

Warm! wasser

effizient bereitstellen

Technologieleitfaden **Warmwasser**

Wien!
voraus

Energieplanung

StadT  Wien

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

COP	Coefficient of Performance
EU-ETS	Europäischer Emissionshandel (European Emission Trading System)
JAZ	Jahresarbeitszahl
PE	Primärenergie
PEF	Primärenergiefaktor
PV	Photovoltaik
WP	Wärmepumpe

IMPRESSUM

Medieninhaberin und Herausgeberin:

Magistrat der Stadt Wien
Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

Strategische Gesamtkoordination:

DI. Herbert Ritter und Ing.ⁱⁿ Ursula Heumesser,
Magistratsabteilung 20 – Energieplanung
www.energieplanung.wien.at

Erstellt durch:

Allplan GmbH

Redaktions- und Abstimmungsteam:

Thomas Kreitmayer MSc (MA 20)
DI (FH) Felix Groth (MA 25)
DI (FH) Nikolaus Rohrer (MA 25)
DI Martin Höller (Wien Energie)

Designkonzept, Illustration, Layout:

Typejockeys, Wien, www.typejockeys.at

Lektorat:

Veronika Kofler

Druck: agensketterl Druck GmbH, www.diedrucker.biz

Gedruckt auf Impact von Lenzing Papier
(CO₂ neutral, 100 % rezyklierte Fasern)

Verlags- und Herstellungsort: Wien, Februar 2016

Warm wasser!

effizient bereitstellen

Projektleiterin

Mag.^a DIⁱⁿ Manuela Farghadan

ProjektmitarbeiterInnen

Michael Feichtinger BSc.

Mario Höld BSc.

Michael Jelencsits BSc.

DIⁱⁿ (FH) Andrea Kohlhauser

DI (FH) Andreas Litzellachner

für

Magistrat der Stadt Wien

Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

Amerlingstrasse 11, 1060 Wien

Wien, im Februar 2016

AUFTRAGGEBERIN Magistratsabteilung 20 - Energieplanung

**Wien!
voraus**

Energieplanung

Stadt+Wien

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort Maria Vassilakou.....	5
1 ENERGIEEINSATZ ZUR WARMWASSERBEREITUNG.....	6
1.1 Hintergrund.....	6
1.2 Status Quo Wien	7
2 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	8
3 ARTEN DER WARMWASSERVERSORGUNG IM WOHNBAU	11
3.1 Systemdimensionierung	11
3.2 Systemarten	12
3.2.1 Zentrale Versorgung (4-Leiter-System)	13
3.2.2 Mischform (2-Leiter-System)	14
3.2.3 Dezentrale Versorgung	15
3.3 Übersicht Verteilsysteme	17
4 ANSATZPUNKTE ENERGIEEFFIZIENZ.....	18
4.1 Definition Energieeffizienz.....	18
4.2 Gesamtsystemanalyse – Was ist das „beste System“?.....	21
4.2.1 Zentrale Versorgung (4-Leiter-System)	21
4.2.2 Mischform 2-Leiter-System	21
4.2.3 Dezentrale Versorgung	21
4.2.4 Gesamtsystem: Heizung und Warmwasser	21
4.2.5 Empfehlungen.....	22
4.2.6 Wirtschaftliche Betrachtung.....	22
4.3 Effizienzverbesserungen: Wärmeverteilung.....	23
4.3.1 Ansatzpunkte Leitungsnetze	23
4.3.2 Hydraulischer Abgleich und Hilfsenergie.....	25
4.3.3 Innovative Lösungen	26
4.4 Effizienzverbesserungen bei Speichern.....	28
4.4.1 Arten von Speichern.....	28
4.4.2 Wärmeverluste von Speichern	30
4.5 Effizienzverbesserungen: Wärmenutzung.....	32
4.5.1 Wasser sparen.....	32
4.5.2 Optimiertes NutzerInnenverhalten.....	32
4.5.3 Energieeffiziente Armaturen	32
4.5.4 Wärmerückgewinnung	34
4.6 Effizienzverbesserungen: Wärmeerzeugung.....	36
4.6.1 Heizkessel	37
4.6.2 Solarthermie	37
4.6.3 Wärmepumpen	40
4.6.4 Photovoltaik.....	41
5 ANHANG	44
5.1 Ausgewählte rechtliche Regelungen und Normenverzeichnis	44
5.1.1 Hygienerelevante Vorschriften	44
5.1.2 Ökodesign-Richtlinie.....	45
5.1.3 Wiener Bauordnung	45
5.1.4 Übersicht Normen	46
5.2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	47
5.3 Literatur	48

VORWORT MARIA VASSILAKOU

Warmwasser – ein unbeachteter Energieverbraucher

Rund 80 % des Energieverbrauchs von privaten Haushalten wird für die Raumwärme- und Warmwasserproduktion eingesetzt. Wobei der Energieverbrauch der für das Heizen aufgewendet wird, den Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung noch bei Weitem übersteigt. Ein Grund vielleicht, warum die Warmwasserbereitstellung bisher unzureichend Beachtung fand. Jedoch zu unrecht. Das Thema verdient mehr Aufmerksamkeit, wenn es darum geht, die Energiebilanz von Gebäuden zu verbessern. Denn grundsätzlich stecken in der Warmwasserbereitung hohe Einsparpotenziale. Vor allem dann, wenn bereits bei der Planung das geeignete System berücksichtigt wird. Aber nicht nur im Neubau, sondern auch bei Bestandsbauten lassen sich hohe Einsparungen erzielen.

Der vorliegende Leitfaden zeigt die verschiedenen Möglichkeiten für eine effiziente Bereitstellung von Warmwasser in Wohnhausanlagen. Er gibt eine Orientierung, welches System für welches Objekt am besten geeignet ist. Dabei werden drei Warmwassersysteme einander gegenübergestellt und die Vor- und Nachteile abgewogen. Betrachtet werden die zentrale Versorgung (4-Leiter-System), die dezentrale Versorgung und eine Mischform (2-Leiter-System mit Wohnungsstationen).

Erfolgreiche Umsetzungsbeispiele zeigen, wie eine effiziente Warmwasserbereitung gelingen kann. Demgegenüber sind auch negative Beispiele angeführt, die verdeutlichen, welche Stolpersteine es bei der Umsetzung zu beachten gibt.

Nach wie vor steht bei der Warmwasserversorgung von Wohnhausanlagen hoher Komfort an erster Stelle. Sowohl wassersparende Armaturen als auch effizientes NutzerInnenverhalten (duschen statt baden) sind zwar meist bekannt, stehen allerdings oft im Widerspruch zu spontanen Bedürfnissen. Durch vorausschauende Planung und optimierte Betriebsführung, kann ein effizientes Warmwassersystem einen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leisten.

Mag.^a Maria Vassilakou



*** Mag.^a Maria Vassilakou**
Vizebürgermeisterin der
Stadt Wien, amtsfüh-
rende Stadträtin für
Stadtentwicklung,
Verkehr, Klimaschutz,
Energieplanung und
BürgerInnenbeteiligung

1 ENERGIEEINSATZ ZUR WARMWASSERBEREITUNG

1.1 Hintergrund

Für eine langfristig nachhaltige Energieversorgung gilt es zwei zentrale Themen zu berücksichtigen: den menschlichen Anteil zum globalen Treibhauseffekt sowie die langfristige Sicherung der Energiere Ressourcen.

Die oft zitierten 20-20-20-Ziele der Europäischen Union zielen auf

- Erhöhung der erneuerbaren Energieträger (Österreich: 34 % des Bruttoendenergieverbrauchs)
- Reduktion der Treibhausgasemissionen (Österreich: 21 % im EU-ETS-Sektor, 16 % in den übrigen Sektoren gegenüber 2005) sowie auf
- eine Erhöhung der Energieeffizienz um 20 % bis 2020 ab.

Auf europäischer Ebene wurden auch langfristige Ziele (minus 40 % Treibhausgasemissionen gegenüber 1990, Erhöhung auf 27 % erneuerbarer Energieträger sowie +27 % Energieeffizienz) bis 2030 vereinbart.

Generell gilt die Maxime: **Jede kWh, die durch Energieeffizienz eingespart wird, muss nicht erst erzeugt werden.**

Rund ein Viertel des österreichischen Endenergieverbrauches (2013: 1119 PJ) entfallen auf den Sektor Haushalte, wobei **rund 80 % davon den Bereichen Raumwärme und Warmwasser** zuzurechnen sind (*Statistik Austria, 2013*).

Gegenwärtig übersteigen die Aufwendungen für Heizung noch bei Weitem jene für Warmwasser – allerdings verschiebt sich die **Gewichtung immer mehr Richtung Warmwasser**, wenn man berücksichtigt, dass Gebäude immer besser gedämmt werden. Bei einem Passiv- bzw. Niedrigstenergiehaus übertreffen bereits heute die Aufwendungen für Warmwasserbereitung jene für Heizung. Auch bei zu sanierenden Gebäuden schiebt sich die Frage der effizienten Warmwasserbereitung immer mehr in den Fokus der Überlegungen.

Nach wie vor zählen bei der Warmwasserversorgung von Mehrfamilienhäusern v.a. hoher Komfort (Wasser in gewünschter Menge und Temperatur, möglichst ohne Wartezeit), kostenoptimierte Lösungen (insbesondere was laufende Kosten¹ betrifft), aber auch ästhetische Gesichtspunkte (Haustechnik soll möglichst nicht sichtbar sein). Sowohl wassersparende Armaturen als auch „effizientes NutzerInnenverhalten“ wie z.B. „duschen statt baden“ sind zwar meist bekannt, allerdings stehen diese oft im Widerspruch zu jeweils spontanen Bedürfnissen sowie zum Trend „Wellness im eigenen Badezimmer“.

Hier gilt es durch vorausschauende Planung und optimierte Betriebsführung dennoch einen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung zu leisten.

1 Dieser Aspekt findet häufig zu wenig Berücksichtigung, da laufende Kosten nicht vom Errichter, sondern vom späteren Nutzer getragen werden.

1.2 Status Quo Wien

In Wien wurden im Jahr 2012 rund 7 PJ (1.970 GWh) für die Warmwasserbereitung eingesetzt. Das entspricht rund 16 % des Gesamtenergiebedarfs der Wiener Haushalte. (*Statistik Austria, 2013*).

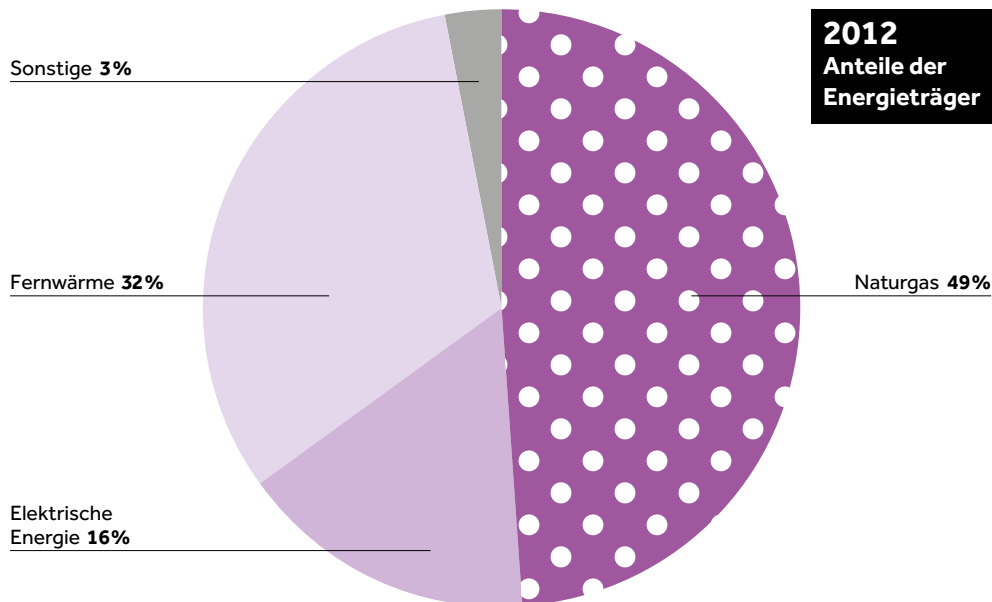


Abb. 1 Anteile Energieträger zur Warmwasserbereitung Wien 2012 *Quelle: Statistik Austria 2013*

Rund die Hälfte der Energie stammt vom Energieträger Gas, ein Drittel der Energie liefert in Wien die Fernwärme.

Das **Fernwärmenetz in Wien** besteht aus rund 1.200 km Rohrleitungen, zählt zu den größten Fernwärmenetzen Europas und versorgt rund 330.000 Wohnungen und 6.500 GroßkundInnen (*Wien Energie GmbH, 2013*). Die Wärmeerzeugung der Fernwärme Wien erfolgt zu einem Großteil aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie aus Abwärme der Industrie. Zusätzlich wird rund ein Drittel der benötigten Wärme durch Müllverbrennungs- bzw. Biomasseanlagen bereitgestellt. Die Wärmeübergabe an ein Mehrfamilienhaus geschieht durch eine sogenannte Hausstation (Wärmetauscher).

Bei **Nutzung des Energieträgers Erdgas** sind bezüglich der Warmwasserbereitung sowohl zentrale als auch dezentrale Ausführungen üblich. Zu den eingesetzten Gerätetypen zählen Durchlauferhitzer, Kombithermen, Gas-Warmwasserspeicher und Brennwertgeräte.

Der Anteil **erneuerbarer Energie zur Warmwasserbereitung** ist gegenwärtig noch sehr gering. Aktuell tragen in Wien im Bereich der privaten Haushalte Wärmepumpen mit rund 0,03 PJ (8 GWh), solarthermische Anlagen mit 0,06 PJ (16 GWh) zur Energieaufbringung für Raumwärme und Warmwasserbereitung bei. Beide Werte sind jeweils noch unter 1 % des relevanten Energieeinsatzes zur Warmwasserbereitung und liegen deutlich unter dem österreichischen Durchschnitt.

2 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Bereitstellung – Verteilung – Nutzung

Bei jedem Versuch der energetischen Optimierung der Warmwasserbereitung ist eine Gesamtsicht auf die Bereiche Bereitstellung – Verteilung – Nutzung erforderlich. Zusätzlich ergeben sich – bei gegebenen Randbedingungen – auch jeweils innerhalb eines Systems, Möglichkeiten zur Verbesserung. Es ist jedoch festzuhalten, dass es keine pauschale Aussage über das „beste System“ gibt, da dies von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten (z.B. Anschluss an das Fernwärmenetz, Möglichkeit zur Nutzung von Erdwärme oder Grundwasser) aber auch vom konkreten Betrieb bzw. NutzerInnenverhalten abhängt.

Insgesamt ist es erforderlich, die Effizienz der **Warmwasserbereitung zusammen mit jener der Gebäudeheizung zu betrachten**, da diese in vielen Fällen gemeinsam gelöst wird bzw. sich die Systeme zumindest beeinflussen.

Zum Thema „**bestes Systemdesign**“ in Hinblick auf energieeffiziente Warmwasserversorgung können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Bezogen auf die Summe aller Verluste schneiden **dezentrale Lösungen** (Warmwasser wird dort erzeugt wo es benötigt wird) am besten ab.
- Generell schneiden **2-Leiter-Systeme mit Wohnungsstationen²** in Hinblick auf die Verteilverluste energetisch besser ab als **4-Leiter-Systeme³**, was vor allem auf geringere Leitungslängen zurückzuführen ist.
- Um **erneuerbare Energien** im Mehrfamilienhausbereich einbinden zu können, sollten – bis auf die Ausnahmen der Kombination mit Photovoltaik und Lüftungswärmepumpen bei Passivhäusern – zentrale Lösungen⁴ bevorzugt werden. Eine Ausnahme bilden weit verzweigte einzelne Abnehmer, z.B. bei Reihenhäusern, wo weiterhin zu dezentralen Lösungen geraten wird.
- Speziell bei **Wärmepumpen** ist ein effizienter Betrieb durch **Trennung von Warmwasserbereitung und Heizung** zu erreichen. Für diese Technologie sind die Vorteile der optimierten Erzeugung (4-Leiter-System) den Vorteilen der geringeren Verluste (2-Leiter-System) gegenüberzustellen und im Einzelfall zu beurteilen. Wenn 2-Leiter-Systeme eingesetzt werden sollen, so sind Lösungen mit niedrigen Systemtemperaturen und elektrischer Nachheizung zu bevorzugen.
- Aufgrund der **Höhe der Verteilverluste (Wärmeverluste über die Rohrleitungen)** bei zentralen Lösungen, wird dringend angeraten bereits in der Planungsphase sämtliche Leitungslängen zu optimieren und Verteilleitungen über das geforderte⁵ Maß hinaus zu dämmen sowie die Möglichkeit der Nutzung von Inliner-Systemen⁶ zu erwägen.
- Verluste bei der Wärmebereitstellung stellen bei zentralen Varianten den zweithöchsten Verlustanteil dar und können durch eine intelligente Technologieauswahl und -optimierung reduziert werden (optimierte Auslegung, Abstimmung der Warmwasser-, Heizung- und Speicherkombinationen und regelungstechnische Einbindung, laufendes Monitoring).
- **Hilfsenergie (Pumpen) und Speicherverluste** nehmen eine untergeordnete Rolle ein. Optimierungen bei bestehenden (alten) Systemen (Pumpentausch, zusätzliche Dämmungen bei Speichern) können allerdings sehr wohl zu nennenswerten Einsparungen führen.

2 Zentrale Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser; Warmwasserbereitung dezentral.

3 Zentrale Bereitstellung von Warmwasser und vom Heizungsvorlauf getrennte Verteilung.

4 2-Leiter oder 4-Leiter-Systeme.

5 Über die in der ÖNORM H 5155 empfohlenen Dämmstärken.

6 Warmwasser- und Zirkulationsleitung in einem Rohr.

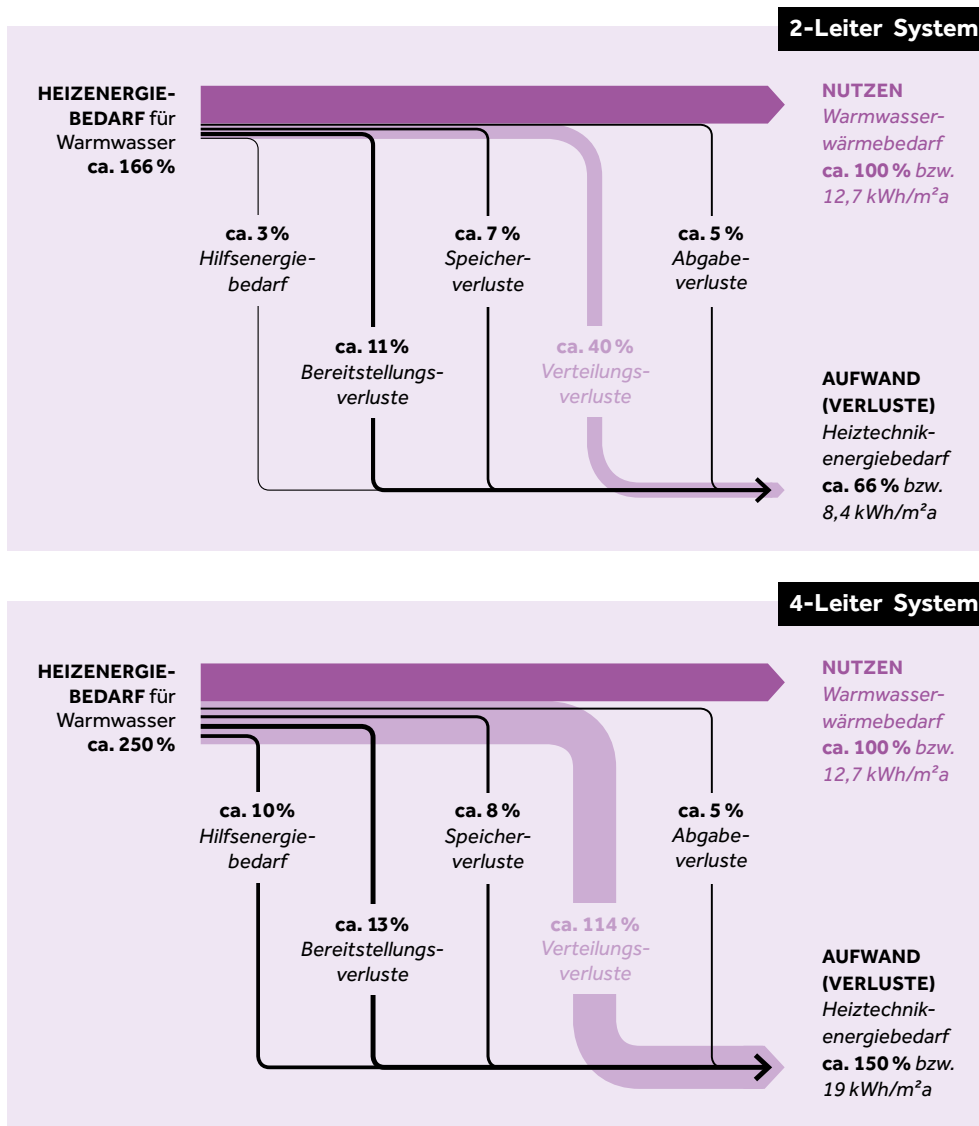


Abb. 2 Übersicht Verluste bei 2-Leiter-Systemen (oben) und 4-Leiter-Systemen (unten)⁷
Quelle: Darstellung ALLPLAN

Begriffsdefinitionen

Warmwasserwärmebedarf: Nachgefragte Nutzenergie, abhängig vom NutzerInnenverhalten

Verteilverluste: Wärmeverluste über die Rohrleitungen

Bereitstellungsverluste: Verluste bei der Bereitstellung, abhängig von der eingesetzten Technologie und vom Jahresnutzungsgrad⁸

Speicherverluste: Wärmeverluste über Speicher

Abgabeverluste: Verluste durch ungenutztes Wasser beim Mischen von Kalt-/Warmwasser

Hilfsenergiebedarf: z.B. Pumpenergie um Wasser durch das System zu befördern

⁷ Der Warmwasserwärmebedarf ist als flächenbezogener Defaultwert (12,7 kWh/m²a) gemäß ÖNORM 8110-5 festgelegt. Er entspricht ca. dem Wert, wenn ein Liter Wasser um ca. 30 °C (also beispielsweise von 8 °C auf 38 °C) erwärmt wird.

⁸ Der Nutzungsgrad beschreibt den Anteil der im Energieträger gespeicherten Energie, der auch tatsächlich in einer kompletten Heizperiode genutzt wird. Wirkungsgrad des Kessels: gemessen im optimalen Betriebspunkt; Nutzungsgrad: abgegebene Wärmeenergie im Verhältnis zur aufgenommenen Energie, betrachtet über einen bestimmten Zeitraum.

Ansatzpunkte für Energieeffizienzsteigerungen

Da aufgrund der hohen Verteilverluste vor allem bei 4-Leiter-Systemen annähernd die doppelte Menge an Energie bereitgestellt werden muss, kommt dem warmwassersparenden **NutzerInnenverhalten und auch den verwendeten Armaturen** eine zentrale Rolle zu. Installationsseitig können Einsparungen v.a. durch Strahlregler erzielt werden; auch die Abwärmenutzung aus dem Abwasser stellt eine Möglichkeit der Optimierung dar.

Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung und ihre Anwendbarkeit in den drei Systemen werden in folgender Abbildung dargestellt:

Dezentrale Versorgung	Mischform 2-Leiter Systeme	Zentrale Versorgung 4-Leiter Systeme
Energiesparende Armaturen einsetzen		
Informationen zu Warmwasser sparenden NutzerInnenverhalten verteilen		
Leitungslängen optimieren (v.a. bei zentraler Wärmebereitstellung)		
Nach Möglichkeit dezentrale Abwärme nutzen (z.B. dezentrale Wärmetauscher in Duschtassen)		
	Zusätzliche Dämmung der Verteilnetze	
	Nach Möglichkeit System- temperaturen senken	Inliner-Systeme für Zirkulationsleitungen (siehe Seite 27)
	Nach Möglichkeit zentrale Abwärmenutzung einsetzen (z.B. zentrale Wärmerückgewinnung aus Abwasser)	
	Hydraulischer Abgleich, Nutzung hocheffizienter Pumpen	
	Zusätzliche Dämmung des Warmwasserspeichers	
Einbindung PV (Stromlösungen)	Einbindung PV (Stromlösungen); Nutzung Solarthermie, Wärmepumpe, Biomasse	

Tab. 1 Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung Quelle: Darstellung ALLPLAN

3 ARTEN DER WARMWASSERVERSORGUNG IM WOHNBAU

3.1 Systemdimensionierung

Die Planung der Warmwasserversorgung im Mehrfamilienhaus erfordert die Berücksichtigung des typischen Warmwasserbedarfs pro Person und Tag sowie Annahmen betreffend Gleichzeitigkeit.

In der Literatur typischerweise angenommene Werte pro Person im Mehrfamilienhaus (**siehe TABELLE 2**) hängen von der Art des Wohnbaus sowie der jeweiligen Ausstattung ab. Die typischen Zapfstellen umfassen Badewannen, Brausen, Waschtische (jeweils 45 °C) sowie Küchenspülen (60 °C). Im Vergleich dazu wird in Bürogebäuden üblicherweise mit einem niedrigeren Warmwasserbedarf (10–40 l/Person und Tag) und durchgängig niedrigeren Temperaturen (45 °C) gerechnet.

Für die Planung wird üblicherweise mit einer Systemtemperatur von 60 °C sowie mit einer Kaltwassertemperatur von 10 °C gerechnet. Zusätzlich werden Annahmen zum Bedarf von Liter/Person und Tag getroffen.

Liter/Person und Tag (bei 60 °C)	Normaler Komfort	Mittlerer Komfort	Hoher Komfort
Sozialer Wohnbau	20 Liter	40 Liter	40 Liter
Allgemeiner Wohnbau	30 Liter	50 Liter	50 Liter
Gehobener Wohnbau	40 Liter	60 Liter	70 Liter

Tab. 2 Annahmen Warmwasserbedarf im Mehrfamilienhaus Quelle: Feurich, 1999

In üblichen Planungsrichtlinien wird u.a. auf eine Leitungsführung auf dem kürzesten Weg zwischen Wassererwärmer und Zapfstellen, ebenso wie auf die „nicht zu großzügige“ Dimensionierung der Leitungen⁹ und eine durchgängige Wärmedämmung der Rohrleitungen inkl. der Armaturen und Verbindungen, hingewiesen.

Die Dimensionierung der Leitungen hängt von der maximalen Entnahmeleistung pro Minute (ca. 15 l/Minute) sowie von Annahmen zur Gleichzeitigkeit des Bedarfs ab.

Hierfür werden Gleichzeitigkeitskurven angenommen, welche üblicherweise den Spitzenbedarf während 10 Minuten bzw. während einer Stunde abbilden und jeweils mit der Anzahl der Wohneinheiten abnehmen. Aktuelle Feldmessungen (Fenz, 2012) zeigen, dass in einigen Fällen die tatsächliche Gleichzeitigkeit steiler abfällt als in typischen Kurven angenommen und somit die eingesetzte Rohrdimension zu groß ist, was zu zusätzlichen Wärmeverlusten führt.

⁹ In der Praxis sind häufig überdimensionierte Systeme anzutreffen, da sowohl bei der Planung als auch bei der Ausführung noch Planungsreserven berücksichtigt werden.

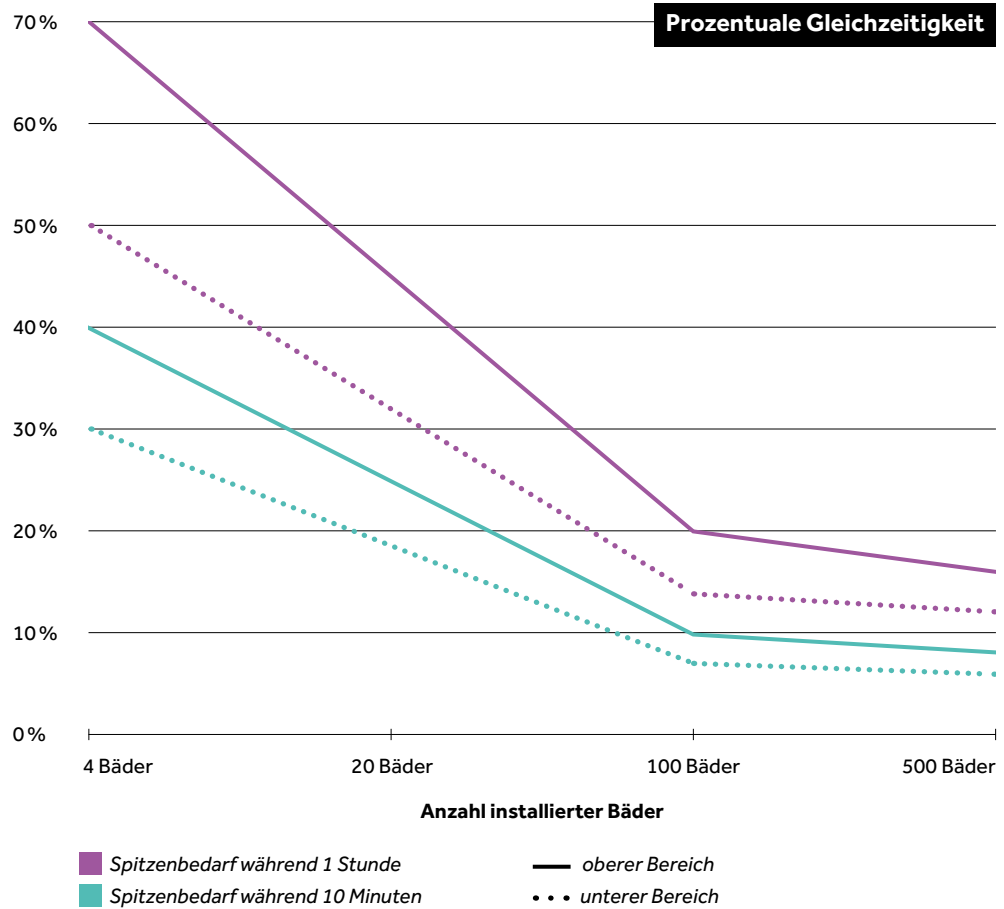


Abb. 3 Gleichzeitigkeitskurven in Anlehnung an Quelle: Feurich, 1999

Lastprofile für Warmwasser zeigen typischerweise tagesbezogene Unterschiede (Werktag, Samstag, Sonn- und Feiertag) (AGCS, 2002). Typische Spitzen sind in den Morgen- und Abendstunden zu erwarten, Ausnahmen bilden die Lastprofile für SchichtarbeiterInnen, haushaltsführende Personen oder gibt es während der Urlaubszeit.

3.2 Systemarten

Die Wärme- und Warmwasserversorgung in Mehrfamilienhäusern kann über verschiedene Arten erfolgen, welche sich im Grad der Zentralisierung unterscheiden. Die derzeit gängigste Variante in Bestandsgebäuden ist die zentrale Warmwasserversorgung mittels 4-Leiter-System. Auch dezentrale Warmwasserbereitung mittels elektrischen oder gasbetriebenen Durchlauferhitzern ist weit verbreitet.

Das Warmwasser-Verteilssystem kann je nach Systemdesign aus drei unterschiedlichen Leitungstypen bestehen. Diese Leitungstypen unterscheiden sich dabei vor allem in der Rohrdimension, Rohrlänge bzw. Verlegedichte aber auch durch die Positionierung und Leitungsführung in der Gebäudehülle. Es wird unterschieden zwischen:

- Verteilleitungen
- Steigleitungen und
- Anbindeleitungen

Folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Möglichkeiten von Systemdesigns der Warmwasserversorgung in Mehrfamilienhäusern.

Warmwasserbereitung				
Heizung	gebäude- zentral	Zentrale Versorgung	wohnungszentral ¹⁰	dezentrale Versorgung
		sehr häufig	selten	häufig
	wohnung- zentral	Gaskessel	Gasetagenheizung, Gastherme	Gaskessel/ Durchlauf- erhitzer
		kommt praktisch nicht vor	häufig	eher selten
	dezentral	–	Elektrospeicherheizung/ zentr. Elektrospeicher	Elektrospeicherheizung/ Durchlauferhitzer
		Sozialer Wohnbau	sehr selten	selten

Tab. 3 Typische Versorgungssysteme im Mehrfamilienhaus Quelle: Wolff & von Krosigk, 2012

3.2.1 Zentrale Versorgung (4-Leiter-System)

Bei dieser Variante der zentralen Warmwasserversorgung führen jeweils zwei Leitungspaare (Vor- und Rücklauf) für **Heizung und Warmwasser getrennt** in jede Wohnung. Darüber hinaus gibt es oft noch zusätzliche Zirkulationsleitungen¹¹ bis knapp vor die jeweiligen Zapfstellen.

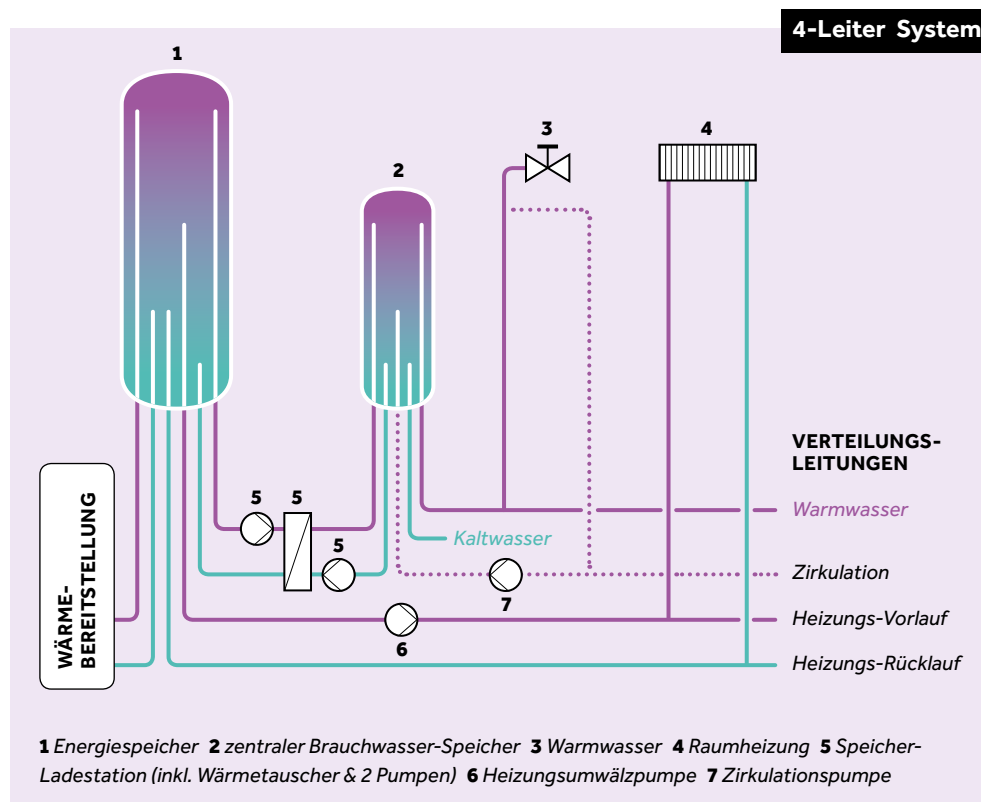


Abb. 4 Schema „Zentrale Versorgung (4-Leiter-System)“ *Quelle: ALLPLAN*

10 Wohnungszentrale Warmwasserbereitung mit zentraler Heizung entspricht der „Mischform“ (2-Leiter-System) im Bericht.

11 **ÖNORM – B 5019:**
Zusätzliche Leitung, die das Verteilsystem zwischen dem Ende einer Warmwasser-Verteilung und dem Warmwasserbereiter schließt und damit einen ständigen Kreislauf des erwärmten Trinkwassers ermöglicht sowie keine direkten Entnahmestellen beinhaltet. Die Zirkulationsleitung kann aus mehreren Zirkulationssträngen und Zirkulationsammelleitungen bestehen. Leitungen, die das erwärmte Trinkwasser zu den Entnahmestellen transportieren, sind keine Zirkulationsleitungen.

Vorteile

- Kostenvorteile bei den Investitionskosten, bei zentralem Einkauf des Brennstoffes und in der Wartung
- erfordert keinen Platzbedarf in der Wohnung
- die Haustechnik ist „unsichtbar“ im Technikraum
- hoher Komfort, keine Beeinflussung der Schüttleistung¹² durch andere Zapfstellen in der Wohnung
- Energieträgerwechsel bzw. Einbindung erneuerbarer Energie oder Fernwärme sind in der Regel ohne Änderungen am Verteilsystem möglich
- ein zentraler Speicher weist weniger Speicherverluste auf als eine Vielzahl kleiner Speicher (Verhältnis Oberfläche zu Volumen)
- optimierte Systemdesigns für Raumwärme und Warmwasser durch getrennte Speicher und ev. Bereitstellung

Nachteile

- zusätzliche Energieaufwände, Verluste und auch Kosten:
 - durch längere Leitungen
 - durch die Vorschriften zu den erforderlichen Mindesttemperaturen (geregelt in der ÖNORM B 5019 – „Legionellen-Norm“) und daraus resultierende höhere Verantwortung für die BetreiberInnen

3.2.2 Mischform (2-Leiter-System)

Die sogenannten **Wohnungsstationen** stellen eine **Mischform** aus zentraler und dezentraler Versorgung dar. Hier erfolgt die **Wärmebereitstellung zentral**, die **Warmwasserbereitung jedoch erst dezentral auf Wohnungsebene**. Als Option kann in den Wohnungen noch ein Tagesspeicher vorgesehen werden.

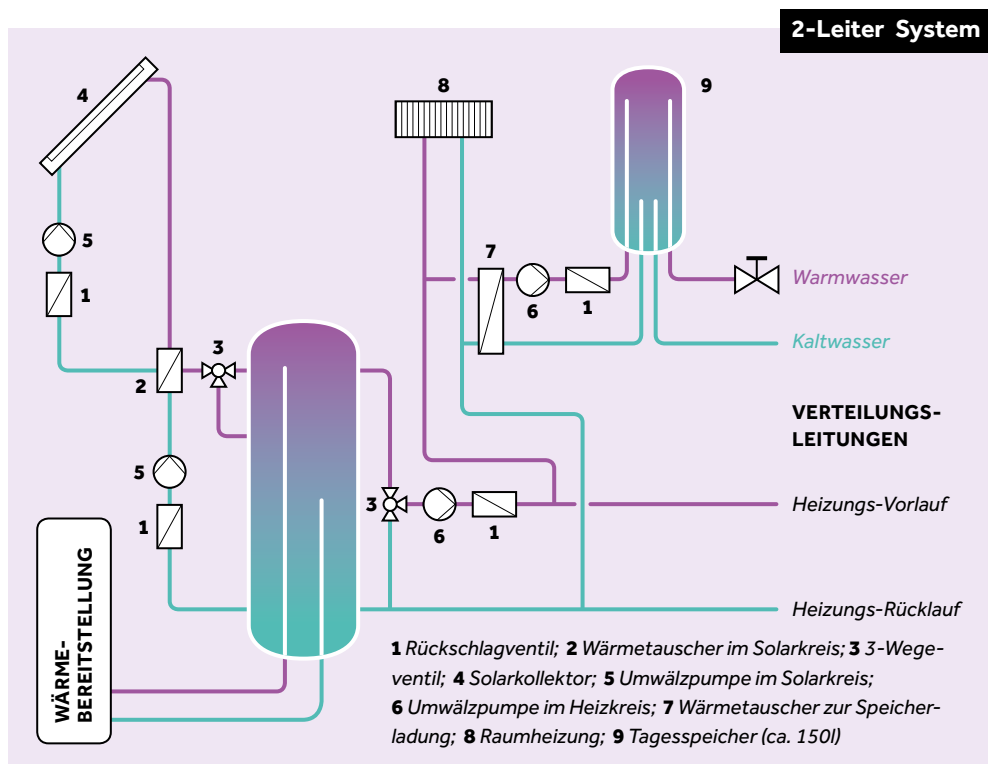


Abb. 5 Schema „Mischform (2-Leiter-System)“ Quelle: ALLPLAN

¹² Wasservolumen pro Zeit.

Vorteile

- kein Platzbedarf in den Wohnungen für Speicher bzw. Warmwasserbereiter
- Kostenvorteile bei zentralem Brennstoffeinkauf und Wartung
- anlassbezogene Warmwasserbereitung nur bei Zapfung
- reduzierte Bereitschaftsverluste
- reduzierte Verteilverluste aufgrund von geringeren Leitungslängen (keine Zirkulationsleitungen erforderlich)
- „Legionellen-Norm“ (und damit hohe Systemtemperaturen) gilt nicht
- erhöhte Gesamteffizienz durch niedrige Rücklauftemperaturen für optimierten Betrieb von Solaranlagen und Brennwertkessel

Nachteile

- Vorlauftemperaturen nicht optimiert für Heizbetrieb (v.a. relevant beim Einsatz von Wärmepumpen)
- größere Durchmesser der Steig- und Verteilleitungen erforderlich (Platzbedarf, Leitungsverluste steigen)
- eventuelle Komforteinbußen bei gleichzeitiger Wasserentnahme an verschiedenen Zapfstellen in der Wohnung
- zusätzlich hohe Kosten für die Wohnungsstationen (ca. 1.200 EURO pro Station)

3.2.3 Dezentrale Versorgung

Dezentrale Warmwasserversorgung bedeutet **Warmwasserbereitung am Ort des Bedarfs**. Dies kann entweder direkt bei der jeweiligen Zapfstelle sein oder aber an einem zentralen Ort innerhalb einer Wohnung; in diesem Fall gibt es lediglich Anbindungsleitungen zu den Zapfstellen.

In den meisten Fällen kommen als dezentrale Varianten Strom- oder Gasdurchlauferhitzer oder Warmwasserboiler zur Anwendung. Bei Passivhäusern können auch Lüftungswärmepumpen mit integrierter Warmwasserbereitung zum Einsatz kommen.

Im Gegensatz zu z.B. Gasthermen fallen bei der **direkten Wärmebereitstellung aus Strom** nahezu keine Umwandlungsverluste an. Allerdings muss Strom selbst erst durch Umwandlung bereitgestellt werden. Dieser Umwandlungsprozess ist oft auch mit hohen Verlusten behaftet. Ein korrekter Vergleich verschiedener Alternativen müsste über den sogenannten Primärenergieeinsatz erfolgen. Der Einsatz von Strom zur Bereitstellung von Warmwasser kann somit unter folgenden Rahmenbedingungen empfohlen werden:

- Wenn Strom (vorwiegend) mittels erneuerbarer Energie (wenn möglich vor Ort) „erzeugt“ wurde.
- Wenn Strom zum Nachheizen/zur Spitzenabdeckung verwendet wird und somit das System für niedrigere Temperaturen ausgelegt werden kann bzw. zur Erfüllung von Hygieneanforderungen.
- Wenn es sich um wenig kompakte Bauwerke handelt, wo mit überproportionalen Verteilverlusten gerechnet werden muss und somit zu einer dezentralen Versorgung geraten wird.
- Für einzelne Zapfstellen (z.B. Küche), falls eine Rohrverlegung unverhältnismäßig erscheint oder bei denen nur wenig Warmwasser benötigt wird.
- Wärmepumpen sollten nur dann zum Einsatz kommen, wenn die Jahresarbeitszahl jedenfalls höher ist als der Primärenergiefaktor des eingesetzten Stroms.

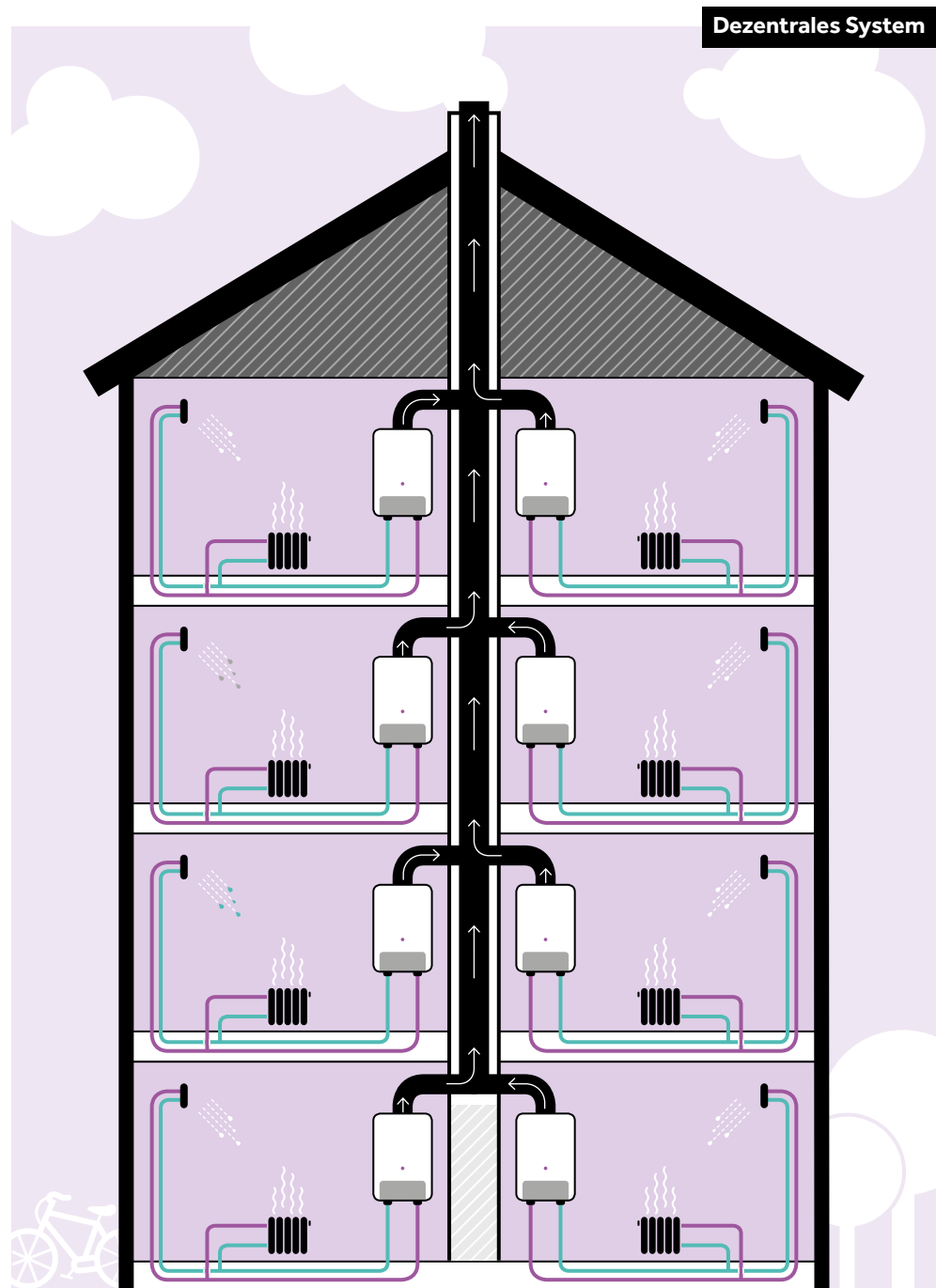


Abb. 6 Dezentrales System Quelle: ALLPLAN

Vorteile

- verbrauchsnahe Wärmeerzeugung, d.h. kurze Leitungslängen und geringe Verteilverluste
- geringerer Wasserverbrauch durch rasches Erreichen der gewünschten Temperatur
- bedarfsbezogene Warmwasserbereitung, weniger Bereitschaftsverluste
- Entfall von Verteil- und Steigleitungen (reduziert Investitionskosten und Verteilverluste)

Nachteile

- „Sichtbarkeit“ der Haustechnik in der Wohnung
- Platzbedarf und damit verbundene Kosten (jeder Quadratmeter zählt im urbanen Geschoßwohnbau)
- beschränkte Möglichkeit der Nutzung von erneuerbaren Energieträgern
- Einsatz von hohen Leistungen pro Wohnung erforderlich (Teillastbetrieb, eventuelle Beschränkungen bei der Zulässigkeit der Nutzung von Strom-Lösungen)

3.3 Übersicht Verteilsysteme

Nicht jede Technologie-Quelle eignet sich für jedes Verteilsystem. Folgende Tabelle fasst die prinzipiellen Möglichkeiten zusammen:

Verteilung bzw. Bereitstellungs- technologie	Zentrale Versorgung	Mischform	Dezentrale Versorgung
Gas	Ja	Ja	Ja (Durchlauferhitzer, Kombitherme)
Strom	Nein	Nein ¹³	Ja
Solarthermie	Ja	Ja	Nein
Wärmepumpe <i>Quelle: Erde/Wasser</i>	Ja	Ja	Nein
Luftwärmepumpe	Ja	Ja	Ja (Lüftungs-Kombination)
Biomasse	Ja	Ja	Nein
Fernwärme	Ja	Ja	Nein

Tab. 4 Kompatibilität Technologien und Verteilsysteme Quelle: ALLPLAN

¹³ Ausgenommen elektrische Nachheizung.

4 ANSATZPUNKTE ENERGIEEFFIZIENZ

4.1 Definition Energieeffizienz

Energieeffizienz wird allgemein definiert als das Verhältnis von Energieoutput zu Energieinput oder Nutzen zu Aufwand. Im Falle der Warmwasserbereitung geht es also um das Verhältnis von

- **Warmwasserwärmebedarf** (Nutzenergie)¹⁴
- zu sämtlichen Energieströmen zur Warmwasserbereitung, definiert durch den **Heizenergiebedarf zur Warmwasserbereitung (Aufwand)**.

Erneuerbare Energie z.B. Solarthermie wird als Nutzen ohne gegenübergestellten Aufwand in die Berechnung einbezogen.

Geht man von einem konstanten Warmwasserwärmebedarf aus, so kann die Effizienz verschiedener Systeme durch die Analyse sämtlicher Verlustströme (Bereitstellungs-, Speicher-, Verteilungs- und Abgabeverluste), auch definiert als **Heiztechnikenergiebedarf**, evaluiert werden. Zusätzlich stellt noch der Hilfsenergiebedarf zur Warmwasserbereitung (Energieverbrauch der Pumpen z.B. bei Zirkulation etc.) einen Aufwand dar.

Folgende Grafik zeigt den Energiefluss der Warmwasserbereitung.

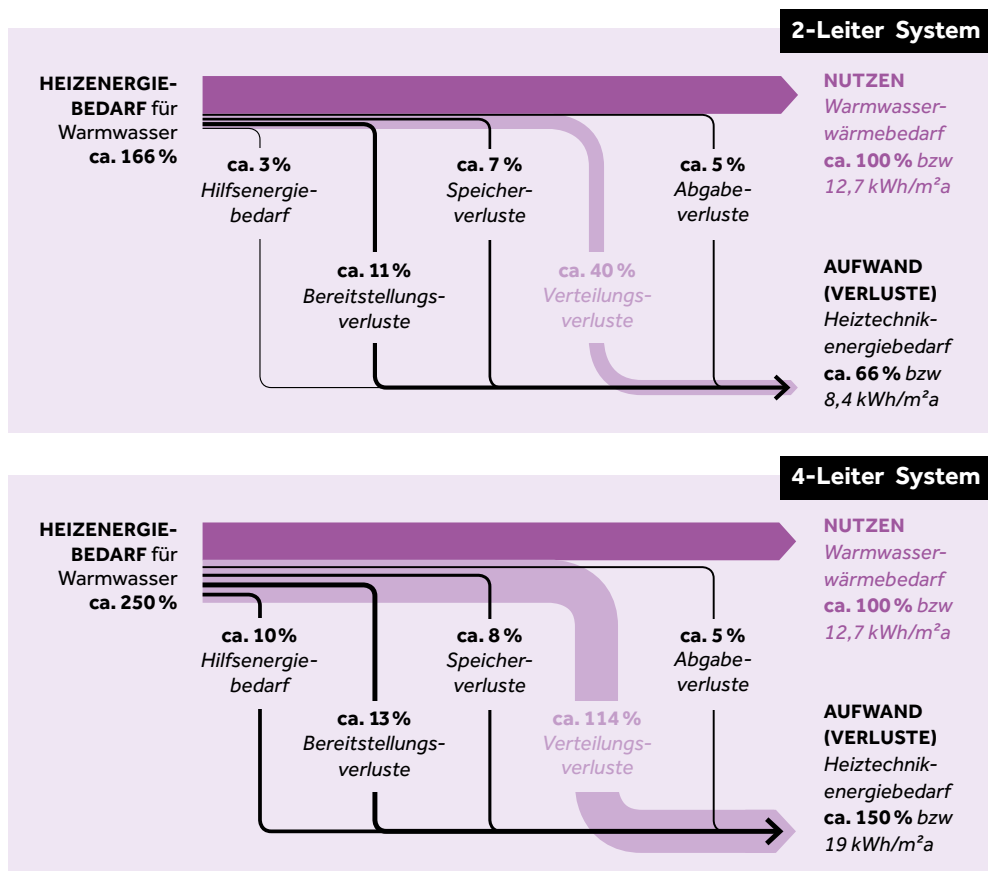


Abb. 7 Energieströme bei der Warmwasserbereitung: Größenordnungen für 2-Leiter- (oben) und 4-Leiter- (unten) System, 20 Wohnungen Quelle: ALLPLAN¹⁵

¹⁴ Entsprechend ÖNORM 8110-5 NutzerInnenprofile angenommen mit ca. 12,7 kWh/m²a.

¹⁵ Bei größeren Wohneinheiten reduzieren sich die Gesamtverluste (Heiztechnikbedarf) in kWh/m² und Jahr von 4-Leiter-Systemen und erhöhen sich die Verluste von 2-Leiter-Systemen, was vor allem auf geänderte Verteilverluste zurückzuführen ist. Allerdings bleiben die Werte weiterhin weit voneinander entfernt: Bei 100 Wohnungen machen die Gesamtverluste auf Basis Gas-Brennwertkessel rund 130% der Nutzenergie aus, bei 2-Leiter-Systemen rund 78 %.

Ansatzpunkte zur Energieeffizienzsteigerung durch Reduktion von Verlusten sowie durch Optimierung der Komponenten ergeben sich entlang der gesamten Bereitstellungskette:

	Beschreibung	Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung	Erzielbare Effekte
Warmwasserwärmbedarf	Nachgefragte Nutzenergie, abhängig vom NutzerInnenverhalten	- weniger Warmwasser verbrauchen - Sparregler einsetzen, Abwärme nutzen	Reduktion der Warmwassermenge auf bis zu einem Drittel, Wärmerückgewinnung: Energieeinsparungen bis 20 %
Verteilverluste	Wärmeverluste über die Rohrleitungen	- Reduktion Rohrlängen - Systeme mit niedriger Vorlauftemperatur (nur 2-Leiter) - Rohr-an-Rohr bzw. Rohr-in-Rohr	- Rohrlängen um je 1 m¹⁶ reduziert Leitungsverluste um 2–2,5% - Vorlauftemperatur um 1 °C senken: Reduktion Verluste um 4 % - Rohr-in-Rohr: Reduktion Wärmeverluste bis zu 30 %
Bereitstellungsverluste	Verluste bei der Bereitstellung, abhängig von der eingesetzten Technologie und vom Jahresnutzungsgrad ¹⁷	Auswahl von hocheffizienten Technologien und optimierte Dimensionierung und Regelung	Summe der Verluste ist z.B. bei Heizwertgeräten um 25 % (4-Leiter)–40 % (2-Leiter) höher als bei Brennwertgeräten
Speicherverluste	Wärmeverluste über Speicher	Erhöhung der Dämmung, Reduktion der Speichertemperatur (falls möglich)	5 cm mehr Dämmung reduzieren Wärmeverluste um 1/3
Abgabeverluste	Verluste durch ungenutztes Wasser beim Mischen von Kalt-/Warmwasser	Thermostatmischer	Verluste während der Einstellzeit auf die Hälfte zu reduzieren
Hilfsenergiebedarf	z.B. Pumpenergie, um Wasser durch das System zu befördern	- hydraulischer Abgleich - hocheffiziente Pumpen	Einsparung elektrischer Energie bis zu 80%

Tab. 5 Übersicht Ansatzpunkte Optimierung Quelle: ALLPLAN

! Speicher- und Bereitstellungsverluste in kWh/m²a sinken mit der Anzahl der Wohnungen, da die Verluste rechnerisch auf mehr Einheiten verteilt werden können. Der Effekt ist bei 4-Leiter-Systemen etwas stärker ausgeprägt. Abgabeverluste werden als proportional zur Anzahl der Wohnungen angesehen.

¹⁶ Pro Leitungsart (Verteil-, Steig-, Stich-, Zirkulationsleitung).

¹⁷ Der **Nutzungsgrad** beschreibt den Anteil der im Energieträger gespeicherten Energie, der auch tatsächlich in einer kompletten Heizperiode genutzt wird. Wirkungsgrad des Kessels: gemessen im optimalen Betriebspunkt; Nutzungsgrad: abgegebene Wärmeenergie im Verhältnis zur aufgenommenen Energie betrachtet über einen bestimmten Zeitraum.

Abgesehen von Anforderungen an Komfort und Hygiene sind Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bei der Warmwasserbereitstellung durch folgenden Zusammenhang enge Grenzen gesetzt:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c_p \times (T_v - T_R)$$

$\dot{Q}$ Wärmeenergie [J]

$\dot{m}$ Massenstrom [kg/s]

c_p spezifische Wärmekapazität [J/kgK]

T_v Vorlauftemperatur [K]

T_R Rücklauftemperatur [K]

20

Vereinfacht gesagt, kann bei der Warmwasserbereitung nur dann Energie „gespart“ werden, wenn:

- **weniger Warmwasser** verbraucht wird (Massenstrom bzw. Bedarf sinkt)
- das Warmwasser **weniger heiß** aufgeheizt werden muss. (Vorlauftemperatur sinkt)

Da auch sämtliche Wärmeverluste von der Bereitstellung bis zum Verbraucher maßgeblich von der Temperatur (genauer: der Temperaturdifferenz zwischen dem Warmwasser und der Umgebungstemperatur) abhängig sind, kommt auch hier dem Warmwassertemperaturniveau eine maßgebliche Rolle zu.

Jede verallgemeinernde Aussage zum Thema Energieeffizienz bei der Warmwasserbereitung ist insofern mit Vorsicht zu genießen, als dass bei jedem System sehr viele Komponenten gut zusammenspielen müssen, um eine hohe Effizienz zu erzielen. Insgesamt ist auf die enge Verzahnung zwischen Heizung und Warmwasserbereitung ebenso hinzuweisen, wie auf die Optimierung verschiedener Systemkomponenten (Bereitstellung, Verteilung, Nutzung) sowohl in der Planung als auch im laufenden Betrieb.

TIPP-BOX

- 1 kWh Nutzenergie bedingen 1,6–2,5 kWh Heizenergiebedarf
- Verteilungsverluste und Bereitstellungsverluste machen den größten Anteil aus
- Einsatz von erneuerbarer Energie reduziert den Heizenergiebedarf maßgeblich
- Optimierung der Warmwasserbereitung immer mit Berücksichtigung der Einflüsse auf das Heizungssystem

4.2 Gesamtsystemanalyse – Was ist das „beste System“?¹⁸

Bei der Neuplanung/umfassenden Sanierung von Warmwasserbereitstellungssystemen geht es – auf Basis der Vielzahl bestehender Technologien – vor allem um die Frage des Systemdesigns zur energetischen Optimierung von Warmwassersystemen.

Folgende Systeme stehen zur Auswahl:

- zentrale Lösung: Warmwasser und Heizung getrennt – 4-Leiter-System
- Mischform 2-Leiter-System und Wohnungsstationen
- dezentrale Versorgung

4.2.1 Zentrale Versorgung (4-Leiter-System)

Sollen erneuerbare Energien verwendet werden, so sind generell nur zentrale Lösungen mit einem Energiespeicher (Pufferspeicher) möglich. Ausnahme bilden hier Lüftungswärmepumpen bei Passivhäusern sowie die Einbindung von Photovoltaik. Durch den Einsatz einer Solaranlage kann der Heizenergiebedarf für Warmwasser bei 2-Leiter-Systemen durchschnittlich um ca. 70 % und bei 4-Leiter-Systemen um ca. 50 %¹⁹ reduziert werden.

4-Leiter-Systeme sind energetisch gesehen immer schlechter als 2-Leiter-Systeme mit jeweils gleicher Energiequelle. Warmwasserverteilungsverluste machen bei 4-Leiter-Systemen rund die Hälfte des gesamten Heizenergiebedarfes aus. Aus der Analyse der jeweiligen Verteilungsverluste geht hervor, dass die systembedingten Zirkulationsverluste bei 4-Leiter-Systemen stark dominieren und ca. 60 % der Warmwasserverteilungsverluste ausmachen. Verteilungsverluste sinken bei 4-Leiter-Systemen mit zunehmender Wohnungsanzahl, jedoch nie unter den Wert der Verteilungsverluste von 2-Leiter-Systemen. Eine mögliche Erklärung dafür wäre die mit Anzahl der Wohnungen verbesserte kompaktere Bauweise und den somit relativ gesehen kürzeren Verteilungen.

4.2.2 Mischform (2-Leiter-System)

Das 2-Leiter-System mit gebäudezentraler Wärmeübergabestation weist von allen zentralen Varianten den geringsten Heizenergiebedarf auf.

4.2.3 Dezentrale Versorgung

Die dezentrale Warmwasserbereitung hat den geringsten Heizenergiebedarf aller betrachteten Systeme. Zurückzuführen ist dies auf den Wegfall von Verteilverlusten aus Steig- und Verteilleitungen sowie auf die Platzierung der Gas-Brennwertgeräte im beheizten Raum.

4.2.4 Gesamtsystem: Heizung und Warmwasser

Bei 4-Leiter-Systemen führt die Trennung von Heizung und Warmwasserbereitung zu verbesserten Ergebnissen, da jedes System optimiert betrieben werden kann.

Betrachtet man das **Gesamtsystem Heizung und Warmwasserbereitung**, so kann es vor allem bei gut gedämmten Häusern und Niedertemperaturheizungen durchaus Sinn machen, nicht auf die volle Temperatur (ca. 60 bis 65 °C) mit der zentralen Anlage aufzuheizen, sondern eine elektrische Nachheizung vorzusehen. Diese Lösung ist vor allem auch bei Wärmepumpen-Anwendungen mit nachgeschaltetem Trinkwasserbereitschaftsspeicher empfehlenswert.

¹⁸ Aussagen basieren auf ALLPLAN-Berechnungen (GEQ-Programm) auf Basis der Modellierung von fiktiven Wohnhausanlagen mit 8, 20 bzw. 100 Wohnungen. Referenzszenario: 20 Wohnungen, Brennwerttechnologie.

¹⁹ Die höheren prozentuellen Einsparungen von 2-Leitersystemen resultieren aus den tieferen Rücklaufemperaturen aus dem Verteilernetz.

4.2.5 Empfehlungen

4-Leiter-Systeme (zentrale Versorgung) sind aus energetischer Sicht gegenüber 2-Leiter-Systemen (Mischform) nur dann zu bevorzugen, wenn die Einsparungen durch die Trennung der Warmwasser- und Heizungsversorgung höher sind als die Nachteile der höheren Verteilverluste. Ausnahmen zu dieser Aussage stellen optimierte 2-Leiter-Systeme dar, welche mit niedrigen Vorlauftemperaturen, dezentralen Speichern oder mit elektrischer Nachheizung arbeiten und somit einen optimierten Heizungsbetrieb ermöglichen. Folgende Darstellung zeigt, welche Systemdesigns unter gegebenen Systemvoraussetzungen/Technologien empfehlenswert sind.

Voraussetzung	Dezentrale Versorgung	Mischform	Zentrale Versorgung
Solarthermie	nicht möglich	empfehlenswert	möglich
Fernwärme	nicht möglich	empfehlenswert	möglich
Wärmepumpe Grundwasser/Erdwärme	nicht möglich	empfehlenswert	empfehlenswert
Gas	empfehlenswert	empfehlenswert	möglich
Biomasse	nicht möglich	empfehlenswert	möglich
weit verzweigte Zapfstellen	empfehlenswert	möglich	möglich
Niedrigenergiehaus	empfehlenswert	möglich	empfehlenswert

■ nicht möglich ▨ empfehlenswert ■ möglich

Tab. 6 Auswahl Systemdesigns Quelle: ALLPLAN

4.2.6 Wirtschaftliche Betrachtung

Aus wirtschaftlicher Sicht können außerdem folgende Schlüsse gezogen werden:

- **Investitionskosten** liegen für dezentrale Lösungen und 2-Leiter-Systeme in ähnlicher Höhe, 4-Leiter-Systeme sind am günstigsten. Bei großen Wohnhausanlagen (100 Wohnungen) sind 2-Leiter-Systeme günstiger als dezentrale Lösungen.
- **Laufende Kosten:** Am günstigsten ist die dezentrale Variante (jeweils ohne Nutzung von Solarthermie), dann folgen 2-Leiter-Systeme, dann 4-Leiter-Systeme (Grund sind die hohen Leitungsverluste).
- **Gesamtkosten²⁰:** Bei Preissteigerungen der laufenden Kosten²¹ von 3 % sind dezentrale Varianten am günstigsten. 2-Leiter-Systeme und 4-Leiter-Systeme liegen in ähnlichen Größenordnungen. Bei Preissteigerungen ab 4 % werden 2-Leiter-Systeme attraktiver als 4-Leiter Systeme.
- **Je höher die Verzinsung angenommen wird**, umso schlechter stehen dezentrale Lösungen und 4-Leiter-Systeme da (Grund: hohe Investitionskosten zu Beginn).
- Die zusätzlichen Kosten von Wohnungsstationen (rd. 1.200 EUR/Stk.) übersteigen gegenwärtig noch die Einsparungen durch geringere Verteilverluste von 2-Leiter-Systemen gegenüber 4-Leiter-Systemen. Ab einer Reduktion der Kosten von Wohnungsstationen in der Größenordnung von rund 10 % werden 2-Leiter-Systeme finanziell attraktiver als 4-Leiter-Systeme.

²⁰ Barwert sämtlicher laufender Kosten über die Nutzungsdauer von 20 Jahren und Investitionskosten (Investitionskosten am Beispiel von Gas-Brennwertkesseln); Zinssatz 5 %, Preissteigerung 3 %; Berechnung entsprechend ÖNORM M 7140.

²¹ Verbrauchsgebundene Kosten (Energiekosten) und betriebsgebundene Kosten (Wartung/Instandhaltung).

4.3 Effizienzverbesserungen: Wärmeverteilung

Schwerpunkte zur Verbesserung der Energieeffizienz innerhalb eines gewählten Systems sollten entsprechend der Größenordnung der Verluste gewählt werden, d.h.:

- Wärmeverteilung (bei zentralen Systemen)
- Wärmebereitstellung (bei allen Systemen; vor allem bei zentralen Systemen)
- Speicher und Hilfsenergie

4.3.1 Ansatzpunkte Leitungsnetze

Die Verluste der Wärmeverteilung zur Warmwasserbereitung machen bei zentralen Lösungen den „Löwenanteil“ aus und liegen in der Größenordnung von 50–85 % sämtlicher Verluste²².

Prinzipiell sind Einsparungen²³ durch folgende Maßnahmen möglich:

- Reduktion der Leitungslänge
- Senken der Vorlauftemperatur (bei 2-Leiter-Systemen)
- Erhöhung der Dämmstärke²⁴
- optimierte Leitungsführung und Positionierung

Folgende Tabelle zeigt die erzielbaren Einsparpotenziale für ein mittelgroßes²⁵, entsprechend der OIB Richtlinie 6 gedämmtes Wohngebäude.

Reduktion der Verteilverluste [%]	2-Leiter System	4-Leiter System
Reduktion der Leitungslänge um jeweils 1 m ²⁶	2 %	2,5 %
Senken der Vorlauftemperatur um 1 °C	4 % ²⁷	nicht möglich (ÖNORM B 5019)

Tab. 7 Einsparpotenziale Verteilverluste Quelle: Berechnung ALLPLAN

Im Vergleich zu einem 2-Leiter-System sind die Verteilverluste bei 4-Leiter-Systemen, bedingt durch die zusätzlichen Zirkulationsleitungen, rund 2,5-mal so hoch. Verluste vom Heizungsvor- und Rücklauf sind hier noch nicht eingerechnet. Temperaturabsenkungen sind nur bei 2-Leiter-Systemen prinzipiell möglich. Systemtemperaturen und Leitungslängen sollten bereits in der Planungsphase optimiert werden, da nachträgliche Änderungen kaum möglich sind.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Leitungsverluste stellt eine, über die ÖNORM H 5155 empfohlenen Dämmstärken hinausgehende, Dämmung der Rohrleitungen dar. Diese Anforderungen sind in **TABELLE 8** ersichtlich.

²² Je nach eingesetzter Technologie und Verteilsystem; am niedrigsten bei 2-Leiter-Systemen und Heizwerttechnologie.

²³ Berechnungen: Simuliert mit GEQ Energieausweis-Software, Version 2015, Zehentmayer Software GmbH.

²⁴ Einschränkung durch die ÖNORM B 5019 für jene Teile von Verteilsystemen, die keine Zirkulation und keine elektrischen Begleitheizungen aufweisen (geringe praktische Relevanz für Mehrfamilienhäuser): diese sind ohne Wärmedämmung auszuführen. ANMERKUNG: Diese Maßnahme dient dazu, dass zu Zeiten, in denen keine Entnahme stattfindet, die Temperatur möglichst rasch absinkt. Dadurch wird die Vermehrung von Bakterien (z.B. Legionellen) verlangsamt.

²⁵ Berechnung ALLPLAN für 20 Wohneinheiten.

²⁶ Pro Leitungsart (Verteil-, Steig-, Stich-, Zirkulationsleitung).

²⁷ Berechnet auf Basis der Mitteltemperatur (ÖNORM H 5155).

Lage der Leitung	DN / OD										
	15 ≤	20	25	32	40	50	65	80	100	125	> 125
	Mindestdämmdicken d										
	mm										
Technikraum	20	25	30	40	45	55	70	85	100	125	135
unbeheizter Raum	20	25	30	40	45	55	70	85	100	125	135
beheizter Raum	10	15	15	20	25	30	35	40	50	65	70
Installationsschacht, Installationsgang grenzt überwiegend an un- beheizte Bereiche	20	25	30	40	45	55	70	85	100	125	135
Zwischendecke, Doppelbo- den, Installationsschacht, grenzt überwiegend an unbeheizte Bereiche	10	15	15	20	25	30	35	40	50	65	70
Unterputz, Fußboden in unbeheizten Räumen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Unterputz, Fußboden in beheizten Räumen	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10
Im Erdreich	50	50	50	50	50	50	50	55	65	65	75
außerhalb des Gebäudes	50	50	50	50	55	65	80	90	110	135	145

Anmerkung: Warmwasserleitungen, die keine Zirkulation oder Begleitheizung aufweisen und in den Anwendungsbereich der ÖNORM B 5019 fallen, sind ohne Wärmedämmung auszuführen.

Tab. 8 Mindestdämmdicken d für Heizungs- und Warmwasserleitungen bei einer Wärmeleitfähigkeit von $0,047 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, Quelle: ÖNORM H 5155

Eine Erhöhung der Dämmdicke²⁸ um 1 cm führt zu einer Reduktion der Rohrverluste um 15 %. Eine Verdoppelung der Dämmdicke würde eine Reduktion der Wärmeverluste auf die Hälfte bewirken. Somit ist eine Erhöhung der Dämmdicke unter Berücksichtigung von baulichen und wirtschaftlichen Einschränkungen jedenfalls zu empfehlen.

TIPP-BOX

- Dämmung der Verteilleitungen über die Mindestdicke der ÖNORM H 5155 hinaus vorsehen
- bereits in der Planung optimierte Leitungslängen berücksichtigen – v.a. bei 4-Leiter-Systemen (Reduktion Rohrlänge um 1 % ergibt eine Reduktion der Leitungsverluste um 2 %)
- Reduktion der Leitungsverluste um rund 4 % bei Reduktion der Temperatur in den Verteilleitungen um 1 °C (2-Leiter-Systeme)

²⁸ Berechnet für ein Kunststoffrohr mit DN 65, Länge von 100 m.

FACT BOX: SO EHER NICHT, ...

Ungünstige Planung der Warmwasserverteilung

Bei dem gegenständlichen Objekt handelt es sich um ein Wohnhaus mit gehobener Ausstattung.

Die Steigstränge wurden ausschließlich in den Gangbereichen situiert, wodurch sich relativ lange Leitungslängen zwischen dem Strang und letzten Entnahme-Armaturen in den Wohnungen ergeben.

Würde das Trinkwasser nur in den Steigsträngen zirkulieren, würde dadurch in manchen Bereichen die gemäß ÖNORM B 5019 zulässige Anschlusslänge zwischen Zirkulationsleitung und Entnahme-Armatur von 6 Metern überschritten werden und es würden sich etwas längere Wartezeiten bei der Warmwasserentnahme ergeben.

Daher wurde die Zirkulationsleitung nicht nur im Steigstrang verlegt, sondern in jeder Wohnung bis zur letzten Armatur geführt. Dadurch erhöhen sich die Zirkulationswege um ein Vielfaches, was wiederum zu einem deutlichen Anstieg der Verluste führt.

Abhilfe kann nur durch eine gut überlegte Planung der Leitungsführung erfolgen. Die Steigstränge sollten so situiert werden, dass die Abstände zu den Zapfstellen möglichst gering gehalten werden und so eine Zirkulation innerhalb der Wohnungen vermieden werden kann (Quelle: MA 25, 2015).

4.3.2 Hydraulischer Abgleich und Hilfsenergie

Bei der Verteilung von Warmwasser in einem weit verzweigten Verteilernetz nimmt Wasser immer den Weg des geringsten Widerstandes. Jene Zapfstellen, die der (Zirkulations-)Pumpe am nächsten sind, werden dadurch überversorgt, entlegene Zapfstellen sind tendenziell unterversorgt. Bei Verteilernetzen bei denen kein hydraulischer Abgleich durchgeführt wurde²⁹, können dadurch neben Komforteinbußen auch höhere Wärmeverluste aufgrund zu hoher Volumenströme in den Zirkulationsleitungen und Verteilerkreisen auftreten.

Ein hydraulischer Abgleich der Zirkulationsleitungen und der einzelnen Stränge erfolgt daher idealerweise über thermostatische Regulierventile, die die gesamte Warmwasseranlage und alle Leitungsteile präzise über den Differenzdruck gegeneinander abgleichen und so eine bedarfsorientierte Durchströmung in den Verteilerkreisen gewährleisten.

Bei Fernwärmeübergabestationen mit Zwischenkreis³⁰ sollte auch dieser Kreis hydraulisch abgeglichen werden, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

Ebenso wichtig wie der hydraulische Abgleich bei der Warmwasserverteilung, ist die richtige Einstellung der Heizungswassermengen für 2- bzw. 4-Leiter-Systeme d.h. eine hydraulische Einregulierung der Heizungswasserverteilung. Zusätzlich sollte bei allen Systemen im Durchlaufprinzip auf die sogenannte thermische Länge³¹ des Wärmeübertragers geachtet werden. Mit höheren thermischen Längen im Wärmeübertrager kann heizungsseitig – bei gleicher übertragener Leistung – die Spreizung erhöht und die Wassermenge gesenkt werden.

Im Zuge einer hydraulischen Einregulierung sollten auch veraltete Heizungs- bzw. Zirkulationspumpen durch Hocheffizienzpumpen ersetzt werden. Dadurch kann bis zu 80 % der elektrischen Energie eingespart werden (Oberösterreichischer Energiesparverband, 2014). Die Effizienz von Pumpen wird dabei im sogenannten Energie-Effizienz-Index (EEI) dargestellt, wobei neue, externe Nassläufer-Umwälzpumpen derzeit nur mehr Werte ab 0,27 (ab 1.8.2015: 0,23) aufweisen dürfen. Unter www.pumpentest.at kann eine erste Einschätzung der erzielbaren Einsparungen durch Hocheffizienzpumpen für konkrete Anlagen ermittelt werden.

²⁹ Verfahren, das die Durchflussmenge des Warmwassers innerhalb des Verteilernetzes optimiert.

³⁰ Zusätzliche hydraulische Systemtrennung des Wärmeversorgungsunternehmens (z.B. Fernwärme) vom Trinkwasser.

³¹ Länge des Weges die der Wärmeträger (Wasser) im Wärmeübertrager zurücklegt und dabei Wärme aufnimmt bzw. abgibt. Zur Erhöhung der thermischen Länge bzw. der Wärmeübertragungsfähigkeit können mehrere Durchgänge seriell geschaltet werden. Die Serienschaltung ermöglicht auch bei kleinen Volumenströmen, auch mit kleinen Baugrößen, sehr hohe Wärmeübertragungswerte.

Folgende Vorteile ergeben sich durch einen hydraulischen Abgleich:

- geringere Zirkulationsvolumenströme im Verteilernetz → reduzierte Wärmeverluste der Verteilleitungen
- reduzierte Pumpenenergie für die Umwälzung von Warmwasser → Senkung des Hilfsenergiebedarfs (elektrische Energie)
- in jedem Strang das gewünschte Temperaturniveau
- Einhaltung der maximal zulässigen Temperaturspreizung in der Zirkulationsleitung

TIPP-BOX

- Ein **hydraulischer Abgleich** ist Grundvoraussetzung für eine effiziente Warmwasserverteilung. Dieser wird bei der Inbetriebnahme von **zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen** oft vernachlässigt und sollte vom zuständigen Installationsunternehmen immer eingefordert werden.
- Hydraulischer Abgleich reduziert zu transportierende Warmwassermengen → weniger Verteilverluste, weniger Pumpenenergie
- Einsatz von **Hocheffizienzpumpen** reduziert den Hilfsenergiebedarf (Energie-Effizienz-Index)

4.3.3 Innovative Lösungen

Bereits in der Praxis umgesetzte innovative Lösungen gibt es im Bereich der massiven Reduktion der Heizungsvorlauftemperatur sowie in einem weiteren Ansatz zur Reduktion der Verteilverluste.

4.3.3.1 Wohnungsstationen – Systeme mit niedriger Heizungsvorlauftemperatur

Maßgebliche Erhöhungen der Energieeffizienz der Warmwasserverteilung werden am Markt bereits durch niedrige Vorlauftemperatur und folgende Fakten erzielt:

- Temperatur im Verteilungssystem 45 °C
- kein Trinkwasser in der Verteilung
- Abschaltung außerhalb der Betriebszeiten möglich
- maximal 3 l Wasserinhalt zwischen Station und Entnahme
- unterliegt nicht der ÖNORM B 5019³²
- Rücklauftemperatur 22 °C
- Wärmepumpen, Solaranlagen, Fernwärme, Brennwertgeräte effizient einsetzbar

4.3.3.2 Alternative Rohrsysteme für Zirkulationsleitungen

Bei Zirkulationsleitungen kommen häufig Parallelrohrsysteme in Form von 4-Leiter-Systemen mit getrennter Warmwasserleitung und Zirkulationsleitung zum Einsatz. Nachteile dieser Lösung sind die großen Leitungslängen und die damit verbundenen Kosten sowie die erhöhten thermischen Verluste durch große Rohroberflächen im System. Die damit verbundenen hohen energetischen Verluste und Kosten haben neue Lösungen wie **Rohr-an-Rohr-** oder **Rohr-in-Rohr-**Systeme hervorgebracht, welche bei Neuplanungen in Betracht gezogen werden sollten.

4.3.3.3 Rohr-an-Rohr-System

- Warmwasserverteilung und Zirkulationsleitung in einer gemeinsamen Dämmung
- Vorteil: Reduktion des Platzbedarfs der Installation und der Herstellungskosten
- geringere Wärmeverluste als bei einer getrennten Verlegung mit doppelter Dämmstärke
- Reduktion **Wärmeverluste im Vergleich zu einer getrennten Verlegung um 2,4 bis 18 %**³³

³² Probleme mit Legionellen treten in der Praxis ggf. in der Kaltwasserleitung auf, welche durch den Vorlauf erwärmt wird; wichtig ist daher auf eine geeignete Leitungsführung zu achten.

³³ Je nach Gebäudetyp und Zapfprofil (Brillinger, Fritzsche & Hussl, 2009).

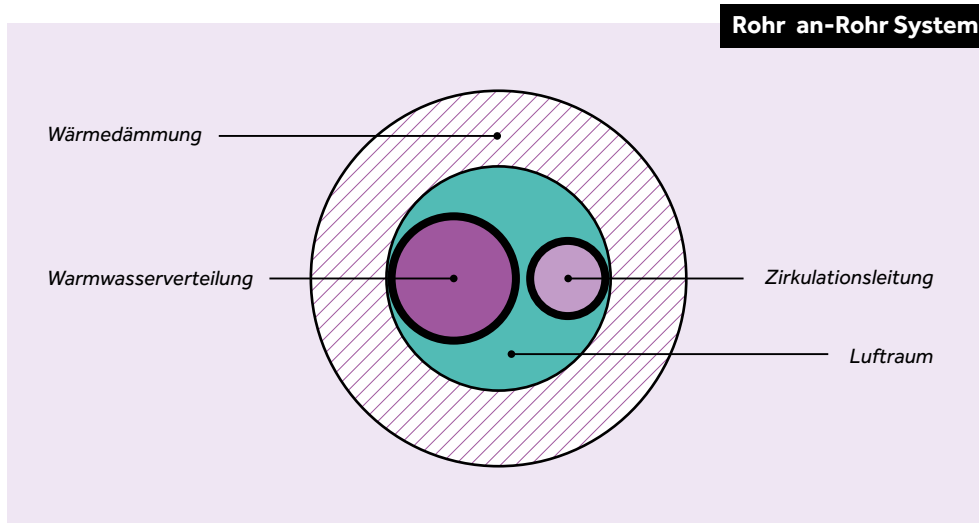


Abb. 8 Rohr-an-Rohr System Quelle: ALLPLAN

4.3.3.4 Rohr-in-Rohr-System (Inlinersysteme)

- Doppelmantelrohrsysteme sind Sonderbauformen
- Zirkulationswasser im inneren Rohr, Warmwasser im Mantelrohr im Gegenstromprinzip
- Vorteil: Halbierung der vertikalen Verteilungen sowie der Steigstränge
- **Verminderung der Wärmeverluste gegenüber herkömmlichen Zirkulationsleitungen in der Größenordnung von 20–30 % (Wolff & von Krosigk, 2012)**
- Nachteil: Größerer Querschnitt des Rohres – und Erhöhung der Dämmung erforderlich



Abb. 9 Rohr-in-Rohr-System Quelle: Fa. VIEGA

4.3.3.5 Dezentrale Warmwasserspeicher (z.B. Enerboxx-System³⁴)

Anstelle von speicherlosen Wohnungsstationen werden auch Konzepte mit zentraler Wärmebereitstellung und dezentraler Warmwasserspeicherung, teilweise auch als Kompaktsystem angeboten. Folgende Vorteile ergeben sich:

- höhere Temperatur, beschränkt auf Ladezeiten des Speichers, außerhalb dieser Zeit Betrieb auf niedrigerer Temperatur (abgestimmt auf Heizkreis)
- geringere Verteilverluste durch Positionierung bei den VerbraucherInnen
- periodische Erhitzung möglich
- große Schüttleistungen aus dem Speicher
- kein zusätzlicher Platzbedarf bei Wandverbau.

TIPP-BOX

- Bei 2-Leiter-Systemen Möglichkeiten zur Reduktion der Vorlauftemperatur berücksichtigen.
- Bereits in der Planung von 4-Leiter-Systemen die Möglichkeiten für den Einsatz von Rohr-an-Rohr- bzw. Rohr-in-Rohr-Systemen analysieren.
- Als Option den Einsatz von dezentralen Warmwasserspeichern überprüfen.

4.4 Effizienzverbesserungen bei Speichern

Speicher dienen als Schnittstelle zwischen einer optimierten Wärme/Warmwasserbereitstellung und unregelmäßiger Warmwasser-Abnahme. Neben der Minimierung der Speicherverluste kommt somit auch der Auswahl und Dimensionierung von Speichern für eine energieeffiziente Warmwasserbereitung eine zentrale Rolle zu.

4.4.1 Arten von Speichern

Die grundlegende Unterteilung von Speicherarten erfolgt in Energie- und Trinkwasserspeicher. Energiespeicher dienen dabei der **reinen Energiespeicherung für das Heizungssystem** oder zur **Erwärmung des Trinkwassers**. Im Gegensatz zu Energiespeichern dienen Trinkwasserspeicher der Bereithaltung von warmem Wasser, welches für den täglichen Gebrauch (Trink- und Sanitärwasser) bestimmt ist. Aufgrund von erhöhten Hygieneanforderungen von **Trinkwasserspeichern** ist, aus energetischer Sicht, eine Verwendung von einem größeren Energiespeicher und einem kleineren Trinkwasserspeicher zu empfehlen. Dies hat den Vorteil, dass nur der kleinere Speicher die Temperaturanforderungen gemäß der Legionellen-Norm einhalten muss. Energetisch betrachtet sind vor allem die Art und Dicke der Speicherdämmung sowie die Temperaturdifferenz zwischen Speicher und Umgebungstemperatur ausschlaggebend für die Höhe der Verluste.

Trinkwasserspeicher

- enthält direkt das Trinkwasser
- höhere hygienische Anforderungen
- hohes Korrosionspotenzial (Innenverkleidung Emaille oder Edelstahl)
- eher klein zu halten (halber Tagesbedarf)
- höhere spezifische Kosten (€/m³) als Energiespeicher
- nicht erforderlich bei 2-Leiter-Systemen und Wohnungsstation

³⁴ Patentierte System mit 2-Leiter-System und wandverbauten dezentralen Warmwasserspeichern mit integrierter Energieverteilung in den Wohnungen.

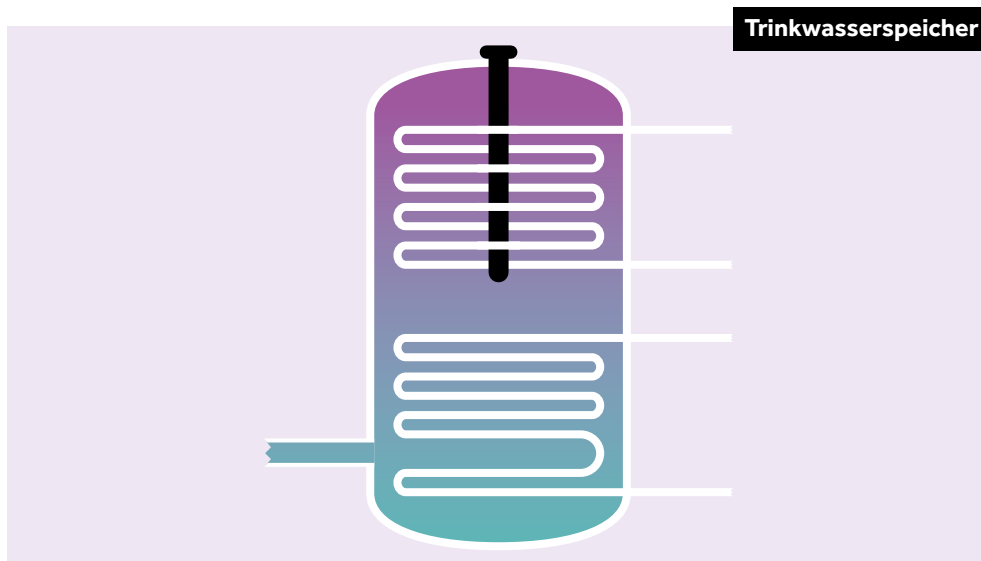


Abb. 10 Trinkwasserspeicher in Anlehnung an Solarfocus GmbH, 2015

Energiespeicher (Pufferspeicher)

- großvolumig (ab Speichergrößen von mehr als 500l) ausgeführt
- andere Wärmeträger als Wasser möglich (Wasser-Glykol; aufbereitetes Wasser)
- besser gedämmt als Trinkwasserspeicher

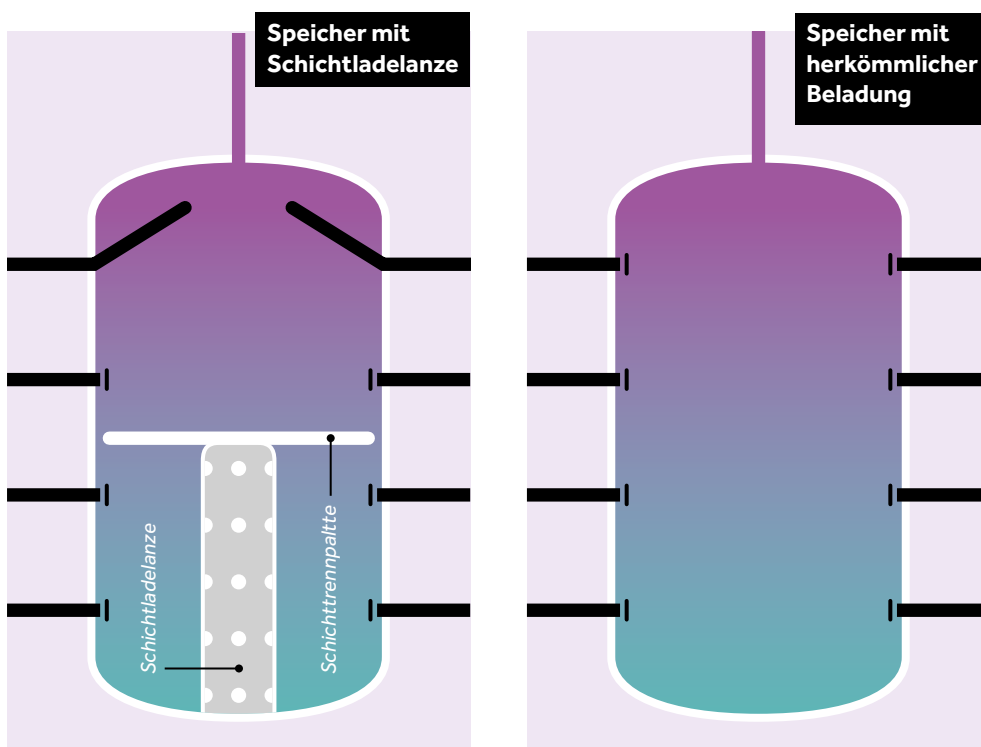


Abb. 11 Energiespeicher mit Schichtladelanze (links) und herkömmlicher Beladung (rechts)
in Anlehnung an Solarfocus GmbH, 2015

Schichtladespeicher (Sonderbauform)

- + Speicher, bei denen die natürliche Temperaturschichtung optimiert genutzt wird
- + weniger häufige Aufheizung erforderlich (optimierte Wärmebereitstellung)
- + optimierte Einbindung verschiedener Energiequellen möglich
- + niedrige Rücklauftemperaturen führen zu besserer Effizienz von Wärmepumpen und Brennwertkesseln, bessere Nutzung von Solarenergie

Kombispeicher (Sonderbauform)

- + Energiespeicher und Trinkwassererwärmer in einem
- + geringer Platzbedarf, geringere Investitionskosten als getrennte Speicher
- Nachteil: bei Defekt muss gesamtes System getauscht werden
- Bereich für Warmwasser muss ständig ein entsprechendes Temperaturniveau bereitstellen
- eher unüblich im Wohnbau

Tank-in-Tank-Speicher (Sonderbauform)

- + Zwei Behälter in einem
- + Oberfläche im Vergleich zu Volumen reduziert: geringere Verluste
- bei Defekt gesamter Speicher zu tauschen
- + geringer Platzbedarf
- höhere Investitionskosten als Kombi-Speicher

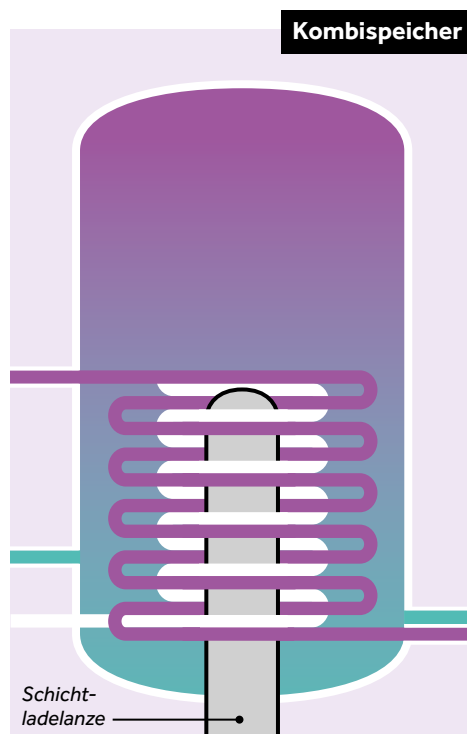


Abb. 12 Aufbau eines Kombispeichers mit Wellenrohr-Wärmetauscher Solarfocus GmbH, 2015

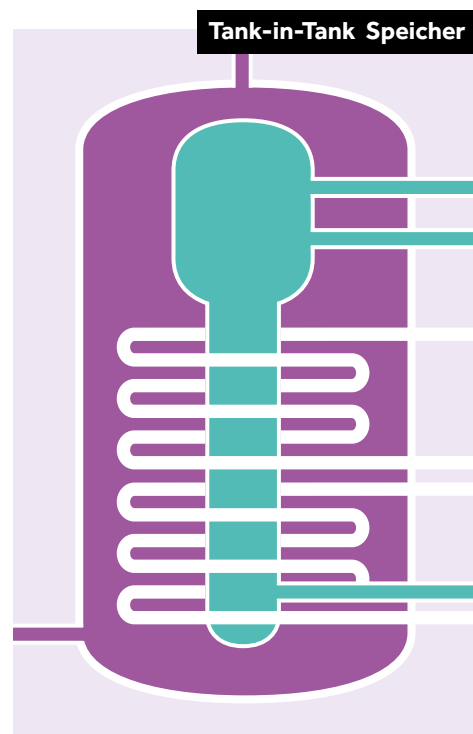


Abb. 13 Aufbau eines Tank-in-Tank-Speichers Jenni Energietechnik AG, 2015

4.4.2 Wärmeverluste von Speichern

Speicherverluste machen bei zentralen Lösungen rund 7 – 14 % sämtlicher Verluste aus und sind für 1 – 7 % des Heizenergiebedarfes der Wärmebereitstellung verantwortlich. Bei Wohnhausanlagen mit 20 Wohneinheiten betragen Speicherverluste ca. **rund 1.000 kWh/a.** (Quelle: Berechnungen ALLPLAN).

Die **Speicherverluste sind abhängig** von der

- Speicheroberfläche
- vom Wärmedurchgangskoeffizienten der Dämmung
- sowie vom Temperaturunterschied zwischen dem Speicherinhalt und dem Aufstellungsort

Entsprechend der ÖNORM H 5155 muss ein Speicher eine Minstdämmung von 100 mm³⁵ aufweisen. (ÖNORM H 5155, 2013)

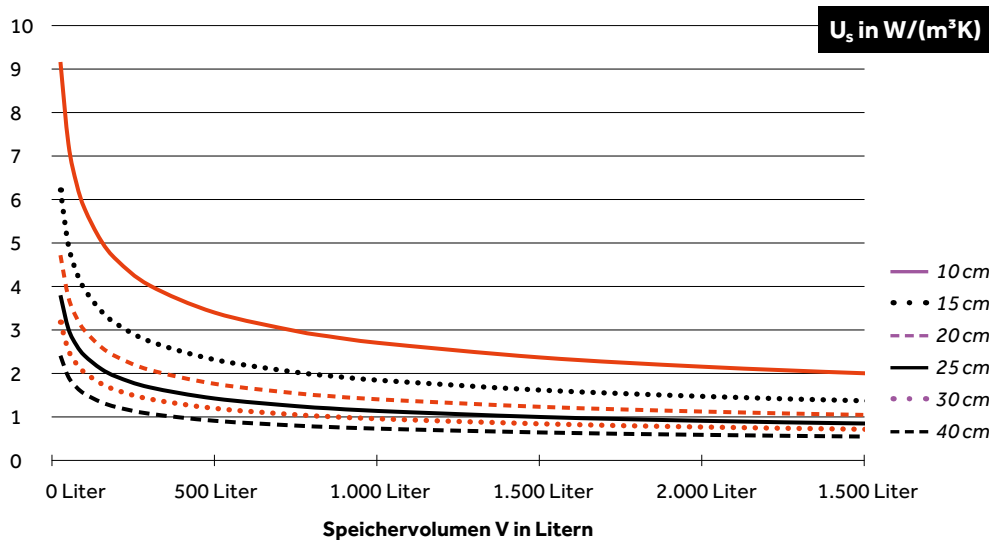


Abb. 14 Volumenbezogener spezifischer Wärmeverlust U_s des Speichers
Darstellung ALLPLAN – basierend auf ÖNORM H 5155

Über die Norm hinausgehende Dämmstärken führen zu folgenden Effekten (*Quelle: Berechnung ALLPLAN*):

- Vor allem im Bereich von Dämmstärken bis 20 cm können mit zusätzlicher Dämmung große Verbesserungen erzielt werden.
- Die Erhöhung der Dämmung³⁶ um 5 cm reduziert bei einem Speichervolumen von 1.000 l die Wärmeverluste um rund 1/3³⁷.
- **Durch eine Verdoppelung der Dämmdicke** (z.B. von 10 auf 20 cm) könnten die **Verluste nahezu halbiert** werden. Bei der Wahl der Dämmstärke sind jedoch, neben energetischen Faktoren, auch der Platzbedarf und die Kosten des Dämmmaterials zu berücksichtigen.

Eine Reduktion der **Temperaturdifferenz** zwischen Aufstellungsort und der Temperatur im Speicher um ein Grad reduziert die Verluste hingegen um rund 2–3 %. D.h. bei einer Reduktion der Temperatur im Speicher um 5 °C reduzieren sich die Wärmeverluste des Speichers um 10–15 %.

TIPP-BOX

- Dämmstärken erhöhen
- Schichtenspeicher verwenden (v.a. bei Solarthermie-Nutzung)
- bei Systemen mit getrennter Bereitstellung von Warmwasser und Heizung: Kombination von Energiespeicher und kleinem Trinkwasserspeicher vorsehen
- Temperaturdifferenz zwischen Aufstellungsort und Speicher reduzieren.

³⁵ Bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,047 W/(m·K), bezogen auf eine Mitteltemperatur von 50° und einem äußeren Wärmeübergangskoeffizienten von 9 W/(m²·K).

³⁶ Mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,047 W/m²·K.

³⁷ Aus Abbildung 14 folgt: US (10 cm): 2,83 W/m³K; US (15 cm): 1,92 W/m³K. Reduktion der Wärmeverluste = $(1 - US_{10}/US_{15}) \cdot 100 = 32,15 \%$

4.5 Effizienzverbesserungen: Wärmenutzung

4.5.1 Wasser sparen

Wenn man bedenkt, dass nur ein Teil der eingesetzten Energie (bei zentralen Lösungen) auch tatsächlich bei den VerbraucherInnen in Form von Warmwasser ankommt (der Rest sind Verluste) sieht man, dass den EndverbraucherInnen ein großer Anteil des Warmwassereinsparpotenzials zukommt: durch Energie, die gar nicht erst aufgebracht werden muss. D.h. vereinfacht ausgedrückt, mit jeder eingesparten kWh Warmwasser spart man (mehr als) 2 kWh Energie. Ansatzpunkte bieten das **NutzerInnenverhalten** und **energiesparende Installationen** oder Armaturen.

4.5.2 Optimierte NutzerInnenverhalten

Im Bereich des NutzerInnenverhaltens wird auf – meist bereits bekannte – Tipps verwiesen:

- duschen statt baden
- Wasserhahn bei Nichtbenutzung zudrehen (z.B. beim Zähneputzen oder beim Duschen)
- bei Kleinspeichern (z.B. in der Küche) bedarfsorientierte (statt ständige) Aufheizung
- wassersparende Armaturen verwenden

4.5.3 Energieeffiziente Armaturen

Die wesentliche Aufgabe von Auslaufarmaturen ist die Bereitstellung der gewünschten Wassermenge. Der Wasserverbrauch bei Armaturen hängt vom Wasserdruck, vom Öffnungsgrad der Ventile bzw. Mischern und dem Aufbau der Armatur ab. Die Durchflussmenge sowie die zulässige Geräuschklasse von Sanitärarmaturen sind in der Norm EN246 festgelegt. Die bei einem Fließdruck von 3 bar zulässigen Durchflussmengen sind in folgender Tabelle dargestellt:

Durchflussklasse	Durchflussmenge [l/min]
Z	7,5–9,0
A	13,5–15,0
S	18,0–19,8
B	22,8–25,2

Tab. 9 Durchflussklassen nach EN 246³⁸

Standardmäßig werden nahezu alle Auslaufarmaturen mit Strahlreglern ausgestattet, die den obigen Kriterien entsprechen. Die Aufgaben von Strahlreglern, sind die Erzeugung eines weichen Strahls, die Formung des Strahls, die Mengenbegrenzung und die Erfüllung von Vorschriften. Somit fließen durch einen Wasserhahn der Durchflussklasse A bis zu 15 l/min bei einem Wasserdruck von 3 bar. **Strahlregler** begrenzen die zulässige Durchflussmenge einer Armatur. Spar-Strahlregler können mit oder ohne Luftzufuhr ausgeführt sein. **Verfügbare Spar-Strahlregler** mit Luftzufuhr können den Durchfluss auf **bis zu 4,5 l/min** bei gleichem Strahlvolumen reduzieren (*Quelle: Herstellerangaben*). Bei einer Zapfdauer von 20 Sekunden und einem Durchfluss von 12 l/min kann mit einem Spar-Strahlregler der Wasserverbrauch um 2,5 Liter reduziert werden (*Quelle: Berechnung ALLPLAN*).

³⁸ EN 246: Sanitärarmaturen – allgemeine Anforderungen an Strahlregler.



Abb. 15 Strahlregler mit Luftansaugung
Quelle: Fa. Kottmann, 2015



Abb. 16 M22 Strahlregler
Quelle: Fa. Wolf, 2015

Wärmeverluste treten bei Armaturen auch durch Wartezeiten auf die gewünschte Mischtemperatur auf. Die Einstellzeit der gewünschten Warmwassertemperatur ist bei Zweigriffarmaturen höher als bei Einhebelmischern, wodurch in diesem Fall ein erhöhter Wasserverlust und entsprechend auch ein erhöhter Energieverbrauch auftreten. Im Vergleich zu anderen Armaturtypen weisen Zweigriffarmaturen die höchsten Verluste auf. Einhebelmischer reduzieren die Wartezeit und damit den Energieverbrauch. Da der Mischer aus optischen Gründen häufig in Mittelstellung belassen wird, können auch hierbei erhöhte Verluste auftreten, da zu Beginn Warmwasser gezapft wird. Neue Armaturen vermeiden diesen Umstand durch die Zapfung von Kaltwasser in Mittelstellung. Vorwiegend bei Duschen eignet sich der Einsatz von Thermostatmischern³⁹, wodurch die Verluste während der „Einstellzeit“ auf rund 50 % reduziert werden können.

Die sogenannte WELL-Klassifizierung wurde von der europäischen Vereinigung der Armaturenhersteller im Zuge der Ökodesignrichtlinie geschaffen um den VerbraucherInnen Informationen zum Energie- und Wasserverbrauch von Sanitärarmaturen zu geben. Dazu wurden Labels für den privaten Bereich, den öffentlichen Bereich und für andere Einbauten geschaffen. Für Armaturen gibt es Effizienzklassen (öffentliche Armaturen A-F, private A-D), welche sich an die Energieeffizienz-Labels mit farbigen Balken orientieren.

Die Bewertung erfolgt anhand von Sternen, welche für verschiedene Kriterien vergeben werden. Im privaten Bereich werden der Durchfluss und die Temperatur bewertet. 2 Sterne werden bei druckunabhängigen Mengenregelungen für Waschtischarmaturen mit Durchfluss kleiner als 6 l/min bzw. kleiner als 9 l/min bei Küchenarmaturen und einer Temperaturbegrenzung erreicht. In öffentlichen Gebäuden wird auch die Durchflusszeit bewertet.

³⁹ Die Anforderung von konstanter Zapftemperatur bei parallelen Zapfungen wird in der Praxis kaum erfüllt und durch Spararmaturen noch verschlechtert. Abhilfe bieten Thermostatmischer.

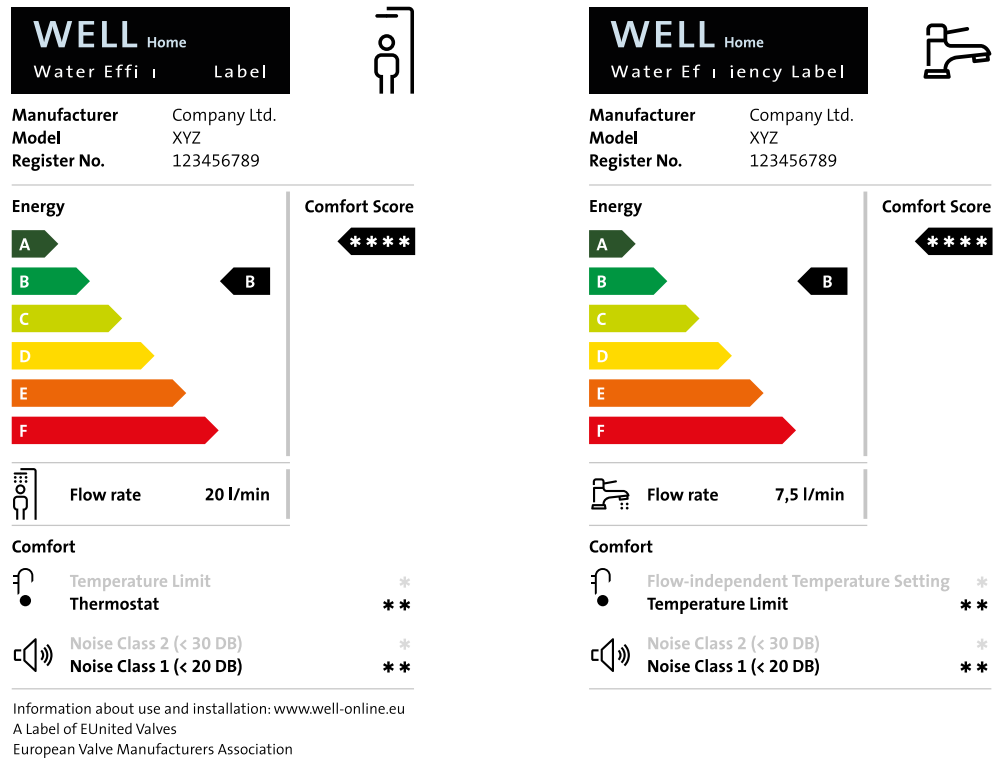


Abb. 17 WELL Home Wasser Effizienz Label (Waschtisch, Dusche), Quelle: EUnited Valves, 2015

Analoge Klassifizierungen gibt es auch für Duscharmaturen, Duschköpfe und Duschschläuche, wobei die beste Bewertung bei verfügbaren Temperaturbegrenzern und druckunabhängigen Lösungen, die einen Durchfluss zwischen 4,5 l/min und 9 l/min gewährleisten, erzielt werden.

TIPP-BOX

- Beim Kauf von Armaturen auf die WELL-Klassifizierung achten!
- Spar-Strahlregler und Thermostatventile einsetzen

4.5.4 Wärmerückgewinnung

Abwasser von Sanitäranlagen wird üblicherweise gesammelt und in den Kanal abgeführt. Durch den Einsatz von Wärmetauschern kann dem Abwasser Wärme entzogen und für die Vorwärmung von Frischwasser genutzt werden. Dabei unterscheidet man zwischen aktiver und passiver Abwärmenutzung. Durch den Einsatz von Wärmepumpen kann das Temperaturniveau der Abwärme aktiv gehoben werden. Eine Wärmerückgewinnung mittels Wärmetauscher zur Vorwärmung von Frischwasser entspricht einer passiven Wärmerückgewinnung.

Bei einer aktiven Wärmerückgewinnung mit Wärmepumpen wird zwischen einem kontinuierlichen und diskontinuierlichen Betrieb unterschieden. Bei einem kontinuierlichen Anfall von Abwasser ist keine Speicherung erforderlich, was z.B. in Schwimmbädern oder Wäschereien der Fall ist. Beim diskontinuierlichen Anfall von Abwasser wie in Wohngebäuden ist ein Speicher zur Sammlung der Abwässer empfehlenswert, um einen effizienten Betrieb der Wärmepumpe zu erzielen. Abwärme des Abwassers dient als Wärmequelle, wodurch bei gleichbleibender Effizienz der Wärmepumpe höhere thermische Leistungen erzielt werden können. Zusätzlich bietet sich auch die Möglichkeit eine solarthermische Anlage in das Gesamtkonzept einzubinden.

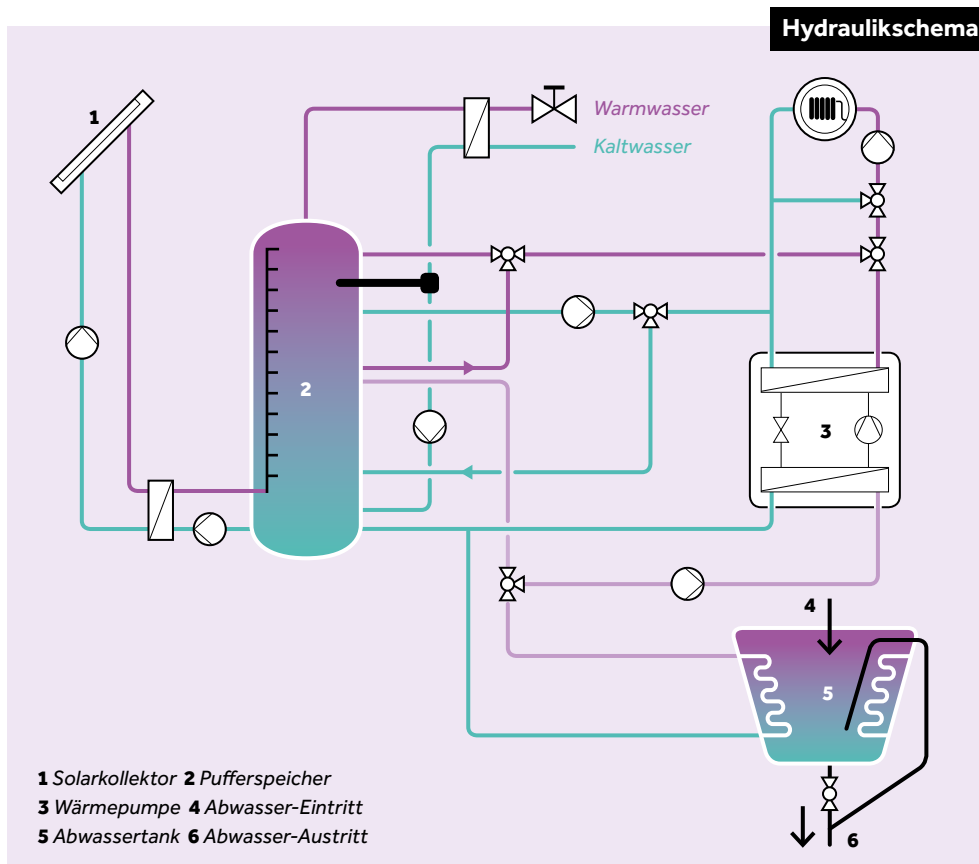


Abb. 18 Hydraulikschemata Wärmerückgewinnung aus Abwasser mittels Wärmepumpe Quelle: TU-Graz

Bei einer zentralen Wärmerückgewinnung werden sämtliche Abwässer unterschiedlicher Temperaturniveaus gesammelt und einem Wärmetauscher zugeführt. Durch die Vermischung mit kalten Abwässern sinkt die Temperatur und somit die Möglichkeit einer effektiven Restwärmenutzung aus den Abwässern. Mithilfe von Wärmetauschern können Energieeinsparungen in der Höhe von rund 20% erzielt werden.

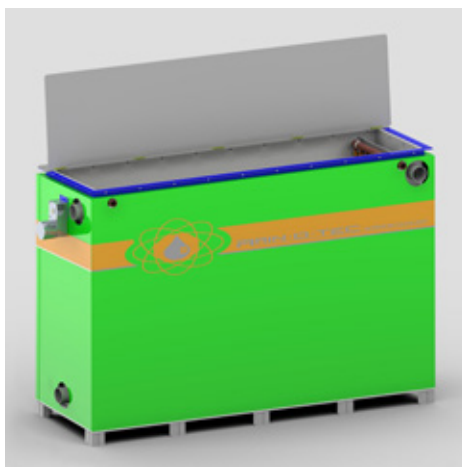


Abb. 19 Zentraler Wärmetauscher
Quelle: Fa. Rain-o-Tec

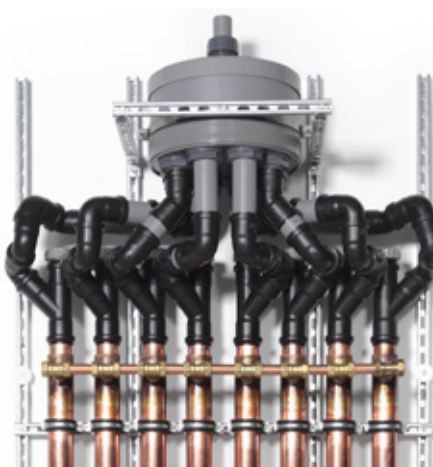


Abb. 20 Zentraler Gegenstrom-Wärmetauscher
Quelle: Fa. Hei-Tech

Die **direkte Nutzung von Abwärme in Wohnungen** eignet sich für eine **dezentrale Warmwasserbereitung**. Aufgrund des eher geringen Temperaturniveaus des Abwassers ist eine möglichst gleichzeitige Nutzung der Restwärme erforderlich. Besonders bei Duschen bietet sich die Möglichkeit, die Abwärme unmittelbar zur Vorwärmung von Frischwasser zu nutzen.

Die Wärmetauscher können entweder in die Duschtasse verbaut oder in den Abfluss integriert werden. Duschtassen mit integrierten Wärmetauschern ermöglichen die Vorwärmung von Frischwasser direkt an der Stelle wo die Abwärme anfällt. Durch eine Thermostat-Mischbatterie kann das vorgewärmte Frischwasser auf die gewünschte Temperatur gebracht werden. Mit diesen Systemen lassen sich laut Herstellerangaben **Energieeinsparungen von bis zu 65 % erzielen**. Wärmetauscher im Abfluss sind als Rohr-im-Rohr-Wärmetauscher ausgeführt. Die Länge des Rohres bemisst sich nach der verfügbaren Abwärme und wird senkrecht in den Abfluss eingebaut.



Abb. 21 Wärmetauscher für Duschtasse
Quelle: Fa. Hei-Tech



Abb. 22 Vertikaler Wärmetauscher
Quelle: Fa. Hei-Tech

TIPP-BOX

- Zentrale Wärmerückgewinnung nach Möglichkeit nutzen (erfordert einen kontinuierlichen Anfall an Abwasser)
- Dezentrale Wärmetauscher z.B. in Duschtassen integrieren

4.6 Effizienzverbesserungen: Wärmeerzeugung

Der Vergleich der Gesamteffizienz einzelner Technologien zur Warmwasserbereitung sollte für konkrete Projekte und die jeweiligen Versorgungsaufgaben an Hand von Gesamtsystemvergleichen und faktischen Ausschlussgründen (z.B. Vorhandensein einer Fernwärmeleitung, Eignung für Solarthermie/Photovoltaik) durchgeführt werden. Sobald eine Entscheidung für ein System und eine Technologie getroffen wurde, kann und soll dieses System optimiert werden.

Folgende Kennzahlen sind innerhalb einer Technologie heranzuziehen:

- Norm-Nutzungsgrad, Wirkungsgrade bei Volllast und Teillastzuständen (diverse Kessel)
- Bereitschaftsverluste
- Optimierung Solarthermie als trade-off zwischen Deckungsgrad und Systemnutzungsgrad
- Wärmepumpen: Jahresarbeitszahl (z.B. vorab anhand normierter Methoden zu ermitteln)

4.6.1 Heizkessel

Alleine durch den Umstieg auf neuere Heizkessel kann die Effizienz der Anlage gesteigert werden.

Wirkungsgrade			20kW	20kW	50kW	50kW
Energieträger	Kesseltyp	Baujahr	Volllast	30 % Last	Volllast	30 % Last
Flüssige und gasförmige Brennstoffe	Zentralheizgerät (Standardkessel)	vor 1978	81,6 %	78,9 %	82,4 %	80,1 %
		1978 – 1994	84,6 %	80,9 %	85,4 %	82,1 %
		nach 1994	86,6 %	83,9 %	87,4 %	85,1 %
	Brennwertgerät	vor 1987	89,3 %	95,5 %	89,7 %	95,7 %
		1987 – 1994	91,3 %	97,8 %	91,7 %	98,2 %
		nach 1994	92,3 %	98,3 %	92,7 %	98,7 %
automatisch beschickter Pelletskessel		nach 1994	83,4 %	81,6 %	85,2 %	83,8 %
		nach 2004	86,1 %	83,3 %	87,5 %	85,1 %
Kombitherme, Durchlauferhitzer		bis 1987	87,3 %	85,3 %	87,7 %	85,7 %
		1988 – 1994	89,3 %	85,3 %	89,7 %	85,7 %
		nach 1994	90,3 %	85,3 %	90,7 %	85,7 %

Tab. 10 Wirkungsgrade Kesselanlagen berechnet nach Quelle: Pech, Pöhn, Bednar, & Streicher, 2012

FACT BOX

Energieeffizienz von Gaskesseln

Brennwertkessel: Erhöhung der Effizienz durch Nutzung der Verdampfungswärme der Abgase

Norm-Nutzungsgrad (nach DIN 4702 Teil 8): Mittelwert aus 5 Teillastnutzungsgraden unter Normbedingungen. Brennwertgeräte von Niedertemperatur-Heizsystemen – Werte bis 109 %, bezogen auf den Heizwert. Heizwertgeräte erreichen etwa 93 % (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2011).

Jahresnutzungsgrad: Verhältnis vom tatsächlichen Energieeinsatz zur gelieferten Wärmemenge

4.6.2 Solarthermie

Zur Steigerung der Gesamteffizienz kommt es generell nicht nur auf die Auswahl einzelner effizienter Technologien, sondern auf das Zusammenpassen und Zusammenspiel aller Komponenten an. So erfordert z.B. die Nutzung von Solarthermie den Einsatz von Schichtenspeicher und tiefen Rücklaufftemperaturen aus dem Verteilsystem.

Im Gegensatz zu z.B. Kesselanlagen wird der Kollektorstufenwirkungsgrad nicht als eine Kennzahl, sondern als Wirkungsgradkennlinie – in Abhängigkeit der Differenz von Kollektor und Umgebungstemperatur – dargestellt.

Zu den Verlusten zählen

- optische Verluste durch Reflexion an der verglasten Kollektoroberfläche und
- thermische Verluste durch Wärmeabgabe des Kollektors an die Umgebung.

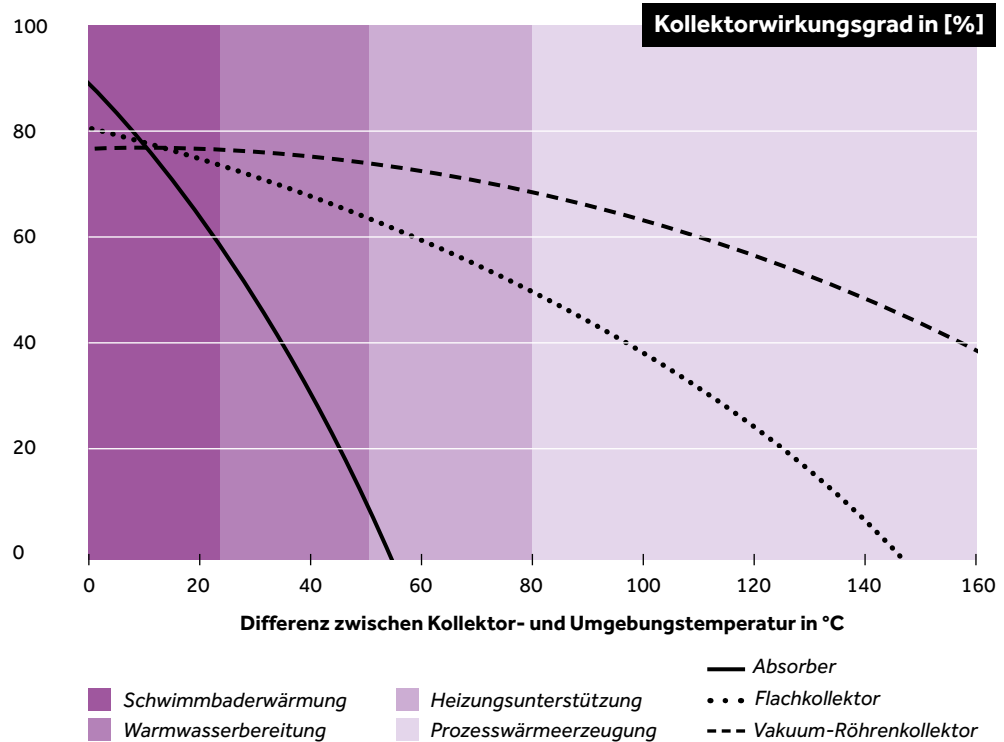


Abb. 23 Wirkungsgradkennlinie Quelle: Fink, Brunner, & AEE INTEC, 2011

FACT BOX

Kennzahlen Solarthermie

Solarer Deckungsgrad [%]: Anteil des Kollektorertrags an der gesamten Energiebereitstellung

Spezifischer Solarertrag [kWh/m²a]: Energiemenge, die die Solaranlage pro m² Kollektorfläche jährlich an den Energiespeicher liefert (sinkt mit steigender Anlagengröße – Angebotsüberschuss tritt häufiger auf – „Stagnation“)

Solarer Systemnutzungsgrad [%]: Verhältnis des Solareintrags in den Energiespeicher zur gesamten solaren Einstrahlung auf das Kollektorfeld

Kollektorstufenwirkungsgrad [%]: Anteil der eintreffenden Globalstrahlung, die in nutzbare Wärme umgesetzt werden kann (siehe Wirkungsgradkennlinie)

Solarthermie wird mit einer zweiten Energiequelle in Kombination eingesetzt, welche Wärme an einen zentralen Speicher liefert. Schichtladespeicher oder zwei in Serie geschaltene Speicher ermöglichen hohe Systemwirkungsgrade. Alle **Systemkomponenten müssen aufeinander abgestimmt sein** um auch tatsächlich den kalkulierten Ertrag zu liefern.

Simulationen in TSOL 4.5⁴⁰ zeigen, dass bei einer **Auslegung von 1 m² Kollektorfläche pro Person** auch im Mehrfamilienhaus **Deckungsgrade von 50 %** erzielt werden können. Diese Anlagen liegen im **Kosten/Nutzen-Optimum**.

⁴⁰ Bei allen simulierten Gebäuden handelt es sich um Gebäude nach derzeitigem OIB 6 Standard; Verteilung mit 4-Leiter-System, Nachheizung mit Gas-Brennwertkessel, Vorrangschaltung für Warmwasser, Standort Wien.

Gebäude	8 Whg	20 Whg	100 Whg
BGF [m ²]	565	1.411	7.058
Personen	24	60	300
WW-Bedarf [l/d]	427	1.070	5.340
Heizlast [kW]	19,15	41	155
Kollektorfläche [m ²]	24	60	300
Pufferspeicher [l]	2.000	3.000	20.000
Bereitschaftsspeicher [l]	300	700	2.500
SD [%]	15,5	17,2	19,8
SD WW [%]	51	51	49

Tab. 11 Parameter Warmwasserbereitung Kosten/Nutzen-Optimum Quelle: TSOL 4.5

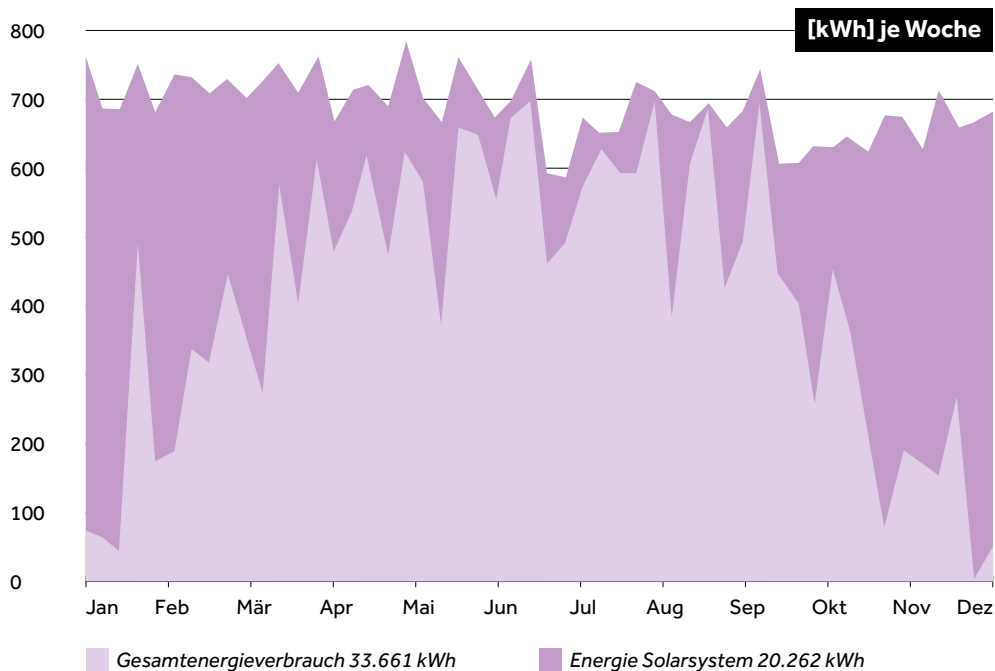


Abb. 24 Anteil Solarenergie an der Warmwasserbereitung für 20 Wohnungen, Jahreserträge
Quelle: TSOL 4.5

Neben Einflussfaktoren im Solarthermie-System selbst (wie dem Neigungswinkel, der Einstrahlung oder den Kollektortemperaturen) beeinflusst auch die **Wahl des Systemdesigns die Effizienz der Solaranlage** (Fink, Riva, Pertl, & Wagner, 2006). 2-Leiter-Systeme mit Wohnungsstationen zeigen bei der Einbindung von Solarthermie die besten Ergebnisse in Hinblick auf die spezifischen Kollektorerträge (um bis zu 100 kWh/m²a höher als 4-Leiter-Systeme). Die Nachteile des 4-Leiter-Systems sinken mit besserer Gebäudekompaktheit (und somit im Allgemeinen mit der Anzahl der Wohnungen).

41 Wichtig ist ein permanenter Abgleich von Temperatursensordaten im Kollektor mit Erfahrungswerten sowie Reduktion der Soll-Speichertemperatur. Im Einfamilienhausbereich bei Nutzung für Warmwasser und Heizungsunterstützung sind um rund 10 % höhere solare Deckungsraten möglich als ohne Optimierung (Voetsch, *Kombination von Brennwerttechnik und Solarthermie*, 2008). Allerdings stehen weitergehende Untersuchungen im Mehrfamilienhausbereich noch aus, bzw. sind Anforderungen an Mindesttemperaturen in den Speichern durch die „Legionellen-Norm“ (bei 4-Leiter-Systemen) zu berücksichtigen. Grundsätzlich gelten die Aussagen auch für Mehrfamilienhäuser, jedoch in abgeschwächter Form, da die Hüllfläche im Vergleich zum eingeschlossenen Volumen im Mehrfamilienhaus in der Regel deutlich kleiner ist als im Einfamilienhaus. Damit reduziert sich die Einsparung in Mehrfamilienhaus gegenüber dem Einfamilienhaus (Voetsch, *Information per e-mail*, 19.2.2015, 2015).

42 In der Literatur werden JAZ-Werte für Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser zwischen 2,4–3,0 für Außenluft Wärmepumpen, bzw. Werte zwischen 2,8–3,5 für Erdsonden-Wärmepumpen angeführt (Faninger, 2012).

43 Je nach Berechnungsmethode betrug der PEF des gesamten österreichischen Strommixes im Jahr 2011 zwischen 2,0 und 2,23 (Austrian Energy Agency, 2013).

44 Wird die Solarwärme rein zur Warmwasserbereitung eingesetzt kann die JAZ um rund 0,3–0,5 Punkte erhöht werden, bei Nutzung für Warmwasser und Heizung in Form eines Solar Wärmepumpen Kompaktsystems um bis zu 0,7 Punkte (Faninger, 2012).

Systemoptimierungen⁴¹ sind durch **vorausschauende Regelungen** zur Integration von Zusatzheizungen möglich. Selbst nach korrekter Auslegung und Dimensionierung der Anlage kann es zu unzufriedenstellenden Erträgen kommen, wenn der Betrieb nicht einem **entsprechenden Monitoring** unterzogen wird. Regelmäßige Kontrolle von Betriebsdruck und Regelungen (z.B. Strahlungssensor, Regelung Zusatzheizung, Durchflussmessung Zirkulation) helfen etwaige Probleme rasch zu identifizieren und zu beheben.

TIPP-BOX bei Solarthermie Einsatz

- Einregulierung und Abstimmung des Gesamtsystems (Speicher, Regelung) notwendig
- 2-Leiter-System zu bevorzugen
- Auslegung im Kosten/Nutzen-Optimum (ca. 1 m² Kollektorfläche/Person)
- Laufendes Monitoring erforderlich

4.6.3 Wärmepumpen

Aufgrund ihrer Funktionsweise arbeitet eine Wärmepumpe dann am effizientesten, wenn

- die Quelltemperatur möglichst hoch (eher Erdkollektor/Grundwasser statt Luft)
- wenn Quelle und Senke eine möglichst konstante Temperatur aufweisen und
- die geforderte Zieltemperatur möglichst niedrig ist.

Somit muss die Effizienz einer Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung geringer sein als jene zu Heizzwecken mit Niedertemperatursystemen.⁴²

Auf Grund dieser Voraussetzungen ist eher anzuraten den Betrieb der Wärmepumpe von Heizung und Warmwasser zu entkoppeln. Bei zentraler Warmwasserversorgung im Mehrfamilienhaus sind die Vorteile der getrennten Bereitung (4-Leiter-System) den Vorteilen der effizienteren Verteilung (2-Leiter-System) gegenüberzustellen und im Einzelfall zu entscheiden.

Generell wird auf Basis der CO₂-Bilanz eine Wärmepumpe erst ab einer Jahresarbeitszahl, welche den jeweiligen Primärenergiefaktor (PEF)⁴³ der genutzten Stromquelle übersteigt, empfohlen, da erst dann eine Wärmepumpe signifikante Vorteile gegenüber alternativen Versorgungsvarianten erreicht. Weitere Ansatzpunkte zur Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems umfassen u.a. (*Energieinstitut Vorarlberg*, 2013):

- niedrige Vorlauftemperatur des Heizwassers (ev. elektrische Nachheizung)
- hohe, konstante Quelltemperatur (Erdwärmepumpen, Grundwasserwärmepumpen)
- effizientes Wärmepumpenaggregat und Peripheriegeräte (hoher COP-Wert)
- geringer Anteil der Warmwasserbereitung im Vergleich zur Heizenergie (ev. noch Zusatzenergie für Warmwasser vorsehen)
- Kombination mit Solarthermie (über Pufferspeicher oder zur Regenerierung des Erdreiches) zur Erhöhung der JAZ⁴⁴.

FACT BOX: SO EHER NICHT, ...

Ungünstige Warmwasserbereitung mittels einer Wärmepumpe

Bei diesem Beispiel wurden zwei große Pufferspeicher durch eine Wärmepumpe beladen. Die Warmwasserbereitung erfolgte zwar nach dem Durchflussprinzip, jedoch zentral im Heizungsraum, wodurch die ÖNORM B 5019 anzuwenden ist.

Dadurch ist es erforderlich die beiden groß dimensionierten Pufferspeicher über das komplette Jahr auf einer Temperatur von über 60 °C zu halten, um die aus hygienischer Sicht erforderliche Trinkwassertemperatur von über 55 °C im gesamten Warmwasserleitungsnetz zu gewährleisten. Die witterungsgeführt geregelte Niedrigtemperaturheizung (Flächenheizung) hat dadurch keinerlei positiven Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpe, da die Temperatur der Pufferspeicher wie bereits beschrieben, nicht abgesenkt werden kann.

Da die Wärmepumpe monovalent betrieben wird, ergibt sich mit dieser Betriebsweise eine sehr schlechte Jahresarbeitszahl von unter 2.

Abhilfe könnte durch Installation eines eigenen Trinkwasserspeichers bzw. dezentraler Trinkwasserspeicher in den Wohnungen geschaffen werden. Dadurch ist es nicht mehr erforderlich, derart große Wassermengen (Inhalt beider Pufferspeicher) auf ein für die Warmwasserbereitung ausreichend hohes Temperaturniveau zu erwärmen. Im Idealfall würde auch noch ein zusätzlicher Wärmeerzeuger (z.B. Gaskessel) zur Erzeugung der Spitzentemperaturen vorgesehen werden *Quelle: MA 25, 2015.*

TIPP-BOX Wärmepumpe

- Wärmepumpen arbeiten am effizientesten bei Niedrigtemperaturheizungen (ev. elektrische Nachheizung)
- Zusammenhang zwischen effizienter Wärmepumpe (JAZ) und eingesetzter Stromquelle berücksichtigen
- Optimierter Betrieb durch Trennung von Heizung und Warmwasser
- Effiziente Wärmepumpen auswählen und Systemkomponenten optimieren

4.6.4 Photovoltaik

Überall dort, wo die Warmwasserbereitung teilweise mittels Strom erfolgt, kann die Primärenergiebilanz durch den Einsatz von Photovoltaik verbessert werden. Dies bietet sich insbesondere bei Wärmepumpen-Lösungen an, aber auch bei dezentralen Lösungen z.B. mit Durchlauferhitzern. Aufgrund der beschränkten Dachflächen ergibt sich eine Flächenkonkurrenz zwischen Solarthermie und Photovoltaik, welche jeweils im Einzelfall untersucht werden muss.

Über das Jahr betrachtet, würde zur vollständigen Deckung des Wärmepumpenstromes die Dimensionierung einer Photovoltaikanlage in Abhängigkeit der Größe der Wärmepumpe erfolgen. Für eine wirtschaftliche Entscheidung sind die Zeiten wichtig, in denen von einer hohen Eigenverbrauchsquote ausgegangen werden kann⁴⁵. Durch die thermische Nutzung überschüssiger PV-Energie kann beim Einsatz einer Wärmepumpe oder eines Heizstabes der Eigenbedarfsanteil maßgeblich erhöht werden. Ökonomisch wird die thermische Nutzung von Solarstrom erst dann attraktiv, wenn die möglichen Brennstoffkosteneinsparungen über dem erzielbaren Einspeisetarif für Photovoltaik liegen (*Quaschnig, Weniger, & Tjaden, 2012*).

Eine überschlagsmäßige Berechnung für ein Wohngebäude mit 20 Wohneinheiten zeigt, dass unter der Annahme eines verschattungsfreien, südausgerichteten Flachdaches mit Aufständerrung übers Jahr gesehen **die erforderliche Strommenge zur Deckung des Heizenergiebedarfs zur Warmwasserbereitung bei Weitem erzielt** werden kann. Im Falle eines Sattel- oder Pultdaches stehen prinzipiell noch mehr Quadratmeter zur Verfügung. Bei einer Dimensionierung

⁴⁵ Stromproduktion und Nutzung fallen zeitlich zusammen; Strommenge kann mit teurem Strombezugspreis bewertet werden.

der PV-Anlage zur exakten Deckung des Warmwasserwärmebedarfes würden rund 35 Paneele benötigt. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass nur rund ein Drittel der Erträge direkt dem Eigenverbrauch zugeordnet werden können und die Energiebilanz nur übers Jahr gesehen ausgeglichen ist.

20 Wohnungen		
Grundfläche	m ²	470
Dachfläche Flachdach	m ²	470
verfügbar (Aufständering)	m ²	157
Ertrag pro kWp (Süd, 35°)	kWh/kWp a	1.080
Paneele/kWp	Stk.	4
Fläche/Paneele	m ²	1,5
Ertrag pro m ²	kWh/m ²	180
Ertrag pro vfb. Dachfläche max.	kWh/a	28.200
entspricht	Paneelen	104
Strom durch PV	MWh/a	28
Strombedarf WP Sole 4-Leiter	MWh/a	8,7
Deckung PV max. (übers Jahr)	–	324 %
Strombedarf WP Luft 4-Leiter	MWh/a	10,1
Deckung PV max. (übers Jahr)	–	279 %
Strombedarf WP Sole 2-Leiter	MWh/a	7,8
Deckung PV max. (übers Jahr)	–	362 %
Strombedarf WP Luft 2-Leiter	MWh/a	8,9
Deckung PV max. (übers Jahr)	–	317 %

Tab. 12 Abschätzung PV-Dimensionierung 20 Wohneinheiten Quelle: Darstellung ALLPLAN

TIPP-BOX für Photovoltaik-Einsatz

- Verbesserte Primärenergiebilanz durch Nutzung von Photovoltaik
- Deckung des Jahresbedarfes Strom über Photovoltaik möglich
- Für finanzielle Aspekte maßgeblich: Eigenbedarfsdeckung!

FACT BOX

Innovative Lösung: Photovoltaik-thermische Hybridkollektoren (PVT)

Der Ansatz von PVT-Systemen (PV für Photovoltaikanlage und T für solarthermische Anlage) ist es, Wärme an der Solarzelle in Form eines Solarkollektors abzuführen und somit eine möglichst konstante Temperatur im Kollektor zu erreichen. Photovoltaik nutzt vorwiegend das Spektrum des sichtbaren Lichts und Solarthermie die Energie im Infrarotbereich. Durch die Kombination dieser beiden Systeme kann das verwertbare Lichtspektrum erweitert werden und damit können in Summe höhere Ausbeuten erzielt werden. Messungen an Hybridkollektoren zeigen, dass der **Stromertrag bei gleichbleibendem Wärmeertrag gesteigert und der Flächenbedarf um bis zu 40 % im Vergleich zu Einzelanlagen reduziert werden kann** (Trebersburg, Djalili, & Staller, 2011). Diese Form von Kollektoren eignet sich besonders für Fälle mit gleichzeitigem Wärme und Strombedarf.

Herkömmliche Photovoltaikmodule wandeln derzeit etwa 16 % der einfallenden Solarstrahlung in elektrische Energie um, wobei 74 % der Einstrahlung als Wärme in die Umgebung und 10 % durch Reflexion ungenutzt bleiben. Dieser Umwandlungsprozess ist temperaturabhängig, wodurch bei hoher solarer Einstrahlung die mögliche Stromerzeugung deutlich abfällt. Eine Erwärmung eines Solarmoduls um 40 Kelvin bewirkt eine Leistungsreduktion um 20 % (Niederl, 2014). Im Gegensatz dazu ist bei thermischen Solaranlagen zur Heizungsunterstützung und/oder Warmwasserbereitung eine höhere Temperatur erwünscht. Dadurch ist für diese Anlagen ein umfangreicher Planungsprozess erforderlich um das gewünschte Ergebnis zu erreichen. Dieser Kollektortyp eignet sich als Wärmequelle für Wärmepumpen. [vgl. www.ishf.de]

Bei **wassergekühlten Systemen** (Einsatz für Wohngebäude) ähnelt der Kollektor im Aufbau einem thermischen Solarkollektor. Kristalline Zellen sind bei verfügbaren abgedeckten Produkten üblicherweise direkt hinter dem Abdeckglas angebracht, wodurch keine aktive Kühlung der Solarzelle erfolgt. Derzeit konzentrieren sich Herstellerinnen und Hersteller vorwiegend auf nicht abgedeckte Kollektoren, bei denen kein Luftspalt zwischen Glasabdeckung und Solarzelle vorliegt. Dabei sind Solarzellen in einer Kunststoffolie auf einem Metallabsorber laminiert um einen möglichst hohen Wärmeübergang zu erreichen. An der Rückseite des Absorbers sind durchflossene Rohrleitungen angebracht um die entstehende Wärme abzuführen. Dieser Zellen-Absorber Verbund ist in einem Kollektorgehäuse mit Glasabdeckung untergebracht.

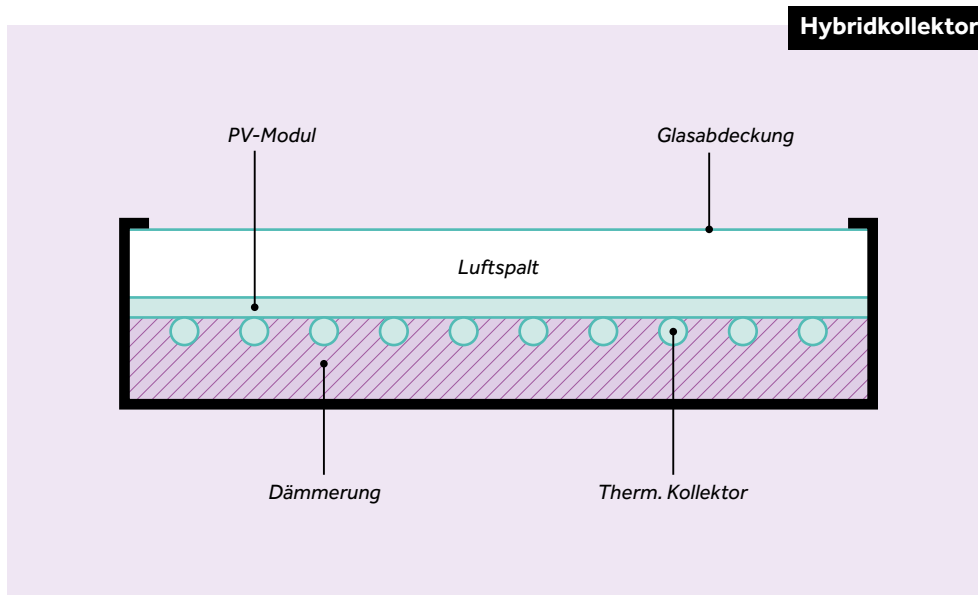


Abb. 25 Wassergekühlter abgedeckter Hybridkollektor Quelle: ALLPLAN

5 ANHANG

5.1 Ausgewählte rechtliche Regelungen und Normenverzeichnis

5.1.1 Hygienerelevante Vorschriften

Die ÖNORM B 5019 – umgangssprachlich auch „Legionellen-Norm“ – regelt die hygiene-relevante **Planung, Ausführung, Überwachung, Sanierung und den Betrieb von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen**.

Die Ausführungen in dieser ÖNORM gelten unter der Voraussetzung, dass **Trinkwasser zentral erwärmt** wird, im Besonderen für Kranken- und Kuranstalten, Pflegeeinrichtungen, Badeeinrichtungen, Beherbergungsbetriebe, Gemeinschaftseinrichtungen sowie öffentliche Gebäude und Wohnhausanlagen (Reihenhaus, Mehrfamilienhaus) mit verzweigten Verteilernetzen.

Trinkwasser-Erwärmungsanlagen welche nur eine Wohnung (dezentrale Lösungen oder auch über Wohnungsstationen) versorgen, Ein- oder Zweifamilienhäuser oder Einrichtungen, in denen eine Vermehrung von Legionellen zwar auftreten kann, die aber nicht als zentrale Trinkwasser-Erwärmungsanlagen zu klassifizieren sind, werden in dieser Norm nicht behandelt.

Zentrale Inhalte zur Warmwasserbereitung und Verteilung:

- Das erwärmte Trinkwasser muss bei bestimmungsgemäßem Betrieb **beim Eintritt in das Verteilsystem** eine Temperatur von mindestens 60°C aufweisen. Diese Temperatur ist ganzjährig sicherzustellen.
- Durch technische Maßnahmen muss sichergestellt werden, dass in Zeiten ohne Wasserentnahme (jederzeit) eine Mindesttemperatur von 55 °C an jeder Stelle des Warmwasserbereiters (ausgenommen Kaltwasserzuleitung) eingehalten wird.
- Vorwärmstufen dürfen 55 °C nicht unterschreiten – ausgenommen sind 4 Stunden Ladezeit von Warmwasserspeichern.
- Die Entfernung des Knotenpunkts der Zirkulationsleitung bis zum weitesten Verbraucher darf 6 m nicht übersteigen.
- Die thermische Desinfektion des gesamten Warmwassersystems mit mindestens 70 °C muss möglich sein.
- Temperaturmessnippel bzw. Hähne zur Wasserprobennahme müssen an definierten Stellen vorhanden sein.

Trinkwasser-Erwärmungsanlage mit Zirkulationsleitung

Jede Zirkulationsleitung muss an der Einmündungsstelle in die Zirkulationssammelleitung mit einem (thermostatischen) Regelventil ausgestattet werden. Diese sind so einzustellen, dass die Wassertemperatur am Regulierventil und in der Zirkulationssammelleitung am Eintritt in den Warmwasserbereiter jeweils **mindestens 55 °C** beträgt und an keiner Stelle im Verteilsystem unterschritten wird. Die thermostatisch geregelten Ventile müssen Spülungen mit mindestens 70°C Warmwassertemperatur zulassen. Das Abschalten der Zirkulationspumpe ist nicht zulässig.

Trinkwasser-Erwärmungsanlage ohne Zirkulationsleitung

Es sind vorzugsweise Durchfluss-Warmwasserbereiter zu verwenden. Bei Verwendung von Speicher-Ladesystemen oder Speicher-Warmwasserbereitern mit eingebautem Erwärmungssystem muss durch baulich technische Maßnahmen sichergestellt werden (z.B. durch interne Zirkulationsleitung oder Zusatzheizung im Speicher), dass in Zeiten ohne Wasserentnahme eine Mindesttemperatur von 55 °C an jeder Stelle des Speichers eingehalten wird, wobei die Lade- oder Aufheizzeit ausgenommen ist. An der Temperaturmessstelle unmittelbar nach dem

Warmwasserbereiter ist während des bestimmungsgemäßen Betriebes eine Wassertemperatur von mindestens 60 °C sicherzustellen.

Schlussfolgerungen

- **4-Leiter-Systeme (= zentrale Warmwasserbereitung) unterliegen der „Legionellen-Norm“** und müssen deshalb am Punkt des Austritts aus dem Warmwasserbereiter stets 60 °C erreichen.
- **Dezentrale Lösungen und 2-Leiter-Systeme mit Wohnungsstation unterliegen nicht der Norm und können daher auch mit geringeren Temperaturen betrieben werden.** Bei 2-Leiter-Systemen ergibt sich die erforderliche Temperatur des Heizungsvorlaufs in Abhängigkeit von Heizungssystem und Wärmeübertragung sowie von der erforderlichen Spreizung der Wohnungsstation.

Die Einhaltung der geforderten Temperaturen wird durch eine entsprechende Auslegung der Warmwasser-Zirkulationspumpe, sowie Dimensionierung der Dämmung und den gewählten Systemtemperaturen der Bereitstellung erreicht.

5.1.2 Ökodesign-Richtlinie

Entsprechend der Ökodesign-Richtlinie⁴⁶ gelten ab 26.9.2015 neue Mindestvorschriften zum Thema **Energieeffizienz von Heizgeräten und Kombiheizgeräten**.

Es ist davon auszugehen, dass entsprechend der aktuellen Regelungen **zentrale Gasheizungsanlagen (Kombiheizgeräte) ab September 2015 nur mehr in Brennwerttechnik-Form ausgeführt werden dürfen**. Bei sogenannten **B1-Kessel**, welche an einen gemeinsamen Kamin angeschlossen sind, sind (zumindest derzeit) weiterhin Heizwertgeräte zulässig. Der Austausch von einzelnen Geräten als Brennwertgeräte ist aufgrund der unterschiedlichen Abgasführung derzeit technisch nicht möglich.

Regelungen mit Relevanz für die Warmwasserbereitung in Mehrfamilienhäusern werden v.a. durch folgende Mindest-Effizienz-Regeln definiert:

- Kombiheizgeräte mit Brennstoffheizkessel mit einer Wärmenennleistung von ≤ 70 kW: mind. 86 % jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz⁴⁷
- Kombiheizgeräte mit Brennstoffheizkessel mit Wärmenennleistung von >70 kW bis ≤ 400 kW: Wirkungsgrad bei 100 % der Wärmenennleistung mind. 86 %, bei 30 % der Wärmenennleistung mind. 94 %

Bei dezentraler Warmwasser-Versorgung:

- Typ B1⁴⁸ („Kombithermen“): ≤ 30 kW: hier gilt 75 % jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz

5.1.3 Wiener Bauordnung

Vorschriften der Wiener Bauordnung sind für die Auswahl der für die **Warmwasserbereitung eingesetzten zulässigen Technologien** maßgebend.

Die Wiener Bauordnung sieht im 7. Abschnitt (**Energieeinsparung und Wärmeschutz**) auch für den Bereich der Warmwasserbereitung spezielle Anforderungen vor, wobei jeweils die „Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Nutzen hinsichtlich der Energieeinsparung“ zu berücksichtigen ist.

⁴⁶ Verordnung (EG) Nr. 814/2013 der Kommission vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Warmwasserbereitern und Warmwasserspeichern.

⁴⁷ Quotient aus dem von einem Heizgerät gedeckten Raumheizwärmebedarf für eine bestimmte Heizperiode und dem zur Deckung dieses Bedarfs erforderlichen jährlichen Energieverbrauch in %.

⁴⁸ „Kombiheizkessel des Typs B1“ bezeichnet ein mit einer Strömungssicherung ausgestattetes Kombiheizgerät mit Brennstoffheizkessel zum Anschluss an eine Abgasanlage mit Naturzug, die die Verbrennungsabgase aus dem Aufstellraum des Raumheizgeräts mit Brennstoffheizkessel hinaus befördert, wobei das Gerät die Verbrennungsluft unmittelbar aus dem Aufstellraum ansaugt; ein Kombiheizkessel des Typs B1 wird ausschließlich als B1-Kombiheizkessel vertrieben. Dieser Kombiheizkessel des Typs B1 entspricht einer klassischen Gas-Therme im Mehrfamilienhaus.

Folgender Punkt ist insbesondere hervorzuheben (§118, Absatz 3):

Bei **Neu-, Zu- und Umbauten sowie bei Änderungen und Instandsetzungen** von mindestens 25 % der Oberfläche der Gebäudehülle müssen hocheffiziente alternative Systeme eingesetzt werden, sofern dies technisch, ökologisch und wirtschaftlich realisierbar ist. Hocheffiziente alternative Systeme sind jedenfalls

- dezentrale Energieversorgungssysteme auf der Grundlage von Energie aus erneuerbaren Quellen
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Fern-/Nahwärme oder Fern-/Nahkälte, insbesondere wenn sie ganz oder teilweise auf Energie aus erneuerbaren Quellen beruht oder aus hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen stammt
- Wärmepumpen (Jahresarbeitszahl JAZ $\geq 3,0$, berechnet nach den Regeln der Technik).

5.1.4 Übersicht Normen

ÖNORM B 8110-5 Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile;
Definition Warmwasserwärmebedarf von 35Wh/m²d lt. Nutzerprofil für Wohngebäude-Nutzen

ÖNORM H 5056 Bbl 2 Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Heiztechnik-Energiebedarf;
Berechnung des Endenergiebedarfs für Warmwasserbereitung (Bereitstellung, Speicherung, Verteilung & Abgabe)

OIB-Richtlinien 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz; *Planungsgrundlagen, Normen und Richtlinien*

ÖNORM B 5019 Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Wartung, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen

ÖNORM H 5151 Planung von zentralen Warmwasser-Heizungsanlagen mit oder ohne Warmwasserbereitung

ÖNORM H 5155 Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten in haustechnischen Anlagen

ÖNORM H 5056 Bbl 6: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Heiztechnik-Energiebedarf -
Beiblatt 6: Einfamilienhaus – Validierungsbeispiel für Solarthermie mit Hackschnitzelheizung

ÖNORM EN 128288 Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen

ÖNORM EN 806 Teil 1 – 6: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen

ÖNORM M 7140 Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesystem nach dynamischen Rechenmethoden

ÖNORM EN 246 Sanitärarmaturen – Allgemeine Anforderungen an Strahlregler

5.2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1 Anteile Energieträger zur Warmwasserbereitung Wien 2012	Quelle: Statistik Austria 2013	7
Abb. 2 Übersicht Verluste bei 2-Leiter-Systemen und 4-Leiter-Systemen	Quelle: Darstellung ALLPLAN	9
Abb. 3 Gleichzeitigkeitskurven, in Anlehnung an	Quelle: Feurich, 1999	12
Abb. 4 Schema Zentrale Versorgung 4-Leiter-System	Quelle: ALLPLAN	13
Abb. 5 Schema 2-Leiter-System	Quelle: ALLPLAN	14
Abb. 6 Dezentrales System	Quelle: ALLPLAN	16
Abb. 7 Energieströme bei der Warmwasserbereitung: Größenordnungen für 2-Leiter und 4-Leiter System, 20 Wohnungen	Quelle: ALLPLAN	18
Abb. 8 Rohr-an-Rohr System	Quelle: ALLPLAN	27
Abb. 9 Rohr-in-Rohr System	Quelle: Fa. VIEGA	27
Abb. 10 Trinkwasserspeicher	in Anlehnung an Solarfocus GmbH, 2015	29
Abb. 11 Energiespeicher mit Schichtladelanze und herkömmlicher Beladung	in Anlehnung an Solarfocus GmbH, 2015	29
Abb. 12 Aufbau eines Kombispeichers mit Wellenrohr-Wärmetauscher	Solarfocus GmbH, 2015	30
Abb. 13 Aufbau eines Tank-in-Tank Speichers	Jenni Energietechnik AG, 2015	30
Abb. 14 Volumenbezogener spezifischer Wärmeverlust U_s des Speichers	Darstellung ALLPLAN – basierend auf ÖNORM H 5155	31
Abb. 15 Strahlregler mit Luftansaugung	Quelle: Fa. Kottmann, 2015	33
Abb. 16 M22 Strahlregler	Quelle: Fa. Wolf, 2015	33
Abb. 17 WELL Home Wasser Effizienz Label (Waschtisch, Dusche)	Quelle: EUnited Valves, 2015	34
Abb. 18 Hydraulikschema Wärmerückgewinnung aus Abwasser mittels Wärmepumpe	Quelle: TU-Graz	35
Abb. 19 Zentraler Wärmetauscher	Quelle: Fa. Rain-o-Tec	35
Abb. 20 Zentraler Gegenstrom Wärmetauscher	Quelle: Fa. Hei-Tech	35
Abb. 21 Wärmetauscher für Duschtasse	Quelle: Fa. Hei-Tech	36
Abb. 22 Vertikaler Wärmetauscher	Quelle: Fa. Hei-Tech	36
Abb. 23 Wirkungsgradkennlinie	Quelle: Fink, Brunner, & AEE INTEC, 2011	38
Abb. 24 Anteil Solarenergie an der Warmwasserbereitung für 20 Wohnungen, Jahreserträge	Quelle: TSOL 4.5	39
Abb. 25 Wassergekühlter abgedeckter Hybridkollektor	Quelle: ALLPLAN	43
Tab. 1 Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung	Quelle: Darstellung ALLPLAN	10
Tab. 2 Annahmen Warmwasserbedarf im Mehrfamilienhaus	Quelle: Feurich, 1999	11
Tab. 3 Typische Versorgungssysteme im Mehrfamilienhaus	Quelle: Wolff & von Krosigk, 2012	13
Tab. 4 Kompatibilität Technologien und Verteilsysteme	Quelle: ALLPLAN	17
Tab. 5 Übersicht Ansatzpunkte Optimierung	Quelle: ALLPLAN	19
Tab. 6 Auswahl Systemdesigns	Quelle: ALLPLAN	22
Tab. 7 Einsparpotenziale Verteilverluste	Quelle: Berechnung ALLPLAN	23
Tab. 8 Mindestdämmdicken d für Heizungs- und Warmwasserleitungen	bei einer Wärmeleitfähigkeit von $0,047 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, Quelle: ÖNORM H 5155	24
Tab. 9 Durchflussklassen nach EN 246		32
Tab. 10 Wirkungsgrade Kesselanlagen berechnet nach	Quelle: Pech, Pöhn, Bednar, & Streicher, 2012	37
Tab. 11 Parameter Warmwasserbereitung Kosten/Nutzen Optimum	Quelle: TSOL 4.5	39
Tab. 12 Abschätzung PV-Dimensionierung 20 Wohneinheiten	Quelle: Darstellung ALLPLAN	42

5.3 LITERATUR

- AGCS. (2002). Gas Lastprofile, www.agcs.at/agcs/clearing/lastprofile/beschreibung_der_gaslastprofile.pdf
- Austria Email AG. (2015). Austria Email. Abgerufen am 6. März 2015 von www.austria-email.at
- Austria Solar. (2015). Solarwärme. Abgerufen am 25. Februar 2015 von www.solarwaerme.at/Geschosswohnbau/Planung
- Austrian Energy Agency. (2013). Primärenergiefaktoren von fossilen und erneuerbaren Energieträgern, Strom und fernwärme im Zeitraum 2000 bis 2011. Wien.
- Austrian Institute of Technology GmbH. (2014). Technologieleitfaden Wärmepumpen. Wien: Magistrat der Stadt Wien.
- Bosch und Siemens Hausgeräte Gruppe. (2011). Warmwasseranschluss beim Geschirrspüler. Multiplikatorenschulung UNI Bonn, Roland Rieger.
- Brillinger, P. D., Fritzsche, J., & Hussli, V. (2009). Warmwasserbereitung und -verteilung bei Niedrigenergiesanierungen im Wohnungsbau. Fraunhofer IRB Verlag.
- Bund der Energieverbraucher. (26.9.2011). Waschmaschinen ans Warmwasser. Abgerufen am 12.3.2015 von Energieverbraucher.de-Website: www.energieverbraucher.de/de/Waschmaschinen-ans-Warmwasser__1662/#con-4756
- Bund der Energieverbraucher. (26.9.2011). Waschmaschinen ans Warmwasser. Abgerufen am 19.2.2014 von www.energieverbraucher.de: www.energieverbraucher.de/de/Waschmaschinen-ans-Warmwasser__1662
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2013). Leitfaden Trinkwassererwärmung. Berlin.
- Energieinstitut Vorarlberg. (2013). JAZcalc Bedienungsanleitung V8.
- Europäische Union, V. (2013). zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Warmwasserbereitern und Warmwasserspeichern.
- Faninger, G. (2012). Die Bedeutung von kombinierten Solar-Wärmepumpen-Heizungssystemen in der Österreichischen Energiestrategie.
- Fenz, J. (2012). Untersuchung der heizungsseitigen Gleichzeitigkeitsfaktoren von Wohnungsstationen zur Trinkwasserbereitung.
- Fernwärme Wien GmbH. (2009). Technische Richtlinie – Leitfaden Allgemeingültige Bestimmungen. Wien: Wien Energie GmbH.
- Feurich, H. (1999). Sanitärtechnik, Band 2. Düsseldorf: Krammer Verlag.
- Fink, C., Brunner, C., & AEE INTEC, 2. (2011). Skriptum zur Solarthermievorlesung an der FH Pinkafeld, Studiengang NES.
- Fink, C., Kaiser, A., & Wagner, W. I. (2010). Qualitätsstandards von Wohnungsstationen in Zwei-Leiter-Netzen, erstellt im Rahmen des Forschungsprogramms „Neue Energien 2020“ des Klima- und Energiefonds. Gleisdorf.
- Fink, C., Riva, R., Pertl, M., & Wagner, M. (2006). OPTISOL-Messtechnisch begleitete Demonstrationsprojekte für optimierte und standardisierte Solarsysteme im Mehrfamilienwohnbau. Berichte aus Energie- und Umweltforschung (50).
- Huber, H., Schöffmann, P., & Zottl, A. (2014). Technologieleitfaden Wärmepumpen. Wien: Magistrat der Stadt Wien.
- IMI Hydronics. (2015). TA-SC Wohnungsstationen Komfort, Ausführung 42 kW.
- Jenni Energietechnik AG. (2015). Jenni Energietechnik AG. Abgerufen am 9. März 2015 von www.jenni.ch
- MA 25, R. N. (2015). Bad practise Beispiele anonymisiert .
- Möller, H. (25.2.2015). Stiebel Eltron.
- Niederl, A. (2014). Leistungssteigerung von Photovoltaikanlagen durch Modulkühlung. Abgerufen am 16.3.2015 von <http://portal.tugraz.at>: http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i4340/enin-nov2014/files/lf/LF_Niederl.pdf
- Oberösterreichischer Energiesparverband. (2014). Mit effizienten Heizungspumpen Strom & Geld sparen.
- ÖNORM B 5019. (2011). Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM H 5155. (2013). Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten von haustechnischen Anlagen. Wien: Austrian Standards Institute/Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM. (2013). Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten von haustechnischen Anlagen. Wien: Austrian Standards Institute/Österreichisches Normungsinstitut.
- Pech, A., Pöhn, C., Bednar, T., & Streicher, W. (2012). Bauphysik, Erweiterung 1, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Energieausweis – Gesamtenergieeffizienz. Springer Verlag.

Quaschnig, V., Weniger, J., & Tjaden, T. (2012). Der unterschätzte Markt. BWK BD 64, Nr.7/8, S.25–28.

Rameder, E. (13.2.2015). Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen.

Recknagel, H., Sprenger, E., & Schramek, E. R. (2011). Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik (75. Auflage Ausg.). München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.

Rieger, R. (2011). Warmwasseranschluss beim Geschirrspüler, B/S/H, Multiplikatorenschulung UNI Bonn.

Solarfocus GmbH. (2015). Solarfocus GmbH. Abgerufen am 9.3.2015 von www.solarfocus.at/produkte/speichertechnik

Statistik Austria. (2013). Energiedaten Österreich, www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html

STIEBEL ELTRON GmbH. (2015). Stiebel Eltron. Abgerufen im Februar 2015 von www.stiebel-eltron.at

TA Hydronics. (2014). System 45, Warmwasserbereitung mit 45°C.

Trebersburg, M., Djalili, M., & Staller, H. (2011). New technical solutions for energy efficient buildings. State of the Art Report. Abgerufen am 16.3.2015 von www.sci-network.eu: www.sci-network.eu/fileadmin/templates/sci-network/files/Resource_Centre/Innovative_Technologies/State_of_the_Art_Report_Cooling.pdf

Vaillant Group Austria GmbH. (2015). Vaillant. Abgerufen am 6.3.2015 von www.vaillant.at/privatanwender/

Vaillant Group Austria GmbH. (2015). Vaillant. Abgerufen am 16.3.2015 von www.vaillant.at/privatanwender/

Voetsch, S. (2015). Information per E-mail, 19.2.2015

Voetsch, S. (2008). Kombination von Brennwerttechnik und Solarthermie. Fachjournal für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung, S. 200–203.

Wien Energie GmbH. (August 2013). Technische Richtlinie – Technische Auslegungsbedingungen. Wien: Wien Energie GmbH. Abgerufen im März 2015

Wolff, D., & von Krosigk, d. e. (2012). Einfluss der Verteilungsverluste bei der energetischen Modernisierung von Mehrfamilienhäusern. Analyse und Ableitung von Optimierungsmaßnahmen; Projekt im Auftrag des proKlima enercity-Fonds. Hannover/Braunschweig/Wolfenbüttel.



NOTIZEN



NOTIZEN

