



**Dimensionierung der Warmwasserbereitung in Kasernengebäuden
nach
ETL 1110-3-489
Engineering and design domestic water heaters for barracks**

Feb. 2000

© 2000
Ingenieurbüro Lummer + Biebl
Heinrich-Geiler-Str.16
69242 Mühlhausen
Tel.: (06222)9435-0 Fax: -10
Email: wiesloch@tga-net.de



Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen	3
1.1 Kennwerte und Begriffsbestimmung	3
1.2 Sonstige Hinweise	4
1.3 Umrechnungsfaktoren.....	4
2. Berechnungen	5
2.1 Grundsätzliche Anmerkungen.....	5
2.2 Berechnungsformeln.....	5
3. Beispielrechnung nach ETL 1110-3-489	7
3.1 Vorgaben	7
3.2 Rechengang.....	7
4. Warmwasserversorgungsanlagen nach geltenden.....	8
deutschen Normen, Richtlinien und Verordnungen	
4.1 Allgemein	8
4.2 Beispielrechnung	9
4.3 Rechengang.....	9
5. Zusammenfassung.....	11
5.1 Vergleich der Berechnungsmethoden.....	11
5.2 Fazit	11



1. Grundlagen

Grundlage für die Dimensionierung der Warmwasserbereitung in Truppenunterkünften ist ETL 1110-3-489 in der Fassung vom 03. April 1998. Diese Richtlinie wurde durch das Department of the Army, d. h. dem US Army Corps of Engineers erstellt.

Die Richtlinie ist gültig für alle HQUSACE Einrichtungen und unter USACE Kontrolle stehenden Einrichtungen mit militärischem Charakter.

Sie trägt der speziellen Nutzung der Truppenunterkünfte (hohe Gleichzeitigkeit bei der Benutzung der Duschanlagen) Rechnung und liefert hierfür die benötigten Kennwerte.

1.1 Kennwerte und Begriffsbestimmung

Speichertemperatur T_{Sp} [° C]

Zur Verminderung der Legionellenbildung ist die Speichertemperatur auf mindestens 60° C auszulegen.

$$T_{Sp} = 60^{\circ} C$$

Mischwassertemperatur T_{MW} [° C]

Die Maximale Warmwassertemperatur ist mit einer zentralen Mischwasserstation auf max 43° C zu begrenzen.

$$T_{MW} = 43^{\circ} C$$

Benutzungsdauer t_B [Minuten]

Die Zeit die pro Person zur Körperreinigung gebraucht wird. Sie setzt sich zusammen aus 7,5 Minuten Duschen und 2 Minuten Wasserverbrauch am Waschbecken.

$$t_B = 9,5 \text{ Minuten}$$

Wasserverbrauch pro Person

während der Benutzungsdauer V_{PtB} [l / P]

Die Menge an Warmwasser, die pro Benutzer während der Benutzungsdauer t_B verbraucht wird.

Er berechnet sich aus dem maximalen Durchfluß durch einen Brausekopf von ca. 9,5l/Minute und der Benutzungsdauer t_B mit 9,5 Minuten.

$$V_{PtB} = 90L/P$$

Spitzenverbrauch V_{SP} [l]

Der während der Hauptnutzungszeit entstandene Warmwasserverbrauch.
Berechnung siehe Punkt 2.

Speichergröße V_{TANK} [l]

Die gewählte Speichergröße.
Berechnung siehe Punkt 2.

Dauerleistung R [l / Stunde]

Die Menge an Warmwasser, die der Speicher in einer definierten Zeit erbringen muß.
Überlicherweise unter dem Begriff der „10 Minuten Leistung“ bekannt.



Ingenieurbüro Lummer + Biebl

Berechnung siehe Punkt 2.

Wärmeverlust über Rohrleitungen q [kW / m]
Der pro Meter Rohrleitung entstehende Wärmeverlust.

Benutzungszeit d [Stunden]
Die gesamte Duschzeit am Abend. Sie berechnet sich aus der Anzahl der Duschen sowie der Anzahl der Benutzer pro Dusche. Im Zusammenhang mit der Planung der Truppenunterkünfte wird von zwei Benutzern pro Duschbad ausgegangen.

Spezifische Wärmekapazität Wasser C_w [Wh / kg K]
Spez. Wärmekapazität von Wasser.

Anzahl der Duscbäder Du [Stück]
Die im Gebäude installierten Duscbäder. Die im Kellergeschoß bzw. Dachgeschoß installierten Allgemeinen Duschen fließen nicht in die Berechnung ein.

Anzahl der Benutzer P [Personen]
Die Anzahl der Personen bei Vollbelegung des Gebäudes.

1.2 Sonstige Hinweise

Vor der Mischwasserstation sind Filter einzubauen.

Der Wasseranschluß ist entsprechend DIN 1988 auszuführen.

In die Kaltwasserzuleitung ist ein Ausdehnungsgefäß mit DVGW Zulassung einzubauen. Die Auslegung soll entsprechend *Kapitel 12 des ASHRAE Systems and Equipment Handbooks* erfolgen.

Speicher und Wärmetauscher sollen möglichst im gleichen Raum angeordnet werden um Wärmeverluste zu vermeiden.

Wärmeerzeugung
Die Beheizung des Warmwasserspeichers soll über die zentrale Wärmeerzeugung erfolgen. Falls die zentrale Wärmeerzeugung nicht während des gesamten Jahres in ausreichender Menge zur Verfügung steht, sollen für die folgenden Alternativen die Betriebs – und Erstellungskosten berechnet werden und in Abstimmung mit den zuständigen Stellen eine Entscheidung getroffen werden.

Alternativen der Warmwassererzeugung

- a) Direktbefeuerter Warmwasserbereiter
- b) Dezentrale Wärmeerzeugung für die Warmwasserbereitung

1.3 Umrechnungsfaktoren

Folgende Umrechnungsfaktoren sind zu benutzen.

Energieeinheiten

1 kWh	=	3414 BTU
1 BTU	=	$0,293 \times 10^{-3}$ kWh



Volumen

1 Liter	=	0,26428 gal
1 gal	=	3,785 l

Weitere Faktoren sind den üblichen Publikationen (z.B.: Recknagel Sprengel Hönnmann) zu entnehmen.

2. Berechnungen

2.1 Grundsätzliche Anmerkungen

Die Anlagen sind auf eine 100% Belegung auszulegen.

Die Anlagen sind so zu konzipieren, daß alle Benutzer zur gleichen Zeit die Duschen benutzen.

Bei der Ausstattung der Truppenunterkünfte nach dem Standard 1 + 1, ist die Verweildauer zwischen den beiden Duschvorgängen der jeweiligen Benutzer eines Bades mit 0 Minuten anzusetzen.

Für den Warmwasserverbrauch der Waschmaschinen ist normalerweise keine Reserve vorzusehen. Sonderfälle sind mit den zuständigen Stellen abzustimmen.

2.2 Berechnungsformeln

Spitzenverbrauch V_{SP}

Unter den vorgenannten Rahmenbedingungen ergibt sich der Warmwasserverbrauch während der Hauptnutzungszeit wie folgt.

$$V_{SP} = Du * P * V_{PtB} * \left(\frac{T_{MW}}{T_{Sp}} \right)$$

Formel 1

Speichergröße V_{Tank}

Erfahrungen haben gezeigt, daß pro Benutzer ein Speichervolumen von 50L eingeplant werden soll.

Die berechnete Tankgröße wird dann an die vorhandenen Platzverhältnisse und die lieferbaren Tankgrößen angepasst.

$$V = P * 50L$$

Formel 2

Dauerleistung R

Nachdem die erforderliche Speichergröße berechnet ist, kann die benötigte Dauerleistung R ermittelt werden.

Wie bereits erläutert, ist für die Zeit der Benutzung, d. h. die Zeit in der Warmwasser am Abend benötigt wird, die Anzahl der Nutzer eines Bades mit dem Zeitbedarf für einen Duschgang zu multiplizieren.



Das bedeutet:

$$d = 2 \text{Pers} * 9,5 \frac{\text{Min}}{\text{Pers}} * 60 \frac{\text{Sec}}{\text{Min}}$$

Formel 3

Für die Ermittlung der Dauerleistung ist von einem nutzbaren Speicherinhalt von 60% - 80% auszugehen. Es sind die Herstellerwerte anzusetzen.

$$\mathbf{M = 60\% - 80\%}$$

$$R = \frac{V_{SP} - (M * V_{Tank})}{d}$$

Formel 4

Rohrdimensionierung

Die Dimensionierung der Rohrleitungen sollen entsprechend *Chapter 33 of the 1997 ASHRAE Fundamentals Handbook* ermittelt werden.

Wir empfehlen eine Berechnung entsprechend DIN 1988 Teil 3 die unter Berücksichtigung der vorgenannten Gesichtspunkten (hohe Gleichzeitigkeit) vergleichbare Ergebnisse liefert.

Ermittlung der Zirkulationspumpe

Die Fördermenge der Zirkulationspumpe errechnet sich auf Grundlage der Leitungslänge sowie des maximal zugelassenen Temperaturunterschiedes $\Delta\vartheta$.

Der pro Meter Leitungslänge übliche Wärmeverlust kann entsprechend *Table 2 in Chapter 45 of the 1995 ASHRAE Applications Handbook* ermittelt werden. Üblicherweise beträgt der Wärmeverlust über die Rohrleitungen ca. 0,032 kW/m.

$$\mathbf{q = 0,032 \text{ kW/m}}$$

Der Temperaturunterschied soll ca. 2 – 5 K betragen.

$$\mathbf{\Delta\vartheta = 2 - 5 \text{ K}}$$

Mit vorgenannten Werten ergibt sich der Förderstrom der Zirkulationspumpe mit folgender Gleichung:

$$Q_{ZP} = \frac{q}{c_w * \Delta\vartheta}$$

Formel 5



3. Beispielrechnung nach ETL 1110-3-489

3.1 Vorgaben

- 58 Duschbäder
- Speichertemperatur 60° C
- Mischwassertemperatur 43 ° C
- 500 Meter Leitungsnetz
- 2 Benutzer / Duschbad

3.2 Rechengang

3.2.1 Spitzenverbrauch

$$V_{SP} = 58 * 2 * 90 * \left(\frac{43}{60} \right) \text{ (siehe Formel 1)}$$

$$V_{SP} = 7480 \text{ l}$$

3.2.2 Tankgröße

$$V = 116 * 50 \text{ (siehe Formel 2)}$$

$$V = 5800 \text{ l}$$

3.2.3 Dauerleistung Benutzungszeit

$$d = 2 * 9,5 * 60 \text{ (siehe Formel 3)}$$

$$t_B = 1140 \text{ s}$$

$$t_B = 0,32 \text{ Stunden}$$

Dauerleistung

$$R = \frac{7480 - (0,75 * 5800)}{0,32} \text{ (siehe Formel 4)}$$

$$R = 10.1954 \text{ l / St.}$$

$$R = 170 \text{ l / Min}$$



4. Warmwasserversorgungsanlagen nach geltenden deutschen Normen, Richtlinien und Verordnungen

4.1 Allgemein

Als Grundlage für die Planung und Berechnung von Warmwasserversorgungsanlagen sind die nachstehend aufgeführten Normen, Richtlinien und Verordnungen zu beachten :

- DIN 1988 Trinkwasser-Leitungsanlagen in Gebäuden und Grundstücken
- DIN 4702 Heizkessel
- DIN 4708 Zentrale Wassererwärmungsanlagen in Wohnbauten
- DIN 4753 Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser _ Ausführung , Ausrüstung und Prüfung
- DVGW Arbeitsblatt W 551 Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums
- AMEV Sanitärbaubau '95 Planung und Ausführung von Sanitäranlagen in öffentlichen Gebäuden
- AMEV Heizungsbau '86 Planung und Ausführung von Heiz- und Wassererwärmungsanlagen in öffentlichen Gebäuden

Grundlagen AMEV

Die AMEV Heizungsbau '86 schlägt einen max. Wasserverbrauch je Reihenbrause von 7 – 10 l/min vor.

Desweiteren wird eine Obergrenze für das Speichervolumen des Warmwasserspeichers bei Unterkünften mit > 500 Personen mit 8 l / Person , eine max. Aufheizleistung von 0,8 kW / Person sowie ein max. Warmwasservolumenstrom von 16 l/h*Person (bezogen auf 50 ° C) festgelegt.

Da die AMEV Sanitärbaubau '95 eine max. Warmwassertemperatur an den Duschen von 42 ° C vorschreibt, ergibt sich ein max. Warmwasservolumenstrom von :
 $16 \text{ l/h*Person} * (50 \text{ ° C} / 42 \text{ ° C}) = 19 \text{ l/h*Person}$

Fachpublikation

Im Fachbuch „Sanitärtechnik“ von Hugo Feurich werden für eine Kopfbrause die folgenden Daten angegeben :

Entnahmemenge V_b (l)	:	25 - 85
Entnahmedauer t_b (min)	:	4 – 6
Entnahmedurchfluß V_{Dsp} (l/s)	:	0,08 – 0,28

DIN Normen

Die DIN 4708 gibt für eine Brausekabine mit Mischbatterie und Normalbrause (BRN) eine Entnahmemenge je Benutzung von 40 l bzw. einen Zapfstellenbedarf „w“ je Entnahme von 1.630 Wh (bei $dT = 35 \text{ K}$; Benutzungszeit : 6 min) an.

Die Berechnung nach DIN 4708 ist hier nicht angemessen, da diese Norm nur für den Wohnungsbau gilt und aufgrund der relativ hohen Gleichzeitigkeitsfaktoren dem zu erwartenden Spitzenbedarf in Truppenunterkünften nicht Rechnung trägt.



4.2 Beispielrechnung

Vorgaben

- 58 Duschbäder
- Speichertemperatur 60° C
- Mischwassertemperatur 42° C
- 500m Leitungsnetz
- Benutzer a = 2 Benutzer / Duschbad
- Entnahmedauer te (entspricht der Benutzungsdauer t_B) = 6 Min = 360 sec
- Wasserverbrauch je Dusche V_{DSP} = 0,15 l/s
- Dichte des Wassers 0,9971 kg/L

4.3 Rechengang

Prinzipiell wird die erforderliche Wärmemenge ermittelt. Das Verhältnis zwischen Wärmetauscherleistung und Speichervolumen ist entsprechend den gegebenen baulichen bzw. technischen Verhältnissen auszuwählen.

4.3.1 Gesamtwärmemenge Q_{Ges}

$$Q_{Ges} = P * te * td * cw * \rho * \Delta\vartheta$$

$$Q_{Ges} = 116 * 360 \text{ s} * 0,15 \text{ l/s} * 4,19 \text{ kJ/kgK} * 0,9971 \text{ kg/l} * (42\text{K} - 10\text{K})$$

$$Q_{Ges} = 83.7441 \text{ kW s}$$

$$Q_{Ges} = 232,6 \text{ kWh}$$

4.3.2 Spitzenverbrauch V_{SP}

$$V_{SP} = P * te * td$$

$$V_{SP} = 116 * 360 \text{ s} * 0,15 \text{ l/s}$$

$$V_{SP} = 6264 \text{ l (42° C)}$$

4.3.3 Gesamtwärmemenge des Wärmetauschers Leistung des Wärmetauschers

Gewählter Wärmetauscher Q_{WTMAX} = 100 kW

Gesamtentnahmedauer

$$Ges. te = a * te$$

$$Ges. te = 2 * 360 \text{ s}$$

$$Ges. te = 720 \text{ s}$$



Gesamtwärmemenge des Wärmetauschers

$$Q_{WT} = Q_{WtMAX} * Ges. te$$

$$Q_{WT} = 100 \text{ kW} * 720 \text{ s}$$

$$Q_{WT} = 72.000 \text{ kW s} = 20 \text{ kWh}$$

4.3.4 Speichergröße Erforderlicher Bereitstellung durch den Speicher

$$Q_{SP} = Q_{Ges} - Q_{WT}$$

$$Q_{SP} = 232,6 \text{ kWh} - 20 \text{ kWh}$$

$$Q_{SP} = 212,6 \text{ kWh}$$

Umrechnung in Speichergröße

$$V_{SP} = \frac{Q_{SP}}{c_W * \rho * \Delta \vartheta}$$

$$V_{SP} = 212,6 \text{ kWh} / [1,16 \text{ Wh/kgK} * 0,997 \text{ kg/l} * (60 \text{ K} - 10 \text{ K})]$$

$$V_{SP} = 3.664 \text{ l}$$

$$V_{SP} = 3.700 \text{ l}$$

Zusammenfassung

Wärmetauscherleistung Q_{WtMAX}	=	100 kW
Speichergröße V_{SP}	=	3700 L



5. Zusammenfassung

In Deutschland gibt es keine Norm oder Richtlinie für die Berechnung bzw. Auslegung von Warmwasserbereitern für Kasernen.

Hier muß auf übliche Erfahrungswerte und einzelne Hinweise in naheliegenden Vorschriften zurückgegriffen werden.

5.1 Vergleich der Berechnungsmethoden

Die beiden Methoden zur Auslegung von Warmwasserbereitern unterscheiden sich grundsätzlich.

In Deutschland wird die erforderliche Wärmemenge (in kWh) ermittelt. Das Verhältnis zwischen Wärmetauscherleistung und Speichervolumen ist dann entsprechend der gegebenen baulichen bzw. technischen Verhältnisse auszuwählen.

Nach ETL 1110-3-489 wird ein Spitzenverbrauch (in Liter) ermittelt und überschlägig eine Tankgröße (in Liter) festgelegt. Es wird dann eine Dauerleistung ermittelt und anhand zur Verfügung stehender Firmenunterlagen überprüft, ob der ausgewählte Speicher die erforderliche Dauerleistung zur Verfügung stellen kann.

Der Unterschied in der Berechnung resultiert letztlich nicht aus dem Berechnungsgang, sondern vor allem aus der in der ETL 1110-3-489 längeren angesetzten Duschzeit bzw. höherem Wasserverbrauch pro Duschvorgang. Erreichen die Truppenunterkünfte eine Größe > 500 Personen und setzt man dann die Obergrenzen laut AMEV an, werden die Unterschiede zwischen den beiden Methoden erheblich größer.

Werden die Werte für die Duschzeit und den Wasserverbrauch jedoch gleichgesetzt werden, ist die erforderliche Dauerleistung, die durch den Speicher erbracht werden muß, gleich.

5.2 Fazit

Die ETL 1110-3-489 geht von höheren Bedarfswerten aus. Ihr Rechengang steht deutschen Normen und Richtlinien nicht entgegen und ist deshalb entsprechend ABG 75 Gesetz für US – Kasernen anzuwenden.

Aufgestellt
Jürgen Malze, Thomas Biebl
Ingenieurbüro Lummer + Biebl