

Warmes Wasser und Luftwechsel in Wohnungen

Betrachtungen zur Systemkonstellation von Warmwasser- und Lüftungskonzept

Die Bereitstellung von Warmwasser steht in Wohneinheiten heutzutage kaum noch im unmittelbaren Zusammenhang mit der Wärmeübertragung an den Raum, wie es sehr lange der Fall war. Eine ungleich größere Schnittstelle ergibt sich vielerorts mit dem Lüftungskonzept allein aus der zeitlichen Korrelation sowie den physikalischen Zusammenhängen von Nutzungs-, Bedarfs- und Lastprofilen. Dieser Situation sollte die Planung gerecht werden.

In der Bereitstellungstechnik handelt es sich heute um ein eigenständiges Warmwasserversorgungssystem mit einer durchaus synchronen Schnittstelle zum Lüftungskonzept. Besonders im Wohnungsbau mit entsprechenden Sanitärräumen zur Körperhygiene zeigen sich diese Schnittstellen allesamt in Abluftbereichen vereint. Unabhängig von der Luftdichtigkeit innerhalb der thermischen Hülle besteht in Wohneinheiten für Räume wie Toiletten, Duschbäder und Badezimmer grundsätzlich ein Luftwechselbedarf aufgrund der temporären Wasserdampfspitzen.

Nutzungsprofil von Badezimmern und Duschbädern

Badezimmer und Duschbäder sind jene Räume, die – nach dem Menschen selbst – als weitere Feuchtequellen für die Raumluft auf den Innenraum wirken. Aus der Nutzung dieser Räume resultiert je nach Ausstattung und Nutzungsfrequenz eine weitere, temporäre Wasserdampfanreicherung durch den Gebrauch von Warmwasser zur Körperreinigung und Regeneration. Die daraus resultierenden Feuchtelasten werden von der Raumluft (Feuchtefälle) innerhalb kürzester

Zeit, oft bis zur Sättigung, aufgenommen.

Während der Feuchteanstieg der Raumluft durch den Menschen direkt (Atmung, Ausdünstungen) zwar kontinuierlich, aber in vergleichsweise sehr geringen Mengen stattfindet, wirken sich die indirekten Feuchtelasten durch die Nutzung der Sanitärräume (Wasserräume) zwar temporär, aber in sehr hohen Mengen als Lastspitzen aus. Während der Mensch in einer normalen Wohnsituation über einen Tag (24 h) etwas mehr als 1 l Wasserdampf an seine Umgebung (Raumluft) emittiert, ist

Feuchtequellen und -lasten in Wohneinheiten			
Ursache und Raumposition	Anreicherung mit Wasserdampf	Feuchte-Mittelwert (g/h)	Wasserdampf-Tagesmenge (l)
Mensch (Organisch) (normale Wohnsituation in der gesamten WE)	leichte Aktivität	30–60	0,72–1,44 (24 h)
	mittelschwere Tätigkeit	120–200	0,96–1,60 (8 h)
	schwere Arbeit	200–300	1,60–2,40 (8 h)
Pflanzen (Zimmerpflanzen der gesamten WE)	Topfpflanzen, z.B. je Veilchen	5–10	0,12–0,24 (24 h)
	Grünpflanzen, z.B. je Gummibaum	10–20	0,24–0,48 (24 h)
Nahrungszubereitung (in Küche/Kochbereich)	je Kochvorgang	60–1.500	0,12–3,00 (2 h)
Körperhygiene (in Duschbad und Badezimmer)	je Wannenbad	≈700	0,7
	je duschen	≈2.600	2,6
Waschen	4,5 kg schleudern und trocknen	20–200	0,02–0,20
Kochwäsche	4,5 kg tropfnass trocknen	100–500	0,10–0,50
Quelle: Frank Hartmann / WEKA-Verlag			

Feuchtequellen und -lasten in Wohneinheiten.
Quelle:
Frank Hartmann / WEKA-Verlag

es bereits die 2- bis 3-fache Menge für eine Duscheinheit.

Die Aufenthaltsdauer des Menschen in diesem umbauten Feuchtraum beträgt zwischen 10 und 40 Minuten. Eine Duscheinheit ist mit einer Warmwassermenge von mindestens 15 - 25 l zu veranschlagen, eine Badewanne mit 80 - 120 l und emittiert pro Einheit etwa 600 - 800 ml Wasserdampf in die Raumluft. Die Nutzung von Sanitärräumen zur Körperhygiene, Reinigung und Pflege des Körpers fordert also einen Warmwasserbedarf, woraus eine unmittelbare Last-Umwandlung in Form von Wasserdampf-Spitzenlasten resultiert.

Wasserdampf und Wärme

Dieser Prozess ist im Wesentlichen auf den Zeitraum der unmittelbaren Nutzung konzentriert. Der Ruhezustand eines solchen Raumes bedeutet also, dass gemittelt innerhalb von maximal 15 Minuten,

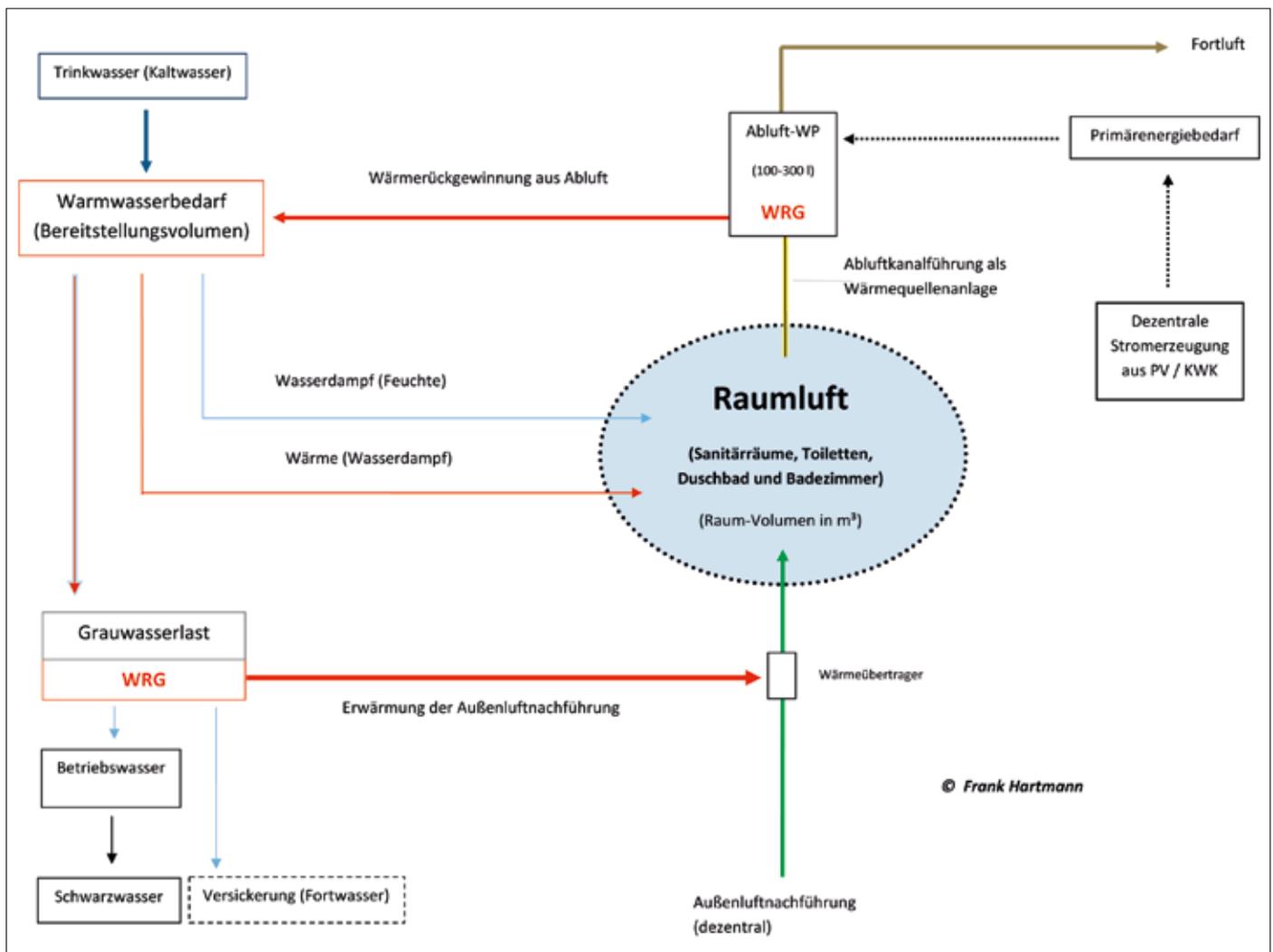
Unterschiedliche Anforderungen der Wärmebedarfe von Gebäuden	
Raumwärme	Warmwasser
Niedrige Systemtemperaturen möglich (35°C)	Hohe Systemtemperaturen notwendig (55°C)
Saisonaler (dynamischer) Bedarf	Ganzjähriger (temporärer) Bedarf
Sehr ausgeglichene Lasten	Sehr unausgeglichene Lasten (Spitzenlasten)

Systemschema der Energieströme in Sanitärräumen (Toiletten, Duschbäder, Badezimmer).
Quelle: Forum Wohnenergie/Frank Hartmann

bei einem Duschbad etwa 20 l Warmwasser benötigt werden und rund 650 ml Wasserdampf anfallen. Bei einem Wannenbad stehen etwa 100 l Warmwasser zu Buche, woraus innerhalb von etwa 30 Minuten aufgrund der geringen Oberfläche nur etwa 350 ml Wasserdampf resultieren. Daraus folgt, dass für ein Duschbad in der Hälfte der Zeit etwa die doppelte Menge Was-

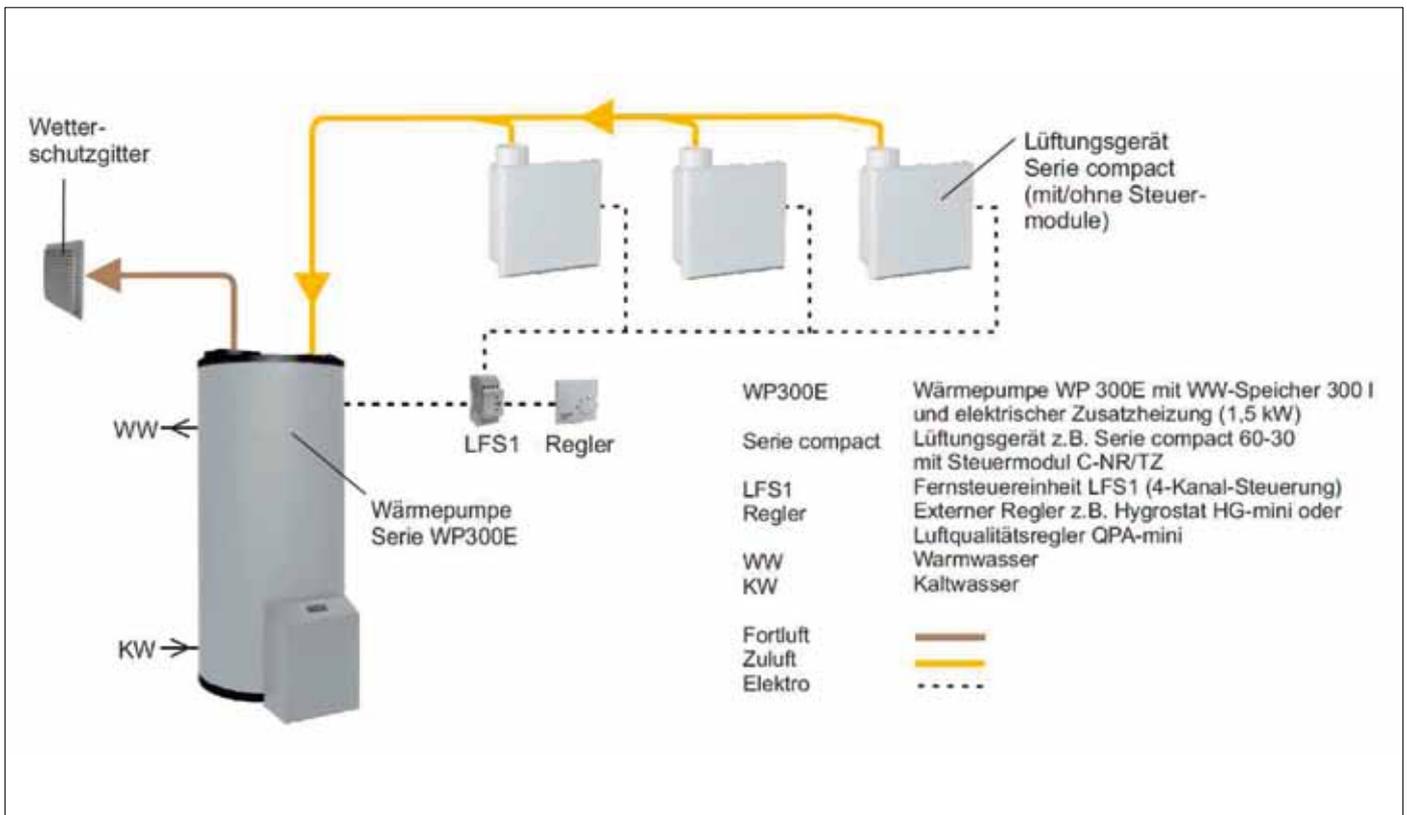
serdampf anfällt wie bei einem Wannenbad.

Wie wirkt sich diese Feuchte-Spitzenlast konkret auf den Raum und das Bauwerk aus? Wesentliche Kennwerte hierfür sind die Raumgröße mit dem daraus resultierenden Raumluftvolumen (in m³), die Raumlufttemperatur (in °C) sowie die hydro-thermischen Eigenschaften der um-



Systemschema der Energieströme in Sanitärräumen (Toiletten, Duschbäder, Badezimmer).

Quelle: Forum Wohnenergie/Frank Hartmann



Speicher-Warmwasser-Wärmepumpe mit Abluftsystem für 1- bis 2-Familienhäuser.

Quelle: Limot

schließenden Oberflächen wie auch der Wärmeschutz.

Besonders problematisch sind Duscbäder, da sie in der Regel (vor allem im Wohnungsbau!) deutlich kleiner sind als Badezimmer und ein geringeres Raumluftvolumen aufweisen, andererseits aber eine größere Spitzenlast bilden. Die Wasserdampfsättigung der Raumluft wird dabei in der Regel schon binnen kürzester Zeit der Nutzung erreicht. In solchen Fällen kommt dem Wärmeschutz der thermischen Hülle und den Baustoffen und -materialien eine besondere Bedeutung zu. Selbst wenn die Bauteile keinerlei Wärmebrücken aufweisen und die Baumaterialien eine vorübergehende Feuchtepufferung zulassen, muss dennoch gelüftet werden. Nicht zuletzt, um den Wasserdampf aus den Bauteilen weg zu lüften und um eine Feuchte-Regeneration des Bauteils zu ermöglichen und keine überhöhte Wasserdampfaktivität am oder im Bauteil zu provozieren. In diesem Zusammenhang ist immer von einem ausgeglichenen Luftfeuchteverhältnis als Basis (Ruhezustand des Raumes) auszugehen, das für die gesamte Wohneinheit bei einer (mittleren) Raumlufthtemperatur von 19 °C eine relative Raumlufthfeuchte von 55% Vol. im Mittel nicht überschreiten sollte.

Wärmekomfort und Feuchtelast

Eine hohe Raumlufthtemperatur bringt nicht nur die gewünschte Komfortwärme in diese sensiblen Räume, sondern auch die Fähigkeit einer hohen Wasserdampfaufnahmekapazität. Dies kommt der temporär auftretenden Last während des Duschens oder Badens dergestalt entgegen, dass mehr Wasserdampf von der Luft aufgenommen werden kann, bevor es sich, im Zustand der Sättigung, an Bauteile und Flächen als Kondenswasser niederlässt.

Auf dieser Basis zeigt sich die Sinnhaftigkeit einer Grundlast in Badezimmern und Duscbädern mit eben genau diesen Wärme- und Feuchtwerten für den normalen Betrieb (Toilette, Händewaschen) z.B. mittels Flächentemperierung. Will man unter die Dusche gehen oder in die Badewanne steigen, betätigt man zuerst den Handtuchheizkörper, um mittels flinker Regelgüte zeitnah eine Komfortwärme von bis zu 25 °C im Raum zu erreichen. Somit steigt die Wasserdampfaufnahmekapazität der Raumluft und bildet einen guten Ausgangszustand für die bevorstehende Wasserdampfspitze durch das Duschen oder Baden. Nach der Nutzung bietet der Handtuchheizkörper die Möglichkeit einer Nacherwärmung für Handtuch und Raumlufth.

In jedem Fall ist aber ein Luftwechsel – spätestens unmittelbar nach der Nutzung – notwendig, um den baulichen Feuchteschutz sicherzustellen. Befindet sich in einem Duscbad oder Badezimmer kein Fenster, wie es nicht selten im Mehrgeschoss-Wohnungsbau der Fall ist, besteht die baurechtliche Verpflichtung zu einer Zwangslüftung (Entlüftungsanlage gem. DIN 18017-3) in Form eines Abluftventilators mit einem Mindest-Abluftvolumenstrom von 40/60 m³/h. Doch auch in Räumen mit Fenstern, wo zumindest unmittelbar nach der Nutzung eine Fenster-



lüftung möglich wäre, ist es die Forderung eines nutzerunabhängigen Mindest-Luftwechsels zur Sicherstellung des baulichen Feuchteschutzes, welcher nach DIN 1946-6 zumindest eine Abluftanlage nahelegt.

Abluftbereiche und Warmwasserbedarf

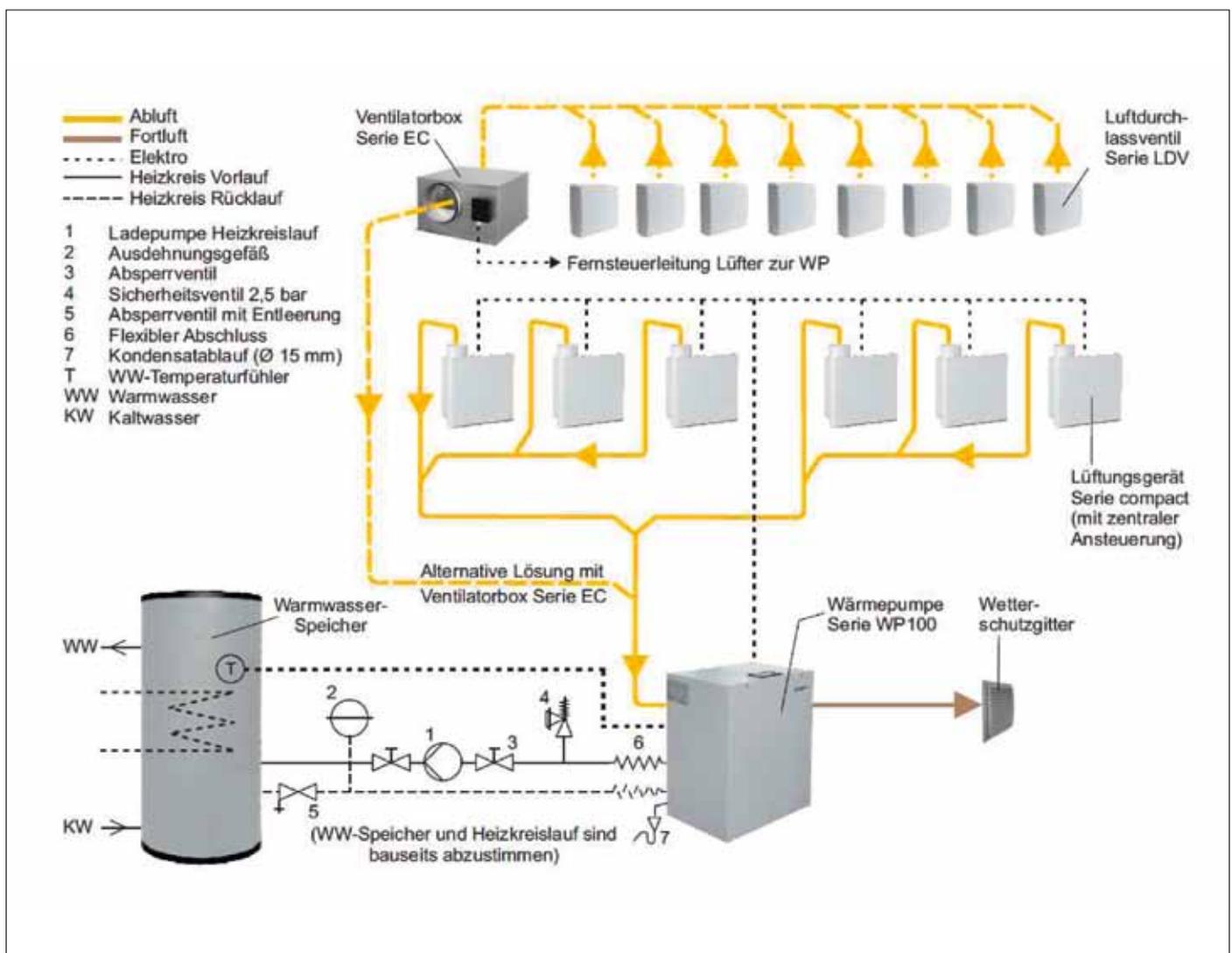
Eine weitere Gemeinsamkeit von Warmwasser- und Lüftungsbedarf ist neben dem korrelierenden Bereitstellungsgrad ihre nahezu durchgehende Anordnung in den Abluftbereichen. Nicht nur in den Badezimmern und Duscbädern, sondern auch in der Küche oder im Hauswirtschaftsraum befinden sich gleichermaßen Kaltwasser- wie Warmwasser-Entnahmestellen und werden gleichsam temporär genutzt. Daraus ergeben sich ebenfalls zeitgleich entsprechende Feuchtelasten. Aus der erhöhten Raumlufttemperatur in Ba-

dezimmern und Duscbädern profitiert der Wärmeinhalt der Abluft, die über eine Abluftsammelleitung aus dem Raum mittels Unterdruck abgeführt wird. Die Frage der Wärmerückgewinnung kann zwar rein lüftungstechnisch beantwortet werden, indem die Wärme aus der Abluft über den Wärmeübertrager eines Zentralen Lüftungsgerätes (Zu-Abluft-Anlage) an die Zuluft übertragen wird. Dieses Lüftungssystem wirkt sich allerdings auf die gesamte Wohneinheit aus, indem die Zuluftbereiche in dieses System eingebunden sind.

Die Warmwasserversorgung eines Duscbades sollte mindestens 30 l Warmwasser vorhalten, in einem Badezimmer mehr als 100 l Warmwasser, wie oben bereits ausgeführt. Nach der Nutzung (Tagesbedarf) gilt es diesen Warmwasserbedarf wieder zeitnah bereitzustellen. Die Trinkwassererwärmung startet unmittel-

bar nach der Nutzung, wo auch akuter Lüftungsbedarf besteht.

Die Warmwassertemperatur unterscheidet sich in der Bereitstellungstemperatur ($>55\text{ }^{\circ}\text{C}$) und Entnahmetemperatur ($<40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Dementsprechend hoch ist der Energieaufwand auf Basis einer Kalt-Trinkwassertemperatur von etwa $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ für einen Temperaturhub von entweder 30 oder 45 K. Ausschlaggebend ist die Art der Warmwasserversorgung. Bei einer zentralen Warmwasserversorgung sind naturgemäß höhere Energieaufwendungen notwendig, als es bei dezentralen Warmwasserversorgungssystemen der Fall ist. Vorteilhaft wirken sich bei einer wohnungszentralen Warmwasserversorgung die kurzen Leitungswege und geringen Vorhaltevolumen sowohl auf die Warmwasserhygiene und Energieeffizienz positiv aus.



Split-Warmwasser-Wärmepumpe mit Abluftsystem zur Unterstützung der zentralen Warmwasserversorgung bei größeren Wohneinheiten. Quelle: Limot

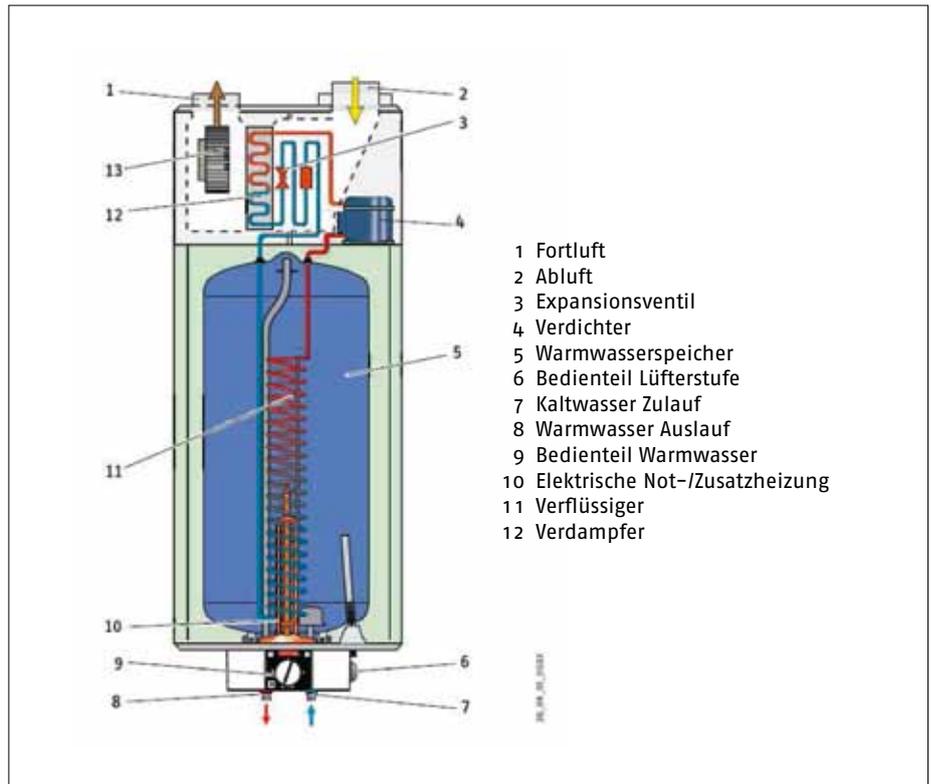
Nutzung der Feuchte- und Wärmequelle Abluft (Abluft-Warmwasser-Wärmepumpe)

Betrachtet man den Carnot-Prozess in diesem Zusammenhang, scheint es naheliegend, weniger mit einer konventionellen Lüftungstechnik mit WRG zu arbeiten, sondern die Abluft aus den Sanitärräumen konsequent als Wärmequelle zu begreifen. Eine Abluft-Warmwasser-Wärmepumpe könnte dabei als Bindeglied für die Warmwasserversorgung stehen. Die Wärmepumpentechnologie bietet für die Warmwasserversorgung sowohl zentrale als auch dezentrale, bzw. wohnungszentrale Systeme an. Diese ermöglichen eine Anwendungsvielfalt, die vom Einfamilienhaus bis zum Mehrgeschoss-Wohnungsbau reicht.

Im Mehrgeschoss-Wohnungsbau ist nicht selten eine dezentrale Warmwasserversorgung gefragt – ebenso wie ein Lüftungskonzept. In diesen mehrgeschossigen Wohngebäuden sind bauartbedingt nicht selten fensterlose Nassräume anzutreffen, was mindestens eine ventilatorgestützte Entlüftungsanlage nach DIN 18017-3 fordert. Diese ist beispielsweise mit einer dezentralen Abluft-Wärmepumpe realisierbar, wie sie der Markt für den Mehrgeschoss-Wohnungsbau mit einem Warmwasservolumen (Bereitstellung) von 100 l bietet. Der Temperaturbereich reicht dabei bis 65 °C und bedeutet eine Erweiterung des Warmwasservolumens hinsichtlich der Entnahmetemperatur (Mischtemperatur < 40 °C) über eine Badewannenbefüllung hinaus.

Fazit

Die energetische Betrachtung von Sanitärräumen insbesondere von Badezimmern, Duschen und Toiletten in Wohneinheiten (aber auch darüber hinaus) zeigt



Funktionsprinzip einer wohnungszentralen Abluft-Wärmepumpe.

Quelle: Stiebel Eltron

einen praxisrelevanten Bezug von Warmwasserbedarf und Lüftungsbedarf in Wohngebäuden. Abgesehen von statischen Berechnungsexzessen und oft sehr fragwürdigen Energiebilanzen besteht hier eine in der Praxis belastbare Analogie, die nicht nur von Bauherren und Entscheidern rasch nachvollzogen werden kann, sondern im professionellen Umgang mit Energie vor allem für Fachleute und Experten ein grundlegend neues Denken aufzeigt.

Energieeinsparung auf den Punkt zu bringen, heißt interne Energiepotenziale konsequent nutzen. Das kommt einer Energieautarkie auch wahrhaft nahe, wie sie nicht nur der mündige Bürger, son-

dern auch der Klimaschutz einfordert. Auch wenn die Wärmerückgewinnung aus Abluft einer weiteren Übung bedarf, sollte man darüber keinesfalls vergessen, die ungleich höheren Energiepotenziale einer Wärmerückgewinnung aus Grauwasser ebenfalls zu nutzen. ■

Autor: Frank Hartmann

Literatur:

Hartmann, Frank; Baubiologische Haustechnik, VDE-Verlag Berlin ISBN 978-3-8007-3494-8
 DIN-Fachbericht 4108-8 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 8 Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden
 „Leitfaden Luftdichtigkeitskonzept“, Fachverband Luftdichtigkeit in Bauwesen e.V. (FLB)
 DIN 18017 Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3 Lüftung mit Ventilatoren (2009-09)
 DIN 1946 Raumlufttechnik – Teil 6 Lüftung von Wohnungen – (2009-05)

MISCHWASSERTemperaturen AN DEN ENTNAHMESTELLEN

Gemäß der Gleichung zur Ermittlung der Mischtemperatur $\vartheta_m = \frac{m_k \cdot \vartheta_k + m_w \cdot \vartheta_w}{m_m}$ kann aus 100 l Warmwasser mit einer Temperatur von $m_w = 65^\circ\text{C}$ eine Mischtemperatur (m_m) von 200 l mit $\vartheta_m = 37,5^\circ\text{C}$ generiert werden. In Einfamilienhäusern kann eine Warmwasserwärmepumpe an zentraler Stelle im Hauswirtschaftsraum oder Keller aufgestellt werden und über den Abluft-Sammelkanal die Wärmequelle Abluft nutzen. Das Speichervolumen kann bis auf 300 bzw. maximal 400 l erweitert werden. Bei einem Speichervolumen > 400 l sind zusätzliche hygienische Maßnahmen (Hygiene-Inspektion) notwendig! Ausgehend von einer Speicher-Warmwasser-Wärmepumpe mit einem Bereitstellungsvolumen von 300 l Warmwasser mit einer maximalen Temperatur von 65 °C würde dies etwa 600 l Warmwasser mit einer Temperatur von 37,5 °C entsprechen, was auch der Kerntemperatur des menschlichen Körpers nahe kommt.