

**Schlussbericht** Dezember 2001

# **Kosteneinsparungen bei solaren Warmwasseranlagen durch Einbindung in die Warmwasserzirkulation**

Vorstudie

ausgearbeitet durch  
Bernd Sitzmann

Ökozentrum Langenbruck  
Centre of Appropriate Technology and Social Ecology,  
Schwengistrasse 12,  
CH-4438 Langenbruck

*Autor:  
dipl. Ing. Bernd Sitzmann*

*Ökozentrum Langenbruck  
Centre of Appropriate Technology and Social Ecology,  
Schwengistrasse 12, CH-4438 Langenbruck  
Tel.: 062 387 31 36  
admin@oekozentrum.ch*

<p><i>Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.</i></p>
---

*Dieses Projekt wurde finanziert vom:  
Bundesamt für Energie (BfE), Bern  
Amt für Umwelt und Energie (AUE), Kanton Baselstadt  
Amt für Umweltschutz und Energie (AUE), Kanton Baselland*

## Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung .....	3
2.	Zielsetzung .....	6
3.	Simulation der Solaranlage .....	6
3.1	Grundlegende Überlegungen bei der Simulation .....	6
3.1.1	Modell der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung ( <u>Abb. 1</u> ) .....	6
3.1.2	Modell der herkömmlichen Solaranlage ( <u>Abb. 2</u> ) .....	6
3.2	Steuerungskonzept im Modell .....	7
3.2.1	Modell der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung .....	7
3.2.2	Modell der herkömmlichen Solaranlage .....	8
3.3	Getroffene Vereinfachungen in der Simulation .....	8
3.4	Algorithmen .....	9
3.4.1	Modell der herkömmlichen Solaranlage .....	9
3.4.2	Modell der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung .....	11
4.	Ergebnisse der Simulation .....	12
5.	Untersuchungen am Gebäude .....	16
5.1	Hydraulische Einbindung der Solaranlage .....	17
5.2	Beanspruchungen in der Zirkulationsleitung .....	20
6.	Anlagesteuerung .....	22
7.	Wirtschaftliche Abklärungen .....	23
7.1	Vergleich der Investitionskosten .....	23
7.2	Energiekostenbilanz .....	24
8.	Empfehlungen und weiteres Vorgehen .....	25
9.	Literaturangaben .....	26
Anhang A1	Eignungsabklärungen zu solaren Warmwasseranlagen (Kanton Basel)	
Anhang A2	Eignungsabklärungen zu solaren Warmwasseranlagen (Kanton Baselland)	
Anhang B	Simulationsberechnungen	

## 1. Zusammenfassung

Die theoretische Modellierung sowie die Abklärung an 6 Warmwasserversorgungen von bestehenden Gebäuden zeigen, dass die Einbindung der Solaranlage in die Warmwasserzirkulation technisch und wirtschaftlich machbar ist.

In bestehenden Gebäuden kann durch die Zirkulationseinbindung, häufiger als bisher neben der Einsparung der Rohrleitung für den Kollektorkreis auch auf einen zusätzlichen Solarspeicher verzichtet werden. Auf den Solarspeicher kann verzichtet werden, da der Energietransfer am Speicher über die bestehenden Kalt- und Warmwasseranschlüsse geschehen kann, anstatt über einen zusätzlichen Wärmetauscher.

Die Entscheidung, eine Solaranlage mit Einbindung der Zirkulationsleitung durchzuführen, kann mit dem heutigen Stand dieser Optimierung als wirtschaftlich und energetisch sinnvoll eingestuft werden, wenn dadurch neben der Einsparung der Rohrleitung im Kollektorkreis auf den zusätzlichen Solarspeicher verzichtet werden kann.

Weitere Optimierungen durch eine verbesserte und schnelle Anlageinstallation können die Wirtschaftlichkeit des vorgeschlagenen Systems weiter verbessern.

## 1. Résumé

Les évaluations théoriques ainsi que les vérifications sur 6 installations de production et de distribution d'eau chaude sanitaire de bâtiments existants montrent que le branchement d'une installation solaire sur la boucle de circulation d'eau chaude est techniquement faisable.

Dans des bâtiments existants, le branchement sur la circulation permet, plus fréquemment qu'à présent, de renoncer à une portion des conduites et à un chauffe-eau solaire additionnel. Le transfert de l'énergie au collecteur se fait alors par la conduite d'eau chaude ou froide.

En l'état actuel des simulations, la décision de réaliser une installation solaire branchée sur la boucle de circulation peut être évaluée comme étant économiquement et énergétiquement justifié lorsque cela permet d'économiser non seulement une partie des conduites du circuit solaire, mais aussi un chauffe-eau supplémentaire.

La rentabilité de ce nouveau système peut être considérablement accrue par des étapes d'optimisation additionnelles ainsi que par la réalisation d'une installation simple.

## 1. Summary

The implementation of solar water heaters in hot-water circulations for apartment buildings was examined. Models as well as investigations at 6 water supply systems of existing buildings show technically and economically opportunities for the proposed installation.

Beside reduction of solar piping the proposed system shows higher opportunities for using existing hot water storage devices for solar energy storage. This is because of the energy transfer at the hot water storage devices from the existing in- and outlets instead of heat exchanger.

Today the proposed installation can be already classified economic useful if the investment of piping and additional hot water storage device can be reduced in comparison to conventional solar water heater.

Further optimisation can be seen in the simple installation of the solar water heater to improve the economic efficiency of the proposed system.

## 2. Zielsetzung

Das Projekt untersucht die mögliche Verwendung der Warmwasserzirkulationsleitung anstelle der herkömmlichen Solarleitung zwischen Kollektorfeld und Speicher in Mehrfamilienhäusern. Ziel des Projektes ist es die Machbarkeit an Hand energetischer Berechnungen, technischen und wirtschaftlichen Abklärungen zu untersuchen. Damit sollen Aussagen für eine erste Pilotanlage sowie weitere Optimierungsschritte getroffen werden können.

## 3. Simulation der Solaranlage

Ziel der Modellierung ist es, die Energieflüsse einer Solaranlage zur Warmwassererzeugung über die Zirkulationsleitung mit einer herkömmlichen Solaranlage zu vergleichen.

### 3.1. Grundlegende Überlegungen bei der Simulation

#### 3.1.1. Modell der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung (Abb. 1)

Anstelle herkömmlicher Steigleitungen wird für die Solaranlage in Mehrfamilienhäusern die Zirkulationsleitung verwendet. Dabei sind zwei Betriebszustände möglich.

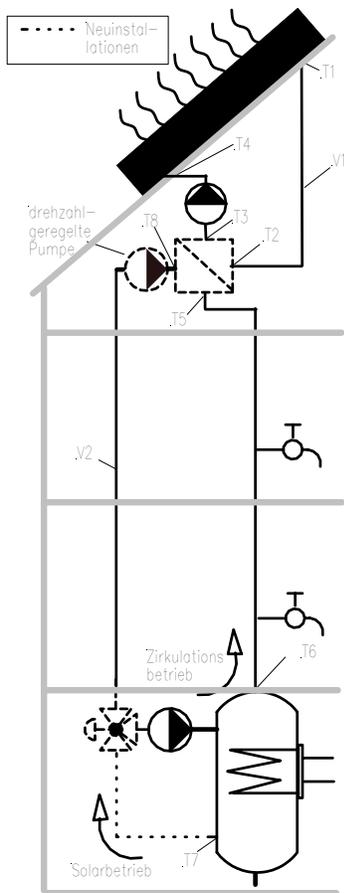
- Steht die Solaranlage wegen zu geringer Solarstrahlung still, geschieht die Warmwasserbereitstellung direkt aus dem Speicher und wird nach passieren der Verbraucher über die Zirkulationsleitung dem Speicher wieder zurückgeführt (*Herkömmliche Warmwasserzirkulation*).
- Steht Solarenergie am Kollektorfeld zur Verfügung, wird die Flussrichtung im Warmwasser (WW)-Kreislauf durch das Ausschalten der Zirkulationspumpe und das gleichzeitige Einschalten der drehzahlgeregelten Pumpe umgekehrt (siehe Abb. .).

Das 3-Weg-Ventil am Solarspeicher schaltet von WW-Zirkulationsbetrieb (Rücklauf in oberes Drittel des Speichers) auf Speicherladungsbetrieb (Bezug aus unterem Drittel) um. Kaltes Wasser aus dem unteren Speicherdrittel wird im Solarbetrieb über die Zirkulationsleitung zum Wärmetauscher (WT) (Solarkreis/WW-Kreis) transportiert und belädt den Speicher über die Warmwasser-Leitung im Rücklauf. Durch die Richtungsumkehr sowie der Wasserentnahme aus dem unteren Drittel im Speicher wird eine Schichtung des Speichers von oben gewährleistet. Die Zirkulation ist 24 h in Betrieb. Die Zusatzheizung geschied im oberen Speicherdrittel.

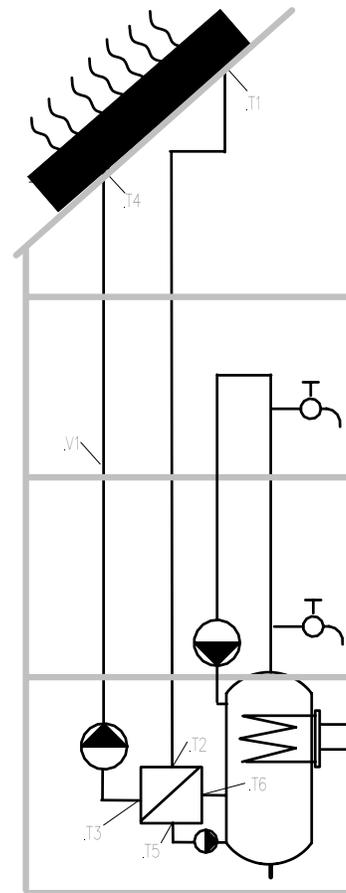
#### 3.1.2. Modell der herkömmlichen Solaranlage (Abb. 2)

Der Kollektor ist mit den Speicher über eine Vor- und Rücklaufleitung und einem externen Wärmetauscher verbunden. Der Anschluss des externen Wärmetauschers befindet sich im unteren Drittel des Speichers. Die Zirkulationsleitung und Warmwasserleitung sind im obersten Teil des Speichers angeschlossen. Die Warmwasserzirkulation ist wie bei der Zirkulationseinbindung 24 h in Betrieb. Bei unzureichender Sonneneinstrahlung beheizt die externe Energiequelle nur den obersten Teil des Speichers.

Zur Vergleichbarkeit der beiden Systeme wurde darauf geachtet, bei beiden Simulationen identische Berechnungsmethoden zu verwenden.



**Abb. 1:** Prinzipschema einer solaren Warmwasseranlage mit Wärmetransport über die bestehende Zirkulationsleitung.



**Abb. 2:** Prinzipschema einer herkömmlichen solaren Warmwasseranlage.

### 3.2. Steuerungskonzept im Modell

#### 3.2.1. Modell der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung

Die Steuerung der Anlage ist darauf angelegt, den Verbrauchern eine konstante, vorzuziehende Warmwassertemperatur zu garantieren. Um dies zu erreichen, wird bei Solarbetrieb die Fließgeschwindigkeit der Warmwasserzirkulation so geregelt, dass das Wasser in der Zirkulationsleitung nach dem Passieren des Wärmetauschers die vorgegebene Temperatur erreicht. Kann der Kollektorkreis die benötigte Temperatur nicht bringen, schaltet die Solaranlage ab. Die Warmwasserversorgung geschieht dann aus dem Speicher.

### 3.2.2. Modell der herkömmlichen Solaranlage

Sowohl in der Zirkulationsleitung wie im Kollektorkreis werden im Gegensatz zur Solaranlage mit Zirkulationseinbindung konstante Geschwindigkeiten angenommen.

Die Steuerung der Anlage geschieht über eine herkömmliche Temperaturdifferenzsteuerung, welche die Kollektor- und Speichertemperatur vergleicht.

Der Kollektorkreis wird ausserdem abgeschaltet, sobald der Wirkungsgrad des Kollektors auf Grund der stündlichen Iteration und hoher Kollektortemperaturen negativ wird, was einer Wärmeabstrahlung des Kollektors an die Umgebung entspricht und nur im Stillstandsverhalten eintritt (maximale Speicherbelastung).

### 3.3. Getroffene Vereinfachungen in der Simulation

Da in dieser Vorstudie die Berechnungen unter Microsoft Excel durchgeführt wurden, mussten gewisse Vereinfachungen in den Algorithmen getroffen werden:

- Die Iteration wird in Stunden-Schritten durchgeführt. Mit der Verkleinerung der Iterationsschritte könnte die Genauigkeit der Simulation verbessert werden.
- Das verwendete Speichermodell basiert auf einem Speicher, bei dem kein Wärmeaustausch zwischen Warm- und Kaltwasserzone stattfindet.
- der Vorlauf zum Wärmetauscher wird bei beiden Modellen immer mit Kaltwasser (12°C) gespiesen, solange der Speicher nicht voll ist.
- Die temperaturabhängigen Materialeigenschaften (Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit) wurden als konstant angenommen.
- Zur Wärmedämmung der Leitungen trägt in diesem Modell nur der Wärmewiderstand des Dämmstoffes selbst bei.

### 3.4. Algorithmen

#### 3.4.1. Modell der herkömmlichen Solaranlage

Bei den Formelangaben bedeutet ein  $\uparrow$ , dass der entsprechende Wert aus dem jeweils vorhergehenden Iterationsschritt verwendet wird. Die ausführliche Simulationsstruktur und Parameterbezeichnung ist im Anhang B aufgeführt.

$\eta$  der Wirkungsgrad der Kollektoren wird:

$$\eta = c_0 - c_1 \frac{T_1^\uparrow + T_4^\uparrow - 2T_U}{2G_k} - c_2 \frac{(T_1^\uparrow + T_4^\uparrow - 2T_U)^2}{4G_k}$$

dabei ist	$T_1$	Wassertemperatur Kollektoraustritt [°C]
	$T_4$	Wassertemperatur Kollektoreintritt [°C]
	$T_U$	Umgebungstemperatur [°C]
	$c_0$	Kollektorkonstante (opt. Wirkungsgrad)
	$c_1$	Kollektorkonstante [W/m <sup>2</sup> K]
	$c_2$	Kollektorkonstante [W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ]
	$G_k$	Globale Bestrahlungsstärke auf Kollektorebene [W/m <sup>2</sup> ]

$\eta$  wird Null gesetzt, wenn er negativ wird auf Grund der Iteration.

$\beta$  ist der Flag, welcher anzeigt, ob der Kollektorkreis läuft oder ausgeschaltet wird.

$\beta$  ist gleich 1, wenn der Wirkungsgrad Null oder negativ wäre, also wenn der Kollektorkreis abgeschaltet wird:

$$\beta = \text{if } \eta=0 \text{ then } 1 \text{ else } 0$$

$T_6$  die wasserseitig WT - Austrittstemperatur wird so berechnet, dass die am Kollektor generierte Energie abgeführt werden kann:

$$T_6 = \text{if } \beta \text{ then } T_5 \text{ else } \frac{\eta \cdot G_{\text{tot}} - P_{V,1}^\uparrow - P_{V,2}^\uparrow}{\delta_{\text{Wasser}} \cdot c_{p,\text{Wasser}} \cdot \dot{V}_2} + T_5$$

dabei ist	$T_5$	WT - Eintrittstemperatur wasserseitig [°C]
	$G_{\text{tot}}$	Globale Bestrahlung auf Kollektorebene [W]
	$P_{V,1}^\uparrow$	Wärmeverluste im Kollektorkreis (Kollektor-WT) [W]
	$P_{V,2}^\uparrow$	Wärmeverluste im Kollektorkreis (WT - Kollektor) [W]
	$\dot{V}_2$	Volumenstrom im WW-Kreis [L/h]
	$c_{p,\text{Wasser}}$	spez. Wärmekapazität Wasser [W/kgK]

$T_2$  die kollektorseitige Wärmetauscher-Eintrittstemperatur kann aus  $T_5$ ,  $T_6$  und der Betriebscharakteristik  $\Phi$  des Wärmetauschers ermittelt werden. Daraus kann  $T_3$  und alle anderen Temperaturen im Kollektorkreis nach Wärmetauscher, vor und nach Kollektor, wieder ermittelt werden.

$$T_2 = \text{if } \beta \text{ then } T_1 \text{ else } T_5 + \frac{T_6 - T_5}{\Phi}$$

$\Phi$  die Betriebscharakteristik des Wärmetauschers setzt sich wie folgt zusammen:

$$\Phi = \frac{1 - e^{-\kappa(1-\tau)}}{1 - \tau \cdot e^{-\kappa(1-\tau)}}$$

Dabei steht  $\tau = c_P \cdot M_2 / (c_P \cdot M_1)$  (Index 2 für den kälteren Strom, Index 1 für den wärmeren Strom) für das Wärmestromverhältnis und  $\kappa = kA / (c_P \cdot M_2)$  für die Leistungskennzahl.

$P_V$  die Rohr-Wärmeverluste werden allgemein nach folgender Formel berechnet:

$$P_V = \frac{l \cdot \pi \cdot (T_i - T_a)}{\frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln\left(\frac{D_a}{D_i}\right)}$$

dabei ist	$l$	die Länge des Rohres [m]
	$T_i$	Temperatur im Rohr [°C]
	$T_a$	Ausstemperatur [°C]
	$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes [W/mK]
	$D_i$	Innendurchmesser der Dämmung [m]
	$D_a$	Aussendurchmesser der Dämmung [m]

$P_{solar,brutto}$  der solare Bruttoertrag berechnet sich aus den Temperaturen vor und nach dem Wärmetauscher. Die Wärmeverluste zwischen Wärmetauscher und Speicher wurden bei der herkömmlichen Variante vernachlässigt, da sich der Wärmetauscher unmittelbar am Speicher befindet.

$$P_{solar,brutto} = \text{if } \beta \text{ then } 0 \text{ else } (T_6 - T_5) \cdot \rho_{Wasser} \cdot c_{P,Wasser} \cdot \dot{V}_2$$

### 3.4.2. Modell der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung

Der wesentlichste Unterschied in der Berechnung der Zirkulationseinbindung gegenüber der herkömmlichen Anlage liegt darin, dass die Fließgeschwindigkeiten in den Leitungen nicht konstant sind. Der Volumenstrom  $\dot{V}_2$  in der Zirkulationsleitung ist bei Solarbetrieb:

$$\dot{V}_2 = \frac{\eta \cdot G_{\text{tot}} - P_{V,1} - P_{V,2}}{(T_5 - T_8) \cdot \delta_{\text{Wasser}} \cdot c_{P,\text{Wasser}}},$$

dabei ist	$P_{V,1}$	Wärmeverluste im Kollektorkreis (Kollektor-WT) [W]
	$P_{V,2}$	Wärmeverluste im Kollektorkreis (WT - Kollektor) [W]
	$G_{\text{tot}}$	Globale Bestrahlung auf Kollektorebene [W]
	$T_5$	WT - Austrittstemperatur wasserseitig (bei Zirk.betrieb) [°C]
	$T_8$	WT - Eintrittstemperatur wasserseitig (bei Zirk.betrieb) [°C]

Der Volumenstrom  $\dot{V}_1$  im Kollektorkreis berechnet sich aus

$$\dot{V}_1 = \frac{\eta \cdot G_{\text{tot}}}{(T_1 - T_4) \cdot \delta_{\text{Wasser}} \cdot c_{P,\text{Wasser}}},$$

dabei ist	$T_1$	Wassertemperatur Kollektorausritt [°C]
	$T_4$	Wassertemperatur Kollektoreintritt [°C]

Für die Kalkulation der Temperaturen werden jeweils die Volumenströme des vorhergehenden Iterationsschrittes verwendet.

Eine wesentliche Änderung bei der Zirkulationseinbindung ist auch die Bestimmung jener Zeiten, in welchen der Kollektorkreis abgeschaltet und die Zirkulationsrichtung umgekehrt wird. Dies ist dann der Fall, wenn  $\beta = 0$  oder  $\delta = 1$ , wobei

$$\beta = \text{if } (\eta = 0 \text{ OR } v_2 < v_{2,\text{min}}) \text{ then } 0 \text{ else } 1$$

und

$$\delta = \text{if } v_1 < v_{1,\text{min}} \text{ then } 1 \text{ else } 0.$$

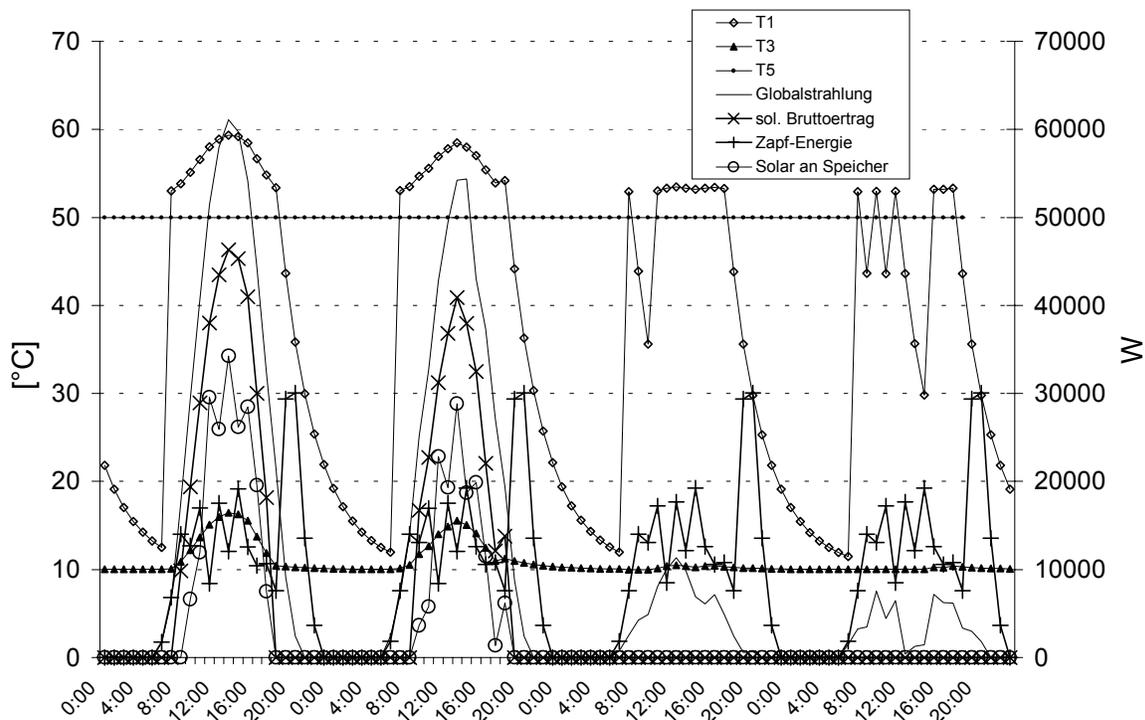
Dabei steht wiederum der Index 1 für den Kollektorkreis, der Index 2 für die Zirkulationsleitung.

## 4. Ergebnisse der Simulation

Um die Energieverluste und -gewinne der Zirkulationseinbindung beurteilen zu können, wurde bei unterschiedlichen Anlagegrößen die Energiebilanz einer solaren Warmwasseranlage mit Zirkulationseinbindung mit einer herkömmlichen Solaranlage verglichen.

Bei dem Anlagenvergleich wurde von einem Mehrfamilienhaus mit 100 Einwohnern ausgegangen, von denen jeder durchschnittlich 50 Liter Warmwasser pro Tag verbraucht. Die Ziel-Warmwassertemperatur  $T_5$  wurde auf  $50^\circ\text{C}$  festgelegt, die minimale zulässige Warmwassertemperatur auf  $50^\circ\text{C}$ , nach unterschreiten dieser Minimaltemperatur wird die Solaranlage abgeschaltet, aus Gründen der Legionellenbildung. Als Beispiel-Kollektor wurde ein Röhrenkollektor (SPF Nr. 222) und ein Flachkollektor (SPF Nr. 300) verwendet. Alle weiteren Parameter des Modells sind im Anhang aufgelistet.

Abbildung 3 zeigt das typische Anlageverhalten einer  $60\text{m}^2$  Anlage mit Zirkulationseinbindung, simuliert über 4 Tage im Juli. Die Zapftemperatur wird über den variablen Volumenstrom bzw. über die Nachwärmung konstant gehalten. Liegt zu geringe solare Einstrahlung vor, kann die Kollektoraustrittstemperatur  $T_1$  nicht mehr gehalten werden. Die Energieeinspeisung findet an 2 Tagen trotz  $T_1 > 50^\circ\text{C}$  nicht statt da der Volumenstrom die Minimalgrenze unterschritten hat. Die an den Speicher gelieferte Solarenergie steht in Abhängigkeit zur Globalstrahlung und dem Warmwasserzapfprofil. Das solar erzeugte Warmwasser wird vorrangig direkt an die Zapfstelle geliefert. Die Speicherbeladung geschieht zweitrangig.



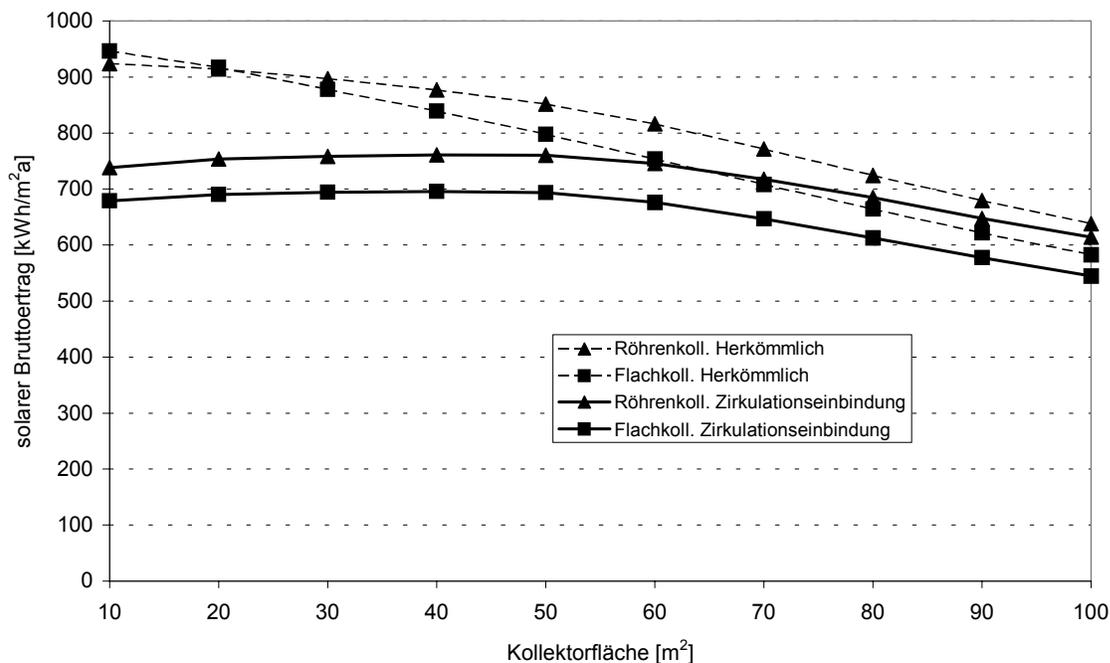
**Abb. 3:** Simulation einer  $60\text{m}^2$  WW-Solaranlage mit Zirkulationseinbindung (1. – 4. Juli)

Die Ergebnisse der herkömmlichen Anlagensimulation wurden mit gängigen Simulationssoftwaretools (Polysun3.3) verglichen und weisen eine gute Übereinstimmung auf bei gleicher Parametereinstellung.

Die Kollektorfläche wurde in der Simulation in 10m<sup>2</sup>-Schritten von 10m<sup>2</sup> bis 100m<sup>2</sup> variiert, das Speichervolumen wurde zur besseren Vergleichbarkeit der Resultate konstant auf 3 m<sup>3</sup> gehalten. Die solaren Bruttoerträge, die Zusatzenergie sowie die Wärmeverluste über Leitungen und Speicher wurden erfasst und ausgewertet.

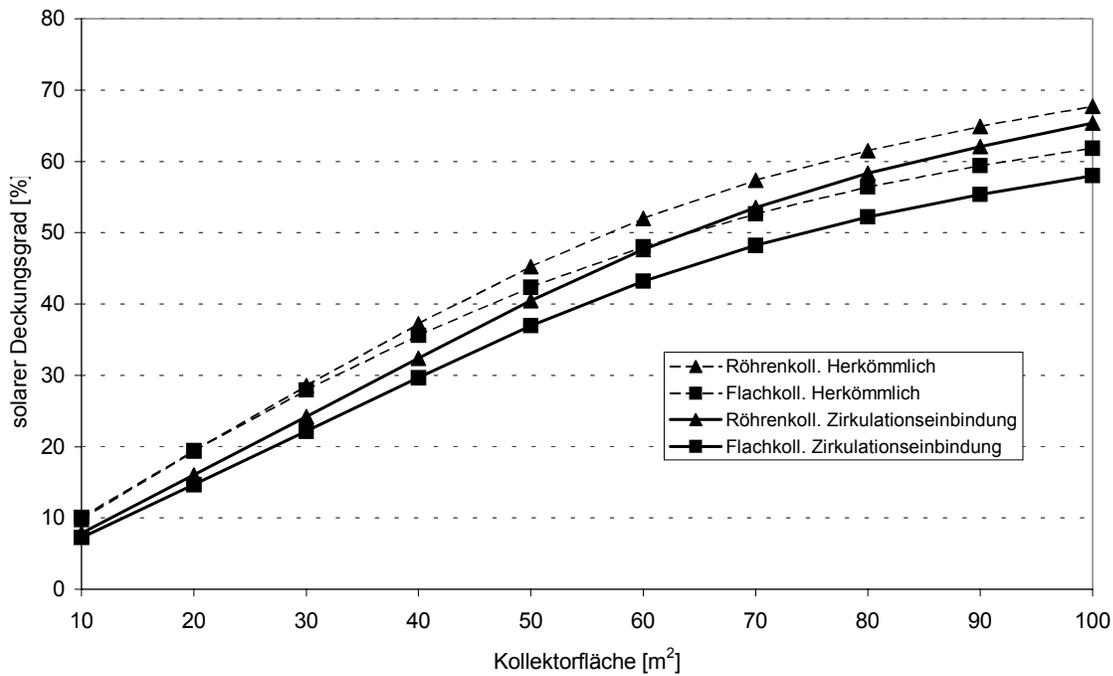
Abbildung 4 zeigt den solaren Bruttoertrag in Abhängigkeit der Kollektorfläche der simulierten Solaranlagen. Die Zirkulationseinbindung zeigt ein Maximum des solaren Bruttoertrages im Bereich 30 – 60 m<sup>2</sup> (Abb. 4). Unterhalb 30m<sup>2</sup> bewirkt die Temperaturhochhaltung eine Ertragsverminderung gegenüber der herkömmlichen Solaranlage. Bei grossen Kollektorfeldern nimmt der solare Bruttoertrag auf Grund des hohen Deckungsgrades bei beiden Anlagen ab. Die Ertragsverminderung der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung passt sich bei hohem solarem Deckungsgrad dem Betriebsverhalten einer herkömmlichen Solaranlage an.

Röhrenkollektoren weisen bei der Zirkulationseinbindung ein besseres Betriebsverhalten auf, verglichen zu Flachkollektoren. Daraus ist ersichtlich, dass die Verwendung der Zirkulationsleitung vor allem für Anlagen mit hohem Temperaturniveau (hoher Deckungsgrad, Röhrenkollektoren, Low-Flow) anzuwenden ist.

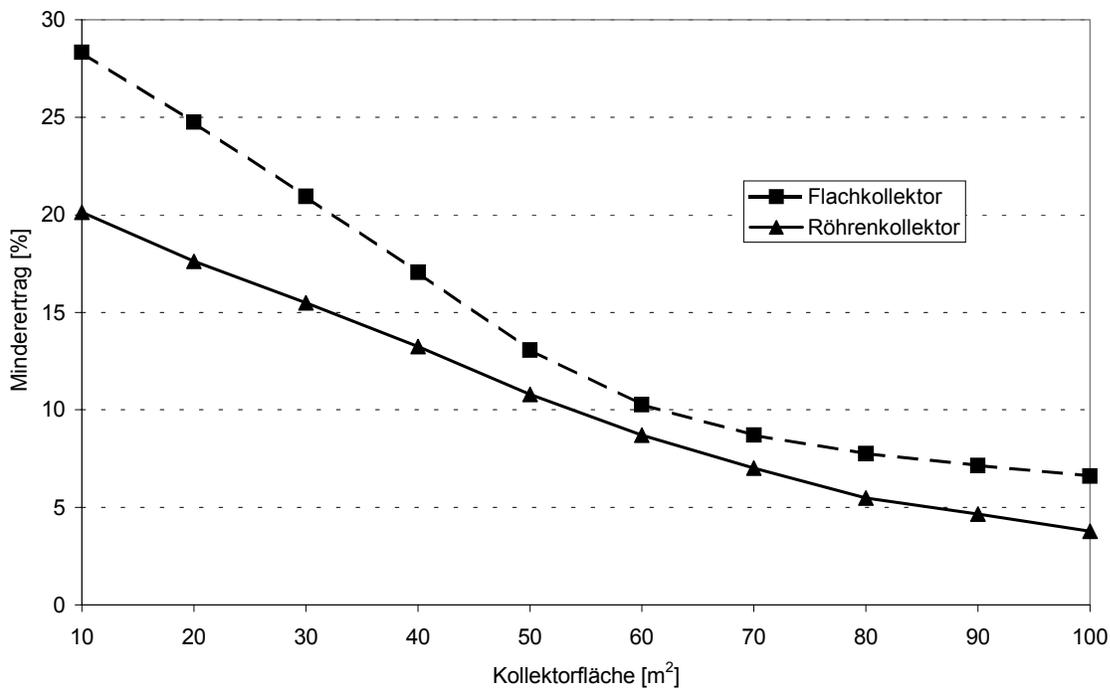


**Abb. 4:** Solarer Bruttoertrag in Abhängigkeit der Kollektorfläche von herkömmlichen Anlagen und Anlagen mit Zirkulationseinbindung.

Die maximale Speicherbeladung über die Solaranlage ist abhängig von der maximal möglichen Temperatur im Warmwasserkreislauf und sollte auf Grund der Verbrühungsgefahr 65°C nicht überschreiten. Da mit der Zirkulationseinbindung auch eine Investitionskostenverminderung zu erwarten ist, kann die Energieertragseinbusse noch nicht mit Unwirtschaftlichkeit gleich gesetzt werden. Die Thematik der Wirtschaftlichkeit wird in Kapitel 6 dieser Studie behandelt.



**Abb. 5:** Solarer Deckungsgrad in Abhängigkeit der Kollektorfläche von herkömmlichen Anlagen und Anlagen mit Zirkulationseinbindung.



**Abb 6:** Mindererträge einer Zirkulationseinbindung gegenüber einer herkömmlichen Solaranlage. (100%=sol. Bruttoertrag herkömmliche Anlage)

Vergleicht man die Mindererträge der Zirkulationseinbindung gegenüber einer herkömmlichen Solaranlage zeigt sich, dass unterhalb 30% Deckungsgrad die Ertragsminderung über 17% steigt

(Abb. 6). Ab einen solaren Deckungsgrad von 46% sinkt der Minderertrag selbst bei den verwendeten Flachkollektoren unterhalb 10%.

Die angegebenen Mindererträge berücksichtigen bereits die Energieeinsparung auf Grund verringerter Rohrleitungslänge im Kollektorkreis bei der Zirkulationseinbindung. Die Isolationsverluste im Kollektorkreis herkömmlicher Anlagen betragen 2.5 % der solaren Bruttoenergieerträge.

Die Angaben beziehen sich auf die hier verwendeten Kollektorfabrikate und können nur bedingt auf andere Fabrikate übertragen werden.

Kann die Legionellenbildung über eine UV-Desinfektionierung vermieden werden, wie es in einem der untersuchten Altersheime der Fall ist, kann die Solaranlage auch mit niedrigeren Kollektortemperaturen betreiben werden, was den Ertrag der Anlage entscheidend verbessert.

## 5. Untersuchungen am Gebäude

Die Untersuchungen wurden an 2 Mehrfamilienhäusern und einem Altersheim im Kanton Basel durchgeführt. Weitere 3 Gebäude werden nachträglich im Kanton Baselland untersucht mit der Absicht, eine Testanlage an den untersuchten Gebäuden im Anschluss an diese Studie zu installieren.

Die einzelnen Gebäude wurden auf ihre grundsätzliche Eignung für eine Solaranlage zur Wassererwärmung bei einer Begehung kontrolliert. Anschliessend wurde das gesamte Warmwasserleitungsnetz aufgezeichnet und auf die hydraulische Einbindung der Solaranlage untersucht (wie zum Beispiel in [Abb. 7](#)).

Nach Abklärung der Machbarkeit wurden sinnvolle Anlagegrössen einer Solaranlage für die einzelnen Gebäude bestimmt und ein Konzept inklusive der Investitionskosten für den Eigentümer erstellt. Die einzelnen Gebäudestudien sind im [Anhang A](#) aufgeführt.

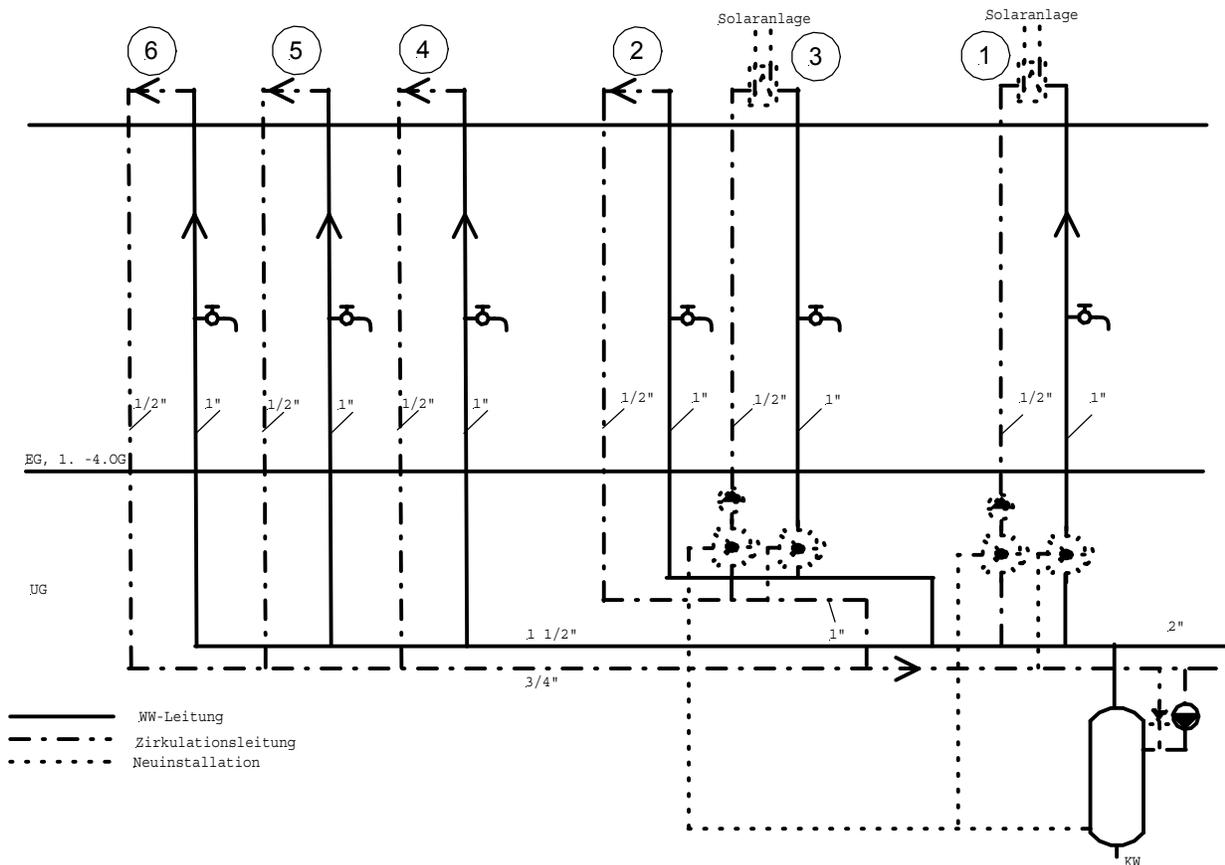
Insgesamt wurden in einem ersten Schreiben an Liegenschaftsbesitzer und Sozialen Einrichtungen (Altersheime, Spitäler) 36 Adressen angeschrieben, daraus haben sich 5 Kontakte ergeben. 2 der Gebäude sind bereits im Vorfeld ausgeschieden, da die Warmwasserversorgung über eine Ringzirkulation betrieben wird, bei der auf der Vor- und Rückleitung Warmwasser bezogen wird. Diese Art der Warmwasserzirkulation kommt vor allem in älteren Gebäuden vor und wird heute nicht mehr installiert.

Die untersuchten Gebäude konnten bereits hilfreiche Daten liefern für die Einbindung der Solaranlage in die bestehende Warmwasserversorgung (Kapitel 4.1) sowie zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit (Kapitel 6).

Gebäudedaten aus dem Aktionsprogramm Energie 2000, Solare Vorwärmung konnten für diese Studie zusätzlich ausgewertet werden, um den Anteil der Gebäude mit Zirkulationsleitungen besser zu ermitteln. Von den in den 90-iger Jahren untersuchten 29 Gebäuden verfügen nur 5 Gebäude über keine Zirkulationsleitung. Die Daten geben allerdings keinen Aufschluss über die Art der Zirkulation und deren mögliche Einbindung der Solaranlage. Der durchschnittliche Kostenanteil der Solarleitung bei 29 ausgewerteten Anlageofferten betrug 17%.

### 5.1. Hydraulische Einbindung der Solaranlage

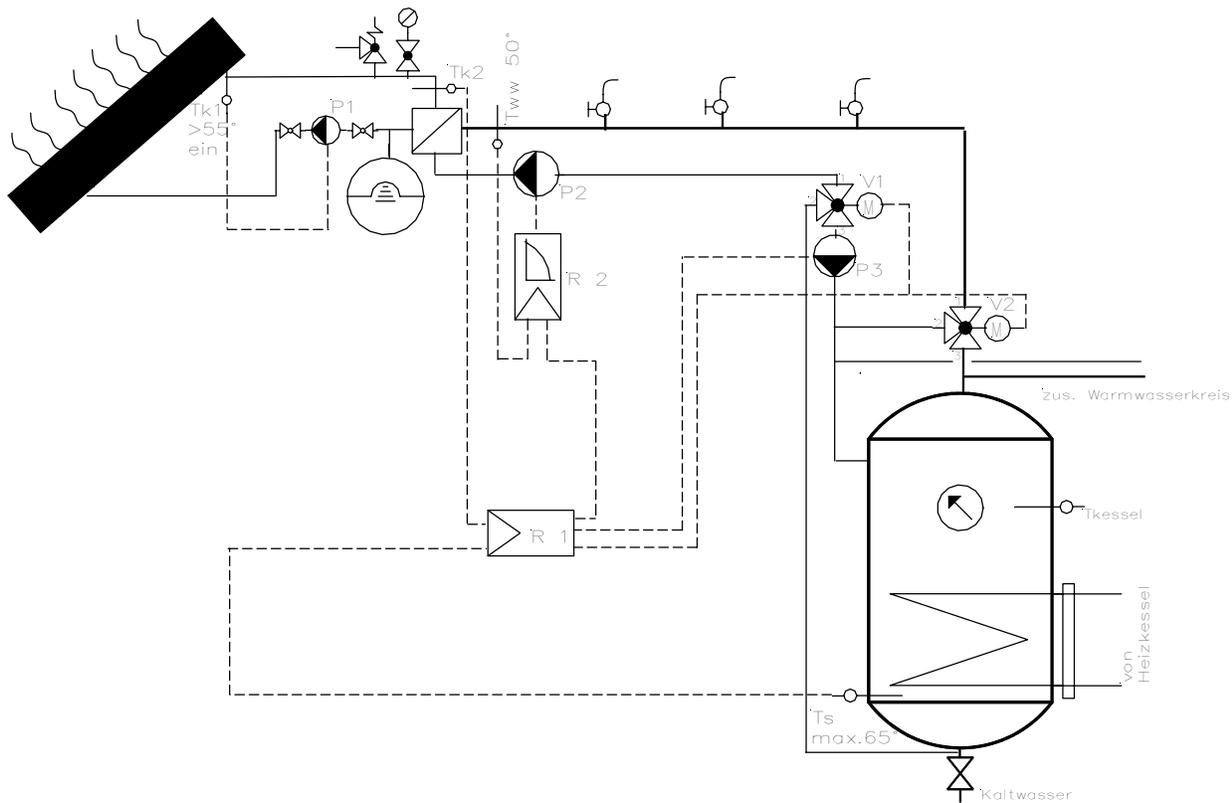
Die Untersuchung bestehender Bauten auf ihre Eignung für die Zirkulationseinbindung bedarf einer sorgfältigen Aufzeichnung des gesamten Leitungsnetzes, um unkontrollierte Strömungen zu vermeiden. Steht ein Zirkulationsstrang ohne Zapfstelle zur Verfügung, muss die Anschlussmöglichkeit der Solaranlage überprüft werden sowie der verfügbare Leitungsquerschnitt und die Einbindung dieser Leitung in das übrige Warmwassernetz.



**Abb. 7:** Warmwasserversorgung Wohngenossenschaft Burgfelderhof, Basel mit Einbindung der Solaranlage über zwei Warmwasserkreisläufe.

Mit Hilfe der untersuchten Warmwasserversorgung konnte eine Anschlussmöglichkeit ausgearbeitet werden, die eine weitestgehend sichere und übersichtliche Strömung gewährleistet (siehe [Abb. 8](#)). Hierbei wird bei Solarbetrieb, über zwei 3-Weg Ventile der Kollektorkreis in den Warmwasserkreislauf eingeschaltet. Die Speicherbeladung wird über den Zirkulationsanschluss in den Speicher getätigt. Dadurch wird ermöglicht, dass gleichzeitig die Solaranlage und die restliche Warmwasserversorgung in herkömmlicher Flussrichtung betrieben werden kann. Weitere Varianten der Einbindung, mit zwei Speichern die für die untersuchten Gebäude erstellt wurden, sind im Anhang A zu finden.

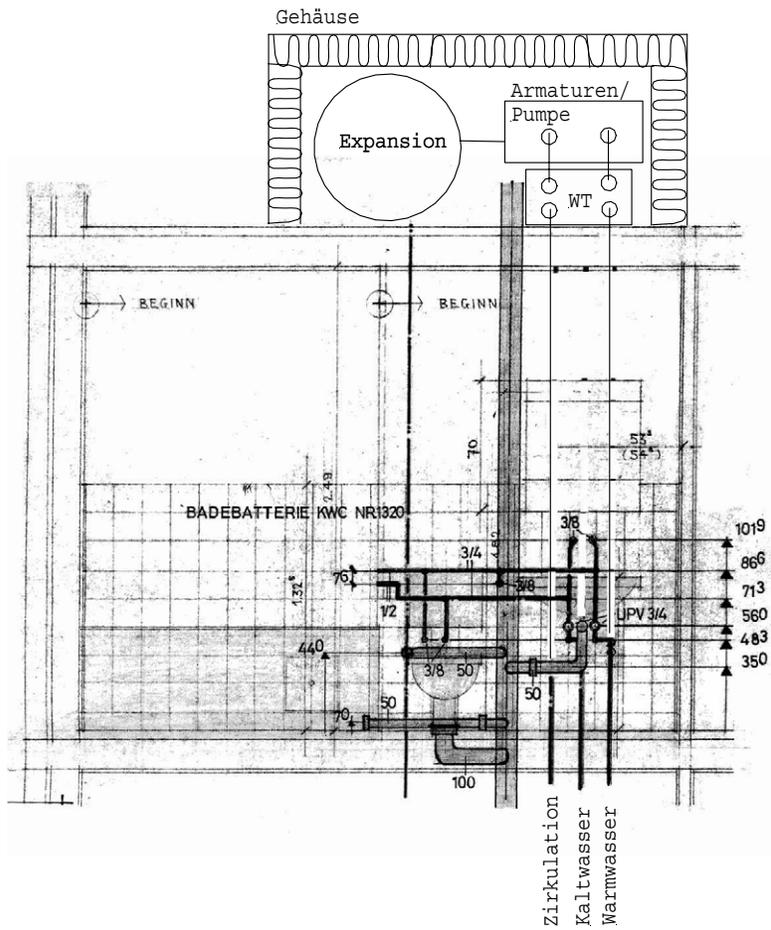
Oft muss beim Einbau einer herkömmlichen Solaranlage ein zusätzlicher Speicher installiert werden, weil keine Möglichkeit für einen Wärmetauscheranschluss für die Solaranlage vorhanden ist. Durch die Verschiebung des Wärmetauschers (Kollektorkreis/ Warmwasserkreis) aus dem Speicher in das Gebäudedach und durch die direkte Einspeisung der Solarenergie in die Warmwasserversorgung wird dieses Problem bei der Zirkulationseinbindung umgangen, sofern das Speichervolumen sich als ausreichend erweist.



**Abb. 8:** Prinzipschema, Zirkulationseinbindung solare Warmwassererwärmung

Müssen große Kollektorfelder über die Zirkulationseinbindung in bestehenden Bauten erschlossen werden, bei denen der Querschnitt der Zirkulationsleitung den Energieabtransport beschränkt, kann über mehrere WW-Stränge gleichzeitig gefahren werden (siehe Abb. 7). Durch diese Aufteilung des Kollektorfeldes in kleinere Einheiten kann die Speicherplatzierung flexibel gestaltet werden, führt jedoch auch zu einem Mehraufwand in der Erschließung der einzelnen Kollektorfelder.

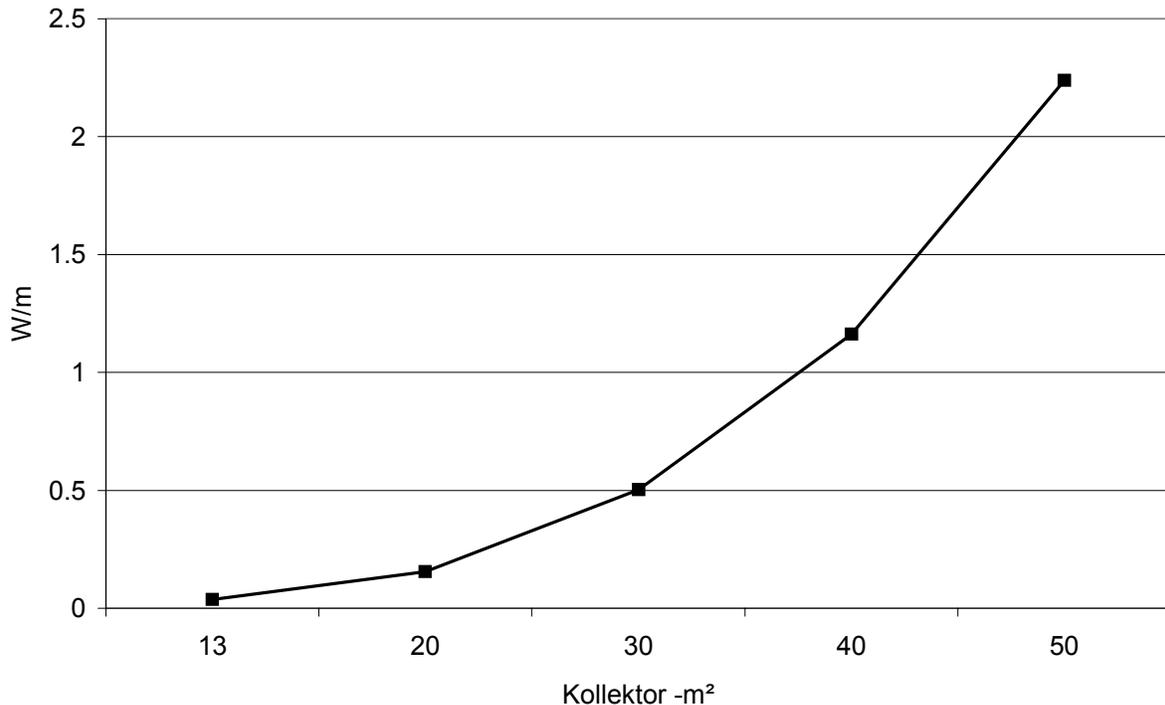
Für die Einbindung der Solaranlage in das Zirkulationsnetz bedarf es langfristig einer kompakten Bauweise der Armaturengruppe inklusive des Wärmetauschers, welche in einem isolierten Gehäuse auch ausserhalb des Gebäudes, direkt oberhalb des Warmwasserkreislaufs, platziert werden kann (siehe Abb. 9). Die Platzierung des Wärmetauschers sowie des Expansionsgefäßes wäre im Wohnungsbereich frostunabhängiger, bedarf jedoch der Bereitschaft des Bewohners. Für den Anschluss der Solaranlage in den Warmwasserkreislauf (Zirkulationseinbindung) konnte in allen untersuchten Gebäuden eine Möglichkeit entweder auf dem Flachdach bzw. im Kaltdach gefunden werden.



**Abb. 9:** Anschluss Kollektorkreis an Warmwasserkreis auf dem Flachdach

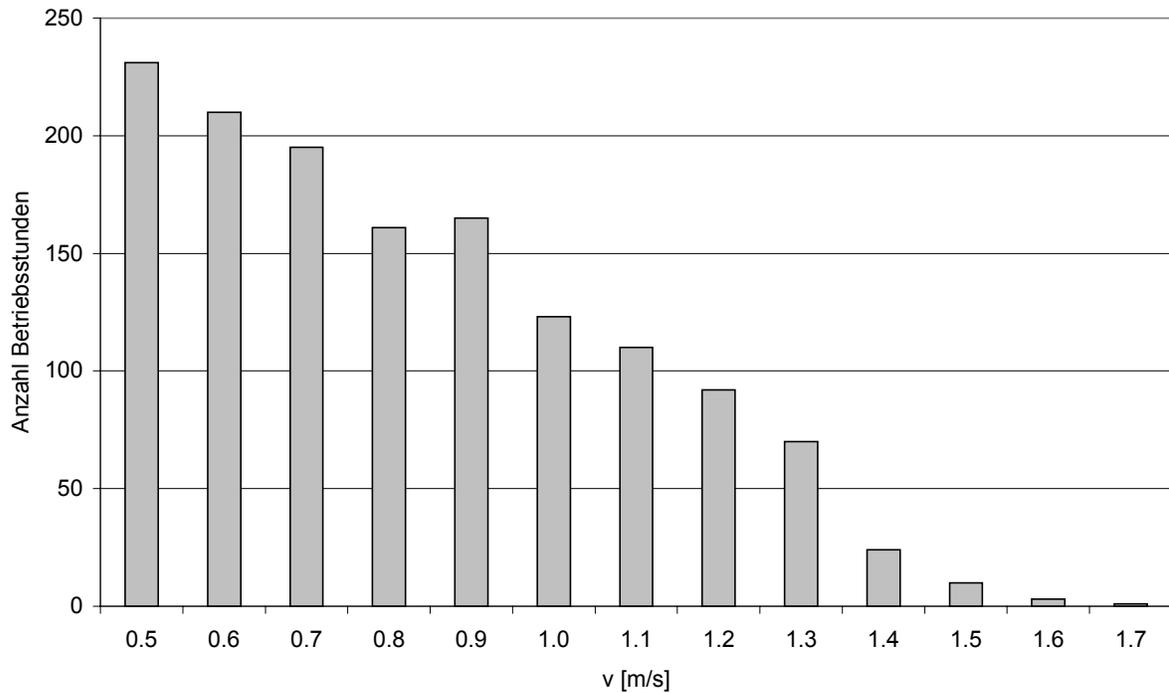
## 5.2. Beanspruchungen in der Zirkulationsleitung

Abbildung 10 zeigt die längenspezifisch aufzubringende Pumpenleistung bei einer DN15-Leitung mit einem Volumenstrom für herkömmliche Solaranlagen von 30 Liter/h m<sup>2</sup> - Kollektor. Es zeigt sich, dass die Rohrreibungsverluste in der gesamten Energiebilanz vernachlässigt werden können.



**Abb. 10:** Längenspezifisch aufzubringende Pumpenleistung in Abhängigkeit der installierten Kollektorfläche

Der Energietransport wird vielmehr eingeschränkt durch Materialabtrag an der Innenseite der Rohrleitungen auf Grund zu hoher Strömungsgeschwindigkeiten, die besonders an Bögen Langzeitschäden verursachen können. Bei einer 60m<sup>2</sup> - Anlage mit simulierter Zirkulationseinbindung beträgt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit 0.5 m/s (max. 1.61 m/s) bei einer 35m langen DN15-Cu-Zirkulationsleitung. In 49% der 1850 Betriebsstunden lag dabei die Strömungsgeschwindigkeit unterhalb 0.6 m/s (siehe Abb. 11).



**Abb. 11:** Häufigkeitsverteilung der Fließgeschwindigkeit pro Jahr in der 1/2“ Zirkulationsleitung einer 60m<sup>2</sup> Solaranlage mit Zirkulationseinbindung.

In Neubauten kann die Zirkulationsleitung entsprechend der Kollektorfläche vorausdimensioniert werden, wodurch sich die Problematik des Energieabtransports bei kleinem Zirkulationsquerschnitt lediglich auf bestehende Gebäude mit bestehenden Zirkulationsleitungen beschränken.

## 6. Anlagesteuerung

Die Solaranlage wird grundsätzlich wie eine herkömmliche Solaranlage gesteuert (siehe Abb. 8), indem die Kollektortemperatur am Fühler Tk2 mit der Speichertemperatur Ts verglichen wird. Wenn diese Temperaturdifferenz erfüllt ist, schalten die beiden 3-Weg-Ventile, V1 und V2 auf den Solarbetrieb (1-2) um und der Regler R2 übernimmt die Gewährleistung der konstanten Warmwassertemperatur über die drehzahlgeregelte Pumpe P2. Gleichzeitig wird Pumpe 3 im Warmwasserkreis abgeschaltet. Pumpe P1 wird immer bei überschreiten der Kollektortemperatur  $Tk1 > 55^\circ$  eingeschaltet.

Die Solaranlage muss im Vorrang zum Heizkessel geschaltet sein.

Mit am Markt verfügbaren Solarsteuerungen kann die neue Installation bisher nur teilweise gesteuert werden. Für die Gewährleistung der konstanten Warmwassertemperatur über die drehzahlgeregelte Pumpe benötigt es noch einen Konstanttemperaturregler, welcher jedoch verfügbar ist.

*Die Anlagesteuerung kann wie folgt beschrieben werden:*

Pumpe 1 EIN WENN  $Tk1 > 55^\circ\text{C}$

Regler R1:

WENN  $Tk2 > 55^\circ\text{C}$  UND  $Ts < 50^\circ\text{C}$  DANN :

- Pumpe P3 AUS;
- schalte 3-Weg Ventile V1, V2 auf Durchgang in 1-2;
- gib Freizeichen an R2 für Pumpe P2 EIN

WENN  $Ts > 65^\circ\text{C}$  ODER  $Tk2 < 55^\circ\text{C}$  DANN :

- Pumpe P3 EIN;
- schalte 3-Weg Ventile V1, V2 auf Durchgang in 1-3;
- Pumpe P2 AUS

Regler R2:

- Drehzahl von P2 entsprechend  $T_{ww} = 50^\circ\text{C}$

## 7. Wirtschaftliche Abklärungen

Die wesentlichen Vorteile der Zirkulationseinbindung könnten in der langfristigen Senkung der Investitionskosten für die Solaranlage liegen. Zum heutigen Zeitpunkt sind die hohen Investitionskosten für den Bauherrn, auch wenn eine Rückzahlung der Kosten aus dem Energiepreis ersichtlich ist, die wesentliche Hemmschwelle gegen den Bau einer Solaranlage zur Warmwassererwärmung.

Deshalb muss es das langfristige Ziel sein, mittels innovativer Strategien eine deutliche Kostensenkung zu erreichen.

### 7.1. Vergleich der Investitionskosten

Um die Investitionskosten der Zirkulationseinbindung mit denen der herkömmlichen Installation vergleichen zu können, wurden für die untersuchten Gebäude Unternehmerofferten für beide Varianten eingeholt und die Kosten miteinander verglichen. Eine allgemein gültige Aussage zu den Kosteneinsparungen bei der Zirkulationseinbindung kann auf Grund der unterschiedlichen Baustruktur nicht gegeben werden. Vielmehr kann das folgende Beispiel einen Anhaltspunkt liefern über Möglichkeiten und Grenzen der Kosteneinsparung.

Am Beispiel der Wohngenossenschaft Burgfelderhof in Basel (Tab. 1) betragen die Kosteneinsparungen bei der Zirkulationseinbindung Fr. 24'023.-- gegenüber einer herkömmlichen Solaranlage. Da bei diesem Objekt bereits 2 Speicher à 2000 Liter bestehen, kann hier bei der Zirkulationseinbindung auf einen zusätzlichen Speicher verzichtet werden.

Bei der herkömmlichen Solaranlagenvariante würde sich auf Grund der Einbindung der Solaranlage in die bestehende Warmwasserversorgung ein Vorwärmespeicher anbieten, der nach der standardisierten Dimensionierung ein Volumen von 2500 Liter aufweisen müsste.

Bei einem gleichartigen Gebäude ohne genügend grosse Speichervolumen, müsste bei der Zirkulationseinbindung ein zusätzlicher Speicher vorgesehen werden. Dabei ergäben sich nur noch Kosteneinsparungen von Fr. 8'861.--, die auf die Einsparung der Rohrleitung im Kollektorkreis zurückzuführen sind.

Berücksichtigt man, dass es sich bei dieser Kostenaufstellung um eine erste Testanlage handeln würde, kann mit weiteren Kostenreduktionen gerechnet werden, sobald sich das System zu einer kompakten und leicht integrierbaren Einheit weiterentwickelt hat. Speziell die Elektroinstallation und die Einbindung der Solaranlage in das Sanitärnetz bergen hierzu noch erhebliches Einsparpotential.

Die Auswertung im Alters- und Pflegeheim Weiherweg, Basel ergibt eine durchschnittliche Kostenreduktion von 10 %. Bei diesem Objekt ist die Installation eines Speichers vorgesehen.

Das Mehrfamilienhaus Lange Gasse 1-5, St. Jakob Str. 29, verfügt weitestgehend über eine Ringzirkulation. Die Liegenschaft eignet sich jedoch hervorragend für eine Testanlage auf Grund des 1.5 x 3.85 m grossen Lichtschachtes, in dem die Warmwasserversorgung direkt erschlossen wird und für eine Testanlage mit möglichen Optimierungsmassnahmen einfach umzubauen ist.

**Tab. 1:** Investitionskosten einer 77m2 WW-Solaranlage herkömmlicher Variante im Vergleich zur Zirkulationseinbindung

<u>Einbau Solaranlage:</u>		herkömmlich Fr.	Zirkulationseinbindung Fr.
1.1	77m2 Kollektoren	33'040	33'040
1.2	Konsolen	6'930	6'930
1.2	Leitungen aussen	7'800	3'690
1.4	Leitungen innen	1'725	
1.5	Armaturen	1'760	3'200
1.6	Steuerung	500	500
1.7	Expansion	1'220	1'100
1.8	Frostschutz	2'176	960
2.1	2500 Liter Speicher (V4A)	14'262	
3.1	Montage Koll. Feld	8'470	8'470
3.2	Montage Leitungen aussen	4'600	1'840
3.3	Montage Leitungen innen	1'650	
3.4	Transport Speicher	900	
3.5	Installation Armaturengruppe an Speicher	300	
3.6	Elektroinstallation	1'400	2'800
3.7	Inbetriebnahme	720	900
4.1	Einbindung Sanitär DG		1'200
4.2	Einbindung Sanitär Keller	2'400	3'200
4.3	Gerüst Fassade	1'500	
4.4	Bauliche Massnahmen DG+auf Dach	1'000	500
<hr/>			
	Total	92'353	68'330
	Minderkosten		24'023      26%

## 7.2. Energiekostenbilanz

Tabelle 2 stellt die ermittelten Energiepreise aus der Solaranlage mit Zirkulationseinbindung der herkömmlichen Solaranlage gegenüber. Die Energiepreise setzen eine Lebensdauer der Anlagen von 25 Jahren voraus. Es zeigt sich, dass der Energiepreis der Zirkulationseinbindung um 13% unter dem der herkömmlichen Anlage liegt. Wäre ein zusätzlicher Speicher, auf Grund zu geringen Speichervolumen der bestehenden Anlage nötig, würde der Energiepreis bei der Zirkulationseinbindung den Energiepreis der herkömmlichen Solaranlage übersteigen.

Daraus ist ersichtlich, dass die Zirkulationseinbindung beim derzeitigen Stand der Technik sich vor allem dann als wirtschaftlicher als eine herkömmliche Installation erweist, wenn auf eine Installation des Solarspeichers verzichtet werden kann. Durch einfache Installationstechniken und Signalübertragung der Steuerung ohne zusätzliche Verlegung eines Fühlerkabels kann die neue Installationsvariante langfristig die herkömmliche Installation verdrängen.

**Tab. 2:** *Energiekostenbilanzierung, herkömmliche Variante im Vergleich zur Zirkulationseinbindung*

	Herkömmlich	Zirkulationseinbindung
Kollektorfläche	77	m <sup>2</sup>
WW-Verbrauch	160'740	kWh/a
Lebensdauer	25	a
solarer Deckungsgrad	39%	33%
Solarer Bruttoertrag	62'446	53'673 kWh/a
Investition	92'353	68'330 Fr.
Energiepreis	0.059	0.051 Fr./ kWh
Energiepreis mit Speicherinstallation	0.059	0.069 Fr./ kWh

## 8. Empfehlungen und weiteres Vorgehen

Die theoretischen Abklärungen sowie die Abklärungen an einzelnen Warmwasserversorgungen von bestehenden Gebäuden zeigen, dass die Einbindung der Solaranlage in die Warmwasserzirkulation technisch möglich ist.

Aus wirtschaftlicher und energetischer Sichtweise kann die neue Installationsvariante bereits mit herkömmlichen Anlagen konkurrieren und kann zu erheblichen Kosteneinsparungen führen, wenn durch diese Installation auf einen Solarspeicher verzichtet werden kann.

In einem weiteren Schritt kann eine Testanlage, an einem der untersuchten Gebäude wertvolle Erkenntnisse über das Betriebsverhalten sowie mögliche Optimierungsschritte bieten.

Nach erfolgreichem Anlagebetrieb muss durch geeignete PR-Massnahmen, die Multiplikation und die weitere Kostenreduzierung vorangetrieben werden.

Durch einfache Installationstechniken und Signalübertragung der Steuerung ohne zusätzliche Verlegung eines Fühlerkabels, kann die neue Installationsvariante langfristig die herkömmliche Installation verdrängen.

Ist die neue Installation ausgereift, kann die Kombination mit Drainback - Systemen in Betracht gezogen werden, um die Investitionskosten weiter zu senken.

## 9. Literaturangaben

- Recknagel H., Sprenger E., Hönnmann W.; Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik; Oldenburg Verlag, 1987, München
- Real M.; Simulation Warmwassersysteme, Forschungsprogramm Warmwasser, Bundesamt für Energie, 1999, Bern
- Polysun, SPF-Ingenieursschule, Rapperswil
- SWISSOLAR, Empfehlungen zur Nutzung von Sonnenenergie, 1997, Bern
- Blum B, Flück P., Jobin C., Wiest M., Solare Warmwassererzeugung, Bundesamt f. Konjunkturfragen, 1995, Bern

# ANHANG A1

## **Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage**

### **Mehrfamilienhaus**

**Lange Gasse 1 (3+5), St. Jakobstr. 29  
4052 Basel**

Die Liegenschaft Lange Gasse 1 (3+5), St. Jakobstr. 29 besteht aus 4 Einzelgebäuden mit jeweils 4 Obergeschossen. Die Gebäude verfügen jeweils über eine eigene Energieversorgung über Ölkessel mit angeschlossenen Warmwasserboiler (500 Liter). Im Gebäude Lange Gasse 5 wurde ein 2000 Liter Chromstahlboiler installiert.

Sanitärpläne liegen über die Liegenschaft nur beschränkt vor. Der Leitungsverlauf konnte jedoch bei der Gebäudebegehung recht gut nachvollzogen werden. Die Gebäude verfügen teilweise über eine Ringzirkulation, was die unmittelbare Einbindung der Solaranlage nicht möglich macht.

Das Gebäude St. Jakobstrasse 29 verfügt jedoch über einen 1.5 x 3.85 m grossen Lichtschacht, welcher gleichzeitig einen der 3 Warmwasserleitungen führt. Da in diesem Gebäude 3 Warmwasserleitungen zu einer Ringzirkulation verbunden wurden kann eine der Leitungen mit einer eigenen Zirkulationsleitung umgebaut werden um als Testanlage zu dienen. Das Gebäude ist auf Grund der völlig frei liegenden Warmwasserleitung und des bestehenden Kaltdaches sehr gut für eine Testanlage geeignet.

Das 16.5 m<sup>2</sup> Kollektorfeld kann über die im Estrich platzierte Installation erschlossen werden und ist somit leicht zugänglich. Der bestehende Speicher (Bauj. 1983) kann durch einen 1200 Liter Speicher ersetzt werden.

Für die restlichen Gebäude empfehlen wir die Installation herkömmlicher Solaranlagen gleicher Dimensionen um einen direkten Vergleich der Anlagen zu erzielen.

## Objektdaten Liegenschaft

Adresse der Liegenschaft:	MFH Lange Gasse 1 (3+5), St. Jakobstr. 29 4052 Basel	
Eigentümer:	T. Baumgartner	
Kontaktperson:	T. Baumgartner Largitzenstrasse 68 4055 Basel  Tel.: 061 / 321 60 37	

Baujahr:	1940
Nutzung:	Wohnen
Geschosse:	UG,EG, 1-5.OG
Anz. Wohnungen/Zimmer:	Lange Gasse 3+5
Anzahl Bewohner (Wohn.)	32
Energiebezugsfläche [m2]	2709 m2

Energieträger (WW/Heiz.):	Heizöl
Energieverbrauch:	16508 kg
Energiekennzahl [MJ/m2a]:	460

Warmwasserverbrauch [Liter/Tag]:	1300
In Wohnbauten gemäss Bewohnerzahl:	1300 (Anzahl Bewohner à 50 Liter/Tag)

### Zustand der Gebäudehülle

Zustand	Fenster	Doppelisoliertes Glas
	Fassade	Backstein
	Estrich/Dach	16cm Steinwolle
	Kellerdecken	-
Sanierungsabsichten:		-

Bedachung:	Neigung:	28°
Bedachungsmaterial:	Ziegel	
Orientierung:	32° St. Jakob	50° Lange Gasse
Freie Dachfläche:	-	
Beschattung:	keine	

Standort Heizung:	UG, eine Zentrale pro Haus	Lange Gasse 5:
Alter der Heizung:	1983	1980
Zustand der Heizung:	Buderus Lollar + Weishaupt Brenner	Buderus Logana+MAN-Br.
Sanierung Vorgesehen:		P: 110kW P: 69 kW
Platzangebot Heizzentrale:	ausreichend	Türbreite: 87 cm
Raumhöhe Heizzentrale:	max. 3.4 m	
Warmwasserversorgung:	Buderus Bestellboiler	Apaco-Speicher
Inhalt Wassererwärmer:	500 Ltr.	2000 Ltr.
Alter Wassererwärmer:	1983	1981
Zustand Wassererwärmer:	sanierungsbedürftig	gut

Bemerkungen:	Warmwasserzirkulation vorhanden bis unter Dach frei zugänglich 3/4 " Cr - Stahl (Pressfitting)	Lange Gasse 5:  Cu DN15
--------------	--	-------------------------------

## Anlage Dimensionierung

	Standart	gewählt	Bemerkung
Kollektorfläche AK [m2] = Warmwasserverb. [l/d] /100	13	16.5	Produkteab.
Solarspeichervolumen [l] = 30 * AK [m2]	390	1200	
Wärmetauscher-Leistung [kW] = 0,7 * AK [m2]	9.1	11.55	
Rohrdurchmesser Solarkreislauf [DN]	20	20	
Wärmedämmung Solarkreislauf [mm]	30	30	
Durchfluss Solarkreislauf [l/h]	390	495	

Begründung bei grösseren Abweichungen zur Standardauslegung

### Daten zur Integration der geplanten Solaranlage

Integration Vorwärmespeicher	UG, Heizraum
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	gut
Integration Kollektoren (Befestigung):	Dachintegration
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	5 x 15 m
Verbindungsleitungen (Ort):	Aussenfassade
Einfache Länge Speicher-Kollektor [m]:	32.2
Anteil der Leitungen Aussen [%]:	70

Weitere Bemerkungen:

St. Jakobstr 29 kann ein Kanal im Gebäude für die Leitungsführung verwendet werden (gut für Testanlage).



### Produktvorschlag:

Kollektoren	Fabr./Typ:	z.B.: Soltop	Alternativen: Rüesch
	Masse [mm*mm]:	2405x1250 mm	Schweizer
	Absorberfläche [m2]:	6 x 2.75m <sup>2</sup>	
	Flüssigkeitsinhalt [l]:	2,3 ltr/m <sup>2</sup>	
	Opt.Wirkungsgrad:	0.654	Kollektorfeld siehe Skizze
Speicher	Fabr./Typ:	z.B.: Feuron	Alternativen: Apaco ect.
	Inhalt [l]	1200	
	Masse [mm*mm]:	H: 1.98 m D: 90 cm	
	Material/Beschichtung:	V4A	
	Wärmetauscher [m2]:	2.8/2.4 m <sup>2</sup>	
Steuerung	Fabr./Typ:	Temperaturdifferenz (z.B.:Resol E1/SD)	
	Bauart:	mit Maximalbegrenzung	
	Zubehör:	Temperaturfühler	

## Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage

### Kosten / Ertrag

<b>Kostenzusammenstellung gemäss Firmenofferte</b>	[Fr.]	Bemerkung
- Kollektorfeld Lieferung und Montage auf vorbereiteter Dachfläche inkl. hydraulischen Zwischenverbindung Zuschläge: Vorbereitung Dachfläche, spez. Konstruktion Aufbringung, Gerüst, Kranen	11'550	
- Speicher Lieferung und Montage inkl. Wärmetauscher und Sanitär Anschlüsse Warmwasserseite Zuschläge: Einbringung, Platzschweissung etc. Mehrpreis Externer Wärmetauscher inkl. Zubehör	9'516	
- Leitungen Lieferung und Montage (Aussen und Innen) inkl. Wärmedämmung Zuschläge: Bauliche Massnahmen/Kernbohrungen	5'148	
- Solarmodul (Pumpe, Armaturen, Sicherheitseinrichtungen) Lieferung und Montage	1'182	
- Wärmezähler Solarkreislauf		
- Steuerung	450	
- Elektroinstallationen komplett Lieferung und Montage	930	
- Tech. Bearbeitung / Inbetriebsetzung	490	
- Planung		
- Bauleitung		
- Baugesuch	-	
<b>Demontage bestehende Boiler</b>	500	
<b>Rabatt</b> 7%	-2'083	
Total Anlagekosten Solare Vorwärmung exkl. MWSt. [Fr.]	27'683	
Total Anlagekosten inkl. MWSt. 7.6% [Fr.]	29'787	
<b>Total Anlagekosten abzüglich Fördermittel [Fr.]</b>	<b>14'893</b>	

#### Förderbeiträge / Finanzierungshilfen

Beiträge Kanton	Kanton Baselstadt 40% der Rest-Invest.	5'957
Beiträge Bund	P+D Beiträge	8'936
P+D, kommunale Beiträge...		

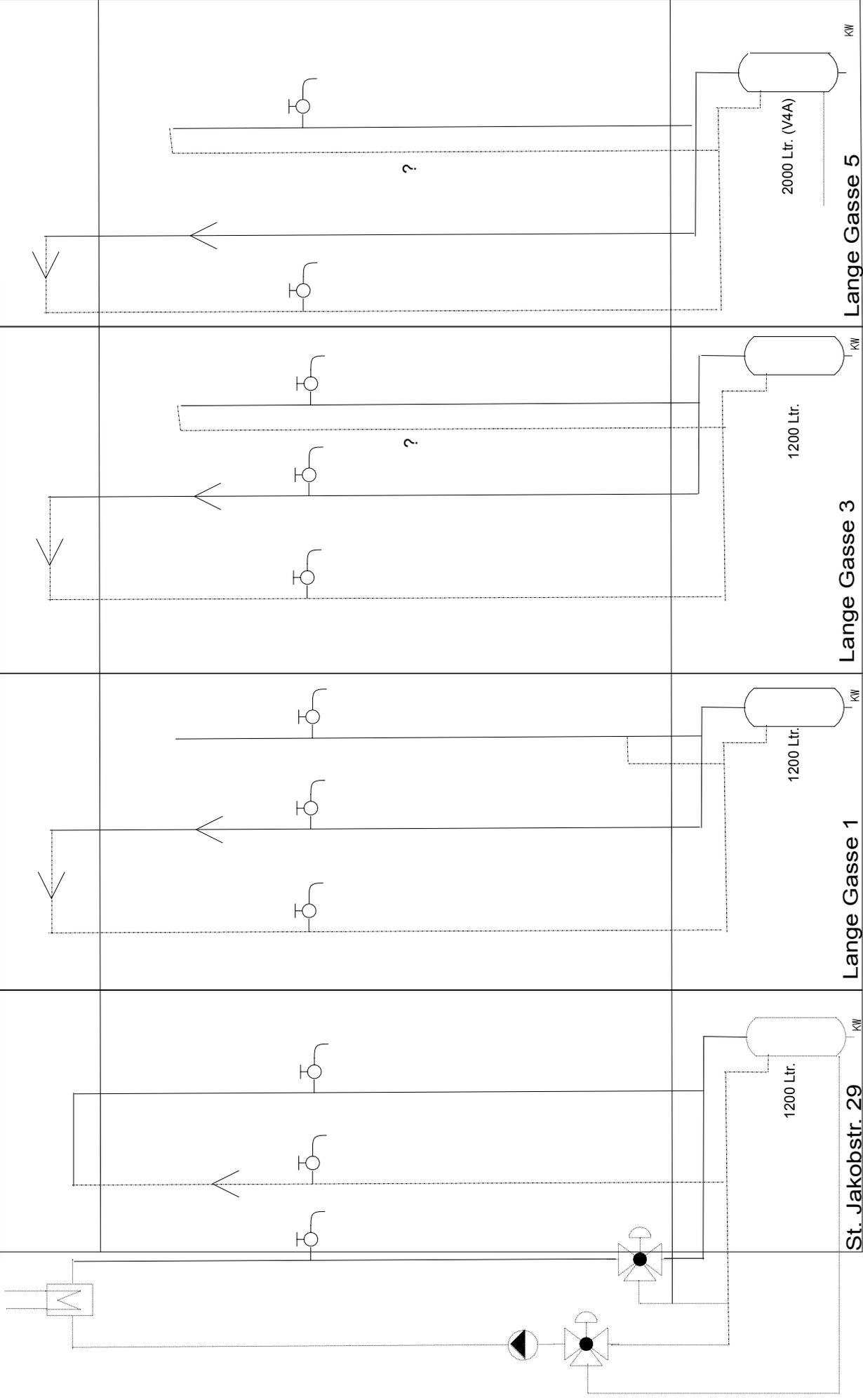
#### Solarer Bruttoertrag

	Bemerkung
Ertrag bei Dimensionierung als Vorwärmanlage (Mittelland) [kWh/m2]:	550
Korrekturfaktor für die Dimensionierung (Deckungsgrad) [-]:	1.00
Korrekturfaktor für die Ausrichtung, Standort etc. [-]:	1.00
Gesamtertrag der Anlage pro Jahr [kWh/a]:	9'075

#### Empfehlung

Das Objekt ist für den Einbau einer solaren Warmwassererwärmung gut geeignet.  
**Die angegebenen Dimensionen und Kosten entsprechen einer Gebäudeeinheit und können entsprechend multipliziert werden.**  
 Die Solaranlage kann auch als Pilotanlage für das vom vom Bundesamt für Energie und den Kantonen geförderten Projekt zur Zirkulationseinbindung errichtet werden.  
 Die angegebenen Förderbeiträge gelten nur für eine Pilotanlage. Bei einer Standortanlage gelten die kantonalen Ansätze.

Solaranlage



**Strategien für die Umwelt**

Schwengstrasse 12  
CH-4438 Langenbruck  
Telefon 062 387 31 36  
Telefax 062 390 16 40

MFH Lange Gasse 1-5  
St. Jakobstr. 29; Basel

Teil  
WW - Zirkulation +  
Einbindung Solaranlage

- WW-Leitung
- - - - - Zirkulationsleitung
- ..... Neuinstallation

Lange Gasse 5

Lange Gasse 3

Lange Gasse 1

St. Jakobstr. 29

2000 Ltr. (V4A)

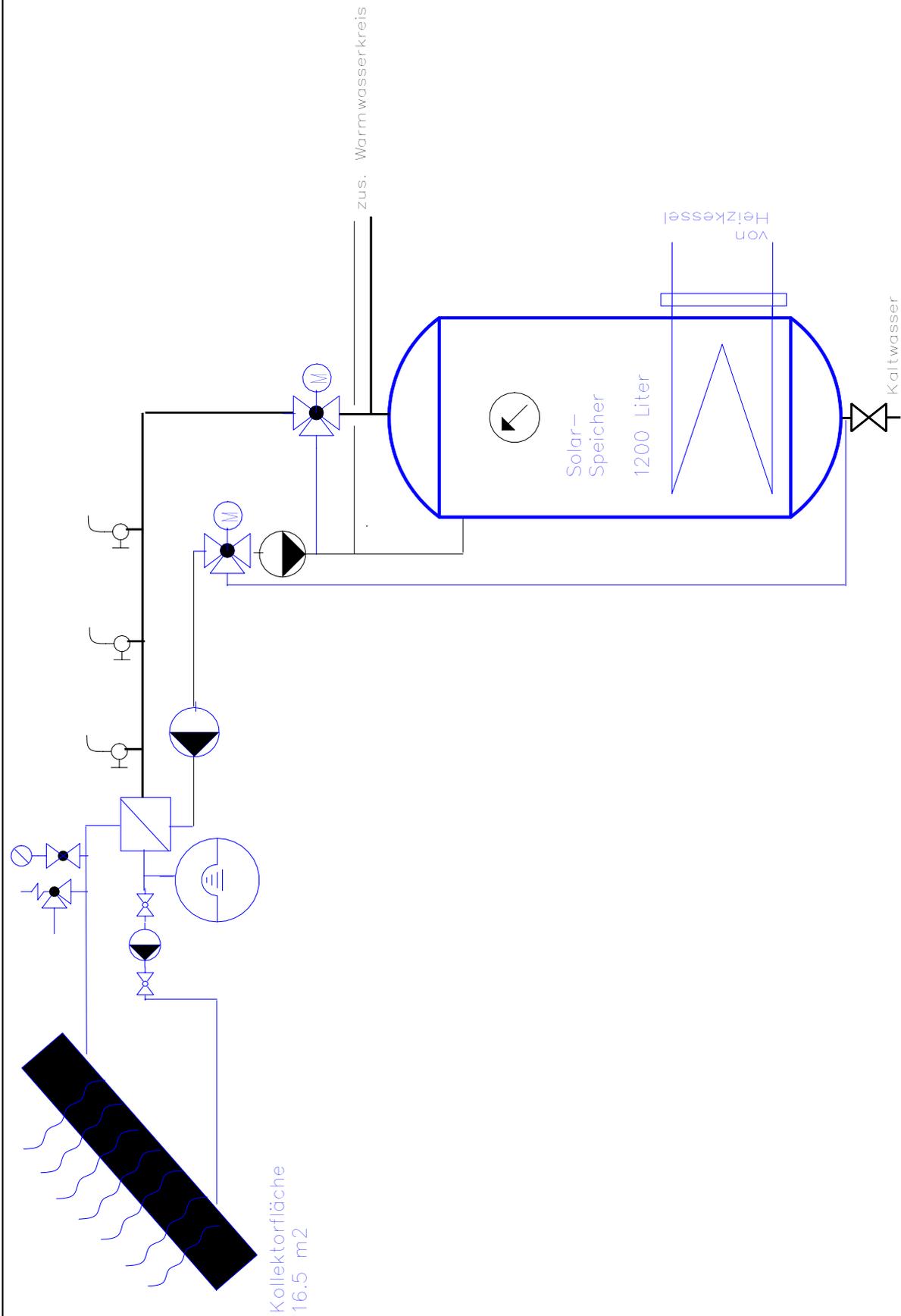
1200 Ltr.

1200 Ltr.

1200 Ltr.

?

?



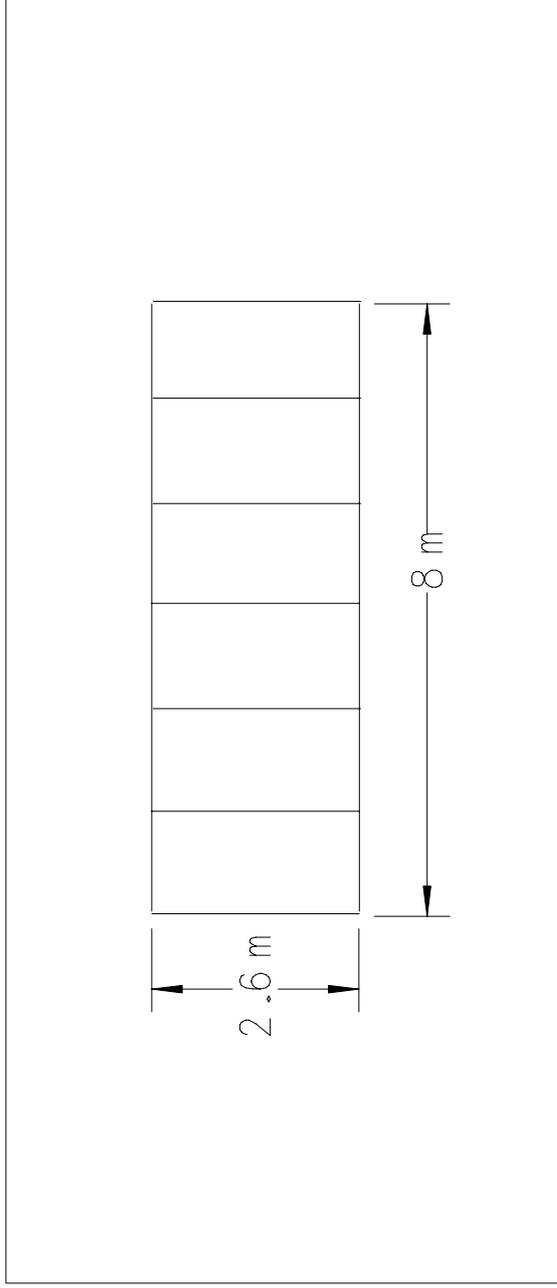
MFH - Lange Gasse 5  
Basel

PRINZIPSCHEMA

	gezeichnet	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Datum	15. Nov. 2001			
Visum	B. Sitzmann			

Titel  
Solare  
Warmwassererwärmung

**ÖKOZENTRUM LANGENBRUCK**  
**Strategien für die Umwelt**  
 Schwenglistrasse 12    Telefon 062 387 31 36  
 CH-4438 Langenbruck    Telefax 062 390 16 40



**Strategien für die Umwelt**

Schwengstrasse 12      Telefon 062 387 31 36  
CH-4438 Langenbruck      Telefax 062 390 16 40

MFH St. Jakobstr. 29  
4052 Basel

Titel

Dachansicht mit 16.5 m<sup>2</sup> Kollektorfeld

## **Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage**

**Wohngenossenschaft Burgfelderhof  
Im Burgfelderhof 33-45,  
4055 Basel**

Die Wohngenossenschaft Burgfelderhof besteht aus 3 Wohngebäude mit insgesamt 100 Wohnungen und einer durchschnittlichen Belegung von 250 Personen. Die 3 Einzelgebäude werden über eine zentrale Fernwärmeübergabestation die sich im Gebäude H.Nr. 37 befindet mit Warmwasser und Heizenergie versorgt.

Über die Warmwasserverteilung liegt eine gute Dokumentation vor. Alle Warmwasserkreisläufe verfügen über eine Zirkulationsleitung ohne zusätzliche Zapfstellen, sodass die Einbindung der Solaranlage in den Warmwasserkreislauf möglich ist. Die Zirkulationsleitungen wurden mit einem 1/2" - Durchmesser ausgeführt. Eine 77m<sup>2</sup> - Solaranlage sollte deshalb über 2 Warmwasserkreisläufe erschlossen werden. Die bestehende Warmwasser- und Zirkulationsleitung kann auf das Dach geführt werden und über einen Plattenwärmetauscher mit dem Kollektorkreis verbunden werden. Gegen Witterungseinflüsse kann die Installation auf dem Flachdach mit einer Haube geschützt werden.

Bei der beschriebenen Anlage kann auf einen zusätzlichen Speicher verzichtet werden, da die bestehenden 4000 Liter bereits ausreichend sind. Die Beladung der Speicher geschieht über den bestehenden Zirkulationsanschluss (5/4").

Durch die Zirkulationseinbindung der Solaranlage auf dem Nachbargebäude H.Nr. 43-45 könnte ausserdem eine teilweise, dezentrale Warmwasserversorgung über Solarenergie erreicht werden, was die vermutlich hohen Leitungsverluste zwischen den einzelnen Gebäuden stark vermindern werden können.

## Objektdaten Liegenschaft

Adresse der Liegenschaft: Wohngensenschaft  
Burgfelderhof  
Im Burgfelderhof 33-45,  
4055 Basel

Eigentümer: WG Burgfelderhof

Kontaktperson: Herr R. Zimmermann  
Im Burgfelderhof 33  
4055 Basel  
Tel.: 061 - 321 54 34



Baujahr: 1969

Nutzung: Wohnen

Geschosse: UG; EG; 5 OG

Anzahl Wohnungen: 100 Zimmer pro Wohnung: 1-5

Anzahl Bewohner: 250 à 2.5 Bewohner (Standard 2,5) je Wohnung

Energiebezugsfläche [m2]: 7331

Energieträger (WW/Heiz.): Fernwärme

Energieverbrauch: 813900 kWh

Energiekennzahl [MJ/m2a]: 400

Warmwasserverbrauch [Liter/Tag]: 8394

In Wohnbauten gemäss Bewohnerzahl: 12500 à 50 Ltr./Tag (Standard 50 Ltr.)

### Zustand der Gebäudehülle

Zustand Fenster

Fassade

Estrich/Dach

Kellerdecken

Sanierungsabsichten: Sanierung der Bäder in 2 Jahren vorgesehen.

Bedachung: Flachdach

Bedachungsmaterial: Kies

Orientierung: 33° Ost von Süden

Freie Dachfläche: 43 x 13.6 m auf Gebäude 39-37, exkl. 2 Liftanlagen

Beschattung: geringe Beschattung durch Liftanlage

Standort Heizung: UG HNr. 39

Alter der Heizung: 1993

Zustand der Heizung: gut

Sanierung Vorgesehen: keine

Platzangebot Heizzentrale: ausreichend Türbreite: 2 m Raumhöhe: 2.5

Warmwasserversorgung: zentral

Inhalt Wassererwärmer: 2 x 2000 Ltr. Apaco

Alter Wassererwärmer: 93

Zustand Wassererwärmer: gut

Warmwasserzirkulation: ja

Energiebedarf Zirkulation: 10 % des WW-Bedarfs

Bemerkung:

## Anlage Dimensionierung

	Standard	gewählt	Bemerkung
Kollektorfläche AK [m2] = Warmwasserverb. [l/d] /100	92	77	Produkteab.
Solarspeichervolumen [l] = 30 * AK [m2]	2760	2500	
Wärmetauscher-Leistung [kW] = 0,7 * AK [m2]	64.4	53.9	
Rohrdurchmesser Solarkreislauf [DN]	40	40	
Wärmedämmung Solarkreislauf [mm]	40	40	
Durchfluss Solarkreislauf [l/h]	3220	2695	

Begründung bei grösseren Abweichungen zur Standardauslegung

Begebarkeit der Dachfläche.

Bei der Zirkulationseinbindung kann auf einen zusätzlichen Speicher verzichtet werden mit der gewählten Kollektorfläche.

### Daten zur Integration der geplanten Solaranlage

Plazierung Vorwärmespeicher	Heizzentrale UG A2, rechts neben Treppe
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	Neuer Stellplatz für Werkbank erforderlich
Plazierung Kollektoren (Befestigung):	Flachdachaufstellung
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	genügend Platz für die angegebene Koll.-fläche
Verbindungsleitungen (Ort):	Aussenfassade
Einfache Länge Speicher-Kollektor [m]:	62
Anteil der Leitungen Aussen [%]:	80

Weitere Bemerkungen: keine

### **Produktvorschlag:**

Kollektoren	Fabr./Typ:	z.B.: Soltop	Alternativen: Rüesch
	Masse [mm*mm]:	2405x1250 mm	Schweizer
	Absorberfläche [m2]:	7 x 4 x 2.75m <sup>2</sup>	
	Flüssigkeitsinhalt [l]:	2,3 ltr/m <sup>2</sup>	
	Opt.Wirkungsgrad:	0.654	Kollektorfeld siehe Skizze
Speicher	Fabr./Typ:	z.B.: Feuron	Alternativen: Apaco ect.
	Inhalt [l]	2500	
	Masse [mm*mm]:	H: 2.27 m D: 1.62m	
	Material/Beschichtung:	V4A	
	Wärmetauscher [kW]	7 m <sup>2</sup>	
Steuerung	Fabr./Typ:	Temperaturdifferenz (z.B.:Resol Delta Sol Plus)	
	Bauart:	mit Maximalbegrenzung	
	Zubehör:	Temperaturfühler	

## Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage

### Kosten / Ertrag

#### Kostenzusammenstellung gemäss Firmenofferte

	[Fr.]	Bemerkung
- Kollektorfeld Lieferung und Montage auf vorbereiteter Dachfläche inkl. hydraulischen Zwischenverbindung Zuschläge: Vorbereitung Dachfläche, spez. Konstruktion Aufbringung, Gerüst, Kranen	48'440	
- Speicher Lieferung und Montage inkl. Wärmetauscher und Sanitär Anschlüsse Warmwasserseite Zuschläge: Einbringung, Platzschweissung etc. Mehrpreis Externer Wärmetauscher inkl. Zubehör	7'300	
- Leitungen Lieferung und Montage (Aussen und Innen) inkl. Wärmedämmung Zuschläge: Bauliche Massnahmen/Kernbohrungen	14'875	
- Solarmodul (Pumpe, Armaturen, Sicherheitseinrichtungen) Lieferung und Montage	5'456	
- Wärmezähler Solarkreislauf		
- Steuerung	500	
- Elektroinstallationen komplett Lieferung und Montage	1'400	
- Tech. Bearbeitung / Inbetriebsetzung	720	
- Planung		
- Bauleitung		
- Baugesuch		
<b>Rabatt</b>	-5'313	
Total Anlagekosten Solare Vorwärmung exkl. MWSt. [Fr.]	73'378	
Total Anlagekosten inkl. MWSt. <b>7.6</b> % [Fr.]	78'955	
<b>Total Anlagekosten abzüglich Fördermittel [Fr.]</b>	<b>39'477</b>	

#### Förderbeiträge / Finanzierungshilfen

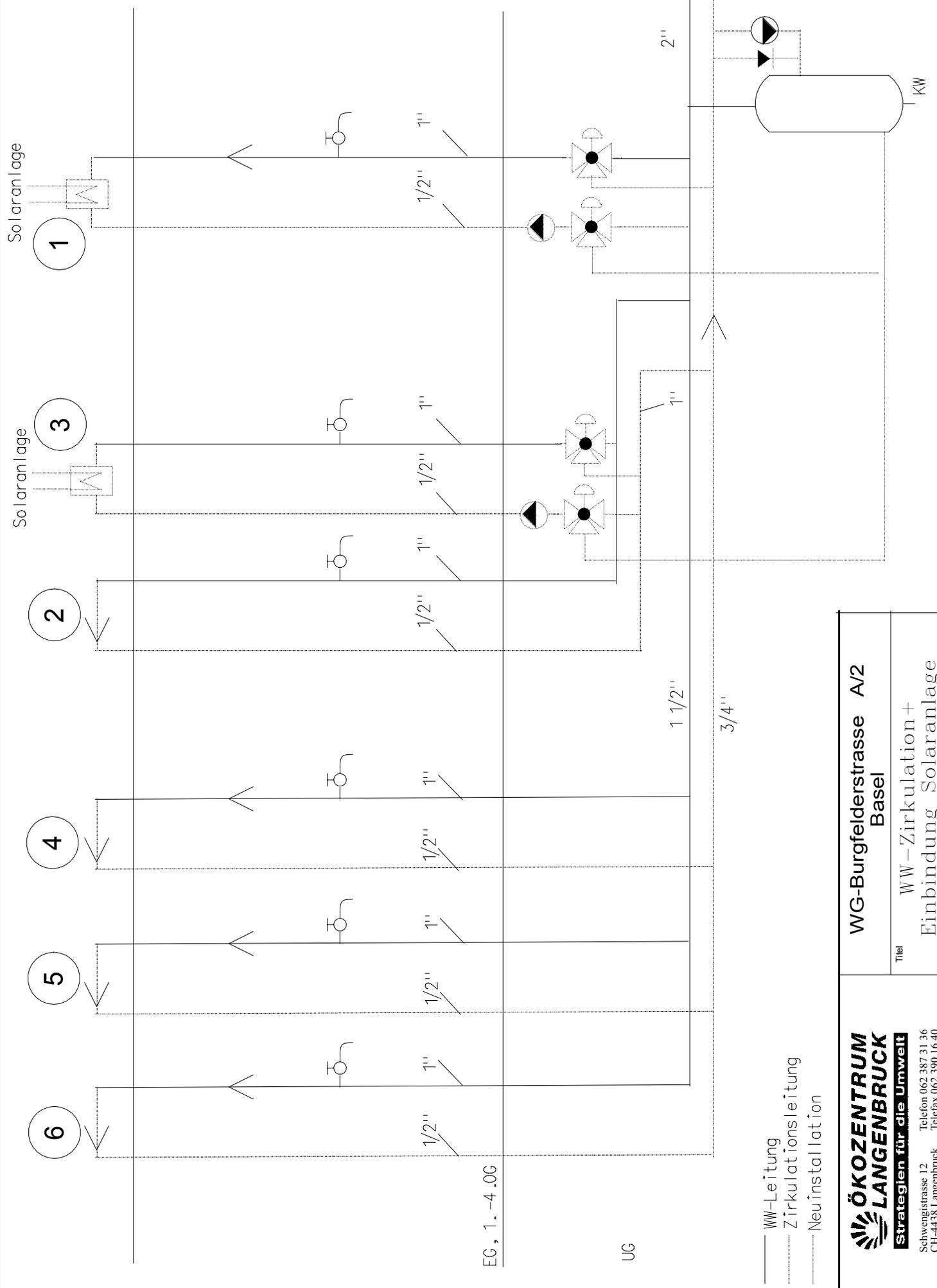
Beiträge Kanton	Kanton Baselstadt 40% der Rest-Invest.	15'791
Beiträge Bund	P+D Beiträge	23'686
P+D, kommunale Beiträge...		

#### Solarer Bruttoertrag

		Bemerkung
Ertrag bei Dimensionierung als Vorwärmanlage (Mittelland) [kWh/m2]:	550	
Korrekturfaktor für die Dimensionierung (Deckungsgrad) [-]:	1.00	
Korrekturfaktor für die Ausrichtung, Standort etc. [-]:	1.00	
Gesamtertrag der Anlage pro Jahr [kWh/a]:	42'350	

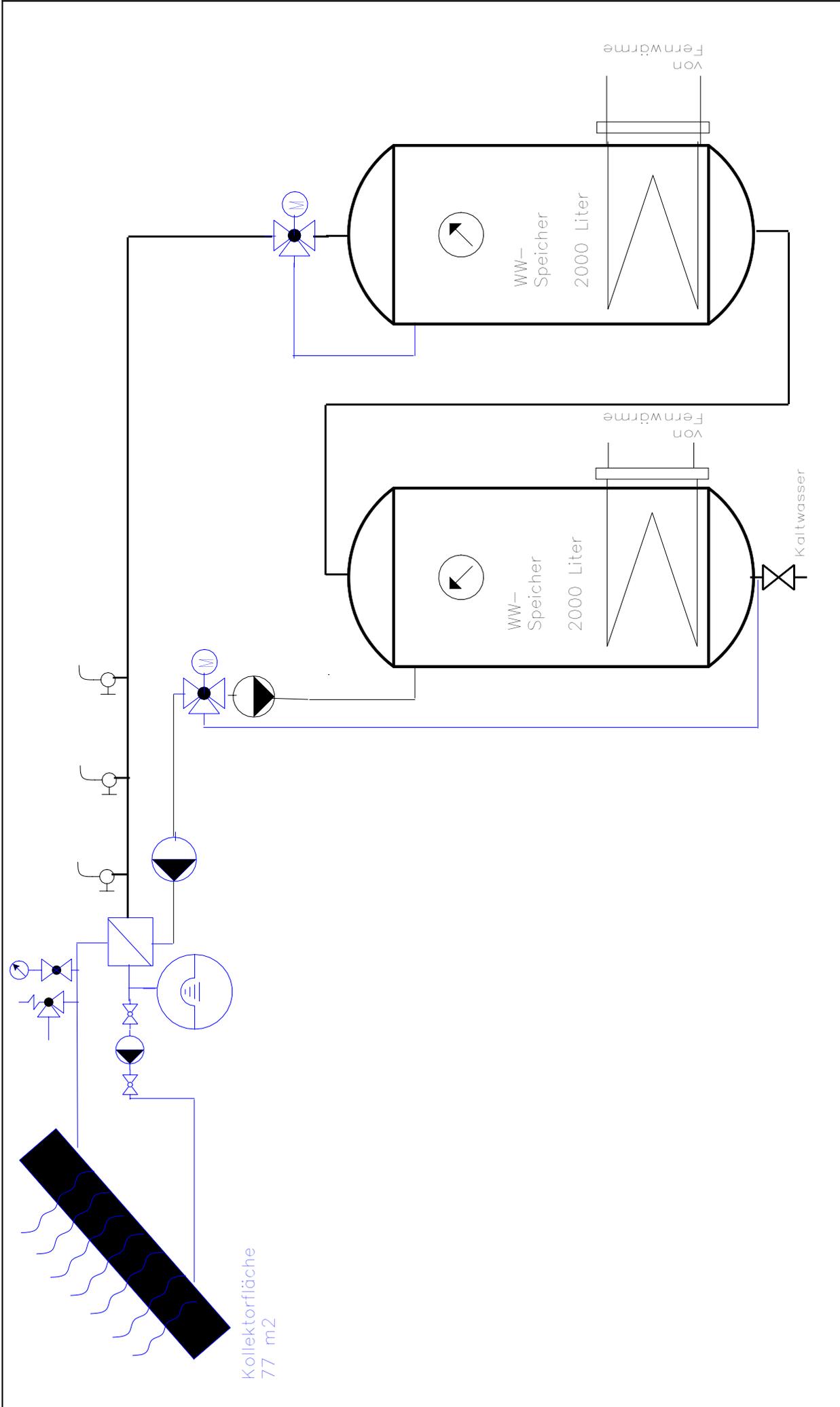
#### Empfehlung

Das Objekt ist auf Grund des hohen Warmwasserverbrauches für eine solare Warmwasservorwärmung gut geeignet.  
Die Solaranlage kann auch als Pilotanlage für das vom vom Bundesamt für Energie und den Kantonen geförderten Projekt zur Zirkulationseinbindung errichtet werden



EG, 1.-4.0G

UG



WG-Burgfelderstrasse A/2  
Basel

PRINZIPSCHEMA

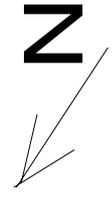
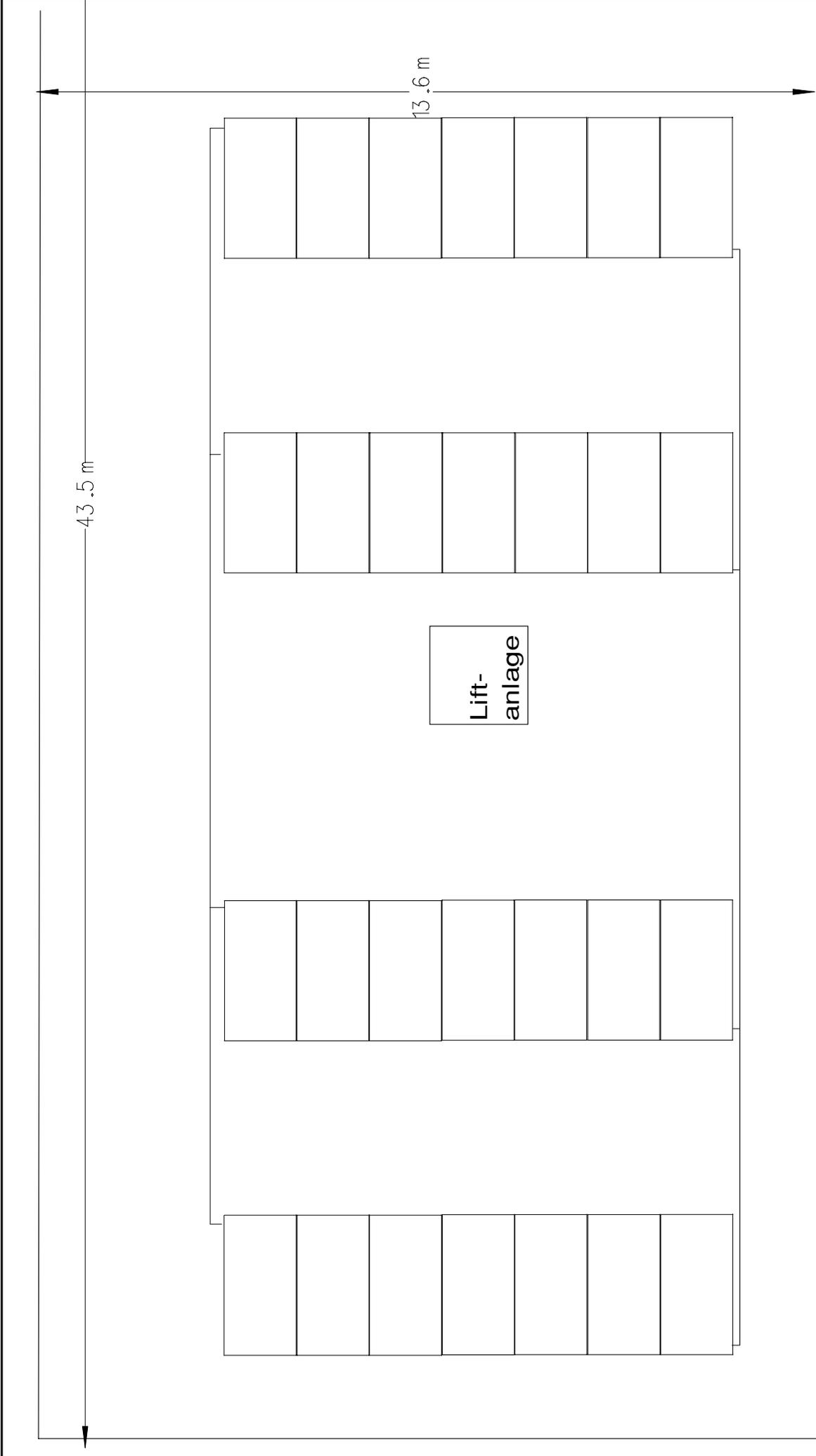
	gezeichnet	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Datum	15. Okt. 2001			
Visum	BS			

Titel  
Solare  
Warmwassererwärmung

**ÖKOZENTRUM LANGENBRUCK**  
Strategien für die Umwelt

Schwengistrasse 12  
CH-4438 Langenbruck

Telefon 062 387 31 36  
Telefax 062 390 16 40

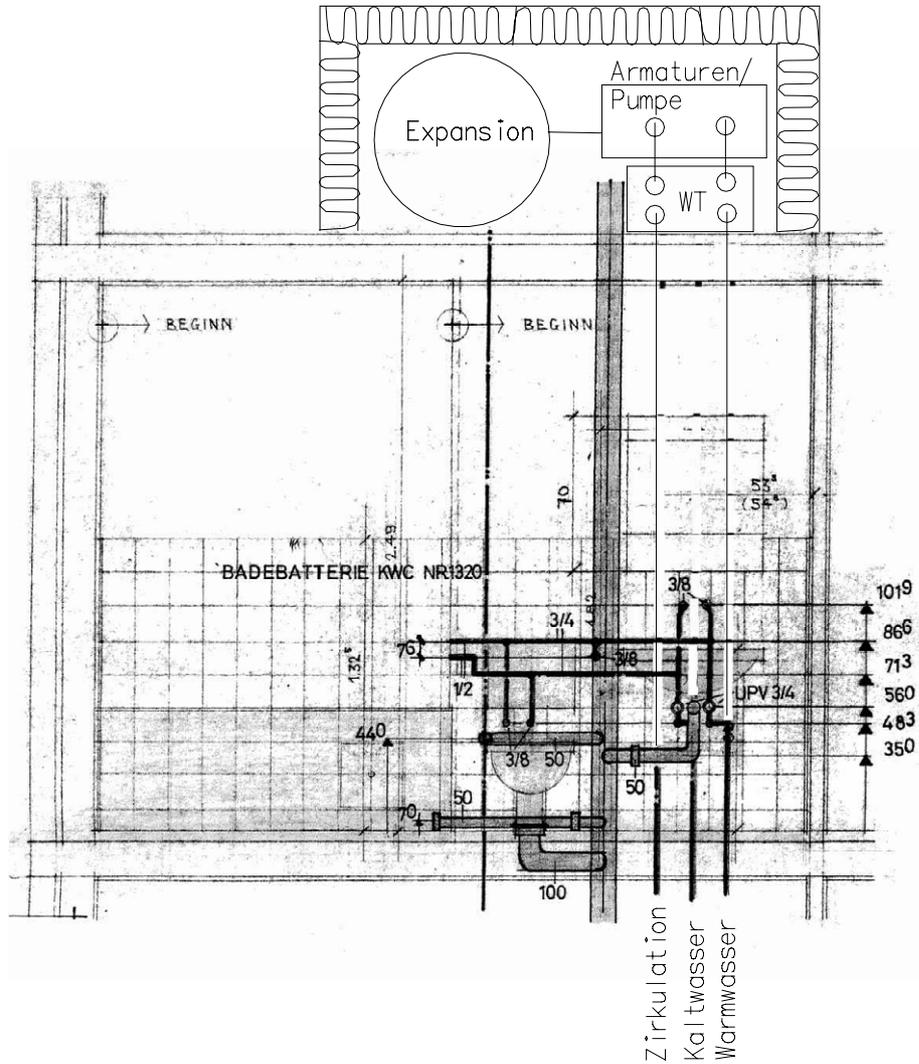


WG-Burgfelderstrasse A 2 Basel
Titel Dachaufsicht 77 m2 Kollektorfeld

**ÖKOZENTRUM LANGENBRUCK**  
**Strategien für die Umwelt**  
 Schwengstrasse 12    Telefon 062 387 31 36  
 CH-4438 Langenbruck    Telefax 062 390 16 40

Kollektortyp: SOLTOP - Copra  
 Fläche pro Kollektor: 2,75 m<sup>2</sup>  
 Anzahl Kollektoren: 28  
 Total Kollektorfläche 77 m<sup>2</sup>

Gehäuse



**WG Burgfelderstrasse, Basel**



## **Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage**

### **Alters und Pflegeheim**

**Weiherweg**

**Rudolfstrasse 43,**

**4054 Basel**

Das Alters- und Pflegeheim Weiherweg hat eine durchschnittliche Belegung von 82 Personen. Die Energieversorgung geschieht über die Fernwärme. Das Alters- und Pflegeheim verfügt über ein Schwimmbecken welches für den Energieeintrag über die Solaranlage verwendet werden kann. Die Warmwasserversorgung verfügt über eine UV-Desinfektionsanlage zur Vermeidung von Legionellen.

Die gesamte Warmwasserversorgung ist detailliert dokumentiert. Die Einbindung der Solaranlage kann über die 1/2"-Zirkulationsleitung geschehen. Es stehen ausreichend viele Steigstränge bis in das 6. Obergeschoss für die Einbindung zur Verfügung.

Durch die bestehende UV-Desinfektionsanlage kann auch mit tieferen Warmwassertemperaturen gefahren werden, was den Ertrag der Solaranlage positiv beeinflusst.

Durch die Einbindung der Solaranlage in das Schwimmbecken kann auf einen zusätzlichen 800 Liter - Speicher verzichtet werden. Eine detaillierte Abklärungen über die Energielieferung in das Schwimmbecken sollten jedoch vor einer Ausführung durchgeführt werden.

Das 33 m<sup>2</sup>Kollektorfeld kann auf dem Flachdach platziert werden.

Der Kollektorkreis kann über den auf das Dach gezogene Warmwasserkreis mit einen Plattenwärmetauscher erschlossen werden. Gegen Witterungseinflüsse kann die Installation auf dem Flachdach mit einer Haube geschützt werden.

## Objektdaten Liegenschaft

Adresse der Liegenschaft: Alters und Pflegeheim

Weiherweg  
Rudolfstrasse 43,  
4054 Basel

Eigentümer:

Bürgerspital Basel

Kontaktperson:

Herr W.Nüesch  
Bauverwaltung  
4003 Basel  
Tel: 061-279 84 46



Baujahr:

1975

Zone 4

Nutzung:

Pflegeheim

Geschosse:

2 UG; EG; 6 OG

Anz. Wohnungen/Zimmer:

70 Zimmer

Anzahl Bewohner (Wohn.)

82

Energiebezugsfläche [m2]

7028

Energieträger (WW/Heiz.):

Fernwärme

Energieverbrauch:

1301977 kWh

Energiekennzahl [MJ/m2a]:

667

Warmwasserverbrauch [Liter/Tag]:

1860

In Wohnbauten gemäss Bewohnerzahl:

4100

(Anzahl Bewohner à 50 Liter/Tag)

### Zustand der Gebäudehülle

Zustand

Fenster

Doppelverglasung

Fassade

-

Estrich/Dach

guter Zustand

Kellerdecken

-

Sanierungsabsichten:

Bedachung:

Flachdach

saniert, begehbar

Bedachungsmaterial:

Platten, Sarnafil

Orientierung:

Süd (-18°)

Freie Dachfläche:

8 x 25 m

Beschattung:

keine

Standort Heizung:

2. UG

Fernwärme

Alter der Heizung:

Unformer: 954kW

Zustand der Heizung:

Sanierung Vorgesehen:

Platzangebot Heizzentrale:

ausreichend Platz

Raumhöhe Heizzentrale:

3m

Warmwasserversorgung:

zentral

Fabrikat: Apaco

Inhalt Wassererwärmer:

1000 Liter

Material: Chromstahl

Alter Wassererwärmer:

1999

Zustand Wassererwärmer:

gut

Hallenbad vorhanden

Bemerkungen:

Warmwasserzirkulation vorhanden

UV-Desinfektionsgerät gegen Legionellen vorhanden

## Anlage Dimensionierung

	Standart	gewählt	Bemerkung
Kollektorfläche AK [m2] = Warmwasserverb. [l/d] /100	18.6	33	
Solarspeichervolumen [l] = 30 * AK [m2]	558	800	
Wärmetauscher-Leistung [kW] = 0,7 * AK [m2]	13.02	23.1	
Rohrdurchmesser Solarkreislauf [DN]	20	25	
Wärmedämmung Solarkreislauf [mm]	30	40	
Durchfluss Solarkreislauf [l/h]	558	1155	

Begründung bei grösseren Abweichungen zur Standardauslegung

Generel hoher WW-Verbrauch in Altersheimen und Anschluss an Schwimmbad ist möglich.

### Daten zur Integration der geplanten Solaranlage

Integration Vorwärmespeicher	2.UG; bestehender 1000Ltr.- Speicher
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	genügend Platz in Heizzentrale
Integration Kollektoren (Befestigung):	Flachdach
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	8 x 20 m
Verbindungsleitungen (Ort):	Aussenfassade
Einfache Länge Speicher-Kollektor [m]:	55
Anteil der Leitungen Aussen [%]:	78

Weitere Bemerkungen:

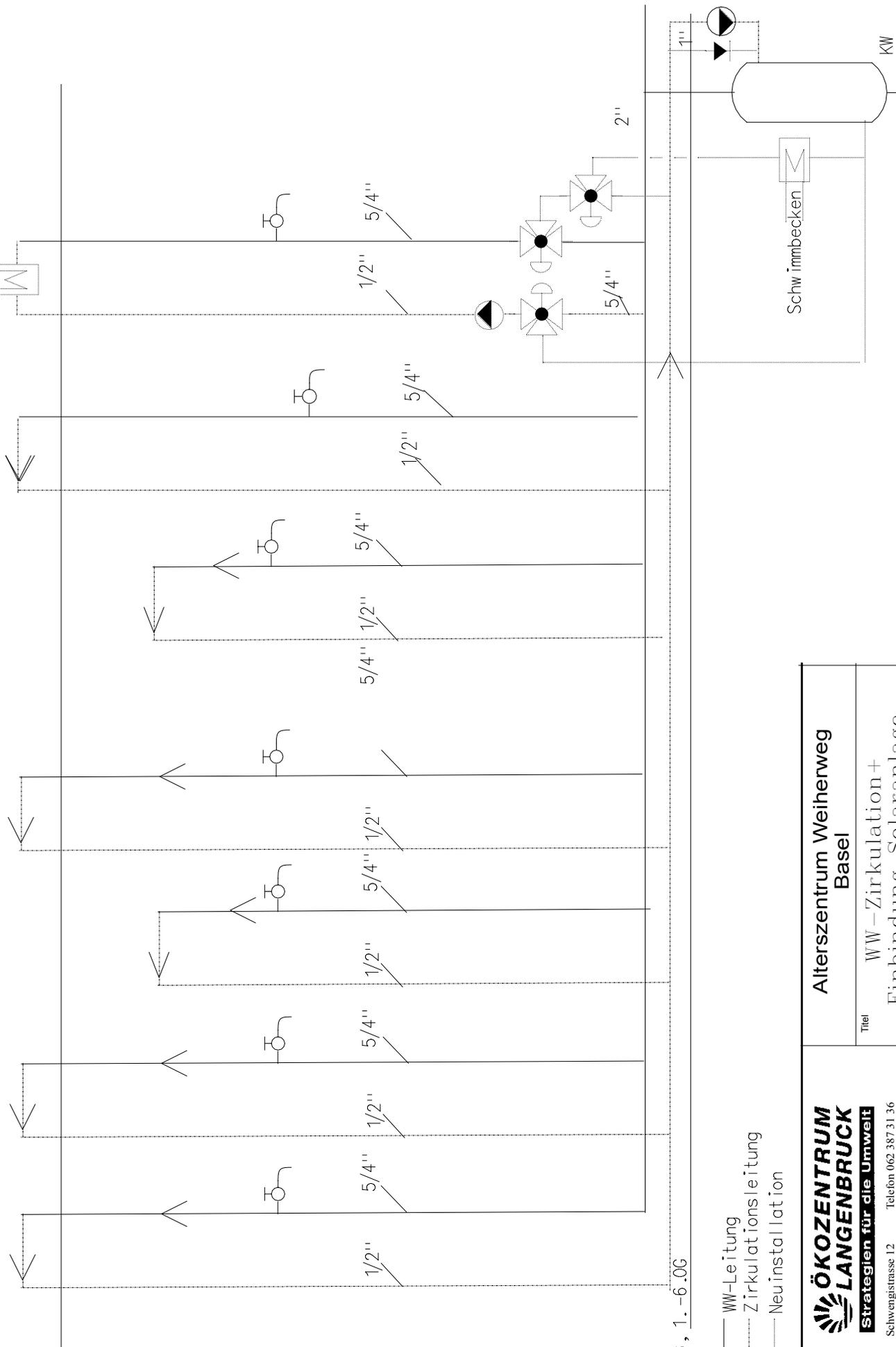


### Produktvorschlag:

Kollektoren	Fabr./Typ: Masse [mm*mm]: Absorberfläche [m2]: Flüssigkeitsinhalt [l]: Opt.Wirkungsgrad:	z.B.: Soltop 2405x1250 mm 6 x 2 x 2.75m <sup>2</sup> 2,3 ltr/m <sup>2</sup> 0.654	Alternativen: Rüesch Schweizer Kollektorfeld siehe Skizze
Speicher	Fabr./Typ: Inhalt [l] Masse [mm*mm]: Material/Beschichtung: Wärmetauscher [m2]:	z.B.: Feuron 800 H: 1.98 m D: 95 cm V4A 7 m <sup>2</sup>	Alternativen: Apaco ect.
Steuerung	Fabr./Typ: Bauart: Zubehör:	Temperaturdifferenz (z.B.:Resol E1/SD) mit Maximalbegrenzung Temperaturfühler	



Solaranlage



EG, 1.-6.OG

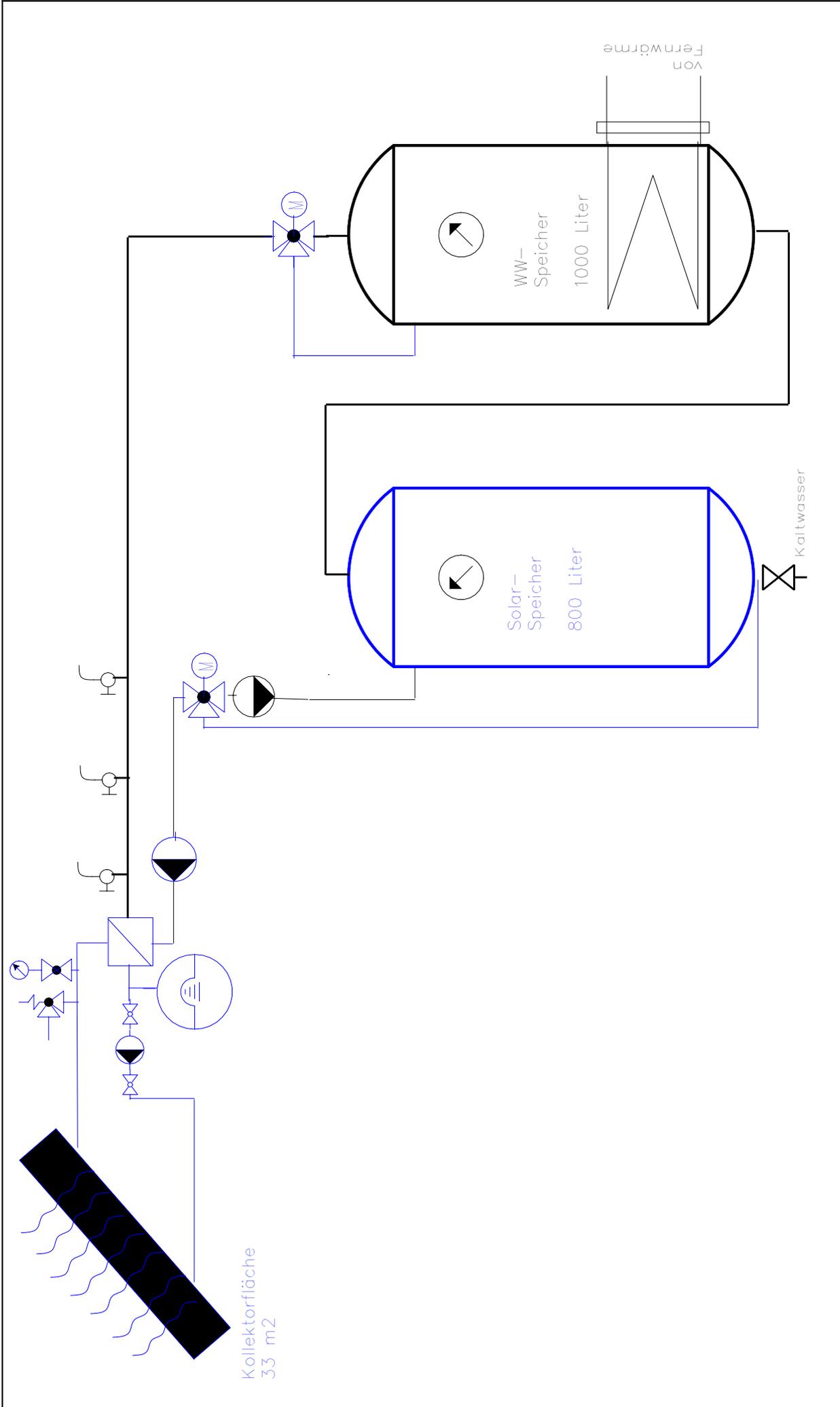
- WW-Leitung
- - - - - Zirkulationsleitung
- ..... Neuinstallation



**ÖKOZENTRUM  
LANGENBRUCK**  
Strategien für die Umwelt  
Schwengstrasse 12  
CH-4438 Langenbruck  
Telefon 062 387 31 36  
Telefax 062 390 16 40

Alterszentrum Weiherweg  
Basel

Titel  
WW-Zirkulation +  
Einbindung Solaranlage



Alters- u. Pflegeheim Weiherweg  
Bürgerspital Basel

Titel  
Solare  
Warmwassererwärmung

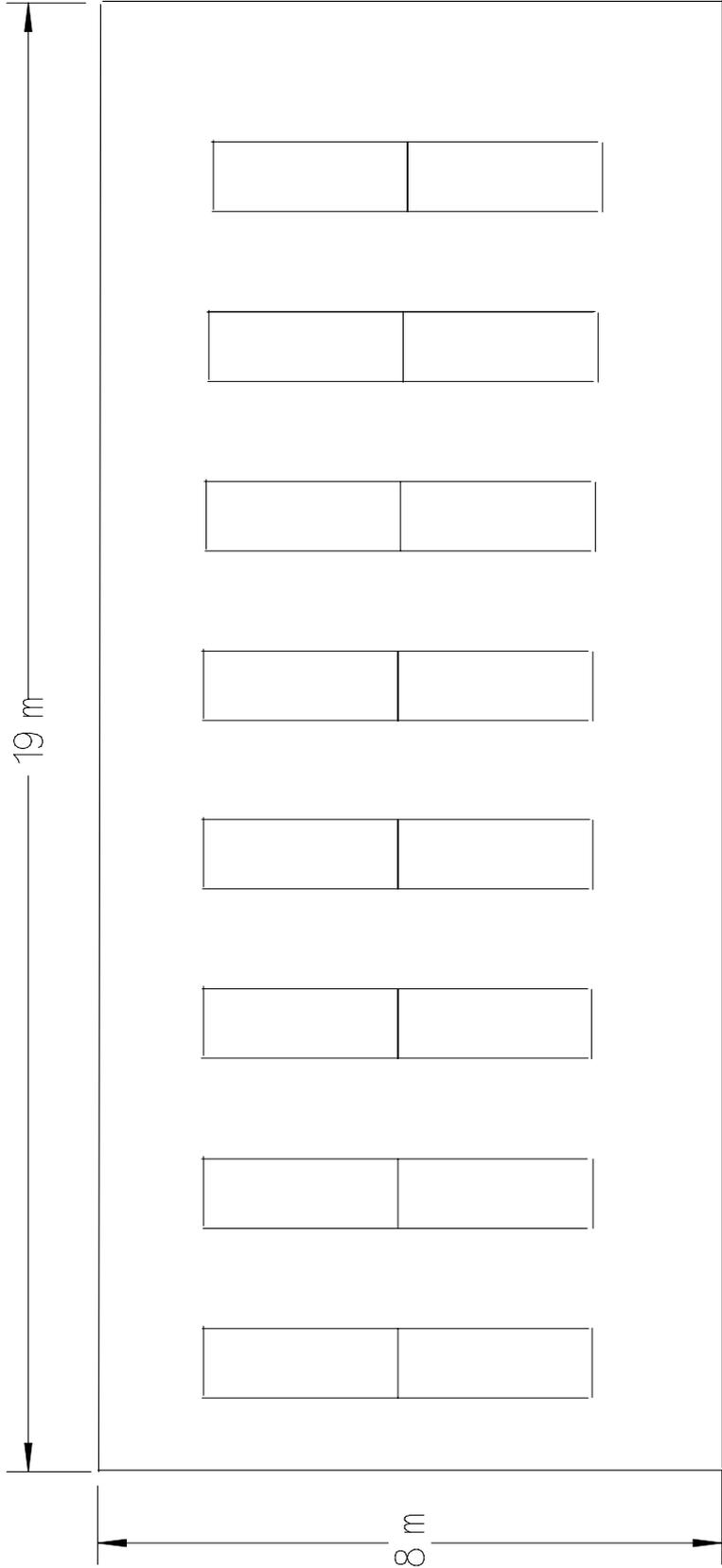
**PRINZIPSCHEMA**

gezeichnet	Revision 1	Revision 2	Revision 3
15. Nov. 2001			
Visum B. Sitzmann			

**ÖKOZENTRUM LANGENBRUCK**  
Strategien für die Umwelt

Schwengistrasse 12  
CH-4438 Langenbruck

Telefon 062 387 31 36  
Telefax 062 390 16 40



Alters u. Pflegeheim Weiherweg  
 Basel

Titel

Dachaufsicht  
 32 m<sup>2</sup> Kollektorfeld

Beispielkollektor: SOLTOP - Copra  
 Fläche pro Kollektor: 2,02 m<sup>2</sup>  
 Anzahl Kollektoren: 16  
 Total Kollektorfläche 32 m<sup>2</sup>

**Altersheim Weiherweg, Basel**



# ANHANG A2

## **Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage**

### **Alters und Pflegeheim**

#### **Gritt**

**Grittweg 24,  
4435 Niederdorf**

Das Alters- und Pflegeheim Gritt hat eine durchschnittliche Belegung von 100 Personen. Die Energieversorgung geschieht über 2 Ölkessel. Die Warmwasserversorgung wurde im 2001 saniert und verfügt über eine UV-Desinfektionsanlage zum Schutz vor Legionellen. Die 2001 installierte Warmwasserversorgung mit Zirkulationsleitung (DN15) bis in das 4. OG wurde auf die Innenwand verlegt und mit einer Holzverschalung verkleidet. Die Einbindung der Solaranlage könnte über 3 der insgesamt 10 Warmwasserkreise geschehen und ist sehr einfach zugänglich.

Auf Grund der Sanierung im 2001 ist die unmittelbare Änderung der bestehenden Installation jedoch unwahrscheinlich. Hätte man die Integration der Solaranlage bereits bei der Planung mit entsprechenden Leitungsquerschnitten berücksichtigt, wäre die Installation der Solaranlage sehr einfach möglich gewesen.

Durch die bestehende UV-Desinfektionsanlage kann auch mit tieferen Warmwassertemperaturen gefahren werden, was den Ertrag der Solaranlage positiv beeinflusst.

Das 45m<sup>2</sup>-Kollektorfeld kann auf das, nach Süden geneigte Schrägdach platziert werden. Die Armaturengruppe für die Solaranlage mit Anschluss an den Warmwasserkreis könnte sehr gut im Estrich untergebracht werden.

## Objektdaten Liegenschaft

Adresse der Liegenschaft: Altersheim -  
Gritt  
Grittweg 24  
4435  
Niederdorf



Kontaktperson: Herr Wermut

Tel: 061 965 20 00  
9 Gemeinden in Waldenburgertal

Eigentümer:

Baujahr: Pflegeheim: 1977                      Wohnheim :1991

Nutzung: Wohnen / Heim

Geschosse: UG, EG, 1.-4.OG

Anz. Wohnungen/Zimmer: 65 Wohnungen

Anzahl Bewohner (Wohn.) 

100
-----

Energiebezugsfläche [m2] 

6343
------

Energieträger (WW/Heiz.): Heizöl

Energieverbrauch: 

697399
--------

 kWh

Energiekennzahl [MJ/m2a]: 

396
-----

 Heizung

Warmwasserverbrauch [Liter/Tag]: 

4512
------

In Wohnbauten gemäss Bewohnerzahl: 

5000
------

 (Anzahl Bewohner à 50 Liter/Tag)

### Zustand der Gebäudehülle

Zustand      Fenster      Doppelverglasung  
                 Fassade      8 cm Aussenisolation Steinwolle  
                 Estrich/Dach      Steinwolle  
                 Kellerdecken      Beton

Sanierungsabsichten: keine

Bedachung: Schrägdach auf bestehenden Flachdach

Bedachungsmaterial: Falzziegeln

Orientierung: Süd                      Neigung: 24.5

Freie Dachfläche: 6.5 x 13.5 m

Beschattung: keine

Standort Heizung: UG

Fabrikat: CTC

Alter der Heizung: 2 x 92 kW

Zustand der Heizung: gut

Sanierung Vorgesehen: keine

Platzangebot Heizzentrale: gut

Raumhöhe Heizzentrale: 2.8 m

Warmwasserversorgung: saniert im 2001                      Fabrikat: Apaco V4A

Inhalt Wassererwärmer: Pflegeh.:1250 + WRG:800 Ltr.                      Wohnh.: 800Ltr.

Alter Wassererwärmer: 2001

Zustand Wassererwärmer: gut

Zirkulation                      neu installiert im 2001

## Anlage Dimensionierung

	Standart	gewählt	Bemerkung
Kollektorfläche AK [m2] = Warmwasserverb. [l/d] /100	45	44	
Solarspeichervolumen [l] = 30 * AK [m2]	1353	1320	
Wärmetauscher-Leistung [kW] = 0,7 * AK [m2]	32	30.8	
Rohrdurchmesser Solarkreislauf [DN]	32	32	
Wärmedämmung Solarkreislauf [mm]	40	40	
Durchfluss Solarkreislauf [l/h]	1579	1540	

Begründung bei grösseren Abweichungen zur Standardauslegung

### Daten zur Integration der geplanten Solaranlage

Integration Vorwärmespeicher	UG Heizraum
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	gut
Integration Kollektoren (Befestigung):	auf Schrägdach montiert
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	6.5 x 13.5 m
Verbindungsleitungen (Ort):	über 3 Zirkulationsstränge oder Aussenfassade
Einfache Länge Speicher-Kollektor [m]:	49
Anteil der Leitungen Aussen [%]:	80

Weitere Bemerkungen:

### **Produktvorschlag:**

Kollektoren	Fabr./Typ:	z.B.: Soltop	Alternativen: Rüesch
	Masse [mm*mm]:	2405x1250 mm	Schweizer
	Absorberfläche [m2]:	16 x 2.75m <sup>2</sup>	
	Flüssigkeitsinhalt [l]:	2,3 ltr/m <sup>2</sup>	
	Opt.Wirkungsgrad:	0.654	Kollektorfeld: siehe Skizze
Speicher	Fabr./Typ:	z.B.: Feuron	
	Inhalt [l]	1200	
	Masse [mm*mm]:	H: 2.2 m D: 90 cm	
	Material/Beschichtung:	V4A	
	Wärmetauscher [m2]:	8 m <sup>2</sup>	
Steuerung	Fabr./Typ:	Temperaturdifferenz (z.B.:Resol E1/SD)	
	Bauart:	mit Maximalbegrenzung	
	Zubehör:	Temperaturfühler	

## Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage

### Kosten / Ertrag

#### Kostenzusammenstellung gemäss Firmenofferte

	[Fr.]	Bemerkung
- Kollektorfeld Lieferung und Montage auf vorbereiteter Dachfläche inkl. hydraulischen Zwischenverbindung	25'218	
Zuschläge: Vorbereitung Dachfläche, spez. Konstruktion	450	
Aufbringung, Gerüst, Kranen	3'000	
- Speicher Lieferung und Montage inkl. Wärmetauscher und Sanitär Anschlüsse Warmwasserseite	10'455	
Zuschläge: Einbringung, Platzschweissung etc.	900	
Mehrpreis Externer Wärmetauscher inkl. Zubehör		
- Leitungen Lieferung und Montage (Aussen und Innen) inkl. Wärmedämmung	10'960	
Zuschläge: Bauliche Massnahmen/Kernbohrungen		
- Solarmodul (Pumpe, Armaturen, Sicherheitseinrichtungen) Lieferung und Montage	2'690	
- Wärmezähler Solarkreislauf		
- Steuerung	500	
- Elektroinstallationen komplett Lieferung und Montage	1'400	
- Tech. Bearbeitung / Inbetriebsetzung	720	
- Planung		
- Bauleitung		
- Baugesuch	-	
4% Rabatt	-2'251	
Total Anlagekosten Solare Vorwärmung exkl. MWSt. [Fr.]	54'042	
Total Anlagekosten inkl. MWSt. 7.6% [Fr.]	58'149	
<b>Total Anlagekosten abzüglich Fördermittel [Fr.]</b>	<b>29'075</b>	

#### Förderbeiträge / Finanzierungshilfen

Beiträge Kanton	Kanton Baselland 20% der Investition	11'630
Beiträge Bund	P+D Beiträge	17'445
P+D, kommunale Beiträge...		

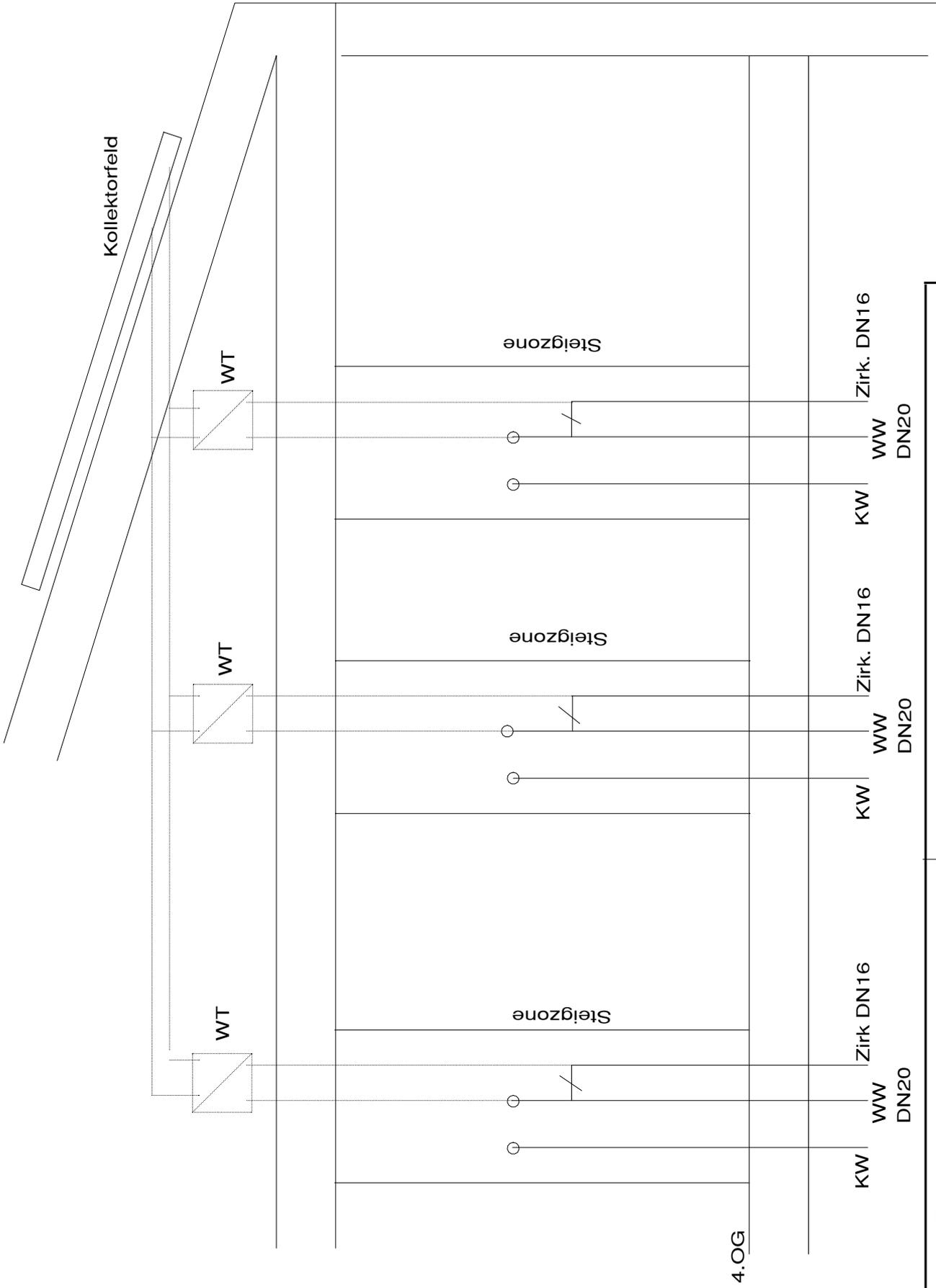
#### Solarer Bruttoertrag

		Bemerkung
Ertrag bei Dimensionierung als Vorwärmanlage (Mittelland) [kWh/m2]:	550	
Korrekturfaktor für die Dimensionierung (Deckungsgrad) [-]:	1.00	
Korrekturfaktor für die Ausrichtung, Standort etc. [-]:	1.00	
Gesamtertrag der Anlage pro Jahr [kWh/a]:	24'200	

#### Empfehlung

Das Objekt ist für den Einbau einer solaren Warmwassererwärmung gut geeignet. Die Solaranlage kann auch als Pilotanlage für das vom Bundesamt für Energie und den Kantonen geförderten Projekt zur Zirkulationseinbindung errichtet werden. Mit der vorhandenen UV-Desinfektionsanlage kann die Anlage auch mit tieferen WW-Temperaturen betrieben werden, was sich positiv auf den Ertrag auswirkt.

Die angegebenen Förderbeiträge gelten für eine Pilotanlage.



4.OG

KW  
WW  
DN20

Zirk DN16

KW

WW  
DN20

Zirk DN16

KW

WW  
DN20

Zirk DN16



**Strategien für die Umwelt**

Schwengstrasse 12    Telefon 062 387 31 36  
CH-4438 Langenbruck    Telefax 062 390 16 40

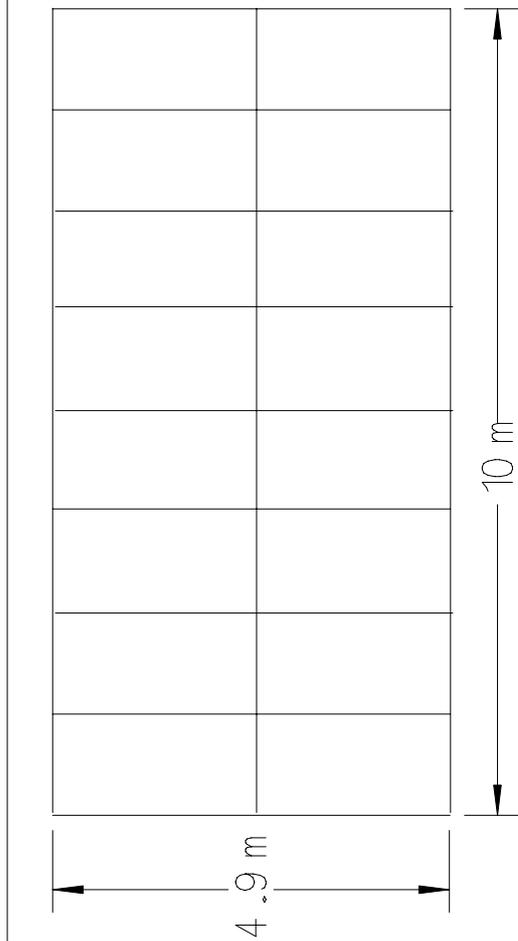
Alters- u. Pflegeheim Gritt  
Grittweg 24, Niederdorf

Titel

Integration Solaranlage

— bestehend

- - - - - Neuinstallation



**ÖKOZENTRUM  
LANGENBRUCK**  
**Strategien für die Umwelt**  
 Schwengstrasse 12    Telefon 062 387 31 36  
 CH-4438 Langenbruck    Telefax 062 390 16 40

Alters- u. Pflegeheim Gritt  
 Grittweg 24, Niederdorf

Titel  
 Süddach mit 44 m<sup>2</sup> Kollektorfeld

Altersheim Gritt, Niederdorf



## **Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage**

**Altersheim  
Gelterkinden  
Turnhallenstrasse 1  
4468 Gelterkinden**

Das Altersheim Gelterkinden hat eine durchschnittliche Belegung von 77 Personen. Die Energieversorgung geschieht hier über ein mit Hackschnitzelbefeuerten BHKW. Die Warmwasserbereitung geschieht im Sommer über einen Ölkessel.

Die Einbindung der Solaranlage könnte über die DN 20-Zirkulationsleitung geschehen, welche bis in das 6. OG reicht. Es besteht jedoch bereits ein Steigstrang, speziell für die nachträgliche Installation einer Solaranlage der bevorzugt verwendet werden sollte.

Das Gebäude würde sich gut für eine Testanlage eignen, da bei etwaigen Problemen in der Zirkulationseinbindung der Solaranlage jederzeit auf den bestehenden Steigstrang ausgewichen werden kann.

Der bestehende 16'000 Ltr. Speicher könnte bei der Zirkulationseinbindung weiterverwendet werden. Ein zusätzlicher Speicher wäre auf Grund des grossen Volumens nicht nötig. Die Investitionskosten sind deshalb vergleichsweise niedrig.

# Objektdaten Liegenschaft

Adresse der Liegenschaft: Altersheim -  
Gelterkinden  
Turnhallenstrasse 1  
4468 Gelterkinden  
Eigentümer: Bürgergemeinde-  
Gelterkinden  
Kontaktperson: Herr Grischweiler



Tel: 061 981 39 39

Baujahr: 1973  
Nutzung: Wohnen / Heim  
Geschosse: UG, EG, 1.-5. OG, DG  
Anz. Wohnungen/Zimmer: 71 Wohnungen  
Anzahl Bewohner (Wohn.) 

77
----

  
Energiebezugsfläche [m2] 

4982
------

Energieträger (WW/Heiz.): Hackschnitzel, Heizöl (WW im Sommer mit Heizöl)  
Energieverbrauch: 

707523
--------

 Energiedaten nur für gesamtes Zentrum vorhanden  
Energiekennzahl [MJ/m2a]: 

511
-----

Warmwasserverbrauch [Liter/Tag]: 

3850
------

  
In Wohnbauten gemäss Bewohnerzahl: 

3850
------

 (Anzahl Bewohner à 50 Liter/Tag)

### Zustand der Gebäudehülle

Zustand Fenster Doppelverglasung  
Fassade Backstein  
Estrich/Dach  
Kellerdecken

Sanierungsabsichten: keine

Bedachung: Flachdachsanierung im 1990+isolation  
Bedachungsmaterial: Anschlussmöglichkeit?  
Orientierung: 29° West von Süd = 0°  
Freie Dachfläche:  
Beschattung: keine

Standort Heizung: UG  
Alter der Heizung: BHKW: 1995, Heizöl: 1989  
Zustand der Heizung:  
Sanierung Vorgesehen: keine  
Platzangebot Heizzentrale: wenig auf Grund 16'000 Ltr-Speicher  
Raumhöhe Heizzentrale: 2.3 m  
Warmwasserversorgung: zentral  
Inhalt Wassererwärmer: 16'000 Ltr. + 1'000Ltr. Pufferspeicher mit integrierte Boiler  
Alter Wassererwärmer: 1973 + Elektroeinsatz  
Zustand Wassererwärmer:

Bemerkungen: Zirkulation vorhanden DN20

## Anlage Dimensionierung

	Standart	gewählt	Bemerkung
Kollektorfläche AK [m2] = Warmwasserverb. [l/d] /100	38.5	38.5	
Solarspeichervolumen [l] = 30 * AK [m2]	1155	1155	
Wärmetauscher-Leistung [kW] = 0,7 * AK [m2]	26.95	26.95	
Rohrdurchmesser Solarkreislauf [DN]	25	25	
Wärmedämmung Solarkreislauf [mm]	40	40	
Durchfluss Solarkreislauf [l/h]	1347.5	1347.5	

Begründung bei grösseren Abweichungen zur Standardauslegung

### Daten zur Integration der geplanten Solaranlage

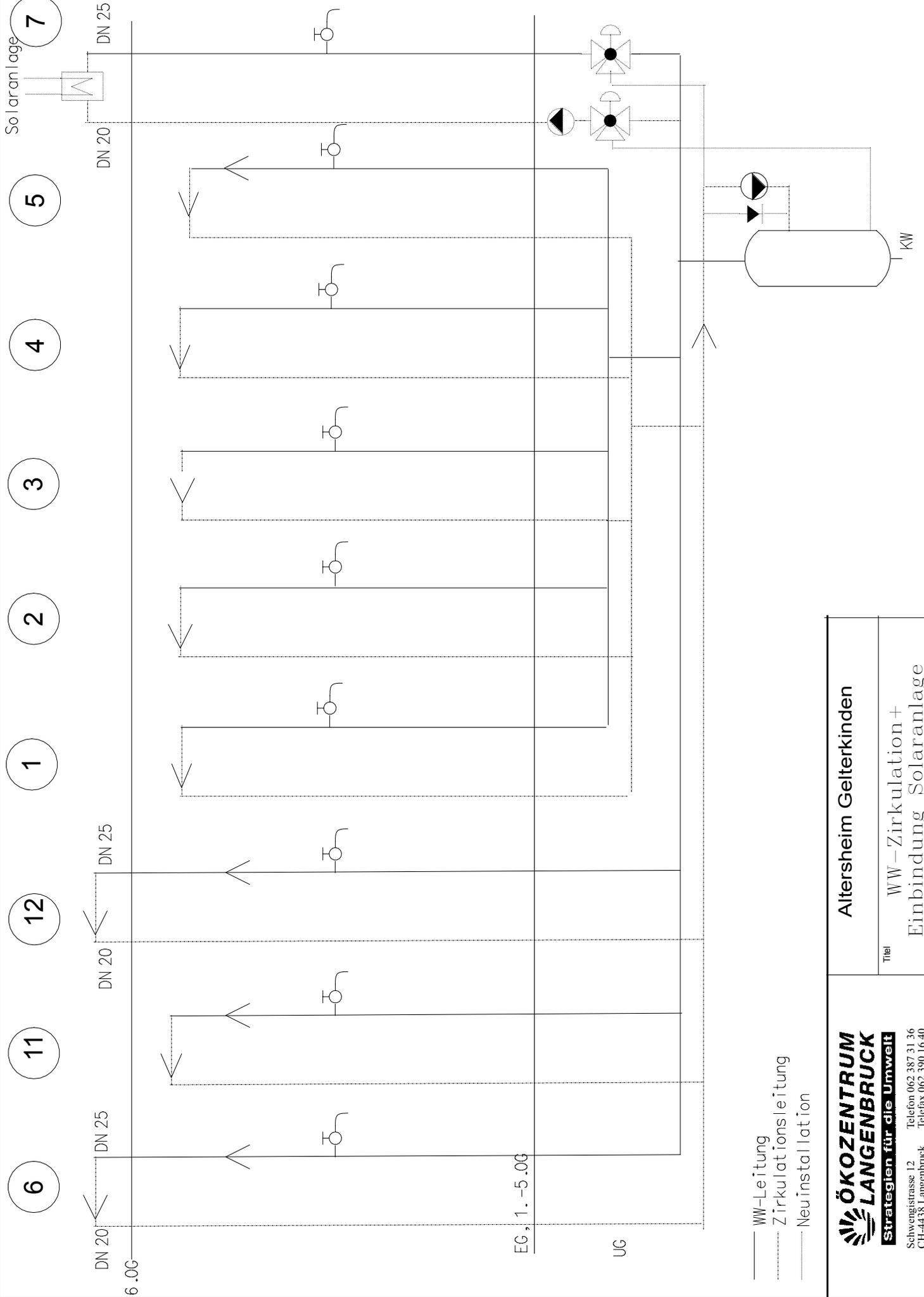
Integration Vorwärmespeicher	UG, bestehender 1000Ltr-Speicher evtl. für Solar
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	wenig auf Grund 16'000 Ltr-Speicher
Integration Kollektoren (Befestigung):	Flachdach
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	8 x 20 m
Verbindungsleitungen (Ort):	Sammelkanal, Solarleitung bereits vorhanden
Einfache Länge Speicher-Kollektor [m]:	45
Anteil der Leitungen Aussen [%]:	20

Weitere Bemerkungen:

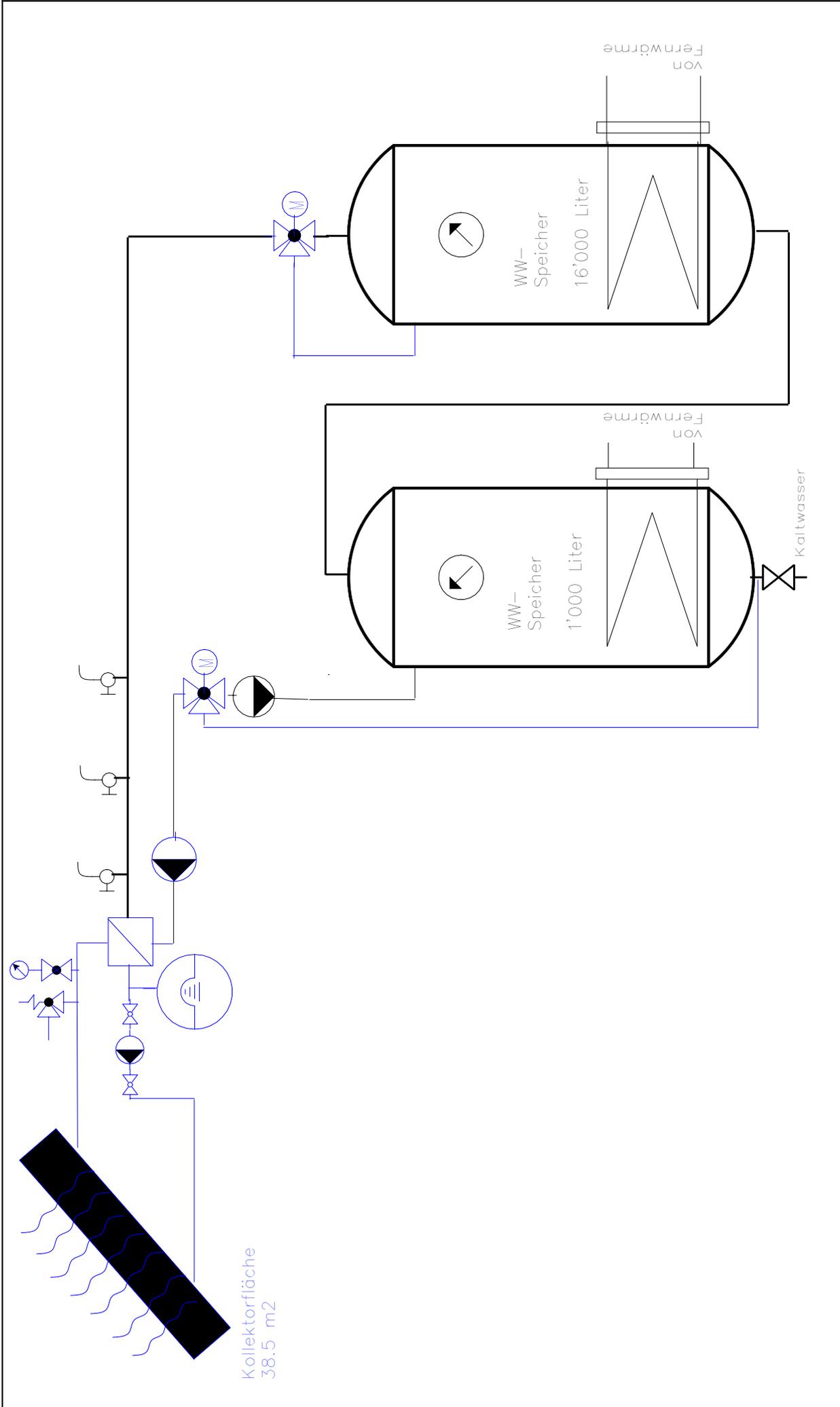
### Produktvorschlag:

Kollektoren	Fabr./Typ:	z.B.: Soltop	Alternativen: Rüesch
	Masse [mm*mm]:	2405x1250 mm	Schweizer
	Absorberfläche [m2]:	14 x 2.75m <sup>2</sup>	
	Flüssigkeitsinhalt [l]:	2,3 ltr/m <sup>2</sup>	
	Opt.Wirkungsgrad:	0.654	Kollektorfeld: siehe Skizze
Speicher	Fabr./Typ:	z.B.: Feuron	Alternativen: Apaco ect.
	Inhalt [l]	1000 (bestehend)	
	Masse [mm*mm]:	H: 1.96 m D: 85 cm	
	Material/Beschichtung:	V4A	
	Wärmetauscher [m2]:	7.2 m <sup>2</sup>	
Steuerung	Fabr./Typ:	Temperaturdifferenz (z.B.:Resol E1/SD)	
	Bauart:	mit Maximalbegrenzung	
	Zubehör:	Temperaturfühler	





<p><b>ÖKOZENTRUM LANGENBRUCK</b>  <b>Strategien für die Umwelt</b>      Schwegenstrasse 12    Telefon 062 387 31 36      CH-4438 Langenbruck    Telefax 062 390 16 40</p>	<p>Altersheim Gelterkinden</p>
<p>Titel</p>	<p>WW – Zirkulation +      Einbindung Solaranlage</p>



**PRINZIPSCHEMA**

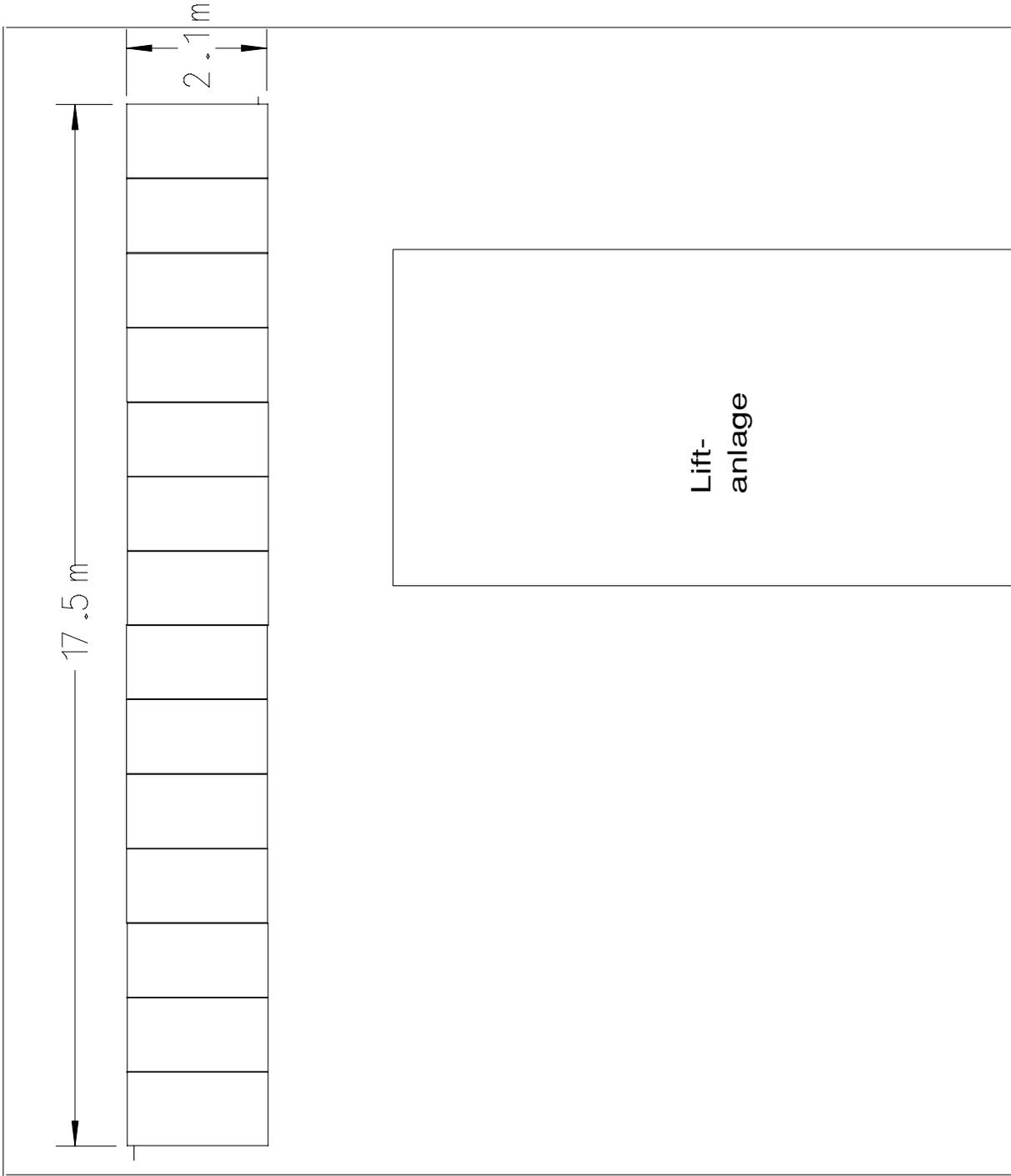
Altersheim Gelterkinden

gezeichnet	Revision 1	Revision 2	Revision 3
15. Dez. 2001			
Visum	BS		

Titel  
**Solare  
Warmwassererwärmung**

**ÖKOZENTRUM  
LANGENBRUCK**  
**Strategien für die Umwelt**

Schwengistrasse 12  
CH-4438 Langenbruck  
Telefon 062 387 31 36  
Telefax 062 390 16 40



Altersheim Gelterkinden

Titel

Dachaufsicht  
 38.5 m2 Kollektorfeld

Kollektortyp: z.B. SOLTOP - Copra  
 Fläche pro Kollektor: 2,75 m<sup>2</sup>  
 Anzahl Kollektoren: 14  
 Total Kollektorfläche 38.5 m<sup>2</sup>

**Altersheim Gelterkinden**



## **Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage**

**Alterszentrum  
Am Bachgraben  
Muesmattweg 131  
4123 Allschwil**

Das Alterszentrum „Am Bachgraben“ wurde das Wohnhaus Muesmattweg 131 untersucht. Das Gebäude hat eine durchschnittliche Belegung von 54 Personen. Die Energieversorgung geschieht über die Fernwärme aus dem gemeinsamen BHKW des Alterszentrums. Die gesamte Warmwasserversorgung ist detailliert dokumentiert. Die Einbindung der Solaranlage muss über mindestens 2 Zirkulationsleitungen geschehen.

Bei der Installation einer Solaranlage muss auf jeden Fall ein zusätzlicher Speicher vorgesehen werden.

Das 33 m<sup>2</sup>Kollektorfeld kann auf dem Flachdach platziert werden.

Auf Grund der niedrigen Gebäudehöhe und des notwendigen Solarspeichers ist die Einbindung der Solaranlage in der derzeitigen Testphase nicht wirtschaftlicher als die herkömmliche Installation.

## Objektdaten Liegenschaft

Adresse der Liegenschaft: Alterszentrum  
Am Bachgraben  
Muesmattweg 131  
4123 Allschwil  
Eigentümer: Stiftung Alterszentrum-  
Am Bachgraben  
Kontaktperson: Herr Goering



Tel: 061-485 33 60

Baujahr: 1971  
Nutzung: Wohnen  
Geschosse: UG, EG, 1-4.OG  
Anz. Wohnungen/Zimmer: 38 Wohnungen  
Anzahl Bewohner (Wohn.)   
Energiebezugsfläche [m2]

Energieträger (WW/Heiz.): eigenes BHKW  
Energieverbrauch:  Energiedaten nur für gesamtes Zentrum vorhanden  
Energiekennzahl [MJ/m2a]:

Warmwasserverbrauch [Liter/Tag]:   
In Wohnbauten gemäss Bewohnerzahl:  (Anzahl Bewohner à 50 Liter/Tag)

### Zustand der Gebäudehülle

Zustand Fenster Doppelverglasung  
Fassade Backstein  
Estrich/Dach  
Kellerdecken Beton  
Sanierungsabsichten: keine

Bedachung: Flachdach  
Bedachungsmaterial: Kies Anschlussmöglichkeit?  
Orientierung: 34° Ost von Süd=0°  
Freie Dachfläche: 18 x 7 m  
Beschattung: keine

Standort Heizung: BHKW unterhalb Hauptgebäude  
Alter der Heizung: 1971  
Zustand der Heizung:  
Sanierung Vorgesehen: keine  
Platzangebot Heizzentrale: ausreichend  
Raumhöhe Heizzentrale: 2.8 m  
Warmwasserversorgung: Übergabestation von BHKW  
Inhalt Wassererwärmer: keine Angaben ^~600L. Fabrikat: HOVAL  
Alter Wassererwärmer: 1971 Typ: F41F  
Zustand Wassererwärmer: gut

Bemerkungen: Zirkulation vorhanden

## Anlage Dimensionierung

	Standart	gewählt	Bemerkung
Kollektorfläche AK [m2] = Warmwasserverb. [l/d] /100	27	38.5	
Solarspeichervolumen [l] = 30 * AK [m2]	810	1155	
Wärmetauscher-Leistung [kW] = 0,7 * AK [m2]	18.9	26.95	
Rohrdurchmesser Solarkreislauf [DN]	25	25	
Wärmedämmung Solarkreislauf [mm]	40	40	
Durchfluss Solarkreislauf [l/h]	810	1347.5	

Begründung bei grösseren Abweichungen zur Standardauslegung

### Daten zur Integration der geplanten Solaranlage

Integration Vorwärmespeicher	UG Heizraum
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	gut
Integration Kollektoren (Befestigung):	Flachdach
Bemerkungen (Platzverhältnisse):	18 x 7 m
Verbindungsleitungen (Ort):	Fassade o.Zirk.
Einfache Länge Speicher-Kollektor [m]:	34
Anteil der Leitungen Aussen [%]:	80

Weitere Bemerkungen:

### **Produktvorschlag:**

Kollektoren	Fabr./Typ:	z.B.: Soltop	Alternativen: Rüesch
	Masse [mm*mm]:	2405x1250 mm	Schweizer
	Absorberfläche [m2]:	12 x 2.75m <sup>2</sup>	
	Flüssigkeitsinhalt [l]:	2,3 ltr/m <sup>2</sup>	
	Opt.Wirkungsgrad:	0.654	Kollektorfeld: siehe Skizze
Speicher	Fabr./Typ:	z.B.: Feuron	Alternativen: Apaco ect.
	Inhalt [l]	1000	
	Masse [mm*mm]:	H: 1.96 m D: 85 cm	
	Material/Beschichtung:	V4A	
	Wärmetauscher [m2]:	7.2 m <sup>2</sup>	
Steuerung	Fabr./Typ:	Temperaturdifferenz (z.B.:Resol E1/SD)	
	Bauart:	mit Maximalbegrenzung	
	Zubehör:	Temperaturfühler	

## Eignungsabklärung zu einer solaren Warmwasseranlage

### Kosten / Ertrag

#### Kostenzusammenstellung gemäss Firmenofferte

	[Fr.]	Bemerkung
- Kollektorfeld Lieferung und Montage auf vorbereiteter Dachfläche inkl. hydraulischen Zwischenverbindung	23'725	
Zuschläge: Vorbereitung Dachfläche, spez. Konstruktion	3'000	
Aufbringung, Gerüst, Kranen		
- Speicher Lieferung und Montage inkl. Wärmetauscher und Sanitär Anschlüsse Warmwasserseite	8'493	
Zuschläge: Einbringung, Platzschweissung etc.	900	
Mehrpreis Externer Wärmetauscher inkl. Zubehör		
- Leitungen Lieferung und Montage (Aussen und Innen) inkl. Wärmedämmung	9'565	
Zuschläge: Bauliche Massnahmen/Kernbohrungen		
- Solarmodul (Pumpe, Armaturen, Sicherheitseinrichtungen) Lieferung und Montage	2'546	
- Wärmezähler Solarkreislauf		
- Steuerung	500	
- Elektroinstallationen komplett Lieferung und Montage	1'400	
- Tech. Bearbeitung / Inbetriebsetzung	720	
- Planung		
- Bauleitung		
- Baugesuch		
<b>-Rabatt</b>	<b>-1'525</b>	
<b>Total Anlagekosten Solare Vorwärmung exkl. MWSt. [Fr.]</b>	<b>49'324</b>	
<b>Total Anlagekosten inkl. MWSt. <span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;">7.6</span> % [Fr.]</b>	<b>53'073</b>	
<b>Total Anlagekosten abzüglich Fördermittel [Fr.]</b>	<b>26'536</b>	

#### Förderbeiträge / Finanzierungshilfen

Beiträge Kanton	Kanton Baselland 20% der Investition	10'615
Beiträge Bund	P+D Beiträge	15'922
P+D, kommunale Beiträge...		

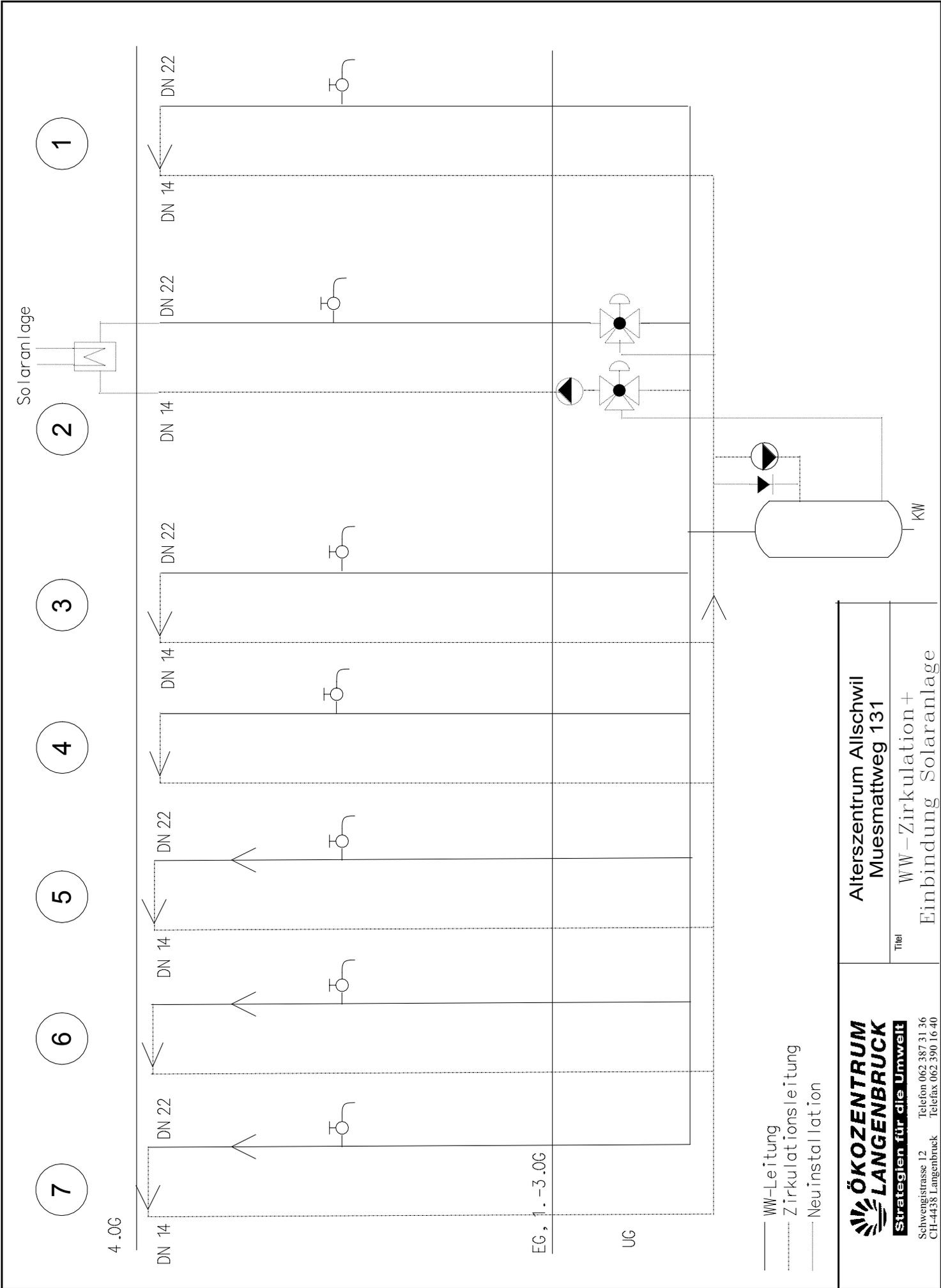
#### Solarer Bruttoertrag

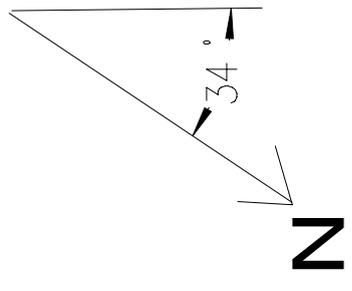
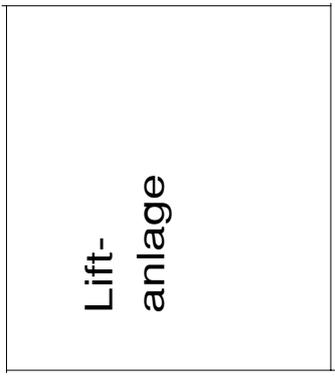
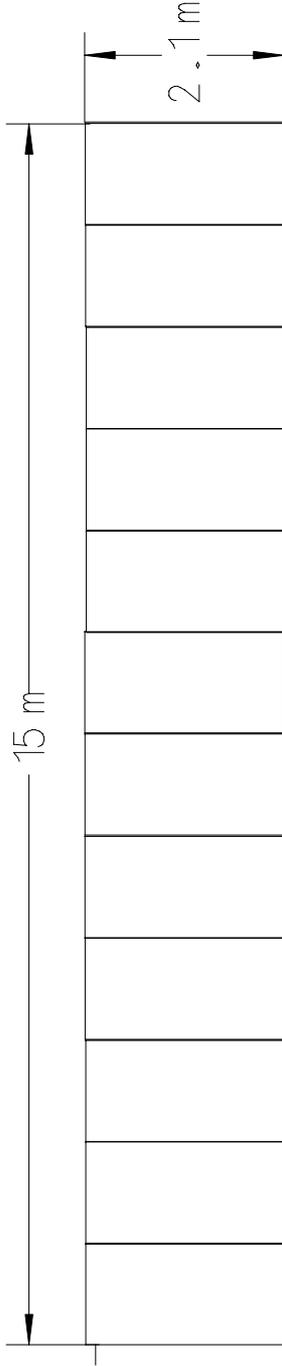
		Bemerkung
Ertrag bei Dimensionierung als Vorwärmanlage (Mittelland) [kWh/m2]:	550	
Korrekturfaktor für die Dimensionierung (Deckungsgrad) [-]:	1.00	
Korrekturfaktor für die Ausrichtung, Standort etc. [-]:	1.00	
Gesamtertrag der Anlage pro Jahr [kWh/a]:	21'175	

#### Empfehlung

Das Objekt ist für den Einbau einer solaren Warmwassererwärmung gut geeignet.  
Die Solaranlage kann auch als Pilotanlage für das vom vom Bundesamt für Energie und den Kantonen geförderten Projekt zur Zirkulationseinbindung errichtet werden.

Die angegebenen Förderbeiträge gelten für eine Pilotanlage.





**ÖKOZENTRUM LANGENBRUCK**  
**Strategien für die Umwelt**  
 Schwengstrasse 12    Telefon 062 387 31 36  
 CH-4438 Langenbruck    Telefax 062 390 16 40

Alterszentrum Allschwil  
 Muesmattweg 131  
 Dachaufsicht  
 38.5 m2 Kollektorfeld

Titel

Kollektortyp: z.B. SOLTOP - Copra  
 Fläche pro Kollektor: 2,75 m2  
 Anzahl Kollektoren: 14  
 Total Kollektorfläche 38.5 m2

**Alterszentrum Allschwil**



# ANHANG B

**Eingabe Parameter für die Simulation herkömmliche Anlage (Nummerierung gemäss Excelblatt)**  
**22**

$$m = \frac{F_k}{10}$$

**23**

$$F_{K, Serie} = (\text{if } m = 0 \text{ then } F_K \text{ else } \frac{F_K}{m})$$

**26**

$$\Delta_{PSerie} = \Delta_{PSpez} \cdot F_{K, Serie}$$

**31**

$$A_K = d_K^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

**39**

$$P_{Spez,1} = \frac{\pi \cdot l_{K,1}}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_K} \cdot \ln\left(\frac{D_{K,a}}{D_{K,i}}\right)}$$

**40**

$$P_{Spez,2} = \frac{\pi \cdot l_{K,2}}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_K} \cdot \ln\left(\frac{D_{K,a}}{D_{K,i}}\right)}$$

**43**

$$V_{1,min} = V'_{1,min} \cdot \frac{m}{1000 \cdot 3600 \cdot A_K}$$

**44**

$$V_{1,max} = V'_{1,max} \cdot \frac{m}{1000 \cdot 3600 \cdot A_K}$$

48

$$A = \frac{F_k}{5}$$

50

$$kA^{(2)} = (\text{if } kA^{(1)} = 0 \text{ then } k \cdot A \text{ else } kA^{(1)})$$

55

$$A_{Z,V} = \frac{d_{Z,V}^2}{4} \cdot \pi$$

63

$$P_{Spe,4} = \frac{\pi \cdot l_{Z,V}}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{Z,V}} \cdot \ln\left(\frac{D_{Z,V,a}}{D_{Z,V,i}}\right)}$$

71

$$A_{Z,R} = \frac{d_{Z,R}^2}{4} \cdot \pi$$

79

$$P_{Spez,3} = \frac{\pi \cdot l_{Z,R}}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{Z,R}} \cdot \ln\left(\frac{D_{Z,R,a}}{D_{Z,R,i}}\right)}$$

81

$$V_{norm,R} = V_{norm,v} \cdot \frac{A_{Z,V}}{A_{Z,R}}$$

85

$$V_s = \frac{F_k}{20}$$

87

$$T_7 = T_K$$

93

$$Q_{S,S} = (T_{S,S} - T_K) \cdot \rho_w \cdot c_{p,w} \cdot V_{S,S}$$

99

$$D_S = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_S}{h_S \cdot \pi}}$$

103

$$D_{S,i} = D_S \cdot 2d_{Wand}$$

104

$$A_{S,D} = \pi \cdot \left(\frac{D_{S,i}}{2}\right)^2$$

105

$$D_{S,a} = D_{S,i} + 2d_{Dämmung}$$

106

$$P_{S,D} = A_{S,P} \cdot \frac{\lambda_S}{d_{Dämmung}}$$

107

$$P_{S,W} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_S} \cdot \ln\left(\frac{D_{S,a}}{D_{S,i}}\right)}$$

119

$$v_{K,h} (m/s) = \frac{v_{K,h} (l/hm^2)}{1000 \cdot 3600 \cdot A_K} \cdot F_K$$

120

$$V'_{K,h} = \frac{v_{K,h}}{1000 \cdot 3600} \cdot F_K$$

124

$$P_{Spez,K,1,h} = \frac{\pi \cdot l_{k,1,h}}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_K} \cdot \ln\left(\frac{D_{K,a}}{D_{K,i}}\right)}$$

125

$$P_{\text{Spez},K,2,h} = \frac{\pi \cdot l_{k,2,h}}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_K} \cdot \ln\left(\frac{D_{K,a}}{D_{K,i}}\right)}$$

128

$$F_{K,\text{Serie},h} = \frac{F_K}{m_K}$$

130

$$\Delta_{P,\text{Serie},h} = \Delta_{P,\text{Spez}} \cdot F_{K,\text{Serie},h}$$

136

$$\tau = \frac{\rho_w \cdot c_{p,w}}{\rho_{w,Gl} \cdot c_{p,w,Gl}}$$

## Dateneingabe Herkömmliche Solaranlagen simulation

**B**  $G_K$

**C**

$$G_{tot} = G_K \cdot \tilde{F}_K$$

**D**  $T_n$

**E**  $Z_{Spez}$

**F**

$$Z = \frac{Z_{Spez}}{100} \cdot \tilde{n} \cdot \tilde{V}_{Zapf} \quad \left(\text{in } \frac{L}{h}\right)$$

**B**

$$P_Z = \frac{Z}{1000} \cdot \tilde{\rho}_{Wasser} \cdot \tilde{c}_{P,Wasser} \cdot (T_Z - \tilde{T}_K)$$

**C,D**

$$v_1 = \tilde{v}_{K,h} \quad \left(\text{in } \frac{m}{s}\right) = \tilde{v}'_{K,h} \quad \left(\text{in } \frac{m^3}{s}\right)$$

**E**

$$\eta = c_o \quad \eta = \begin{cases} 1 & \text{if } (P_Z = 0) \text{ then } = 0 \text{ else [if } \tilde{c}_o - \tilde{c}_1 \frac{T_1^\uparrow + T_4^\uparrow - 2T_u}{2G_K} - \tilde{c}_2 \frac{(T_1^\uparrow + T_4^\uparrow - 2T_u)^2}{4G_K} < 0 \\ & \text{then } 0 \text{ else } \tilde{c}_o - \tilde{c}_1 \frac{T_1^\uparrow + T_4^\uparrow - 2T_u}{2G_K} - \tilde{c}_2 \frac{(T_1^\uparrow + T_4^\uparrow - 2T_u)^2}{4G_K} \end{cases}$$

**H**

$$T_1 = \text{if } \beta \text{ then } \tilde{T}_{K,a} + (T_4^\uparrow - T_{K,a}) \cdot \exp\left(-3600 \frac{\tilde{P}_{Spez,K,1,h}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot \tilde{l}_{K,1,h}}\right) \\ \text{else } T_2 + \frac{P_{V,1}^\uparrow}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot v_1}$$

**I**

$$T_2 = \text{if } \beta \text{ then } T_1 \text{ else } T_5 + \frac{(T_6 - T_5)}{\Phi}$$

**J**

$$T_3 = \text{if } \beta \text{ then } \tilde{T}_{K,a} + (T_3^\uparrow - T_{K,a}) \cdot \exp\left(-3600 \frac{\tilde{P}_{Spez,K,2,h}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot \tilde{l}_{K,2,h}}\right) \\ \text{else } T_2 - \frac{(T_6 - T_5)}{\tau}$$

**K**

$$T_4 = \text{if } \beta \text{ then } T_3 \text{ else } T_3 - \frac{P_{V,2}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot V_1}$$

**L**

$$T_5 = \text{if } (T_{Sp}^\uparrow = \text{"leer"} \text{ OR } \gamma = 0) \text{ then } \tilde{T}_K \text{ else } T_{Sp}^\uparrow$$

**M**

$$T_6 = \text{if } \beta \text{ then } T_5 \text{ else } \frac{\eta G_{tot} - P_{V,1}^\uparrow - P_{V,2}^\uparrow}{\tilde{\rho}_{Wasser} \cdot \tilde{c}_{P,Wasser} \cdot V_2} + T_5$$

**P**

$$T_7 = \tilde{T}_w$$

**Q**

$$T_8 = T_7 - \frac{P_u}{\rho_W \cdot c_{P,W} \cdot \tilde{A}_{Z,V} \cdot \tilde{V}_{z,h}}$$

**T**

$$P_{V,1} = \tilde{P}_{Spez,K,1,h} (T_1 - \tilde{T}_{K,a})$$

**U**

$$P_{V,2} = \tilde{P}_{Spez,K,2,h} (T_3 - \tilde{T}_{K,a})$$

**V**

$$P_U = \tilde{P}_{Spez,4} \cdot (T_7 - \tilde{T}_{Z,V,a}) + \tilde{P}_{Spez,3} \cdot (T_7 - \tilde{T}_{Z,R,a})$$

**W**

$$P_S = \text{if } T_{Sp}^\uparrow = \text{"leer"} \text{ then } (T_7 - \tilde{T}_{Sp}) \cdot \tilde{P}_{S,D} \\ \text{else } (T_7 - \tilde{T}_{S,a}) \cdot \tilde{P}_{S,D} + (T_{Sp}^\uparrow - \tilde{T}_{S,a}) \cdot \frac{\tilde{P}_{S,W} \cdot V_{Sp}^\uparrow}{\frac{\tilde{D}_3^2}{4} \cdot \pi}$$

**Z**

$$P_{Betrieb,tot} = \text{if } \beta \text{ then } 0 \text{ else } (T_6 - T_5) \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot V_2$$

**AA**

$$V_{\text{Betrieb,tot}} = \text{if } \varepsilon \text{ then } 0 \text{ else } v_1 \cdot \tau \cdot 3600 \quad \left(\text{in } \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)$$

**AB**

$$T_{Sp} = \tilde{T}_{S,S}^{-1}$$
$$T_{Sp} = \text{if } V_{Sp} < 0.01 \text{ m}^3 \text{ then "leer" else } \frac{Q_{Sp}}{V_{Sp} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W}} + \tilde{T}_K$$

**AC**

$$V_{Z,Sp} = \text{if } (T_{Sp}^\uparrow < T_7 \text{ OR } T_{Sp}^\uparrow = \text{"leer"}) \text{ then } \frac{Z}{1000} \quad (\text{in } \text{m}^3)$$
$$\text{else } \frac{Z}{1000} \cdot \frac{T_7 - \tilde{T}_K}{T_{Sp}^\uparrow - \tilde{T}_K}$$

**AD**

$$V_{Sp} = \tilde{V}_{S,S}^{-1}$$
$$V_{Sp} = \text{if } V_{Sp}^\uparrow + V_{\text{Betrieb,tot}} - V_{Z,Sp} < 0 \text{ then } 0 \text{ else } V_{Sp}^\uparrow + V_{\text{Betrieb,tot}} - V_{Z,Sp}$$

**AE**

$$Q_{Sp} = \tilde{Q}_{S,S}^{-1}$$
$$Q_{Sp} = \text{if } T_{Sp} = \text{"leer"}$$
$$\text{then (if } Q_{Sp}^\uparrow + P_{\text{Betrieb,tot}} \cdot 3600 - P_u \cdot 3600 < 0 \text{ then } 0 \text{ else } Q_{Sp}^\uparrow + P_{\text{Betrieb,tot}} \cdot 3600 - P_n \cdot 3600)$$
$$\text{else (if } Q_{Sp}^\uparrow + P_{\text{Betrieb,tot}} \cdot 3600 - P_u \cdot 3600 - V_{Z,Sp} \cdot \tilde{\rho}_{P,W} \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot (T_{Sp}^\uparrow - \tilde{T}_K) < 0 \text{ then } 0 \text{ else}$$
$$Q_{Sp}^\uparrow + P_{\text{Betrieb,tot}} \cdot 3600 - P_u \cdot 3600 - V_{Z,Sp} \cdot \tilde{\rho}_{P,W} \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot (T_{Sp}^\uparrow - \tilde{T}_K))$$

**AF**

$$E_{\text{exp,Temp.}} = \text{if } T_{Sp}^\uparrow \neq \text{"leer"}$$
$$\text{then (if } \frac{Z}{1000} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot (\tilde{T}_W - T_{Sp}^\uparrow) < 0 \text{ then } 0 \text{ else } \frac{Z}{1000} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot (\tilde{T}_W - T_{Sp}^\uparrow)$$

## Kollektorkreis

AU

$$\text{Re} = v_1 \frac{\tilde{d}_K}{\tilde{\gamma}_{W/Gl}}$$

AV

$$\alpha = e^{-e^{(-0.033 \cdot \text{Re} - 8.75)}}$$

AW

$$\lambda = \text{if } \beta \text{ then } 0 \text{ else } \frac{64}{\text{Re}} (1 - \alpha) + \alpha (-0.868 \cdot \ln(\frac{\ln(\text{Re})^{1.2}}{\text{Re}} + \frac{\tilde{k}}{3.71 \cdot \tilde{\alpha}_K}))^{-2}$$

AX

$$\Delta p_{Koll} = \text{if } \beta \text{ then "aus" else } \frac{(\tilde{l}_{K,1,h} + \tilde{l}_{K,2,h})}{2\tilde{d}_K} \cdot v_1^2 \cdot \tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \lambda + v_1 \frac{\Delta p_{Serie}}{\tilde{m}_h}$$

AY

$$P_{p,Koll} = \text{if } \beta \text{ then "aus" else } v_1 \cdot \tilde{A}_K \cdot \Delta p_{Koll}$$

## Zirkulationskreis

BA

$$\text{Re} = \tilde{v}_{norm} \frac{\tilde{d}_{z,v}}{\gamma_{Wasser}}$$

BB

$$\alpha = e^{-e^{(-0.033 \cdot \text{Re} - 8.75)}}$$

BC

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \cdot (1 - \alpha) + \alpha (-0.868 \cdot \ln(\frac{\ln(\text{Re})^{1.2}}{\text{Re}} + \frac{1}{3.71} \cdot \frac{\tilde{k}}{\tilde{d}_{z,v}}))^{-2}$$

**AG**

$$E_{\text{exp,leer}} = \text{if } Q_{Sp} = 0 \\ \text{then (if } P_Z + P_u \cdot 3600 - P_{\text{Betrieb,tot}} < 0 \text{ then } 0 \text{ else } P_Z + P_n \cdot 3600 - P_{\text{Betrieb,tot}}) \\ \text{else } 0$$

**AH**

$$E_{\text{exp,tot}} = E_{\text{exp,Temp.}} + E_{\text{exp,leer}}$$

**AK**

$$\beta = \text{if } \eta = 0 \text{ then } 1 \text{ else } 0$$

**AL**

$$\gamma = \text{if } V_{Sp}^{\uparrow} > \tilde{V}_S \text{ then } 1 \text{ else } 0$$

**AM**

$$\varepsilon = \beta \text{ OR } \gamma$$

**AP**

$$\tau = \tilde{\tau}$$

**AQ**

$$\kappa = \text{if } \beta \text{ then "WT aus" else } \frac{\tilde{k}A}{V_1 \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W}}$$

**AR**

$$\Phi = \text{if } \beta \text{ then "WT aus"}$$

$$\text{else (if } (0.999 < \tau < 1.001 \text{ OR } -\kappa(1-\tau) > 100) \text{ then } \frac{\kappa}{1 + \kappa \cdot \tau}$$

$$\text{else } \frac{1 - e^{-\kappa(1-\tau)}}{1 - \tau \cdot e^{-\kappa(1-\tau)})$$

**BD**

$$\Delta p_{Z,V} = \frac{\tilde{l}_{Z,V}}{2\tilde{d}_{Z,V}} \cdot \tilde{v}_{norm}^2 \cdot \tilde{\rho}_{Wasser} \cdot \lambda$$

**BF**

$$Re = \tilde{v}_{norm} \frac{\tilde{d}_{Z,R}}{\gamma_{Wasser}}$$

**BG**

$$\tau = e^{-e^{(-0.033 \cdot Re - 8.75)}}$$

**BH**

$$\lambda = \frac{64}{Re} \cdot (1 - \alpha) + \alpha \left( -0.868 \cdot \ln \left( \frac{\ln(Re)^{1.2}}{Re} + \frac{1}{3.71} \cdot \frac{\tilde{k}}{\tilde{d}_{Z,R}} \right) \right)^{-2}$$

**BI**

$$\Delta p_{Z,R} = \frac{\tilde{l}_{Z,R}}{2\tilde{d}_{Z,R}} \cdot \tilde{v}_{norm}^2 \cdot \tilde{\rho}_{Wasser} \cdot \lambda$$

**BK**

$$\Delta p_{Z,tot} = \Delta p_{Z,V} + \Delta p_{Z,R}$$

**BL**

$$P_{P,Z,tot} = \tilde{A}_{Z,V} \cdot \tilde{v}_{norm} \cdot \Delta p_{Z,tot}$$

**BO**

$$P_{V,Koll} = \text{if } \beta \text{ then } 0 \text{ else } P_{V,1} + P_{V,2}$$

**BR**

$$P_{eff} = G_K \cdot \eta$$

**BS**

$$v_K = \text{if } \beta \text{ then "aus" else } v_1$$

## Simulation der Zirkulationseinbindung

**A**

$$P_Z = \text{if } (Z > V_{\text{Betrieb,tot}} \cdot 1000 \text{ AND } T_{Sp}^{\uparrow} \neq \text{"leer"}) \\ \text{then } (V_{\text{Betrieb,tot}} \cdot (T_6 - \tilde{T}_K) + (\frac{Z}{1000} - V_{\text{Betrieb,tot}}) \cdot (T_Z^{\uparrow} - \tilde{T}_K)) \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \\ \text{else } \frac{Z}{1000} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot (T_6 - \tilde{T}_K)$$

**B**

$$v'_1 = \text{if } (T_1 - T_4) < 0.0001 \text{ then } 0 \text{ else } \frac{G_{\text{tot}} \cdot \eta}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot (T_1 - T_4)}$$

**C**

$$v_1 = \text{if } \beta = 0 \text{ then } 0 \text{ else } (\text{if } v'_1 > v_{\text{max}} \text{ then } v_{\text{max}} \text{ else } v'_1)$$

**D**

$$V_1 = v_1 \cdot \tilde{A}_K \cdot 1000 \cdot 3600$$

**E**

$$V'_{2,v} = \frac{G_{\text{tot}} \cdot \eta - P_{v,1} - P_{v,2}}{\tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot \tilde{A}_{Z,v} \cdot (T_5 - T_8)}$$

**F**

$$V_{2,v} = \text{if } \beta = 0 \text{ then } 0 \text{ else } v'_{2,v}$$

**G**

$$V_{2,R} = \text{if } \beta = 0 \text{ then } 0 \text{ else } v'_{2,v} \cdot \frac{\tilde{A}_{Z,v}}{\tilde{A}_{Z,R}}$$

**H**

$$V_2 = v_{2,v} \cdot \tilde{A}_{Z,v} \cdot 1000 \cdot 3600$$

**I**

$$\Delta T_K = \text{if } \gamma = 0 \text{ then } \frac{T_1^{\uparrow} + T_4^{\uparrow} - 2T_n}{2} \text{ else } T_{Sp}^{\uparrow} - T_n$$

**J**

$$\eta = c_0^0$$

$$\eta = \text{if } G_K = 0 \text{ then } 0 \text{ else (if } \tilde{c}_0 - \tilde{c}_1 \frac{\Delta T_K}{G_K} - \tilde{c}_2 \cdot \frac{\Delta T_K^2}{G_K} < 0 \text{ then } 0 \text{ else } \tilde{c}_0 - \tilde{c}_1 \frac{\Delta T_K}{G_K} - \tilde{c}_2 \cdot \frac{\Delta T_K^2}{G_K})$$

**K**

$$T_1 = \tilde{T}_{K,a}^{-1}$$

$$T_1 = \tilde{T}_2^0$$

$$T_1 = \text{if } (\beta^\uparrow = 0 \text{ OR } v_1^\uparrow = 0) \text{ then } T_2 \text{ else } T_2 + \frac{P_{v,1}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot v_1^\uparrow}$$

**L**

$$T_2 = \tilde{T}_{K,a}^{-1}$$

$$T_2 = \text{if } \beta^\uparrow = 0 \text{ then } \tilde{T}_{K,a} + (T_2^\uparrow - \tilde{T}_{K,a}) \cdot \exp\left(\frac{-3600 \cdot \tilde{P}_{Spez,1}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot \tilde{l}_{K,1}}\right) \text{ else } \frac{T_5 - T_8}{\Phi} + T_8$$

**M**

$$T_3 = \tilde{T}_{K,a}^{-1}$$

$$T_3 = \text{if } \beta^\uparrow = 0 \text{ then } \tilde{T}_{R,a} + (T_3^\uparrow - \tilde{T}_{K,a}) \cdot \exp\left(\frac{-3600 \cdot \tilde{P}_{Spez,2}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot \tilde{l}_{K,2}}\right) \text{ else } T_2 - \tau (T_5 - T_8)$$

**N**

$$T_4 = \tilde{T}_{K,a}^{-1}$$

$$T_4 = \tilde{T}_3^0$$

$$T_4 = \text{if } (\beta^\uparrow = 0 \text{ OR } v_1^\uparrow = 0) \text{ then } \tilde{T}_{K,a} + (T_4^\uparrow - \tilde{T}_{K,a}) \cdot \exp\left(\frac{-3600 \cdot \tilde{P}_{Spez,2}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot \tilde{l}_{K,2}}\right)$$

$$\text{else } T_3 - P_{v,2} \cdot \frac{1}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl} \cdot \tilde{A}_K \cdot v_1^\uparrow}$$

**O**

$$T_5 = T_W$$

**P**

$$T_6^0 = T_{Sp}^\uparrow$$

$$T_6^{ab1} = \text{if } (\beta^\uparrow = 0 \text{ OR } \varepsilon^\uparrow = 1) \text{ then } T_5 \text{ else } T_5^\uparrow - \frac{P_{v,3}}{\tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot \tilde{A}_{Z,R} \cdot v_{2,R}^\uparrow}$$

**Q**

$$T_7 = \tilde{T}_7$$

**R**

$$T_8^0 = T_7$$

$$T_8^{ab1} = \text{if } \beta^\uparrow = 0 \text{ then } T_7 \text{ else } T_7 - \frac{P_{v,4}}{\tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot \tilde{A}_{Z,v} \cdot v_{2,v}^\uparrow}$$

**S**

$$P_{v,1}^0 = 0$$

$$P_{v,1}^{ab1} = \tilde{P}_{Spez,1} \cdot (T_1^\uparrow - \tilde{T}_{K,a})$$

**T**

$$P_{v,2}^0 = 0$$

$$P_{v,2}^{ab1} = \tilde{P}_{Spez,2} \cdot (T_3^\uparrow - \tilde{T}_{K,a})$$

**U**

$$P_{v,3}^0 = 0$$

$$P_{v,3}^{ab1} = \tilde{P}_{Spez,3} \cdot (T_5^\uparrow - \tilde{T}_{Z,R,a})$$

**V**

$$P_{v,4}^0 = 0$$

$$P_{v,4}^{ab1} = \tilde{P}_{Spez,4} \cdot (T_7^\uparrow - \tilde{T}_{Z,v,a})$$

**W**

$$P_U = 0$$

$$P_U = \text{if } T_{Sp}^{\uparrow} = \text{"leer"} \text{ then } \tilde{P}_{Spez,4}(\tilde{T}_W - \tilde{T}_{Z,v,a}) + \tilde{P}_{Spez,3}(\tilde{T}_W - \tilde{T}_{Z,R,a}) \\ \text{else } \tilde{P}_{Spez,4}(T_{Sp}^{\uparrow} - \tilde{T}_{Z,v,a}) + \tilde{P}_{Spez,3}(T_{Sp}^{\uparrow} - \tilde{T}_{Z,R,a})$$

**X**

$$P_S = \text{if } T_{Sp}^{\uparrow} = \text{"leer"} \text{ then } (T_6 - \tilde{T}_{S,a}) \cdot \tilde{P}_{S,D} \\ \text{else } (T_{Sp}^{\uparrow} - \tilde{T}_{S,a}) (\tilde{P}_{S,P} + \tilde{P}_{S,W} \frac{V_{Sp}^{\uparrow}}{\frac{D_S^2}{4} \cdot \pi})$$

**AA**

$$P_{Betrieb,tot} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \delta = 0) \text{ then } 0 \\ \text{else (if } \gamma = 1 \text{ then } \eta G_{tot} - P_{v,1} - P_{v,2} - P_{v,3} \text{ else } \frac{(T_6 - T_7) \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W} \cdot v_2}{1000 \cdot 3600})$$

**AB**

$$V_{Betrieb,tot} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } 0 \text{ else } \frac{v_2}{1000}$$

**AC**

$$T_{Sp} = \text{if } V_{Sp} < 0.01 \text{ then "leer"} \text{ else } \frac{Q_{Sp}}{V_{Sp} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W}} + \tilde{T}_K$$

**AD**

$$T_Z = \text{if } (T_{Sp}^{\uparrow} = \text{"leer"} \text{ OR } T_{Sp}^{\uparrow} > T_W) \text{ then } T_W \text{ else } T_{Sp}^{\uparrow}$$

**AE**

$$V_{Sp} = V_{S,S}^{-1}$$

$$V_{Sp} = \text{if } (V_{Betrieb,tot} + V_{Sp}^{\uparrow} - \frac{Z}{1000} < 0 \text{ OR } T_{Sp}^{\uparrow} = \tilde{T}_K) \text{ then } 0$$

$$\text{else (if } T_{Sp}^{\uparrow} = \text{"leer"} \text{ then } V_{Betrieb,tot} + V_{Sp}^{\uparrow} - \frac{Z}{1000} \frac{(T_Z - \tilde{T}_K)}{(T_{Sp}^{\uparrow} - \tilde{T}_K)} \text{ else } V_{Betrieb,tot} + V_{Sp}^{\uparrow} - \frac{Z}{1000})$$

**AF**

$$Q_{Sp}^{-1} = Q_{S,S}$$

$$Q_{Sp}^{ab0} = \text{if } (\beta = 1 \text{ AND } \delta = 0)$$

$$\text{then (if } P_{Betrieb,tot} \cdot 3600 + Q_{Sp}^{\uparrow} - P_Z - P_S \cdot 3600 + E^{\uparrow}_{ext,leer} < 0 \text{ then } 0$$

$$\text{else } P_{Betrieb,tot} \cdot 3600 + Q_{Sp}^{\uparrow} + P_Z - P_S \cdot 3600 + E^{\uparrow}_{ext,leer} )$$

$$\text{else (if } P_{Betrieb,tot} \cdot 3600 + Q_{Sp}^{\uparrow} - P_Z - P_n \cdot 3600 - P_S \cdot 3600 + E^{\uparrow}_{ext,leer} < 0 \text{ then } 0$$

$$\text{else } P_{Betrieb,tot} \cdot 3600 + Q_{Sp}^{\uparrow} - P_Z - P_u \cdot 3600 - P_S \cdot 3600 + E^{\uparrow}_{ext,leer} )$$

**AG**

$$E_{ext,Temp} = \text{if } (T_{Sp} < \tilde{T}_m \text{ AND } T_{Sp} \text{ "leer"}) \text{ then}$$

$$V_{Sp} \cdot \tilde{\rho}_W \tilde{c}_{P,W} (\tilde{T}_W - T_{Sp}) \text{ else } 0$$

**AH**

$$E_{ext,leer} = \text{if } Q_{Sp} = 0 \text{ then } P_Z + P_u \cdot 3600 - Q_{Sp}^{\uparrow} - P_{Betrieb,tot} \cdot 3600 \text{ else } 0$$

**AK**

$$\beta = \text{if } (\eta = 0 \text{ OR } v'_{2,v} < v_{2min}) \text{ then } 0 \text{ else } 1$$

**AL**

$$\gamma = \text{if } V_{Sp}^{\uparrow} > \tilde{V}_S \text{ then } 1 \text{ else } 0$$

**AM**

$$\delta = \text{if } V'_1 > \tilde{V}_{1,min} \text{ then } 1 \text{ else } 0$$

**AN**

$$\varepsilon = \text{if } (\gamma \text{ OR } \delta) \text{ then } 1 \text{ else } 0$$

**AQ**

$$\tau = \frac{\tilde{\rho}_{Wasser} \cdot \tilde{c}_{P,Wasser}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl}}$$

$$\tau^{ab1} = \text{if } (\beta^{\uparrow} = 0 \text{ OR } v_1^{\uparrow} = 0) \text{ then } \frac{\tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W}}{\tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl}} \text{ else } \frac{v_2^{\uparrow} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W}}{v_1^{\uparrow} \cdot \tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \tilde{c}_{P,W/Gl}}$$

**AR**

$\kappa = \text{if } v_{2,v} = 0 \text{ then "WT AUS"}$

$$\text{else } \frac{\tilde{k}A}{v_2 \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \tilde{c}_{P,W}} \cdot 3600 \cdot 1000$$

**AS**

$\Phi = \text{if } v_{2,v} = 0 \text{ then "WT AUS"}$

$\text{else (if } (0.999 < \tau < 1,001 \text{ OR } -\kappa (1 - \tau) > 0) \text{ then } \frac{\kappa}{1 + \kappa \cdot \tau}$

$$\text{else } \frac{1 - e^{-\kappa(1-\tau)}}{1 - \tau e^{-\kappa(1-\tau)}}$$

**Kollektorkreis**

**AV**

$$\text{Re} = v_1 \frac{\tilde{d}_K}{\gamma_{W/Gl}}$$

**AW**

$$\alpha = e^{-e^{(-0.033 \cdot \text{Re} - 8.75)}}$$

**AX**

$$\lambda = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } 0 \text{ else } \frac{64}{\text{Re}} \cdot (1 - \alpha) + \alpha(-0.868 \cdot \ln(\frac{\ln(\text{Re})^{1.2}}{\text{Re}} + \frac{1}{3.71} \cdot \frac{\tilde{k}}{\tilde{d}_R}))^{-2}$$

**AY**

$\Delta p_{Koll} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then "aus"}$

$$\text{else } \frac{\tilde{l}_{K,1} + \tilde{l}_{K,2}}{2\tilde{d}_K} \cdot \tilde{v}_1^2 \cdot \tilde{\rho}_{W/Gl} \cdot \lambda + \frac{v_1}{3600 \cdot 1000} \frac{\tilde{\Delta p}_{Serie}}{\tilde{m}}$$

**AZ**

$P_{P,Koll} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then "aus" else } v_1 \cdot A_K \cdot \Delta p_{Koll}$

## Zirkulation Vorlauf

### BB

$$\text{Re} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } \tilde{v}_{norm} \frac{\tilde{d}_{Z,V}}{\gamma_W} \text{ else } \tilde{v}_{Z,v} \frac{\tilde{d}_{Z,V}}{\gamma_W}$$

### BC

$$\alpha = e^{-e^{(-0.033 \cdot \text{Re} - 8.75)}}$$

### BD

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \cdot (1 - \alpha) + \alpha \left( -0.868 \cdot \ln\left(\frac{\ln(\text{Re})^{1.2}}{\text{Re}} + \frac{1}{3.71} \cdot \frac{\tilde{k}}{\tilde{d}_{Z,v}}\right) \right)^{-2}$$

### BE

$$\Delta p_{Z,v} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } \frac{\tilde{l}_{Z,v}}{2\tilde{d}_{Z,v}} \cdot \tilde{v}_{norm}^2 \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \lambda$$
$$\text{else } \frac{\tilde{l}_{Z,v}}{2\tilde{d}_{Z,v}} \cdot \tilde{v}_{2,v}^2 \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \lambda$$

## Zirkulation Rücklauf

### BG

$$\text{Re} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } \tilde{v}_{norm,R} \frac{\tilde{d}_{Z,R}}{\gamma_W} \text{ else } \tilde{v}_{Z,R} \frac{\tilde{d}_{Z,R}}{\gamma_W}$$

### BH

$$\alpha = e^{-e^{(-0.033 \cdot \text{Re} - 8.75)}}$$

### BI

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \cdot (1 - \alpha) + \alpha \left( -0.868 \cdot \ln\left(\frac{\ln(\text{Re})^{1.2}}{\text{Re}} + \frac{1}{3.71} \cdot \frac{\tilde{k}}{\tilde{d}_{Z,R}}\right) \right)^{-2}$$

**BJ**

$$\Delta p_{Z,R} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } \frac{\tilde{l}_{Z,R}}{2\tilde{d}_{Z,R}} \cdot \frac{\tilde{v}_{norm,R}^2}{2} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \lambda$$
$$\text{else } \frac{\tilde{l}_{Z,R}}{2\tilde{d}_{Z,R}} \cdot \frac{\tilde{v}_{2,v}^2}{2} \cdot \tilde{\rho}_W \cdot \lambda$$

**Zirkulation, total**

**BL**

$$\Delta p_{Z,tot} = \Delta p_{Z,V} + \Delta p_{Z,R}$$

**BM**

$$P_{P,Z,tot} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } \tilde{A}_{Z,V} \cdot \tilde{v}_{norm,v} \cdot \Delta p_{Z,tot} \text{ else } A_{Z,v} \cdot v_{2,v} \cdot \Delta p_{Z,tot}$$

**BP**

$$P_{V,Koll} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } 0 \text{ else } P_{V,1} + P_{V,2}$$

**BQ**

$$P_{V,Zirk,S} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } 0 \text{ else } P_{V,3} + P_{V,4}$$

**BR**

$$P_{V,Zirk,n} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then } P_u \text{ else } 0$$

**BU**

$$P_{eff} = G_{tot} \cdot \eta$$

**BV**

$$V_{Koll} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then "aus" else C10}$$

**BW**

$$V_{Zirk} = \text{if } (\beta = 0 \text{ OR } \varepsilon = 1) \text{ then "umk" else F10}$$