasserzähler. Auf Empfehlung von Vaillant installierten sie nach Auswertung der Messergebnisse wegen der hohen Flexibilität das System „Zeeh“ des Unternehmens Joachim Zeeh aus dem sächsischen Bockau/Erzgebirge. Der Remscheider BHKW-Lieferant arbeitet seit geraumer Zeit mit den Sachsen zusammen.

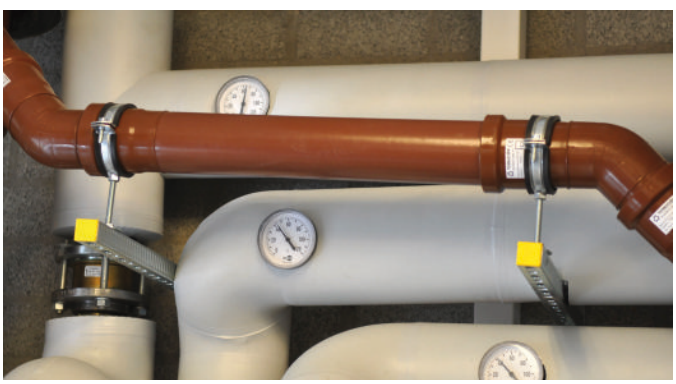


Bild 8

Pufferanschlüsse mit zurzeit oben 65 °C, mit 44 °C am mittleren und 40 °C am unteren Anschluss

Warmwasserbereiter mit Turbolader

Im Prinzip handelt es sich um einen Heizungs-Pufferspeicher mit integrierter Warmwasserbereitung im Durchflussbetrieb (**Bild 9**). Oben, in der heißen Zone des Speichers, hängt ein Wellstahlrohr (also mit großer Oberfläche) koaxial in einem Mantelrohr. Damit bildet diese Einheit einen Gegenstromwärmetauscher: Kaltwasser fließt im Edelstahlwellrohr nach oben und Heizungswasser von der heißesten Stelle des Speichers nach unten, um sich ausgekühlt (ca.15 °C) am tiefsten Punkt einzulagern. Dies geschieht vorwiegend ohne Elektroenergie. Nur bei Spitzenzapfungen oder bei geringen Speichertemperaturen schaltet sich automatisch – in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz und der Strömungsgeschwindigkeit – eine

Bild 7

Der Kesselkreis läuft über zwei Umschaltventile (mit orangefarbenen Stellmotoren). Im witterungsgeführten Heizbetrieb (mit Vorrangbetrieb Warmwasser) entnimmt der Mehrwegemischer aus dem Puffer 40grädiges Wasser von unten (Bild 8), führt es zum Kessel und über die entsprechende Ventilstellung an den mittleren Anschluss zurück. Im Vorrangbetrieb schalten beide Ventile um, das heißt, der Mischer zieht aus der Mitte und speist oben zurück

Bild 9

Ladesystem des „Zeeh“-Speichers. Wenn die Brauchwassertemperatur absackt, springt die Ladepumpe an und lenkt ähnlich einem Turboladersystem zusätzlich Speicherwasser durch den Rohrwärmetauscher

Ladepumpe modulierend und Durchfluss erhöhend ein („Turbolader"), um die Schlange mit ihren ca. 40 l Inhalt rasch auf Temperatur zu bringen.

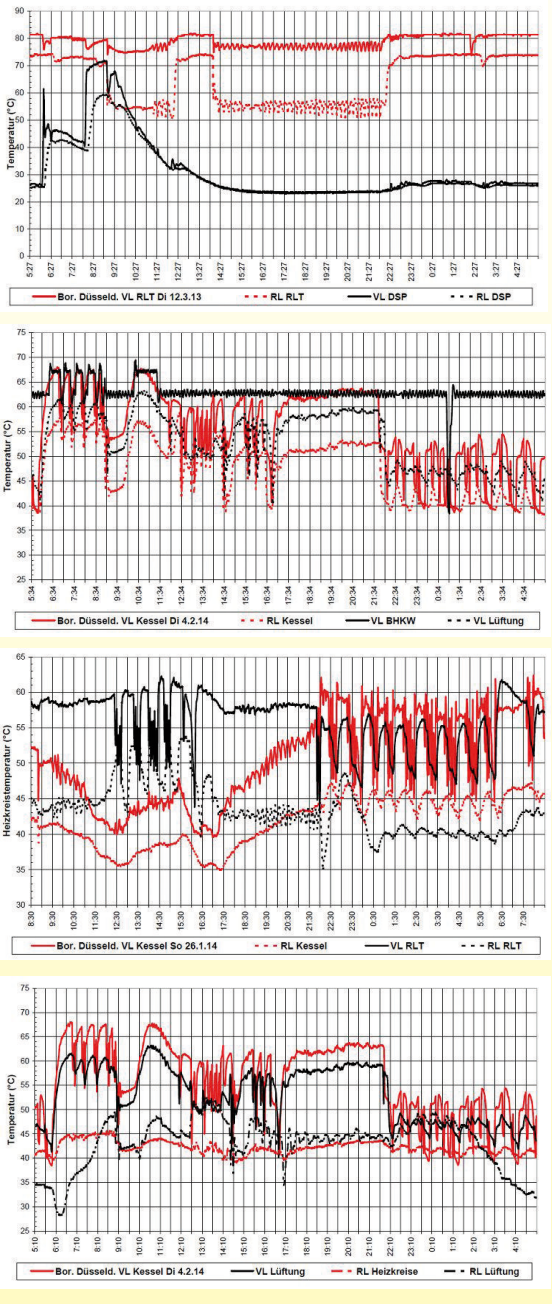
Mangels ausreichender Verweilzeit und aufgrund der hohen Temperaturen gedeihen Legionellen nicht in diesem Milieu. Selbstverständlich muss trotzdem eine Zirkulations-Desinfektion der Anbindeleitungen sichergestellt sein. Dafür sorgt Heizenergie sparend ein zusätzlicher kleiner Hochtemperatur-Wärmetauscher im Behälter in Form einer integrierten Zirkulationslanze im Wellrohr. Keimarmut im gesamten System ist auf diese Weise angestrebt. Davon überzeugt sich regelmäßig das Gesundheitsamt, nicht nur nach der neuen Trinkwasserverordnung. Öffentliche Gebäude, Sportstätten, Schwimmbäder, Schulen, Kindergärten standen schon immer im Turnus unter Kontrolle. Zur Technik sei noch gesagt, dass der Rücklauf der Zirkulation mit knapp 60 °C in der heißen Zone des Puffers einmündet und so die Schichtung stabilisiert.

Warum das BHKW ins Schema passt

Vaillants „Ecopower"-Block produziert 70 °C. Die temperieren völlig souverän das Warmwasser. Die Lüftungsanlage will ebenfalls hohe Temperaturen, da relativ kleine Tauscher bei bis minus 10 °C stündlich 30 000 m^3 Zuluft sozusagen auf Raumtemperatur anheben müssen. Das Entscheidende dabei ist die Entfeuchtung, um Nebelbildung in der Halle zu vermeiden. Die Einrichtung kühlt zur Entwässerung die Luft zunächst ab, muss dann aber die Kaltluft in kurzer Zeit bei eingeengter Tauscherfläche mit relativ hoher Temperatur auf Zuluftniveau anheben. Diese Temperaturspitzen liefert systembedingt „automatisch" das BHKW. Ohnehin verlangen Kesselhersteller in der Regel eine Begrenzung der maximalen Spreizung, das BHKW kommt dieser Forderung entgegen.

Denn solange also die Anlage im witterungsgeführten Betrieb zur Deckung der Heizlast in einem Temperaturbereich unterhalb von 50 °C fahren kann, wird sich das BHKW bemühen, den Puffer oben mit der nötigen Spitzentemperatur zu beladen, um dem Kessel zu gestatten, energiesparend das Niedrigtemperaturniveau bereit zu stellen. Ob Brennwertkessel oder BHKW arbeiten, entscheiden die Temperaturmeldungen von den Umschaltventilen. VUV heißt Vorlaufumschaltventil und RUV heißt Rücklaufumschaltventil.

Einige Temperatur- und Betriebszustände geben die Diagramme wieder. Vor der Sanierung (oberes Diagramm) lieferte der Kessel (rot) für Deckenstrahlplatten und Lüftung 24 Stunden Hochtemperatur, es fehlte eine bedarfsorientierte Steuerung der Vorlauftemperatur. Im zweiten Diagramm von oben, nach der Sanierung, deckt dagegen der Brennwertkessel via Speicher die Grundlast ab. Der Kessel fährt am milden Sonntag, 26.01.2014, nur nachts mit Rücksicht auf den Vorlauf Lüftung entsprechend hoch (drittes Diagramm). Tagsüber pendelte seine Vorlauftemperatur zwischen 40 und 50 °C und die Lüftung versorgte sich aus dem Potenzial des Speichers. Wenn die Lüftung mit 50 oder 60 kW zuschaltet, kommt die Bevorratung allerdings schnell an ihre Grenzen. Der Kessel muss zuarbeiten. Das untere Diagramm zeigt die Temperaturverläufe nach Installation der bedarfsorientierten Steuerung der Vorlauftemperaturen.



Temperaturverläufe vor- und nach der Sanierung

Auswertung der Temperaturaufzeichnungen

Ausgangspunkt

Die Betriebsdaten der Heizanlage im DTTZ Borussia Düsseldorf (**Bild 10** zeigt den Bedarf im DTTZ-Komplex) wurden vor und nach der Sanierung protokolliert, um den Sanierungs- und Modernisierungserfolg nachvollziehen zu können. Es fanden folgende Aufzeichnungen statt:

März 2013
- Wasserverbräuche nach Einbau von Wasseruhren in die Zuläufe zum Warmwasserspeicher
- Heizkreistemperaturen
- Kesseltemperatur

August 2013
- Erfassung des Betriebsverhaltens des BHKW

Januar-Februar 2014
- Betriebstemperaturen von Brennwertkessel und Blockheizkraftwerk
- Rücklauftemperaturen aller Heizkreise sowie der Lüftung separat

Außerdem wurden die Zähler ab Inbetriebnahme regelmäßig abgelesen.

Beurteilung der Altanlage

Die Aufzeichnungen belegen, dass der Wärmeerzeuger nicht mehr bedarfsorientiert geregelt wurde, sondern über den Kesselthermostat 24 h am Tag die maximale Betriebtemperatur fuhr. Die Vorlauftemperaturen der Heizkreise waren ent-

Bereich	Annahme	Menge
Hotelzimmer	480 m² mit einem spez. Bedarf von 180 kWh/m²a	86.000 kWh/a
Nebenräume	100 m² mit einem spez. Wärmebedarf von 100 kWh/m²a	10.000 kWh/a
Shop	100 m² mit einem spez. Wärmebedarf von 200 kwh/m²a	20.000 kWh/a
Halle	1.200 m² mit einem spez. Wärmebedarf von 220 kWh/m²a	264.000 kWh/a
Warmwasser	500 l/Tag incl. Verteilungsverluste	20.000 kWh/a
Anlagenverluste	25 % incl. Brennwertverluste	135.000 kWh/a
Summe	1.880 m²	535.000 kWh/a
	Spezif. Verbrauch	285 kWh/m²a

Bild 10

Bedarf im DTTZ-Borussia-Komplex

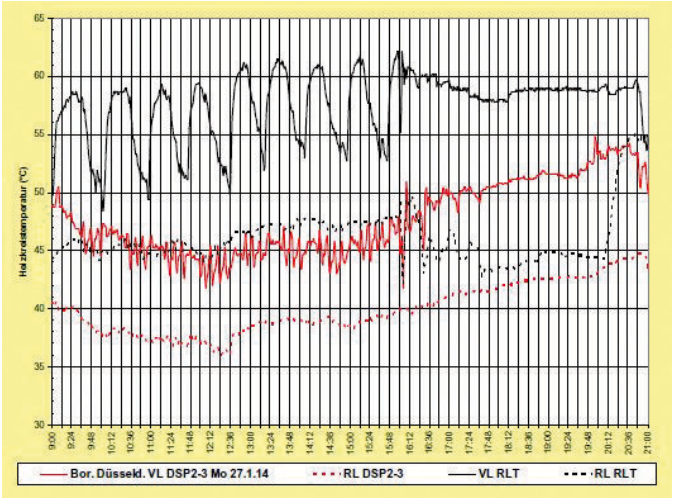


Bild 11

Der Mehrwegemischer „Rendemix" macht's möglich: Der Rücklauf RLT von 45 bis 50 °C reicht als Vorlauf zu den Deckenstrahlplatten aus. Der Rücklauf RLT/Deckenstrahlplatten hat damit ein Niedertemperaturniveau, das Kondensation im Brennwertkessel gewährleistet. Ohne Baunach-Mischer würde man Kondensationsgewinne und weitere Abgaswärme verschenken

sprechend der Nutzungszeiten angepasst, aber die Spreizungen waren eher gering.

Die Lüftung war unterversorgt. Mittels der eingebauten Wasserzähler konnten die Warmwasserverbräuche ermittelt und auch Anhaltswerte bezüglich der Stoßbelastung erhalten werden. Aus den Gaszählerablesungen ließen sich Aussagen zur benötigten Heizlast ableisten.

Betriebsoptimierung unmittelbar nach Inbetriebnahme

Durch Beobachtung des Betriebsverhaltens konnten folgende Punkte direkt nach der Inbetriebnahme schnell verbessert werden:

□ *Schaltverhalten des BHKWs*

Durch Beobachtung des Ein- und Ausschaltverhaltens des BHKWs konnte die Positionierung der entsprechenden Fühler am Puffer optimiert werden. Das BHKW soll ja stets in Priorität die Wärmeerzeugung übernehmen und gleichzeitig möglichst lange laufen, damit auch ein hoher Eigenstromdeckungsanteil erreicht wird. Über die Positionierung der Fühler kann man auf das Schaltverhalten Einfluss nehmen, die Positionierung hängt vom Zusammenspiel der Pufferkapazität mit der Wärmeabnahme der Heizkreise und der Warmwasserbereitung ab.

□ *Temperaturspreizung Lüftungs-Heizkreise*

Die speziellen hydraulischen Bedingungen im Lüftungsheizkreis haben zunächst unkontrolliert hohe Rücklauftemperaturen beschert, dies konnte durch nachträglichen Einbau von Rücklauftemperaturbegrenzern korrigiert werden.

□ *Temperaturverläufe nach der Erstoptimierung*

Die Aufzeichnungen knapp ein halbes Jahr nach Inbetriebnahme der modernisierten Anlage zeigen die technischen Verbesserungen eindrucksvoll (siehe auch Bilder Kasten 1):

– Betriebsverhalten Wärmeerzeuger

Das BHKW läuft nahezu 24 h am Tag durch. Der Brennwertkessel schaltet sich nur bei Bedarf zu, wenn am Verteiler die notwendigen Vorlauftemperaturen nicht mehr erreicht werden. Durch den Puffer hat der „Ecocraft" genügend Zeit, in Betrieb zu gehen und er reduziert seine Leistung auch wieder, wenn die Vorlauftemperaturen erreicht werden. Während das BHKW grundsätzlich auf einem hohen Temperaturniveau die Wärme erzeugt, fährt der Brennwertkessel nur die jeweils benötigte maximale Vorlauftemperatur, was die Brennwertnutzung begünstigt.

– Übernahme von Heizlast durch das BHKW

Anhand der Temperaturverläufe ist erkennbar, wie der Puffer dazu beiträgt, die Heizlast auf das BHKW zu verlagern. Es gelingt, hohe Temperaturbedürfnisse der Heizkreise zeitweise aus dem Puffer zu befriedigen und damit den Brennwertkessel so wenig wie möglich in Anspruch zu nehmen.

– Wärmeausnutzung der Heizkreise

An den Temperaturniveaus, insbesondere der Rücklauftemperaturen, ist erkennbar, welches Potenzial der Baunach-Mischer nutzt (**Bild 11**). Die vergleichsweise hohen Rücklauftemperaturen der Lüftung können in den anderen Heizkreisen, insbesondere in den Deckenstrahlplatten, der Turnhallen genutzt werden. Auf diese Weise wird Hilfsenergie reduziert und die Wärmeerzeugung entlastet. Vor allem begünstigt die stärkere Abkühlung des Rücklaufs die Brennwertnutzung und die Schichtung im Puffer.

Detail Mischerprinzip

Aktuelle Mischerstellungen

Rechts die beiden Mischer stehen zu etwa ein Drittel in der blauen Skala, das heißt, sie versorgen sich aktuell nur aus der mittleren Pufferkammer und ihrem eigenen Rücklauf. Der Mischer links bedient sich zu etwa zwei Drittel aus der mittleren Kammer und ein Drittel fließt aus der oberen Kammer zu. Jeder der Baunach-Mischer entnimmt über weite Teile des Stellbereiches stets warmes Wasser aus dem mittleren Anschluss. Das hat den energetischen Vorteil, dass dieses Wasser entweder direkt aus einem Rücklauf der Hochtemperaturkreise oder aus der mittleren Kammer des Puffers stammt. In beiden Fällen handelt es sich um vermischtes Wasser, also im Sinne der Wärmespeicherung von minderem Nutzen. Das Wasser mit dem höchsten Nutzen für die Wärmespeicherung ist entweder ganz heiß oder ganz kalt. Durch die priorisierte Entnahme von vermischtem Wasser erhöht sich die Kalt- und die Warmwasserkapazität.

– Warmwasserbereitung ohne Problem
Da die Warmwasserbereitung im Puffer erfolgt und dieser permanent vom BHKW direkt versorgt wird, ist die Warmwasserlast an den Temperaturen im Puffer nicht erkennbar. Bisher ist es aber noch nicht zu einer Unterversorgung der Zapfstellen selbst zu Stoßzeiten nicht gekommen.
– Gasverbräuche inklusive Stromerzeugung
Die Auswertung der Gasverbräuche am Hauptzähler zeigt, dass die Heizlast, bezogen auf 24 h pro Tag, 90 kW nicht überschritten hat. Bei Bezug auf 15 h pro Tag erhöht sich der Wert auf 140 kW. Diese Werte liegen niedriger als die der Altanlage, obwohl sie noch den Stromverbrauch beinhalten. Hier erkennt man den Effizienzgewinn der Modernisierung. Die Vorhaltung einer Reserve ist zu rechtfertigen, weil man nicht davon ausgehen kann, dass immer alle Anlagenteile optimal zusammen arbeiten und es in Extremfällen auch zu höheren Lasten kommen kann (zum Beispiel Aufheizung der Halle aus einem kalten Zustand heraus).
– Betrieb der Heizkreise
Die Temperaturaufzeichnungen belegen, dass vergleichsweise gute Spreizungen erreicht werden, allerdings sind hier durch die Einrohrheizung Grenzen gesetzt. Das Rücklauftemperaturniveau in Summe aller Heizkreise liegt in der Nähe des Taupunktes der Abgase, in einer weiteren Testphase soll noch einmal die tatsächlich anfallende Kondensatmenge erfasst und ausgewertet werden. Es ist auch schon daran gedacht, ähnlich wie in den beiden Luftheizregistern, Rücklauftemperaturbegrenzer einzubauen, um die Kesselleistung zurückzunehmen, wenn die Rücklauftemperatur einen Grenzwert überschreitet.

Grundstruktur einer Sanierung

Anforderungen an den Aufbau und den Betrieb einer effizienten und betriebssicheren Heizungsanlage

Der häufigste Grund für eine Heizungserneuerung ist der Ausfall des Heizkessels oder anderer unverzichtbarer Bestandteile wie etwa der Regelung. Die technische Entwicklung hat allerdings das Maßnahmenpaket im Falle einer Heizungssanierung neu geschnürt. Heute gilt es, sehr viel mehr Faktoren zu beachten und die Anlagenkomponenten sorgfältig aufeinander abzustimmen. Nachfolgend die zentralen Punkte am Beispiel der in 2013/2014 erfolgten Heizungssanierung im TTZ der Borussia Düsseldorf.

Die Umwelt im Spiegel des DTTZ-Eingangs mahnt zur Energieeffizienz

1. Technisches Konzept

Wir sind gehalten, mit Energie sorgsam umzugehen und regenerative und rationelle Energieerzeugungsmöglichkeiten zu nutzen. Vor einer einfachen Erneuerung eines Heizkessels sollte deshalb immer die Frage stehen, welche Möglichkeiten im Zuge einer anstehenden Heizkesselerneuerung diesbezüglich bestehen.

□ Nutzung von solarer Energie
□ Eigenstromerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kopplung
□ Einbau hocheffizienter Wärmeerzeugungstechnik
□ Einbau von Hocheffizienzpumpen
□ Wahl besonders effizienter hydraulischer Lösungen
□ Wahl spezieller Regelungsstrategien

In fast allen Punkten weist die Sanierung der Heizzentrale des DTTZ Besonderheiten auf, die dazu beitragen, die Anlage effizient und betriebssicher zu machen. Grundlage der Konzepterstellung sollten neben den vorhandenen Planungsunterlagen ergänzende Messungen beziehungsweise aktuelle Betriebserfahrungen mit der vorhandenen Anlage sein. Statt Sicherheitsaufschläge einzukalkulieren, sollte man den realen Bedarf so genau wie möglich erfassen. Dies gilt insbesondere für die benötigte Heizlast, den Warmwasserbedarf und das Warmwasserlastprofil.

Folgende Punkte können mit einfachen Mitteln festgestellt werden:

Heizlast

Orientierungspunkte sind die vorhandene Kesselleistung, der errechnete Heizlastbedarf und die momentane Kesselauslastung (Zählerablesungen zur Ermittlung der aktuellen Außentemperatur abhängigen Heizlast).

Leistung der Umwälzpumpen

Hier sind die eingestellten Pumpenleistungen zu dokumentieren.

Zeitprogramme für die angeschlossenen Heizkreise

Die an der alten Regelung eingestellten Zeitprogramme sollten dokumentiert und mit den realen Nutzungszeiten abgeglichen werden. Häufig deuten lange Vorlaufzeiten auf Versorgungsprobleme hin.

Heizkurven

Auch die eingestellten Heizkurven sollten dokumentiert werden. Bei nicht abgeglichenen Heizkreisen werden häufig überhöhte Heizkurven gefahren.

Warmwassermengen

Durch Einbau eines Wasserzählers im Zugang zum Speicher lässt sich der Warmwasserbedarf konkret verfolgen und ermitteln. Dies erleichtert die Speicherauslegung und ermöglicht eine sorgfältige belastbare Potenzialabschätzung für die Nutzung von Solarenergie. Überdimensionierte Speicher wirken sich auf den solaren Deckungsbeitrag negativ aus.

Zapfprofil Warmwasser

Der Zähler ermöglicht auch die Feststellung des Zapfprofils, wenn man insbesondere zu den Stoßzeiten den Zähler häufiger abliest. Für die Auslegung des Warmwasser-Wärmetauschers ist die Kenntnis des Zapfprofils von zentraler Bedeutung.

Unter Berücksichtigung aller vorgenannten Parameter entstand im DTTZ die Hydraulik in nebenstehenden Schaltschema mit einigen technischen Besonderheiten.

2. Technische Lösungen

2.1 Kraft-Wärme-Kopplung

Ab einem Strombedarf von mehr als 20 000 kWh/a und einem ganzjährigen Wärmebedarf bietet sich in der Regel der Einsatz von Kraftwärmekopplung an. Durch eine fachgerechte Auslegung, hydraulische Einbindung und Regelung ist ein wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet. Dabei ist darauf zu achten,

dass das BHKW möglichst hohe Laufzeiten erreicht und der erzeugte Strom weitgehend selbst verbraucht wird.

2.2 Brennwertkessel

Während bei herkömmlichen Heizkesseln Spreizungen von 10 bis 20 K üblich sind, erreichen effektive Brennwertanlagen auch 20 bis 30 K, was dann aber auch schon wieder bei den Heizkesseln auf Grenzen stößt. Anzustreben sind: niedrige Verteilungstemperaturen (möglichst Flächenheizungen), niedrige Rücklauftemperatur (hohe Spreizung) sowie raumluftunabhängiger Betrieb (Verbrennungsluftvorwärmung).

2.3 Pufferspeicher als hydraulische Weiche

In Objekten mit mehreren Heizkreisen ist eine hydraulische Entkopplung von Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung sinnvoll, nur so können die einzelnen Bauteile für sich optimal betrieben werden. In vielen Anlagen werden hydraulische Weichen zur Entkopplung eingesetzt. Diese haben aber den Nachteil, dass sie Temperaturschichtungen zerstören und deshalb die Effizienz von energiesparenden Lösungen wie Brennwerttechnik, Wärmepumpen- oder Solartechnik verschlechtern.

2.4 Pufferspeicher als Kombispeicher für Heizung und Warmwasserbereitung

Da Kraftwärmekopplung und Warmwasserbereitung beide von einer Wärmespeicherung profitieren, liegt es nahe, diese Anforderungen durch Einsatz eines Kombispeichers in einem Bauteil zu realisieren. Dies hat auch noch den Vorteil, platzsparend zu sein. Mit Bezug auf den vorstehenden Aspekt soll der Speicher auch noch als hydraulische Weiche mit Temperatur schichtender Wirkung fungieren. Der im DTTZ verwendete Speicher der Firma Zeeh erfüllt diese Anforderungen in vorbildlicher Weise.

2.5 Heizkreisbetriebsbedingungen (Zeitprogramm und Vorlauftemperaturniveau)

Um niedrige Heizkurven fahren zu können, ist es erforderlich, die einzelnen Heizkreise hydraulisch abzugleichen, sprich die Durchflüsse bei Volllast auf die ermittelte Heizlast einzustellen. Der hydraulische Abgleich ist eine Voraussetzung für minimale Betriebstemperaturen und maximale Spreizung.

2.6 Verteiler 3-Leitertechnik

In der Regel gibt es verschiedene Temperaturniveaus in verzweigten Verteilungsnetzen. Ein typisches Beispiel ist die Kombination aus Fußbodenheizung, Radiatorenheizung und Lüftungsheizung. Die Rücklauftemperaturen eines Radiatorenheizkreises können gut als Vorlauf für einen Fußbodenheizkreis verwendet werden. Auf diese Weise gelingt es, die Umlaufwassermengen stärker abzukühlen und zu reduzieren und somit auch die Wärmeerzeugung effizienter zu gestalten (höherer Wirkungsgrad der Brennwert-Wärmeerzeugung, niedrigerer Hilfsenergiebedarf der Umwälzpumpen).

2.7 Einsatz von Hocheffizienzpumpen

Der Einsatz von Hocheffizienzpumpen ist heute zwar Pflicht, aber es wird noch nicht konsequent berücksichtigt, dass eine Umstellung auf diese Technik nur dann problemlos und mit dem vollen Effekt funktioniert, wenn die Heizkreise hydraulisch abgeglichen werden. Es sollen nicht nur effizientere Pumpen eingesetzt werden, sondern es sollen auch die Volumenströme reduziert werden, um hohe Spreizungen zu erzielen.

2.8 Rücklauftemperaturbegrenzung

Rücklaufwasser sollte so kalt wie möglich sein. Wirksam kann man dies durch Einsatz einer Rücklauftemperaturbegrenzung regeln.

3. Anlagenoptimierung

Nach einer Anlagensanierung beziehungsweise -modernisierung sollte immer eine Phase der Einregulierung und der Erfolgskontrolle eingeplant werden.

3.1 Einregulierung

Eine komplexe Anlage lässt sich zwar theoretisch berechnen, sie benötigt aber dennoch eine Einregulierungsphase, damit die Durchflüsse und Heizkurven auf die minimal notwendigen Werte bedarfsorientiert eingestellt werden. Gut ist, wenn die Einregulierungsphase von Temperaturverlaufsaufzeichnungen begleitet wird und diese Kurven auch für spätere Bewertungen sorgfältig dokumentiert werden. Es kann auch hilfreich sein, Verlaufskurven im Heizraum für das Betriebspersonal einsichtig zu machen.

3.2 Verbrauchskontrolle

Anhand der Verbrauchskontrolle kann man abschließend dann noch einmal überprüfen, ob der gewünschte Erfolg eingetreten ist. Die Verbrauchskontrolle sollte mindestens die Ermittlung der Jahreswerte umfassen, besser ist, anhand von Tageswerten auch Momentaufnahmen zu haben, damit eine Anlagenkontrolle jederzeit eben auch kurzfristig möglich ist.

4. Anlagenbauteile

4.1 Baunach-Mischer

Der Baunach-Mischer ist eine Entwicklung zum effektiveren Betrieb von Heizkreisen. Er stellt unter anderem warmes Rücklaufwasser aus Hochtemperaturkreisen den Niedertemperaturkreisen als Vorlauf zur Verfügung. Vorteil der Technik ist, dass sich umzuwälzende Volumenströme verringern und Temperaturspreizungen zur effektiveren Brennwertnutzung vergrößern.

4.2 Be- und Entladetechnik Pufferspeicher

Auch hier wurde auf eine spezielle Technik der Firma Baunach zurückgegriffen, die ein effektiveres Be- und Entladen des Pufferspeichers ermöglicht. Zur schnellen Reaktion auf Wärmeanforderungen werden Vor- und Rücklauf gleichzeitig umgeschaltet, was auch das Zusammenspiel der beiden Wärmeerzeuger verbessert.

4.3 Warmwassererwärmung mit Wellrohrwärmetauscher

Der Einsatz von Pufferspeichern mit Wellrohrwärmetauscher ist in kleineren Leistungsbereichen durchaus verbreitet, aber bei den hier bestehenden Anforderungen eigentlich unüblich. Da dieses Prinzip der Warmwasserbereitung aber als sehr solide und wenig anfällig gilt, wurde der Speicher vom Hersteller eigens für die speziellen Anforderungen bei Borussia Düsseldorf ausgelegt. Vorteil der Lösung ist, dass man auf technisch aufwendige Frischwasserstationen verzichten kann und dennoch eine äußerst hygienische Warmwasserbereitung hat. Durch eine technische Besonderheit des Speichers gelingt es, auch im Bedarfsfall höhere Warmwasserleistungen zu realisieren. Gerade dies ist für Sportvereine interessant, die ja sehr häufig mit kurzzeitig auftretenden Spitzenlasten zu kämpfen haben.

4.4 Kombination von Blockheizkraftwerk und Brennwertkessel

Die hydraulische Einbindung eines Blockheizkraftwerks, im DTTZ der Typ „Ecopower" von Vaillant, zählt zu den großen Herausforderungen einer Eigenstromanlage. Der Verein kann sich durch die Eigenstromerzeugung vom Bezug öffentlichen Stroms in dem Maße unabhängig machen, wie es gelingt, einen hohen Deckungsbeitrag zu erzielen. Voraussetzung für einen hohen Deckungsbeitrag ist, dass das BHKW möglichst hohe Laufzeiten erreicht und die erzeugte Wärme geschickt verwendet wird. Von der hydraulischen Einbindung, von der Dimensionierung des Pufferspeichers und der richtigen Positionierung der ein- und ausschaltenden Temperaturfühler hängt der betriebswirtschaftliche Nutzen entscheidend ab. Die ersten Bilanzen seit Inbetriebnahme im August sind sehr vielversprechend, das BHKW erzeugt in der Summe mehr Strom als das DTTZ benötigt, es müssen zur Überbrückung von Lastspitzen nur wenige Kilowattstunden Strom eingekauft werden.

Martin Halbrügge, Ecoteam
www.ecoteam-nrw.de

Baunach
rendeMIX

Vaillant-eco Power
Leistung:12,5 kWt
Leistung: 4,5 kWe

Vaillant-eco craft
Brennwertkessel
280 6/3 VKK
Leistung:54,7-294,3 kW

Radiatorenheizkreis
Foyer
Leistung: 10 kW(30K)
Durchfluss: 0,29m³/h

Heizen+Kühlen
Foyer
Leistung: 33 kW(30K)
Durchfluss: 0,95m³/h

Deckenstrahlplatten
Halle 1+2
Leistung: 80kW(30K)
Durchfluss: 2,29m³/h

Deckenstrahlplatten
Halle 3
Leistung: 40kW(30K)
Durchfluss: 1,15m³/h

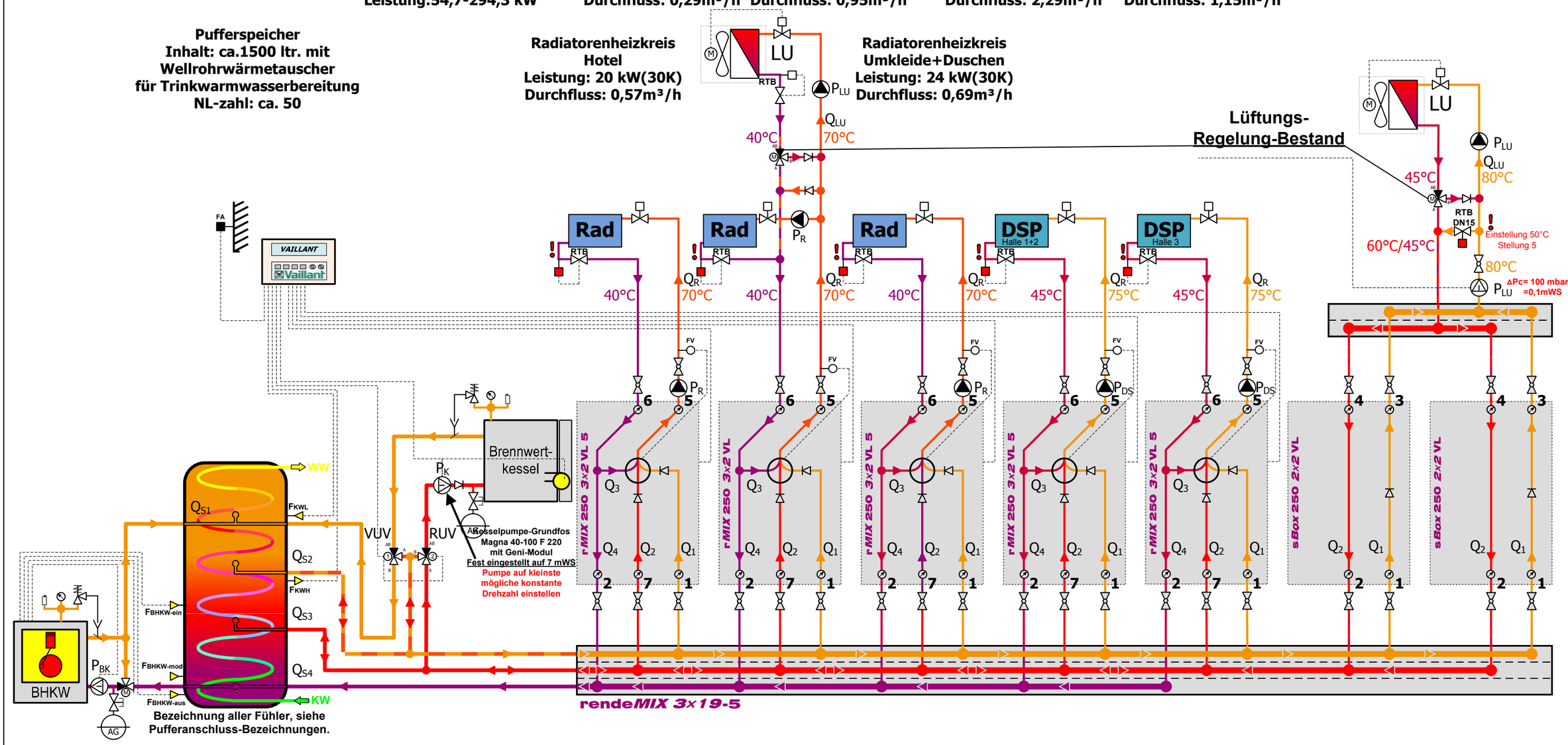
RLT-Anlage-Neu
Leistung: 120 kW(30K)
Durchfluss: 3,44 m³/h

Pufferspeicher
Inhalt: ca.1500 ltr. mit
Wellrohrwärmetauscher
für Trinkwarmwasserbereitung
NL-zahl: ca. 50

Radiatorenheizkreis
Hotel
Leistung: 20 kW(30K)
Durchfluss: 0,57m³/h

Radiatorenheizkreis
Umkleide+Duschen
Leistung: 24 kW(30K)
Durchfluss: 0,69m³/h

Lüftungs-
Regelung-Bestand



Bezeichnung aller Fühler, siehe Pufferanschluss-Bezeichnungen.

Wichtiger Hinweis:
Die Kessel-Kreispumpe zum Brennwertkessel und BHKW soll nach Angabe des Herstellers eingestellt werden so wenig wie möglich und so viel wie nötig!

BV. ACC-Borussia-Düsseldorf

Symbollegende

- Vorlauffühler
- Weichenfühler
- Speicherfühler
- Außenfühler
- Pumpe Dauerlauf
- Pumpe intermittierend kleinste Leistung
- Raumthermostat
- Rücklauftemperaturbegrenzer
- Umschaltventil
- Thermometer
- Kugelhahn
- Rückflussverhinderer

P_{BK}: Pumpe BHKW
P_K: Pumpe Kessel
P_R: Pumpe Radiatorenkreis
P_{DS}: Pumpe Deckenstrahler
P_{LU}: Pumpe Lufterhitzerkreis
RTB: Rücklauftemperatur-Begrenzer
AG: Ausgleichsgefäß

VUV: Vorlaufumschaltventil
RUV: Rücklaufumschaltventil

Q_1: Durchfluss Eingang heiß
Q_2: Durchfluss Eingang warm
Q_3: Durchfluss Eingang kalt
Q_4: Durchfluss Rücklauf Mischkreis
Q_{S1}: Durchfluss Speicher heiß
Q_{S2}: Durchfluss Speicher warm
Q_{S3}: Durchfluss Speicher warm
Q_{S4}: Durchfluss Speicher kalt

BHKW mit Ein-Zonen-Beladung mit Rücklauftemperaturerhöhung über internes Mischventil, sowie Zwei-Zonen-Entladung über **rMix** Drei-Kammer-Verteiler **rMIX 650 3x19/5** sowie mit gemischten Radiatoren- u.Deckenstrahlheizplatten über **rMIX 250 3x2 VL 5** und einem ungemischten Heizkreis für eine Lüftungsanlage über **s-Box 250 2x2 VL 3**. Stellglieder für Lüftunganlagen Regelung -bauseits-. Trinkwarmwasserbereitung über Wellrohr-Wärmetauscher.

Ansprechpartner: **Willibald Klever**
Telefon +49 (0) 2433 / 970 – 210
Fax +49 (0) 2433 / 970 – 219
eMail info@baunach.net

Erstellt am	Geändert am	Plan
29.10.2012	**30.10.2013**	**PN2012-560/4**

Kunde

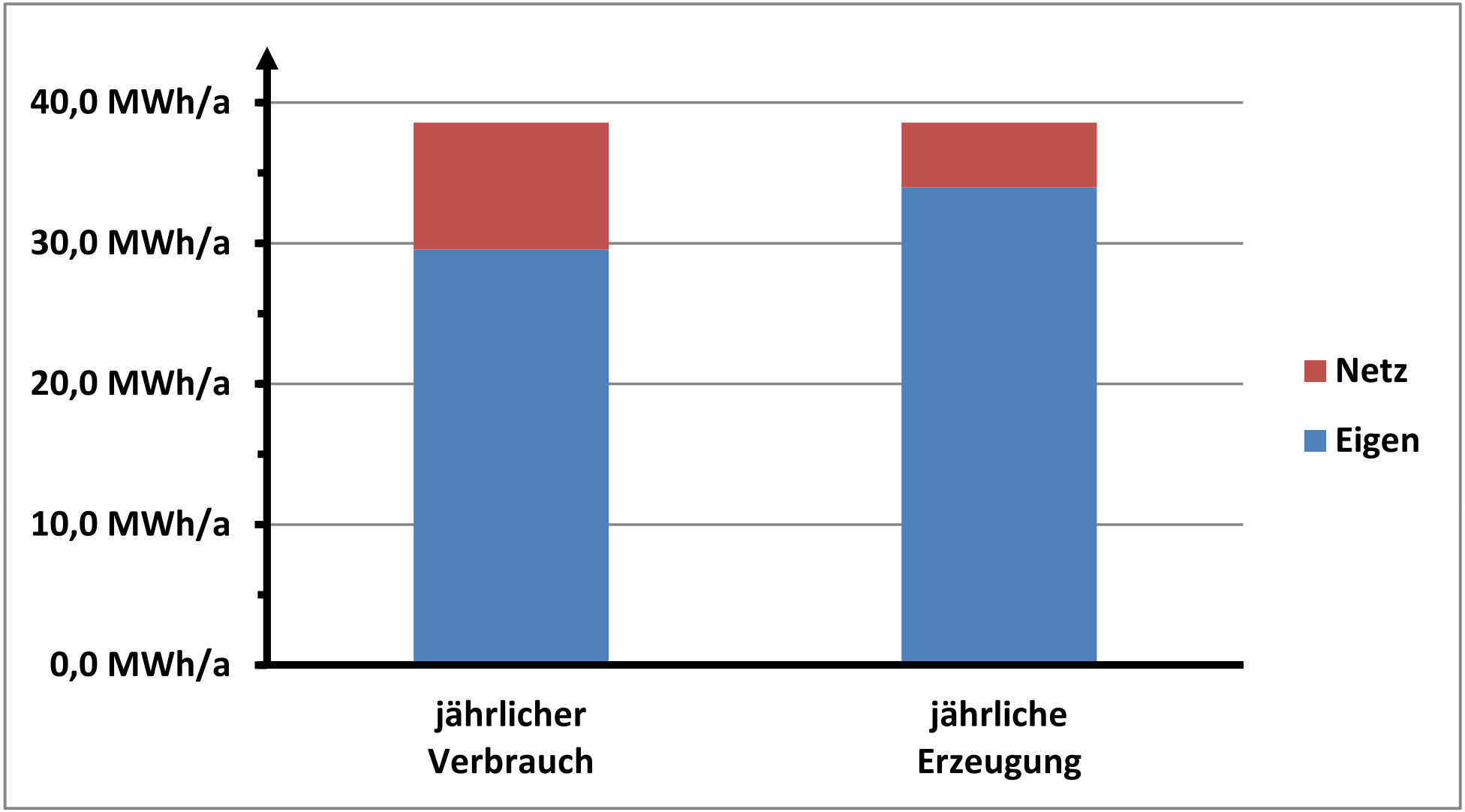
Florack GmbH
Sanitär u. Heizung
Nachtigallstraße 5
40625 Düsseldorf
Tel.: 0211/283020, Fax.:0211/287389
eMail: kontakt@p-florack.de

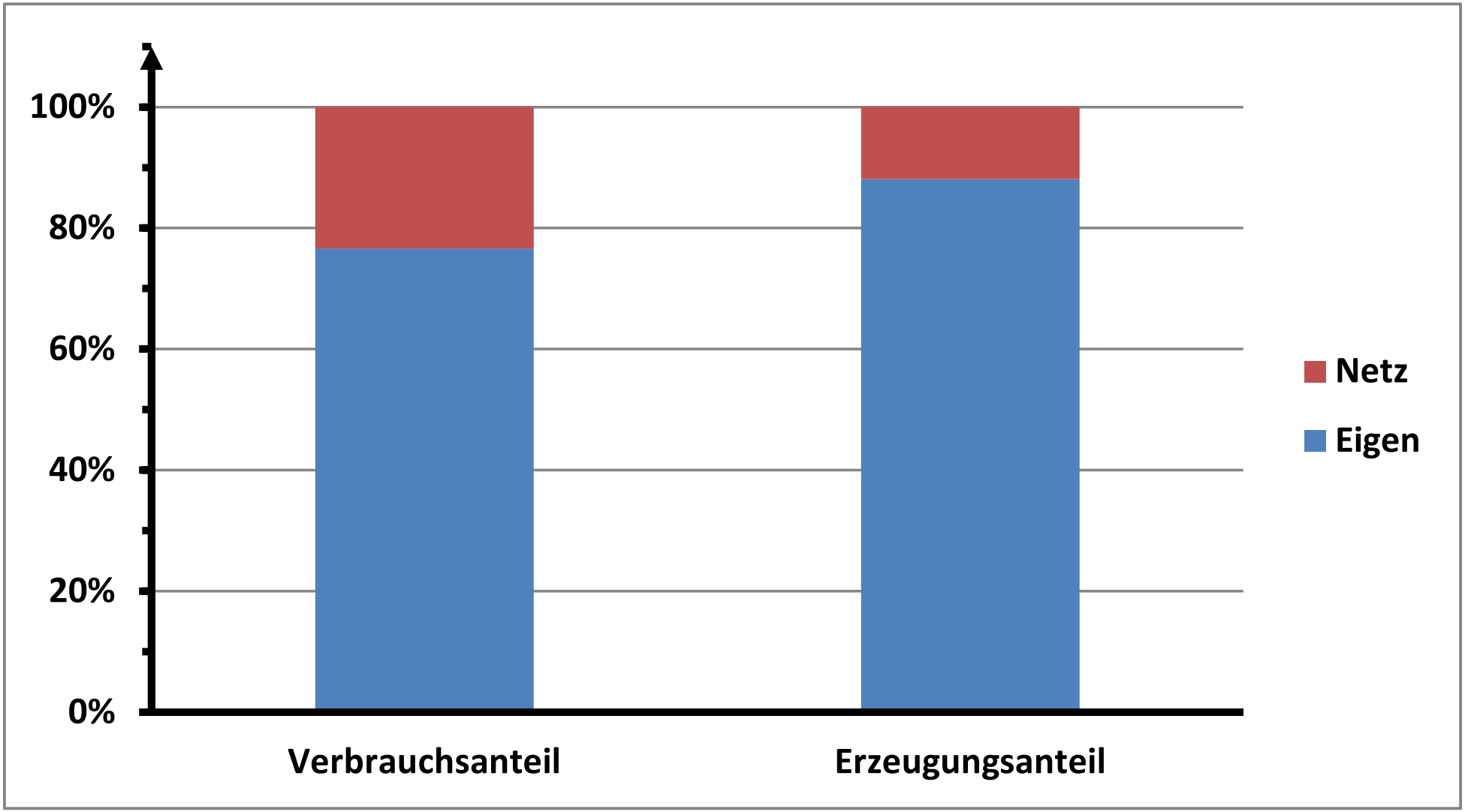
Nur Prinzipschaltbild, kein fertiger Installationsplan

Zählerablesungen Nov 13-Nov 14

11.11.13-24.11.14	378	Tage			
Gasverbrauch	**329.815**	kWh	extrapoliert auf ein Jahr	**279.976**	kWh/a
Kessel	**172.264**	kWh			
BHKW	**157.551**	kWh			
Stromverbrauch	**30.630**	kWh	extrapoliert auf ein Jahr	**29.554**	kWh/a
Strombezug	**4.757**	kWh		**4.590**	kWh/a
Strom BHKW	**35.224**	kWh		**33.987**	kWh/a
Stromeinspeis.	**9.352**	kWh		**9.023**	kWh/a

Ergebnisse: hoher Eigenstromdeckungsanteil und hoher Wärmeanteil BHKW!


40,0 MWh/a
30,0 MWh/a
20,0 MWh/a
10,0 MWh/a
0,0 MWh/a
jährlicher Verbrauch
jährliche Erzeugung
Netz
Eigen


100%
80%
60%
40%
20%
0%
Verbrauchsanteil
Erzeugungsanteil
Netz
Eigen

Energieeinsparerfolg 2014

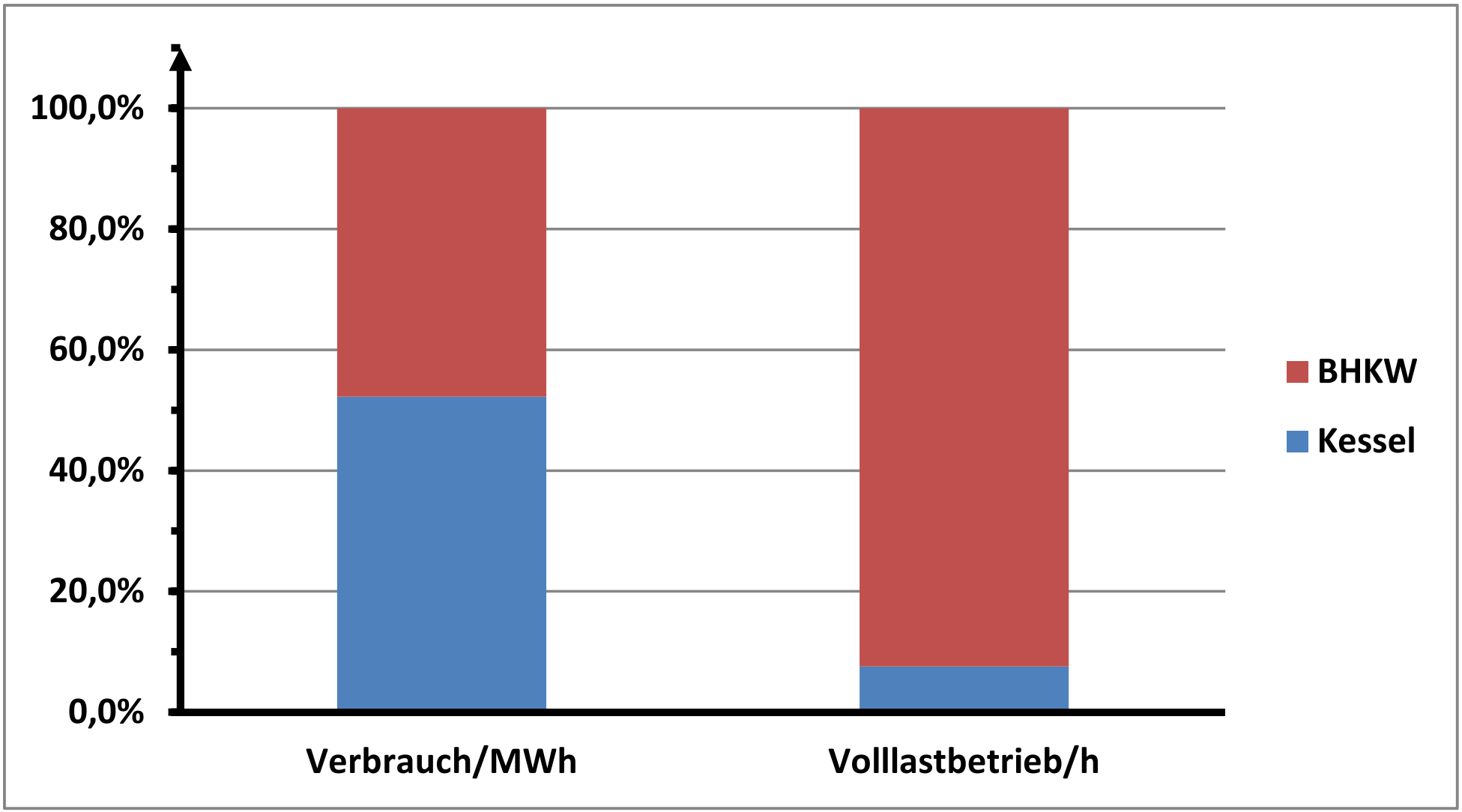
11.11.13 - 24.11.14

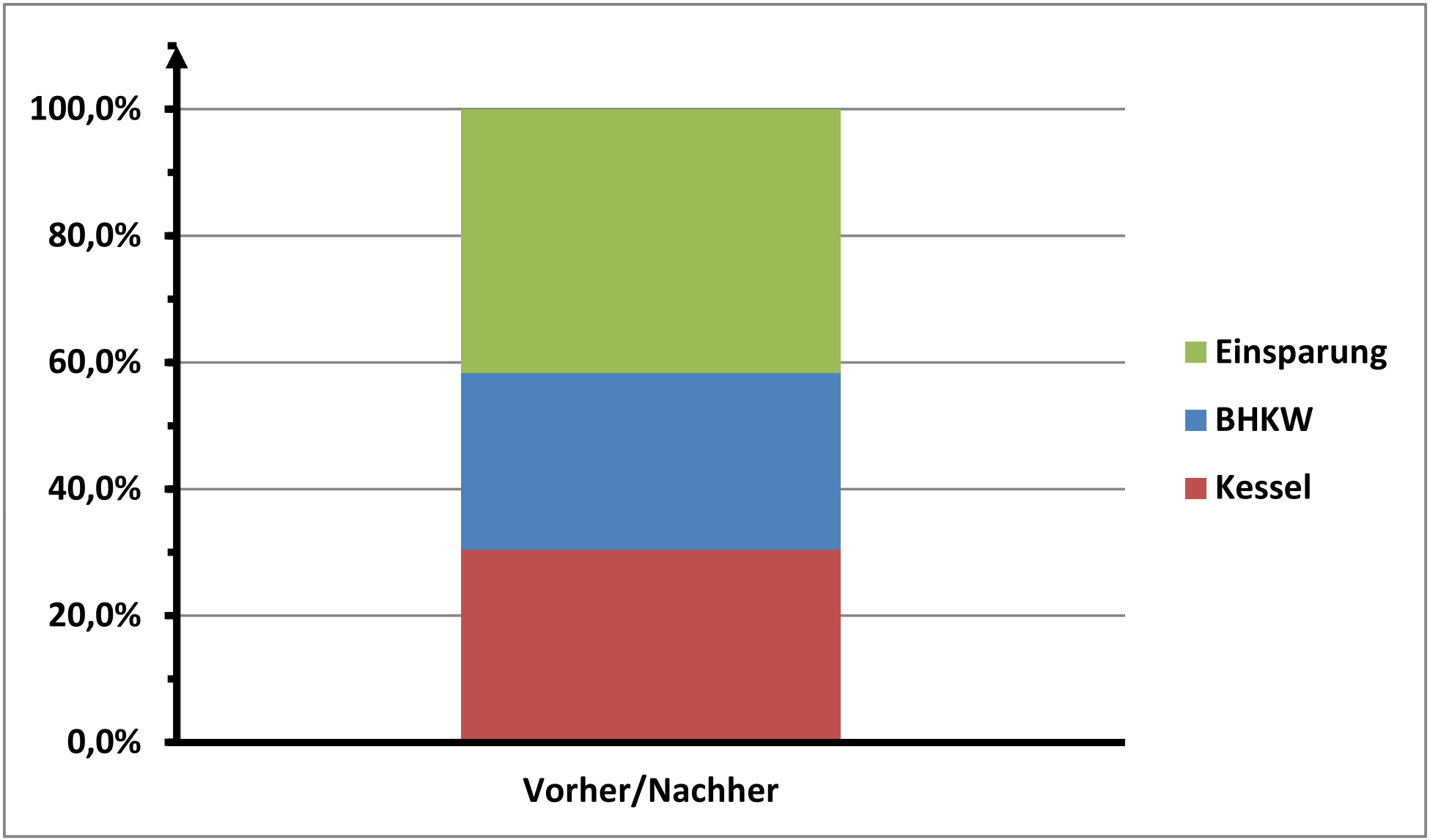
Vollben.-st. BHKW	**7.494** **h** **(4,7 kW el.)**	**7.231**	**h/a**
Vollben.-st. BWK	**615** **h** **(280 kW)**		
	3132 **h (55 kW)**		

Gasverbrauch 10-11	**480.000**	kWh/a
bereinigter Verbr. 2014 (ohne Anteil für BHKW-Stromerzeugung)	**279.976**	kWh/a
Einsparung	**42%**	

Gründe für die Einsparung:

Brennwertkessel, Mischertechnik, Regelung, Warmwasserbereitung


100,0%
80,0%
60,0%
40,0%
20,0%
0,0%
Verbrauch/MWh
Volllastbetrieb/h
BHKW
Kessel


100,0%
80,0%
60,0%
40,0%
20,0%
0,0%
Vorher/Nachher
Einsparung
BHKW
Kessel

Betriebkosteneinsp. Heiztechnik

Energieversorgung ohne BHKW

Wärmeversorgung

	Nutzwärme (kWh/a)	Vollbenutz.-st. (h/a)	Heizleistung (kW)	Energieverbr. (kWh/a)	Preis	Kosten
BWK	274.497	1144	240	310.909	0,060 €	18.655 €
NT-Kessel	274.497	1144	240	468.756	0,060 €	28.125 €

Einsparung durch BWK, Mischertechnik, Regelung, WWB **9.471 EUR**

Betriebkosteneinsp. BHKW

Energieversorgung mit BHKW

Wärmeversorgung

	Nutzwärme (kWh/a)	Laufzeit (h/a)	Feuerungsl. (kW)	Energieverbr. (kWh/a)	Preis		Kosten
BHKW	80.588	6447	22,5	144.808	0,060 €		8.688 €
Spitzenkessel	193.909	808	240	219.631	0,060 €		13.178 €
Summe				364.439			
Steuererstattung				144.808	0,0055 €	-	796 €

Stromversorgung

Netzbezug	18.846	kWh/a			0,20 €		3.769 €
Zählergebühren	1				65,00 €		65 €
Eigenstrom	21.154	kWh/a			0,0541 €	-	1.144 €
Einspeisung	9.147	kWh/a			0,11 €	-	1.006 €
BHKW-Strom	30.301	kWh/a					
Wartungskosten	30.301	kWh/a			0,03 €		909 €

Einsparung durch BHKW **3.000 EUR**

Baunach
rendeMIX

DTTZ im ACC Borussia Düsseldorf

Investitionsvolumen: **100.000,- €**

Kosteneinsparung: **12.500,- €**

CashFlow: **12,5%**