

Eine neue Haustechnikgeneration für moderne Einfamilienhäuser

Wird die Kesselleistung bei Niedrigenergiehäusern von der Warmwasserbereitung bestimmt?

Oliver Vocks, Frank Triesch¹⁾

In Veröffentlichungen wird immer wieder darauf hingewiesen, dass die thermische Leistung von Heizkesseln für Einfamilienhäuser von der Warmwasserbereitung bestimmt wird, und dies bereits seit der Einführung der Wärmeschutzverordnung von 1995 [1, 2]. Der folgende Beitrag – das Ergebnis einer Praktikumsarbeit – soll an einem Beispiel zeigen, dass dies selbst für Niedrigenergiehäuser nicht gelten muss.

Das betrachtete Musterhaus ist zweietagig, nicht unterkellert und die Wärmedurchgangs-Koeffizienten wurden so gewählt, dass sie im Ergebnis der EnEV – dem Standard für Niedrigenergiehäuser entsprechen. Das Gebäude hat eine Nutzfläche von 121 m². Der nach DIN 4701 ermittelte Wärmebedarf in Höhe von 4,2 kW wird durch eine Warmwasserheizungsanlage gedeckt. Der nach VDI 2067 Blatt 2 berechnete Jahresheizwärmebedarf beträgt 6760 kWh/a.

Der Warmwasserbedarf dieses 4-Personen-Haushaltes ist ebenfalls durch die Leistung des Wärmeerzeugers zu decken. In der VDI 2067 Blatt 4 ist ein mittlerer Pro-Kopf-Warmwasserverbrauch in Höhe von 45 l/d (45°C) vorgesehen, wofür ein Energieaufwand von 2628 kWh/a entsteht. Weitere 1516 kWh/a müssen aufgebracht werden, um die Wärmeverlustströme – unter anderem für die Warmwasserzirkulation auszugleichen. Somit ergibt sich für die Warmwasserbereitung ein Anteil von 38 % am Gesamtwärmebedarf. Rein aus dem ermittelten Jahreswärmebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung ließe sich schlussfolgern, dass für die Bereitstellung des Brauchwarmwassers nicht unbedingt

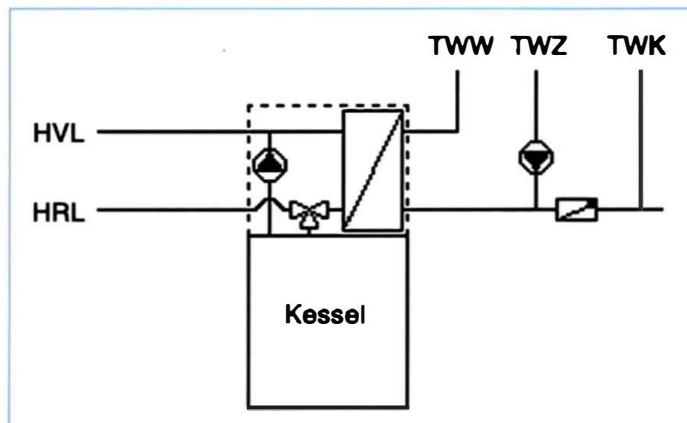


Bild 1: Durchflusssystem einer modulierenden Wandtherme.

ein höherer thermischer Leistungsbedarf als für die Heizung entstehen muss. Gleichzeitig wird deutlich, dass in Niedrigenergiehäusern Lösungen zum Einsatz kommen sollten, die zur Verringerung der Wärmeverluste bei der Brauchwarmwasserbereitung beitragen, um deren Anteil von derzeit 14% am Gesamtwärmebedarf entscheidend zu verringern.

Unterschiedliche Verfahren der Brauchwarmwasserbereitung

Die Auslegung der Leistung von Wassererwärmungsanlagen ist in der DIN 4708 genormt. Die Entnahmestellen für Brauchwasser sind im betrachteten Musterhaus eine Standard-Badewanne (140l) und ein Handwaschbecken, das sich im WC-

Bereich befindet. Weitere Auslaufarmaturen, die nicht räumlich von den vorher genannten getrennt sind, sowie die Küchenspüle bleiben lt. DIN unberücksichtigt.

In die Betrachtungen sind drei verschiedene Anlagenkonzepte für die Warmwasserbe-

Duo- bzw. Kombispeichern gegeben. Die Wärmeübertragung findet aus gepuffertem Heizungswasser statt, in welchem ein zweiter Speicher (Bild 3a) oder eine Heizschlange (Bild 3b) für die Trinkwassererwärmung angeordnet ist. Auch externe Wärmeübertragungssysteme mit Heizwasserumwälzpumpen sind bekannt [3].

Auslegung der unterschiedlichen Wassererwärmer

Die DIN-gerechte Auslegung mit einer Bedarfskennzahl von 1,3 ergab für den Durchflusssystemerwärmer (Bilder 1, 3b) einen Spitzenwärmebedarf von 39 kW. Mittels des Gleichzeitigkeitsfaktors der TU Dresden, der aus praxisnahen Tests abgeleitet wurde [4], sinkt die erforderliche Leistung auf 35 kW, was einer Bedarfskennzahl von 1,0 entsprechen würde. Es sind am Markt nur wenige Systeme der Durchflusssystemerwärmung mit Kessel ohne Speicher nach Bild 1 bekannt, welche eine solche thermische Leistung bereitstellen [z. B. 5]. Daraus muss abgeleitet werden, dass zum Beispiel mit üblichen Kombi-Wandthermen kleinerer Warmwasserbereitungsleistung mehr oder weniger große Kompromisse beim Komfort der Warmwasserbereitung eingegangen werden müssten.

Um Komforteinbußen zu umgehen und die erforderliche Kesselleistung zu verringern, werden die aufwändigeren Speicherwassererwärmungssysteme eingesetzt (Bilder 2, 3a). Unter dem Gesichtspunkt minimaler Kesselleistung wurde ein erforderliches Speichervolumen von 170 Litern ermittelt.

Eine weitere Möglichkeit der Brauchwarmwasserbereitung ist mit der Nutzung von

¹⁾ Oliver Vocks, Student der HTWK Leipzig; Dr.-Ing. Frank Triesch, Ing.-Büro Thermo Integral, Leipzig; Fax: (0341) 2522763; triesch@gmx.de

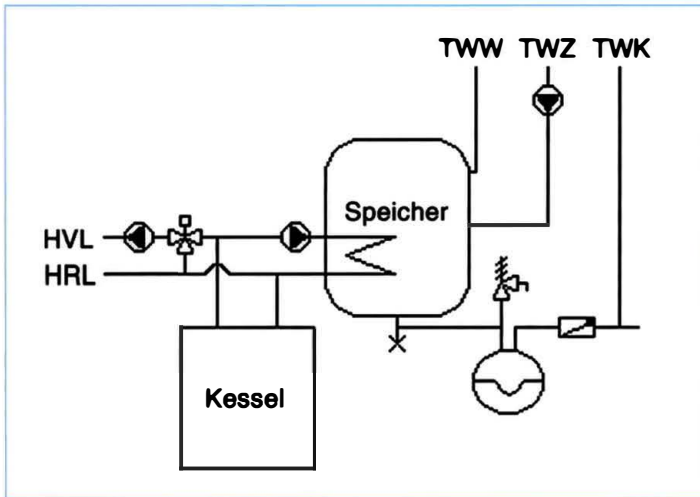


Bild 2a: Herkömmliches Warmwasservorratsspeichersystem.

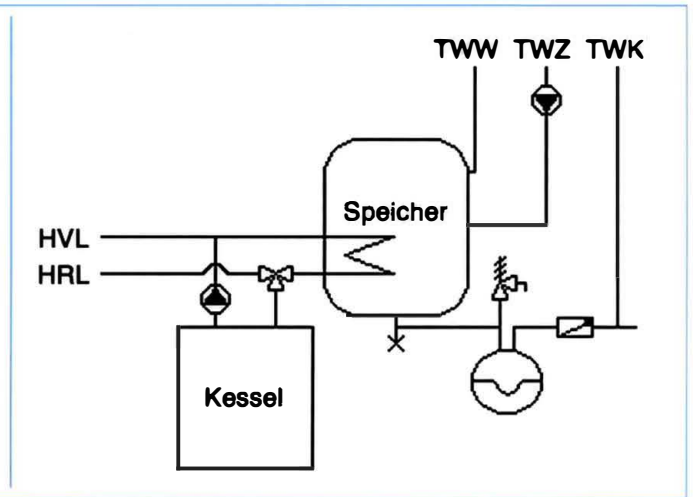


Bild 2b: Warmwasservorratsspeichersystem mit Warmwasservorrangschaltung und modulierendem Brenner.

Aus den Katalogangaben mehrerer Hersteller kann man eine passende Speichergröße von 200 Litern entnehmen, wobei nicht auszuschließen ist, dass es auch entsprechendere Speicher am Markt gibt. Die nächstkleinere gängige Speichergröße von 150 Litern (-12 %) sowie natürlich alle anderen kleineren Speichergrößen wären jedoch nicht ausreichend zur Erfüllung der Komfortvorgaben.

Der normgerechte minimale Kesselzuschlag für die Erwärmung des Trinkwassers für den betrachteten Haushalt beträgt 3,6 kW, was zu einer erforderlichen Kesselleistung von nur 7,8 kW führt.

Es konnte somit die Annahme bestätigt werden, dass bei normgerechter Auslegung die

Kesselleistung auch in Niedrigenergiehäusern nicht von der Warmwasserbereitung bestimmt wird.

Aufheizzeit

Der auf der statistischen Grundlage der Gauss'schen Normalverteilung ermittelte Kesselzuschlag von 3,6 kW führt dazu, dass es nach einer Badewannenfüllung aus einem Speicher der passenden Größe von 170 Litern – linear betrachtet – etwa eindreiviertel Stunden dauern würde, bevor ein entladener Speicher das nächste Wannenbad mit der entsprechenden Temperatur von 45 °C gewährleisten kann (der Speicher wird ohne Schichtung von unten nach oben geladen). Auf Grund der Reserve einer zu

wählenden Speichergröße von 200 Litern würde sich die Wartezeit auf anderthalb Stunden reduzieren.

Ein Duschbad mit Sparbrause und 40 Litern Wasserverbrauch wäre bereits ca. 27 Minuten nach Ladungsbeginn, also praktisch im Anschluss an ein ausgiebiges Wannenbad wieder möglich, wenn der Warmwasserspeicher geschichtet geladen und entladen würde. Eine saubere Schichtung wird bislang aber nur von wenigen Speichern geboten [z.B. 6, 7]. Bei allen herkömmlichen Speichern wird sich die Aufheizzeit noch verlängern, da mit zunehmender Beladung die übertragbare Heizleistung stark zurückgeht.

Warmwasservorrangschaltung

Bei den bisherigen Betrachtungen wird die Heizleistung durch die Warmwasserbereitung nicht beeinträchtigt (Bild 2a). Heute übliche Kesselregelungen schließen jedoch die Möglichkeit der Warmwasservorrangschaltung mit ein (Bild 2b). Dabei wird der Warmwasserspeicher durch Abschaltung der Raumheizung in möglichst kurzer Zeit aufgeladen. In der Regel sollte die Abschaltung nicht länger als 20 Minuten andauern, um Behaglichkeitseinbußen zu vermeiden. Dieser zeitlich begrenzende Wert stammt aus einer älteren Ausgabe der DIN 4708 [8] und muss heute als flexibel betrachtet und den örtlichen

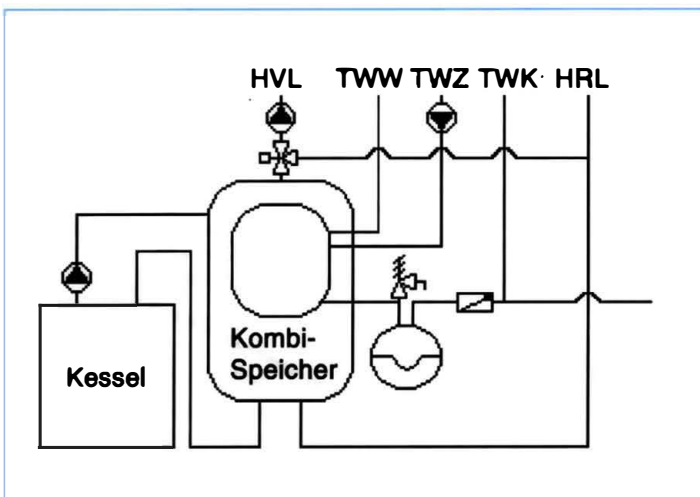


Bild 3a: Duospeicherwassererwärmer.

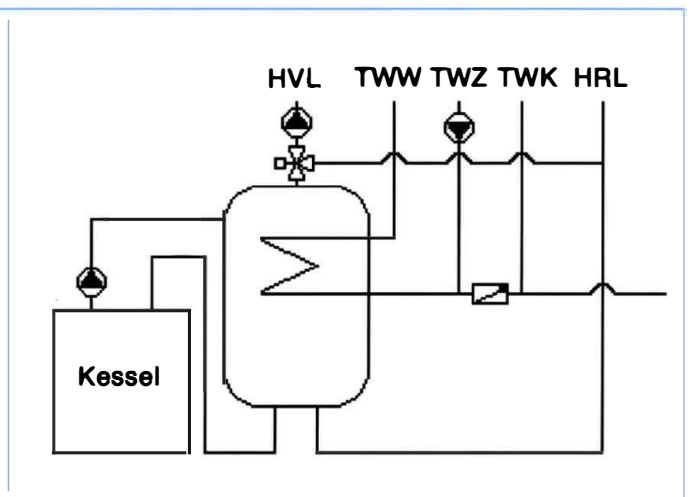


Bild 3b: Pufferspeicherdurchflusswassererwärmer.

Gegebenheiten angepasst werden.

Die aufzubringende Kesselleistung für eine Warmwasservorrangschaltung beträgt 19,7 kW bei konstanter Speichergröße von 170 Litern.

Die Berechnung von Speichergröße und Kesselleistung bei Warmwasservorrangschaltung ist in der DIN 4708 nicht enthalten.

Preisvergleich

Bei einem Vergleich der Systemkosten für Warmwasserspeicher und Wandheizkessel ergab sich für die Variante mit Warmwasservorrangschaltung ein Mehrpreis gegenüber der normgerechten Auslegung. Bei der Variante „kleiner Kessel/großer Speicher“ können mit dem Brennstoff Gas weitere jährliche Einsparungen durch die Reduzierung des Leistungspreises entstehen, wenn das Versorgungsunternehmen diesen erhebt.

Für das Pufferspeichersystem (Bild 3a) liegen die Kosten ohne bzw. mit Warmwasservorrang gegenüber den Anlagen nach den Bildern 2a und 2b zur Zeit noch um ca. die Hälfte höher. Dies wird durch eine Brennstoffersparnis und

längere Lebensdauer relativiert, da neben dem Brauchwasser auch das Heizungswasser gepuffert wird und somit der Brenner seltener und dann länger und im optimalen Betriebspunkt laufen kann.

Mögliche Entwicklungsrichtungen für moderne Brauchwasserspeicher

Wie sich aus den Betrachtungen bereits ableiten lässt, müsste die zukünftige Entwicklung der Brauchwasserbereitung hin zu einer feineren Abstufung in den Speichergrößen führen, zum Beispiel in Schritten zu 10 Litern. Passende Speichergrößen verringern die Verweilzeit des Brauchwassers im Speicher, die benötigte Standfläche und die ständigen Wärmeverluste im Aufstellungsraum.

Brauchwasserspeicher sollten zur besseren Ausnutzung des Wärmeinhaltes von Brennstoff und Speicher auf der Heizungs- als auch auf der Brauchwasserseite – die Zirkulation eingeschlossen – als Schichtenspeicher ausgeführt sein, also auf den Speicherinhalt bezogen hohe spezifische N_L -Zahlen aufweisen und niedrige Heizwasserrücklauftemperaturen

ermöglichen. Auch dies führt zu kleineren Speicher- und Kesselgrößen.

Weiterhin könnte die Speichergröße durch ein höheres Temperaturniveau des gespeicherten Brauchwassers verringert bzw. angepasst werden. Das nachfolgende Nomogramm zeigt in seiner rechten Hälfte die sich ergebende Flexibilität bei der Auswahl eines Speichers durch die Anpassung der lieferbaren Speichergröße an das rechnerisch ermittelte Speichervolumen mit Hilfe der Speichertemperatur.

Für das betrachtete Beispiel könnte durch die Erhöhung der Speichertemperatur von 45°C auf 65°C ein 107 Liter großer Speicher die erforderliche Wärmemenge aufnehmen, also ein nur etwa halb so großer Speicher gegenüber dem jetzt zur Verfügung stehenden mit 200 Litern.

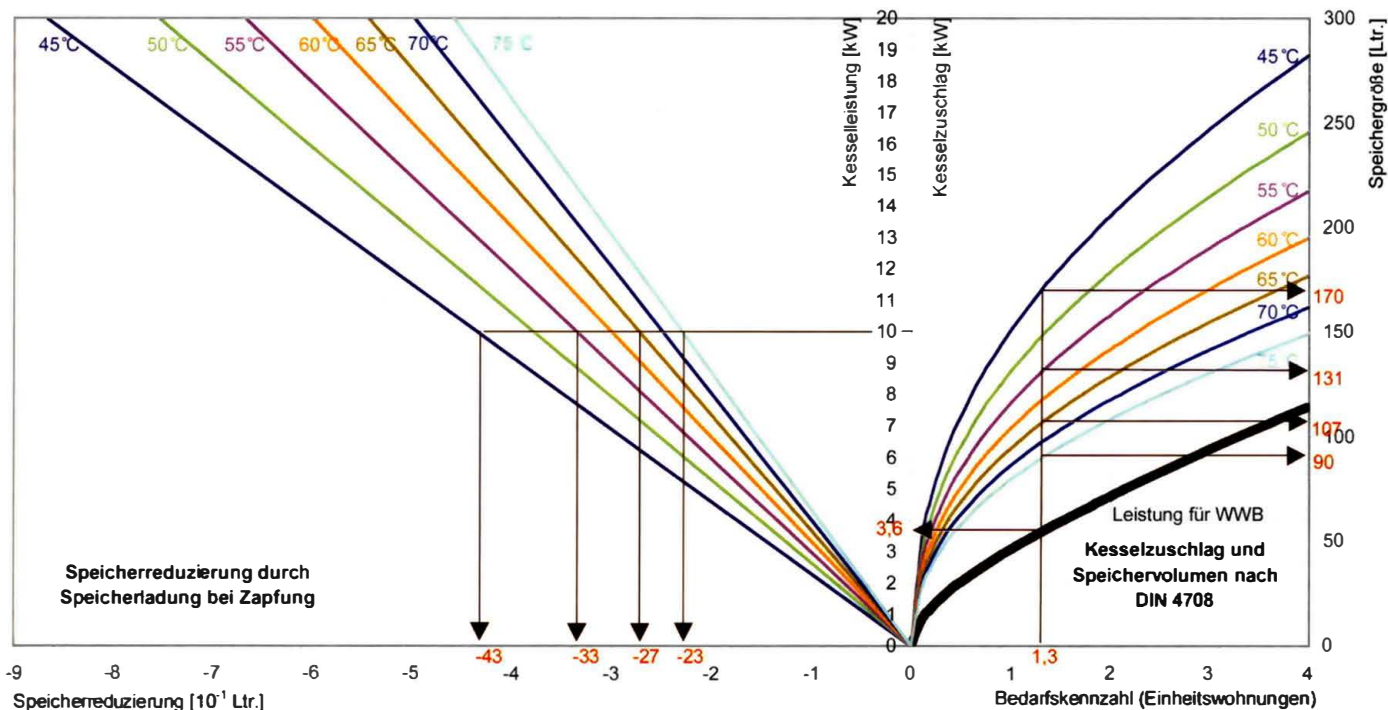
Speicher mit angehobener Warmwassertemperatur müssten zusätzlich mit einem thermostatischen Brauchwassermischventil und einer verstärkten Wärmedämmung ausgeführt werden, wie sie heute bereits an modernen Solarspeichern üblich sind. Ebenso muss gewährleistet

sein, dass trotz höherer Speichertemperaturen aus dem Frischwasser keine übermäßige Kalkausfällung an den Wärmeübertragern erfolgt. En passant kann mit höheren Speichertemperaturen der Legionellenproblematik auch bei kleinen Speichergrößen begegnet werden, wo Gegenmaßnahmen bisher nicht gefordert werden.

Dem Ziel der Minimierung der Speichergröße kann auch die Warmwasservorrangschaltung unter Einbeziehung der Nachladung bereits während des Zapfvorganges dienen. Bedingung dafür ist natürlich die entsprechende Platzierung des Temperaturfühlers weit unten am Speicher. Es wurden Algorithmen für die Auslegung dieser Form der Warmwasservorrangschaltung erstellt.

Im Ergebnis kann durch die Nachladung bereits während des Zapfvorganges das erforderliche Speichervolumen mit 85 Litern um 50% verringert werden, die für die kurze Speicherdauerzeit erforderliche Kesselleistung ist dabei natürlich mit 19,7 kW konstant und gegenüber dem Parallelbetrieb um 151% höher.

Nomogramm zur Bestimmung von Kesselzuschlag und Warmwasserspeichergröße (rechts) sowie Speicherreduzierung durch Speicherladung bei Zapfung (links) für bis zu 4 Einheitswohnungen und Speichertemperaturen von 45°C bis 75°C (Kaltwassereintrittstemperatur 10°C)



Ergebnis-zusammenfassung für N=1,3	Speicherladung nach Zapfung		Vorrangschaltung + Speicherladung bei Zapfung	Kombinierte Vorrangschaltung	Kombinierte Vorrangschaltung + Speicherladung bei Zapfung		
	Parallel	Vorrang			erfordl. Kesselstg.	verfügb. Kesselstg.	
Speicher-volumen [l] bei	45°C	170	170	85	170	137	127
	55°C	131	131	66	131	105	98
	65°C	107	107	53	107	86	80
	75°C	90	90	45	90	72	67
Kesselleistung [kW]	3,6	19,7	19,7	7,8	7,8	7,8	10
Aufheizzeit [min]	Sommer	108	20	10 +10 bei Zapfung	50	40 +10 bei Zapfung	25 +10 bei Zapfung
	Winter	108	20	10 +10 bei Zapfung	85	75 +10 bei Zapfung	36 +10 bei Zapfung

Tabelle 1

Eine kleinere Kesselleistung kann durch eine kombinierte Warmwasservorrangschaltung erreicht werden. Sie muss die zulässige Zeit der Abschaltung der Raumbeheizung berücksichtigen, um in den Grenzen der Behaglichkeit zu bleiben. In dieser Zeit wird der Warmwasserspeicher zwar nicht vollständig geladen, und die restliche Aufheizung muss im Parallelbetrieb erfolgen.

Die Aufheizzeit von eindreiviertel Stunden für einen 170 Liter-Speicher mit einem 7,8 kW Wandkessel kann so jedoch – je nach Jahreszeit auf 85 bzw. 50 Minuten reduziert werden.

Führt man weiterhin die kombinierte Vorrangschaltung bereits ab Zapfbeginn durch, so kann bei einer Kesselleistung von 7,8 kW die erforderliche Speichergröße bei 45°C auf 137 Liter reduziert werden. Entsprechend bei 55 oder 65°C Speichertemperatur sinkt die Speichergröße weiter auf 105 bzw. 86 Liter. Letzteres entspricht nur noch der Hälfte der herkömmlich erforderlichen Speichergröße! Bei einer verfügbaren Kesselleistung von 10 kW ergeben sich entsprechend 98 bzw. 80 Liter (siehe Speicherreduzierung in der linken Hälfte des abgebildeten Nomogramms).

Die Dauer der Heizungsabschaltung bei kombinierter Vorrangschaltung sollte wählbar sein, um sie an die Speicherkapazität der Umfassungskonstruktionen des jeweiligen Gebäudes und das Empfinden der Bewohner anpassen zu können.

Fazit – Ausblick

Zur Wahrung der Übersichtlichkeit sind die erforderlichen Speichergrößen und Kesselleistungen für die verschiedenen Varianten und Variantenkombinationen noch einmal in Tabelle 1 zusammengefasst.

Für das betrachtete Niedrigenergiehaus wäre es mit der kombinierten Warmwasservorrangschaltung ab Zapfbeginn und einer Speichertemperatur von 65°C somit möglich, mit einer Kesselleistung von 7,8 kW einen Warmwasserspeicher von 86 Litern innerhalb von 40 bis maximal 75 Minuten zu beladen und einer vierköpfigen Familie stets ausreichend warmes Wasser zur Verfügung zu stellen.

Dieses Ergebnis einer Praktikumsarbeit zeigt, dass bei intensiver Analyse auch an scheinbar unverrückbaren Standards noch wesentliche Verbesserungen zu erzielen sind. Be-

sonders groß wird der Gewinn, wenn man sich dabei am Prinzip „Weniger ist mehr!“ orientiert.

Die Autoren suchen nun interessierte Partner aus der Industrie, um mit der Entwicklung moderner Warmwasserspeicher die gewonnenen Erkenntnisse in der Praxis umzusetzen. Der Markt scheint reif für neue Lösungen, wie die Verkaufserfolge der ersten auf dem Markt erschienenen Neuentwicklungen zeigen.

Auch andere Elemente der Haustechnik sollten darauf hin untersucht werden, ob sie nicht eine umwälzende Erneuerung insbesondere aus Sicht der Anwendung im Niedrigenergiehaus erfordern. In loser Folge werden die Autoren ihre unabhängigen Gedanken dazu einbringen.

Literatur:

[1] Hans Schneider: Die Zukunft der Ölheizung im Niedrigenergiehaus; Heizungsjournal, 3, 1999, S. 108-113

[2] Frank Sprenger: Trends in der Heizungsbranche; sbz 16, August 2002, S. 36-41

[3] DP 196 42 179.9-09: Vorrichtung für die Bereitung von Brauchwarmwasser; 13.10.96

[4] Zschernig: Durchflusswassererwärmung contra Speicherladesystem; Vortrag anlässlich des Fernwärmekolloquiums der AGFW in Essen, 19. Februar 1998

[5] Sonnen-Gas-Combi und neuer Gas - Brennwertkessel „HR 3000“ von ATAG-Heizspezialisten; Heizungsjournal, 7/8, 2002, S. 80-81

[6] Vaillant - Broschüre System ecoCOMPACT

[7] „besser mit Brötje“ – eine Verpflichtung wird erfüllt; Heizungsjournal, 7/8, 2002, S. 77-79

[8] DIN 4708 Teil 3: Zentrale Wassererwärmungsanlagen – Regeln zur Leistungsprüfung von Wassererwärmern für Wohnbauten; Oktober 1979.