Warmwasserbedarf von Wohnungen – automatengestützte Auslegung einer Warmwasserbereitungsstation nach dem kombinierten Durchfluß-Speicherprinzip

(Fortsetzung von Heft 11/76)

Dr. sc. techn. B. GLUCK
VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung – Institut

Bemessung des Speichers und der Ladepumpe

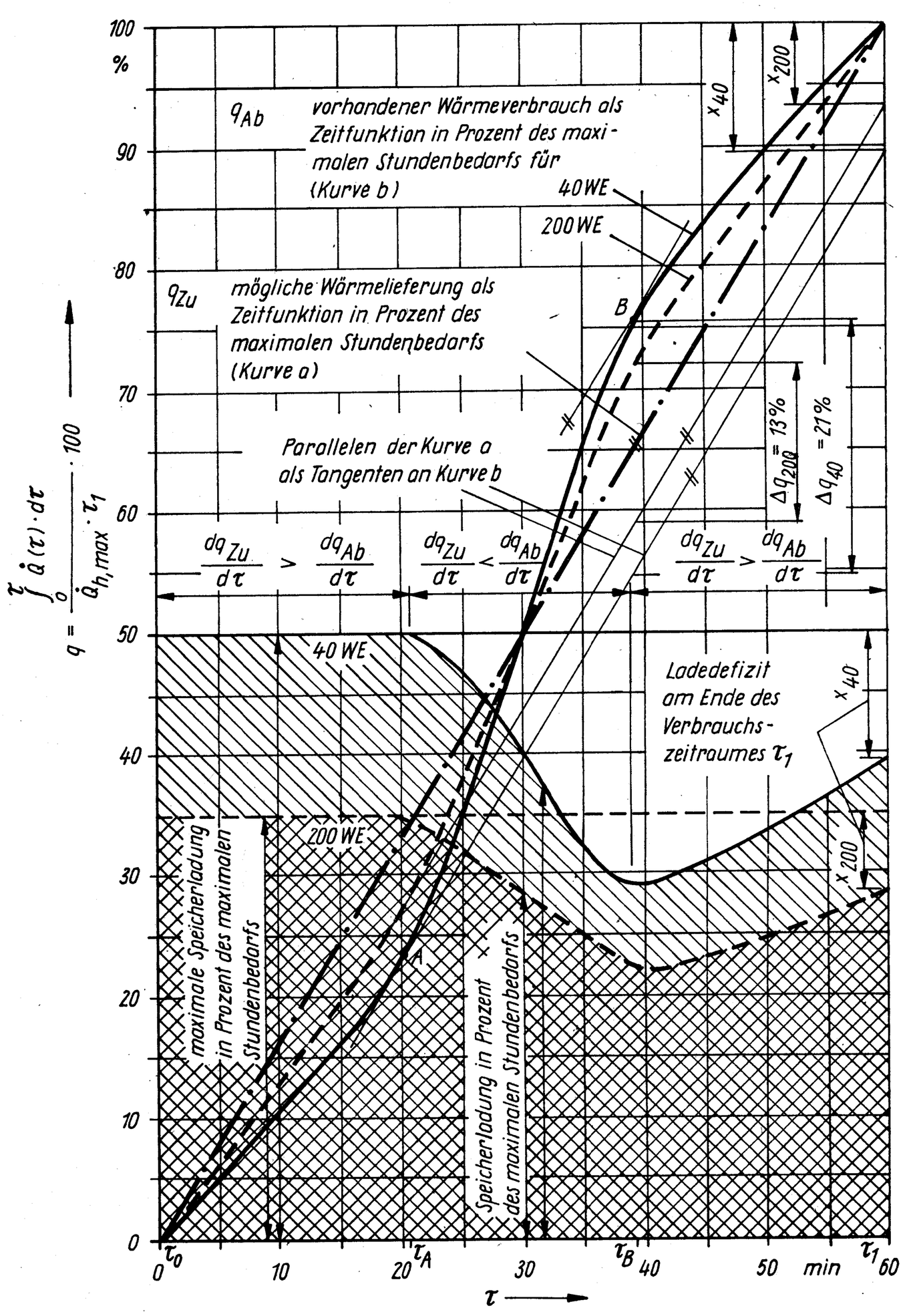
Der Speicher hat die Aufgabe, die Spitzen auszugleichen, da, wie zuvor beschrieben, im Vollastfall nur der maximale Stundenbedarf — gleichmäßig über diesen Zeitraum verteilt — im Vorwärmer auf 45 °C aufgewärmt werden kann. Die Nachwärmung wird nach dem gleichen Prinzip bemessen.

Damit liegt der Förderstrom der Ladepumpe mit

$$\dot{m}_{LP} = \frac{\dot{Q}_{h,max}}{35} \text{ in kg/h} \qquad (7)$$

fest, wobei $Q_{h,max}$ in kcal/h einzusetzen ist. Eine Erhöhung der Wärmeleistung würde auch zu einer größeren Wasserentnahmespitze aus dem Primärnetz führen, was nicht wünschenswert ist.

Um die Speichergröße zu ermitteln, sind die dynamischen Lade- und Entladevorgänge als Zeitfunktionen zu betrachten. Die Funktionen werden mit dem maximalen stündlichen Wärmebedarf für die Brauchwasserbereitung dimensionslos gemacht. Die Ergebnisse sind im Bild 10 grafisch dargestellt. Im einzelnen gelten:



Speicheraufladung

$$q_{Zu} = \frac{\int_0^{\tau} \dot{Q}_{Zu}(\tau) \cdot d\tau}{\dot{Q}_{h,max} \cdot \tau_1} \cdot 100\%. \tag{8}$$

Es wird näherungsweise eine lineare Funktion $q_{Zu} = f(\tau)$ angenommen (Kurve a).

Speicherentladung

$$q_{Ab} = \frac{\int_0^{\tau} \dot{Q}_{Ab}(\tau) \cdot d\tau}{\dot{Q}_{h,max} \cdot \tau_1} \cdot 100\%. \tag{9}$$

Die Funktion wurde in diskreten Schritten nach Bild 1 und [5] aufgestellt (Kurve b). Dabei wurde die Häufigkeitsverteilung mit einer Mischung *Gauß*scher Normalverteilungen beschrieben und der Bedarfszeitraum von einer Stunde angenommen. Die Auswertung erfolgte für 40 und 200 Wohnungen. Dabei zeigte sich deutlich, wie sich mit zunehmender Verbraucherzahl die Abnahme vergleichmäßigt.

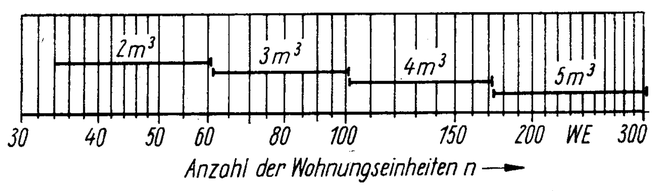
Ausgehend von einem aufgeladenen Speicher zur Zeit τ_0, können die Entnahmen in voller Größe gedeckt werden, wenn $dq_{Zu}/d\tau > dq_{AB}/d\tau$ gilt. Die mögliche Wärmelieferung wird dabei erst zur Zeit τ_A (Berührungspunkt A der Tangente) voll genutzt. Bei trägheitsloser Regelung ist zu diesem Zeitpunkt der Speicher voll aufgeladen. Die anschließende — über dem Stundenmittel liegende — Verbrauchsperiode mit $dq_{Zu}/d\tau < dq_{Ab}/d\tau$ führt zu einer kontinuierlichen Speicherentnahme bis zur Zeit τ_B (Berührungspunkt B der Tangente). Die maximale Speicherentnahme Δq kann direkt aus dem Diagramm abgelesen werden. Sie beträgt bei 40 Wohnungen etwa 21 Prozent und bei 200 Wohnungen etwa 13 Prozent.

Für $\tau > \tau_B$ gilt wiederum $dq_{Zu}/d\tau > dq_{Ab}/d\tau$, so daß die Speicherladung fortwährend erfolgen kann. Am Ende des Bedarfszeitraumes τ_1 liegt ein Ladedefizit des Speichers $X = 0{,}5 \cdot \Delta q$ vor. Diese Fehlmenge wird jedoch kontinuierlich nachgeladen, da der Bedarf ständig sinkt. Der erforderliche Zeitraum ist dabei kleiner als $(\tau_A - \tau_0)$.

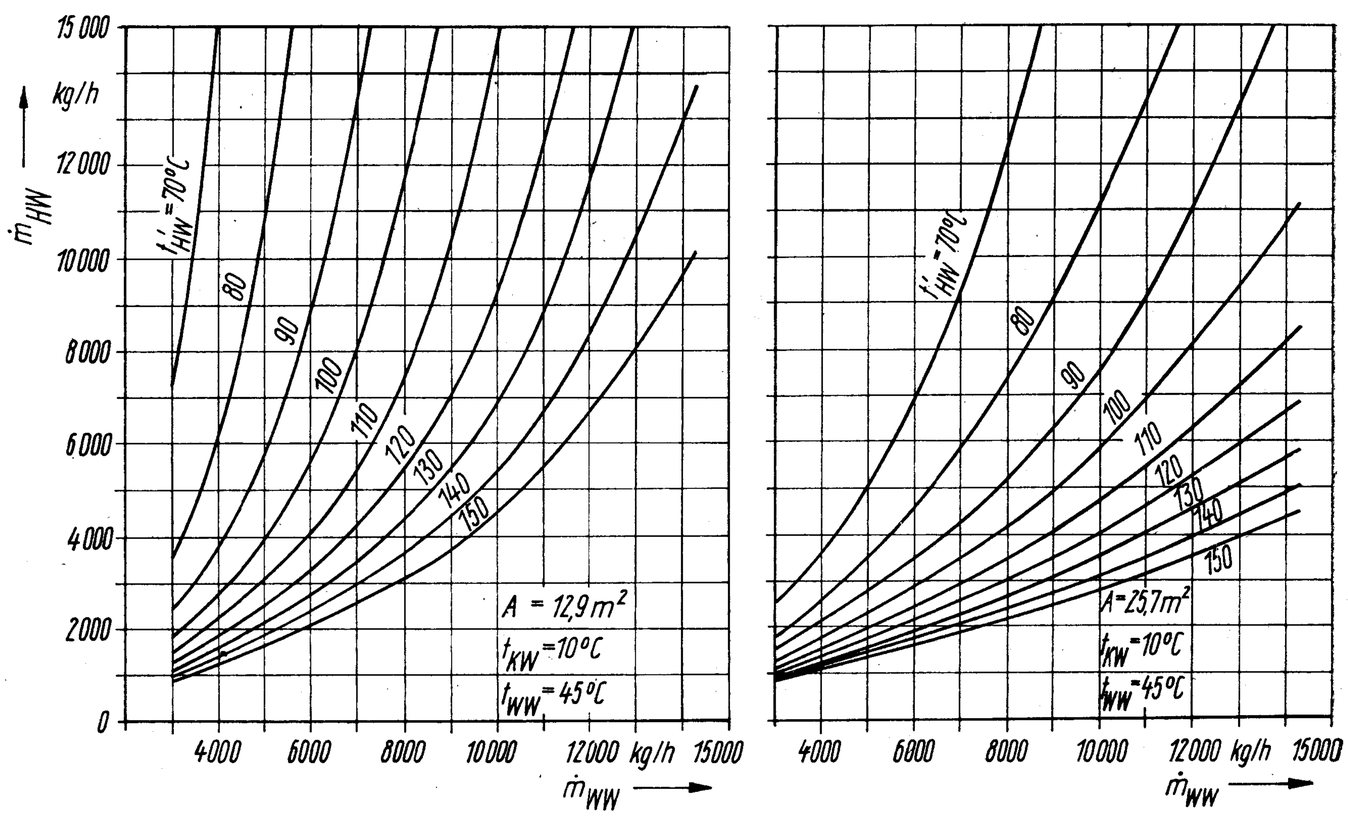
Rein theoretisch brauchte der Speicher also nur ein Aufnahmevermögen von $\Delta q = 13 \ldots 21$ Prozent des Stundenbedarfes zu haben. Praktisch muß das Speichervermögen jedoch größer sein, da

— infolge von Mischungseffekten im Speicher die Wärmeleistung des Nachwärmers sinkt und somit die Lade-

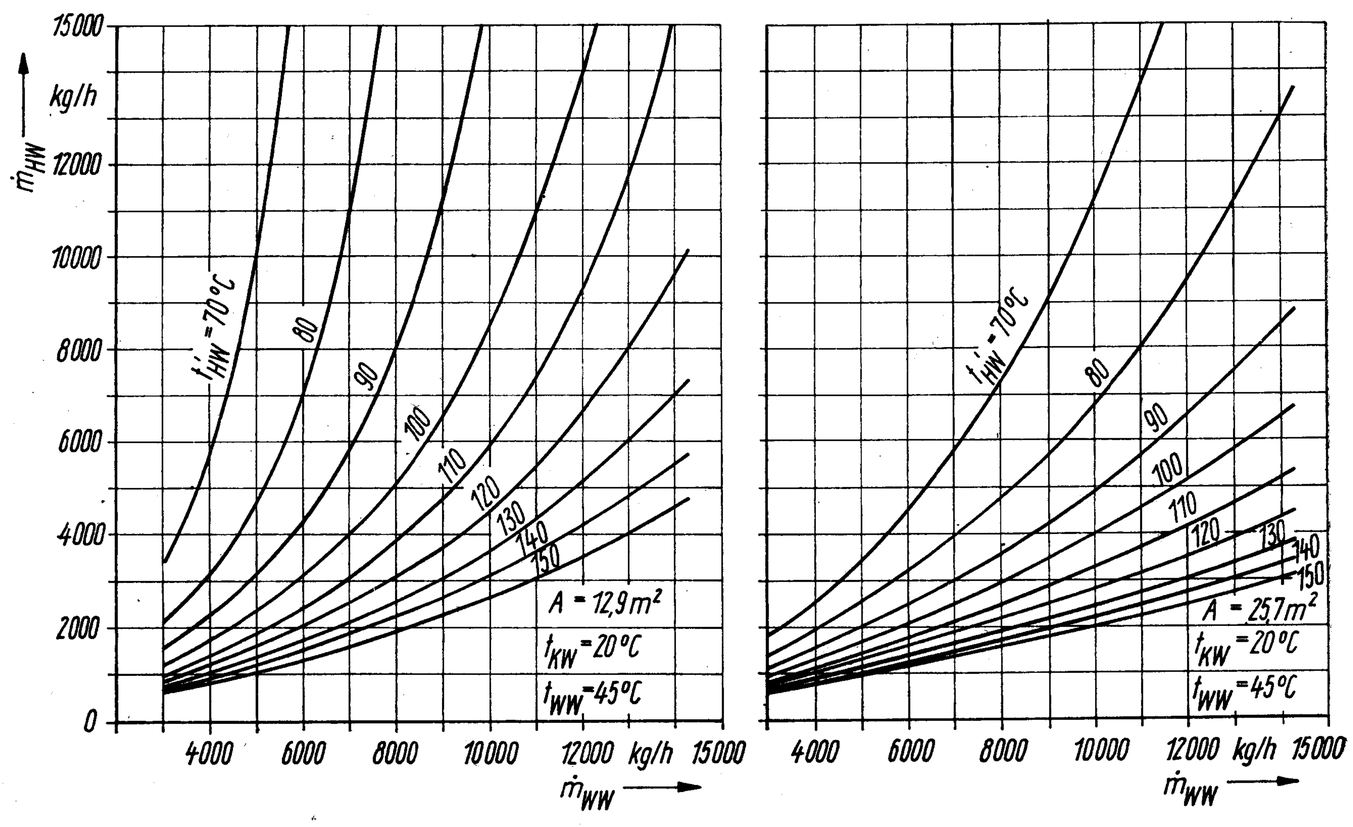
11



12



13



kurve a evtl. flacher — als im Bild 10 dargestellt — verläuft
- infolge von Totzeiten im Regelungssystem die Ladekurve a von unten gesehen konvex ist
- zu Beginn der Spitzenbelastung der Speicher nicht vollgeladen sein kann.

Diese Einflüsse sind theoretisch nicht zu erfassen. Deshalb wird ein Speichervolumen gewählt, das über dem theoretischen Wert liegt

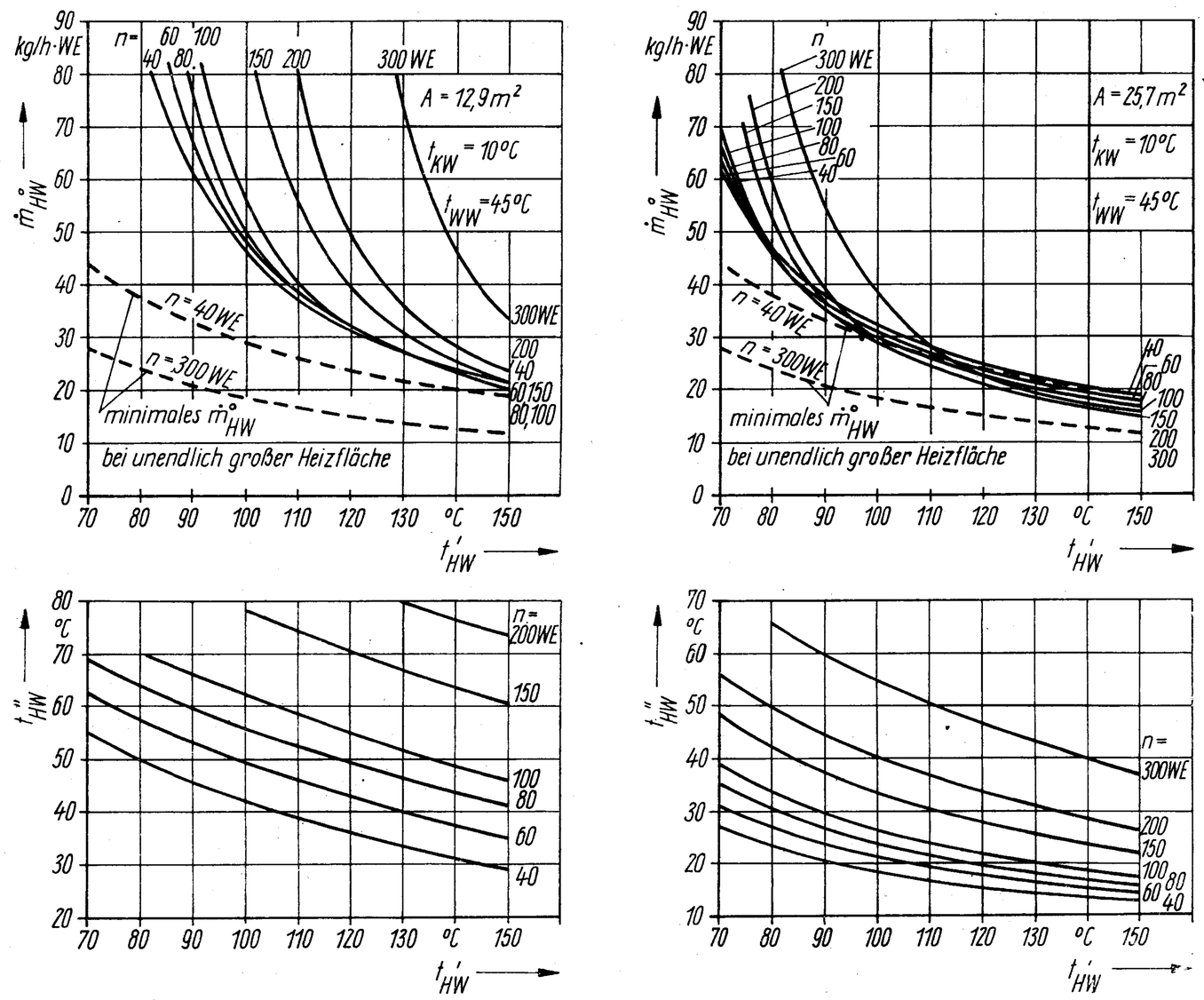
$$V_{SP} = \frac{\dot{Q}_{h,max}}{(70\ldots100)\cdot 1000} \text{ in m}^3 \qquad (10)$$

mit $\dot{Q}_{h,max}$ in kcal/h nach Bild 1. Die kleinen Werte des Nenners sollten bei geringen Abnehmerzahlen, die großen Werte des Nenners bei einer großen Anzahl der zu versorgenden Wohnungseinheiten angewendet werden. Für die Werte 40 und 200 Wohnungen sind die theoretischen Verläufe der Speicherladungen im Bild 10 eingezeichnet.

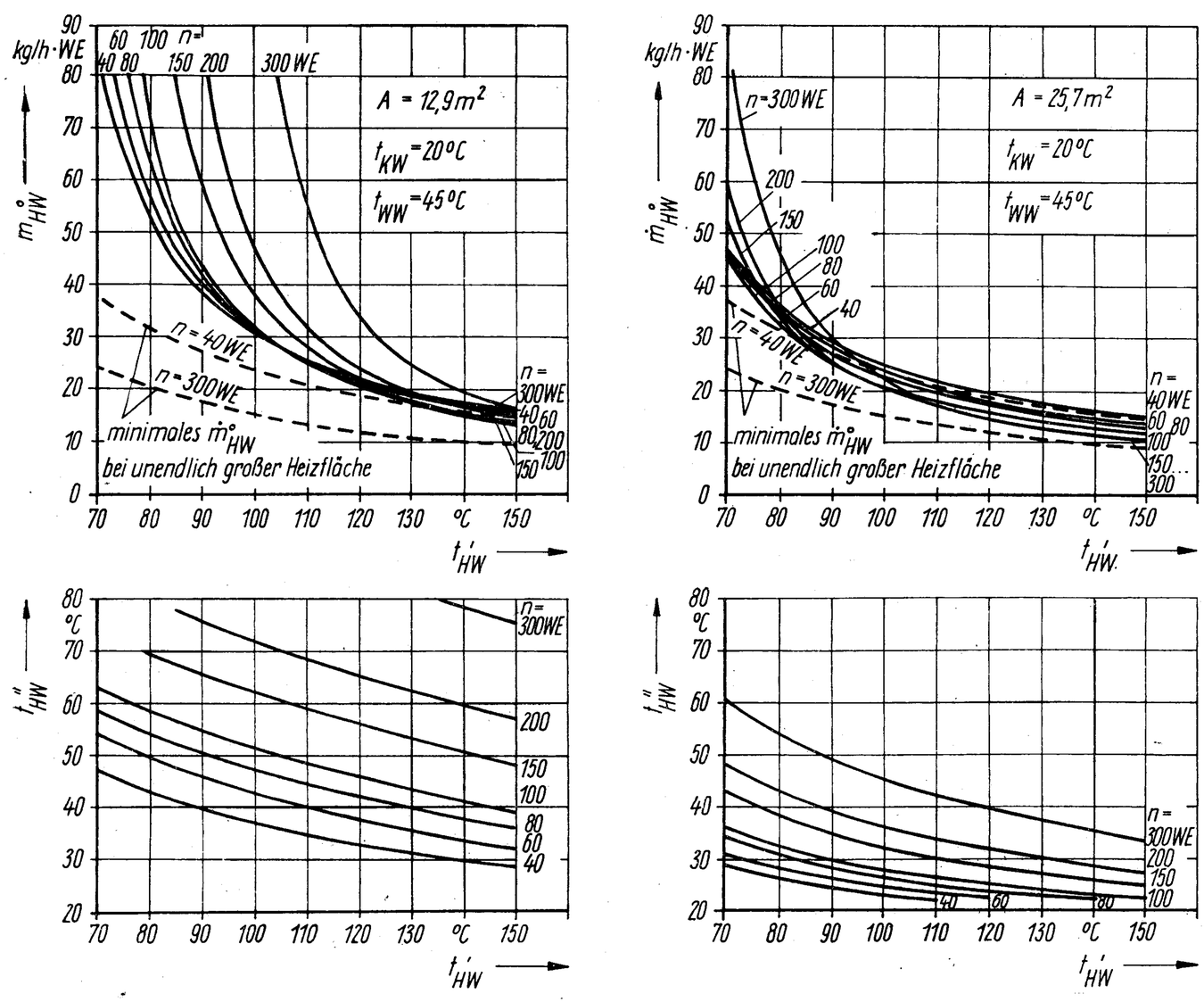
Eine Auswertung der Gl. (10) unter Beachtung einer geometrischen Abstufung in Abhängigkeit der Versorgungseinheiten und der handelsüblichen Behältergrößen erfolgte im Bild 11.

Bemessung des Nachwärmers

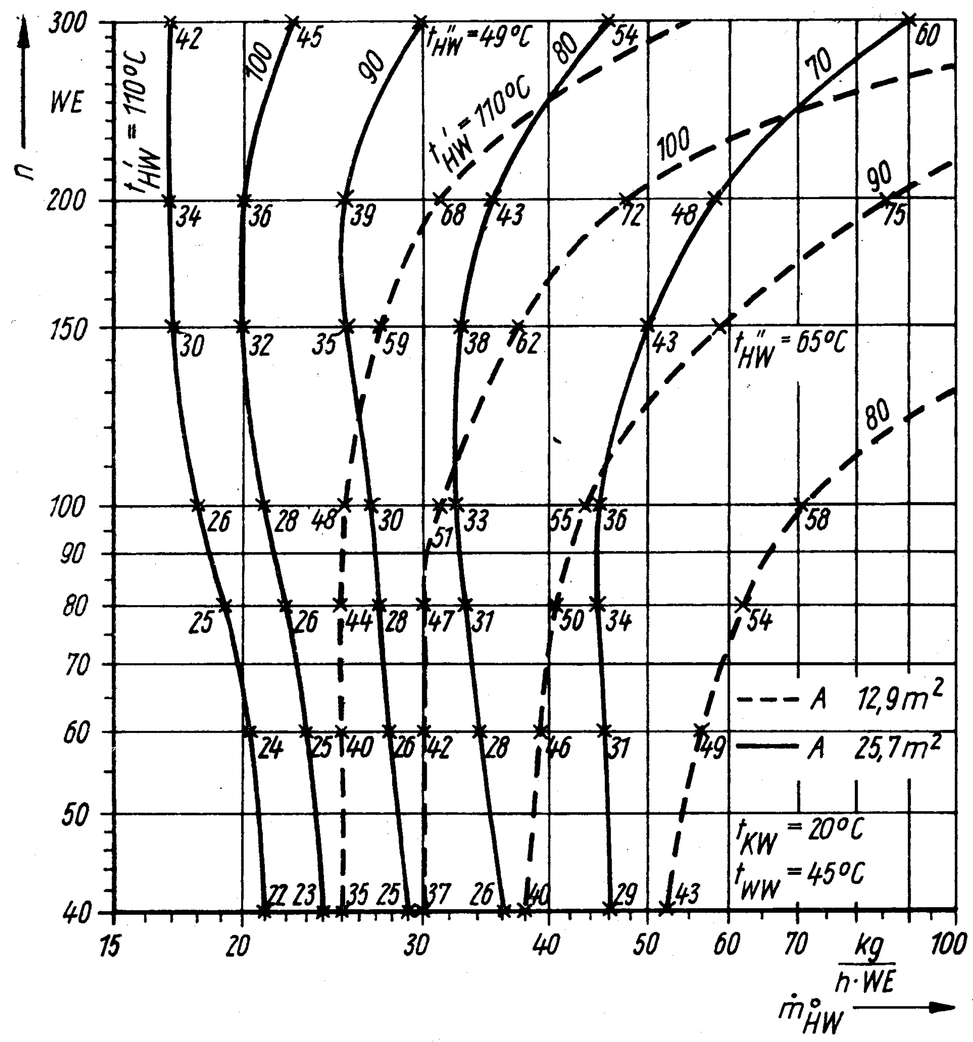
Analog der Bemessung des Vorwärmers wird auch der Nachwärmer mit Hilfe des Rechenprogrammes ausgelegt. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß beim Vorwärmer



14



15



16

der Heizmedienstrom vorgegeben, beim Nachwärmer dagegen variabel ist. Außerdem kann die Eintrittstemperatur des Heizwassers je nach Fahrweise des Fernheiznetzes variieren. Die übrigen Eingabedaten entsprechen den beim Vorwärmer zugrunde gelegten Werten.

In den Bildern 12 und 13 sind die Heizwassermengen in Abhängigkeit der Heizmedien-Eintrittstemperaturen und der Warmwassermengen $\dot{m}_{HW} = f(t_{HW}', \dot{m}_{WW})$ für verschiedene Heizflächengrößen (12,9 m²; 25,7 m²) und Kaltwassertemperaturen (10 °C, 20 °C) dargestellt. Damit ist die Auswahl des geeignetsten Wärmeübertragers unter den verschiedensten Einsatzbedingungen bereits möglich. Für die spezielle Anwendung im Wohnungsbau wurden die Ergebnisse auf die Anzahl der angeschlossenen Wohnungen bezogen ($\dot{m}_{HW}{}^{\circ} = \dot{m}_{HW}/n$).

In den Bildern 14 und 15 sind die Zusammenhänge $\dot{m}_{HW}{}^{\circ} = f(t_{HW}', n)$ und $t_{HW}'' = f(t_{HW}', n)$ aufgezeichnet. Ergänzend wurden die minimal notwendigen spezifischen Heizmedienströme, die bei unendlich großer Wärmeübertragerfläche und $t_{HW}'' = t_{KW}$ erforderlich wären, eingetragen. Daraus ist erkennbar, daß bei Heizmedien-Eintrittstemperaturen >90 °C und einer Kaltwassertemperatur von 20 °C das Heizwasser sehr gut ausgenutzt wird.

Auf Grund der Auslegung des Vorwärmers (in Verbindung mit Bild 9) und wegen der Ausgleichwirkung des zwischengeschalteten Speichers kann angenommen werden, daß der Nachwärmer von Gebrauchswarmwasser mit der Mindesttemperatur von 20 °C beaufschlagt wird. Damit ist Bild 15 für die Dimensionierung des Nachwärmers maßgebend.

Um die Auswahl möglichst einfach zu gestalten, wurde eine zusammenfassende Darstellung in Bild 16 vorgenommen. Mit Kenntnis der Wohnungsanzahl n und des möglichen spezifischen Heizmedienstromes $\dot{m}_{HW}{}^{\circ}$, der die Nachwärmer beaufschlagt, können die erforderliche Größe des Wärmeübertragers sowie die notwendige Mindesttemperatur des Heizwassers t_{HW}' abgelesen werden. Ausgehend von der Wohnungsanzahl n und der verfügbaren Mindesttemperatur t_{HW}' sind natürlich auch die erforderlichen Wärmeübertragergrößen und spezifischen Heizmedienströme $\dot{m}_{HW}{}^{\circ}$ zu ermitteln.

Beispiel

Ein Fernheiznetz wird bei Vollast mit 140 °C/70 °C betrieben und gleitend bis auf 90 °C heruntergefahren. Die angeschlossenen Raumheizsysteme sind für 110 °C/70 °C ausgelegt. Für die Warmwasserbereitung eines Wohnblockes mit $n = 100$ Wohnungen (Wärmebedarf der Raumheizung bei Vollast $\dot{Q}_H = 500\,000$ kcal/h) ist ein kombiniertes Durchfluß-Speichersystem mit Vorrangschaltung zu installieren. Der Heizmedienstrom soll an der Heizgrenze und während des Sommerbetriebes im Zeitraum der Warmwasserspitzenbelastung 60 Prozent des Vollaststromes nicht überschreiten.

Wie groß ist die Warmwasserbereitungsstation zu dimensionieren?

Die spezifischen Heizmedienströme betragen:

$$\dot{m}_{HW}{}^{*} = \frac{\dot{Q}_H}{n \cdot (t_{Pv} - t_r) c} = \frac{500\,000}{100 \cdot (140 - 70) \cdot 1}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{WE}} = 71 \frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{WE}}$$

$$\dot{m}_{HW}{}^{\circ} = 0{,}6 \cdot \dot{m}_{HW}{}^{*} = 43 \frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{WE}}.$$

Aus Bild 8 folgt, daß ein Vorwärmer mit einer Heizfläche von $A = 25{,}7$ m² einzusetzen ist. Während der Warmwasserspitzenentnahme wird bei Vollast der Raumheizung ($t_r = t_{HW}' = 70$ °C) eine Primär-Rücklauftemperatur von etwa $t_{Pr} = t_{HW}'' = 40$ °C zu erwarten sein. Entsprechend Bild 11 ist ein Speicher von $V = 3$ m³ vorzusehen. Nach Bild 16 ist für $\dot{m}_{HW}{}^{\circ} = 43$ kg/h·WE und $n = 100$ Wohnungen ein Vorwärmer mit der Heizfläche $A = 12{,}9$ m² ausreichend. Dabei wird sich bei voller Belastung eine Austrittstemperatur von $t_{HW}'' = 55$ °C einstellen. Damit ist eine erhebliche Reserve gegeben, da die vom Nachwärmer austretende Heizmedienmenge relativ hoher Temperatur den Vorwärmer beaufschlagt und das Kaltwasser auf Temperaturen >20 °C aufwärmt.

Literatur

[1] *Knobloch/Lindeke:* Handbuch der Gesundheitstechnik; 4. Auflage, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1969

[2] *Recknagel/Sprenger:* Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik; Oldenbourgverlag München, Wien, 54. Auflage, 1972

[3] *Destek:* Vorlesungen an der TU Dresden, 1968

[4] ... Guide and Data Bock, ASHRAE, 1963

[5] *Franke:* Zentrale Brauchwasserversorgung (Normung). *„Sanitär- und Heizungstechnik“*, H. 3/1973

[6] *Glück:* Lastannahmen und Bemessungshinweise für Sicherheitsventile in der Heizungstechnik. *„Stadt- und Gebäudetechnik“*, H. 12/1974, H. 1/1975

[7] ... Nicht auf die lange Bank schieben; *„Technische Gemeinschaft“*, H. 1/1971

[8] *Glück:* Bemessung von Wärmeübertragern Heißwasser/Warmwasser. *„Stadt- und Gebäudetechnik“*, H. 11/1975

[9] *Glück:* Fahrweise von Fernheiznetzen komplexer Wohngebiete. *„Stadt- und Gebäudetechnik“*, H. 2/1975