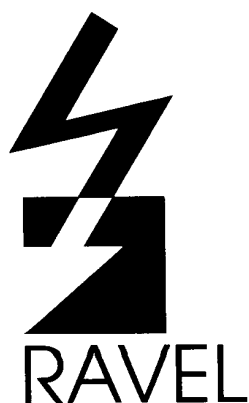


1995 724.349.1 D

Elektrische Wassererwärmung

2., stark überarbeitete Auflage



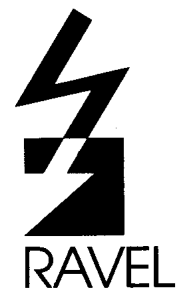
Bundesamt für Konjunkturfragen

Mehr Warmwasserkomfort mit weniger Strom

Haushalte mit Elektro-Wasserwärmern verbrauchen rund einen Drittel bis die Hälfte ihres Strombedarfs für das Warmwasser. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass das BenutzerInnenverhalten nur zum Teil für die Höhe des Verbrauchs verantwortlich ist. Ein anderer bedeutender Teil wird bei der Planung und Auslegung der Warmwasseranlage bereits vorbestimmt. Ein Team von ausgewiesenen Haustechnik-Fachleuten hat die Warmwasserversorgung systematisch auf Energieverschwendungspotentiale analysiert. Die vorliegende Dokumentation zeigt auf, wo und wie der Warmwasserverbrauch durch Haustechnik-PlanerInnen und Installateure positiv beeinflusst werden kann. Unter dem Gesichtspunkt **iiMehr Warmwasserkomfort mit weniger Strom»** werden Fragen beantwortet wie: Auf welche Wassermenge sind die Systeme auszurichten? Welche Wassererwärmer eignen sich für welchen Zweck am besten? Wo lohnen sich Zirkulationsleitungen, und wie werden diese energetisch optimiert? Wie hoch ist die richtige Wassertemperatur? Was ist beim Einsatz von Wärmepumpen zu beachten? Fallbeispiele aus der Praxis, Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Planungshilfen sowie Verbrauchskennzahlen machen dieses Werk zu einem wertvollen Arbeitsinstrument im täglichen Gebrauch. Ein separates Kapitel ist dem Thema **»Zukunftsorientierte Warmwasseranlagen»** gewidmet. Dieses zeigt die verschiedenen Möglichkeiten auf, wie nebst den herkömmlichen Erwärmungsarten neue Techniken angewendet werden können. Dazu gehören die bivalente Wassererwärmung, die Vorwärmung des Warmwassers in dezentralen Hochschrankboilern über die Heizung, die Wassererwärmung mit Sonnenkollektoren sowie verschiedene Anwendungen der Wärmepumpentechnik: die Wärmepumpe für grössere, zentrale Anlagen, der Wärmepumpenboiler und die Wärmepumpe zur Deckung der Zirkulationsverluste in Geschäftshäusern.

Elektrische Wassererwärmung

2., stark überarbeitete Auflage



Impulsprogramm RAVEL
Bundesamt für Konjunkturfragen

Trägerschaft:

SSIV Schweizerischer Spenglermeister-
und Installateur-Verband

INFEL Informationsstelle für Elektrizitäts-
anwendungen

Patronatsorganisationen:

SBHI Schweizerische Beratende Haustechnik-
und Energie-Ingenieure

STV Schweizerischer Technischer Verband

SWKI Schweizerischer Verein von Wärme-
und Klima-Ingenieuren

VSHL Verein Schweizerischer Heizungs-
und Lüftungsfirmen

VSSH Vereinigung Schweizerischer Sanitär-
und Heizungsfachleute

SSHL Schweizerischer Verband der
Haustechnik-Fachlehrer

Arbeitsgruppenleiter

- Herbert Hediger, Zürich

Arbeitsgruppe

- Andreas Fahrni, Breitenbach
- Edgar Graber, Hirschthal
- Roland Lugeon, Burgdorf
- Andreas Probst, Burgdorf
- Paul Simmler, Zürich

Gestaltung

Education Design Sepp Steibli, Bern

Diese 2., stark überarbeitete Auflage enthält gegenüber der Ausgabe von 1993 ein Zusatzkapitel zum Thema «Zukunftsorientierte Warmwasseranlagen».

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, März 1995

Auszugsweiser Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (Best.-Nr. 724.349.1 d)

Form. 724.349.1 d 4.95 1000 U22619

Vorwort

Das Aktionsprogramm «Bau und Energie» ist auf sechs Jahre befristet (1990-1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- IP BAU - Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL - Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER - Erneuerbare Energien

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll der qualitative Wertschöpfungsprozess unterstützt werden. Dieser ist gekennzeichnet durch geringen Aufwand an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie sowie abnehmende Umweltbelastung, dafür gesteigerten Einsatz von Fähigkeitskapital.

Im Zentrum der Aktivität von RAVEL steht die Verbesserung der fachlichen Kompetenz, Strom rationell zu verwenden. Neben den bisher im Vordergrund stehenden Produktions- und Sicherheitsaspekten soll verstärkt die wirkungsgradorientierte Sicht treten. Aufgrund einer Verbrauchsmatrix hat RAVEL die zu behandelnden Themen breit abgesteckt. Neben den Stromanwendungen in Gebäuden kommen auch Prozesse in der Industrie, im Gewerbe und im Dienstleistungsbereich zum Zuge. Entsprechend vielfältig sind die angesprochenen Zielgruppen: Sie umfassen Fachleute auf allen Ausbildungsstufen wie auch die Entscheidungsträger, die über stromrelevante Abläufe und Investitionen zu befinden haben.

Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos, etc.

Umgesetzt werden sollen die Ziele von RAVEL durch Untersuchungsprojekte zur Verbreiterung der Wissensbasis und - darauf aufbauend - Aus- und Weiterbildung sowie Informationen. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie baut hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen auf. Es ist vorgesehen, jährlich eine RAVEL-Tagung durchzuführen, an der jeweils - zu einem Leitthema umfassend über neue Ergebnisse, Entwicklungen und Tendenzen in der jungen, faszinierenden Disziplin der rationellen Verwendung von Elektrizität informiert und diskutiert wird. Interessenten können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint zwei- bis dreimal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, gratis erhältlich. Jedem Kurs- oder Veranstaltungsteilnehmer wird jeweils eine Dokumentation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache aus der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Die Publikationen können auch unabhängig von Kursbesuchen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern, bezogen werden.

Zuständigkeiten

Um das ambitionierte Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Organisations- und Bearbeitungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch Spezialisten auch die Beachtung der Schnittstellen im Bereich der Stromanwendung sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus Vertretern der interessierten Verbände, Schulen und Organisationen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programmes fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten, die den rationellen Einsatz der Elektrizität anstreben, sicher. Branchenorganisationen übernehmen die Durchführung der Weiterbildungs- und Informationsangebote. Für deren Vorbereitung ist das Programmleitungsteam (Dr. Roland Walthert, Werner Böhi, Dr. Eric Bush, Jean-Marc Chuard, Hans-Ruedi Gabathuler, Jürg Nipkow, Rue. di Spalinger, Dr. Daniel Spreng, Felix Walter, Dr. Charles Weinmann sowie Eric Mosimann, BfK) verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Ressorts durch Projektgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben (Untersuchungs- und Umsetzungsprojekte) zu lösen haben.

Dokumentation

Die vorliegende Dokumentation zeigt, wie die Elektrizität im Bereiche der Wassererwärmung rationell eingesetzt werden kann.

Da der elektrische Wassererwärmer in diesen Betrachtungen nicht isoliert behandelt werden kann, wird auch das ganze Umfeld einer Warmwasseranlage behandelt. Dies soll im Sinne einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise aufgezeigt werden.

Einen grossen Stellenwert nimmt neben der Senkung des Elektrizitätsverbrauches auch das optimale Betriebsverhalten der Anlage ein. Diese beiden Forderungen schliessen sich glücklicherweise nicht aus, im Gegenteil - sie bedingen sich gegenseitig.

Nach einer Vernehmlassung und dem Anwendungstest in einer Pilotveranstaltung ist die vorliegende Dokumentation sorgfältig überarbeitet worden. Dennoch hatten die Autoren freie Hand, unterschiedliche Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen. Sie tragen denn auch die Verantwortung für die Texte. Unzulänglichkeiten, die sich bei der praktischen Anwendung ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden. Anregungen nehmen das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der

verantwortliche Redaktor/Kursleiter (vgl. S. 2) entgegen. Für die wertvolle Mitarbeit zum Gelingen der vorliegenden Publikation sei an dieser Stelle allen Beteiligten bestens gedankt.

April 1995

Bundesamt für Konjunkturfragen
Dr. B. Hotz-Hart
Vizedirektor Technologie

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	7
1	Problemstellung und Zielsetzung	
1.1	Anteil der Wassererwärmung am Stromverbrauch	10
1.2	Rationelle Verwendung von Elektrizität bei der Warmwasserversorgung	10
2	Geräte zur Wassererwärmung	11
2.1	Wassererwärmer-Bauarten	12
2.2	Elektro-Wassererwärmer	12
2.3	Wärmepumpen-Wassererwärmer	17
2.4	Betriebsverhalten	23
2.5	Steuerung und Regelung	27
2.6	Konstruktionsmerkmale	30
2.7	Systemwahl	44
3	Warmwasserverteilsysteme	47
3.1	Allgemeine Anforderungen	48
3.2	Systembeschriebe	48
3.3	Messungen	54
3.4	Systemwahl	56
3.5	Energieverluste	57
4	Warmwasserabgabenerbrauch	61
4.1	Komfort	62
4.2	Armaturen	63
5	Berechnung von Warmwasseranlagen	65
5.1	Erwärmer	66
5.2	Leitungen	70
6	Wassernachbehandlung	75
6.1	Allgemeines	76
6.2	Wassernachbehandlungsverfahren	79
7	Hygiene	83
7.1	Lebensmittelverordnung	84
7.2	Legionelle	85
8	Betrieb und Unterhalt	89
8.1	Geräte	90
8.2	Verteilleitungen	91
8.3	Armaturen	92

9	Sanierung von bestehenden Anlagen	93
9.1	Allgemein	94
9.2	Einsparmöglichkeiten	94
10	Wirtschaftlichkeit	97
10.1	Einführung	98
10.2	Mögliche Fragestellung	98
10.3	Vorgehen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung	99
10.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung	104
11	Fallbeispiele	109
11.1	Allgemeines	110
11.2	Wärmepumpe in EFH	110
11.3	Bivalente Wassererwärmung im Hochschrank-Wassererwärmer	111
11.4	Modellrechnung der Einsparungen einer Zirkulations,unterbrechung	114
11.5	Vergleich Energiebedarf	116
11.6	Vergleich Heizband und Zirkulation	117
12	Anhang	119
12.1	Hilfsmittel	120
12.2	Vorschriften, Empfehlungen, Normen, Leitsätze	149
12.3	Literaturverzeichnis	150
	Zukunftsorientierte Warmwasseranlagen	153
I	Einleitung	155
II	Hauptelemente der Warmwasseranlagen	155
III	Versorgungsarten	156
IV	Warmwasserverbrauch	157
V	Bivalente Anlagen	159
VI	Zentrale Warmwasseranlagen mit Wärmepumpen	160
VII	Bivalente Wassererwärmung mit dezentralem Hochschrankboiler	163
VIII	Wärmepumpenwassererwärmer (WPW)	167
IX	Wärmepumpe zur Deckung von Zirkulationswärmeverlusten	170
X	Wassererwärmer mit Sonnenkollektoren	175
XI	Zusammenfassung	178
	Literaturhinweise	178
	Publikationen RAVEL	181

Einleitung

Anforderungen an Warmwasseranlagen

Dem Energie- und Umweltschutz-Problem muss vermehrt Beachtung geschenkt werden.

Dies führt auch dazu, dass viele unwirtschaftliche und schadhafte Warmwasseranlagen erkannt werden, die nach den heutigen Anforderungen saniert werden müssen. Auch Neuanlagen sind aufgrund der heutigen Erkenntnisse und der vorhandenen Energiesituation in ihrem System festzulegen und richtig zu berechnen. Dabei ist der elektrischen Energie, besonders in Ergänzung zu anderen Energiearten auch in Warmwasserversorgungsanlagen, einige Beachtung zu schenken. Bereits im Entwurfsstadium können die planerischen Voraussetzungen für eine möglichst optimale Warmwasserversorgungsanlage geschaffen werden.

Die Warmwasserversorgung ist nicht nur ein wesentlicher Bestandteil der technischen Gebäudeausstattung, sondern beansprucht in der Regel auch einen erheblichen Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Obwohl der Energieaufwand hauptsächlich vom Benutzerverhalten abhängig ist, kann mit sorgfältiger Geräte- und Systemwahl, Wartung und Unterhalt wesentliches zu einem optimalen Energieeinsatz beigetragen werden.

Das Benutzerverhalten ist mittels geeigneten Informationen an den Nutzer zu tragen. Entsprechend den wirklich notwendigen Bedürfnissen des Nutzers sind Warmwasserentnahmestellen vorzusehen und das richtige System festzulegen.

Die konzentrierte Anordnung von notwendigen Warmwasserentnahmestellen um den Wassererwärmer, resp. Speicher ist erste Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit einer Warmwasser-Anlage.

Das aus den Wassererwärmern bezogene Warmwasser muss den Hygiene- und Komfortanforderungen genügen. Die Warmwassererzeugung muss wirtschaftlich sowie energiesparend und umweltschonend erfolgen und allen Sicherheitsbestimmungen entsprechen.

Geeignete Materialwahl und ergänzende Schutzmassnahmen müssen Gewähr geben für eine lange Lebensdauer.

Daneben müssen die Geräte vollständig ausgerüstet sein und eine einfache Bedienung und Wartung ermöglichen.

Der sinnvolle Energieeinsatz für die Wassererwärmung ist frühzeitig abzuklären und beeinflusst das Warmwassersystem wesentlich.

Wenn somit Entscheidungen über die Wahl von Energiearten für die Erwärmung des Trinkwassers, über Erwärmer und Verteilsysteme zu treffen sind, so haben sich alle vergleichenden Betrachtungen und Überlegungen nach folgenden Gesichtspunkten auszurichten:

- Wirtschaftlichkeit
- Betriebssicherheit
- Zweckmässigkeit
- Verfügbarkeit
- Ökologie

Zur direkten oder indirekten Erwärmung des Wassers stehen verschiedene Energiequellen zur Verfügung.

Konventionelle Energiequellen sind: Heizöl, (Kohle), Holz, elektr. Strom, Erdgas, Flüssiggas

Als alternative Energiequellen können genutzt werden: Sonnenstrahlung, Erdwärme, Wasser, Umgebungsluft, Abwasser, Abwärme (Abluft, Prozessabwärme), Biogas, Wind.

Grundlagen zur Planung

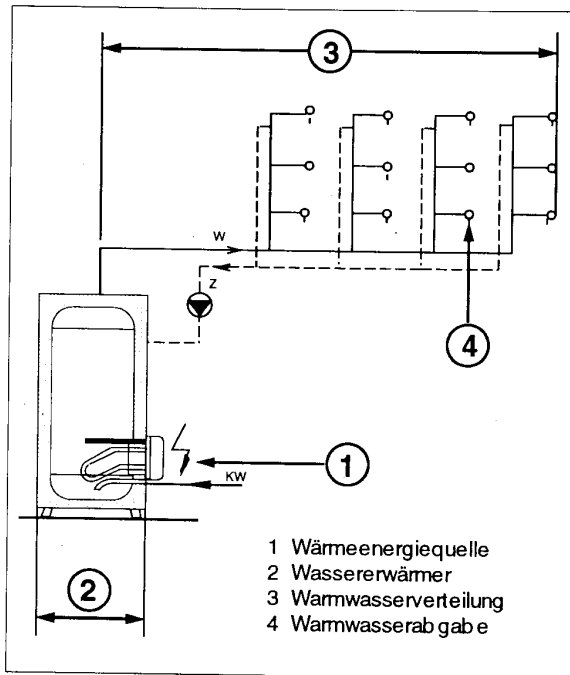
Wo, wann und wieviel warmes Wasser jeweils gebraucht wird, hängt von vielen Einflussgrössen ab. Messungen und Untersuchungen hierzu zeigen immer wieder, dass die individuellen Lebens- und Verbrauchsgewohnheiten im privaten Bereich recht unterschiedlich sind. Dementsprechend weichen auch die ermittelten spezifischen Warmwasserverbrauchszahlen stark voneinander ab.

An den Entnahmestellen sollen im allgemeinen folgende Warmwassertemperaturen nicht überschritten werden:

- | | |
|-----------------------------------|-------|
| - Händewaschen, Duschen, Baden | 45 °C |
| - Küche ohne Geschirrspülmaschine | 55 °C |
| mit Geschirrspülmaschine | 50 °C |

Entsprechend den Benutzertemperaturen sowie zur Vermeidung von Korrosionserscheinungen und Verkalkungen in der Warmwasseranlage soll im Wassererwärmer resp. Speicher die Temperatur von 60 °C nicht überschritten werden.

Die Warmwasser-Versorgungs-Anlage wird in folgende Hauptelemente unterteilt:



Für die Verteilung des Warmwassers gibt es dem Zweck entsprechende Lösungen:

Einzelversorgungen

für nur eine Entnahmestelle pro Einheit oder für eine weit abgelegene Entnahmestelle.

Gruppenversorgungen

für nahe beieinanderliegende Entnahmestelle pro Wohnung, EFH

Zentralversorgung

für grössere Bauten (Hotels, Restaurants, Mehrfamilienhäuser, Bürokomplexe, Gebäude mit nutzbarem Abwärme-Angebot, etc.)

Nur eine gesamtheitliche Betrachtungsweise der Warmwasser-Anlage (Wassererwärmer, Warmwasserverteilung und Warmwasserabgabe/Nutzung) kann zu einem energieoptimalen und umweltgerechten Warmwassersystem führen.

Schlussbetrachtung

Gefordert durch die Energiesituation und den Umweltschutz sind wir heute verpflichtet, sinnvolle und wirtschaftliche Haustechnikanlagen zu planen und zu bauen. Dies trifft insbesondere auch auf die Warmwasseranlagen zu und lässt sich im Betrieb anhand von Energieverbrauchskontrollen und Wartungskosten überprüfen.

Alle Komponenten einer Warmwasserversorgung sind ihrem Zweckentsprechend zu optimieren und im System als ein gut funktionierendes Ganzes einzusetzen. Dabei verdient die elektrische Energie vermehrt Beachtung, sei es als Heizenergie oder Hilfsenergie (Zirkulationspumpe oder Heizband).

Die Art und der Umfang der Warmwasserversorgung wird neben den vorgegebenen Komfortansprüchen ganz wesentlich von beeinflussbaren bauseitigen Gegebenheiten geprägt.

Nachfolgende Kriterien führen zu günstigen Planungsvorgaben für eine wirtschaftliche energiesparende Warmwasserversorgung:

- nur selten benutzte Entnahmestellen vermeiden
- konzentrierte Anordnung der Sanitärräume bzw. Entnahmestellen
- wassersparende Armaturen einsetzen
- Wassererwärmer möglichst nahe bei den Entnahmestellen
- ausreichender Platz für genügende thermische Dämmung der Leitungen vorsehen
- individuelle Verbrauchsabrechnung einsetzen
- Begrenzung der Armaturen-Ausflussmengen
- maximale Warmwassertemperatur von 60 °C beachten
- Anwendung des Wärmepumpenprinzips für die Warmwassererzeugung und zur Wärmeverlustdeckung bei vorgesehenem Zirkulationssystem
- Verhinderung von Falschzirkulation bei Wassererwärmern für bivalenten Betrieb
- richtig bemessene Leitungen und Speichervolumen
- nach Tagesgang geregelte Warmwassertemperaturabgabe
- einfacher Betrieb und Unterhalt der Warmwasser-Anlage.

1 Problemstellung und Zielsetzung

1.1	Anteil der Wassererwärmung am Stromverbrauch	10
1.2	Rationelle Verwendung von Elektrizität bei der Warmwasserversorgung	10

1 Problemstellung und Zielsetzung

1.1 Anteil der Wassererwärmung am Stromverbrauch

Der durchschnittliche Heizenergieverbrauch in Wohngebäuden ist in den letzten Jahren dank verbesserter Wärmedämmung ständig gesunken, während der Warmwasserverbrauch etwa gleich geblieben ist.

Prozentual hat daher der Warmwasser-Energieverbrauch einen immer höheren Anteil am Gesamtenergieverbrauch eines Wohngebäudes. Es ist deshalb wichtig, dass auch im Warmwasserbereich die Energiesparmöglichkeiten ausgeschöpft werden.

In rund 40% der Schweizer Haushalte wird für die Wassererwärmung Elektrizität als Energieträger eingesetzt. Der Anteil der Wassererwärmungen am gesamtschweizerischen Stromverbrauch beträgt damit ca. 5%.

Für die Elektrizitätswerke hat die elektrische Wassererwärmung eine wichtige energiewirtschaftliche Komponente. Die Anlagen sind in der Regel als Speicherwassererwärmer ausgeführt und können in den Schwachlastzeiten der Stromversorgung aufgeladen werden. Elektrische Speicherwassererwärmer ermöglichen somit eine bessere Auslastung des elektrischen Netzes.

1.2 Rationelle Verwendung von Elektrizität bei der Warmwasserversorgung

Unter rationeller Elektrizitätsverwendung werden folgende Grundsätze verstanden:

- intelligenter Einsatz von Elektrizität
- Vermeidung von überflüssigen Nutzleistungen
- systematische Verbesserung der Wirkungsgrade.

Bei der elektrischen Wassererwärmung bedeutet dies zum Beispiel:

Intelligenter Einsatz von Elektrizität:

Wassererwärmung mit einer Wärmepumpe oder mit bivalenten Anlagen (im Sommer elektrisch, im Winter über die fossil betriebene Heizung).

Vermeidung von überflüssigen Nutzleistungen:

Keine Überdimensionierung des Speichervolumens, Steuerung der Zirkulationspumpe, richtige Wahl der Armatur etc.

Systematische Verbesserung der Wirkungsgrade:

Richtige Planung und Auslegung der Verteilleitungen, richtige Gerätewahl, richtige Wahl der Warmwassertemperaturen etc.

Auch bei der Wassererwärmung soll der hochwertige Energieträger Strom so rationell wie möglich eingesetzt werden. In der vorliegenden Dokumentation werden die Mittel dazu aufgezeigt.

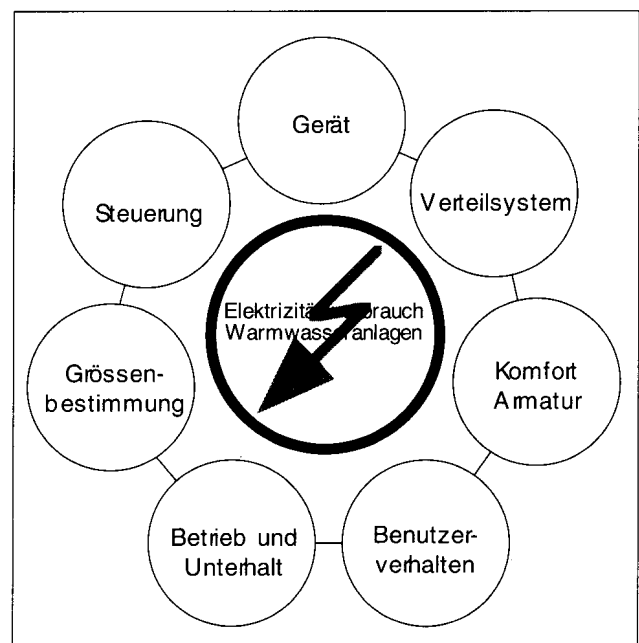


Bild (1.3.1): Einflussfaktoren

2 Geräte zur Wassererwärmung

2.1	Wassererwärmer-Bauarten	12
2.2	Elektro-Wassererwärmer	12
2.2.1	Durchflusswassererwärmer	12
2.2.2	Speicherwassererwärmer rein elektrisch	12
2.2.3	«Klein»-Speicherwassererwärmer	12
2.2.4	Speicherwassererwärmer mit eingebautem Wärmetauscher	13
2.2.5	Elektrische Speicherwassererwärmer mit aussenliegendem Wärmetauscher	13
2.2.6	MAGRO-(Eisenmann)-Speicherwassererwärmer	14
2.2.7	Speicher-Wassererwärmer in Garagen ab 300 bis 500 Liter	15
2.2.8	Warmwasserautomat (Zweikreis-Speicher) ab 50 bis 1000 Liter	15
2.2.9	Warmwasserspeicher	16
2.3	Wärmepumpen-Wassererwärmer	17
2.3.1	Aufbau, Funktion	17
2.3.2	Arten von Wärmepumpen-Wassererwärmern	17
2.3.3	Bestimmung des Speichervolumens	21
2.3.4	Standort der Wärmepumpe	21
2.3.5	Wärmequelle	22
2.3.6	Leistungszahl	22
2.4	Betriebsverhalten	23
2.4.1	Kriterien	23
2.4.2	Aufladung	23
2.4.3	Entladung	24
2.4.4	Schichtung	25
2.4.5	Betriebstemperaturen	26
2.4.6	Wasserzusammensetzung	26
2.5	Steuerung und Regelung	27
2.5.1	Wassererwärmer	27
2.5.2	Zirkulation	28
2.5.3	Thermische Desinfektion	29
2.6	Konstruktionsmerkmale	30
2.6.1	Konstruktion von Speicherwassererwärmern	30
2.6.2	Werkstoff und Korrosionsschutz des Innenkessels	38
2.6.3	Kathodischer und galvanischer Korrosionsschutz	38
2.6.4	Aussenmantel-Verschaltungssysteme	39
2.6.5	Wärmedämmung	39
2.6.6	Energieverluste von Wassererwärmern/Speichern	39
2.6.7	Heizkörper für Wassererwärmer	41
2.6.8	Temperaturregelung	43
2.6.9	Korrosionsprobleme bei den Heizkörpern	43
2.7	Systemwahl	44
2.7.1	Auswahlkriterien	44
2.7.2	Wärmeenergiemittel	44
2.7.3	Verfügbarkeit	44
2.7.4	Energiemittelkosten	44
2.7.5	Wärmeenergieträger	45

2 Geräte zur Wassererwärmung

2.1 Wassererwärmer-Bauarten

Die Begriffe der Wassererwärmer-Bauarten bzw. Definition der Warmwasserversorgung für «Trinkwasser in Gebäuden», sind in der SIA-Norm 385/3 festgehalten.

Definition für Wassererwärmer nach SIA:

Wassererwärmer:

Apparate in denen durch direkte und/oder indirekte Erwärmung dem Kaltwasser Wärme zugeführt wird, und zwar bis maximal unter die Siedetemperatur bei Atmosphärendruck.

Durchflusswassererwärmer:

Wassererwärmer, in denen das Kaltwasser im Zeitpunkt der Entnahme, d.h. beim Durchströmen, erwärmt wird.

Speicherwassererwärmer:

Wassererwärmer in Form von Behältern, mit eingebauten Heizflächen, in denen das Kaltwasser erwärmt und nach der Erwärmung zudem gespeichert wird. (z.B. der Boiler oder Wassererwärmer genannt).

Hochleistungswassererwärmer:

Wassererwärmer in Form von Behältern mit eingebauten Heizflächen, in denen das Kaltwasser beim Durchströmen erwärmt und nur zu einem geringen Teil nach der Erwärmung gespeichert wird.

Warmwasserspeicher:

Behälter ohne eingebaute Heizflächen nur zum Speichern von Warmwasser. Das Warmwasser wird durch ein Erwärmungssystem zugeführt, wobei das Wasser von einem Wassererwärmer erwärmt wird, der sich ausserhalb des Warmwasserspeichers befindet.

2.2 Elektro-Wassererwärmer

2.2.1 Durchflusswassererwärmer

Als Durchfluss- oder Durchlauferhitzer, kennen wir in erster Linie die sogenannten Gas-Durchlauferhitzer (Gas-Warmwasserthermen).

Die elektrischen Durchflusswassererwärmer sind kompakt gebaut, mit integriertem Heizelement für eine Entnahmestelle und mit einer relativ hohen elektrischen Anschlussleistung.

Der Durchflusswassererwärmer ist in der Regel für hydraulisch geschlossene (d.h. druckfeste) Systeme gebaut. Es gibt jedoch auch Geräte für den offenen, drucklosen Anschluss.

Man unterscheidet zwischen hydraulisch-, thermisch- und elektronisch gesteuerten Durchlauferhitzern.

Der Durchflusswassererwärmer ist mit einer hohen Heizleistung versehen, in dem das Wasser während des Durchfliessens erwärmt wird. Aufgrund der hohen Heizleistungen sind grosse elektrische Anschlusswerte erforderlich von z.B. 18 kW für ca. 9 l/min. bzw. 21 kW für ca. 10,5 l/min. oder sogar 24 kW für ca. 12 l/min.

Aufgrund der grossen elektrischen Anschlusswerte können und sollten diese Geräte auf dem Schweizermarkt nicht ohne weiteres angeschlossen werden

2.2.2 Speicherwassererwärmer rein elektrisch

Bei den elektrischen Speicherwassererwärmern, kurz Wassererwärmer genannt, kann differenziert werden zwischen offenen und geschlossenen (Druck) Systemen, mit einer Speicherung des durchschnittlichen Tagesbedarfes und einer Erwärmung in der Nacht-(Niedertarif)Zeit. Die Elektro-Speicherwassererwärmer sind als Wand-, Stand-, Einbau-, Untertisch und Hochschrankmodelle sowie als weitere Bauformen und Sonderausführungen erhältlich.

2.2.3 «Klein»-Speicherwassererwärmer

Klein-Speicherwassererwärmer in Untertisch- und Ober-tischausführung gibt es ab ca. 5 bis 30 Liter Inhalt.

«Klein»-Speicherwassererwärmer sind als offene oder geschlossene Ausführungen erhältlich und sind für eine Entnahmestelle geeignet.

Bei der (offenen) drucklosen Bauweise ist die hierfür geeignete Armatur einzusetzen.

2.2.4 Speicherwassererwärmer mit eingebautem Wärmetauscher

Der Elektrische-Speicherwassererwärmer mit eingebautem Wärmetauscher weist die zusätzlichen Möglichkeiten auf, Warmwasser mittels Gas, Heizöl festen Brennstoffen (Holz, Kohle, Koks), Dampf, über einen Wärmeerzeuger wie Heizkessel oder Solarenergie und Wärmepumpen einzusetzen. Die Wärmezufuhr erfolgt über den Wärmetauscher indirekt durch ein Wärmeträgermedium wie I-feizungswasser, Dampf, usw. Die eingebauten Heizschlangen als Wärmetauscher werden in Edelstahl, bzw. emailliertem Stahlrohr, oder als Bündelrohrwärmetauscher aus Glattrohr oder Rippen-Spiralrohr hergestellt.

Heizschlangen in Edelstahl und emaillierte Stahlrohre sind fest eingebaute Bestandteile des Wassererwärmers. Bündelrohrwärmetauscher werden auf einem Flansch angebracht und auf den Wassererwärmer integriert, bzw. montiert.

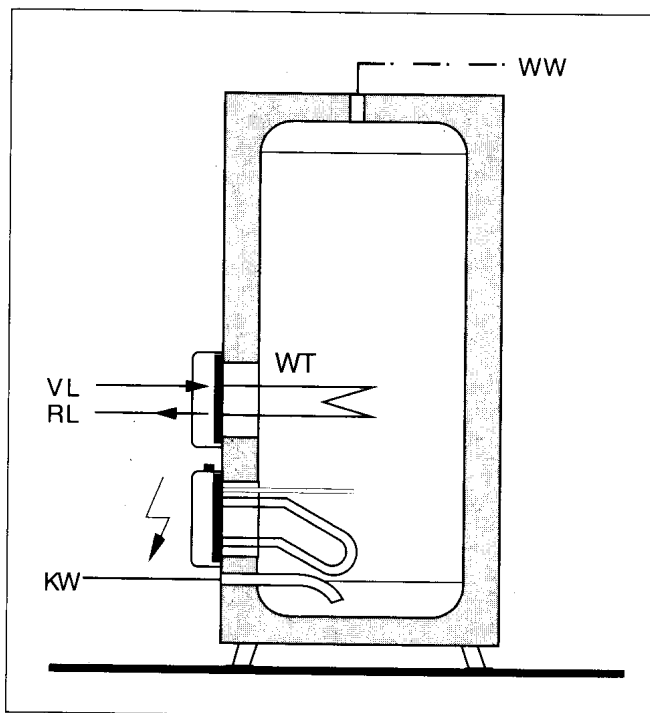


Bild (2.2.4.1):
Erwärmer für bivalente Betriebsweise

Die Wassererwärmung erfolgt im Winter über den Heizkessel und im Sommer elektrisch.

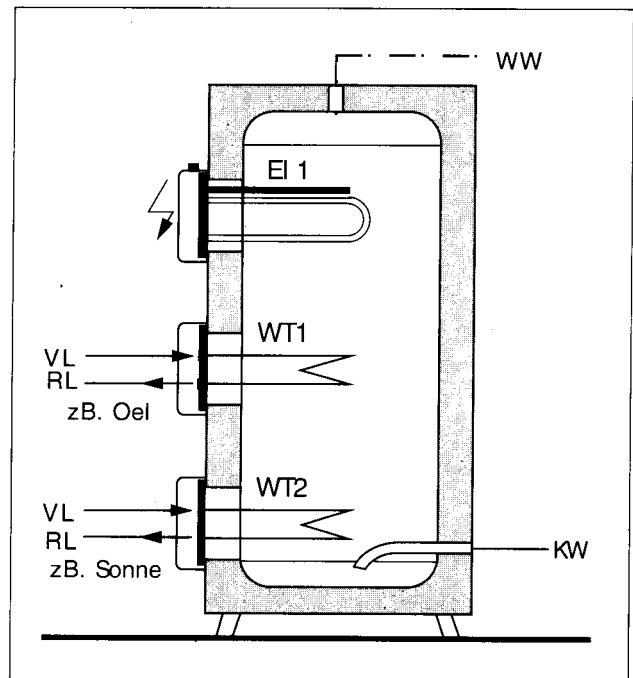


Bild (2.2.4.2):
Erwärmer für polyvalente Betriebsweise

Durch den Einbau von mehreren Wärmetauschern für die Erwärmung des Wassers durch Sonnenkollektoren oder/und Wärmepumpen oder/und Wärmeerzeuger (Heizkessel) oder/und Fernheizungsanschluss und Elektro-Heizelement, gewährleisten eine optimale, polyvalente Energienutzung. Die elektrische Direktheizung wird ausschliesslich bei ungenügendem Temperaturniveau durch Solar-, bzw. Wärmepumpenbetrieb eingesetzt.

2.2.5 Elektrische Speicherwassererwärmer mit aussenliegendem Wärmetauscher

a) Varianten für einen bivalenten Betrieb:

- fossiler Energieträger (Heizung)
- elektro.

Bei Öl-, Gas-, Holzbetrieb, kann in der Heizperiode die Wassererwärmung über die Heizung erfolgen. Ausserhalb der Heizperiode erfolgt die Wassererwärmung über die elektrischen Heizelemente.

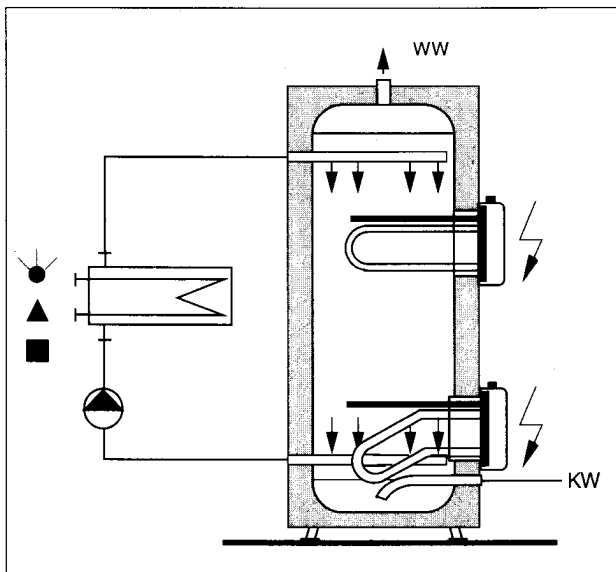


Bild (2.2.5.1): Bivalenter Betrieb mit verschiedenen Energien über externen Wärmetauscher

- Warmwasserspitzenabdeckung durch oberes Elektro-Heizelement
- Funktion als elektrischer Warmwasserautomat (zwei Heizelemente)
- Funktion als konventioneller Wassererwärmer (unteres Heizelement). Diese Systeme eignen sich für die zentrale Warmwasserversorgung im Ein- und Mehrfamilienhaus.

b) Varianten für einen bivalenten Betrieb mit Alternativenergie

Vorwärmung durch Wärmepumpen-Systeme, Solarenergie oder Abwärme:

- Alternative Energie (Wärmepumpe/Solar/Abwärme)
- Elektrobetrieb
- Nacherwärmung durch unteres und/oder oberes Elektro-Heizelement
- Warmwasserspitzenabdeckung durch oberes Elektro-Heizelement
- Funktion als elektrischer Warmwasserautomat (zwei Heizelemente)
- Funktion als konventioneller Wassererwärmer (unteres Heizelement).

Diese Systeme eignen sich für die zentrale Warmwasserversorgung im Ein- und Mehrfamilienhaus.

2.2.6 MAGRO-Eisenmann)-Speicherwassererwärmer

Die MAGRO-Ausführung (Ladung) bedeutet, dass der Speicher im Umwälzkreis von oben nach unten geladen wird und bei Warmwasserbedarf, unmittelbar und immer Warmwasser zur Verfügung steht.

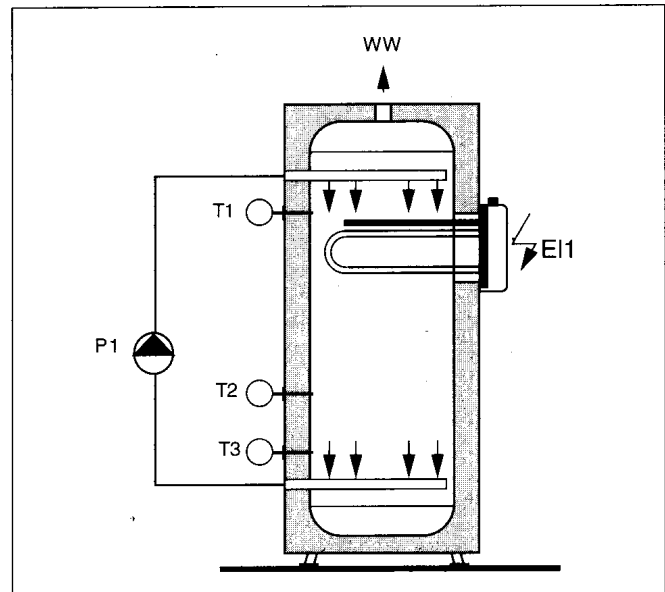


Bild (2.2.6.1): Klassische MAGRO-Ausführung (Elektro-MAGRO-System)

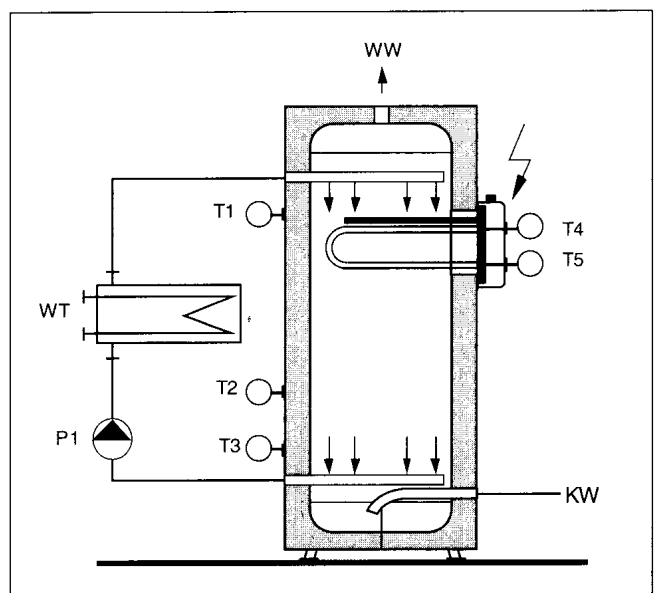


Bild (2.2.6.2): MAGRO-System mit aussenliegendem Wärmetauscher und elektrischen Heizelementen im Speicher integriert.

2.2.7 Speicher-Wassererwärmer in Garagen ab 300 bis 500 Liter

Die Ausführung entspricht einem Stand-Wassererwärmer unter den unten aufgeführten Bedingungen.

Gemäss Art. 6 der NEV (Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse vom 24. Juni 1987) und Abschnitt 4 der NEVV (Verordnung über die zulassungspflichtigen elektrischen Niederspannungserzeugnisse vom 14. November 1989) sind elektrische Betriebsmittel, welche in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 2, 1 oder 0 eingesetzt werden, zulassungspflichtig.

Die Anwendung der Zonenteilung obliegt den feuerpolizeilichen Organen (Kantonale Gebäudeversicherung bzw. Feuerpolizei) und den Durchführungsorganen des Arbeitnehmerschutzes fSUVA, Fachorganisationen und Arbeitsinspektorate). Bei der Installation von explosionsgeschützten, vom eidg. Starkstrominspektorat (ESTI) zugelassenen elektrischen Betriebsmitteln, sind die Hausinstallationsvorschriften (HV/SEV 1000-1.1985, SEV 1000-2.1985) des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV), Abschnitt 4817 (Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen) zu berücksichtigen.

Der Wassererwärmer für die Platzierung in Garagen mit eingebautem Wärmetauscher eignet sich im Einfamilienhaus, wo für die Platzierung der Wassererwärmung kein anderweitiger Platz zur Verfügung steht.

Die Warmwasserversorgung ist zentral und die Verteilung kann einzeln- oder gemeinsam ausgeführt werden.

2.2.8 Warmwasserautomat (Zweikreis-Speicher) ab 50 bis 1000 Liter

Warmwasserautomaten werden in den Ausführungen als Wand-, Stand-, Einbau-Untertisch und Hochschrank-Speicherwassererwärmer hergestellt.

Die Ausführungen entsprechen dem jeweiligen Basismodell mit zusätzlich einem Elektro-Heizelement im oberen Bereich. Das untere Elektro-Heizelement ist für die Nacht-, Niedertarifladung und das obere Elektro-Heizelement für die Tagesnachladung zur Abdeckung des Spitzenbedarfs an Warmwasser. Das Zusammenschalten beider Heizelemente (unteres und oberes) ist aufgrund der kumulierenden Leistung (Anschlusswert) nicht zugelassen.

Funktionsbeschreibung eines Warmwasserautomaten

Mit entsprechenden Steuerungskomponenten kann der Warmwasserautomat energiesparend eingesetzt werden.

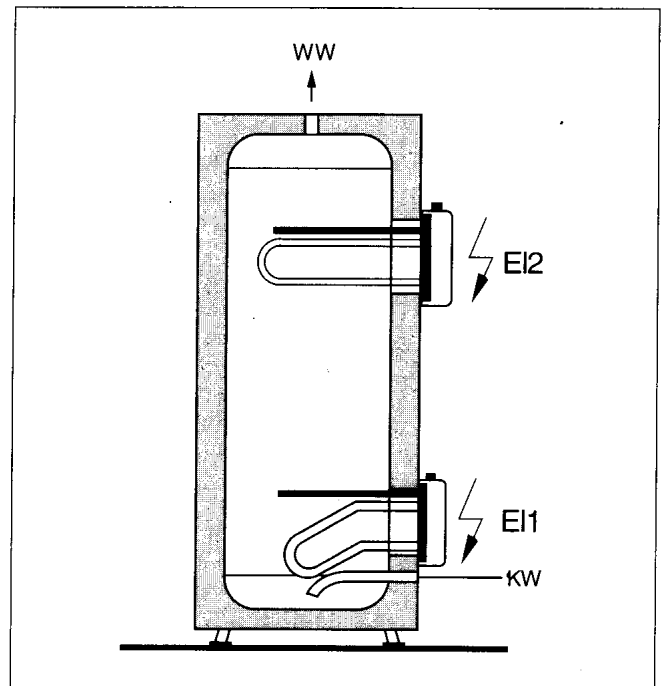


Bild (2.2.8.1): Der gesamte Inhalt wird durch das untere Elektro-Heizelement während der Nacht-Niedertarifzeit erwärmt. Analog einem konventionellen Wassererwärmer.

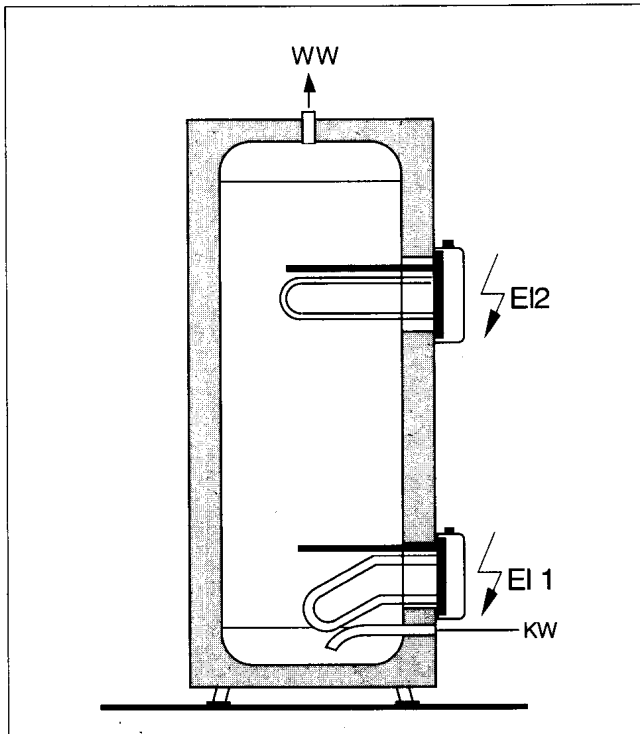


Bild (22.8.2): Durch Einschalten des oberen Elektro-Heizelementes wird nur ein Drittel des Inhaltes erwärmt (z. B. in den Ferien); dadurch erfolgt eine Einsparung der Stillstandsverluste.

In der Automatenfunktion wird in der Nacht-, Niedertarifzeit das gesamte Volumen erwärmt. Er langt das Kaltwasser den oberen Drittel des Warmwasserverbrauches, schaltet das obere ElektroHeizelement zu und erwärmt nur den oberen Drittel. Dadurch steht immer genügend Warmwasser für die sogenannte Spitzendeckung zur Verfügung.

2.2.9 Warmwasserspeicher

Behälter ohne eingebaute Heizflächen zum Speichern von Warmwasser. Das Warmwasser wird durch ein Auf-ladesystem von einem Wassererwärmer, der sich ausserhalb des Warmwasserspeichers befindet, zugeführt. Der Warmwasserspeicher findet Anwendung bei der indirekten Wassererwärmung, mit Sekundärenergieträgern. Bei grösserem Warmwasserbedarf unter Anwendung von Hochleistungswassererwärmern oder Wassererwärmern (Durchlauferhitzer), sind zur Pufferung von Warmwasser, als Warmwasserspeicher erforderlich. Unter der Berücksichtigung von baulichen Gegebenheiten (Türöffnungen), ist es sinnvoll, einzelne kleinere Apparate einzusetzen.

2.3 Wärmepumpen-Wassererwärmer

2.3.1 Aufbau, Funktion

Der Wärmepumpen-Wassererwärmer ist ein Stand-Wassererwärmer mit einer auf- bzw. angebauten Luft-Wasser-Wärmepumpe. Die Wärmepumpe bezieht die Wärme zur Erwärmung des Wassers je nach Ausführung der Umgebung oder Aussenluft.

Die Wärmeübertragung von der Wärmepumpe auf das Kaltwasser erfolgt nach verschiedenen Systemen. Die gebräuchlichste Art sind Kompaktanlagen, bei denen Verdampfer, Verdichter und Gebläse aufgebaut sind. In speziellen Fällen, wo die Wärmequelle und der Speicher nicht im gleichen Raum platziert werden können, werden Split-Systeme eingesetzt, d.h. Verdampfer, Verdichter und Gebläse, teilweise auch Verflüssiger sind separat angeordnet.

Bei den meisten Geräten, kann das Wasser zusätzlich mit einem elektrischen Heizeinsatz nach- oder aufgeheizt werden. Bei Geräten mit zusätzlich eingebautem Wärmetauscher können auch Öl, Gas, feste Brennstoffe oder Sonnenenergie eingesetzt werden. Mit dem Gerät wird Wasser erwärmt und für den späteren Gebrauch bereitgehalten. Mit Hilfe der Wärmepumpe ist es möglich, bei Raumtemperaturen zwischen -10 °C und 32 °C der Umgebungsluft Wärme zu entziehen. Diese Wärme wird zusammen mit der zugeführten elektrischen Energie dazu benutzt, den Wasserinhalt bis auf Temperaturen von 55-60 °C zu erwärmen. Die Umgebungsluft kühlt sich dabei ab, kann jedoch ihren Wärmeinhalt normalerweise relativ schnell aus Umweltwärme oder Abwärme wieder ergänzen.

Durch diesen Wärmeentzug aus der Umgebungsluft kann die Wärmezufuhr zum Wasser das Mehrfache dessen betragen, was als Antriebsenergie der Wärmepumpe aufzuwenden ist, z.B. für eine Kilowattstunde Elektrizität bis zu 3 Kilowattstunden Wärme. Diese Verhältnisse werden durch die sogenannte Leistungszahl gekennzeichnet. Für Wärmepumpen-Wassererwärmer werden Verdichtereinheiten eingesetzt, wie sie in grossen Stückzahlen auch für grössere Kühl- und Gefriergeräte gefertigt werden. Sie haben elektrische Anschlussleistungen zwischen 300 und 1000 W und ermöglichen unter den gegebenen Bedingungen Wärmeleistungen zwischen 1000 und 3000 Watt.

Um die kurzzeitige Entnahme von z. T. erheblichen Warmwassermengen (z.B. Füllen einer Badewanne) mit dieser Wärmeleistung bereitstellen zu können, muss der Wärmepumpen-Wassererwärmer mit einem entsprechend grossen Warmwasserspeicher von mindestens 200 l Inhalt kombiniert werden. Die auf dem Markt angebotenen Geräte entsprechen diesen Volumen 250-300 Liter (Spezialausführungen 400 - bis 1000 Liter).

Für den elektrischen Anschluss eines Wärmepumpen-Wassererwärmers reicht normalerweise eine 10-A-Steckdose. Kalt- und Warmwasseranschluss werden genau gleich ausgeführt wie beim Elektrowassererwärmer. Zusätzlich muss am Aufstellungsort ein Abfluss für das aus der Luftfeuchtigkeit entfallende Kondensat sein.

2.3.2 Arten von Wärmepumpen-Wassererwärmern

Je nach Anwendungsbereich werden verschiedene Bauarten eingesetzt. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Kompaktgeräten und Splitgeräten. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal innerhalb der beiden Gruppen ist die Art der Wärmeübertragung zwischen Wärmepumpe und Speicherbehälter. Zusätzlich wird unterschieden nach Art, Aufbau und Anordnung der Wärmetauscher und der Komponenten des Kältemittelkreislaufes. Einige Geräte sind zusätzlich mit einem Elektroheizeinsatz ausgerüstet, der bei Temperaturen von 4- 12 °C zur Nachwärmung des Wassers, z.B. von 55 °C auf 60 °C (Legionellen) eingeschaltet wird. Eine interessante Ausführung ist ein Kompaktgerät mit eingebautem Wärmetauscher für den Einsatz von Öl, Gas, feste Brennstoffe, Sonnenenergie etc.

Bei WP-Wassererwärmern ist dem Bezug von Wärme besondere Beachtung zu schenken, damit es nicht zum Wärmediebstahl kommt.

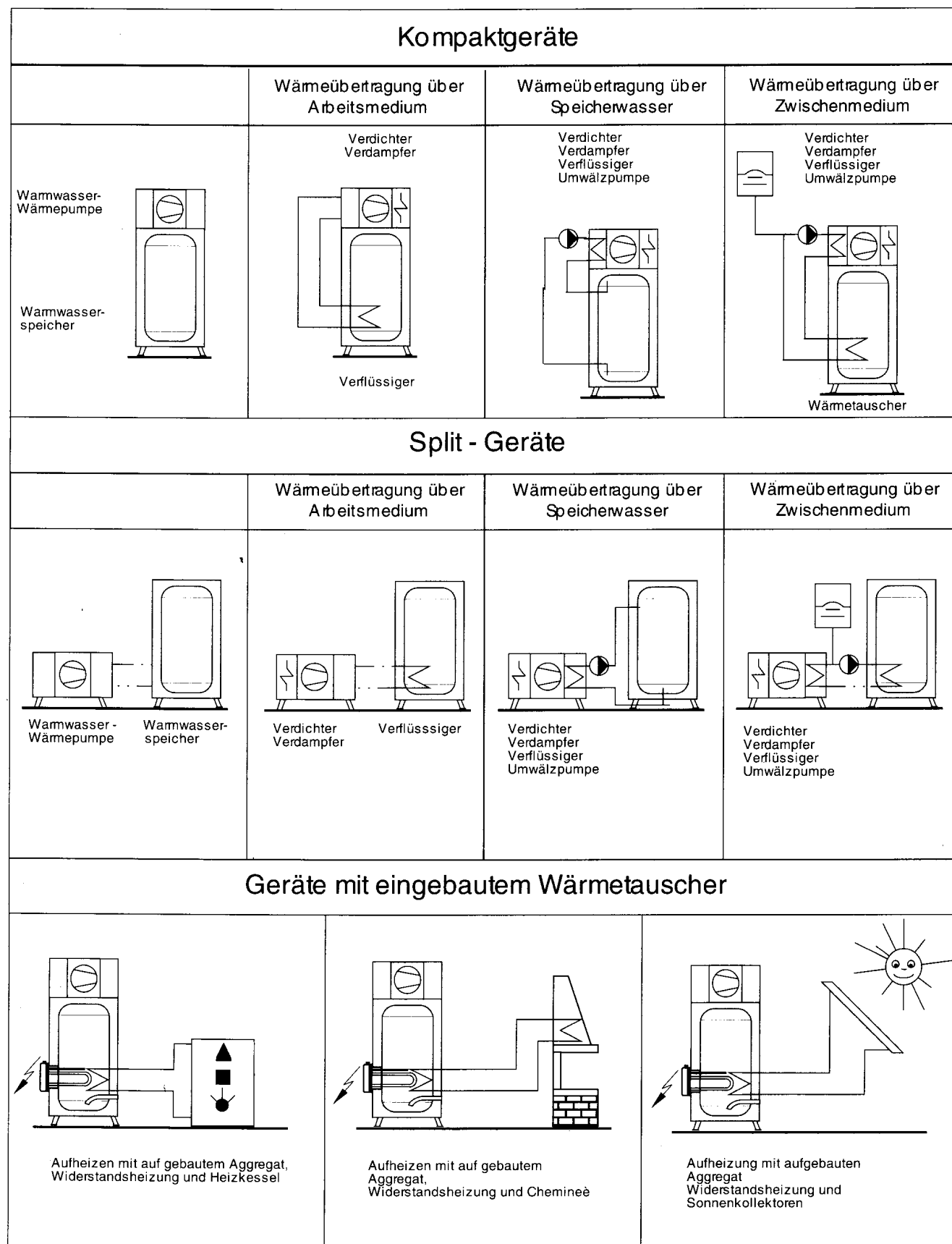
Bauarten von Wärmepumpen-Wassererwärmern

Bild (2.3.2.1): Symbolische Darstellung möglicher Prinzipien

Kompaktgeräte

a. Geräte mit Wärmeübertragung durch Arbeitsmedien

Bei den meisten Geräten wird die Raumluft mit einem Ventilator über einen Lamellenverdampfer abgekühlt. Mit Ausnahme des Verflüssigers sind die Komponenten des Kältekreislaufs oberhalb des Warmwasserspeichers angeordnet. Dies entspricht der klassischen Kompaktausführung. Bei einigen Ausführungen kann das Wärmepumpenaggregat nach Herausnahme des Heizflansches auch an vorhandene Standspeicher nachgerüstet werden. Bei dieser Ausführung wird anstelle des Lamellenverdampfers mit Ventilator, ein statischer Plattenverdampfer um den Warmwasserspeicher angeordnet. Bei dieser Art wird, aufgrund der grossen Oberfläche des Wärmetauschers auf den Ventilator verzichtet. Für Geräte mit direkter Anordnung des Verflüssigers im Warmwasserspeicher gelten folgende Anforderungen:

1. Als Arbeitsmittel darf ab Januar 1994 nur noch R22 oder R 134a verwendet werden.
2. Neben den zuvor erwähnten Kältemitteln dürfen nur solche Schmiermittel verwendet werden, die keine Gefährdung des Verbrauchers durch Genuss des Trinkwassers auch beim Störfall erwarten lassen. Andere Zusatzstoffe dürfen dem Kältemittel nicht zugesetzt werden.
3. Die Wärmeaustauscher zwischen Kältemittel und Trinkwasser dürfen keine Lötstellen, Schweissnähte, Verschraubungen oder andere Verbindungen enthalten. Das Material muss eine hohe Sicherheit gegen Korrosionsschäden aufweisen (SVGW-Zulassung beachten).
4. Bei Wassererwärmern mit innenliegendem Verflüssiger muss eine automatisch wirkende Entgasungsvorrichtung eingebaut sein, die verhindert, dass gasförmige Kältemittel durch die Trinkwasserleitung in Wohnräume gelangen.

Geräte mit direkter Anordnung des Verflüssigers im Warmwasserspeicher liefern bei geringstmöglichem konstruktivem Aufwand systembedingt gute Leistungs- und Arbeitszahlen.

b. Geräte mit Wärmeübertragung durch Speicherwasser

Bei dieser Ausführungsform wird das Speicherwasser mit einer Umwälzpumpe durch den ausserhalb des Wasserbehälters angeordneten Wärmetauscher gepumpt. Umwälzpumpe, Wärmetauscher und die übrigen Komponenten des Kältekreislaufs können dabei unmittelbar aussen am Wasserbehälter oder über dem Wasserbehälter angeordnet werden.

c. Geräte mit Wärmeübertragung durch ein Zwischenmedium

Bei dieser Gerätekonzeption erfolgt die Wärmeübertragung vom Verflüssiger zum Warmwasserspeicher über ein Zwischenmedium bzw. über einen Sicherheitswärmeaustauscher. Die Aggregate des Kältekreislaufs sind fest über dem Wasserbehälter angeordnet und können vom Wasserbehälter nicht getrennt werden. Diese Anlage erfordert durch den zusätzlichen Wärmeaustauscher einen grösseren Bauaufwand.

d. Geräte mit aussenliegendem Verflüssiger

Bei dieser Bauart ist der Verflüssiger um den Warmwasserspeicher angelegt. Ein Eindringen von Kältemitteln in den Warmwasserspeicher ist somit ausgeschlossen. Durch die damit verbundenen grossen Tauscherflächen ist das Ausscheiden von Kalk sehr gering. ,

e. Geräte mit eingebautem Wärmetauscher

Bei dieser Bauart ist im Warmwasserspeicher ein Wärmetauscher eingebaut. Dadurch besteht die Möglichkeit, Warmwasser mittels Heizöl, Gas, festen Brennstoffen, Dampf, über einen Wärmeerzeuger, wie Heizkessel oder Solarenergie, einzusetzen. Die Wärmezufuhr erfolgt über den Wärmetauscher indirekt durch ein Wärmeträgermedium, wie Heizungswasser, Dampf usw. Vor allem ist bei dieser Ausführung die Diskussion um das Thema «Wärmediebstahl» nicht relevant. Da diese Geräte bis zur Heizgrenze («hohe Lufttemperaturen») mit dem Wärmepumpenaggregat betrieben werden und dann auf den in Betrieb stehenden Wärmeerzeuger umgestellt werden.

Split-Geräte

Geräte, bei denen Wärmepumpe und Warmwasserspeicher getrennt voneinander aufgestellt werden, eignen sich insbesondere für diejenigen Anwendungsfälle, in denen die Wärmequelle und der Aufstellungsort für den Wasserbehälter räumlich getrennt voneinander liegen, so dass eine Verbindung durch Rohrleitungen erfolgt.

a. Geräte mit Wärmeübertragung durch Arbeitsmedien

Bei dieser Gerätebauform wird die Trennung der Aggregate im Kältemittelkreislauf vorgenommen. Hierbei werden zwischen Verdichter und Expansionsorgan der Wärmepumpe auf der einen Seite und den im Wasserbehälter untergebrachten Verflüssiger auf der anderen Seite vorgefüllte Kältemittelleitungen vor Ort montiert. Die mit Kältemitteln vorgefüllten und an den Enden mit Metallfolien verschlossenen Leitungen werden in verschiedenen Längen angeboten. Bei der Montage durchstößt jeweils beim Verschrauben der Leitungen ein Dorn die Metallfolie, und der Kältemittelkreislauf ist funktionsfähig. Bei dieser Anlage ist die Splitung ohne zusätzliche Umwälzpumpe oder Wärmeaustauscher möglich.

b. Geräte mit Wärmeübertragung durch Speicherwasser

Bei dieser Ausführungsform wird das Speicherwasser mittels einer Umwälzpumpe durch den ausserhalb des Wasserspeichers in der Wärmepumpe angeordneten Wärmeaustauscher gepumpt. Es lassen sich auch vorhandene Standspeicher durch Anschaffung der Warmwasser-Wärmepumpe als Split-Anlage nutzen. Wegen des direkten Kontaktes des Verflüssigers mit dem zu erwärmenden Wasser gelten auch hier die Anforderungen wie unter a.

c. Geräte mit Wärmeübertragung durch Zwischenkreislauf

Bei dieser Ausführungsform übernimmt ein geschlossener Heizwasserkreislauf die Wärmeübertragung vom Verflüssiger zum Warmwasserspeicher. Der Zwischenkreislauf wird während des Betriebs der Wärmepumpe mittels einer Pumpe zwischen dem Verflüssiger und dem Wärmeaustauscher im Warmwasserspeicher umgewälzt. Der Zwischenkreislauf muss mit einer automatischen Entgasungseinrichtung ausgestattet werden.

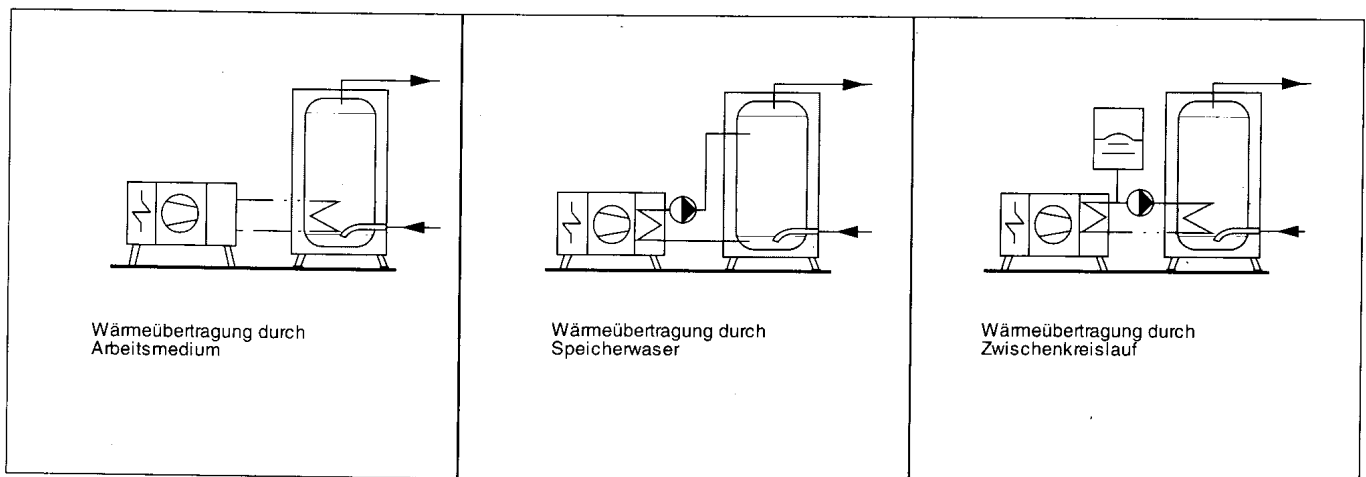


Bild (2.2.3.2): Übersicht über Splitgeräte

2.3.3 Bestimmung des Speichervolumens

Wird der Wärmepumpen-Wassererwärmer nur nachts während der Niedertarifzeit aufgeheizt, so ist das Volumen unter nachstehenden Bedingungen gegenüber dem Elektro-Wassererwärmer um ca. 10% zu vergrössern.

- Gleiche Verbrauchsmengen
- Gleiche Verteilverluste
- Gleiche Ladezeiten

Warmwassertemperaturen 55 °C

Die Frage stellt sich, ob das in der Schweiz übliche Konzept mit 3, 4, 6 oder 8 h Nachtaufladung und damit relativ grossen Warmwasser-Speichern richtig ist. Zudem sind die Aussenlufttemperaturen nachts einige K tiefer als am Tag, was sich bei reinem Nachtbetrieb auf die Jahresarbeitszahl negativ auswirkt. Nachdem die Differenz zwischen Niedertarif und Hochtarif immer kleiner wird, soll der Wärmepumpen-Wassererwärmer während 20 - 24 h aufgeladen werden. Dadurch könnten kleinere Volumen und Aggregate eingesetzt werden. Unter Berücksichtigung der um 5 K tieferen Warmwassertemperaturen sind die für Wassererwärmer bekannten Dimensionierungsgrundlagen anzuwenden.

2.3.4 Standort, Wärmepumpe

Idealer Standort

Als Ausstellungsraum ist ein nicht zu beheizender Raum zu wählen, in dem die Verlustwärme anfällt. Besonders geeignet sind Kellerräume, Eckräume mit mindestens einer Aussenwand.

Das Raumvolumen des Aufstellungsortes soll pro 1 kW Nennaufnahme mindestens 25 m³ betragen, ansonst die abgekühlte Luft nach aussen oder in einen anderen Raum geblasen werden muss (Abluftventilator).

Für den Betrieb über der Heizgrenze von + 12 °C ist eine minimale Öffnung von ca. 0,5 m² zur Aussenluft erforderlich. Bei Nichtgenügen muss ein Abluftventilator eingesetzt werden.

Gleichzeitig muss auf möglichst kurze Verbindungsleitungen zu den Hauptentnahmestellen Küche, Bad - geachtet werden. Sind diese Anforderungen nicht in Einklang zu bringen, so ist entweder ein anderer Aufstellungsraum zu wählen oder der eines Splitt-Wärmepumpen-Wassererwärmers zu prüfen.

Wird ein anderer Raum als Aufstellungsraum gewählt, so muss zu dem Raum, wo die Verlustwärme anfällt, eine Verbindung bestehen, durch die der erforderliche Wärmeaustausch mittels Luftwechsel stattfinden kann.

Auf dem Markt werden Geräte mit Anschlüssen für Lüftungsrohre angeboten.

Ungeeignete Aufstellungsräume

Werden Kompaktgeräte eingesetzt, so gelten folgende Räume als ungeeignet:

Gemüsekelter, Weinkeller

Während des Betriebes der Wärmepumpe kühlt sich die Luft im Aufstellungsraum je nach Grösse des Raumes zwischen 1 bis 7 K ab. Diese raschen Temperaturschwankungen bekommen vor allem guten Weinen schlecht.

Liegt die Oberflächentemperatur des Verdampfers unter der Taupunkttemperatur der Raumluft, so wird die Raumluft entfeuchtet. Dies hat zur Folge, dass dem Gemüse und Obst sowie den Korken der Weinflaschen die Feuchtigkeit entzogen wird.

Räume mit Schmutz oder Staubemissionen

Schmutz und Staub kann je nach Zusammensetzung zur Verstopfung des Verdampfers führen. Besonders kritisch ist auch Mehlstaub, da dieser auf den feuchten Lamellen kleben bleibt.

Garagen (feuerpolizeiliche Räume)

Durch den Ventilator werden evtl. vorhandene explosive Gase im gesamten Raum umgewälzt, wodurch die Explosionsgefahr erhöht wird. Besonders gefährlich sind Räume, in denen mit Lösungsmitteln hantiert wird.

Frostgefährdete Räume (z.B. Estrich)

In diesen Räumen besteht die Gefahr, dass Zuleitungen und Speicher einfrieren und zerstört werden.

Beheizte Räume

Aus energetischen Gründen ist es nicht sinnvoll, Wärme mit einem Heizsystem der Umgebungsluft des Wärmepumpen-Wassererwärmers zuzuführen.

Splitt-Geräte

Mit Splitt-Geräten können diese Probleme teilweise gelöst werden, vor allem, wenn statische Verdampfer eingesetzt werden. Bei frostgefährdeten Räumen z.B., wenn die Wärmeübertragung mit dem Arbeitsmedium (Kältemittel) realisiert wird. Zu beachten gilt, dass der Wärmeentzug im Raum nicht von der Raumtemperatur, sondern vom Warmwasserverbrauch abhängig ist.

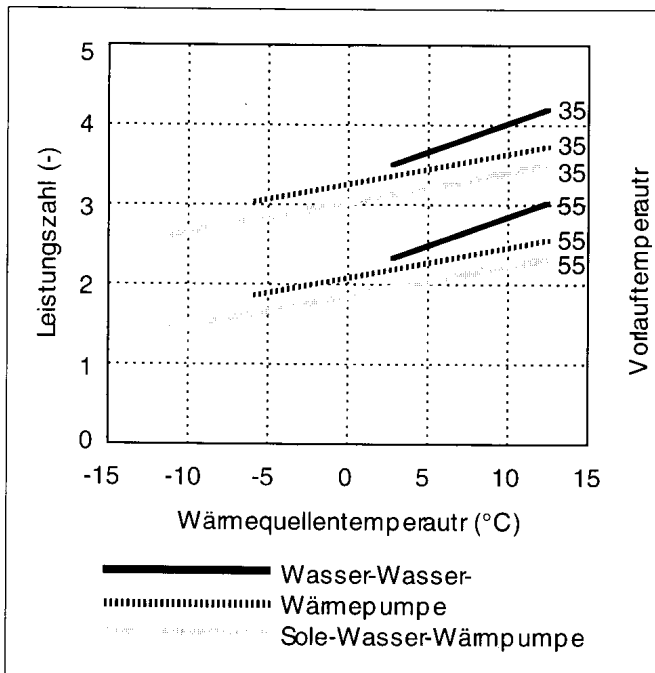


Tabelle (2.3.6.1): Leistungszahl

Bauart	Leistungs- zahl	Jahresar- beitszahl	System- nutzungs- zahl
Wasser-Wasser (monovalent)	3,5 ... 4,0	3,0 ... 3,5	2,8 ... 3,3
Sole-Wasser (monovalent)	3,0 ... 3,5	2,5 ... 3,0	2,3 ... 2,8
Luft-Wasser (bivalent)	2,9 ... 3,4	2,4 ... 2,9	1,5 ... 2,5

Tabelle (2.3.6.2): mögliche Leistungszahlen

2.3.5 Wärmequelle

Beim Einsatz von Wärmepumpen-Wassererwärmern muss Verlustwärme als Wärmequelle dienen. Dabei gilt es, folgende Definition zu berücksichtigen:

Verlustwärme ist diejenige Wärme, welche bei einem Prozess entsteht und nicht unmittelbar oder technisch sinnvoll für denselben genutzt werden kann.

Dabei muss die Verlustwärme gleich oder grösser sein, als die entsprechende Verdampferarbeit der vorgesehenen Warmwasser-Wärmepumpe. Werden Geräte miteinander eingebauten Wärmetauscher für den Anschluss an ein Heizsystem eingesetzt, so sind obige Forderungen nicht Bedingung. Da bei dieser Installation der Wärmepumpen-Wassererwärmer während der Heizperiode nicht in Betrieb ist.

2.3.6 Leistungszahl

Die Leistungszahl gibt Auskunft, wie groß der Aufwand im Verhältnis zum Ertrag ist; also wieviele kWh hochwertige Energie aus der Stromversorgung bezogen werden müssen.

Dieses Verhältnis wird durch verschiedene Leistungszahlen angegeben, die von mindestens drei Bedingungen abhängig ist, welche immer auch angegeben werden müssen:

- Bilanzgrenze
- Beobachtungszeitraum
- Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Heizung.

Die nachstehende Tabelle 2.3.6.1 zeigt, welche Leistungszahlen möglich sind.

Welche Werte beim heutigen Stand der Technik für Elektromotor-Wärmepumpen etwa möglich sind, ist in der Tabelle 2.3.6.2 zusammengestellt.

2.4 Betriebsverhalten

2.4.1 Kriterien

Vielfältig sind die Parameter, die das Betriebsverhalten eines Wassererwärmers beeinflussen:

- Aufladung
- Entladung
- Schichtung
- Betriebstemperatur
- Verteilsystem
- Wasserqualität.

Ein optimales «Zusammenspiel» all dieser Einflüsse spielen bei der Planung eines Wassererwärmers inkl. dem Verteilsystem eine entscheidende Rolle.

2.4.2 Aufladung

Was passiert in einem Wassererwärmer bei der Aufladung mittels eines elektrischen Heizkörpers bei direkter Beheizung?

Wenn Wasser an einer Stelle eines Volumens erwärmt wird, verliert es an Dichte und bewegt sich nach oben. Über einem Heizkörper bewegt sich das erwärmte Wasser wie der Rauch eines Feuerchens nach oben. Wasser unterhalb der Heizung kann so überhaupt nicht erwärmt werden. Es bleibt annähernd kalt.

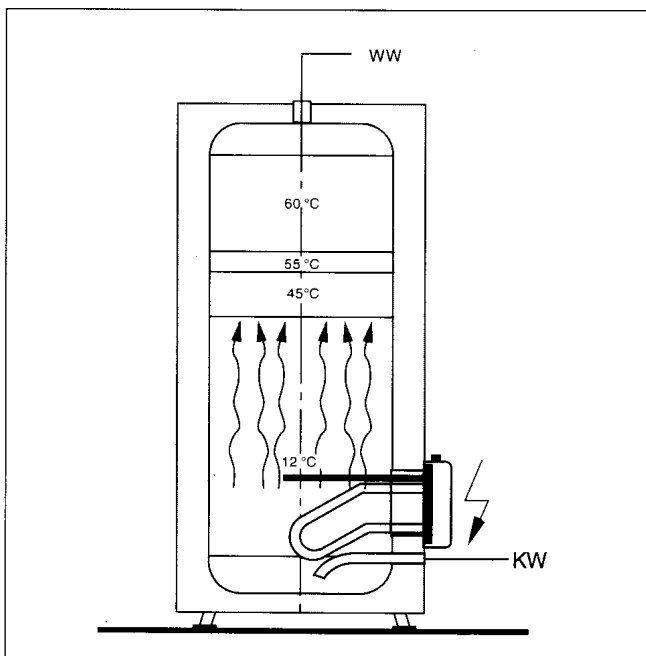


Bild (2.4.2.1): Bei statischer Ladung bewegt sich das Wasser durch den Dichteverlust nach oben und reiht sich in die Temperaturschicht ein.

Im «Warmwasserautomat» und beim «Magro-System» wird diese Erscheinung ausgenutzt.

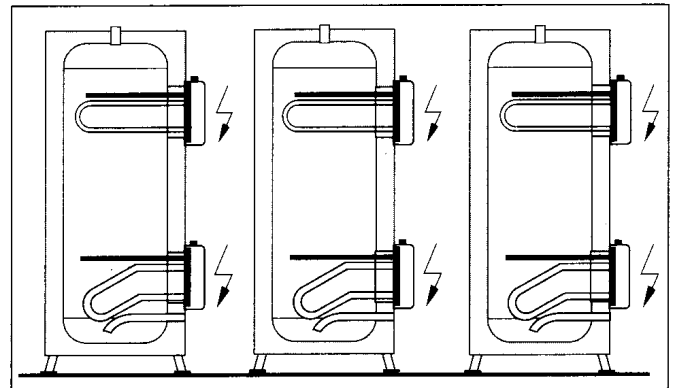


Bild (2.4.2.2)

- a) Der ganze Inhalt wurde durch den unteren Heizeinsatz während der Nacht im Niedertarif aufgewärmt.
- b) Durch die Entnahme des Warmwassers fließt von unten kaltes Wasser nach. Dank der speziellen Konstruktion des Kaltwassereinflaßrohrs bildet sich eine Schichtung des Kalt- und Warmwassers.
- c) Sobald das Kaltwasserniveau den Temperaturregler des oberen Heizeinsatzes erreicht, wird die Tagheizung eingeschaltet, bis der obere Teil des Inhalts wieder aufgewärmt ist.

Würde man im unteren, kalten Teil am Tage nachheizen, wäre es nicht möglich nur einen Teil des Volumens zu erwärmen!

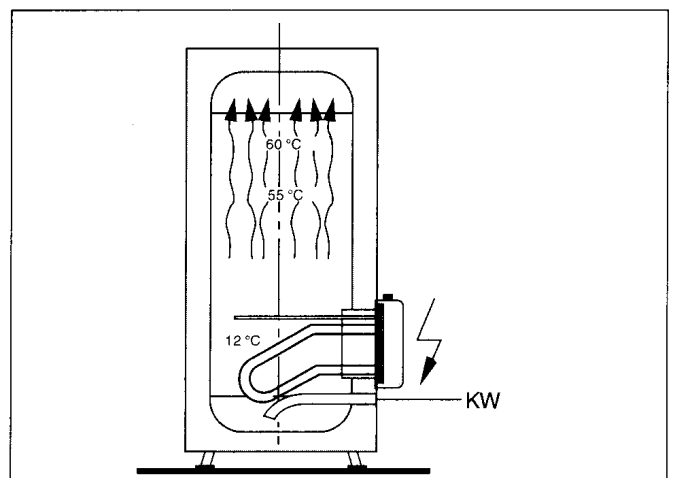


Bild (2.4.2.3): Situation bei Tagesnachladung mit unterem Heizelement

2.4.3 Entladung

Folgende Vorgänge führen zur Entladung von Wasssererwärmern:

- Entnahme
- Zirkulationsverluste (Verteilsystem)
- Interne Zirkulationen im Speicher über Wärmeleitung der Speicherwandung und kalte Stutzen.

Diese Faktoren beeinflussen das Entlade-Verhalten eines Wasssererwärmers massgebend.

Bild (2.4.3.1): Temperaturverteilung in Speichern nach Messung der LWB.

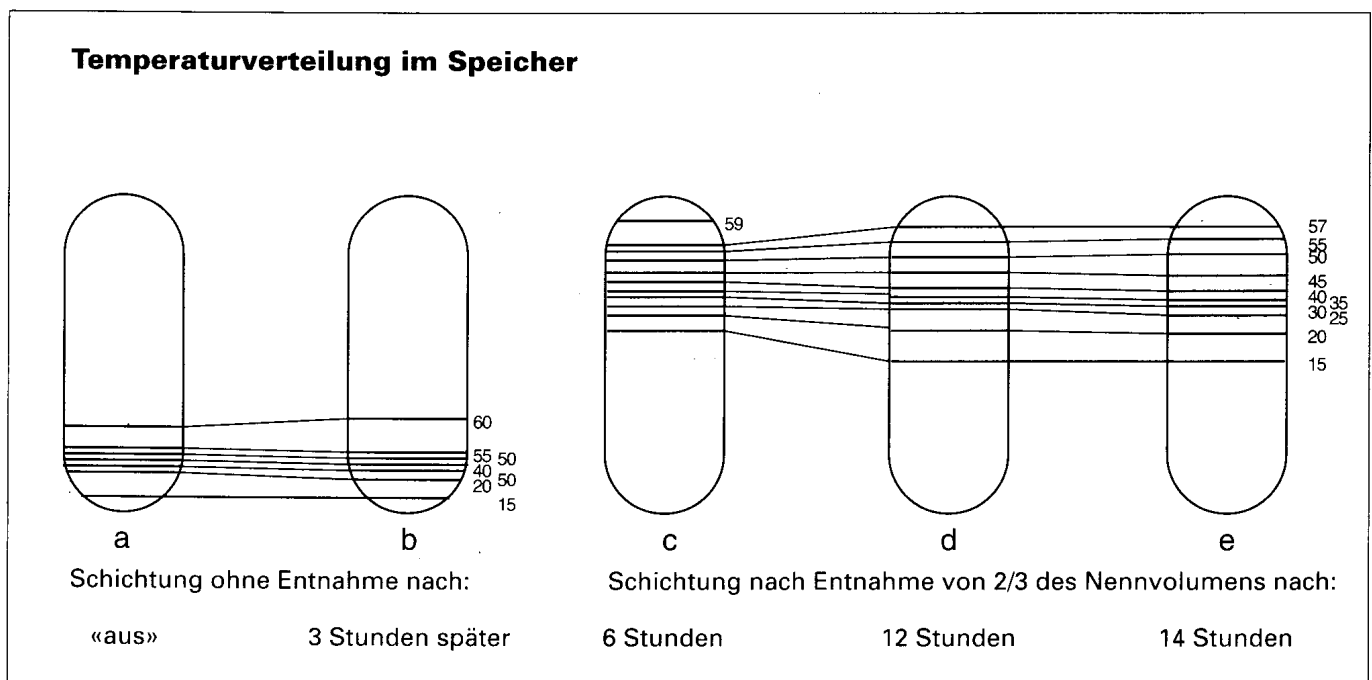


Tabelle 1

Nutzvolumen, dh Volumen, welches mit Temperaturen von wenigstens 50 °C unmittelbar nach Ausschalten der Heizung (60 °C) entnommen werden kann:

Entnahme-Volumenstrom				10 l/min.		20 l/min.			30 l/min.			40 l/min.		
Vn	Vb	Ve	I	%Vn	%Ve	I	%Vn	%Ve	I	%Vn	%Ve	I	%Vn	%Ve
200	210	192	200	100	104	195	98	102	182	91	95	173	87	90
300	320	290	307	102	106	300	100	103	286	95	99	274	91	94
500	524	460	483	97	105	472	94	103	462	92	100	452	90	98

Vn Nenn-Volumen gemäss Typenschild

Vb Brutto-Volumen des Behälters

Ve Erwärmer-Volumen, dh ohne den Anteil unterhalb der Heizung

Für die Praxis kann festgehalten werden:

(Bezug zu Tabelle 1)

- Bei einem «normalen» Zeitablauf der Entnahme im Haushalt (Entnahmen über ca. 14 Stunden verteilt) ergibt sich eine sehr flache Temperaturverteilung.
- Nach zwölf oder mehr Stunden zwischen der ersten und letzten Entnahme erstreckt sich die «Mischzone» fast über den ganzen Speicher. Das Volumen ist jedoch für eine Nutzung nicht verloren.
- Wenn als letzte Anwendung von Warmwasser am Abend der Einsatz für die Körperhygiene angenommen wird, können wir im Diagramm herauslesen, dass, unabhängig von der Dicke der Mischzone, regelmässig ca. 103% des Nenninhaltes als Wasser von 40 °C oder wärmer entnommen werden können.
- Auf generelle Zuschläge von 10% kann somit bei Wassererwärmern bis 300 Liter für Haushalte verzichtet werden. Bei anderen Einsatzgebieten, bei denen höhere Entnahmespitzen und/oder höhere Mindesttemperaturen notwendig sind, ist ein Zuschlag normalerweise gerechtfertigt.

Bedingung für die Richtigkeit der Aussagen ist jedoch:

- Optimale Wärmedämmung des Speichers
- Richtige Konstruktion des Behälters (Stutzen, Verhältnis Durchmesser-Höhe)
- Keine störenden, verlustreichen Konvektionen innerhalb des Speichers.

2.4.4 Schichtung

In den letzten 10 Jahren wurde das Schichtungsverhalten im Zusammenhang mit Wärmeverlusten in Warmwasserspeichern eingehend untersucht.

Die Tatsache, dass sich das Wasser beim Erwärmen in die verschiedenen Temperaturbereiche einreihet (schichtet) war schon lange bekannt, die Gründe jedoch, die diese Schichtung in kurzer Zeit zerstört, waren nur diffus bekannt.

Normale Schichtung

Die Messungen der Schichtungen an der LWB sind aus dem Bild 2.4.3.1 ersichtlich.

Ursachen für Störung der Schichtung

Die häufigsten Ursachen für die Störung der Schichtung in einem Wassererwärmer sollen mit dem nachstehenden Bild aufgezeigt werden:

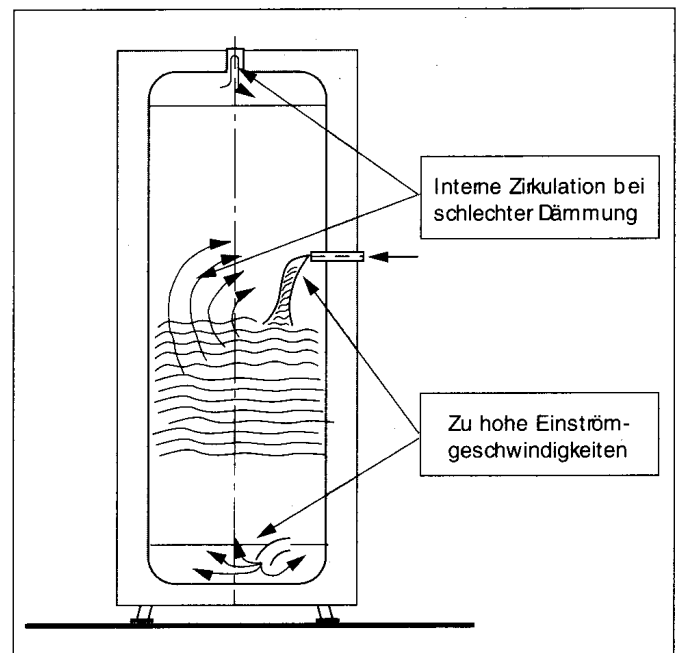


Bild (2.4.4. 1): Ursachen von Schichtungsstörungen

Abhilfe

Bei Wassererwärmern für den Haushalt bis 500 Liter (ohne Zirkulation) genügt es, dass der Erwärmer die Anforderungen einer richtigen Konstruktion und optimalen Wärmedämmung erfüllt. Wichtig ist jedoch, dass Abgangsrohre zum Verteiler der Einzelleitungen gedämmt werden. Bei grossen Anlagen mit elektrischer Beheizung wird die Aufgabe, Schichtungsstörungen zu vermeiden, schwieriger. Zu beachten sind besonders folgende Punkte:

- Bereitstellen von genügender Menge inkl. Verluste
- Vermeiden von Zirkulationen (elektrisches Heizband)
- optimale Wärmedämmung des Speichers
- keine überflüssigen Reservestutzen
- Vermeidung interner Zirkulationen bei externen Ladeleitungen
- keine überflüssigen Reservestutzen

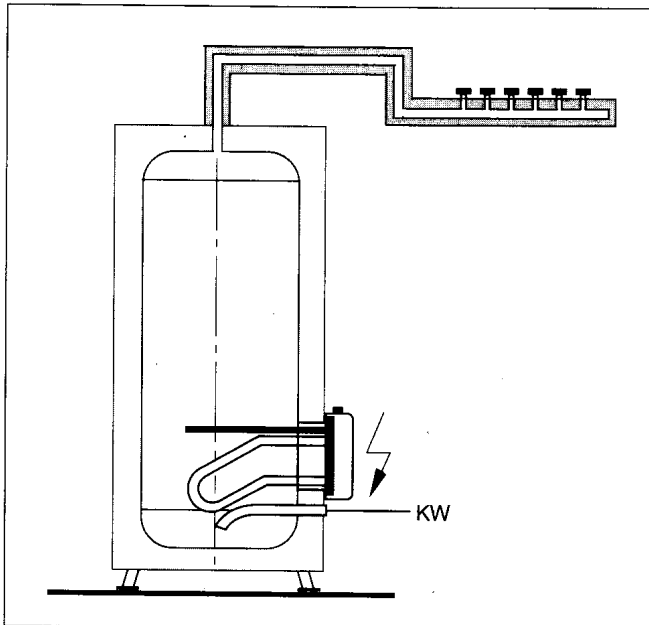


Bild (2.4.4.2): Gut konzipierter Erwärmer für Einfamilienhäuser

Eine weitere Möglichkeit Schichtungsstörungen zu vermeiden besteht darin, den Rücklauf extern nachzuheizen. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass die Energie zur Nachheizung dauernd zur Verfügung stehen muss.

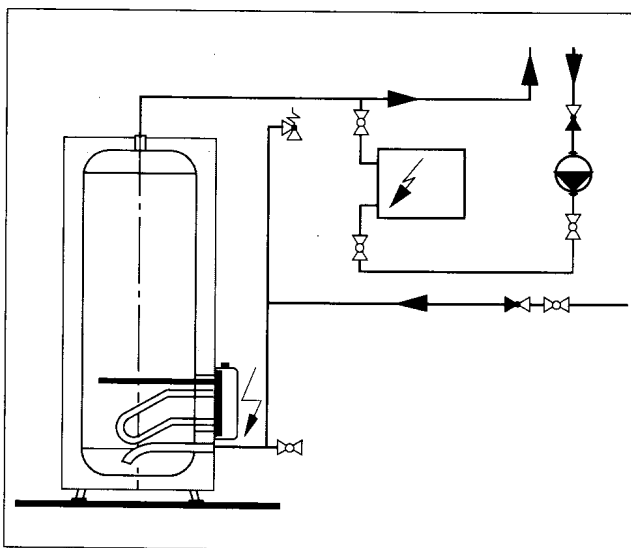


Bild (2.4.4.3): Wassererwärmungsanlage mit Zirkulations-Nacherwärmung

2.4.5 Betriebstemperaturen

Die Bandbreite bezüglich der richtigen Betriebstemperatur ist sehr gross. Einerseits wird sie vom Energiesparen beeinflusst, andererseits sind auch die Bedürfnisse des Benutzers sehr wichtig. Hier einige Beispiele, die als Parameter für die Ermittlung der Warmwassertemperatur entscheidend sind:

- Körperpflege	ca. 45°C
- Gemeinschaftsduschen	ca. 40°C
- Haushaltsküchen	ca. 50°C
- Gewerbeküche	ca. 60°C
- Desinfektion (Metzgereien)	bis 90°C
- Industrie nach Bedarf	

Dies ergibt unter Umständen eine Bandbreite von ca. 45 °C - 90 °C für normale Bedürfnisse in einem Gebäudekomplex. Entweder findet man eine gemeinsame, vertretbare Temperatur oder aber, man schafft die Möglichkeit, die verschiedenen Temperaturen zur Verfügung zu stellen, indem man zentrale Mischarmaturen einsetzt.

Die Legionelle» wird unter Umständen die Wahl der Warmwassertemperatur in der Richtung beeinflussen, dass man nicht mehr von der maximalen Temperatur von 60 °C, sondern von einer Mindesttemperatur von 60 °C an der Auslaufarmatur ausgehen muss (Siehe Kapitel 7.2).

2.4.6 Wasserzusammensetzung

Die Wasserzusammensetzung hat folgende Einflüsse auf das Betriebsverhalten einer Warmwasseranlage:

- Energieaufwand (bei Kalkschichten auf wärmeübertragenden Teilen)
- Korrosion
- Zuwachsen der Warmwasserleitungen bei Verkalkungen.

Die Beurteilung, ob auf Grund der Wasserqualität Massnahmen ergriffen werden müssen, bedarf einer aktuellen, chemischen Wasseranalyse. Diese erhält man in der Regel vom zuständigen Wasserlieferanten, oder man nimmt eine Probe an Ort, und lässt diese durch ein dafür qualifiziertes Labor prüfen.

Die Beurteilung der Analyse erfordert einige Kenntnisse in der Wasser-Chemie.

2.5 Steuerung und Regelung

Einleitung

Die Regelung eines Wassererwärmers stellt regelungstechnisch keine hohen Anforderungen. Verschiedene Steuerfunktionen um die Wassererwärmerladung bieten eher Probleme. Diese wollen wir in diesem Kapitel auch speziell beleuchten. Durch diverse Energiegesetze werden Messungen an Warmwasseranlagen zwingend. Doch auch ohne Zwang können Messdaten wichtige Hinweise zum Betrieb einer Anlage geben. Aus diesem Grunde ist der zweite Teil des Kapitels diesem Thema gewidmet.

2.5.1 Wassererwärmer

Für die meisten Regelfunktionen von elektrisch beheizten Wassererwärmern werden Thermostaten eingesetzt, die die Heizleistung zu- und wegschalten. Die zeitliche Steuerung erfolgt bei Nachtladungen über das Netzkommando des Stromlieferanten. Es ist natürlich auch möglich - je nach Rahmenbedingungen der Lieferwerke - den Ladevorgang über Handschaltungen, Zeitsteuerung mit Schaltuhr oder mit Thermostaten zu beeinflussen.

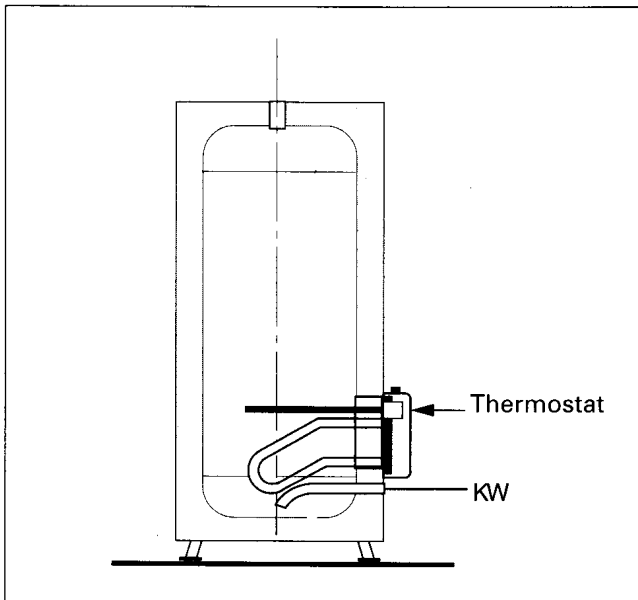


Bild (2.5.1.1): Elektro-Standwassererwärmer mit Thermostatschaltung ein/aus

«Magro»-Wassererwärmer

Max Grossen, einem BKW-Mitarbeiter, ging es in den dreissiger Jahren darum, zum Ausgleich der Belastung von Flusskraftwerken in den Niederlastzeiten soviel Strom. bzw. Wärme als möglich im Wassererwärmer zu speichern, um sie dann in den Hochlastzeiten als Reserve zur Verfügung zu haben.

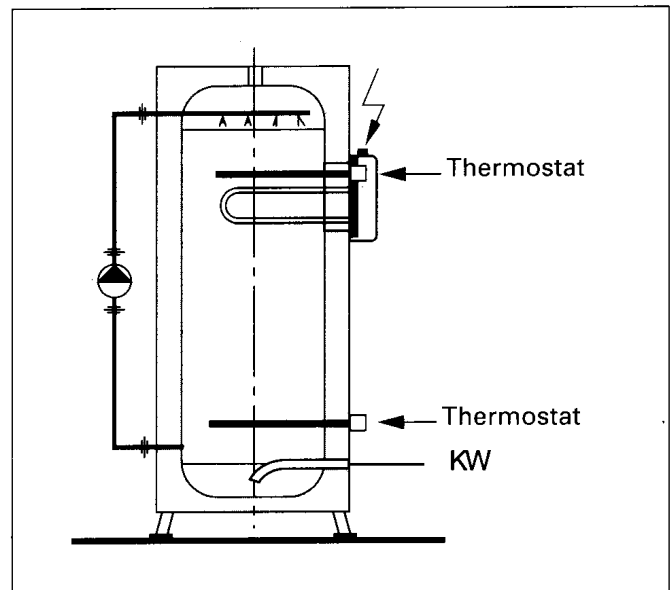


Bild (2.5.1.2): Klassischer Magro-Wassererwärmer mit oben angeordnetem Register und Thermostaten

Die elektrische Beheizung sollte während folgenden Zeiten freigegeben werden:

- an Wochentagen von 22.00 bis 06.00 Uhr
- am Wochenende während des ganzen Tages.

Diese Schaltung ergibt eine Stromfreigabe von 88 h pro Woche, ungefähr die Hälfte davon am Wochenende. Um diese Zeiten ausnutzen zu können, müssen an der Anlage folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Grosse Speicher mit Reserve zum Verbrauch während Tagen
- Möglichkeit einer gleichzeitigen Erwärmung und Entnahme
- Keine Störung des Schichtaufbaus im Speicher.

Die Eigenart dieses Ladesystemes ist, dass der Speicher von oben nach unten geladen wird. Dieses Ladesystem wird auch heute noch angewandt. Einerseits im klassischen «Magro»-Erwärmer, andererseits bei Ladesystemen mit externen Wärmetauschern (z.B. Plattentaucher).

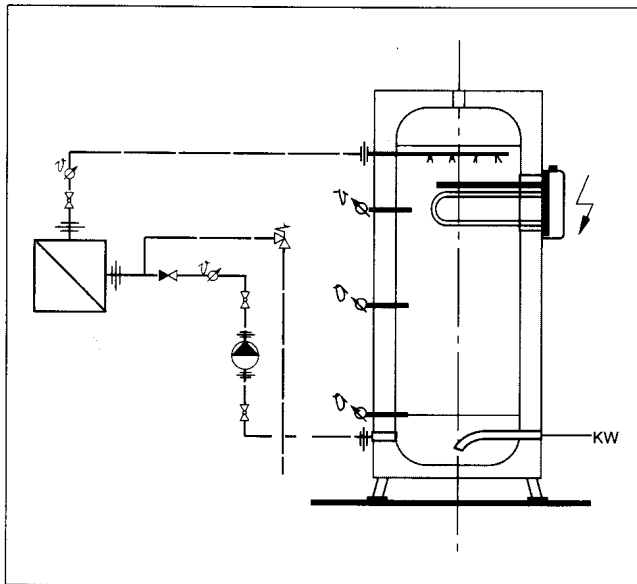


Bild (2.5.1.3): Magro-System mit externem Plattentaucher und Steuereinheiten

Damit bei diesem System die Bedingung betreffend der Nachheizung während der Benützungszeit eingehalten werden kann, muss das Wasser im Sekundärkreis in einer Umwälzung auf die Solltemperatur (z.B. 60 °C) erwärmt werden. Dies kann erreicht werden, indem entweder

- die Leistung des Primärkreises geregelt werden kann

oder

- der Volumenstrom des Sekundärkreises steuerbar ist.

Wird die Primärseite eines Wärmetauschers z.B. mit Niedertemperatur-Wärmeerzeugern bedient (WP BHKW, Kondensationskessel etc.) ist unbedingt eine Rücklauffteffhaltung notwendig.

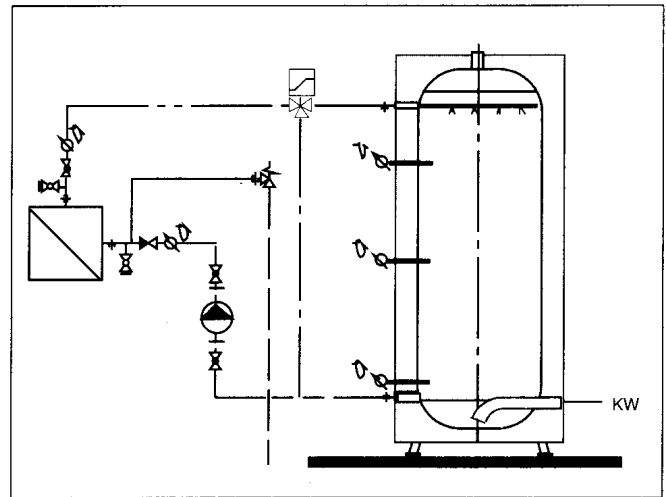


Bild (2.5.1.4): Magro-System mit externem Plattentaucher und Steuereinheiten inkl. Temperaturregelung auf der Sekundärseite

Bei der vorliegenden Schaltung dient der Speicher als reiner Puffer. Bei ständig verfügbarer Energie vermindert er die Schaltzahlen und verlängert die Betriebszeiten der Heizung. Bei elektrischem Betrieb soll er einen Tagesbedarf speichern können, damit während der Niederlastzeit geheizt werden kann.

2.5.2 Zirkulation

In etlichen Kantonen soll die Zirkulation eine gewisse Zeit unterbrochen werden (z. B. 8 h). Je nach Charakteristik des Gebäudes sind die Zeiten, in der die Zirkulation unterbrochen werden kann, unterschiedlich. Es kann sogar vorkommen, dass innerhalb eines Gebäudes unterschiedliche Unterbrechungszeiten nötig sind.

Energetisch ist eine Unterbrechung der zirkulierenden Leitungen in den meisten Fällen sinnvoll. Jedoch können dadurch auch Nachteile entstehen:

- lange Wartezeiten für Benützungen bei unterbrochener Zirkulation
- dadurch grosse Energie- und Wasserverluste
- Zerstörung der Schichtung beim Einschalten der Zirkulation.

Einzig die Zerstörung der Schichtung durch den kalten Leitungsinhalt des Warmwassersystems kann mit steuerungstechnischen Massnahmen entgegengewirkt werden, indem man den Zeitpunkt der Zirkulationseinschaltung in die Aufheizphase legt. Dies bedeutet, dass der Wärmeverlust

des ausgekühlten Wassers am Ende der Aufheizphase kompensiert werden muss. Bei externer Nachheizung der Zirkulation ist dies nicht nötig.

2.5.3 Thermische Desinfektion

Die Erkenntnisse um die Problematik der Legionärskrankheit hat dazu geführt, dass bei Bauten wie:

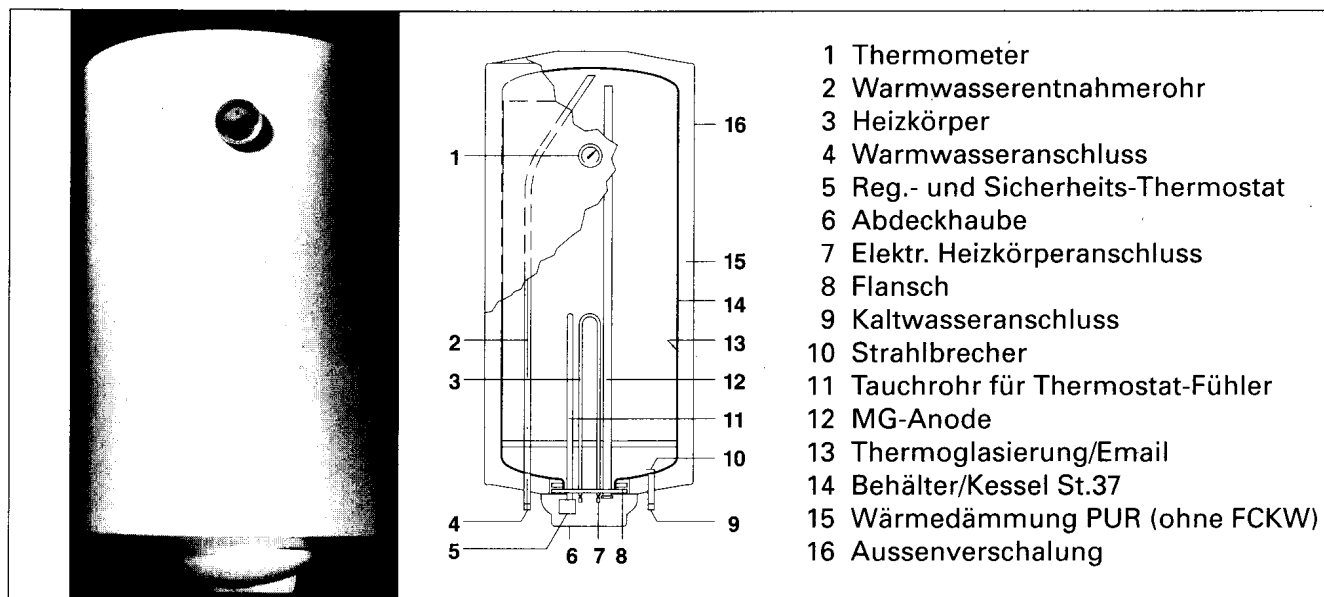
- Spitälern
- Krankenheimen
- Hotels

Massnahmen gegen die Ausbreitung des Krankheitserregers ergriffen werden müssen. Warmwasserspeicher und Leitungssysteme müssen daher regelmässig thermisch desinfiziert werden, d.h. die Temperaturen müssen kurzfristig auf deutlich über 60 °C erhöht werden. Bei solchen Anlagen wird dies meist zum regeltechnischen Problem. Es ist darauf zu achten, dass die Primärtemperatur aus dem nötigen Soll-Wert von mindestens 75 °C erhöht werden kann. Für die periodische Temperaturerhöhung sind separate Thermostate oder Fühler anzuordnen, damit diese mittels einer Zeitschaltuhr freigegeben werden können. Die Temperaturerhöhung kann auch mittels eines Elektro-Heizeinsatzes erfolgen.

2.6 Konstruktionsmerkmale

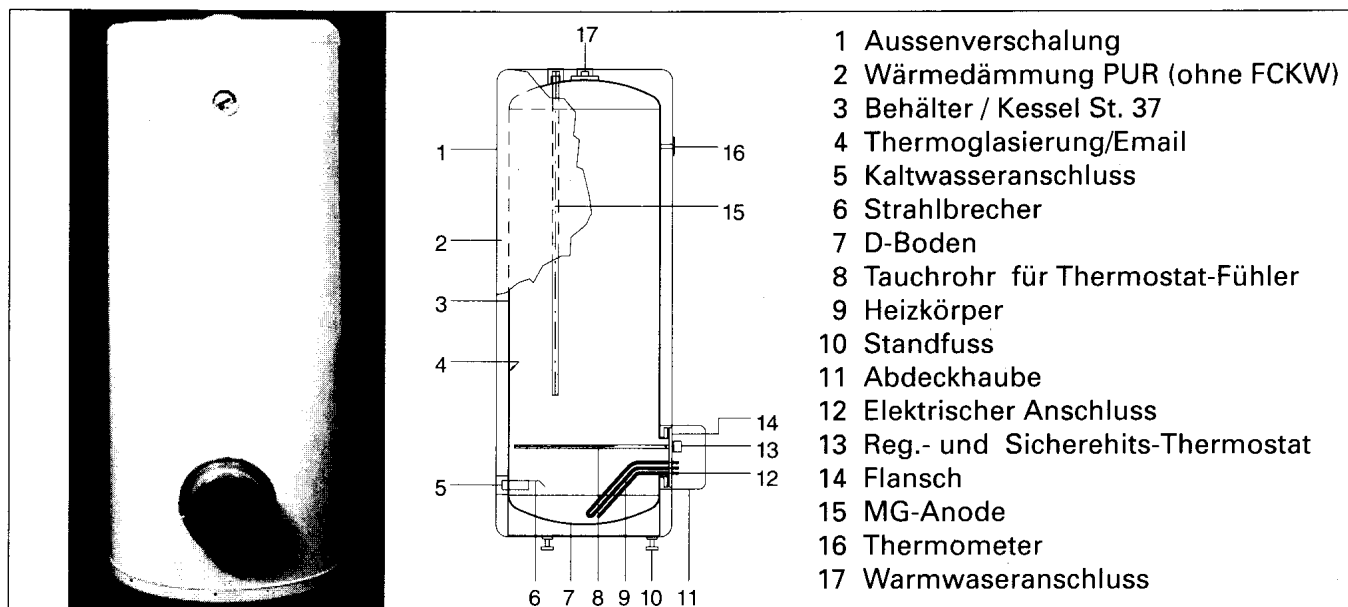
2.6.1 Konstruktion von Speicherwassererwärmern

a) Wand-Speicherwassererwärmer (Bild 2.6.1.1)

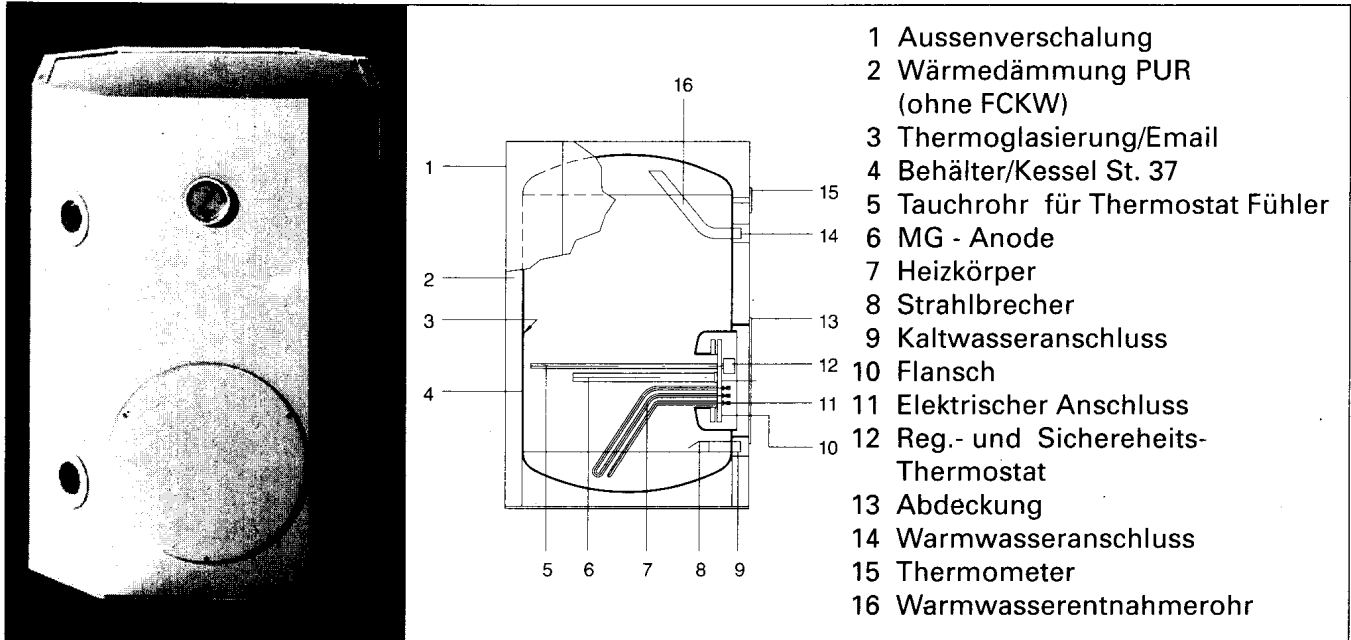


Ab ca. 50 bis 200 Liter.

Für spezielle Platzausnutzungen werden Horizontal- und Flach-Wand-Wassererwärmer in den Größen von 150 bis 200 Litern hergestellt. Wandwassererwärmer werden für eine Entnahmestelle oder kleinere Gruppenversorgungen eingesetzt.

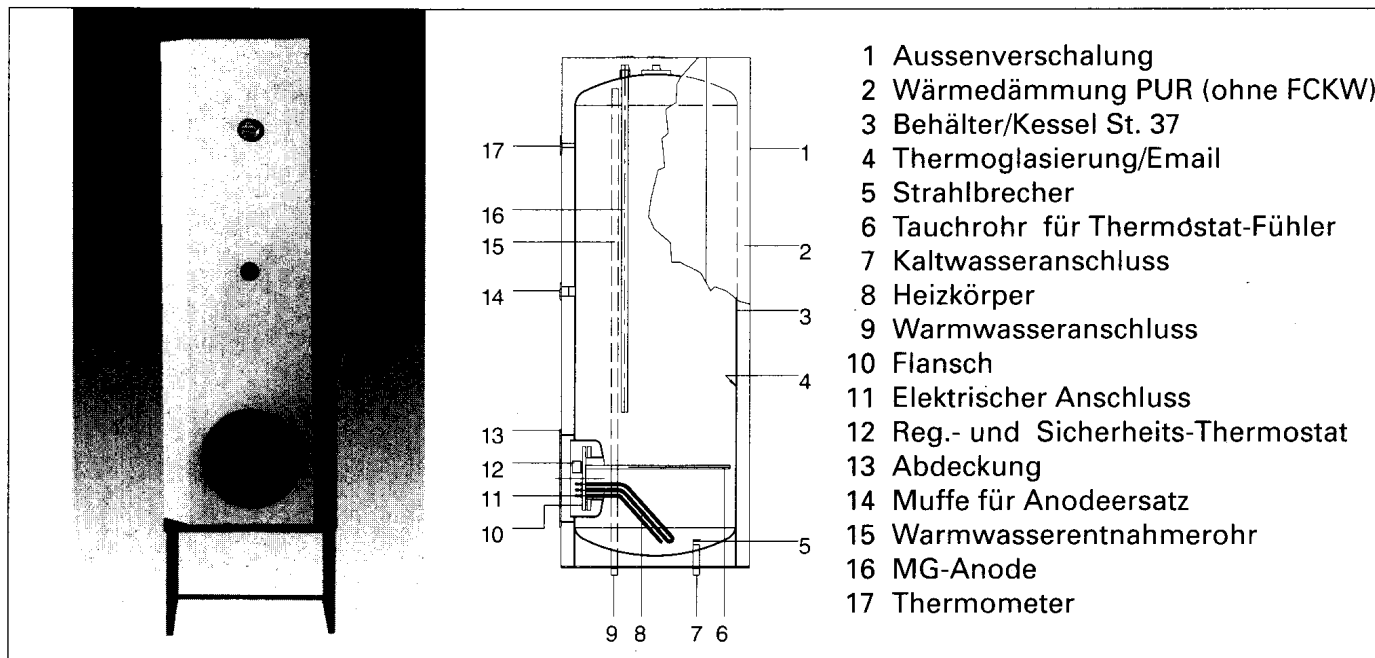
b) Stand-Speicherwassererwärmer (Bild 2.6.1.2)

Ab ca. 200 bis 500 Liter, bzw. bis 1000 Liter und grösser. Stand-Wasserwärmer werden in den Grössen von 200, bis 500 Liter, als «kompakt» Ausführung, d.h. mit eingespritztem Polyurethan-Schaum und Blechmantelverschalung, hergestellt. Stand-Wassererwärmer grösser als 500 Liter, werden aus Transport- und Einbringungsgründen in 2 oder 3 Teilen ausgeliefert. Der sogenannte «Kessel»/Behälter, Wärmedämmung in weichem PU-Schaum oder PU-Hartschaum Halbschalen und einer Verkleidung in PVC oder Alumanblech werden als einzelne Komponenten geliefert und auf der Baustelle montiert. Stand-Wassererwärmer werden für die Zentral- und Gruppenversorgung mit gemeinsamen oder Einzelleitungssystemen eingesetzt.

c) Einbau-(Untertisch-) Speicherwassererwärmer (Bild 2.6.1.3)

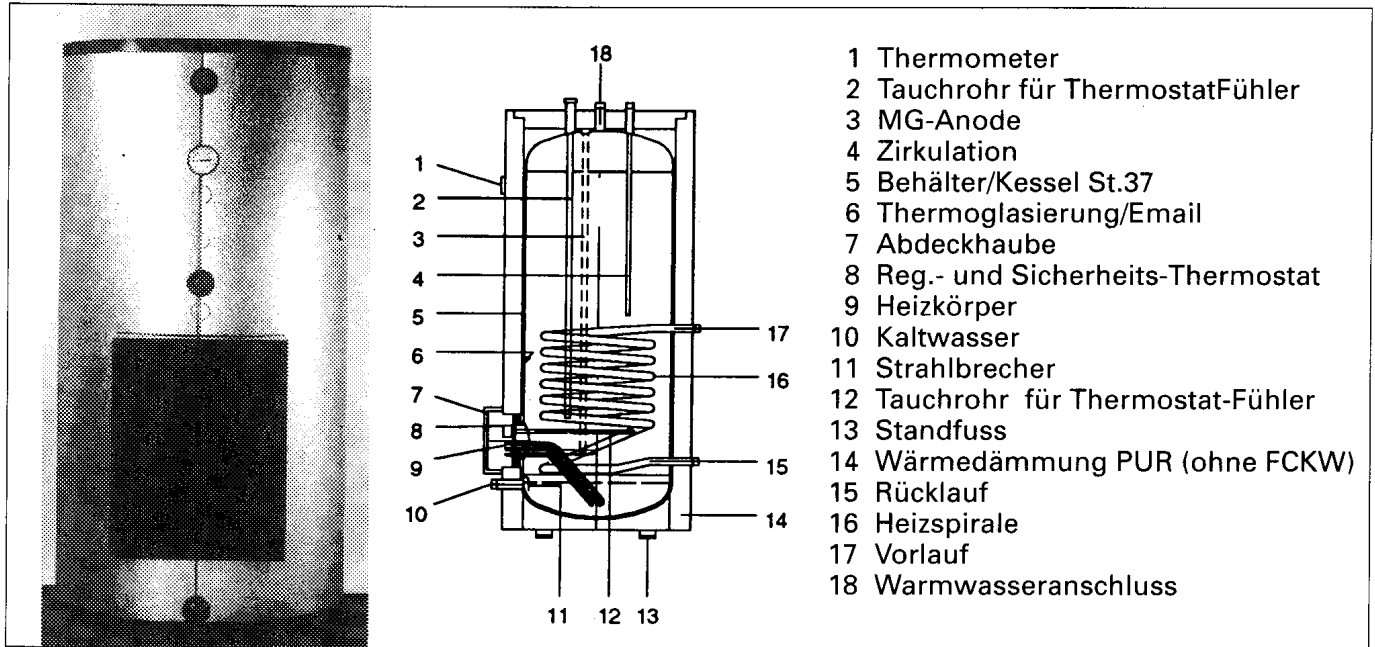
Für den Einbau in SINK- und EURONORM-Küchen ab ca. 50 bis 120 Liter.

Einbau-Untertisch-Wassererwärmer eignen sich für eine Entnahmestelle, wie für kleinere Gruppenversorgungen (Studio in Mehrfamilienhaus).

d) Einbau-(Hochschrank-) Speicherwassererwärmer (Bild 2.6.1.4)

Für den Einbau in SINK- und EURONORM-Küchen ab ca. 150 bis 300 Liter.

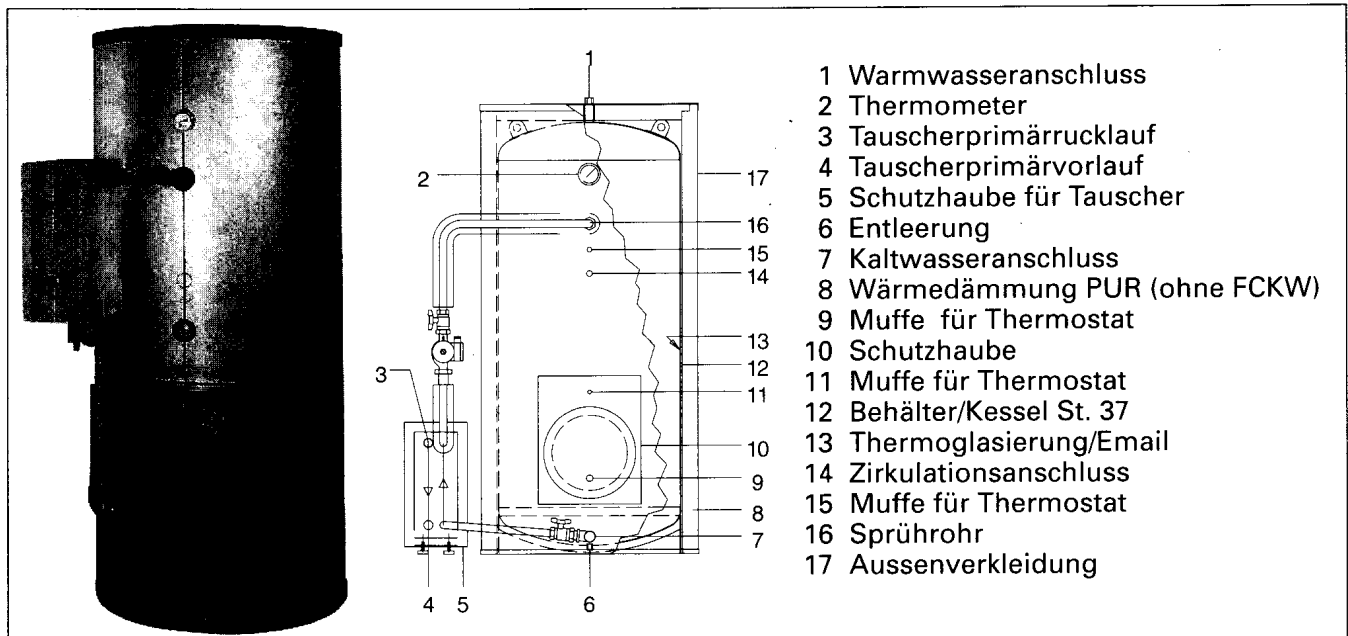
Spezifische Konstruktionen ermöglichen den problemlosen Ein- und Ausbau (analog eines Kühlschranks oder Geschirrspülautomates). Speziell zugelassene Sicherheits- und Armaturengruppen, ermöglichen einen problemlosen und platzsparenden Anschluss und Einbau. Einbau-Hochschrank-Wassererwärmer eignen sich für mehrere Entnahmestellen in der Art einer Gruppenversorgung von (Wohnungen in Mehrfamilienhaus).

e) Speicherwassererwärmer mit eingebautem Wärmetauscher (Bild 2.6.1.5)

Mit eingebautem Wärmetauscher ab 150 Liter.

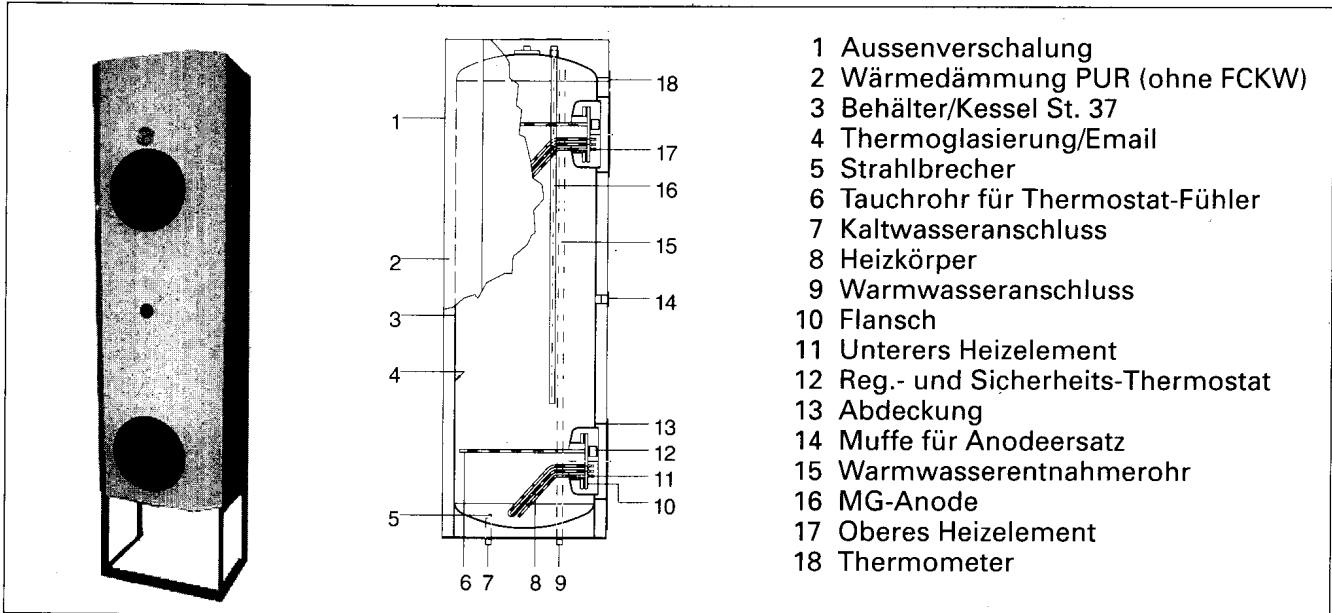
Im speziellen eignen sich diese Apparate für die optimale Energienutzung in bivalenter- und polyvalenter Weise. Durch den Einbau mehrerer Wärmetauscher können Alternativenenergien wie Wärmepumpen, Solarenergie sowie Wärmeerzeuger (Heizkessel) und einem Elektro-Heizeinsatz, die anfallenden zu nutzenden Energiequellen, optimal eingesetzt werden.

f) Speicherwassererwärmer mit aussenliegendem Wärmetauscher (Bild 2.6.1.6)

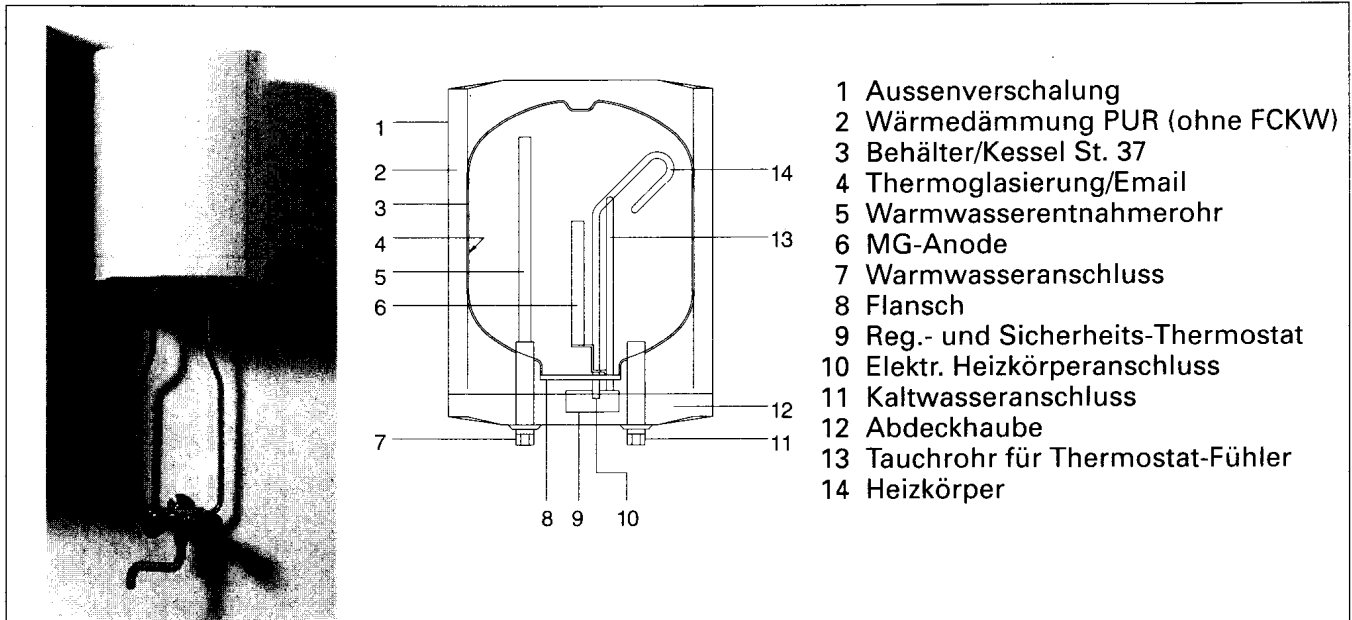


Mit aussenliegendem Wärmetauscher.

Wird eingesetzt für Kombinationen mit Energien Öl, Gas, Holz oder Alternativen Energien Wärmepumpe etc.

g) Warmwasserautomat (Bild 2.6.1.7)**Warmwasserautomaten ab 300 bis 1000 Liter.**

Der Warmwasserautomat mit eingebautem Wärmetauscher entspricht den Ausführungen eines Warmwasserautomaten (zwei Heizelemente) und dem Stand-Wassererwärmer mit eingebautem Wärmetauscher). Diese Apparate können eine optimale Nutzung der Energiequellen für die Wassererwärmung bieten. Der Anschluss von Wärmepumpen, Solarenergie, Wärmeerzeuger (Heizkessel) und elektrischer Energie als «normaler» Wassererwärmer sowie für die reine Nachwärmung im oberen Drittel für die Spitzenabdeckung, bieten eine sinnvolle Energienutzung. Die Anwendung ist für die zentrale Warmwasserversorgung in der einzelnen und gemeinsamen Warmwasserverteilung sinnvoll. Mischbauten mit Dienstleistungsbetrieben (Coiffeur, Metzgerei, Bäckerei, Büro und Betriebe) und Wohnungen, eignen sich für den Einsatz.

h) «Klein»-Speicherwassererwärmer (Bild 2.6.1.8)

«Klein»-Speicherwassererwärmer in Untertisch- und Obertischausführung gibt es ab ca. 5 bis 30 Liter Inhalt. «Klein»-Speicherwassererwärmer sind als offene oder geschlossene Ausführungen erhältlich und sind für eine Entnahmestelle geeignet. Bei der (offenen) drucklosen Bauweise ist die hierfür geeignete Armatur einzusetzen.

2.6.2 Werkstoff und Korrosionsschutz des Innenkessels

Ein guter Korrosionsschutz ist besonders wichtig, weil sich das Wasser in der durch den sauren Regen, das Einsickern von Kunstdünger und anderen Umweltbelastungen «aggressiver» wird. Viele ehemals als tauglich erachteten Korrosionsbeschichtungen und Materialien halten diesen Anforderungen nicht mehr Stand und können nicht mehr für die Fabrikation von Wassererwärmern verwendet werden.

a) Verzinkte Innenkessel

Als Werkstoff für den feuerverzinkten Innenkessel wurde Stahl St. 37 verwendet. Der gesamte Innenbehälter ist feuerverzinkt und dient als Korrosionsschutz. Der feuerverzinkte Innenkessel kann der heutigen Wasserzusammensetzung als Korrosionsschutz (meistens) nicht mehr standhalten.

b) Kupfer oder kupferlegierte Innenkessel

Heute werden mehrheitlich Kochendwassergeräte aus Kupferlegierungen hergestellt. Die Kupferlegierung dient zugleich als Korrosionsschutz. Der kupferlegierte SF-Cu (Kupfer-Zinn-Zink) Innenkessel wird einerseits aus Kostengründen (Cu-Börse) und andererseits wegen der metallischen Korrosion (eingeschwemmte Rost- oder Eisenteile führen zu Lokalkorrosion = Lochfrass) meist nicht mehr verwendet. Kohlensäure und Chloride wirken sich auf den kupferlegierten Innenkessel negativ aus.

c) Edelstahl- (CrNiMo-Stahl) Innenkessel

Als Werkstoff für den Innenkessel wird ChromNickel-Molybdän-Stahl, z.B. Werkstoff-Nr. 4435 als Kessel- und Korrosionsschutzmaterial verwendet. Der CrNi Mo- (Chrom-Nickel-Molybdän) Stahl, (X2 CrNiMo 18/12) Werkstoff-Nr. 4435, mit einem MoGehalt von 2,5 bis 2,7%, einem Co-Gehalt von max. 0,03% und ein Argonschutzschweisverfahren, gewährleistet einen relativ guten Korrosionsschutz. Dem «Beizverfahren» und im Speziellen den Schweissnähten, muss im Fabrikationsprozess aussergewöhnliche Beachtung geschenkt werden.

d) Emaillierte Innenkessel

Füremaillierte Innenkessel wird ein spezieller, kohlenstoffarmer (Co-Gehalt von 0,10%) Stahl verwendet. Der Stahl bzw. Innenkessel wird je nach dem Emailliersystem verschiedenen chemischen oder/und mechanischen Bearbeitungsprozessen unterzogen (gemäss DIN 4753).

e) Organisch- und kunststoffbeschichtete Innenkessel

Als Werkstoff wird Stahl St. 37 verwendet. Dieser wird vor dem Auftragen des Korrosionsschutzes diversen chemischen Bearbeitungsprozessen unterzogen. Die langjährigen Erfahrungswerte der Beschichtungen fehlen bis heute, um die Riss-, Poren- und Blasenfreiheiten (Diffusionsbildung) und chemische Loslösungen zu beurteilen. Die Temperaturbegrenzungen sind genau zu beachten und sind meist auf max. 60 °C beschränkt. Die Kunststoffemulsionen werden im Spritzverfahren im Innenkessel aufgetragen und unter Temperatur getrocknet.

- Beschichtungsemulsionen:
- Rilsan 11/Polyamid, Rohstoff Rizinus/Rizinusöl
- P.T.F.E., Polytetrafluoräthylen (Teflon)
- Hydroflon, (Fluorkohlenwasserstoff)
- Securex Zementmilchmischung mit Kunststoffzusätzen (bei ca. 240 °C polymerisiert.)
- Säkapfen-Kunstharz

2.6.3 Kathodischer und galvanischer Korrosionsschutz

In jedem Email befinden sich feinste Poren. Um jedes Risiko auszuschalten, sind emaillierte Geräte mit kathodischen oder galvanischen Schutzmassnahmen zu versehen. Dies wird gewährleistet durch:

- a) Anoden aus Magnesium (abbauend)
- b) Fremdstromanoden (nicht abbauend)

Diese seit über 30 Jahren in den USA entwickelte Methode wird nicht nur für Wassererwärmer angewendet, sondern auch für eingegrabene Leitungen, Metallbehälter etc. Ihr Prinzip besteht darin, den Stahl des zu schützenden Apparates (die Kathode), mit einer Elektrode aus Magnesium-Legierung, zu vereinen um so eine elektrische Batterie zu bilden; daher der Ausdruck «Kathodischer Schutz».

Beim Wassererwärmer wird die Anode ins Wasser getaucht. Angesichts des grossen Unterschiedes zwischen der Auflösungsspannung des Eisens (0,44V) und derjenigen von Magnesium (-1,65V), ist der Schutz des Eisens gesichert. Das «veredelte» Eisen bleibt intakt, das geopferte Magnesium löst sich auf.

2.6.4 Aussenmantel-Verschaltungssysteme

a) Kunststoff (schlagfester Polystyrol) Verschaltung

Der vollständige Aussenmantel ist aus Kunststoff und mittels der PU-Schäumung werden Innenkessel und Aussenmantel fest miteinander verbunden.

b) Stahlblech- oder Alumanverschaltung

Der Aussenmantel ist aus stabilem Stahlblech gefertigt und einbrennlackiert/pulverbeschichtet oder aus Alumanblech. Deckel und Boden sind aus schlagfestem Polystyrol, Stahl- oder Alumanblech.

c) PVC-Aussenmantel

Der PVC-Überzug, mit dem PU-Weichschaum verklebt, wird am Innenkessel angelegt oder verklebt. Meistens sind diese Wassererwärmer auf der Baustelle zu dämmen und finden bei grösseren Geräten Anwendung.

2.6.5 Wärmedämmung

a) Polyurethan-Hartschaum

Die Polyurethan-Hartschaum-Wärmedämmung wird zwischen dem Innenkessel und dem Aussenmantel eingespritzt. Dieser Schaum füllt den Zwischenraum vollständig aus und verbindet dank seiner Klebkraft und Stabilität nach dem Aushärten die beiden Teile selbsttragend.

Diese Wärmedämmungsart entspricht heute dem Stand der Technik.

b) Polyurethan-Weichschaum

Die Polyurethan-Weichschaum-Wärmedämmung wird bei grösseren Geräten angewendet, wo die Wärmedämmung meist bauseitig angebracht wird.

Diese Wärmedämmungstechnik weist vor allem bei der Baustellenmontage die Gefahr auf, dass die Anbringung nicht oder ungenügend fachmännisch vorgenommen wird und sogenannte «Konvektionsverluste» (Luftzirkulation zwischen Behälter/Innenkessel und Wärmedämmung) entstehen.

c) Hart-Polyurethan-Halbschalen

Die Hart-Polyurethan-Halbschalen-Wärmedämmung wird bei grösseren Geräten angewendet, wo die Wärmedämmung bauseitig angebracht wird. Diese Wärmedämmungstechnik weist vorallem bei der Baustellenmontage die Gefahrauf, dass die

Anbringung nicht oder ungenügend fachmännisch vorgenommen wird und sogenannte «Konvektionsverluste» (Luftzirkulation zwischen Behälter/Innenkessel und Wärmedämmung) entstehen.

d) Mineral- oder Glasfasermatten

Mineral- oder Glasfasermatten, heute meistens auf einer Alufolie aufgezogen, werden am Innenkessel angebracht. Die Wärmedämmung kann auch am Verschaltungsblech angeklebt werden und auf der Baustelle am Innenkessel montiert werden.

Diese Wärmedämmungsart entspricht nicht mehr dem Stand der Technik und erfüllt kaum noch die energetischen Vorschriften.

e) Entsorgung

In Naher Zukunft ist der Entsorgung grosse Beachtung zu schenken. Gebühren für die Entsorgung ungetrennter Abfälle kann - wie bei Kühlschränken - auch beim Wassererwärmer Realität werden. Daher wird der Markt auch Erwärmer produzieren deren Bestandteile, also auch der Aussenmantel und die Wärmedämmung trennbar ist.

2.6.6 Energieverluste von Wassererwärmern/Speichern

Nachdem im Kt. Bern das Energiegesetz (EnG) und die Energienutzungsverordnung (EnV) 1981 bzw. 1982 in Kraft gesetzt wurde und demzufolge Anforderungen an werkgedämmten Wärmespeicher prüfpflichtig wurden, lancierte der Kt. Bern die entsprechenden Massnahmen zur Realisierung der Typenprüfungen für Wassererwärmer und Warmwasserspeicher.

Unter der Federführung des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes (WEA) des Kt. Bern wurden die entsprechenden Prüfrichtlinien und Anforderungen für die sogenannte Typenprüfung für Wassererwärmer und Warmwasserspeicher erlassen.

Etliche Kantone haben die energetischen Anforderungen an Wassererwärmer des Kt. Bern übernommen und in den einzelnen Kantonen in den entsprechenden Energiegesetzen verankert.

Im Zusammenhang mit dem Energienutzungsbeschluss (ENB), welcher per 1. Mai 1991 in Kraft gesetzt worden ist, übernahm auch das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) den Vollzug der Anforderungen an die Zulassung von Wassererwärmer, Warmwasser- und Wärmespeicher.

Die Energienutzungsverordnung (ENV), in welcher unter Anhang 1 «Die Anforderungen von Wassererwärmern, Warmwasser- und Wärmespeicher» integriert wird, ist per 1. März 1992 teilweise in Kraft.

Der Anhang 1 «Die Anforderungen von Wassererwärmern, Warmwasser- und Wärmespeicher» wurde der Schweizerischen Normenvereinigung (SNV) zur Notifikation überwiesen. (Ohne Einwände der EFTA-, bzw. EG-Staaten, sollte dieser Anhang kurzfristig in Kraft gesetzt werden können.)

Wichtigste Aussage aus Anhang 1

Die Verordnung über die Begrenzung der Energieverluste von Wassererwärmern, Warmwasser- und Wärmespeichern des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes, gestützt auf den Energienutzungsbeschluss (ENB/ vom 1. Mai 1991 verordnet unter anderem:

- minimale energetische Anforderungen an Wassererwärmer, Warmwasser- und Wärmespeicher.
- regeln die Prüfung von Geräten mit einem Speichervolumen von 30 bis und mit 2000 Litern (mit werkseitig oder vorfabrizierten Wärmedämmungen).

Maximal zugelassene Bereitschaftsverluste (werkseitig oder vorfabrizierte Wärmedämmungen)

Speicherinhalt in Liter	max. zulässiger Verlust kWh/24h	Speicherinhalt in Liter	max. zulässiger Verlust kWh/24h
30	0.78 (0,75)	1000	4.37 (4,70)
50	0.91 (0,90)	1100	4.50 (4,80)
100	1.25 (1,30)	1200	4.61 (4,90)
200	1.87 (2,10)	1300	4.68 (5,00)
300	2.50 (2,60)	1400	4.73 (5,05)
400	3.00 (3,10)	1500	4.76 (5,10)
500	3.25 (3,50)	1600	4.79 (5,12)
600	3.50 (3,80)	1700	4.82 (5,14)
700	3.76 (3,80)	1800	4.85 (5,16)
800	4.02 (4,30)	1900	4.88 (5,18)
900	4.20 (4,50)	2000	4.90 (5,20)

Zwischengrößen sind linear zu interpolieren. Prüftemperatur 60 °C, Raumlufttemperatur 20 °C, ohne Wasserentnahme (Klammerwerte gemäss neuem Entwurf des BEW vom 4.6.92).

Platzgedämmte Wasserwärmer, Warmwasser- und Wärmespeicher

Bei platzgedämmten Wassererwärmern, Warmwasser- und Wärmespeichern mit Betriebstemperaturen unter 100 °C darf die allseitige Wärmedämmung die nachfolgend aufgeführten Wärmedurchgangskoeffizienten k nicht überschreiten. Mannlochdeckel und Heizregisterflansche sind mit derselben Dämmdicke zu versehen wie der Behälter selbst.

Speicherinhalt in Liter	Wärmedurchgangskoeffizient k in W/m ² K
bis 400	0.35
> 400 bis und mit 2000	0.30
> 2000	0.25

Für die Berechnung des k -Wertes ist die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs bei einer Temperatur von 50 °C einzusetzen.

Die veröffentlichten Energieverluste bzw. Leistungsverluste sind Laborwerte. Für Berechnungen sind sie jedoch ebenso genau wie Annahmen über den Temperaturverlauf im Wassererwärmer. Sicher ist jedoch, dass die Werte in der Wirklichkeit tiefer sind als die Labormesswerte.

Warum das so ist, ist relativ einfach zu erläutern

1. Die Prüfung erfolgt, indem die Energie-Verlustmessung für den vollen, d.h. inklusive Kalt- und Mischwasserzone enthaltene Volumen eines Behälters, durchgemessen wird.
Jedem Fachmann ist jedoch vorneweg klar, dass die Kaltwasserzone, d.h. das Wasser unterhalb des Heizelementes bei einem Stand-Wassererwärmer nicht erwärmt wird und demzufolge auch keine Energieverluste verursachen kann.
2. Ein zweiter Grund besteht ja darin, dass kein Wassererwärmer während 24 Stunden auf einer Temperatur von 60 °C beharrt, ohne dass Warmwasser bezogen wird. Dies hat wiederum zur Folge, dass die gemessenen theoretischen Energieverluste weit höher liegen als dies in der Praxis vorkommt.

Normalerweise wird spätestens am Morgen der erste Warmwasserbezug vorgenommen, demzufolge nimmt das Warmwasservolumen im Wassererwärmer ab, das Kaltwasservolumen nimmt zu, und logischerweise können in der Kaltwasserzone keine Energie-Verluste entstehen.

Wie zur Bestimmung des Warmwasserbedarfes sind viele weitere Einflussgrößen massgebend, so u.a. der Benutzerkreis, die Lebensgewohnheiten, die Warmwassertemperaturen, die Umgebungstemperatur usw. usw. um eine genaue Energieverlustrechnung vorzunehmen. Die Energieverluste (Stillstandsverluste) der meisten Wassererwärmer liegen unterhalb der maximal zulässigen Werte, die vom Bundesamt für Energiewirtschaft gefordert werden.

2.6.7 Heizkörper für Wassererwärmer

Man unterscheidet für die elektrische Wassererwärmung, heute drei verschiedene Ausführungen:

- Rohrheizkörper (Tauchsieder)
- Keramikheizkörper in Tauchrohren
- Indirekte Beheizung.

a) Rohrheizkörper

Der Rohrheizkörper wurde in den 30er Jahren entwickelt. Vorerst mit flachovalem Querschnitt mit 2 und 3 eingebetteten Heizleitern und einseitigem Anschluss. Diese Heizstäbe wurden vor allem in Waschmaschinen, Grillapparaturen, Wärmeschränken, elektrischen Weichenheizungen, sowie als Tauchsieder in Chemie-Labors eingesetzt. Einige Jahre später kamen dann die Rundheizstäbe mit Durchmessern von ca. 6,5 und 8,5 mm hinzu.

Die Heizspirale ist in reinstem, hochverdichtetem (MGO) Magnesiumoxyd eingebettet und dadurch:

- gegenüber dem Rohrmantel elektrisch isoliert
- keine Sauerstoffzufuhr
- keine Oxydation des Heizleiters
- hervorragende Wärmeübertragung vom Heizleiter über MGO an Rohrmantel.

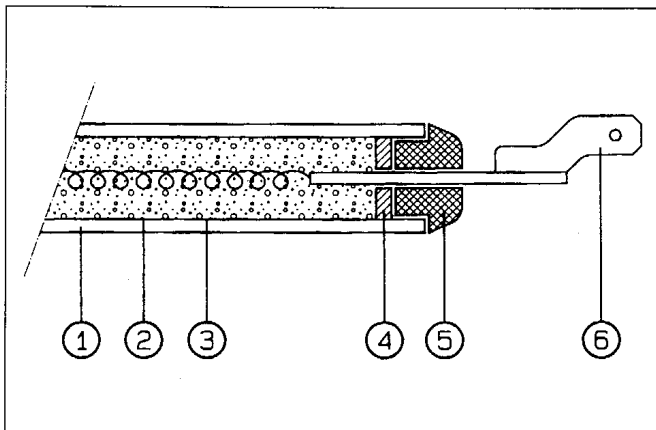


Bild (2.6.7.1): Schnitt Rohrheizkörper

Vorteile

- Der ausgeschiedene Kalk kann durch das Dehnen des Panzerstabheizkörpers beim Aufheizen und das anschließende Schwinden beim Abkühlen abgestossen werden.
- Der Panzerstabheizkörper weist eine geringe Masse auf und eine Konvektion innerhalb dem verdichteten Heizleiter- und Mantelrohr ist nicht möglich.
- Die erzeugte Wärme wird daher immer direkt an das Wasser übertragen.
- Kleinere Flanschgrößen als bei Keramik-Heizkörpern und dadurch geringere Energieverluste.
- Der Panzerstabheizkörper weist dank seiner Konstruktion eine gute Kaltbiege-Fähigkeit auf, womit die Form dem «Wassererwärmerboden» angepasst und die Kalt- bzw. Mischwasserzone reduziert werden kann.

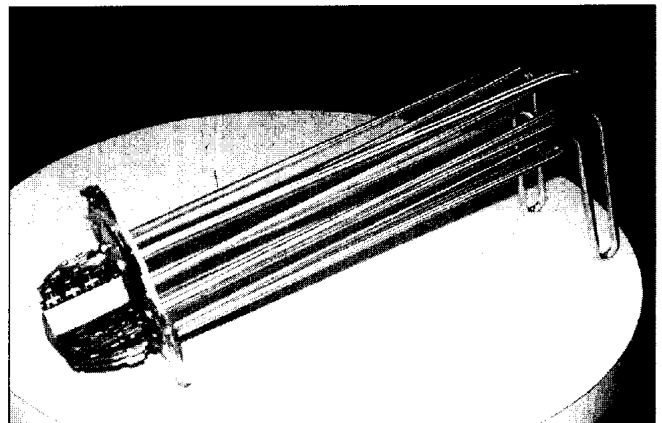


Bild (2.6.7.2): Rohrheizkörper

b) Keramikheizkörper in Tauchrohr

Der Keramikheizkörper im Tauchrohr wurde in der Jahrhundertwende entwickelt: sind nicht verdichtet und stellen eine konventionelle Bauweise dar. Einzelne keramische Nutenelemente mit einer Länge von ca. 50 mm werden aneinandergereiht, und in die Nuten werden die Widerstandspiralen eingezogen. Ein Mittelstab aus hitzebeständigem Stahl hält das Ganze zusammen. Der so zusammengefügte keramische Heizkörper wird dann in ein Schutzrohr (auch «Siederohr» genannt) eingeführt, welches im Durchmesser ca. 2 mm grösser als der Keramikkörper ist. Dieses Schutzrohr ist wiederum im Flansch eingeschweisst, eingerollt oder eingepresst.

Der ganze Heizkörper weist somit eine relativ grosse Masse auf und ist daher träger als ein Pan-

zerstab-Heizkörper. Die von der Heizspirale erzeugte Wärme heizt die im Schutzrohrvorhandene Luft über dieses Rohr bzw. das Wasser auf. Bei mit Kalk belegter Rohroberfläche wird der Wärmeübergang vom Rohr zum Wasser schlechter und die sich im Rohr befindliche Luft wird überhitzt. Dadurch entsteht eine grössere Konvektion im Rohrinernen und der Wärmeverlust in den Anschlussraum wird erhöht.

Vorteile

Aus den vorgenannten Gründen sind grössere Heizflächen erforderlich, d.h. mehrere Tauchrohre und dem entsprechenden grösseren Flansch. Dank der relativ niedrigen Belastung entstehen keine Aufheizgeräusche.

Dieser Heizkörperbauform muss zugute gehalten werden, dass defekte Keramikeinsätze problemlos aus dem Siederohr gezogen werden können, ohne dass der Was-

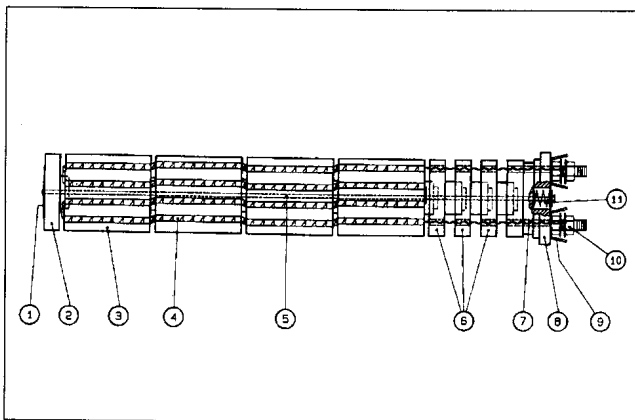


Bild (2.6.7.3): Schnitt keramischer Heizkörper

sererwärmer entleert werden muss.

Nachteile

- Aufgrund der geringen Oberflächenbelastung kann der Kalk, welcher sich am Tauchrohr festsetzt, nicht selbständig abgebaut werden wie beim Panzerstabheizelement und ergibt somit die sogenannte «Kalktraube».
- Die von der Heizspirale erzeugte Wärme heizt die im Schutzrohrvorhandene Luft und über das Rohr bzw. das Wasser auf.
- Bei mit Kalk belegten Siederofroberflächen wird der Wärmeübergang vom Rohr zum Wasser schlechter und die sich im Rohr befindliche

Luft kann überhitzt werden. Grössere Konvektion im Rohrinernen und Wärmeverlust über die Abdeckhaube wird erhöht und kann zu einem Heizleiterriß führen.

- Die kleinere spezifische Belastung der keramischen Heizkörper und deren Einbau in Tauchrohre weist einen grösseren Flansch auf, welcher zwangsmässig einen grösseren Wärmeverlust bewirkt, dies trotz gedämmten keramischen Nutenkörper am Flanschenende.
- Grössere Kalt- und Mischwasserzone, da die Einbauf orm nicht optimal angepasst werden kann, bei Frontflansch, d.h. Stand- und Einbaugeräte.

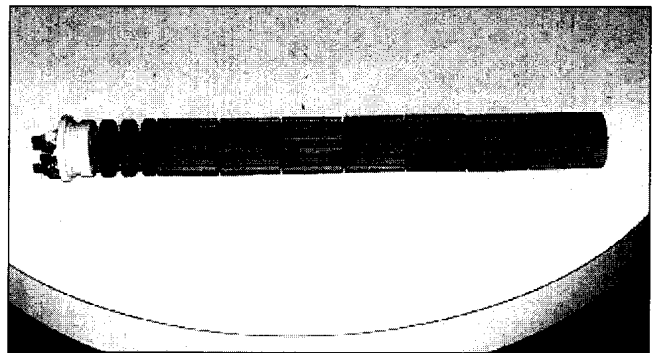


Bild (2.6.7.4): keramischer Heizkörper

d) Indirekte Beheizung

Als «indirekte Heizkörper» versteht man z.B. Heizfolien, Zylinder-Heizkörper auf Mikanitbasis oder Aluminiumplatten gegossene Rohrheizkörper, die aussen mit Spannbändern an den Wassererwärmer-Kessel gepresst werden.

Eine Aussen-Beheizung der Wassererwärmer könnte von den Korrosionsproblemen her als optimale Lösung angesehen werden.

Eine schlechte Wärmeübertragung, grössere Wärmeverluste, sowie hohe Kosten bei der Auswechslung eines defekten Heizkörpers haben dieser Beheizungsart bis heute jedoch den Durchbruch auf dem Markt verwehrt.

2.6.8 Temperaturregelung

Den geltenden Vorschriften entsprechend, sind alle Thermostaten mit zweifacher Sicherheit gegen Überhitzung ausgerüstet. Gemäss SEV-Vorschriften dürfen für Wassererwärmer nur Temperaturreglereingesetzt werden, die mit einem allpoligen Begrenzer ausgerüstet sind.

- a) Temperaturregler mit Stabausdehnungsfühler (230/400 V).
- b) Temperaturregler-Begrenzer-Kombination mit Kapillarrohrfühler (230/400/3x400 V).
- c) Temperaturregler/Thermostat mit Kapillarrohrfühler für Ladepumpe, Mot.-Antriebe, usw.

2.6.9 Korrosionsprobleme bei den Heizkörpern

Leider ist im Laufe der Zeit die Wasserzusammensetzung zunehmend schlechter geworden, was sich besonders auf die Korrosionsbeständigkeit der Bauteile negativ auswirkt. Die Heizkörper werden dadurch besonders strapaziert, wird doch der Kalk mit allen anderen Spurenelementen wie Chloriden, Nitraten, usw., sowie eingeschlepptem Rost aus korrodierten Zuleitungen, vorwiegend im Bereich der Heizelemente ausgeschieden. Die hauptsächlichsten Typen der Korrosion von rostbeständigen Stählen in Elektrolyten sind:

a) Allgemeine Korrosion:

Man spricht von «allgemeiner Korrosion», wenn die ganze Stahloberfläche gleichmässig angegriffen wird.

b) Interkristalline Korrosion:

Wenn ein Angriff, der Korngrenzen des Stahls folgt, wird als «interkristalline Korrosion», «Korngrenzenkorrosion» oder «Kornzerfall» bezeichnet.

c) Lochfrass:

Örtliche Angriffe mit geringer Flächenausbreitung, aber oft beträchtlicher Tiefe, bezeichnet man als «Lochfrass».

d) Spannungsrisskorrosion: (Schutzrohr)

Rissbildung im Stahl, als Folge des Zusammenwirkens von Zugspannung und elektrochemischem Angriff wird als «Spannungsrisskorrosion» bezeichnet.

e) Spaltkorrosion:

Unter «Spaltkorrosion» versteht man die örtlichen Angriffe, die sich in engen Spalten bei verminderter Sauerstoffzuführung ergeben.

f) Galvanische Korrosion:

Wenn ein Stahl in einem Elektrolyten mit einem edleren Metall in Kontakt kommt, bezeichnet man den dadurch verursachten Angriff als «galvanische Korrosion».

g) Temperatureinfluss bei Korrosion

Die durch Chloride verursachte Spannungsrisskorrosion ist unter 60 °C eher selten. Die Empfindlichkeit nimmt jedoch mit steigender Temperatur stark zu.

Nickel ist das Legierungselement, das die Empfindlichkeit für Spannungsrisskorrosion in Chloridlösung am stärksten reduziert. Zur völligen Verhütung dieser Korrosion sind jedoch mindestens 40‰ erforderlich.

Aus diesen Erkenntnissen heraus ist es äusserst wichtig, dass der Wahl der Materialien für die im Wassererwärmer eingesetzten Heizkörper besondere Beachtung geschenkt wird.

2.7 Systemwahl

2.7.1 Auswahlkriterien

Die Geräte-Systemwahl ist direkt von der zur Verfügung stehenden Energie und von den möglichen Energieträgern abhängig.

Geräte können direkt oder indirekt erwärmt werden.

Direkte Erwärmung heisst:

Das Gerät wird durch ein Wärmeenergiemittel direkt erwärmt (z. B. Elektroheizregister im Gerät eingebaut, Gas-Brenner im Geräte eingebaut, Ölbrenner am Gerät vorgehängt, etc.)

Indirekte Erwärmung heisst:

Das Gerät wird durch einen Wärmeträger, welcher in einem separat aufgestellten Wärmeerzeuger durch einen Energieträger erwärmt wird. (z. B. Gas-Heizkessel, Öl-Heizkessel, Dampfkessel, Solarkollektoren, Wärmepumpe, Fernwärme, etc.)

2.7.2 Wärmeenergiemittel

Als Energiemittel, das heisst im eigenem Sinn als Wärmeenergiemittel, werden feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe sowie der elektrische Strom und Sonnenenergie bezeichnet, die durch Energieumwandlung Wärme freisetzen. In unserem Fall zur Erwärmung des Trinkwassers oder eines Energieträgers.

2.7.3 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit von Energie ist vor allem von deren Gewinnungs- und Verteilungsart abhängig:

Brennstoffe wie **Holz, Kohle, Erdöl und Flüssiggase** werden vom Endverbraucher meistens für längere Zeit oder gar für eine ganze Saison selbst gelagert. Die Verfügbarkeit bleibt damit mindestens über 24 Stunden die gleiche, die Verbrauchszeiten können nach den Bedürfnissen des Benützers frei gewählt werden.

Erdgas als leitungsgebundene Energie stösst in Winter-Spitzenzeiten oft an die Kapazitätsgrenzen. Für den Haushalt- und Gewerbeverbraucher ist jedoch die gleichmässige Lieferung über 24 Stunden zu gleichen Bedingungen gewährleistet. Industrielle Grossabnehmer müssen in Spitzenzeiten auf andere Energieformen (z.B. Öl) ausweichen.

Sonnenenergie kann nur sehr beschränkt gelagert werden (Erdregister oder entsprechend grosse Warmwasserspeicher). Sie eignet sich in unseren Breiten für die Warmwasserbereitung, kann aber bei geschicktem Einsatz auch einen wichtigen Beitrag für die Raumheizung leisten.

Elektrizität kann vom Konsumenten selbst kaum gespeichert werden. In der Form von Speicherseen ist ein beschränkter Saison-Ausgleich durch die Werke möglich. Weil Wärme- und Laufkraftwerke über 24 Stunden und über fast das ganze Jahr «Bandenergie» liefern, ist zeitlich nicht gebundener Verbrauch in die Schwachlastzeiten zu verlegen.

Abwärme ist in vielen Fällen vorhanden. In jedem Fall ist die Verwendung jeglicher vorhandener Abwärme aus Kälteprozessen, Abwasser, Luft etc. zu prüfen. Abwärme mit hohem Temperaturniveau eignen sich bestens für die Unterstützung (vorwärmen) von Warmwasseranlagen.

Die festen Brennstoffe kommen für Warmwasserversorgungen nur indirekt mit der Heizung kombiniert in Frage.

Energieinhalt	Brennwert	Heizwert	
Propan C ₃ H ₈	100.9	92.91	in MJ / m ³
Butan (i) C ₄ H ₁₀	133.86	123.86	in MJ / m ³
Erdgas "h" CH ₄	38.5-47.3	34.7-42.6	in MJ / m ³
Holz , trocken	ca. 14.7		in MJ / kg
Heizöl EL	> = 42		in MJ / kg
Flamm-Fettkohle	29.31-33.40		in MJ / kg
Sonnenenergie	100 W bis zu 1		KW / m ²

Tabelle (2.7.3.1): Energiemittel

2.7.4 Energiemittelkosten

Auf dem Kostensektor existieren einerseits sehr unterschiedliche Preis-, Tarif- und Gebührenordnungen der Energielieferanten, und andererseits sorgt die Teuerungsschraube und internationale Wirtschaftspolitik für dauernde Bewegungen an der Preisfront.

Im konkreten Fall sind hier die jeweiligen Tagespreise einzuholen bei den in Frage kommenden Energielieferanten, wie Elektrizitätswerke, Gaswerke, Heizöl-, Kohle-, Holzhändlern usw. Für die Vergleichsberechnungen gilt es daher die objektbezogenen Energiemittelpreise zu beschaffen, und mit diesen zu rechnen.

2.7.5 Wärmeenergieträger

Wärmeenergieträger sind flüssige oder gasförmige Medien, die als Primärkreislauf ihre Wärme durch Wärmeübertragung mittels Wärmetauschflächen an ein kühleres Medium (z. B. Trinkwasser) abgeben.

a.) Flüssige Wärmeenergieträger

Zu diesen können gezählt werden:

- Heizungswasser mit Temperaturen bis 110 °C, mit Wärmeinhalten von ca. 1,16 Wattstunden pro kg und K
- Heisswasser mit Temperaturen über 110 °C bei entsprechendem Druck mit Wärmeinhalten von ca. 1,16 Wattstunden pro kg und K
- Wasserdampf Niederdruckdampf Temperatur ca. 100-110 °C bei einem Druck von ca. 0,05-0,5 bar
Wärmeinhalt = 743 - 748 Wattstunden pro kg
- Kondensat je nach Temperatur und Druck analog wie Heizungswarmwasser bzw. Heisswasser.

b.) Gasförmige Wärmeträger

- Warmluft
- Abgase
- Heissgase aus Kältemaschinen.

Massgebend für die Wärmenutzung sind:

- Temperatur der gasförmigen Medien
- Volumen bei entsprechendem Druck
- spezifische Wärmekapazität in Wattstunden pro m³ und K.

3 Warmwasserverteilsysteme

3.1	Allgemeine Anforderungen	48
3.1.1	Zweckbestimmung	48
3.1.2	Hydraulische Anforderungen	48
3.1.3	Wärmetechnische Anforderungen	48
3.1.4	Konsumentenanforderungen	48
3.2	Systembeschriebe	48
3.2.1	Allgemeines	48
3.2.2	Einzelleitungssystem	48
3.2.3	Verteilleitungen ohne Zirkulationsumwälzung	50
3.2.4	Verteilleitungen mit Zirkulationsumwälzung	50
3.2.5	Elektrische Begleitheizung (Heizband)	51
3.2.6	Externe Zirkulations-Nachheizung	52
3.2.7	Rohr-an-Rohr-Zirkulationssystem	52
3.2.8	Einzelleitungen oder Zirkulation?	53
3.3	Messungen	54
3.3.1	Allgemeines	54
3.3.2	Vorschriften über die Warmwassermessung	54
3.3.3	Abrechnung	55
3.4	Systemwahl	56
3.4.1	Allgemeines	56
3.4.2	Arten der Wassererwärmung	56
3.4.3	Lage des Erwärmers	56
3.4.4	Wasserzusammensetzung	56
3.5	Energieverluste	57
3.5.1	Wärmeverluste	57
3.5.2	Störurlg der Schichtung	57
3.5.3	Zirkulation	57
3.5.4	Heizband	58
3.5.5	Ausstossleitungen	58

3 Warmwasserverteilsysteme

3.1 Allgemeine Anforderungen

3.1.1 Zweckbestimmung

Aufgabe der Verteilungen ist es, das im Erwärmer gespeicherte Warmwasser zu allen Entnahmestellen zu transportieren, und zwar :

- in ausreichendem Masse innerhalb des maximal zulässigen Druckverlustes
- in ausreichender Temperatur, das heisst mit geringen Wärmeverlusten.

3.1.2 Hydraulische Anforderungen

Diese sind zu erfüllen durch:

- Die Rohrweitenbestimmung der Leitungen (gemäss W3 1992) unter Berücksichtigung der Spitzenvolumenströme, der zulässigen Druckverluste und der Gleichzeitigkeit
- die Wahl des Verteilssystems
- zweckmässige Anordnung der Leitungen (keine Umwege).

3.1.3 Wärmetechnische Anforderungen

Diese sind zu erfüllen durch:

- die Wahl des Verteilssystems
- zweckmässige Anordnung der Leitungen (keine Umwege)
- wirtschaftliche Wärmedämmung der Leitungen
- optimale Warmwassertemperaturen entsprechend der Zweckbestimmung
- Steuerung und Regulierung
- automatische Zirkulationsunterbrechung, gemäss Energieverordnungen
- zweckmässige Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf bei Zirkulationssystemen.

3.1.4 Konsumentenanforderungen

Nach Öffnen des Ventiles sollte das Warmwasser rasch ausfliessen, um die Energieverluste klein zu halten. Dem Verbraucher soll die notwendige Warmwassermenge zur Verfügung gestellt werden.

In diesem Kapitel soll aufgezeigt werden, mit welchen Massnahmen Anforderungen konkret erfüllt werden können.

3.2 Systembeschriebe

3.2.1 Allgemein

Grundsätzlich unterscheidet man folgende Warmwasserverteilsysteme:

- Einzelleitungssysteme
- Verteilungen ohne Zirkulationsumwälzung
- Verteilungen mit Zirkulationsumwälzung
- Verteilung mit Begleitheizung (elektrisches Heizband)
- RaR (Rohr-an-Rohr-System).

3.2.2 Einzelleitungssystem

Anschluss der einzelnen Warmwasserentnahmestellen mit je einer eigenen Leitung ab Ausgang Wassererwärmer oder ab warmgehaltener (Zirkulation oder Heizband) Warmwasserleitung. In den Einzelleitungen fliesst das Warmwasser nur beim Öffnen der entsprechenden Entnahmearmatur.

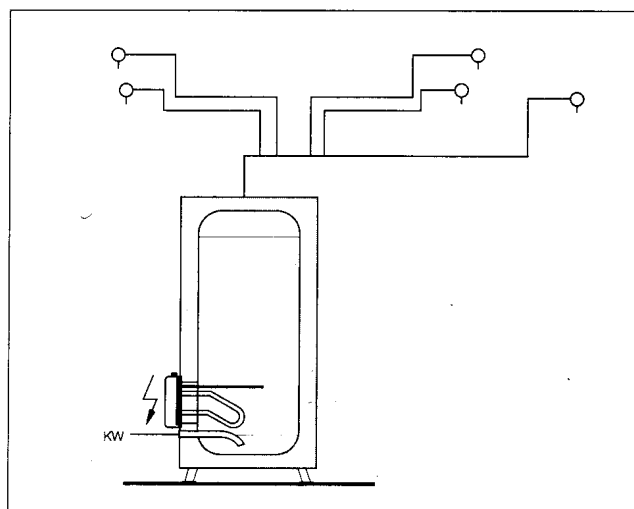


Bild (3.2.2.1): Typisches Einzelleitungssystem für Einfamilienhäuser

Nach der Entnahme kühlt die mit Wasser gefüllte Anschlussleitung ab. Bei erneuter Entnahme wird zuerst das abgekühlte Wasser fließen, bis es ausreichend warm die Entnahmestelle verlässt. Die dabei entstehenden Wärmeverluste nennt man daher Ausstossverluste.

Sie sind abhängig von

- der Rohrweite, Werkstoffmasse und Länge der Leitung
- der Anzahl Entnahmen pro Tag
- den Zeitintervallen der Entnahmen.

In Bezug auf die Wärmedämmung spielt die Benutzerfrequenz eine Rolle. Bei Leitungen im Haushalt die nur periodisch benutzt werden (Küche, Bad etc), ist eine Wärmedämmung wenig sinnvoll. Bei Einzelleitungen von Gewerbeküchen, Gemeinschaftsduschen, kann durch die grossen Bezugsmengen und die hohen Benutzerfrequenzen eine Wärmedämmung sinnvoll sein.

Anwendungsbereich des Einzelleitungssystems

Das System der Einzelleitungen hat sich im Einfamilienhaus und bei den Wohnungsverteilungen von Mehrfamilienhäusern sehr stark einge-

bürgert. Es ist aber insofern begrenzt, als Ausstossverluste und Wartezeiten, bis das Wasser in der gewünschten Temperatur ausfliesst, wirtschaftlichen und psychologischen Barrieren begegnen. Man kann hier keine Fixwerte, sondern nur Richtwerte angeben, die entsprechend zu interpretieren und zu handhaben sind. (siehe Tab.) Es ist hier noch auf einen sehr oft anzutreffenden Fehler hinzuweisen, und zwar auf den zu gross bemessenen, vom Wassererwärmer zu weit entfernten Einzelleitungsverteiler.

Einzelleitungen sollten so nah wie möglich nach dem Erwärmerausgang abgenommen werden. Die Strecke vom Erwärmerausgang zum Verteiler (sei es mit T Stück-Fittings oder vorgefertigten Verteilerblöcken) ist möglichst kurz zu wählen und zudem mindestens 40 mm dick zu dämmen. Sonst entstehen unnötige Ausstoss- und Wärmeverluste, die den Vorteil des Einzelleitungssystems beträchtlich mindern.

Richtwerte für den Anwendungsbereich von Einzelanschlussleitungen

Entnahmestellen	Belastungswerte	Rohrweiten			Volumen l/m			Zulässige Ausstosszeit ca. s SIA 385/3
		Fe	Cu	VPE	Fe	Cu	VPE	
Waschtisch, Bidet	1	1/2"	10/12	16	0.201	0.079	0.100	10
Spültisch (Cu -6 m / VPE -12 m)	2	1/2"	10/12	16	0.201	0.079	0.100	7
Spültisch (Cu ab 6 m / VPE ab 12 m)	2	1/2"	13/15	20	0.201	0.132	0.180	7
Duschen mittl. Leistung (VPE -8 m)	3	1/2"	13/15	16	0.201	0.132	0.100	10
Badebatterie (VPe -5 m)	4	1/2"	13/15	16	0.201	0.132	0.100	15-20
Badebatterie (VPe ab 5 m)	4	1/2"	13/15	20	0.201	0.132	0.180	15-20
Dusche grosse Leistung 3/4"	8	3/4"	16/18	20	0.366	0.201	0.180	10

Tabelle (3.2.2.2): Richtwerte Einzelanschlussleitungen

3.2.3 Verteilungen ohne Zirkulationsumwälzung

Gemeinsame Verteil-Zweigleitung für zwei oder mehr Warmwasserentnahmestellen. Eine solche Verteilung ist zu empfehlen, wenn die Leitungslängen zu den Entnahmestellen nicht so gross sind, dass unzulässig lange Wartezeiten entstehen, oder wenn Entnahmestellen dauernd oder in kurzen Abständen in Betrieb sind (Beispielsweise Gewerbebetriebe, Dusch- bzw. Waschanlagen).

3.2.4 Verteilungen mit Zirkulationsumwälzung

Verteil-Zweigleitung zur Versorgung ganzer Entnahmegruppen mit Warmwasser. Wobei das Wasserzirkulierend in den Speicher zurückgeführt wird.

Dabei sind folgende Varianten zu unterscheiden:

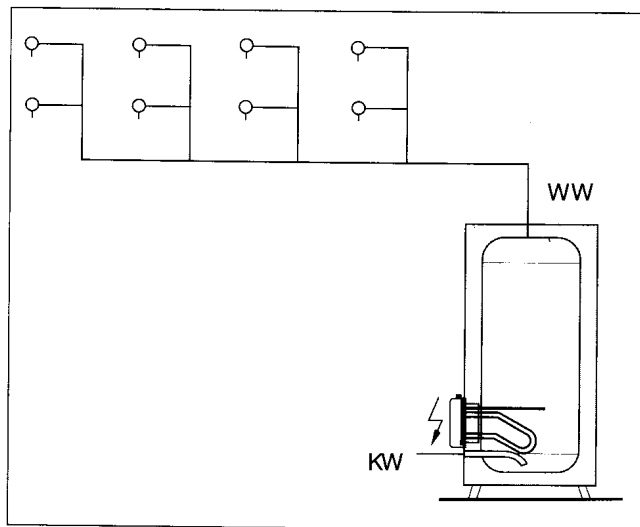


Bild (3.2.3.1): Verteilung ohne Zirkulation

Zirkulationssystem mit unterer Verteilung

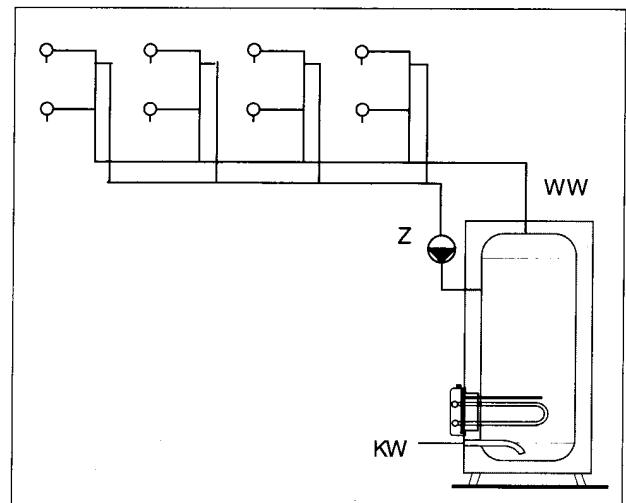


Bild (3.2.4.1): Zirkulationssystem mit unterer Verteilung

Zirkulationssystem mit oberer Verteilung

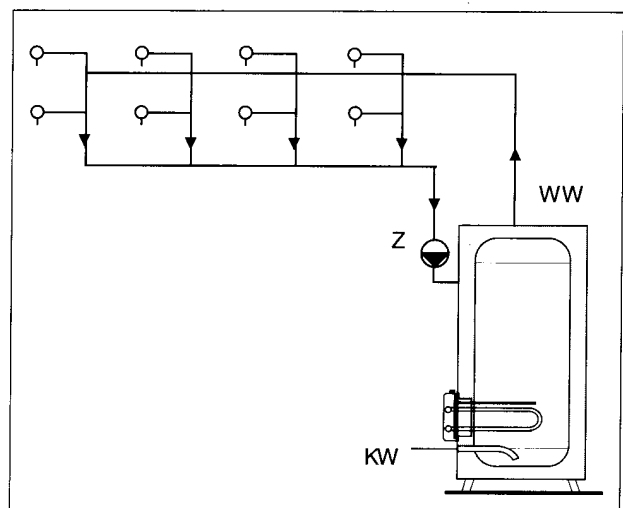


Bild (3.2.4.2): Zirkulationssystem mit oberer Verteilung

Kombination von Einzelleitungs- mit dem Zirkulationssystem, indem die Entnahmestellen mit Einzelleitungen von der Warmwasserleitung mit Zirkulationsumwälzung abgezweigt werden.

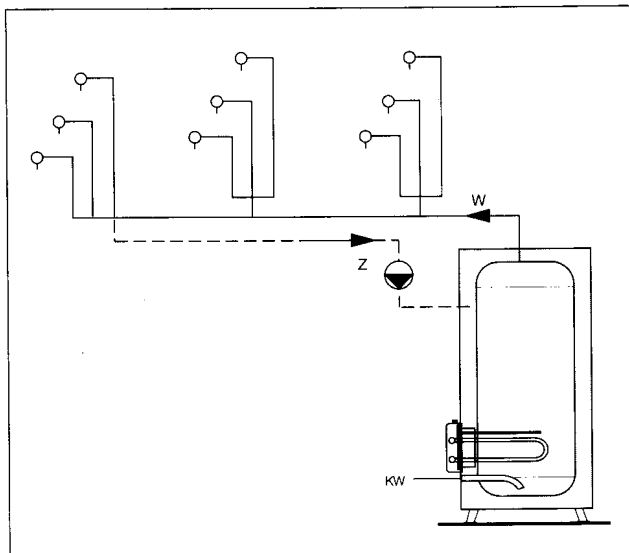


Bild (3.2.4.3): Kombiniertes System

Schwerkraftzirkulation

Die Schwerkraftzirkulation findet man heute noch in bestehenden Installationen, welche bis vor 30 Jahren erstellt wurden. Dabei können die Temperaturdifferenzen vom Erwärmeraustritt zum Eintritt des Zirkulationswassers in den Erwärmer von 5 bis max. 10 °C betragen. Diese Temperaturdifferenz wird in Speichern sicher zu Schichtungsstörungen führen. Ebenso ist die Fließgeschwindigkeit eher zu klein und dies kann bei verz. Eisenrohren zu Korrosionsproblemen führen.

Solche Anlagen brauchen keine Zirkulationspumpe, sind jedoch grösser dimensioniert, haben aber dementsprechend grössere Wärmeverluste.

Pumpenzirkulation

Die Pumpenzirkulation ist eine Lösung für mittlere und grössere Objekte. Für grössere Objekte ist eine Berechnung der Wärmeverluste, Fördervolumen und Förderhöhen, bzw. Druckverluste unbedingt notwendig.

Sparmassnahmen - Prioritäten beim Zirkulationssystem

Das Zirkulationssystem wird sehr oft als Energieverschwender verketzt. Dieser negative Eindruck könnte durch die vielen Fehlanlagen entstehen, d. h. zu grosse

Rohrweiten, umständliche Leitungsführungen, zu hohe Temperaturen, falsche Einführung des zirkulierenden Wassers in den Warmwasserspeicher, schlechte Zirkulationsfunktion und vor allem völlig ungenügende oder fehlende Wärmedämmung.

Wird hingegen das Zirkulationssystem fachtechnisch richtig ausgeführt, so wird der Energieverlust auf eine verantwortbare Grösse reduziert.

Zirkulationsunterbrechung

Mit der Unterbrechung der Zirkulation kann Energie eingespart werden. Sie muss mittels eines automatischen Absperrorgans für eine bestimmte Zeit (Kt. Bern allg. Energieverordnung vom 17.2.1982 Art.24, mindestens 8 Std.) unterbrochen werden. Nach dem Unterbruch der Zirkulation kühlt sich das Warmwasser, sofern während der Unterbrechungszeit kein Warmwasser entnommen wird, auf eine niedrige Temperatur ab. Bei Wiederinbetriebsetzung der Zirkulationspumpe wird zuerst das abgekühlte Wasser ausgestossen und in den Wassererwärmer zurückgeführt, was dort zu einer entsprechenden Temperatursenkung führen kann. Die Zirkulation sollte daher noch während der Aufheizphase eingeschaltet werden oder speicherextern nachgeheizt werden.

3.2.5 Elektrische Begleitheizung (Heizband)

Prinzip des Heizbandsystems

Das Wesentlichste liegt darin, dass die Wärmeverluste der Verteilungen in erster Linie durch das elektrische Heizband ersetzt werden. Der Wärmenachschub aus dem Wassererwärmer erfolgt nur bei Warmwasserentnahmen. Auf die Zirkulationsleitung kann in diesem Fall verzichtet werden.

Heizbandaufbau

Das selbstregelnde Heizband besteht aus einem halbleitenden Kunststoffband, in das zwei parallel geführte Kupferlitzen im Abstand von 5 - 15 mm eingelegt sind. Der halbleitende Kunststoff bildet das Heizelement, die parallel geführten Kupferlitzen dienen der elektrischen Stromführung. Das Heizelement ist durch einen Thermoplastmantel elektrisch isoliert und zusätzlich mit einem metallischen Geflecht aus verzinnter Kupferlitze versehen. Dieses Geflecht dient der elektrischen Erdung des Heizbandes, erlaubt einen einwandfreien Personenschutz (FI) und ist ein zusätzlicher mechanischer Schutz.

Selbstregelung

Das halbleitende Kunststoffband bildet das Heizelement. Es besteht aus einem graphitgefüllten, strahlungsvernetzten Polyolefin. Anteil und Verteilung des Graphites bestimmen den elektrischen Widerstand. Er steigt mit zunehmender Temperatur stark an, bis zu einem, durch die Konstruktion des Heizbandes gegebenen Maximum, bei dem dann nur noch wenig elektrischer Strom aufgenommen wird.

Für Warmwasserversorgungen stehen verschiedene Fabrikate zur Verfügung:

- Heizbänder mit fest eingestellter Haltetemperatur (z.B. $45 \pm 55^\circ\text{C}$)
- Heizbänder mit variablen Haltetemperaturen (Leistungssteller neu mit energiesparender, pulsierender Steuerung).

Funktionsweise

Die Wärmeleistung des Heizbandes passt sich an jedem Punkt seiner Oberfläche den örtlichen Bedingungen an. Wird kein Wasser entnommen und beginnt die Rohrleitung abzukühlen, steigt die Heizbandleistung aufgrund der elektrischen Widerstandsänderung an. Es stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, der je nach Auslegung um ca. $3 - 5^\circ\text{C}$ unter der Temperatur im Wassererwärmer liegt. Wird Warmwasser entnommen, fließt Wasser vom Speicher zur Entnahmestelle. Das etwas wärmere Wasser vom Speicher erhöht den Heizbandwiderstand und lässt die Heizleistung abfallen.

Energiebedarf

Bei einer wärmedämmten Leitung mit einem K-Wert von $0,34 \text{ W/m K}$ und einer Umgebungstemperatur von 12°C , ist die Leistungsaufnahme eines Heizbandes bei 55°C Haltetemperatur $9,2 \text{ W/m}$. Dabei werden ausschliesslich Auskühlverluste gedeckt.

Verbrauchsmessungen haben gezeigt, dass mit einem Heizband der Energieaufwand beträchtlich kleiner ist als mit einer Pumpenzirkulation. Dies vor allem, weil Pumpenstrom und doppelte Leitungsführung (Rücklauf) grossen Energiemehraufwand bedeuten.

In Bezug auf die Wertigkeit der Energie ist dies jedoch nur bei Systemen gültig, wo die Wärmeverluste sowieso mit elektrischer Energie gedeckt werden.

Beim Einsatz fossiler Energien wie Öl, Gas, muss die Differenz genau berechnet werden.

3.2.6 Externe Zirkulations-Nachheizung

Kann bei Elektro-Wassererwärmern nicht auf eine Zirkulation verzichtet werden, so besteht die Möglichkeit, die Zirkulation extern nachzuheizen.

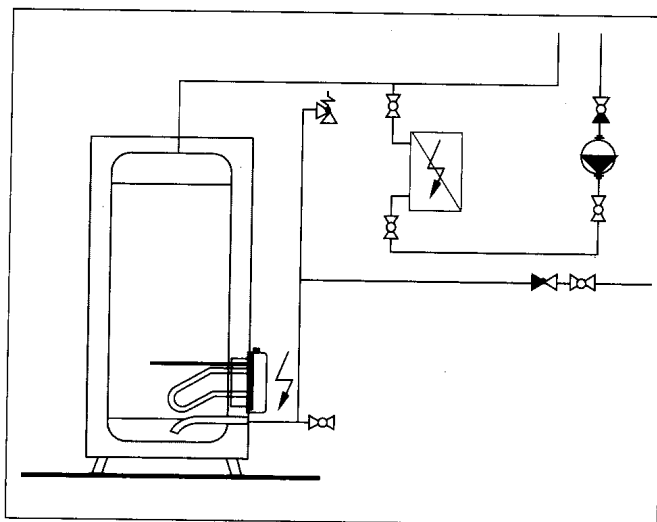


Bild (3.2.6.1): Externe Zirkulationsnachheizung

Diese Lösung eignet sich besonders bei:

- Sanierungen von bestehenden Anlagen, bei denen Leitungen zum Aufbringen eines Heizbandes nicht zugänglich sind
- wenn Wärme sowieso zur Verfügung steht (Abwärme, Heizung etc.)

3.2.7 Rohr-an-Rohr-Zirkulationssystem

Als weitere Variante einer energiesparenden Warmwasserverteilanlage wurde 1984 das sogenannte Rohr-an-Rohr-Zirkulationssystem vorgestellt. In einigen Regionen der Schweiz wird dieses System eingesetzt.

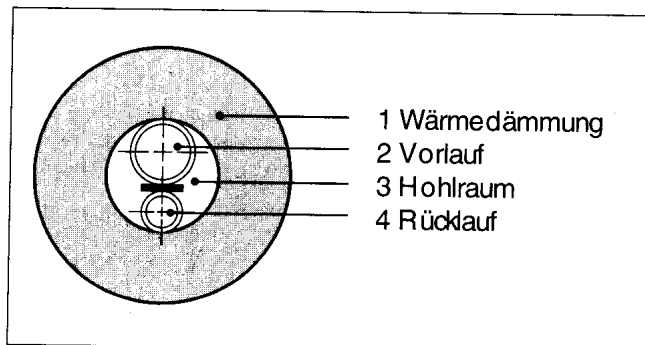


Bild (3.2.7.1): RaR-System

Das Prinzip besteht darin, dass die Zirkulationsleitung mit speziellen Rohrbefestigungen nur mit einem kleinen Zwischenraum parallel zum Warmwasservorlauf montiert wird. Die sehr enge Parallelführung erlaubt ein Isolieren beider Leitungen in einer Schale. Äusserlich sichtbar ist nur eine Leitung.

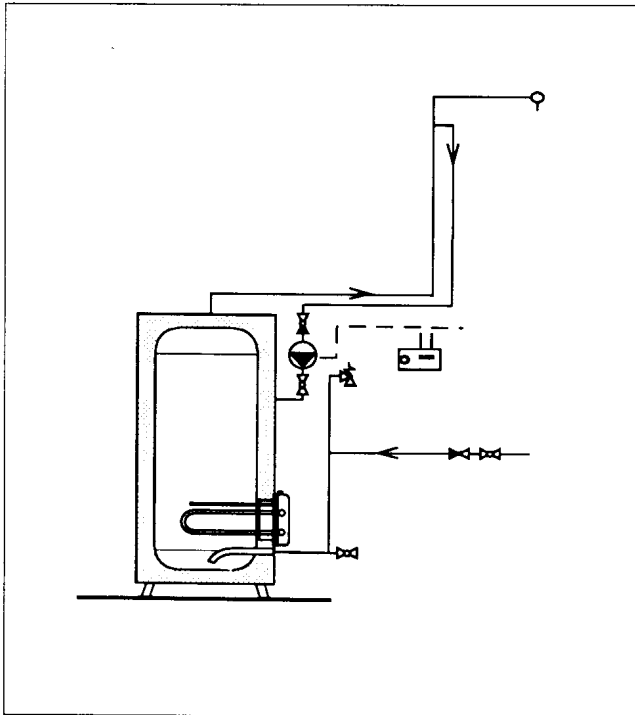


Bild (3.2.7.2): Anlage mit RaR-System

3.2.8 Einzeleleitungen oder Zirkulation?

So stellt sich die Frage bei manchem Einfamilienhaus. Im konkreten Fall kann sie nicht laienhaft, sondern durch einen fachgerechten Vergleich beantwortet werden.

Entscheidend ist die Lage der Warmwasserentnahmestellen im Gebäude und deren Distanzen zum Wassererwärmer.

Bei konzentrierter Anordnung der Sanitärräume im Erdgeschoss, im unmittelbaren Bereich über dem Wassererwärmer im Kellergeschoss, ist der Entscheid für Einzeleleitungen klar gegeben. Bei dezentraler Anordnung der Sanitärräume, die in der Mehrheit der Fälle zutrifft, liegt eine Antwort gar nicht so einfach auf der Hand wie man allgemein glaubt. Bei einer fachgerecht ausgelegten Zirkulationsleitung, der entsprechenden Temperaturbeschränkung und einer wirtschaftlichen Dämmung sind die Wärmeverluste der Zirkulation relativ klein. Dabei ist jedoch der technische Aspekt bei Speicherwassererwärmer (Schichtungsstörungen) ein weiterer wichtiger Parameter, der den Entscheid - auf eine Zirkulation zu verzichten - positiv beeinflussen kann, d.h.

Bei einem elektrisch beheizten Wassererwärmer, in dem der ganze Tagesbedarf in der Nacht aufgeheizt wird, soll auf eine Zirkulation verzichtet werden.

Steht jedoch Energie dauernd zur Verfügung, so hängt der Entscheid weitgehend auch von ökonomischen Überlegungen oder der Wertigkeit der Energie ab.

3.3 Messungen

3.3.1 Allgemein

Mit der Inkraftsetzung der verbrauchsabhängigen Heiz- und Warmwasserkostenabrechnung VHKA lassen sich 3 Hauptziele erreichen:

1. Energiesparen als Umweltschutzbeitrag und zur Ressourcenschonung
2. Gerechtere Abrechnung nach dem Verursacherprinzip
3. Mieterinformation durch transparentere Abrechnung

Man beachte!

Gemäss ENB (1.5.1991) müssen ab 5 Bezüglern in der ganzen Schweiz verbrauchsabhängige Warmwasserkostenabrechnungen durchgeführt werden. Jeder Kanton kann diese Vorschrift verschärfen (BE ab 4 Bezüglern). Im Kanton Waadt wurden Warmwasserverbrauchsmessungen in ca. 28'000 Wohnungen durchgeführt. Dabei hat man festgestellt, dass

- in der Hälfte der Wohnungen ca. 75% Warmwasser fließen
- der sparsame 25%-tägige Mieteranteil bis zu 7mal zu viel für seinen Warmwasseranteil bezahlt.

Aussage:

Eine Prognose über einen allfälligen Energie-Spareffekt ist kaum möglich. Im Gegensatz zur Heizung stehen beim Warmwasserverbrauch die persönlichen «Komfortgewohnheiten» im Vordergrund. Der Energieverbrauch kann zusätzlich reduziert werden, wenn die Warmwasserverteilungen optimal konzipiert sind. Folgende Bedingungen sind dabei zu erfüllen:

- Komfort: gleichmässige Temperatur, angemessener Volumenstrom, möglichst kurze Wartezeit (Ausstosszeit)
- Technik: minimaler Energieaufwand, keine Korrosionsschäden
- Wirtschaftlichkeit: minimale Gesamtkosten, Amortisation von Energiesparmassnahmen.

Leider gibt es im Zusammenhang mit den zu hohen Wassererwärmertemperaturen noch diverse Schwachkraftsysteme. Aber auch die bestehenden, überdimensionierten bzw. uneinregulierten Pumpenzirkulationssysteme sind richtige «Energiefresser».

Ziele

Planung:

Konzentrierte Nasszellenanordnung (neben- und übereinander).

Disposition:

«Energiekalttransport», d.h. zentrale Vorwärmung von z.B. 10 °C auf 45 °C und dezentrale Nachwärmung bei individuellen Verbrauchern im Geschäftshaus.

Ausführung:

Gutgedämmte und einregulierte Warmwasserverteilsysteme, individuelle Energiekostenabrechnung

Benutzung:

Konsumentenaufklärung «Energiesparen» d.h.

- Überprüfung von alten Gewohnheiten inkl. Familiendiskussion (Erziehungsfaktor)
- Duschen statt Baden (bewusster Energieeinsatz)
- Anlageunterhalt, z.B. Entkalkung, moderne Mischbatterien
- bessere Wärmedämmung bei Warmwasserverteilanlagen
- Wassererwärmerabschaltung bei Ferienabwesenheit (gilt vorallem auch bei Zweitwohnungen mit Wochenendbenützung).

3.3.2 Vorschriften über die Warmwassermessung

Als Basis gelten die Richtlinien für die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung im Kanton Bern. Sinnemässig gelten diese auch für die anderen Kantone, wobei sicherheitshalber die entsprechenden Verordnungen zu berücksichtigen sind. Als Grundlage für die Kostenaufteilung der verbrauchsabhängigen Abrechnung dient ein Modell des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Verbrauchsabhängige Warmwasserkostenabrechnung in Neubauten (z.B. Bern); ab 4 Wohnungen; bei bestehenden Gebäuden muss diese eingeführt werden, wenn bei einer Sanierung gleichzeitig die Leitungsinstallationen erneuert werden. Warmwasserdurchflusszähler (m³-Verbrauch) hinter dem allfälligen Zirkulationsabgang (System nichtzirkulierend); Standort wenn möglich ausserhalb der Wohnung (in Praxis fast nicht realisierbar, dafür Fernablesung); Absperrorgan vor und hinter dem Zähler für Revisionen; Zähler mit Prüf- und Gütezeichen (Bundesamt für Messwesen).

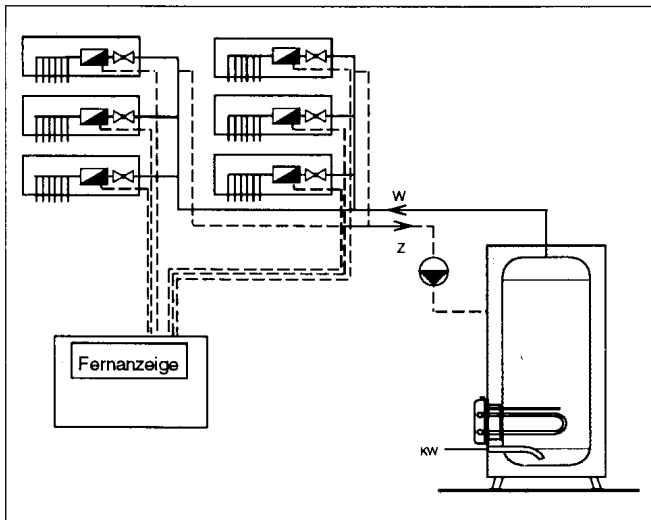


Bild (3.3.2.1): Konzept Warmwassermessung

Ausnahme: kein Wasserzählereinbau bei wohnungsweisen Einzelwassererwärmern (Elektro oder Gas). Empfehlung: bei zentralen Wassererwärmanlagen sollte in die Zuleitung ein Kaltwasserdurchflusszähler eingebaut werden, damit ausserhalb der Heizperiode der Warmwasserenergieanteil festgelegt werden kann: Bestehende Ölbrenner (z.T. auch Zweistoffbrenner Öl/Gas) sind mit Öldurchfluss- und Betriebsstundenzählern nachzurüsten.

Termine

Die verbrauchsabhängige Heiz- und Warmwasserkostenabrechnung muss in bestehenden Gebäuden abgestuft eingeführt werden. Dabei sind die Kantonalen Bestimmungen zu beachten.

3.3.3 Abrechnung

Bei dezentraler Anordnung der Erwärmer wird der Stromverbrauch über den Wohnungszähler gemessen.

In vielen Fällen wird das Warmwasser noch ganz oder teilweise mit Hilfe eines Heizkessels erwärmt. Deshalb müssen die Gesamtbetriebskosten zuerst in Warmwasser- sowie Heizkosten aufgeteilt werden und zwar am besten proportional.

Bei der Ermittlung des Warmwasserenergieverbrauchs ist der Verbrauch ausserhalb der Heizperiode möglichst genau durch Messung zu bestimmen und unter Berücksichtigung des jeweiligen Nutzungsgrades auf den Jahreswert umzurechnen:

Berechnungsart für Warmwasserkosten:

$$\frac{\text{WW Energieverbrauch}}{\text{Gesamtenergieverbrauch}} \times \text{Gesamtbetriebskosten}$$

Hinweis:

Anlagen mit Kombiheizkessel, lange, schlecht gedämmte Zirkulationsleitungen in Gebäuden mit guter Wärmedämmung führen zu einem sehr hohen Anteil der Warmwasserkosten.

Bei der Aufteilung der Warmwasserkosten ist massgebend, ob der Warmwasserverbrauch der einzelnen Benutzer gemessen wurde oder nicht. Ohne Messung empfiehlt es sich, die Kosten bezogen auf die Wohnfläche (m²) aufzuteilen. Die Verteilung über Anzahl Personen pro Haushalt oder Warmwasserentnahmestellen ist weniger sinnvoll. Bei Spezialverbrauchern, z.B. Coiffeur, sollte zwingend ein Durchflusszählereingebaut werden. Mit Messung sollte wegen der Bereitschaftsverluste ein systembezogener Grundkostenanteil festgelegt und die Verteilung pro m²-Wohnungsfläche aufgeteilt werden. Der Grundkostenanteil variiert z.B. zwischen

- wirtschaftliche Wassererwärmung mit Laderegulation, gut gedämmte Verteilleitungen, mit Zirkulationsunterbrechung 25-30%

und

- Ölkombikessel ohne Laderegulation, Verteilleitungen ungenügend gedämmte, keine Zirkulationsunterbrechung bis 50%.

Die verbrauchsabhängigen Restwarmwasserkosten werden dann gemäss Messung verteilt.

Kapitalisierung

Die nachträglichen Investitionen für die Einführung der verbrauchsabhängigen Heiz- und Warmwasserkostenabrechnung kann auf die Mieter überwält werden. Die mietrechtlichen Gesetzesbestimmungen sind jedoch zu beachten.

3.4 Systemwahl

3.4.1 Allgemeines

Die Wahl des Verteilsystemes wird von folgenden Parametern bestimmt:

- Art der Wassererwärmung
- Lage des Erwärmers bezogen auf die Entnahmestellen
- Qualität des Wassers.

3.4.2 Art der Wassererwärmung

Ob Energie dauernd oder nur zu Fixzeiten (Nachtauffüllung) zur Verfügung steht, beeinflusst einerseits die Wahl des Erwärmers, andererseits die Wahl des Verteilsystems. Im wesentlichen unterscheiden wir:

- Speicherwassererwärmer für die Bereitstellung mehrerer Tagesbedarfe (z.B. Solar)
- Speicherwassererwärmer für die Bereitstellung eines Tagesbedarfes
- Speicherwassererwärmer für die Bereitstellung eines Teiles des Tagesbedarfes
- Durchlaufwassererwärmer.

3.4.3 Lage des Erwärmers

Bei Warmwasseranlagen mit Einzelversorgung (wohnunginterne Erwärmer) oder einzelnen Entnahmestellen kommt in den meisten Fällen nur ein Einzelleitungssystem in Frage:

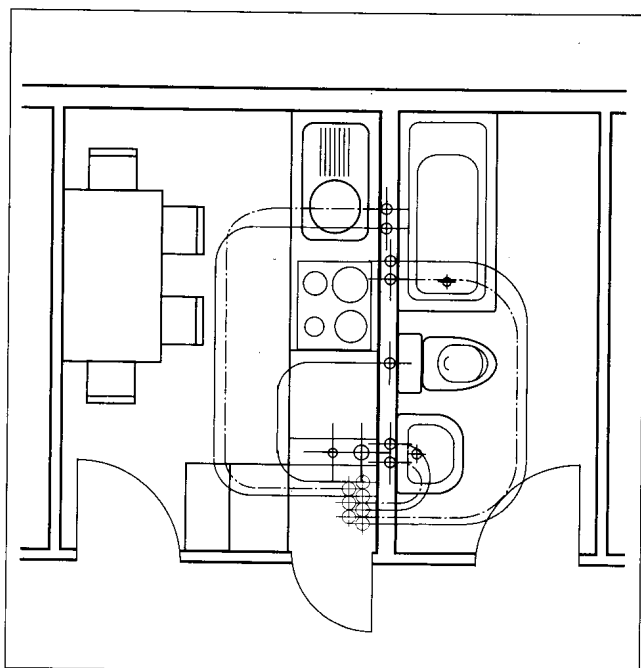


Bild (3.4.2.1) Ideale Anordnung der Nassräume

Dabei ist es wichtig, dass der Komfort durch zu lange Ausstosszeiten nicht zu stark gemindert wird.

Bei zentralen Wassererwärmern ist gegeben, dass der Auskühlverlust aus Komfortgründen gedeckt werden muss. Bei dieser Disposition kommen folgende Verteilsysteme in Frage:

1. Zirkulationssystem mit Nachheizung im Erwärmer
2. Zirkulationssystem mit externer Nachheizung
3. Verteileitungssystem mit Heizband.

Es gibt Fälle, wo die Intensität der Benutzung, z.B. Grossküchen, Gemeinschaftsduschen etc. ohne weiteres Ausstossleitungen mit relativ grossem Wasserinhalt zulassen, ohne dass die Auskühlverluste gedeckt werden müssen. Ausserdem muss angestrebt werden, die warmgehaltene Leitung auf ein Minimum zu beschränken.

3.4.4 Wasserzusammensetzung

Die Wasserqualität beeinflusst im wesentlichen die Materialwahl des Warmwasserverteilsystemes. Die Beurteilung der Wasseranalyse führt zum Entscheid:

- Müssen in Bezug auf Korrosion spezielle Rohrleitungsmaterialien eingesetzt werden?
- Muss das Wasser nachbehandelt werden?

Der Einfluss der Wasserqualität in Bezug auf den Warmwasserspeicher ist folgender:

- Materialwahl in Bezug auf Korrosion und Temperatur
- Wahl der Korrosionsschutzbeschichtung im Speicher
- Wahl eines geeigneten Wärmetauschers in Bezug auf Verkalkung.

3.5 Energieverluste

3.5.1 Wärmeverluste

Ein beträchtlicher Anteil von Verlusten sind auf Leitungsverluste zurückzuführen -25% (und mehr). Eher kleiner ist der Verlustanteil beim Erwärmer -8% (gem. Kant. Energiegesetz BE). Daher ist die Konzipierung der Verteilung besonders wichtig.

Unter «Energieverluste» ist folgendes zu verstehen:

- Wärmeverluste durch zirkulierende Leitungen
- Wärmeverluste durch direkte Beheizung mit Heizband
- Auskühlung von Ausstossleitungen
- Armaturenverluste.

3.5.2 Störung der Schichtung

Als Folge der Wärmeverluste und durch Mischung im Speicher wird die Temperaturschichtung gestört und die natürliche Entnahmemenge reduziert.

Ausser Störungen der Schichtungen durch die im Kapitel 2 beschriebenen Phänomenen, sind auch Störungen bei normalem Betrieb (Entnahme, Zirkulation) eine häufige Ursache für diese Verluste. Die häufigsten Ursachen liegen in:

- Einfluss von zu schneller Einlaufgeschwindigkeit von kälterem Wasser
- schlecht gedämmte, zirkulierende Leitungen
- falsche Stutzenanordnung
- falsche Bemessung von Zirkulationsleitungen
- falsche Auslegung der Zirkulationspumpe
- falsche oder keine Einregulierung der Zirkulationen

Unter der Voraussetzung, dass beim modernen Warmwasserspeicher die konstruktiven Mängel weitgehend behoben sind und folgende Grundsätze befolgt werden:

- Einlaufstutzen gross genug
- nur notwendige Stutzen anbringen
- Prallbleche vorhanden
- Stutzenpositionen richtig etc.
- sind die Energieverluste auf eine verantwortbare Grösse minimiert.

3.5.3 Zirkulation

Grundsätzlich kennt man zwei gängige Systeme von Warmwasserzirkulationen:

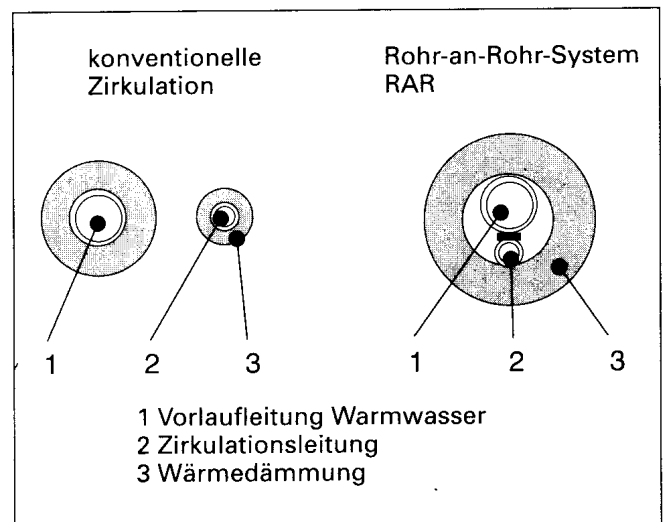


Bild (3.5.3.1): Schnitt durch Zirkulationssysteme

Bei diesen Systemen wird der Wärmeverlust indirekt durch den Wassererwärmer kompensiert, d.h. der Verlust wird im Wassererwärmer nach- oder vorgeheizt. Zirkulationen eignen sich grundsätzlich nur dort, wo Energie zur Deckung der Wärmeverluste immer zur Verfügung steht (Gas, Öl, Abwärme). Wassererwärmer die über Nacht den gesamten Tagesverbrauch aufheizen, sollten nicht mit einer Zirkulation installiert werden, da die Schichtung im Speicher stark negativ beeinflusst wird.

Es gibt jedoch Lösungen, indem man die Wärmeverluste ausserhalb des Speichers nachheizt:

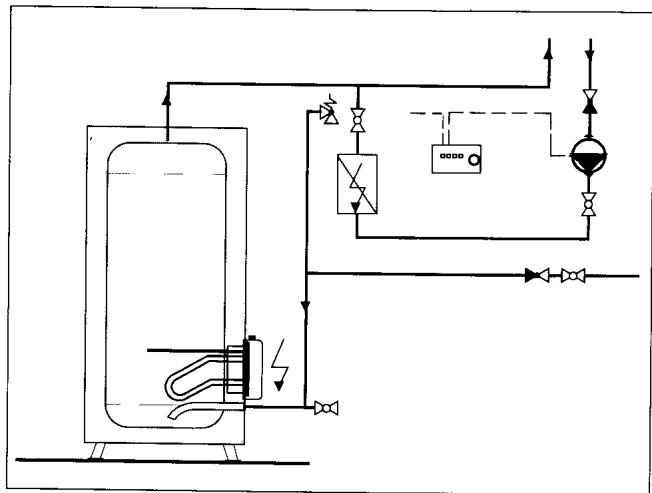


Bild (3.5.3.2): Nachheizung (Zirkulationssystem)

Mit diesen Lösungen ist das Probleme der Schichtungsstörung gelöst.
Die Warmwasserleitungen sind in Bezug auf die Wärmeverluste wie der Warmwasserspeicher selbst zu behandeln (Wärmedämmung). Die zulässigen Energieverluste sind in deri meisten Energiegesetzen definiert und die Massnahmen vorgeschrieben; z.B. EnV Kanton Bern (Tabelle 3.5.3.4).
Die Dämmqualität ist so ausgelegt, dass durchschnittlich 7 W/m Wärmeverlust entsteht.

Eine 150 m lange zirkulierende Leitung hat somit ca. 1 kW dauernden Wärmeverlust während des Betriebes. Dies entspricht einer Warmwassermenge von ca. 430 l Warmwasser zu 60 °C bei 24 Stunden Laufzeit. Die Zirkulation sollte in den betriebsarmen Zeiten auf jedenfall unterbrochen werden.

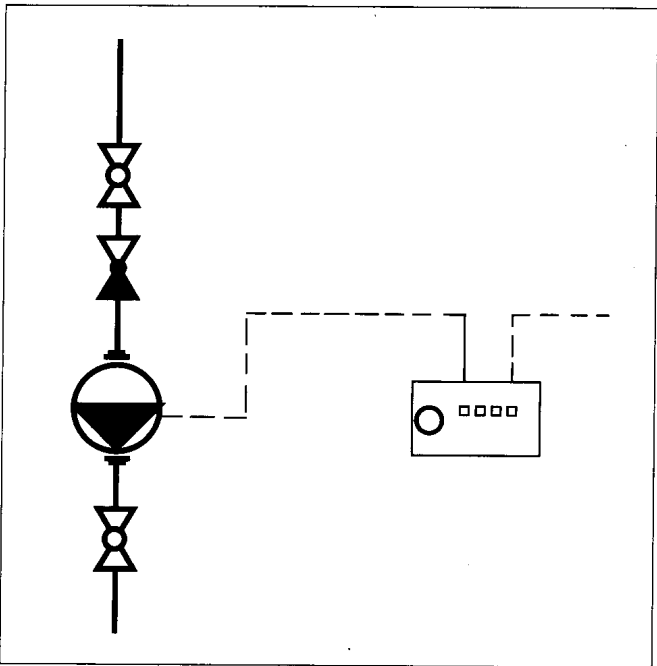


Bild (3.5.3.3): schematische Darstellung einer Zirkulationsunterbrechung)

NW Zoll		10 3/8"	15 1/2"	20 3/4"	25 1"	32 5/4"	40 1 1/2"	50 2"	65 2 1/2"	80 3"	100 4"	125 5"	150 6"	175 7"	200 8"
Tempera- turdiffe- renz in K	Betriebs- stunden in h/a	Die minimale Dämmstärke für Warmwasserleitungen beträgt für 1/2" 40 mm													
40	3/8" bis 1 1/2"	40 mm													
	4000	30	30	30	30	30	30	40	50	50	60	80	80	80	80
	6000	30	30	40	40	40	40	50	50	50	60	80	80	80	80
60	8760	40	40	40	50	50	50	60	60	60	60	80	80	80	80
	4000	30	30	40	40	40	40	50	50	50	60	80	80	80	80
	6000	40	40	40	50	50	50	60	60	60	80	80	80	80	80
80	8760	50	50	50	60	60	60	60	80	80	80	80	100	100	100
	4000	40	40	40	50	50	50	60	60	60	60	80	80	80	80
	6000	40	50	50	60	60	60	60	80	80	80	80	100	100	100
	8760	60	60	60	60	80	80	80	100	100	100	100	120	120	120

Tabelle (3.5.3.4): Minimale Dämmstärken für Heizung und Sanitär

Die Energieverluste ständig warmgehaltener Leitungen sind abhängig von:

- Temperaturdifferenz Medium-Umgebung
- Leitungsdurchmesser
- Material und Stärke der Dämmung
- Ausführungsqualität der Dämmung (Luftdichtheit)
- Länge der Leitungen
- Betriebszeit der Anlage.

In Bezug auf die Hydraulik ist darauf zu achten, dass Zirkulationen so ausgelegt werden, dass die Schichtung in Speichern nuschwach gestört werden, d.h.

- kleine Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf
- kleine Geschwindigkeit der Zirkulation (ca. 0,5 m/s)
- richtige Anordnung des Zirkulationsstutzens (möglichst hoch)
- Optimierung der Zirkulationspumpe (kleiner Strombedarf).

3.5.4 Heizband

Bei Warmwasserspeichern die z.B. über Nacht den gesamten Tagesbedarf aufheizen ist im Bezug auf die Verlustkompensation der Einsatz eines selbstregulierenden Heizbandes eine weitere Möglichkeit.

Selbstregulierende elektrische Heizbänder halten die Warmwasserleitungen auf der gewünschten Temperatur.

- Beheizung nur elektrisch (Tagesenergie)
- warmgehaltene Rücklaufleitung entfällt (weniger Platz- und Energiebedarf)
- nur in Betrieb bei stagnierenden Warmwassersystemen.

Der Energieverlust der während der Stagnationsphase gedeckt werden muss beträgt ca. 7-9 W/m, je nach Dimension und Umgebungstemperatur.

3.5.5 Ausstossleitungen

(Einzelentnahmesystem)

Ausstossleitungen können bei folgender Disposition eingesetzt werden:

- Wassererwärmer nahe am Bezüger
- stark benützte Ausstossleitung (z.B. Gemeinschaftsduschen).

Einsatzgebiete für dieses System ist:

- Einfamilienhäuser
- Wohnungen mit Einzelspeicher
- Zusammengezogene Entnahmestellen wie z.B. Campinganlagen, Garderoben, Schulhäuser . etc.
- Entnahmestellen mit grosser Warmwassermenge und kleiner Benutzerfrequenz.

Einzuhalten sind Ausstosszeiten des Inhaltes der Leitungen (gemäss SIA 385/3):

- Spültische (Küche)	7 s
- Waschtische	10 s
- Duschen	10 s
- Badewannen	15-20 s

Besondere Beachtung verlangen Entnahmestellen mit besonderen Bedingungen wie z.B. Waschtische in Arztpraxen, Brausen in Coiffeursalons etc.

Nun stellt sich die Frage, ob Einzelleitungen eine Wärmedämmung brauchen.

Sehr kurz, innertweniger Minuten, aufeinanderfolgende Entnahmen können von der Ausstoss-Verlustmenge her als eine Entnahme betrachtet werden. Längere Unterbrüche bringen Auskühlungen auf Temperaturen, welche nicht mehr als «warm» gelten können. In diesem Falle ist eine Wärmedämmung der Leitungen wenig sinnvoll. Bei sehr oft, fast dauernd benutzten Leitungen mit grossen Entnahmemengen (z.B. Gewerbeküchen) kann jedoch eine Wärmedämmung sinnvoll sein. Verteiler für Ausstossleitungen, ob am Speicher oder an warmgehaltenen Verteilleitungen angeschlossen, sind gegen Wärmeverluste zu schützen, denn der Verteilerinhalt soll nicht Verlust sein. Zudem kann durch Wärmeverluste bei Verteilern oben am Speicherangeordnete eine interne Zirkulation entstehen, die wiederum die Schichtung des Speichers beeinträchtigt.

4 Warmwasserabgabe / Verbrauch

4.1	Komfort	62
4.1.1	Komfortbegriff	62
4.1.2	Verfügbarkeit	62
4.1.3	Meng	62
4.1.4	Temperaturen	63
4.1.5	Wasserzusammensetzung	63
4.2	Armaturen	63
4.2.1	Armaturenarten	63
4.2.2	Armaturenbedienung	64

4 Warmwasserabgabe / Verbrauch

4.1 Komfort

4.1.1 Komfortbegriff

Komfort = Erhöhung der Bequemlichkeit (Lexikon)

Im Zusammenhang mit der Warmwasserversorgung können zur Definition des Komfortes folgende Kriterien genannt werden:

- Verfügbarkeit
- Menge
- Temperatur
- Wasserqualität
- Armaturenbedienung

Der Komfortbegriff ist keine uniforme Grösse, sondern wird individuell durch die Gewichtung der einzelnen Kriterien bestimmt. Die Gewichtung dieser Kriterien kann im Laufe der Zeit von anderen Faktoren beeinflusst werden und dadurch einem Wandel unterworfen sein. Ein solcher Faktor kann, zum Beispiel bei thermisch gut gedämmten Wohnbauten, der prozentuale Energie-Verbrauchsanteil sein, der im Vergleich zu älteren, schlechter gedämmten Bauten sichtbar grösser sein wird. Der Verbrauchsanteil wird damit augenfälliger und gibt dadurch eher Anlass zu Sparbemühungen. Damit die Entwicklung des Energieverbrauches in eine angemessene Richtung (Minimierung) gelenkt werden kann, muss der individuelle Komfortbegriff mit Bezug auf das Warmwasser neu definiert werden.

Voraussetzung für eine Neubeurteilung des Komfortbegriffes und damit der Änderung des Benutzerverhaltens ist die Kenntnis der, mit den wesentlichen Komfortkriterien zusammenhängenden Faktoren. Dies darum, weil vielfach auch aus Unkenntnis dieser Zusammenhänge ein unnötiger Energieverbrauch verursacht wird.

Nicht alle aufgelisteten Komfortkriterien sind durch das Benutzerverhalten wesentlich beeinflussbar. Nachfolgend sollen darum nur die relevanten Kriterien näher erläutert werden.

4.1.2 Verfügbarkeit

Der Energieaufwand für die Bereitstellung des Warmwassers ist, wie aus den betreffenden Kapiteln ersichtlich, im wesentlichen von den eingesetzten Komponenten abhängig und daher optimierbar.

Das allzeit in genügender Menge verfügbare Warmwasser führt in Abhängigkeit der Aufbereitungsart zu entsprechenden Bereitschaftsverlusten.

Bei guter Wärmedämmung der Speicher sind die Energieverluste über die Oberfläche des Warmwasserspeichers im Verhältnis zum Gesamtaufwand für das Warmwasser lediglich ca. 4-8 %.

4.1.3 Menge

Der Ausflussvolumenstrom bei voll geöffneten Armaturen ist vom Fließdruck und der Querschnittsöffnung abhängig und kann somit bei gleicher Armatur und gleichem Gebäude stark variieren. Der Ausflussvolumenstrom kann bei entsprechender Auslauföffnung durch gutes Luft-Wasser-Gemisch stark reduziert werden. Dies bedingt entsprechend gute Konstruktionen bei den Auslauföffnungen (z.B. Brauseköpfe).

Die Auswertung verschiedener Untersuchungen ergeben, dass mit modernen Armaturen ein kleiner Ausflussvolumenstrom genügt.

Der Einsatz von druckunabhängigen Durchflussbegrenzer zur Minderung des Ausflussvolumenstroms ist somit ein taugliches Mittel um einen, in der Praxis oft festzustellenden, überhöhten Ausflussvolumenstrom zu reduzieren und damit den Wasser- und Energieverbrauch zu senken.

Beispiel:

Waschtisch = 6 l/min. (1 BW)
 Dusche = 12 l/min. (2 BW statt 3 BW in W3)

BW = Belastungswert 1 BW = 0,1 l/s
 W3 = Leitsätze für die Einstellung von Wasserinstallationen

Vor dem Einsatz solcher Durchflussbegrenzer in bestehenden Installationen ist die Zweckmässigkeit und deren Auswirkung auf das Verteilnetz abzuklären.

4.1.4 Temperaturen

Das Empfinden für eine angenehme Warmwassertemperatur ist hauptsächlich vom Verwendungszweck und in geringem Masse von der Jahreszeit abhängig.

Für die Körperpflege ist eine Nutztemperatur (Mischwassertemperatur) von ca. 37 bis 45 °C erwünscht. Für Reinigungszwecke sind 50 bis 55 °C zweckmässig.

Die Energieverluste eines Speichers und Verteilsystems sind praktisch proportional zur Temperaturdifferenz zwischen Warmwasser und Umgebung. Eine Annäherung der Speichertemperatur an die gewünschte Nutztemperatur bedingt, bei vorgegebenen Verhältnissen, eine Vergrößerung des Speichervolumens. Bei gleicher thermischer Behälterdämmung sind die resultierenden Bereitschaftsverluste, trotz grösserer Speicherfläche, um ca. 10% kleiner.

Eine weitere Energieeinsparung ist bei Waschtischen mit Einhebelmischern zu erwarten, da die Mischwassertemperatur aufgrund der tieferen Speichertemperatur bei der vorwiegenden Mittelstellung entsprechend tiefer ist. Bedingung ist jedoch, dass der Einhebelmischer richtig benutzt wird.

Die Annäherung der Speichertemperatur an die Nutztemperatur bewirkt, dass vermehrt grössere Fließgeschwindigkeiten zu erwarten sind, als dies bei höheren Warmwassertemperaturen der Fall ist, dabei ist jedoch unter Umständen das Thema «Legionelle» zu beachten.

4.1.5 Wasserzusammensetzung

Eine genügende Wasserqualität wird von den zuständigen Wasserwerken garantiert, wenn auch unter immer schwereren Bedingungen und erhöhten Aufwendungen. Die Hygiene im hausinternen Verteilnetz kann vom Benutzer durch entsprechenden Unterhalt und Einsatz geeigneter Armaturen günstig beeinflusst werden. Bezogen auf den Energieverbrauch ist dieses Kriterium nicht relevant.

4.2 Armaturen

4.2.1 Armaturenarten

Wenn die einzelnen Armaturenarten ihren Vorteilen entsprechend eingesetzt werden, kann der Wasser- und Energieverbrauch minimiert werden.

Normale Wandbatterie

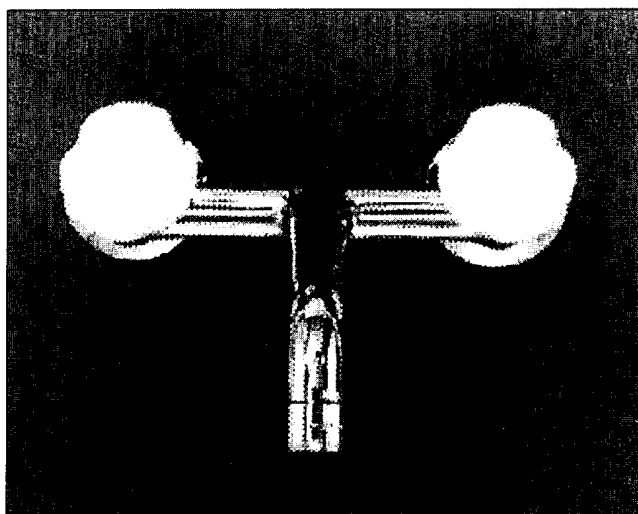


Bild (4.2.1.1): Wandbatterie

Moderner Eingriffsmischer

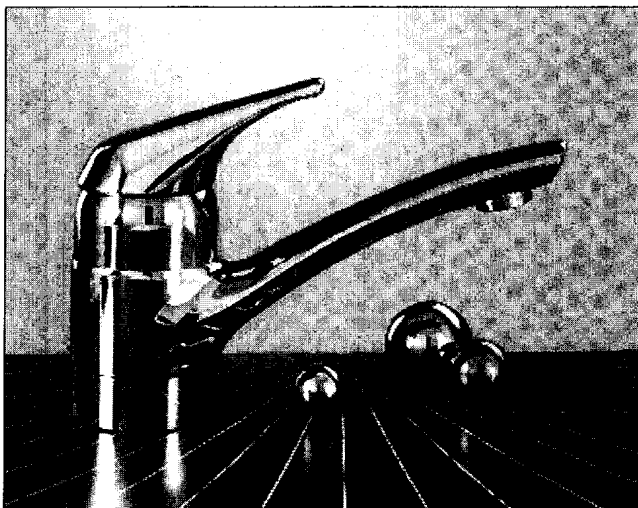


Bild (4.2.1.2): Eingriffsmischer

Thermischer Mischer

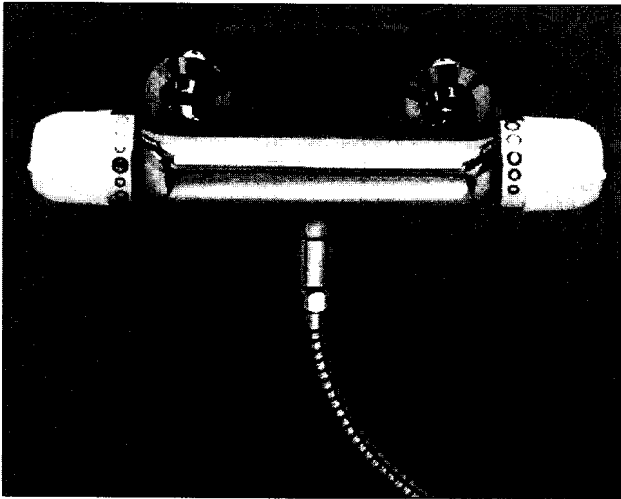


Bild (4.2.1.3): thermischer Mischer

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt, dass der Energieverbrauch für das Warmwasser:

- beim Zweigriffmischer bei Bäder/Dusche 19% höher ist als beim thermischen Mischer (ca. 200 kWh/Jahr Energiemehrverbrauch)
- beim Zweigriffmischer bei Waschtischen 56% höher ist als bei berührungslosen Armaturen (ca. 150 kWh/Jahr Energiemehrverbrauch).

Armatur	WW (l)	%	MW (l)	%	Tm(°C)
Bäder:					
therm. Mischer	64	100	108	100	38.7
Eingriffmischer	69	108	114	106	39.7
Zweigriffmischer	76	119	122	113	39.9
Waschtisch:					
berührungslos	16	100	30	100	36.3
Eingriffmischer	20	125	39	130	35.5
therm. Mischer	23	143	48	160	34.2
Zweigriffmischer	25	156	47.5	158	36.0

Tabelle (4.2.1.4): Einfluss der Armatur auf den Energieverbrauch Basis: Warmwasser 55 °C, Kaltwasser 15 °C

Armaturtyp	Energieverbrauch	Wasserverbrauch	Kosten	Bemerkung
Zweigriffmischer	hoch	hoch	klein	einfach
Eingriffmischer	niedrig	mittel	normal	wirtsch.
therm. Mischer	mittel	hoch	hoch	komfort.
berührungslos	gering	klein	hoch	interes.

Tabelle (4.2.1.5): Beurteilungsmatrix für Waschtische

4.2.2 Armaturenbedienung

Die Produktvielfalt der angebotenen Armaturen deckt die vielfältigsten ästhetischen Wünsche ab. Doch die Handhabung der Armaturen scheint nicht für jede Handlung zweckmässig zu sein. Vielfach wird von Rechtshändern, aus praktischen Gründen, bei Zweigriffmischern unnötigerweise der Warmwassergriff betätigt, oder der Einhebelmischer wird in seiner Mittelstellung belassen, obwohl vielfach die Entnahmemenge kaum grösser ist als die, bis zum Erreichen der Beharrungstemperatur notwendige Ausstossmenge.

Demnach sind eindeutige Vorteile zu erwarten, wenn die Ergonomie einzelner Armaturenprinzipien unter dem Gesichtspunkt von vermeidbarem Warmwasserverbrauch überprüft würde (Einhebelmischer, elektronische, berührungslose Armaturen). In beiden Fällen geht vielfach ein, im Verhältnis zur effektiv genutzten Warmwassermenge, wesentlicher Energieanteil durch Auskühlung ungenutzt verloren.

Kriterien	Einfluss auf den Energieaufwand	
	0	gross
Verfügbarkeit		
Menge		
Temperatur		
Wasserqualität		
Erreichbarkeit		
Armaturenart		
Handhabung		

Tabelle (4.2.2.1): Komfort/Energie-Matrix

5 Berechnung von Warmwasseranlagen

5.1	Erwärmer	66
5.1.1	Bedarfsermittlung	66
5.2	Leitungen	70
5.2.1	Allgemeines	70
5.2.2	Normalinstallation	70
5.2.3	Spezialinstallation	70
5.2.4	Zirkulation	72

5 Berechnung von Warmwasseranlagen

5.1 Erwärmer

5.1.1 Bedarfsermittlung

Der Warmwasserbedarf ist keine feste Grösse! Für Normalobjekte kann er mit genügender Genauigkeit aus Tabellen der Fachliteratur entnommen werden.

Speicher, welche auch bei Jahres-Spitzenlasten nicht zu klein sind, sind zu gross!

Benutzerbedarf

Wofür wird Warmwasser eingesetzt?

- Hygiene (Körperpflege)
- Speisenzubereitung
- allgemeine Reinigung

Der Verbrauch ist abhängig von:

- Ansprüche der Benutzer
Wille oder Zwang zur Einschränkung (hohe Mieten z.B. schwächen die Sparmotivation)
- Ausbaustandard der Anlage, Grösse der Brauseköpfe, Anzahl Entnahmestellen, Art der Armaturen.

Der Tages-Verbrauch

Die beiliegende Warmwasserbedarfstabelle (Anhang Kapitel 11) stammt aus: SI Handbuch 5, herausgegeben von der «Vereinigung Schweizerischer Sanitärfachleute VSSH». Sie beruht auf Messergebnissen an bestehenden Gebäuden und aus Erfahrungswerten. Die Zahlen lassen einen grossen Ermessensspielraum offen. Für welche Anlagen sind die oberen, wann die unteren Werte einzusetzen?

Beispiel:

Der Speicher in einer Zweizimmerwohnung, welche von einer einzelnen Person bewohnt wird, hat folgenden Spitzenbedarf zu decken [l/d à 60 °C]:

Küche	30 l/d
allg Hygiene	10 l/d
kurze Dusche + Vollbad	<u>90 l/d</u>
Liter total	130 l/d

Diese Verbrauchsspitze ergibt sich vielleicht einmal wöchentlich. Der durchschnittliche Tagesverbrauch wird in der Grössenordnung 50 Liter betragen. Je mehr Einheiten (Personen, Wohnungen) vom selben Speicher aus versorgt werden, umso näher am Durchschnitt kann das Gesamtvolumen gewählt werden.

Ein zentraler Speicher für 20 solcher Zweizimmerwohnungen benötigt darum nicht den Inhalt :

$$20 \times 130 \text{ Liter} = 2600 \text{ Liter,}$$

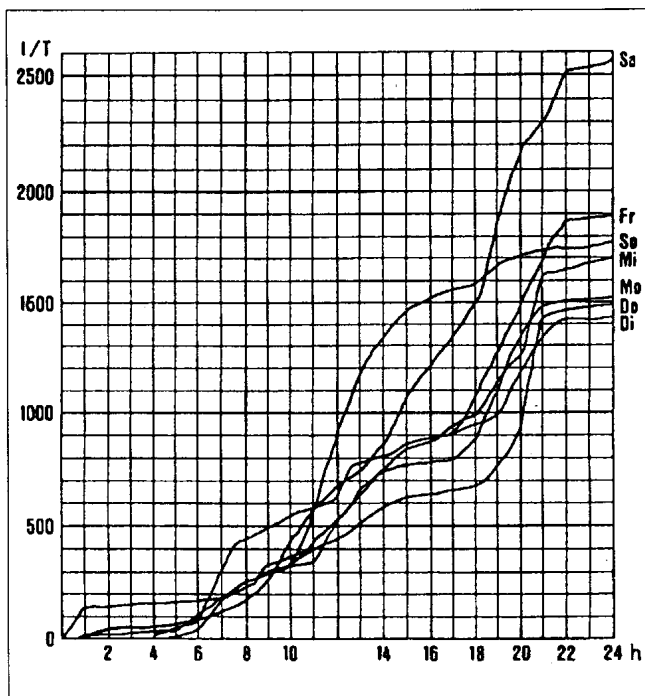
sondern eher

$$20 \times 50 \text{ Liter} = 1000 \text{ Liter}$$

Im Wohnungsbau und z.B. auch im Gastgewerbe kann anhand der Planung nach einfachem, mittlerem und gehobenem Standard unterschieden werden. Die Abstufungen nach Komfort würden aber eine nochmalige Berücksichtigung derselben Kriterien bedeuten. Sie sind daher eher als Funktion der Anzahl angeschlossener Einheiten zu interpretieren. Die wahrscheinliche gleichzeitige Benutzung bei einer grossen Anzahl angeschlossener Verbraucher wirkt dabei ausgleichend auf die Spitze, wie dies ja auch bei der Gas-, Wasser- und Elektrizitätsversorgung sowie beim Abwasseranfall berücksichtigt wird.

Der Verbrauch im Tagesverlauf

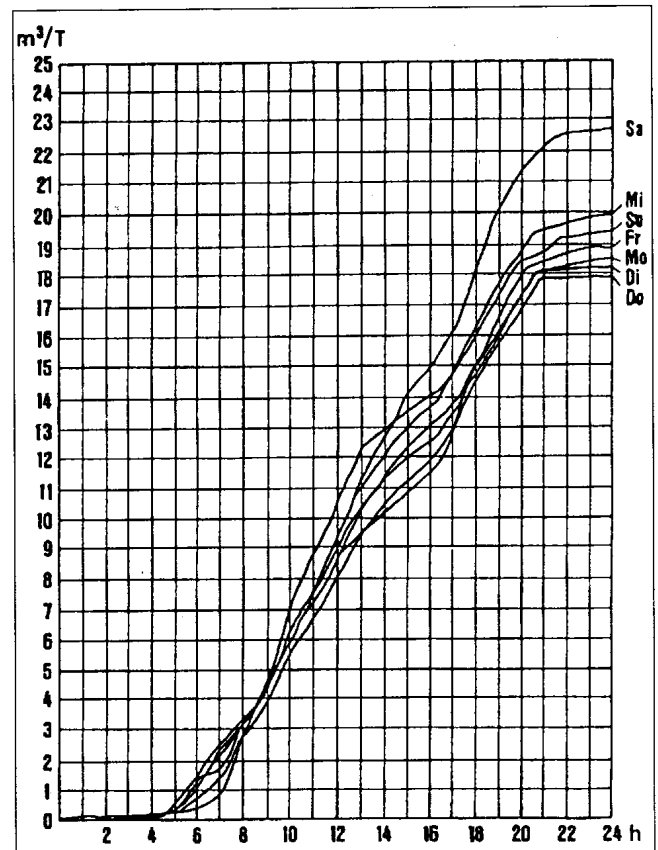
Das Summendiagramm zeigt den WW-Verbrauch in einem Mehrfamilienhaus mit durchschnittlicher sanitärer Ausrüstung. Es handelt sich um 18 Wohnungen mit insgesamt 47 Bewohnern.



Aus dem Diagramm kann man folgende Werte lesen:

- max. Tagesbedarf gesamt
2550 l = 54 l/pro Person und Tag
- durchschnittlicher Tagesbedarf
1770 l = 38 l/pro Person und Tag
- max. Std.-Bedarf (Do 20.00 bis 21.00 Uhr) 500 l/Std.
- Differenz Mindest- und Maximalbedarf 78%

In einem Wohngebäude mit 400 Bewohnern in 145 Wohnungen, Messung Genf-Le Lignon.



Aus dem Diagramm kann man folgende Werte lesen:

- max. Tagesbedarf gesamt
22700 l = 57 l/pro Person und Tag
- durchschnittlicher Tagesbedarf
19400 l = 48 l/pro Person und Tag
- max. Std.-Bedarf (Do 09.00 bis 10.00 Uhr) 2300 l/Std.
- Differenz Mindest- und Maximalbedarf 27%

Aus diesen beiden Beispielen kann man ableiten:

Je mehr Verbraucher, umso grössere Gleichmässigkeit zwischen Maximal- und Mindestverbrauch.

Für die Ermittlung des Warmwasserbedarfes ist es wichtig, welche Grösse eigentlich gewünscht ist.

Sind dies:

- der Mindestbedarf nK der bei der Anlagebemessung nicht unterschritten werden darf
- der Durchschnittsbedarf mK als Berechnungsgrundlage für Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- der Spitzenbedarf hK für die Berechnung der Erwärmerleistung.

Die untenstehenden Zahlen basieren auf Verbrauchsmessungen.

Bei Wirtschaftlichkeitsberechnung ist es wichtig die Abwesenheiten von Benutzern, Schulferien, etc. mitzubetrachten. Im Wohnungsbau z.B. sind ca. 340-350 Tage zu berücksichtigen, beim Altersheim jedoch 365 Tage.

Messungen bei ca. 28'000 Wohnungen im Kanton Waadt haben einen mittleren Warmwasserverbrauch von 74 l/Tag und Wohnung ergeben. Solche Zahlen sind jedoch nicht für die Konstruktion der Warmwasserversorgung wichtig, sie können jedoch bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen einbezogen werden.

In verschiedenen Energiegesetzverordnungen bzw. in der SIA-Norm 384/1 wird verlangt, dass das Wasserverwärmervolumen einem Tageswasserverbrauch entspricht; bei der Auslegung müssen gleichzeitig allfällige Verteilsystemverluste berücksichtigt werden.

Auszug aus Warmwasserbedarfstabellen

Gebäudeart	Zweckbestimmung Hinweis	Einheit	Warmwasser in l zu 60 °C/Tag		
			nK	mK	hK
Einfamilienhaus	einfacher Standard	P	30	35	40
Eigentumswohnung	mittlerer Standard	P	35	40	50
Mehrfamilienhaus	allgemeiner Wohnungsbau	P	30	35	45
Tea-Rooms	Besetzung stark	S	20	30	40
Hotel	einfacher Standard	B	40	50	70
Altersheim	einfacher Standard	B	30	40	50
Krankenhaus	durchschnittlich	B	70	80	100
Speiserestaurant	Essen mit 3 Gängen	E/M	8	10	12
			Warmwasser in l zu 45 °C		
Duschen	Schüler	D/P	30	35	40
Duschen	Sportler	D/P	50	60	70
Dusche Fabrikarbeiter	schwach schmutzig	D/P	45	50	60
Dusche Fabrikarbeiter	stark schmutzig	D/P	50	60	70
Baden	Normale Wanne	B/P	120	150	180
Baden	Grosswanne	B/P	150	180	200
Hydrotherapiewanne		B/P	250	300	400

Bild (5.1.1.1): Warmwasserbedarfstabelle

Beispiel einer Wohnüberbauung

Um den Werdegang zu einer Lösung dokumentieren zu können, greifen wir auf ein Beispiel zurück:

Mehrfamilienhaus-Überbauung

Haus	Wohnungen	Zimmer	Total Bewohner
1	10	40	40
2	14	53	53
3	8	32	32
Total	32	125	125

Warmwasserbedarf pro Tag

Liter zu 60 °C pro Tag / mittlerer Standard	Min.	Mittel	Max.
pro Person	30	40	50
3 Personen (3½-Zimmer-Wohnung)	90	120	150
4 Personen (4½-Zimmer-Wohnung)	120	160	200
5 Personen (5½-Zimmer-Wohnung)	150	200	250

(Diese Werte sind nicht als Grössen für Einzelerwärmer anzuwenden)

Pro Gebäude

	Min.	Mittel	Max
Gebäude 1 10 Wohnungen zu 4½ Zimmern = 40 Pers.	1200	1600	2000
Gebäude 2 11 Wohnungen zu 4½ Zimmern = 44 Pers. 3 Wohnungen zu 3½ Zimmern = 9 Pers. Total 53 Pers.	1590	2120	2650
Gebäude 3 4 Wohnungen zu 5½ Zimmern = 20 Pers. 4 Wohnungen zu 3½ Zimmern = 12 Pers. Total 32 Pers.	960	1280	1600
Warmwasserbedarf pro Tag Total	3750	5000	6250

Auf sehr einfache Art kann die Personenzahl ermittelt werden. Im Wohnungsbau wird grundsätzlich mit einer Person pro Zimmer gerechnet. Halbe Personen gibt es nicht, daher sind halbe Zimmer zu vernachlässigen.

Größen von Wohnungserwärmern können einfach dimensioniert werden.

Wohnungsgröße	Anzahl Personen	Warmwasserbedarf in l zu 60°C/Tag		
		nK	mK	hK
1-Zimmer-Wohnung	1	50	70	95
2-Zimmer-Wohnung	1-2	70-95	95-120	120-200
3-Zimmer-Wohnung	2-3	95-120	120-200	200-250
4-Zimmer-Wohnung	3-4	120-250	250-300	300-500
5-Zimmer-Wohnung	4-5		200-500	
6-Zimmer-Wohnung	5-6		400-600	

Tabelle (5.1.1.2): Bereiche Warmwasserbedarf

Warmwasserbedarf pro Jahr

Für die Ermittlung der Wärmeenergiekosten müssen folgende Werte verwendet werden:

Durchschnittlicher Warmwasserbedarf pro Person 40 Liter pro Tag zu 60 °C für ca. 300-320 Tage pro Jahr ca. 12 m³/Jahr.

- Wohnung mit 3 Personen ca. 36 m³/Jahr
- Wohnung mit 4 Personen ca. 48 m³/Jahr
- Wohnung mit 5 Personen ca. 60 m³/Jahr

Diese Zahlen entsprechen einem durchschnittlichen Tagesverbrauch (365 Tage) pro Person von ca. 33 Liter zu 60 °C. Verglichen mit den erwähnten Verbrauchsmessungen ist dies fast die doppelte Menge. Für den vorliegenden Fall jedoch dürfen diese Zahlen nicht berücksichtigt werden, da der Durchschnittsverbrauch mit zunehmender Wohnungszahl abnimmt.

5.2 Leitungen

5.2.1 Allgemeines

Die Leitungsdimensionen haben nur geringen Einfluss auf den Energieverbrauch einer Warmwasserinstallation.

Pumpenzirkulationen hingegen können bei falscher Auslegung einen beträchtlichen Energiemehrverbrauch ausmachen. In diesem Abschnitt wird im speziellen auf die Berechnung von Zirkulationen eingegangen.

Die Leitungsdimensionierung unterscheidet man zwischen

- Normalinstallationen
- Spezialinstallationen

5.2.2 Normalinstallation

Unter Normalinstallationen versteht man Anlagen, deren Entnahmestellen, unabhängig von ihrer Anzahl, keine grösseren Ausflussvolumenströme oder hohe gleichzeitige Benützungen aufweisen. Auf speziellen Tabellen in den Leitsätzen W3 1992 für die Erstellung von Wasserinstallationen werden die Belastungswerte der einzelnen Armaturen bzw. Apparate bestimmt und addiert.

Auf den materialspezifischen Tabellen werden nun die Dimensionen der Verteilleitungen festgelegt. In den Tabellen für Normalinstallationen ist die gleichzeitige Benützung der Apparate vollumfänglich berücksichtigt worden.

5.2.3 Spezialinstallationen

Als Spezialinstallationen gelten Anlagen mit einer oder mehreren der folgenden Randbedingungen:

- Es muss mit einer hohen, gleichzeitigen Benützung gerechnet werden (Duschen in Turnhallen)
- Entnahmestellen welche über eine längere Zeit geöffnet bleiben (Dauerverbraucher)
- Entnahmestellen mit grossen Ausflussvolumenströmen die den Rahmen der Dimensionierungstabellen für Normalinstallationen sprengt.

Die Dimensionierung einer Spezialinstallation erfordert aufwendige und genaue Berechnungen wenn eine optimale Funktion der Anlage gewährleistet werden soll.

Dabei sind folgende Punkte massgebend:

- Der Volumenstrom bei max. Benützung (Spitzenvolumenstrom).

- Der max. Druckverlust zwischen dem Wasserzähler oder Druckreduzierventil und der am weitesten entfernten Entnahmestelle darf höchstens 1,5 bar betragen.
- Der minimale Fließdruck an der höchsten bzw. der weitesten Entnahmestelle beträgt 1 bar.
- Die minimale lichte Rohrweite beträgt 10-16 mm je nach Material.
- Die Fließgeschwindigkeit in den Rohren sollte zwischen 1,5 und 2,0 m/s liegen.

Tabelle: Anschlusswerte der Armaturen und Apparate

Verwendungszweck	Ausflussvolumenstrom pro Anschluss		Ausflussvolumenstrom pro Anschluss BW
	l/s	l/min.	
Handwaschbecken, Waschtische, Bidets, Waschrinnen, Spülkasten	0.1	6	1
Spültische, Ausgussbecken, Schulwandbecken, Coiffeurbrausen, Haushaltgeschirrspülmaschinen, Gas- Durchflusswassererwärmer, Waschtröge	0.2	12	2
Duschbatterien mittlere Leistung, Gas- Durchflusswassererwärmer	0.3	18	3
Grosse Spülbecken, Standausgüsse, Wandausgüsse, Badebatterien, Waschautomaten bis 6 kg, Gas- Durchflusswassererwärmer, Pissoir-Spülungen automatisch	0.4	24	4
Auslaufventile für Garten und Garage	0.5	30	5
Anschlüsse 3/4" – Spülbecken für Grossküchen – Grossraumwannen – Duschen	0.8	48	8

Tabelle (5.2.3.1): zur Bestimmung der Belastungswerte einzelner Verbraucher aus den Leitsätzen für die Erstellung von Wasserinstallationen W 3 Ausgabe 1992

Tabelle 2a: Belastungswerte und Rohrweiten für:

verzinkte Stahlrohre DIN 2440/44

Max. Anzahl BW	6	16	40	160	300	600	1600
DN (mm)	15	20	25	32	40	50	65
Gewinderohre (Zoll)	1/2"	3/4"	1	1 1/4"	1 1/2"	2	2 1/2"
di (mm)	16	21.6	27.2	35.9	41.8	53	68.8

Beispiel (5.2.3.2) der Dimensionierungstabelle nach BW aus den Wasserleitsätzen W 3. Für andere Rohrleitungsmaterialien bestehen identische Tabellen.

5.2.4 Zirkulation

Gewisse Unsicherheiten bestehen bei der Dimensionierung von Zirkulationsleitungen. Die Dimension der Vorlaufleitungen werden normal nach W3d ermittelt: Die Rücklaufleitungen wurden jedoch vielfach nach sogenannten «Faustregeln» ermittelt.

Heute jedoch sollte jede Zirkulation gerechnet und einreguliert werden, dabei spielen folgende Parameter eine Hauptrolle:

- Geschwindigkeit
- Druckverlust
- Wärmeverlust
- Temperaturspreizung

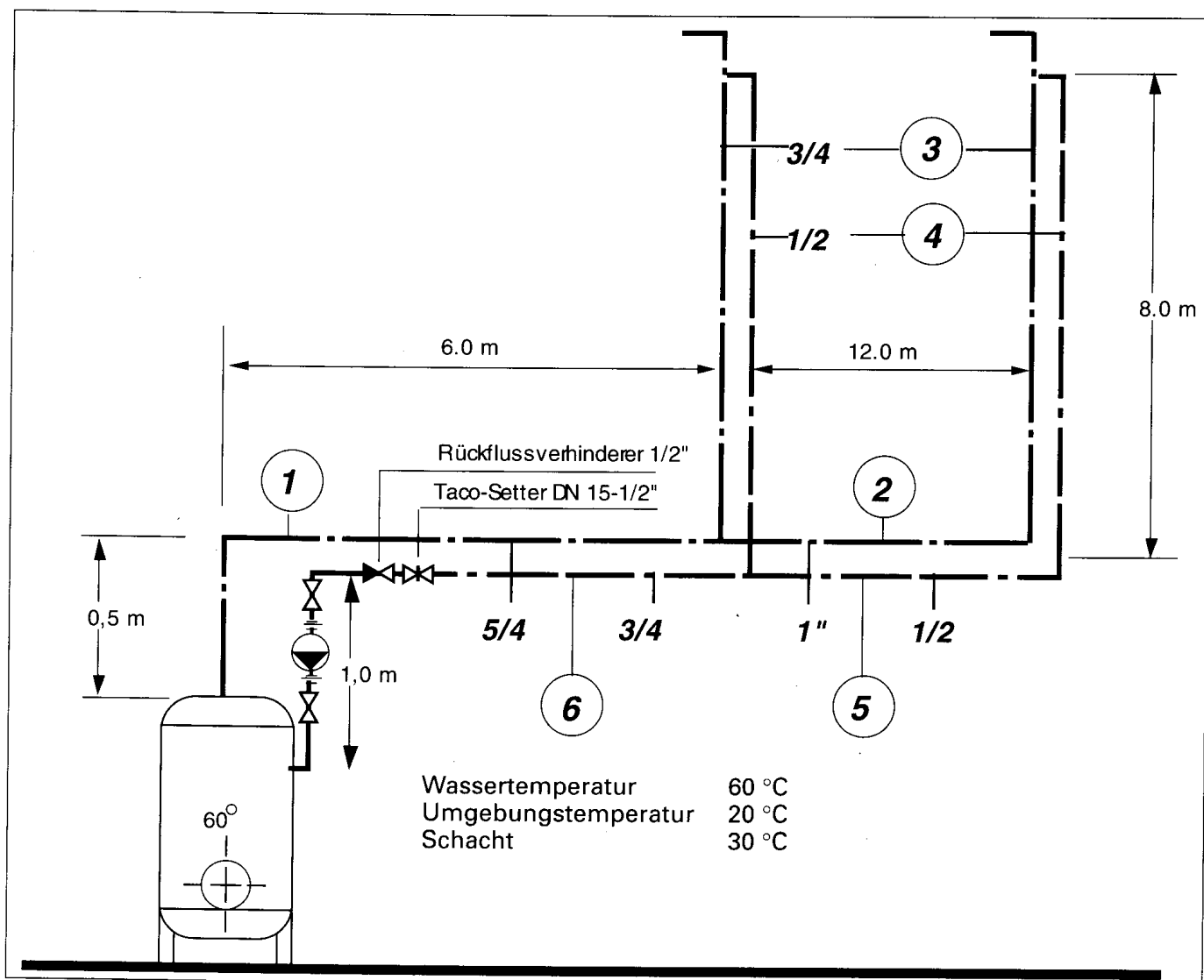


Bild (5.2.4.1): Beispiel einer einfachen Anlage mit Zirkulation

Geschwindigkeit

In den Wasserleitsätzen und an diversen Korrosionsseminaren wird erwähnt, dass die Strömungsgeschwindigkeiten in Wasserleitungen in Abhängigkeit mit dem Material zwischen 0,5-1,5 m/s liegen muss.

Für die Auslegung von Zirkulationsleitungen wird daher zweckmässig von der Fliessgeschwindigkeit ausgegangen! Eine Zirkulationsgeschwindigkeit von ca. 0,5 m/s ergibt:

- genügende Durchströmung bezüglich Hygiene und Korrosion
- geringe Druckverluste, damit kleine Pumpenleistungen.

In allen Teilen der Rückläufe müssen die Mindestgeschwindigkeiten erreicht werden! Vorlaufleitungen werden durch Entnahme gespült.

Bei einer 1/2" Rücklaufleitung (Minstdurchmesser nach W3d) ergibt sich somit ein Volumenstrom von 4,8 l/min. Werden nun zwei Rückläufe zusammengeführt, so verdoppelt sich der Volumenstrom bei der gemeinsamen Rücklaufleitung auf 9,6 l/min was bei der geforderten Geschwindigkeit von 0,5 m/s eine 3/4"-Leitung ergibt. Somit kann auf einfache Art der Pumpenförderstrom ermittelt werden.

Druckverlust

Die Berechnung der Druckverluste erfolgt wie bei allen Wasser- und Gasleitungen anhand der Leitungslängen, der Einzelwiderstände und des Volumenstromes anhand der Druckverlusttabellen. Diese Druckverluste ergeben die Förderhöhe der Zirkulationspumpe. Beim Gesamtdruckverlust machen die Vorlaufleitungen durch die grossen Durchmesser und kleinen Volumenstrom nur etwa 10% des Gesamtdruckverlustes aus.

TS Nr	Dim. Zoll	Länge (m)	EW (%)	L Total (m)	VolStr (dm ³ /s)	P diff/m mbar/m	P diff tot (mbar)
1	5/4	6.5	60	10.40	0.1608	0.13	1.35
2	1	12.0	60	19.20	0.0804	0.14	2.69
3	3/4	8.0	60	12.80	0.0804	0.45	5.76
4	1/2	8.0	60	12.80	0.0804	2	25.60
5	1/2	12.0	60	19.20	0.0804	2	38.40
6	3/4	7.0	100	14.00	0.1608	1.7	23.80
Total Druckverlust (mbar)							98.00

Tabelle (5.2.4.2): Druckverlustberechnung zum Ermitteln der Pumpendaten

Pumpenwahl

Aus dem ermittelten Pumpenförderstrom und Druckverlust resultieren die verbindlichen Pumpendaten. Z.B. Förderstrom 0.58 m³/h. Druckverlust 112 mbar = 1.1 m.

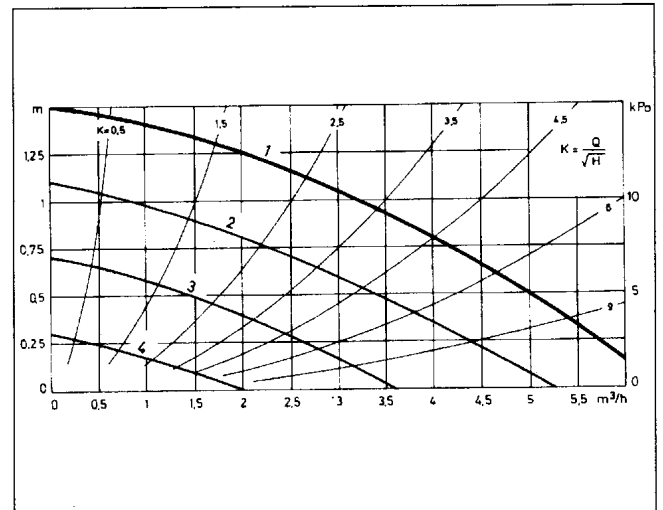


Bild (5.2.4.3): Beispiel eines Pumpenleistungs-Diagrammes zum Ermitteln der Pumpe

Wärmeverluste

Für die approximative Ermittlung der Wärmeverluste kann von einer Wassertemperatur von 60 °C ausgegangen werden (oder anderer Sollwert des Speichers). Die Differenz durch allmähliches Abkühlen in der Leitung fallen gegenüber anderen Ungenauigkeiten der Rechnung (Raumtemperatur, genaue Speichertemperatur, genaue Dämmwerte) nicht ins Gewicht.

TS Nr	Dim. Zoll	L (m)	TWW (°C)	T ext (°C)	T diff (°C)	Q 1 (W/mK)	Q 2 (W/m)	Q tot (W)
1	5/4	6.5	60	20	40	0.177	7.08	46.02
2	1	12.0	60	20	40	0.155	6.20	74.40
3	3/4	16.0	60	30	30	0.136	4.08	65.28
4	1/2	16.0	60	30	30	0.121	3.63	58.08
5	1/2	12.0	60	20	40	0.121	4.84	58.08
6	3/4	7.0	60	20	40	0.136	5.44	38.08
tot. L		69.5				tot. Wärmeverlust (W)		340

Tabelle (5.2.4.4): Berechnung des Wärmeverlustes zum Feststellen der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf

Temperaturspreizung

Die Temperaturspreizung ergibt sich aus:

- den gesamten Wärmeverlusten der zirkulierenden Leitung
- dem gesamten Volumenstrom.

Als allgemeiner Anhaltspunkt kann in kleineren bis mittleren Anlagen, eine sehr gute Ausführung der Wärmedämmung vorausgesetzt, pro 10 m Leitungslänge mit einer Abkühlung von ca. 0,1 K gerechnet werden. Bei einer Anlage mit 100 m zirkulierender Leitung (Vor- und Rücklauf) ergibt sich somit eine Temperaturspreizung von 1 K.

Formel zur Berechnung der Temperaturspreizung:

$$T_{\text{diff}} = \frac{Q_{\text{total}}}{\text{Vol Str} \times c} = \frac{\text{J/s}}{(\text{kg/s}) \times (\text{J/kg K})} = \frac{\text{J s kg K}}{\text{s kg J}} = \text{K}$$

$$\frac{340 \text{ (J/s)}}{0,1608 \text{ (kg/s)} \times 4130 \text{ (J/kg K)}} = 0,512 \text{ K}$$

Berechnung (5.2.4.5): Berechnung der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf

6 Wassernachbehandlung

6.1	Allgemeines	76
6.1.1	Ursache	76
6.1.2	Wasseranalyse	76
6.1.3	Grundbegriffe	76
6.1.4	Grobbeurteilung	78
6.2	Wassernachbehandlungsverfahren	79
6.2.1	Grundsatz	79
6.2.2	Übersicht der Nachbehandlungs-Verfahren	79
6.2.3	Physikalische Verfahren	80
6.2.4	Dosieranlagen	80
6.2.5	Enthärtung	80
6.2.6	Entsalzungsanlage	81
6.2.7	Zusammenfassung	81

6 Wassernachbehandlung

6.1 Allgemeines

6.1.1 Ursache

Regenwasser, als Ursprung des Trinkwassers, nimmt aus der Luft verschiedene Gase auf (Sauerstoff, Kohlendioxyd, Schwefeldioxyd etc.) und wird dadurch aggressiv (sauer, korrosiv). Das versickernde oder auf der Oberfläche abfließende Regenwasser löst infolge seiner korrosiven Eigenschaft Gesteins- und Metallverbindungen auf und reichert sich mit den Lösungsprodukten an. Versickerndes Wasser wäscht zudem organische und anorganische Stoffe aus.

Im Wasserwerk lassen sich gewisse Verunreinigungen durch Ausflockung, Ozonung, Adsorption an Aktivkohle und Filtrierung vermindern d.h. mit hohem Aufwand wird das Wasser auf Trinkwasserqualität angehoben.

Störende Kalkausscheidung oder eine Einschränkung der Werkstoffauswahl zur Minderung des Korrosionsrisikos sind Folgen vorgängig umrissener Abläufe.

Letztendlich stellt sich die Frage nach dem eventuell notwendigen Wassernachbehandlungs-Verfahren, damit die Anlagebetriebssicherheit, Lebensdauer und Wasserqualität gewährleistet werden kann.

Ob ein Wasserbehandlungsverfahren notwendig ist oder nicht, hängt von folgenden Entscheidungskriterien ab:

- von der gründlichen, fachkompetenten Beurteilung der chemischen Wasseranalyse
- von den getroffenen Vorbeugemassnahmen bezüglich Temperaturbeschränkung, Werkstoffwahl und Fliessgeschwindigkeiten
- und nicht zuletzt von der fachgerechten Anlageinstallation
- Es sind zudem die behördlichen Gesetze und Vorschriften zu beachten.

6.1.2 Wasseranalyse

Eine detaillierte Analyse des hauptsächlich gelieferten Wassers kann beim zuständigen Wasserwerk beschafft oder bei entsprechenden Labors in Auftrag gegeben werden (Kantonschemiker, EMPA etc.).

Die Wasseranalyse sollte aktuell sein (nicht älter als 1/2 Jahr) und über nachstehende Komponenten Auskunft geben:

Gesamthärte	Chloride	C1-
Karbonathärte	Sulfate	SO ₄ ²⁻
freie Kohlensäure CO ₂	Nitrate	NO ₃ ⁻
Sauerstoffsättigung	pH-Wert	
Leitfähigkeit µS/cm	Probentemperatur	

Tabelle (6.1.2.1): Komponente der Wasseranalyse

6.1.3 Grundbegriffe

Gesamthärte, darunter wird die Summe aller Kalzium- und Magnesium- und anderen ähnlichen Ionen verstanden. Kalzium- und Magnesiumionen sind überwiegend an Kohlendioxyd aber auch an Chlorid, Sulfat und Nitrat gebunden.

Karbonathärte (auch vorübergehende odertemporäre Härte genannt), umfasst die als Bikarbonate an Kohlendioxyd gebundenen Kalzium- und Magnesium-Ionen. Der Gehalt an Karbonathärte ist von der im Wasser gebundenen freien Kohlensäure und in geringerem Masse vom Salzgehalt abhängig. Durch Erwärmung des Wassers ändern sich die Gleichgewichtsbedingungen, d.h. mit zunehmender Wassertemperatur nimmt das Defizit zur Gleichgewichts-Kohlensäure zu. In der Folge zerfallen Bikarbonate in Kalzium- bzw. Magnesiumcarbonat unter Abgabe von Kohlendioxyd und Wasser (letztendlich bis zum neuen Gleichgewichtszustand). Die Karbonate fallen als Kalkstein aus.

Vermehrt wird die Karbonathärte durch die Säurekapazität Ks 4.3 angegeben (Ks 4.3-Wert = Karbonathärte in °fH, geteilt durch 5).

Nichtkarbonathärte (permanente oder bleibende Härte) umfasst die an Chlorid-, Sulfat-, Nitrat oder Silikat-Ionen gebundenen Anteile des Magnesiums und Kalziums. Durch Erwärmung kann

die Löslichkeitsgrenze im Wasser überschritten werden. Der übersättigte Anteil an Salzen kristallisiert darauf in Form von sogenanntem Kesselstein an stark erwärmten Stellen aus.

Salzgehalt des Wassers, ausser den im Wasser gelösten Erdalkalien (Kalzium-, Magnesiumsalze) enthalten fast alle Rohwässer auch Alkalisalze (Natrium, Kalium). Die Summe der Erdalkali- und Alkalisalze ergeben den Gesamtsalzgehalt, der sich in Gesamt-Kationen und Gesamt-Anionen aufteilt.

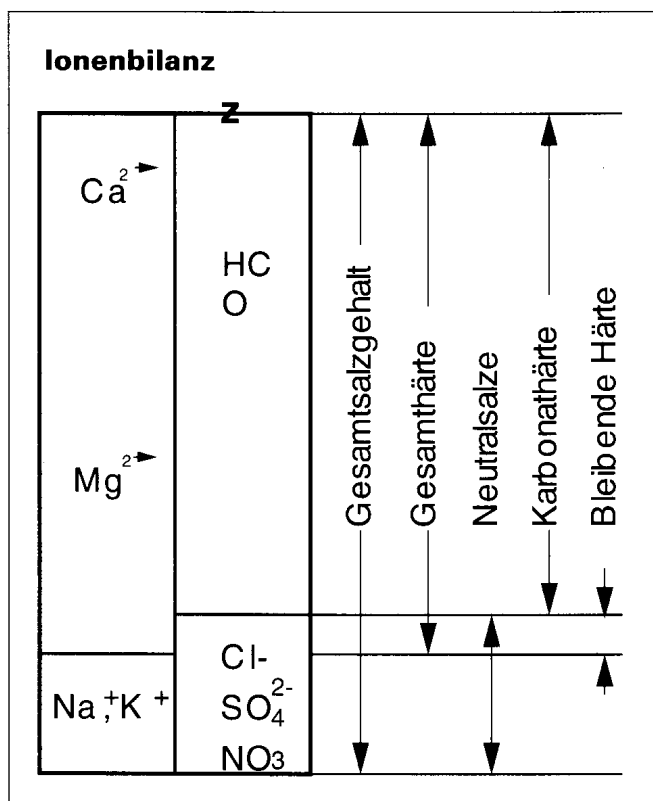


Bild (6.1.3.1): Ionenbilanz

pH-Wert, dies ist ein Mass für die Konzentration der Wasserstoff-Ionen (H^+) und gibt an, ob sich das Wasser sauer (mehr $[\text{H}^+]$ -Ionenüberschuss gegenüber $[\text{OH}^-]$ -Ionen, neutral oder alkalisch ($[\text{OH}^-]$ -Ionenüberschuss) verhält.

Der pH-Wert des neutralen Wassers variiert mit der Wassertemperatur z.B. zwischen 0 °C und 60 °C von 7,47 bis 6,51).

Der pH-Wert ist aber auch von der Karbonathärte und vom Kohlensäuregehalt des Wassers abhängig.

Saures Wasser wirkt aggressiv, alkalisches Wasser neigt wegen des Defizites an Kohlensäure zur Kalkausscheidung.

Für die Beurteilung der Schutzschichtbildung bzw. die Korrosionsgefährdung wird neuerdings auch der sogenannte Sättigungsindex (SI) herangezogen.

Der Sättigungsindex ist die Differenz vom gemessenen pH-Wert zum Gleichgewichts-pH-Wert :

SI = 0 = Gleichgewichtswasser

SI > 0 = Wasser neigt zu Kalziumkarbonat-Ausscheidung

SI < 0 = Wasser wirkt aggressiv.

Kohlensäure, es wird zwischen freier und chemisch gebundener Kohlensäure unterschieden. Der Karbonathärte entsprechend kann ein bestimmter Gehalt an freier Kohlensäure zugeordnet werden (Gleichgewichtskohlensäure). Die gesamte freie Kohlensäure ist grundsätzlich gegen Metalle aggressiv. Die über den Gleichgewichtsgesamt hinausgehende freie Kohlensäure ist kalkaggressiv, kann aber die Kalkausscheidung beim Erwärmen des Wassers vermindern.

Die Beziehungen können anhand der Tillmann-Kurve bewertet werden.

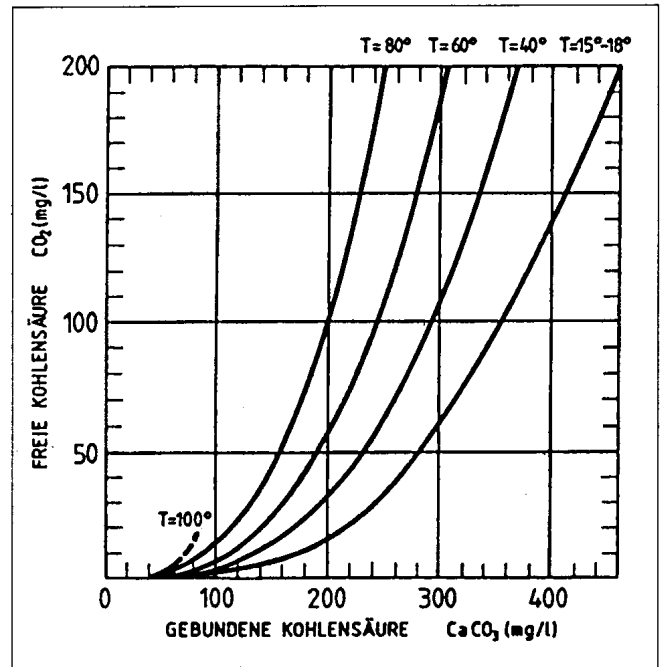


Bild (6.1.3.1): Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht nach Tillmann

6.1.4 Grobbeurteilung

Die Feinbeurteilung eines Wassers anhand einer Detail-Wasseranalyse hinsichtlich Korrosionsverhalten oder bezüglich sogenannter Kesselsteinbildung kann letztendlich nur von einem Fachmann vorgenommen werden. Allerdings kann anhand einiger Schwellenwerte für kritische Elemente und Grössen eine Grobbeurteilung vorgenommen werden.

Grundtypen schweiz. Gewässer (gemäss SWKI-Richtlinien)

	Typ 1 sehr weich		Typ 2 weich		Typ 3 mittelhart		Typ 4 hart	
	mg / l	° fH	mg / l	° fH	mg / l	° fH	mg / l	° fH
Gesamthärte		2.5		15		25		40
Na		0.05		1		1.5		5
HCO ₃		2		12.5		21.5		30
Cl, SO ₄ , NO ₃		1		3.5		5		15
Si	3		3		3		3	
CO ₂	10		10		15		25	
O ₂	6		6		6		6	

Tabelle (6.2.4.1) Grundtypen schweizerischer Gewässer

Grobbeurteilung bezüglich Korrosionsgefährdung

Folgende Grenzwerte oder Bereiche sollten nicht unter- oder überschritten werden:

Werkstoff	Stahl verz.	Cu	Cr - Ni - Stahl	Molybdän-Stahl
pH	> 7,3 - <= 8,5			
Sättigungsindex SI	>= 0 - < 0,25			
Clorid Cl- mg / l	< 40	< 60	< 100	< 150
Sulfat SO ₄ ²⁻ mg / l	< 60	< 60	< 60	< 60
Nitrate NO ₃ ⁻ mg / l				
Neutralsalze mg / l	< 100	< 125	< 150	< 200
Sauerstoff O ₂ mg / l	> 5 - < 10			

Tabelle (6.2.4.2): Grobbeurteilung bezüglich Korrosionsgefährdung

Grobbeurteilung bezüglich Kalkausscheidung

(Warmwasser für allgemeine Zwecke):

Karbonathärte - ° fH	Behandlung
< 22	keine
< 30	Teilenthärtung bei z.B. Si > 0.25
> 30	Teilenthärtung

Tabelle (6.2.4.3): Grobbeurteilung bezüglich Kalkausscheidung

Umrechnungsfaktoren von Härtegraden:

Gesamthärte	dH °	fH °	mol/m ³	mval/l
deutsche Härte dH °	1	1.79	0.179	0.357
französische Härte fH °	0.56	1	0.1	0.2
mol / m ³	5.6	10	1	2
mval / l	2.8	5	0.5	1

Tabelle (6.1.4.4): Umrechnungsfaktoren von Härte

6.2 Wassernachbehandlungsverfahren

6.2.1 Grundsatz

Devise:

Wassernachbehandlung nur wo unbedingt notwendig!

Wasser-Nachbehandlungsanlagen sollen nur für Spezialverbraucher, wo sie unumgänglich sind, eingebaut werden, da sie, bedingt durch den hohen Salzgehalt der Regenerationswässer, Chemikaliendosierungen usw. zur Aufsalzung der Gewässer beitragen.

Zudem sind der Energieverbrauch und die Investitionskosten solcher Anlagen in Betracht zu ziehen. In der Praxis wird oft der notwendigen Wartung und Kontrolle zu wenig Beachtung geschenkt.

Empfehlung:

Wo nicht eindeutig eine Wassernachbehandlung erforderlich ist, empfiehlt sich vorerst einmal, den Platzbedarf und die Einbaumöglichkeit der entsprechenden Anlage vorzusehen.

Ohnehin sollen Enthärtungsanlagen erst nach ca. 6-12 Monaten in Betrieb gesetzt werden, nachdem sich eine ausreichende Schutzschicht gebildet hat. Aufschluss für die Notwendigkeit einer Enthärtungsanlage bzw. deren Inbetriebsetzungszeitpunkt gibt die entsprechende Kontrolle des Wassererwärmers und der Kontrollrohrstücke.

6.2.2 Übersicht der Nachbehandlungs-Verfahren

Verfahren	Abhilfe möglich bei	
	Verkalkung	Korrosion
Physikalische Verfahren	●	
Inhibierung (Impfanlage)	●	●
Enthärtung	●	
Teilentsalzung	●	
Vollentsalzung	●	

Tabelle (6.2.2.1): Übersicht der Verfahren

Nachfolgend sollen jene Verfahren behandelt werden, die im Zusammenhang mit einer Wassererwärmungsanlage eingesetzt werden können.

6.2.3 Physikalische Verfahren

Es sind Systeme mit oder ohne Stromanschluss im Handel. Meist wird die Funktion mit einer Beeinflussung oder Strukturänderung des Wassers auf magnetischer Basis erklärt. In verschiedenen Fällen arbeiten diese Geräte anscheinend zufriedenstellend, wobei man sich bewusst sein muss, dass eine Beurteilung einer Wirkung nicht immer einfach ist.

Die wissenschaftlich exakte Abklärung der Wirkungsweise und der Bedingungen, unter welchen eine Wirkung möglich sein kann, ist unter der Praxis nachkommenden Bedingungen noch nicht gelungen.

Es empfiehlt sich bei deren Einsatz eine Gewährleistungsvereinbarung zu treffen.

6.2.4 Dosieranlagen

(Impfung, Inhibierung)

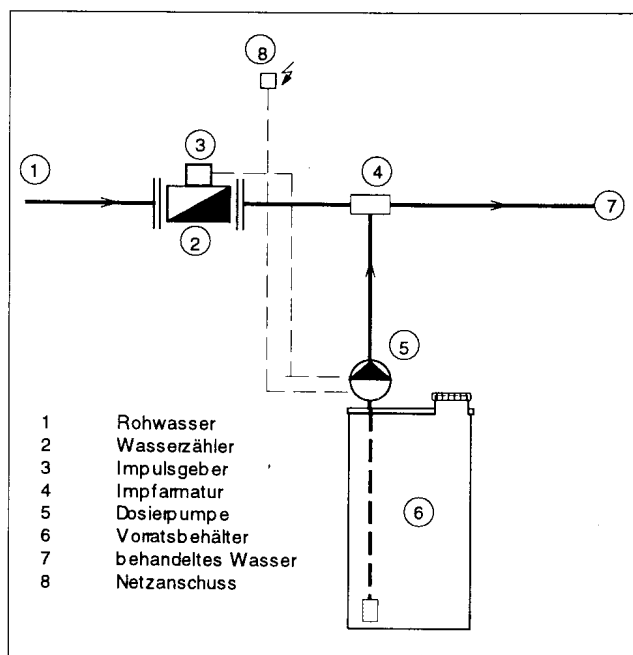


Bild (6.2.4.1): Dosieranlage

Für die Hemmung von Kalkausscheidungen und Korrosionsvorgängen stehen verschiedene Chemikalien zur Verfügung.

Die Zulassung und Höchstgehalte im Wasser sind in der Lebensmittelverordnung geregelt. Zu empfehlen bzw. notwendig ist die Inhibierung auch im Zusammenhang mit der Enthärtung bzw. Teilenthärtung zur Hemmung der Korrosionsgefahr.

Die Dosierung erfolgt mit Pumpen, die in Abhängigkeit der Wasserdurchflussmenge gesteuert werden. Die Dosiermenge hängt ab von der Zusammensetzung des Natriumsilikates, die je nach Hersteller schwanken kann, sowie von den Wasser- und Betriebsverhältnissen. Die definitive Einstellung der Dosierung ist durch entsprechende Betriebskontrollen zu ermitteln (pH-Wert, Kontrollrohre).

6.2.5 Enthärtung

Durch die Ionenaustauschenthärtung werden die zweiwertigen Ionen Calcium und Magnesium durch die äquivalente Menge Natrium-Ionen ersetzt. Dieses Wasser ist vollenthärtet, weich, hat aber denselben Salzgehalt, dieselbe Bikarbonatkonzentration und praktisch dieselbe Leitfähigkeit und denselben pH-Wert wie das Rohwasser. Durch feste Beimischung von nicht enthärtetem Rohwasser zum enthärteten Wasser (Aufhärtung) wird der geforderte Härtegrad des Brauchwassers eingestellt. Je nach Wasserqualität kann eine nachgeschaltete Dosieranlage erforderlich sein.

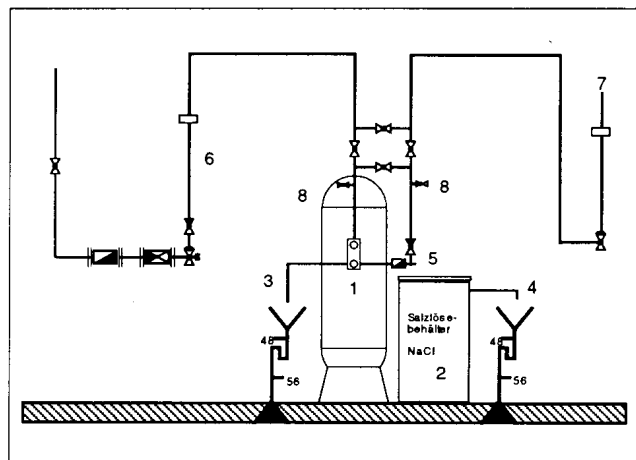


Bild (6.2.4.2): Enthärtungsanlage (schematisch)

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1. Harzbehälter | 5. Wasserzähler |
| 2. Salzbehälter | 6. Rohwasser |
| 3. Rückspüleleitung | 7. Weichwasser |
| 4. Überlaufleitung | 8. Probeventile |

Bauarten

In der Haustechnik werden Enthärtungsanlagen heute in der Regel mit druckfesten, glasfaserverstärkten Kunststofffiltern ausgerüstet. Diese bewährte Konstruktion ist für Durchflussleistungen bis ca. 50 m³/h verfügbar. In dem etwas teureren Werkstoff Polivinylester sind sie gegen Säure, Laugen und starke Oxidationsmittel beständiger als rostfreier Stahl.

In kleinen Enthärtungsanlagen für Leistungen von bis zu ca. 2 m³/h werden die Filter in einem sogenannten Cabinet in den Salzlösetank neben dem Enthärtungsfilter aufgestellt.

Grössere Anlagen werden meistens als sogenannte Pendelanlage (Zweisäulenanlage) ausgeführt. Für Spezialfälle, wo nur ein Teil des Warmwassers enthärtet sein muss, aber das gesamte Warmwasser gemeinsam erwärmt wird (z.B. mittels Wärmepumpe, Kondensatorabwärme etc.) sind Enthärtungsanlagen für Betriebstemperaturen bis ca. 50 °C verfügbar.

Steuerungs-Automatik

Die Regeneration der Enthärtungsanlagen wird automatisch gesteuert. Die Auslösung der Regeneration aufgrund der Menge enthärteten Wassers erfolgt über einen Wasserzähler mit Impulsgeber und Impulszähler.

Bei grösseren Anlagen oder bei Rohwasser mit stark schwankendem Härtegrad ist die Regeneration mittels automatischer Resthärtemessung zu empfehlen, wobei ausreichende Wartung Voraussetzung ist.

6.2.6 Entsalzungsanlage

Eine Teil- oder Vollentsalzung ist im Zusammenhang mit der Warmwasseraufbereitung nur in speziellen Fällen notwendig (z.B. für vorgewärmtes Spülwasser zu Gläser-Spülmaschinen).

Für diese speziellen Fälle ist der Fachmann beizuziehen. Anlage- und Funktionsbeschreibung über diese Spezialanlagen sind aus der Fachliteratur zu entnehmen.

6.2.7 Zusammenfassung

Die Wasserzusammensetzung ist ein wesentlicher Orientierungspunkt für eine zweckmässig geplante Warmwasserversorgung.

Vorgehensschritte:

(Kriterien, die die Notwendigkeit einer Wassernachbehandlung beeinflussen können sind hervorgehoben).

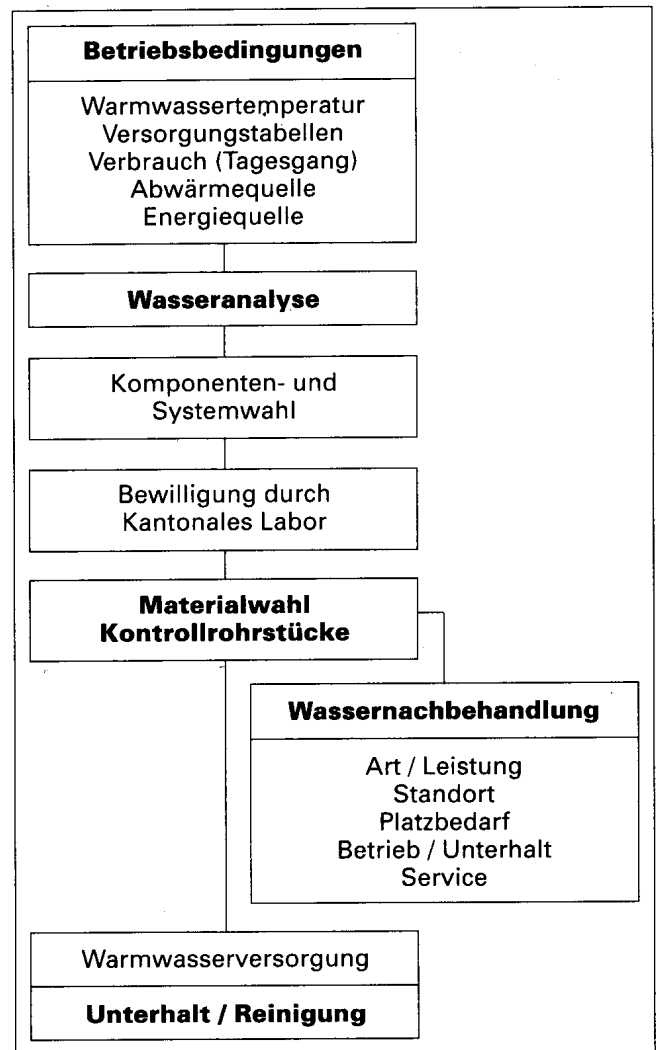


Bild (6.2.7.1): Darstellung Vorgehensschritte

Stellt sich nach sorgfältiger Abklärung heraus, dass trotz Nutzung alternativer Möglichkeiten eine Wassernachbehandlung notwendig ist oder werden könnte, ist neben dem richtigen Standort und Einbau der Nachbehandlungsanlage auch deren periodische Kontrolle und Wartung sicherzustellen.

7 Hygiene

7.1	Lebensmittelverordnung	84
7.1.1	Kriterien	84
7.1.2	Nachteilige Einflüsse	85
7.2	Legionelle	85
7.2.1	Einführung	85
7.2.2	Gefährdung	86
7.2.3	Massnahmen	86
7.2.4	Schlussbemerkung	87

7 Hygiene

7.1 Lebensmittelverordnung

7.1.1 Kriterien

Das Lebensmittelgesetz umschreibt die Qualitätsanforderungen an Trinkwasser genau. Lieferanten von Trinkwasser sind verpflichtet das Wasser in Ihrem Verantwortungsbereich, d.h. bis zum Wasserzähler in diesem Zustand zu liefern:

Art. 260 (Lebensmittelverordnung)

Trinkwasser muss bezüglich Aussehen, Geruch und Geschmack sowie in chemischer und bakteriologischer Hinsicht den allgemeinen hygienischen und im besonderen den Anforderungen des Schweizerischen Lebensmittelgesetzbuches entsprechen.

Im Kapitel 27 des Lebensmittelgesetzbuches sind die physikalischen und chemischen Anforderungen an das Lebensmittel Wasser definiert:

Hier einige Daten aus dem Kapitel 27 LV:

Parameter		Einheit	Zielwert	Grenzwert
1.1.1	Geruch	--	ohne Befund	schwach
1.1.2	Geschmack	--	ohne Befund	schwach
2.1	Temperatur	°C	8 - 15	25
2.2	pH-Wert	--	7 - 8	9,2
2.4	Trübung, unbehandelt	TE/F	bis 0,5	1,0
	Trübung nach Filtration	TE/F	bis 0,2	0,5
2.5	Färbung		farblos	
3.11	Calcium	mg Ca ²⁺ + /l	40 - 100	
3.12	Magnesium	mg Mg ²⁺ + /l	5 - 30	50
3.13	Eisen	mg Fe ²⁺ + /l	0,05	
3.15	Kupfer	mg Cu ²⁺ + /l	0,05	1,5
3.16	Zink	mg Zn ²⁺ + /l	0,1	5,0
3.19	Cadmium	mg Cd ²⁺ + /l	0,0005	0,005
4.2	Nitrit	mg NO ₂ - /l	0,01	0,1
4.3	Nitrat	mg NO ₃ - /l	25	40
4.4	Chlorid	mg Cl - /l	20	200

Tabellenauszug (7.1.1.1): LV Kapitel 27

Die bakteriologische Qualität des Trinkwassers stellt das bei weitem wichtigste Kriterium dar. Gewisse Viren und Krankheitserreger aus den Ausscheidungen kranker Menschen und Tiere können im Naturwasser eine gewisse Zeit überleben und dieses somit verseuchen.

Die meisten durch den Genuss von Wasser hervorgerufenen Krankheiten werden entweder durch Bakterien oder Viren übertragen. Zu der ersten Krankheitserregergruppe zählen die Salmonellen (Typhus, Paratyphus), die Shigellen (Ruhr), die Cholerabazille; zu der zweiten manche Darmviren und infektiöse Gelbsucht.

Es ist schwierig und zeitraubend, das Wasser auf pathogene Keime und Viren zu untersuchen. Deshalb ruht die bakteriologische Wasseruntersuchung hauptsächlich auf dem Nachweis von *Escherichia coli*, coliforme Bakterien und Enterokokken. Diese Keime werden in grosser Zahl im Darminhalt von Mensch und warmblütigen Tieren angetroffen. Sie sind leicht nachweisbar. Man nimmt an, dass ein Wasser keine Krankheitserreger enthält, wenn diese fäkalen Keime abwesend sind.

Nach der Messeinrichtung obliegt die Verantwortung über die Wasserqualität dem Bezüger. Die entsprechenden Richtlinien sind in den «Leitsätzen für die Erstellung von Wasserinstallationen W 3 d» enthalten, und zwar in Bezug auf:

- Rohrweitenbestimmung
- Anforderungen an Werkstoffe
- Disposition
- Armaturen

Grundsätzlich gilt für den verantwortlichen Planer und/oder Unternehmer ebenso die Lebensmittelgesetzgebung.

7.1.2 Nachteilige Einflüsse

Nachteilige Einflüsse auf die Qualität des Trinkwassers in hygienischer Sicht haben:

- Erwärmung allgemein (bessere Lebensbedingungen für Bakterien)
- Stagnierendes Wasser (wenig oder nicht benutzte Leitungen)
- Schmutzwasserverbindungen (verboten)
- Einsatz von Materialien die nicht den hygienischen Anforderungen entsprechen (Zulassung SVWG notwendig)
- Wassernachbehandlungsanlagen.

Speziell behandelt werden in diesem Kapitel die Einflüsse in Bezug auf die Erwärmung des Wassers.

7.2 Legionelle

7.2.1 Einführung

Erstmals wurde die Legionärskrankheit im Jahr 1977 beschrieben, nachdem im Vorjahr in Philadelphia anlässlich eines Kongresses der American Legion 182 der rund 4000 teilnehmenden Veteranen an diesem Infekt erkrankten. Davon starben nachweislich 29 Personen. Danach wurden Studien über frühere Epidemien durchgeführt, wodurch die Statistiken bis ins Jahr 1965 ergänzt wurden. Man glaubt sogar, das Krankheitsbild bis ins Jahr 1940 zurückzufinden. In der Schweiz sind bis heute keine Ausbrüche von epidemieartigen Legionärskrankheiten bekannt.

Alle Berichte haben in der Sanitär-Fachwelt Beachtung gefunden, aber ebenso eine grosse Unsicherheit ausgelöst. Die Beurteilung des Problems ist einerseits auf höchster medizinischer Ebene zu suchen, andererseits bewirkt es eine grundsätzlich neue Einstellung im konstruktiven Teil einer Warmwasserversorgung.

Momentan existiert in der Schweiz nur ein Bericht einer Arbeitsgruppe, die vom Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG) eingesetzt wurde. Die nachfolgenden Zeilen sind die wichtigsten Auszüge aus diesem Bericht des Jahres 1989.

Seither sind etliche Fachartikel erschienen, die teilweise widersprüchliche Aussagen zum BAG Bericht machen. Die ganze Problematik wird in den nächsten Jahren weiter untersucht.

Ziele

Das Thema Legionelle soll hier so abgehandelt werden, dass der Fachmann in der Lage ist, die momentanen Erkenntnisse bei der Planung einer Warmwasseranlage umzusetzen. Auch soll er so sensibilisiert werden, dass das Interesse für diese Problematik wach bleibt.

Vorkommen

Legionellen sind ein natürlicher Bestandteil der Mikroflora des Wassers. Sie werden in natürlichen und künstlichen Gewässern wie beispielsweise in

- Oberflächen-, Fluss-, Seewasser, Teichen
- Quellen (kalt und heiss)
- Regenwasser
- Grundwasser

gefunden. Sie können nicht selten in wasserführenden haustechnischen Anlagen vorkommen. Legionellen vermehren sich vor allem in stagnierendem Wasser. Legionellen gedeihen mit stei-

gender Temperatur des Wassers bis zu 45 °C immer besser und erst ab 50 °C sinkt deren Überlebensrate ab. Bei Temperaturen über 60 °C sterben sie rasch ab. Gefahrenpotential für den Menschen entstehen dort, wo sich in stark kontaminierter haustechnischen Systemen Legionellen ansiedeln und legionellenhaltige Aerosole bilden können. (Duschen, Whirlpools etc).

7.2.2 Gefährdung

Gefährdungsgruppen

Nicht alle Personen sind gleichermassen gefährdet. Diese Erkenntnis spielt bei der Beurteilung allfälliger Massnahmen eine wesentliche Rolle.

Erhöhte Gefährdung

Kranke und alte Menschen gehören zur Risikogruppe 1. Ebenfalls müssen auch Menschen mit chronischen Lungenerkrankungen und schwachem Immunsystem dieser Gruppe zugeordnet werden.

Gefährdung für Gesunde

Gesunde Erwachsene und Kinder sind in der Regel nicht gefährdet. Für ältere Personen, insbesondere Raucher, besteht ein mässiges Erkrankungsrisiko. Fallbeobachtungen weisen darauf hin, dass das Bedienungspersonal von sanitären und lüftungstechnischen Anlagen potentiell gefährdet sein könnte.

Die für den Menschen minimale infektiöse Dosis ist nicht bekannt. Wahrscheinlich haben unterschiedliche Legionellenstämme unterschiedliche Wirkungen.

Gefährdung durch haustechnische Anlagen

Es wird angenommen, dass Legionellen mit der direkten Wasserzufuhr durch Anschwemmung in haustechnische Anlagen gelangen. Begünstigende Faktoren können vor allem stagnierende Wasser sein.

Das Trinken von mit Legionellen kontaminiertem Wasser gilt als ungefährlich. Erst eine tiefe Einatmung von legionellenhaltigen Aerosolen mit sehr kleiner Partikelgrösse kann eine Erkrankung auslösen. Daraus folgt, dass all diejenigen haustechnischen Anlagen und sonstigen Apparate, welche Aerosole bilden, Gefahren in sich bergen. Aerosole können auch beim Duschen und durch Wasserspritzer in Lavabos und Badewannen entstehen. In Whirlpools können die günstigen Temperaturverhältnisse (ca. 35 °C) die Besiedlung der Legionellen fördern.

Die lüftungstechnischen Anlagen wie Luftwäscher, Umlaufsprühbefeuchter, Luftbefeuchter etc. gelten auch als gefährdete haustechnische Anlagen.

7.2.3 Massnahmen

Auszug aus dem Bericht des BAG 1989 Präventive Massnahmen in haustechnischen Anlagen sollen nicht allein auf die Verhinderung der Legionärskrankheit ausgerichtet sein. In allen zur Diskussion stehenden Anlagen muss nach allgemeinen hygienischen Grundsätzen vorgegangen werden. Eine regelmässige Wartung aller Anlagen (Wartungspläne müssen durch die Konstrukteure an Betreiber geliefert werden) gehört zu den wichtigsten Massnahmen zur Vermeidung von Krankheitsfällen. Um die Vermehrung von Legionellen generell zu verhindern, sind in Gebäuden, in denen sich Risikogruppen (Kranke, Betagte) aufhalten, im besonderen bei Spitälern, Alters- und Pflegeheimen und Hotels, folgende planerische, bauliche und betriebliche Massnahmen zu treffen:

Planerische Massnahmen

Beider Planung ist eine enge Zusammenarbeit von Architekten, Haustechnik-Ingenieuren, Unternehmern, Gemeinde- und kantonale Behörden anzustreben.

Wie bereits erwähnt, kommen Legionellen überall vor, auch im Trinkwasser. Hygienisch bedenklich ist nur eine Vermehrung in Systemen, wo lungengängige Aerosole gebildet werden (Duschen, Whirlpools). Bei der Entwicklung und Planung von Spitalbauten soll insbesondere auf folgende Punkte geachtet werden:

Die Warmwassertemperatur soll in den Speichern auf mindestens 60 °C erhöht werden, damit an den Entnahmestellen eine Temperatur von 50 °C erreicht wird. Ausserdem sind dezentrale Speicher zu fördern. Vermeiden von Totleitungen im Wasserleitungssystem und Gewährleistung von max. Entleerungsmöglichkeiten.

Massnahmen während der Ausführung

- Während der Ausführung, aber auch während Reparaturen oder Umbauarbeiten bleibt das Wasser oft im ungünstigsten warmen Bereich (>45 °C) im System. Vor dem Inbetrieb- oder Wiederinbetriebsetzen eines Systems sollte eine thermische oder chemische Desinfektion durchgeführt werden.

Betriebliche Massnahmen

- Lüftungstechnische Anlagen in Spitälern, welche nach der SKI (Schweizerisches Institut für Gesundheits- und Krankenhauswesen) Richtlinien 35 (1987) geplant, gebaut und gewartet werden, genügen den verlangten Anforderungen.
Für andere Bauten gilt Norm SIA 382 «Lüftungstechnische Anlagen» (1989)
- im Warmwasserbereich müssen vor allem Grossanlagen mit zentraler Warmwasserversorgung der Norm SIA 385/3 «Warmwasserversorgung für Trinkwasser in Gebäuden» entsprechen (1991)
- für Whirlpools, Thermal- resp. Heilbäder gelten die Anforderungen gemäss Norm SIA 385/1 «Wasseraufbereitung in Gemeinschaftsbädern» (1989)
- Vernebler und Befeuchter im Rahmen der Inhalationstherapie sollen mit sterilem Wasser betrieben, regelmässig entleert und gewartet werden. Insbesondere bei Ultraschallverneblern ist darauf zu achten, dass die Geräte-Innenteile autoklavierbar sind.

Offizielle Empfehlung des BAG

Legionellen kommen überall, sowohl in der Natur als auch in haustechnischen Anlagen, vor. Eine vollständige Entfernung der Legionellen ist unrealistisch, deshalb zielen diese Empfehlungen auf eine Verminderung der Gefährdung von Risikopersonen (Kranke, Betagte) hin. Im Vordergrund stehen daher haustechnische Anlagen in Spitälern, Alters- und Pflegeheimen sowie Hotels.

Empfehlungen für die Gesundheitsbehörde

Jeder Legionellosefall muss sorgfältig abgeklärt werden, damit die mögliche Infektionsquelle eruiert und Erkenntnisse zur Prävention gewonnen werden können. Eine kontinuierliche Überwachung derepidemologischen Situation in den Kantonen und gesamtschweizerisch ist zu gewährleisten. Eine routinemässige Untersuchung von haustechnischen Anlagen auf Legionellen ist nicht angezeigt.

Empfehlungen für Planer und Betreiber haustechnischer Anlagen in Spitälern, Alters- und Pflegeheimen sowie Hotels*Lüftungstechnische Anlagen*

1. Anlagen in Spitälern und Pflegeheimen sind nach den Richtlinien SKI 35 (1987) zu bauen, zu betreiben und zu kontrollieren.
2. Für die übrigen Gebäude ist Norm SIA 382 «Lüftungstechnische Anlagen» massgebend.
3. Aggregate, wie z.B. Luftwäscher, Umlaufsprühbefeuchter, müssen regelmässig und gründlich nach vorliegenden Wartungsplänen gereinigt werden.

Sanitäre Anlagen

1. Die Norm SIA 385/3 «Warmwasserversorgung für Trinkwasser in Gebäuden» (1991) ist entsprechend anzuwenden.
2. Die Warmwassertemperatur soll in den Speichern mindestens 60 °C, an den Entnahmestellen mindestens 50 °C betragen.
3. Der Einsatz von dezentralen Warmwasseranlagen soll gefördert werden.
4. Totleitungen im Wasserleitungssystem sind zu vermeiden und maximale Entleerungsmöglichkeiten sind zu gewährleisten.
5. Alle Warmwasserspeicher sind regelmässig und gründlich zu reinigen (gemäss Wartungsplan).

Whirlpools (Warmwassersprudelbecken)

1. Für Whirlpools ist die Norm SIA 385/1 «Wasseraufbereitung in Gemeinschaftsbädern» entsprechend anzuwenden.
2. Das Wasser soll immer einen Gehalt von freiem Chlor von 0,7-1,0 mg/l aufweisen.

7.2.4 Schlussbemerkung

Wie man aus Berichten entnehmen kann, treten fast wöchentlich neue «Erkenntnisse» über die Legionellen an die Öffentlichkeit.

Einerseits haben wir nun eindeutige Empfehlungen im Bereiche der Risikogruppen, andererseits ist es unserer Urteilsfähigkeit überlassen, Massnahmen zu ergreifen.

8 Betrieb und Unterhalt

8.1	Geräte	90
8.1.1	Kontrollen	90
8.1.2	Entkalken	90
8.1.3	Anoden	90
8.1.4	Temperatur	91
8.2	Verteilleitungen	91
8.2.1	Dämmung	91
8.2.2	Spülungen	91
8.3	Armaturen	92
8.3.1	Zirkulationspumpen	92
8.3.2	Leitungsarmaturen	92
8.3.3	Auslaufarmaturen	92

8 Betrieb und Unterhalt

8.1 Geräte

8.1.1 Kontrollen

Im 1. Betriebsjahr

Bei der Inbetriebnahme muss die Schaltfunktion des Thermostaten geprüft werden. Obwohl ab Werk der Erwärmer auf 60 °C eingestellt sein sollte, muss die Temperatur geprüft werden. Ausserdem muss mit dem Benutzer die gewünschte Temperatur abgeklärt werden. Die Temperatur kann einerseits auf dem montierten Thermometer (falls Skala vorhanden) andererseits bei der vom Wassererwärmer nächstgelegenen Entnahmestelle (Auslaufarmatur) mittels Thermometer gemessen werden. Die Leitungsverluste sind zu berücksichtigen. Temperaturabweichungen zwischen Thermostateinstellung, Temperatur-Anzeige auf dem Thermometer und der Temperaturmessung sind üblich aufgrund der Toleranzen der verschiedenen Apparate, Geräte und Messmethoden.

Ausserdem ist die richtige Funktion der hydraulischen Sicherheitsarmatur zu prüfen (Sicherheitsventil)

- kurze Entlastung der Druckfeder beim Sicherheitsventil (spülen)
- Sichtkontrolle ob Sicherheitsventil beim Aufheizen tropft.

nach 1-2 Betriebsjahren

- Kontrolle der Kalkablagerung im Innenkessel
- Kontrolle der Magnesium-Schutzanode (Opferanode)

Um die Kontrolle im Innenkessel vorzunehmen, sind die Sicherungen zu entfernen, die Kaltwasserleitungen zu schliessen (Absperrventil), der Wassererwärmer zu entleeren (Entleerungsventil) und ein Warmwasser-Auslaufventil zu öffnen. Nachdem der Wassererwärmer entleert ist, kann die Abdeckhaube demontiert werden. Vor Entfernung des Pressflansches ist der Thermostat zu lösen und die Kapillare vorsichtig herauszunehmen. Das Heizelement mit Flansch kann nun aus dem Wassererwärmer entnommen werden. Unbedingt Einbaulage beachten. Nach Ausbau des Heizelementes kann die Flanschdichtung aus dem Dichtungssitz entfernt und ersetzt werden.

Der Einblick zur Kontrolle in den Innenkessel ist nun frei.

8.1.2 Entkalken

Bei modernen Wassererwärmern mit glatten Innenflächen und einer Wassertemperatur von max. 60 °C, wird sich in der Regel kein fester Kalkansatz am Innenkessel bilden.

Bei der Entkalkung ist folgendermassen vorzugehen:

- Kalkablagerungen am Kesselboden mit Industriestaubsauger absaugen
- entkalken des Heizelementes durch leichtes anklopfen (z.B. mit einem Nylonhammer) oder durch leichtes abkratzen (Schraubenzieher, kein scharfes Werkzeug)
- vor dem Einbau beide Dichtungsflächen reinigen (Dichtungssitz am Innenkessel und Flansch)

Eine chemische Entkalkung sollte in keinem Fall vorgenommen werden.

Je nach Wasserzusammensetzung und Temperaturen über 60 °C, nimmt die Kalkausscheidung im Wasser massiv zu.

Um eine Kalkausscheidung auf ein Minimum zu reduzieren und eine optimale Energienutzung zu fördern, ist die Warmwassertemperatur auf 60 °C zu beschränken.

Trotzdem ist eine regelmässige Entkalkung (ca. alle 5 Jahre) des Wassererwärmers erforderlich. Die Regelmässigkeit hängt von der Wasserqualität (Inhaltsstoffe des Wassers) ab.

Die Entkalkungen sind sichtbar am Erwärmer mittels Etikette festzuhalten.

8.1.3 Anoden

Trotzdem die meisten handelsüblichen Erwärmer mit einem Korrosionsschutz beschichtet sind, werden zum absoluten Schutz des Behältermaterials in den meisten Fällen Schutzanoden aus Magnesium oder anderen Legierungen werkseitig eingebaut.

Bei jeder Kontrolle (siehe 8.1.1) ist die Schutzanode zu prüfen und eventuell auszuwechseln.

Es gibt Anoden in 2 Ausführungen:

1. Stangen-Anoden
2. Ketten-Anoden

Die letzteren werden verwendet, wenn der oberhalb des Wassererwärmers zur Verfügung stehen

de Platz die Einführung der Stangenanode nicht erlaubt. Beim Einbau ist auf guten Kontakt zum Speicher (Masse) zu achten.

8.1.4 Temperatur

Grundsätzlich wird die Temperatur bei den Erwärmern auf 60 °C eingestellt. Da in Abhängigkeit der Temperatur der Energieverbrauch sehr variabel ist, ist es von Vorteil die Temperatur auf ein Minimum zu reduzieren. Der Sollwert des Erwärmers soll festgehalten werden und bei jeder Kontrolle entsprechend Kapitel 7.2.1 kontrolliert werden.

8.2 Verteilleitungen

8.2.1 Dämmung

Bei Neubauten soll die Wärmedämmung von Warmwasserleitungen grundsätzlich in Ordnung sein. Nach gewisser Zeit jedoch, können Defekte an der Wärmedämmung zu Wärmeverlusten führen, deshalb sollte periodisch eine Sichtkontrolle der Leitungstrassen respektive deren Dämmung durchgeführt werden. Bei bestehenden Installationen ist die Dämmung zu prüfen und eventuell zu ergänzen oder auszuwechseln.

8.2.2 Spülungen

Bei gut konzipierten Warmwasseranlagen ist eine gute Durchspülung durch Entnahme gewährleistet. Wenig und kaum benutzte Stränge sollten vermieden oder eliminiert werden.

Druckspülungen sind sehr aufwendig und teuer. Sie werden hauptsächlich zur Entfernung der Korrosionsprodukte in Leitungen gemacht. Diese Spülart muss von einem Fachmann geplant und überwacht werden. Mitherausführung von Druckspülungen sollen nur ausgewiesene Firmen betraut werden.

8.3 Armaturen

8.3.1 Zirkulationspumpen

Ein häufiger Mangel stellt bei vielen Warmwasserinstallationen die Zirkulationspumpe dar:

- zu grosse Pumpenleistungen
 - zu grossen Fließgeschwindigkeiten
- etc.

Bei Neuanlagen mit guter Wärmedämmung kann die Zirkulationspumpe gemäss Kapitel 5 berechnet und installiert werden. Eine periodische Kontrolle ist dennoch empfehlenswert.

Bei bestehenden Anlagen kann in den meisten Fällen die bestehende Zirkulationspumpe durch ein kleineres Modell ersetzt werden. Bei dieser Gelegenheit soll ein Regulierorgan und ein Rückflussverhinderer eingebaut werden.

8.3.2 Leitungsarmaturen

Die Leitungsarmaturen sollen auf folgende Mängel geprüft werden:

- Dichtheit der Spindeldichtung
- Gängigkeit
- Wärmedämmung

Sind diese Punkte in Ordnung, so ergeben sich in der Regel bei Leitungsarmaturen keine Probleme.

8.3.3 Auslaufarmaturen

Tropfende Auslaufarmaturen (steter Tropfen höhlt den Stein), verursachen nicht zu unterschätzende Energie- und Wasserverluste. Aus diesem Grunde sind Armaturen, die tropfen, sofort zu reparieren. Vorsicht! Drucklose Armaturen müssen während dem Aufheizen tropfen.

Auch eine falsch eingesetzte Armatur (z.B. mit zu grosser Leistung) kann übermässige Verluste verursachen.

Dabei ist zu prüfen, ob eine

- berührungslose Armatur
- Misch-Armatur
- normale Auslaufarmatur

die energiesparendste Lösung ist.

Bei guter Information können solche Massnahmen sehr effizient zu einem ökonomischen Betrieb einer Anlage beitragen.

9 Sanierung von bestehenden Anlagen

9.1	Allgemeines	94
9.2	Einsparmöglichkeiten	94
9.2.1	Wärmeerzeugung	94
9.2.2	Verteilnetz	95
9.2.3	Armaturen	95
9.2.4	Umbau von Zentral- zu Gruppenversorgung	95
9.2.5	Absenken der Temperatur	95
9.2.6	Einsparung durch weniger Konsum	95

9 Sanierung von bestehenden Anlagen

9.1 Allgemeines

Im Rahmen wärmetechnischer Sanierungen ist vor allem die Warmwasserversorgung von Interesse. In einem durchschnittlichen Haushalt werden dafür immerhin etwa 10 bis 20% der insgesamt benötigten Endenergie für das Warmwasser aufgewendet.

Genau wie bei der Raumheizung gibt es auch hier sowohl bei der *Wärmeerzeugung* als auch bei der *Wärmeverteilung und -abgabe* Einsparmöglichkeiten. Ebenso lässt sich auch beim Warmwasser durch ein genaues Abstimmen des Angebotes auf die Nachfrage, sowie durch die Einschränkung von unnötigem Konsum der Energieverbrauch Energie einsparen.

9.2 Einsparmöglichkeiten

9.2.1 Wärmeerzeugung

Auch bei der Trinkwassererwärmung entstehen heute noch vielerorts grosse Verluste. *Kombikessel* sind heute in der Schweiz immer vorhanden. Sie benutzen die zentrale Heizanlage für die Raumerwärmung auch für die Trinkwassererwärmung. Im Winter kann eine solche Koppelung auch sinnvoll sein. In der Übergangszeit und vor allem ausserhalb der Heizperiode führt ein Kombikessel jedoch zu unnötigen Brennstoffverlusten. Es ist daher zu empfehlen, die Trinkwassererwärmung im Sommer von der Heizanlage unabhängig zu machen. Dazu kann ein neuer separater Speicherwassererwärmer nötig sein, oder der Beistell-Wassererwärmer muss dimensioniert sein, dass damit im Sommer mittels elektrischer Energie das Warmwasser hergestellt werden kann (Nachtaufladung).

Bevor die Wassererwärmung im Sommer vom Heizkessel abgekoppelt wird, ist jedoch unbedingt das Warmwasserverteilsystem zu untersuchen. Gerade bei Zirkulationssystemen sind diese Wärmeverluste und der hydraulische Einfluss so gross, dass im Sommer der Betrieb mit einem Elektro-Wassererwärmer unmöglich wird. In diesem Falle wird eine eventuelle Sanierung des Verteilsystemes notwendig (Aufhebung des Zirkulationssystemes und Anbringen eines Heizbandes).

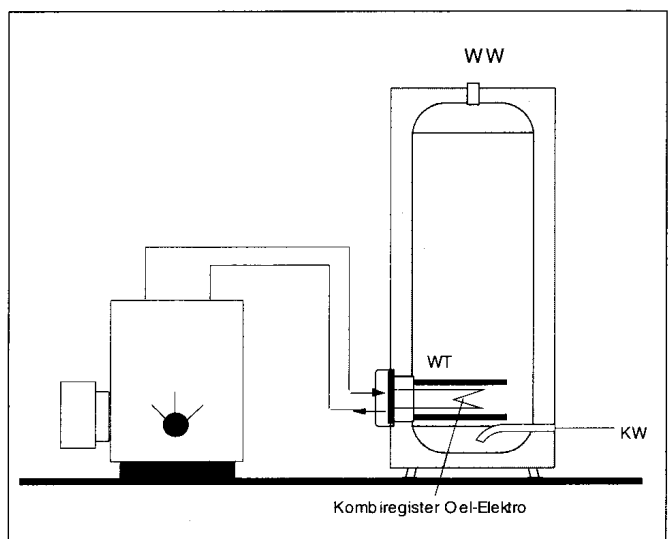


Bild (9.2.1.1): Moderne Anlage für die Trinkwassererwärmung

9.2.2 Verteilnetz

Der Verlust im Verteilnetz einer Warmwasserversorgung kann beträchtlich sein. Die Warmwasserleitungen sind ebenso sorgfältig zu behandeln wie der Warmwasserspeicher.

Unbedingt notwendig ist eine *gute Dämmung der Warmwasserverteilung* in Häusern, in denen das warme Wasser ständig umgewälzt wird (Zirkulationssystem). Damit lassen sich bei schlecht gedämmten Leitungen bis zu 30% der Leitungsverluste einsparen. Die Armaturen spielen dabei auch eine gewichtige Rolle und sollten auch gedämmt werden.

Bei Ausstossleitungen, die nicht übermässig benutzt werden, ist eine Dämmung weniger dringlich. Sie bringt nur dann Vorteile, wenn Warmwasser in kurzen Abständen von max. einer halben Stunde und weniger entnommen wird. Vergehen zwischen den Entnahmen jedoch Stunden, was in Wohnhäusern die Regel ist, kühlt sich das Wasser auch in isolierten Leitungen soweit ab, dass der abgekühlte Leitungsinhalt zuerst ausgestossen werden muss. Es lohnt sich deshalb nicht ohne weiteres, offen bzw. in Hohlräumen montierte Einzelleitungen zu dämmen.

Eine *nachträglich Wärmedämmung* von Warmwasserleitungen ist natürlich nur bei gut zugänglichen Leitungen möglich. Bei unter Putz verlegten Leitungen müssen diese durch neu verlegte ersetzt werden, wenn die Wär-

meverluste gross sind. Da dies sehr kostspielig sein kann, ist es unter Umständen vorzuziehen, Teile eines Zirkulationssystems zu unterbinden. Falls die Anordnung der Leitungen dies erlaubt, können z.B. in zwei- bis dreigeschossigen Gebäuden die Steigleitungen abgehängt werden. Das Warmwasser zirkuliert dann nur noch in den Leitungen im Keller, oder ein Heizband kann angebracht werden.

9.2.3 Armaturen

Es wird geschätzt, dass in der Schweiz jährlich ungefähr 4 Millionen Kubikmeter Wasser und damit auch eine beträchtliche Wärmemenge durch undichte Armaturen verlorengehen.

Ausflussvolumenströme alter Entnahmearmaturen sind 30-50% grösser als bei modernen Typen. Mit neuen Armaturen lässt sich deshalb Wärmeenergie in der Grössenordnung von 10-30% einsparen. Die Investitionen dafür amortisieren sich etwa in 5-10 Jahren. Moderne mechanische oder thermische Mischer erlauben ausserdem bei richtiger Benutzung sicheres Einstellen der gewünschten Mischtemperatur und damit Energieeinsparung.

Zirkulationspumpen sollten gedämmt werden, damit die erzeugte Eigenwärme zusätzlich genutzt werden kann.

9.2.4 Umbau von Zentral- zu Gruppenversorgung

In Gebäuden mit zentraler Warmwasserversorgung und einzelnen Entnahmestellen mit relativ geringem Warmwasserbedarf (einzelne Waschtische in Büros usw.) kann es unter Umständen von Vorteil sein, Klein-Wassererwärmer einzubauen. Dasselbe kann auch bei sehr langen Versorgungsleitungen der Fall sein.

Bei Gesamterneuerungen einer grösseren Warmwasserversorgung kann es wirtschaftlich sein, auf Gruppen- oder Einzelversorgung umzubauen. Dies gilt vor allem, wenn verschiedene Wassertemperaturen gefordert werden. So muss nicht die ganze Anlage auf die höchste Temperaturstufe ausgelegt werden, sondern man kann jede Gruppe oder Entnahmestelle mit der jeweils gewünschten Temperatur bedienen.

9.2.5 Absenken der Temperatur

Wärmeverluste bei der Verteilung von Warmwasser können ferner durch eine Senkung der Warmwassertemperatur reduziert werden. Sehr oft sind die Erwärmerthermostaten zu hoch eingestellt. Warmwasser wird vorwiegend zu hygienischen Zwecken sowie zu Abwaschen verbraucht. Da schon Temperaturen über 40 °C auf der Haut als

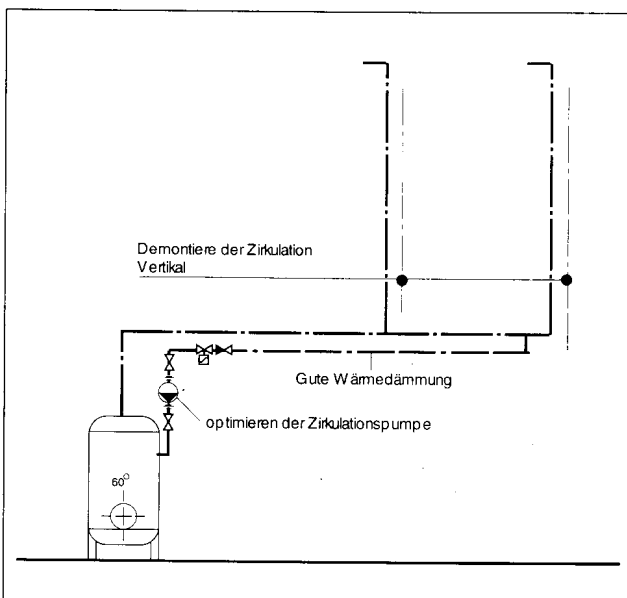


Bild (9.2.2.1): Sanierungsmöglichkeit einer Zirkulation

unangenehm empfunden werden und über 60 °C Verbrühungsgefahr besteht, sollte die Warmwassertemperatur an der Entnahmestelle zwischen 45 und 55 °C liegen. Bei Temperaturen über 60 °C nimmt ohnehin die Verkalkungs- und Korrosionsgefahr zu. Reduziert man die Temperatur, so nehmen die Wärmeverluste von Speicher und Leitungen ab. Bei einer Senkung der Temperatur um 10 °C können die Wärmeverluste um 10-20% verkleinert werden.

9.2.6 Einsparung durch weniger Konsum

Auch beim Warmwasser kann ein sparsamer Verbrauch schliesslich durch eine individuelle Verrechnung unterstützt werden. Es ist bekannt, dass im Mehrfamilienhaus mit zentraler Warmwasserversorgung (ungezählt) etwa 25-30% mehr Warmwasser verbraucht wird, als wenn jede Wohnung separat verrechnet würde. Wenn der individuelle Verbrauch nicht direkt bezahlt wird, besteht kaum Anreiz zum Sparen.

Der Energienutzungsbeschluss ENB zielt mit dem Obligatorium einer individuellen Warmwasserkostenabrechnung ab 5 Bezügern in die Richtung Energie einzusparen.

Die sparsame Verwendung von Warmwasser kann ausserdem durch die Installation von zweckmässigen **Duscheinrichtungen** gefördert werden. Ein Duschbad braucht etwa dreimal weniger Wasser als ein Vollbad. Auch wenn man häufiger duscht, als man vorher zu baden pflegte, wird so - bei gleichzeitigem Gewinn für die Körperpflege - eine Einsparung erreicht.

Mit **automatisch schliessenden Ausflussarmaturen** kann in öffentlichen Anlagen nachgeholfen werden, dass warmes Wasser nur dann fliesst, wenn es wirklich gebraucht wird.

All diese Sparmassnahmen durch gezielten Verbrauch haben jedoch nur dann eine entsprechende Wirkung, wenn Wassererwärmung und Verteilsystem ebenfalls energiesparend betrieben werden. Bei schlechter gedämmten Zirkulationssystemen und Kombikessel mit niedrigem Wirkungsgrad gehen an diesen Schwachstellen sehr viel grössere Energiemengen verloren. Auch noch so grosse Sparanstrengungen führen dann zu einer anteilmässig nur geringen Energieeinsparung. Unter solchen Umständen ist es beispielsweise in Mehrfamilienhäusern eine Zumutung, vom Mieter sparsames Verhalten zu verlangen, wenn gleichzeitig an der Installation alles beim alten bleibt.

10 Wirtschaftlichkeit

10.1	Einführung	98
10.2	Mögliche Fragestellungen	98
10.3	Vorgehen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung	99
10.3.1	Fragestellung	99
10.3.2	Investitionskosten	100
10.3.3	Nutzungsdauer	100
10.3.4	Wartungs- und Unterhaltskosten (Betriebskosten)	101
10.3.5	Energiekosten	101
10.3.6	Zinssatz/Preissteigerungen	102
10.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung ohne Steuerung/Umweltkosten	104
10.4.1	Schlussbemerkung	107

10 Wirtschaftlichkeit

10.1 Einführung

Können dem Bauherrn verschiedene Warmwasserbereitungsmöglichkeiten zur Auswahl gestellt werden, so muss ihm auch eine Entscheidungshilfe mitgeliefert werden, welche Möglichkeit er nun wählen soll. Eine wichtige Entscheidungshilfe ist die Wirtschaftlichkeit. Für Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden heute zum Teil schon Computerprogramme benutzt.

Wie man ohne Computer schnell eine Wirtschaftlichkeitsberechnung machen könnte, wird im Leitfaden «RAVEL zahlt sich aus» gezeigt. Die dort vorgestellte Methodik (dynamische Annuitätenmethode) führt zu unverzerrten Resultaten. Im folgenden soll an einem Beispiel eine solche Berechnung durchgeführt und auf die speziellen Probleme bei der Warmwasserbereitung eingegangen werden.

10.2 Mögliche Fragestellungen

Bei Neubauten und bestehenden Gebäuden können sich die Planenden und Bauherren folgende Fragen stellen:

- Vergleich von Systemen: Welches Warmwasserbereitungssystem ist für einen bestimmten Fall am wirtschaftlichsten, d.h. weist das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis aus?
- *Beurteilung von Energiesparmassnahmen:*
Lohnt sich eine Energiesparende Massnahme

So können sich nicht nur aus technischer sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht folgende Fragen aufdrängen:

- Zentrale oder dezentrale Versorgung?
- Einzelleitung mit Heizband oder Zirkulation?
- Elektro- oder Wärmepumpen-Wassererwärmer?
- Elektro-Wassererwärmung oder Wassererwärmung mit Öl oder Gas?
- Monovalente (rein elektrisch oder mit Öl/Gas) oder bivalente (im Sommer elektrisch, im Winter mit Öl) Betriebsweise?
- Sollen ein oder mehrere Wassererwärmer eingesetzt werden (Einzel- oder Zentralversorgung)?
- Soll das bestehende Wassererwärmersystem durch ein Wärmepumpensystem ersetzt werden?
- Soll die bestehende Zirkulation beibehalten oder teilweise abgeschaltet (mit Zeitschaltuhr) oder sogar ganz unterbrochen werden?
- Soll die zu grosse Umwälzpumpe für die WWZirkulation durch eine neue, kleinere ersetzt werden?
- Soll der viel zu grosse Speicher durch einen modernen, kleineren Speicher ersetzt werden?
- Soll die bivalente Betriebsweise umgestellt werden auf rein elektrisch oder Öl/Gas?
- Soll von zentraler auf dezentrale Versorgung umgestellt werden?

10.3 Vorgehen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Unabhängig davon, ob die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit einem Computerprogramm oder von Hand durchgeführt wird, muss vorgängig folgendes festgelegt werden:

- die Fragestellung muss klar ausformuliert werden
- Bestimmung der Investitionskosten
- Festlegen der Nutzungsdauer
- Schätzung der Wartungs- und Unterhaltskosten
- Energiekosten berechnen
- Festlegen von Zinssatz und Preissteigerungen.

Erst wenn diese Fragen geklärt sind, kann die eigentliche Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt werden.

10.3.1 Fragestellung

Welche Systeme sollen miteinander verglichen werden?
Welche Einsparmassnahmen sollen untersucht werden?
Diese Fragestellungen müssen zuerst genau geklärt werden:

- In einem ersten Schritt soll die Problemstellung kurz dargelegt werden.
- In einem nächsten Schritt müssen die verschiedenen Alternativen oder Energiesparmöglichkeiten dargestellt werden: z.B. mittels Prinzipschema, Energieflussdiagramm oder Beschreibung.
- In einem letzten Schritt werden für jede Alternative die wichtigsten technischen Angaben zusammengestellt: z.B. Typ des Wassererwärmers, Grösse des Speicherinhaltes, Leistungsdaten, Betriebsweise, Energieverbrauch etc.

Beispiel:

Problemstellung:

Für ein EFH mit 5 1/2 Zimmer und einer Ölheizung muss der zentrale Elektro-Wassererwärmer ersetzt werden, da er defekt ist. Der Bauherr will folgende drei Möglichkeiten auf ihre Wirtschaftlichkeit hin überprüfen (evtl. müsste noch elektr. Spitzendeckung berücksichtigt werden):

1. Elektro-Wassererwärmer mit monovalenter Betriebsweise, d.h. Warmwasser wird weiterhin rein elektrisch aufbereitet.
2. Elektro-Wassererwärmer mit bivalenter Betriebsweise, im Sommer mit Strom, im Winter über Ölheizung.
3. Ganzjährige Wassererwärmung über Ölheizung.

Technische Angaben:

Für alle drei Alternativen wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Theoretischer Spitzenbedarf:
5 Bewohner zu 50 l/60 °C = 250 l/60 °C
- Speichergrösse: 250 l
- Durchschnittlicher Tagesbedarf:
5 Bewohner zu 35 l/60 °C = 175 l/60 °C
- Anzahl Benutzungstage:
365-40 Tage (Abwesenheiten) = 325 Tage
- Jahresverbrauch :
325 x 175 l/60 °C = 57'000 l/60 °C
- Nutzenergiebedarf pro Jahr:
(57'000 x 4,187 x (60-10)/1000 = 9'550 MJ/Jahr

	Nutz- energiebedarf MJ/Jahr		Wirkungsgrad		Endenergiebedarf MJ/Jahr	
	So	Wi	So	Wi	Elektr.	Öl
1. Alternative	4'775	4'775	0,8 (el.)	0,8 (el.)	11'940	0
2. Alternative	4'775	4'775	0,8 (el.)	0,72 (Öl)	5'970	6'630
3. Alternative	4'775	4'775	0,55 (Öl)	0,72 (Öl)	0	15'315

Tabelle (9.3.1.1): Energiebedarf

10.3.2 Investitionskosten

Oft müssen bei kleineren Objekten die Investitionskosten aufgrund von Erfahrungswerten abgeschätzt werden. Dies bedingt einer grossen Erfahrung und sollte nur von versierten Fachleuten gemacht werden.

Für grössere Objekte ist eine Projektierung der Anlage und Berechnung der Kosten unerlässlich.

Folgende Kosten müssen berücksichtigt werden:

- anitärinstallation
- Elektroinstallation
- Heizungsinstallationen
- bauliche Arbeiten
- Honorare

Beispiel:

Die zu ermittelnden Investitionskosten für das Beispiel könnten betragen:

Investitionskosten:

- 1. Alternative: 4000 Franken
- 2. Alternative: 7000 Franken
- 3. Alternative: 6000 Franken

10.3.3 Nutzungsdauer

Die Bestimmung der Nutzungsdauer kann im Normalfall mit Hilfe von Tabellen, oder aufgrund von Herstellerangaben erfolgen. Oft wird sie aber auch von den Auftraggebern, vor allem wenn es sich um grössere Dienstleistungs- oder Industriebetriebe handelt, vorgegeben.

Anlageteil	Nutzungs- dauer in Jahren	Wartungs- und Unter- haltskosten in %
Elektro-Wassererwärmer	15	2
Gas-Wassererwärmer	15	3
Erwärmer mit Register	15	2
Wärmepumpen- Wassererwärmer	15	3
Klein BHKW (Erdgas)	15	7
Solar-Gesamtanlage	20	2
Kaltwasserleitungen	40	1
Warmwasserleitungen	25	2

Tabelle (10.3.3.1): Auszug aus Tabelle Nutzungsdauer

Die tatsächliche Lebensdauer einer Anlage oder eines Anlageteils kann unter günstigen Bedingungen und bei zweckmässigem Unterhalt grösser sein, als die Nutzungsdauer aus der Tabelle. Allerdings kann die Lebensdauer durch Fehler oder Mängel beim Material, bei der Vorfertigung, bei der Montage oder bei der Planung wesentlich geringer ausfallen als in der Tabelle angegeben.

Beispiel:

Für unsere drei Alternativen kann eine Nutzungsdauer von 15 Jahren angenommen werden.

10.3.4 Wartungs- und Unterhaltskosten (Betriebskosten)

Die jährlichen Wartungs- und Unterhaltskosten (oder Betriebskosten exkl. Energiekosten) umfassen Personal- und Materialkosten für Wartung und Unterhalt (darunter fallen auch Bedienung, Reinigung, Überwachung). Zusätzlich fallen teilweise noch Versicherungs- und Verwaltungskosten an. Die Wartungs- und Unterhaltskosten können mit Hilfe von Herstellerangaben oder Serviceverträgen ermittelt werden. Für eine erste Abschätzung kann auch auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden, mit denen die jährlichen Wartungs- und Unterhaltskosten aus den Investitionen bestimmt werden können (vgl. Tabelle 10.3.3.1).

Beispiel:

Wartungs- und Unterhaltskosten:

- | | | | |
|----------------|-----------------|---|--------------|
| 1. Alternative | 4% von 4000 Fr. | = | 160 Fr./Jahr |
| 2. Alternative | 4% von 7000 Fr. | = | 280 Fr./Jahr |
| 3. Alternative | 4% von 6000 Fr. | = | 240 Fr./Jahr |

10.3.5. Energiekosten

Die jährlichen Energiekosten werden aus dem prognostizierten Verbrauch und den Energiepreisen ermittelt. Nicht zu vergessen sind evtl. Grundgebühren bei den leitungsgebundenen Energieträgern.

Die spezifischen Energiepreise für Öl variieren über die Zeit und sind abhängig von der gekauften Menge. Im weiteren sind Öl- und Holzpreise auch regional verschieden. Die Preise der leitungsgebundenen Energieträgern Elektrizität, Erdgas und Fernwärme unterscheiden stark zwischen den einzelnen Energieversorgungsunternehmen. Im weiteren bestehen insbesondere beim Erdgas und bei der Fernwärme spezielle Tarife für unterbrechbare Lieferungen.

Die Energiepreise unterscheiden sich demnach von Fall zu Fall und müssen für jede Wirtschaftlichkeitsberechnung immer wieder neu erhoben werden.

Beispiel:

Der Heizölpreis belaufe sich auf 45 Fr./100kg. Für den Elektrizitätspreis ist der Niedertarif massgebend, da der Speicher während der Nacht aufgeladen wird: El.-Tarif NT = 10 Rp./kWh

Jährliche Energiekosten:

- | | | | |
|-----------------|---|---|--------------|
| 1. Alternative: | $11'940/3,6 \times 0,1$ | = | 332 Fr./Jahr |
| 2. Alternative: | $5'970/3,6 \times 0,1 + 6'630/42,7/100 \times 45$ | = | 236 Fr./Jahr |
| 3. Alternative: | $15'315/42,7/100 \times 45$ | = | 161 Fr./Jahr |

Energieträger	Grossverbraucher (Mittelspannung bei Elektrizität)		Kleinverbraucher (Niederspannung bei Elektrizität)
	Leistungspreis	Arbeitspreis	(evtl Grundpreis zusätzlich)
Heizöl EL	100 Fr./kW + Jahr	40 Fr./100 kg	45 Fr./100 kg
Elektrizität Hochtarif (HT) Winter		12 Rp./kWh	20 Rp./kWh
Elektrizität Hochtarif (HT) Sommer		9 Rp./kWh	
Elektrizität Niedertarif (NT) Winter		8 Rp./kWh	10 Rp./kWh
Elektrizität Niedertarif (NT) Sommer		6 Rp./kWh	
Erdgas (Grund- bzw. Leistungspreis im Arbeitspreis enthalten)		3,5 Rp./kWh	4,5 Rp./kWh
Fernwärme (Grund- bzw. Leistungspreis im Arbeitspreis enthalten)		5 Rp./kWh	7,0 Rp./kWh
Energieholz-Hackschnitzel: Laubholz frisch (bis 45% Wassergehalt) ca. 40 Fr. pro m ³ loses Schüttgut			
Energieholz in Sterform: frische Buchenspälte ca. 60 Fr. pro Ster			

Tabelle (10.3.5.1) Mittlere Energiepreise für 1991

10.3.6 Zinssatz/Preissteigerungen

Welche realistischen Grössen für Zinssätze und Preissteigerungen für Energie- und Betriebskosten kann dem Leitfaden «RAVEL zahlt sich aus» entnommen werden. Häufig werden aber gewisse Vorgaben vom Auftraggeber selbst bestimmt. Wichtig ist, dass wenn mit nominalen Hypothekarzinsätzen (z.B. 7 %) gerechnet wird, auch eine Preissteigerung für die restlichen Grössen angenommen wird. Normalerweise wird zuerst die Inflationsrate bestimmt, die sehr langfristig gesehen im Durchschnitt 2 bis 3% unter den Hypothekarzinsätzen liegt (bei einem Hypozins von 7% somit bei etwa 4%).

Beispiel:

Der Auftraggeber wünscht, dass mit einem Hypozinssatz gerechnet wird, da er die Investition durch eine Erhöhung der Hypothek finanzieren möchte. Sein nominaler Hypozinssatz betrage 7%. Die unterstellte Teuerungsrate sei 4%.

Weiter wird angenommen, dass der Ölpreis stärker wächst als die allgemeine Inflation, nämlich um 7%. Noch stärker wird der Stromtarif während den Winter-Niedertarifzeiten wachsen. Hier ist mit einer jährlichen Preissteigerung von 7,5% zu rechnen. Anders sieht es aus bei der Sommer-Niedertarifzeit, hier wird sogar mit einer realen Preissenkung gerechnet, d.h. eine Preissteigerung, die deutlich unter der Inflationsrate von 4% liegt. Preissteigerung Sommer-Niedertarif: 1%. Annahmen über Preissteigerungen können den Nachfolgenden Tabellen entnommen werden.

Kalkulationszinssatz	im Wohnbereich: Inflationsrate + 2,0% bis max. + 3,0% im Dienstleistungs-, Gewerbe- und Industriebereich: Inflationsrate + 2,5% bis max. + 3,5% Produktionsprozess (zusätzlich + 1% bis + 2%: Inflationsrate + 3,5% bis + 5,5%		
Nutzungsdauer	nach Erfahrungswert gemäss Tabelle 10.3.3.1 Seite 99 Herstellerangaben Nutzungsdauer des Produktionsprozesses Vom Auftraggeber vorgegeben		
Betriebskosten	nach Erfahrungswerten gemäss 10.3.3.1 Seite 99 Herstellerangaben/Serviceverträgen		
	minimal	mittel	maximal
Betriebskostensteigerung p.a.	Inflationsrate	Inflationsrate + 1%	Inflationsrate + 2%
Energiekostensteigerung p.a.			
Elektrizität: mittleres Tarifniveau	Inflationsrate	Inflationsrate + 1,0%	Inflationsrate + 2,0%
Elektrizität: NT Winter (Heizung)	Inflationsrate + 2%	Inflationsrate + 3,5%	Inflationsrate + 5,0%
Heizöl EL	Inflationsrate	Inflationsrate + 2,0%	Inflationsrate + 4,0%
Erdgas	Inflationsrate	Inflationsrate + 1,5%	Inflationsrate + 3,0%
Fernwärme	Inflationsrate	Inflationsrate + 1,0%	Inflationsrate + 2,0%
Holz	Inflationsrate	Inflationsrate	Inflationsrate

Tabelle (10.3.6.2): Übersicht über Grundlagendaten

	minimal	mittel	maximal
Betriebskostensteigerung p.a.	4%	5%	6%
Energiekostensteigerung p.a.			
Elektrizität: mittleres Tarifniveau	4%	5%	6%
Elektrizität: NT Winter (Heizung)	6%	7,5%	9%
Heizöl EL	4%	6%	8%
Erdgas	4%	5,5%	7%
Fernwärme	4%	5%	6%
Holz	4%	4%	4%

Tabelle (10.3.6.3): Grundlagedaten bei einer Inflationsrate von 4 %

10.4 Wirtschaftlichkeitsberechnung ohne Steuern / Umweltkosten

Hier ein Beispiel wie die Wirtschaftlichkeit der 3 Varianten berechnet werden können:

Wirtschaftliche Grundlagendaten		Variante 1 Elektro-Wassererwärmer rein elektrisch
Kalkulationszinssatz:		Nominal = 7,0 %
Betriebskostensteigerung:		Nominal = 5,0 %
Energiepreissteigerung:	Elektrizität NT Winter	Nominal = 7,5 %
	Elektrizität NT Sommer	Nominal = 2,0 %

Jährliche Kapitalkosten

Anlageteil	Investitionsausgabe	Nutzungsdauer	Anuitätenfaktor	Jährliche Kapitalkosten
Wassererwärmer	Fr. 4000.–	15 Jahre	0.1098	Fr. 439.–
Total	Fr. 4000.–			Fr. 439.–

Jährliche Betriebskosten

Anlageteil	Anlagewert	Jährliche Wartungs- und Unterhaltskosten in % des Anlagewertes	Jährliche Betriebskosten
Wassererwärmer	Fr. 4000.–	2%	Fr. 80.–
Total			Fr. 80.–

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Jahres-Grundgebühr (Grund-, Leistungspreis)	Verbrauch	spezifische Kosten	Jährliche Energiekosten
Elektrizität NT Winter		1658 kWh/Jahr	10 Rp./kWh	Fr. 166.–
Elektrizität NT Sommer		1658 kWh/Jahr	10 Rp./kWh	Fr. 166.–
Total				Fr. 332.–

Total der mittleren jährlichen Kosten

	Mittelwertfaktor durchschn. Nutzungsdauer 15 Jahre	Jährliche Kosten	mittlere jährliche Kosten über die Nutzungsdauer
Kapitalkosten		Fr. 439.–	Fr. 439.–
Betriebskosten	1.44	Fr. 80.–	Fr. 115.–
Elektrizität NT Winter	1.75	Fr. 166.–	Fr. 290.–
Elektrizität NT Sommer	1.16	Fr. 166.–	Fr. 192.–
Total			Fr. 1036.–

Wirtschaftliche Grundlagendaten **Variante 2 Elektro-Wassererwärmer elektrisch/Öl**

Kalkulationszinssatz:		Nominal = 7,0%
Betriebskostensteigerung:		Nominal = 5,0%
Energiepreissteigerung:	Elektrizität NT Winter	Nominal = 7,5%
	Elektrizität NT Sommer	Nominal = 2,0%
	Heizöl EL	Nominal = 7,0%

Jährliche Kapitalkosten

Anlageteil	Investitionsausgabe	Nutzungsdauer	Anuitätenfaktor	Jährliche Kapitalkosten
Wassererwärmer	Fr. 7000.–	15 Jahre	0.1098	Fr. 770.–
Total	Fr. 7000.–			Fr. 770.–

Jährliche Betriebskosten

Anlageteil	Anlagewert	Jährliche Wartungs- und Unterhaltskosten in % des Anlagewertes	Jährliche Betriebskosten
Wassererwärmer	Fr. 7000.–	2.5%	Fr. 175.–
Total			Fr. 175.–

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Jahres-Grundgebühr (Grund-, Leistungspreis)	Verbrauch	spezifische Kosten	Jährliche Energiekosten
Elektrizität NT Sommer		1658 kWh/Jahr	10 Rp./kWh	Fr. 166.–
Heizöl EL		155 kg	45 Fr./100 kg	Fr. 70.–
Total				Fr. 332.–

Total der mittleren jährlichen Kosten

	Mittelwertfaktor durchschn. Nutzungsdauer 15 Jahre	Jährliche Kosten	mittlere jährliche Kosten über die Nutzungsdauer
Kapitalkosten		Fr. 512.–	Fr. 770.–
Betriebskosten	1.44	Fr. 175.–	Fr. 252.–
Elektrizität NT Sommer	1.16	Fr. 166.–	Fr. 192.–
Heizöl	1.69	Fr. 70.–	Fr. 118.–
Total			Fr. 1332.–

Wirtschaftliche Grundlagendaten		Variante 2 Elektro-Wassererwärmer elektrisch/Öl
Kalkulationszinssatz:		Nominal = 7,0%
Betriebskostensteigerung:		Nominal = 5,0%
Energiepreissteigerung:	Elektrizität NT Winter	Nominal = 7,5%
	Elektrizität NT Sommer	Nominal = 2,0%
	Heizöl EL	Nominal = 7,0%

Jährliche Kapitalkosten

Anlagenteil	Investitionsausgabe	Nutzungsdauer	Anuitätenfaktor	Jährliche Kapitalkosten
Wassererwärmer	Fr. 6000.–	15 Jahre	0.1098	Fr. 659.–
Total	Fr. 6000.–			Fr. 659.–

Jährliche Betriebskosten

Anlagenteil	Anlagewert	Jährliche Wartungs- und Unterhaltskosten in % des Anlagewertes	Jährliche Betriebskosten
Wassererwärmer	Fr. 6000.–	3%	Fr. 180.–
Total			Fr. 180.–

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Jahres-Grundgebühr (Grund-, Leistungspreis)	Verbrauch	spezifische Kosten	Jährliche Energiekosten
Heizöl EL		359 kg	45 Fr./100 kg	Fr. 162.–
Total				Fr. 162.–

Total der mittleren jährlichen Kosten

	Mittelwertfaktor durchschn. Nutzungsdauer 15 Jahre	Jährliche Kosten	mittlere jährliche Kosten über die Nutzungsdauer
Kapitalkosten		Fr. 659.–	Fr. 659.–
Betriebskosten	1.44	Fr. 180.–	Fr. 259.–
Heizöl	1.69	Fr. 162.–	Fr. 273.–
Total			Fr. 1191.–

10.4.1 Schlussbemerkung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ergibt ein rein ökonomisches Resultat. Wichtig ist, dass am Schluss eine Sensitivitätsanalyse gemacht wird um abzuklären, wie ändert sich die Rückzahlfrist einer Energiesparmassnahme, wenn:

- die Heizölpreise um 4% statt nur um 2% steigen?
- der Kalkulationszinssatz um 1% höher gewählt wird?
- die Nutzungsdauer um 5 Jahre gekürzt wird?

Ausserdem sind ökologische Aspekte zu prüfen und eventuell der Primärenergieverbrauch zu berechnen.

11 Fallbeispiele

11.1	Allgemeines	110
11.2	Wärmepumpe in EFH	110
11.3	Bivalente Wassererwärmung im Hochschrank-Wassererwärmer	111
11.4	Modellrechnung der Einsparung einer Zirkulationsunterbrechung	114
11.5	Vergleich Energiebedarf	116
11.6	Vergleich Heizband und Pumpenzirkulation	117

11 Fallbeispiele

11.1 Allgemeines

Dieses Kapitel soll nicht «exaktwissenschaftliche» Vergleichs- und Einsparungsberechnungen beinhalten, sondern soll in Form von überschlagsmässigen Vergleichsberechnungen, Forschungsobjekte und Visionen zeigen, welche Möglichkeiten sich eröffnen oder eröffnen könnten.

11.2 Wärmepumpe in EFH

Objektbeschreibung:

Grosses Einfamilienhaus mit 2-Generationenwohnung
Anzahl Bewohner 6-7 Personen
Heizsystem: Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Warmwasserbedarf

Theoretischer Spitzenbedarf pro Tag für die Dimensionierung des Erwärmers

1 Bad	=	135 l/60 °C/d
4 Duschen	=	120 l/60 °C/d
2 Küche (Abwaschen)	=	40 l/60 °C/d
Allgemein (Reinigung etc.)	=	50 l/60 °C/d

Warmwasserbedarf ca. 325 l/60 °C/d

Speichergösse

Da bei einer Wärmepumpe mit einer nutzbaren Warmwassertemperatur von max. 50 °C zu rechnen ist, wird die Erwärmergrösse auf 50 °C umgerechnet:

$$V = 325 \times 4,187 \times 60 / 4,187 \times 50 = 390 \text{ l/50}^\circ\text{C}$$

Da es sich um ein sehr grosses Haus handelt, das ausgebaut werden könnte (Sauna etc.) wird ein Speicher mit dem Inhalt von 400 Litern gewählt.

Durchschnittlicher Tagesbedarf

$$\begin{aligned} 7 \text{ Personen zu } 35 \text{ l/60}^\circ\text{C} &= 245 \text{ l/60}^\circ\text{C pro Tag} \\ \text{Anzahl Benutzungstage} &= 365 - 40 \text{ (Abwesenheiten)} = 325 \text{ Tage} \end{aligned}$$

$$\text{Jahresverbrauch} = 325 \times 245 \text{ l} = \sim 80'000 \text{ l/60}^\circ\text{C}$$

Energiebedarf pro Jahr

$$\text{QA (50}^\circ\text{C)} = \frac{80'000 \times 4,187 \times (50 - 10)}{3600} = 3'721 \text{ kWh}$$

Aufwand mit Wärmepumpe

$$QA (50^\circ C) = \frac{3'721 \text{ kWh}}{\text{Leistungsziffer 3 (WP)}} = 1'240 \text{ kWh}$$

$$QA \text{ für Grundwasserpumpe } \sim = 800 \text{ kWh}$$

Restaufheizung mit Elektroheizregister auf $60^\circ C$

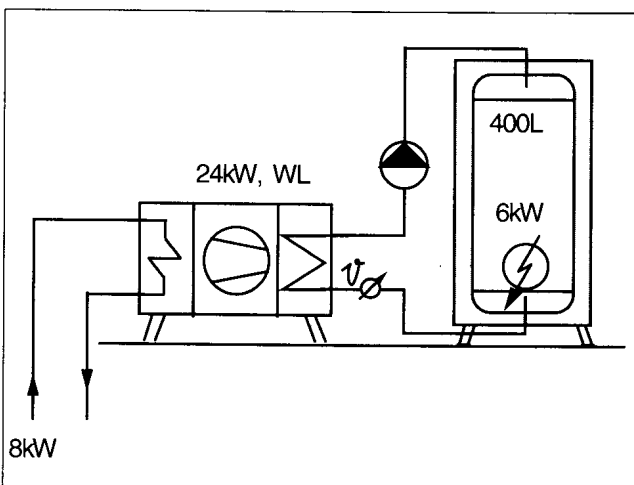
$$QA (EL) = \frac{80'000 \times 4,187 \times 10}{3600} = 930 \text{ kWh}$$

$$\text{Total Aufwand mit WP ca.} = 2'970 \text{ kWh}$$

$$\text{Total Aufwand rein elektrisch} = 4'651 \text{ kWh}$$

$$\text{Einsparung} = 36\%$$

Diese Berechnungsart genügt um eine grobe Evaluation des Systems zu prüfen.



Schematische Darstellung zum Beispiel 11.2.1

11.3 Bivalente Wassererwärmung im Hochschrank-Wassererwärmer

Einleitung

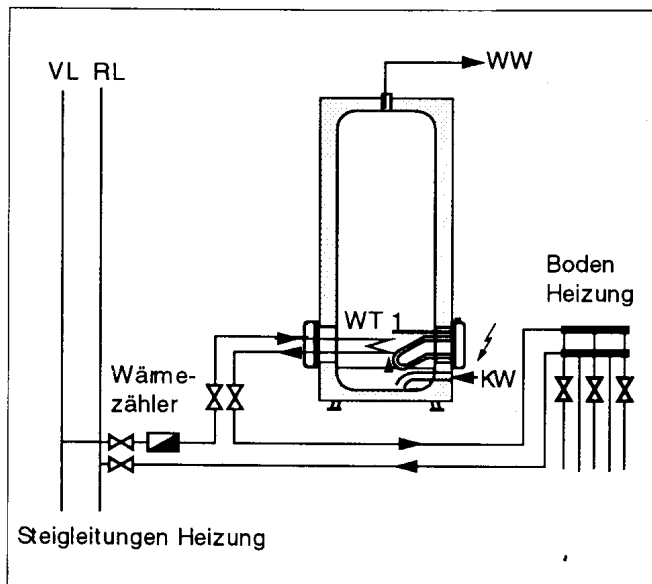
Die zentrale Erwärmung des Warmwassers in einem Mehrfamilienhaus erfordert fast durchwegs eine Zirkulationsleitung und hat entsprechende Zirkulationsverluste zur Folge. Eine individuelle Kostenabrechnung, die erfahrungsgemäss viel zum sparsamen Gebrauch des Warmwassers beiträgt, ist nur mit erheblichem Aufwand möglich. Der dezentrale Elektro-Wassererwärmer hat diesen Nachteil nicht. Eine weitere starke Zunahme des Elektro-Wassererwärmers ist aber von den Stromlieferanten nicht ohne weiteres zu verkraften, könnte er doch vorallem in kalten Jahreszeiten unerwünschte Belastungsspitzen verursachen. Dieser Sachverhalt bildet die Ausgangslage für ein Pilotprojekt, das die Energiefachstelle des Kantons Zürich in Zusammenarbeit mit den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich aufgegriffen hat.

Projektidee

Ein dezentral in jeder Wohnung platzierter Elektro-Wassererwärmer wird mit einem Wärmetauscher versehen, welcher vom Vorlauf der Boden- oder Radiatorenheizung durchflossen wird. Das Warmwasser wird somit über den Heizkessel vorerwärmt. In der Niedertarifzeit wird das Warmwasser mit dem elektrischen Heizeinsatz auf das notwendige Temperaturniveau gebracht.

Da die Heizung aussentemperaturabhängig gesteuert wird, ist an kalten Tagen die Warmwasser-Vorwärmung am höchsten. Das Stromnetz wird in dieser Zeit meistens entlastet. Ausserhalb der Heizperiode wird das Wasser ausschliesslich elektrisch erwärmt.

Reale Versuchsanlagen sollten unter Einbezug des Benutzerverhaltens praktische Hinweise zur Weiterentwicklung der Idee liefern.



Schematische Darstellung der Anlage 11.3.1

Pilotanlage

Im Rahmen eines Pilotprojektes wurden die Vorund Nachteile einer bivalenten Wassererwärmung in zwei Objekten untersucht.

In einem 8-Familienhaus in Dietlikon sind in 6 Wohnungen Hochschrank-Wassererwärmer von 250 Liter Inhalt mit einem Wärmetauscher für die Brauchwasservorwärmung ausgerüstet worden. Die Wärmetauscher werden vom Vorlauf der Bodenheizung durchflossen. Zwei Kleinwohnungen erhielten aus Platzgründen herkömmliche Elektro-Wassererwärmer.

Wie dies für Neubauten im Kanton Zürich vorgeschrieben ist, misst ein Wärmemengenzähler für jede Wohnung die gesamte von der Heizung abgegebene Wärmemenge, also auch diejenige für die Vorwärmung des Warmwassers.

Diese Anlage wurde im November 1987 mit Bezug des Hauses in Betrieb genommen. Für das Pilotprojekt werden folgende Messwerte am Hochschrank-Wassererwärmer erfasst:

- Menge des entnommenen Warmwassers
- Austrittstemperatur der Warmwassers
- Wärmemenge des Warmwassers
- Vorlauftemperatur der Heizung
- Wärmemenge aus der Heizung
- Strombezug für das Warmwasser

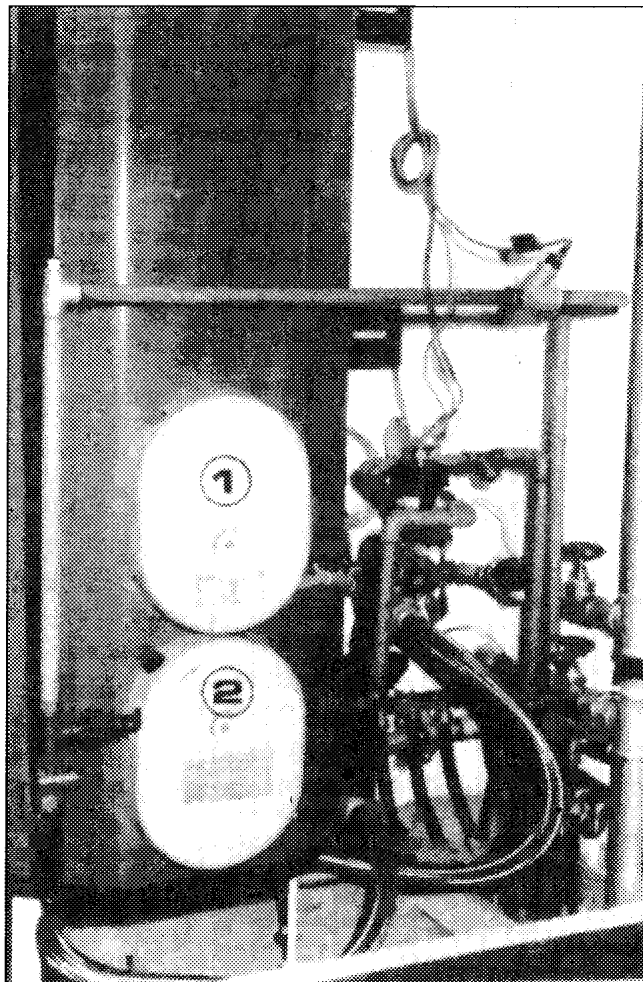


Foto der Anlage 11.3.2

Ergebnis

Ende Sommer 1988 wurde eine erste Beobachtungsphase abgeschlossen und lieferte zusammengefasst folgende Resultate:

- Die Vorlauftemperatur der Bodenheizung variieren zwischen 30 °C (Aussentemperatur+ 10 °C) und 55 °C (Aussentemperatur-5 °C).
- Die eingestellten Temperaturen an Reglern der Hochschrank-Wassererwärmer sind abhängig von der Anzahl Bewohner der Wohnung und liegen zwischen 55 und 60 °C. Die elektrische Ergänzungsleistung ist somit bei der tiefsten Aussentemperatur erforderlich.
- Der Stromverbrauchsanteil an der gesamten Wassererwärmung variiert zwischen 65% (Aussentemperatur+10 °C) und 25% (Aussentemperatur-5 °C).

Eine Umfrage bei den Bewohnern fiel grundsätzlich positiv aus. Folgende Aspekte müssen jedoch in der Weiterentwicklung berücksichtigt werden:

- Auch bei diesen bivalenten Anlagen ist ein Schalter für die Entsperrung der Ladung ausserhalb der Niedertarifzeiten vorzusehen. Die heutige Lebensgewohnheiten lassen den Warmwasserverbrauch rasch und oft unvorhergesehen ansteigen.
- Der Warmwassermangel tritt, unabhängig von der Jahreszeit, generell abends auf.

Kosten

Mehrfamilienhaus sind Mehrkosten für den Wärmetauscher sowie für den Heizungsanschluss von rund Fr.1000.- pro Wohnung entstanden. Die Betriebskostenrechnung wird wesentlich von den Energiekosten für Strom, Öl oder allenfalls Gas beeinflusst. Erste Berechnungen zeigen, dass die Einsparungen (gegenüber dem rein elektrischen Betrieb) in der gleichen Grössenordnung liegen wie die Amortisation der Mehrinvestition.

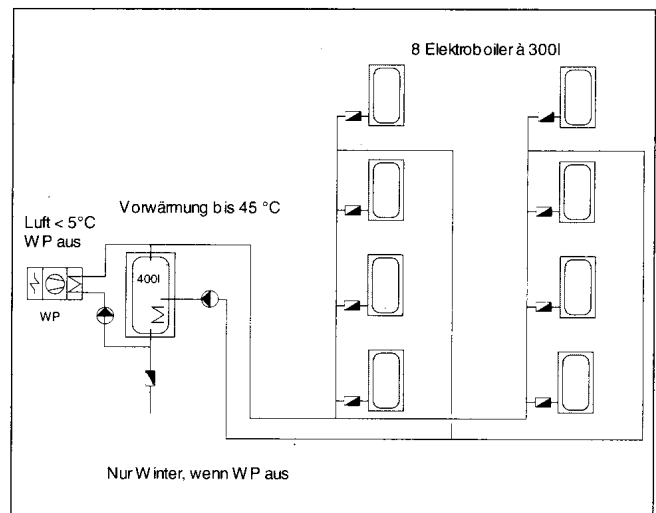
Ausblick

Nachdem nun erste Erfahrungen über die Tauglichkeit des Systems vorliegen, gilt es, die Messungen fortzusetzen. Die minimal notwendigen elektrischen Erwärmeranschlusswerte im Winterbetrieb, unter Einbezug der Nachladung, sind nun rechnerisch zu fixieren. Eventuell ist auch eine leistungsmässige variable Zuschaltung des Elektroheizeinsatzes abzuwägen. Durch die Verfeinerung der Zentralheizungssteuerung liessen sich die kurzzeitigen Temperatureinbrüche bei grossen Wasserbezügen kompensieren. Die Zuschaltung einer Sonnenkollektoranlage ergäbe hauptsächlich im Sommerbetrieb eine zusätzliche Energieeinsparung.

Die Betreuung der beiden Pilotanlagen lohnt sich auch weiterhin. Mit einfachen haustechnischen Zusatzinstallationen, die keiner aufwendigen Wartung bedürfen, sind bei den Wassererwärmern Verminderungen der elektrischen Anschlusswerte und des Strombezugs in kalten Jahreszeiten möglich. Trotzdem kann noch ein erheblicher Anteil fossiler Energieträger ersetzt werden. Die Akzeptanz des Elektro-Wassererwärmers dürfte damit bei den Benützern und Stromlieferanten wieder zunehmen.

Weitere Möglichkeit für den Einsatz von bivalenten Hochschrank-Wassererwärmern.

Ähnlich wie bei der beschriebenen Pilotanlage könnte mittels einer Wärmepumpe das Warmwasser zentral vorgewärmt werden. Damit würde im Sommerbetrieb ein wirtschaftlicher Einsatz einer Luft-Wasserwärmepumpe möglich.



Schema einer bivalenten Anlage 11.3.3

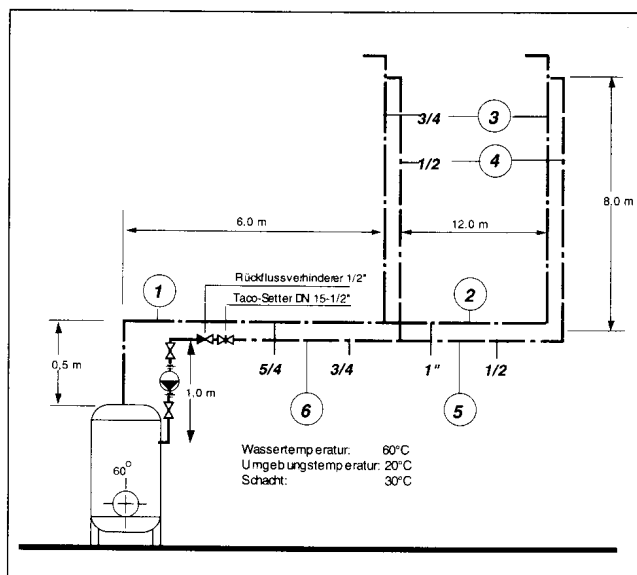
11.4 Modellrechnung der Einsparung einer Zirkulationsunterbrechung

Anlagebeschreibung

Damit einem Hausbesitzer belegt werden kann, ob sich eine Zirkulationsunterbrechung lohnt, wurde folgende Modellrechnung gemacht:

Anlagedaten

Mehrfamilienhaus mit 69,5 m zirkulierender Warmwasserleitung (Vor- und Rücklauf)



Schema der berechneten Anlage 11.4.1

Mögliche Einsparung durch Unterbrechung

Verlust bei dauernder Zirkulation

Gemäss Tabelle Kapitel 5 Seite 79, 340 Watt

Verlust bei dauernder Zirkulation

$$24 \text{ h} \times 340 \text{ W} = 8'160 \text{ Wh}$$

$$\text{Pumpenstrom in 24 h} = 24 \text{ h} \times 85 \text{ W} = 2'040 \text{ Wh}$$

$$\text{Total Verlust ohne Unterbrechung} = 10'200 \text{ Wh}$$

Einsparungen bei 8 Stunden Unterbrechung

Verlust bei Zirkulation in 8 h

$$= 8 \text{ h} \times 340 \text{ W} = 2'720 \text{ Wh}$$

Pumpenstrom in 8 h

$$= 8 \text{ h} \times 85 \text{ W} = 680 \text{ Wh}$$

$$\text{Subtotal} = 3'400 \text{ Wh}$$

Abzüglich Aufheizen des ausgekühlten Wassers und Rohrmaterials gemäss Tabelle S. 115

$$= 1'475 \text{ Wh}$$

$$\text{Total Einsparung pro Tag} = 1'925 \text{ Wh}$$

$$\text{Total Einsparungen im Jahr} = 365 \times 1,925 \text{ kWh} = 702,6 \text{ kWh}$$

Dies entspricht einer Einsparung von ca. 19% bezogen auf den Verlust bei dauernder Zirkulation.

Diese Modellrechnung ist theoretisch und berücksichtigt den Bezug von Warmwasser während der Auskühlphase nicht. Dennoch sind Sie Aussagekräftig genug um zu beweisen, dass sich eine Unterbrechung der Zirkulation für 8 h lohnen kann. Bei Warmwasseranlagen die dauernd (auch in der Nacht benutzt werden) ist zu prüfen, ob eine Unterbrechung sinnvoll ist.

Es gibt viele Anlagen (Schulen, öffentliche Gebäude etc.) bei denen eine Zirkulationsunterbrechung ohne weiteres auch am Tage erfolgen kann. In gemischt belegten Gebäuden (Geschäftswohnhäuser) sind verschiedene Stränge auf die unterschiedlichen Benutzer evtl. sinnvoll. Somit kann auch die Zirkulationsunterbrechung individuell erfolgen. Vorsicht ist jedoch bei der Auslegung der Pumpen wegen der unterschiedlichen hydraulischen Zustände geboten.

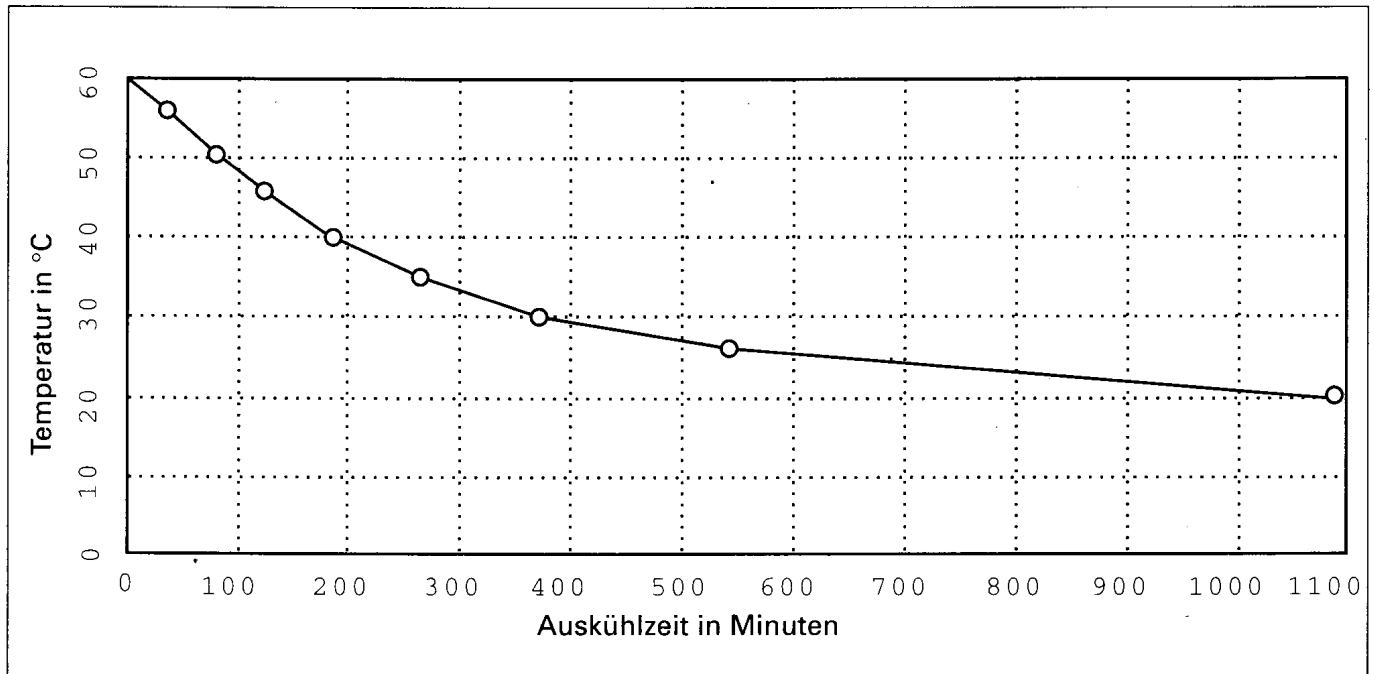


Diagramm mit dem Auskühlverhalten eines 3/4" Rohres mit guter Wärmedämmung. Nach 8 h sinkt die Temperatur auf ca. 28°

TS	Dim	Länge	T diff	H2O	Rohr	c H2O	c Fe	Q H2O	Q Rohr	Q' total
	"	m	K	kg/m	kg/m	J/kgK	J/kgK	J	J	Wh
1	5/4	6.5	32	1.01	3.14	4187	420	135'323.80	42'201.60	320.53
2	1	12	32	0.581	2.44	4187	420	77'844.70	32'793.60	368.79
3/6	3/4	23	32	0.366	1.58	4187	420	49'038.14	21'235.20	448.97
4/5	1/2	28	32	0.201	1.22	4187	420	26'930.78	16'396.80	336.99
		69.5	Total Rohrlänge					total Verluste durch Auskühlung		1'475.28

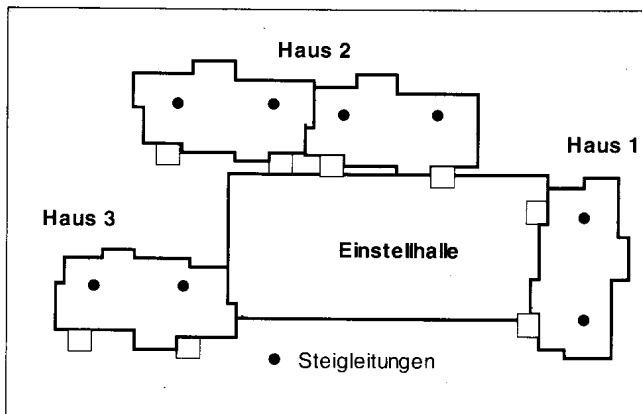
Tabelle (11.4.2) mit der Berechnung der Aufheizleistung für das abgekühlte Wasser und Rohrleitungsmaterial von 28°C auf 60°C.

11.5 Vergleich Energiebedarf

Allgemein

Mit einer Aufwendigen Vergleichsberechnung wurde für eine Überbauung mit 3 Häusern und 32 Wohnungen Vergleichsberechnungen über den Energiebedarf verschiedener Warmwassersysteme gemacht. Dabei wurden folgende Varianten berechnet:

- Gruppenwarmwasserversorgung (Elektro-Wohnungserwärmer)
- Zentrale Wassererwärmung pro Haus mit Strom und Gas
- Zentrale Wassererwärmung für die ganze Überbauung mit Strom, Gas und Öl.



Situationsskizze der Überbauung

Haus	Wohnungen	Zimmer	Bewohner
1	10	40	40
2	14	53	53
3	8	32	32
Total	32	125	125

Tabelle als Grundlage zur Berechnung des Warmwasserbedarfes

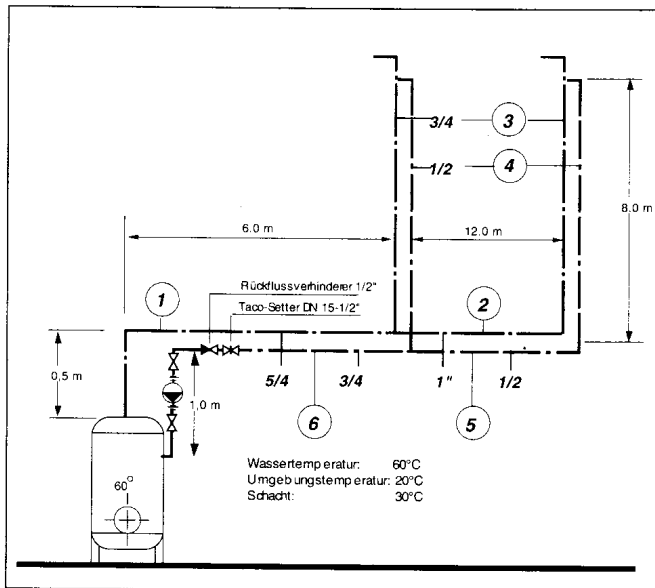
			Gruppenwarmwasserversorgung	Zentrale Warmwasserversorgung pro Haus	
Beschreibung		Einheit	Elektrowassererwärmer	Elektrowassererwärmer	Gaswassererwärmer
Nutzwärme	Q_N	kWh	99'750	99'750	99'750
Verluste Erwärmer	Q_E	kWh	20'580	7'300	11'450
Verluste Leitungen	Q_L	kWh	6'450	25'300	25'300
Gesamtwärmebedarf	Q_G	kWh	126'780	132'350	136'500
Gesamtwirkungsgrad			0,786	0,757	0,731

			Zentrale Warmwasserversorgung (Zentrale in Haus 2) für alle 3 Häuser zusammen		
Beschreibung		Einheit	Elektrowassererwärmer	Gaswassererwärmer	Kombination mit Ölheizung
Nutzwärme	Q_N	kWh	99'750	99'750	99'750
Verluste Erwärmer	Q_E	kWh	6'770	12'770	5'270
Verluste Leitungen	Q_L	kWh	40'000	40'000	40'000
Anteil Heizkessel	Q_H	kWh	00	00	35'000
Gesamtwärmebedarf	Q_G	kWh	146'500	152'500	180'000
Gesamtwirkungsgrad			0,680	0,654	0,554

11.6 Vergleich Heizband und Pumpenzirkulation

Anlagedaten

Mehrfamilienhaus mit 69,5 m zirkulierender Warmwasserleitung (Vor- und Rücklauf).



Schema der berechneten Anlage (11.5.1)

1. Zirkulation

Verlust bei dauernder Zirkulation

Gemäss Tabelle 5.2.4.4 Kapitel 5 Seite 73 340 Watt

Verlust bei dauernder Zirkulation

$$24\text{h} \times 340\text{ W} = 8'160\text{ Wh}$$

$$\text{Pumpenstrom in 24 h} = 24\text{h} \times 85\text{ W} = 2'040\text{ Wh}$$

$$\text{Total Verlust ohne Unterbrechung} = \mathbf{10'200\text{ Wh}}$$

Verlust bei 8 Stunden Unterbrechung

Verlust bei Zirkulation in 8 h =

$$8\text{h} \times 340\text{ W} = 2'720\text{ Wh}$$

$$\text{Pumpenstrom in 8 h} = 8\text{h} \times 85\text{ W} = 680\text{ Wh}$$

$$\text{Subtotal} = \mathbf{3'400\text{ Wh}}$$

Abzüglich Aufheizen des ausgekühlten Wassers und Rohrmaterials gemäss Tabelle S. ???

$$1'475\text{ Wh}$$

Total Einsparung pro Tag

$$1'925\text{ Wh}$$

Total Verlust mit Unterbrechung 8'275 Wh

2. Heizband

Die Zirkulationsleitung entfällt, ebenso der Pumpenstrom.

Länge der Vorlaufleitung 34,5 m

Verlust oder Energiebedarf für das Heizband ohne Berücksichtigung der Investitionskosten, und Warmwasserbezug:

Stromaufnahme des Heizbandes 7 W/m.

Ergebnis:

$$34,5\text{ m} \times 7\text{ W/m} = 241,5\text{ W}$$

Bei einer Betriebszeit von 24 h ergibt die einen Energieverlust von: $241,5\text{ W} \times 24\text{ h} = 5'796\text{ Wh}$.

Total Verlust ohne Unterbrechung = **5'796 Wh**

Bei einer Betriebszeit von 16 h ergibt die einen Energieverlust von: $241,5\text{ W} \times 16\text{ h} = 3'864\text{ Wh}$

Total Verlust mit Unterbrechung = **3'864 Wh**

Interpretation

Oft ist das Heizband technisch die einzig richtige Lösung (zentrale Warmwasserversorgung elektrisch).

Will man die reinen Energieverluste in Wh mit dem Primärenergieverbrauch aufrechnen, ergeben sich folgende theoretischen Resultate:

Verlust Heizband:

$$241,5\text{ W} \times 16\text{ h} = 3'864\text{ Wh}$$

$$\text{Verlust Zirkulation} = 8'275\text{ Wh}$$

$$\text{Differenz} = 53,3\%$$

Wird mit der Primärenergie gem. Schweiz. Energiestatistik verglichen, ergeben sich folgende Resultate:

$$\text{Heizband el.} \quad 3'864\text{ Wh} \times 2 = 7'728\text{ Wh}$$

$$\text{Zirkulation Öl} \quad 8'275\text{ Wh} \times 1,2 = 9'930\text{ Wh}$$

12 Anhang

12.1	Hilfsmittel	120
12.2	Vorschriften, Empfehlungen, Normen,	149
12.3	Literaturverzeichnis	150

12 Anhang

12.1 Hilfsmittel

Wasserbedarf Warmwasserbedarfstabelle

Auswertungen von Messungen und Statistiken des Warmwasserverbrauchs (Für deren Anwendungen sind alle relevanten Einflussgrössen und objektbezogenen Randbedingungen mitzubersichtigen).

Einheit	Gebäudeart	Zweckbestimmung	Warmwasserbedarf in Liter von 60 °C/Tag (dm ³ /d) Durchschnittswerte pro Einheit **			
		Hinweise:	Einheit	1	2	3
personenbezogene Einheit	Wohn- und analoge Gebäude					
	Einfamilienhaus	einfacher Standard	P	30	35–40	
	Eigentumswohnung	mittlerer Standard	P	35	40–50	
		gehobener Standard	P	40	50–60	
	Mehrfamilienhaus	allgem. Wohnungsbau	P	30	35–45	
		gehobener Wohnungsbau	P	35	40–50	
	Gewerbeküchen	Kochen, Spülen, Geschirrabwaschen				
	Caféstuben	Besetzung mässig	S	15	20–30	
	Tea Rooms	Besetzung stark	S	20	30–40	
	Gaststätten	Besetzung mässig	S	10	15–25	
	Restaurants	Besetzung mittel	S	20	25–35	
		Besetzung stark	S	25	30–45	
	Gasthöfe	Standard (ohne Küche und Waschküche):				
	Hotels	einfach	B	30	40–50	
	Appartementhäuser	2. Klasse	B	40	50–70	
		1. Klasse	B	60	80	100
		Luxus	B	80	100	150
	Kinderheime	einfacher Standard	B	40	50–60	
sachbezogene Einheit	Altersheime	einfacher Standard	B	30	40–50	
	Krankenhäuser	medizinische Einrichtungen:				
	Kliniken	einfach	B	50	60–80	
		durchschnittlich	B	70	80	100
		umfangreich	B	100	120	150
	Speiserestaurant	Essen einfach, Tellergerichte	E / M	6	8–10	
		Essen bis 3 Gänge	E / M	8	10–12	
		Essen 4 und mehr Gänge	E / M	12	15–20	
	Duschenbad	Schüler	Annahme Mischtemp. 45 °C an der Entnahmestelle			
		Sportler	D / P	30	35–40	
		Fabrikarbeit:	D / P	35	40–50	
		schwach schmutzig	D / P	45	50–60	
		stark schmutzig	D / P	50	60–70	
	Wannenbad	Normale Wannen	B / P	120	150	180
		Grosswannen	B / P	150	180	200
		Hydrotherapiewannen	B / P	250	300	400
		Grossraumwannen	B / P	400	500	600

Es bedeuten:

personenbezogene Einheiten:

P = Person

B = Bett

S = Sitzplatz

sachbezogene Einheiten:

E / M = Essen pro Mahlzeit

* D / P = Duschenbad

* B / P = Wannenbad

* pro einmalige Benützung

- 1 Mindestwert, der bei der Bemessung von Wassererwärmungsanlagen keinesfalls zu unterschreiten ist
- 2 Durchschnittswert als Grundlage für die Berechnung des Jahresgesamtbedarfs an Wasser und Wärmeenergie
- 3 Spitzenbedarf als Grundlage für die Berechnung von Wassererwärmervolumen und Erwärmerleistungen

** Je nach der konkret bestimmten, von 60°C abweichenden Warmwassertemperatur sind die Liter-Werte (L/d) mit dem entsprechenden Korrekturfaktor zu ermitteln.

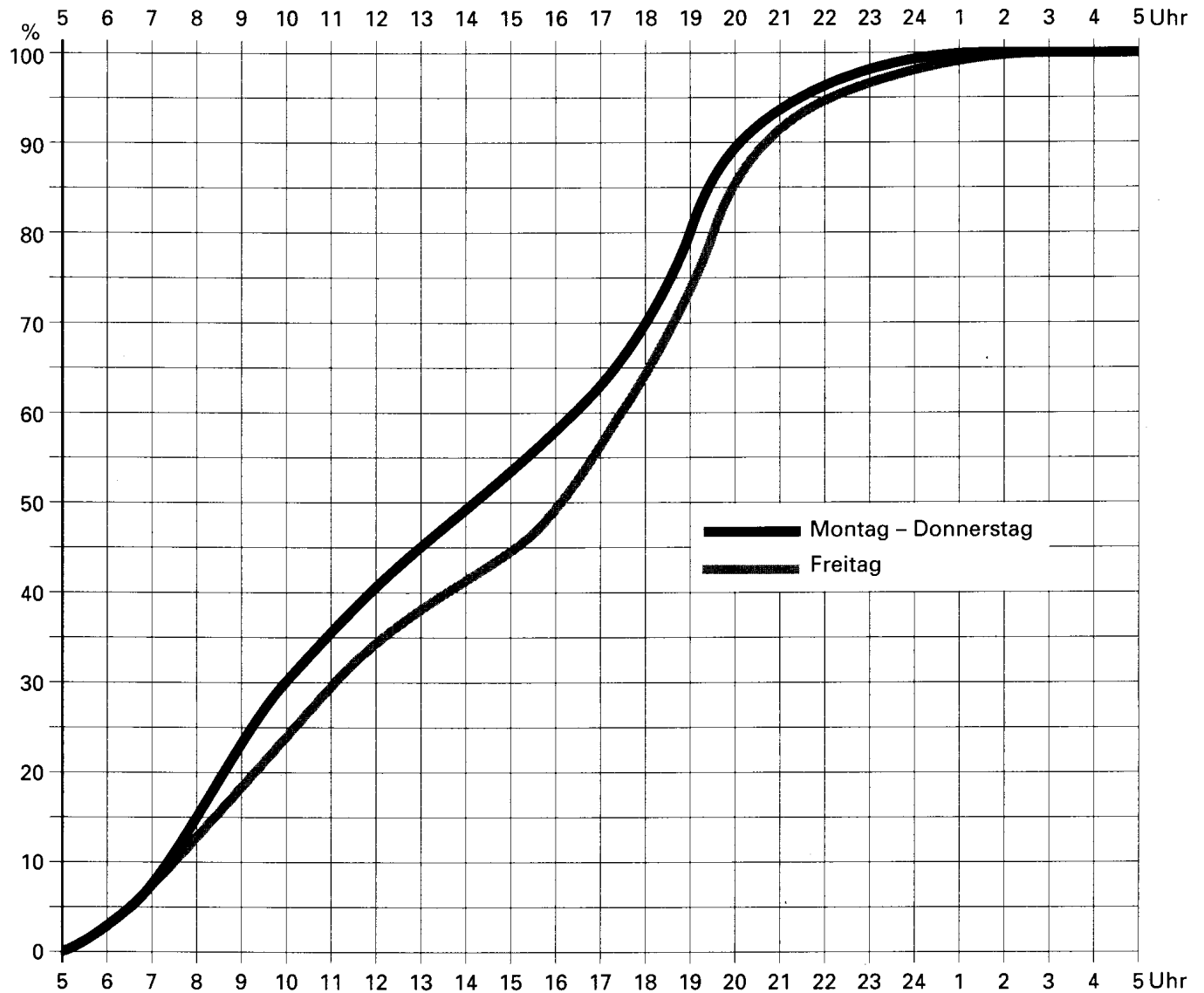
Wasserbedarf**Warmwasser-Tagesverbrauch****Wohnbauten** (Montag bis Freitag)**Verbrauchszahlen** Montag bis Donnerstag

%	2	4,5	7,5	7	8,5	5,5	5	5	5	3,5	4	6	7	10	8,5	4	3	2	1	0,5	0,5	—	—	—
Σ%	2	6,5	14	21	29,5	35	40	45	50	53,5	57,5	63,5	70,5	80,5	89	93	96	98	99	99,5	100	100	100	100

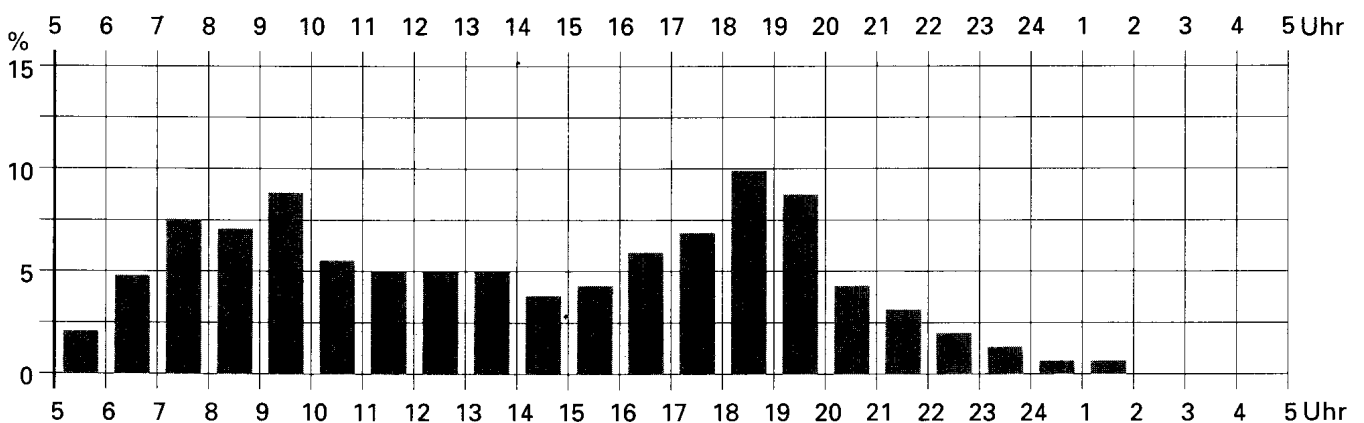
Freitag

%	2,5	3,5	5	5,5	5	6	5,5	3,5	3	3	6	9	9,5	9,5	8,5	6,5	4	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	—
Σ%	2,5	6	11	16,5	21,5	27,5	33	36,5	39,5	42,5	48,5	57,5	67	76,5	85	91,5	95,5	97	98	98,5	99	99,5	100	100

Summenliniendiagramm



Balkendiagramm Montag-Donnerstag



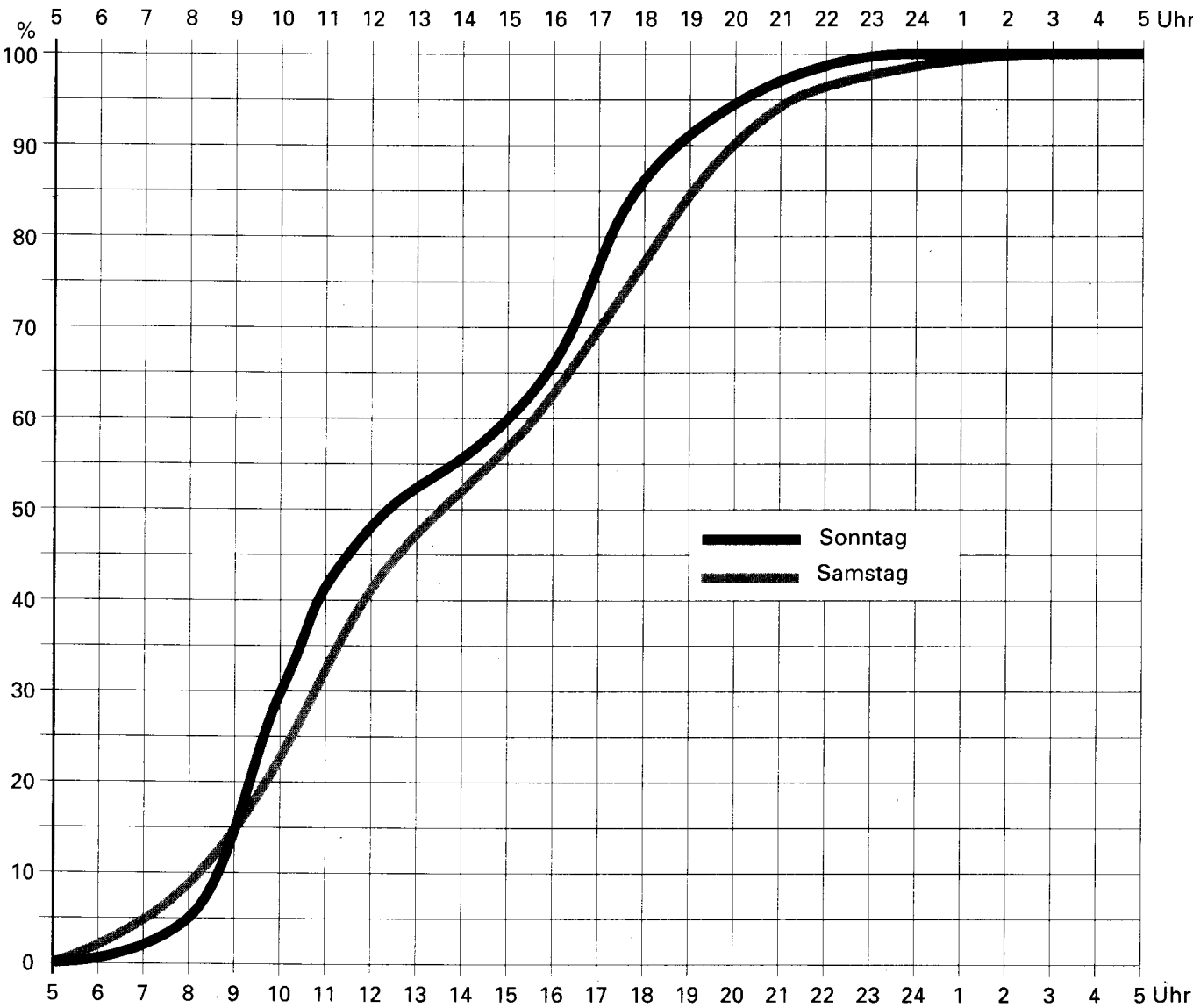
Wasserbedarf**Warmwasser-Tagesverbrauch** (Fortsetzung)**Wohnbauten** (Samstag + Sonntag)**Verbrauchszahlen** Samstag

%	1	3	4,5	6	9	10	8	6	5	4,5	5	7	7,5	7	5,5	4	2,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	-
Σ%	1	4	8,5	14,5	23,5	33,5	41,5	47,5	52,5	57	62	69	76,5	83,5	89	93	95,5	97	98	98,5	99	99,5	100	100

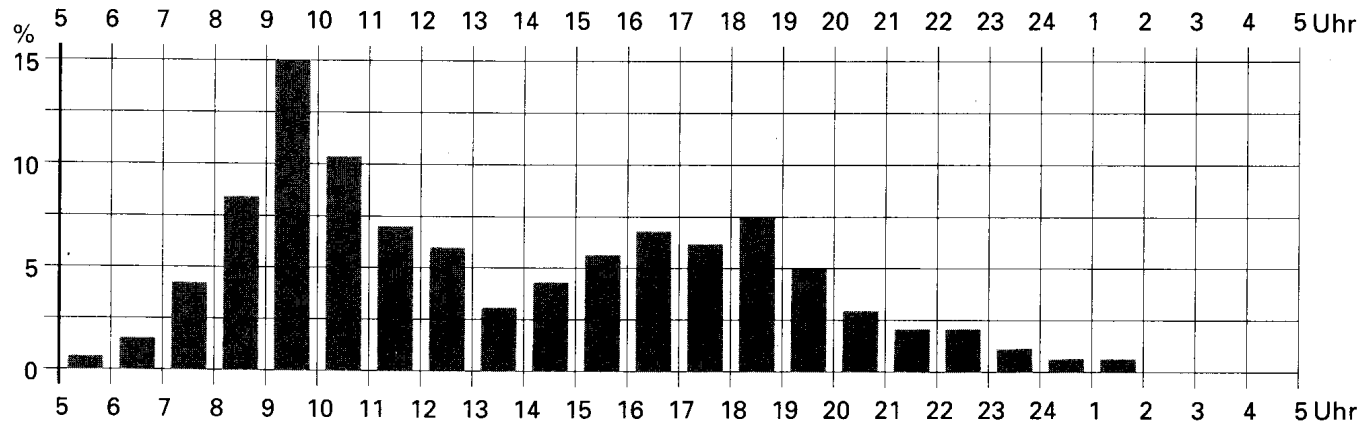
Sonntag

%	0,5	1,5	4	8,5	15	10,5	7	6,5	3	4	5,5	6,5	6	7,5	5	3	2	2	1	0,5	0,5	-	-	-
Σ%	0,5	2	6	14,5	29,5	40	47	53,5	56,5	60,5	66	72,5	78,5	86	91	94	96	98	99	99,5	100	100	100	100

Summenliniendiagramm



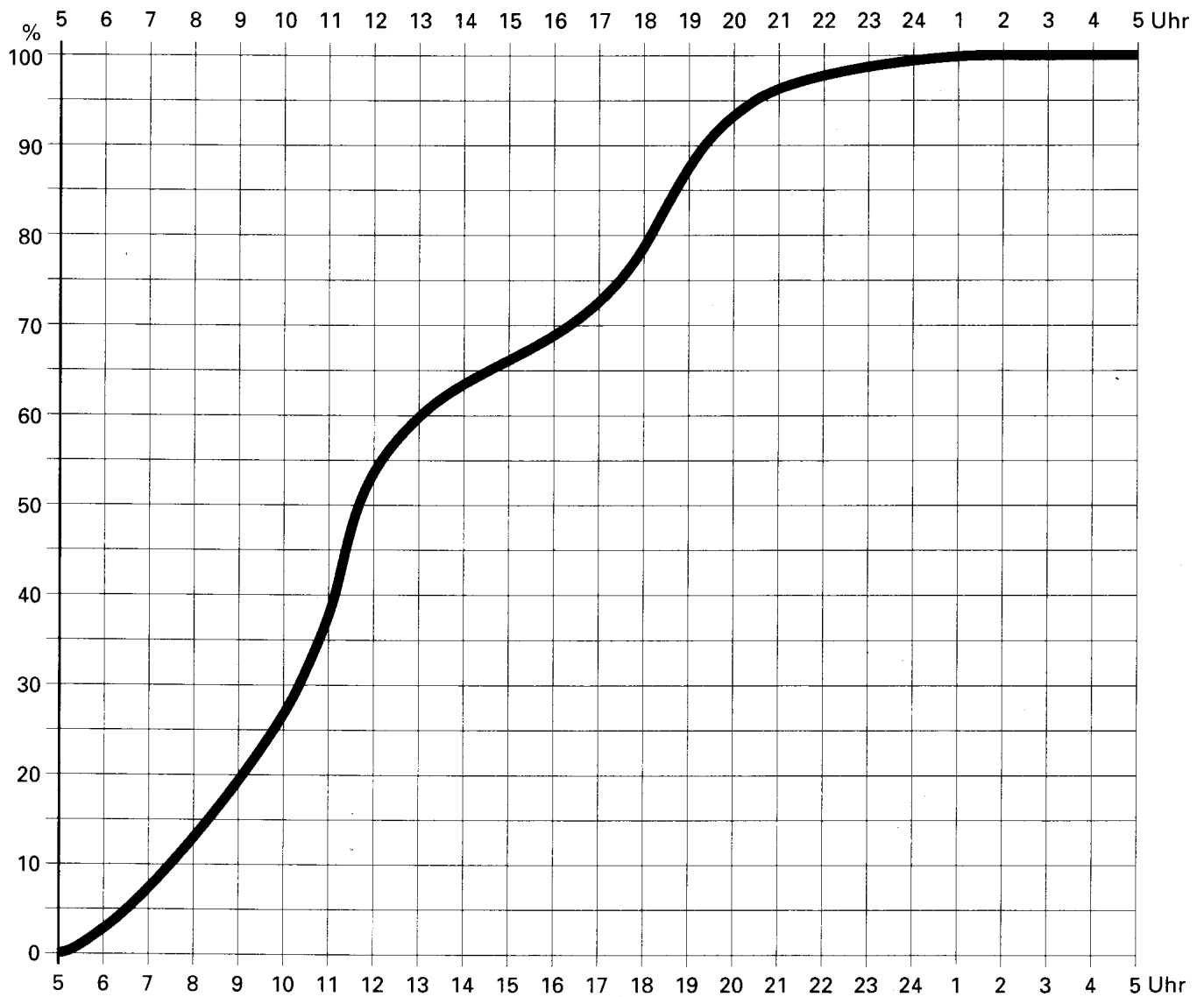
Balkendiagramm Sonntag



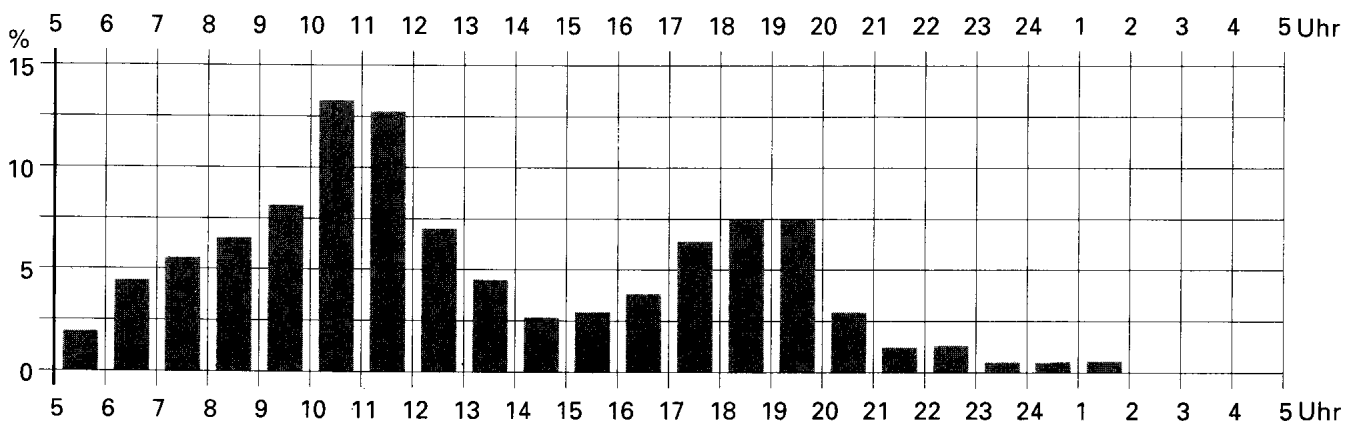
Wasserbedarf**Warmwasser-Tagesverbrauch (Fortsetzung)****Cafés und Restaurants****Verbrauchszahlen**

%	2	4,2	5,3	6,5	8	13,5	13	6,5	4,5	2,5	3	4	6	7,5	7,5	3	1	0,5	0,5	0,5	0,5	—	—	—
Σ%	2	6,2	11,5	18	26	39,5	52,5	59	63,5	66	69	73	79	86,5	94	97	98	98,5	99	99,5	100	—	—	—

Summenliniendiagramm



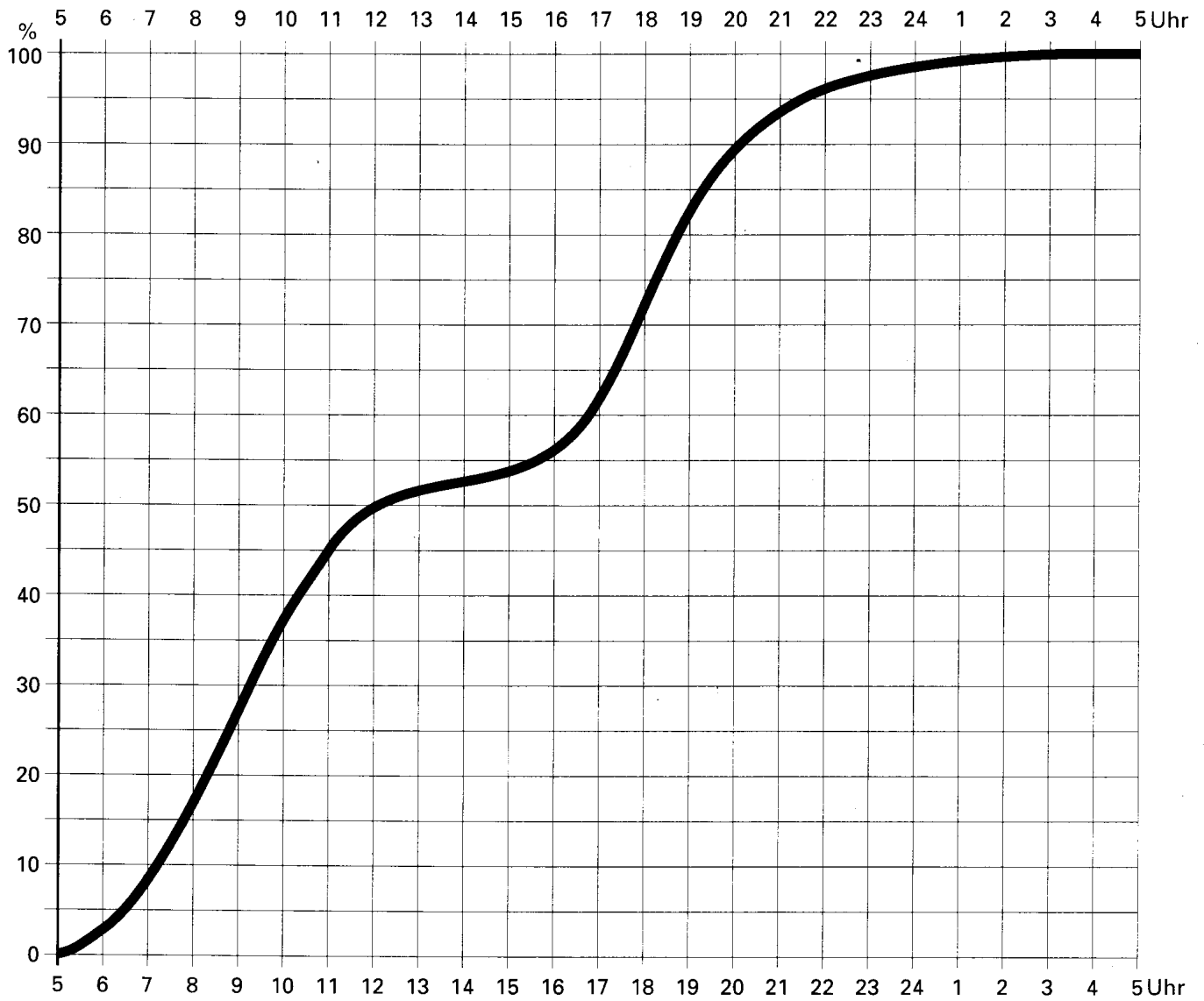
Balkendiagramm



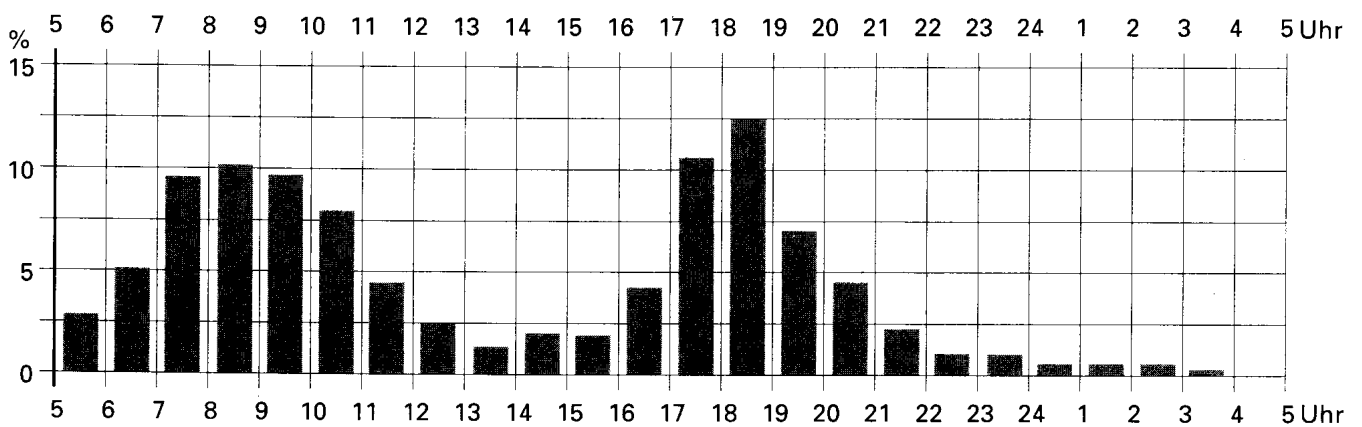
Wasserbedarf**Warmwasser-Tagesverbrauch (Fortsetzung)****Stadt- und Passantenhotels****Verbrauchszahlen**

%	3	5	9,5	10	9,5	8	4	2,5	1	1,5	1,5	4	10,5	12,5	7	4,5	2	1	1	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2
Σ%	3	8	17,5	27,5	37	45	49	51,5	52,5	54	55,5	59,5	70	82,5	89,5	94	96	97	98	98,5	99	99,5	99,8	100

Summenliniendiagramm

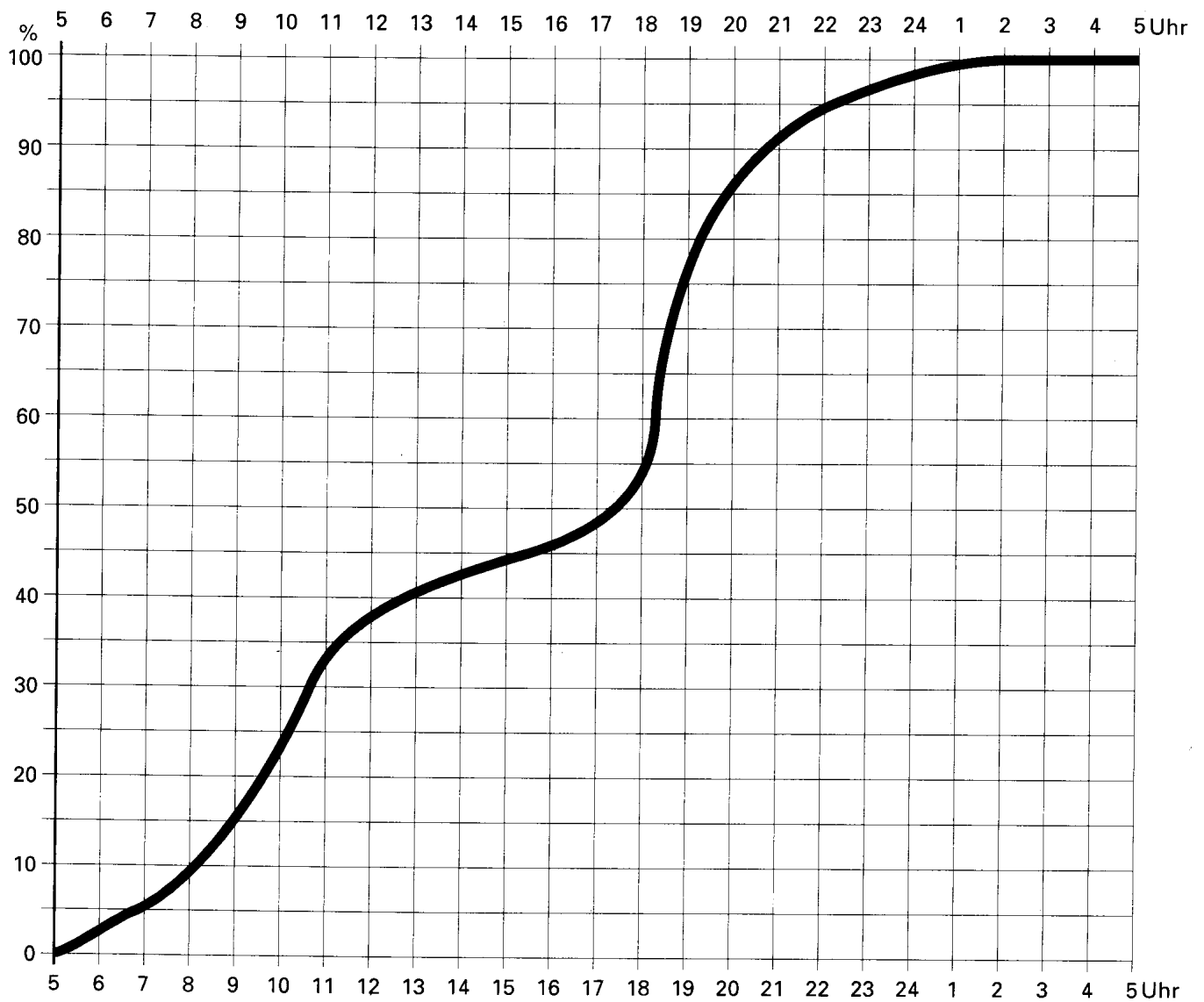


Balkendiagramm

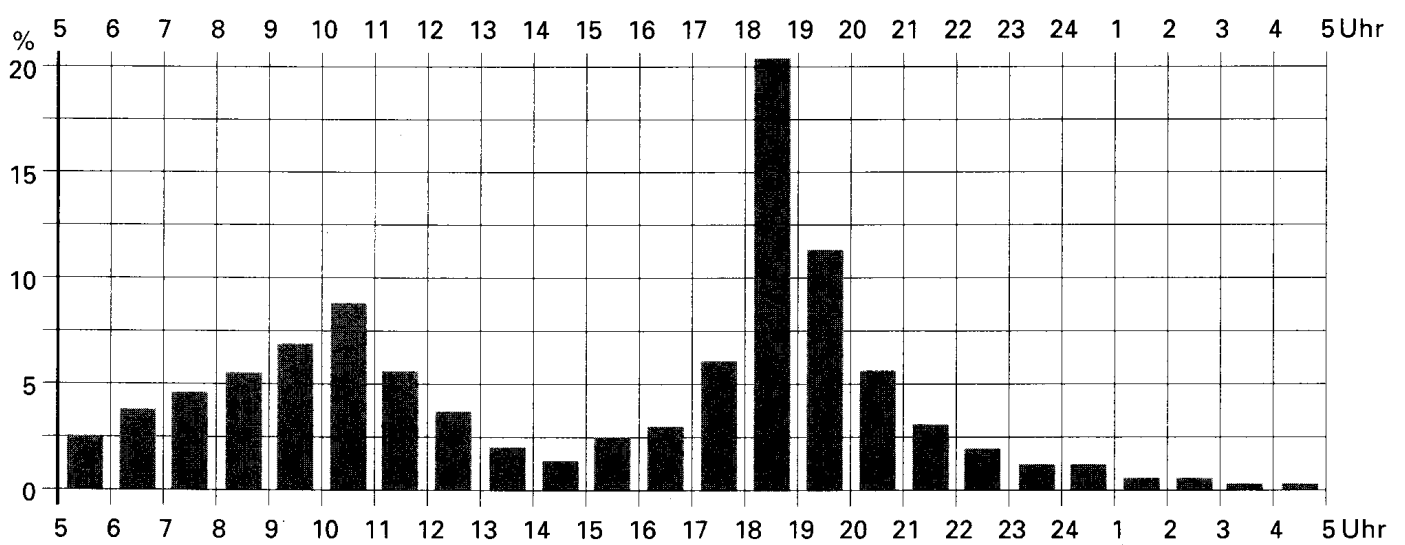


Wasserbedarf**Warmwasser-Tagesverbrauch (Fortsetzung)****Touristen- und Kurhotels****Verbrauchszahlen**

%	2,5	3,5	4,5	5,5	7	8,5	5,5	3,5	2	1,5	2,5	3	6	20,5	11	5,5	3	1,5	1	1	0,3	0,3	0,2	0,2
$\Sigma\%$	2,5	6	10,5	16	23	31,5	37	40,5	42,5	44	46,5	49,5	55,5	76	87	92,5	95,5	97	98	99	99,3	99,6	99,8	100

Summenliniendiagramm

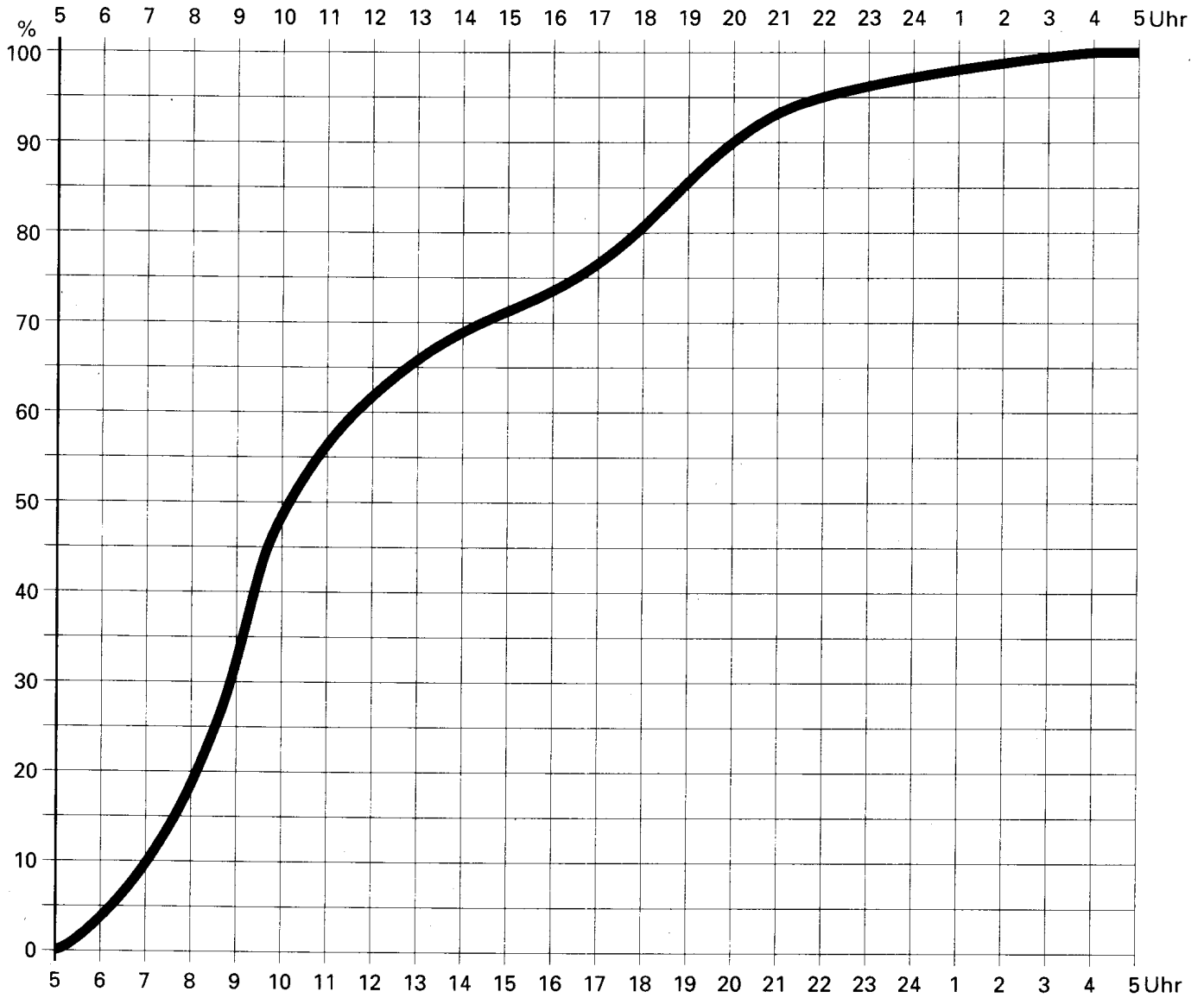
Balkendiagramm



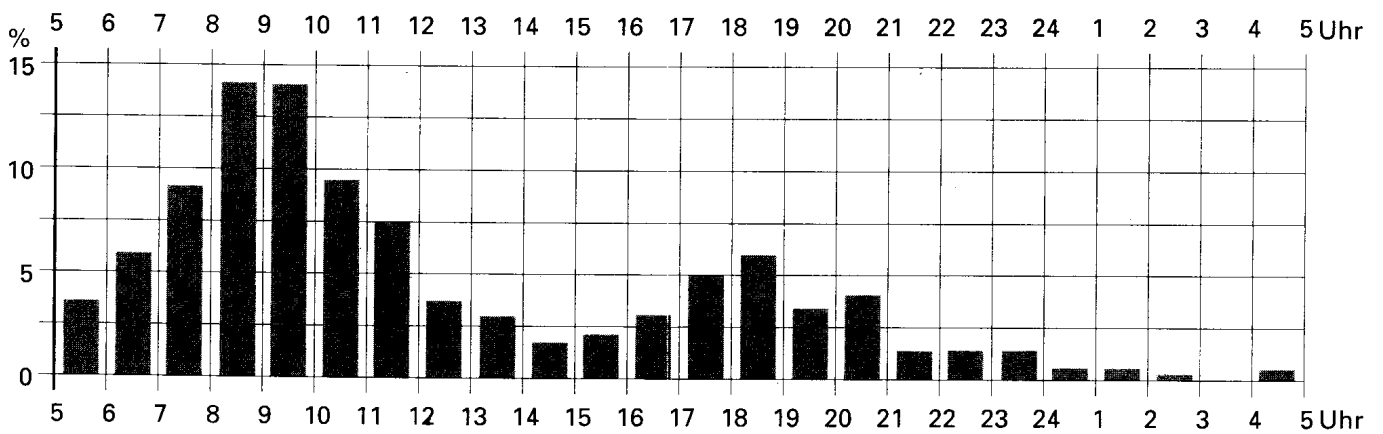
Wasserbedarf**Warmwasser-Tagesverbrauch (Fortsetzung)****Spitäler****Verbrauchszahlen**

%	3,5	6	9	14	14	9,5	7,5	3,5	3	1,5	2	3	5	6	3,5	4	1	1	1	0,5	0,5	0,3	0,2	0,5
Σ%	3,5	9,5	18,5	32,5	46,5	56	63,5	67	70	71,5	73,5	76,5	81,5	87,5	91	95	96	97	98	98,5	99	99,3	99,5	100

Summenliniendiagramm



Balkendiagramm



Warmwasserbedarf**Mischwasserdiagramm**

$t_M = 37\text{ °C}$
 $t_W = 60\text{ °C}$
 $V_M = 80\text{ l}$
 $V_W = 42,71$
 $V_K = 37,31$

Ablesebeispiel: gewünschte Mischwassertemperatur
 Warmwassertemperatur
 gewünschtes Mischwasservolumen

Lösung:
 Warmwasservolumen
 Kaltwasservolumen

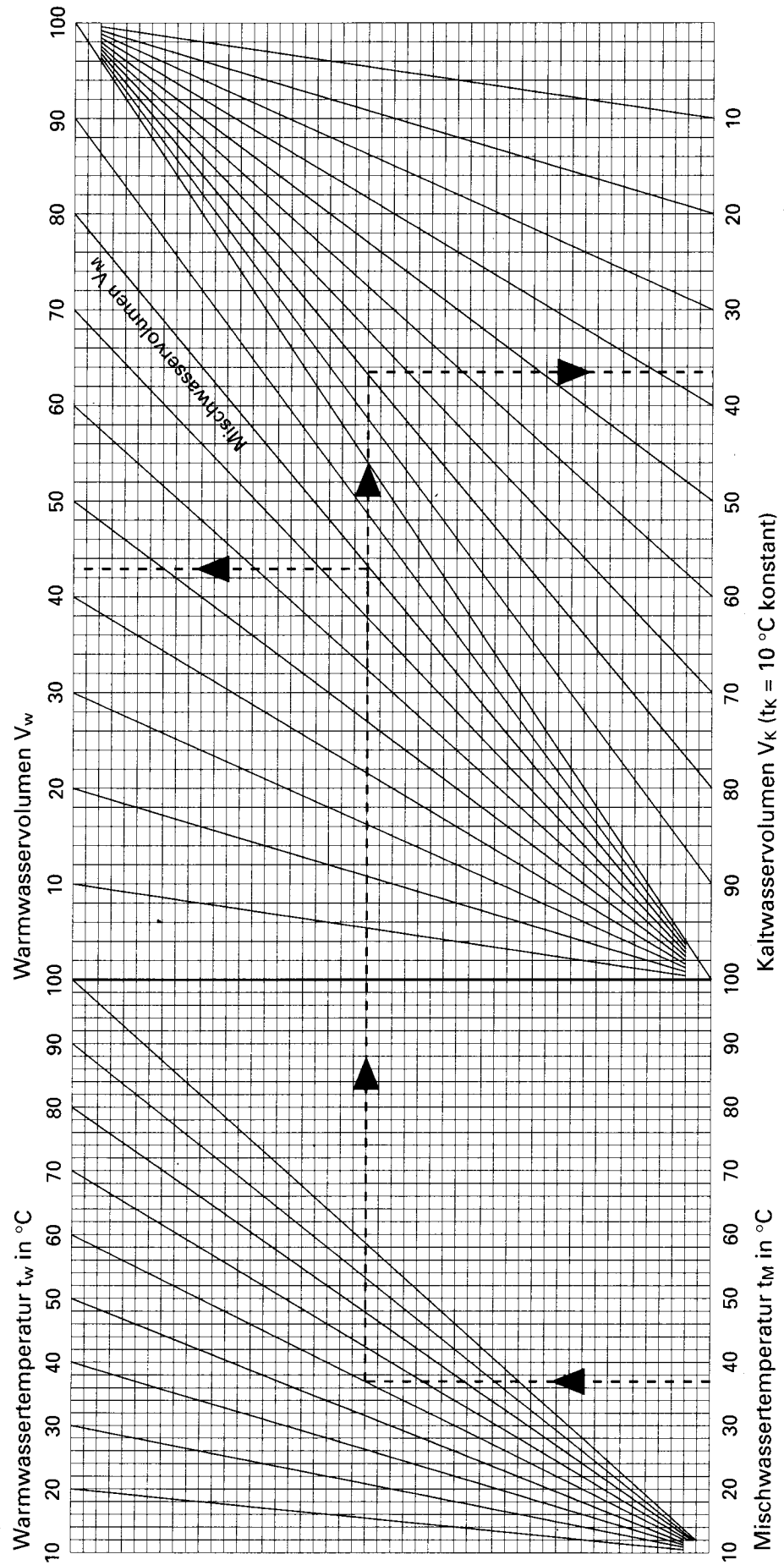
Mischwasserdiagramm

Mischwasserformeln:

$$V_K = \frac{(V_M \cdot t_M) + (V_W \cdot t_W)}{t_K}$$

$$V_M = \frac{(V_K \cdot t_K) + (V_W \cdot t_W)}{t_M}$$

$$V_W = \frac{(V_M \cdot t_M) - (V_K \cdot t_K)}{t_W}$$



Grundlagen**Dämmsysteme nach Montageort, Leitungen****Richtlinien für Kaltwasser- und Regenwasserableitung**

Ausführungs-Nr. VSI	Ver-teiler-räume +Zen-tralen	sicht-bar	Zwischen-decken		Lei-tungs-schäch-te Hohl-räume	Fernleitung Kanal		im Freien	unter Putz	feuchte Räume		
			unbe-lüftet	be-lüftet		unbe-gebar	be-gebar			sicht-bar	Zwi-schen-decke	unter-Putz
102.00.210	–	–	++	–	++	++	–	–	–	–		+
102.02.210	++	++	+	+	+	+	++	–	++	++	+	+
102.02.330	++	++	+	+	+	+	++	–	++	++	+	+
102.03/04.210	++	++	+	+	+	+	++	++	–	++	+	–
102.03 / 04.330	++	++	+	+	+	+	++	++	–	++	+	–
102.06.210	–	–	+	–	+	++	+	+	+	+	++	++
103.03 / 04.000	++	++	+	+	+	+	++	++		++	–	–
107.00.000	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++

Richtlinien für Heizungsleitungen, Warmwasserverteil- und Zirkulationsleitungen

Ausführungs-Nr. VSI	Ver-teiler-räume +Zen-tralen	sicht-bar	Zwischen-decken		Lei-tungs-schäch-te Hohl-räume	Fernleitung Kanal		im Freien	unter Putz	feuchte Räume		
			unbe-lüftet	be-lüftet		unbe-gebar	be-gebar			sicht-bar	Zwi-schen-decke	unter-Putz
101.00.000	–	–	++	–	++	+	–	–	–	–	–	–
101.01.000	–	–	–	–	+	+	–	–	++	+	+	++
101.02.000	++	++	+	++	+	+	+	–	++	++	+	+
101.03 / 04.000	++	++	+	++	+	+	++	++	–	++	++	–
101.06.000	–	–	+	–	+	++	+	+	+	+	++	++
101.10.000	–	–	+	++	++	+	+	–	+	–	–	–

Legende:

++ = empfehlenswert + = möglich
 – = nicht empfehlenswert / nicht anwendbar

Hinweis: Da die VSI-Nummern in der Praxis allgemein bekannt und im üblichen Sprachgebrauch verwendet werden, sind die vorgängigen Tabellen auf diesem Nummern-Index aufgebaut.

Für kurze Einzelanschlussleitungen ohne spezielle Anforderungen dürfen auch Bandagedämmungen verwendet werden.

Für Berechnungen und konkrete Vorschläge stehen die Fachfirmen des schweizerischen Isoliergewerbes zur Verfügung.

Grundlagen**Dämmsysteme nach Montageort, Armaturen****Richtlinien für Armaturen und Apparate (Bereich Wärme)**

Ausführungs-Nr. nach VSI	Armaturen und Flanschen		Apparate	
	Verteilteräume und Zentralen	im Freien	Verteilteräume und Zentralen	im Freien
501.02.000	++	–	–	–
501.03.000	++	++	++	++
501.04.000	++	++	++	++
502.02.000	+	–	+	–
502.03.000	+	+	+	+
502.04.000	+	+	+	+
503.03.000	+	+	+	+
503.04.000	+	+	+	+

Richtlinien für Armaturen und Apparate (Bereich Kälte)

Ausführung Nr. nach VSI	Armaturen und Flanschen	Apparate
502.02.220/340	+	
502.03.220/340	+	
502.04.220/340	+	
503.03.000	++	
503.04.000	++	
507.00.000	+	
802.03.220/340		+
802.04.220/340		+
803.03.000		++
803.04.000		++
807.00.000		+

Legende:

++ = empfehlenswert + = möglich
 – = nicht empfehlenswert / nicht anwendbar

Hinweis: Da die VSI-Nummern in der Praxis allgemein bekannt sind und im üblichen Sprachgebrauch verwendet werden, sind die vorgängigen Tabellen auf diesem Nummern-Index aufgebaut.

Wärmeabgaben

Wärmeabgabe, Stahlrohr gedämmt in $\left[\frac{W}{m^1 \cdot K} \right]$

Ohne Berücksichtigung allfälliger Wärmebrücken durch Rohthalterungen und Schlitzte

Dämm- stärke in mm	λ Dämmung $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100
		1/2"	3/4"	1"	5/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
		Di 16.0 Da 21.3	21.6 26.9	26.9 33.7	35.9 42.4	41.8 48.3	53.0 60.3	68.8 76.1	80.8 88.9	105.3 114.3
20	0.025	0.1380	0.1594	0.1848	0.2168	0.2382	0.2813	0.3377	0.3831	0.4728
	0.030	0.1633	0.1884	0.2183	0.2558	0.2810	0.3317	0.3978	0.4511	0.5564
	0.040	0.2117	0.2439	0.2821	0.3301	0.3623	0.4272	0.5118	0.5799	0.7145
	0.050	0.2574	0.2962	0.3422	0.3999	0.4385	0.5164	0.6179	0.6997	0.8612
	0.060	0.3008	0.3457	0.3987	0.4654	0.5100	0.5999	0.7171	0.8115	0.9979
30	0.025	0.1122	0.1278	0.1461	0.1689	0.1841	0.2147	0.2543	0.2862	0.3488
	0.030	0.1334	0.1519	0.1736	0.2006	0.2186	0.2547	0.3016	0.3392	0.4133
	0.040	0.1748	0.1988	0.2269	0.2620	0.2853	0.3321	0.3929	0.4416	0.5375
	0.050	0.2148	0.2440	0.2783	0.3209	0.3493	0.4062	0.4800	0.5392	0.6557
	0.060	0.2535	0.2877	0.3277	0.3775	0.4107	0.4771	0.5633	0.6324	0.7684
40	0.025	0.0977	0.1102	0.1248	0.1428	0.1547	0.1786	0.2095	0.2342	0.2826
	0.030	0.1165	0.1314	0.1487	0.1701	0.1843	0.2126	0.2492	0.2785	0.3360
	0.040	0.1535	0.1729	0.1955	0.2234	0.2420	0.2790	0.3268	0.3649	0.4399
	0.050	0.1895	0.2133	0.2410	0.2753	0.2980	0.3433	0.4017	0.4484	0.5401
	0.060	0.2247	0.2527	0.2853	0.3256	0.3523	0.4056	0.4742	0.5291	0.6368
50	0.025	0.0883	0.0988	0.1111	0.1261	0.1361	0.1558	0.1813	0.2015	0.2412
	0.030	0.1054	0.1180	0.1326	0.1505	0.1623	0.1858	0.2161	0.2402	0.2873
	0.040	0.1393	0.1558	0.1749	0.1984	0.2139	0.2447	0.2844	0.3160	0.3777
	0.050	0.1725	0.1928	0.2163	0.2452	0.2643	0.3022	0.3509	0.3897	0.4656
	0.060	0.2051	0.2291	0.2569	0.2911	0.3136	0.3584	0.4158	0.4616	0.5511
60	0.025	0.0816	0.0908	0.1014	0.1144	0.1230	0.1400	0.1617	0.1790	0.2127
	0.030	0.0975	0.1085	0.1212	0.1367	0.1469	0.1672	0.1931	0.2136	0.2538
	0.040	0.1290	0.1435	0.1602	0.1807	0.1941	0.2207	0.2547	0.2818	0.3345
	0.050	0.1601	0.1780	0.1986	0.2238	0.2404	0.2732	0.3152	0.3485	0.4134
	0.060	0.1907	0.2120	0.2364	0.2662	0.2858	0.3247	0.3743	0.4137	0.4906
80	0.025					0.1058	0.1193	0.1363	0.1498	0.1759
	0.030					0.1266	0.1426	0.1630	0.1791	0.2103
	0.040					0.1677	0.1888	0.2157	0.2369	0.2781
	0.050					0.2083	0.2344	0.2677	0.2939	0.3448
	0.060					0.2483	0.2794	0.3189	0.3501	0.4105
100	0.025					0.0949	0.1061	0.1203	0.1315	0.1530
	0.030					0.1136	0.1270	0.1440	0.1573	0.1831
	0.040					0.1507	0.1685	0.1909	0.2085	0.2426
	0.050					0.1874	0.2095	0.2373	0.2592	0.3014
	0.060					0.2238	0.2501	0.2832	0.3092	0.3594



Empfohlene Dämmstärke für Zirkulationssysteme

Wärmeabgaben W

Wärmeabgabe, Kupferrohr gedämmt in $\left[\frac{W}{m^1 \cdot K} \right]$

Ohne Berücksichtigung allfälliger Wärmebrücken durch Rohthalterungen und Schlitzte

Isolier- stärke in mm m·K	λ Dämmung $\left[\frac{W}{Da 12} \right]$	10/12	13/15	16/18	20/22	25/28	32/35	39/42	50/54	72/76	85/89	103/108
		Di 10 15	13 18	16 22	20 28	25 35	32 42	39 54	50 76.1	72.1 88.9	84.9 108	103
20	0.025	0.1006	0.1131	0.1251	0.1408	0.1636	0.1897	0.2153	0.2588	0.3377	0.3831	0.4506
	0.030	0.1192	0.1339	0.1481	0.1665	0.1933	0.2240	0.2541	0.3051	0.3979	0.4512	0.5304
	0.040	0.1552	0.1740	0.1922	0.2158	0.2502	0.2894	0.3280	0.3933	0.5118	0.5800	0.6813
	0.050	0.1894	0.2121	0.2341	0.2624	0.3038	0.3510	0.3973	0.4757	0.6181	0.6999	0.8214
	0.060	0.2221	0.2484	0.2738	0.3066	0.3544	0.4089	0.4625	0.5530	0.7173	0.8117	0.9520
30	0.025	0.0844	0.0938	0.1027	0.1142	0.1308	0.1496	0.1679	0.1987	0.2544	0.2862	0.3334
	0.030	0.1006	0.1116	0.1222	0.1358	0.1555	0.1777	0.1994	0.2359	0.3016	0.3393	0.3950
	0.040	0.1321	0.1465	0.1603	0.1779	0.2035	0.2323	0.2604	0.3077	0.3929	0.4416	0.5139
	0.050	0.1627	0.1803	0.1971	0.2186	0.2497	0.2848	0.3190	0.3765	0.4801	0.5393	0.6270
	0.060	0.1925	0.2131	0.2327	0.2579	0.2943	0.3353	0.3753	0.4425	0.5634	0.6325	0.7349
40	0.025	0.0752	0.0828	0.0901	0.0993	0.1126	0.1275	0.1420	0.1662	0.2095	0.2342	0.2707
	0.030	0.0897	0.0988	0.1074	0.1184	0.1342	0.1519	0.1691	0.1978	0.2493	0.2785	0.3218
	0.040	0.1184	0.1303	0.1416	0.1560	0.1766	0.1997	0.2222	0.2597	0.3268	0.3650	0.4214
	0.050	0.1465	0.1611	0.1749	0.1926	0.2179	0.2463	0.2738	0.3197	0.4018	0.4485	0.5175
	0.060	0.1740	0.1912	0.2075	0.2284	0.2582	0.2915	0.3239	0.3778	0.4743	0.5292	0.6103
50	0.025	0.0690	0.0756	0.0818	0.0896	0.1009	0.1134	0.1254	0.1455	0.1813	0.2015	0.2314
	0.030	0.0825	0.0903	0.0977	0.1071	0.1204	0.1353	0.1497	0.1736	0.2161	0.2402	0.2757
	0.040	0.1091	0.1194	0.1291	0.1414	0.1590	0.1785	0.1974	0.2287	0.2844	0.3160	0.3625
	0.050	0.1353	0.1480	0.1600	0.1751	0.1967	0.2208	0.2440	0.2825	0.3510	0.3898	0.4469
	0.060	0.1611	0.1761	0.1903	0.2082	0.2338	0.2622	0.2896	0.3351	0.4159	0.4616	0.5291
60	0.025	0.0645	0.0704	0.0758	0.0827	0.0925	0.1034	0.1139	0.1312	0.1617	0.1790	0.2044
	0.030	0.0772	0.0842	0.0907	0.0989	0.1106	0.1236	0.1360	0.1566	0.1931	0.2137	0.2439
	0.040	0.1023	0.1115	0.1201	0.1309	0.1463	0.1634	0.1798	0.2069	0.2548	0.2818	0.3216
	0.050	0.1271	0.1384	0.1490	0.1624	0.1814	0.2025	0.2227	0.2561	0.3152	0.3485	0.3975
	0.060	0.1515	0.1650	0.1776	0.1935	0.2160	0.2410	0.2649	0.3045	0.3744	0.4138	0.4717
80	0.025						0.0902	0.0986	0.1123	0.1363	0.1498	0.1695
	0.030						0.1079	0.1179	0.1343	0.1630	0.1791	0.2026
	0.040						0.1430	0.1562	0.1779	0.2157	0.2369	0.2680
	0.050						0.1777	0.1941	0.2208	0.2677	0.2939	0.3323
	0.060						0.2120	0.2315	0.2633	0.3189	0.3501	0.3957
100	0.025						0.0817	0.0887	0.1003	0.1203	0.1315	0.1478
	0.030						0.0978	0.1062	0.1200	0.1440	0.1573	0.1768
	0.040						0.1298	0.1410	0.1592	0.1909	0.2086	0.2343
	0.050						0.1615	0.1754	0.1980	0.2373	0.2592	0.2910
	0.060						0.1930	0.2095	0.2365	0.2832	0.3093	0.3472

 Empfohlene Dämmstärke für Zirkulationssysteme

Wärmeabgaben

Wärmeabgabe, Polypropylenrohr (Unisan) gedämmt in $\left[\frac{W}{m^1 \cdot K} \right]$

Ohne Berücksichtigung allfälliger Wärmebrücken durch Rohrhalterungen und Schlitzte

Isolier stärke in mm	λ Dämmung $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	Di Da	DN 10 3/8" 10.6 16.0	DN 15 1/2" 13.2 20.0	DN 20 3/4" 16.6 25.0	DN 25 1" 21.2 32.0	DN 32 5/4" 26.6 40.0	DN 40 1 1/2" 33.2 50.0	DN 50 2" 42.0 63.0	DN 65 2 1/2" 50.0 75.0
20	0.025		0.1135	0.1283	0.1462	0.1702	0.1969	0.2291	0.2699	0.3063
	0.030		0.1336	0.1508	0.1716	0.1994	0.2302	0.2673	0.3141	0.3557
	0.040		0.1717	0.1932	0.2192	0.2538	0.2920	0.3375	0.3948	0.4454
	0.050		0.2071	0.2324	0.2630	0.3034	0.3479	0.4007	0.4669	0.5248
	0.060		0.2401	0.2688	0.3034	0.3489	0.3989	0.4579	0.5315	0.5956
30	0.025		0.0943	0.1053	0.1186	0.1363	0.1558	0.1793	0.2091	0.2357
	0.030		0.1117	0.1246	0.1402	0.1608	0.1836	0.2110	0.2455	0.2762
	0.040		0.1452	0.1616	0.1814	0.2075	0.2363	0.2706	0.3137	0.3519
	0.050		0.1770	0.1967	0.2203	0.2513	0.2854	0.3258	0.3765	0.4212
	0.060		0.2073	0.2299	0.2570	0.2925	0.3313	0.3772	0.4345	0.4848
40	0.025		0.0833	0.0923	0.1031	0.1173	0.1329	0.1517	0.1753	0.1964
	0.030		0.0990	0.1096	0.1222	0.1389	0.1573	0.1792	0.2068	0.2314
	0.040		0.1294	0.1430	0.1592	0.1806	0.2039	0.2317	0.2666	0.2976
	0.050		0.1586	0.1750	0.1945	0.2201	0.2481	0.2812	0.3227	0.3593
	0.060		0.1867	0.2057	0.2283	0.2578	0.2900	0.3279	0.3753	0.4169
50	0.025		0.0760	0.0838	0.0929	0.1050	0.1181	0.1338	0.1536	0.1712
	0.030		0.0905	0.0996	0.1104	0.1246	0.1401	0.1586	0.1817	0.2024
	0.040		0.1187	0.1305	0.1444	0.1626	0.1825	0.2061	0.2357	0.2618
	0.050		0.1460	0.1602	0.1771	0.1991	0.2231	0.2514	0.2867	0.3179
	0.060		0.1724	0.1890	0.2086	0.2341	0.2619	0.2945	0.3351	0.3708
60	0.025		0.0708	0.0776	0.0857	0.0962	0.1077	0.1213	0.1384	0.1536
	0.030		0.0844	0.0924	0.1019	0.1144	0.1279	0.1440	0.1641	0.1819
	0.040		0.1109	0.1214	0.1337	0.1498	0.1672	0.1878	0.2136	0.2364
	0.050		0.1367	0.1494	0.1644	0.1839	0.2050	0.2298	0.2608	0.2881
	0.060		0.1618	0.1766	0.1941	0.2168	0.2413	0.2701	0.3059	0.3373
80	0.025						0.0938	0.1047	0.1183	0.1304
	0.030						0.1116	0.1245	0.1406	0.1549
	0.040						0.1465	0.1632	0.1839	0.2023
	0.050						0.1802	0.2005	0.2257	0.2477
	0.060						0.2130	0.2366	0.2658	0.2914
100	0.025						0.0848	0.0940	0.1055	0.1156
	0.030						0.1010	0.1120	0.1256	0.1375
	0.040						0.1329	0.1471	0.1647	0.1802
	0.050						0.1639	0.1812	0.2027	0.2214
	0.060						0.1941	0.2144	0.2394	0.2612

 Empfohlene Dämmstärke für Zirkulationssysteme

Dämmdicken und Wärmeverluste von Behältern und Geräten

Wärmedämmung von Wärmespeichern und Wassererwärmern

(Es sind die gültigen Energiegesetze zu beachten)

1. Wärmespeicher und Wassererwärmer mit Platzmontage der Wärmedämmung

Minimale, allseitige Dicke der Dämmschicht bei einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0.04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ bei einer Wärmelast von 50°C

Bis und mit 400 l Speicherinhalt	Bis und mit 2000 l Speicherinhalt	Über 2000 l Speicherinhalt
100 mm	120 mm	160 mm

2. Wärmespeicher und Wassererwärmer mit Werkwärmedämmung

Randbedingungen: Betriebstemperatur 60°C , Raumlufttemperatur 20°C , ohne Wasserentnahme.
Zusammenstellung der maximal zulässigen Stillstandsverluste

Speicherinhalt in Litern	30	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Wh pro 24 Stunden	780	912	1250	1870	2500	3000	3250	3500	3760	4020	4200

Speicherinhalt in Litern	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Wh pro 24 Stunden	4370	4500	4610	4680	4730	4760	4790	4820	4850	4880	4900

Zwischengrößen sind linear zu interpolieren.

Bei abweichenden Werten der Wärmeleitkoeffizienten ist die minimale Dämmstoffdicke auf gleiche Wärmedämmeigenschaften umzurechnen. Die für die Umrechnung einzusetzenden, temperaturabhängigen Wärmeleitkoeffizienten sind durch ein Prüfzeugnis einer staatlich anerkannten Prüfstelle nachzuweisen.

Bereitschaftsverluste für Gasgeräte, maximal zulässige Werte

Maximal zulässige Bereitschaftsverluste für direkt befeuerte Gas-Speicher-Wassererwärmer mit atmosphärischen Brennern.

Randbedingungen: Speicher-Wassertemperatur 60°C , Raumlufttemperatur 20°C , ohne Wasserentnahme

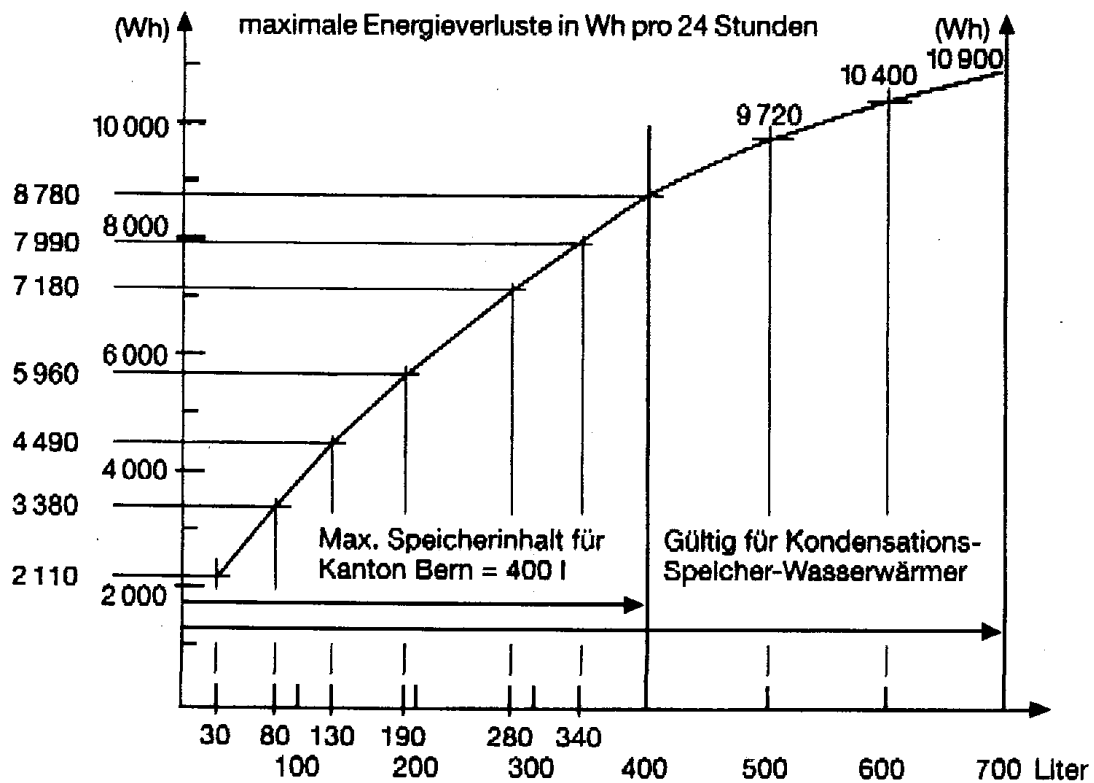
Speicherinhalt in Litern (max. 400 l)	30	80	130	190	280	340	400
Maximale Energieverluste in Wh pro 24 Stunden	2110	3380	4490	5690	7180	7990	8780

Speicherinhalt in Litern, gültig für Kondensations-Speicher-Wassererwärmer	30	80	130	190	280	340	400	500	600	700
Maximale Energieverluste in Wh pro 24 Stunden	2110	3380	4490	5690	7180	7990	8780	9720	10400	10900

Dämmdicken und Wärmeverluste von Behältern und Geräten (Fortsetzung)

Wärmedämmung von Wärmespeichern und Wassererwärmern

Zwischengrößen sind linear zu interpolieren. Die Bereitschaftsverluste für indirekte beheizte Speicher-Wasserwärmer richtet sich nach Wärmedämmung von Wärmespeichern (siehe vorstehend).



Technisches Arbeitsblatt für die
**Bestimmung der Wassererwärmungsanlage
 und der Warmwasserverteilanlage**

Datum: _____

Revidiert: _____

Visum: _____

1. Objekt: _____
 Gebäudeart _____

2. Versorgungsart: _____
 Einzel-, Gruppen-, Zentralwarmwasserversorgung _____

3.	Warmwasserbedarf	Einheit		Bedarf in l/Tag a°C		
	Zweckbestimmung	Art	Anzahl	à l/Tag	min.	Mittel max.

4.	Berechnungsgrundlagen:		WW-Entnahmestellen Art	Anzahl	Total Einheiten	Spitzen- volumen- strom l/min.	Rohrweite Anschluss		Zirk.
							Kalt	Warm	

5. Wärmeenergiemittel Art: _____
 Heizwert: _____
 Kosten: _____

6. Wassererwärmer Art: _____ Typ: _____

Werkstoff _____ Volumen: _____

Erwärmer Einsatz _____ Abmessungen: _____

Erwärmer Einsatz _____ Ø _____

L
H

Temperaturen: Kaltwasser °C

Warmwasser °C

Erwärmermedium °C

Erwärmerwärmeleistung kW

Steuerung der Erwärmung _____

besondere Merkmale _____

Kalkkorrosionsschutz _____

Isolierung: Isolierstoff _____

Dicke in mm _____

Technisches Arbeitsblatt für die
**Bestimmung der Wassererwärmungsanlage
 und der Warmwasserverteilanlage**

7.	Verteilleitungen System:	Einzelleitungen Zirkulationssystem kombiniertes System					
	Werkstoffe	Hauptverteilleitungen Apparateanschlüsse Wohnungsverteilungen					
	Absperrorgane:	Steigleitungen Gruppen (Wohnungen) Einzelleitungen					
	Ausdehnung: Kompensatoren	Art: Disposition					
	Isolierungen:	Rohr DN	15-20	25-32	40-50	65-85	100-125
	offen montiert	Dicke in mm					
	verdeckt montiert	Dicke in mm					
8.	Zirkulation	Berechnungen sep. Arbeitsblatt Warmwassertemperatur					
		Erwärmer- Austritt Vorlauf ____ °C Eintritt Zirk. ____ °C					
	Zirkulationspumpe:	Typ					
		Förderhöhe in mbar					
		Fördervolumenstrom l/s					
		Motor					
		Anschlüsse					
		Steuerung					
	Regulierung:	Regulierorgan Typ					
9.	Abrechnung Warmwasser Gesamtkosten (Wirtschaftlichkeitsausweis)	Pauschal pro Verbrauchereinheit Preis pro m ³					
10.	Besondere Anforderungen						

TabelleA: Annuitätsfaktoren

Nutzungs- dauer in J.	Kalkulationszinssatz											
	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	15.0%	20.0%
1	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.150	1.200
2	0.508	0.515	0.523	0.530	0.538	0.545	0.553	0.561	0.568	0.576	0.615	0.655
3	0.340	0.347	0.354	0.360	0.367	0.374	0.381	0.388	0.395	0.402	0.438	0.475
4	0.256	0.263	0.269	0.275	0.282	0.289	0.295	0.302	0.309	0.315	0.350	0.386
5	0.206	0.212	0.218	0.225	0.231	0.237	0.244	0.250	0.257	0.264	0.298	0.334
6	0.173	0.179	0.185	0.191	0.197	0.203	0.210	0.216	0.223	0.230	0.264	0.301
7	0.149	0.155	0.161	0.167	0.173	0.179	0.186	0.192	0.199	0.205	0.240	0.277
8	0.131	0.137	0.142	0.149	0.155	0.161	0.167	0.174	0.181	0.187	0.223	0.261
9	0.117	0.123	0.128	0.134	0.141	0.147	0.153	0.160	0.167	0.174	0.210	0.248
10	0.106	0.111	0.117	0.123	0.130	0.136	0.142	0.149	0.156	0.163	0.199	0.239
11	0.096	0.102	0.108	0.114	0.120	0.127	0.133	0.140	0.147	0.154	0.191	0.231
12	0.089	0.095	0.100	0.107	0.113	0.119	0.126	0.133	0.140	0.147	0.184	0.225
13	0.082	0.088	0.094	0.100	0.106	0.113	0.120	0.127	0.134	0.141	0.179	0.221
14	0.077	0.083	0.089	0.095	0.101	0.108	0.114	0.121	0.128	0.136	0.175	0.217
15	0.072	0.078	0.084	0.090	0.096	0.103	0.110	0.117	0.124	0.131	0.171	0.214
16	0.068	0.074	0.080	0.086	0.092	0.099	0.106	0.113	0.120	0.128	0.168	0.211
17	0.064	0.070	0.076	0.082	0.089	0.095	0.102	0.110	0.117	0.125	0.165	0.209
18	0.061	0.067	0.073	0.079	0.086	0.092	0.099	0.107	0.114	0.122	0.163	0.208
19	0.058	0.064	0.070	0.076	0.083	0.090	0.097	0.104	0.112	0.120	0.161	0.206
20	0.055	0.061	0.067	0.074	0.080	0.087	0.094	0.102	0.110	0.117	0.160	0.205
25	0.045	0.051	0.057	0.064	0.071	0.078	0.086	0.094	0.102	0.110	0.155	0.202
30	0.039	0.045	0.051	0.058	0.065	0.073	0.081	0.089	0.097	0.106	0.152	0.201
35	0.034	0.040	0.047	0.054	0.061	0.069	0.077	0.086	0.095	0.104	0.151	0.200
40	0.030	0.037	0.043	0.051	0.058	0.066	0.075	0.084	0.093	0.102	0.151	0.200
50	0.026	0.032	0.039	0.047	0.055	0.063	0.072	0.082	0.091	0.101	0.150	0.200

Tabelle B: Mittelwertfaktoren

Kalkulationszinssatz: 1% Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	-2.0%	-1.0%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%
5	0.942	0.971	1.000	1.030	1.061	1.093	1.126	1.159	1.194
10	0.898	0.947	1.000	1.056	1.115	1.178	1.245	1.315	1.391
15	0.857	0.925	1.000	1.082	1.172	1.270	1.378	1.497	1.627
20	0.820	0.904	1.000	1.108	1.231	1.370	1.529	1.708	1.913
25	0.785	0.884	1.000	1.135	1.294	1.479	1.698	1.955	2.259
30	0.754	0.865	1.000	1.162	1.359	1.598	1.889	2.244	2.679

Kalkulationszinssatz: 2% Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	-1.0%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%
5	0.971	1.000	1.030	1.061	1.092	1.125	1.158	1.192	1.227
10	0.948	1.000	1.055	1.113	1.175	1.241	1.310	1.384	1.462
15	0.927	1.000	1.080	1.167	1.263	1.368	1.484	1.610	1.749
20	0.907	1.000	1.105	1.223	1.357	1.509	1.682	1.877	2.099
25	0.889	1.000	1.129	1.281	1.457	1.664	1.908	2.194	2.530
30	0.872	1.000	1.154	1.339	1.564	1.836	2.166	2.569	3.060

Kalkulationszinssatz: 3% Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0 %	8.0%
5	1.000	1.030	1.060	1.092	1.124	1.157	1.191	1.226	1.261
10	1.000	1.054	1.111	1.172	1.237	1.305	1.378	1.454	1.536
15	1.000	1.078	1.163	1.256	1.359	1.471	1.593	1.727	1.875
20	1.000	1.101	1.215	1.344	1.490	1.655	1.842	2.054	2.295
25	1.000	1.124	1.268	1.436	1.632	1.861	2.130	2.446	2.817
30	1.000	1.146	1.320	1.531	1.784	2.091	2.463	2.915	3.467

Kalkulationszinssatz: 4% Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%
5	1.030	1.060	1.091	1.123	1.156	1.190	1.224	1.260	1.296
10	1.053	1.110	1.170	1.233	1.300	1.371	1.446	1.526	1.611
15	1.076	1.159	1.250	1.349	1.458	1.577	1.707	1.849	2.005
20	1.098	1.208	1.332	1.472	1.630	1.808	2.010	2.239	2.499
25	1.118	1.256	1.415	1.600	1.817	2.069	2.365	2.712	3.118
30	1.138	1.302	1.499	1.735	2.019	2.363	2.778	3.283	3.896

Kalkulationszinssatz: 5% Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%
5	1.060	1.091	1.122	1.155	1.180	1.223	1.258	1.294	1.331
10	1.108	1.167	1.229	1.295	1.365	1.439	1.517	1.600	1.688
15	1.155	1.243	1.340	1.445	1.560	1.686	1.824	1.974	2.139
20	1.200	1.319	1.454	1.605	1.775	1.968	2.186	2.432	2.711
25	1.244	1.395	1.570	1.774	2.011	2.288	2.611	2.990	3.433
30	1.285	1.469	1.688	1.952	2.268	2.650	3.111	3.669	4.347

Kalkulationszinssatz: 6 %

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%
5	1.090	1.121	1.154	1.187	1.221	1.256	1.292	1.328	1.366
10	1.164	1.225	1.290	1.359	1.431	1.508	1.589	1.675	1.766
15	1.237	1.331	1.433	1.544	1.666	1.799	1.945	2.104	2.278
20	1.308	1.436	1.581	1.744	1.927	2.134	2.368	2.632	2.930
25	1.376	1.541	1.733	1.956	2.215	2.516	2.868	3.279	3.760
3	1.440	1.644	1.888	2.179	2.529	2.950	3.458	4.072	4.815

Kalkulationszinssatz: 7 %

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%
5	1.121	1.153	1.186	1.219	1.254	1.290	1.326	1.363	1.401
10	1.222	1.285	1.353	1.424	1.499	1.579	1.663	1.752	1.846
15	1.322	1.421	1.529	1.647	1.776	1.916	2.069	2.237	2.420
20	1.419	1.558	1.713	1.888	2.085	2.306	2.556	2.838	3.156
25	1.514	1.694	1.903	2.145	2.426	2.754	3.135	3.579	4.099
30	1.603	1.829	2.097	2.418	2.802	3.263	3.818	4.489	5.299

Kalkulationszinssatz: 8 %

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%
5	1.120	1.152	1.184	1.218	1.252	1.288	1.324	1.361	1.398
10	1.218	1.281	1.347	1.416	1.490	1.568	1.651	1.738	1.830
15	1.313	1.409	1.514	1.628	1.752	1.888	2.036	2.197	2.373
20	1.403	1.536	1.684	1.850	2.037	2.247	2.484	2.750	3.050
25	1.488	1.658	1.853	2.080	2.342	2.646	2.999	3.410	3.888
30	1.565	1.774	2.021	2.314	2.665	3.084	3.586	4.190	4.918

Kalkulationszinssatz: 10 %

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%
5	1.118	1.150	1.182	1.215	1.249	1.283	1.319	1.355	1.393
10	1.211	1.271	1.335	1.402	1.473	1.548	1.627	1.711	1.799
15	1.296	1.387	1.485	1.592	1.708	1.835	1.972	2.122	2.285
20	1.373	1.494	1.629	1.780	1.948	2.137	2.349	2.587	2.854
25	1.440	1.590	1.763	1.961	2.189	2.451	2.754	3.105	3.511
30	1.497	1.676	1.886	2.133	2.425	2.771	3.182	3.673	4.259

Kalkulationszinssatz: 15 %

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%
5	1.114	1.145	1.176	1.208	1.240	1.274	1.308	1.343	1.379
10	1.195	1.250	1.308	1.369	1.434	1.502	1.573	1.648	1.728
15	1.259	1.337	1.421	1.512	1.610	1.716	1.831	1.955	2.090
20	1.308	1.406	1.513	1.632	1.763	1.908	2.070	2.249	2.449
25	1.344	1.457	1.584	1.728	1.890	2.074	2.283	2.521	2.793
30	1.369	1.495	1.638	1.803	1.993	2.212	2.468	2.765	3.113

Tabelle C:
Nutzungsdauer / Betriebskosten (Wartung- und Unterhalt)

Die Angaben beziehen sich auf die Nutzungsdauer, während der ein Energiesystem bzw. eine Sparmassnahme amortisiert werden sollte. Unter günstigen Bedingungen und bei zweckmässigem Unterhalt kann die tatsächliche Lebensdauer höher sein als die vorgeschlagene Nutzungsdauer. Die Nutzungsdauer kann aber auch durch gewisse Fehler oder Mängel beim Material, bei der Vor-

fertigung, bei der Montage wesentlich geringer ausfallen als in der Tabelle angegeben.

Im folgenden werden nur die am häufigsten gebrauchten Anlagen und Sparmassnahmen mit ihren Nutzungsdauer und Betriebskosten (Kosten für Wartung und Unterhalt) aufgelistet. Weitere, detailliertere Informationen sind in den Publikationen «Abschreibungszeiten» vom Amt für Bundesbauten, «Haustechnik in der Integralen Planung» vom Bundesamt für Konjunkturfüragen und der SIA-Norm 380/1 zusammengestellt worden.

	Nutzungsdauer in Jahren	Betriebskosten (Wartung und Unterhalt)	
		in % des Anlagewertes ¹⁾	andere Vergleichsgrösse
Wärmeerzeugung			
Elektrisch Speicherheizgeräte, Direktheizgeräte	15	2	
Öl/Gas Kessel, Brenner	15	3	
Wärmepumpen mit Elektromotor-Antrieb	15	3	
Wärmepumpen mit Gas- oder Dieselmotorantrieb	15	5	
Klein-Blockheizkraftwerk (Erdgas) mit 7 – 15 kW _e	15	7 ^{2) 3)}	6.0 Rp/kWh _e ^{2) 3)}
Blockheizkraftwerk mit Industrie-Gasmotor	15	3.5 ³⁾	2.5 Rp/kWh _e ³⁾
Gasturbinen-Blockheizkraftwerk >1MW _e	15	5 ³⁾	2.0 Rp/kWh _e ³⁾
Sonnenenergie Gesamtanlagen	20	2	
Erdkollektoren, Erdsonden	15	2	
Hausübergabestation bei Fernwärme	15	2	
Holzfeuerung	15	muss individuell bestimmt werden	
Rohrleitungen Heizung	40	1	
Sanitär Kaltwasser	40	1	
Sanitär Warmwasser	25	2	
Fernwärmeverteilungen	30	2	
Heizflächen			
Heizkörper	30	1	
Fussbodenheizung	25	1,5	
Regelungen	15	3	
Thermostatische Ventile	15	3	

¹⁾ Der Anlagewert entspricht in der Regel den gesamten Aufwendungen für die fertig eingebaute Anlage (z.B. Aggregat inkl. Leitungen und Anschlüsse).

²⁾ Die relativ hohen Wartungs- und Unterhaltskosten beinhalten auch Austauschmotoren, was einer periodischen «Teilerneuerung» entspricht, somit kann auch bei kleinen BHKWs mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren gerechnet werden.

³⁾ Ohne Wartungskosten für den Katalysator. Für die Wartung des Katalysators ist zusätzlich mit 1.0 Rp./kWh_e bzw. mit 1% bis 2% des Anlagewertes zu rechnen.

	Nutzungsdauer in Jahren	Betriebskosten (Wartung und Unterhalt)	
		in % des Anlagewertes ¹⁾	andere Vergleichsgrösse
Pumpen			
Spaltrohrpumpen	15	2	
In-Line-Pumpen	15	2	
Sockel-Pumpen	20	2	
Wärmetauscher			
für Wärmerückgewinnung	15	3	
mit geschlossenem Wasserkreislauf	15	4	
rotierend	15	5	
Warmwasser			
Warmwasserspeicher	15	2	
Durchlauferhitzer	15	3	
Lüftungsanlagen	15	3,5	
Klimaanlagen	15	4	
Kälteanlagen > 300 kW ¹	15	3	
Wärmedämmung			
von Rohrleitungen	20	1	
zusätzliche Dämmung an Gebäudehülle	30	1	
Fenster	30	1,5	
Rolladen, Lamellenstoren	20	4	
Elektrogeräte			
Koch- und Heizgeräte	12	–	
Kochherde	15	–	
Kühlschränke	12	–	
Geschirrwaschmaschine	10	5	
Waschautomaten	10	5	
Tumbler	10	5	
Lampen			
Gühlampen	1'000 h		
FI-Lampen	8 000 h		
Leuchten	12		
Liftmotoren	15		

12.2 Vorschriften, Empfehlungen, Normen, Leitsätze

1.	SIA 380/1	Energie im Hochbau 1988	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein 8039 Zürich
2.	SIA 380/3	Wärmedämmungen von Leitungen, Kanälen und Behälter in Gebäuden 1991	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein 8039 Zürich
3.	SIA 380/7	Haustechnik 1985	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein 8039 Zürich
4.	SIA 385/3	Warmwasserversorgungen für Trinkwasser in Gebäuden 1991	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein 8039 Zürich
5.	W 3	Leitsätze für die Erstellung von Wasserinstallationen 1987	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches 8027 Zürich
6.	SIA 380/4	Elektrische Energie im Hochbau (in Arbeit)	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein 8039 Zürich
7.	G 1	Gasleitsätze 1989	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches 8027 Zürich
8.	G 3	Richtlinien für Gasheizungen mit Nennleistungen grösser als 70 kW und einem Betriebsdruck bis 5 bar 1989	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches 8027 Zürich
9.	SWKI Nr. 88-3	Betriebskosten-Berechnung wärmetechnischer Einrichtungen 1988	Schweizerischer Verein von Wärme- und Klimaingenieuren 3001 Bern
10.	VSI	Richtlinien für Dämmungen im Wärmebereich Haustechnik 1986	Verband Schweizerischer Isolierfirmen 8000 Zürich
11.	BAG	Empfehlungen «Legionelle»	Bundesamt für Gesundheit 3000 Bern
12.	VSE	Reduktion der Anschlusswerte von Elektro-Boilern	Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke 8023 Zürich

12.3 Literaturverzeichnis

- | | | | |
|-----|-----------------------------------|--|--|
| 1. | VSSH | SI-Handbuch 1992 | Vereinigung Schweizerischer
Sanitär- und Heizungsfachleute
3400 Burgdorf |
| 2. | K. Bösch und Otto Fux | Warmwasserversorgung
heute 1984 | AT Verlag
5000 Aarau |
| 3. | Bundesamt für
Konjunkturfragen | Wasser in Haustechnikanlagen
1987 | Impulsprogramm Haustechnik
EDMZ 3000 Bern |
| 4. | SSIV | Verbesserte Energienutzung
in der Haustechnik (VEITH)
1991 | Schweizerischer Spenglermeister-
und Installateur- Verband
8000 Zürich |
| 5. | Bundesamt für
Konjunkturfragen | Leitfaden für wärmetechnische
Gebäudesanierung | Impulsprogramm Haustechnik
EDMZ 3000 Bern |
| 6. | LWB | Warmwasserkurs WBK | A. Probst
3400 Burgdorf |
| 7. | INFEL-Info | Elektrizitätsanwendung in
der Praxis 1984 | Informationsstelle für
Elektrizitätsanwendung
8023 Zürich |
| 8. | Publikation SI | Stillstandsverluste von
Warmwasser-Speichern 1991 | W. Kubik
3000 Bern |
| 9. | Bundesamt für
Konjunkturfragen | Messen in der Haustechnik
1986 | Impulsprogramm Haustechnik
EDMZ 3000 Bern |
| 10. | Bundesamt für
Konjunkturfragen | RAVEL zahlt sich aus
1992 | Impulsprogramm Haustechnik
EDMZ 3000 Bern |

Zukunftsorientierte Warmwasseranlagen

I	Einleitung	155
II	Hauptelemente der Warmwasseranlagen	155
III	Versorgungsarten	156
IV	Warmwasserverbrauch	157
V	Bivalente Anlagen	159
VI	Zentrale Warmwasseranlagen mit Wärmepumpen	160
VII	Bivalente Wassererwärmung mit dezentralem Hochschrankboiler	163
VIII	Wärmepumpenwasserwärmer (WPW)	167
IX	Wärmepumpe zur Deckung von Zirkulationswärmeverlusten	170
X	Wasserwärmer mit Sonnenkollektoren	175
XI	Zusammenfassung	178
Literaturhinweise		

I Einleitung

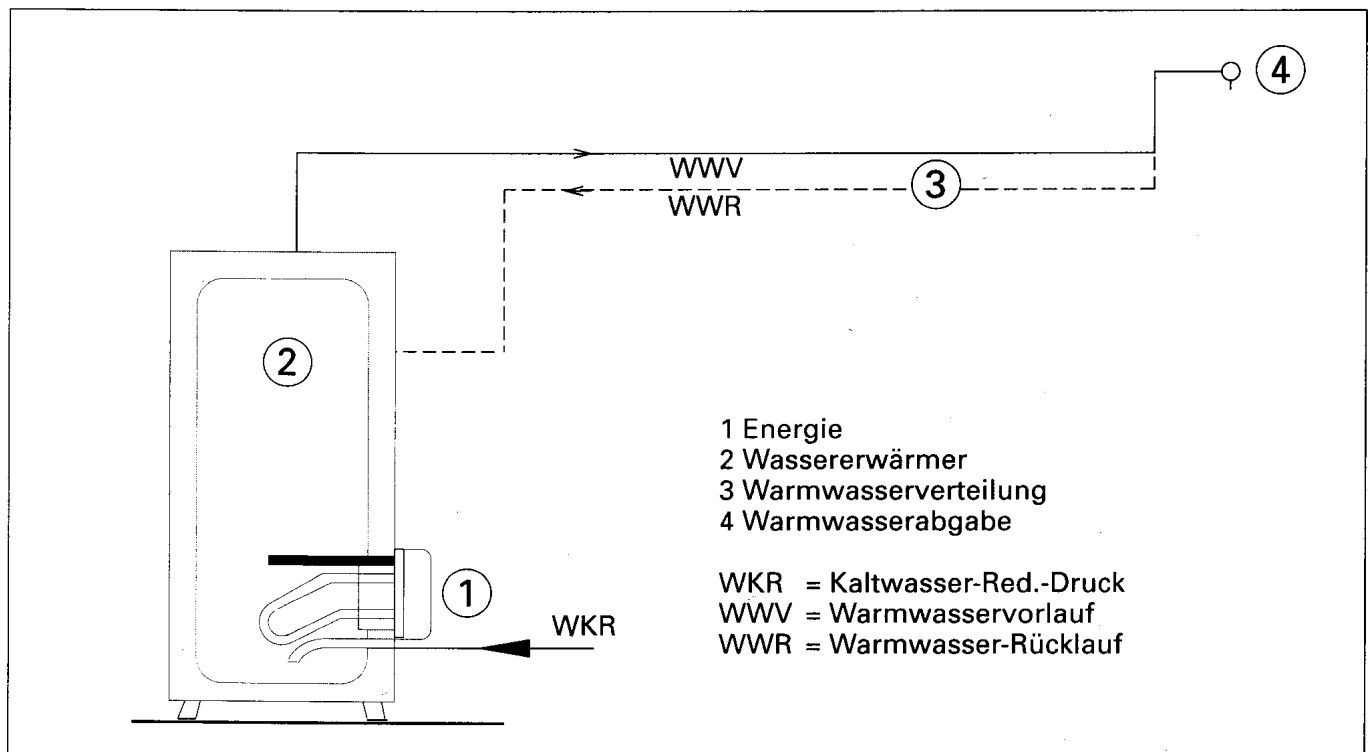
Haushalte mit Elektro-Wassererwärmern verbrauchen rund einen Drittel bis zur Hälfte des Strombezugs für das Warmwasser. Neue Erkenntnisse aus zahlreichen Untersuchungen zeigen: Das Benutzerverhalten ist nur zum Teil dafür verantwortlich, ob die Energiekosten für das Warmwasser grösser oder kleiner werden. Schon bei der Planung und Auslegung wird ein bedeutender Teil der Energierechnung bereits vorbestimmt. Mit altbewährten Techniken, eingebaut in innovative Warmwasser-Systeme, kann Energie gespart werden.

Es braucht dazu etwas mehr Überlegung als bei konventionellen Anlagen. Der Planer darf nicht nur aus der Erfahrungskiste kramen, wenn er zu neuen und guten Lösungen gelangen will: Ganz bestimmt dürfen nur dort Warmwasserentnahmestellen installiert werden, wo sie mindestens einmal im Tag benutzt werden.

In den nachfolgenden Kapiteln werden einige Hinweise und Ideen zu zukunftsorientierten Warmwasseranlagen aufgezeigt.

II Hauptelemente der Warmwasseranlagen

Die vier Hauptelemente einer Warmwasseranlage sind der Energieträger, der Wassererwärmer, die Warmwasserverteilung und die Warmwasserabgabestelle (Bild 1). Diese müssen gut aufeinander abgestimmt sein, um einen sinnvollen und wirtschaftlichen Betrieb zu garantieren. Deren Komponenten sind richtig zu berechnen und in das Warmwasser-System einzubauen, damit die Funktion optimal sein kann.



III Versorgungsarten

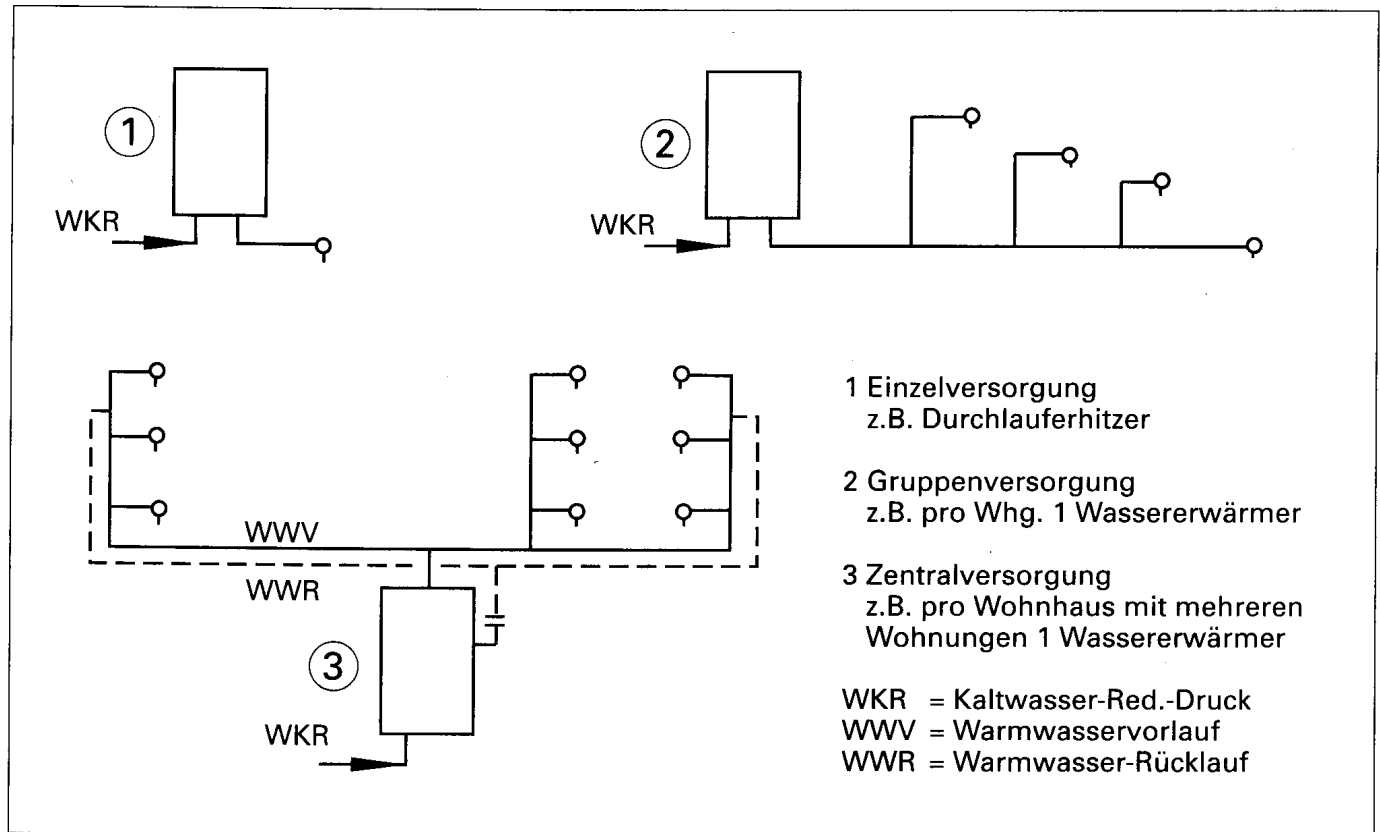
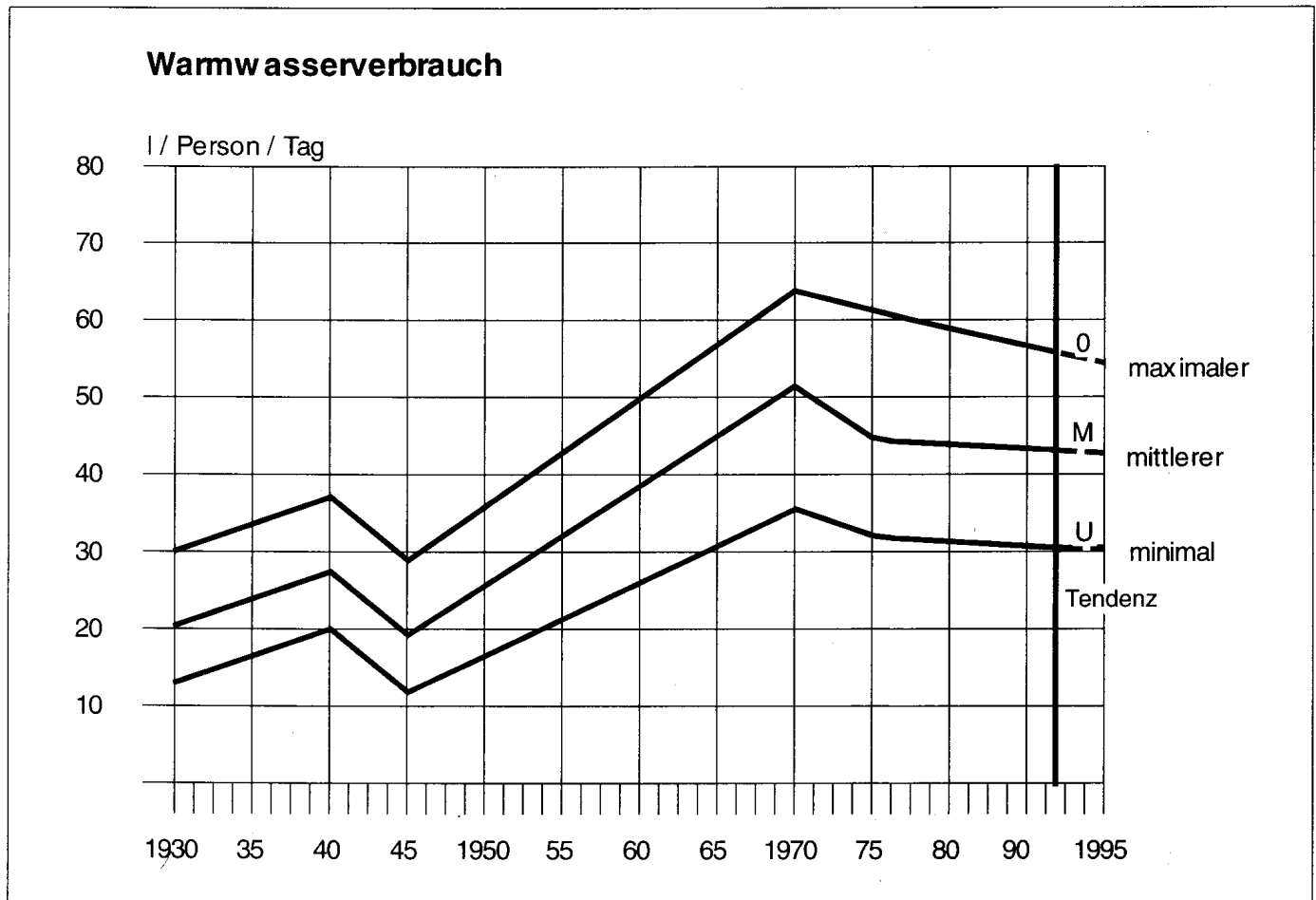


Bild 2: Warmwasser-Versorgungsarten

Die verschiedenen Versorgungsarten sind in Bild 2 dargestellt. Untersuchungen im Wohnungsbau haben gezeigt, dass bei Einzel-, resp. Gruppenversorgungen, weniger Warmwasser verbraucht wird als bei Zentralversorgungen. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, dass bei einer Zentralversorgung Warmwasser unbegrenzt zur Verfügung steht (höherer Komfort). Wird bei der Zentralversorgung der Warmwasserverbrauch pro Wohnung gemessen und abgerechnet, so reduziert sich derselbe, weil der Bezüger seinen Verbrauch auch selber zahlen muss. Mit anderen Worten: nur wenn gemessen wird, wird gespart.

IV Warmwasserverbrauch



In einem Ravel-Untersuchungsprojekt wurden in Wohnbauten der deutschen und der französischen Schweiz während einem Jahr periodisch Messungen des Warmwasserverbrauchs durchgeführt. Die Messungen bei den erfassten Objekten bestätigt die bisher erkannte starke Streuung der Verbrauchs-Mittelwerte allgemein und auch innerhalb der kategorisierten Verbraucher-Typen (Tabelle 1).

Bild 3:
Der Warmwasserverbrauch ist in den letzten Jahren zurückgegangen und hat sich stabilisiert.

Wohnungs-Standard	Objekt-Streuung	Mittelwerte aller Objekte	nach SIA (Durchschnitte)
gehoben (l/P d)	48 – 72	57 – 63	50 – 60
normal (l/P d)	24 – 74	33 – 57	40 – 50

Tabelle 1:
Streuung der Warmwasser-Verbrauchsmittelwerte (Angaben in Liter pro Person und Tag (l/P d) bei ca. 60 ° C Warmwassertemperatur)

Bei Anlagen mit uneingeschränktem Warmwasserangebot (Nachladung nach Bedarf) ändert sich die grosse Streuung wenig. Mit verbrauchsabhängiger Verrechnung werden aber deutlich niedrigere Werte gemessen (Tabelle 2).

Wohnungs-Standard	Objekt-Nr.	Art der Verrechnung	Verbrauchs-Mittelwert (l/P d)	Unterschied %
gehoben	9 14	nach Verbrauch pauschal	48.5 72.6	+ 49.7
normal	5 – 8 13	n. Verbrauch pauschal	32.5 – 38.9 69.7	+ 79 – 114

Tabelle 2:
Einfluss der verbrauchsabhängigen Verrechnung

Die grosse Streuung der Tages-Verbrauchsmittelwerte bei den einzelnen Wohnungen innerhalb eines Objektes zeigen, dass diese allein für die Auslegung von Warmwasseranlagen ungenügend sind.

Der Bericht zum Untersuchungsprojekt: «Warmwasserbedarfszahlen und Verbrauchscharakteristik» kann bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.23.58 D) bezogen werden.

V Bivalente Anlagen

Um ein bivalentes Warmwassersystem handelt es sich, wenn zwei verschiedene Energieträger für die Wassererwärmung eingesetzt werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn im Winter das Wasser in Kombination mit der Heizung und im Sommer mit einer anderen Energieart, unabhängig von der Heizung, erwärmt wird. Die Bilder 4 und 5 zeigen zwei mögliche Varianten.

Wird der Wassererwärmer bivalent betrieben, muss er gleich dimensioniert werden wie ein elektrischer Speicherwassererwärmer, d.h. das Speichervolumen muss für einen Tagesbedarf im Sommer ausreichen. Dies ist in der Regel beim Heizkessel mit aufgebautem Wassererwärmer (Bild 4) nicht der Fall.

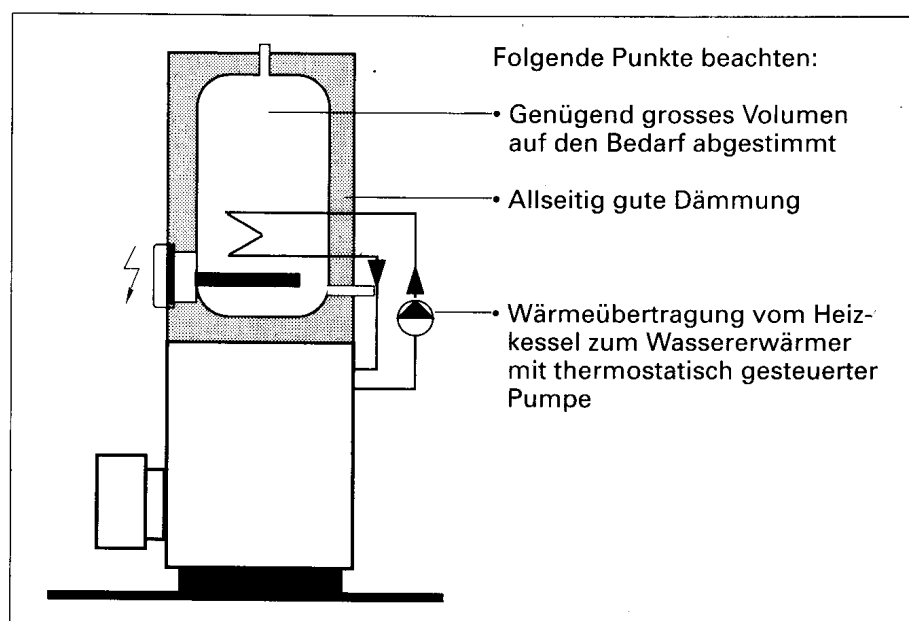


Bild 4:
Prinzipschema eines Heizkessels mit
aufgebautem Wassererwärmer

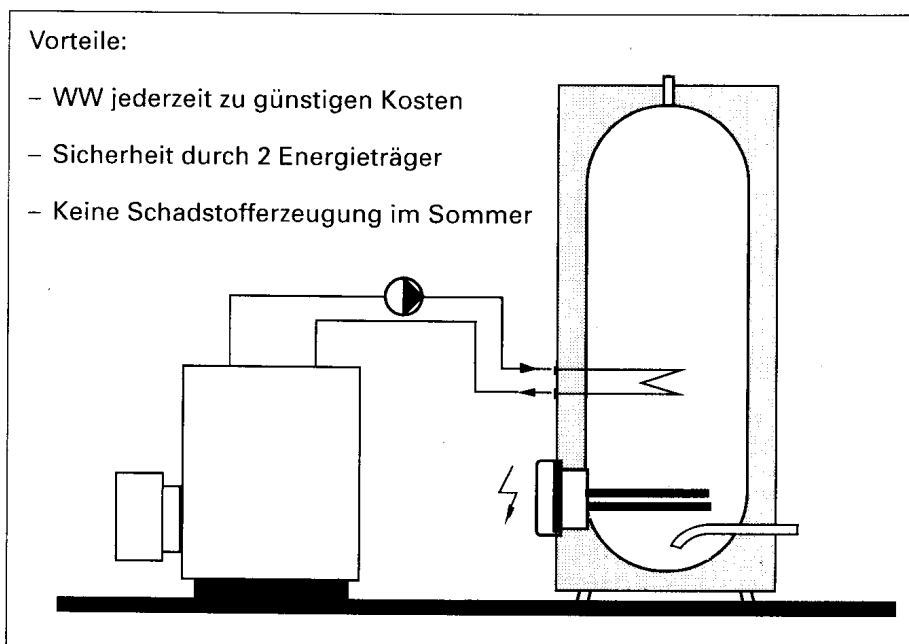


Bild 5:
Prinzipschema einer getrennten Auf-
stellung von Heizkessel und bivalentem
Wassererwärmer

VI Zentrale Warmwasseranlagen mit Wärmepumpen

Herkömmliche Warmwassersysteme mit fossilen Energieträgern erzielen einen Wirkungsgrad unter 100%. Das heisst, die Nutzenergie ist immer geringer als der Energiegehalt der Brennstoffe: Um 100% Wärme für das Warmwasser zu erzeugen, braucht es rund 120% Brennstoff.

Bei der Wärmepumpe dagegen sieht dieses Verhältnis um ein Vielfaches vorteilhafter aus: 100%

Nutz- und Heizenergie werden mit nur rund 35% Antriebsenergie erzeugt, indem die Wärmepumpe der Umgebung Wärme entzieht, diese auf eine höhere Temperatur bringt und an das Warmwassersystem abgibt. Solche erneuerbare, natürliche Umgebungswärme ist überall verfügbar - in der Luft, im Erdreich und im Wasser. Und sie kann kostenlos oder zu bescheidenen Gebühren genutzt werden.

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe

Umgebungsluft ist überall in beliebigen Mengen vorhanden und kann problemlos als Wärmequelle genutzt werden, kostenlos und ohne besondere Bewilligung. Luft/Wasser-Wärmepumpen sind sinnvollerweise als bivalente Anlagen zu planen. Bild 6 zeigt eine Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage für die Wassererwärmung in Splitausführung, d.h. der Verdampfer ist von den anderen Anlageteilen getrennt aufgestellt.

Die Sole/Wasser-Wärmepumpe

Die im Erdreich gespeicherte natürliche Wärme lässt sich auf einfache Art nutzen, sei es mit einer oder mehreren vertikalen Erdwärmesonden, die bis rund 100 Meter tief vorgetrieben werden, oder mit einem horizontalen Erdregister, das in rund einem Meter Tiefe frostsicher auf dem Grundstück verlegt wird. Die Nutzung von Erdwärme mittels Erdsonden ist in der ganzen Schweiz, mittels Erdregister in einigen Kantonen, bewilligungspflichtig.

Die Wasser/Wasser-Wärmepumpe

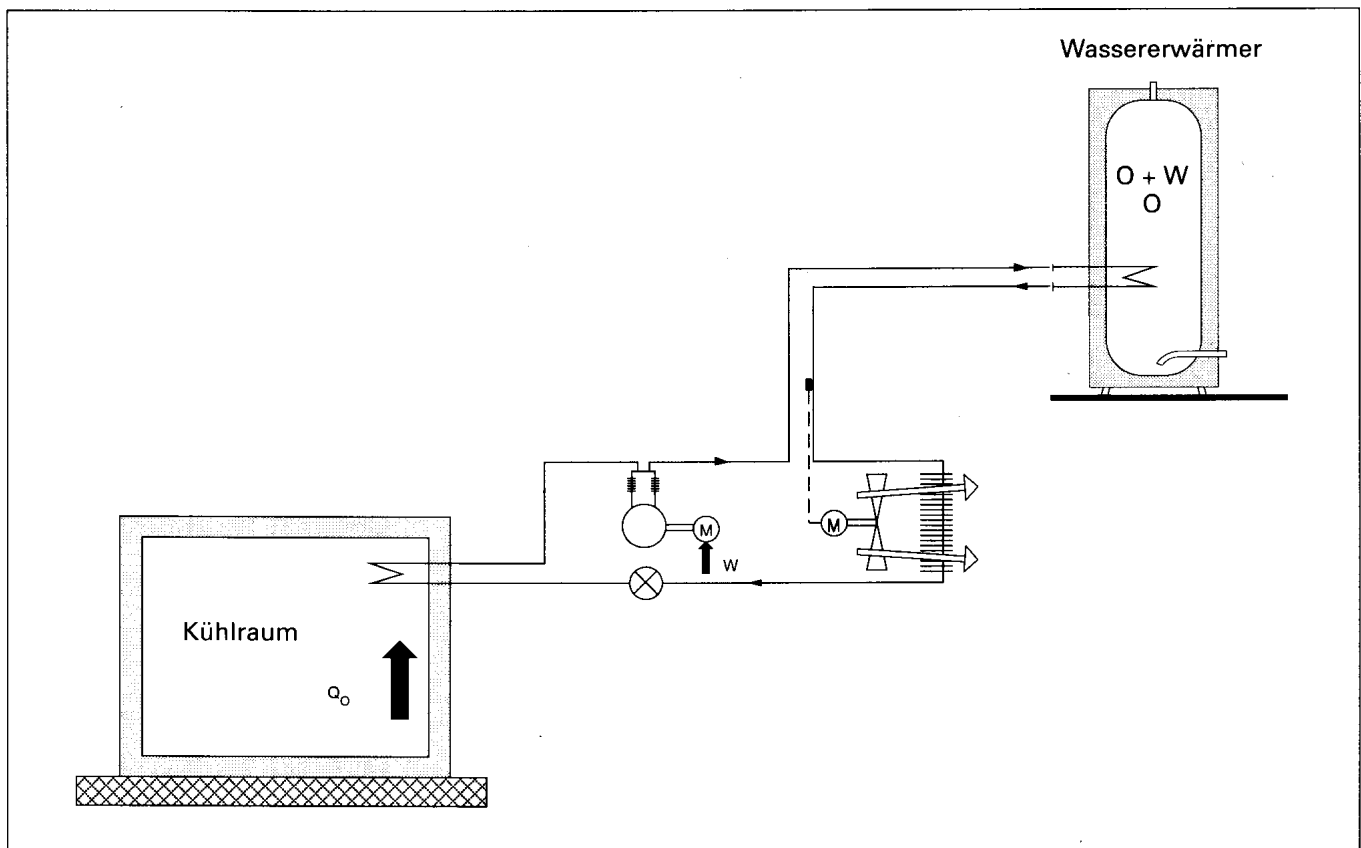
Dank seiner das ganze Jahr hindurch nahezu konstanten Temperatur ist Grundwasser als Wärmequelle für eine Wärmepumpen-Warmwasser-Anlage geeignet. Aber auch Oberflächenwasser aus Seen, Flüssen, Bächen sowie Abwasser können als Energiequelle eingesetzt werden. Der Betrieb einer Wasser/Wasser-Wärmepumpe ist bewilligungspflichtig.

Wärmequelle Abwärme

In Gebäuden, die von Dienstleistungs- oder gewerblichen Betrieben genutzt werden, ist oft Abwärme vorhanden, die für die Wassererwärmung genutzt werden kann. Mittels Luft/Wasserwärmepumpen kann das Wasser mit gutem Wirkungsgrad erwärmt werden. Die Bilder 7 und 8 zeigen zwei Beispiele solcher Anlagen.

Bild 7:

Wassererwärmung durch Wärmerückgewinnung aus dem Kühlraum in der Metzgerei



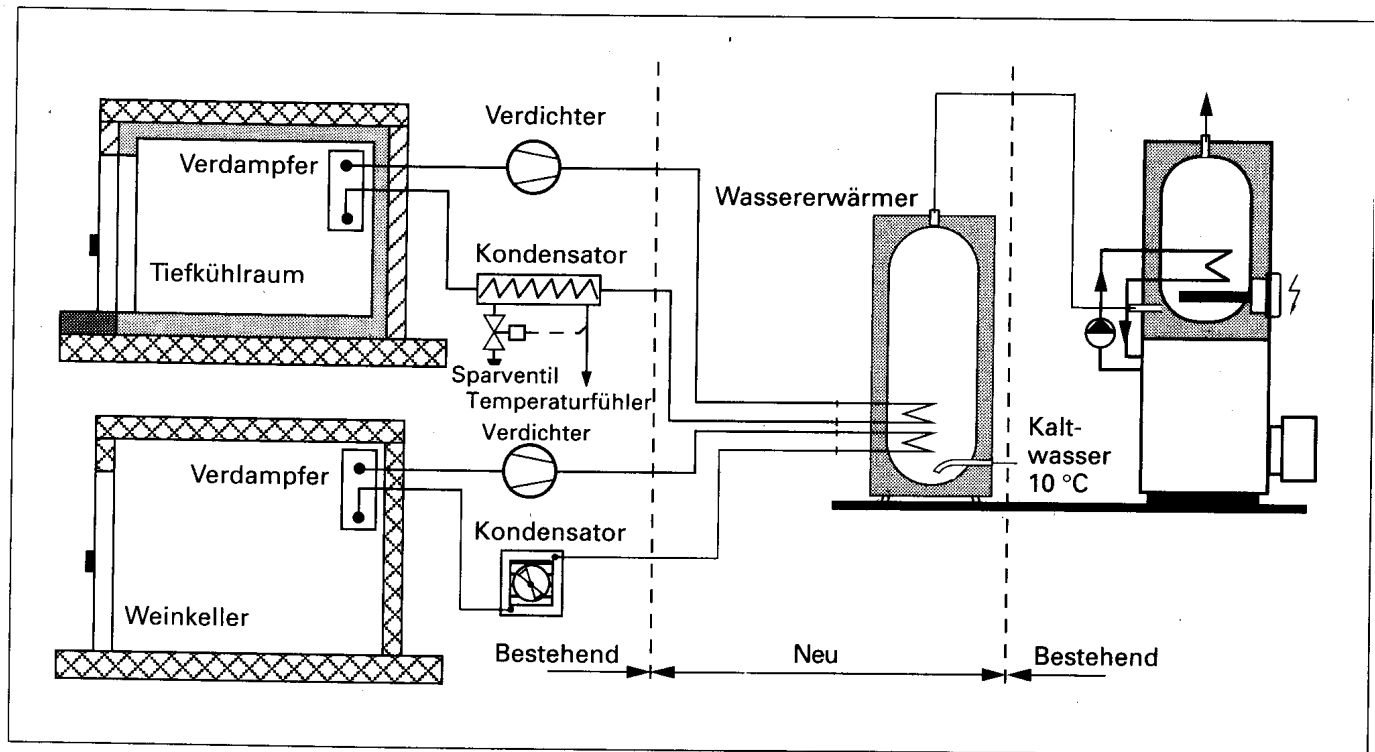


Bild 8:
Wassererwärmung durch Wärmerückgewinnung aus dem Tiefkühlraum und dem Weinkeller

Vorteile einer Wärmepumpe

- schont unsere nur beschränkt verfügbaren Energieressourcen zugunsten von Bereichen, wo sie unersetzlich sind.
- nutzt die überall vorhandene Umweltenergie und erzielt damit einen einzigartigen Wirkungsgrad
- verursacht keine Umweltbelastungen, wie sie durch das Verbrennen fossiler Energieträger entstehen
- ist nicht von der unsicheren Entwicklung der Fördermengen und Preise von Erdöl abhängig
- reduziert die zu transportierende Ölmenge und damit auch die erheblichen Risiken dieser Form des Energieträgertransports

Bei der Evaluation gilt es, eine Reihe verschiedener Faktoren zu berücksichtigen:

- Welche Wärmequellen können am vorgesehenen Standort genutzt werden?
- Ist die Nutzung der Energiequelle bewilligungspflichtig?
- Welche baulichen Konsequenzen sind zu erwarten?
- Welche Wärmepumpe liefert die beste Arbeitszahl und die günstigsten Betriebskosten?

VII Bivalente Wassererwärmung mit dezentralem Hochschrankboiler

Mehrfamilienhäuser sind mehrheitlich mit einer zentralen Wassererwärmung ausgestattet, welche fast durchwegs eine Zirkulation im dazugehörigen Steigleitungsnetz benötigt und mit entsprechenden Verlusten verbunden ist. Eine individuelle Kostenabrechnung, die erfahrungsgemäss viel zum sparsamen Gebrauch des Warmwasser beiträgt, ist nur mit erheblichem Aufwand möglich.

Der dezentrale Elektrowassererwärmer hat diese Nachteile nicht und erzeugt das Warmwasser zudem umweltfreundlich. Sein Nachteil ist der höhere Energiepreis gegenüber Öl und Gas. Eine weitere starke Zunahme

des Elektrowassererwärmers ist jedoch von den Stromlieferanten nicht ohne weiteres zu verkraften, könnten doch vor allem in den kalten Jahreszeit unerwünschte Belastungsspitzen auftreten: Eine Entlastung des Netzes bei tiefen Aussentemperaturen ist willkommen und ermöglicht ohne weiteren Netzausbau den Anschluss weiterer Elektrowassererwärmer.

Dieser Sachverhalt bildete die Ausgangslage für ein Pilotprojekt das die Energiefachstelle des Kantons Zürich in Zusammenarbeit mit den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ) durchgeführt hat.

Funktionsprinzip

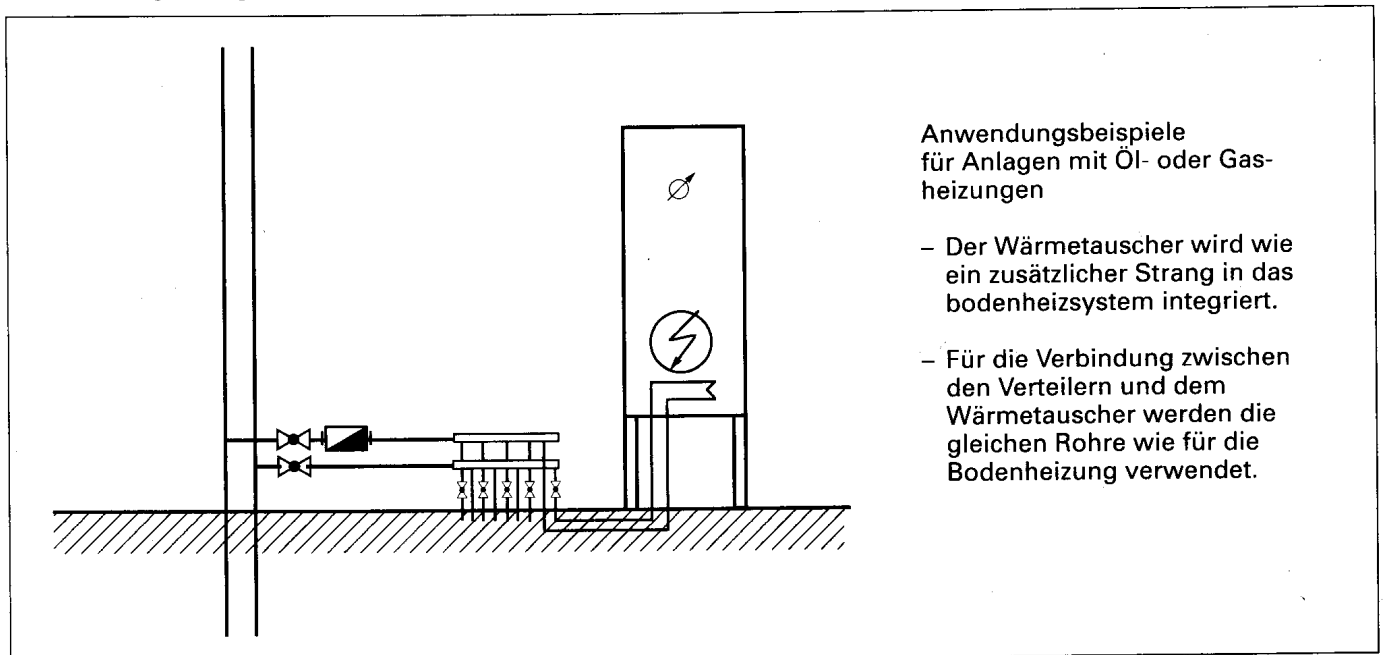


Bild 9:
Wohnungsverteilung einer bivalenten Wassererwärmung mit dezentralem Hochschrankboiler

Das Funktionsprinzip geht aus Bild 9 hervor: Ein dezentral in jeder Wohnung platzierter Hochschrankboiler wird mit einem Wärmetauscher versehen, welcher parallel der Boden- oder Radiatorenheizung zugeschaltet ist. Der Hochschrankboiler wird mit dem Heizungswasservorgewärmt und in der Niedertarifzeit mit einem elektrischen

Heizeinsatz auf das notwendige Temperaturniveau gebracht. Bei tiefer Aussentemperatur wird der Anteil der Vorwärmung grösser und das Stromnetz am meisten entlastet. Ausserhalb der Heizperiode wird das Wasser ausschliesslich elektrisch erwärmt.

Zusammenfassung der Messergebnisse

Während der Heizperiode (September bis April) wurden etwa 50% der Energie für die Wassererwärmung aus der Heizung entnommen. Auf das ganze Jahr bezogen sinkt dieser Anteil auf etwa 35%.

Bild 10 zeigt den Stromanteil der Wassererwärmung in Abhängigkeit der Aussentemperatur. Mit abnehmender Aussentemperatur nimmt der Anteil der Wärme aus dem Heizungsnetz kontinuierlich zu.

Der absolute Stromanteil, der mit diesem System durch Heizwärme aus der Zentralheizung ersetzt werden kann, ist von verschiedenen Parametern abhängig:

- Höhe der Warmwassertemperatur
- Art des Heizsystems und die damit verbundene Vorlauftemperatur
- Benutzerverhalten, d.h. die Verbrauchsspitzen hauptsächlich am Morgen und am Abend
- Inhalt des Hochschrankboilers

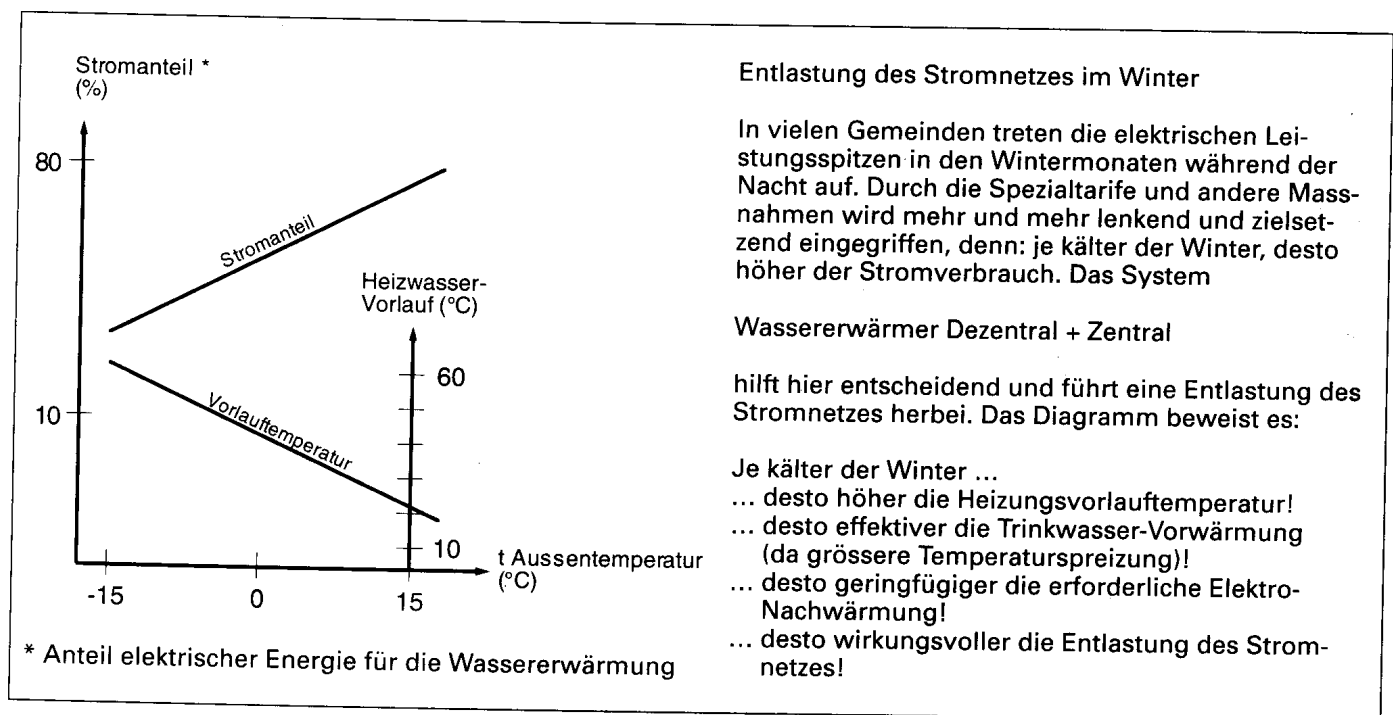


Bild 10:
Verlauf des Stromanteils für die Wassererwärmung mit der Heizung kombiniert

Zufriedene Benützer

Im Anschluss an die Messungen wurde bei den Bewohnern eine Umfrage gemacht, ob sie mit der Wassererwärmung zufrieden seien. Die Umfrage fiel grundsätzlich positiv aus. Sie hat ergeben, dass bei weiteren Anlagen die Bewohner die Möglichkeit haben müssen, den Elektroheizeinsatz auch tagsüber manuell zuzuschalten. Die heutigen Lebensgewohnheiten lassen den Warmwasserverbrauch manchmal unvorhergesehen ansteigen.

Wirtschaftlichkeit

Die Mehrkosten für die Wärmetauscher und den Heizanschluss betragen pro Wohnung rund Fr. 900.-. Andererseits sind die Energiekosten gegenüber einem normalen Elektrowassererwärmer pro Wohnung und Jahr um rund Fr. 60.- tiefer. Die Jahreskosten sind bei einer Abschreibungsdauer von 20 Jahren (unter Berücksichtigung der Energiepreisteuerung) etwa gleich.

Ein flexibles System

Mit der bivalenten Wassererwärmung im Hochschrankboiler wird die Wassererwärmung äusserst flexibel. Es ist für die Funktion des Systems unerheblich, mit was für einem Heizsystem die Vorwärmung des Warmwassers erfolgt. Wird das Objekt mit einer Wärmepumpe beheizt, wird auch das Warmwasser mit einem Anteil Energie aus der Umwelt über das ganze Jahr erwärmt (Bild 11). Auch eine Sonnenkollektoranlage könnte direkt in die Heizver-

teilung integriert und mit dem gleichen System für die Wassererwärmung benützt werden. Die dafür notwendigen Wärmespeicher sind in Form der dezentralen Hochschrankboiler bereits vorhanden. So kann im Winter, kombiniert mit der Heizung, das Wasser in den dezentralen Boilern erwärmt werden und im Sommer mit erneuerbarer Energie.

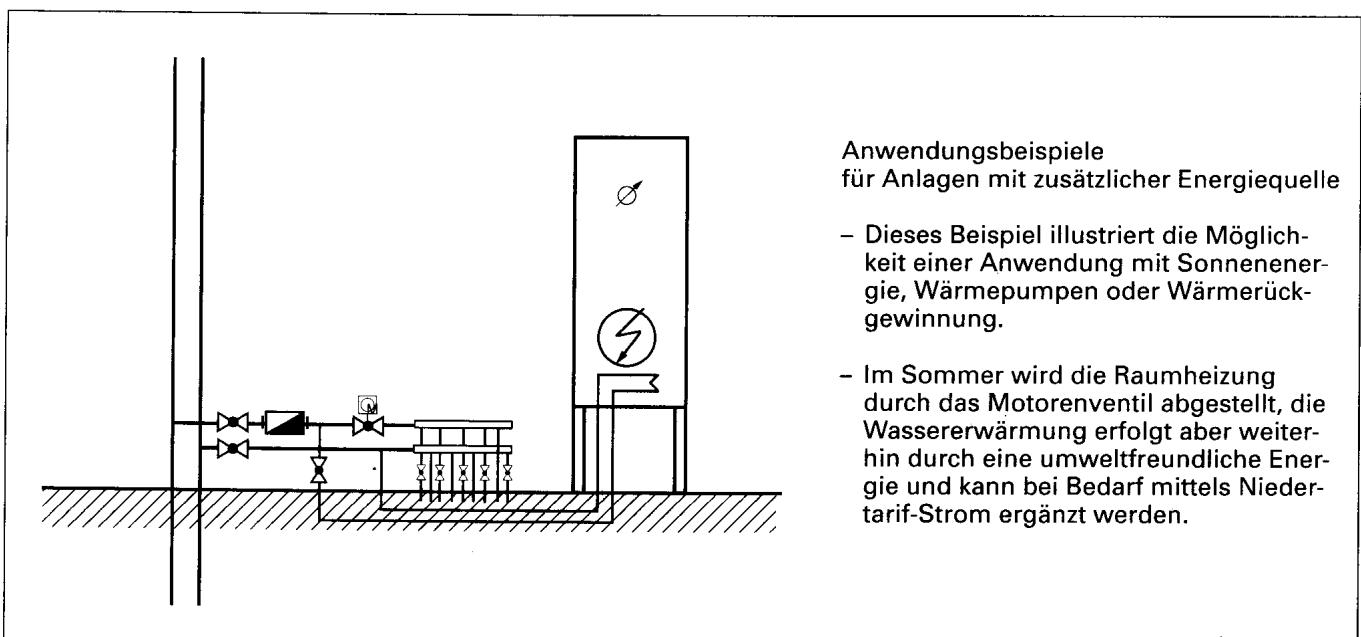
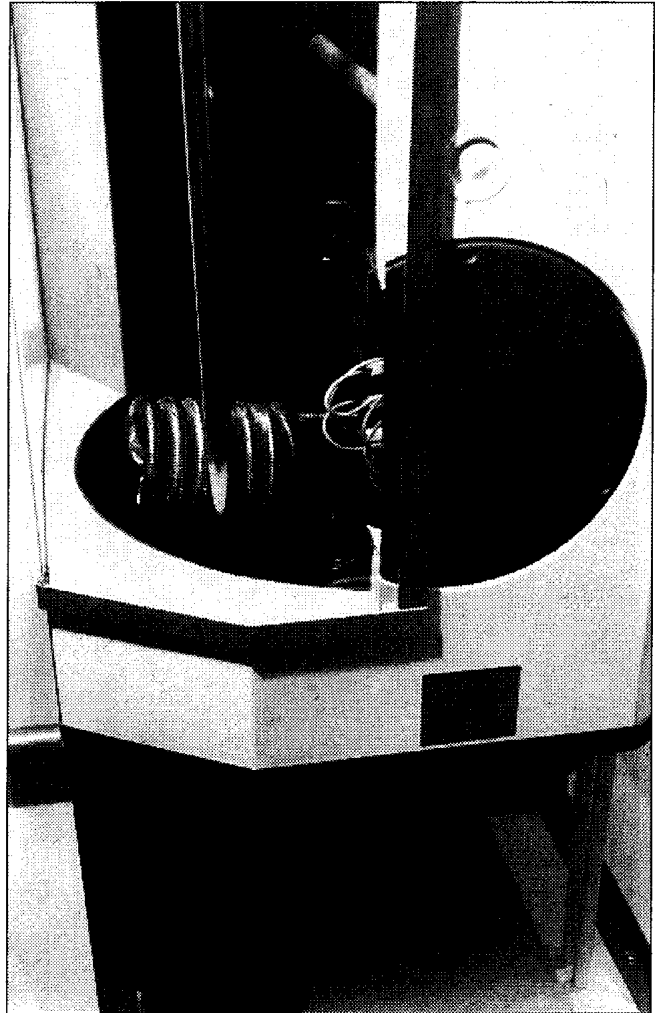


Bild 11:
Bivalente Wassererwärmung mit dezentralem Hochschrankboiler. Im Sommer Vorwärmung über erneuerbare Energie.

Komponenten bereits auf dem Markt

Die ersten Schritte sind in der Zwischenzeit bereits realisiert worden. Die Projektidee wurde vom Handel und von Herstellern aufgenommen und weiter entwickelt. Anfang 1993 wurden die ersten Hochschrankboiler mit Wärmetauschern an der «Swissbau» in Basel vorgestellt (Tobler AG, Urdor ZH; Cipag SA, Puidoux-Gare VD; Domotec AG, Aarburg; Friap, Bern).

Bild 12 zeigt einen aufgeschnittenen Hochschrankboiler mit einem Wärmetauscher. Dieser ist gut zugänglich im Bodenflansch eingebaut und befindet sich somit im kältesten Bereich des Wassererwärmers. Die hier gegebene grosse Temperaturdifferenz gewährleistet eine möglichst gute Wärmeübertragung. Kann der Hochschrankboiler nahe dem Bodenheizungsverteiler platziert werden, ist der Anschluss des Wärmetauschers an die Heizung besonders einfach und kostengünstig.



*Bild 12:
Schnitt durch einen Hochschrankboiler mit eingebautem Wärmetauscher für die Wassererwärmung*

VIII Wärmepumpenwassererwärmer (WPW)

Funktionsbeschreibung

Ein WPW besteht aus einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und einem Warmwasserspeicher. Das Gerät ist für die Erwärmung von Frischwasser auf ca. 50-55 °C ausgelegt. Durch die Nutzung der Umgebungswärme (Verlustwärme) braucht ein WPW nur ca. 30-45% des Energiebedarfs eines vergleichbaren Elektrospeichererwärmers. Bild 13 zeigt die Energiebilanz und Bild 14 den Aufbau eines WPW.

Einen grossen Einfluss auf die Energiebilanz eines WPW sowie eines Elektro-Wassererwärmers haben die Bereitschaftsverluste. Diese Verluste sind im Gegensatz zu den anderen Werten nicht von der Nutzwärme abhängig. Das heisst auch, dass eine Energiebilanz oder Kostenbetrachtung immer vom zugrundeliegenden Warmwasserverbrauch (Nutzwärme) abhängig ist.

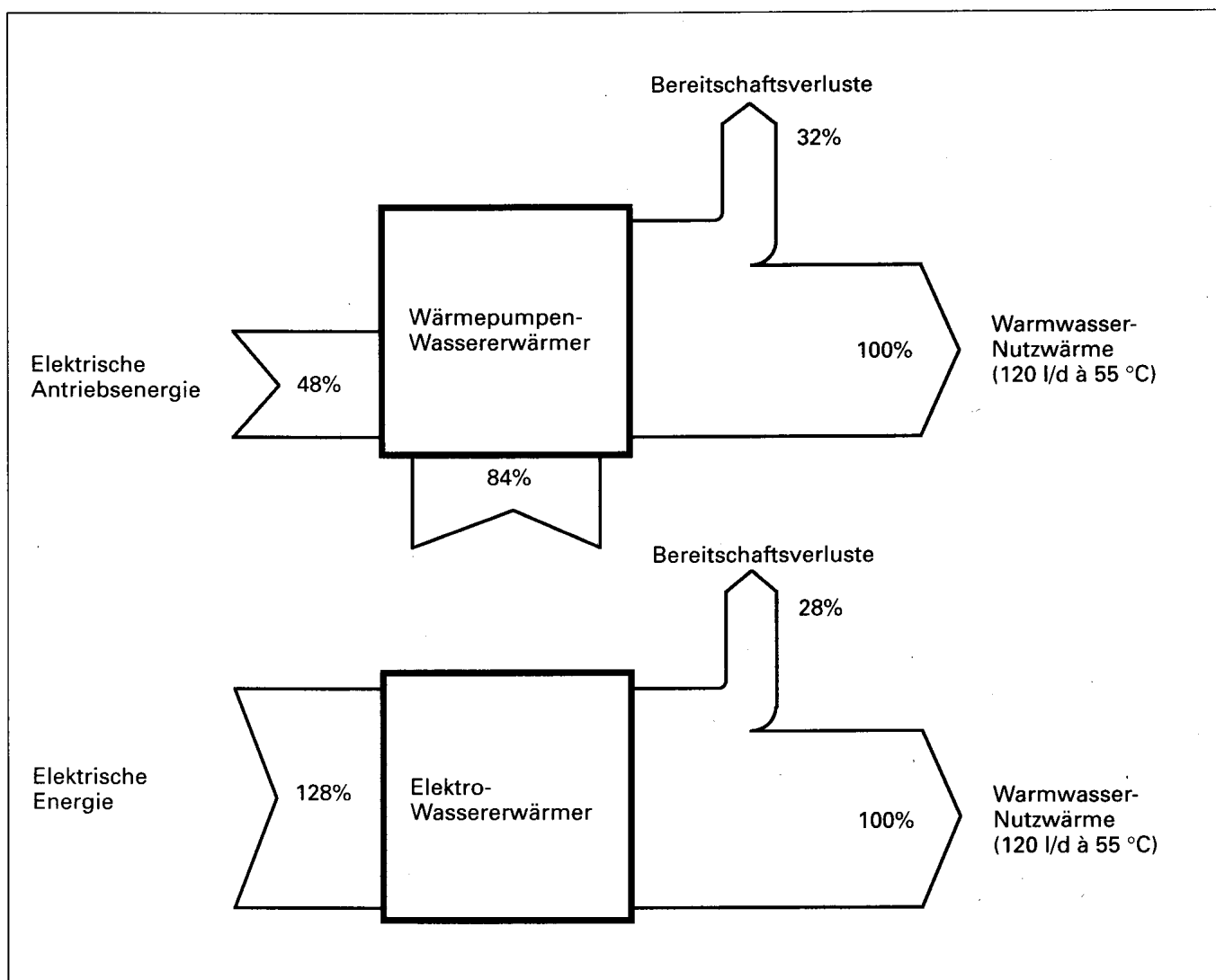


Bild 13:
Beispiel einer Energiebilanz eines Wärmepumpen-Wassererwärmers und eines Elektro-Wassererwärmers für einen Dreipersonen-Haushalt

Allgemein haben die auf dem Markt verfügbaren Geräte technisch und vor allem punkto Wirkungsgrad einen hohen Stand erreicht. Zur Standardausrüstung eines WPW gehört meist auch ein Elektroanschluss, der bei Umgebungstemperaturen von unter $7-8^{\circ}\text{C}$ (Funktionsgrenze der WP) automatisch eingeschaltet wird.

Verlustwärme oder Wärmediebstahl ?

Als Wärmequelle für WPW sollte im Winter Abwärme (Verlustwärme) dienen. Es dürfen keine Räume und Gegenstände abgekühlt werden, deren Erwärmung kostenpflichtige Energie erfordert. Dies wäre Wärmediebstahl und keine Abwärmenutzung. Verlustwärme ist diejenige Wärme, welche bei einem Prozess entsteht und nicht unmittelbar oder technisch sinnvoll für denselben genutzt werden kann. In bestehenden Gebäuden mit nicht oder schlecht isolierten Decken und Heizkesseln ist der Einsatz von WPW nicht zu empfehlen, weil sie der

Heizung und den beheizten Räumen Wärme entzieht.

Beispiele für Verlustwärmequellen sind:

- Wärmeabgabe von Tefkühlern, Kühlschränken, Waschmaschinen
- Wärmeverlust von beheizten Räumen bei gut isolierten Wänden und Decken
- Wärmeverlust aus Tiefgaragen
- Wärmeverlust von einwandfrei isolierten Heizungsanlagen und Verteilleitungen.

Bei einwandfrei isolierten «Wärmequellen» ist der Mehrverlust durch den Betrieb des WPW vernachlässigbar. Die Verlustwärme muss im Minimum der aufgenommenen Umgebungswärme des WPW entsprechen.

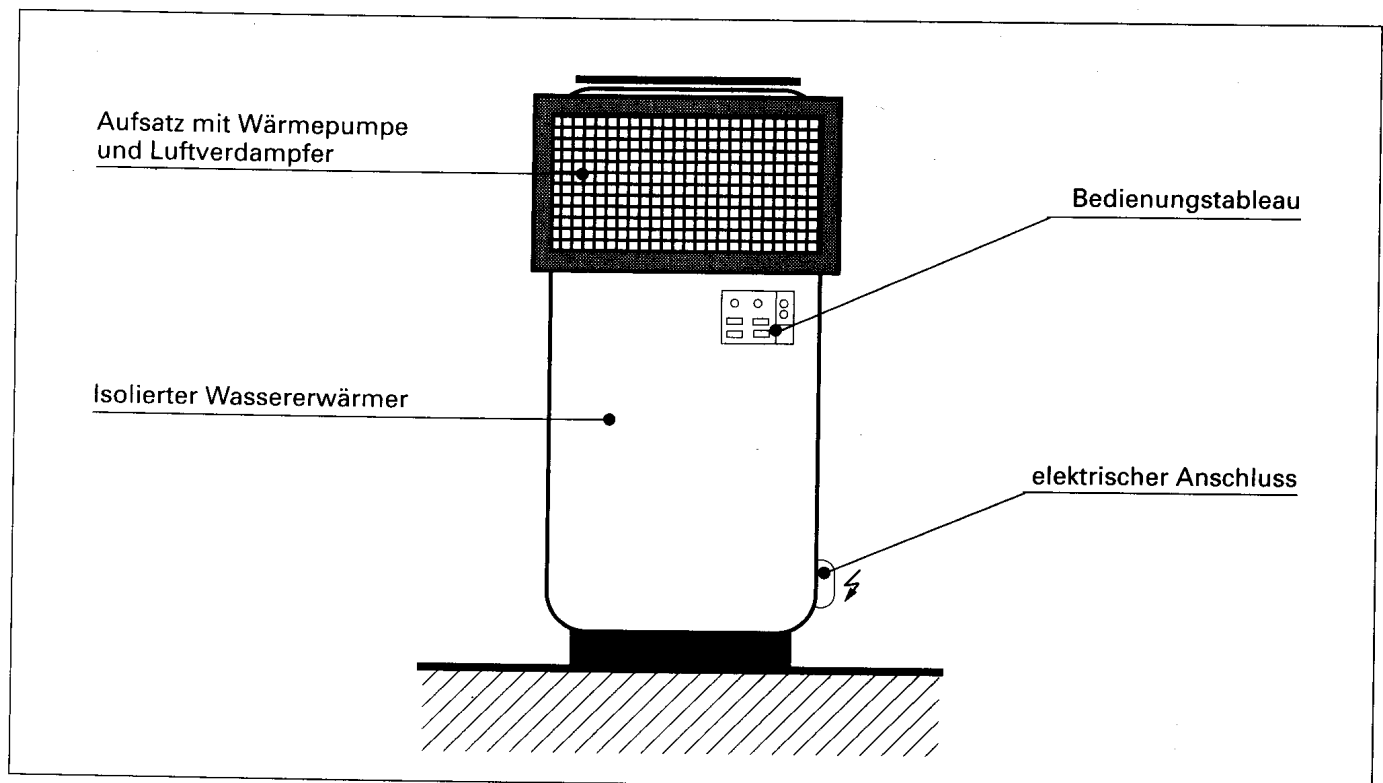


Bild 14: Wärmepumpen-Wassererwärmer

Planungshinweise

Einsatzgebiet

Das Einsatzgebiet von WPW reicht vom EFH bis zu Objekten mit drei bis vier Wohnungen. Bedingung für den Einsatz ist eine im genügenden Ausmass vorhandene Verlustwärme. Ein WPW ist vor allem als Ersatz für Elektrospeichererwärmer interessant. Als Variante ist auch ein reiner Sommerbetrieb möglich, wobei ein WPW mit Zusatzwärmetauscher für einen Heizungsanschluss eingesetzt wird.

Betrieb und Aufstellungsort

Der geeignete Standort für einen WPW ist ein Raum, in welchem Verlustwärme anfällt. Bei einem Raum ohne grosse Verlustwärme ist es wichtig, dass der Wärmefluss gegen Erdreich und Aussenluft auch eingedämmt wird. Speziell bei Heizräumen ist die natürliche Heizraumlüftung im Winter soweit als möglich zu unterbinden (minimale Zuluftöffnung, mit Rohr oder Kanal zum Heizraumboden geführt).

Die Wände und Decken des Aufstellungsortes sind gegen beheizte Räume auf jeden Fall gut zu isolieren. Die Raummasse sollte genügend gross sein, um als Speicher zu wirken. Das heisst, der Raum sollte über mindestens 40 m² von innen unisolierte Wände und Böden

verfügen. Für den Sommer sollte ein Fenstervorhanden sein, um die wärmere Aussenluft nutzen zu können.

Speziell bei Umbauten ist darauf zu achten, dass die Warmwasser-Anschlussleitungen nicht zu lang werden. Bei zu langen Leitungen werden die Ausstossverluste vergrössert und der Komfort verschlechtert. Hier kann eventuell ein Splittgerät helfen. Im weiteren sind beim Aufstellungsort folgende Punkte zu beachten:

- Geräuscentwicklung
- Kondensatwasser-Ablauf
- Luftumwälzung (Staub, Verschmutzung)
- Wandabstände für Luftumwälzung und Wartung

Die Betriebszeit des WPW kann mittels Zeitschaltuhr oder Rundsteueranschluss auf die Niedertarifzeit beschränkt werden, sofern die Leistung des WPW genügend gross ist. Evtl. kann nach Absprache mit dem EW die übliche Ladezeit von z.B. 4 Std. verlängert werden. Neben den tieferen Energiekosten verhindert die Nachladung auch ein ständiges Nachladen der WPW und damit eine schlechtere Leistungszahl. Auch sind die Wärmeverluste des WPW nicht dauernd voll wirksam.

IX Wärmepumpe zur Deckung von Zirkulationswärmeverlusten

Eine Warmwasser-Zentralversorgung ist in der Regel mit einem Zirkulationssystem versehen, um bei den Zapfstellen bei Bedarf sofort warmes Wasser zur Verfügung zu haben (Bild 15). In Geschäftshäusern mit weitverbreiteten Zapfstellen und kleinem Warmwasserver-

brauch sind die Zirkulationsverluste oft grösser als der Energiebedarf für die eigentliche Wassererwärmung. Diese Wärmeverluste müssen ersetzt werden. Normalerweise geschieht dies durch Erwärmung des Wassers im Wassererwärmer.

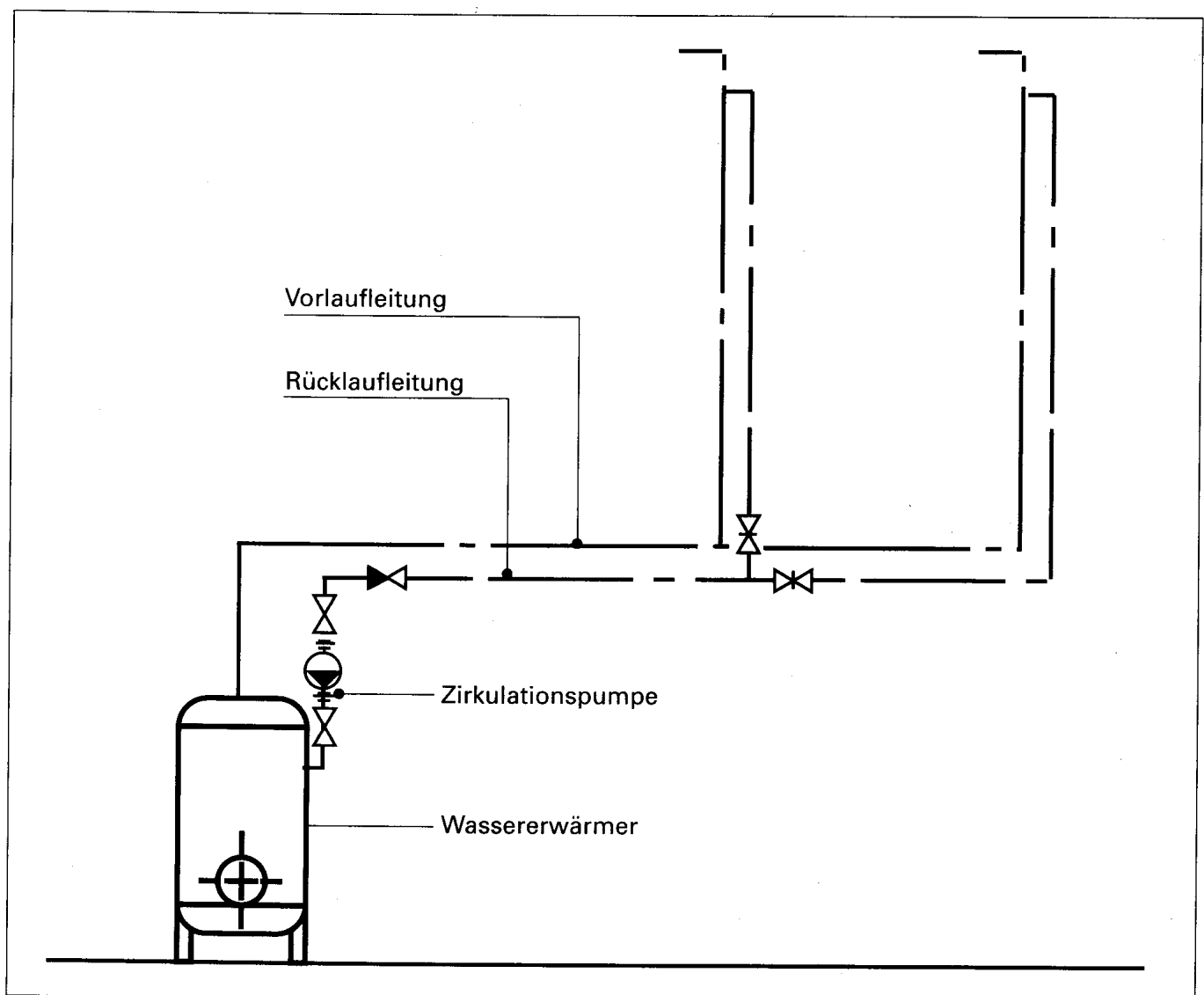
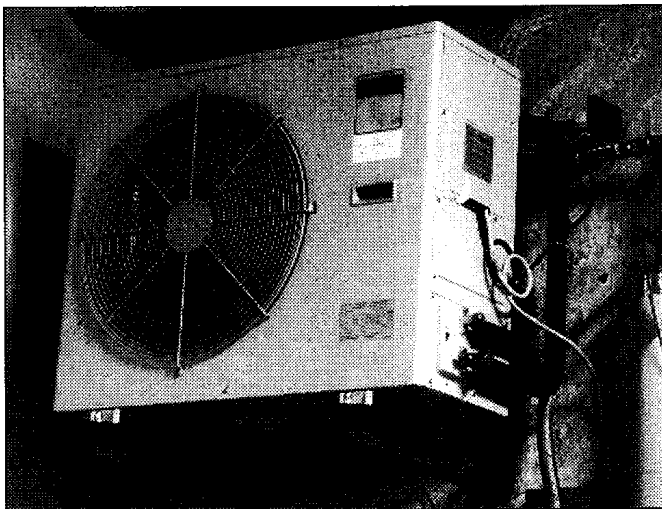


Bild 15:
Schematische Darstellung einer konventionellen Warmwasserversorgung mit Zirkulation. Die Zirkulationsverluste werden mit dem Wassererwärmer gedeckt.

Eine energetisch gute Lösung ist die Deckung der Zirkulationsverluste durch eine direkte Erwärmung mit einer Wärmepumpe in das Zirkulationssystem (Bild 17 zeigt das Funktionsprinzip). Diese Wärmepumpe ist an einem Ort aufzustellen, wo Verlustwärme anfällt, zum Beispiel in einer Tiefgarage. Diese Wärmepumpe in der Tiefgarage sollte nicht weit von der Warmwasser-Zirkulationsleitung entfernt, unterhalb der Decke montiert sein (Bild 16).



*Bild 16:
Unter der Decke der Tiefgarage montierte Wärmepumpe.*

Die Wärmepumpe funktioniert nach zwei Prinzipien

Bild 18 zeigt das hydraulische Funktionsprinzip. Tagsüber, im sog. Zirkulationsbetrieb, wird die WP lediglich zur Deckung der Zirkulationswärmeverluste eingesetzt. d.h. das sich im Warmwasserverteilnetz abkühlende Wasser wird durch die WP ohne den Speicher zu durchströmen, wieder erwärmt. Die WP wird durch den zur

WP-Steuerung gehörenden eingebauten Thermostat ein- und ausgeschaltet. Erst bei Verbrauch an einer Zapfstelle fließt WW aus dem Speicher ins WW-Netz.

Die Schichtung im Speicher wird dadurch, dass keine Zirkulationsleitung hinausführt, nicht gestört, und das Volumen kann optimal ausgenutzt werden.

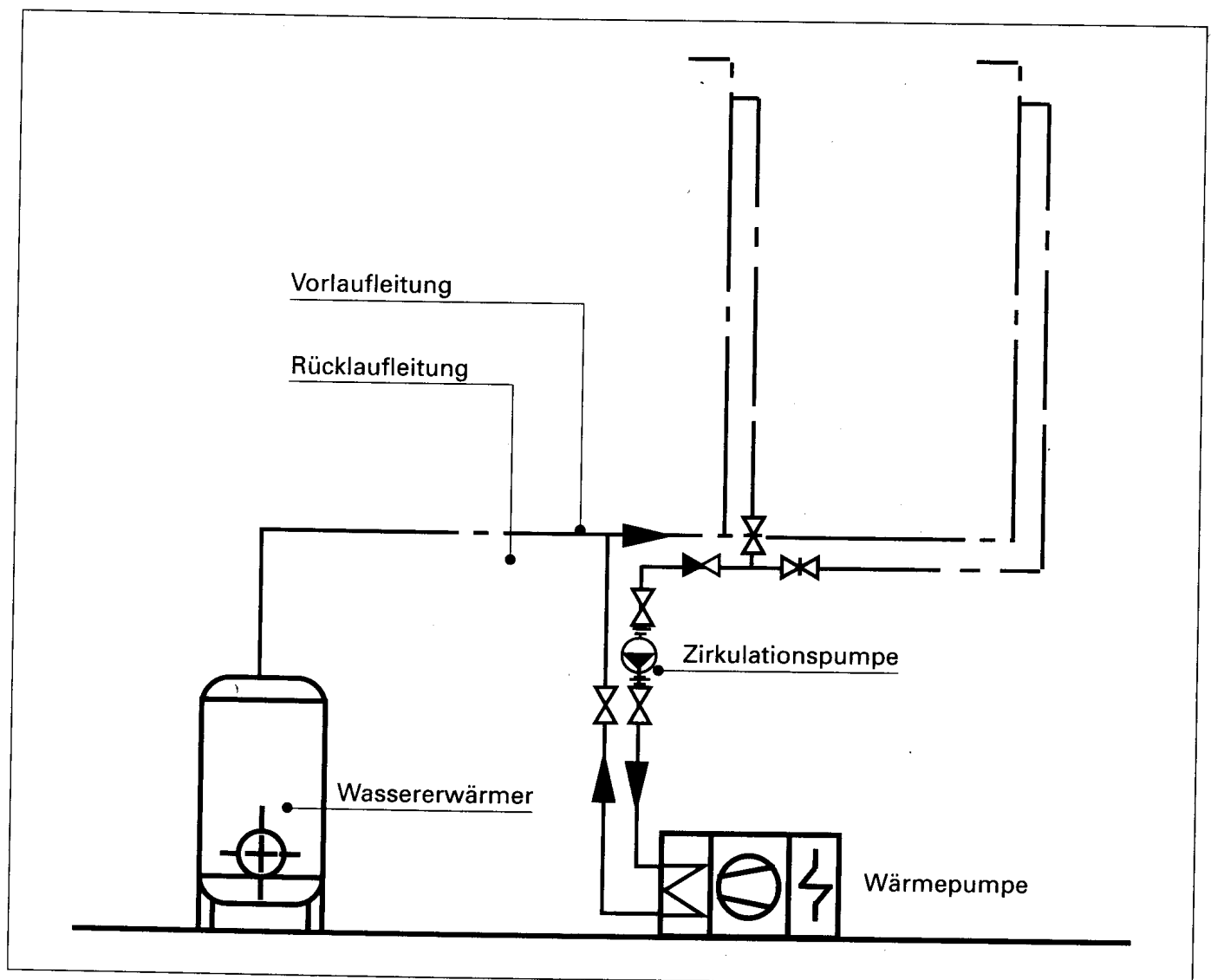


Bild 17:
Schematische Darstellung einer Wassererwärmungs-Anlage mit Deckung der Zirkulationsverluste über eine Wärmepumpe.

Nachts dient die WP zum Laden des Speichers. Die Zirkulationsumwälzpumpe wird durch eine Zeitschaltuhr aus- und die Ladepumpe eingeschaltet. Die WP wird nach wie vor durch ihren eingebauten

Thermostaten gesteuert: Erreicht die Eintrittstemperatur in den Kondensator den eingestellten Sollwert (was bedeutet, dass der Speicher durchgeladen ist), stellt der Kompressor ab.

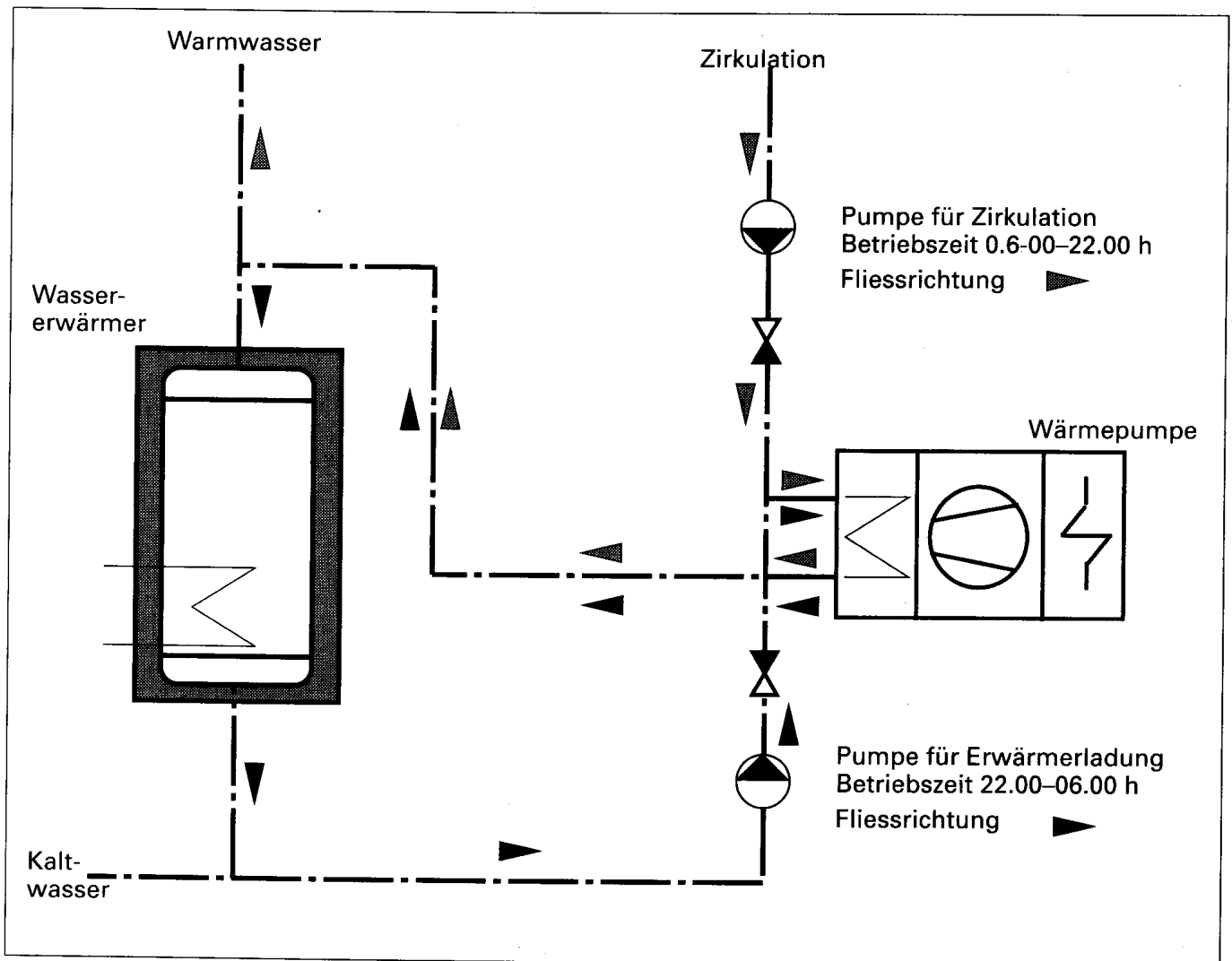


Bild 18:
Hydraulisches Funktionsprinzip einer Wasser-
erwärmungs-Anlage mit einer Wärmepumpe.

- Tagsüber deckt die Wärmepumpe die Zirkulationsverluste
- Nachts erwärmt die Wärmepumpe das Wasser im Speicher

Planungshinweise

Die Wassererwärmung mit steckerfertigen Luft-Wasser-Wärmepumpen bei einer geeigneten Wärmequelle, wie z.B. einer nahe gelegenen Tiefgarage, ist technisch einfach realisierbar, durch den Sanitärinstallateur ohne Beizug eines Heizungsmonteurs leicht zu installieren, im Betrieb zuverlässig (vgl. Kühlschrank), energiesparend und verglichen mit konventionellen Alternativen wirtschaftlich sehr interessant.

Durch eine den vorherrschenden Betriebsbedingungen angepasste Optimierung der Anlage kann der spezifische Energieverbrauch normalerweise nochmals deutlich gesenkt werden. Um eine solche Optimierung durchführen zu können, ist allerdings eine minimale Instrumentierung Voraussetzung. Es wird deshalb empfohlen, bei allen WF Anlagen von Anfang an die entsprechenden Messstrecken (Passstück für Durchflusszähler inkl. allfällige Ein- und Auslaufstrecken sowie Tauchhülsen) vorzusehen. Die Instrumente selber können nach der Optimierungsphase wieder ausgebaut und in anderen Anlagen wiederverwendet werden.

Einen besonders grossen Einfluss auf den spezifischen Energieverbrauch haben die Kältemittelmenge, die WW-Temperatur und die Betriebszeiten.

Eine WP erlaubt eine knappere Auslegung des Speichers, resp. macht Angstzuschläge unnötig. Eine allfällige Unterdimensionierung wird durch die WP im Zirkulationsbetrieb kompensiert. Ein weiterer Vorteil einer WP-Installation anstelle eines Beistellboilers ist die Schonung der Heizkesselanlage durch Stilllegung im Sommer. Dadurch entfällt der ständige Start-Stop-Betrieb, der die Lebensdauer verkürzt, den Wartungsaufwand vergrössert sowie hohe Emissionen verursacht.

X Wassererwärmer mit Sonnenkollektoren

Für die Nutzung der Sonnenenergie zur Wassererwärmung ist noch ein grosses Potential vorhanden. Auch wenn die Sonne nicht immer bis zu uns durchdringt, kann mit entsprechenden technischen Vorkehrungen ein grosser Teil des Warmwassers durch die Sonne erwärmt werden.

Die Umwandlung der Sonnenstrahlung in Wärme findet im Sonnenkollektor statt. Die vom Sonnenkollektor erzeugte Wärme fällt häufig zu einem Zeitpunkt an, zu welchem sie gar nicht gebraucht wird. Deshalb braucht es zwischen dem Kollektor und dem Verbraucher einen Speicher, welcher eine Pufferfunktion übernehmen kann. Bild 19 zeigt das Funktionsprinzip.

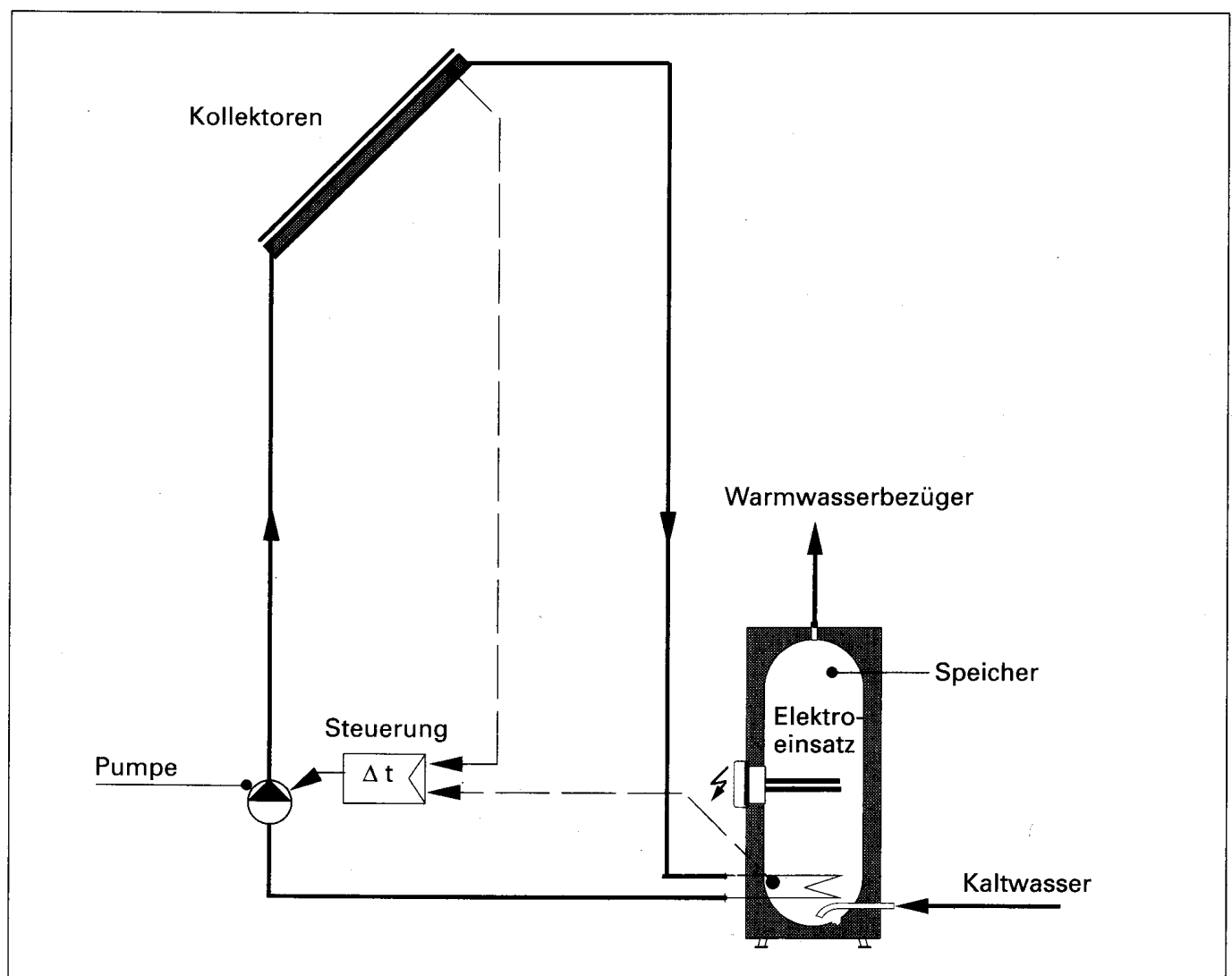


Bild 19:
Funktionsprinzip einer Sonnenkollektor-Anlage

Der Wärmetransport vom Kollektor zum Speicher findet mit Hilfe des Kollektorkreislaufes statt: Zwei Leitungen verbinden Kollektor und Speicher, wobei eine Pumpe für die Umwälzung des Wärmeträgermediums sorgt. Der Kollektorkreislauf ist ein geschlossenes System (siehe Bild 20). Deshalb braucht es ein Expansionsgefäß (6) und ein Sicherheitsventil (7) sowie eine geeignete Füllvorrichtung (5) mit zwei Füllhahnen und einem Schieber dazwischen. Das Wärmeträgermedium ist ein Gemisch aus Wasser und Glykol (Frostschutz). Da das Wärmeträgermedium nicht das Speichermedium selbst ist, muss ein Wärmetauscher vorgesehen werden. Nachts

ist der Kollektor kälter als der untere Teil des Speichers; um den Wärmetransport durch Schwerkraft rückwärts zum Kollektor zu unterbinden, ist deshalb ein Rückschlagventil (2) im Kollektorkreislauf notwendig.

Die Pumpe (1) darf erst dann eingeschaltet werden, wenn der Kollektor wärmer ist als der untere Teil des Speichers; damit der Wärmetransport stets vom Kollektor zum Speicher (und nicht umgekehrt) stattfindet. Zu diesem Zweck ist eine Regelung installiert. Sie besteht aus einem Temperaturdifferenzregler und zwei Temperaturfühlern.

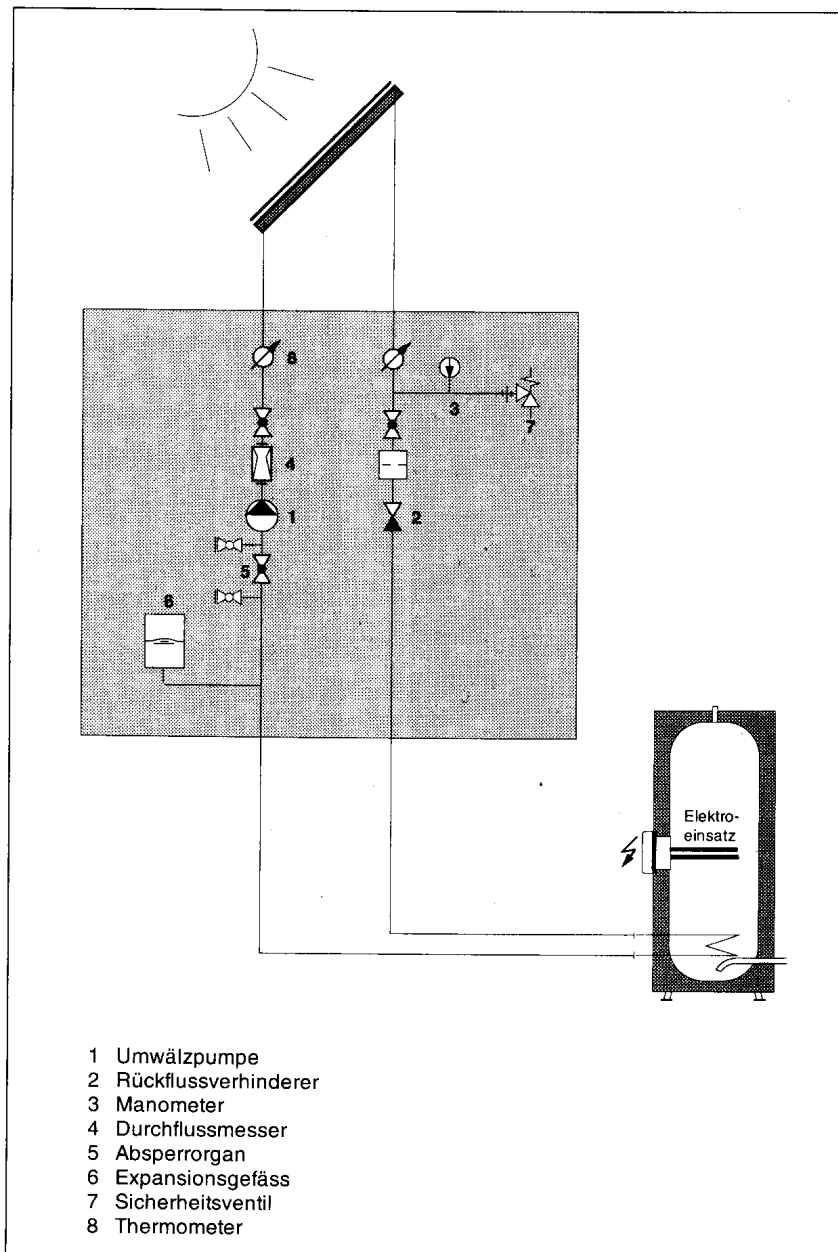


Bild 20:
Technische Ausrüstung einer Sonnenkollektor-Anlage

Der Kollektorfühler misst die Temperatur im oberen Teil des Kollektors, der Speicherfühler gibt die Temperatur auf der Höhe des Wärmetauschers an (siehe Bild 19). Die Pumpe wird ausgeschaltet, wenn kein Wärmetransport mehr vom Kollektor zum Speicher stattfinden kann, wenn also die Einstrahlung nicht mehr genügt.

Da die Sonne nicht immer scheint, braucht eine Sonnenkollektor-Anlage eine Zusatzheizung, welche die Versorgungssicherheit bei fehlender Sonneneinstrahlung gewährleistet (Bild 21).

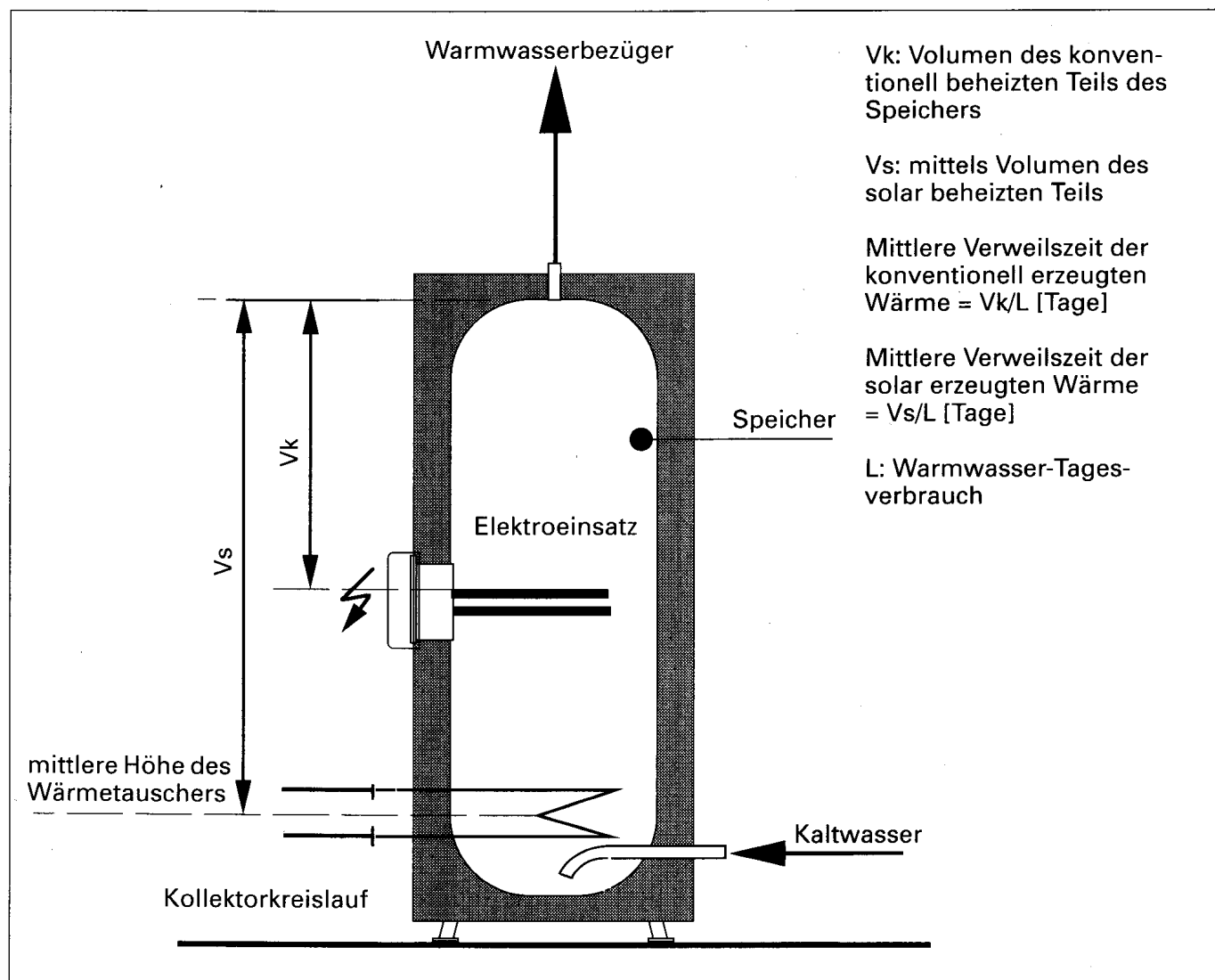


Bild 21:
Kapazität des Nutzvolumens im Warmwasserspeicher
je nach Einsatz der Wärmequelle

Umfassende Angaben sind im Handbuch «Solare Wassererwärmung» aufgeführt. Es kann bei der Eidg. Druck-sachen- und Materialzentrale (Best. Nr. 724.213 d) bezogen werden.

XI Zusammenfassung

Bei der Planung einer Wassererwärmanlage ist zuerst abzuklären, welche Energieträger zu welchem Zeitpunkt für die Anlage bereit gestellt werden können.

Vor allem ist abzuklären, ob bestehende Wärmequellen in einem Gebäude genutzt und konventionelle Energieträger mit erneuerbaren Energien ersetzt oder kombiniert werden können. Die Warmwasseranlage mit ihren vier Hauptelementen ist richtig zu bemessen und die Komponenten sind gut aufeinander abzustimmen.

Bei der Planung ist darauf zu achten, dass die Anlagen möglichst einfach und übersichtlich werden. Dies erleichtert Betrieb und Unterhalt für den Benutzer.

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung gibt Auskunft über verschiedene Möglichkeiten und verhilft zu guten Lösungen.

Die Fachleute sind dazu aufgerufen, bei Wassererwärmanlagen vermehrt innovative und kreative Lösungen anzuwenden, die ökologisch verträglich und ökonomisch vertretbar sind.

Literaturhinweise

IINFEL-info Nr. 2,1993; Verlag INFEL, Zürich

RAVEL-Materialien
Warmwasserbedarfszahlen und Verbrauchscharakteristik
Bestell-Nr. 724.397.23.58; Fr.12.25;
EDMZ, 3000 Bern

RAVEL-Lehrmittel
Elektrische Wassererwärmung
Neuaufgabe 1995: 724.349.1 d; EDMZ, 3000 Bern

PACER- Lehrmittel
Solare Wassererwärmung
Bestell-Nr. 724.213 d; Fr. 50.-; EDMZ, 3000 Bern

PACER-Vodeo-Begleitheft
Solare Wassererwärmung
Bestell-Nr. 724.214.1; Fr. 7.15; EDMZ, 3000 Bern

PACER-VIDEO
Solare Wassererwärmung, Heizung und Warmwasser
Bestell-Nr. 724.214; Fr. 29.80; EDMZ, 3000 Bern

RAVEL-Handbuch - Strom rationell nutzen
ISBN 3-7218-1830-3; Fr. 76.-; Buchhandel

Publikationen des Impulsprogrammes RAVEL

Ab 1995 verstehen sich die Preisangaben inklusive Mehrwertsteuer:
Bücher 2%; Videos und Disketten 6,5%.

Das RAVEL-Handbuch: Strom rationell nutzen

Das RAVEL-Handbuch ist die zur Zeit aktuellste und umfassendste Zusammenfassung des verfügbaren Wissens über den intelligenten Einsatz von Strom in praktisch allen Anwendungsbereichen. Über 40 Autoren zeigen in diesem Nachschlagewerk auf, wo und wie Strom intelligent genutzt werden kann. Die Erkenntnisse, Anregungen und Empfehlungen sind übersichtlich nach den einzelnen Anwendungsbereichen geordnet. Wer Strom rationell einsetzen will, findet klare Antworten auf Fragen wie: Was ist zu berücksichtigen bei der Planung oder Nutzung eines Gebäudes, einer Maschine oder Installation usw.? Wo liegen die Stromsparpotentiale? Welche Lösungen gibt es bereits? Das RAVEL-Handbuch enthält eine Fülle von Checklisten, mit denen neue stromsparende Lösungen einfacher und sicherer geplant oder bestehende Lösungen auf ihre Stromverbrauchs-Intelligenz beurteilt werden können. Seine Vielseitigkeit erleichtert eine vernetzte Zusammenarbeit der einzelnen Berufsdisziplinen in den Bereichen Gestaltung, Planung, Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Nutzung, Investitionsbeurteilung und Energieberatung.

320 Seiten, vdf Verlag der Fachvereine ETH ZH

Fr. 77.50

1. RAVEL-Tagung:

Start zu einer neuen fachlichen Kompetenz

Neue Spielräume schaffen mit dem heute und in Zukunft verfügbaren Strom, ist das Ziel des Impulsprogrammes «Rationelle Verwendung von Elektrizität, RAVEL». Erreicht werden soll dieses Ziel mit einer neuen fachlichen Kompetenz aller, welche beruflich im Bereich Produktion, Verbreitung und Einsatz von Elektrizität aktiv sind. Der eigentliche Start zu dieser neuen fachlichen Kompetenz bildete die erste RAVEL-Tagung vom 23. Mai 1991 in Bern. Referenten aus der Forschung, dem Elektro-Ingenieur-Bereich, der Politik, der Stromproduktion, der Energiesparberatung, der Ausbildung, der Architektur und der Strom-Grossbezüger gaben einen Überblick über den Stand des aktuellen Wissens, zeigten auf, was bereits in Richtung intelligenterer Einsatz von Strom unternommen wird, und wo die Bremsen und Chancen liegen. Der Tagungsband mit allen Referaten gibt einen umfassenden Überblick über den materiellen und gesellschaftlichen Stand des rationellen Einsatzes von Elektrizität anfangs 1991. Er gibt auch einen guten Überblick darüber, mit welchen Massnahmen das Impulsprogramm RAVEL auf das Ziel hinarbeitet, und gehört zur Basisliteratur für alle, welche sich fundiert mit dem sinnvoller Einsatz der uns zur Verfügung stehenden Energiequellen auseinandersetzen wollen.

(Résumés et deux conférences en français)

1991, 181 Seiten, Bestell-Nr. 724.300.1 d/f

Fr. 25.50

2. RAVEL-Tagung:

Mehr Büro mit weniger Strom

In den meisten Verwaltungsgebäuden liesse sich der Stromverbrauch ohne Komfort-Einbusse um 20 bis 50 Prozent senken. Wie, das war Thema der 2. RAVEL-Tagung. Der dazu erschienene Tagungsband liefert Zahlen und Fakten, die die Entwicklung der Haus- und Bürotechnik massgeblich beeinflussen werden und die auf Seiten der Benutzer die Entscheide bei der Auswahl der Bürotechnik wesentlich verändern dürften. Wie kann die Stromverbrauchsspirale in Bürogebäuden zurückgedreht werden? Durch welche neuen architektonischen Ansätze lässt sich der Energieverbrauch im Verwaltungsgebäude senken? Was können Management, Planer und

Bauleiter tun, um bei Verwaltungsneubauten zu energetisch besseren Lösungen zu gelangen? Wie lässt sich die Kooperation zwischen den verschiedenen Berufsgruppen verbessern? Worauf ist bei der Gerätebeschaffung zu achten? Und wie lässt sich verhaltensbedingte Stromverschwendung im Bürobereich stoppen? Der Band zur 2. RAVEL-Tagung nimmt zu diesen Fragen Stellung. Architekten, Generalunternehmer, Büroorganisatoren, Planer, Ingenieure aus dem Haustechnik- und Elektrobereich, Energieberater und Energiebeauftragte sowie Bürotechnik-Einkäufer grosser Dienstleistungsunternehmen erhalten mit den Fakten aus dem 2. RAVEL-Tagungsband das Wissen, um ihre Entscheide und ihr Handeln auf die neusten Erkenntnisse gestützt anzugehen.

1992, 118 Seiten Bestell-Nr. 724.300.2 d/f

Fr. 30.60

3. RAVEL-Tagung:

Energie-Fitness: Herausforderung an die Führungs-Strategen der Industrie

Energie-Fitness eröffnet Schweizer Industrie-Unternehmen bessere Chancen am internationalen Markt. Wie Energie-Fitness ein Teil der Unternehmensstrategie wird, wie Führungskräfte die Energie besser in Entscheidungs-Prozesse einbeziehen können und welche wegweisende Management-Konzepte heute erfolgreich eingesetzt werden, zeigt der Tagungsband zur 3. RAVEL-Tagung. Spitzenvertreter von Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen geben darin ihre erfolgreichsten Konzepte preis. Dabei sind international erfolgreiche Firmen vertreten: Angefangen bei Ciba-Geigy über Alusuisse-Lonza, Kuhn Rikon und Electrolux bis hin zu Viscosuisse. Der Tagungsband beantwortet dem Leser Fragen wie: Auf welchen Entscheidungsstufen muss die Frage nach dem Energie-Verbrauch gestellt werden? Wie lässt sich Energie-Effizienz in die Unternehmenskultur integrieren? Wie lässt sich der Faktor Energie in die Beurteilung von Investitions-Vorhaben einbeziehen? Und durch welche Strategien im Technologie-Management, in der Betriebs-Organisation und in der Produkte-Entwicklung erarbeiten sich Vorreiter-Unternehmen bereits heute Wettbewerbsvorteile am Markt? Der Tagungsband macht an handfesten Zahlen aus verschiedenen Unternehmen deutlich, welche ökonomischen Chancen in einer effizienten Energienutzung stecken. Für Führungskräfte, die eine bessere Energie-Fitness zur Zukunftssicherung ihres Unternehmens nutzen wollen, ist der 3. RAVEL-Tagungsband nützlicher Wegweiser, wertvolle Informationsquelle und nicht zuletzt spannende Lektüre.

1993, 97 Seiten, Bestell-Nr. 724.300.3 d/f

Fr. 25.50

4. RAVEL-Tagung:

RAVEL zahlt sich aus!

Welche volkswirtschaftliche Bedeutung hat RAVEL bereits heute und welche Zukunftschancen stellt RAVEL für den Wirtschaftsstandort Schweiz dar? Wie wird RAVEL im Unternehmen zum strategischen Erfolgsfaktor und in der Industrie zu einem wirkungsvollen Schlüssel zur Kostensenkung und zu besseren Wettbewerbsaussichten? Welche neuen Wettbewerbsvorteile bietet RAVEL-Wissen innovativen Planern und Baufachleuten? Und wie helfen RAVEL-Erkenntnisse dem Investor sein Kapital gewinnbringender einzusetzen und ein Maximum an Wirtschaftlichkeit zu erzielen? Im Tagungsband zur 4. RAVEL-Tagung nehmen Vordenkerinnen und Vordenker aus Wirtschaft, Forschung, Industrie und Politik zu diesen Fragen Stellung. Der Tagungsband zeigt neue Wege, wie Ausgaben für eine rationellere Verwendung von Elektrizität auch unter strengen marktwirtschaftlichen Bewertungsmassstäben zur lohnenden Inve-

stitution werden - und dies, trotz den heutigen tiefen Energiepreisen. Der vorliegende Band zur 4. RAVEL-Tagung liefert Leserinnen und Lesern konkrete Handlungsanleitungen aber auch visionäre Ideen, mit denen aus RAVEL-Wissensvorsprüngen volkswirtschaftliche, unternehmensstrategische und betriebswirtschaftliche Wettbewerbsvorsprünge werden.

1994, 112 Seiten, Bestell-Nr. 724.300.4 d/f

Fr. 25.50

Elektrizität im Wärmesektor: Wärmekraftkopplung, Wärmepumpen, Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung

Um hundert Einheiten Wärme zu produzieren, werden heute zwischen 38 und 333 Einheiten Primärenergie eingesetzt. Nur 38 Einheiten sind es, wenn eine Wärmepumpe mit Strom aus einem Wasserkraftwerk betrieben wird. 333 Einheiten sind es, wenn Elektrizität thermisch produziert und damit eine elektrische Widerstandsheizung aufgeheizt wird. Beide Extreme kommen heute vor. Ziel muss es sein, mit möglichst wenig Primärenergie möglichst viel Wärme zu produzieren. Wie dies möglich wird, beschreibt dieses Buch auf leicht verständliche Art. Im Mittelpunkt stehen dabei die Wärmekraftkopplung, der Einsatz von Wärmepumpen sowie die Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung. Das Autorenteam zeigt auf, warum und wie diese Techniken wesentlich zu einem rationelleren Einsatz unserer Primärenergien beitragen können. Investoren, Energieverantwortliche sowie Haustechnik- und Verfahreningenieure erhalten Antworten auf Fragen wie: Wo sind diese Techniken sinnvoll? Wie weit sind diese Techniken heute entwickelt? Welchen Einfluss haben sie auf Energieverbrauch und Umweltbelastung? Wie geht man bei der Planung richtig vor? Wie beurteilt man eine Offerte? Welche Nutzungsgrade dürfen erwartet und verlangt werden? Wirtschaftlichkeits-Berechnungen von Beispielen aus der Praxis geben Anregungen über den Einsatz dieser Techniken, und ein Glossar erklärt die technischen Begriffe.

1991, 33 Seiten, Bestell-Nr. 724.354 d

Fr. 8.15

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL im Wärmesektor»

Heft 1: Elektrizität und Wärme - Grundlagen und Zusammenhänge

Heft 2: Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung

Heft 3: Wärmepumpen

Heft 4: Wärmekraftkopplung

Heft 5: Standardschaltungen

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor»

Heft 1:

Elektrizität und Wärme

Hochwertigen Strom verheizen - ist das noch zeitgemäss? Wenn man dabei an Elektrowiderstandsheizungen denkt, die den eingesetzten Strom sehr schlecht nutzen, sicherlich nicht. Trotzdem erhält Strom bei der Wärmeerzeugung einen völlig neuen Stellenwert. Denn neue, energieeffizientere Technologien zur Wärmeerzeugung brauchen Strom: Strom dient zum Beispiel in Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen als Hilfsenergie. Und Strom treibt Wärmepumpen an. Dagegen ist nichts einzuwenden. Denn im Vergleich zu konventionellen Heiztechniken erzeugen die neuen Technologien aus derselben Menge Energie ein Mehrfaches an Heizwärme. Der Trend zu einem energiebewussteren Handeln lässt die Nachfrage nach den neuen Technologien wachsen. Besonders im Bereich Wärmepumpen, Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung ist eine rasante Zunahme zu beobachten.

Aber auch die Wärmekraftkopplung liegt im Trend - in Kombination mit Wärmepumpen sind Wärmekraftkopplungsanlagen eine ökonomisch und ökologisch interessante Alternative. Planerinnen und Planer sind gefordert. Denn im Vergleich zu konventionellen Anlagen zur Wärmeerzeugung stellen die neuen Technologien weit grössere Anforderungen an das Fachwissen des Planungsteams. Bereits kleine Fehler wirken sich gravierend auf die Energieeffizienz und damit auf einen ökonomischen und ökologischen Betrieb aus. Nur durch fundierte Fachkompetenz lassen sich solche Fehler vermeiden. Das vorliegende Heft 1 aus der fünfteiligen Fachbuch-Reihe «RAVEL im Wärmesektor» bildet den Grundstein zu dieser Fachkompetenz. Das Grundlagenheft gibt einen Überblick über die neuen Techniken «Wärmepumpen», «Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung» sowie «Wärmekraftkopplung». Es liefert Planerinnen und Planern Wissensgrundlagen und zeigt die Zusammenhänge zwischen den drei Technologien auf. Welche Vorteile hinsichtlich rationaler Energienutzung bieten die neuen Techniken? Wie funktionieren sie? Welche Bauarten existieren? Und wo sind mögliche Einsatzgebiete? Der Autor gibt Antwort auf diese Fragen und geht darüber hinaus auf Planungsgrundlagen ein. Das Buch liefert Auslegungsrichtlinien, wie Planerinnen und Planer eine gute Hydraulik sicherstellen und damit eine einwandfreie Einbindung ins Gesamtsystem garantieren. Je ein ganzes Kapitel ist den Themen «Schaltungstechnik», «Qualitätssicherung im Planungsablauf» und «Wirtschaftlichkeitsbewertung» gewidmet. Mit seinen Vorgehensleitfäden und zahlreichen Tips für die praktische Arbeit ist das Werk auch für gestandene Planerinnen und Planer ein unverzichtbares Fundament, auf dem sich die Fachkompetenz zur Planung und Realisierung von Wärmepumpen-, Wärmekraftkopplungs-, Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen aufbauen lässt.

1993, 64 Seiten, Bestell-Nr. 724.357 d

Fr.16.30

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 2: Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung - Planung, Bau und Betrieb von Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen

Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung nützt den Strom sieben- bis zehnmal besser als eine Elektroheizung und rund dreimal besser als eine Wärmepumpe. Es ist daher nicht verwunderlich, dass bislang ungenutzt weggeführte Abwärme aus industriellen Prozessen heute als wertvolle Energiequelle mehr und mehr Bedeutung gewinnt. Die Nutzung der Abwärme ist nicht nur ökologisch und energetisch sinnvoll, sie ist in vielen Fällen - oft auch bei kleineren Anlagen - wirtschaftlich. Mehr noch als bei grossen Anlagen, hängt die Rentabilität im kleineren Rahmen von einer sorgfältigen Planung ab. Wirtschaftlichkeit kann nur dort gewährleistet werden, wo - abgestimmt auf die herrschende Situation - die optimale technische Lösung mit dem bestmöglichen Wirkungsgrad eruiert wird. Angesichts der Komplexität der Anlagen und der grossen Zahl technisch unterschiedlicher Möglichkeiten, ist die Auswahl des am besten geeigneten Systems allerdings eine anspruchsvolle Aufgabe. Blättert man heute in den Lehrbüchern, sucht man jedoch meist vergeblich nach detailliertem, auf die Praxis ausgerichteten Stoff zum Thema der Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung. Die vorliegende RAVEL-Dokumentation soll diese Wissenslücken

schliessen. In einer Übersicht über die bewährtesten System-Typen und Komponenten, legen die Autoren den aktuellen Stand der Technik dar. Sie zeigen Funktionsprinzip sowie Vor- und Nachteile der Systeme auf und erläutern, für welche Einsatzbereiche sich die einzelnen Anlage-Typen eignen. In einem zweiten Teil beantwortet die Dokumentation Planern die wichtigsten Fragen rund um die Planung und Realisierung eigener Lösungen. Fragen wie: Wo lohnt sich der Einbau einer Wärmerückgewinnungs- oder Abwärmenutzungs-Anlage? Wie muss bei der Lösungsfindung vorgegangen werden? Wie sehen die einzelnen Planungs-Phasen aus? Wie lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Anlage abschätzen und der Wirkungsgrad berechnen? Und welche gesetzlichen Normen und Richtlinien müssen eingehalten werden? Anhand der wichtigsten Berechnungsformeln und realisierten Fallbeispielen werden die theoretischen Grundlagen vertieft. Daneben bietet die Dokumentation dem Leser ganz konkrete Instrumente und Planungshilfen für den täglichen Gebrauch - angefangen bei Kennzahlen, über Vorgehens-Schemata, bis hin zu Checklisten, welche die Lösungsfindung erleichtern.

1993, 59 Seiten, Bestell-Nr. 724.355 d

Fr.15.30

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 3: Wärmepumpen - Planung, Bau und Betrieb von Elektrowärmepumpenanlagen

In der Schweiz soll die Zahl der Wärmepumpen bis ins Jahr 2000 auf 100 000 Anlagen wachsen, was eine Vervierfachung der jährlichen Verkaufszahlen nötig macht. Erreicht werden soll dieses Ziel mit Unterstützung des Bundesamtes für Energiewirtschaft, das den Bau von Wärmepumpenanlagen entsprechend intensiv fördern will. Das Problem dabei: Fachleute, die in der Lage sind funktionstüchtige Anlagen zu bauen, gelten heute noch als Mangelware. Funktionstüchtig ist eine Elektrowärmepumpe erst dann, wenn sie aus dem zugeführten Strom eine bestimmte Menge Wärme produziert. Der Zielwert (Jahresarbeitszahl) liegt, je nach Betriebsart und Wärmequelle, zwischen 2,5 und 3,5 Einheiten produzierter Wärme je Einheit eingesetzter Elektrizität. Wie die Planung einer Wärmepumpenanlage angegangen werden muss, damit das Erreichen der erforderlichen Jahresarbeitszahl dem Kunden auch vertraglich garantiert werden kann, zeigt die vorliegende Dokumentation. Die Dokumentation bietet einen umfassenden Überblick über die Wärmepumpentechnik: Es werden die unterschiedlichen Wirkprinzipien und Bauarten erläutert, Nutzungsmöglichkeiten und Eigenschaften der Wärmequellen beschrieben und die neuesten Entwicklungstendenzen bei Anlagekomponenten beleuchtet. Der Leser erhält einen Leitfaden, der ihm aufzeigt, welche Entscheidungsfaktoren in die Anlagenplanung einbezogen werden müssen und wie die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu ermitteln ist. Ein ganzes Kapitel widmen die Autoren dem Thema «Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle». Dabei werden Fragen beantwortet wie: Welche Messinstrumente gehören zu einer funktionstüchtigen Anlage? Wie lässt sich ein einwandfreier Betrieb auch nach Inbetriebsetzung und Abnahme der Anlage sicherstellen? Und wie werden die Messstellen bestimmt und die Messresultate ausgewertet? Ein Fallbeispiel beschreibt die einzelnen Planungs- und Berechnungsschritte detailliert und praxisnah. In übersichtlichen Tabellen ist aufgeführt, wo die häufigsten Ursachen für eine unzureichende Funktionstüchtigkeit liegen, welche Auswirkungen sie haben und wie sich die Fehler beheben lassen. Darüber hinaus haben die Autoren die heute oft unzureichenden Normen und Richtlinien unter die Lupe genommen und verlässliche, praxisgerechte Berechnungsmethoden und Kennzahlen definiert. Fachleuten, die in

den Wachstumsmarkt «Wärmepumpen» aufbrechen wollen, liefert RAVEL auf den folgenden Seiten und in seinen Kursen das notwendige Wissensrüstzeug dazu.

1993, 64 Seiten, Bestell-Nr. 724.356 d

Fr.16.30

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 4: Wärmekraftkopplung

In Kombination mit Wärmepumpen ist die Wärmekraftkopplung (WKK) eine ökologisch sinnvolle und für den Betreiber auch eine ökonomisch lohnende Alternative zur herkömmlichen Wärmeenergieerzeugung. Voraussetzung ist, dass die Anlagen sorgfältig geplant und dort gebaut werden wo auch tatsächlich günstige Bedingungen vorliegen. Wo diese Bedingungen erfüllt sind und wie Planerinnen und Planer bei der Projektierung, Dimensionierung und Realisierung von WKK-Anlagen vorgehen müssen, um ihren Kunden ein Optimum an Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit zu garantieren, zeigt diese Dokumentation. Im ersten Kapitel geben die Autoren eine Übersicht über die verschiedenen WKK-Bauarten, ihre Funktionsprinzipien sowie die Zukunftstendenzen. Im zweiten Kapitel werden Fragen rund um die Einsatzmöglichkeiten der WKK-Technologie beantwortet - etwa: Wo im Wohn-, Dienstleistungs- oder Industriebereich kann eine WKK-Anlage eine sinnvolle Alternative sein? Welche Rahmenbedingungen müssen erfüllt sein? Oder welche gesetzlichen Normen gilt es zu beachten? Im Hauptteil der Dokumentation liefern die Experten die Wissensgrundlagen, Faustformeln und nötigen Berechnungsmethoden für eine fachgerechte Auslegung, Planung und Realisierung von eigenen WKK-Projekten. Ein anschauliches Berechnungsbeispiel aus der Praxis zieht sich wie ein roter Faden durch alle Phasen im Planungsablauf. Dieses Fallbeispiel macht es Leserinnen und Lesern einfach gleich selber zu kontrollieren, ob sie die Methoden zur Grobauslegung, zur Ermittlung der energietechnischen Daten und zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit richtig verstanden haben. Der Schlussteil der Dokumentation gibt nützliche Praxisempfehlungen für einen reibungslosen Betrieb, eine fachgerechte Wartung Betriebsüberwachung, Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle. Fachleute, die sich in die Thematik der Wärmekraftkopplung einarbeiten möchten - aber auch Planerinnen und Planer, die bereits Erfahrungen bei eigenen WKK-Projekten sammeln konnten -, erhalten mit dieser Dokumentation einen nützlichen Leitfaden für ihre Planungs-Praxis.

1994, 68 Seiten, Bestell-Nr. 724.358 d

Fr.17.35

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 5: Standardschaltungen

Praxiserprobte Schaltungen für Wärmepumpen, Wärmekraftkopplung, Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung

Kaum eine Wärmepumpen-, Wärmekraftkopplungs-, Wärmerückgewinnungs- oder Abwärmenutzungsanlage gleicht der anderen. Jedes Projekt wird aufgrund individueller Bedürfnisse geplant und aus einzelnen Bausteinen zusammengesetzt. Fazit: Jede Anlage ist ein Unikat. Oft arbeiten diese Anlagen aber nicht so effizient, wie man sich dies bei der Planung vorgestellt hat. Häufigste Ursache sind Probleme mit der Steuerung, Regelung und Hydraulik. Die Autoren gehen im ersten Teil unter den Stichworten Grundsicherungen, hydraulische Auslegung, Instrumentierung, Regelgeschwindigkeit, Schaltkriterien, Speicher, statische

Mischer und Wassererwärmung auf immer wieder vorkommende Probleme ein. Die RAVEL-Dokumentation zeigt, wie Fehler vermieden werden können, indem man sich auf möglichst wenige, einfache und in der Praxis bewährte Schaltungen konzentriert und den Einbau von geeigneten Messinstrumenten für die Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle bereits im Anlagenkonzept vorsieht.

Den Hauptteil dieser Dokumentation bilden die Standardschaltungen: Jede Schaltung ist mit detailliertem Prinzipschema und ausführlicher Beschreibung aufgeführt. Dazu gibt es Hinweise zu Anwendungsbe-reichen, Funktionsbeschreibungen, Empfehlungen zur hydraulischen Auslegung und regelungstechnische Empfehlungen. Fachleute erhalten so umfangreiche Informationen mit konkreten, praxiserprobten Schemata zu Gesamtschaltungen für kleine Wärmepumpenanlagen, Schaltungsmodulen zur Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen, Schaltungsmodulen zur Wärmeerzeugung mit Blockheizkraftwerken, Schaltungen zur Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung, Schaltungsmodulen zur Wassererwärmung sowie Schaltungsmodulen zur Wärmenutzung. Das vorliegende Heft ist für Planerinnen und Planer ein Schlüsselwerk zu einer effizienten Qualitätssicherung.

1995, 72 Seiten, Bestell-Nr. 724.359 d

Fr.16.30

Elektroheizungen - Sanierung und Ersatz in Wohnbauten

Elektroheizungen verbrauchen rund 8 Prozent des Stromes in der Schweiz. Ein Grossteil dieser Heizungen werden den heutigen Forderungen nach rationeller Verwendung von Energie nicht mehr gerecht-sie sind dringend sanierungsbedürftig oder sollten vollständig ersetzt werden.

Fragen rund um die Analyse bestehender Elektroheizungen stehen im Zentrum des ersten Teils dieser Broschüre. Neben Vorgehens-Empfehlungen findet der Leser Richtwerte und Checklisten zur Anlagen-Beurteilung. Bei der Beurteilung mitberücksichtigt wird immer auch der Gebäudezustand. Aufgrund dieser Analysen kann entschieden werden, ob sich eine Sanierung lohnt, oder ob eine vollständige Ersetzung sinnvoll ist.

Wie soll bei der Sanierung am besten vorgegangen werden? Welche Massnahmen sind zu ergreifen? Reichen Sofortmassnahmen vor Ort, wie eine saubere, bedarfsabgestimmte Neu-Regulierung der Lade-Steuerung aus? Oder sind Begleitmassnahmen wie der Einbau einer Ergänzungsheizung gefordert? Diese Fragen zur Sanierung werden im zweiten Teil der Broschüre behandelt. Die Palette vorgestellter Ergänzungsheizungen reicht vom Cheminée über Holzherde bis zum Holzheizungs-System mit kontrolliertem Luftwechsel.

Den dritten Teil der Broschüre widmen die Autoren ganz dem Ersatz unrentabler Alt-Anlagen. Bei der Wahl der Ersatz-Heizung stehen Wirtschaftlichkeit, Umweltfreundlichkeit und Komfort im Vordergrund. In Tabellen sind Vor- und Nachteile der zur Wahl stehenden Wärmequellen und Wärme-Verteil-Systeme übersichtlich dargestellt. Und es wird aufgezeigt, unter welchen Bedingungen die verschiedenen Systeme eingesetzt werden können. Speziell eingegangen wird hier auf den Ersatz durch Wärmepumpen, die im Vergleich zu Elektroheizungen bis zu dreimal weniger Strom verbrauchen.

Vorgehens-Merkblätter, ausführliche Planungs-Checklisten, Richtwert-Tabellen zur Anlagen-Analyse und anschauliche Fallbeispiele machen dieses Werk zu einem neuen, unverzichtbaren Arbeitsinstrument für den täglichen Gebrauch.

1992,116 Seiten, Bestell-Nr. 724.346 d

Fr. 28.55

Umwälzpumpen

Auslegung und Betriebsoptimierung

Untersuchungen haben gezeigt, dass rund 40 Prozent des Stromes, den alle Umwälzpumpen zusammen in der Schweiz brauchen, eingespart werden könnten. Das sind immerhin 1,5 bis 2 Prozent des gesamtschweizerischen Stromverbrauchs. Voraussetzungen für diese Energieeinsparung ist eine sorgfältige Abstimmung der Umwälzpumpen mit dem hydraulischen System. Wie dieses Ziel erreicht werden kann, zeigt dieses Planungs-Handbuch. Das Autorenteam widmet je ein ganzes Kapitel der Planung von Heizungs-Anlagen ohne Verteiler, Anlagen mit Verteilern, Grossanlagen wie Nahwärmeversorgungen und Spezialanlagen für Kaltwasser oder Kühlwasser und der Wärmepumpen. Speziell eingegangen wird auch auf Inbetriebnahme, Wartung und Unterhalt. Der Leser erhält Antworten auf Fragen wie: Worauf kommt es bei der Abstimmung von Leitungssystem und Pumpe an? Bei welchen Stromverbrauchswerten lohnt sich die Sanierung? Welche Anforderungen stellt ein Förderstrom, der durch Thermostat- und Durchgangsventile laufend verändert wird? Die theoretischen Grundlagen werden ausführlich behandelt. Eine Übersicht über die Pumpen-Arten erleichtert die richtige Wahl. Kennzahlen und Berechnungshilfen vereinfachen die Planung und erlauben die Beurteilung bestehender Pumpen sowie die Vorausberechnung des Stromverbrauchs und die Qualitätsbeurteilung neu projektierte Anlagen.

1991,143 Seiten, Bestell-Nr. 724.330 d

Fr. 33.65

Elektrische Wassererwärmung

Mehr Warmwasserkomfort mit weniger Strom

Haushalte mit Elektro-Wasserwärmern verbrauchen rund einen Drittel bis die Hälfte ihres Strombedarfs für das Warmwasser. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass das Benutzerverhalten nur zum Teil für die Höhe des Verbrauchs verantwortlich ist. Ein anderer bedeutender Teil wird bei der Planung und Auslegung der Warmwasseranlage bereits vorbestimmt. Ein Team von ausgewiesenen Haustechnik-Fachleuten hat die Warmwasserversorgung systematisch auf Energieverschwendungspotentiale analysiert. Die vorliegende Dokumentation zeigt auf, wo und wie der Warmwasserverbrauch durch Haustechnik-Planer und Installateure beeinflusst werden kann. Unter dem Gesichtspunkt «Mehr Warmwasserkomfort mit weniger Strom» werden Fragen beantwortet wie: Auf welche Wassermenge sind die Systeme auszurichten? Welche Wassererwärmer eignen sich für welchen Zweck am besten? Wo lohnen sich Zirkulationsleitungen und wie werden diese energetisch optimiert? Wie hoch ist die richtige Wassertemperatur? Was ist beim Einsatz von Wärmepumpen zu beachten? Fallbeispiele aus der Praxis, Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Planungshilfen, Verbrauchskennzahlen, machen dieses Werk zu einem wertvollen Arbeitsinstrument im täglichen Gebrauch. Ein separates Kapitel ist dem Thema «Zukunftsorientierten Warmwasseranlagen» gewidmet. Dieses zeigt die verschiedenen Möglichkeiten auf, wie nebst den herkömmlichen Erwärmungsarten neue Techniken angewendet werden können. Dazu gehören die bivalente Wassererwärmung, die Vorwärmung des Warmwasser in dezentralen Hochschrankboilern über die Heizung, die Wassererwärmung mit Sonnenkollektoren sowie verschiedene Anwendungen der Wärmepumpentechnik: die Wärmepumpe für grössere zentrale Anlagen, der Wärmepumpenboiler und die Wärmepumpe zur Deckung der Zirkulationsverluste in Geschäftshäusern.

1993,188 Seiten, Bestell-Nr. 724.349 d

Fr. 36.70

Gebäudeautomation Inbetriebsetzung und Abnahme

Haustechnische Anlagen fördern den Komfort. Sie brauchen dafür Energie, z.B. 25 Prozent des Stromes, der in der Schweiz verbraucht wird. RAVEL-Untersuchungen zeigen: Dieser Energie- und damit auch der Stromverbrauch könnten ohne Komforteinbusse durch ein konsequentes Energiemanagement deutlich gesenkt werden, wenn die Anlagen besser gesteuert und überwacht würden. Die integrale Gebäudeautomation (IGA), also die zentrale Steuerung und konsequente Überwachung aller haustechnischen Anlagen, kann dazu einen bedeutenden Beitrag leisten, vorausgesetzt, die IGA funktioniert. Das entscheidet sich zu einem wesentlichen Teil während der Inbetriebsetzung und Abnahme. Die meist grosse Zahl der am Bau der Haustechnikanlagen Beteiligten erfordert eine integrale Zusammenarbeit. Die Inbetriebsetzung und Abnahme der Gebäudeautomation wird dadurch zu einer anspruchsvollen Management-Aufgabe. Dabei gilt es, Bauablauf und Verantwortlichkeiten genau zu definieren und die Abnahme der einzelnen Anlagenteile und der Gesamtanlage klar zu regeln. Die RAVEL-Dokumentation Gebäudeautomation - Inbetriebsetzung und Abnahme zeigt wie: Welche Teilschritte und Teilkontrollen sind sinnvoll? Wer soll für was die Verantwortung übernehmen? Welche Bedingungen gehören in die Werkverträge? Wie soll auf Mängel reagiert werden? Wie ist bei der Betriebsoptimierung vorzugehen? Ausführliche Checklisten, Fallbeispiele, Anregungen für die Energieüberwachung und Wirtschaftlichkeitsrechnungen machen die vorliegende Dokumentation zu einem Arbeitshilfsmittel, welches für die Branche normativen Charakter erhalten dürfte.

1992, 97 Seiten, Bestell-Nr. 724.363 d

Fr. 24.50

Elektrische Antriebe energie-optimal auslegen und betreiben

Im Industriesektor wird heute 60 Prozent der verfügbaren elektrischen Energie durch elektrische Antriebe verbraucht. In der Praxis sind die Antriebe meist massiv überdimensioniert. Die Folgen sind ein unnötig hoher Stromverbrauch sowie zu hohe Anlagen- und Betriebskosten. Dies muss nicht sein: Wo Antriebe und Arbeitsprozess exakt aufeinander abgestimmt projiziert und im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden, lässt sich eine deutlich bessere Ausnutzung der Antriebe erzielen. Im Endeffekt heisst dies: kleinere Strom- und Anlagekosten bei gleichzeitig verbesserter Betriebssicherheit und Lebensdauer. In manchen Fällen sind so Verbrauchseinsparungen bis zu 75 Prozent erreichbar. Wie muss bei der energie-optimalen Auslegung von Antrieben vorgegangen werden? Welche neuen Technologien helfen, energetisch verbesserte und damit konkurrenzfähigere Antriebe zu entwickeln? Welche Faktoren sind bei einer präzisen Anforderungs-Analyse, ohne die eine energieoptimale Auslegung nicht möglich ist, zu beachten? Und wie lässt sich bei neuen oder bestehenden Anlagen schon mit kleinsten Investitionen massiv Strom einsparen? Antwort gibt die vorliegende Kursdokumentation. Sie liefert Grundlagen zu Wirkprinzipien der Motoren, bietet eine Übersicht über die neuesten Entwicklungen und wirft einen Blick in die Zukunft. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten der High-Efficiency-Motoren aufgezeigt. Und es wird das Vorgehen bei der Analyse des Arbeitsprozesses und die darauf abgestimmte Auslegung des Antriebes Stufe um Stufe erläutert. Für Fachleute, die sich mit der Planung, Herstellung und Anschaffung von elektrischen Antrieben und deren Anpassung an Maschinen und Anlagen beschäftigen, sowie für Wartungsspezialisten und Hersteller ist die

Dokumentation wertvolle Grundlage für die tägliche Arbeit.

1993, 138 Seiten, Bestell-Nr. 724.331 d

Fr. 33.65

Elektroantriebe

Die Industrie verbraucht rund ein Drittel des gesamten Stroms in der Schweiz. Insgesamt beläuft sich die jährliche Stromrechnung der Industrie auf rund 1,5 Milliarden Franken. Zwei Drittel des eingesetzten Stroms fliessen in industrielle Antriebe. Neue Technologien und neue Erkenntnisse zur Entwicklung energetisch besserer Lösungen eröffnen der Industrie in allen Bereichen - vor allem aber bei elektrischen Antrieben - die Chancen zu einem wirtschaftlicheren Energieeinsatz. Dies belegen umfangreiche RAVEL-Untersuchungen in vielen industriellen Branchen. Wo liesse sich mit den heutigen Möglichkeiten der Strom rationeller einsetzen? Wie lassen sich mögliche Einsparpotentiale orten? Durch welche Lösungsmöglichkeiten und konkrete Massnahmen können die Potentiale nutzbar gemacht werden? Und welche moderne Anwendungstechniken können helfen, die Energie effizienter zu nutzen? Die Broschüre «Elektroantriebe» verfolgt den Weg der Energie von der Zählerstation über den Elektromotor bis hin zur Kraftanwendung und zeigt Ursache und Bedeutung von Verlusten. Geeignete Massnahmen zur Nutzung des Potentials sind, nach Funktionen geordnet, aufgelistet. Ein weiterer Abschnitt zeigt die Aufgaben und Möglichkeiten des Energiemanagements. Das Thema Wirtschaftlichkeit stellt die wichtigsten Zusammenhänge kurz dar und zeigt das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer typischen Verbesserung bei einem Antriebssystem. Ergänzt ist die Dokumentation mit zehn Praxis-Beispielen. Die zehn Beispiele stammen aus unterschiedlichen industriellen Branchen - Werkzeugmaschinen, Textildruckmaschinen, Zementherstellung, Chemie - und behandeln auch unterschiedliche Energieanwendungen wie Druckluft, Lüftung, Kühlung, Pumpen, Abwasserreinigung, Rauchgasreinigung und innerbetrieblicher Transport. Die in der Dokumentation enthaltenen Informationen, Checklisten, Vorschläge, Grafiken und Beispiele sind branchenunabhängig in jedem Industriebetrieb anwendbar.

1993, 50 Seiten, Bestell-Nr. 724.332 d

Fr. 9.20

Haushaltgeräte Leitfaden zur Gerätewahl

Veben der Belastung der Umwelt können durch elektrische Haushaltgeräte auch unnötig hohe Energie- und Wasserkosten verursacht werden. Diese Kosten können - summiert über die Nutzungsdauer der einzelnen Geräte - weit höher sein als die ursprünglichen Anschaffungskosten. Bei den einzelnen Geräten besteht heute jedoch ein grosser Spielraum im Ressourcenverbrauch. So benötigen die effizientesten in der Schweiz erhältlichen Geräte häufig nur ein Drittel Strom und Wasser wie die ungünstigsten Geräte, welche angeboten werden. Das vorliegende Handbuch zeigt, wie für den jeweiligen Anwendungsfall der richtige Gerätetyp bestimmt wird und aus den angebotenen Geräten ein modernes, mit den günstigsten Gesamtkosten, gefunden werden kann. Auch bei den Fragen, ob sich die Reparatur eines defekten Gerätes lohnt, oder gar die frühzeitige Ausserbetriebnahme eines älteren Gerätes angebracht ist, gibt es Antworten, bei denen auch ökologische Gesichtspunkte mit einbezogen sind. Für jedes der heute gängigen grösseren Haushaltgeräte wird erläutert, wozu wieviel Energie benötigt wird, worin sich sparsame Geräte auszeichnen und wie diese erkannt werden können. Insgesamt ist das Buch eine wichtige Hilfe, sei es bei der Neu- oder der

Ersatzbeschaffung von Kühl- und Gefriergeräten, von Kochherden, Backöfen, Geschirrspülern, Waschmaschinen oder Wäschetrocknern. 1993, 100 Seiten, Bestell-Nr. 724.347 d Fr. 22.45

Energie-effiziente Lüftungstechnische Anlagen

RAVEL-Studien belegen, dass energetisch sehr gute Lüftungen im Vergleich zu verbrauchsintensiven Anlagen bis zu achtmal tiefere Stromkosten verursachen. Hinzu kommt: Energieschlanke Anlagen führen nicht nur zu spürbar tieferen Ausgaben für Energie, Betrieb und Unterhalt, sondern häufig auch zu deutlich kleineren Investitionskosten. Nach welchen Planungsschritten muss vorgegangen werden, um solche energetisch bessere Anlagen zu realisieren? Welche Anforderungen stellen die neuen Empfehlungser SIA V382/1-3 an energetisch sehr gute Anlagen? Durch welche Massnahmen lassen sich Anlagen strömungstechnisch sauberer auslegen und damit die Energie-Effizienz massgeblich verbessern? Wie lassen sich Überdimensionierung bei Motoren und Ventilatoren vermeiden? Und welche neuartigen Kühl- und Lüftungssysteme - zum Beispiel Betonkern-Kühlungen, Lüfterd-Register und Erdsonden - helfen, den Stromverbrauch weiter zu minimieren? Antworten auf diese und weitere Fragen rund um die Lüftungstechnik liefert die Kursdokumentation «Energie-effiziente Lüftungstechnische Anlagen». Die Dokumentation gibt Lüftungsplanern konkrete Empfehlungen, worauf bei der Planung besserer Lüftungsanlagen und Anlagenkomponenten zu achten ist. Sie gibt Architekten und Bauherren Hinweise, in welcher Bauphase der Lüftungsplaner beigezogen werden muss und wie durch richtige Planung des Gebäudes das Raumklima und der Energieverbrauch massgeblich beeinflusst werden kann. Darüber hinaus liefert die Dokumentation Betreibern wertvolle Tipps, wie sich der Energieverbrauch durch kostengünstige betriebliche Massnahmen in der Betriebsphase senken lässt. Checklisten zu den Themen «Planung des Gebäudes», «Planung der Lüftungstechnischen Anlage», «Planung einzelner Komponenten» und «Betriebsphase» ergänzen die Dokumentation und machen sie für den Einsatz bei der täglichen Arbeit zum hilfreichen Werkzeug. 1993, 138 Seiten, Bestell-Nr. 724.307 d Fr. 32.65

Analyse des Energieverbrauchs

- Erfassen, Bewerten, Darstellen, Handeln

Wieviele Energie braucht ein Unternehmen zur Herstellung eines Produktes? Wieviel Energie wird in den einzelnen Produktionsschritten benötigt? Welche Produktionsmaschine ist die beste? Anhand zahlreicher praktischer Beispiele wird in der vorliegenden Anleitung gezeigt, wie der Energieverbrauch selbst von komplizierten Produktionsprozessen mit wenig Aufwand analysiert werden kann. Das empfohlene systematische Vorgehen wird dem Leser im Beispiel und in der Theorie leicht verständlich und gut nachvollziehbar dargestellt. Die Verschiedenheit der Beispiele macht deutlich, dass die Methode in jeder Branche einsetzbar ist und als Werkzeug die Suche nach neuen Möglichkeiten der rationalen Energieverwendung erleichtert. 1993, 99 Seiten, Bestell-Nr. 724.318 d Fr. 24.50

Küche und Strom

Restauranterküchen bieten ein ergiebiges Feld für Energiesparmassnahmen - und ein finanziell lohnendes noch dazu. RAVEL-Studien belegen: Bereits durch einfachste Massnahmen und

ohne grössere Investitionen lässt sich der Stromverbrauch in Gewerbetüchen um nahezu ein Fünftel senken. Dies bedeutet für einen Gasthof mit 90 Sitzplätzen rund 5000 Franken weniger Stromkosten pro Jahr. Und wo bei Um- und Ausbauten ein rationeller Energieeinsatz zuoberst auf der Prioritätenliste steht, fallen die Stromkosten nochmals deutlich tiefer aus. Schöner Nebeneffekt: In Küchen, in denen weniger Energie verbraucht wird, entsteht auch weniger Hitze und somit ein angenehmeres Klima für das Personal. Diese Dokumentation zeigt Wirten, Chefköchen, Energieberatern, Hotel- und Restaurantbesitzern, wie in Gewerbetüchen ein effizienteres Energiemanagement angepackt und durchgesetzt wird. Der erste Teil der Dokumentation setzt sich mit der Ermittlung der Verbrauchsdaten auseinander. Denn ein wirkungsvolles Energiemanagement ist nur möglich, wenn Klarheit darüber herrscht, wo und wann wieviel Strom verloren geht. Im zweiten Teil geben die Autoren konkrete Empfehlungen zum rationalen Strom-einsatz: Durch welche organisatorischen Sofortmassnahmen lassen sich von heute auf morgen die Stromkosten für Kochen, Kühlen, Geschirrspülen, Lüftung und Beleuchtung spürbar senken und dabei die Arbeitsabläufe noch rationalisieren? Wie kann der Stromverbrauch durch Zubereitungsart, Gerätewahl und Gartemperatur beeinflusst werden, ohne die Qualität der Speisen zu gefährden? Welches sind für die verschiedensten Kochmethoden die sparsamsten Technologien? Und wie lassen sich mittels Einbau eines Lastmanagementsystems die Energiekosten bis zu 35% senken? Neben Antworten auf diese Fragen, findet der Leser im Schlussteil der Dokumentation eine praktische Checkliste mit Sofortmassnahmen zur energie- und arbeits-effizienteren Organisation der täglichen Arbeiten in der Restaurantküche. 1993, 44 Seiten (zweisprachig), Bestell-Nr. 724.322d/f Fr. 11.20

Einsatz der integralen Gebäudeautomation - Optimierung und Betrieb

Wo die Möglichkeiten der integralen Gebäudeautomation (IGA) voll ausgeschöpft werden, garantiert IGA ein optimales Energie- und Betriebsmanagement und damit tiefere Energie- und Betriebskosten. Um wieviel tiefer diese Kosten sein können wird in der vorliegenden Dokumentation am konkreten Beispiel eines Rechnungszentrums einer Schweizerischen Versicherungsgesellschaft aufgezeigt. Im untersuchten Praxisfall wurden durch den Einsatz von IGA Energie- und Betriebskosteneinsparungen von nahezu einer Viertelmillion Franken erreicht. Stellt man diesen Einsparungen die Kapitalkosten für die Investition und Betriebsaufwand gegenüber, ergeben sich summa summarum reale Kosteneinsparungen von rund 50 000 Franken pro Jahr. Durch welche Massnahmen wurden diese Einsparungen im vorgestellten Praxisfall erreicht? Wie lässt sich integrale Gebäudeautomation als wirkungsvolles Werkzeug zur Betriebsoptimierung und zur Reduzierung des Energieverbrauches einsetzen? Wo liegen die interessantesten Ansatzpunkte für eine Betriebsoptimierung? Und wie werden diese Ansatzpunkte aufgespürt? Wie geht man bei der Optimierung einer Anlage am besten vor? Wie lassen sich dank IGA und ausreichender Sensorik Fehlfunktionen der technischen Anlagen erkennen und analysieren? Und wie wird die Wirtschaftlichkeit einer einzelnen Optimierungsmassnahme oder einer ganzen IGA-Anlage errechnet? In der Dokumentation «Einsatz der integralen Gebäudeautomation - Optimierung und Betrieb» geht ein fünfköpfiges Expertenteam diesen Fragen nach. Die Dokumentation

zeigt, welche neuen Chancen zur Verbesserung der Energie-Effizienz und welche Möglichkeiten zur Senkung der Betriebskosten im Einsatz der modernen IGA-Technologie stecken. Ergänzt werden die fachlichen Wissensgrundlagen, durch konkrete Beispiele aus der Praxis. Der Erfahrungsbericht eines Betreibers gibt dem Praktiker aufschlussreiche Hinweise, auf was er bei eigenen Betriebsoptimierungs-Projekten achten muss. Betriebsleiter, Fachspezialisten für Betrieb und Unterhalt aber auch Planer und Unternehmer halten mit dieser Dokumentation ein nützliches Instrumentarium für die tägliche Arbeit in der Hand. Ein Arbeitsinstrument, das ihnen wertvolle Hilfestellung beim energie- und kostensparenden Betrieb von komplexen haustechnischen Anlagen und bei der Realisierung von eigenen IGA-Massnahmen zur Betriebsoptimierung leistet.

1994, 102 Seiten, Bestell-Nr. 724.362 d

Fr. 24.50

Licht; Grundlagen der Beleuchtung

Wie wohl wir uns fühlen, hängt stark davon ab, in welchem Licht unsere Umgebung erscheint: «Gutes Licht» am Arbeitsplatz erhöht die Leistungsbereitschaft. «Gutes Licht» in Verkaufsräumen erhöht die Beaglichkeit des Kunden und steigert den Verkaufserfolg. Und «gutes Licht» bei kniffligen Sehaufgaben wie bei Feinmechanikarbeiten, lässt das Auge weniger ermüden und hilft Fehler zu vermeiden. Darüber hinaus machen es moderne Beleuchtungstechnologien heute möglich, die Lichtqualität spürbar zu steigern und gleichzeitig die Energie- und Unterhaltskosten merklich zu senken. Bei einer sorgfältig geplanten Beleuchtung zahlen die deutlich tieferen Strom- und Unterhaltskosten das investierte Geld oft schon nach wenigen Jahren zurück.

Was aber ist bei der Planung einer Innenraumbeleuchtung zu beachten? Durch welche Massnahmen lässt sich Energie einsparen und gleichzeitig die Lichtqualität verbessern? Nach welchen Kriterien muss die Qualität des Lichts beurteilt werden? Welche Leuchtensysteme bietet der Markt heute? Durch welche Massnahmen lässt sich das natürliche Tageslicht besser nutzen und was muss dabei bedacht werden? Antwort darauf finden Entscheidungsträger auf Bauherren- und Bauplaner-Seite in dieser Dokumentation. Die Dokumentation ist das Basisheft aus der vierteiligen Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung». Wer sich einen Überblick über die neusten Erkenntnisse im Sektor Beleuchtungsplanung verschaffen möchte und wer die Wissensgrundlagen und Zusammenhänge in der Beleuchtungsplanung besser verstehen will, ist mit dieser Dokumentation gut beraten. In leicht verständlicher Sprache bietet sie eine interessante Fachlektüre - auch für Leser, die sich nicht täglich mit Lichtplanung auseinandersetzen.

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»

Grundlagen der Beleuchtung

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d

Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

1994, 120 Seiten, Bestell-Nr. 724.329.1 d

Fr. 22.45

Licht; Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten

Durch eine sorgfältig geplante Beleuchtungsanlage lässt sich das Wohlbefinden am Büroarbeitsplatz und damit die Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter spürbar steigern. Doch nicht nur das: wo die Beleuchtung nach neusten Erkenntnissen realisiert wird, sinken die Betriebs-

kosten - RAVEL-Studien belegen, dass die Kostenreduktionen für Interhalt und Strom mehr als 50 Prozent betragen kann. Allein durch die tieferen Strom- und Unterhaltskosten nacht sich die Investition für eine Beleuchtungssanierung meist schon nach wenigen Jahren bezahlt.

Wie lässt sich in Dienstleistungsgebäuden ein maximaler Lichtkomfort bei minimalem Energieaufwand erreichen? Worauf muss der Planer achten, um sein Beleuchtungskonzept exakt auf die spezifischen Anforderungen der verschieenen Büroarbeitsplätze abzustimmen? Welche besonderen Anforderungen stellen Bildschirmarbeitsplätze, Grossraum- und Einzelbüros? Welches sind die energieeffizientesten Beleuchtungstechnologien, die der Markt heute bietet? Wie lässt sich das natürliche Tageslicht als kostenlose Lichtquelle besser nutzen? Und wie werden dabei störende Spiegelungen und Schattenbilder auf dem PC-Monitor und der Arbeitsfläche vermieden? In der Dokumentation «Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten» geben Experten Antwort auf diese Fragen. Die Dokumentation zeigt Architekten, Ingenieuren, Arbeitsplatz-, Licht- und Elektroplanern, wie sie im Bürobereich bessere und energie-effizientere Beleuchtungskonzepte realisieren. Mittels Praxisbeipielen erhält der Leser Anregungen, die er bereits in sein nächstes Projekt einfließen lassen kann. Als zusätzliches Werkzeug für die Praxis, enthält die Dokumentation eine Checkliste, mit der sich die Planung energetisch besserer Beleuchtungskonzepte wesentlich erleichtern lässt.

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»

Grundlagen der Beleuchtung

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d

Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

994, 128 Seiten, Bestell-Nr. 724.329.2 d

Fr. 25.50

Licht; Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten

In Industriebauten steigert eine gute Beleuchtung die Prouktivität der Mitarbeiter. Dies belegt eine mehrmonatige Praxisstudie: Allein durch die Verbesserung der Lichtqualität konnte in der Studie die Produktivität um 7 Prozent gesteigert werden. Ein weiterer Vorteil, der deutlich macht, wie wichtig eine sorgfältig geplante Beleuchtung ist, sind messbar tiefere Ausschussquoten. Diese Dokumentation zeigt, wie in Industriebauten der Lichtkomfort und damit die Produktivität gesteigert werden kann und wie sich gleichzeitig die Energie- und Unterhaltskosten deutlich senken lassen. Erarbeitet wurde die Dokumentation von einem Team versierter Lichtplaner in Zusammenarbeit mit der Universität Genf. Im ersten Teil haben die Autoren interessante Praxisbeispiele aus unterschiedlichen Industriesektoren zusammengetragen. Es werden die Ausgangssituationen analysiert, die gewählte Lösung detailliert beschrieben und die Ergebnisse - etwa erreichte Einsparungen oder Produktivitätssteigerungen - an handfesten Zahlen offen gelegt. Im zweiten Teil der Dokumentation wird für die Praxis aufgearbeitetes neues Wissen vermittelt. Hier gehen die Autoren auf Fragen ein wie: Welche modernen Leuchtensysteme stellen in typischen Industrieräumen wie Shedbauten oder hohen Fabrikationshallen eine gute Energieeffizienz sicher? Wie lassen sich Industrie-arbeitsplätze besser

und energieeffizienter ausleuchten? Wie wird eine aussagekräftige Nutzwertanalyse erstellt, mit der sich die beste und wirtschaftlichste Beleuchtungslösung zeitsparend ermitteln lässt? Welche Systeme zur Tageslichtnutzung garantieren die grösste Lichtausbeute? Und wie lassen sich die Unterhaltskosten massiv reduzieren? Beleuchtungsverantwortliche in Industriebetrieben, Elektroplaner, Architekten, Arbeitsplatzgestalter und Energieberater finden in dieser Dokumentation neben konkreten Empfehlungen und wertvollen Lösungsansätzen für die eigene Arbeit auch praktische Arbeitsinstrumente - etwa eine Checkliste, mit der sich mit minimalem Arbeitsaufwand Verbesserungsmöglichkeiten aufspüren lassen.

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»

Grundlagen der Beleuchtung

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d

Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

1994, 88 Seiten, Bestell-Nr. 724.329.3 d

Fr. 21.40

Licht; Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen

Wer Produkte ins rechte Licht stellt, steigert die Kauflust der Kunden, was sich messbar in höheren Verkaufszahlen niederschlägt. Hinzu kommt: Wird eine Beleuchtung nach neusten Erkenntnissen geplant und realisiert, lassen sich jährlich Tausende von Franken an Energie- und Unterhaltskosten einsparen. Wie sich in Warenhäusern, Shopping-Centern, Lebensmittelgeschäften, Boutiquen - kurz in Verkaufsräumen aller Art durch intelligentere Lichtplanung die Stromrechnung senken und die Verkaufszahlen steigern lassen, zeigt diese Dokumentation. Licht- und Elektroplaner, Raumgestalter, Architekten und Dekorateure erhalten darin Tips und konkrete Ratschläge für ihre tägliche Arbeit: Wie lässt sich der Verkaufserfolg durch besseres Licht steigern? Wie lassen sich in Schaufenstern mit weniger Energie verkaufswirksame Effekte erzielen? Welche energetisch besseren Beleuchtungstechnologien für den Verkaufsbereich existieren heute? Welche Eigenschaften, Vor- und Nachteile haben die verschiedenen Lampentypen? Wo liegen ihre Einsatzmöglichkeiten? Wie lässt sich anhand der Nutzwertanalyse die komfortabelste und energiesparendste Lösung mit minimalem Zeitaufwand ermitteln? Neben Antworten auf diese Fragen bietet die Dokumentation den Lesern wertvolle Detailinformationen über einige der erfolgreichsten Beleuchtungskonzepte aus unterschiedlichen Verkaufsbereichen - vom Lebensmittelgeschäft bis zum Möbelmarkt. Bei allen vorgestellten Projekten wurde die Beleuchtungsqualität deutlich gesteigert und die Energiekosten um mehr als die Hälfte reduziert. Sofort einsetzbares neues Wissen, ergänzt mit wegweisenden Beispielen aus der Praxis - mit dieser Mischung bietet die Dokumentation dem Leser ein erstklassiges Instrument, das ihm bereits in seinem nächsten Projekt wertvolle Dienste leistet. Eine Checkliste mit der sich bestehende Beleuchtungen innert kürzester Zeit auf Verbesserungsmöglichkeiten überprüfen lassen, ergänzt die Dokumentation.

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»

Grundlagen der Beleuchtung

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d

Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen

EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

1994, 90 Seiten, Bestell-Nr. 724.329.4 d

Fr. 21.40

Automation und RAVEL- Industrielle Automation: Projekte rationell planen und realisieren

Hauptziel der Automatisierung ist die Rationalisierung einzelner Prozess-Schritte oder ganzer Prozesse. Bisher wurde bei Automatisierungsprojekten dem effizienten Energie-Einsatz nur wenig Beachtung geschenkt. RAVEL-Untersuchungen belegen jedoch: energieeffizientere Automationslösungen sind meist produktiver. Denn wo der Faktor «Energie» in den Planungs- und Entscheidungsablauf miteinbezogen wird, entstehen oft neue, interessante Ideen für Verbesserungen. Wie sich die Möglichkeiten der modernen Elektronik und Prozessleittechnik besser ausschöpfen lassen, zeigt diese Dokumentation. Erarbeitet wurde das Lehrbuch von erfahrenen Spezialisten der Automationsbranche in Zusammenarbeit mit dem Institut für Automatik der ETH Zürich. Die Dokumentation gibt dem Leser einen Leitfaden, wie sich bei eigenen Automationsprojekten durch ganzheitliche Planung ein energetisch schlankeres, wirtschaftlicheres und leistungsfähigeres Resultat garantieren lässt. Wie muss dabei vorgegangen werden? Wie ermittelt man durch eine Energieanalyse die für die Planung notwendigen Entscheidungsgrundlagen? Was ist bei der Ausarbeitung des Automationskonzeptes zu beachten? Wo liegen die aussichtsreichsten Ansatzpunkte für Massnahmen zur Verbesserung der Energie- und Produktionseffizienz? Und welche technologisch wegweisenden Lösungen werden heute bereits mit Erfolg eingesetzt? Die Autoren liefern dazu fundierte Wissensgrundlagen, gesammelte Praxiserkenntnisse und geben konkrete Tips. Sie zeigen auf, wo bei der Projektierung und Realisierung in der Praxis Probleme lauern. Und Sie geben Empfehlungen, wie sich diese am wirkungsvollsten aus dem Weg räumen lassen. Ein in der Dokumentation integriertes Begriffslexikon schafft Klarheit über die heute oft falsch verstandenen Fachbegriffe. Das Lexikon gibt Empfehlungen zum richtigen Einsatz von Automationselementen wie Vorort-Elektronik, Regler, Numeric Control, Speicherprogrammierbare Steuerung, Leitsysteme oder Schnittstellen zur Anlage. Und das Lexikon vermittelt einen Überblick über die Möglichkeiten verschiedener Produktionstechniken wie Flexible Fertigung, Just in Time, Lean Production oder CIM. Ebenso erläutern die Autoren die Grundbegriffe der Qualitätssicherung in der technischen Softwareentwicklung. Im Schlussteil der Dokumentation finden Projektleiter und Automationsspezialisten einen detaillierten Phasenplan, der den korrekten Ablauf des Automationsprojektes - gegliedert in Hauptphasen, Teilphasen, Tätigkeiten und Etappenzielen - auf einen Blick übersichtlich aufzeigt. Damit wird die Dokumentation zu einem hilfreichen Instrument bei der Strukturierung, Planung und Leitung eigener Automationsprojekte.

1994, 96 Seiten, Bestell-Nr. 724.335 d

Fr. 23.45

Kühlmöbel und Kälteanlagen in Lebensmittelgeschäften

Kühl- und Tiefkühlmöbel verursachen in Lebensmittelgeschäften bis zu 60% der Stromkosten. Pro Laufmeter Möbel betragen die jährlichen Stromkosten bei Bedienungstheken

rund Fr. 200.-, bei Kühlregalen rund Fr. 600.- und bei Telkühl-Kombinationen bis zu Fr.1900.-. Angesichts dieser Zahlen wird klar, welche Bedeutung Kühlmöbel als Aktionsfeld zur Betriebskostensenkung haben.

Die vorliegende Dokumentation belegt, dass in vielen Lebensmittelgeschäften einträglige Sparpotentiale auf Eis liegen: Allein schon durch rein betriebliche Massnahmen wie richtiges Beladen und Pflege der Anlagen lässt sich der Energieverbrauch um bis zu 15% senken. Durch Nachtdeckungen lassen sich bis 40% der Kosten einsparen. Und bei Neuanschaffungen lohnt sich der Blick auf den Stromverbrauch erst recht - die Verbrauchsunterschiede zwischen energetisch guten und mangelhaften Geräten betragen bis zu 50%.

Die Dokumentation zeigt, wo genau angesetzt werden muss und wie die wirtschaftlichsten Massnahmen aussehen. Sie wurde von RAVEL-Fachleuten in Zusammenarbeit mit Vertretern der führenden Lebensmittelverteiler, mit Kühlmöbellieferanten und mit Kälteanlagenplaner erarbeitet. Die Autoren beleuchten, was es bei der Möbelwahl, der Ausrüstung und der Platzierung im Verkaufsraum zu beachten gilt, damit die vorgeschriebene Produkttemperatur mit kleinstmöglichem Energie-Aufwand sichergestellt wird. Und sie geben konkrete Empfehlungen, wie sich bei der Planung und beim Bau der Kälteanlagen lohnende Energiesparpotentiale ausschöpfen lassen. Ein ganzes Kapitel ist den neusten Entwicklungen im Kälteanlagenbau einschliesslich der aktuellen Lösungsansätze bei der Kältemittelproblematik gewidmet. In einem weiteren Schwerpunkt-Teil der Dokumentation gehen die Autoren auf die Sparmöglichkeiten bei bestehenden Anlagen ein. Hier finden Leser eine Massnahmentabelle mit wertvollen, sofort in der Praxis anwendbaren Energie- und Geldspar-Tips. Und Fachleute an der Verkaufsfront erfahren, wie man im eigenen Laden ganz ohne Investitionen erheblich Energie sparen kann und wie sich dabei gleichzeitig die Qualität und die Präsentation der Waren verbessern lässt.

1994, 96 Seiten, Bestell-Nr. 724.350 d

Fr. 20.40

Organisation und Energiemanagement

Betriebe die bezüglich Energieproduktivität zu den besten ihrer Branche zählen, gehören meist auch zu den konkurrenzfähigsten im Markt. Die modernen Managementmethoden und Arbeitsorganisationen, nach denen diese Unternehmen arbeiten, unterstützen einerseits ihren Wettbewerbserfolg und bilden gleichzeitig eine günstige Basis für ein erfolgreiches Energiemanagement. Diese Tatsache zeigt: Modernes Energiemanagement ist weit mehr als nur eine punktuelle Optimierungsaufgabe der Unternehmensführung. Vielmehr hat das Energiemanagement dann Erfolg, wenn es das gesamte Unternehmen von der Führungsetage bis zur Basis erfasst und das Energiemanagement als ein Stück Unternehmenskultur verstanden wird. Wie das Energiemanagement erfolgreich in die Unternehmensphilosophie, ins Management und in die unternehmerischen Organisationsabläufe eingebunden wird, zeigt diese Dokumentation.

Welche traditionellen und neuen Organisationsmittel stehen dem Management dabei zur Verfügung? Welche neue Aufgaben und Anforderungen stellt ein modernes Energiemanagement an die Unternehmensführung und die verschiedenen Bereiche im Unternehmen? Wie werden in der Praxis Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten verteilt und fixiert? Und durch welche Managementinstrumente können Mitarbeiter auf allen Hierarchiestufen für einen intelligenten Energieeinsatz sensibilisiert und zu deren Durchsetzung im eigenen Kompetenzbereich motiviert werden? Antworten auf diese Fragen liefert ein Fach-

autorenteam aus Management und Unternehmensberatung. Die Autoren gehen in ihrem Leitfaden auf Themen ein wie: Leitbild, Organigramm, Energieaudit, Energiezirkel, Pflichtenheft für den Energiebeauftragten oder Energiemanagement-Profil. Dabei stützen sie sich auf eine breite Palette neuer Untersuchungen und Erfahrungen aus Wissenschaft und Praxis. Der Leser findet in der Dokumentation einfach anwendbare Hilfsmittel und Vorgehensmuster für eine effiziente Energieorganisation. Jenen Unternehmen, die noch wenig Energiemanagement-Erfahrungen sammeln konnten, zeigt die Dokumentation Schritt für Schritt, wie die Organisation und Integration angegangen wird. Und Betriebe, die das Energiemanagement bereits erfolgreich praktizieren, erhalten darin eine Fülle von Empfehlungen, wie sich die bestehende Energieorganisation weiter optimieren lässt.

1994, 96 Seiten, Bestell-Nr. 724.374 d

Fr. 23.45

Messen von Leistungen und Energien

Aufgrund systematischer Verbrauchserfassungen können durch gezielte Sofortmassnahmen die Energiekosten oft ohne grosse Investitionen spürbar gesenkt werden. Die Daten aus Messuntersuchungen machen eine effiziente, schlanke Planung und Dimensionierung des Anlagen- und Maschinenparks möglich. Und eine systematische Kontrolle der betrieblichen Daten deckt Mängel oder Schwachstellen im Betrieb auf - meist lange bevor Veränderungen oder Schäden am System sichtbar werden. So lassen sich teure Reparaturen vermeiden und eine reibungslose Produktionsabwicklung im Betrieb sicherstellen. Dies sind nur einige Gründe, weshalb die sorgfältige Analyse des Energieverbrauchs heute aus einem modern geführten Industrieunternehmen nicht mehr weg zu denken ist. Wie man durch systematisches Vorgehen bei der Messanalyse mit weniger Aufwand zu aussagekräftigeren Daten gelangt, zeigt dieses Handbuch. Nach welcher Methode wird die Analyse einzelner Verbraucher am effizientesten angegangen? Wie werden die Messaufgaben definiert und die Ziele festgelegt? Wie werden die Messungen vorbereitet und angepackt? Und wie lässt sich abgestimmt auf die Messaufgabe das beste Messverfahren bestimmen? Neben Antworten auf solche Fragen rund um die Durchführung von Einzelmessungen, zeigt der Autor auf, wie Betriebsleiter, Betriebsingenieure und Messverantwortliche gesamtbetriebliche Messkonzepte planen und in der Praxis erfolgreich durchsetzen. Daneben erhält der Leser einen Überblick über die verschiedenen Mess- und Berechnungsmethoden für die unterschiedlichen Energieformen im Betrieb - angefangen bei Elektrizität über Wärme und Fernwärme bis hin zu Dampf, Gas und Heizöl. Die leichtverständlichen Praxisbeispiele und konkreten Handlungsanleitungen, machen das vorliegende Handbuch einerseits zu einem wertvollen Hilfsmittel in Betrieben, wo die systematische Energieverbrauchserfassung noch gar nicht oder nur ungenügend praktiziert wird. Und mit seinen detaillierten Messvorschlägen, Prinzip-, Energiefluss- und Signalfuss-Schemen, zeigt die Dokumentation andererseits erfahrenen Fachleuten, wie sie bei ihren Messungen mit weniger Aufwand zu wirkungsvolleren Resultaten gelangen.

1994, 136 Seiten, Bestell-Nr. 724.377 d

Fr. 32.65

11 Praxislehrstücke, wie Ausgaben für einen rationellen Stromeinsatz zur lohnenden Investition werden.

Keine wirtschaftliche Tätigkeit ohne Elektrizität. Diese kurze Formel ist Ausdruck der vielfältigen Anwendung von Strom. Und überall dort, wo Strom eingesetzt wird, beste-

hen auch Einsparmöglichkeiten. Die Realisierung dieser Sparpotentiale ist ganz wesentlich von der Wirtschaftlichkeit der auslösenden Massnahme abhängig.

Die elf Beiträge dieses Heftes zeigen exemplarisch, wie und wo Strom eingespart werden kann und mit welchen Resultaten zu rechnen ist. Die Beispiele stammen aus Industrie und Gewerbe, aus Handel und Verwaltung, aus Wohnsiedlungen und öffentlichen Gebäuden. Die Angaben zur Wirtschaftlichkeit sind nach einem einheitlichen Raster lückenlos dokumentiert: Investitions- und Betriebskosten, Annuität und Rückzahlfristen. Die beteiligten Führungskräfte stehen dazu und die Zahlen belegen es: Verbesserte Stromnutzung zahlt sich aus.

1994, 48 Seiten, Bestell-Nr. 724.387 d Gratis

Kompetent antworten auf Energiefragen

Da stellt ein Laie eine auf den ersten Blick simple Frage - und der Fachmann hat grösste Mühe, sein Wissen so zu vermitteln, dass die Antwort für den Nicht-Fachmann verständlich bleibt und trotzdem fachlich korrekt ist: Wer hat die Situation in der Praxis nicht auch schon angetroffen? Genau mit solchen Fragen und Antworten rund um den rationellen Einsatz von Energie befasst sich dieses Nachschlagewerk. Ein sechsköpfiges Team von Fachleuten hat Fragen, mit denen sie in der Praxis häufig konfrontiert werden, zusammengetragen. Fragen wie: Weshalb sollten Energiesparlampen nicht zu häufig in kurzen Intervallen ein- und ausgeschaltet werden? Wann sollte man sie brennen lassen und ab wann lohnt es sich, sie abzuknippen? Wie funktioniert eine Solaranlage? Und mit welchen Kosten muss ein Investor rechnen? Wie lässt sich der Energieverbrauch von Haushaltgeräten ermitteln und in den Kaufentscheid miteinbeziehen? Dem Autoren-Team ist es gelungen, diese und eine Vielzahl weitere Fragen zur Energie und zum Energiesparen fachmännisch zu beantworten und dabei trotzdem ganz auf Fachchinesisch zu verzichten. Neben Antworten auf Fragen aus den Fachgebieten «Beleuchtung», «Haushaltgeräte», «Photovoltaik» sowie «Heizung und Warmwasser» findet der Leser eine Anleitung zur Analyse des eigenen Energieverbrauches. Darüber hinaus bietet das Nachschlagewerk praktische Bewertungstabellen mit denen sich innert Minuten bestimmen lässt, ob ein ermittelter Strom- oder Wärmeverbrauch im Vergleich zu ähnlichen Wohnungen oder Häusern als tief, als durchschnittlich oder als zu hoch bewertet werden muss. Ergänzt ist der Ordner mit einem nach Regionen gegliederten Verzeichnis der Schweizerischen Energieberatungs- und Subventionsstellen mit Adressen, Telefonnummern und sogar namentlich erwähnten Kontaktpersonen.

Was man schon immer über Energie und deren rationellen Einsatz wissen wollte: dieser Ordner gibt auf über 100 Seiten Antworten auf brennende Fragen. Damit ist das Werk nicht nur ein interessanter Lesestoff für Nicht-Fachleute. Es ist vor allem ein praktisches Nachschlagewerk und Hilfsmittel für alle, die bei ihrer täglichen Arbeit nach einfach verständlichen Antworten auf nicht immer ganz einfache Laienfragen suchen.

1994, Ordner 194 Seiten, Bestell-Nr. 724.386 d Fr. 51.-

Energiemanagement in der Hotellerie

Die Energiekosten machen in Hotelbetrieben bis zu 4,5 Prozent des Umsatzes aus.

Dies belegt eine RAVEL-Studie, die in 22 Hotels unterschiedlicher Grösse und Klassierung durchgeführt wurde. Die Studie deckt auf: Schweizer Hoteliers geben unnötig viel für Strom und Heizenergie aus. Denn in nahezu jedem Hotelbetrieb liegen heute lohnende und wirtschaftliche Sparpotentiale brach. Bereits durch kostenlose Sofortmassnahmen lassen sich beachtliche Mengen an Energie und Geld sparen. Insgesamt, so schätzen die RAVEL-Fachleute, liesse sich in Schweizer Hotels die Stromrechnung ohne grossen, zusätzlichen Aufwand um durchschnittlich 35% und die Heizenergie-Rechnung um rund 25% senken. Der Blick auf den Energieverbrauch lohnt sich ganz besonders, wenn im Hotel ohnehin Umbauarbeiten oder Erneuerungen von Anlagen fällig sind und wenn Massnahmen zur Energiekostensenkung im Rahmen dieser Investitionen angegangen werden.

Wo im Hotelunternehmen und Gastronomiebetrieb ergiebige Einsparpotentiale verborgen sein können, zeigt diese Dokumentation «Energiemanagement in der Hotellerie» in konzentrierter Form. Hotelmanager und Energiefachleute finden in der Dokumentation einen Katalog mit weit über 100 Empfehlungen, Ideen, Anregungen und konkreten Tips für Energiespar-Massnahmen im Hotelbetrieb. Die Massnahmen sind nach verschiedenen Themenkreisen wie «Heizung», «Lüftung», «Küche», «Beleuchtung», «Warmwasser», «Hallenbäder» etc. gegliedert. So, dass der Hotelbetrieb schrittweise nach ungenutzten Sparpotentialen durchleuchtet werden kann. Hoteliers finden in der Dokumentation Faustformeln zur überschlagsmässigen Selbstanalyse der Energiefitness des eigenen Betriebes. Und dem Energiieberater bietet die Dokumentation im Anhang kopierfertige Musterformulare für eine tiefergehende Analyse des Hotels. Wichtige, in der RAVEL-Studie gewonnene Zahlen, sind in übersichtlichen Grafiken zusammengefasst und runden die Dokumentation ab. Die Ergebnisse aus den 22 untersuchten Hotels liefern interessante Vergleichswerte und Bewertungsgrundlagen. Und die Studie macht deutlich, welche oft unterschätzte betriebswirtschaftliche Bedeutung die Energiekosten im Hotelbetrieb haben.

1994, 56 Seiten, Bestell-Nr. 724.325 d Fr.14.30

Energiemanagement in Heimen

Viele Heimbetriebe in der Schweiz geben unnötig viel Geld für Strom und Heizenergie aus. Denn in nahezu jedem Betrieb liegen heute lohnende und wirtschaftliche Sparpotentiale brach. Bereits durch kostenlose Sofortmassnahmen lassen sich beachtliche Mengen an Energie und Geld sparen. In vielen Heimbetrieben könnte die Heizenergie-Rechnung, so schätzen Energiefachleute, um rund ¼ tiefer ausfallen. Die Stromrechnung liesse sich gar um rund 1/3 senken. Der Blick auf den Energieverbrauch lohnt sich ganz besonders, wenn im Heimbetrieb Umbau-Arbeiten oder Erneuerungen von Anlagen fällig werden. Wo im Heimbetrieb lohnende Sparpotentiale brach liegen, zeigt die Kurs-Dokumentation «Energiemanagement in Heimen» auf praxisnahe Weise. Verantwortliche für die Haustechnik in Heimbetrieben sowie Heimleiterinnen und Heimleiter finden Faustregeln zur überschlagsmässigen Selbstanalyse der Energiefitness des eigenen Betriebes und zur Bestimmung des Sparpotentials. Die Dokumentation enthält einen Katalog mit weit über 100 Empfehlungen, Ideen, Anregungen und konkreten Tips für Energiespar-Massnahmen. Die Massnahmen sind nach verschiedenen Themenkreisen wie «Heizung», «Lüftung», «Küche», «Beleuchtung», «Warmwasser» etc. gegliedert. Damit kann der Betrieb schrittweise nach ungenutzten Sparpotentialen durchleuchtet werden. Eine Energiegeschichte verhilft Leserinnen und Lesern den Einstieg in Energiefragen spielerisch zu erleben. Den Schluss der Dokumentation bilden konkrete Vorgehensanleitungen und die Anschriften von Beratungsstellen. Die Kurs Dokumentation ist damit ein wertvolles Hilfsmittel, das sicherstellt, dass Sparmassnahmen in Heimbetrieben effizient ihr Ziel erreichen.

1995, 42 Seiten, Bestell-Nr. 724.326 d Fr.12.25

Leitfaden Lebensmittelläden

Energiegerechter Bau, Betrieb und Unterhalt von Lebensmittelläden. Ein Leitfaden für Bauverantwortliche und Betreiber.

Bau- und Sanierungsprojekte im Lebensmittelhandel bieten ein breites Aktionsfeld für wirtschaftlich lohnende Energiesparmassnahmen. Bei Um- oder Neubauten im Lebensmittelhandel gilt es, bereits von Beginn weg auf einen möglichst wirtschaftlichen Energiehaushalt des fertigen Ladenlokales hinzuwirken. Nur so lassen sich die bestehenden Potentiale zur Verbesserung der Energie-Effizienz wirkungsvoll ausschöpfen. Denn die Weichen für ein energie-schlankes Resultat werden bereits in den ersten Studien- und Vorprojekt-Phasen gestellt. Welche Grundregeln sind beim energie-gerechten Bauen und Sanieren zu beachten? Wo und wie ist die Frage nach dem Energieverbrauch im Planungsablauf zu berücksichtigen? Nach welchen Grundsätzen muss die Projektorganisation aufgebaut sein, damit ein energie-gerechtes Bauen überhaupt möglich wird? Und welche neuen Rollen und Aufgaben kommen den beteiligten Parteien zu? Praxisgerecht aufbereitete Antworten auf diese Fragen liefert dieser Leitfaden für Bauverantwortliche und Betreiber von Lebensmittelläden. Der Leitfaden zeigt auf, wie sich bei Bauprojekten im Lebensmittelhandel mit einem Minimum an Investitionen ein Maximum an Betriebskosten- und Energieeinsparungen erzielen lassen. Dabei gehen die Autoren Schritt um Schritt sämtliche Stufen der Planung und Realisierung durch - von der Studien- und Vorprojektphase über die Ausführungsphase bis hin zur Inbetriebnahme und abschliessenden Betriebsoptimierung. Der Leitfaden ist gespickt mit wertvollen Instrumenten für die praktische Arbeit. Dazu gehören etwa technische Angaben und Checklisten, die dem Bauherren die Formulierung von zweckmässigen Pflichtenheften erleichtern. Und dazu gehören Energieverbrauchs-Zielwerte (Kennzahlen). Die Kennzahlen dienen der Bauherrschaft als Grundlage zur Festlegung überprüfbarer Vorgaben für den maximalen zulässigen Energieverbrauch pro Quadratmeter. Wie die Erfahrung zeigt, sind solche Energieverbrauchs-Vorgaben ein wirkungsvolles Instrument um zu erreichen, dass sich die beteiligten Planer und ausführenden Unternehmer vermehrt mit der Frage des Energieverbrauches auseinandersetzen. Das Resultat sind bessere Lösungen. Lösungen die nicht nur die Betriebskosten reduzieren, sondern die in vielen Fällen auch die Investitionskosten spürbar senken.

1995, 80 Seiten, Bestell-Nr. 724.323 d

Fr. 20.40

Neuer Komfort mit Tageslicht

Das Tageslicht ist ein integraler Bestandteil der Architektur. Bedeutende Architekten haben es immer verstanden, Tageslicht gekonnt einzusetzen. Die sinnvolle und optimale Nutzung des Tageslichts erweist sich jedoch in der Praxis oft als schwierig. Die Beherrschung aller damit zusammenhängenden Parameter und Erscheinungen ist verhältnismässig komplex. Neben einer wesentlichen Reduktion der Energiekosten soll die intensive Nutzung des Tageslichts je nach Arbeitsplatz (zum Beispiel Arbeit am Bildschirm) eine allgemeine Verbesserung des Benutzerkomforts in visueller Hinsicht (gute Lichtverteilung, keine Blendung) wie in thermischer Hinsicht gestatten. Es geht darum, eine sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht bessere Tageslichtnutzung zu ermöglichen. Die Aufgabenbereiche von LUMEN, RAVEL und DIANE sind zugleich speziell und komplementär, wobei in der vorliegenden RAVEL-Dokumentation das Augenmerk tageslichtspezifisch auf Komfortmerkmale, verfügbare Planungshilfsmittel, interessante Systeme und analysierte Fallstudienbeispiele gerichtet wird.

1995, 80 Seiten, Bestell-Nr. 724.306 d/f

Fr. 25.50

Energie - ihre Bedeutung für die Wirtschaft

Die Bedeutung der Energie für die Wirtschaft ist hier für die Praxis beschrieben. Angesprochen sind Werks- und Betriebsleiter, Unterhaltsschefs, Energiebeauftragte, kaufmännische Kader und andere Mitarbeiter von industriellen und gewerblichen Betrieben. Die wirtschaftliche Bedeutung der Energie zeigt sich auf den Ebenen der Betriebe, der Branchen und der gesamten Volkswirtschaft. Der vielverwendete Begriff «Energiesparpotential» wird ausführlich diskutiert. Statistische Untersuchungen zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen Energieeinsatz und Wirtschaftswachstum. Fazit: Rationeller Energieeinsatz lohnt sich in mehrfacher Hinsicht.

1993, 56 Seiten, Bestell-Nr. 724.316 d

Fr. 14.30

RAVEL Industrie-Handbuch

Wer in seinem Betrieb den Energiebereich im Griff haben will, findet in diesem Handbuch eine Fülle nützlicher Informationen - von Formeln und Umrechnungstabellen über Funktionsbeschreibungen der wichtigsten technischen Elemente bis zu marktwirtschaftlich orientierten Checklisten. Neben zeitlos gültigen Informationen enthält dieser Ordner auch zahlreiche Hinweise auf weitere Informationsquellen. Die lockere Gestaltung bietet viel Raum für eigene Notizen. Das RAVEL-Industrie-Handbuch soll nicht nur ein fundiertes Nachschlagewerk, sondern auch ein Arbeitsmittel sein. Der Aufbau als offener Ringordner bietet die Möglichkeit, jederzeit eigene Informationsblätter einzufügen.

Bestell-Nr: 724.370 d

Fr. 51.-

Zuverlässigkeit und Stromverbrauch

Zuverlässigkeit ist eine der wesentlichen Eigenschaften technischer Geräte und Systeme. Zuverlässigkeit muss bereits im Konzept in das Gerät «hineinentwickelt», und die entsprechenden Anforderungen müssen bei der Planung der Gesamtsysteme berücksichtigt werden. Grosse Zuverlässigkeit und hohe Verfügbarkeit sind mit Redundanz, Überdimensionierung oder flankierenden Massnahmen relativ einfach erreichbar: Je nach Konfiguration sind damit aber höhere Investitionskosten und - während der ganzen Lebensdauer des Systems - ein unverhältnismässig hoher Stromverbrauch «programmiert». Der Stromverbrauch und die Investitionskosten für sekundäre Dienstleistungen, wie Klimatisierung, etc., wachsen mit der Anzahl zusätzlicher oder zu grosser Komponenten. Das vorliegende Heft zeigt einfache Massnahmen zur Verringerung des Stromverbrauches auf, ohne gegebene Anforderungen an die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems zu missachten.

Die Zuverlässigkeitstechnik ist eine verhältnismässig junge Disziplin: Sie entstand in den 50er Jahren in den USA, einige Jahre später fand diese Wissenschaft Vertreter in Europa. Trotz des geringen Alters verfügt die Zuverlässigkeitstechnik über einen ansehnlichen Bestand an Literatur. Leider neigt ein Grossteil dieser Schriften zur Überbetonung der mathematischen und analytischen Aspekte des Themas, mit dem Ergebnis, dass Planer und Konstrukteure Zuverlässigkeitstechnik als typisches «Hochschulthema» betrachten. Die Folgen sind verheerend: Weltweit werden technische Systeme mit falsch dimensionierter Zuverlässigkeit geplant und realisiert. Die Postulate der Wirtschaftlichkeit allgemeinen und der rationellen Energieverwendung im speziellen kommen dabei zu kurz. RAVEL beteiligt sich auch hier an der dringend nötigen Umsetzungsarbeit: Zuverlässigkeit bedarf unbedingt eines Kosten-Nutzen-Designs.

1995, 40 Seiten, Bestell-Nr. 724.328 d

Fr. 10.20

Trägerorganisationen

SSIV

**Schweizerischer Spenglermeister-
und Installateur-Verband**



**Informationsstelle für
Elektrizitätsanwendung**

Die drei Impulsprogramme des Bundesamtes für Konjunkturfragen 1990 bis 1995

Impulsprogramme sind auf 6 Jahre befristete Massnahmen zur Vermittlung von neuem Wissen in die berufliche Praxis. Ansatzpunkte sind zielgruppengerechte Information, Aus- und Weiterbildung. Die Vorbereitung und Durchführung erfolgt in enger Kooperation von Wirtschaft, Bildungsinstitutionen und Bund.



IP BAU

IP BAU – Erhaltung und Erneuerung

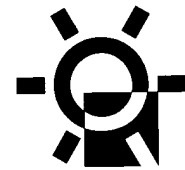
Der volkswirtschaftliche Stellenwert der baulichen Erneuerung ist bedeutend; schon heute werden mehr als 50% der jährlichen Bauinvestitionen für die Bauerneuerung inkl. Ersatzneubau aufgewendet. Nur mit vermehrter fachlicher Kompetenz und ganzheitlichem Denken kann verhindert werden, dass die Qualität unserer Bauten und Anlagen, aber auch die wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Werte unserer Quartiere, Siedlungen, Dorf- und Stadtteile verlorengehen. Das Impulsprogramm BAU erarbeitet Wissen aus den Bereichen Hochbau, Tiefbau und Umfeld – gesamtheitlich und umweltgerecht –, um die Qualität der Erneuerung und Erhaltung zu verbessern und mit guten Lösungen die bestehende Bausubstanz an die heutigen und zukünftigen Anforderungen von Funktion und Nutzung heranzuführen.



RAVEL

RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität

Forschungs- und Untersuchungsprojekte des Impulsprogrammes RAVEL über den Stromverbrauch in Industrie, Dienstleistung und Haushalt zeigen: Elektrische Energie wird heute oft nicht oder zu wenig intelligent genutzt. D. h. dieselbe Leistung könnte mit einem Bruchteil des bisherigen Stromverbrauches erzielt werden und das wirtschaftlich, ohne Komforteinbusse. Zudem werden mit Strom zum Teil Leistungen erzeugt, für die sich kein Bedürfnis nachweisen lässt. Wird der heute nicht intelligent genutzte Strom frei, erhält unsere Volkswirtschaft neue Spielräume. Damit diese Chance genutzt werden kann, müssen die RAVEL-Erkenntnisse in der Praxis wirksam werden. Dazu werden sie von Fachleuten in sofort anwendbares, praxisgerechtes Wissen aufgearbeitet und in Weiterbildungskursen, Informationsveranstaltungen und Publikationen an die Praxis vermittelt.



PACER

PACER – Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien können – so die Beurteilung von Experten – einen nicht unwesentlichen Anteil an die Deckung des Energiebedarfs leisten. Sie zeichnen sich ausserdem durch ihre Umweltverträglichkeit aus. Trotzdem ist ihre Anwendung momentan noch gering.

Hier setzt PACER an. Das Impulsprogramm will Techniken im Bereich erneuerbarer Energien fördern, die ausgereift sind und sich nahe an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit befinden: passive und aktive Sonnenenergienutzung für die Wärmeherzeugung, Energiegewinnung aus Biomasse und solare Stromproduktion. Zu diesem Zweck bereitet PACER bestehendes Wissen auf, erarbeitet und vermittelt unter anderem Planungshilfen für Architekten, Ingenieure und Installateure sowie Entscheidungsgrundlagen für Bauleute und Behörden.