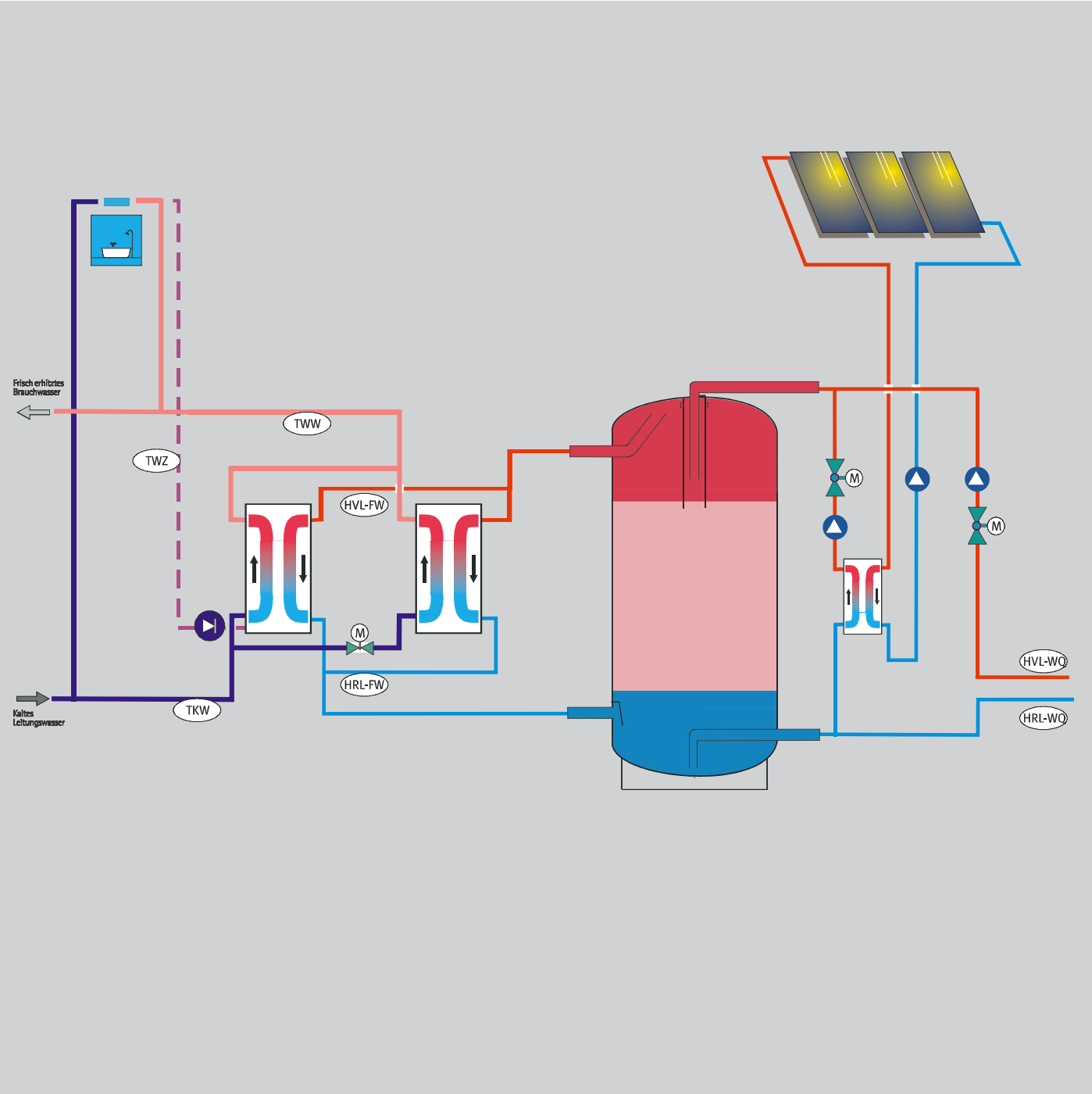
Einführung in die Frischwassertechnik

Das Frischwassersystem
hygienische und energiesparende Trinkwasserwärmung



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 5

2. Konventionelle Trinkwassererwärmung 6

2.1 Trinkwarmwasserbedarf und Verbrauchsprofile 6

2.2 Systeme zur Trinkwassererwärmung (Stand der Technik) 6
2.2.1 Durchfluß-Trinkwassererwärmer 6
2.2.2 Speicher-Trinkwassererwärmer 7

2.3 Gesundheitliche und hygienische Risiken der Trinkwassererwärmung 7
2.3.1 Legionellen 7
2.3.2 Maßnahmen gegen Keimwachstum in konventionellen Systemen 8

2.4 Energiebedarf zur Trinkwassererwärmung 9
2.4.1 Speicher 9
2.4.2 Warmwasser- und Zirkulationsnetz 9
2.4.3 Wärmeerzeuger 9

2.5 Beurteilung und Ausblick der Trinkwassererwärmung 10

3. Trinkwassererwärmung mit varmeco Frischwassererwärmern 11

3.1 Problemstellung und Lösungsansätze 11

3.2 Aufbau des varmeco Frischwassererwärmers 11

3.3 Strategie zur Leistungsregelung der Ladepumpe 12

3.4 Systemeinbindung 13
3.4.1 Einzelgerät 13
3.4.2 Frischwassererwärmer Kaskade 14
3.4.3 Dezentrale Installation 15

3.5 Regelungsoptionen und Funktionen 16
3.5.1 Regelung der Trinkwarmwasser-Temperatur 16
3.5.2 Regelung der Zirkulationspumpe 16
3.5.3 Zieltemperaturgeführte Pufferspeicherladung 16
3.5.4 Kessel-Restwärmenutzung 16

3.6 Leistungsfähigkeit und Regelgüte der vameco Frischwassererwärmer 16
3.6.1 Leistungsbereiche 16
3.6.2 Regelgüte – Temperaturstabilität 17
3.6.3 Heizwasser-Rücklauftemperatur 18

3.7 Auswirkungen auf andere Systembestandteile 18
3.7.1 Größe und Art des Pufferspeichers, Platzbedarf 18
3.7.2 Systempumpen 19

3.8 Hygienische Aspekte 19

3.9 Energiesparpotenziale 20
3.9.1 Speicher 20
3.9.2 Warmwasser- und Zirkulationsnetz 20
3.9.3 Bereitschaftsverluste am Wärmeerzeuger 20
3.9.4 Abgasverluste am Wärmeerzeuger 20
3.9.5 Weitere Energiesparpotenziale 20

4. Vergleich vameco Frischwassererwärmer – konventionelle Technik 21

4.1 Investitionskosten 21

4.2 Gesundheit und Hygiene 21

4.3 Energiebedarf und Betriebskosten 21

5. Zusammenfassung 22

Copyright 2007 by vameco GmbH & Co KG

1. Einleitung

Trinkwassererwärmungsanlagen befinden sich in fast jedem Gebäude. Warmes Trinkwasser dient in erster Linie der menschlichen Hygiene (Duschen, Baden, Händewaschen) in Wohngebäuden, Industrie- und Gewerbebetrieben (Betriebsduschen, Sportstudios,...), Beherbergungsbetrieben (Hotels, Pensionen, Campingplätze, etc.) und öffentlichen Einrichtungen (Krankenhäuser, Schulen, Schwimmbäder, Sportstätten, ...). Auch für industrielle Prozesse wird warmes Wasser in großen Mengen benötigt. Praktisch jeder Mensch kommt täglich intensiv mit Trinkwarmwasser in Kontakt, ein Ausdruck unseres Komfortanspruchs.

Die Warmwasserversorgung muß den Ansprüchen an Komfort, Hygiene und Wirtschaftlichkeit genügen:

- verfügbar mit gewünschter Temperatur
- verfügbar in gewünschter Menge
- verfügbar ohne große Zeitverzögerung
- regelbare Temperatur
- hygienisch einwandfrei
- betriebssicher
- kostengünstig, energiesparend, umweltfreundlich

In anderen Bereichen der Heiztechnik (Raumheizung, Kesseltechnologie, usw.) wurden in den letzten Jahren enorme Fortschritte erzielt, indem hohe Energieeinsparpotenziale erkannt und erschlossen wurden. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dagegen seit vielen Jahrzehnten mit fast unveränderter Technologie. Bis heute werden wichtige Fragen der Trinkwassererwärmung nicht gestellt oder als sekundär erachtet.
Besonders im Bereich der Warmwasserhygiene bestehen noch einige Unsicherheiten bezüglich der Gefahren und eines wirksamen Gesundheitsschutzes. Auch auf die Energieeffizienz der Trinkwassererwärmung wird recht wenig Augenmerk gerichtet und Einsparpotenziale werden selten erkannt.

Ziel der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Firma varmeco war, für zentrale Versorgungssysteme eine deutliche Verbesserung der Warmwasserhygiene zu erzielen und den Energieaufwand zur Trinkwassererwärmung effizienter zu nutzen. Das Ergebnis dieser Bemühungen sind die varmeco Frischwassererwärmer, mit denen wirksame Lösungen sowohl in Hygiene- als auch Effizienzfragen erreicht werden konnten. Damit gelingt gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik ein großer Fortschritt im Gesundheits- und Umweltschutz.

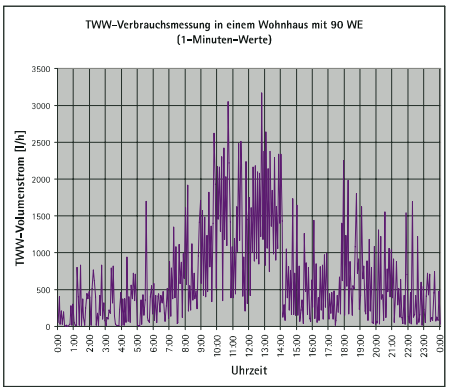
2. Konventionelle Trinkwassererwärmung

2.1 Trinkwarmwasserbedarf und Verbrauchsprofile

In Wohngebäuden beträgt der Bedarf an warmem Trinkwasser pro Person etwa täglich 30 Liter bei 60°C. In Betrieben, Hotels, Sportstätten, usw. kann ein erheblich abweichender Bedarf bestehen, abhängig von Tätigkeit, Komfortanspruch, Schmutzbelastung, usw.. Zur Bestimmung der Bedarfsmengen in verschiedenen Objekten und zur Dimensionierung zentraler Trinkwasser-Erwärmungsanlagen sei insbesondere auf die Normen DIN 1988 und DIN 4708 verwiesen.

In den meisten Systemen ist der Bedarf an Trinkwarmwasser dadurch gekennzeichnet, daß er extrem hohen zeitlichen Schwankungen unterliegt. Es treten kurzzeitige Bedarfsspitzen auf, die eine hohe Wärmeleistung erfordern. Dazwischen liegen Zeiten mit sehr geringem Bedarf und folglich niedrigerer Wärmeleistung.
Dies wird aus Abb. 2.1 deutlich. In einem Wohngebäude trat an diesem Meßtag eine nur kurze Bedarfsspitze von 3200 l/h auf. Die meiste Zeit lag der Bedarf jedoch unter 1000 l/h. Die kurzzeitigen Schwankungen sind erheblich. Andere Anlagen in Betrieben oder Sportstätten weisen zwar ein abweichendes Tagesprofil auf, die Schwankungscharakteristika sind aber meist genauso ausgeprägt.

Abb. 2.1:
Trinkwarmwasser-Verbrauch in einem Wohngebäude mit 90 Norm-Wohneinheiten, gemessene 1-Minuten-Werte



Ein weiteres Beispiel: Nutzen 10 Arbeiter nach Schichtende eine Betriebsdusche mit 10 Brausen gleichzeitig, so ist während etwa 5 Minuten eine Wärmeleistung von 280 kW erforderlich, nachdem stundenlang zuvor gar keine Wärme angefordert wurde.

2.2 Systeme zur Trinkwassererwärmung (Stand der Technik)

Die derzeit am Markt verfügbaren Systeme zur Trinkwassererwärmung sind im wesentlichen nach folgenden Kriterien zu unterscheiden:

Zentrale oder dezentrale Wassererwärmung
In zentralen Systemen erfolgt die Trinkwassererwärmung für alle Entnahmestellen mit einem zentralen Gerät. Die einzelnen Entnahmestellen werden über ein Warmwasserleitungsnetz angeschlossen. Bei dezentralen Systemen verfügen jeweils nur wenige oder auch nur einzelne Entnahmestellen über ein eigenes Gerät zur Trinkwassererwärmung.

Durchlauf- oder Speichersysteme
Durchlaufsysteme erwärmen Trinkwasser nur nach Bedarf. Wird ein Warmwasserhahn geöffnet, fließt das Trinkwasser durch das Warmwassergerät und wird darin gleichzeitig erhitzt.
Speichersysteme halten dagegen ständig ein bestimmtes Volumen erwärmten Trinkwassers bereit. Erwärmung und Entnahme erfolgen zeitlich versetzt.

Direkte oder indirekte Beheizung
Direkte Beheizung bedeutet, daß die Wärme direkt vom Energieträger (Gas, Öl, Strom,...) an das Trinkwasser übergeben wird.
Bei indirekter Beheizung wird zunächst Heizwasser durch den Energieträger erwärmt. Das Heizwasser übergibt dann die Wärme an das Trinkwasser.

In den am meisten gebräuchlichen Systemen trifft man in der Regel die Kombination "zentral-Speicher-indirekt" (Speicher-Wassererwärmer) und "dezentral-Durchfluß-direkt" (Gas-/Elektrodurchlauferhitzer) an. Auf diese soll unter Punkt 2.2.1 näher eingegangen werden.
Mischvarianten und Kombinationen (gasbeheizte Warmwasserspeicher, Durchfluß-Speicherkombinationen, ...) sind seltener anzutreffen.

2.2.1 Durchfluß-Trinkwassererwärmer

Bei Durchfluß-Trinkwassererwärmern strömt bei einer Zapfung kaltes Leitungswasser durch einen Wärmeerzeuger und wird auf die geforderte Temperatur erhitzt. Am gebräuchlichsten sind elektrische oder gasbetriebene Durchlauferhitzer, also Systeme mit direkter Beheizung. Auf die Speicherung von warmem Trinkwasser wird völlig verzichtet.

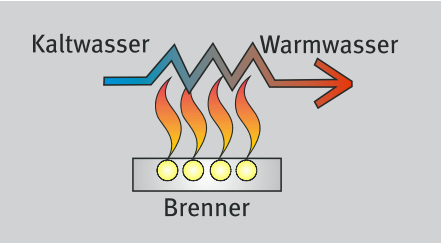
Vorteile dieses Prinzips sind die effiziente und bedarfsgerechte Bereitstellung der erforderlichen Wärme. Zudem wird das Trinkwasser immer frisch erhitzt und sofort verbraucht, sodaß Verkeimung und damit hygienische Bedenken nicht zu erwarten sind.

Nachteile sind limitierte Regelbarkeit und limitierte Leistungsbereiche. Wie in Kap. 2.1 gezeigt, treten bei größeren Anlagen sehr hohe und kurzzeitige Bedarfsschwankungen auf. Die Anpassung der Wärmeübergabe an diese stark variablen Bedingungen konnte bis heute nicht zufriedenstellend geregelt werden. Die

Temperaturen variieren in unakzeptabler Weise.

Aus letzterem Grund werden bisher mit Gas-/Elektro-Durchlauferhitzern nur kleine oder dezentrale Systeme betrieben, oft mit nur einer Zapfstelle (kleine Wohneinheiten oder in größeren Objekten als dezentrale Geräte für einzelne Duschen oder Handwaschbecken). Unter diesen Bedingungen ist eine recht konstante Zapfrate gegeben, auf welche die Geräteleistung abgestimmt ist. So wird an der Zapfstelle eine relativ konstante Temperatur eingehalten.

Abb. 2.2:
Prinzip eines Gas-Durchlauferhitzers



2.2.2 Speicher-Trinkwassererwärmer

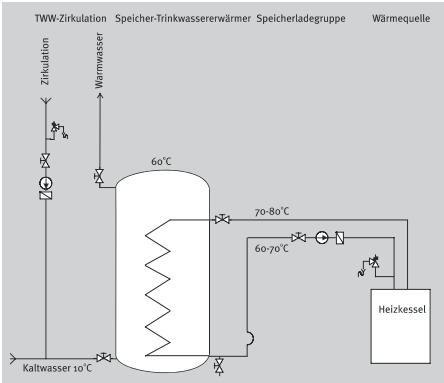
Sollen mehrere Verbraucher zentral mit Warmwasser versorgt werden, wird meist ein Speicher aus Edelstahl oder aus emailliertem Stahl eingesetzt. Darin wird genügend warmes Trinkwasser bevorratet, um Bedarfsspitzen und –schwankungen aufzufangen. Das Aufheizen des Speichers auf die gewünschte Temperatur kann direkt mit einem eingebauten Gasbrenner oder Elektroheizstab erfolgen. Weitaus verbreiteter sind jedoch indirekt beheizte Speicher. Bei diesen wird warmes Heizwasser vom meist ohnehin vorhandenen Heizkessel durch einen speicherinternen Rohr-Wärmetauscher gefördert und Wärme an das kühlere Trinkwasser im Speicher übergeben. Bei einer gewünschten Trinkwarmwasser-Temperatur von 60°C tritt das Heizwasser in der Regel mit 70-80°C in den Wärmetauscher ein und gelangt mit 60-65°C zum Wärmeerzeuger zurück.

Vorteil dieses Systems ist, daß immer ausreichend warmes Wasser bei richtiger Temperatur verfügbar ist. Die Erwärmung selbst muß nicht zeitgleich mit der Entnahme erfolgen und ist deshalb regelungstechnisch einfach zu gestalten. Ein hoher Warmwasserkomfort ist so auch in Großanlagen gewährleistet.

Nachteil ist die lange Verweilzeit des warmen Trinkwassers in Speicher und Warmwasserleitungsnetz, die Keimwachstum ermöglicht und hygienische Probleme verursacht. Speicher ab 400 Liter und Trinkwarmwasser-Netze mit über 3 Litern Inhalt müssen deshalb aus hygienischen Gründen auf 60°C betrieben werden (DVGW-Arbeitsblatt W551). Zudem verursacht die ständige Bevorratung warmen Wassers Energieverluste.

Speicher-Trinkwassererwärmer sind aufgrund der genannten Vorteile die am weitesten verbreiteten Systeme zur Erwärmung von Trinkwasser und können als Stand der Technik betrachtet werden. Deshalb werden sie im weiteren als Referenzsystem zum Vergleich herangezogen.

Abb. 2.3:
Indirekt beheizter Speicher-Trinkwassererwärmer zur zentralen Warmwasserversorgung



2.3 Gesundheitliche und hygienische Risiken der Trinkwassererwärmung

Warmes Trinkwasser birgt hygienische Risiken. Gerade bei den für uns angenehmen Temperaturen um 35-40°C können sich Keime hervorragend entwickeln. Wird warmes Wasser längere Zeit bei diesen Temperaturen gespeichert, so kann es bei Anwesenheit von Nährstoffen zu einer explosionsartigen Keimvermehrung kommen. Für den Nutzer besteht dann die Gefahr einer Infektion.

2.3.1 Legionellen

Als besonders unberechenbar ist die Bakterienspezies “Legionella Pneumophila” (Legionellen) einzustufen. Legionellen sind erst seit 1976 bekannt. Damals erkrankten nach einem Treffen amerikanischer Veteranen in einem Hotel in Philadelphia/USA 149 Teilnehmer an Lungenentzündung. Von ihnen starben 34. Als Erreger wurde daraufhin die neue Spezies entdeckt, die sich vermutlich über die Hotelklimaanlage verbreitet hatte. 1993 waren allein 15 Serogruppen von Legionella pneumophila und insgesamt 40 verschiedene Spezies mit 61 Serogruppen in der Gattung Legionella beschrieben.

2.3.1.1 Vorkommen von Legionellen

Legionellen kommen praktisch weltweit in allen wässrigen Systemen vor. In unseren Trinkwassersystemen kann etwa von einer Vorbelastung von 1 KBE/Liter (KBE = koloniebildende Einheit, vermehrungsfähige Keime) ausgegangen werden. Dies ist eine sehr geringe und ungefährliche Menge. Solange das Wasser nicht wärmer als 20°C ist, wird auch keine nennenswerte Vermehrung stattfinden. Bei einer Konzentration ab 1000 KBE/Liter (= 1KBE/ml) ist in Trinkwassersystemen erhöhte Auf-

merksamkeit und ggf. Handlungsbedarf geboten.

2.3.1.2 Wachstumsbedingungen von Legionellen

Legionellen benötigen drei wesentliche Bedingungen, um sich vermehren zu können:

Temperatur
Legionellen vermehren sich zwischen 25°C und 55°C, darunter und darüber sind sie im Wachstum gehemmt. Ideale Bedingungen finden sie bei 35-40°C. Neueste Untersuchungen zeigen allerdings, daß sich Legionellen über mehrere Generationen hinweg an höhere Temperaturen anpassen. So liegt die optimale Population in diesen Untersuchungen bei rund 44 °C. Ab etwa 60°C beginnt die Abtötung.

Nährstoffe
Nährstoffe sind in jedem Trinkwasser vorhanden. In Ausfällungen (z.B. Kalk) und Ablagerungen an Speicher- und Rohrwänden kommt es zu einer Aufkonzentrierung, so daß sich dort ein Biofilm mit Keimen bilden kann. Legionellen nutzen vor allem Stoffwechselprodukte anderer Organismen (Amöben, Algen, ...) als Nährsubstrate.

Zeit
Bei günstigen Bedingungen (z.B. 40°C und Nährstoffüberschuß) können sich Legionellen alle 2 Stunden verdoppeln. Bei langer Verweilzeit des Wassers im System ist deshalb eine explosionsartige Keimvermehrung möglich. So kann im Extremfall innerhalb von 20 Stunden die Ausgangskonzentration von 1 KBE/Liter auf 1000 KBE/Liter ansteigen. Dagegen bedeutet eine kurze Verweilzeit von Wasser, daß selbst bei günstigsten Temperatur- und Nährstoffbedingungen kaum eine Vermehrung erfolgen kann.

Zunehmend wird bereits die Forderung nach Erhitzung des Wassers auf über 73°C laut.

2.3.1.3 Infektionswege

Infektionsgefahr durch Legionellen besteht nach bisherigen Erkenntnissen nur beim Einatmen von verseuchten feinen Wassertröpfchen, Aerosolen. Diese treten z.B. beim Duschen, in Whirlpools und in klimatechnischen Anlagen auf. Durch Trinken oder Hautkontakt ist eine Infektion praktisch ausgeschlossen.

2.3.1.4 Gesundheitliche Risiken durch Legionellen

Legionella Pneumophila kann Legionellose hervorrufen, eine schwere Lungenentzündung, die zu 20-30% tödlich endet. In Deutschland gelten pro Jahr 2000-3000 Todesfälle durch Legionelleninfektionen als gesichert, bei jedoch hoher Dunkelziffer. Ein Bericht in der medizinischen Fachzeitschrift PHARMIND nennt eine Untersuchung, bei der von 110 schweren Lungenentzündungen 13,6% eine Legionelleninfektion als Ursache hatten.

Eine weniger gefährliche von Legionellen verursachte Krankheit mit allerdings volkswirtschaftlich hohen Kosten ist das Pontiac-Fieber (grippeähnliches Krankheitsbild mit Müdigkeit, Kopfschmerzen und Konzentrationsschwäche, nach 2-5 Tagen Genesung ohne weitere Folgen). In Deutschland wird jährlich von 600.000 bis 1,2 Mio. Pontiac-Fieber-Erkrankungen ausgegangen.

Bis heute ist allerdings das Wissen um Legionellen weiterhin stark mit Unsicherheiten belastet. Es gibt kaum statistisch gesicherte Zahlen zur Anzahl der von ihnen verursachten Erkrankungen und Todesfälle. Dies beruht auf der Tatsache, daß meist weder Lungenentzündungen noch grippeähnliche Erkrankungen gezielt weiteruntersucht werden und in Deutschland keine flächendeckende Meldepflicht für Legionellenerkrankungen besteht.

Die jüngsten verheerenden Katastrophen durch Legionellenverseuchung in Bovenkarspel (Holland 1999, 29 Tote) und Kappellen (Belgien 1999, 4 Tote) haben gezeigt, daß selbst Industrienationen sich schwertun, das Legionellenproblem in den Griff zu bekommen. Man muß davon ausgehen, daß solche offensichtlichen Unfälle nur die Spitze des Eisbergs darstellen. Die überwältigende Mehrzahl an Infektionen dürfte im Verborgenen liegen und unerkannt bleiben. Legionellen sind und bleiben deshalb unser wichtigstes umwelthygienische Problem (Bundesgesundheitsblatt 6/92).

2.3.2 Maßnahmen gegen Keimwachstum in konventionellen Trinkwarmwasser-Systemen

Besonderes Augenmerk ist auf die Verkeimung von Trinkwarmwassersystemen zu legen. Anfällige Bereiche sind vor allem große Trinkwarmwasser-Speicher und lange, verzweigte Leitungsnetze. Es bedarf intelligenter Maßnahmen, die das Wachstum von Keimen unterbinden.

2.3.2.1 Gefährdungspotenzial

Die Großzahl der Trinkwassererwärmungsanlagen ist mit Trinkwasserspeichern ausgestattet. In der Regel werden diese Speicher so dimensioniert (in Abhängigkeit vieler Faktoren wie Zapfprofil und Kesselleistung), daß sie 50-100% des täglichen Bedarfs beinhalten. Damit ergibt sich eine Verweilzeit von 12 - 24 Stunden im Speicher, also genug, um Keimwachstum zu begünstigen. Zu Zeiten geringer Zapfung (Urlaubszeit, Wochen-

enden) oder bei Überdimensionierung ergeben sich leicht auch Verweilzeiten von mehreren Tagen. Das Gefährdungspotenzial ist also hoch.

2.3.2.2 Bekämpfungsmethoden

Die zumeist angewandte Methode zur Unterbindung von Keimwachstum ist das Hochheizen des Wassers auf 55°C-60°C (thermische Behandlung), also in den Bereich der Wachstumshemmung bei Legionellen. Andere, seltener praktikable Methoden, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, sind:

Chlorieren
Ozonierung
UV-Bestrahlung
Elektrolyse

2.3.2.3 Probleme der thermischen Behandlung

Keine Methode kann absoluten 100%igen Schutz garantieren. Die thermische Behandlung läßt ebenfalls einige Fragen offen:

Verbrühungsgefahr – das heiße Wasser muß vor der Nutzung durch den Menschen sicher wieder auf ein niedriges Temperaturniveau gebracht werden

Wie lange dauert die Aufheizphase, bis 55°C erreicht sind?

Werden garantiert überall 60°C erreicht (Speicherboden, Warmwassernetz)?

Kalk fällt ab ca. 60°C verstärkt aus und vermindert die Wärmeübertragungsleistung

ausfallender Kalkschlamm bietet erst recht einen guten Nährboden für Keime

Legionellen passen sich womöglich über mehrere Generationen an höhere Temperaturen an

hohe Temperaturen begünstigen Korrosion

hoher Energieverbrauch

bei fehlerhaftem Thermostat oder Fehleinstellung durch den Betreiber entfällt der Legionellenschutz eventuell unbemerkt

2.4 Energiebedarf zur Trinkwassererwärmung

Bei jeder Art der Wärmeerzeugung, -übertragung und –bevorratung kommt es zu Verlusten. Diese Verluste können je nach System, Objekt, Verbrauchsprofilen und erforderlichen Temperaturen sehr unterschiedlich ausfallen und treten in nachfolgend beschriebenen Systembereichen auf. Da Trinkwarmwasser zur menschlichen Hygiene bei meist 35-45°C genutzt wird, der thermische Hygieneschutz jedoch Speicher- und Netztemperaturen von 55-60°C erforderlich macht, kommt es zu höheren thermischen Verlusten als rein zweckorientiert notwendig.

2.4.1 Speicher

An Speichern treten kontinuierlich Bereitschaftsverluste auf. Dafür können meist Werte zwischen 2% und 5% des eigentlichen Trinkwasser-Wärmebedarfs angenommen werden. Bei 60°C sind sie etwa um ein Drittel höher als bei 45°C.

2.4.2 Warmwasser- und Zirkulationsnetz

Warmwasser- und Zirkulationsleitungen geben ständig Wärme ungenutzt an die Umgebung ab. Bei langen Leitungsnetzen betragen diese Wärmeverluste oft 100% und mehr des eigentlichen Bedarfs, verdoppeln also den Energiebedarf. Kurze Leitungen lassen dagegen diese Verluste gegen Null gehen. Diese Werte sind also stark objektabhängig. Auch hier bedeutet ein Betrieb bei 60°C gegenüber 45°C in etwa um ein Drittel höhere Verluste.

2.4.3 Wärmeerzeuger

Durch hohe Heizwasser-Rücklauftemperaturen können die Wirkungsgradpotenziale moderner Niedertemperatur- und Brennwertkessel nicht ganz genutzt werden. Die Brenngase werden mit höheren Rücklauftemperaturen nicht vollständig abgekühlt und die Wärmeverluste über das Abgas steigen. Bei 60°C Heizwasser-Rücklauftemperatur (typisch für Speicher-Trinkwassererwärmer) ist selbst bei modernen Gas-Brennwertkesseln mit Abgasverlusten (incl. der Latentwärme des im Abgas enthaltenen Wasserdampfs) von ca. 14% zu rechnen.

Zudem ist der Heizkessel nach jeder Speicherbeladung heiß. Diese Restwärme wird im Sommer nicht genutzt und geht verloren. In der Heizperiode findet dagegen eine Nutzung im Heizsystem statt. Diese Bereitschaftsverluste hängen von Kesselgröße und Güte der Dämmung ab und sind im Sommer bei neuartigen Kesseln meist bei 10-15% anzusiedeln, übers Jahr bei 3-5%.

Bei älteren Kesseln muß oft eine Mindest-Rücklauftemperatur eingehalten werden, um Korrosion durch Kondensation von Rauchgas-Wasserdampf zu vermeiden. Deswegen kann hier eine kühlere Rücklauftemperatur nicht zur Reduzierung der Abgasverluste dienen. Diese betragen um 20% und mehr. Die Bereitschaftsverluste älterer Kessel sind ebenfalls deutlich höher anzusiedeln, im Sommer bis zu 30%, übers Jahr um 10%.

Zusammenfassend kann man sagen, daß in sehr vielen Systemen nicht mehr als

50% des Brennstoffeinsatzes letztendlich tatsächlich für Warmwasser genutzt werden. Ein sehr großer Anteil der eingesetzten Energie geht verloren.

2.5 Beurteilung und Ausblick der Trinkwassererwärmung

Während in anderen Bereichen der Heiztechnik (Raumheizung, Kesseltechnologie, usw.) in den letzten Jahren enorme Fortschritte erzielt wurden, wird bei der Trinkwassererwärmung im Prinzip seit vielen Jahrzehnten eine unveränderte Technologie angewandt. Bis heute werden wichtige Fragen der Trinkwassererwärmung nicht gestellt oder als sekundär erachtet. Dies betrifft vor allem die Hygiene und die Energieeffizienz.

Wünschenswert wäre ein leistungsfähiges und in Großanlagen anwendbares System, das die hygienischen Vorteile von Durchlauferhitzern mit dem Komfort von Speichersystemen kombiniert. Hygieneschutz sollte auch ohne technischen Zusatzaufwand und ohne übermäßige Wassererhitzung gegeben sein. Zudem sollte das große Energiesparpotenzial gegenüber bisherigen Trinkwarmwasser-Speichersystemen erschlossen werden.

Möglich ist dies, wenn es gelingt, einen zentralen Durchflußerwärmer so leistungsstark und regelgenau zu gestalten, daß er auch bei größeren Anlagen zum Einsatz kommen kann.

3. Trinkwassererwärmung mit varmeco Frischwassererwärmern

Mit den Frischwassererwärmern der Firma varmeco gelang es, Trinkwasser-Durchflußerwärmer zu konzipieren, die auch für die zentrale Trinkwassererwärmung in Großanlagen anwendbar sind. Damit steht nun erstmals ein solches Gerät zur Verfügung, das bei variablen Betriebsbedingungen eine hohe Trinkwarmwasser-Temperaturstabilität sicherstellt.

3.1 Problemstellung und Lösungsansätze

Abbildung 2.1 zeigte den gemessenen Verlauf der Trinkwarmwasser-Zapfrate in einem großen Wohngebäude. Es wurde deutlich, wie stark sich die Zapfmenge von einem Augenblick auf den anderen ändert. Bei der Trinkwasser-Erwärmung im Durchflußprinzip muß sich die Wärmeübergabe sehr schnell an diese variablen Bedingungen anpassen und praktisch dem gezeigten Kurvenverlauf folgen.

Grundsätzlich scheinen nur Wasser-Wasser-Durchflußerwärmer die Chance einer entsprechend guten Regelfähigkeit zu besitzen, also ein System mit indirekter Beheizung. Die direkte Beheizung mit Gas oder Öl ist wegen der eingeschränkten Regelgeschwindigkeit der Brenner auszuschließen.

Bei einem leistungsfähigen Wasser-Wasser-Durchflußerwärmer fließt das kalte Trinkwasser durch einen Plattenwärmetauscher (Abb. 3.1). Gleichzeitig fördert eine Pumpe heißes Heizwasser im Gegenstrom durch die andere Seite des Plattenwärmetauschers und erwärmt damit das kalte Trinkwasser auf die gewünschte Temperatur.

Folgende Randbedingungen sind gegeben:

Die Warmwasser-Zapfrate kann Werte von o bis mehrere Tausend Liter pro Stunde annehmen.

Die Zapfrate unterliegt sehr schnellen Veränderungen.

Die Heizwassertemperatur kann variieren.

Das Wärmeübertragungsverhalten bei Plattenwärmetauschern ändert sich ständig in Abhängigkeit aller anderen Variablen (Volumenströme und Temperaturen).

Dazu ergeben sich folgende Aufgabenstellungen:

Die Warmwasser-Zieltemperatur (z.B. 60°C) muß konstant eingehalten werden, um Komfort und Verbrühungsschutz zu gewährleisten.

Die Leistungsregelung der Wassererwärmung muß sich flink an die wechselnden Bedingungen anpassen.

Das Heizwasser sollte möglichst weitgehend entwärmt werden, um einen hohen Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers zu erzielen (kühler Rücklauf).

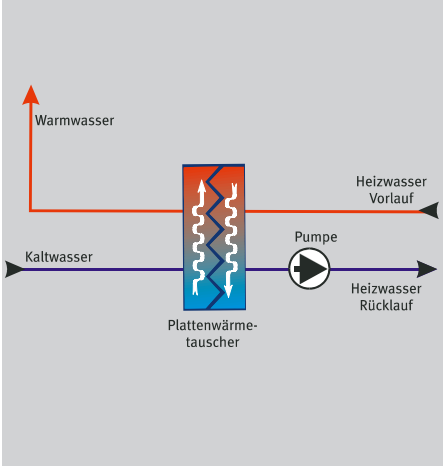
Es bietet sich an, die Leistungsregelung über die Ladepumpe zu gestalten, und damit über den Heizwasservolumenstrom. Dazu muß die Pumpe schnell und in einem sehr weiten Bereich regelbar sein. Die Pumpe muß einerseits sehr leistungsfähig sein, da sie bei maximaler Trinkwarmwasser-Zapfung genügend Heizwasser durch den Wärmetauscher fördern muß. Andererseits sind Spitzenzapfungen eher seltene Ereignisse. Die überwiegende Zeit beträgt die Zapfmenge nur ein Bruchteil des Spitzenwertes, oft nur 10-20% davon oder noch weniger (siehe Abb. 2.1). Gerade die Leistungsregelung in einem so niedrigen Teillastbereich ist äußerst delikat und stellt sehr hohe Anforderungen an die Regelung.

In früheren Versuchen konnten starke Schwankungen der Trinkwarmwasser-Temperatur nicht verhindert werden. Die Ursache dafür ist in den bis dahin angewandten Regelstrategien zu suchen. Es wurde versucht, über Temperaturfühler an verschiedenen Stellen des Systems eine Regelstrategie abzuleiten. Die Platzierung der Fühler und ihre Reaktionszeit erlaubten aber keine praktikable Lösung. Große Systeme nach dem Durchflußprinzip wurden deshalb bisher kaum realisiert. Zu groß waren bisher die regelungstechnischen Probleme.

3.2 Aufbau des Frischwassererwärmers

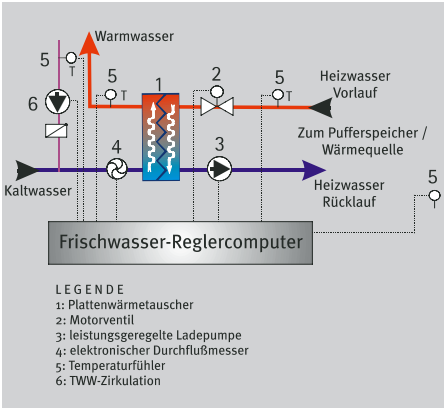
Um die erforderlichen Aufgaben zu bewältigen, wurden die Frischwassererwärmer nach ausgiebiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit wie folgt konzipiert:
Die Wärmeübertragung vom Heizwasser an das Trinkwasser erfolgt über einen gelöteten Edelstahl-Plattenwärmetauscher. Im Kaltwasserzufluß der Trinkwasserseite befindet sich ein elektronischer Durchflußmesser. Drei schnell reagierende Temperaturfühler befinden sich am Warmwasser-Ausgang, am Heizwasser-

Abb. 3.1:
Prinzip eines Wasser-Wasser-Durchlauferhitzers mit leistungsfähigem Plattenwärmetauscher und Heizwasser-Ladepumpe



vorlauf sowie am Heizwasserspeicher . In den heizwasserseitigen Zuleitungen sind eine Pumpe und ein elektrisches Motorventil angebracht. Die Steuerung des Systems erfolgt über einen Regelungscomputer. Dieser wertet die Daten der Temperaturfühler und des Durchflußmessers aus, öffnet und schließt das Motorventil und regelt die Ladepumpe in der Leistung (Drehzahl).
Dieses hydraulische wie regelungstechnische Prinzip ist patentrechtlich geschützt. Die ersten Patentanmeldungen in diesem Zusammenhang reichen bis in das Jahr 1992 zurück.

Abb. 3.2:
Schematischer Aufbau des Frischwassererwärmers



3.3 Strategie zur Leistungsregelung der Ladepumpe

Anstatt ausschließlich Temperaturfühler zu verwenden, entschloss man sich bei vameco zusätzlich zum Einsatz eines Volumenstrommessers. Die Logik dieser Entscheidung wird aus einer Betrachtung der physikalischen Grundlagen der Wärmeübertragung deutlich (siehe Kasten rechts).

Darin bedeuten:
Durchfluß TW:
Durchfluß des Trinkwassers durch den Plattenwärmetauscher

Temperaturdifferenz TW:
Temperaturunterschied zwischen dem eintretenden kalten Trinkwasser und der eingestellten Temperatur, die das Trinkwasser nach dem Austritt aus dem Frischwassererwärmer haben soll.

Durchfluß HW:
Durchfluß des Heizwassers durch den Plattenwärmetauscher, dieser wird durch die Frischwasserladepumpe geregelt.

Temperturdifferenz HW:
Temperaturunterschied zwischen dem heißen Vorlaufwasser und dem abgekühlten Rücklaufwasser nach dem Plattenwärmetauscher.

Außer den Systemtemperaturen wird also auch der trinkwasserseitige Massenstrom erfaßt. Die Stellgröße ist der heizwasserseitige Massenstrom. Dieser kann nun aufgrund aller anderen Daten gesteuert werden. Alle Parameter können sich jedoch innerhalb von Sekundenbruchteilen verändern, deshalb muß auch die Erfassung der Daten und die Pumpenansteuerung äußerst schnell erfolgen. Zudem sind die Zusammenhänge nicht linear, da sich z.B. auch das Übertragungsverhalten des Wärmetauschers bei unterschiedlichen Massenströmen und Temperaturen ständig ändert. Um diese Anforderungen in den Griff zu bekommen, basiert die Regelung des vameco Frischwassererwärmers auf einem neuronalen Netzwerk.

Wärmeaufnahme Trinkwasser (TW) QTW = Wärmeabgabe Heizwasser (HW) QHW

oder

Durchfluß TW x Temperaturdifferenz TW = Durchfluß HW x Temperaturdifferenz HW
(bekannt) (vorgegeben) (Stellgröße) (bekannt)

Neuronale Netzwerktechnik

Die Umsetzung der Theorien über neuronale Netze findet in der modernen Regelungstechnik immer mehr Anwendung, da viele Aufgabenstellungen zuverlässig gelöst werden können, die mit der konventionellen Regelungstechnik oftmals nur sehr aufwendig oder nur ungenügend zu bewältigen sind. Das neuronale Netz, das Eingangs- und Ausgangsgrößen miteinander verknüpft, ist in Struktur und Funktionsweise eine primitive Nachahmung des menschlichen Gehirns.

Die Verknüpfungen sind hierbei nicht starr, sondern ändern sich nach bestimmten Lernmethoden, um die Regelungsaufgabe besser zu bewältigen.
Zur Umsetzung beim Frischwassererwärmer ist im Computerprogramm eine Art Tabellenwerk oder Datenbank angelegt. Hier werden ständig die gerade vorliegenden Temperaturverhältnisse und Volumenströme, die gewünschte Trinkwarmwasser-Temperatur und die Zuordnung der Pumpenleistung abgelegt. Während des Betriebs wird diese Datenbank kontinuierlich angepaßt, um das bestmögliche Resultat zu erzielen. Damit optimiert die Regelung ihr Verhalten durch ständige Lernprozesse.

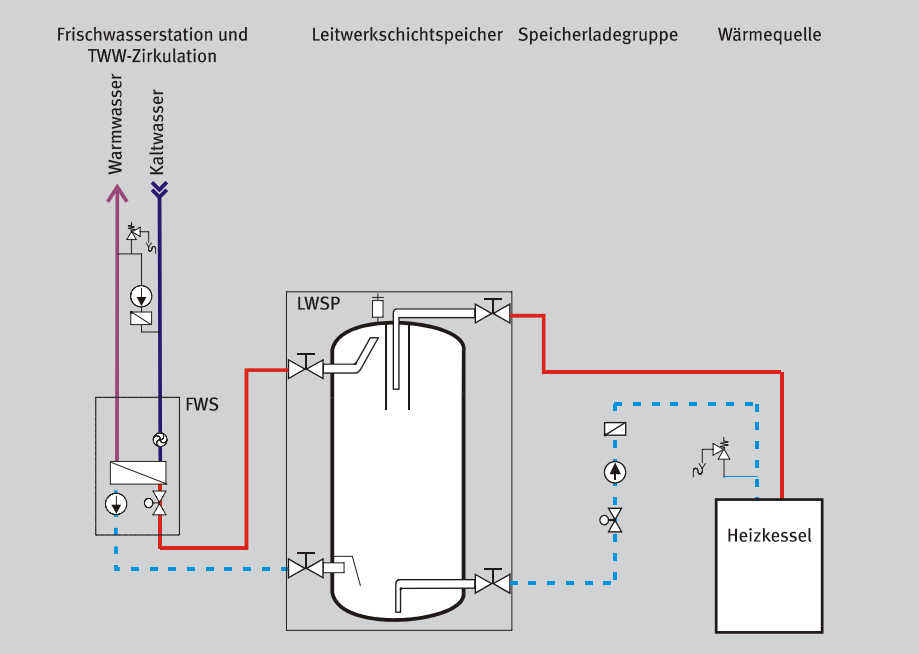
Die varmeco Frischwassererwärmer sind standardmäßig mit einer entsprechend leistungsstarken Pumpe ausgerüstet, um Spitzenzapfraten abdecken zu können. Ihre Regelung erfolgt über eine getaktete Stromzufuhr. Dabei erfolgt der nächste Stromimpuls bereits bevor die Pumpe vollständig zur Ruhe kommt. Auf diese Weise werden hohe Einschaltströme vermieden und die Pumpenmechanik geschont. So ist ein stufenloser Regelungsbereich zwischen 1 - 100% der Maximalleistung möglich und selbst in niedrigen Teillastbereichen wird eine hohe Regelungsgüte erreicht. Andere Strategien zur Leistungsregelung von Pumpen wie Frequenzmodulation und Phasenanschnittsteuerung (auf deren genaue Funktionsweise soll hier nicht weiter eingegangen werden) ermöglichen nur einen Regelbereich zwischen etwa 20 - 100% und sind deshalb im wichtigen unteren Leistungsbereich zu ungenau.

3.4 Systemeinbindung

3.4.1 Einzelgeräte

Die varmeco Frischwassererwärmer sind als komplett vorgefertigte, anschlußbereite Einheiten konzipiert. Sie verfügen über jeweils einen Anschluß für Kaltwasserzulauf, Warmwasserablauf und den heizwasserseitigen Vor- und Rücklauf. Eine Trinkwarmwasser-Zirkulationsleitung wird bauseits vor dem Frischwassererwärmer an die Kaltwasserzuleitung zurückgeführt.

Abb. 3.3:
Systemeinbindung des varmeco *Frischwassererwärmers mit Pufferspeicher*

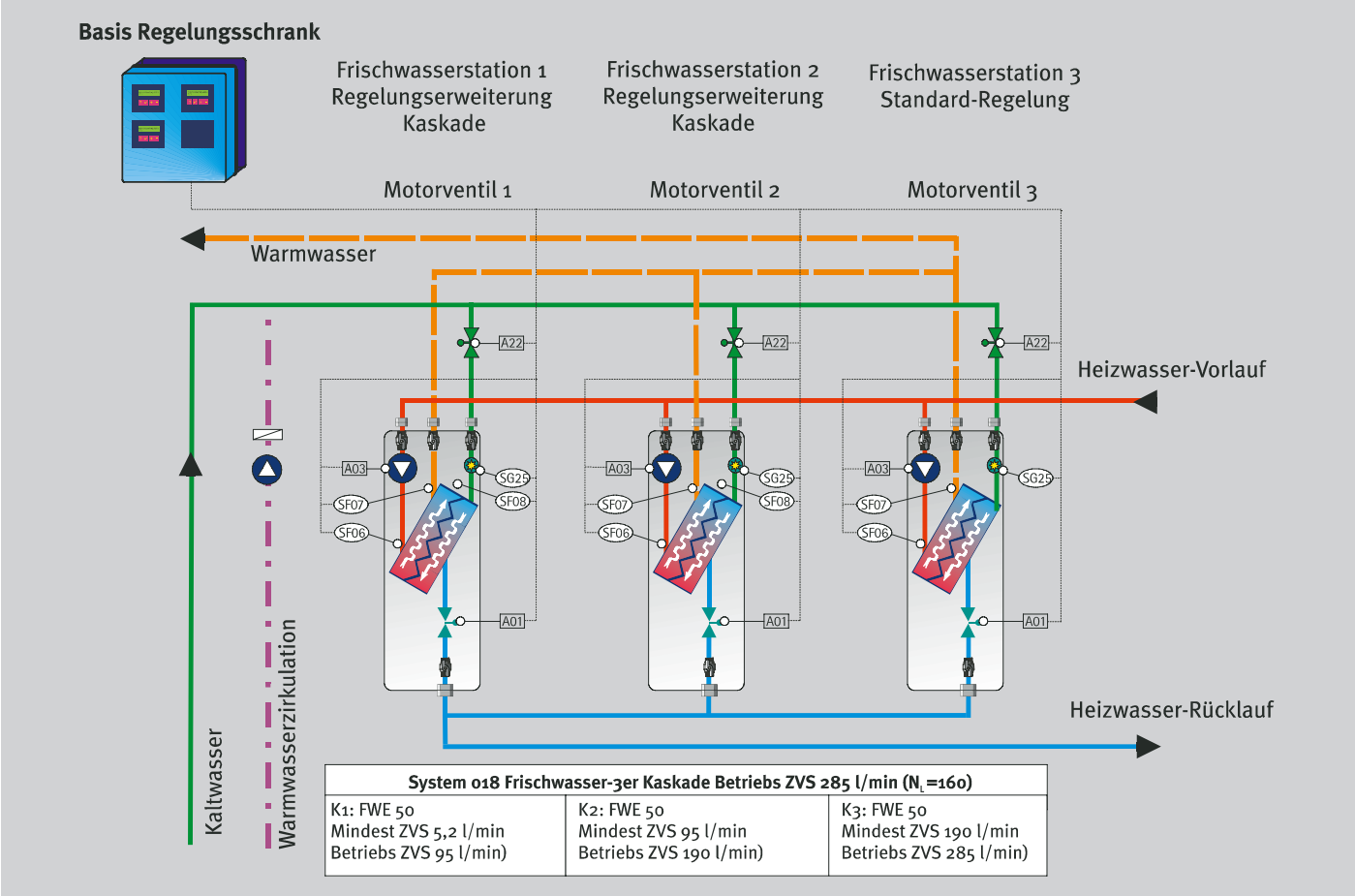


Der Speicher bevorratet genügend heißes Heizwasser, um die Bedarfsspitzen abzudecken. Im Gegensatz zu konventionellen Systemen wird hier die notwendige Wärme also nicht im Trinkwasser selbst gespeichert, sondern im Heizwasser.
Mit diesem Heizwasser kommt der Nutzer nicht in Kontakt. Dadurch entfallen hygienische Bedenken der Trinkwarmwasser-Speicherung. Der Pufferspeicher wird von einem Wärmeerzeuger immer wieder nachgeladen.

3.4.2 Frischwassererwärmer-Kaskade

Wie bereits erwähnt, ist die Regelung der Wärmeübertragung besonders im niedrigen Teillastbereich delikat. Selbst in Gebäuden mit sehr großem Warmwasserbedarf tritt sehr häufig der Fall auf, daß gerade nur z.B. eine einzige Dusche genutzt wird. Trotz der gegebenen Regelgüte werden die vamecо Frischwassererwärmer nur bis zu einer bestimmten Leistungsgröße gefertigt (siehe Kap. 3.6). Ein größeres Gerät könnte bei einem so niedrigen Zapfvolumenstrom nicht mehr die nötige Temperaturstabilität erbringen. Der Komfort für den Einzelnutzer wäre dann inakzeptabel. Deswegen werden bei größeren Systemen besser zwei oder mehr Geräte in Kaskade geschaltet.
Bei der Regelungserweiterung "Kaskade" springt bei einem Zapfvorgang zunächst nur das erste Gerät an. Sobald es an seine Leistungsgrenze gelangt, öffnet die Regelung ein Motorventil im Kaltwasserzufluß zum zweiten Gerät. Gelangt dieses wiederum an seine Grenze, wird ein weiteres Ventil zu einem dritten Gerät geöffnet, usw.. Auf diese Weise lassen sich auch größte Anlagen realisieren, ohne dabei den Komfort bei geringen Zapfmengen zu opfern.

Abb. 3.4:
Kaskadenschaltung für sehr große Systeme

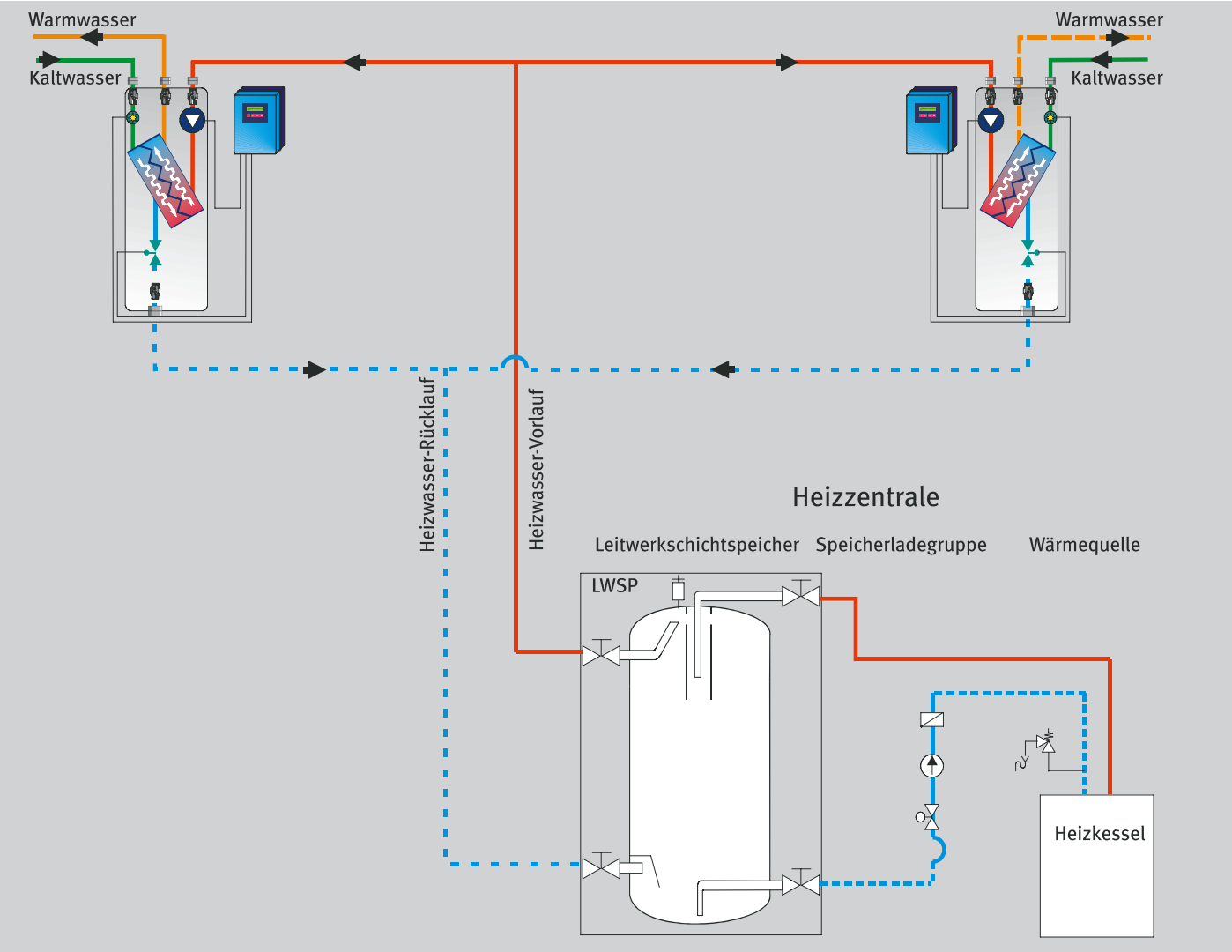


3.4.3 Dezentrale Installation

Zur Vermeidung langer Trinkwarmwassernetze eröffnet sich die Möglichkeit der dezentralen Installation. Da die Frischwassererwärmer sehr kompakt gebaut sind und nur wenig Platz benötigen, ist dies weitaus besser praktikabel als mit Trinkwasserspeichern. Bei der dezentralen Installation kann die Wärmeerzeugung und Heizwasserbevorratung weiterhin an zentraler Stelle erfolgen.

Die Trinkwassererwärmung selbst erfolgt jedoch verbrauchsnah in den entsprechenden Gebäudeteilen. Zwischen Heizzentrale und Frischwassererwärmer zirkuliert nun Heizwasser anstatt warmes Trinkwasser. Die eigentlichen Wege des warmen Trinkwassers sind damit deutlich kürzer und hygienisch sicherer. Gegebenfalls kann sogar auf eine Trinkwarmwasserzirkulation gänzlich verzichtet werden.

Abb. 3.5:
Dezentrale Installation der varmeco *Frischwassererwärmer*



3.5 Regelungsoptionen und Funktionen

3.5.1 Regelung der Trinkwarmwasser-Temperatur

Die Trinkwarmwasser-Temperatur läßt sich auf Werte von 20-60°C einstellen. Dazu können 6 Schaltpunkte an 7 Wochentagen genutzt werden, um ein Tages- oder Wochentemperaturprofil anzulegen. Mit dieser Programmierung werden die Temperaturen im System immer möglichst niedrig gehalten und die Wärmeverluste reduziert.

Wird am Durchflussmesser ein Volumenstrom registriert, öffnet der Regler das Motorventil (Öffnungs- und Schließzeit < 5 sec). Dieses Ventil verhindert im Anlagenstillstand eine eventuelle Blindzirkulation von Heizwasser durch den Wärmetauscher, und bannt die Gefahr von Steinbildung auf der Trinkwasserseite.
Die Ladepumpe wird eingeschaltet und in Abhängigkeit des Volumenstroms am Durchflußmesser und der Heizwassertemperatur so geregelt, daß die programmierte Trinkwarmwasser-Temperatur erreicht wird.

3.5.2 Regelung der Zirkulationspumpe

Die Zirkulationspumpe wird ebenfalls über die Regelung des Frischwassererwärmers angesteuert. Auch hier steht ein Zeitprogramm zur Verfügung. Zusätzlich empfiehlt sich die Option "temperaturgeführte Regelung". Dabei wird die Zirkulationspumpe ausgeschaltet, sobald eine bestimmte Rücklauftemperatur überschritten wird (z.B. Warmwasser-Temperatur - 5K). Die Einschaltung erfolgt erst wieder, wenn diese Temperatur um z.B. weitere 2 °C abgesunken ist und eine einstellbare Pausen-(Stillstands-)Zeit abgelaufen ist. So ist an den Zapfstellen garantiert warmes Wasser vorhanden, aber die Zirkulationspumpe muß weniger oft laufen. Damit kann in vielen Systemen mehr als die Hälfte des Strombedarfs für die Zirkulationspumpe eingespart werden und die Wärmeverluste werden minimiert.

3.5.3 Zieltemperaturgeführte Pufferspeicherladung

Optional kann auch die Pufferspeicherladung vom varmeco Frischwassererwärmer geregelt werden. Dieser wird dann immer auf einem Temperaturniveau knapp oberhalb der programmierten Warmwassertemperatur geladen (ca. +10K, Überhöhung programmierbar). Dabei wird auch die Speicherladepumpe in der Leistung geregelt, und zwar so, daß sich das Heizwasser im Wärmeerzeuger in einem Durchfluß auf die Zieltemperatur erwärmt (z.B. von 20°C auf 65°C). Heizwasser wird auf diese Weise von oben her mit nutzbarer Temperatur in den Pufferspeicher eingeschichtet und der Wärmeerzeuger erhält trotzdem ständig kühles Rücklaufwasser um 20-25°C.
So kann z.B. ein Brennwertkessel fast völlig ohne Abgasverluste (<1%) betrieben werden.
Die Speicherladung wird durch einen im oberen Teil positionierten Speicherfühler bei Unterschreitung der Solltemperatur gestartet und durch einen im unteren Teil positionierten Speicherfühler bei Erreichen der Solltemperatur beendet. Die Kontrolle der Ladetemperatur erfolgt durch einen Fühler am Wärmeerzeuger und an der Speicherladeleitung.

3.5.4 Kessel-Restwärmenutzung

Zum Ende des Beladevorgangs wird der Heizkessel ausgeschaltet. Die Pumpe läuft aber noch kurz weiter und spült den Kessel mit kühlem Rücklaufwasser. Die Restwärme des Kessels wird so auch im Sommer genutzt und Bereitschaftsverluste entfallen praktisch vollständig.

3.6 Leistungsfähigkeit und Regelgüte der varmeco Frischwassererwärmer

3.6.1 Leistungsbereiche

Die Frischwassererwärmer werden in vier Leistungsgrößen gebaut. Insbesondere unterscheiden sich dabei Größe und Art der verwendeten Wärmetauscher und Pumpen.
Wichtigste Parameter sind die Trinkwarmwasser-Zapfraten, die mit den einzelnen Geräten abgedeckt werden:

• Nenn-Zapfvolumenstrom:	Zapfrate, bis zu der das Gerät im Optimum arbeitet (bei TWW=45°C und 55°C Speichertemperatur).
• Max. Zapfvolumenstrom:	Zapfrate, die maximal abgedeckt werden kann (bei TWW=45°C und 82°C Speichertemperatur).
• Min. Zapfvolumenstrom:	Zapfrate, ab der Temperaturstabilität gewährleistet ist (Soll-TWW-Temperatur +/- 2 °C). Bei Betrieb der Zirkulation wird oft schon ein Mindest-Volumenstrom erreicht.
• NL-Zahl:	Leistungskennzahl, Anzahl an "Normwohnungen", die mit TWW versorgt werden können.

Tab. 3.3:
Leistungs- und Anwendungsbereiche der varmeco *Frischwassererwärmer*

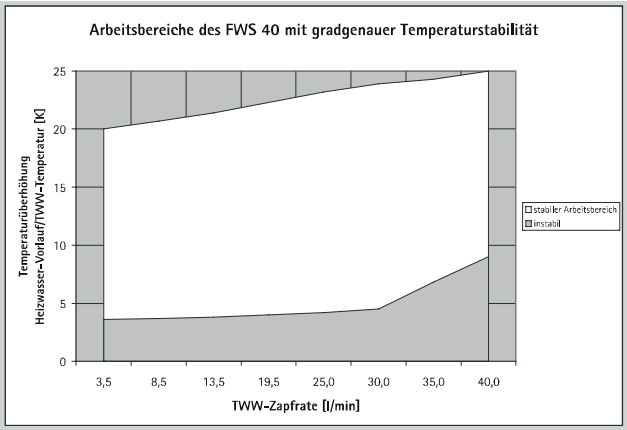
FWE Typ	Nenn-ZVS [l/min]	Max.-ZVS [l/min]	Min.-ZVS [l/min]	Zapfleistung [kW]	N_L-Zahl	Anwendungs-Beispiele
FWS 20 FWS M2	22	42	2,2 (z.B. eine Waschbecken-armatur halb geöffnet)	53	6	1: bis ca. 6 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 5 Duschen 3: bis ca. 5 Zimmer 4: bis ca. 4 Duschen
FWS 30	32	62	3,2 (z.B. eine Waschbecken-armatur dreiviertel geöffnet)	79	12	1: bis ca. 12 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 9 Duschen 3: bis ca. 8 Zimmer 4: bis ca. 5 Duschen
FWS 40	38	74	3,5 (z.B. eine Waschbecken-armatur voll geöffnet, oder eine Dusche halb geöffnet)	94	28	1: bis ca. 28 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 16 Duschen 3: bis ca. 13 Zimmer 4: bis ca. 7 Duschen
FWS 50 (nur bei hoher gleichzeitiger Nutzung einsetzbar)	47	100	9,0 (z.B. eine Dusche voll geöffnet)	118	47	1: bis ca. 47 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 42 Duschen 3: bis ca. 35 Zimmer 4: bis ca. 11 Duschen
2 er Kaskade FWS 40	76	148	3,5 (z.B. eine Waschbecken-armatur voll geöffnet, oder eine Dusche halb geöffnet)	188	85	1: bis ca. 85 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 80 Duschen 3: bis ca. 75 Zimmer 4: bis ca. 19 Duschen
3 er Kaskade FWS 40	114	222	3,5 (z.B. eine Waschbecken-armatur voll geöffnet, oder eine Dusche halb geöffnet)	282	153	1: bis ca. 153 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 150 Duschen 3: bis ca. 145 Zimmer 4: bis ca. 35 Duschen
4 er Kaskade FWS 40	152	296	3,5 (z.B. eine Waschbecken-armatur voll geöffnet, oder eine Dusche halb geöffnet)	376	228	1: bis ca. 228 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 250 Duschen 3: bis ca. 220 Zimmer 4: bis ca. 60 Duschen
2 er Kaskade FWS 50 (nur bei hoher gleichzeitiger Nutzung einsetzbar)	94	200	9,0 (z.B. eine Dusche voll geöffnet)	236	132	1: bis ca. 132 Norm-Wohnungen 2: bis ca. 200 Duschen 3: bis ca. 140 Zimmer 4: bis ca. 32 Duschen
4 er Kaskade FWS 50 (nur bei hoher gleichzeitiger Nutzung einsetzbar)	188	400	9,0 (z.B. eine Dusche voll geöffnet)	472	339	1: bis ca. 339 Norm-Wohnungen 2: - 3: bis ca. 380 Zimmer 4: bis ca. 140 Duschen

Nutzungsarten nach DIN 1988 Teil 3:
1: Wohngebäude
2: Büro- und Verwaltungsgebäude
3: Hotels, Pensionen
4: Sportstätten, Schulen, Betriebsduschen und andere Anlagen mit hoher gleichzeitigen Nutzung

3.6.2 Regelgüte – Temperaturstabilität

In Abb. 3.6 wird stellvertretend ein Leistungsdiagramm für das Gerät FWS 40 gezeigt. Es wird beschrieben, unter welchen Bedingungen eine stabile Trinkwarmwasser-Temperatur erreicht wird, abhängig von Zapfvolumenstrom und der Heizwassertemperatur (Temperaturüberhöhung primär/sekundär bedeutet hier die Differenz zwischen Heizwasser und gewünschter Warmwasser-Temperatur). Es zeigt sich, daß in sehr weiten Arbeitsbereichen eine hohe Regelgüte erzielt wird.

Abb. 3.6:
Arbeitsbereiche des FWS 40 mit gradgenauer Temperaturstabilität



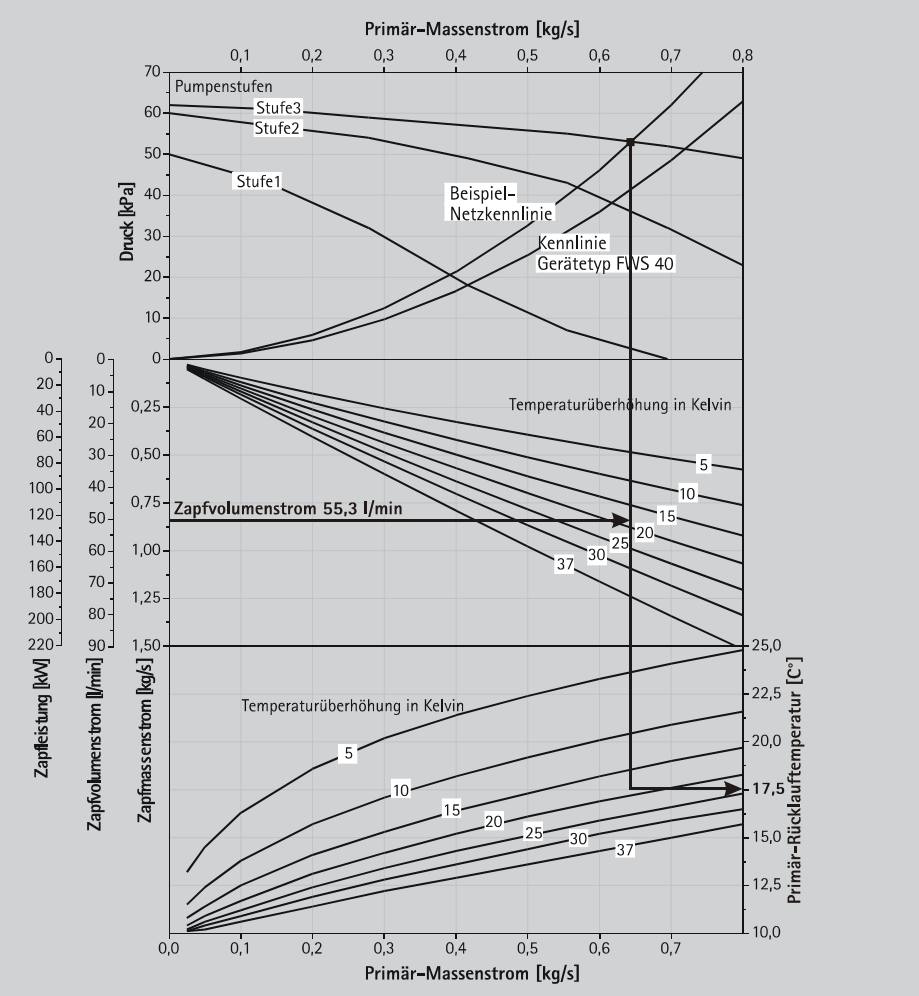
3.6.3 Heizwasser-Rücklauftemperatur

Die Entwärmung des Heizwassers ist ein energetisch wichtiger Aspekt bei der Trinkwassererwärmung. Bei einem Speicher-Wassererwärmer (Kap. 2.2.2) mit integriertem Wärmetauscher wird das Heizwasser zur Beladung des Speichers meist um nicht mehr als 10K abgekühlt. Bei einem Heizwasser-Vorlauf von 70°C ergibt sich also ein Rücklauf von etwa 60°C zum Wärmeerzeuger. Jedem Liter Heizwasser werden in einem Durchlauf durch den Wärmetauscher nur 11,6 Wh Wärme entzogen und im Wärmeerzeuger wieder zugegeben.

Die Folgen:
1. Moderne Wärmeerzeuger wie Brennwertkessel und Fernwärmenetze arbeiten aufgrund der hohen Rücklauftemperatur auf einem nicht optimalen Wirkungsgrad (ca. 14% Abgasverlust).

2. Das Heizwasser muß schnell und häufig zirkulieren, um die Wärmeleistung zu transportieren. Große Pumpen mit hohem Strombedarf sind dafür nötig.

Abb. 3.7:
Entwärmung des Heizwassers in Abhängigkeit verschiedener Parameter



Im varmeco Frischwassererwärmer findet eine erheblich höhere Heizwasserentwärmung statt. Im Beispiel aus Abb. 3.7 wird Trinkwasser von 10°C auf 45°C erwärmt. Bei einer Zapfmenge von 55,3 l/min wird 60-grädiges Heizwasser in einem Durchlauf auf 17,5 °C entwärmt. Die Abkühlung beträgt also 42,5 K, gut das 4-fache als im vorherigen Beispiel.

Die positiven Konsequenzen:
1. Moderne Wärmeerzeuger wie Brennwertkessel und Fernwärmenetze arbeiten aufgrund der niedrigen Rücklauftemperatur auf einem sehr hohen Wirkungsgrad (‹ 1% Abgasverlust).

2. Das Heizwasser muß weit weniger zirkulieren, um die Wärmeleistung zu transportieren. Kleinere Pumpen mit geringerem Strombedarf können eingesetzt werden.

3. Bei Einbindung eines Pufferspeichers wird dessen Wärmekapazität hervorragend genutzt. Der Speicher kann somit relativ klein gehalten werden.

3.7 Auswirkungen auf andere Systembestandteile

3.7.1 Größe und Art des Pufferspeichers, Platzbedarf

In den meisten Fällen ist ein Pufferspeicher zwischen Wärmeerzeuger und Frischwassererwärmer notwendig. Dieser kann jedoch meist kleiner sein als konventionelle Trinkwarmwasser-Speicher, da deren Wärmetauscher zur Speicherladung meist nicht die volle Leistung des Wärmeerzeugers übertragen können. Dies sei im Folgenden verdeutlicht.

Eine Trinkwasser–Erwärmungsanlage bestehe aus 2 x 500 l Speicher-Wassererwärmern (gesamt: 1000 Liter). Bei einer Heizwassertemperatur von 70°C können

die internen Wärmetauscher der Speicher max. 86 kW Leistung übertragen. Werden vom Wärmeerzeuger z.B. 120 kW zur Verfügung gestellt, so können 34 kW Wärmeleistung nicht übertragen werden.
Ein Pufferspeicher in Verbindung mit dem varmeco Frischwassererwärmer kann dagegen die volle Wärmeleistung des Wärmeerzeugers aufnehmen, da keine Leistungsbegrenzung durch einen Wärmetauscher stattfindet. Die Nachladung erfolgt hier also schneller. Entsprechend kann der Speicher kleiner gehalten werden. Im gegebenen Beispiel könnte das Speichervolumen auf ca. 650 Liter reduziert werden, mit entsprechender Platzersparnis und geringeren Speicher-Wärmeverlusten.

Da der Pufferspeicher nur Heizwasser aufnehmen muß und kein Trinkwasser, kann ein kostengünstiger Speicher aus Schwarzstahl (St-37) verwendet werden. Weder Edelstahl- noch emaillierte Speicher sind vonnöten.

3.7.2 Systempumpen

Bei Einbindung eines Pufferspeichers wird zusätzlich zur Ladepumpe des Frischwassererwärmers eine Speicherladepumpe benötigt. Diese wird jedoch ebenfalls in der Leistung geregelt und muß nur geringe Massenströme fördern. Deshalb ist der Pumpenstrombedarf im Vergleich zu Speicher-Wassererwärmern dennoch kleiner einzuschätzen.

3.8 Hygienische Aspekte

Beim varmeco Frischwassererwärmer erfolgt keine Speicherung von Trinkwarmwasser. Stattdessen wird kaltes Trinkwasser bedarfsgerecht erwärmt und sofort verbraucht. Die Verweilzeit des erwärmten Wassers im System wird entscheidend reduziert (um 90% und mehr), da mit jeder Zapfung ein Austausch stattfindet. Damit haben Keime kaum Zeit, sich zu entwickeln und das System ist auch ohne technische Maßnahmen praktisch nicht verkeimungsanfällig.

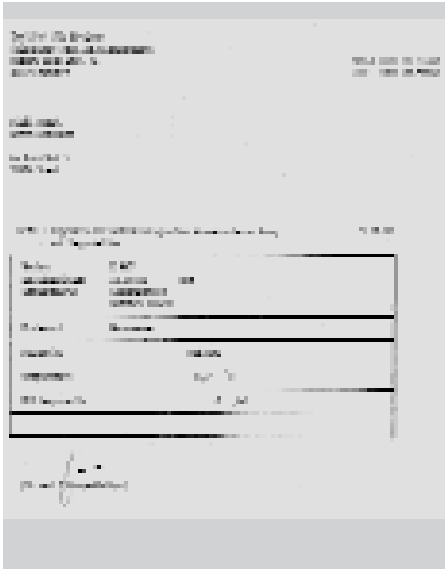
Bei Realisierung dezentraler Systeme (Kap. 3.4.3) wird auch das verkeimungsgefährdete Trinkwarmwassernetz erheblich verkürzt.

Das DVGW-Arbeitsblatt W551 fordert dennoch auch bei zentralen Durchfluß-Trinkwassererwärmern eine Austritts- und Zirkulationstemperatur von 55-60°C und stellt sie mit Speicher-Trinkwassererwärmern auf eine Stufe. Diese Einstufung konnte nicht auf Erfahrungswerten beruhen, da bisher kaum zentrale Durchflußsysteme realisiert wurden. Bei rigoroser Anwendung könnte dieses Arbeitsblatt ein Innovationshemmnis darstellen.
Die varmeco Frischwassererwärmer ermöglichen nun eine Datenbasis zu schaffen, um die Auswirkungen dieses Verfahrens auf die Warmwasserhygiene zu überprüfen. Abhängig von der Länge und Verzweigung des Warmwassernetzes wird in diesen Systemen bereits bei 45°C kaum Verkeimung auftreten. Wird das Trinkwarmwasser-System auf dieser Temperatur betrieben, weil keine höheren Temperaturen benötigt werden, so eröffnen sich große Energiesparpotenziale. Allerdings ist dann die Überwachung nach DVGW-Arbeitsblatt W552 notwendig, die regelmäßige Hygieneuntersuchungen vorsieht.

Letztendlich wird es jedem Betreiber offenstehen, ob er seine Anlage streng nach DVGW-Arbeitsblatt W551 auf 60°C betreiben will oder ob er einen energiesparenden Betrieb auf 45-50°C vorziehen möchte, mit regelmäßiger hygienischer Überwachung nach DVGW-Arbeitsblatt W552. Generell sind beide Betriebsweisen mit den Frischwassererwärmern möglich.

Die Erfahrung von Betreibern großer Anlagen, in denen die Frischwassertechnik realisiert wurde, zeigt, daß bei eingestellten Brauchwassertemperaturen von 45-50 °C einwandfreie Wasserqualitäten erzielt werden.

Abb.3.8:
Bsp. Ergebnisse einer Legionellen Untersuchung der Stadt Soest durch das Hygieneinstitut der Universität Münster



3.9 Energiesparpotenziale

Gegenüber konventionellen Systemen mit Trinkwasserspeichern bieten die Frischwassererwärmer aufgrund ihrer Regelstrategien an allen Anlagenpunkten Energiesparmöglichkeiten.

3.9.1 Speicher

Gegenüber Trinkwasserspeichern in konventionellen Anlagen können in vielen Anlagen kleinere Heizwasserspeicher zum Einsatz kommen. So wird sich eine variable Reduzierung der Speicherwärmeverluste ergeben.

3.9.2 Warmwasser- und Zirkulationsnetz

In vielen Systemen werden die varmeco Frischwassererwärmer die Möglichkeit eröffnen, bereits bei 45-50°C, statt bisher 55-60°C, die Anforderungen an die Hygiene zu erfüllen. Dadurch sinken die Wärmeverluste im Warmwasser- und Zirkulationsnetz um ca. 25%.

3.9.3 Bereitschaftsverluste am Wärmeerzeuger

Die varmeco Frischwassererwärmer stellen kontinuierlich eine kühle Rücklauftemperatur von i.d.R. 25°C sicher (Kap. 3.5.3). Zudem verfügen sie über die Restwärmenutzungsfunktion (Kap. 3.5.4) und spülen den Wärmeerzeuger nach Abschaltung mit kühlerem Wasser. Dadurch werden Bereitschaftsverluste am Wärmeerzeuger fast vollständig eliminiert.

3.9.4 Abgasverluste am Wärmeerzeuger

Durch die meist gegebene Rücklauftemperatur unter 25°C werden bei Brennwertkesseln die Abgasverluste auf ein Minimum <1% reduziert. Bezogen auf den unteren Heizwert Hu von Gas wird so auch für die Trinkwassererwärmung ein Wirkungsgrad von 110% erreicht. Dies war bisher nur bei der Raumheizung möglich.

3.9.5 Weitere Energiesparpotenziale

Durch die beständig niedrigen System- und Rücklauftemperaturen eröffnen sich verbesserte Möglichkeiten, Niedertemperaturwärme zu nutzen, die bisher nicht oder nur unwirtschaftlich einsetzbar war. Hierbei könnte es sich z.B. um Abwärme aus einem Gewerbe- oder Industriebetrieb handeln oder um Solarwärme von Sonnenkollektoren.

4. Vergleich vameco-Frischwassererwärmer – konventionelle Technik

4.1 Investitionskosten

Der Kostenvorteil konventioneller Systeme bei Wärmetauscher und Regelung wird weitgehend oder gänzlich durch Art und Größe der benötigten Speicher und deren Platzbedarf aufgezehrt. Je nach Art der Anlage dürften sich nur geringe Unterschiede in den Investitionskosten ergeben.

4.2 Gesundheit und Hygiene

Trinkwarmwassersysteme mit vameco Frischwassererwärmern sind weitaus weniger verkeimungsgefährdet als konventionelle Speichersysteme.

4.3 Energiebedarf und Betriebskosten

In den nachfolgenden Tabellen 4.3 und 4.4 sind die Einsparpotentiale für ein typisches Trinkwassererwärmungssystem dargestellt. Dabei wird unterschieden nach einem System mit modernem Gas-Brennwertkessel und einem System mit einem älteren Heizkessel. Je nach Art und Betriebsweise realer Anlagen wären im Einzelnen die Einsparpotenziale zu ermitteln.

Wird die Warmwassertemperatur auf 60°C eingestellt, wie in konventionellen Anlagen, so sind bereits 10-15% Energieeinsparung zu erzielen. Durch Absenkung auf 50°C kann im Warmwasser- und Zirkulationsnetz noch ein erheblich höheres Einsparpotenzial erschlossen werden.

Nicht berücksichtigt sind hier die Einsparungen für Pumpenstrom und die Potenziale bei Erschließung bisher ungenutzter Abwärme.

Tab. 4.1:
Kostenvor und –nachteile der unterschiedlichen Systeme

Konventionelle Speicher-Wassererwärmer	varmeco Frischwassererwärmer
(+) Wärmetauscher kann klein gehalten werden, einfach aufgebaute Regelung	(–) Großzügig dimensionierte Wärmetauscher mit komplexer Frischwasserregelung
(–) großer Warmwasser-Speicher ggf. aus Edelstahl erforderlich	(+) kleinerer Speicher aus Schwarzstahl, ggf. kein Speicher erforderlich
(–) Platzbedarf	

Tab. 4.2:
Hygienerelevante Aspekte

Konventionelle Speicher-Wassererwärmer	varmeco Frischwassererwärmer
(–) Großes Trinkwarmwasser-Speichervolumen	(+) Trinkwarmwasser-Speichervolumen gleich Null
(–) Lange Verweilzeiten des Trinkwarmwassers im System	(+) Kurze Verweilzeiten des Trinkwarmwassers im System
(–) meist lange Trinkwarmwasser-Leitungsnetze	(+) kurze Leitungsnetze bei dezentraler Installation
(–) Betrieb des TWW-Netzes bei 55°–65°C aus hygienischen Gründen unbedingt erforderlich (nach DVGW-Arbeitsblatt W551)	(+) Hervorragende Hygiene auch bei Betrieb des TWW-Netzes bei 45°–50°C (regelmäßige Kontrolle nach DVGW-Arbeitsblatt W552)
(–) Bei Fehlfunktionen oder Fehlbedienung entfällt der thermische Hygieneschutz	(+) Hygiene nicht von technischen Funktionen oder Betriebsstrategien abhängig

Tab. 4.3:
Energie- und Betriebskosten der Trinkwassererwärmung, Einsparpotenziale bei modernen Brennwertkesseln

Verluste / Einsparungen	Speicher-Wassererwärmer	varmeco Frischwassererwärmer	
Austrittstemperatur des Trinkwarmwassers	60°C	50°C	60°C
Speicherverluste	4,0%	3,0%	4,0%
Verluste des TWW- und Zirkulationsnetzes	30,0%	22,5%	30,0%
Kessel-Bereitschaftsverluste	4,0%	1,0%	1,0%
Kessel-Abgasverluste	14,0%	1,0%	1,0%
Verluste Gesamt	44,9%	26,3%	34,1%
Brennstoff-Energieverbrauch für 1000 kWh TWW-Nutzwärme in kWh	1.815	1.357	1.518
Einsparung in Prozent	**-**	**-25%**	**-16%**

Tab. 4.4:
Energie- und Betriebskosten der Trinkwassererwärmung, Einsparpotenziale bei älteren Heizkesseln

Verluste / Einsparungen	Speicher-Wassererwärmer	varmeco Frischwassererwärmer	
Austrittstemperatur des Trinkwarmwassers	60°C	50°C	60°C
Speicherverluste	4,0%	3,0%	4,0%
Verluste des TWW- und Zirkulationsnetzes	30,0%	22,5%	30,0%
Kessel-Bereitschaftsverluste	10,0%	2,0%	2,0%
Kessel-Abgasverluste	20,0%	20,0%	20,0%
Verluste Gesamt	53,0%	41,4%	47,6%
Brennstoff-Energieverbrauch für 1000 kWh TWW-Nutzwärme in kWh	2.126	1.705	1.908
Einsparung in Prozent	**-**	**-20%**	**-10%**

5. Zusammenfassung

Die varmeco Frischwassererwärmer bewirken einen wichtigen Innovationssprung bei der Erwärmung von Trinkwasser.

Sie nutzen die Wärme von Heizwasser, um Trinkwasser bedarfsgerecht im Durchlaufprinzip auf die gewünschte Temperatur zu erwärmen. Durch die innovative Regelungstechnik werden stabile Temperaturen und große Warmwasserzapfmengen ermöglicht, auch für zentral versorgte Großanlagen. Komfort und Betriebsstabilität sind gewährleistet.

Die hygienisch bedenkliche Speicherung von warmem Trinkwasser kann vollständig entfallen, da Trinkwasser nur erwärmt wird, wenn es auch sofort verbraucht wird. Keimen wird somit keine Zeit gelassen, um sich nennenswert vermehren zu können. Ohne technischen Zusatzaufwand wird dadurch ein hoher Hygienestandard eingehalten und Infektionsgefahren werden erheblich reduziert.

Die äußerst effiziente Wärmeübergabe vom Heizwasser an das Trinkwasser hält die erforderlichen Heizwassertemperaturen auf niedrigem Niveau. Vor allem durch die sehr niedrige Rücklauftemperatur können moderne Wärmeerzeuger wie Brennwertkessel (ebenso Fernwärme, Wärmepumpen, etc.) noch deutlich besser ausgenutzt werden und Wärmeverluste werden insgesamt niedrig gehalten. Geringe Mehrinvestitionen können sich durch Betriebskosteneinsparung in kurzer Zeit amortisieren. Es eröffnen sich zudem interessante Potenziale zur Nutzung von bisher unbrauchbarer Abwärme oder Umweltwärme (z.B. Solarwärme), deren Erschließung wirtschaftlicher als bisher erfolgen kann.

Die varmeco Frischwassererwärmer sind bereits zur Einsatzreife entwickelt, patentiert und erfolgreich in der Praxis eingesetzt. Sie werden anschlußfertig und vorverkabelt geliefert, so daß Installation und Inbetriebnahme sehr einfach möglich sind.

Die Investitionskosten gegenüber konventionellen Systemen dürften nur unwesentlich abweichen, teilweise sogar günstiger ausfallen.

Jedem Betreiber von Trinkwassererwärmungsanlagen steht mit dieser neuen Technologie ein wirksames System zur Verfügung, das die Nutzer vor gesundheitlichen Gefahren schützt und gleichzeitig Energie und Kosten spart.

varmeco
wärme.nutzen

varmeco GmbH & Co. KG
Johann-Georg-Weinhart-Str. 1
87600 Kaufbeuren

Telefon 0 83 41. 90 22-0
Telefax 0 83 41. 90 22-33

Email info@varmeco.de
Internet www.varmeco.de