

PARADIGMA Große Solaranlagen

Funktionsbeschreibung, Planungshinweise und technische Daten



Technische Hinweise Systemtechnik

TH-1177 V 6.0 09/01

© by RITTER Energie- und Umwelttechnik. Technische Änderungen vorbehalten

Inhaltsübersicht

1	EINLEITUNG.....	2
2	ALLGEMEINE PLANUNGSHINWEISE.....	2
2.1	DAS BASISHAUS.....	2
2.2	ZUR SOLARANLAGE.....	2
2.2.1	Die Kollektorauswahl.....	2
2.2.2	Die Kollektorausrichtung.....	3
2.3	ZUR SPEICHERUNG.....	3
2.3.1	Die Speicherdämmung.....	3
2.3.2	Die Temperaturschichtung in den Speichern.....	3
2.4	ZUR ANLAGENPLANUNG, DOKUMENTATION UND REGELUNG.....	4
2.5	AUSLEGUNGSRICHTLINIEN FÜR DIE KOLLEKTORFLÄCHE UND SPEICHERGRÖßEN.....	4
2.5.1	Allgemeine Auslegungsrichtlinien.....	4
2.5.2	Schwimmbecken.....	4
2.5.3	Warmwasserbereitung.....	5
2.5.4	Heizung.....	6
3	AUSWAHL EINES GEEIGNETEN ANLAGENTYPS.....	7
3.1	ÜBERSICHT VON MÖGLICHEN ANLAGEN.....	7
4	ALLGEMEINE BESCHREIBUNG VON ANLAGEN MIT PUFFERSPEICHER UND WARMWASSERSCHICHTENSPEICHER(N). DER AUFBAU IM GRUNDSATZ UND IM DETAIL.....	11
5	PLANUNGSGRUNDSÄTZE.....	12
5.1	ROHRLEITUNGSFÜHRUNG.....	12
5.2	ROHRQUERSCHNITTE.....	12
5.3	DIE HYDRAULISCHE ENTKOPPLUNG MIT DEM PUFFERSPEICHER.....	13
6	FUNKTIONSBESCHREIBUNG IM DETAIL.....	14
6.1	DAS SOLARMODUL.....	14
6.2	PUFFERSTEUERUNG UND WARMWASSERBEREITUNG (MODULE BBU, UML UND BW).....	14
6.2.1	Parallele Nachheizung.....	14
6.2.2	Serielle Nachheizung.....	15
6.2.3	Wegfall der Vorlaufumlenkung ULV PK bei paralleler Nachheizung.....	15
6.2.4	Wegfall der Rücklaufumlenkung ULV PR.....	16
6.2.5	Pufferspeicherkaskade.....	17
6.2.6	Das BW-Modul (Brauchwassermodul).....	17
6.2.7	Das Modul UML für parallele Nachheizung (Heizkreismodul für Umwälzpumpen-, Mischer- und WW-Ladefunktion sowie Vorlaufumlenkung ULV PK).....	18
6.3	DAS KESSELKASKADENMODUL.....	18
6.4	DAS ZUSATZKESSELMODUL.....	19
6.5	DAS SCHWIMMBADMODUL.....	19
6.6	NAHWÄRMEVERSORGUNG.....	20
6.6.1	Nahwärmeversorgung mit zentraler Pufferung und paralleler Nachheizung.....	20
6.6.2	Das Nahwärmeversorgung mit dezentraler Pufferung und dezentralen Solaranlagen.....	20
6.6.3	Das Hilfen zur hydraulischen Auslegung von Nahwärmeverteilern.....	20
6.7	ANBINDUNG DRUCKLOSER SPEICHER.....	20
6.7.1	20
7	DIE SPEICHERTECHNIK.....	20
7.1	SCHICHTENSPEICHER.....	20
7.2	PUFFERSPEICHER.....	20
7.2.1	Dimensionierung.....	20
7.2.2	Charakteristik der Pufferspeicher.....	21
8	ZUSAMMENFASSUNG.....	21

1 Einleitung

Innerhalb des Solarmarktes sind es besonders größere Anlagen, nach denen zunehmend ein überproportionaler Bedarf entsteht. Dies hängt einerseits zusammen mit der inzwischen uneingeschränkten Akzeptanz von Solartechnik, die dem Pionierstadium endgültig entwachsen ist. Andererseits sind die spezifischen Kosten, z.B. pro Kilowattstunde Solarenergie, und damit die Amortisationszeit, umso kleiner, je größer die Gesamtanlage ist, weil die Technik günstiger gefertigt und die Wärmeverluste minimiert werden können. Auch als Prestige-Objekte sind Solaranlagen zusätzlich zu ihrem Hauptzweck, Energie zu sparen, neuerdings sehr gefragt.

Es ist aber keine leichte Materie, größere Solaranlagen so zu planen und aufzubauen, daß sie dem jeweiligen Zweck optimal genügen, weil die Anforderungen sehr vielfältig und immer wieder aufs Neue individuell sind. Dieser Artikel soll dem Planer einen seit fast 10 Jahren kontinuierlich entwickelten und bewährten Planungsstandard an die Hand geben und ausführlich auf die ständige Gratwanderung zwischen standardisierter und anlagenspezifischer Planung eingehen. Nach der Diskussion von Auslegungsrichtlinien für die verwendeten Komponenten folgt eine Beschreibung der Grundtypen von großen Solaranlagen bis hin zu verschiedenen Möglichkeiten für solare Nahwärmeverteilungen mit PARADIGMA-Technik. Danach werden sehr ausführlich Anlagendetails beschrieben, von denen das Funktionieren einer guten Solaranlage abhängt.

2 Allgemeine Planungshinweise

2.1 Das Basishaus

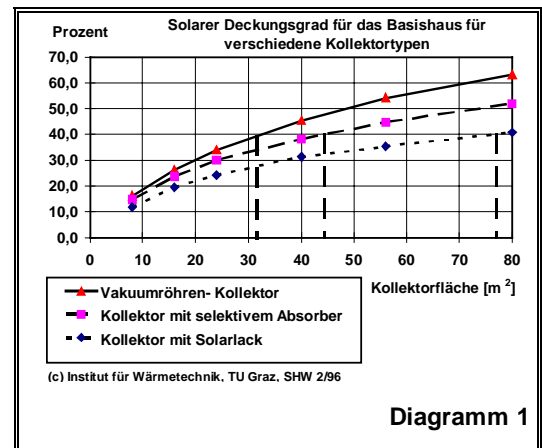
Viele der folgenden Richtlinien und deren Darstellung orientieren sich stark an Erkenntnissen, die an der TU Graz von Prof. Wolfgang Streicher gewonnen, systematisiert und veröffentlicht wurden.

Den Diagrammen zum solaren Deckungsgrad liegen Berechnungen zu einem Wohnhaus am Standort Graz (Österreich) für ein Basishaus mit 8 kW Heizlast mit einer mittleren Heizmitteltemperatur von 35°C, 30 m² Flachkollektor (selektiv) und 2,5 m³ Gesamtspeichereinhalte (Heizung und Warmwasser) zugrunde. Wenn im weiteren vom Basisdeckungsgrad die Rede ist, gilt der für dieses Basishaus. Der solare Deckungsgrad ist so definiert, daß ihm alle Verluste der Solaranlage und der Speicher zugerechnet werden. Das ist gerechtfertigt, weil die Speicher meistens nur wegen der Solaranlage ausgewählt werden.

2.2 Zur Solaranlage

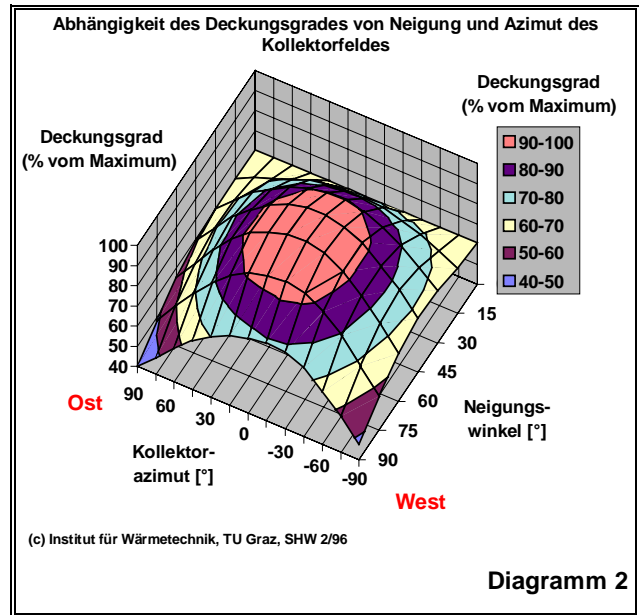
2.2.1 Die Kollektorauswahl

Sind qualitativ bessere Kollektoren aufgrund von höheren Energieerträgen auch wirtschaftlicher? Die nebenstehende Grafik zeigt den solaren Deckungsgrad für das Basishaus für drei verbreitete Kollektortypen unterschiedlicher Qualität und Preisklasse in Abhängigkeit von der Kollektorfläche. Bei kleinen solaren Deckungsgraden kommen die Unterschiede der Kollektoren wenig zum Tragen, die Kollektoren haben genug Gelegenheit unter ihren "Idealbedingungen" zu arbeiten. Je höher der Deckungsgrad wird, umso größer wird die Bedeutung der Kollektorkennlinie. Um z.B. 40 % Gesamtdeckungsgrad für das Basishaus zu erzielen, sind 32 m² Röhrenkollektoren, 45 m² selektiv beschichtete Flachkollektoren oder 77 m² solarlackbeschichtete Kollektoren einander ebenbürtig.



2.2.2 Die Kollektorausrichtung

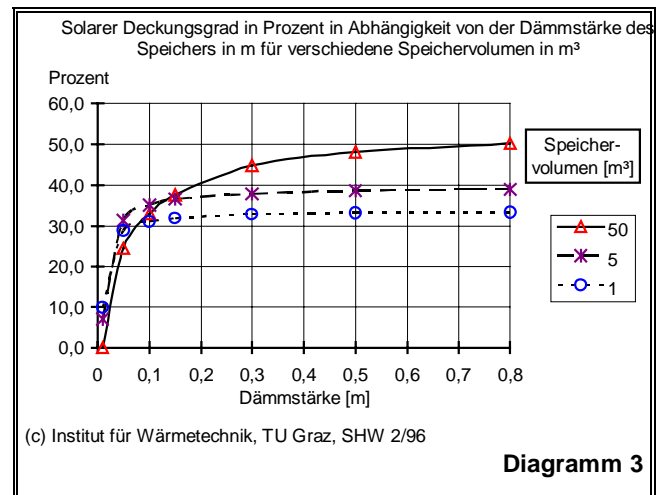
Das optimale Kollektorfeld weist nach Süden oder bis zu ca. 15° nach SSW und ist zwischen 30° und 60° geneigt, wobei die Neigung umso größer ist, je stärker auf die Winternutzung ausgelegt wird. Wegen bauseitiger Voraussetzungen und Wünsche können Kollektorfelder oft nicht beliebig ausgerichtet werden. Die nebenstehende Grafik zeigt, daß von der optimalen Ausrichtung durchaus abgewichen werden kann, ohne eine allzugroße Einbuße an Solarertrag erwarten zu müssen. Bei Südausrichtung kann die Neigung zwischen 30° und 75° und bei 45° Neigung kann der Azimutwinkel bis zu 35° nach Osten und bis zu 50° nach Westen abweichen, bevor der Deckungsgrad um mehr als 10 % unter das Optimum sinkt.



2.3 Zur Speicherung

2.3.1 Die Speicherdämmung

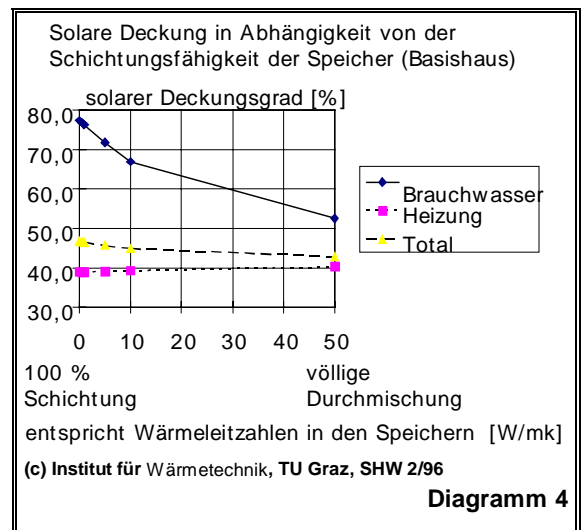
Das nächste Diagramm 3 zeigt, wie die Speicher- verluste den solaren Deckungsgrad beeinflussen. Die Angaben beziehen sich auf das Basishaus. Ab einer gewissen Dämmstärke bestimmt diese kaum noch den solaren Deckungsgrad. Je größer der Speicher ist und je länger die Wärme gespeichert werden soll, umso stärker muß die Dämmung des Speichers sein. Deshalb sollten für spezifische Speichergrößen ab etwa 2 m³/kW (Heizlast) Pufferspeicher mit 300 mm Dämmstärke eingesetzt werden, ab etwa 4 m³/kW wird noch mehr empfohlen. Es wird aber auch deutlich, daß Tagesspeicher bis 5 m³ nicht mehr als 100 mm Dämmung benötigen. Tagesspeicher sind, wie der Name sagt, nicht für eine Langzeitspeicherung ausgelegt und haben typische spezifische Inhalte von weniger als 0,5 m³/kW.



2.3.2 Die Temperaturschichtung in den Speichern

Es wird in späteren Abschnitten zur Beachtung einiger hydraulischer und regeltechnischer Details geraten, weil diese für eine gute Temperaturschichtung in den Speichern verantwortlich sind. Damit ist die Fähigkeit gemeint, Schichten mit unterschiedlicher Temperatur nicht zu durchmischen und in den Speicher kommende Wärmeströme stets in die richtige Temperaturschicht zu lenken. Es gibt Verfahren für quasi stufenlose Schichtleiteinrichtungen, die den Dichteunterschied unterschiedlich warmen Wasser ausnutzen. Diese werden aber umso wirkungsloser, je größer der Volumenstrom ist, dem sie ausgesetzt werden. Deshalb sind für leistungsstarke Anlagen externe Umlenkventile oder Mischventile als Leiteinrichtung wirkungsvoller und nicht zuletzt preiswerter. Es ist dabei ausreichend, zwischen maximal drei verschiedenen Temperaturbereichen zu trennen.

Das Diagramm verdeutlicht, wie wichtig eine gute Schichtung besonders für die Warmwasserbereitung ist. Der solare Deckungsgrad sinkt ohne Schichtung, weil sich Bereitschaftswärme vom Kessel im ganzen Speicher ausbreitet und so die Solaranlage blockiert. Der Effekt wirkt besonders bei der Warmwasserbereitung, weil der Temperatur-sollwert in der Regel (wie beim Basishaus, siehe 2.1.) viel höher ist als für die Heizung und weil das ganze Jahr, also besonders auch in der solaren Hochsaison Bereitschafts-



wärme vom Kessel gebraucht wird. Wenn, wie für Radiatoren oder Luftherhitzer, eine große Heizungstemperatur gebraucht wird, ist der solare Deckungsgrad auch für die Heizung sehr stark von der Schichtung abhängig. Für eine Niedertemperaturheizung ist die Schichtung dagegen unbedeutend.

Es ist noch ganz wichtig, darauf hinzuweisen, daß eine schlechte Schichtung in Zusammenhang mit hohen Speichertemperaturen (mehr noch als für einen reduzierten Deckungsbeitrag) für sehr hohe Wärmeverluste verantwortlich ist, die vom Kessel kompensiert werden müssen. Das ist die wichtigste Ursache für die traurige Tatsache, daß einige Solaranlagen kaum die Energie liefern, die sie an zusätzlichen Wärmeverlusten verursachen.

2.4 Zur Anlagenplanung, Dokumentation und Regelung

Die Anlagen sollten immer modular aufgebaut werden. Dadurch können auch sehr komplexe Anlagen sehr übersichtlich und in ihren Funktionen leicht verständlich dokumentiert und für alle, vom Bauherrn bis zum Planer, begreifbar gemacht werden. Es wird so eine hohe Effektivität bei der Planung und der handwerklichen Umsetzung aber auch bei einer späteren Beurteilung der bereits in Betrieb genommenen Anlage erzielt.

Nach dem modularen Konzept MES von PARADIGMA bilden einzelne Komponenten der Anlage, Module genannt, eine elektrische und hydraulische Einheit. Die verfügbaren Paradigma-Module sind die folgenden: Solarmodul (Solar), Puffer- und Kesselmodul für parallele Nachheizung (BBU), Brauchwassermodul (BW), Modul für Zusatzkessel (ZK), Kesselkaskadenmodul (KAS), Heizkreismodul (UML), Modul für Schwimmbad (SB).

Die höchste Effizienz dieser Anlagen wird erst durch eine konsequent schichtende Be- und Entladung der Pufferspeicher und durch die Minimierung der Solltemperaturen erreicht. Dazu kommt es auf folgende Details an, deren Berücksichtigung dem Planer empfohlen werden:

1. Verwendung von Speichertechnik mit Einrichtungen zur Schichtladung und hydraulischen Entkopplung
 2. Drehzahlsteuerung der Pumpen zur Einhaltung von Solltemperaturen und Sollspreizungen
 3. 3-Fühler-Speichersteuerung, d.h. getrennte Ein- und Ausschaltung sowie Ladetemperatursteuerung
 4. Leistungsmodulierte Nachheiztechnik zur Einhaltung von Sollwerten bei kontinuierlichem Betrieb
 5. Low-flow-Solartechnik mit mindestens 2 Einspeiseniveaus: Solltemperatur oder unter Solltemperatur
 6. Vorlaufumlenkung zur Unterscheidung zwischen verschiedenen Sollwerten
 7. Rücklaufumlenkung zur Minimierung von Speichertemperaturerhöhung durch Rücklaufenergie
 8. Vermeidung von Fehlzirkulationen durch hydraulische Entkopplung, Siphonierung der Anschlüsse u.a.
- Alle diese Kriterien erfüllt das Paradigma-Gesamtkonzept MES (Modulares Energie System). Einige davon werden erst im zweiten Teil dieses Artikels vertieft behandelt.

2.5 Auslegungsrichtlinien für die Kollektorfläche und Speichergrößen

2.5.1 Allgemeine Auslegungsrichtlinien

Planungsgrundsatz: Es werden immer zuerst die Wärmeverbraucher mit Solarwärme versorgt, für die die solare Kilowattstunde am billigsten ist.

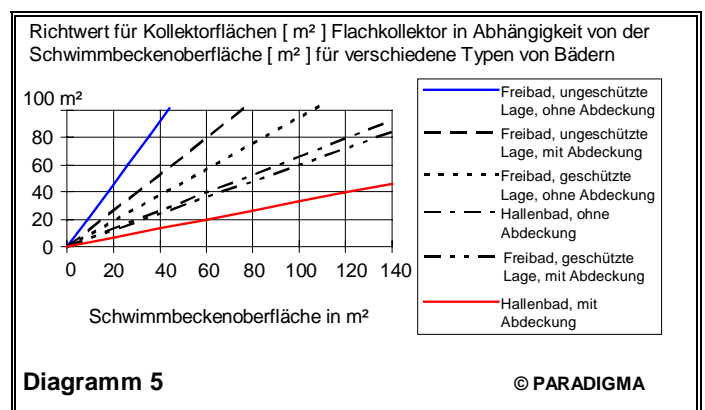
Die Solarenergie ist am billigsten zu gewinnen, wenn sie am reichlichsten zur Verfügung steht, wenn der Bedarf also dem Jahreszyklus des Solarenergieangebotes folgt, und wenn sie (überwiegend) bei niedrigen Temperaturen genutzt werden kann. Das heißt nach ihrer Rangfolge werden versorgt:

1. Schwimmbaden, weil diese sehr viel Niedertemperaturwärme brauchen und übers Jahr entweder einen zum Solarangebot zyklischen (Freibäder) oder einen etwa konstanten (Hallenbäder) Bedarf haben.
2. Warmwasserbereitung, weil überwiegend Niedertemperaturwärme genutzt wird und überwiegend ein konstanter oder sogar schwach zyklischer Bedarf gegeben ist,
3. Raumheizung, weil der Bedarf antizyklisch zum Solarenergieangebot ist.

2.5.2 Schwimmbaden

Der Wärmebedarf von Schwimmbaden hängt davon ab, wie stark das Schwimmbaden gegen Auskühlung geschützt ist.

Die nebenstehenden Richtwerte können mit umfassenden Auslegungsprogrammen der Anbieter von Schwimmbadtechnik natürlich wesentlich konkretisiert werden. Um ausschließlich ein Freibaden zu heizen, sollte dies mit Schwimmbadabsorbern geschehen. Auf diese wird hier aber nicht weiter eingegangen, weil sie sich für die Kombination mit der solaren Warmwasserbereitung und Heizungsanbindung nicht eignen. Solaranlagen von nur im Sommer genutzten Bädern können im Winter ideal zur Raumheizung dienen.

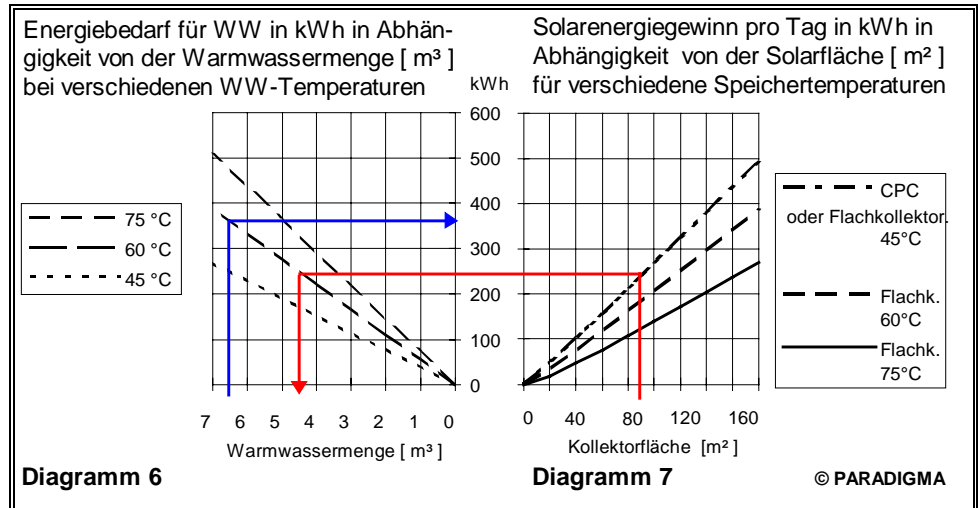


Ganzjährig genutzte Schwimmbecken benötigen ihre Solarfläche im Winter mehr noch als im Sommer, sie können aber ganzjährig in Kombination mit der Warmwasserbereitung genutzt werden. Der Wärmebedarf des Schwimmbeckens sollte immer vorrangig von der Solaranlage gedeckt werden, weitere Wärmebedarfen wie für Warmwasser und Heizung erst an zweiter und dritter Stelle. Dieser Grundsatz ist bereits bei der hydraulischen und regelungstechnischen Konzeption zu beachten.

Nur wenn ein Schwimmbad vom Kessel nachgeheizt werden soll, ist es sinnvoll dieses wie einen Heizkreis an den Solarpuffer anzuschließen. Zur solaren Schwimmbaderwärmung eignet sich ein solcher Schwimmbadheizkreis schlecht. Das Schwimmbad sollte vielmehr immer zusätzlich direkt solar beheizt werden können, d.h. ohne daß die Wärme den Umweg über den Speicher nehmen muß.

2.5.3 Warmwasserbereitung

Die täglich benötigte Tagesmenge an Warmwasser liefert den Warmwasser-Tagesenergiebedarf (Diagramm 6). Aus dem Tagesenergiebedarf kann die notwendige Kollektorfläche ermittelt werden (Diagramm 7). Es wird in diesem Diagramm von einer Einstrahlung von durchschnittlich 650 Watt pro m² Kollektorfläche für eine Dauer von 8 Stunden bei einer Außentemperatur von 10°C und von spezifisch zur AnlagegröÙe typischen Anlagenverlusten ausgegangen. Beim CPC-Röhrenkollektor spielt die Betriebstemperatur eine viel geringere Rolle als beim Flachkollektor. Der Flachkollektor eignet sich für hohe Betriebstemperaturen bei nicht gerade idealem "Solarwetter" weniger, wie wir in Diagramm 1 allgemein für Röhrenkollektoren gesehen haben.

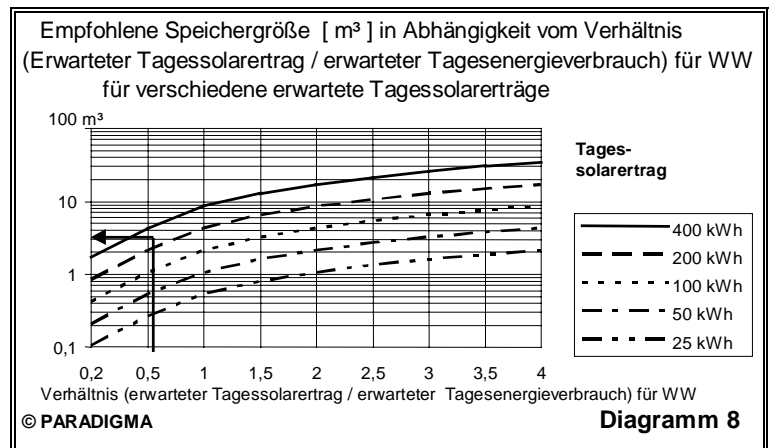


Umgekehrt können bei Annahme einer bestimmten Kollektorfläche mit den beiden Diagrammen der Solarenergiegewinn und die Warmwassermenge abgeschätzt werden, die unter den oben genannten Bedingungen realisierbar sind. Das Verhältnis aus dem zu erwartenden Solarenergiegewinn und dem im selben Zeitraum benötigten Energiebedarf für Warmwasser liefert Richtwerte für vernünftige Speichergrößen (Diagramm 8). Vernünftig heißt hierbei, daß größere Speicher immer seltener voll werden und bei kleineren öfter Solarenergie verschenkt wird, weil die Solaranlage häufiger abschaltet.

Beispiel:

Von einer Solaranlage mit 90 m² CPC-Kollektorfläche werden unter den Bedingungen zu Diagramm 6 täglich ca. 4,5 m³ Warmwasser mit 60 °C erwartet. Der tägliche Bedarf liegt bei 6,5 m³.

Das Leistungsverhältnis beträgt ca. 0,53 (=200kWh/375kWh). Die Speichergröße für das Pufferspeicher- und/oder Warmwasser-Speichersystem wird für eine Tagesspeicherung nach Diagramm 8 mit etwa 3 m³ abgeschätzt.



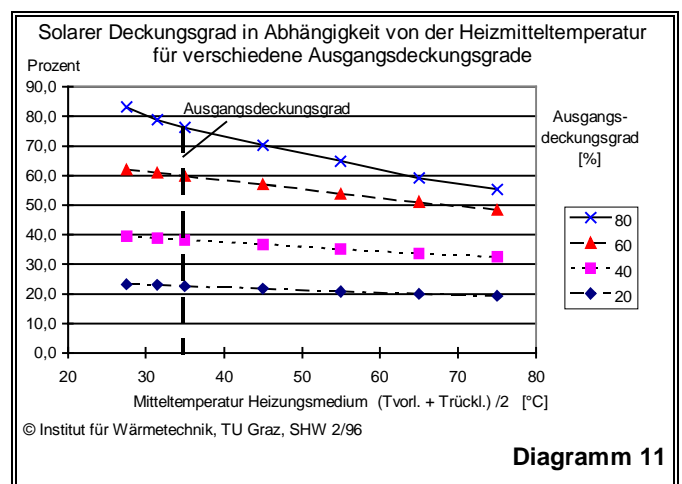
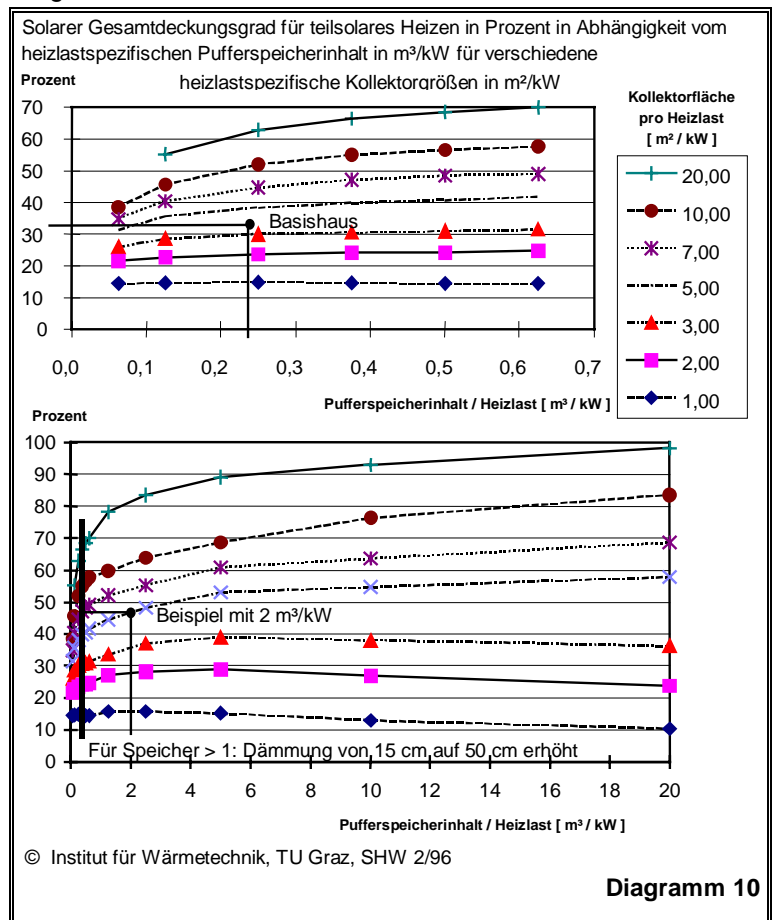
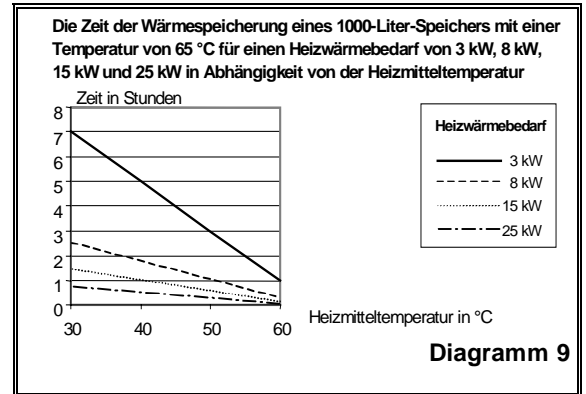
2.5.4 Heizung

Zur Planung einer solaren Heizungsunterstützung gibt es außer finanziellen kaum Grenzen für die Größe der Solarfläche und der Speichereinhalte, es müssen nur bestimmte Relationen stimmen, wobei die Zielplangröße der solare Deckungsgrad ist.

Als Entscheidungshilfe zur Beantwortung der Frage nach dem Nutzen der Anbindung der Solaranlage an die Wohnraumheizung wird meist die Frage gestellt: Wie hoch ist der Anteil der Sonne? Diese Frage ist leider nur sehr schwer und ungenau zu beantworten und es würden zuvor noch viele andere Fragen gestellt werden müssen: Wie hoch ist die Heizungstemperatur? Wie groß ist der Heizwärmebedarf? Welche Wetterdaten sollen gelten? Wie ist das Haus gebaut und ausgerichtet? Wie groß und welcher Art ist die Kollektorfläche? Wie ist das Nutzerverhalten?...? Das wird alles recht bald sehr undurchsichtig. Eine einfache und eindrucksvolle Orientierung ist aber trotzdem möglich, wenn man als Maß für die Effizienz der Heizungsunterstützung einmal nur die Zeit betrachtet, die der Speicher zur Wohnraumheizung imstande ist, nachdem die Sonne aufgehört hat zu scheinen. Wenn diese Zeit recht klein ist, trägt der Speicher nur wenig zur Heizung bei.

Das nebenstehende Diagramm zeigt, wie Kollektor- und Speichergröße sowie der solare Deckungsgrad zueinander in Relation stehen. Da eine solare Heizungsanbindung selten ohne Warmwasserbereitung stattfindet, wird in diesem Diagramm automatisch ein kleiner täglicher Warmwasser-Bedarf von 200 Litern mit 45°C berücksichtigt. Bei einer spezifischen Speichergröße von 2 m³/kW und einer spezifischen Kollektorfläche von 5 m²/kW ergibt sich ein Ausgangsdeckungsgrad von 47%. Bei einer Heizlast von 50 kW wären dazu 100 m³ Speicher und 250 m² Kollektorfläche notwendig. Es wird deutlich, daß eine größere solare Heizungsunterstützung mit hohen Deckungsgraden nur bei Niedrigenergiebauweise und erst ab einer gewissen Anlagengröße auch finanziell interessant wird.

Die Prognose des solaren Deckungsgrades nach Diagramm 9 muß mit Diagramm 10 noch modifiziert werden, wenn eine andere Heizmitteltemperatur (statt 35°C wie beim Basishaus) vorliegt. Demnach sinkt der solare Deckungsgrad mit wachsender Heizmitteltemperatur nochmals und umso stärker, je höher der Ausgangsdeckungsgrad nach Diagramm 9 ermittelt wurde. Dies zeigt, wie vorteilhaft eine Niedertemperaturheizung für eine solare Heizungsanbindung ist, wenn eine hohe solare Deckung erzielt werden soll. Es zeigt sich aber auch, daß die Heizmitteltemperatur für Gesamtdeckungsgrade unter 30 % Deckungsgrad kaum eine Rolle spielt.



3 Auswahl eines geeigneten Anlagentyps

3.1 Übersicht von möglichen Anlagen

Die folgende Übersicht gibt einen Überblick zu den verschiedenen Anlagentypen und gibt Hinweise dazu, wann welcher Anlagentyp besonders geeignet ist. Dabei tauchen folgende Begriffe auf, deren Bedeutung vorab kurz erklärt werden sollen:

interne Wärmetauscher

sind in die Speicher eingebaut als Glatt- oder Rippenrohrbündel und wirken im Gleichstrom

externe Wärmetauscher

sind außerhalb des Speichers meist als Plattenwärmetauscher und wirken mittels zusätzlicher Pumpen im Gegenstrom, erzielen ein Vielfaches an Übertragungsleistung von internen Wärmetauschern

Speicherkaskade

mehrere gleichartige Speicher in Reihe geschaltet

Solaranlage mit Vorrangschaltung

Die verschiedene "Abnehmer" von Solarwärme, wie die Speicher einer Speicherkaskade, verschiedene Speicher oder ein Schwimmbad werden temperatur- und/oder zeitgesteuert nach einer bestimmten Hierarchie versorgt.

Low-flow-Solaranlage

niedriger Solarvolumenstrom (12 ... 25 l / m²h), möglichst elektronisch bedarfsgerecht variabel gesteuert, steht für große Temperaturspreizungen, niedrige Druckverluste und rasche Verfügbarkeit der Solarenergie und außer beim Frischwasserspeicher OPTIMA für -->externen Wärmetauscher.

High-flow-Solaranlage

großer Solarvolumenstrom (ca.30 ... 70 l / m²h), möglichst elektronisch bedarfsgerecht variabel gesteuert, steht für kleine Temperaturspreizungen, große Druckverluste, gleichmäßige Speicheraufwärmung

solare Warmwasservorwärmung

Die Solaranlage erwärmt nur den ersten, kühlen Teil der WW-Anlage. Wenn eine Nachheizung erfolgt, dann in einem zweiten nachgeschalteten Teil, aus dem keine Wärme in den ersten Bereich zurückgelangen kann wie bei der -->seriellen Nachheizung.

parallele Nachheizung

Die gesteuerte Hauptenergiequelle (Gas, Öl, WP, ...) heizt auf denselben Speicher wie die Solaranlage

serielle Nachheizung

Die gesteuerte Hauptenergiequelle (Gas, Öl, WP, ...) heizt wie bei der -->solaren Warmwasservorwärmung nicht denselben Speicher oder Anlagenbereich wie die Solaranlage sondern erst auf einen nachgeschalteten WW-Speicher, so daß keine Wärme in den ersten Bereich zurückgelangen kann.

Pufferspeicher (PS)

Heizungswasserspeicher, an den die Wärmeerzeuger und Wärmeverbraucher alle voneinander hydraulisch entkoppelt direkt angeschlossen werden, alle Anschlüsse sollten sich durch entsprechende Strömungsleit- und Schichtladeeinrichtungen auch bei sehr großen Volumenströmen zur schichtenden Be- und Entladung eignen.

Schichtenspeicher (SI)

spezielle Warmwasserspeicher mit -->externem Wärmetauscher und speziellen Prall- und Schichtleitrichtungen für sehr gute Temperaturschichtung und extrem hohe Warmwasserleistungen

Saisonalspeicher

drucklose Großspeicher (z.B. als Betonzisternen) für Langzeitspeicherung; grundsätzlich kann jeder Pufferspeicher über leistungsstarke --> externe Wärmetauscher mit einem solchen Saisonalspeicher korrespondieren. Andere Saisonalspeicher (Zeolith, Salze, Paraffine usw. werden nicht weiter erwähnt).

Nahwärmeverteilung

Ein zentrale Heizquelle (Kesselhaus, zentrale Solaranlage) versorgt mehrere voneinander teilweise weit entfernte Häuser.

In den folgenden vereinfachten Anlagenskizzen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit die Schwimmbäder nicht dargestellt, diese können aber grundsätzlich mit jeder der vorgestellten Anlagen kombiniert werden. Für eine solare Schwimmbadheizung ist stets eine -->Solaranlage mit Vorrangschaltung für das Schwimmbad erforderlich. Ausnahme: Das Schwimmbad dient nur als Überhitzungsschutz für die Solaranlage; dies kommt eher in südlicheren Breiten zur Anwendung und funktioniert schaltungstechnisch vielfältig, aber immer sehr einfach.

1. Systeme ohne solare Heizungsunterstützung

Systeme	Kurzschema	Auswahlkriterien
<p>1.1 WW mit internem WT Warmwasserspeicher oder Speicherkaskade mit internen Wärmetauschern, High-flow-Solaranlage mit Vorrangschaltung, Nachheizung über internen Wärmetauscher</p>		<ul style="list-style-type: none"> - weit verbreiteter einfacher Standard, "große Kleinanlage" - geeignet für WW-Bedarf, der kleiner oder höchstens so groß ist wie der tägliche Solarertrag, d.h. auch für mehr als Eintagesspeicherung - hoher Solarwirkungsgrad möglich bei geeigneten Wärmetauschern, weil nur eine Wärmeübertragung erfolgt - Kollektorfläche, Nachheizleistung und WW-Zapfleistung begrenzt, - ungünstig hinsichtlich des Legionellenschutzes, - ab ca. 2 m² ungünstiges Preis-Leistungs-Verhältnisses (Korrosionsschutz!), - zur Planung hoher solarer Deckungsgrade <p>Typische Einsatzgebiete: EFH, MFH, Wohnheime, Ferienwohnungen, diskontinuierliche Betriebsweisen (z.B. nur Wochenendnutzung), kleine Sport-, Campinganlagen</p>
<p>1.2 WW mit externem WT WW-Speicher oder Speicherkaskade mit externen Wärmetauschern, Low-flow-Solaranlage mit Vorrangschaltung, Nachheizung über externen Wärmetauscher</p>		<ul style="list-style-type: none"> - analog 1.1, dazu weiterhin oder abweichend - höherer Solarwirkungsgrad als bei 1.1 möglich, weil im Gegenstrom und mit großen kA-Werten getauscht wird - sehr viel größere Nachheizleistungen wie bei 1.1 möglich, - für Nachheizung mit Brennwerttechnik geeigneter als 1.1 - größere Kollektorflächen als bei 1.1 durch Low-flow-Technik möglich - ab ca. 3 m² zu aufwendig hinsichtlich des Preis-Leistungs-Verhältnisses (Korrosionsschutz!), - nicht unproblematisch bei sehr kalkhaltigem Wasser
<p>1.3 solare WW-Vorwärmung WW-Speicher oder Speicherkaskade mit internen (High-flow-) oder externen (Low-flow-) Wärmetauscher(n), Solaranlage (falls Kaskade auch mit Vorrangschaltung möglich) als reine WW-Vorwärmung, serielle Nachheizung über internen oder externen WT, z.B. vorhandene WW-Bereitung</p>	<p>(Schema für externe WT)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - für hohen WW-Tagesbedarf (höher als der Solarertrag) geeignet, d.h. für relativ kleine Solaranlagen bzw. großen WW-Bedarf - besonders hoher Wirkungsgrad der Solaranlage, weil die Wärmeübertragung überwiegend auf kühles Wasser erfolgt, - effiziente und preiswerte Lösung, besonders bei solarer Nachrüstung - ein sehr hoher Jahresnutzungsgrad der Solaranlage ist möglich - Zu Unterschieden zwischen internen und externen WT siehe 1.1 u. 1.2 - Vermischung von Nachheizwärme im Solarspeicher ausgeschlossen, <p>Typische Einsatzgebiete: Sportlerheime, Campingplätze, Sanitäranlagen von Hallen- oder Freibädern, Betriebe mit besonderem WW-Bedarf u.a., bei denen die Kollektorfläche im Verhältnis zum WW-Bedarf klein ausgelegt wird.</p>
<p>1.4 PS und SI, parallele Nachheizung, keine Heizkreise Pufferspeicher oder Pufferspeicherkaskade mit WW-Schichtenspeicher, parallele Nachheizung (wie 2.2 ohne Heizkreise)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - vorzugsweise für Solaranlagen ab ca. 30 m² Kollektorfläche, - vorzugsweise wenn die Puffersolltemperatur überwiegend niedrig ausgelegt ist (< 65°C), - besonders geeignet für Mehrtagespeicherung <p>Typische Einsatzgebiete: Mehrfamilienhäuser, kleine Hotels, Pensionen, Heime, Schulen, Kleinbetriebe ohne besonderen WW-Bedarf u.a.</p>
<p>1.5 PS und SI, serielle Nachheizung, solare WW-Vorwärmung Pufferspeicher oder Pufferspeicherkaskade mit WW-Schichtenspeicher, serielle Nachheizung, solare WW-Vorwärmung mit Low-flow-Solaranlage, nachgeschaltete konventionelle WW-Bereitung</p>		<ul style="list-style-type: none"> - vorzugsweise für Solaranlagen ab ca. 30 m² Kollektorfläche, - geeignet für Mehrtages- oder Kurzzeitspeicherung, - hoher Wirkungsgrad, Wärmeübertragung auf kühles Wasser, - Vermischung von Nachheizwärme im Pufferspeicher ausgeschlossen, - effiziente und preiswerte Lösung, besonders bei solarer Nachrüstung - wenn keine solare Heizungsanbindung vorgesehen ist, - wenn große WW-Spitzenleistungen auftreten, - wenn die Nachheizleistung sehr viel größer ist als die der Solaranlage, <p>Typische Einsatzgebiete: Sportlerheime, Campingplätze, Sanitäranlagen von Hallen- oder Freibädern, Betriebe mit besonderem WW-Bedarf u.a.</p>

2. Systeme mit solarer Heizungsunterstützung, Systeme für (solare) Nahwärmeversorgung

Systeme	Kurzschema	Auswahlkriterien
<p>2.1 Kombispeicher OPTIMA Frischwasserspeicher mit Schichtleiteinrichtungen, deshalb Low-flow-Solaranlage trotz internem Solarwärmetauscher, WW-Bereitung im Durchfluß-Gegenstrom-WT, besonders gute Speicher-Wärmedämmung</p>		<ul style="list-style-type: none"> - übersichtliche, leistungsstarke, preiswerte, verbreitete Komplettlösung, - für "normalen" WW-Bedarf und Heizungsanbindung - bis max. 30 m² Kollektorfläche bzw. max. 2 m³ Speicherinhalt - konzipiert für Eintagesspeicherung, - nicht ideal für hohen WW-Spitzenbedarf, Typische Einsatzgebiete: kleine MFH, kleine Betriebe
<p>2.2 PS und SI, parallele Nachheizung, Heizkreise Pufferspeicher oder Pufferspeicherkaskade mit WW-Schichtenspeicher, parallele Nachheizung, Low-flow-Solaranlage</p>		<ul style="list-style-type: none"> - vorzugsweise für Solaranlagen ab ca. 30 m² Kollektorfläche, - vorzugsweise wenn die Puffersolltemperatur überwiegend niedrig ausgelegt ist (< 65°C), - besonders geeignet für Mehrtagespeicherung - ideal für Niedertemperaturheizung - vorzugsweise wenn der WW-Bedarf keine extremen Tagesspitzen aufweist Typische Einsatzgebiete: Wohnanlagen, ständig bewohnte Gebäudekomplexe wie Wohnheime, Krankenhäuser, Kasernen u.a., Nahwärmeversorgung möglich
<p>2.3 Kombispeicher OPTIMA dezentrale Frischwasserspeicher mit dezentralen Low-flow-Solaranlagen WW-Bereitung im Durchfluß-Gegenstrom-WT, Nachheizung über zentrale Wärmeerzeugung (z.B. mit Gas oder Pellets)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - übersichtliche, leistungsstarke, preiswerte, verbreitete Komplettlösung, - für "normalen" WW-Bedarf und Heizungsanbindung - bis max. 30 m² Kollektorfläche bzw. max. 2 m³ Speicherinhalt - konzipiert für Eintagesspeicherung, - nicht ideal für hohen WW-Spitzenbedarf, Typische Einsatzgebiete: Wohnsiedlungen mit EFHn, kleinen MFHn und kleinen Betrieben
<p>2.4 Nahwärme mit PS und SI, parallele Nachheizung, Niedertemperatur-Heizsysteme Pufferspeicher oder Pufferspeicherkaskade mit WW-Schichtenspeicher, parallele Nachheizung, Low-flow-Solaranlage, zentraler Heizkreis zur Temperaturbegrenzung</p>		<ul style="list-style-type: none"> - große Solaranlagen ab ca. 50 m² Kollektorfläche, - geeignet für Mehrtagespeicherung - nur für Niedertemperaturheizung Typische Einsatzgebiete: Wohnsiedlungen mit EFHn, kleinen MFHn und kleinen Betrieben

Übersicht von Heizungssystemen für erhöhten Warmwasserbedarf

Die nach den Richtlinien gemäß 2. ermittelten Kollektorflächen und Speichergrößen für Schwimmbad, Warmwasserbereitung und Heizung sind zusammenzuzählen. Stellt sich heraus, daß die Solarfläche aber viel kleiner sein muß, weil z.B. nicht genügend Platz oder Geld zur Verfügung stehen, dann muß mit der kleineren Kollektorfläche, aber weiterhin in derselben Rangfolge geplant werden. Wenn die Solaranlage für kaum mehr als das Schwimmbecken reicht, ist eine nachrangige Warmwasserbereitung meist noch ratsam, eine Heizungsanbindung aber unzweckmäßig, wenn es sich nicht um ein nur im Sommer benutztes Schwimmbad handelt. Wenn die Solaranlage nur knapp für den Warmwasserbedarf ausgelegt ist, kann für eine Heizungsanbindung nicht mehr viel Energie übrigbleiben.

Es muß anhand des geplanten Solarertrages stets abgeschätzt werden, welchen Anteil des Gesamtenergiebedarfs der Kessel immer bringen muß, also auch bei schönstem Sonnenschein. Wenn das mehr ist als die Heizenergie oder wenn sowieso keine Heizungsanbindung vorgesehen ist, ist ein solar direkt beheiztes Warmwasser-System (siehe 1.1 ... 1.3 in der Übersicht) in kleinen und mittelgroßen Anlagen bis ca. 30 m² Kollektorfläche meist sinnvoller als ein Warmwassersystem mit Pufferspeicher (siehe 1.4, 1.5, 2.2 in der Übersicht). Der Umweg der Solarwärme über einen Heizungspufferspeicher ist immer mit höheren Wärmeverlusten verbunden, weil die Wärme zur Warmwassererwärmung einmal mehr übertragen und dementsprechend bei höheren Temperaturen gespeichert und vor Vermischung "geschützt" werden muß als bei direkter Warmwasser-Erwärmung. Ein weniger strenges Maß ist bei Niedrigtemperaturheizungen (bis TV ≈ 45°C), beim Kombispeichersystem OPTIMA (siehe 2.1 und 2.4 in der Übersicht) und nach Diagramm 11 auch allgemein bei der Versorgung von Wohnungen mit solaren Gesamtdeckungsgraden unter 25 ... 30 % anzulegen, weil hier vorteilhafte synergetische Effekte auftreten. Als Stichworte hierzu seien nur genannt: Restwärmenutzung, günstige Lastprofile, optimale Speicherauslastung, gegenseitige Spitzenlastkompensation, Investitionsoptimierung... Der Nachteil von höheren Sollwerttemperaturen wird auch, wie Diagramm 1 zeigte, durch den Einsatz von Röhrenkollektortechnik ein wenig kompensiert. Ebenso durch eine besonders gute Wärmedämmung des Speichers wie beim System OPTIMA (siehe 2.1, 2.4). Bei einem Speicherbedarf ab ca. 3000 Liter wird die finanziell günstigste Lösung immer einen großen Heizungspufferspeicher enthalten. Von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der Anlage wird stets sein, wie gut alle Anlagenteile gegen Wärmeverluste gedämmt sind.

Bei Nahwärmeverteilungen, d.h. wenn die Nachheizung („Kesselhaus“) oder die Solaranlage (samt Pufferspeicher) oder auch beide Wärmeerzeuger zentral für viele räumlich verteilte Verbraucher (wie z.B. Einfamilienhäuser) errichtet werden, müssen die Rohre außergewöhnlich gut gedämmt werden. Es gibt kompetente Studien, nach denen eine Nahwärmeversorgung für einen Leistungsbedarf von weniger als 1 Kilowatt pro Meter Verteilungsweg bei „DIN-gerechter“ Rohrdämmung nicht rentabel sein kann.

Die Anlagen ohne Pufferspeicher (siehe 1.1 ... 1.3 in der Übersicht) sind hinsichtlich ihrer Planung und Realisierung nicht besonders anspruchsvoll. Sie gehorchen im Wesentlichen denselben Prinzipien wie solare Kleinanlagen und sind auch hinsichtlich ihrer Regelung leicht zu begreifen. Deshalb wird hier nicht weiter auf deren Hydraulik und Elektrik eingegangen.

Das Kombisystem mit dem Frischwasserspeicher OPTIMA (siehe 2.1 in der Übersicht) ist besonders einfach und im Einfamilienhausbereich sehr verbreitet. Es wird hier auch nicht weiter erläutert.

Im Weiteren sollen ausführlich die Anlagentypen mit Pufferspeicher (siehe 1.4, 1.5, 2.2 und 2.4 in der Übersicht) diskutiert werden. Von diesen Anlagentypen wird bei Solaranlagen ab ca. 20 m² am häufigsten Gebrauch gemacht. Die Fachwelt ist sich aber einig, daß solche Anlagen am ehesten von allen unbefriedigend funktionieren, weil der Solarertrag nicht den Erwartungen entspricht oder die Wärmeverluste zu groß sind. Dafür sind aber stets Planungs- und Ausführungsfehler verantwortlich, die man besser gleich vermeiden sollte. Die Anlagen sind zwar einfach in ihrem Grundaufbau, aber es gibt wichtige hydraulische und regeltechnische Details, die häufig außer Acht gelassen werden, als Stichworte seien genannt: Rohrleitungsführung, Schichtung, hydraulische Entkopplung, Puffervorlaufumlenkung, Pufferrücklaufumlenkung.

Orientierungshilfe zum Angebot von großen Solaranlagen

Nutzerprofil	Planungseinheit (PE)	Größe	Nutzung für	übliche Anlagentypen ¹⁾	übliche (KF) Kollektorfläche pro PE in m ²	üblicher Speicherbedarf pro PE in Litern	übliche Kosten ²⁾ in TDM pro PE	übliche Kosten ²⁾ in TDM pro m ² KF	übliche solare Deckungsgrade Warmwasser ³⁾	übliche solare Deckungsgrade WW+Heizung ³⁾	Angebotserstellung ⁴⁾
Mehrfamilienhäuser	normierte Wohneinheit (PE)	bis NL < 6	WW + Heizung	OPTIMA (2.1)	3...5	200...400	4...11	1,25...3,0	30...70	2...25	Standard
		ab NL > 6	nur WW	WW-Solarspeicher (1.1,1.2,1.3)	1,5...2,5	100...150	1,5...7	1...3	30...85	-	Standard
	oder NL	ab NL > 6	nur WW	PS+SI (1.4, 1.5)	1,5...3	100...300	1,8...10	0,9...3,3	25...70	-	SGA
				PS+SI (2.2)	2,5...5	200...2000	2...15	1...3	25...75	3...30	SGA
Schulen, Betriebe	Tagesbedarf WW in m ³	bis 2 m ³ pro Tag	nur WW	WW-Solarspeicher (1.1,1.2)	8...15	500...1500	8...30	1...2	15...85	-	Standard
Sportstätten, Sanitäranlagen			nur WW	PS+SI (1.4, 1.5)	9...18	600...1800	10...20	1,1...2,5	15...85	-	
von Bädern			WW + Heizung	PS+SI (2.2)	10...25	800...4000	12...50	1,2...2,8	15...75	3...30	SGA
Hotels, Wohnheime,	Betten		nur WW	PS+SI (1.4, 1.5)	0,3...1	25...75	0,5...4,5	1,3...2,5	15...80	-	SGA
Altenheime, Krankenhäuser, Kasernen			WW + Heizung	PS+SI (2.2)	0,4...2,5	35...200	0,6...5	1,2...2	15...75	3...30	SGA
Campingplätze	Stellplätze	bis 2 m ³ pro Tag	WW	WW-Solarspeicher (1.1,1.2)	0,5...2	50...200	0,5...4	0,8...1,6	15...75	-	Standard
				PS+SI (1.4, 1.5)	0,6...2,5	50...200	0,5...4	0,8...1,25	15...75	-	SGA

In die Übersicht wurden Nahwärmeanwendungen wie 2.3 und 2.4. aufgrund ihrer großen Individualität. nicht aufgenommen.

1) Die Numerierung bezieht sich auf die vorangegangenen Übersichten

2) Angaben ohne Kessel und Heizung

3) Erst wenn ein detailliertes Nutzerprofil, der Anlagentyp, die Anlagenkomponenten sowie die Verbrauchsdaten feststehen, kann eine Abschätzung der solarer Deckungsgrade vorgenommen werden.

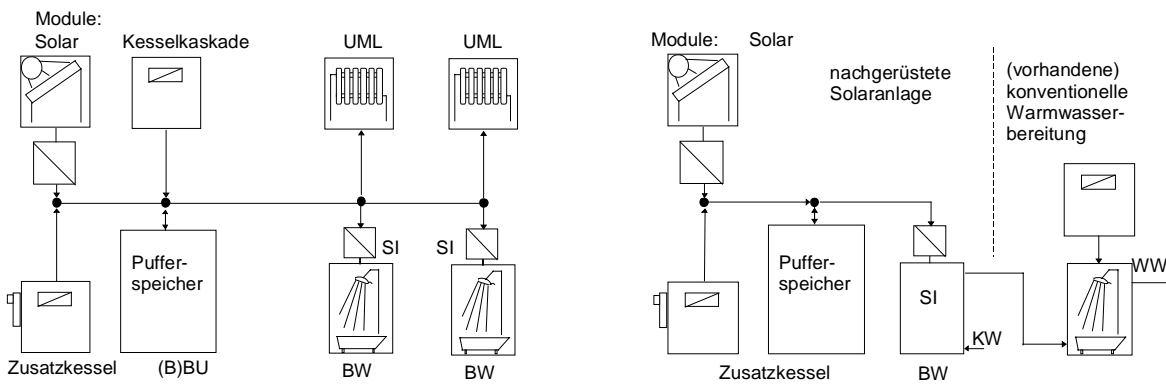
4) Standardsysteme können allein mit Hilfe der Preisliste ausgewählt werden, zur richtigen Dokumentation von Solar-Großanlagen mit **Pufferspeicher und Schichtenspeicher (PS+SI)** ist immer zuerst die Einsendung des ausgefüllten Fragebogens TH-1213 an die PARADIGMA-Kundenberatung notwendig.

4 Allgemeine Beschreibung von Anlagen mit Pufferspeicher und Warmwasser-Schichtenspeicher(n), der Aufbau im Grundsatz und im Detail

Den Kern der folgenden Heizanlagen bilden ein oder mehrere Pufferspeicher, in denen die Solarenergie mit einem externen Wärmetauscher eingespeist wird (siehe 1.4, 1.5, 2.2, 2.4 in der Übersicht aus Teil 1). Die Brauchwasserbereitung erfolgt aus dem Pufferspeicher mit einem Warmwasser-Schichtenspeicher. Überschüssige Solarenergie und solche, deren Temperatur für die Warmwasserbereitung zu niedrig ist, verbleibt zur Vorwärmung im unteren Bereich des Pufferspeichers.

Die Nachheizung erfolgt entweder als „parallel“ zur Solaranlage geschaltete „Zuheizung“ in den oberen Bereich des Pufferspeichers oder direkt in einen (beispielsweise schon vorhandenen) Warmwasserbereiter, welcher dem Schichtenspeicher hydraulisch „seriell“ nachgeschaltet wird. Der Schichtenspeicher arbeitet dann als solare Vorwärmung. Diese beiden unterschiedlichen Nachheizkonzepte werden fortan nur noch kurz „parallele Nachheizung“ bzw. „serielle Nachheizung“ genannt.

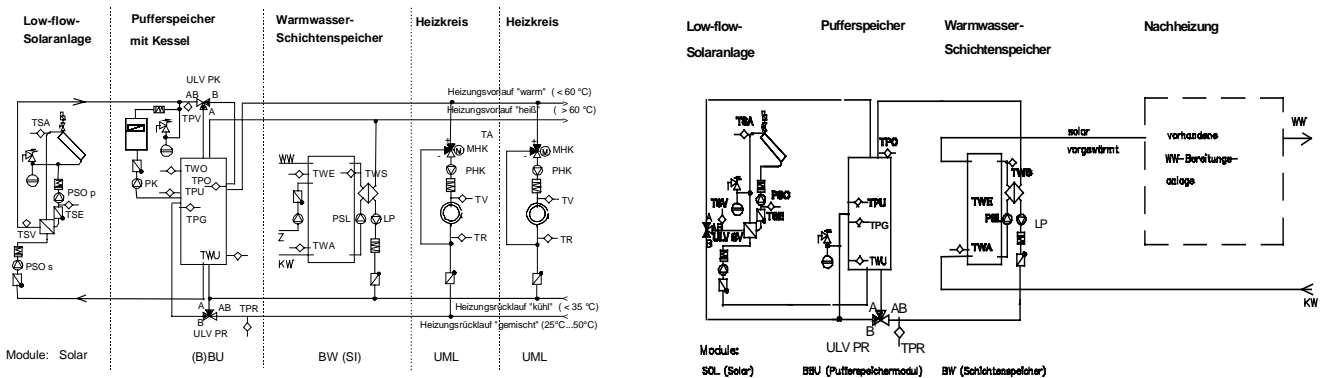
Abbildung 1: Der modulare Grundaufbau einer solaren Großanlage mit Pufferspeicher



Solaranlage mit paralleler Nachheizung

Solaranlage mit serieller Nachheizung

Abbildung 2: Der modulare Grundaufbau einer solaren Großanlage mit Pufferspeicher im Detail



Solaranlage mit paralleler Nachheizung

Solaranlage mit serieller Nachheizung

Die solare Großanlage mit **paralleler Nachheizung** wird eingesetzt:

1. zur solaren Heizungsunterstützung oder
2. ohne Heizungsunterstützung, wenn kein zweiter Warmwasserbereiter (wie bei serieller Nachheizung geschaltet) eingesetzt wird.

Sie eignet sich für Mehrfamilienhäuser, ständig bewohnte Gebäudekomplexe wie Krankenhäuser, Kasernen, große Heime, Hotels, Pensionen, Heime, Schulen, Kleinbetriebe u.a. sowie für Nahwärmeverteilungen.

Die solare Großanlage mit **serieller Nachheizung** wird vorzugsweise eingesetzt:

1. wenn eine solare Heizungsanbindung nicht vorgesehen ist und
2. wenn eine Warmwasserbereitung (mit Nachheizung) bereits vorhanden ist.

Sie eignet sich für Sportlerheime, Campingplätze, Sanitäreinrichtungen von Hallen- oder Freibädern, Betriebe mit besonderem Warmwasserbedarf u.a.

5 Planungsgrundsätze

5.1 Rohrleitungsführung

Bei der hydraulischen Planung sind folgende Grundsätze einzuhalten:

1. Jeder geschlossene Pumpenkreis ist mit einem dicht schließenden Rückflußverhinderer ausgestattet, damit sind Rückwärts-Fehlzirkulationen ausgeschlossen.
2. Durch eine vollständige hydraulische Entkopplung am Puffer wird für keinen der Pumpenkreise eine gemeinsame Leitung in Gegenrichtung verwendet.
3. In gleicher Fließrichtung können verschiedene Pumpenkreise in Sammelleitungen zusammengefaßt werden. Dann ist aber bei der Auswahl der Rohrquerschnitte zu beachten, daß sich in diesen Sammelleitungen mehrere Volumenströme addieren. Bei der Berechnung des Druckverlustes eines solchen Kreises in der Sammelleitung ist immer die Summe aller maximalen Volumenströme zu berücksichtigen.

Beachte: Wenn der Teildruckverlust eines Kreises in einer Sammelleitung nicht klein ist im Verhältnis zum Gesamtdruckverlust dieses Kreises, dann wird dieser Kreis durch andere dieselbe Leitung passierende Kreise beeinflusst. Diese Beeinflussung kann zwischen dem Kessel- und dem Solarkreis besonders stark sein, weil dies zwei Kreise mit oft sehr unterschiedlichen Volumenströmen sind.

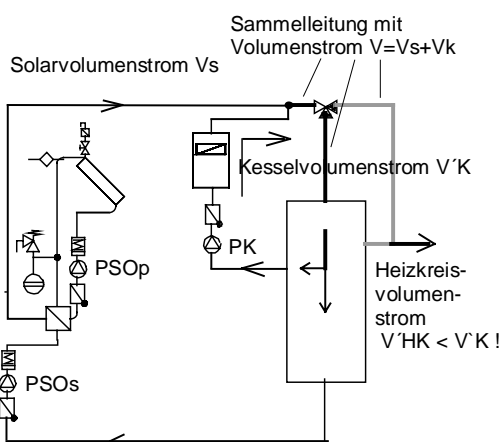


Abbildung 3: Beispiel für Sammelleitungen, Volumenstromverhältnisse

4. Der Volumenstrom des Kessels muß im Normalbetrieb größer sein als die Summe aller Heizkreisvolumenströme. Ohne kesselseitigen Volumenstromüberschuß kann der Puffer nicht geladen werden, stattdessen wird dem Vorlauf sonst unkontrolliert Rücklaufwasser beigemischt.

Unter besonderen Umständen ist diese Bedingung nur zeitweise einhaltbar (z.B.

- bei Kesselkaskaden mit mehreren Kesselpumpen,
- nach der Nachtabsenkung oder
- bei gleichzeitiger Heizung und WW-Bereitung).

Wenn diese Bedingung nicht einhaltbar ist, ist der Heizungspufferteil so klein wie möglich zu halten, er arbeitet dann nur noch als hydraulische Weiche.

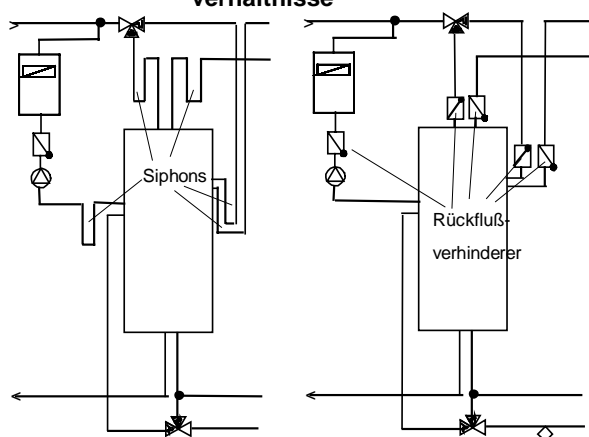


Abbildung 4: Maßnahmen gegen Zirkulationsverluste

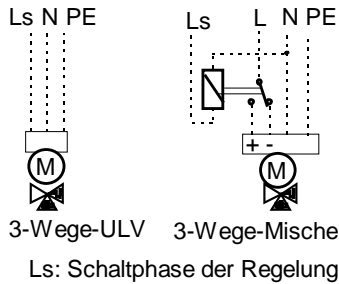
5.2 Rohrquerschnitte

Die Rohrquerschnitte sind anhand der notwendigen Strömungsgeschwindigkeiten auszulegen. **Es ist mindestens mit den folgenden Volumenströmen zu rechnen !**

- | | |
|--------------|---|
| Solaranlage: | 0,2 Liter/Minute (Wasser/Frostschutzgemisch !)
pro Quadratmeter Kollektorfläche, |
| Heizkreise: | 0,7 Liter/Minute pro Kilowatt Wärmebedarf, |
| Kesselkreis: | 0,7 Liter/Minute pro Kilowatt Kesselleistung, |

5. Gegen das ständige Aufwärmen des gesamten Rohrnetzes durch Mikrozirkulation können folgende Maßnahmen getroffen werden:

1. Alle Verrohrungen sollten sich unterhalb der Speicheranschlüsse befinden (Bodenverrohrung statt Deckenverrohrung), was in der Praxis meist nicht konsequent umsetzbar ist.
2. Alle "warmen" Anschlüsse der Speicher können über Siphons (mindestens 30 cm lange Bögen nach unten) erfolgen (Abb.20 links).
3. In alle "warmen" Anschlüsse der Speicher werden dicht schließende Rückflußverhinderer eingebaut, was zwar den Druckverlust erhöht, aber oft am einfachsten ist (Abb. 20 rechts).



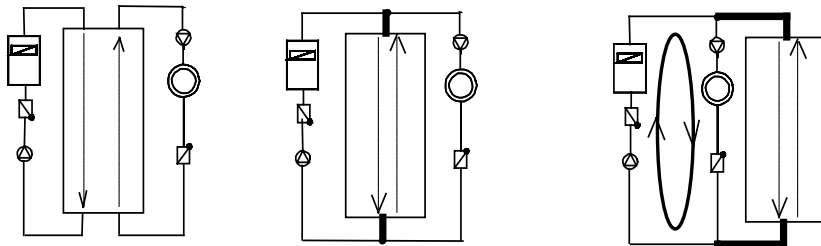
Zur Vorlaufumlenkung ist das 3-Wege-Umschaltventil ULV PK, zur Rücklaufumlenkung ULV PR vorgesehen. Wenn die Volumenströme es erfordern, sind stattdessen 3-Wege-Mischer vorzusehen. Die elektrischen Anschlüsse ULV PK und ULV PR sind einphasig, so daß bei Verwendung eines 3-Wege-Mischers die nebenstehende elektrische Hilfsschaltung erforderlich ist.

5.3 Die hydraulische Entkopplung mit dem Pufferspeicher

Manche Pufferspeicher haben auch gar nicht alle für eine vollständige hydraulische Entkopplung erforderlichen Anschlüsse. Zu einer Fehlzirkulation kommt es dann, wenn zwei Pumpenkreise eine gemeinsame Leitung (nämlich den "Sammelleitungsanschluß" des Puffers) in Gegenrichtung verwenden und diese Kreise bei laufender Pumpe einen Bypass im jeweils anderen Kreis finden. Damit ein Pufferspeicher als hydraulische Weiche zwischen zwei Kreisen richtig funktioniert, darf in der gemeinsam benutzten Leitung kein Druck abfallen. Die folgende Abbildung soll dies verdeutlichen.

Die erste Anschlußart ist ideal aber nicht immer realisierbar. Die zweite ist einfacher und bei Einhaltung der bisher genannten Planungsrichtlinien fast ebensogut wie die erste. Von der dritten Anschlußart wird abgeraten. Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß es zwischen der zweiten und der dritten Anschlußart keine Grenze gibt, sie scheinen das Gleiche darzustellen. Wenn die "Sammelleitungen" zum Puffer (im Bild fett dargestellt) zu lang oder im Querschnitt zu klein sind, tritt eine Fehlzirkulation auf.

Beachte: Wenn eine hydraulische Entkopplung zweier Kreise durch getrennte Pufferspeicheranschlüsse nicht möglich ist, dann muß die Verzweigung der Kreise sowohl vorlaufseitig als auch rücklaufseitig unmittelbar am Pufferspeicher stattfinden, damit Fehlzirkulationen vermieden werden.



hydraulische Entkopplung im Pufferspeicher

es gibt keine gemeinsame Leitung, die entgegengesetzt durchflossen wird.

--> keine Fehlzirkulation !

hydraulische Entkopplung am Pufferspeicher

In der gemeinsamen entgegengesetzt durchflossenen Leitung (=Pufferanschluß) fällt kaum Druck ab.

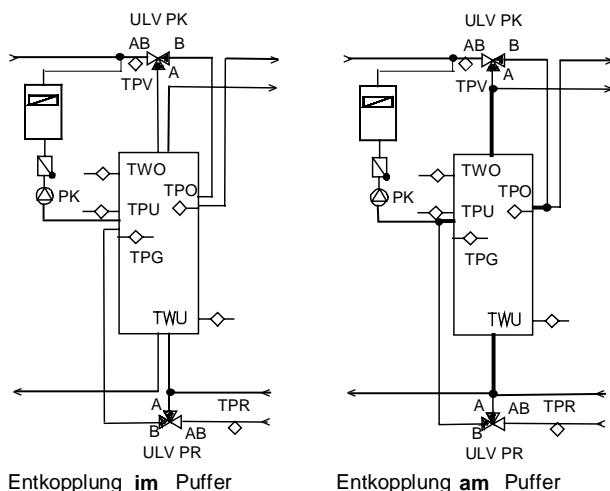
--> kaum Fehlzirkulation !

Sammelleitungsanschluß

In der gemeinsamen entgegengesetzt durchflossenen Leitung fällt Druck ab, weil diese Leitung zu lang ausgelegt wurde.

--> Fehlzirkulation !

Abbildung 5: Zur Entstehung von Fehlzirkulationen



Wenn die Sammelleitungen druckverlustarm ausgeführt werden, kann die Basishydraulik durch die hydraulische Entkopplung gemäß Abb. 6 "am Puffer" statt "im Puffer" vereinfacht werden. Bei der "Entkopplung am Puffer" (rechtes Bild) kann theoretisch jeder wärmeerzeugende Kreis (Kesselkreis, Solarkreis, ggf. Zusatzkesselkreis) in jedem Heizkreis einschließlich der Schichtenspeicherkreise einen Bypass finden (und umgekehrt) und dadurch Fehlzirkulationen auslösen, wenn vorstehender Grundsatz, alle Verzweigungen unmittelbar am Puffer druckverlustarm anzuordnen, mißachtet wird.

Abbildung 6 Der Pufferspeicher in der solaren Großanlage mit hydraulischer Entkopplung im Puffer und am Puffer.

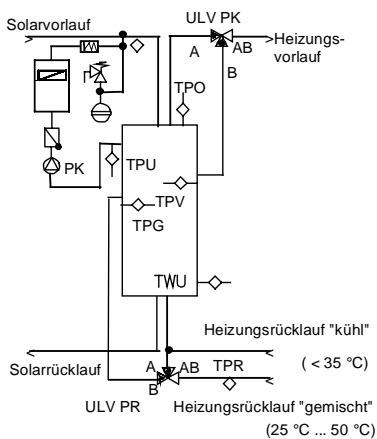


Abbildung 9: Puffersteuerung mit Puffervorlaufumlenkung bei paralleler Nachheizung

Solarparties des Pufferspeichers.

6.2.2 Serielle Nachheizung

Diese sorgt für eine sehr effiziente, leistungsstarke Warmwasserbereitung mit einem oder mehreren Warmwasser-Schichtenspeichern (SI-Speicher). Es sind ein Solar-, ein BBU- und ein BW-Modul erforderlich. Pufferspeicher und Schichtenspeicher werden nur von der Solaranlage geladen, nicht vom Kessel. Die Solltemperatur des Schichtenspeichers, auf welche die Ladepumpe PSL regelt, ist je nach Ladezustand des Pufferspeichers (gemessen bei Fühler TPO) variabel, ebenso die Solltemperatur für die Solaranlage. Der Warmwasserausgang des Schichtenspeichers führt zum Kaltwasseranschluß eines weiteren Warmwasserbereiters (solare Vorwärmung), an den auch die Nachheizung angeschlossen ist. Die Solaranlage mit Pufferspeicher und Schichtenspeicher bildet eine abgeschlossene MES-Einheit mit untereinander elektrisch gebundenen Modulen, der zweite Warmwasserbereiter mit der Nachheizung bildet eine weitere. Letztere kann eine beliebige konventionelle Warmwasserbereitungsanlage sein, vorzugsweise sollte sie aus einem Schichtenspeicher sowie einer nichtsolaren Systemregelung MES bestehen (z.B. BW- + UML-Modul, UML-Modul, KAS- + UML-Modul, KAS- + BW-Modul).

ULV PR: Sowohl bei paralleler als auch bei serieller Nachheizung sorgen eine Umlenkmöglichkeit im Pufferrücklauf ULV PR und die Pufferrücklauffühler TPR und TPG (gehören zum BW-Modul) dafür, daß nur kühles Rücklaufwasser ganz unten in den Pufferspeicher fließt. Ist die Rücklaufwassertemperatur zu hoch, wird das Rücklaufwasser oberhalb des Solarparties in den Pufferspeicher eingespeist.

Zusammenfassung hydraulischer Umlenkmöglichkeiten

	parallele Nachheizung	serielle Nachheizung	MES-Modul	wichtigste Fühler
Solarvorlaufumlenkung ULV SV	immer	immer	SOLAR	TSV, (TPO s.N.)
Kesselvorlaufumlenkung ULV PK	ja, ggf. zugleich ULV SV	nein	BBU	TPV
Puffervorlaufumlenkung ULV PV	alternativ zu ULV PK	immer (empfohlen)	BBU	TPV
Rücklaufumlenkung ULV PR	immer (empfohlen)	immer (empfohlen)	BBU	TPR, TPG

6.2.3 Wegfall der Vorlaufumlenkung ULV PK bei paralleler Nachheizung

Die Basishydraulik kann vereinfacht werden, wenn auf die Vorlaufumlenkung verzichtet wird. Es gibt folgende Fälle, die dies rechtfertigen:

1. Die Solltemperatur im Warmwasser-Bereitschaftsteil des Puffers liegt kaum über oder sogar unter der Heizungssolltemperatur. Dies gilt, wenn Niedertemperaturheizkreise nicht oder nur mit vernachlässigbar kleinem Heizleistungsanteil vorhanden sind.
2. Die Anlage dient fast ausschließlich der Warmwasserbereitung, die Wärmeanforderung vorhandener Heizkreise ist demgegenüber vernachlässigbar.
3. Die Kesselleistung ist so groß, daß nur ein sehr kleiner oder gar kein Warmwasser-Bereitschaftsteil mehr benötigt wird.

Mit ULV PV: Wenn die Umlenkmöglichkeit ULV PK nicht genutzt wird, z.B. weil der Warmwasser-Bereitschaftsteil eine so geringe Höhe im Pufferspeicher ausmacht, daß eine Kesselumlenkung sinnlos erscheint, besteht alternativ dazu die Umlenkmöglichkeit im Puffervorlauf ULV PV. Mit dem dicht schließenden Mischer oder dem Umlenkenventil ULV PV und dem Fühler TPV wird der heiße obere Bereich des Pufferspeichers solange „geschont“, wie die Puffervorlauf-Solltemperatur auch noch aus tieferen, kühleren Schichten des Pufferspeichers erbracht werden kann. Eine Umlenkmöglichkeit im Pufferrücklauf ULV PR und die Pufferrücklauffühler TPR und TPG (gehört zum BW-Modul) sorgen dafür, daß nur kühles Rücklaufwasser ganz unten in den Pufferspeicher fließt. Ist die Rücklaufwassertemperatur zu hoch, wird das Rücklaufwasser oberhalb des Solarparties in den Pufferspeicher eingespeist. Die Solaranlage wird stets aus dem untersten Bereich des Puffers gespeist. Der Kesselrücklauf befindet sich oberhalb des

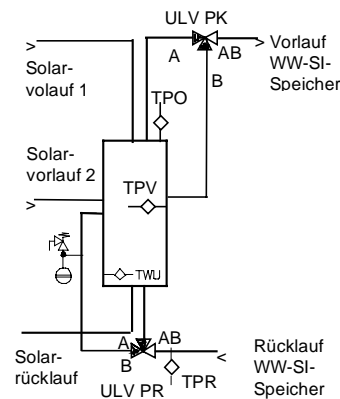


Abbildung 10: Puffersteuerung mit ULV PK bei serieller Nachheizung

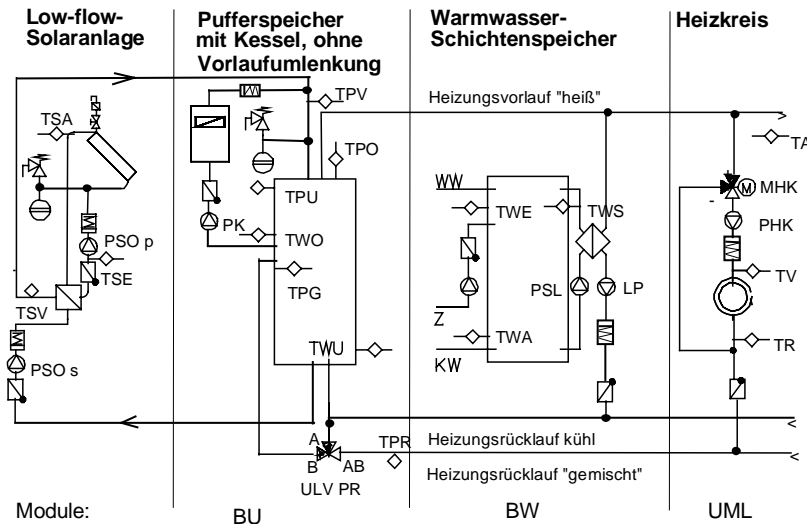


Abbildung 11: Basishydraulik ohne Vorlaufumlenkung ULV PK

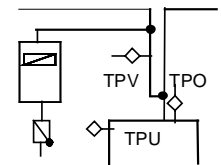
Gegenüber der Basishydraulik gibt es dann nur noch einen Heizkreisvorlauf, der die Schichtenspeicher und Heizkreise versorgt. Der Heizungspufferteil unterhalb des Warmwasser-Bereitschaftsteiles entfällt, deshalb werden die Fühler des BBU-Modules anders platziert. Der Heizungspuffer ist dann im Speicher ganz oben, weshalb auch TPU sehr hoch platziert wird. Die Größe des Warmwasserbereitschaftsteiles wird durch die Position des Kesselrücklaufanschlusses und durch den Fühler TWO bestimmt. Die Ladung des Warmwasser-Bereitschaftsteiles im Puffer erfolgt ohne ULV PK weniger gut schichtend als mit Vorlaufumlenkung, weil die Ladung dann nur mit dem einen Fühler TWO gesteuert wird, während mit Vorlaufumlenkung TWO die Ladung nur ein- und TPO sie ausschaltet. Da aufgrund der Fühleranordnung auch der Kesselrücklauf sehr heiß werden kann, sind modulierende oder stufenweise schaltende Kessel zu empfehlen, damit die Kesseltemperatur gegenüber der Solltemperatur nicht zu stark überhört wird.

Ohne Umlenkventil ULV PK muß der Fühler TPO drei Temperaturen gleichzeitig kontrollieren:

1. die obere Puffertemperatur,
2. die Wärmeerzeuger-Vorlauftemperatur (Kessel, Solaranlage),
3. Vorlauftemperatur des Heizungsvorlaufes „heiß“, der den Puffer oben verläßt.

Beachte: Ohne ULV PK ist für TPO immer die Fühlerposition F1 zu verwenden oder als Heizkreisvorlauf der oberste Pufferanschluß A1 zu verwenden, an dem der Fühler TPO dann als Rohranlagefühler gut isoliert befestigt wird!

Der Fühler TPO ist also an F1 oder gut isoliert sehr nahe am Speicher und vor allem oberhalb des Speichers vorzusehen, damit er auch im Stillstand die obere Speichertemperatur registriert. Wenn eine Entkopplung im Puffer (siehe 5.3) nicht möglich ist, dann muß der Puffer vorlaufseitig folgendermaßen angeschlossen werden, damit TPO allen drei oben genannten Funktionen gerecht werden kann:



Beachte: Wenn auf die Vorlaufumlenkung ULV PK verzichtet wird, ist eine Umlenkung des Solarvorlaufs durch den Einsatz einer Solarstation LFS...H2 mit Umlenkventil ULV SV notwendig!

Bei größeren Solaranlagen (ab ca. 40 m² Kollektorfläche) und bei im Verhältnis zur Solarleistung großen Kesselleistungen (ab Faktor 5) ist es ratsam, beide Umlenkventile einzusetzen.

6.2.4 Wegfall der Rücklaufumlenkung ULV PR

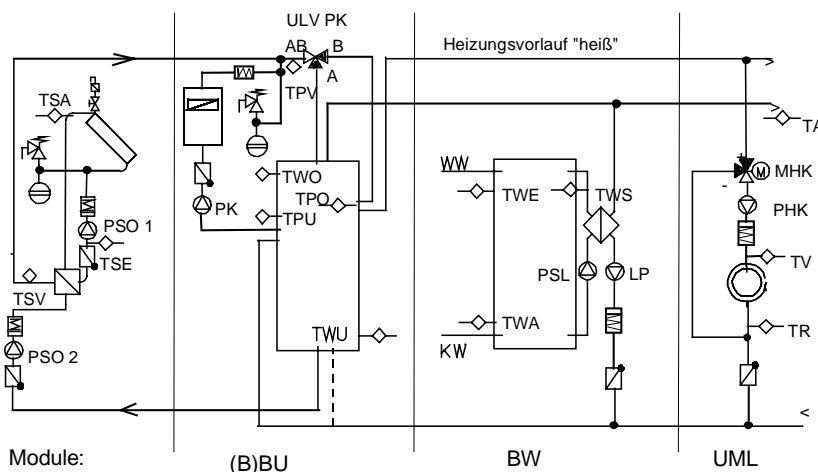
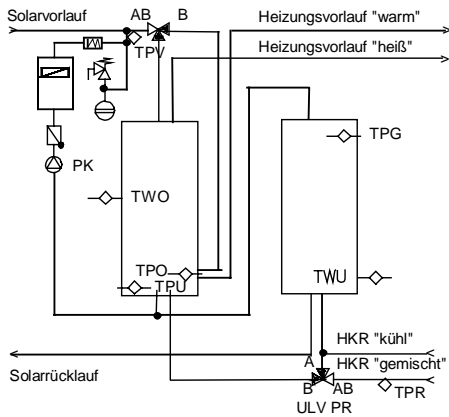


Abbildung 12: Basishydraulik ohne Rücklaufumlenkung

Zum Beispiel bei der Verwendung von relativ kleinen Pufferspeichern bis 1000 Liter wird nach Kosten-/Nutzenabwägung mitunter auf das Umlenkventil ULV PR verzichtet, was die Basishydraulik vereinfacht. Wenn nur Niedertemperaturheizkreise geplant sind und wenn der Schichtenspeicher für WW-Temperaturen von maximal 50 °C und ohne Zirkulation geplant wird, kann der Heizungsrücklauf dann ganz unten angeschlossen werden, sonst gehört er auf Höhe des Kesselrücklaufs. Die Fühler TPR und TPG entfallen.

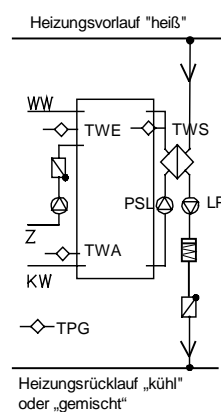
6.2.5 Pufferspeicherkaskade



Anstelle eines Pufferspeichers können auch mehrere in Reihe geschaltet werden. Die Positionen der Anschlüsse des Heizkreisvorlaufes "warm" und des Kesselrücklaufs richten sich nach den notwendigen Größen des Warmwasser-Bereitschaftsteiles und des Heizungspufferteiles. Es ist dann auch möglich, den gesamten ersten Pufferspeicher in Warmwasserbereitschaftsteil und Heizungspuffer einzuteilen, der Kesselrücklauf wird dann an diesem Pufferspeicher ganz unten angeschlossen und TPG kommt auf die oberste Position des zweiten Pufferspeichers.

Abbildung 13: BBU-Modul für Pufferspeicherkaskade

6.2.6 Das BW-Modul (Brauchwassermodul)

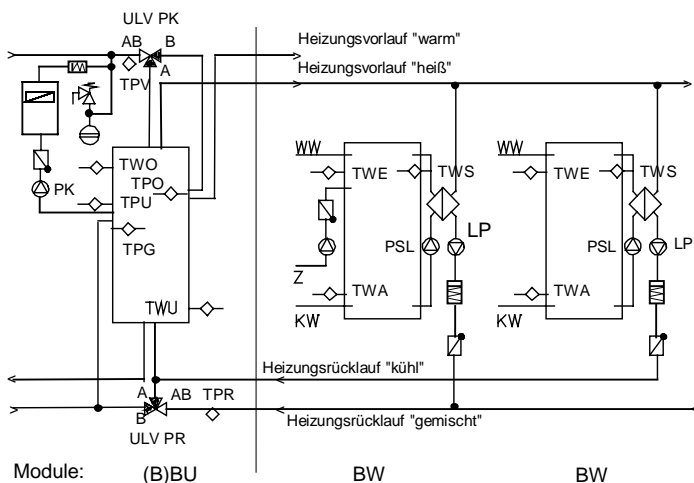


Warmwasser wird mit einem Warmwasser-Schichtenspeicher (SI-Speicher) bereit. Wenn dieser oben am Fühler TWE Wärme anfordert, wird mit der Pumpe LP warmes Pufferwasser durch den Wärmetauscher gepumpt. Gleichzeitig schichtet der Schichtenspeicher-Ladepumpe PSL den SI-Speicher um: kaltes Wasser wird über ein Rohr von unten angesaugt, dann im Wärmetauscher auf Solltemperatur erwärmt und oben wieder eingeschichtet, bis dieser Vorgang mit dem Fühler TWA abgeschaltet wird. Die Temperatur des eingeschichteten Wassers wird mit dem Warmwasserfühler des Schichtenspeichers TWS überwacht und über die Drehzahl der Pumpe PSL konstant geregelt. Die Wärmeanforderung des SI-Speichers sowie die Wahl der Solltemperaturen erfolgt über die Wochenzeitschaltuhr im Reglermodul BW. Die Ladung des Schichtenspeichers wird nur dann gestartet, wenn die Temperatur eines der Fühler TWO, TPO oder TPV um mehr als 5 K über der eingestellten Warmwasser-Solltemperatur liegt. Diese Solltemperatur ist bei paralleler Nachheizung über die Zeitschaltuhr im UML-Modul vorgegeben, bei serieller Nachheizung wird sie aus der aktuellen Pufferspeichertemperatur automatisch errechnet. Der Rücklauf des Schichtenspeichers wird an den Heizungsrücklauf "kühl" nur dann angeschlossen, wenn der Schichtenspeicher für WW-Temperaturen von maximal 50 °C und ohne Zirkulation geplant wird. Wenn der Schichtenspeicher für Temperaturen über 50 °C ausgelegt wird und wenn eine Warmwasser-Zirkulation vorgesehen ist, wird sein Rücklauf an den Heizungsrücklauf "gemischt" angeschlossen, weil die Rücklaufftemperatur dann auch höhere Werte als 35°C annehmen kann.

Abbildung 14: Das BW-Modul

50 °C ausgelegt wird und wenn eine Warmwasser-Zirkulation vorgesehen ist, wird sein Rücklauf an den Heizungsrücklauf "gemischt" angeschlossen, weil die Rücklaufftemperatur dann auch höhere Werte als 35°C annehmen kann.

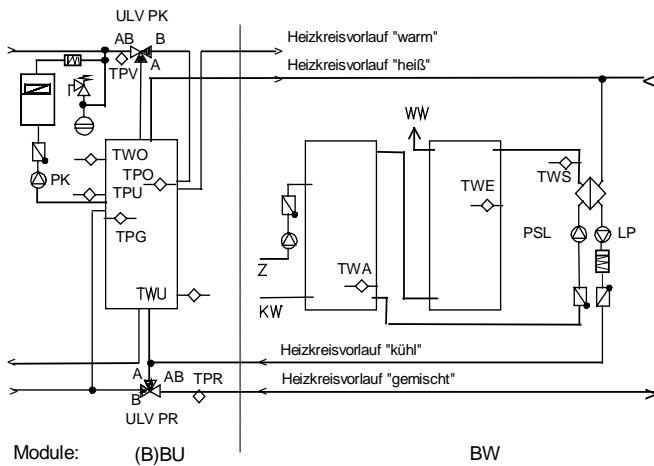
Parallelschaltung von Schichtenspeichern



An den Pufferspeicher können auch mehrere Schichtenspeicher-Module angeschlossen werden. Dadurch ist eine Verteilung und Dezentralisierung der Warmwasserbereitung möglich, was beispielsweise sinnvoll sein kann, wenn mehrere Gebäude zu versorgen sind. Es wird jeder Schichtenspeicher nach seinem eigenen Wochenzeitprogramm geladen. Über das Wochenzeitprogramm eines der UML-Module muß noch sichergestellt sein, daß zum Zeitpunkt der Warmwasserfreigabe zum Laden der Schichtenspeicher auch die Ladung des Warmwasser-Bereitschaftsteiles des Puffers freigegeben ist.

Abbildung 15: BBU-Modul mit 2 parallel geschalteten BW-Modulen mit 2 verschiedenen Rücklaufftemperaturen

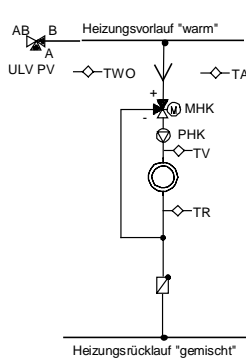
Reihenschaltung von Schichtenspeichern



Bei der Reihenschaltung von Schichtenspeichern wird das Warmwasserspeichervolumen dadurch vergrößert, daß mit einem Schichtenspeicher-Wärmetauscher mehrere Speicher durchgeladen werden. Regelungstechnisch ergibt sich dabei nichts Neues gegenüber dem Standard-BW-Modul. Lediglich die Hydraulik einer solchen Reihenschaltung sieht etwas anders aus.

Abbildung 16: BW-Modul für Schichtenspeicherkaskade

6.2.7 Das Modul UML für parallele Nachheizung (Heizkreismodul für Umwälzpumpen-, Mischer- und WW-Ladefunktion sowie Vorlaufumlenkung ULV PK)



Ein UML-Modul ist bei paralleler Nachheizung immer erforderlich, um die Solltemperaturen des Pufferspeichers zur Warmwasserbereitung programmieren zu können. Anstelle einer Ladepumpe steuert dieses Modul in Kombination mit einem BBU-Modul die Vorlaufumlenkung mit dem Umlenkventil ULV PK. Jedes Reglermodul beinhaltet neben der Kennlinieneingabe eine eigene Wochenzeitschaltuhr für den Heizkreis sowie (wenn ein Fühler TWO angeschlossen ist) eine Zeitschaltuhr und Temperatureinsteller für die Erwärmung des Warmwasser-Bereitschaftsteiles im Puffer, wobei diese Funktion nur einmal benötigt wird. Die Heizkreise sollten nie ungemischt betrieben werden, weil

1. durch die Solaranlage viel zu hohe Temperaturen auftreten können,
 2. Energie verschwendet wird und
 3. der Pufferspeicher über den Heizkreisrücklauf stärker durchmischt werden kann.
- Wenn die Mischfunktion verwendet wird, ist die Umlenkarmatur der Heizkreise wie dargestellt als Mischer in einer Mischschaltung zu verwenden. Der Vorlauf-Fühler TV steuert den Mischer, der Rücklauffühler TR steuert die Drehzahl der Heizkreispumpe.

Abbildung 17: Das UML-Modul

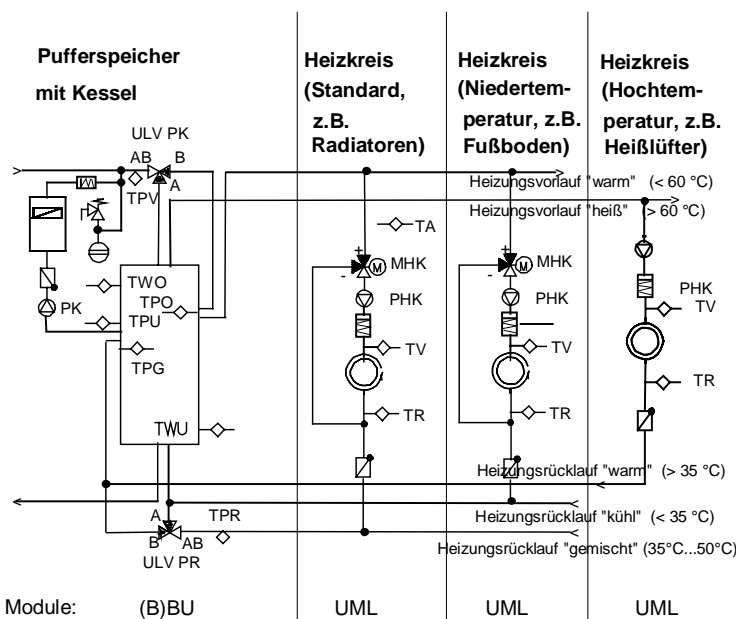


Abbildung 18: Verschiedene Anschlußmöglichkeiten des Heizkreismoduls am Pufferspeicher

Standard-Heizkreise

Die Heizkreise werden standardmäßig am Heizkreisvorlauf des Pufferspeichers unterhalb des Warmwasser-Bereitschaftsteils und am "gemischten" Heizkreisrücklauf angeschlossen. Es werden sowohl ULV PK als auch ULV PR benötigt.

Niedertemperatur-Heizkreise

Wenn ein Heizkreis immer einen kühlen Rücklauf hat, wie z.B. Fußboden-Heizkreise, dann wird er direkt an den "kühlen" Rücklauf ganz unten am Puffer angeschlossen.

Hochtemperatur-Heizkreise

Wenn ein Heizkreis immer einen sehr heißen Vorlauf benötigt, wie z.B. Lüfter-Heizkreise, dann wird er vorlaufseitig an den "heißen" Puffervorlauf oberhalb des Warmwasser-Bereitschaftsteils, der auch die Schichtenspeicher versorgt, angeschlossen. Wenn der Heizungsrücklauf niemals kühl sein wird, dann wird er unter Umgehung der Rücklauf-Umlenkung ULV PR auf Höhe des Kesselrücklaufs am Heizungsrücklauf „warm“ direkt an den Speicher angeschlossen.

6.3 Das Kesselkaskadenmodul

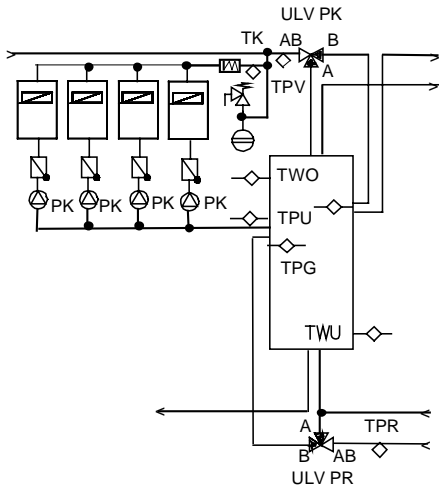
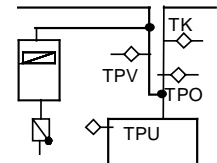


Abbildung 19: Das Kesselkaskadenmodul

Das (B)BU-Modul beinhaltet in der Basishydraulik einen modulierenden Paradigma-Kessel oder einen ein- oder zweistufigen Kessel. Zur Nachheizung können auch mehrere modulierende Paradigma-Kessel vorgesehen werden. Die hydraulische Einbindung erfolgt durch Parallelschalten dieser Kessel wie in der Basishydraulik. Die Regelung von mehr als einem modulierenden Paradigma-Kessel erfolgt mit dem zusätzlichen Kesselkaskadenmodul. Dieses überwacht alle Kesseltemperaturen, sorgt in Verbindung mit dem Fühler TK im Sammelvorlauf für eine stufenweise Leistungsanpassung, organisiert die Kesselfolgeschaltung zur gleichmäßigen Beanspruchung aller Kessel und kommuniziert über den LON-Bus mit allen anderen Modulen.

Wenn kein ULV PK vorhanden ist, gehört der Fühler TK an den Heizkreisvorlauf des Pufferspeichers, ebenso wie TPO (siehe 1.3.1.3, S. 4)



6.4 Das Zusatzkesselmodul

Es kann auch ein Zusatzkessel (z.B. ein Holzvergaserkessel, BHKW u.a.) regelungstechnisch und hydraulisch in die Anlage eingebunden werden. Die hydraulische Einbindung erfolgt wie in der Basishydraulik bzw. durch Parallelschalten dieses Kessels zu den übrigen. Der Kesselrücklauf kann aber auch tiefer am Pufferspeicher eingebunden werden, damit das Puffervolumen für den Zusatzkessel der Kesselleistung angepaßt wird. Bei kleinen Pufferspeichern (bis 1500 Liter) sollte der Zusatzkessel rücklaufseitig ganz unten im Puffer eingebunden werden. Das Regelungsmodul "Zusatzkessel" steuert die Kesselpumpe des Zusatzkessels und sperrt die übrigen Kessel, sobald der Zusatzkessel ausreichende Temperatur zur Verfügung stellt. Die Kesselpumpe des Zusatzkessels wird abgeschaltet, wenn die Spreizung des Zusatzkessels (Differenz zwischen den Temperaturen TZK und TPU ZK) zu gering wird.

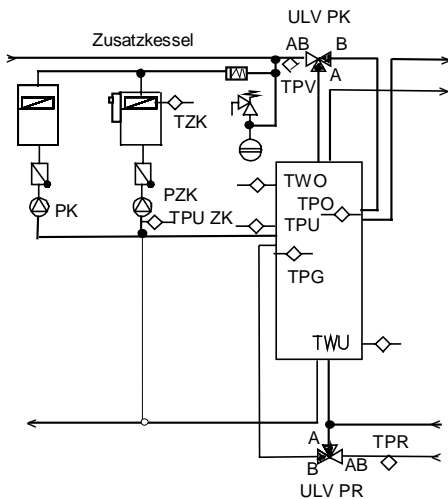


Abbildung 20: Das Zusatzkesselmodul mit BBU-Modul

6.5 Das Schwimmbadmodul

Das Schwimmbadmodul ist ein spezielles Heizkreismodul. In der Regel kann das Schwimmbadmodul hydraulisch auch wie ein Niedertemperaturheizkreis angeschlossen werden. Die Schwimmbadheizung wird nur aktiv, wenn die Schwimmbad-Umwälzpumpe eingeschaltet ist. Der Eingang UP (=Y5) am Schwimmbadmodul kann dies durch Kurzschluß registrieren. Die gewünschte Schwimmbadtemperatur und ein Wochenzeitprogramm werden am Schwimmbadmodul eingegeben. Die Vorlauftemperatur wird aus der Abweichung der Schwimmbadsolltemperatur von der am Fühler TSB gemessenen Beckenwassertemperatur errechnet.

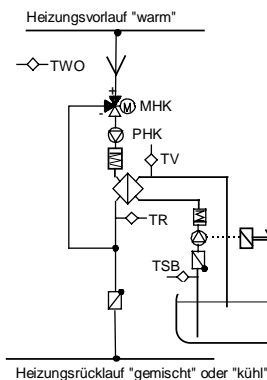


Abbildung 21: Das Schwimmbadmodul

Wenn ein Schwimmbad zur solaren Großanlage gehört, sollte unbedingt die Solarenergie bei Bedarf vorrangig und direkt, also ohne Umweg über den Pufferspeicher dem Schwimmbad zur Verfügung gestellt werden. Mit der folgenden Schaltung ist dies möglich. Ein zweites Solarmodul (stand alone, also nicht über den LON-Bus gebunden) übernimmt die solare Schwimmbadheizung. Wenn die solare Schwimmbadheizung (vom Schwimmbadmodul) freigegeben ist, schaltet ein Relais den Kollektorfühler TSA vom Low-flow-Solarmodul auf das zweite Solarmodul um. Durch den Fühlerunterbruch werden beim Low-flow-Solarmodul alle Pumpen zur solaren Pufferspeicherladung gestoppt. Stattdessen beginnt die Solarpumpe im zweiten Modul (möglichst im High-flow-Betrieb, also mit maximalem Durchsatz) den Schwimmbadwärmetauscher mit Wärme zu versorgen, die über die Schwimmbad-Umwälzpumpe ins Schwimmbad gelangt. Eine Rückschaltung auf Pufferbetrieb erfolgt erstens, wenn die Schwimmbad-Umwälzpumpe ausgeschaltet wird, zweitens, wenn das Schwimmbad eine bestimmte Temperatur erreicht (thermostatisch) und 3. wenn es der Nutzer so wünscht und die solare Schwimmbadheizung von

zu berücksichtigen. Damit der Schichtenspeicher aus den Puffer einmal völlig durchgeladen werden kann, sollten **mindestens** die folgenden nachheizbaren Puffervolumina im oberen Bereich des Pufferspeichers vorgesehen werden.

Tabelle 1: Mindest-Warmwasserbereitschaftsteil in Litern bei paralleler Nachheizung, Kesseleinschaltung nach 1/5 Pufferentladung

	Modula 11	Modula 21	Modula 28	GB 400	GB 600	2XGB 400	2xGB 600	4xGB 400	4xGB 600
	11	21	28	40	60	80	120	160	240
SI 200	231	201	179	143	83	22			
SI 300	347	317	295	259	199	138	18		
SI 400	429	405	389	360	313	266	171	76	
SI 500	504	487	476	456	422	389	323	257	124
SI 800	725	701	684	656	608	560	465	369	178
SI 1000	933	902	881	844	783	721	598	475	230

7.2.2 Charakteristik der Pufferspeicher

Sämtliche Anschlüsse sind im Speicherinnerem mit verschiedenen Strömungsleiteneinrichtungen zur Minimierung von Durchmischung, schichtender Be- und Entladung und zur vollständigen Auslastung der Speichervolumina einschließlich der gesamten Speicherböden ausgestattet. Alle wichtigsten Anschlüsse sind doppelt ausgeführt, damit jeder Anschluß bei Bedarf hydraulisch entkoppelt werden kann.

Es gibt 8 (ab 2000 Litern 9) Fühlertauchhülsen (Innendurchmesser 6,5 mm).

8 Zusammenfassung

Die Anbindung einer großen Solaranlage an eine Heizungsanlage über eine Kombination aus Pufferspeichern und Warmwasser-Schichtenspeichern ist naheliegend und wird daher sehr oft angewendet. Um eine solche Anlage erfolgreich in die Tat umsetzen zu können, sind scheinbar verwirrend viele Details zu beachten. Tatsächlich sind es aber nicht diese Details, die man sich merken muß, sondern die Grundprinzipien, nach denen zu planen ist. Wenn elementare Ziele wie Niedertemperaturtechnik, Schichtladetechnik, hydraulischen Entkopplung, Pumpendrehzahlsteuerung, Low-flow-Solartechnik, Vorlauf- und oder Rücklaufumlenkung zur Unterscheidung zwischen verschiedenen Temperaturen, hohe Wärmedämmstandards und die Vermeidung von Fehlzirkulationen verfolgt werden, dann werden sich von selbst auch im Detail keine Unzulänglichkeiten einstellen und die Zufriedenheit des Bauherren mit seiner solaren Großanlage ist gewiß.