

Energieeinsparung durch effiziente Dampf-Kondensat-Systeme

Uwe Bälz und Renate Kilpper

Das ungenutzte Entweichen von Dampf in der Industrie und im Wohnbereich ist eine Energieverschwendung, die vermeidbar ist. Moderne Dampf-Wasser-Übergabestationen sind geschlossene, Platz sparende Systeme, die zeigen, wie sich die sonst entweichende Energie beispielsweise in Heizenergie umwandeln lässt.



1 – Dampfübergabestation

Der Fortschritt bei der Reduzierung des Wärmebedarfs lässt hierzulande sehr zu wünschen übrig, obwohl das Energiekonzept der Bundesregierung bis 2020 eine Einsparung beim Wärmebedarf von 20 % vorsieht. Das ist eine riesige Menge, wenn man bedenkt, dass wir in Deutschland allein 40 % der Endenergie für Heizung, Lüftung und Kühlung verbrauchen [1]. Die Weiterentwicklung der erneuerbaren Energien in Verbindung mit dem Ausbau der Netzkapazitäten bis zu einer kompletten Deckung des Bedarfs wird noch lange dauern. In dieser Situation ist ein absolut naheliegender Schritt eine größere Anstrengung in der Energieeinsparung. Die brachliegenden Kapazitäten (gerade auf dem Wärmesektor) sind gewaltig. Ein Beispiel ist die riesige Energieverschwendung durch das ungenutzte Entweichen von Dampf in die Umgebung. Das zu verhindern und den Dampf stattdessen zu nutzen, stellt bei zahlreichen industriellen Prozessen und auch im Wohnbereich, vor allem bei Fernheizungen, eine enorme Energieeinsparmöglichkeit dar. An Dampfnetzen in Fernwärme und Industrie tragen Dampf-Wasser-Übergabestationen (Bild 1) dazu bei, Energie einzusparen.

Die Autoren

Prof. Dr. Uwe Bälz, Dr. Renate Kilpper,
W. Bälz & Sohn GmbH & Co, Heilbronn

Neu bewahrt, alt verschwendet

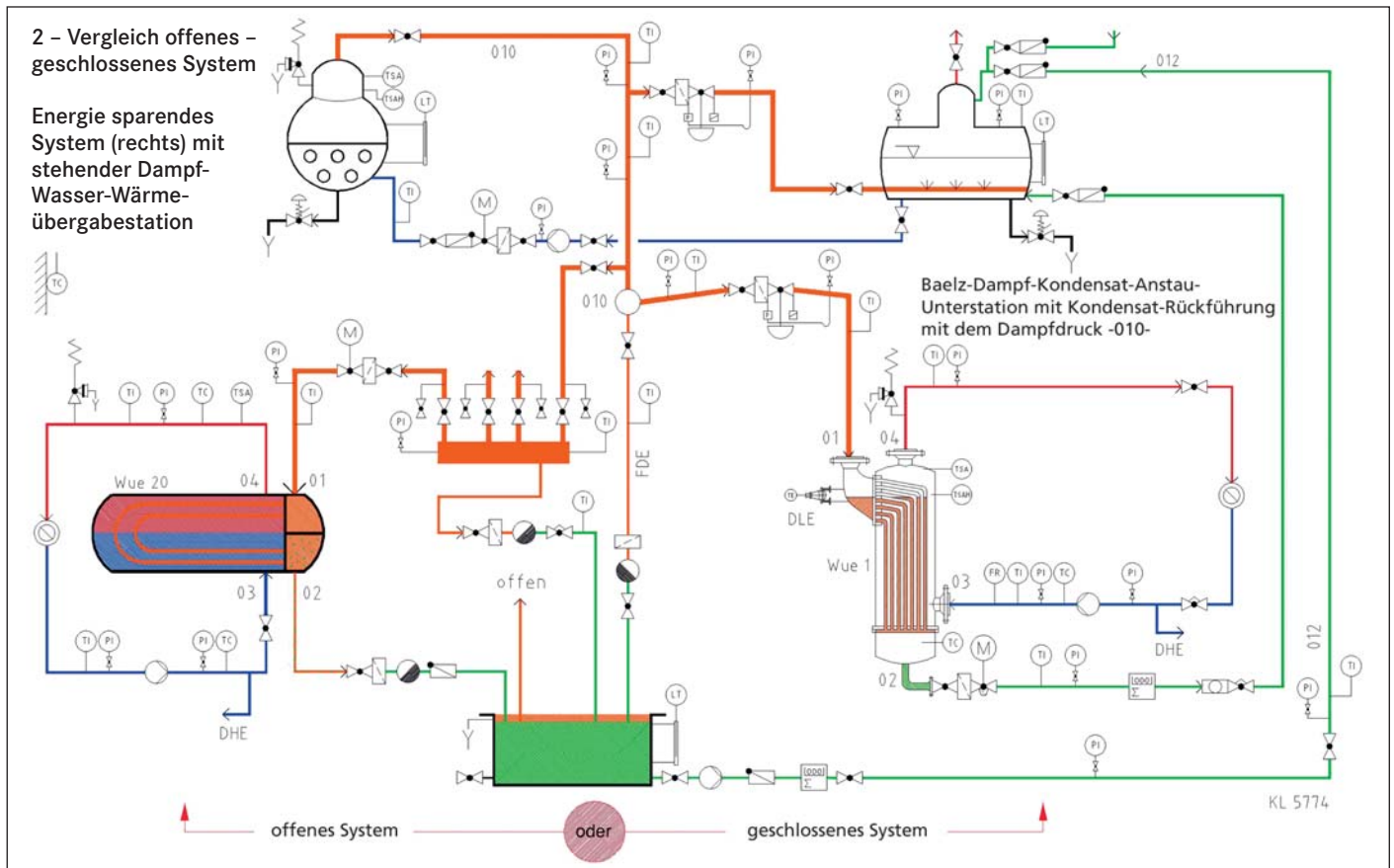
In vielen alten Anlagen von Industriegebäuden, Krankenhäusern, Wohnanlagen, Schulen, Bundesgebäuden usw. findet man liegende Dampf-Wasser-Wärmeübergabestationen mit primärseitig angeschlossenen offenen Kondensatbehältern. Ihre Temperaturregelung der sekundärseitigen Vorlauftemperatur erfolgt über ein dampfseitiges Regelventil auf der Primärseite. Das hochtemperierte Kondensat aus dem liegenden Wärmeaustauscher fließt in einen offenen Kondensatsammelbehälter (Bild 2, links). Durch die Entspannung des Kondensats entstehen dort Ausdampfverluste, d. h., der so genannte Brühdampf geht oftmals ungenutzt über Abdampfleitungen ins Freie. Außerdem führen Wasserschläge auf der Dampfseite durch fehlende Entwässerungen zu materialzerstörenden Dampf-Wasserschlägen. Heftige Geräusche und starker Materialverschleiß sind die Folge. Bei der Kondensation in offenen Kondensatbehältern wird gleichzeitig der Druck schlagartig reduziert, also vernichtet, um ihn später mit elektrischen Pumpen wieder aufzubauen. Die Kondensatrückführung benötigt deshalb eine Umwälzpumpe, es ist demnach zusätzliche Energie nötig. Die entstehenden Ausdampfungen ergeben je nach Betriebsdruck des Dampfes Wärmeverluste von bis zu 20 %, die genutzt werden könnten. Es handelt sich hier häufig um liegende U-Rohr-Apparate mit großem Platzbedarf.

Die Betreiber solcher Anlagen verlieren aber nicht nur riesige Mengen teurer Energie, sondern der fortwährende Zutritt von Luftsauerstoff im offenen System führt zu Korrosion in den Stahl-Kondensatleitungen, so dass erhebliche Korrosionsschäden entstehen. Deshalb müssen die Leitungsnetze immer wieder erneuert werden – mit entsprechend hohen Kosten.

System mit stehender Dampf-Wasser-Wärmeübergabestation

Die Energie sparende Wärmeübergabestation der W. Bälz & Sohn GmbH ist ein geschlossenes Dampf-Kondensatsystem, ohne Kondensatbehälter (Bild 2, rechts). Die Wärmeübertragung geschieht in stehenden Wärmeaustauschern, deren Mantel aus Stahl besteht. In ihrem Inneren verlaufen gewendelte Rohre aus leitfähigem Kupfer, aus Stahl oder aus Edelstahl (Bild 3). Stehende Wärmeaustauscher sorgen für eine größtmögliche Wärmeübertragung bei vergleichsweise geringem Platzbedarf.

Je nach Bedarf des Betreibers ist eine individuelle, modulare Bauweise der Anlage mit einer Leistung von 50 bis 50.000 kW und kondensatseitiger, witterungsabhängiger oder konstanter Regelung möglich und steht auch als fertige Kompaktstation zur Verfügung, um die Komponenten optimal auf die Systemlösung abzustimmen. Die Regelung der sekundärseitigen Vorlauftemperatur erfolgt über ein kondensatseitiges Regelventil. Damit wird im Wärmeübertrager das Kondensat mehr oder weniger angestaut



(abhängig vom Lastverhalten) und so maximal gekühlt. Bei Maximalast steht das Kondensatniveau im letzten Drittel des Wärmeaustauschers, die oberen zwei Drittel sind mit Dampf gefüllt, während bei Minimalast die Heizfläche fast vollkommen überflutet ist (Bild 4). Die Anstauzeiten bei stehenden Wärmeübertragern, in denen Dampf/Kondensat durch die Rohre strömt, sind sehr kurz, beispielsweise kleiner als 30 s bei Leistungen im MW-Bereich. Damit gelingt es, lastabhängige sekundärseitige Temperaturschwankungen schnell auszuregeln. Bei größeren Leistungen werden mehrere Wärmeübertrager parallel gefahren und mehrere parallel geschaltete Kondensatregelventile mit unterschiedlichen Kvs-Werten eingesetzt, um ein stabiles Regelverhalten über den gesamten Lastbereich zu erzielen.

Beim stehenden Wärmeaustauscher ist eine kleinere Dampfmenge nötig, um dem Verbraucher die geforderte Wärmeleistung zuzuführen, da im Gegensatz zu liegenden Wärmeaustauschern zusätzlich zur reinen Dampfenergie auch noch die Kondensat- auskühlung verwendet wird, um Wärme zu gewinnen. Das Kondensat kühlt unter Wärmeabgabe an das sekundärseitige Wasser auf eine Temperatur ab, die ca. 5 °C höher ist als die sekundärseitige Rücklauftemperatur.

Der Dampfdruck steht unabhängig von der Last immer voll zur Verfügung und dient zur Kondensatrückbeförderung in die Heizzentrale – ohne Druckerhöhungspumpe.

Der stehende Wärmeübertrager führt der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zufolge im Beispiel (Tabelle, S. 71) bei einer um 78,05 kg/h geringeren Dampfmenge und bei einem Dampfpreis von 45 €/t zu einer jährlichen Dampf-Kostenersparnis von rund 21.000 € bei einer Laufzeit von 6.000 h/a. Die mit Regelung und Steuerung etwas höheren Investitionskosten von 4.500 € hätten sich demnach bereits innerhalb weniger Monate amortisiert. Dazu

kommen der Gewinn an Wärme, geringere Wartungs- und Instandhaltungskosten und Energieeinsparung durch Entfall von Umwälzpumpen.

Funktion der Dampf-Kondensat-Wärmeübergabestation an einem Beispiel

Das Beispiel einer Anlage in Heilbronn demonstriert die Funktion der Dampf-Kondensat-Wärmeübergabestation (Bild 5). Es handelt sich hier um ein aktuelles Beispiel einer Heizungsanlage mit einem Ferndampfanschluss vom örtlichen Energieversorger (EnBW). Industrielle Anlagen z. B. in der Pharma-, Lebensmittel-, Chemie-, Papier- oder Brauerei-Industrie arbeiten identisch. Der Dampf kommt hier oftmals aus industriellen Prozessen und die übertragene Wärme fließt entweder in die Gebäudeheizung, Lüftung sowie Trinkwassererwärmung oder in andere Wärmeträger. Diese



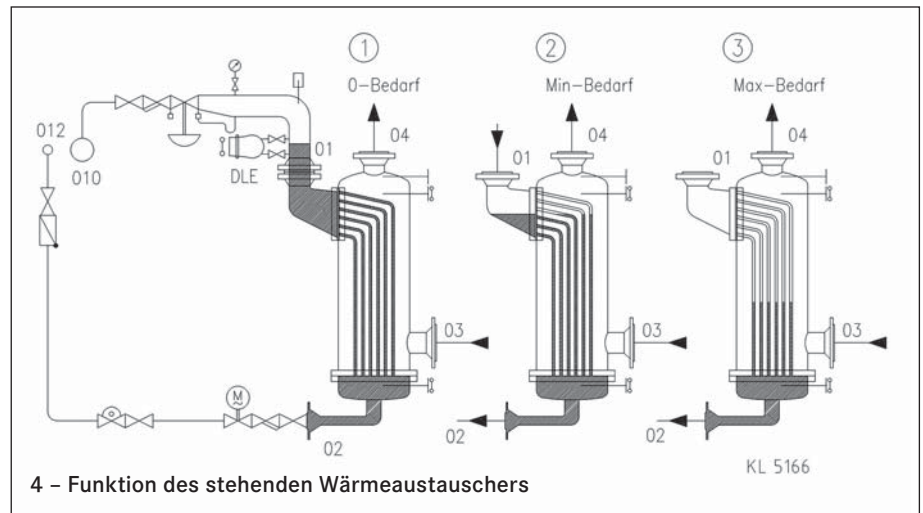
3 - Stehende Dampf-Wasser-Wärmeübergabestation, rechts der Innenaufbau

Dampf-Kondensat-Wärmeübergabestation ist ein geschlossenes System. Im stehenden Wärmeaustauscher strömt der Heizdampf in den Apparat und kondensiert in den Rohren. Im unteren Bereich der Heizfläche kühlt das Kondensat aus, vorausgesetzt, das umgebende sekundärseitige Medium, das im Gegenstrom an den Rohren vorbeifließt, hat eine entsprechend niedrige Temperatur.

Die Kondensatanstauregelung mit Kondensattemperaturbegrenzung bewirkt die schnelle Reaktion auf die Sekundärtemperatur. Bei einer Leistung von 400 kW (im Beispiel) regeln lastabhängige sekundärseitige Temperaturschwankungen kurze Anstauzeiten von ca. 15 s sehr schnell aus. Eine zusätzliche Rücklaufauskühlung

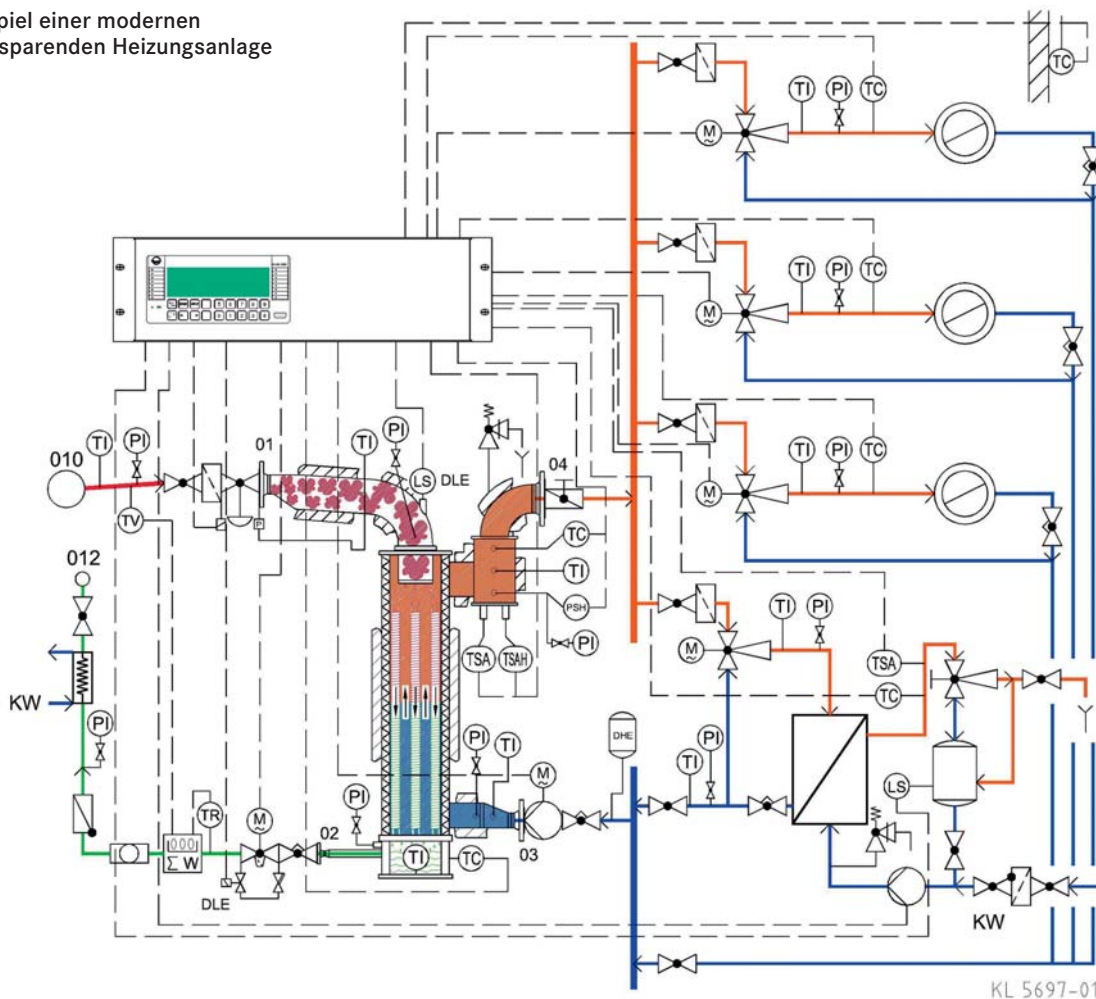
kommt über einen kleinen Plattentaucher zustande, wobei sich das Kaltwasser für die Trinkwasserversorgung vorerwärmt. Die Rücklauftemperatur kann dadurch auf weniger als 30 °C gesenkt werden, was auch bei den Fernheizwerken erwünscht ist. Das Kondensat wird unter Ausnutzen des Dampfdrucks (ohne zusätzliche Umwälzpumpe) Energie sparend zurückgeführt.

Eine Dampfdruckbegrenzung, die bei Dampfdruck über Wasserdruck zur Gewährleistung der Betriebssicherheit erforderlich ist,



garantieren automatische Schnellschluss- und Druckbegrenzungsarmaturen. Gleichzeitig sorgen diese für konstanten Druck (auch wenn im Netz stärkere Schwankungen auftreten) und sie schließen, wenn der Sicherheitstemperaturbegrenzer auf der Sekundärseite Übertemperatur oder der Sicherheitsdruckbegrenzer auf der Sekundärseite Überdruck meldet. Parallel zu den Sicherheitsaufschaltungen auf die Schnellschlussarmaturen erfolgt ein Dauerschließbefehl auf das Kondensatregelventil.

5 - Beispiel einer modernen Energie sparenden Heizungsanlage



Die richtige Entwässerung der Dampfzuleitung ist bei Dampfwärmeübergabestationen besonders wichtig, da nur so durch Wasserschläge verursachte Anfahrgeräusche zu verhindern sind und dadurch die Lebensdauer der Anlage positiv zu beeinflussen ist. Das wird durch eine optimale Dampfleitungsführung gewährleistet. Sie erreicht die Entwässerung der Rohrleitung vor dem Schnellschlussventil z. B. durch Gefälle zur nächsten Entwässerung im Ferndampfversorgungsnetz. Hinter dem Schnellschlussventil sorgt der Niveaubegrenzer für den geräuscharmen Kondensatabfluss in das Kondensatnetz. Um den Anschlusswert der Dampf-Wasser-Wärmeübergabestation zu minimieren, sorgt eine Speichervorrangschaltung dafür, dass bei Anforderung des Speichers die Heizungsanlage für die Dauer der Speicherladung leistungsmäßig heruntergefahren wird. Sekundärseitige Regelventile fahren dabei in die Schließstellung oder arbeiten mit verminderter Last weiter. Die Gesamtanlage fährt auf der Sekundärseite mit nur einer einzigen Hauptpumpe mit Zeit- und Störumschaltung. Als Regelventile auf der Sekundärseite kamen hier Strahlpumpen (Dreiwege-Injektorventile) ohne zusätzliche Umwälzpumpen zum Einsatz, da sie aufgrund der hohen Temperaturspreizung und tiefen Rücklauftemperaturen für Fernwärmeheizungsanlagen besonders geeignet sind /2/. Zusätzliche, bekannte Vorteile von Strahlpumpen sind die Einsparung von Umwälzpumpen und Armaturen sowie die lange Lebensdauer, die Investitions-, Wartungs- und Instandhaltungskosten reduzieren, was gleichzeitig eine höhere Verfügbarkeit der Anlage bedeutet /3/. Die verbesserte Regelbarkeit der einzelnen Regelkreise bewirkt gleichzeitig eine gesamthydraulische Stabilität der Anlage /4/ und der geringere Stromverbrauch führt zu zusätzlicher Einsparung /5/.

Anwendungsbeispiele bei industriellen Prozessen

Abgesehen von der Gebäudeheizung lässt sich bei der Dampfkondensation freiwerdende Wärme für zahlreiche industrielle Prozesse einsetzen. In Brauereien sind das etwa die Brauwassererwärmung, das Erwärmen des Heißwassers zum Auswaschen der Fässer, die Darretrocknung über heißwasserbeheizten Luftregistern oder die Würzekochung. Ähnliche Anwendungen sind auch in der Lebensmittel- oder Pharmaindustrie alltäglich. Je nachdem für welchen Industrieprozess die Wärme aus dem fremdbezogenen oder selbsterzeugten Dampf über den Dampf-Wasser-Wärmeübertrager benötigt wird, kommen unterschiedliche Heißwassertemperaturen zum Einsatz. Für die Würzekochung als auch für die Darretrocknung wird eine Vorlauftemperatur von

Vorteile der geschlossenen Dampf-Wasser-Wärmeübergabestation:

- Vereinfachung der Anlage
- geringere Anzahl von Entwässerungen
- keine Dampf-Kondensat-Schläge
- kein Kondensatsammelbehälter mit Schwimmersteuerung und Umwälzpumpe
- geringer Platzbedarf des stehenden Wärmeübertragers
- kondensatseitige Regelung der Wärmeübertragungsleistung
- maximale Kondensatauskühlung
- niedrige Rücklauftemperatur
- stabileres Regelverhalten des Kondensatregelventils
- keine Korrosion durch fehlenden Sauerstoffzutritt
- Ausnutzung des Dampfdrucks für die Kondensatrückführung
- optimale Energierückgewinnung ohne Dampfverluste
- geringere Unterhalts- und Wartungskosten

ca. 140 °C verlangt, wobei die Rücklauftemperatur oftmals bei ca. 115 °C liegt. Bei dieser sekundärseitigen hohen Rücklauftemperatur in den Dampf/Wasser-Wärmeübertrager ergibt sich eine primärseitige Kondensattemperatur von minimal 120 °C. Würde dieses Kondensat in einen offenen Kondensatsammelbehälter fließen, käme es hier zu Ausdampfungen und somit zu einem enormen Energieverlust. Hier sollte das Kondensat mittels eines Rückkühlers zur Wärmerückgewinnung z. B. für die Brauwassererwärmung vorher auf ca. 95 °C abgekühlt oder alternativ mittels des Dampfdrucks direkt zum Hochdruckentgaser ins Heizwerk geführt werden. Für die Brauwassererwärmung oder das Erwärmen der Fässer sind niedrigere sekundärseitige Temperaturen erforderlich. Dabei sind die primärseitigen Kondensattemperaturen wesentlich niedriger, so dass es im Fall von offenen Kondensatbehältern zu keinen Ausdampfungen kommen wird. Aus Energie- und Kostengründen ist es auch hier sinnvoll das Kondensat vom Kondensatbehälter mit dem Dampfdruck ohne Druckerhöhungspumpe zum Entgaser und von dort zum Heizkessel zu führen (Bild 2).

Fazit

Die effiziente Energieausnutzung mit Dampf-Kondensationssystemen ist ein wichtiges Mittel zur Energieeinsparung auf dem Wärmesektor und trägt damit zum Erreichen der Ziele im Rahmen der Energiewende bei. Nicht nur auf die Art der Energiegewinnung, sondern auch auf den möglichst geringen Energieverbrauch sollte man achten.



Literatur

- /1/ www.bmu.de Energiewende Gebäudesanierung (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)
- /2/ Kilpper, R.; Bälz, U.: Umweltfreundliche Wärme durch moderne Technologie. In: HLH 1/2012, S. 30-33
- /3/ Bälz, U.; Kilpper, R.: Heizungssanierung mit regelbaren Strahlpumpen. In: Moderne Gebäudetechnik 7-8/2010, S. 10-13
- /4/ Gebauer, M.: Vereinfachung des hydraulischen Abgleichs in Heizungsanlagen. In: EuroHeatPower 39/2010, S. 42-49
- /5/ Kilpper, R.; Bälz, U.: Energetische Modernisierung einer Heizungsanlage mit Strahlpumpen in der HTBLVA Villach. In: Heizung Lüftung Klimatechnik 8-9/2010, S. 20-22

Tabelle

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Dampf-Anlage im Vergleich

Leistung: 465 kW; Dampfdruck: 2 bar_ü;
Dampfpreis: 45 €/t; Aufheizung sekundär: 70/90 °C

Liegender Wärmeübertrager	Stehender Wärmeübertrager
Kondensattemperatur 133 °C, keine Auskühlung	Kondensatauskühlung auf 75 °C
erforderliche Dampfmenge 773,7 kg/h	erforderliche Dampfmenge 695,65 kg/h
laufende Kosten an Dampf 34,80 €/h	laufende Kosten an Dampf 31,30 €/h
Investitionskosten mit Regelung und Steuerung ca. 18.000 €	Investitionskosten mit Regelung und Steuerung ca. 22.500 €