

Gerd Böhm*

WW-Speicher individuell bedarfsgerecht zu dimensionieren ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Zwar läßt sich der Bedarf üblicher Mehrfamilienhäuser mit der Bemessungsmethode nach DIN 4708 quasi routinemäßig behandeln, doch wird hier häufig der Zusammenhang von Speichervolumen und Erwärmlleistung zu wenig beachtet. Vor allem bei neueren Gebäuden führen Heizkessel, deren Leistung ausschließlich auf den Gebäudebedarf ausgerichtet ist, fast unweigerlich zu Problemen.

Die Bemessung von Trinkwasser-Erwärmungssystemen erfolgt in drei Schritten:

1. Analyse der Warmwasseranforderung und Zuordnung des Berechnungstyps
2. Durchführen der Berechnung
3. Auswahl des Speichers und Festlegen zugehöriger Betriebskriterien

1. Schritt: Analyse und Zuordnung des Berechnungstyps

Teil 1 der DIN 4708 (Zentrale Wassererwärmungsanlagen) nimmt dem Planer diese umfangreiche und schwierige Arbeit ab. Die angewendete Berechnungsmethode geht von definierten Bedarfsperioden aus, in deren Mitte der zehnmünütige Spitzenbedarf liegt. Die Bedarfsverteilung folgt einer modifizierten Gauß'schen Normalverteilung. Als Ergebnis werden „Bedarfskennzahlen“ (N) angegeben, die für den Bedarf von „Einheitswohnungen“ stehen (Bild 1). Teil 2 der Norm behandelt das Umrechnen real gegebener Wohnungen in eine Anzahl von Einheitswohnungen. Dies ist der ei-

* Dipl.-Ing. Gerd Böhm, Buderus Heiztechnik, 35576 Wetzlar, Telefax (0 64 41) 4 18 16 33



Bemessung zentraler WW-Speicher im Mehrfamilienhaus

Bedarfsgerecht dimensionieren

gentliche, mit der Speicherbemessung verbundene, Arbeitsaufwand. Anhand des vorgegebenen Formblatts ist die Berechnung manuell oder mittels PC routinemäßig durchführbar.

Mit DIN 4708 Teil 3 werden die Anforderungen der Bedarfskennzahlen in auf Prüfständen durchzuführende Zapfprogramme umgesetzt. Hersteller können so ihren Speichern „Leistungskennzahlen“ (N_L) zuordnen. $N_L = 8$ sagt z. B. aus, daß der Speicher die Anforderungen der Bedarfskennzahlen bis $N = 8$, also 8 Einheitswohnungen, erfüllen kann. Die Speicherauswahl erfolgt in entsprechender Weise nach dem Kriterium $N_L \geq N$, wobei zu beachten ist, daß zur N_L -Zahl immer auch eine bestimmte Erwärmlleistung gehört.

Das Zapfprogramm nach Teil 3 folgt der aus der Bedarfsverteilung sich ergebenden Summenlinie, ist aber wegen der leichteren prüfstandsmäßigen Durchführbarkeit als Treppenkurve (über die Zeit verteilte Entnahmehinterale mit unterschiedlichen Zapfraten) ausgebildet (Bild 2).

Nicht in den Geltungsbereich der DIN fallen Mehrfamilienhäuser, die überdurchschnittliche Gleichzeitigkeit der Spitzenanforderung erwarten lassen. Dazu gehören z. B. Werkwohnungen. Auch Hotels, Heime und ähnliche Objekte unterscheiden sich vom üblichen Mehrfamilienhaus durch zeitlich engere Bedarfsperioden mit Spitzenbedarf. Die Bedarfsverteilung innerhalb der Bedarfsperiode wird hier aber ebenfalls der

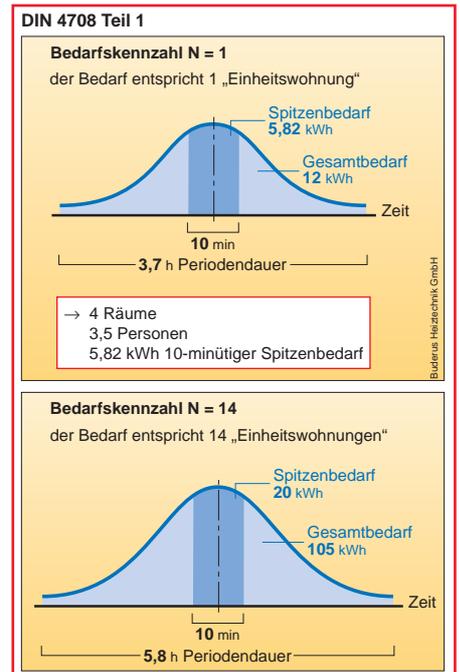


Bild 1 Bedarfsverteilung entsprechend den Bedarfskennzahlen 1 und 14 (der Verlauf ist schematisiert dargestellt)

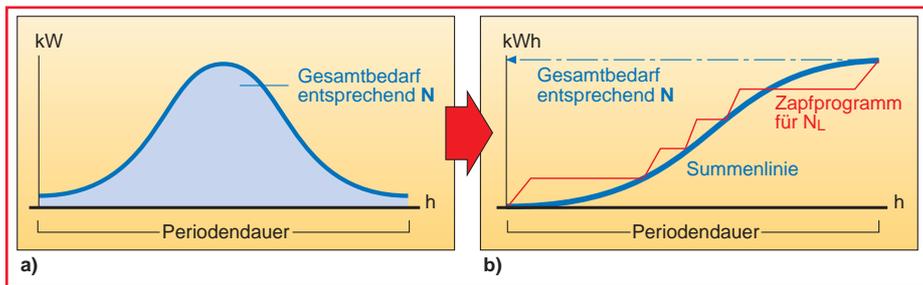


Bild 2
 a) Bedarfsverteilung bei Bedarfskennzahl N (nach DIN 4708 Teil 1)
 b) vorgegebenes Zapfprogramm zur Ermittlung der Leistungskennzahl $N_L = N$ (DIN 4708 Teil 3)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Lfd. Nr. der Wohnungsgruppen	Raumzahl r	Wohnungszahl n	Belegungszahl p	$n \cdot p$	Zapfstellen (je Wohnung) Zahl z	Kurzbeschreibung	Bedarf [kWh] w_v	Zapfstellenzahl x Zapfstellenbedarf [kWh] $z \cdot w_v$	[Wh] $n \cdot p \cdot \Sigma w_v$	Bemerkung	
Rechnungsgang:			Spalte:	3 · 4				6 · 8	5 · 9		
1	2	10	2,5	25	1	NB 1	5820	5820	145500	NB 1 muß gewählt werden	
2	4	2	3,5	7	1	NB 1	5820	5820	40740		
3	5	3	4,3	12,9	1	NB 1	5820	5820	75078		
		$\Sigma n =$						$\Sigma(n \cdot p \cdot \Sigma w_v) =$	261318		
(1)	$N = \frac{\Sigma(n \cdot p \cdot \Sigma w_v)}{3,5 \cdot 5820} = \frac{261318 \text{ Wh}}{20370 \text{ Wh}} = 12,8$										

Bild 3 Schematisierter Berechnungsgang nach DIN 4708 Teil 2

Gauß'schen Normalverteilung folgen, so daß die rechnerische Vorgehensweise grundsätzlich ähnlich der von DIN 4708 Blatt 1 sein kann. Allerdings ist kein Zusammenhang zur N - und N_L -Zahl herstellbar, so daß die Festlegung von Speichervolumen und Erwärmleistung auf andere Weise erfolgen muß.

2. Schritt: Durchführen der Berechnung

Die Speicherbemessung für das übliche Mehrfamilienhaus sowie der Zusammenhang der drei DIN-Blätter wird anhand eines Mehrfamilienhaus-Beispiels verdeutlicht:

Bedarfscharakteristik:
 durchschnittliche Gleichzeitigkeit nach DIN 4708 vorgegeben:

- 10 Wohnungen → 2 Zimmer mit je 1 Normalbrause, 1 Waschtisch, 1 Spüle
- 2 Wohnungen → 4 Zimmer mit je 1 Normalwanne, 1 Waschtisch, 1 Spüle
- 3 Wohnungen → Zimmer mit je 1 Normalwanne, 1 Waschtisch, 1 Spüle

Speichergröße l	Heizwasservorlauftemperatur °C	Leistungskennzahl N_L bei 60 °C	Dauerleistung	
			bei 60 °C Zapftemperatur kW	bei 45 °C Zapftemperatur kW
300	70	8,7	30,1	40,2
400	70	14,0	37,4	51,2
550	70	19,0	45,8	60,4

Bild 4 Auszug aus Buderus-Planungsunterlagen

Die Bedarfskennzahl N errechnet sich mit

$$N = \frac{\Sigma(n \cdot p' \cdot v \cdot w'_v)}{p \cdot w_v}$$

- n = Anzahl Wohnungen
- p' = gegebene Belegungszahl
- p = rechnerische Belegungszahl bei 1 „Einheitswohnung“ = 3,5 (3 bis 4)
- v = zu berücksichtigende Zapfstellenzahl
- w'_v = gegebener Zapfstellenbedarf
- w_v = rechnerischer Zapfstellenbedarf bei 1 „Einheitswohnung“ = 5,82 kWh

Die Berechnung kann schematisch mit Hilfe des in DIN 4708 Teil 2 vorgegebenen Formblattes erfolgen (Bild 3). Da im Beispiel keine Belegungszahlen (p') vorgegeben sind, kommen hier die in Abhängigkeit der Raumzahlen von der DIN genannten Personenzahlen zum Ansatz. Für die Zweizimmerwohnungen z. B. 2,5 (2 bis 3) Personen. Als Zapfstellenbedarf sind nach DIN auch die Normalbrausen wie die Normalwanne mit 5,82 kWh einzusetzen. Waschtisch und Spüle werden dagegen vernachlässigt.

Die Berechnung liefert die Bedarfskennzahl $N = 12,8$. Die real vorgegebenen 15 Wohnungen haben somit einen Warmwasseranspruch von 12,8 Einheitswohnungen.

3. Schritt: Auswahl des Speichers und Festlegen zugehöriger Betriebskriterien

Die Speicherauswahl erfolgt nach Herstellerunterlagen und dem Kriterium $N_L \geq N$ (Bild 4). Auszuwählen ist hier die Speichergröße 400 Liter mit $N_L = 14$. Als Erwärmleistung sind 37,4 kW bzw. 51,2 kW angegeben.

Die DIN liefert keinen klaren Zusammenhang zwischen Leistungskennzahl und Erwärmleistung. Die Herstellerangaben beziehen sich auf Warmwasser-Dauerleistung bei 45 °C bzw. 60 °C Auslauftemperatur, was für die Praxis aber kaum von Bedeutung ist, denn Dauerleistung ist bei Speicherbevorratung im allgemeinen nicht gefragt. Diese Angaben zeigen nur an, daß bei den gegebenen Temperaturverhältnissen 51,2 kW bzw. 37,4 kW vom Wärmetauscher im Speicher übertragen werden können und dies zum Erbringen der Leistungszahl ausreicht.

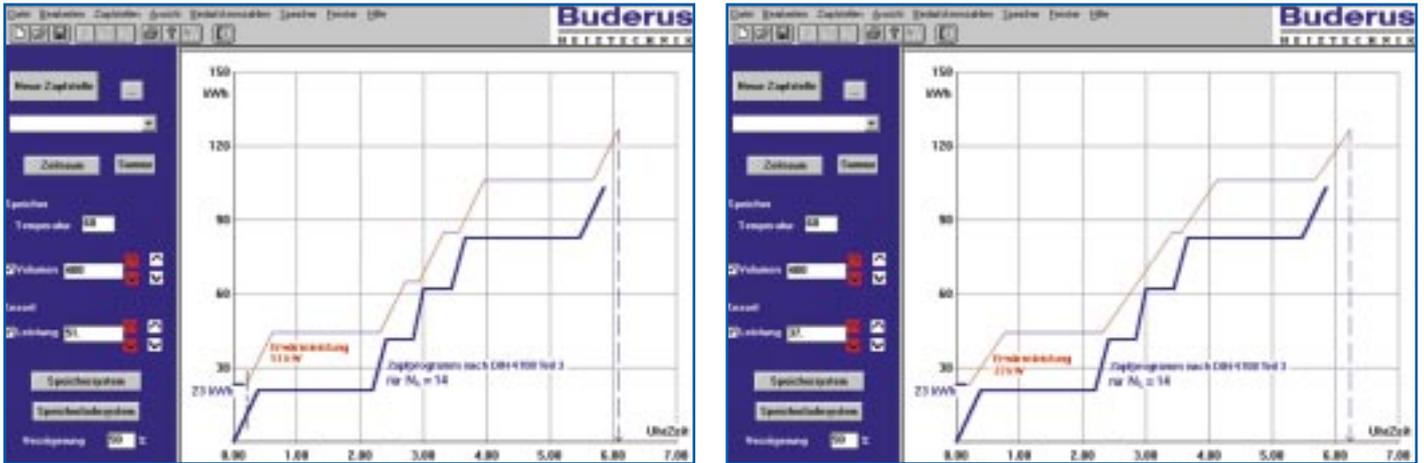


Bild 5a und b Vorgang der Speicher-Leistungsprüfung für $N_L = 14$ im Wärmeschaubild
 a) 400 Liter Speichervolumen und 51 kW Erwärmleistung, b) 400 Liter Speichervolumen und 37 kW Erwärmleistung

Klarheit über den Zusammenhang von Leistungskennzahl und Erwärmleistung ist durch Umsetzen des der N_L -Zahl zugeordneten Zapfprogrammes nach DIN 4708 Teil 3 in ein Wärmeschaubild zu gewinnen (Bild 5a). Im Wärmeschaubild werden die abgeforderten Warmwassermengen als Wärmemengen (Kapazitäten) über der Zeit aufgetragen, ebenso die mit der Erwärmleistung zugeführten Wärmemengen. Die Steigungen der sich ergebenden Linienzüge geben die entsprechenden Leistungen wieder \rightarrow kWh/h = kW.

Aus dem Wärmeschaubild ist der Ablauf ersichtlich. Zu Beginn des Zapfprogramms ist der 400-Liter-Speicher mit 60 °C durchgeladen. Seine Kapazität beträgt $400/860 \cdot (60 - 10) = 23$ kWh. Durch den in halber Speicherhöhe angeordneten Temperaturfühler wird die Erwärmleistung erst bei 50 % Teilentleerung und entsprechender zeitlicher Verzögerung angefordert. Die Anforderung wird mit Erreichen der Speicherkapazität wieder beendet. Dieser Vorgang wiederholt sich nun bei jeder Stufe. Daß Speichervolumen (besser: Speicherkapazität) und Erwärmleistung zur Abdeckung von $N_L = 14$ ausreichen, zeigt sich im Wärmeschaubild wie folgt:

Speicherkapazität ausreichend \rightarrow Die Speicherkapazität ist größer als der größte Stufenbedarf.

Erwärmleistung 51 kW ausreichend \rightarrow Die Erwärmleistung ist in der Lage, die erforderliche Kapazität der nächsten Stufe rechtzeitig bereitzustellen.

Bild 5b zeigt den gleichen Ablauf mit den im Datenblatt angegebenen 37 kW. Es ist zu sehen, daß bei Unterschreiten dieser Leistung der Speicher für das dritte Zapfintervall nicht mehr rechtzeitig durchgeladen wäre. Als Folge des deutlich reduzierten Wärmebedarfs neuer Gebäude kommt der Kessel-Leistungsdimensionierung unter Berücksichtigung der Warmwasseranforderungen erhöhte Bedeutung zu. In Bild 6 sind die Leistungsanforderungen zur Erbringung der N_L -Zahl sowie der Beheizung älterer und neuerer Gebäude gegenübergestellt. War früher mit der Leistungsausrichtung nach dem Gebäudebedarf immer auch ausreichend Reserve für die Warmwasserbereitung vorhanden, so muß diese heute bewußt vorgesehen werden. Die Bezeichnung „Reserve“ ist dabei nicht richtig, denn für die Bemessung bestimmend ist immer die höchste zu erwartende Anforderung und nicht die geringste.

Nach DIN 4708 Teil 2 sind drei Bedingungen zu erfüllen.

Bedingung 1: $N_L \geq N$

Bedingung 2: $\dot{Q}_K \geq \dot{Q}_D$

$\dot{Q}_K^{\dot{Y}}$ = Kesselleistung

$\dot{Q}_D^{\dot{Y}}$ = zur Erreichung der N_L -Zahl notwendige Dauerleistung

Bedingung 3: $\dot{Q}_K \geq \dot{Q}_{N_{Geb}} + \dot{Q}_{WW}$

$\dot{Q}_{N_{Geb}}$ = Normheizleistung des Gebäudes

\dot{Q}_{WW} = zusätzliche zur Trinkwassererwärmung erforderliche Leistung

Zur Bestimmung der Leistung $\dot{Q}_{WW}^{\dot{Y}}$ gibt die DIN in Teil 2 eine kompliziert anzusehende, aber trotzdem einfach anwendbare Gleichung an. Bild 7 zeigt deren grafische Umsetzung und Zuordnung zu Bedarfskennzahlen bzw. Speichergößen.

Für das Zwei- bzw. Zwanzigfamilienhaus mit Standard nach Wärmeschutzverordnung 1995 nach Bild 6 ergibt sich damit für die Kesselleistung:

- Zwei-Familienhaus Warmwasseranforderung hier gleichgesetzt mit $N = 2$

$$\dot{Q}_{N_{Geb}} = 10 \text{ kW}$$

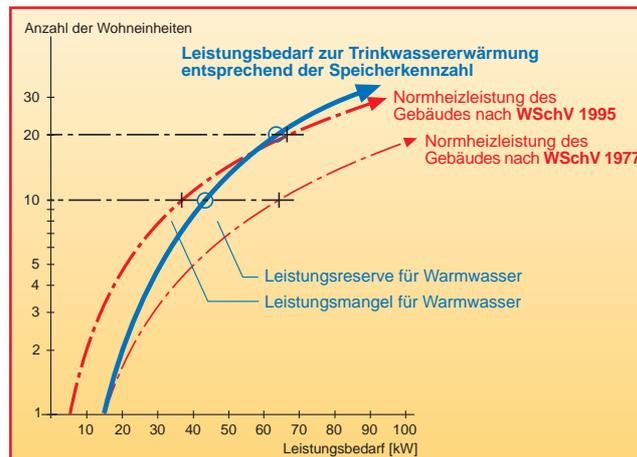


Bild 6 Typische Leistungsanforderungen für Heizung und Trinkwassererwärmung

Bedingung 1: $N_L \geq 2 \rightarrow$ Speicher 150 Liter mit $N_L = 2,1$ und $Q_D = 20$ kW

Bedingung 2: $Q_K \geq 20$ kW

Bedingung 3: $Q_K \geq 10$ kW + 4, 1 kW = **14,1 kW**

Die Kesselleistung wird in diesem Fall von Bedingung 2 mit ≥ 20 kW bestimmt.

● Zwanzig-Familienhaus
Warmwasseranforderung hier gleichgesetzt mit $N = 20$

$$Q_{N_{\text{Geb}}} = 67 \text{ kW}$$

Bedingung 1: $N_L \geq 20 \rightarrow$ Speicher 150 Liter mit $N_L = 20$ und $Q_D^Y = 63$ kW

Bedingung 2: $Q_K \geq 63$ kW

Bedingung 3: $Q_K \geq 67$ kW + 26 kW = **93 kW**

Die Kesselleistung wird in diesem Fall von Bedingung 3 mit **93 kW** bestimmt.

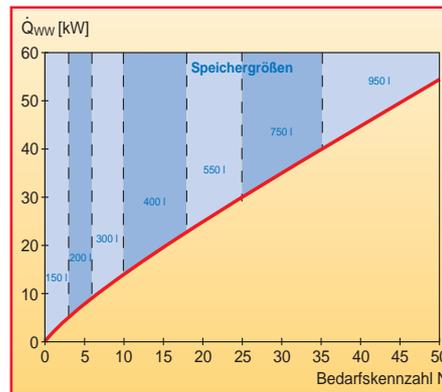


Bild 7 Leistungsanteil für Trinkwassererwärmung (nach DIN 4708 Teil 2)

Die durchgeführten Beispiele sollten deutlich gemacht haben, daß mit Hinblick auf einen zu erfüllenden Warmwasserbedarf, Speichervolumen und Erwärmleistung als zusammengehörige Komponenten verstanden werden müssen. Die-

ser Aspekt trat bislang wegen des im Ein- und Mehrfamilienhaus meist dominierenden Heizleistungsbedarfs und der darauf ausgerichteten Kesselleistung in den Hintergrund. Bei nach Wärmeschutzverordnung 1995 errichteten Gebäuden haben sich die Verhältnisse etwa bis zum Fünfzehn-Familienhaus umgekehrt. Aber auch darüber hinaus muß der Warmwasserbedarf noch mit einem bestimmten Leistungsanteil (3. Bedingung nach DIN 4708 Teil 2) Berücksichtigung finden.

Der mitunter zu hörende Einwurf, die DIN würde zu hohe Warmwasserbedarfe ansetzen, ist im Einzelfall zweifellos zutreffend. Allerdings gibt es neben Sparbrausen auch Schwallbrausen, „Duschoasen“ mit mehreren Seitenbrausen, Ganzkörperduschen usw. Für den Praktiker ist es jedenfalls besser bei einer so sensiblen Angelegenheit wie dem Warmwasserkomfort, und einer auf lange Zeit ausgerichteten Festlegung, auf der sicheren Seite zu sein und sich notfalls auch auf die DIN berufen zu können. □