

# **Diplomarbeit**

## **Untersuchungen zum Einsatz einer solarthermischen Anlage zur Vorwärmung des Trinkwassers in einem Krankenhaus**

Technische Fachhochschule Berlin

Fachbereich IV

Gebäude- und Energietechnik

Verfasst von:

Stefan Ballmer

721150

Prüfungskommission:

Prof. Dr. - Ing. B. Schmidt

Prof. Dr. - E. Herzog

## **Erklärung zur Diplomarbeit**

Hiermit erkläre ich, Stefan Ballmer, dass die vorliegende Diplomarbeit von mir selbstständig erarbeitet und verfasst wurde. Es wurden keine anderen Hilfsmittel als die im Quellenverzeichnis angegebenen verwendet.

Berlin, den 24.07.2007

.....

Unterschrift

Stefan Ballmer; Matrikelnummer: 721150

<b>1. Thema der Diplomarbeit</b> .....	11
1.1. Aufgabe .....	11
1.2. Ziel .....	11
<b>2. Allgemeines</b> .....	12
2.1. Einleitung .....	12
2.2. Allgemeines Solaranlagen .....	13
2.2.1. Funktionsweise von Solaranlagen .....	13
2.3. Allgemeines zum Objekt .....	16
<b>3. Anlagenbeschreibung</b> .....	18
3.1. Allgemeine Beschreibung .....	18
3.2. Komponenten Beschreibung .....	19
3.2.1. Kollektorbeschreibung .....	19
3.2.2. Speicherbeschreibung .....	20
3.2.3. Beschreibung der Regelung .....	21
<b>4. Auslegung Anlagenkomponenten</b> .....	22
4.1. Auslegung Kollektorfeld .....	22
4.2. Auslegung Speicher .....	23
4.3. Druckverlust Kollektorkreis .....	24
<b>5. Umsetzung in TRNSYS</b> .....	27
5.1. Allgemein .....	27
5.2. Makro Bedarf .....	29
5.3. Makro Kollektorkreis .....	31
5.4. Speicher (Type 340) .....	34
5.5. Makro Auswertung .....	37
<b>6. Ergebnisse der Simulation</b> .....	39
6.1. Episodenbetrachtung .....	39
6.2. Ermittlung der Deckungsgrade .....	42
6.3. Übersicht Energiebilanz .....	46
<b>7. Wirtschaftlichkeit</b> .....	49
7.1. Allgemeines .....	49
7.2. Kapitalgebunden Kosten .....	49

---

7.3. Betriebsgebundene Kosten .....	50
7.4. Verbrauchsgebundene Kosten.....	50
7.5. Ermittlung der Investitionskosten.....	51
7.5.1. Kosten Kollektorfeld.....	52
7.5.2. Kosten Speicher.....	52
7.5.3. Kosten Regelung .....	52
7.5.4. Kosten Rohrleitungen und Rohrdämmung.....	53
7.5.5. Sonstige Kosten.....	54
7.6. Übersicht Investitionskosten.....	55
7.7. Berechnung der Kosten .....	58
7.7.1. Annuität.....	58
7.7.2. Konventionelle Heizkosten .....	59
7.7.3. Solarer Wärmepreis.....	59
7.7.4. Kosten Nacherwärmung.....	60
7.7.5. Gesamtkosten mit Solaranlage.....	61
7.8. Berechnung der Wirtschaftlichkeit.....	62
<b>8. Auswertung der Ergebnisse.....</b>	<b>67</b>
8.1. Auswertung Wirtschaftlichkeit.....	67
8.2. CO <sub>2</sub> Vermeidungskosten.....	71
<b>9. Fazit.....</b>	<b>73</b>
<b>10. Anhang.....</b>	<b>74</b>
10.1. Anhang 1 Warmwasserverbrauchsprofil.....	74
10.2. Anhang 2 Technische Informationen VitoCell 353 .....	77
10.3. Anhang 3 Technische Informationen SolvisFera.....	77

Abbildung 1: Einstrahlungsintensität Deutschland.....	13
Abbildung 2: Aufbau einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung.....	14
Abbildung 3: Aufbau einer Solaranlage mit Heizungsunterstützung .....	15
Abbildung 4: Vergleich Jahresgang TWW-Erwärmung und Heizungsunterstützung.....	15
Abbildung 5: Schema Vorwärmanlage.....	18
Abbildung 6: Querschnitt Absorber SolvisFera .....	19
Abbildung 7: Darstellung Simulationsfenster.....	27
Abbildung 8: Definition der Übergabeparameter.....	28
Abbildung 9: Control Card Eingabefenster.....	28
Abbildung 10: Fenster "Component Order" .....	29
Abbildung 11: Makro Bedarf.....	29
Abbildung 12: Darstellung Input-Datei.....	30
Abbildung 13: Parameter Data Reader.....	30
Abbildung 14: Makro Kollektorkreis .....	31
Abbildung 15: Makro Kollektorfeld .....	31
Abbildung 16: Parameter Kollektor.....	32
Abbildung 17: Input Flow Diverter.....	33
Abbildung 18: Parameter Speicher 1-8.....	34
Abbildung 19: Parameter Speicher 9-16.....	35
Abbildung 20: Parameter Speicher 17-23.....	35
Abbildung 21: Parameter Speicher 32-40.....	36
Abbildung 22: Parameter Speicher 44- 50 .....	36
Abbildung 23: Makro Auswertung.....	37
Abbildung 24: Parameter Integrator.....	38
Abbildung 25: Konditionsübersicht KfW-Bank.....	51

---

Diagramm 1: Druckverlust Solvis Fera .....	24
Diagramm 2: Heizwasserseitiger Druckverlust Vitocell 353.....	26
Diagramm 3: Darstellung Trinkwassermassenstrom .....	39
Diagramm 4: Darstellung Trinkwassermassenstrom .....	39
Diagramm 5: Darstellung Einstrahlungsenergie .....	40
Diagramm 6: Darstellung Kollektorenergie .....	40
Diagramm 7: Darstellung der Kollektormassenströme .....	41
Diagramm 8: Darstellung der Kollektortemperaturen .....	41
Diagramm 9: Einstrahlungsenergie je Monat.....	46
Diagramm 10: Kollektorertrag je Monat.....	46
Diagramm 11: Nutzenergie je Monat.....	47
Diagramm 12: Energie zur Nacherwärmung je Monat.....	47
Diagramm 13: Verlustleistung durch Wärmeverluste .....	47
Diagramm 14: Preise Rohrmaterial in Abhängigkeit der Rohrdimension .....	53
Diagramm 15: Preise Isoliermaterial in Abhängigkeit von der Rohrdimension...	53
Diagramm 16: Pumpenpreis in Abhängigkeit der Kollektorfeldgröße .....	54
Diagramm 17: Tendenz solare Nutzwärme in Abhängigkeit der Speicheranzahl	67
Diagramm 18: Tendenz Nacherhitzung in Abhängigkeit der Speicheranzahl.....	67
Diagramm 19: Trend Investitionskosten in Abhängigkeit der Speicheranzahl....	68
Diagramm 20: Trend Annuität in Abhängigkeit der Speicheranzahl .....	68
Diagramm 21: Gegenüberstellung Gesamtkosten in Abhängigkeit der Speicheranzahl .....	69
Diagramm 22: Vergleich Gesamtkosten Solaranlage und konventionelle TWW-Erwärmung.....	69
Diagramm 23: Jährliche Mehrkosten .....	70
Diagramm 24: Übersicht CO2-Vermeidungskosten im Wärmesektor .....	71
Diagramm 25: Tendenz CO2-Vermeidungskosten je Tonne .....	72
Diagramm 26: Momentanverbrauch Montag .....	74
Diagramm 27: Momentanverbrauch Dienstag.....	74
Diagramm 28: Momentanverbrauch Mittwoch.....	74
Diagramm 29: Momentanverbrauch Donnerstag.....	75
Diagramm 30: Momentanverbrauch Freitag.....	75

---

Diagramm 31: Momentanverbrauch Samstag .....	75
Diagramm 32: Momentanverbrauch Sonntag .....	76
Diagramm 33: Darstellung Spitzenvolumenströme .....	76
Diagramm 34: Darstellung Tagesverbräuche .....	77

---

Tabelle 1: Belegungswerte Januar bis Juni in % .....	16
Tabelle 2: Belegungswerte Juli bis Dezember in % .....	17
Tabelle 3: Kollektordaten Firma Solvis .....	32
Tabelle 4: Ergebnisse 3 Speicher.....	42
Tabelle 5: Ergebnisse 4 Speicher.....	43
Tabelle 6: Ergebnisse 5 Speicher.....	43
Tabelle 7: Ergebnisse 6 Speicher.....	44
Tabelle 8: Ergebnisse 7 Speicher.....	45
Tabelle 9: Übersicht Energiebilanz.....	48
Tabelle 10: Übersicht Investitionskosten 3 Speicher .....	55
Tabelle 11: Übersicht Investitionskosten 4 Speicher .....	56
Tabelle 12: Übersicht Investitionskosten 5 Speicher .....	56
Tabelle 13: Übersicht Investitionskosten 6 Speicher .....	57
Tabelle 14: Übersicht Investitionskosten 7 Speicher .....	57
Tabelle 15: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 3 Speicher .....	62
Tabelle 16: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 4 Speicher .....	63
Tabelle 17: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 5 Speicher .....	64
Tabelle 18: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 6 Speicher .....	65
Tabelle 19: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 7 Speicher .....	66
Tabelle 20: jährliche Mehrkosten für die Solaranlage .....	73



---

Gleichung 1: Berechnung Kollektorfläche.....	22
Gleichung 2: Berechnung Energiebedarf Warmwasserbereitung .....	22
Gleichung 3: Berechnung Kollektorenanzahl.....	23
Gleichung 4: Berechnung Wärmetauscherflächen Speicher .....	23
Gleichung 5: Berechnung Speicheranzahl .....	24
Gleichung 6: Berechnung Gesamtdruckverlust.....	25
Gleichung 7: Gesamtdruckverlust vereinfacht .....	25
Gleichung 8: Berechnung Stellgröße Regulierventile.....	33
Gleichung 9: Berechnung theoretische Speicherhöhe TRNSYS .....	34
Gleichung 10: Berechnung Deckungsgrad .....	42
Gleichung 11: Berechnung Systemnutzungsgrad .....	42
Gleichung 12: Berechnung Annuitätsfaktor.....	49
Gleichung 13: Berechnung Annuität.....	49
Gleichung 14: betriebsgebunden Kosten .....	50
Gleichung 15: verbrauchsgebunden Kosten .....	50
Gleichung 16: konventionelle Heizkosten mit Heizöl.....	59
Gleichung 17: konventionelle Heizkosten mit Erdgas .....	59
Gleichung 18: Solarer Wärmepreis.....	60
Gleichung 19: Kosten für Nacherwärmung mit Heizöl.....	60
Gleichung 20: Kosten für Nacherwärmung mit Erdgas .....	60
Gleichung 21: Gesamtkosten Solaranlage .....	61

## Literatur- und Quellenverzeichnis

### Normen, Regelwerke, Richtlinien:

- VDI 2067 Berechnung der Kosten für Wärmeversorgungsanlagen
- VDI 6002 Solare Trinkwassererwärmung

### Firmen:

- Solvis Solartechnik
  - Anlagenbauteile
  - Preisauskünfte
  - technische Informationen
- Viessmann
  - Anlagenbauteile
  - Preisauskünfte
  - technische Informationen

### Internet; Stand 22.07.2007:

- [www.solvis.de](http://www.solvis.de)
- [www.kfw.de](http://www.kfw.de)
- [www.viessmann.de](http://www.viessmann.de)
- [www.vattenfall.de](http://www.vattenfall.de)
- [www.bee-ev.de](http://www.bee-ev.de)
- [www.klinikum-barnim.de](http://www.klinikum-barnim.de)

### Literatur:

- Tabellenbuch Sanitär, Heizung, Lüftung ; Bildungsverlag EINS; 4.Auflage
- Große Solaranlagen; Solarpraxis AG Berlin, 2002
- Taschenbuch Heizung- und Klimatechnik; Recknagel, Sprenger, Schramek;  
72.Auflage

# 1. Thema der Diplomarbeit

„ Untersuchungen zum Einsatz einer solarthermischen Anlage zur Vorwärmung von Trinkwasser in einem Krankenhaus.“

## 1.1. Aufgabe

In dieser Arbeit soll untersucht werden inwieweit sich eine Anlage zur solaren Trinkwasservorwärmung, in Hinblick auf einen wirtschaftlichen Betrieb, positiv gegenüber konventioneller Trinkwassererwärmung auswirkt. Dafür wird die Anlage, zur Ermittlung der solaren Deckungsgrade sowie der solar erzeugten Energiemengen, mithilfe des Simulationsprogramms TRNSYS simuliert. Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit werden die zu erwartenden Kosten nach VDI 2067 und VDI 6002 ermittelt werden.

## 1.2. Ziel

Am Ende der Arbeit sollen die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung miteinander verglichen werden, sodass es möglich ist eine Aussage über Einsparung bzw. Mehraufwand zu treffen und zu bewerten.

## 2. Allgemeines

### 2.1. Einleitung

Es ist unumstritten, dass die Reserven an fossilen Energieträgern sich in naher Zukunft dem Ende neigen und die noch verfügbaren Reservoirs zurzeit nur mit erheblichem Aufwand nutzbar sind. Die Sonne dagegen liefert eine enorme Menge an Energie, welche sie uns auch noch in ferner Zukunft zur Verfügung stellen wird.

Umstritten sind allerdings die Auswirkungen der steigenden Kohlenstoffdioxidemissionen welche im Moment noch unabsehbar sind. Die Diskussion um den Klimawandel tritt immer mehr in den Vordergrund. In den nächsten Jahren wird eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gefordert werden, welche mitunter durch Nutzung regenerativer Energiequellen erreicht werden kann.

Im Bereich der weltweiten Industrie wird ein erheblicher Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht. Daher liegen Überlegungen nah dieses Potential an Einsparmöglichkeiten zu nutzen. Entgegen der Forderungen zur vermehrten Nutzung solarthermischer Anlagen steht die Frage der Investitionen. Eine Solaranlage verursacht natürlich Kosten, und in erste Linie hohe Investitionskosten. Allerdings werden Investoren in naher Zukunft kaum noch daran vorbeikommen über die Investition in eine Solaranlage nachzudenken. Die viel entscheidendere Frage wäre eher welche Anlagen einen wirtschaftlichen oder natürlich auch ökologischen Vorteil erwirken und wie groß dieser Vorteil wäre. Diesen Fragestellungen soll die folgende Arbeit nachgehen.

## 2.2. Allgemeines Solaranlagen

Im Sommer wie Winter wird warmes Wasser benötigt. Da im Sommer ein großes Angebot an Solarenergie besteht, ist es sinnvoll diese Energie zur Erwärmung des Trinkwassers zu nutzen. Der Bereich der solaren Trinkwassererwärmung auf niedrigem Temperaturniveau erschließt dabei Anwendungen im Bereich Haushalte, Industrie und Kleinverbraucher.

Im Jahre 1997 wurde in der Bundesrepublik ca. 380.000m<sup>2</sup> neue Kollektorfläche installiert. Im Jahr 2000 waren es insgesamt bereits 600.000m<sup>2</sup> und im Jahr 2001 waren es 1.000.000m<sup>2</sup> Kollektorfläche.

Das entspricht in den letzten Jahren einer durchschnittlichen Zuwachsrate von rund 60%. [Solarpraxis; Große Solaranlage]

### 2.2.1. Funktionsweise von Solaranlagen

In dem folgenden Abschnitt wird die allgemeine Funktionsweise von solarthermischen Anlagen, wie in Abbildung 2 dargestellt, erläutert.

Die Solarstrahlung wird von den Kollektoren durch ihre spezielle Beschichtung absorbiert und entweder in elektrische oder thermische Energie umgewandelt.

Die Intensität der Einstrahlung ist abhängig vom Standort der Solaranlage.

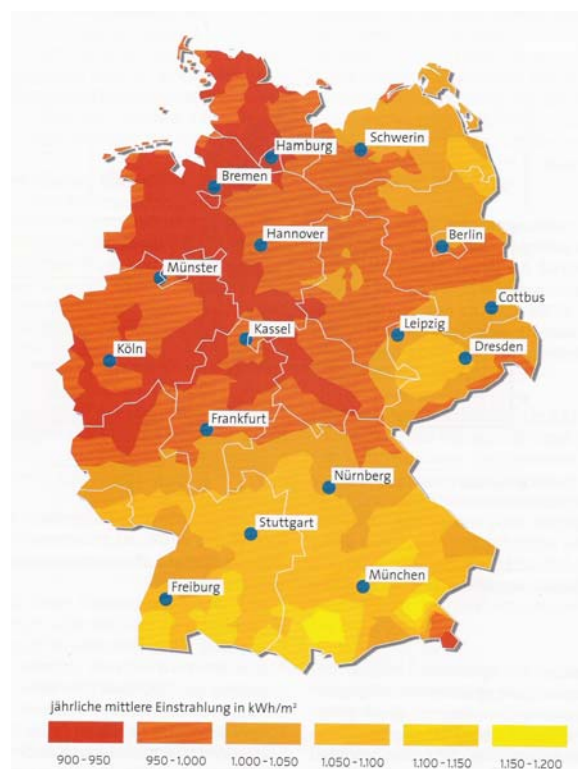
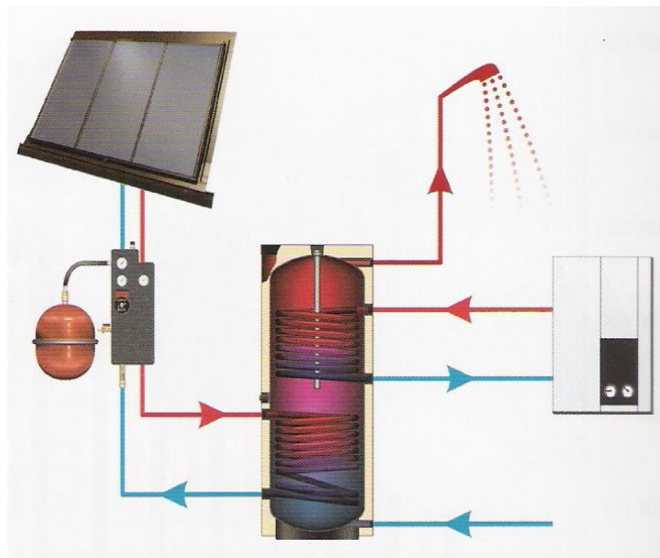


Abbildung 1: Einstrahlungsintensität Deutschland

Abbildung 1 zeigt die durchschnittliche Einstrahlungsenergie je  $m^2$  in Abhängigkeit der Lage in Deutschland. Man kann erkennen, dass die Intensität der Einstrahlung zum Süden hin immer mehr zunimmt. In Berlin und Brandenburg beträgt die Intensität ca.  $1000kWh/m^2$ . Je nach Systemnutzungsgrad lässt ist nur ein gewisser Anteil dieser Energie nutzbar. Bei modernen Anlagen liegt die Obergrenze technisch bedingt bei 70-75%. Das bedeutet, dass sich maximal  $700-750kWh/m^2$  nutzen lassen. Durchschnittlich besitzen Solaranlage Nutzungsgrade von ca. 45-60%.

Die von den Kollektoren aufgenommene Energie wird an die Solarflüssigkeit übertragen, welche mit Hilfe einer Pumpe in den Pufferspeicher gepumpt wird. In dem Pufferspeicher wird mittels Wärmeübertragern die Solarenergie an das Heizwasser abgegeben und gespeichert. Über einen weiteren Wärmetauscher wird schlussendlich das Trinkwasser erwärmt.



**Abbildung 2: Aufbau einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung**

Ein großer Teil der Anlagen aus Abbildung 1 wird bislang in Ein- und Mehrfamilienhäusern installiert.

In dem Bereich öffentlicher Einrichtungen ist allerdings noch ein enormes Potential an Nachrüstungsbedarf vorhanden.

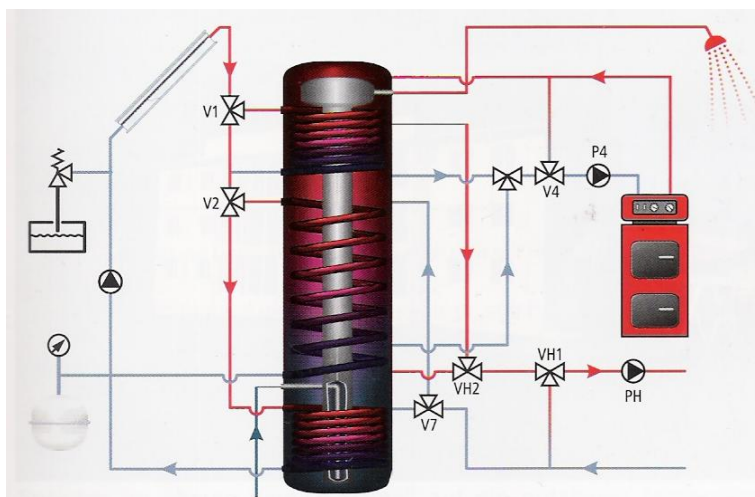


Abbildung 3: Aufbau einer Solaranlage mit Heizungsunterstützung

Neben Anlagen zur reinen Trinkwassererwärmung werden auch zunehmend Anlagen mit Heizungsunterstützung (Abbildung 3), zur Deckung des Heizenergiebedarfs vor allem in den so genannten Übergangszeiten, gebaut.

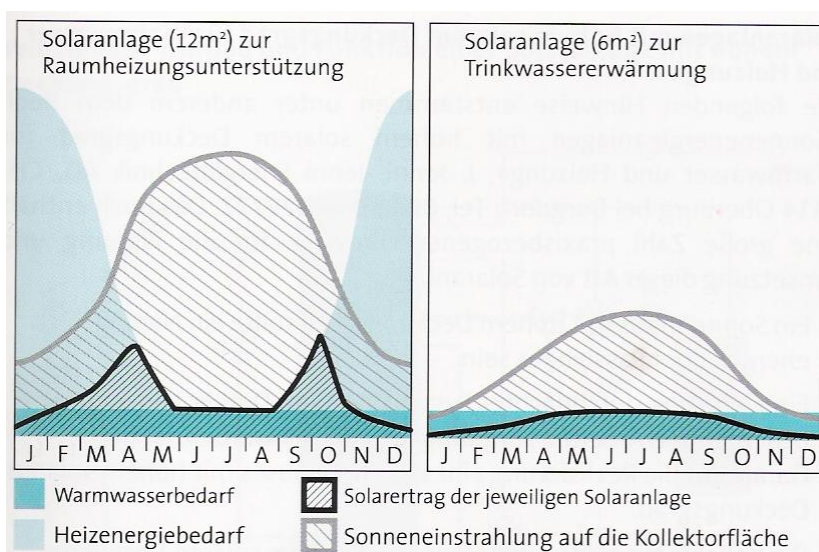


Abbildung 4: Vergleich Jahrgang TWW-Erwärmung und Heizungsunterstützung

Abbildung 4 zeigt den gesteigerten Solarertrag durch die Heizungsunterstützung.

Anlagen zur Trinkwasservorwärmung werden vorwiegend bei Objekten mit hohem Warmwasserverbrauch eingesetzt. Solche Anlagen haben den Vorteil, dass die bestehende Anlage nicht verändert werden muss. Die Solarwärme wird direkt während der Abnahme übertragen. Das Vorgewärmte Wasser wird dann

in den bestehenden Bereitschaftsspeicher geleitet und dort auf die benötigte Temperatur nachgeheizt.

Die nachfolgenden Untersuchungen werden sich auf das Gebiet der Vorwärmanlagen beschränken.

### 2.3. Allgemeines zum Objekt

Bei dem zu untersuchendem Objekt handelt es sich um ein akademisches Lehrkrankenhaus mit 450 Betten. Im Jahr 2005 konnte das Krankenhaus ca. 47.000 behandelte Patienten verzeichnen. Davon waren ca. 42% stationäre und 48% ambulante Patienten. Das Krankenhaus beschäftigte im Jahr 2005 280 Ärzte und 274 Pfleger(innen). [ [www.klinikum-barnim.de](http://www.klinikum-barnim.de) ]

In einem Krankenhaus sollte sich der Wasserverbrauch von Woche zu Woche nicht stark verändern, da die Arbeitsvorgänge und der Küchenbetrieb festgelegten Zeiten folgen und die Höhe des Verbrauchs direkt abhängig von der Belegungszahl des Krankenhauses ist. Die nachstehenden Verbrauchswerte wurden bereits in der Diplomarbeit von Herrn Heise aufgenommen und zur Verwendung für die folgenden Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Die Verbrauchswerte wurden vom 27.03.2006 bis zum 02.04.2006 in der Zeit von 0.00 bis 24.00 Uhr erfasst und ausgewertet.

Station:	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Aufnahme	75,27	77,08	73,73	73,06	66,67	83,89
1	88,71	82,74	74,46	75,00	87,10	93,89
3	77,57	82,74	73,66	75,40	71,74	84,52
4	78,57	72,70	77,27	73,73	74,35	85,63
5	75,88	83,84	73,12	74,52	69,89	76,59
6	74,12	79,68	75,58	74,21	69,51	75,87
<b>Mittelwert</b>	<b>78,35</b>	<b>79,80</b>	<b>74,64</b>	<b>74,32</b>	<b>73,21</b>	<b>83,40</b>

Tabelle 1: Belegungswerte Januar bis Juni in %



Station:	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Aufnahme	76,88	90,59	101,11	98,39	108,06	93,01
1	78,76	75,81	68,33	76,61	68,06	93,01
3	70,20	82,87	80,95	77,42	83,89	60,37
4	83,33	88,25	89,60	84,02	86,67	77,42
5	78,34	78,42	87,30	88,17	86,90	55,76
6	76,19	67,20	85,16	87,71	91,19	90,94
<b>Mittelwert</b>	<b>77,28</b>	<b>80,52</b>	<b>85,41</b>	<b>85,39</b>	<b>87,46</b>	<b>78,42</b>

Tabelle 2: Belegungswerte Juli bis Dezember in %

Da die Mitternachtsstatistik (Tabelle 1 und 2) übers Jahr eine fast konstante Belegung von 79,85% aufweist, wurde diese Woche als Maß für das Verbrauchsprofil über das ganze Jahr festgelegt. In den Diagrammen 26 bis 32 im Anhang sind die Tagesgänge des Warmwasserbedarfs dargestellt.

Anhand der Diagramme wird ersichtlich, dass von Montag bis Sonntag das Personal um 06.00 Uhr mit der Patientenpflege und die Küche mit der Arbeit beginnen. Ab 20.00 Uhr ist die Küche dann geschlossen und die Patientenpflege beendet. Der Verbrauch nimmt am Wochenende etwas ab, da am Samstag Patienten entlassen werden.

Anhand Diagramm 33 ist zu erkennen, dass die Lastspitzen von Montag bis Sonntag nicht sehr stark differieren. Die maximalen Lastspitzen von 5.917,68 l/h treten am Dienstag und am Sonntag auf. Diagramm 34 stellt die Tagesverbräuche an Warmwasser dar. Aus der Summe der Tagesverbräuche ergibt sich ein Wochenverbrauch von 109.640,64 Litern. Rechnet man den Wochenverbrauch auf ein Jahr hoch ergibt sich ein Jahresverbrauch von 5.262.750,72 Litern. Dieser Jahresverbrauch wird im späteren Verlauf dieser Arbeit die Grundlage des Jahresenergiebedarfs verwendet.

### 3. Anlagenbeschreibung

#### 3.1. Allgemeine Beschreibung

Das folgende Schema zeigt die in der Diplomarbeit untersuchte Anlage.

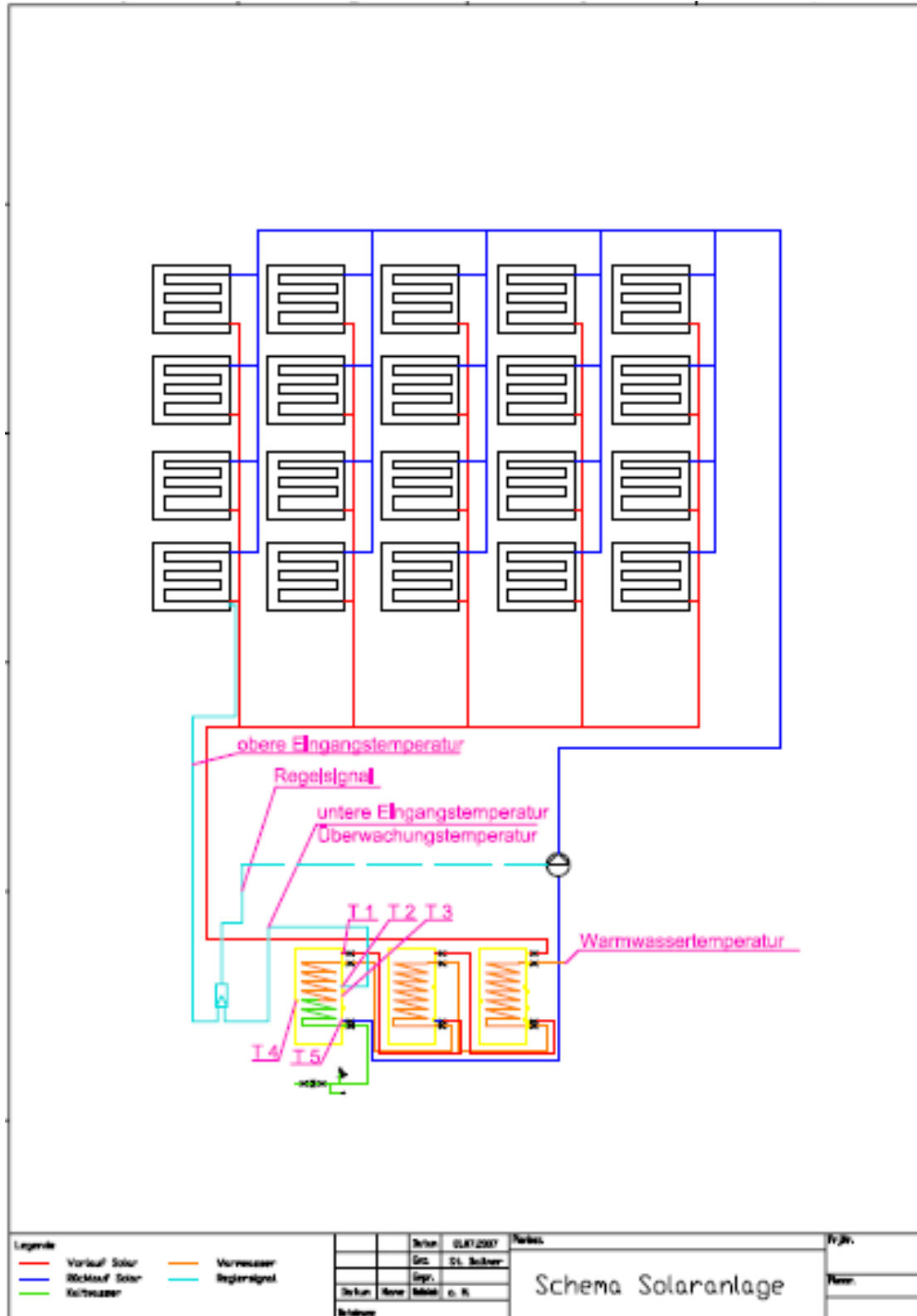


Abbildung 5: Schema Vorwärmanlage

Die zu untersuchende Anlage besteht aus mehreren Speichern des Typs Viessmann Vitocell 353 und aus einem Kollektorfeld mit 20 Flachkollektoren des Typs SolvisFera. Die Kollektoren sind in einer Parallelschaltung nach Tichelmann angeordnet, sodass ein hydraulischer Abgleich der einzelnen Kollektoren entfällt.

Die Speicher sind in Reihe geschaltet und werden vom letzten zum ersten Speicher durchgeladen. Das zu erwärmende Trinkwasser wird in umgekehrter Reihenfolge durch die Speicher geleitet und in den Wärmeübertragern erwärmt. Im Kollektorkreis befindet sich die Pumpanlage, bestehend aus zwei parallel geschalteten Pumpen, welche durch eine Zweipunktregelung der Firma Viessmann angesteuert werden.

## 3.2. Komponenten Beschreibung

### 3.2.1. Kollektorbeschreibung

Die Kollektoren des Typs SolvisFera 802-D wurden aufgrund ihrer großflächigen Bauweise ausgewählt, welche Montagekosten spart und die Wärmeverluste an den Randflächen auf ein Minimum reduziert. Auch werden dadurch Verbindungsleitungen und bis zu 40% Kastenprofil eingespart. Diese Kollektoren besitzen eine Bruttofläche von je 8,4m<sup>2</sup> und ein Gewicht von 154kg. Die Aperturfläche der Kollektoren beträgt je 7,7m<sup>2</sup>.

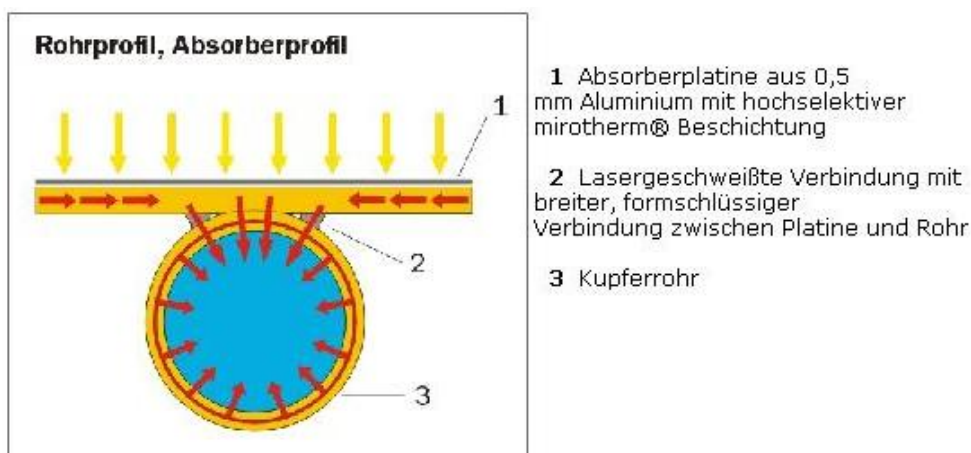


Abbildung 6: Querschnitt Absorber SolvisFera

Der Absorber eines SolvisFera besteht aus einem Aluminiumblech mit einem lasergeschweißten Kupferrohrregister auf der Rückseite. Durch das spezielle Laserschweiß-Verfahren entsteht eine breite, formschlüssige Kontaktfläche zwischen Platine und Rohr. Für eine hocheffiziente Wärmedämmung sorgt eine Isolierung aus 50 mm Mineralfaserwolle mit Glasfliesauflage, die gleichzeitig vor hohen Temperaturen schützt. Das gehärtete und entspiegelte Solarsicherheitsglas mit einer Stärke von 3,2 mm ist von hoher Lichtdurchlässigkeit.

### 3.2.2. Speicherbeschreibung

Die Aufgabe dieser Arbeit lautet eine solare Trinkwasservorwärmung unter Verwendung von Speichern, die im Durchlaufprinzip arbeiten, zu realisieren. Das Angebotspektrum solcher Speicher hält sich allerdings in Grenzen. Der Vorteil solcher Speicher liegt in dem Verzicht kostenintensiver Legionellenschaltungen. Für die zu untersuchende Anlage wurde aufgrund der großen Wärmeübertragerfläche von 7,2m<sup>2</sup> ein Speicher des Typs Vitocell 353 der Firma Viessmann ausgewählt. Die Abmaße des Speichers einschließlich der Dämmung betragen 2100mm x 1005mm (Höhe/Durchmesser). Der Speicher besitzt ein Gesamtvolumen von 750 Litern, welches sich in 33 Liter Trinkwasservolumen, 12 Liter Solarwärmetauschervolumen und 705 Liter Heizmittelvolumen unterteilt. Der Solarwärmetauscher wird in der zu untersuchenden Anlage allerdings nicht verwendet, da die Solarflüssigkeit direkt als Heizmittel in die Speicher geleitet wird.

Der Trinkwasserwärmeübertrager besteht aus einem elastisch und spannungsfrei im Speicherbehälter integrierten Trinkwasser-Wellrohr aus hochlegiertem rostfreiem Edelstahl. Weitere technische Informationen befinden sich im Anhang.

### 3.2.3. Beschreibung der Regelung

Die Solaranlage wird wie in Abschnitt 3.1 durch eine temperaturregeführte Zweipunkt-Regelung geregelt. Als Eingangssignal werden die Kollektortemperatur sowie die Speichertemperatur erfasst. Bei einer Solldifferenz der beiden Temperaturen wird die Solarpumpe aktiviert. Bei Unterschreitung dieser Temperaturdifferenz erfolgt die Abschaltung der Pumpe. Dies ist nötig, damit keine kalte Solarflüssigkeit in die möglicherweise schon vorgewärmten Speicher gelangt. Bei Überschreitung einer Speichertemperatur von 60°Celsius erfolgt ebenfalls die Abschaltung der Solarpumpe, damit eine Überhitzung der Speicher vermieden wird.

Für die zu untersuchende Anlage wurde die Regelung des Typs VitoSolic 100 der Firma Viessmann vorgesehen. Diese beinhaltet die elektronische Temperatur-Differenz-Regelung für Anlagen mit bivalenter Trinkwassererwärmung mit Sonnenkollektoren und Öl-/Gas-Heizkesseln, eine digitaler Temperaturanzeige, Leistungsbilanzierung, Nachladeunterdrückung für den Heizkessel, Aufheizung der Vorwärmstufe und Diagnosesystem.

## 4. Auslegung Anlagenkomponenten

Zunächst werden alle Komponenten überschlägig ausgelegt, um ein Feingefühl für die Anlagengröße zu bekommen und die Startbedingungen der Simulation festzustellen.

### 4.1. Auslegung Kollektorfeld

Die Kollektorfläche wird nach folgender Formel berechnet:

$$A_{Koll} = \frac{K_{aus} \cdot S_D \cdot Q_{WWB}}{S_N \cdot Q_E}$$

Gleichung 1

$A_{Koll}$  = Kollektorfläche [m<sup>2</sup>]

$K_{aus}$  = Korrekturfaktor für Kollektorausrichtung

$S_D$  = Solarer Deckungsgrad [%]

$S_N$  = Systemnutzungsgrad [%]

$Q_{WWB}$  = Energieverbrauch Warmwasserbereitung [ kWh/a]

$Q_E$  = Einstrahlungsenergie [kWh/m<sup>2</sup> \*a]

Der solare Deckungsgrad sowie der Systemnutzungsgrad werden in der Auslegung abgeschätzt. Nach Praxiserfahrungen haben sich für große Solaranlagen Deckungsgrade um 30% und Systemnutzungsgrade von 60% bewährt. Der Korrekturfaktor ergibt sich aus der Ausrichtung und der Neigung der Kollektoren. Bei Südausrichtung und einer Neigung der Kollektoren von 30° ergibt sich ein Korrekturfaktor von 1,0.

Die Energie zur Erwärmung des Warmwassers wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$Q_{WWB} = \dot{m}_{ww} \cdot c_p \cdot (t_{TWW} - t_{TWK})$$

Gleichung 2

$\dot{m}_{ww}$  = Massenstrom Warmwasser [kg/a] (siehe Kapitel 2.3)

$c_p$  = spez. Wärmekapazität von Wasser [ Wh/kg\*K]

$t_{TWW}$  = Warmwassertemperatur [°C]

$t_{TWK}$  = Kaltwassertemperatur [°C]

$$Q_{WWB} = 5.262.750,72 \frac{\text{kg}}{\text{a}} \cdot 1,16 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}} \cdot K \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$$

$$Q_{WWB} = \underline{\underline{305.239,54 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

Nun wird die Energiemenge in Gleichung 1 eingesetzt.

$$A_{Koll} = \frac{1,0 \cdot 0,3 \cdot 305.239,54 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{0,6 \cdot 950 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}}$$

$$A_{Koll} = \frac{86077,55 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{570 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}$$

$$A_{Koll} \approx \underline{\underline{151 \text{m}^2}}$$

$$N_{Koll} = \frac{A_{Koll}}{A_{app}}$$

$$N_{Koll} = \frac{151 \text{m}^2}{7,74 \text{m}^2} = 19,5$$

**Gleichung 3**

$N_{Koll}$  = Anzahl der Kollektoren

$A_{app}$  = Aperturfläche eines Kollektors

Die Berechnung ergibt eine Kollektorfläche von 151m<sup>2</sup>, woraus sich 20 Kollektoren ergeben.

## 4.2. Auslegung Speicher

Nach VDI 6002 werden interne Trinkwasser-Wärmetauscher in Vorwärmssystemen mit ca. 0,3m<sup>2</sup> Wärmetauscherfläche je m<sup>2</sup> Kollektorfläche ausgelegt. Demzufolge ergibt sich für die Gesamtwärmetauscherfläche:

$$A_{WT} = A_{Koll} \cdot 0,3 \frac{\text{m}^2_{WT}}{\text{m}^2_{Koll}}$$

**Gleichung 4**

$$A_{WT} = 20 \cdot 7,74 \text{m}^2_{Koll} \cdot 0,3 \frac{\text{m}^2_{WT}}{\text{m}^2_{Koll}} = \underline{\underline{46,44 \text{m}^2}}$$

Daraus ergibt eine Speichermenge von:

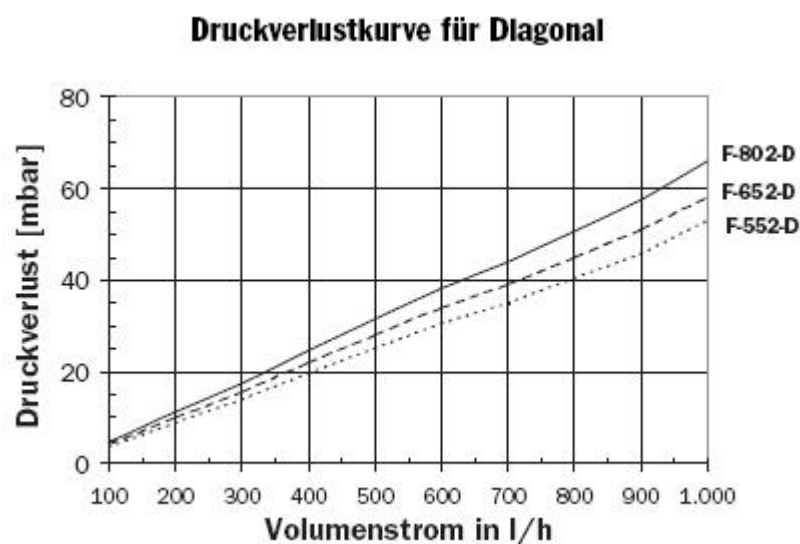
$$N_{\text{Speicher}} = \frac{46,44\text{m}^2}{7,2\text{m}^2} = \underline{\underline{6,45}} \text{ Speichern.}$$

**Gleichung 5**

Die Auswahl fällt in diesem Fall auf 6 Speicher als Startbedingung der Simulation.

### 4.3. Druckverlust Kollektorkreis

Der Druckverlust des Kollektorkreises ergibt sich aus der Summe der Einzeldruckverluste eines Kollektors, der Rohrleitungen und der Speicher. Als erstes wird der Druckverlust der Kollektoren ermittelt.



**Diagramm 1: Druckverlust Solvis Fera**

Aus Diagramm 1 kann man den Druckverlust eines Kollektors F-802-D in Abhängigkeit des Volumenstroms ablesen. Diagramm 8 gilt nur für den Betrieb mit der Solarflüssigkeit Tyfocor LS rot (1,2-Propylenglykol-Gemisch). Der Volumenstrom der Kollektoren liegt bei 40l/m<sup>2</sup>h. Bei einer Apperturfläche von 7,74m<sup>2</sup> ergeben sich daraus 310 l/h.

Bei 310 l/h verursacht ein Kollektor einen Druckverlust von 18mbar. Da alle Kollektoren parallel nach Tichelmann verschaltet sind, kann dieser Druckverlust für das Kollektorfeld angesetzt werden.



Als nächstes wird der Druckverlust der Rohrleitungen ermittelt.

Der Druckverlust pro Meter Rohrleitung sollte aus energetischen Gründen 1,5 mbar und eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,5m/s nicht überschreiten.

Bei der Rohrdimension DN 80 liegt das Rohrreibungsgefälle bei 0,7 mbar/m. Die Strömungsgeschwindigkeit liegt bei 0,55m/s.

Der Gesamtdruckverlust ergibt sich aus der Beziehung:

$$\Delta p_{ges} = l \cdot R \cdot \left( \sum \xi \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \right)$$

**Gleichung 6**

$\Delta p_{ges}$	=	Gesamtdruckverlust	[mbar]
$l$	=	Länge der Rohrleitungen [m]	
$R$	=	Rohrreibungsgefälle	[mbar/m]
$\xi$	=	Widerstandsbeiwert	[1]
$v$	=	Strömungsgeschwindigkeit	[m/s]
$\rho$	=	Dichte des Mediums	[kg/m <sup>3</sup> ]

Der Anteil der Einzelwiderstände wird in der Praxis mit 30-50% abgeschätzt.

Bei der zu untersuchenden Anlage wird der Anteil auf 30% festgelegt. Daraus ergibt sich eine vereinfachte Beziehung zur Berechnung des Druckverlustes.

$$\Delta p_{ges} = l \cdot R \cdot (1 + Z)$$

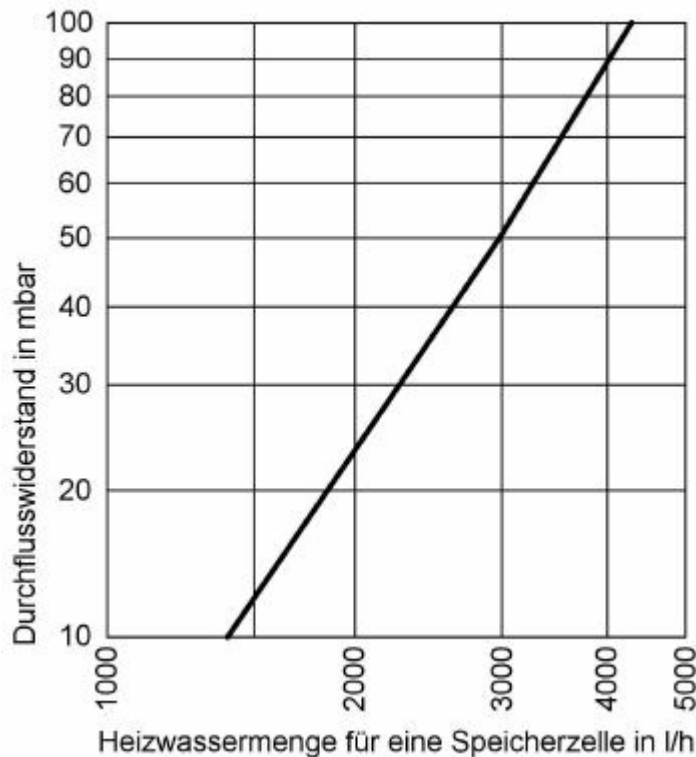
**Gleichung 7**

$Z$	=	prozentualer Anteil an Einzelwiderständen [%]
-----	---	---

Setzt man die oben genannten Werte in Gleichung 8 ein, ergibt sich ein Gesamtdruckverlust von:

$$\Delta p_{ges} = 100m \cdot 0,7 \frac{mbar}{m} \cdot (1 + 0,3) = 91mbar .$$

Als nächstes wird der Druckverlust der Speicher ermittelt.



**Diagramm 2: Heizwasserseitiger Druckverlust Vitocell 353**

Anhand Diagramm 2 wird ersichtlich, dass der ausgewählte Speicher nicht für den in der Arbeit vorgesehenen Verwendungszweck getestet wurde. Nach einem Gespräch mit der technischen Abteilung der Firma Viessmann stellte sich heraus, dass der Vitocell 353 nur für die Verwendung in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern vorgesehen ist. Es wurde ein Druckverlust von 320mbar bei einem Volumenstrom von 6200 kg/h vom Hersteller angegeben.

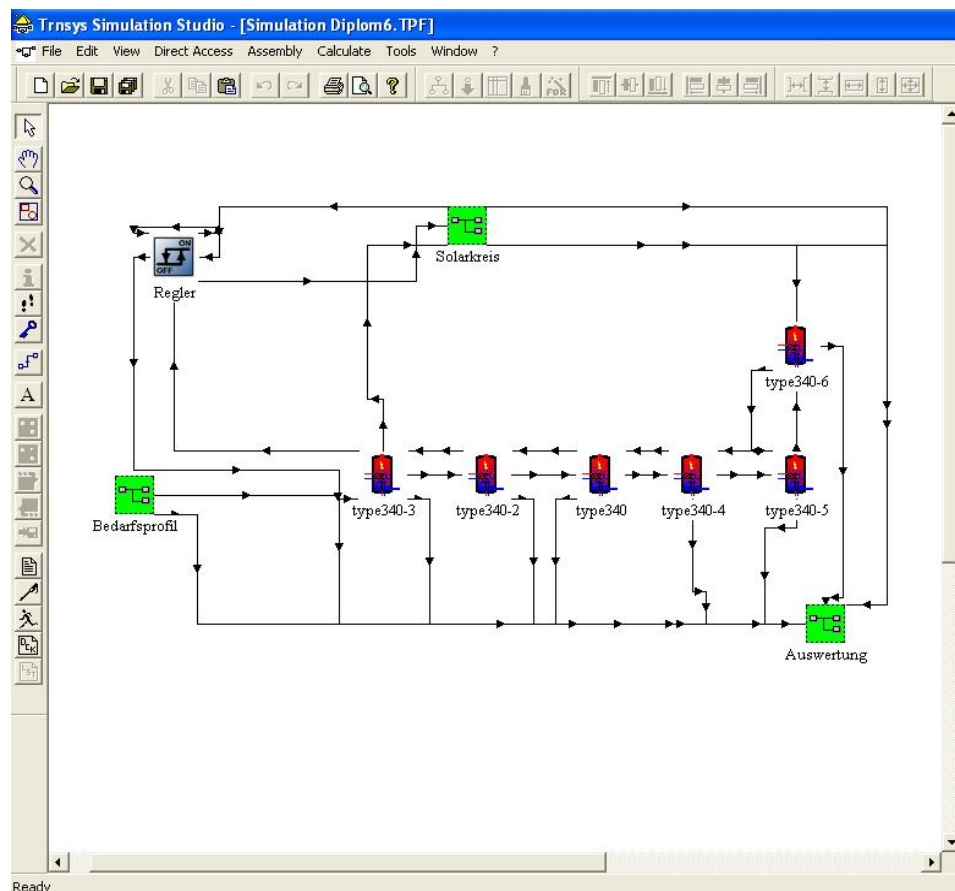
Bei 6 Speichern ergibt sich daraus ein Druckverlust von 1920 mbar.

Dieser hohe Druckverlust lässt sich auch durch die erhöhte Viskosität der Solarflüssigkeit erklären.

## 5. Umsetzung in TRNSYS

### 5.1. Allgemein

TRNSYS (Transient System Simulation Program) ist ein modular aufgebautes, dynamisches Gebäude- und Anlagen-Simulationsprogramm zur Verfügung, mit dem auch das Verhalten von Solarenergiesysteme und Systeme zur rationellen Energienutzung simuliert werden kann.



**Abbildung 7: Darstellung Simulationsfenster**

Abbildung 7 zeigt den Aufbau der Simulation mit 6 Speichern. Die Simulation besteht aus den mehreren Komponenten, den so genannten Types. Einige Types wurden zu Makros zusammengefasst. Ein Vorteil dieser Makros besteht in der Möglichkeit eventuelle Fehlerquellen besser einzugrenzen und zu korrigieren. Ein weiterer Vorteil von Makros ist das Erreichen einer besseren Übersichtlichkeit der Simulation. Die einzelnen Types bzw. Makros werden

miteinander verbunden. Mithilfe dieser Verbindungen werden die zu übergebenden Parameter bzw. Werte definiert (Abbildung 8).

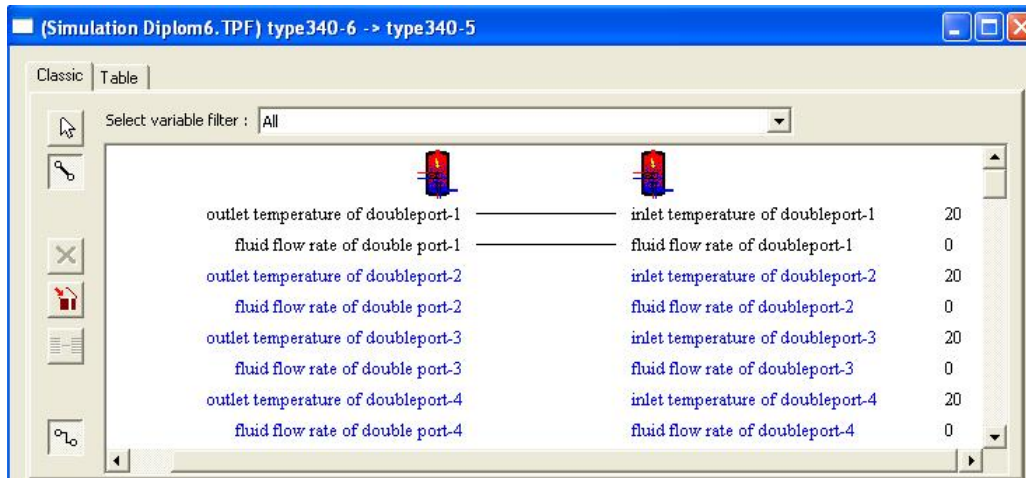


Abbildung 8: Definition der Übergabeparameter

Vor dem Start der Simulation müssen die Rahmenbedingungen der Simulation in den „Control Cards“ (Abbildung 9) definiert werden.

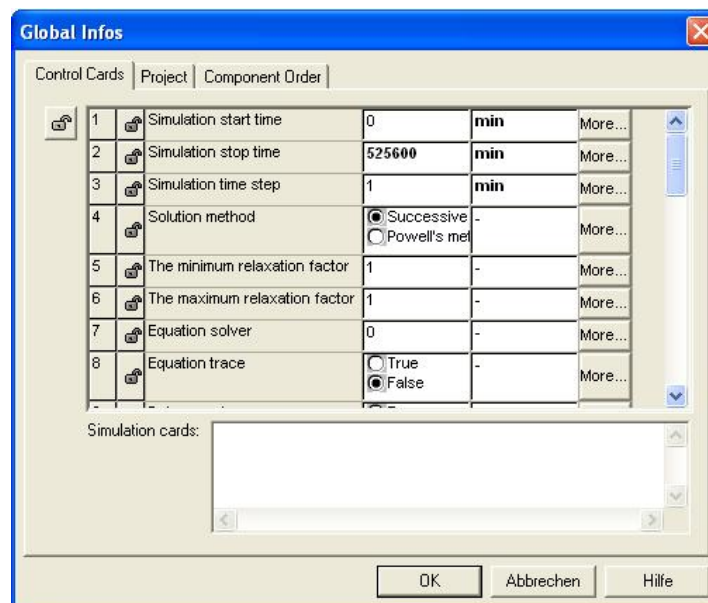


Abbildung 9: Control Card Eingabefenster

Unter Parameter 1, 2 und 3 werden die Simulationsstartzeit, -endzeit und der Zeitschrittweite festgelegt. Außerdem besteht die Möglichkeit der Auswahl des Zeittaktes in Sekunden, Minuten oder Stunden. Unter dem Reiter „Component Order“ müssen, wie in Abbildung 10 dargestellt, die einzelnen „Units“ in einer logischen Reihenfolge geordnet werden, da es sonst zu Fehlermeldungen führt.

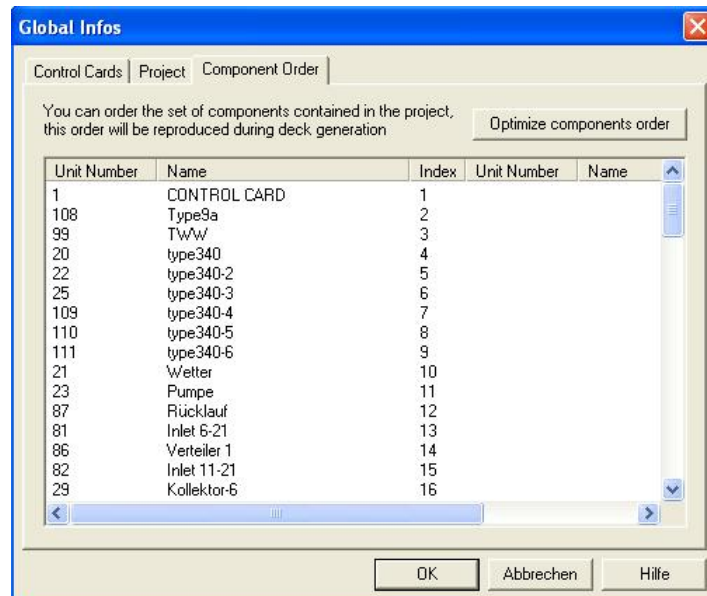


Abbildung 10: Fenster "Component Order"

## 5.2. Makro Bedarf

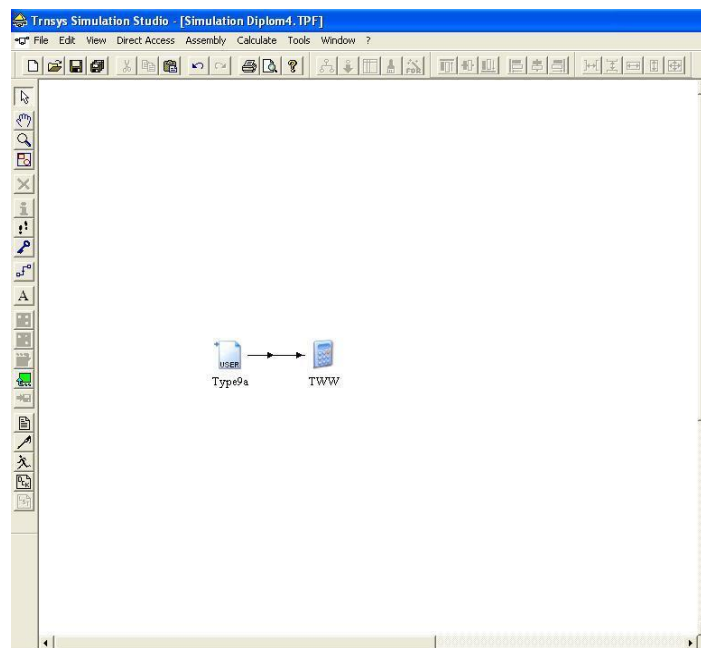
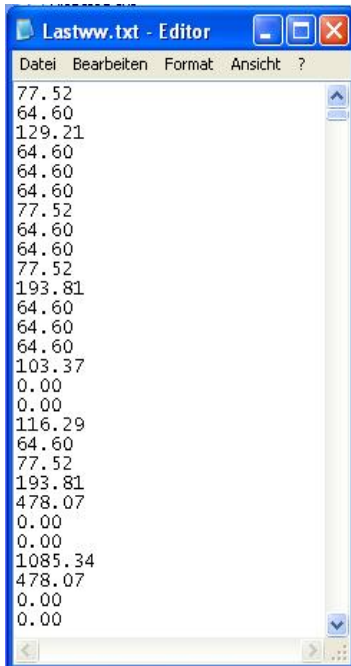


Abbildung 11: Makro Bedarf

Das Makro beinhaltet einen Data Reader (Type 9a) und eine Berechnungsfunktion (Equation) TWW.

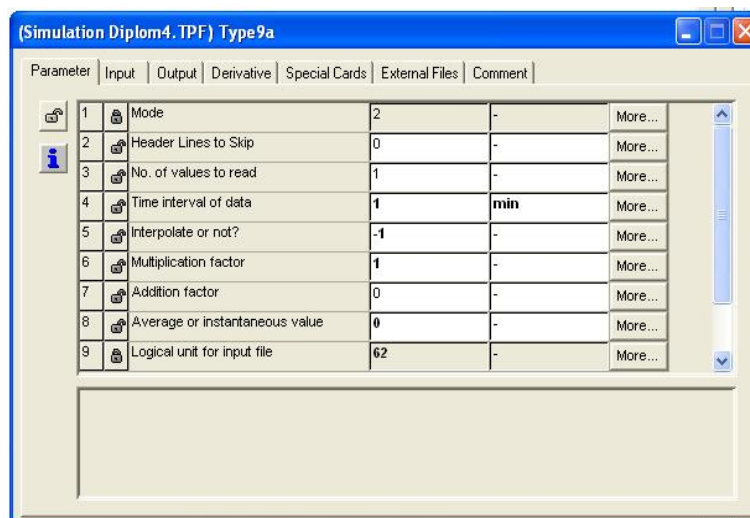
Durch den Data Reader wird das Warmwasserbedarfsprofil eingelesen.

Die Verbrauchsdaten werden in Form einer Txt- Datei (Abbildung 12) dargestellt.



**Abbildung 12: Darstellung Input-Datei**

Jede Zeile der Datei steht für eine Minute einer Woche. Dieses Wochenprofil wird in einer Schleife wiederholt, sodass ein Jahresprofil entsteht.



**Abbildung 13: Parameter Data Reader**

In Abbildung 13 ist das Parameter- Eingabefenster des Data Reader dargestellt. Als Parameter 4 muss das Zeitintervall definiert werden. Als Parameter 5 muss definiert werden ob die Werte interpoliert werden sollen (+1) oder nicht (-1). Als Parameter 6 und 7 muss ein Multiplikator bzw. Summand eingegeben werden, falls die eingelesenen Daten korrigiert werden müssen. Parameter 8 gibt an ob die eingelesenen Daten als Momentan- oder gemittelte Werte weitergegeben werden sollen. In der Equation wird die Kaltwassertemperatur definiert und das Profil an den ersten Speicher weitergeleitet.

## 5.3. Makro Kollektorkreis

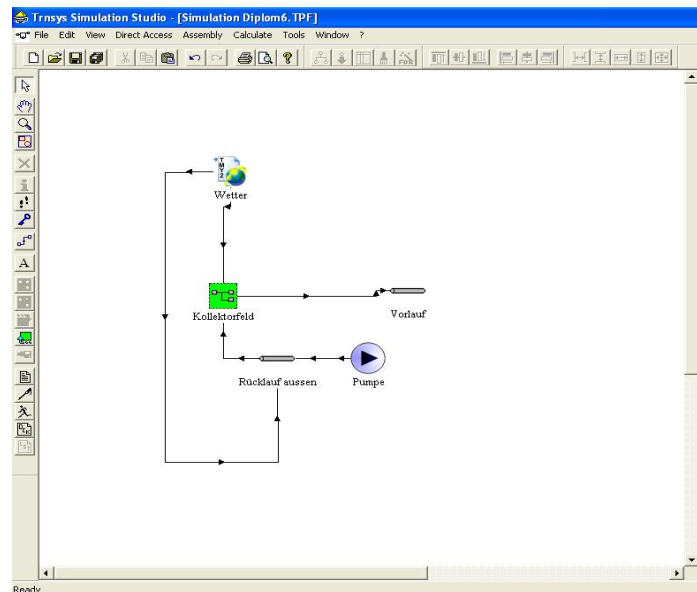


Abbildung 14: Makro Kollektorkreis

In diesem Makro wird der Kollektorkreis dargestellt. Der Kollektorkreis besteht aus der Solarpumpe (Type 3b), Rohrleitungen (Type 31), dem Kollektorkreis und dem Data Reader (Type 109), welcher die Wetterdaten bereitstellt.

Der Wetter- Data Reader ist direkt vom Programm vorgegeben und enthält die Wetter Daten des Testreferenz-Jahres aus Berlin.

Das Makro Kollektorfeld besteht aus 20 Kollektoren (Type 1b), welche parallel verschaltet sind.

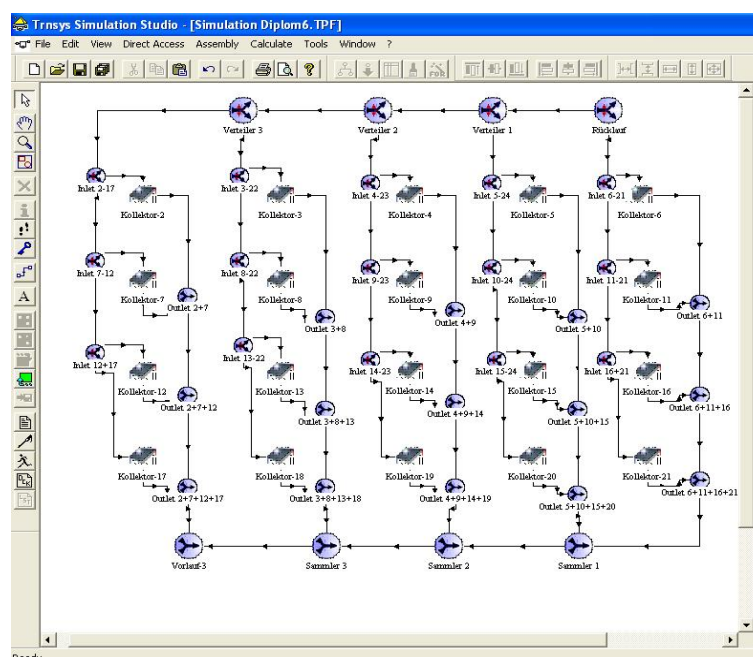


Abbildung 15: Makro Kollektorfeld

Die Parameter der Kollektoren werden in Abbildung 16 dargestellt.

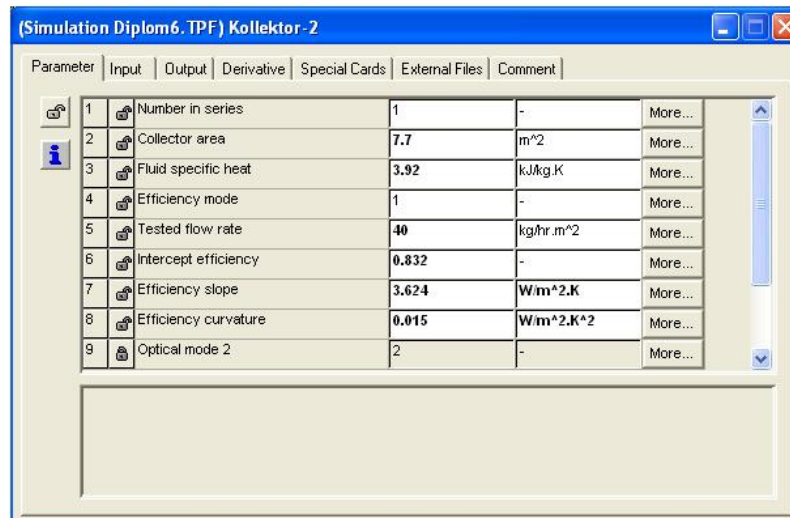


Abbildung 16: Parameter Kollektor

Als Parameter 1 kann die Anzahl der Kollektoren in Reihe eingegeben werden. An dieser Stelle sei erwähnt, dass eine Parallelschaltung nur, wie in Abbildung 7 dargestellt, möglich ist, da der TRNSYS Type 1b nur eine Reihenschaltung simulieren kann. Unter Parameter 2 wird die Aperturfläche des Kollektors eingetragen, Parameter 3 ist die spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers (Tyfocor LS rot). Parameter 5 ist der Massenstrom beim Kollektortest. Ist dieser Massenstrom unbekannt, muss der Massenstrom beim Betrieb eingetragen werden. Parameter 6 definiert den Konversionsfaktor  $\eta_0$ . Parameter 7 und 8 geben den linearen und den quadratischen Wärmeverlustkoeffizient  $k_1$  und  $k_2$  an. Der Konversionsfaktor sowie die Verlustkoeffizienten sind beim Hersteller zu erfragen. Die Werte der Solvis Kollektoren sind in Tabelle aufgeführt.

<b>ENEV-Kennwerte Solvis-Produkte: Kollektoren</b>		Stand: 30.07.2004		
Produktname	Einheit	SolvisFera F-552-I/S/D	SolvisFera 652-I/S/D	SolvisFera 802-I/S/D
ENEV Art		1	1	1
Konversionsfaktor		0,832	0,832	0,832
Wärmeübergangskoeffizient $k_1$		3,624	3,624	3,624
Wärmeübergangskoeffizient $k_2$		0,015	0,015	0,015
Einstrahlwinkelkorrektur 50°		0,922	0,922	0,922
eff. Wärmekapazität	kJ/m²K	4,400	4,400	4,400
Fläche Kollektor-Element Apertur	m²	5,146	6,433	7,719

Tabelle 3: Kollektordaten Firma Solvis

Der Kollektormassenstrom von 310 kg/h wird unter dem Reiter „Input“ Parameter 2 eingetragen.



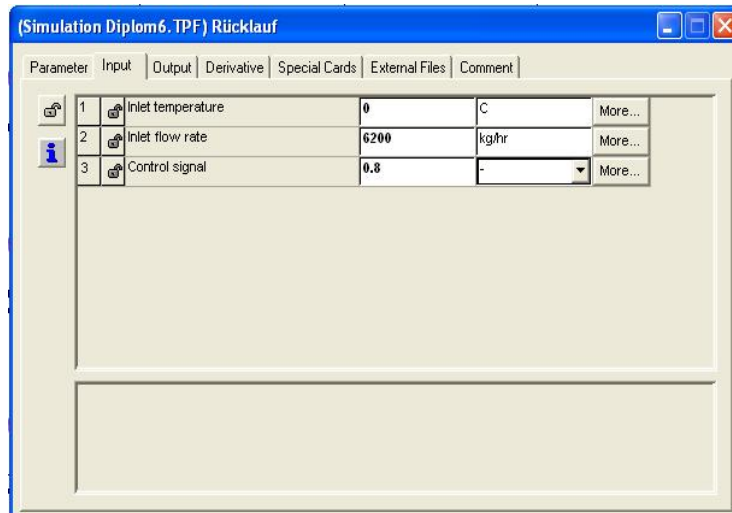


Abbildung 17: Input Flow Diverter

Die jeweiligen Massenströme werden durch Regulierventile (Flow Diverter (Type 11f) realisiert. In den jeweiligen Ventilen muss zum Abgleich der einzelnen Kollektoren unter Parameter 3 (Abbildung 17) die Stellgröße (Control Signal) definiert werden. Der Faktor berechnet sich nach folgender Beziehung:

$$Y = \frac{\dot{m}_{out1}}{\dot{m}_{ges}} = \frac{(20 \cdot 310 \text{ kg/h} - 4 \cdot 310 \text{ kg/h})}{20 \cdot 310 \text{ kg/h}} = \frac{(6200 \text{ kg/h} - 1240 \text{ kg/h})}{6200 \text{ kg/h}} = \underline{\underline{0.8}}$$

Gleichung 8

- Y = Stellgröße  
 $\dot{m}_{out1}$  = Massenstrom durch Abgang 1  
 $\dot{m}_{ges}$  = Eingangsmassenstrom

## 5.4. Speicher (Type 340)

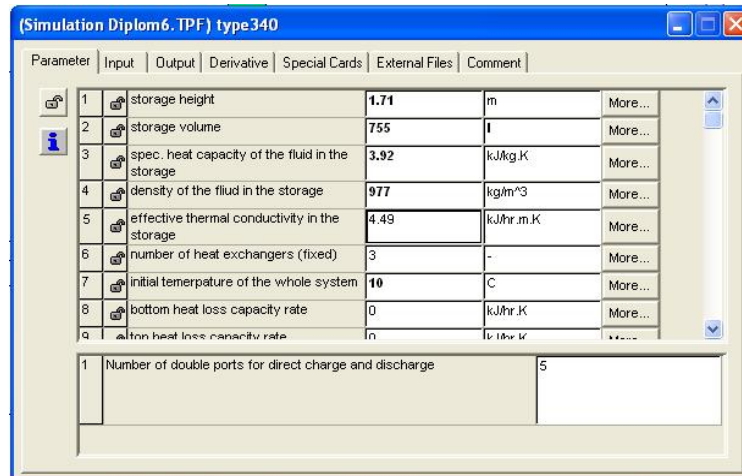


Abbildung 18: Parameter Speicher 1-8

Die Speicherhöhe unter Parameter 1 entspricht nicht der realen Speicherhöhe. TRNSYS verwendet zur Berechnung einen quadratischen Behälter. Daher muss die Speicherhöhe, die als Parameter 1 eingetragen werden muss, über den Querschnitt und den Inhalt (Parameter 2) errechnet werden.

$$H = \frac{V_{\text{Speicher}}}{A_{\text{Speicher}}} = \frac{0,755\text{m}^3}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2} = \frac{0,755\text{m}^3}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,750\text{m})^2} = \underline{\underline{1,71\text{m}}}$$

Gleichung 9

H = Speicherhöhe

$V_{\text{Speicher}}$  = Speichervolumen

$A_{\text{Speicher}}$  = Speicherquerschnitt

Als Parameter 3 und 4 müssen die spez. Wärmekapazität und die Dichte des Speichermediums eingetragen werden. Das Speichermedium ist in dem vorliegenden Fall ebenfalls die Solarflüssigkeit.

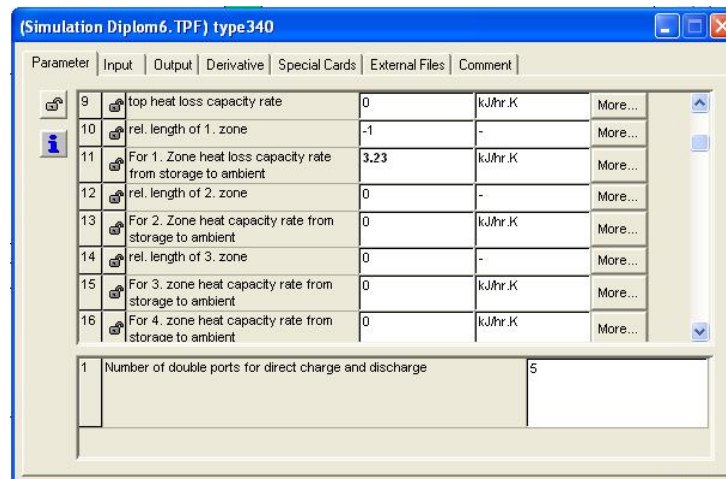


Abbildung 19: Parameter Speicher 9-16

Da die Dämmung des Speichers am Deckel, Boden und an den Seiten meist unterschiedlich ist, kann als Parameter 11 eine Wärmeverlustrate des Speichers eingetragen werden. Diese Verlustrate konnte den Herstellerangaben entnommen werden.

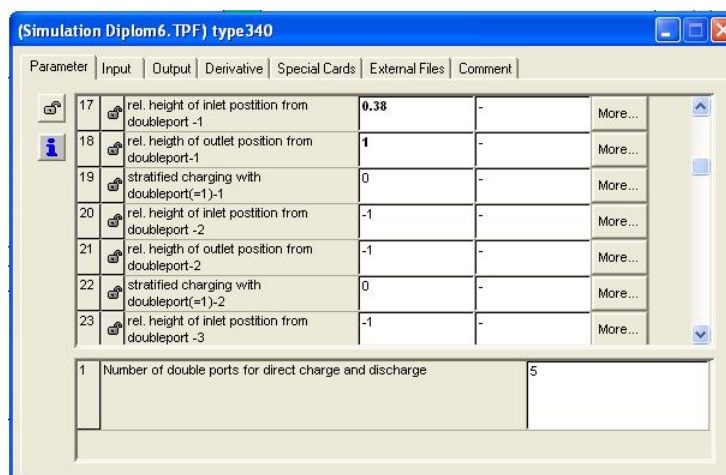


Abbildung 20: Parameter Speicher 17-23

Die Positionen der Anschlüsse des Vor- und Rücklaufes für den Solarkreislauf werden unter Parameter 17 und 18 definiert. Die Werte müssen allerdings prozentuell zur Speicherhöhe eingetragen werden.

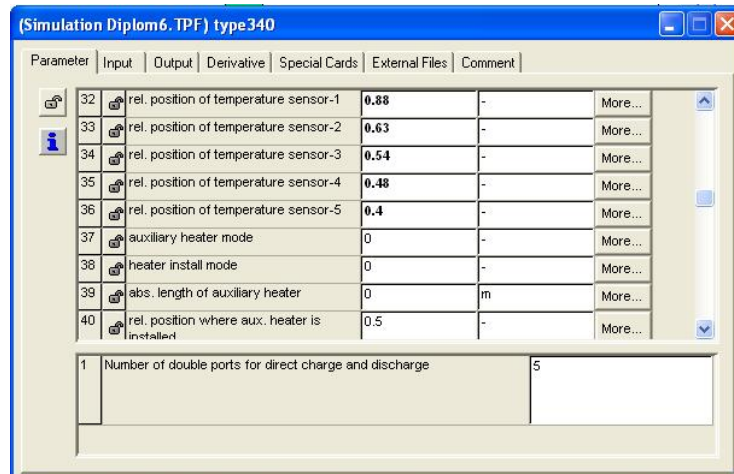


Abbildung 21: Parameter Speicher 32-40

Die Positionen der Speicherfühler werden analog der Positionen der Anschlüsse prozentual eingetragen.

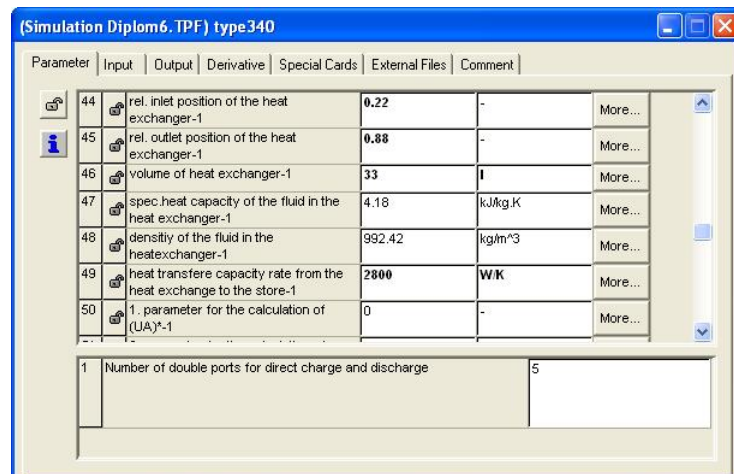


Abbildung 22: Parameter Speicher 44- 50

Die Anschlusspositionen des Vor- und Rücklaufes für den Trinkwasser-Wärmetauscher werden unter Parameter 44 und 45 eingetragen.

Parameter 46 beschreibt das Volumen des Wärmetauschers. Unter Parameter werden die Stoffwerte (spez. Wärmekapazität u. Dichte) definiert.

Die Wärmeübertragungsrate (Parameter 49) wurde beim Hersteller erfragt, da diese nur anhand zahlreicher Test ermittelt werden kann.

## 5.5. Makro Auswertung

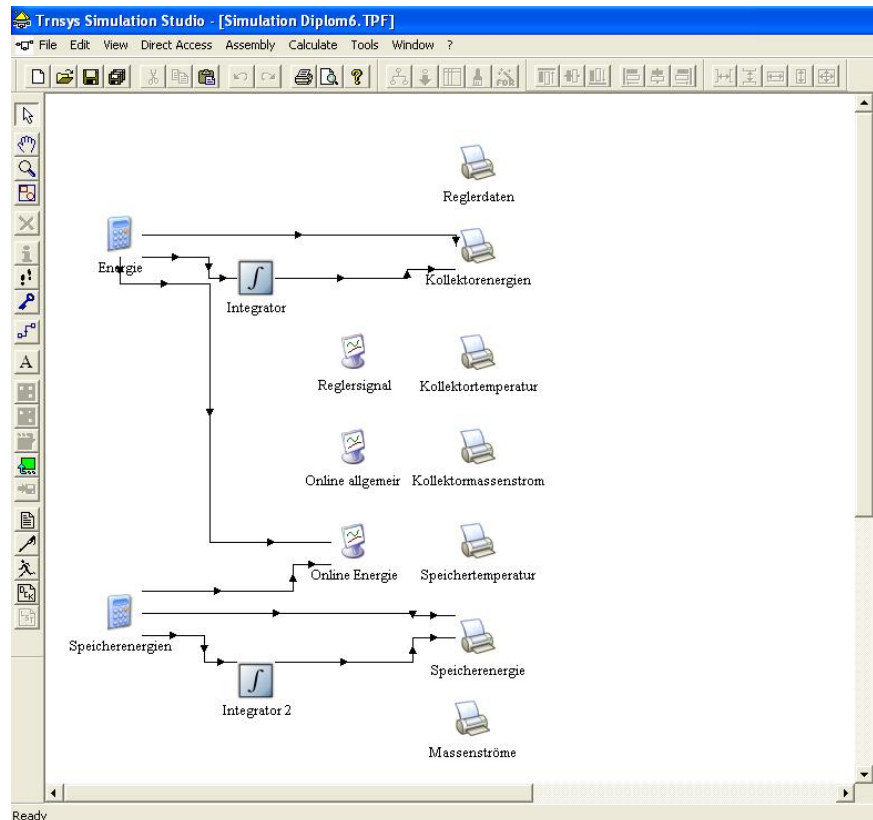
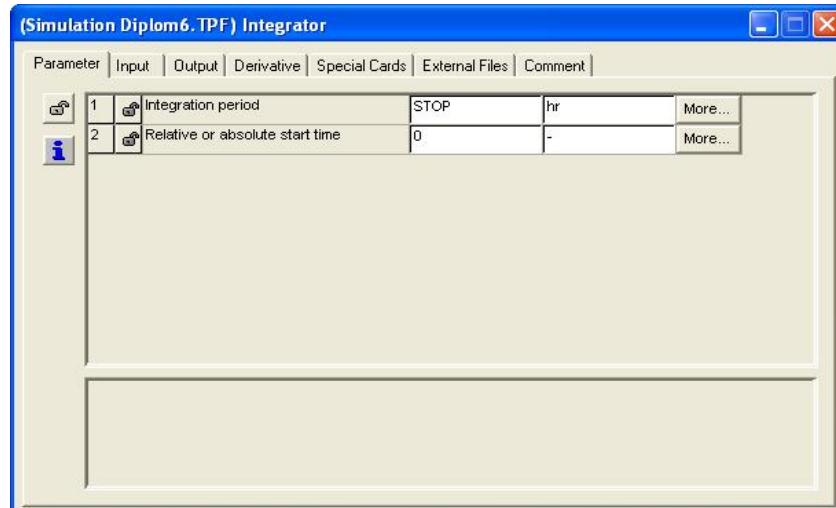
**Abbildung 23: Makro Auswertung**

Abbildung 23 zeigt das Makro Auswertung, in welchem die Ausgabedateien erzeugt und die Ergebnisse der Simulation ausgegeben werden. Die „Equation-Funktion“ Energie berechnet die Einstrahlungs- und Kollektorenergien. Das Modul Speicherenergien berechnet alle speicherbetreffenden Energien. Die beiden Types Integrator 1 und 2 summieren die Energien in den gewählten Abständen auf. Die Abstände können wie in Abbildung 24 unter Parameter 2 festgelegt werden.



**Abbildung 24: Parameter Integrator**

Die Types der Online Plotter werden für die Anzeige während der Simulation benötigt. Diese geben die Momentanwerte an, welche von Interesse sind. Die Plottertypes, geben die Ergebnisse der Simulation als Dateien aus, welche später zur weiteren Verwendung nach Excel importiert werden können.

## 6. Ergebnisse der Simulation

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Simulation ausgewertet.

### 6.1. Episodenbetrachtung

Zur Untersuchung der Simulationsergebnisse auf Plausibilität wurde eine sogenannte Episodenbetrachtung durchgeführt. Diese Betrachtung sollte anhand eines überschaubaren Zeitraumes erfolgen.

In der folgenden Episode wurde die 31.Kalenderwoche in der Zeit von Mittwoch 0.00 Uhr bis Freitag 0.00 Uhr betrachtet.

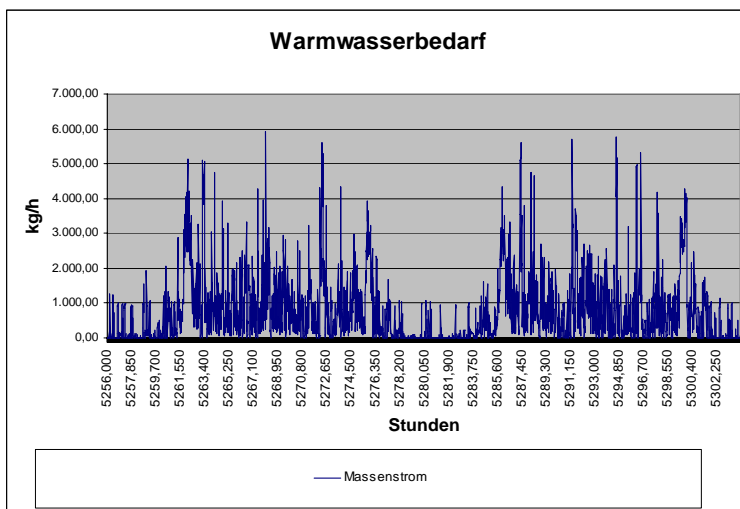


Diagramm 3: Darstellung Trinkwassermassenstrom

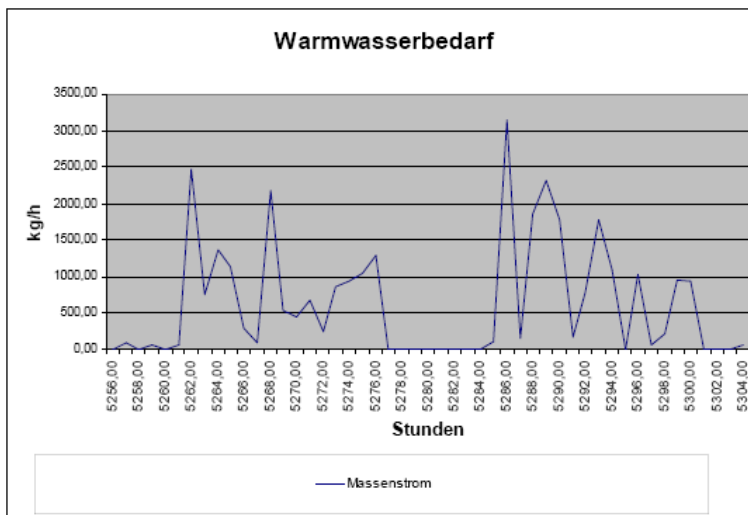
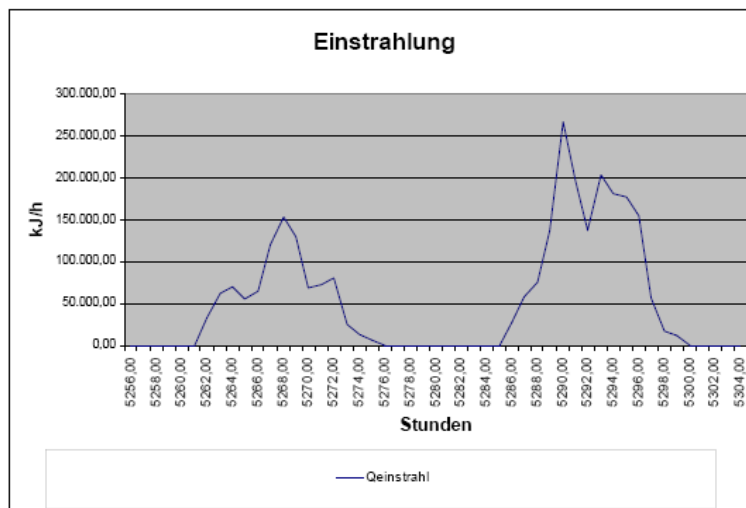


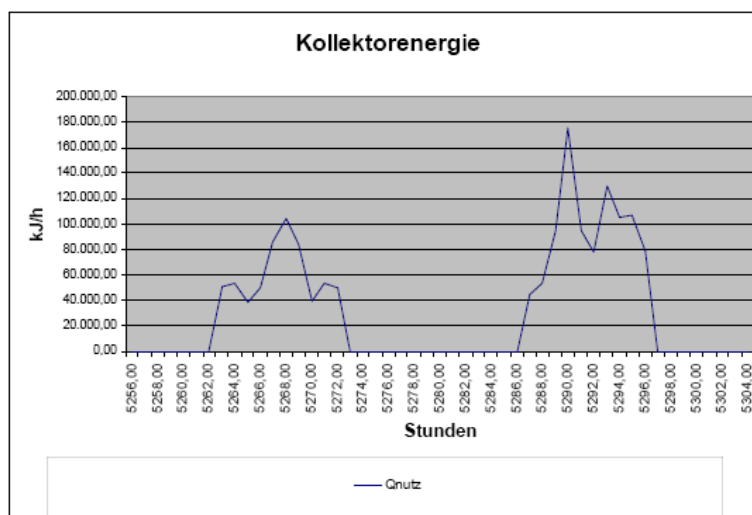
Diagramm 4: Darstellung Trinkwassermassenstrom



**Diagramm 5: Darstellung Einstrahlungsenergie**

In Diagramm 3 ist der Trinkwassermassenstrom im Minutentakt dargestellt. Zur besseren Übersicht ist in Diagramm 4 der Trinkwassermassenstrom zu jeder vollen Stunde dargestellt. Allerdings sind in diesem Diagramm die Lastspitzen nicht enthalten, da TRNSYS nur Momentwerte ausgibt.

Diagramm 5 kann man die Einstrahlungsenergie zu jeder vollen Stunde entnehmen. Man kann erkennen, dass sich der Zeitraum der Einstrahlungsenergie annähernd mit dem Zeitraum des Warmwasserbedarfes deckt.



**Diagramm 6: Darstellung Kollektorenergie**

Anhand Diagramms 6 kann man erkennen, dass die aufgenommene Energie der Kollektoren geringer als die Einstrahlungsenergie ist. Dies ist auf die Wärmeverluste und den Wirkungsgrad der Kollektoren zurückzuführen.



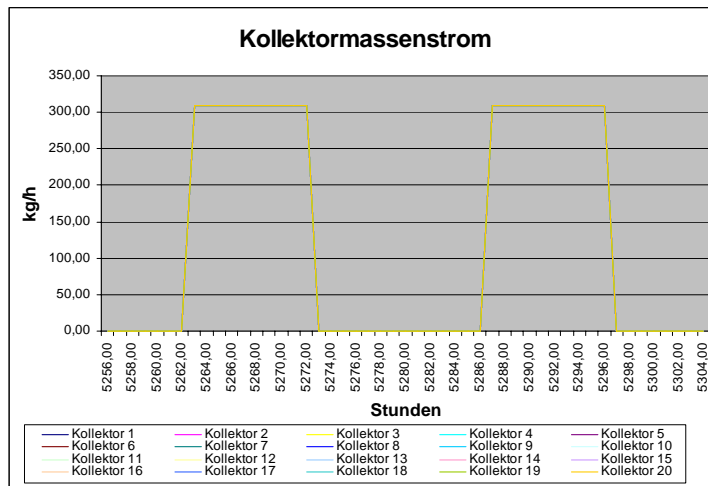


Diagramm 7: Darstellung der Kollektormassenströme

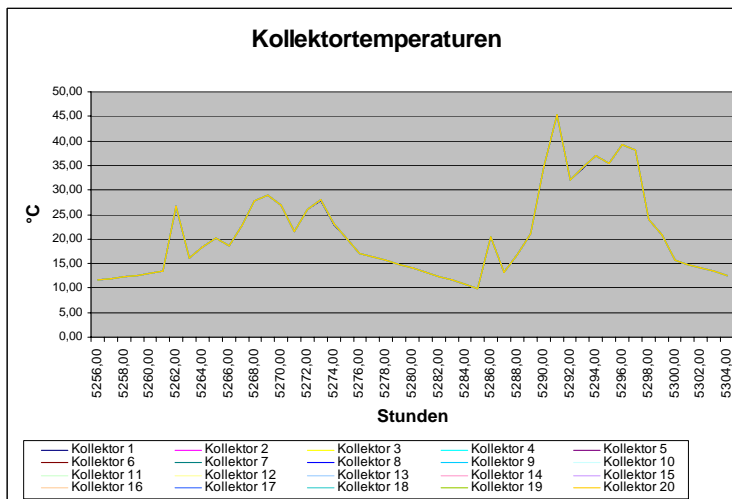


Diagramm 8: Darstellung der Kollektortemperaturen

In Diagramm 7 sind die Massenströme jedes Kollektors dargestellt. In Diagramm 8 sind die Austrittstemperaturen jedes Kollektors dargestellt. Anhand beider Diagramme kann man erkennen, dass durch die Parallelschaltung jeder Kollektor von dem gleichen Massenstrom durchflossen wird und die Austrittstemperaturen bei jedem Kollektor gleich sind.

## 6.2. Ermittlung der Deckungsgrade

Unter dem Punkt 6.2 werden die einzelnen Deckungsgrade und Systemnutzungsgrade für die jeweilige Speicheranzahl ermittelt.

Der Deckungsgrad wird nach folgender Beziehung berechnet:

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{Q_{\text{nutz}}}{Q_{\text{ww}}}$$

**Gleichung 10**

$Q_{\text{nutz}}$  = vom Solarsystem an das Trinkwasser  
abgegeben Leistung [kWh]

$Q_{\text{ww}}$  = Jahresenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung [kWh]

Der Systemnutzungsgrad ist definiert als:

$$\text{Systemnutzungsgrad} = \frac{Q_{\text{nutz}}}{Q_{\text{Einstrahl}}}$$

**Gleichung 11**

$Q_{\text{Einstrahl}}$  = auf die Kollektoren eingestrahelte Leistung [kWh]

Zunächst wird die Anlage mit 3 Speichern betrachtet:

Monat	Summe Qnach	Summe Qnutz	Summe Qww	Summe Qeinstrahl
	kWh	kWh	kWh	kWh
Januar	27405,74	2146,72	29552,46	6476,30
Februar	23.188,35	3.195,79	26.384,14	9.399,26
März	23110,60	5.926,34	29.036,94	16.294,46
April	20152,16	8.048,79	28.200,95	21.671,30
Mai	18319,75	11.193,14	29.512,89	26.396,54
Juni	16821,28	11.213,22	28.034,50	26.193,23
Juli	17772,69	11.532,68	29.305,37	26.607,53
August	18510,18	10.876,80	29.386,98	25.800,74
September	19694,06	8.140,07	27.834,13	20.181,73
Oktober	23842,01	5.707,76	29.549,77	13.845,98
November	25799,16	2.564,99	28.364,15	7.211,11
Dezember	27488,37	1.388,21	28.876,58	4.533,40
Summe	262.104,33	81.934,52	344.038,85	204.611,58

**Tabelle 4: Ergebnisse 3 Speicher**

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{81.934,52 \text{ kWh}}{344.038,85 \text{ kWh}} \quad \text{Systemnutzungsgrad} = \frac{81.934,52 \text{ kWh}}{204.611,58 \text{ kWh}}$$

Der Deckungsgrad beträgt 23,82%, der Systemnutzungsgrad beträgt 40,04%.

## 4 Speicher:

Monat	Summe Qnach	Summe Qnutz	Summe Qww	Summe Qeinstrahl
	kWh	kWh	kWh	kWh
Januar	27292,78	2259,68	29552,46	6476,30
Februar	23.007,63	3.376,51	26.384,14	9.399,26
März	22798,26	6.238,65	29.036,91	16.294,46
April	19670,29	8.530,63	28.200,92	21.671,30
Mai	17730,25	11.782,66	29.512,91	26.396,54
Juni	16274,26	11.760,27	28.034,53	26.193,23
Juli	17179,04	12.126,31	29.305,35	26.607,53
August	17465,23	12.087,42	29.552,65	25.800,74
September	19205,57	9.158,78	28.364,35	20.181,74
Oktober	22760,56	6.113,11	28.873,67	13.845,92
November	25690,88	2.819,77	28.510,65	7.211,25
Dezember	27533,04	1.503,42	29.036,46	4.533,16
Summe	256.607,80	87.757,21	344.365,01	204.611,41

Tabelle 5: Ergebnisse 4 Speicher

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{87.757,21 \text{ kWh}}{344.365,01 \text{ kWh}} \quad \text{Systemnutzungsgrad} = \frac{87.757,21 \text{ kWh}}{204.611,41 \text{ kWh}}$$

Der Deckungsgrad beträgt 25,48%, der Systemnutzungsgrad beträgt 42,89%.

## 5 Speicher:

Monat	Summe Qnach	Summe Qnutz	Summe Qww	Summe Qeinstrahl
	kWh	kWh	kWh	kWh
Januar	27.199,18	2.353,28	29.552,46	6.476,30
Februar	22.871,95	3.512,19	26.384,14	9.399,26
März	22.904,35	6.648,20	29.552,55	16.294,44
April	18.823,60	9.540,73	28.364,33	21.671,30
Mai	17352,33	12.200,39	29.552,73	26.396,53
Juni	15476,42	11.932,62	27.409,03	26.193,23
Juli	16211,14	12.662,60	28.873,75	26.607,53
August	17120,88	12.392,04	29.512,92	25.800,74
September	18844,59	9.189,73	28.034,31	20.181,73
Oktober	23185,34	6.367,16	29.552,50	13.845,90
November	25484,11	2.880,08	28.364,19	7.211,10
Dezember	27306,57	1.567,05	28.873,62	4.533,17
Summe	252.780,46	91.246,07	344.026,53	204.611,23

Tabelle 6: Ergebnisse 5 Speicher

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{91.246,07\text{kWh}}{344.026,53\text{kWh}} \quad \text{Systemnutzungsgrad} = \frac{91.246,07\text{kWh}}{204.611,23\text{kWh}}$$

Der Deckungsgrad beträgt 26,52%, der Systemnutzungsgrad beträgt 44,59%.

Nun wird der Auslegungsfall von 6 Speichern betrachtet.

Monat	Summe $Q_{\text{nach}}$	Summe $Q_{\text{nutz}}$	Summe $Q_{\text{WW}}$	Summe $Q_{\text{Einstrahl}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh
Januar	26.798,02	2.754,67	29.552,69	6.476,30
Februar	22.367,02	4.017,23	26.384,25	9.399,25
März	21.924,16	7.628,64	29.552,80	16.294,44
April	18.132,16	10.391,83	28.523,98	21.671,30
Mai	15.942,01	13.610,74	29.552,75	26.396,53
Juni	14.728,33	13.795,68	28.524,01	26.193,24
Juli	15.525,80	14.027,10	29.552,90	26.607,52
August	15.509,40	14.043,32	29.552,73	25.800,74
September	17.620,69	10.903,31	28.524,00	20.181,73
Oktober	22.327,04	7.225,75	29.552,79	13.845,90
November	25.164,09	3.359,78	28.523,87	7.211,10
Dezember	27.708,31	1.844,41	29.552,71	4.533,17
Summe	243.747,04	103.602,44	347.349,48	204.611,23

Tabelle 7: Ergebnisse 6 Speicher

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{103.602,44\text{kWh}}{347.349,48\text{kWh}} \quad \text{Systemnutzungsgrad} = \frac{103.602,49\text{kWh}}{204.611,23\text{kWh}}$$

Der Deckungsgrad beträgt 29,83%, der Systemnutzungsgrad beträgt 50,63%.

Als letztes wird die Anlage mit 7 Speichern betrachtet:

Monat	Summe Qnach	Summe Qnutz	Summe Qww	Summe Qeinstrahl
	kWh	kWh	kWh	kWh
Januar	26.595,68	2.956,78	29.552,46	6.476,30
Februar	22.082,95	4.301,29	26.384,24	9.399,25
März	21.570,92	7.981,64	29.552,56	16.294,44
April	17.915,94	10.607,73	28.523,67	21.671,30
Mai	15.942,01	14.105,36	29.552,69	26.396,53
Juni	14.728,33	14.961,98	28.523,71	26.193,24
Juli	15.525,80	15.631,19	29.552,60	26.607,52
August	15.509,40	14.937,54	29.552,62	25.800,74
September	17.620,69	11.573,51	28.523,76	20.181,73
Oktober	22.327,04	7.810,87	29.552,50	13.845,90
November	25.164,09	3.532,13	28.523,63	7.211,10
Dezember	27.708,31	1.940,71	29.552,46	4.533,17
Summe	242.691,17	110.340,73	347.346,91	204.611,23

Tabelle 8: Ergebnisse 7 Speicher

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{110.340,73 \text{ kWh}}{347.346,91 \text{ kWh}} \quad \text{Systemnutzungsgrad} = \frac{110.340,73 \text{ kWh}}{204.611,23 \text{ kWh}}$$

Der Deckungsgrad beträgt 31,77%, der Systemnutzungsgrad beträgt 53,93%.

Man kann sehr gut erkennen, dass die Anzahl der Speicher einen unmittelbaren Einfluss auf die Nutzenergie ausübt. Mit steigender Speicheranzahl steigt die zur Trinkwassererwärmung genutzte Solarenergie und somit auch Deckungsgrad sowie Systemnutzungsgrad.

### 6.3. Übersicht Energiebilanz

Im folgenden Abschnitt werden die Energiebilanzen für ein Simulationsjahr veranschaulicht. Beispielhaft für alle sieben Simulationen werden die Ergebnisse für 6 Speicher dargestellt. Grundlage für die folgenden Diagramme sind die Ausgabewerte von TRNSYS, welche in Tabelle 9 aufgezeigt werden.

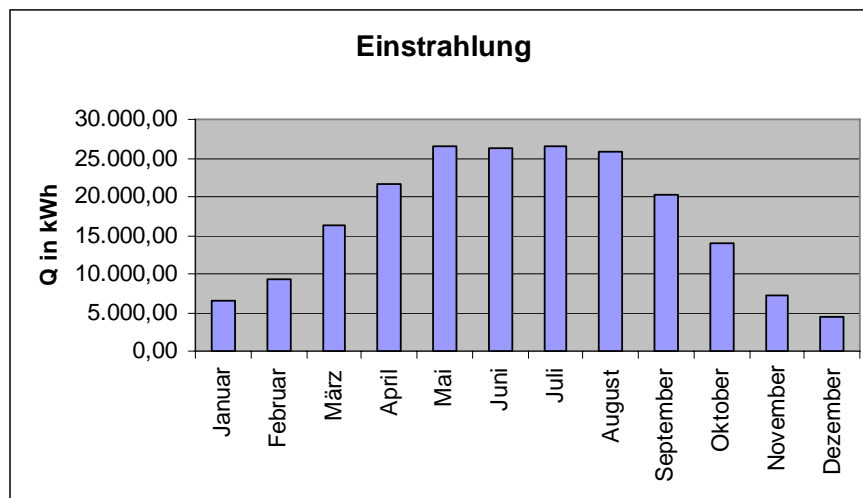


Diagramm 9: Einstrahlungsenergie je Monat

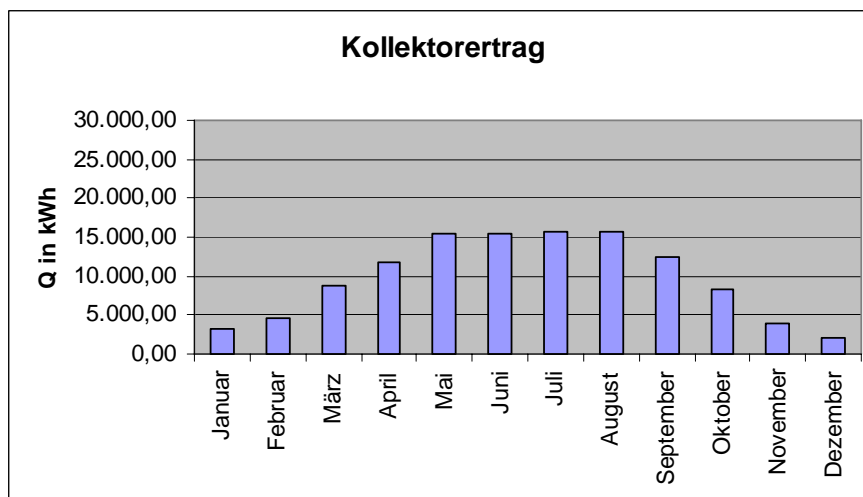


Diagramm 10: Kollektorertrag je Monat

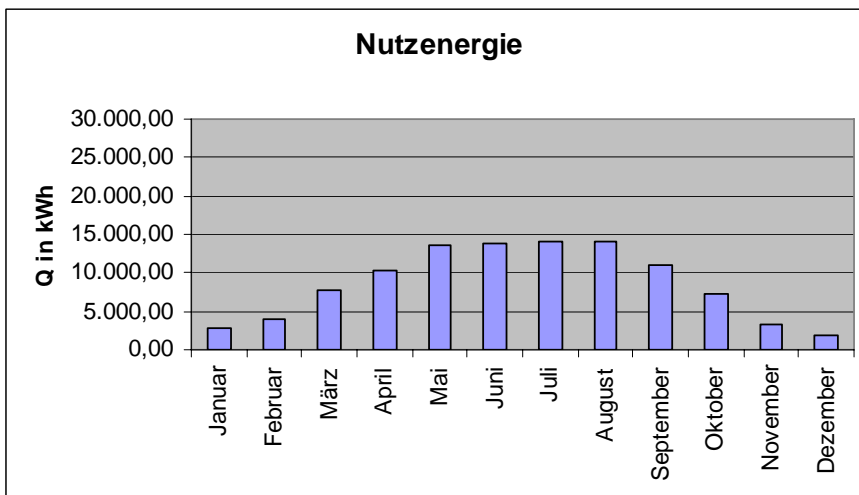


Diagramm 11: Nutzenergie je Monat

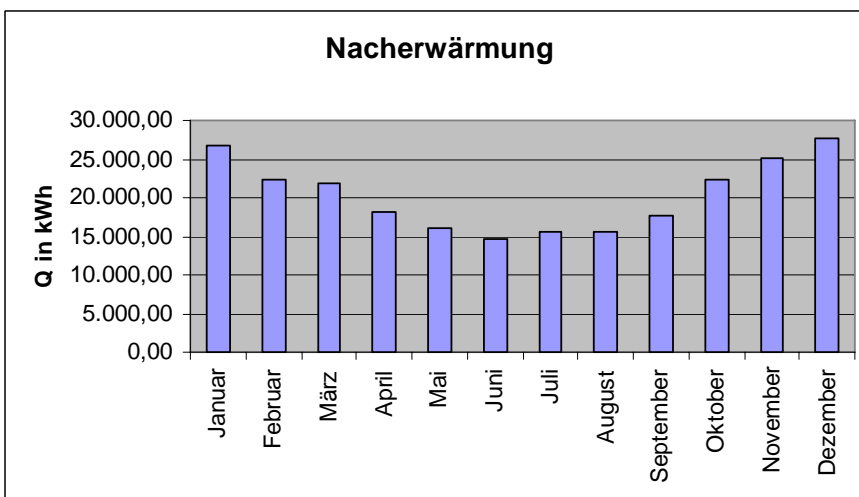


Diagramm 12: Energie zur Nacherwärmung je Monat

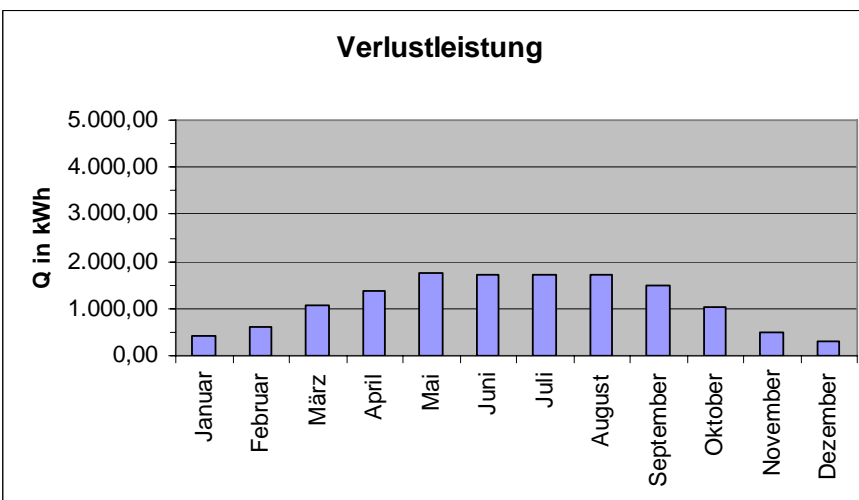


Diagramm 13: Verlustleistung durch Wärmeverluste

In Diagramm 9 ist die Energiemenge je Monat aufgetragen, welche auf die Kollektoren einstrahlt. Es ist eine Differenz von Sommer- zu Wintermonaten von ca. 20.000 kWh zu erkennen. In Diagramm 10 kann man die Energiemenge erkennen, die von den Kollektoren aufgenommen wird. Die Differenz der von den Kollektoren aufgenommenen Energie zur Einstrahlungsenergie beträgt im Mittel ca. 55%. In Diagramm 11 ist die Menge an Energie erkennbar, welche von der Anlage an das Trinkwasser übertragen wird. Diese Energiemenge ist aufgrund der Wärmeverluste (Diagramm 13) der einzelnen Bauteile sowie der Speicher geringer als der Kollektorertrag. Der Wirkungsgrad liegt bei ca. 88 Prozent. Diagramm 12 stellt die Energie zur Nacherwärmung des Trinkwassers dar. Die Summe dieser Energie und der Nutzenergie ergibt wieder die Gesamtenergie zur Erwärmung des Trinkwassers auf 60°C.

Monat	Summe $Q_{nach}$	Summe $Q_{nutz}$	Summe $Q_{vww}$	Summe $Q_{einstrahl}$	Summe $Q_{koll}$	Summe $Q_{verlust}$	Differenz Qeinstrahl $Q_{koll}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Januar	26.798,02	2.754,67	29.552,69	6.476,30	3.158,24	403,57	48,77%
Februar	22.367,02	4.017,23	26.384,25	9.399,25	4.628,95	611,72	49,25%
März	21.924,16	7.628,64	29.552,80	16.294,44	8.714,62	1.085,98	53,48%
April	18.132,16	10.391,83	28.523,98	21.671,30	11.770,71	1.378,88	54,31%
Mai	15.942,01	13.610,74	29.552,75	26.396,53	15.347,41	1.736,67	58,14%
Juni	14.728,33	13.795,68	28.524,01	26.193,24	15.507,13	1.711,45	59,20%
Juli	15.525,80	14.027,10	29.552,90	26.607,52	15.750,09	1.722,99	59,19%
August	15.509,40	14.043,32	29.552,73	25.800,74	15.771,13	1.727,81	61,13%
September	17.620,69	10.903,31	28.524,00	20.181,73	12.399,79	1.496,48	61,44%
Oktober	22.327,04	7.225,75	29.552,79	13.845,90	8.258,22	1.032,48	59,64%
November	25.164,09	3.359,78	28.523,87	7.211,10	3.851,48	491,70	53,41%
Dezember	27.708,31	1.844,41	29.552,71	4.533,17	2.130,73	286,33	47,00%
Summe	243.747,04	103.602,44	347.349,48	204.611,23	117.288,50	13.686,06	55,41%

Tabelle 9: Übersicht Energiebilanz



## 7. Wirtschaftlichkeit

### 7.1. Allgemeines

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit erfolgt gemäß der VDI 2067. Da diese Norm keine Betrachtungen von solarthermischen Anlagen beinhaltet, wurde zusätzlich VDI 6002 (solare Trinkwassererwärmung) berücksichtigt.

Bei der Kostenermittlung nach VDI 2067 sind vier verschiedene Kostengruppen zu berücksichtigen:

- kapitalgebunden Kosten
- verbrauchsgebunden Kosten
- betriebsgebunden Kosten
- sonstige Kosten

Die genannten Kostengruppen werden in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert und die jeweils zu erwartenden Kosten ermittelt.

### 7.2. Kapitalgebunden Kosten

Die kapitalgebunden Kosten entsprechen den Investitionskosten. Diese gehen nicht direkt, sondern über die rechnerische Lebensdauer der Anlage, in die Berechnung ein. Aus der rechnerischen Lebensdauer der Anlage und dem, mit dem Auftraggeber abgestimmten, Kapitalzins wird der Annuitätsfaktor nach folgender Gleichung berechnet:

$$a = \frac{q^T \cdot (q - 1)}{q^T - 1}$$

**Gleichung 12**

- a = Annuitätsfaktor [%]  
q = Kapitalzinsfaktor [%] (1 + Zinssatz)  
T = rechn. Lebensdauer [1]

$$A_i = a \cdot K_i$$

**Gleichung 13**

- A<sub>i</sub> = Annuität  
K<sub>i</sub> = Investitionskosten

Die Lebensdauer der solaren Komponenten wird in der VDI 2067 nicht betrachtet. VDI 6002 allerdings gibt für die technische Lebensdauer einer Solaranlage einen Mittelwert von 20 Jahren an. Mithilfe dieses Faktors wird die Annuität (Gleichung 13) berechnet, welche dann in die Berechnung der jährlichen Gesamtkosten mit einfließt.

### 7.3. Betriebsgebundene Kosten

Als betriebsgebundene Kosten werden die jährlichen Kosten für Wartung und Instandhaltung betrachtet. Diese können überschlägig ermittelt werden. Nach VDI 6002 können für kleinere Anlagen 2% und für größere Anlagen 1% der Investitionskosten angesetzt werden.

$$K_{\text{Betr}} = K_i \cdot 0,01 \frac{1}{a}$$

Gleichung 14

$K_{\text{Betr}}$  = betriebsgebundene Kosten

### 7.4. Verbrauchsgebundene Kosten

Als verbrauchsgebundene Kosten werden nach VDI 2067 die während des Betriebs der Anlage anfallenden Kosten bezeichnet. Bei thermischen Solaranlagen fallen lediglich Kosten für die elektrische Hilfsenergie der Solarpumpen sowie der Regelung an. Diese ergeben sich aus der Division der Strombezugskosten und der Arbeitszahl der Solaranlage. Die Arbeitszahl liegt bei großen Anlagen bei ca. 50 kWh Wärmeenergie je kWh Hilfsenergie. Daraus ergibt sich folgende Beziehung:

$$K_{\text{Verbrauch}} = Q_{\text{sol}} \cdot \frac{k_{\text{Strom}}}{50}$$

Gleichung 15

$K_{\text{Verbrauch}}$  = verbrauchsgebunden Kosten [€/a]  
 $Q_{\text{sol}}$  = solare Nutzwärme [kWh/a]  
 $k_{\text{Strom}}$  = Strombezugskosten [€/kWh<sub>el</sub>]

## 7.5. Ermittlung der Investitionskosten

Als Grundlage für die Berechnung muss die rechnerische Lebensdauer der Anlage sowie der Kapitalzinssatz festgelegt werden. Die Lebensdauer der Anlage wird, wie in Abschnitt 7.2 erwähnt, auf 20 Jahre festgesetzt. Der Kapitalzinssatz wird von der KfW-Förderbank vorgegeben.

Des Weiteren werden als Grundlage für die Berechnung die Ertragswerte der Anlage, welche in Abschnitt 6.2 dargestellt wurden, benötigt.

Programm Laufzeit / tilgungsfreie Anlaufjahre / Zinsbindung	KP- Nr.	Anmerkung	maximaler Zinssatz EKN % nominal (effektiv) <sup>1)</sup>							Aus- zah- lung %	Bereit- stellungs- provision p.M. % <sup>2)</sup>	Zinssätze gültig ab
			Bei Programmen mit risikogerechtem Zinssystem gelten die Preisklassen									
			A	B	C	D	E	F	G			
<b>Finanzierung von Umweltinvestitionen</b>												
KfW-Programm Erneuerbare Energien 20/ 3/ 10	128	für private Antragsteller und Kommunen	4,25 ( 4,91 )							96	0,25	22.06.2007
KfW-Programm Erneuerbare Energien 20/ 3/ 10	128	<sup>3)</sup> für gewerbliche Antragsteller	4,15 ( 4,81 )	4,50 ( 5,18 )	4,80 ( 5,50 )	5,10 ( 5,82 )	5,60 ( 6,35 )	6,30 ( 7,11 )	7,00 ( 7,87 )	96	0,25	22.06.2007

**Abbildung 25: Konditionsübersicht KfW-Bank**

Die Risikoeinschätzung wird von der Hausbank des Auftraggebers durchgeführt. In dem hier zu untersuchendem Objekt wurde die Risikoklasse auf Preisklasse C festgelegt. Aus Abbildung 25 ergibt sich mit der Preisklasse C ein Kapitalzinssatz von 5,50% effektiv. Mit diesen Werten lässt sich der Annuitätsfaktor nach Gleichung 12 errechnen. Dieser beträgt 8,4%. Eine eventuelle Förderung der Anlage wird ebenfalls von der KfW-Bank vergeben. Der maximale Förderbetrag liegt bei 30% der Investitionssumme. Voraussetzung für diese Förderung ist ein jährlicher Mindestkollektorwärmeertrag von 525 kWh/m<sup>2</sup>.

Als nächstes werden die Investitionskosten ermittelt. Dazu werden in dem nachfolgenden Abschnitt die einzelnen Anlagenkomponenten zusammengestellt.

### 7.5.1. Kosten Kollektorfeld

Die Kosten des Kollektorfeldes setzen sich aus den Kosten für die einzelnen Kollektoren, für die Regulierventile und für die Befestigung der Kollektoren zusammen.

- Kollektor Solvis Fera F-802-D	Einzelpreis: 3093,60 €
- Kollektorbefestigungssatz	Einzelpreis: 209,10 €
- Aufdachmontage Set 4 Stück je Paar	Einzelpreis: 42,- €
- Regulierventil	Einzelpreis: 122,90 €
- Kollektorverschraubung	Einzelpreis: 44,- €
- Montage je Kollektor	Pauschalpreis: 350,- €

Durch eine Anzahl von 20 Kollektoren ergeben sich Kollektorfeldkosten von 76.352,- Euro.

**Summe** **Gesamtpreis: 76.352,- €**

### 7.5.2. Kosten Speicher

Die Speicherkosten setzen sich aus den Kosten für Speicher und den Kosten für Speicherzubehör zusammen. Der Posten Speicherzubehör beinhaltet die Anschlussgruppe, Absperrventile, Manometer und die Sicherheitsgruppe.

- Speicher Viessmann Vitocell 353	Einzelpreis: 3055,- €
- Speicherzubehör	Einzelpreis: 322,- €
- Montage	Pauschalpreis: 500,- €

Bei 6 Speichern ergeben sich Speicherkosten von 22.098,- Euro.

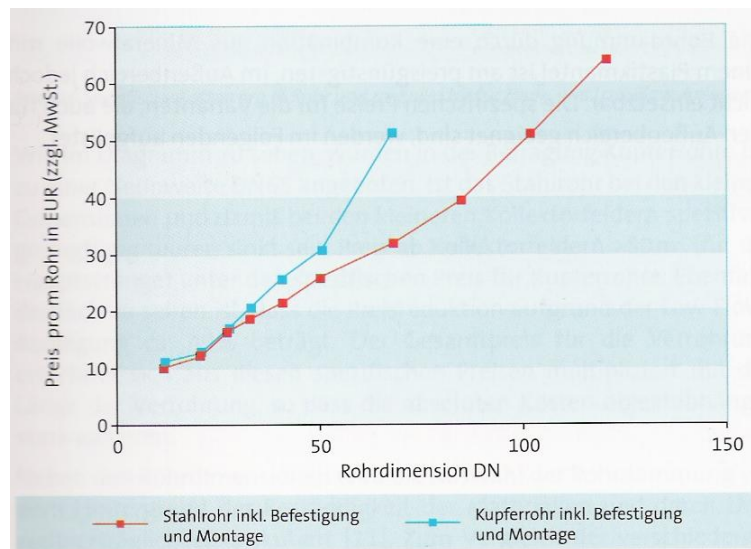
**Summe** **Gesamtpreis: 22.098,-€**

### 7.5.3. Kosten Regelung

- Viessmann VitoSolic 100	Einzelpreis: 275,- €
- Montage	Einzelpreis: 250,- €
<b>Summe</b>	<b>Gesamtpreis: 525,- €</b>

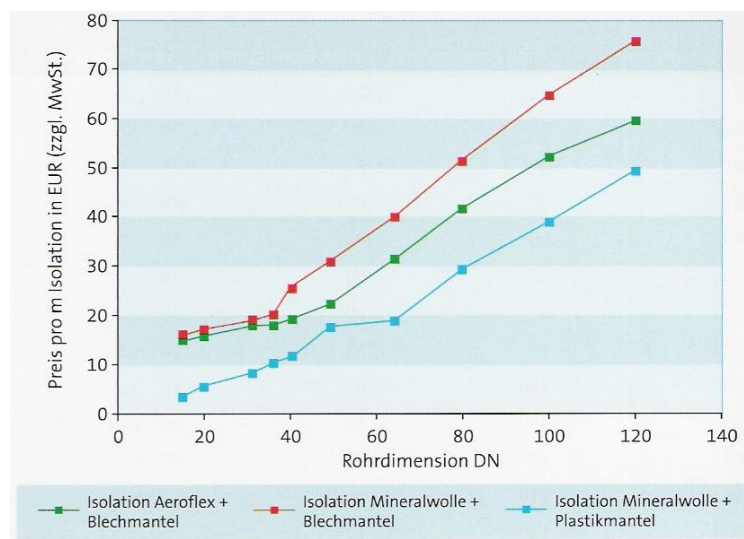
### 7.5.4. Kosten Rohrleitungen und Rohrdämmung

Die Kosten der Rohrleitungen sowie der Isolierung werden pauschal abgeschätzt. Die Preise je Meter Rohrleitung wurden den nachfolgenden Diagrammen entnommen.



**Diagramm 14: Preise Rohrmaterial in Abhängigkeit der Rohrdimension**

- Stahlrohr DN 80 inkl. Montage je Meter      Einzelpreis: 39,- €



**Diagramm 15: Preise Isoliermaterial in Abhängigkeit von der Rohrdimension**

- Isolation Aeroflex DN 80 inkl. Montage      Einzelpreis: 42,- €

Aus den zwei oben genannten Einzelpreisen ergibt sich der Gesamtpreis von 81,- Euro je Meter Rohrleitung. Aus der geschätzten Gesamtlänge an Rohrleitungen ergeben sich Rohrleitungskosten von 8100,- Euro.

**Summe**

**Gesamtkosten: 8100,-€**

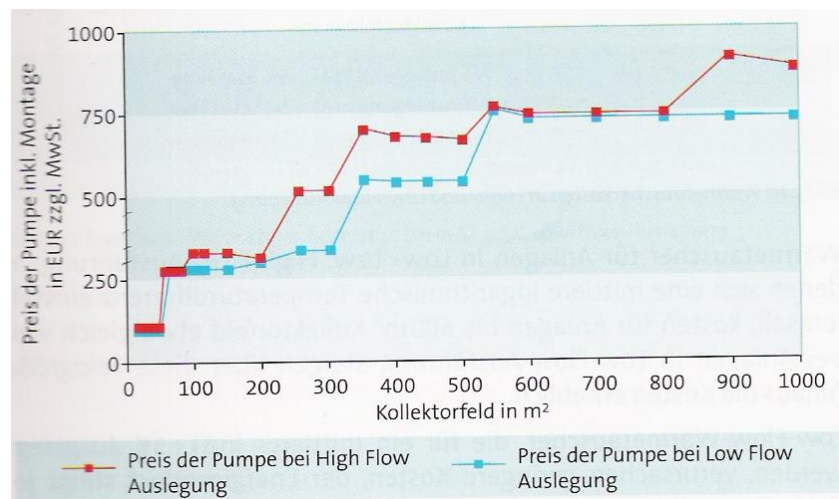
## 7.5.5. Sonstige Kosten

- Solarpumpe (siehe Diagramm 17) Einzelpreis: 350,- €
- Sicherheitsventil Einzelpreis: 193,- €
- Ausdehnungsgefäß Einzelpreis: 1039,- €
- Entlüfter Einzelpreis: 17,50 €
- Solarflüssigkeit je Liter Einzelpreis: 3,90 €

Durch das errechnete Anlagenvolumen von 4500 Litern bei 6 Speichern ergeben sich Kosten für die Solarflüssigkeit von 17.550,- Euro.

**Summe**

**Gesamtpreis: 19.149,50 €**



**Diagramm 16: Pumpenpreis in Abhängigkeit der Kollektorfeldgröße**

## 7.6. Übersicht Investitionskosten

Im folgenden Abschnitt werden die Investitionskosten für 3,4,5,6 und 7 Speicher dargestellt.

Komponentenbezeichnung	Anzahl	EP	GP
Kollektoren	20	3.094,00 €	61.880,00 €
Kollektorbefestigung	20	209,00 €	4.180,00 €
Aufdachmontageset	4	42,00 €	168,00 €
Kollektorverschraubung	20	44,00 €	880,00 €
Regulierventil	23	123,00 €	2.829,00 €
Montagekosten	20	350,00 €	7.000,00 €
<b>Summe Kollektorkosten</b>			<b>76.937,00 €</b>
Speicher	3	3.055,00 €	9.165,00 €
Speicherzubehör	3	322,00 €	966,00 €
Montagekosten	3	500,00 €	1.500,00 €
<b>Summe Speicherkosten</b>			<b>11.631,00 €</b>
Regelung	1	275,00 €	275,00 €
Montagekosten	1	250,00 €	250,00 €
<b>Summe Regelungskosten</b>			<b>525,00 €</b>
Rohrleitungen	100	39,00 €	3.900,00 €
Isolierung	100	42,00 €	4.200,00 €
<b>Summe Leitungskosten</b>			<b>8.100,00 €</b>
Sicherheitssatz	1	390,00 €	390,00 €
Kollektorkreissatz	1	227,00 €	227,00 €
Sicherheitsventil	1	193,00 €	193,00 €
Ausdehnungsgefäß	1	1.039,00 €	1.039,00 €
Pumpe	1	350,00 €	350,00 €
<b>Summe sonstige Kosten</b>			<b>2.199,00 €</b>
<b>Summe Gesamtkosten</b>			<b>99.392,00 €</b>

Tabelle 10: Übersicht Investitionskosten 3 Speicher

Komponentenbezeichnung	Anzahl	EP	GP
Kollektoren	20	3.094,00 €	61.880,00 €
Kollektorbefestigung	20	209,00 €	4.180,00 €
Aufdachmontageset	4	42,00 €	168,00 €
Kollektorverschraubung	20	44,00 €	880,00 €
Regulierventil	23	123,00 €	2.829,00 €
Montagekosten	20	350,00 €	7.000,00 €
<b>Summe Kollektorkosten</b>			<b>76.937,00 €</b>
Speicher	4	3.055,00 €	12.220,00 €
Speicherzubehör	4	322,00 €	1.288,00 €
Montagekosten	4	500,00 €	2.000,00 €
<b>Summe Speicherkosten</b>			<b>15.508,00 €</b>
Regelung	1	275,00 €	275,00 €
Montagekosten	1	250,00 €	250,00 €
<b>Summe Regelungskosten</b>			<b>525,00 €</b>
Rohrleitungen	100	39,00 €	3.900,00 €
Isolierung	100	42,00 €	4.200,00 €
<b>Summe Leitungskosten</b>			<b>8.100,00 €</b>
Sicherheitssatz	1	390,00 €	390,00 €
Kollektorkreissatz	1	227,00 €	227,00 €
Sicherheitsventil	1	193,00 €	193,00 €
Ausdehnungsgefäß	1	1.039,00 €	1.039,00 €
Pumpe	1	350,00 €	350,00 €
<b>Summe sonstige Kosten</b>			<b>2.199,00 €</b>
<b>Summe Gesamtkosten</b>			<b>103.269,00 €</b>

Tabelle 11: Übersicht Investitionskosten 4 Speicher

Komponentenbezeichnung	Anzahl	EP	GP
Kollektoren	20	3.094,00 €	61.880,00 €
Kollektorbefestigung	20	209,00 €	4.180,00 €
Aufdachmontageset	4	42,00 €	168,00 €
Kollektorverschraubung	20	44,00 €	880,00 €
Regulierventil	23	123,00 €	2.829,00 €
Montagekosten	20	350,00 €	7.000,00 €
<b>Summe Kollektorkosten</b>			<b>76.937,00 €</b>
Speicher	5	3.055,00 €	15.275,00 €
Speicherzubehör	5	322,00 €	1.610,00 €
Montagekosten	5	500,00 €	2.500,00 €
<b>Summe Speicherkosten</b>			<b>19.385,00 €</b>
Regelung	1	275,00 €	275,00 €
Montagekosten	1	250,00 €	250,00 €
<b>Summe Regelungskosten</b>			<b>525,00 €</b>
Rohrleitungen	100	39,00 €	3.900,00 €
Isolierung	100	42,00 €	4.200,00 €
<b>Summe Leitungskosten</b>			<b>8.100,00 €</b>
Sicherheitssatz	1	390,00 €	390,00 €
Kollektorkreissatz	1	227,00 €	227,00 €
Sicherheitsventil	1	193,00 €	193,00 €
Ausdehnungsgefäß	1	1.039,00 €	1.039,00 €
Pumpe	1	350,00 €	350,00 €
<b>Summe sonstige Kosten</b>			<b>2.199,00 €</b>
<b>Summe Gesamtkosten</b>			<b>107.146,00 €</b>

Tabelle 12: Übersicht Investitionskosten 5 Speicher



Komponentenbezeichnung	Anzahl	EP	GP
Kollektoren	20	3.094,00 €	61.880,00 €
Kollektorbefestigung	20	209,00 €	4.180,00 €
Aufdachmontageset	4	42,00 €	168,00 €
Kollektorverschraubung	20	44,00 €	880,00 €
Regulierventil	23	123,00 €	2.829,00 €
Montagekosten	20	350,00 €	7.000,00 €
<b>Summe Kollektorkosten</b>			<b>76.937,00 €</b>
Speicher	6	3.055,00 €	18.330,00 €
Speicherzubehör	6	322,00 €	1.932,00 €
Montagekosten	6	500,00 €	3.000,00 €
<b>Summe Speicherkosten</b>			<b>23.262,00 €</b>
Regelung	1	275,00 €	275,00 €
Montagekosten	1	250,00 €	250,00 €
<b>Summe Regelungskosten</b>			<b>525,00 €</b>
Rohrleitungen	100	39,00 €	3.900,00 €
Isolierung	100	42,00 €	4.200,00 €
<b>Summe Leitungskosten</b>			<b>8.100,00 €</b>
Sicherheitssatz	1	390,00 €	390,00 €
Kollektorkreissatz	1	227,00 €	227,00 €
Sicherheitsventil	1	193,00 €	193,00 €
Ausdehnungsgefäß	1	1.039,00 €	1.039,00 €
Pumpe	1	350,00 €	350,00 €
<b>Summe sonstige Kosten</b>			<b>2.199,00 €</b>
<b>Summe Gesamtkosten</b>			<b>111.023,00 €</b>

Tabelle 13: Übersicht Investitionskosten 6 Speicher

Komponentenbezeichnung	Anzahl	EP	GP
Kollektoren	20	3.094,00 €	61.880,00 €
Kollektorbefestigung	20	209,00 €	4.180,00 €
Aufdachmontageset	4	42,00 €	168,00 €
Kollektorverschraubung	20	44,00 €	880,00 €
Regulierventil	23	123,00 €	2.829,00 €
Montagekosten	20	350,00 €	7.000,00 €
<b>Summe Kollektorkosten</b>			<b>76.937,00 €</b>
Speicher	7	3.055,00 €	21.385,00 €
Speicherzubehör	7	322,00 €	2.254,00 €
Montagekosten	7	500,00 €	3.500,00 €
<b>Summe Speicherkosten</b>			<b>27.139,00 €</b>
Regelung	1	275,00 €	275,00 €
Montagekosten	1	250,00 €	250,00 €
<b>Summe Regelungskosten</b>			<b>525,00 €</b>
Rohrleitungen	100	39,00 €	3.900,00 €
Isolierung	100	42,00 €	4.200,00 €
<b>Summe Leitungskosten</b>			<b>8.100,00 €</b>
Sicherheitssatz	1	390,00 €	390,00 €
Kollektorkreissatz	1	227,00 €	227,00 €
Sicherheitsventil	1	193,00 €	193,00 €
Ausdehnungsgefäß	1	1.039,00 €	1.039,00 €
Pumpe	1	350,00 €	350,00 €
<b>Summe sonstige Kosten</b>			<b>2.199,00 €</b>
<b>Summe Gesamtkosten</b>			<b>114.900,00 €</b>

Tabelle 14: Übersicht Investitionskosten 7 Speicher

In den Tabellen 10 bis 14 sind die Investitionskosten der einzelnen Systeme dargestellt. Die Kostendifferenzen entstehen durch die Erhöhung der Speicheranzahl und damit verbunden auch die Erhöhungen der Speicherkosten sowie die Kosten für Montage und Speicherzusatzpakete.

Die angegebenen Preise wurden direkt beim Hersteller erfragt. Es handelt sich dabei um Bruttolistenpreise exklusive der Mehrwertsteuer. Sollte die untersuchte Anlage die Ausführungsreife erlangen, können die jeweiligen Preise durch Händler Rabatte niedriger ausfallen. Die Preise für Rohrleitungen, Wärmedämmung und sonstige Preise beinhalten bereits Montagekosten.

## 7.7. Berechnung der Kosten

Im folgenden Abschnitt werden die Berechnungen der einzelnen Kosten, aus Tabelle 13 bis 17, beispielhaft durchgeführt.

Der Bezugpreis für Erdgas entspricht dem momentanen Preis je kWh der GASAG Berlin, der Bezugspreis für Heizöl entspricht dem gemittelten Preis je Liter aus dem Jahr 2006. Der Strombezugpreis richtet sich nach dem aktuellen Strompreis des Tarifes Profi Plus der Vattenfall AG.

### 7.7.1. Annuität

Der Annuität wird nach Gleichung 13 berechnet.

$$A_i = a \cdot K_i$$

Der Annuitätsfaktor beträgt nach Gleichung 12 8,4%. Daraus ergibt sich folgende Annuität:

$$A_i = 0,084 \cdot 111.023,00 \text{Euro} = \underline{\underline{6.503,23 \text{Euro}}}$$

### 7.7.2. Konventionelle Heizkosten

Die Berechnung der Heizkosten erfolgt nach folgender Gleichung:

$$K_{\text{Heiz}} = \frac{Q_{\text{WWB}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}{\eta_{\text{Kessel}} \cdot H_i \cdot \rho_{\text{Heizöl}}} \cdot K_{\text{Bezug}}$$

Gleichung 16

$Q_{\text{WWB}}$  = Energie zur Trinkwassererwärmung [kWh]

$\eta_{\text{Kessel}}$  = Kesselwirkungsgrad [%]

$H_i$  = Heizwert des Brennstoffs [kJ/kg]

$K_{\text{Bezug}}$  = Bezugspreis [Euro/Liter]

$\rho_{\text{Heizöl}}$  = Dichte Heizöl [kg/l]

$$K_{\text{Heiz}} = \frac{347.349 \text{ kWh} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}{0,8 \cdot 42.165 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,86 \frac{\text{kg}}{\text{Liter}}} \cdot 0,55 \frac{\text{Euro}}{\text{Liter}} = \underline{\underline{23.707,80 \text{ Euro}}}$$

Bei der Berechnung der Heizkosten für Erdgaseinsatz entfallen der Heizwert und die Dichte, da der Bezugspreis des Brennstoffs je kWh berechnet wird.

$$K_{\text{Heiz}} = \frac{Q_{\text{WWB}}}{\eta_{\text{Kessel}}} \cdot K_{\text{Bezug}}$$

Gleichung 17

$$K_{\text{Heiz}} = \frac{347.349,48 \text{ kWh}}{0,8} \cdot 0,053 \frac{\text{Euro}}{\text{kWh}} = \underline{\underline{23.011,90 \text{ Euro}}}$$

### 7.7.3. Solarer Wärmepreis

Der solare Wärmepreis, in der VDI 6002 auch solare Wärmegestehungskosten genannt, liefert einen spezifischen Wärmepreis je kWh erzeugte Solarenergie. Er berücksichtigt die von der Solaranlage verursachten Kosten. Der solare Wärmepreis wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$k_{sol} = \frac{K_i \cdot a \cdot K_{Betr}}{Q_{nutz}} + K_{Verbrauch}$$

Gleichung 18

$K_i$	=	Investitionskosten [€]
$a$	=	Annuitätsfaktor [%]
$K_{Betr}$	=	betriebsgebundene Kosten [€]
$Q_{nutz}$	=	solare Nutzenergie [kWh]
$K_{Verbrauch}$	=	verbrauchsgebundenen Kosten [€]

Setzt man die Kosten aus Tabelle 18 in Gleichung 18 ein ergibt sich ein Wärmepreis von 10,3 Cent/kWh.

#### 7.7.4. Kosten Nacherwärmung

Die Kosten für die Nacherwärmung des Trinkwassers berechnen sich ähnlich wie die Gesamtheizkosten in Abschnitt 7.7.2

$$K_{nach} = \frac{Q_{nach} \cdot 3600 \frac{s}{h}}{\eta_{Kessel} \cdot H_i \cdot \rho_{Heizöl}} \cdot K_{Bezug}$$

Gleichung 19

$$K_{nach} = \frac{Q_{nach}}{\eta_{Kessel}} \cdot K_{Bezug}$$

Gleichung 20

$Q_{nach}$  = Energie zur Nacherwärmung des Trinkwassers

$$K_{nach} = \frac{243.747,04 \text{ kWh} \cdot 3600 \frac{s}{h}}{0,8 \cdot 42165 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0,86 \frac{\text{kg}}{\text{Liter}}} \cdot 0,55 \frac{\text{€}}{\text{Liter}} = \underline{\underline{16.636,58 \text{ €}}}$$

$$K_{nach} = \frac{243.747,04 \text{ kWh}}{0,8} \cdot 0,053 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \underline{\underline{16.148,24 \text{ €}}}$$

### 7.7.5. Gesamtkosten mit Solaranlage

Die Gesamtkosten mit dem Betrieb der Solaranlage ergeben sich aus den Investitions-, Betriebskosten und den verbrauchsgebunden Kosten der Solaranlage sowie den Kosten zur Nacherwärmung, welche unter Punkt 7.8.4 berechnet wurden. Es ergibt sich folgende Beziehung:

$$K_{ges} = A + K_{Betr} + K_{Verbrauch} + K_{nach}$$

**Gleichung 21**

$$K_{gesHeizöl} = 6.503,23\text{€} + 1.110,23\text{€} + 292,78\text{€} + 16.636,58\text{€} = \underline{\underline{24.542,82\text{€}}}$$

$$K_{gesErdgas} = 6.503,23\text{€} + 1.110,23\text{€} + 292,78\text{€} + 16.148,24\text{€} = \underline{\underline{24.054,48\text{€}}}$$

## 7.8. Berechnung der Wirtschaftlichkeit

**Ergebnis der Jahressimulation****Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung**

Lebensdauer der Anlage:	20	Jahre
Kapitalzins:	5,5%	
Anuitätsfaktor:	8,4%	
Kosten für Heizöl:	0,55	€/ Liter Heizöl
Kosten für Erdgas:	0,053	€/ kWh
Stromkosten für Betrieb der Pumpe:	0,1413	€/ kWh
Förderungssatz:	30,0%	
Wartungs- und Instandsetzungsanteil:	1,0%	

**Finanzierung**

Investitionskosten:	99.392,00	€
Förderung:	29.817,60	€
<b>= zu finanzierender Betrag:</b>	<b>69.574,40</b>	<b>€</b>

**Energiebilanz**

Energiebedarf Warmwasserbereitung:	344.038,85	kWh / Jahr
Einstrahlung auf die Kollektorfläche:	204.611,58	kWh / Jahr
Vom Solarsystem erbracht:	81.934,52	kWh / Jahr
Je Quadratmeter erbracht:	532,04	kWh / m <sup>2</sup>
Energie zur Nacherwärmung:	262.104,33	kWh / Jahr

**Ergebnis der Energiebilanz**

Kollektorkreisnutzungsgrad:	40,04%	
Deckungsgrad:	23,82%	
Brennstoffeinsparung:	10.167,84	Liter
CO <sub>2</sub> - Einsparung:	24,01	Tonnen

**Betriebskosten**

Heizkosten ohne Solaranlage mit Heizöl:	23.481,84	€/ Jahr
Heizkosten ohne Solaranlage mit Erdgas:	22.792,57	€/ Jahr
solarer Wärmepreis:	0,116 €	je kWh
Kosten für eingesparte CO <sub>2</sub> - Tonne	60,61 €	je Tonne
Kapitalkosten:	5.821,94	€/ Jahr
Instandsetzungskosten:	993,92	€/ Jahr
Kosten für Hilfsenergie:	231,55	€/ Jahr
Kosten für Nacherhitzung mit Heizöl:	17.889,53	€/ Jahr
Kosten für Nacherhitzung mit Erdgas:	17.364,41	€/ Jahr
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Heizöl:</b>	<b>24.936,93</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Erdgas:</b>	<b>24.411,82</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Amortisationszeit:</b>	<b>16</b>	<b>Jahre</b>

Tabelle 15: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 3 Speicher

## Ergebnis der Jahressimulation

### Parameter der

### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Lebensdauer der Anlage:	20	Jahre
Kapitalzins:	5,5%	
Anuitätsfaktor:	8,4%	
Kosten für Heizöl:	0,55	€/ Liter Heizöl
Kosten für Erdgas:	0,053	€/ kWh
Stromkosten für Betrieb der Pumpe:	0,1413	€/ kWh
Förderungssatz:	30,0%	
Wartungs- und Instandsetzungsanteil:	1,0%	

### Finanzierung

Investitionskosten:	103.269,00	€
Förderung:	30.980,70	€
<b>= zu finanzierender Betrag:</b>	<b>72.288,30</b>	<b>€</b>

### Energiebilanz

Energiebedarf Warmwasserbereitung:	344.365,01	kWh / Jahr
Einstrahlung auf die Kollektorfläche:	204.611,41	kWh / Jahr
Vom Solarsystem erbracht:	87.757,21	kWh / Jahr
Je Quadratmeter erbracht:	569,85	kWh / m <sup>2</sup>
Energie zur Nacherwärmung:	256.607,80	kWh / Jahr

### Ergebnis der Energiebilanz

Kollektorkreisnutzungsgrad:	42,89%	
Deckungsgrad:	25,48%	
Brennstoffeinsparung:	10.890,42	Liter
CO <sub>2</sub> - Einsparung:	25,71	Tonnen

### Betriebskosten

Heizkosten ohne Solaranlage mit Heizöl:	23.504,10	€/ Jahr
Heizkosten ohne Solaranlage mit Erdgas:	22.814,18	€/ Jahr
solarer Wärmepreis:	0,113 €	je kWh
Kosten für eingesparte CO <sub>2</sub> - Tonne	52,11 €	je Tonne
Kapitalkosten:	6.049,04	€/ Jahr
Instandsetzungskosten:	1.032,69	€/ Jahr
Kosten für Hilfsenergie:	248,00	€/ Jahr
Kosten für Nacherwärmung mit Heizöl:	17.514,37	€/ Jahr
Kosten für Nacherwärmung mit Erdgas:	17.000,27	€/ Jahr
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Heizöl:</b>	<b>24.844,10</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Erdgas:</b>	<b>24.329,99</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Amortisationszeit:</b>	<b>16</b>	<b>Jahre</b>

Tabelle 16: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 4 Speicher

## Ergebnis der Jahressimulation

### Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Lebensdauer der Anlage:	20	Jahre
Kapitalzins:	5,5%	
Anuitätsfaktor:	8,4%	
Kosten für Heizöl:	0,55	€/ Liter Heizöl
Kosten für Erdgas:	0,053	€/ kWh
Stromkosten für Betrieb der Pumpe:	0,1413	€/ kWh
Förderungssatz:	30,0%	
Wartungs- und Instandsetzungsanteil:	1,0%	

### Finanzierung

Investitionskosten:	107.146,00	€
Förderung:	32.143,80	€
<b>= zu finanzierender Betrag:</b>	<b>75.002,20</b>	<b>€</b>

### Energiebilanz

Energiebedarf Warmwasserbereitung:	344.026,53	kWh / Jahr
Einstrahlung auf die Kollektorfläche:	204.611,23	kWh / Jahr
Vom Solarsystem erbracht:	91.246,07	kWh / Jahr
Je Quadratmeter erbracht	592,51	kWh / m <sup>2</sup>
Energie zur Nacherwärmung:	252.780,46	kWh / Jahr

### Ergebnis der Energiebilanz

Kollektorkreisnutzungsgrad:	44,59%	
Deckungsgrad:	26,52%	
Brennstoffeinsparung:	11.323,38	Liter
CO <sub>2</sub> - Einsparung:	26,74	Tonnen

### Betriebskosten

Heizkosten ohne Solaranlage mit Heizöl:	23.481,00	€/ Jahr
Heizkosten ohne Solaranlage mit Erdgas:	22.791,76	€/ Jahr
solarer Wärmepreis:	0,113	€/ je kWh
Kosten für eingesparte CO <sub>2</sub> - Tonne	51,53	€/ je Tonne
Kapitalkosten:	6.276,13	€/ Jahr
Instandsetzungskosten:	1.071,46	€/ Jahr
Kosten für Hilfsenergie:	257,86	€/ Jahr
Kosten für Nacherhitzung mit Heizöl:	17.253,14	€/ Jahr
Kosten für Nacherhitzung mit Erdgas:	16.746,71	€/ Jahr
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Heizöl:</b>	<b>24.858,60</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Erdgas:</b>	<b>24.352,16</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Amortisationszeit:</b>	<b>15</b>	<b>Jahre</b>

Tabelle 17: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 5 Speicher



## Ergebnis der Jahressimulation

### Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Lebensdauer der Anlage:	20	Jahre
Kapitalzins:	5,5%	
Anuitätsfaktor:	8,4%	
Kosten für Heizöl:	0,55	€/ Liter Heizöl
Kosten für Erdgas:	0,053	€/ kWh
Stromkosten für Betrieb der Pumpe:	0,1413	€/ kWh
Förderungssatz:	30,0%	
Wartungs- und Instandsetzungsanteil:	1,0%	

### Finanzierung

Investitionskosten:	111.023,00	€
Förderung:	33.306,90	€
<b>= zu finanzierender Betrag:</b>	<b>77.716,10</b>	<b>€</b>

### Energiebilanz

Energiebedarf Warmwasserbereitung:	347.349,48	kWh / Jahr
Einstrahlung auf die Kollektorfläche:	204.611,23	kWh / Jahr
Vom Solarsystem erbracht:	103.602,44	kWh / Jahr
Je Quadratmeter erbracht:	672,74	kWh / m <sup>2</sup>
Energie zur Nacherwärmung:	243.747,04	kWh / Jahr

### Ergebnis der Energiebilanz

Kollektorkreisnutzungsgrad:	50,63%	
Deckungsgrad:	29,83%	
Brennstoffeinsparung:	12.856,77	Liter
CO <sub>2</sub> - Einsparung:	30,36	Tonnen

### Betriebskosten

Heizkosten ohne Solaranlage mit Heizöl:	23.707,80	€/ Jahr
Heizkosten ohne Solaranlage mit Erdgas:	23.011,90	€/ Jahr
solarer Wärmepreis:	0,103	€/ je kWh
Kosten für eingesparte CO <sub>2</sub> - Tonne	27,51	€/ je Tonne
Kapitalkosten:	6.503,23	€/ Jahr
Instandsetzungskosten:	1.110,23	€/ Jahr
Kosten für Hilfsenergie:	292,78	€/ Jahr
Kosten für Nacherhitzung mit Heizöl:	16.636,58	€/ Jahr
Kosten für Nacherhitzung mit Erdgas:	16.148,24	€/ Jahr
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Heizöl:</b>	<b>24.542,82</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Erdgas:</b>	<b>24.054,48</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Amortisationszeit:</b>	<b>14</b>	<b>Jahre</b>

Tabelle 18: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 6 Speicher

## Ergebnis der Jahressimulation

### Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Lebensdauer der Anlage:	20	Jahre
Kapitalzins:	5,5%	
Anuitätsfaktor:	8,4%	
Kosten für Heizöl:	0,55	€/ Liter Heizöl
Kosten für Erdgas:	0,053	€/ kWh
Stromkosten für Betrieb der Pumpe:	0,1413	€/ kWh
Förderungssatz:	30,0%	
Wartungs- und Instandsetzungsanteil:	1,0%	

### Finanzierung

Investitionskosten:	114.900,00	€
Förderung:	34.470,00	€
<b>= zu finanzierender Betrag:</b>	<b>80.430,00</b>	<b>€</b>

### Energiebilanz

Energiebedarf Warmwasserbereitung:	347.346,91	kWh / Jahr
Einstrahlung auf die Kollektorfläche:	204.611,23	kWh / Jahr
Vom Solarsystem erbracht:	110.340,73	kWh / Jahr
Je Quadratmeter erbracht:	716,50	kWh / m <sup>2</sup>
Energie zur Nacherwärmung:	242.691,17	kWh / Jahr

### Ergebnis der Energiebilanz

Kollektorkreisnutzungsgrad:	53,93%	
Deckungsgrad:	31,77%	
Brennstoffeinsparung:	13.692,97	Liter
CO <sub>2</sub> - Einsparung:	32,33	Tonnen

### Betriebskosten

Heizkosten ohne Solaranlage mit Heizöl:	23.707,63	€/ Jahr
Heizkosten ohne Solaranlage mit Erdgas:	23.011,73	€/ Jahr
solarer Wärmepreis:	0,100	€/ je kWh
Kosten für eingesparte CO <sub>2</sub> - Tonne	32,42	€/ je Tonne
Kapitalkosten:	6.730,33	€/ Jahr
Instandsetzungskosten:	1.149,00	€/ Jahr
Kosten für Hilfsenergie:	311,82	€/ Jahr
Kosten für Nacherwärmung mit Heizöl:	16.564,51	€/ Jahr
Kosten für Nacherwärmung mit Erdgas:	16.078,29	€/ Jahr
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Heizöl:</b>	<b>24.755,66</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Gesamtkosten mit Solaranlage mit Erdgas:</b>	<b>24.269,44</b>	<b>€/ Jahr</b>
<b>Amortisationszeit:</b>	<b>14</b>	<b>Jahre</b>

Tabelle 19: Ergebnis der Wirtschaftlichkeit 7 Speicher

## 8. Auswertung der Ergebnisse

### 8.1. Auswertung Wirtschaftlichkeit

Nachdem die Wirtschaftlichkeiten der Anlagen mit den verschiedenen Speichervariationen berechnet wurden, werden in dem folgenden Abschnitt die Ergebnisse ausgewertet und interpretiert.

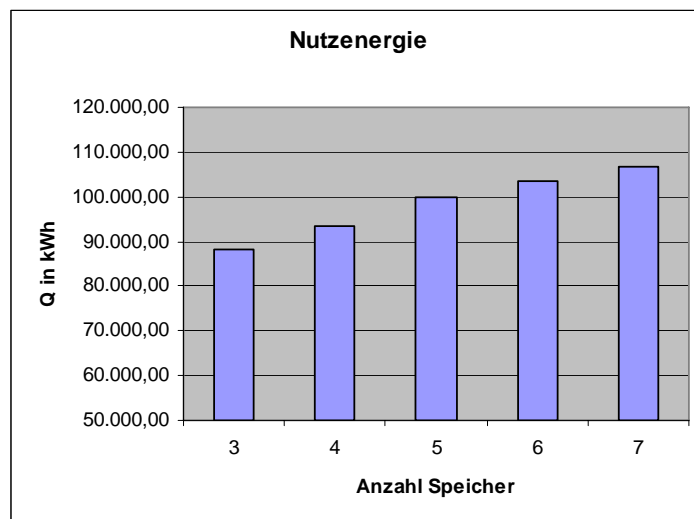


Diagramm 17: Tendenz solare Nutzwärme in Abhängigkeit der Speicheranzahl

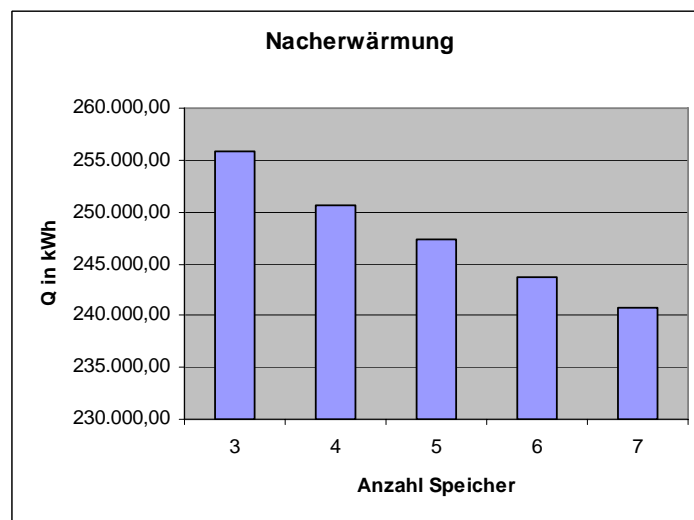
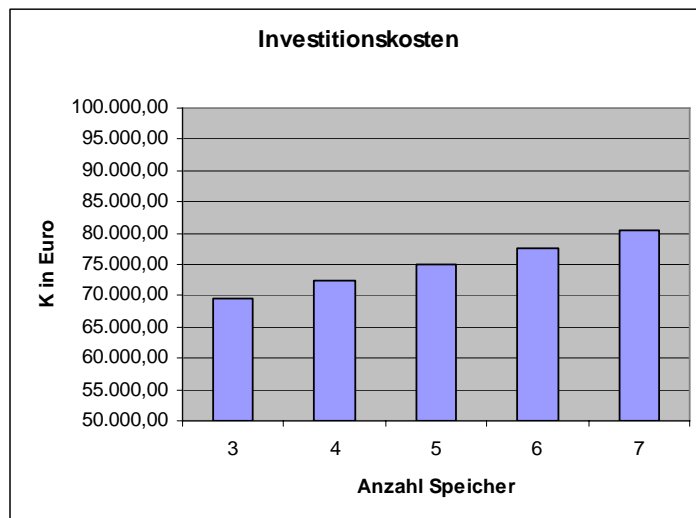


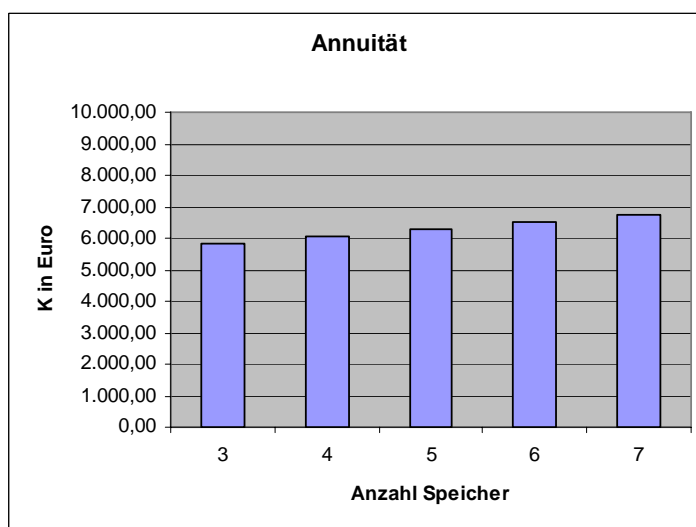
Diagramm 18: Tendenz Nacherhitzung in Abhängigkeit der Speicheranzahl

Anhand Diagramms 17 kann man erkennen, dass die solare Nutzenergie mit steigender Speicheranzahl fast linear zunimmt. Das ist mit der Erhöhung des Puffervolumens zu erklären. Außerdem vergrößert sich mit steigender Speicheranzahl auch die Gesamtübertragerfläche. Die Energie zur Nacherwärmung des Trinkwassers (Diagramm 18) sinkt entsprechend der steigenden Nutzenergie.



**Diagramm 19: Trend Investitionskosten in Abhängigkeit der Speicheranzahl**

Diagramm 19 stellt das Verhalten der Investitionskosten dar. Aufgrund der Mehrkosten für zusätzliche Speicher steigen die Investitionskosten jeweils um den Betrag eines Speicherpaketes (siehe Abschnitt 7.5.2). Durch die Erhöhung der Investitionskosten steigen, wie man anhand Diagramms 20 erkennen kann, auch die Annuitäten bei steigender Speicheranzahl.



**Diagramm 20: Trend Annuität in Abhängigkeit der Speicheranzahl**

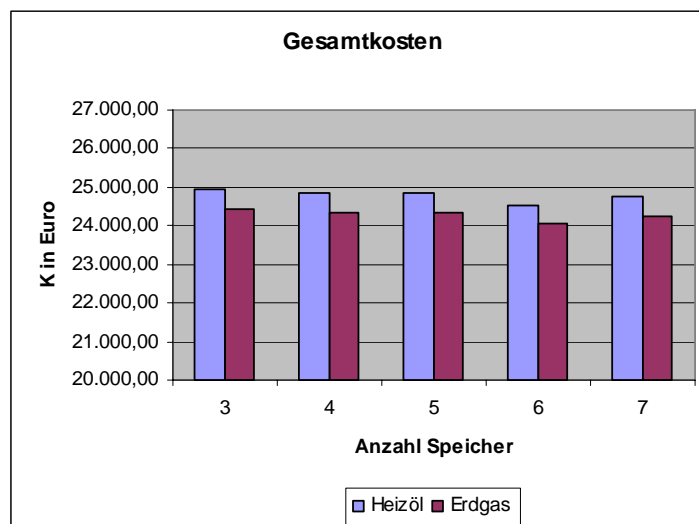


Diagramm 21: Gegenüberstellung Gesamtkosten in Abhängigkeit der Speicheranzahl

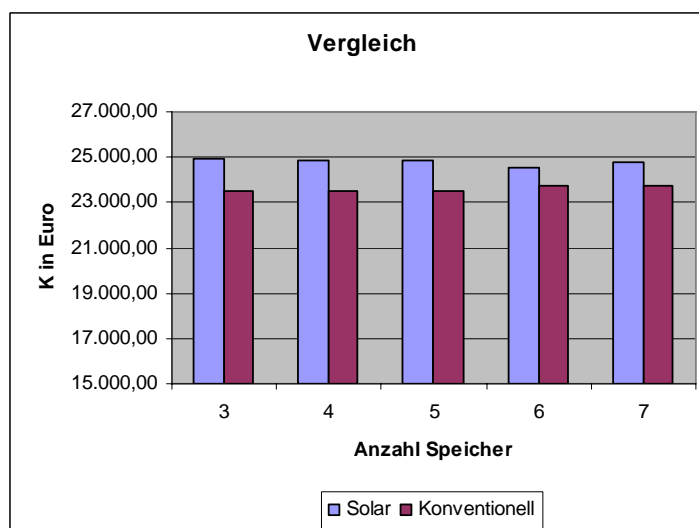


Diagramm 22: Vergleich Gesamtkosten Solaranlage und konventionelle TWW-Erwärmung

Diagramm 21 zeigt das Verhalten der Gesamtkosten beim Betrieb der Solaranlage in Verbindung einer Nacherwärmung des Trinkwassers durch Erdgas- und Heizöleinsatz. Die Gesamtkosten bleiben bei beiden Varianten nahezu konstant. Das lässt sich folgendermaßen erklären:

Die Investitionskosten und somit auch die Annuität nehmen mit steigender Speicheranzahl zu. Gleichzeitig senken sich die Betriebskosten infolge der Einsparungen der Brennstoffkosten durch den Betrieb der Solaranlage. Beide Faktoren wirken einander entgegen. Da die Gesamtkosten weder steigen noch sinken, kann man daraus schließen, dass beide Kostenfaktoren annähernd gleich groß sind und sich somit gegenseitig aufheben.

Anhand Diagramms 22 kann man erkennen, dass die Betriebskosten mit der konventionellen Anlage geringer als die Betriebskosten mit Betrieb der Solaranlage ausfallen. Beide Betriebskosten bleiben unabhängig von der Speicheranzahl konstant. Aus diesem Grund kann der Break-Even-Point<sup>1</sup> nicht erreicht werden.

Die jährlichen Mehraufwendungen für die Solaranlage sind in Diagramm 23 zu erkennen.

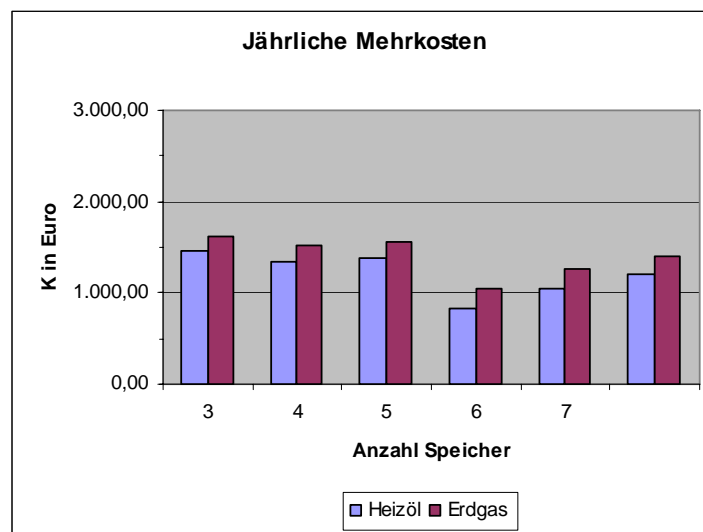


Diagramm 23: Jährliche Mehrkosten

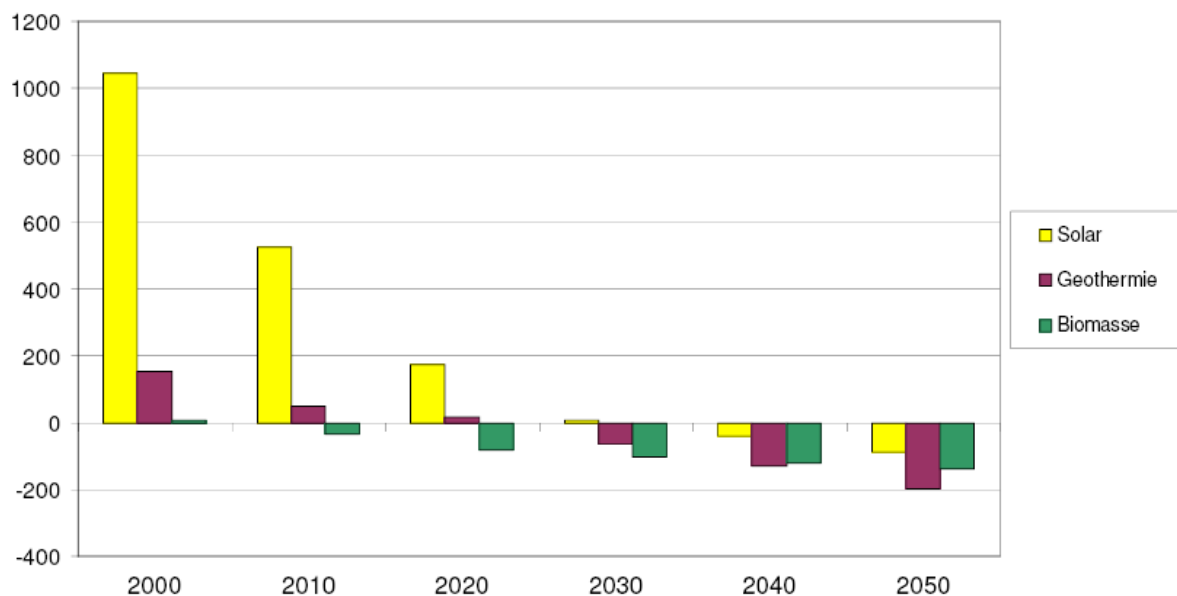
<sup>1</sup> **Break-Even-Point** oder auch Gewinnschwelle ist in der Wirtschaftswissenschaft der Punkt, an dem Erlös und Kosten gleich hoch sind und somit weder Verlust noch Gewinn erwirtschaftet wird.

## 8.2. CO<sub>2</sub> Vermeidungskosten

Seit einiger Zeit ist neben der betriebswirtschaftlichen Bewertung von Anlagen mit Umweltenergienutzung ein neues Bewertungskriterium immer mehr in den Vordergrund getreten. Die Rede ist von den CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten.

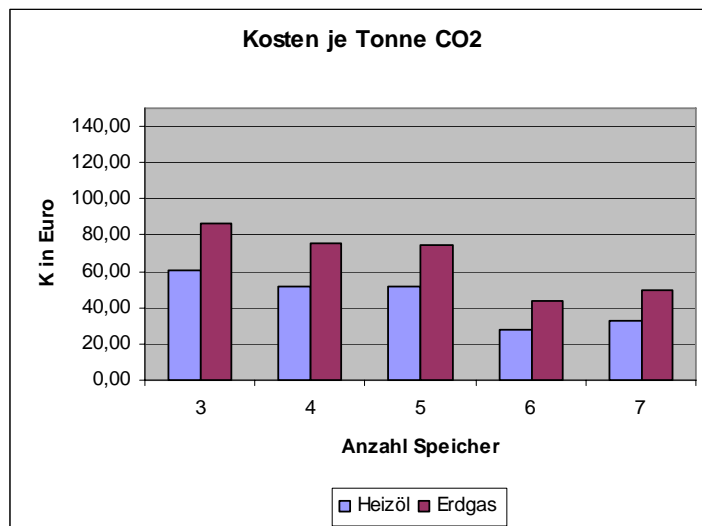
Mit Hilfe von CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten können Aussagen bezüglich der Kosteneffizienz von Klimaschutzmaßnahmen getroffen werden.

Der Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE) e.V. gab im Jahr 2005 für solarthermische Anlagen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten im Mittel von rund 1050,-Euro je Tonne CO<sub>2</sub> an. (Diagramm 24)



**Diagramm 24: Übersicht CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten im Wärmesektor**

Wenn man nun in Diagramm 25 die untersuchte Anlage in Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten betrachtet, ist festzustellen, dass diese weit unter diesen, vom BEE e.V. angegebenen, 1000,- Euro liegen.



**Diagramm 25: Tendenz CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten je Tonne**

Die Vermeidungskosten sinken bei der betrachteten Anlage bis zu einer Anzahl von 6 Speichern. Bei den Anlagen mit 6 und 7 Speichern bleiben diese annähernd konstant. Im Auslegungsfall mit 6 Speichern sind die Kosten mit 27,51 Euro je Tonne am geringsten (siehe Tabelle 18).

Bei CO<sub>2</sub>-Einsparprogrammen im Raum Stuttgart wurden die Prioritäten der Bauprojekte anhand der CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten eingeteilt. Dabei wurden in erster Linie nur Projekte mit Vermeidungskosten unter 100 Euro berücksichtigt.



## 9. Fazit

In der Ausarbeitung dieser Diplomarbeit hat sich herausgestellt, dass die untersuchte Anlage unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten keine wirtschaftlichen Vorteile gegenüber der konventionellen Trinkwassererwärmung mit fossilen Brennstoffen bietet. Ein Grund dafür ist das unzureichende Speichervolumen der Viessmann - Speicher, wodurch die anfallende Solarenergie nicht ausreichend gespeichert wird. Der Hersteller hat im Gespräch allerdings versichert, dass an neuen Speichergrößen derartiger Speicher gearbeitet wird. Demnach wären erneute Untersuchungen mit größeren Speichern erforderlich.

Speicheranzahl	3	4	5	6	7	Mittelwert
Mehrkosten Heizöl €	1.455,09	1.340,00	1.377,60	835,02	1.048,04	1.211,15
Mehrkosten Erdgas €	1.619,24	1.515,81	1.560,40	1.042,58	1.257,71	1.399,15

Tabelle 20: jährliche Mehrkosten für die Solaranlage

Die Mehrkosten zum Betrieb der solarthermischen Anlage betragen bei Nacherwärmung mit Heizöl ca. 1200 Euro und bei Nacherwärmung mit Erdgas ca. 1400 Euro. Da eine solarthermische Anlage zur Einsparung fossiler Brennstoffe führt und somit zum Klimaschutz beiträgt, wären diese Mehrkosten unter ökologischer Betrachtungsweise vertretbar.

Durch die Emissionen von CO<sub>2</sub> werden jährlich enorme externe Kosten verursacht, welche durch die Vermeidung dieser Emissionen gesenkt werden. Als externen Effekt bezeichnet man in der Volkswirtschaftslehre die unkompensierten Auswirkungen ökonomischer Entscheidungen auf unbeteiligte Dritte. Negative externe Effekte werden als externe Kosten und positive als externer Nutzen bezeichnet. Mit Vermeidungskosten von unter 100 Euro je Tonne CO<sub>2</sub> ist die untersuchte Anlage unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten als wirtschaftlich zu bewerten.

Letztendlich obliegt die Entscheidung der Investition in eine solche Solaranlage allein dem Investor.

## 10. Anhang

### 10.1. Anhang 1 Warmwasserverbrauchsprofil

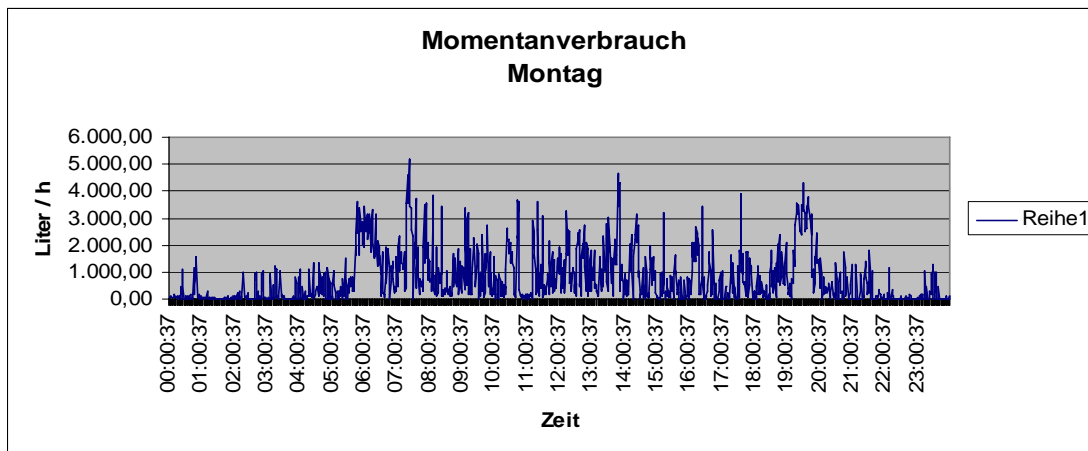


Diagramm 26: Momentanverbrauch Montag

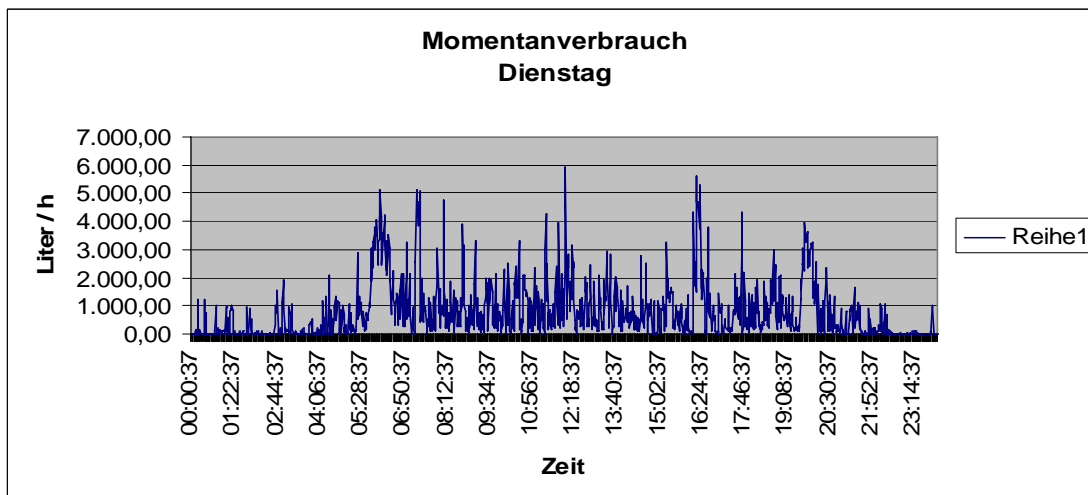


Diagramm 27: Momentanverbrauch Dienstag

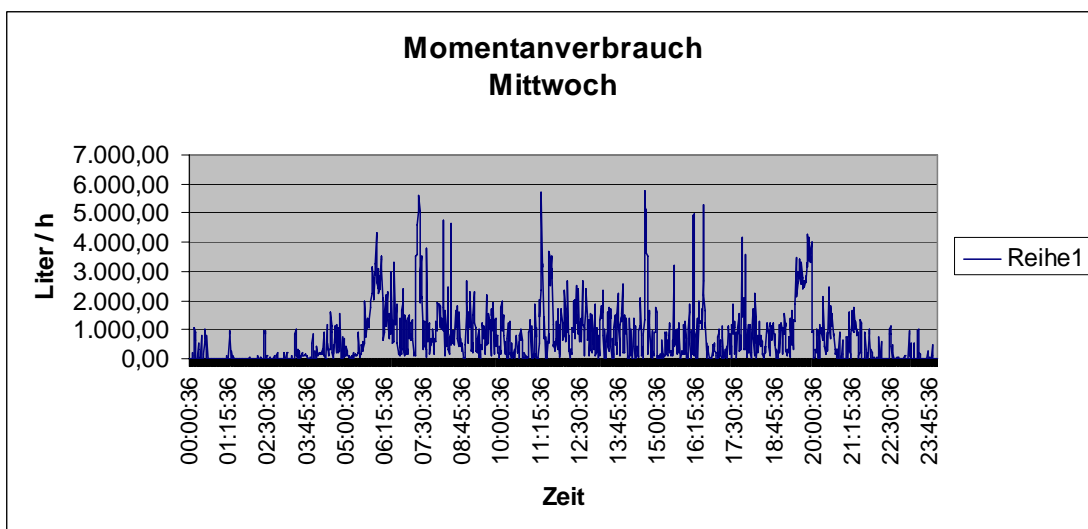


Diagramm 28: Momentanverbrauch Mittwoch

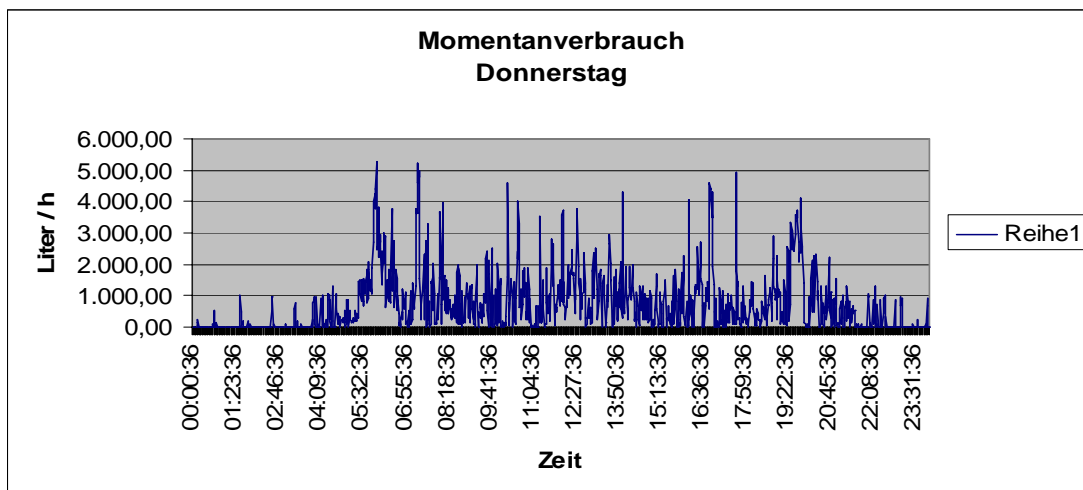


Diagramm 29: Momentanverbrauch Donnerstag

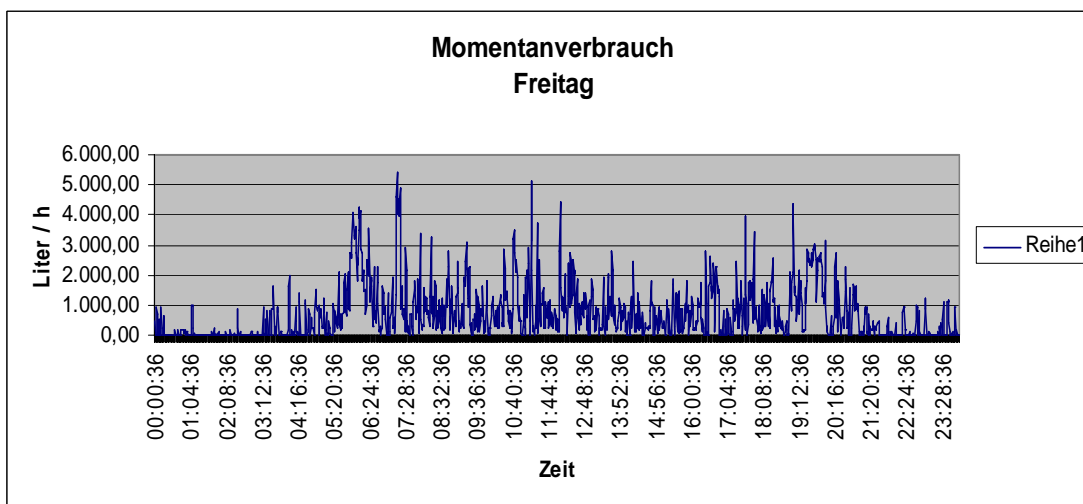


Diagramm 30: Momentanverbrauch Freitag

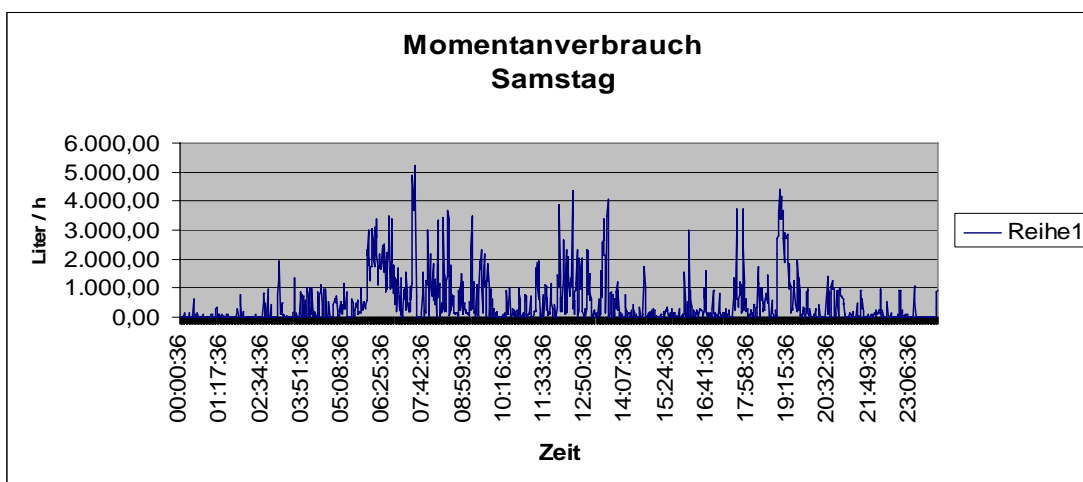


Diagramm 31: Momentanverbrauch Samstag

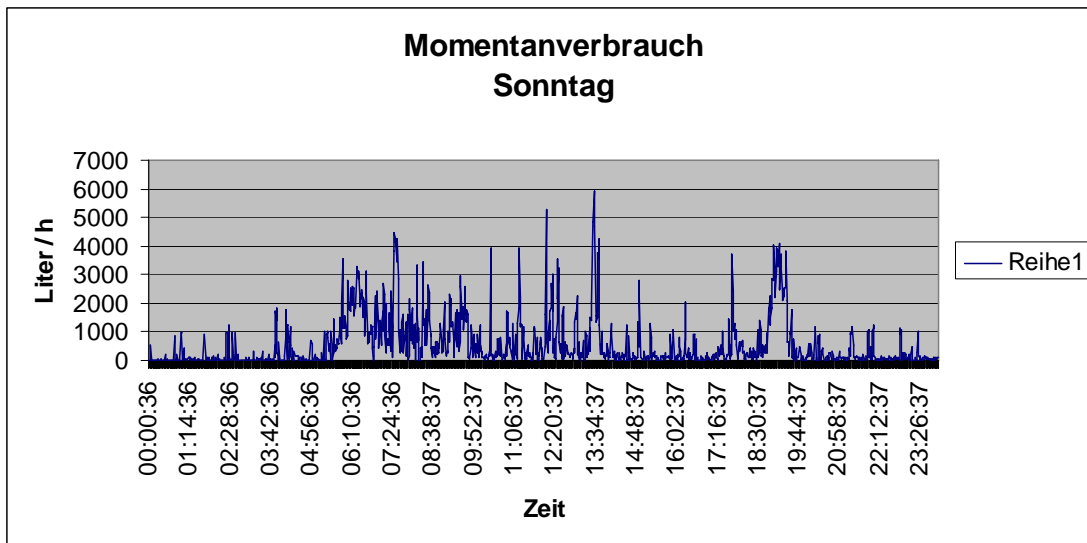


Diagramm 32: Momentanverbrauch Sonntag

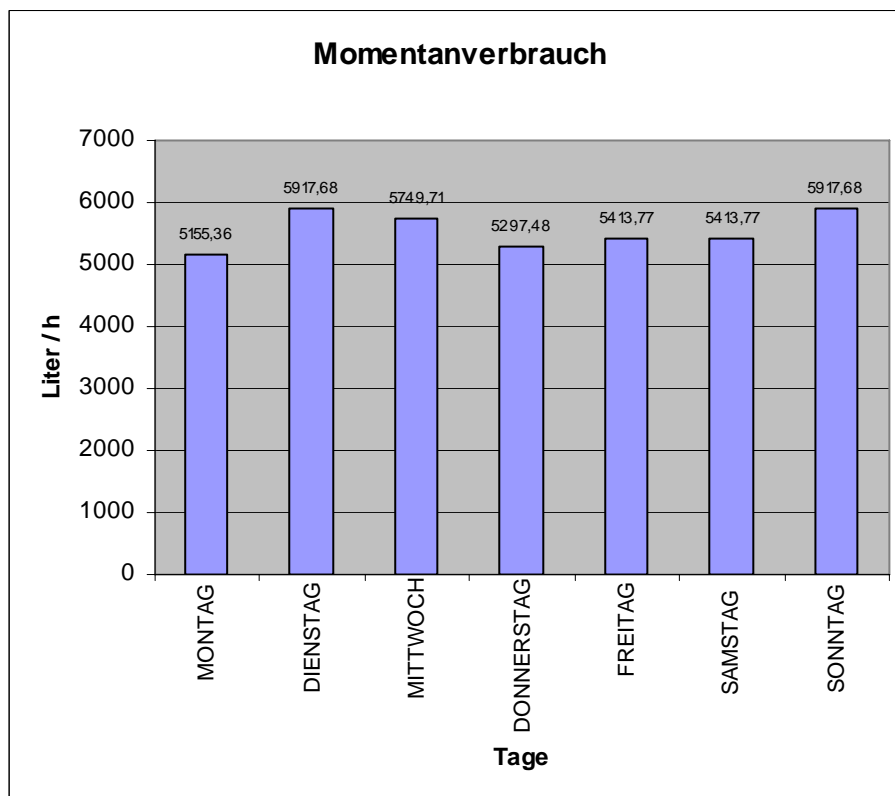


Diagramm 33: Darstellung Spitzenvolumenströme

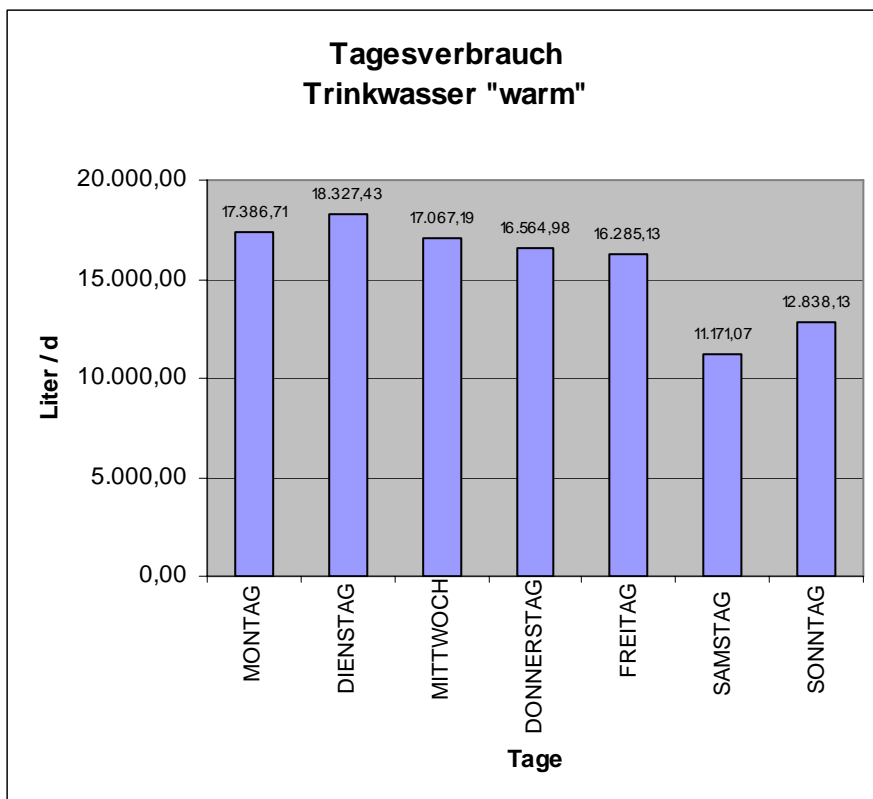


Diagramm 34: Darstellung Tagesverbräuche

10.2. Anhang 2 Technische Informationen VitoCell 353

10.3. Anhang 3 Technische Informationen VitoSolic 100

10.4. Anhang 4 Technische Informationen SolvisFera

## Datenblatt

Best.-Nr. und Preise: siehe Preisliste



Ablagehinweis:  
Mappe Vitotec, Register 17



### **VITOCELL 333** Typ SVK

Multivalenter Heizwasser-Pufferspeicher  
mit integrierter Trinkwassererwärmung

- Heizwasser: 705 l Inhalt
- Trinkwasser: 33 l Inhalt
- Wärmetauscher Solar: 12 l Inhalt

### **VITOCELL 353** Typ SVS

Multivalenter Heizwasser-Pufferspeicher  
mit Schichtladesystem  
und integrierter Trinkwassererwärmung

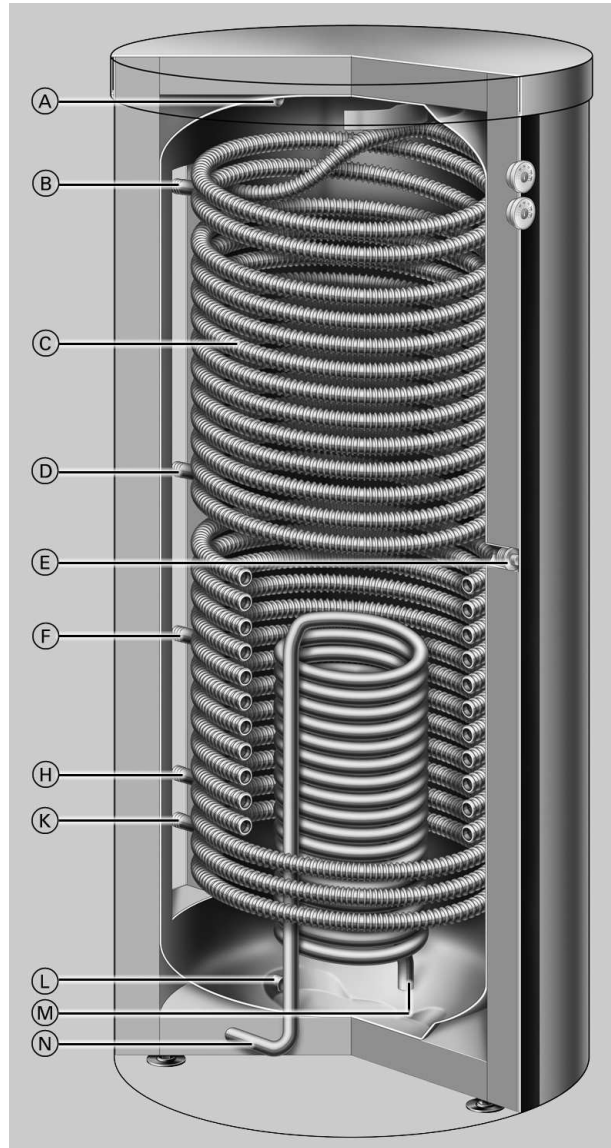
- Heizwasser: 705 l Inhalt
- Trinkwasser: 33 l Inhalt
- Wärmetauscher Solar: 12 l Inhalt

## Produktinformation Vitocell 333 und Vitocell 353

Anschluss mehrerer Wärmeerzeuger und hygienische Trinkwassererwärmung mit hoher Zapfrate platzsparend in einem Kombispeicher.

### Die Vorteile auf einen Blick

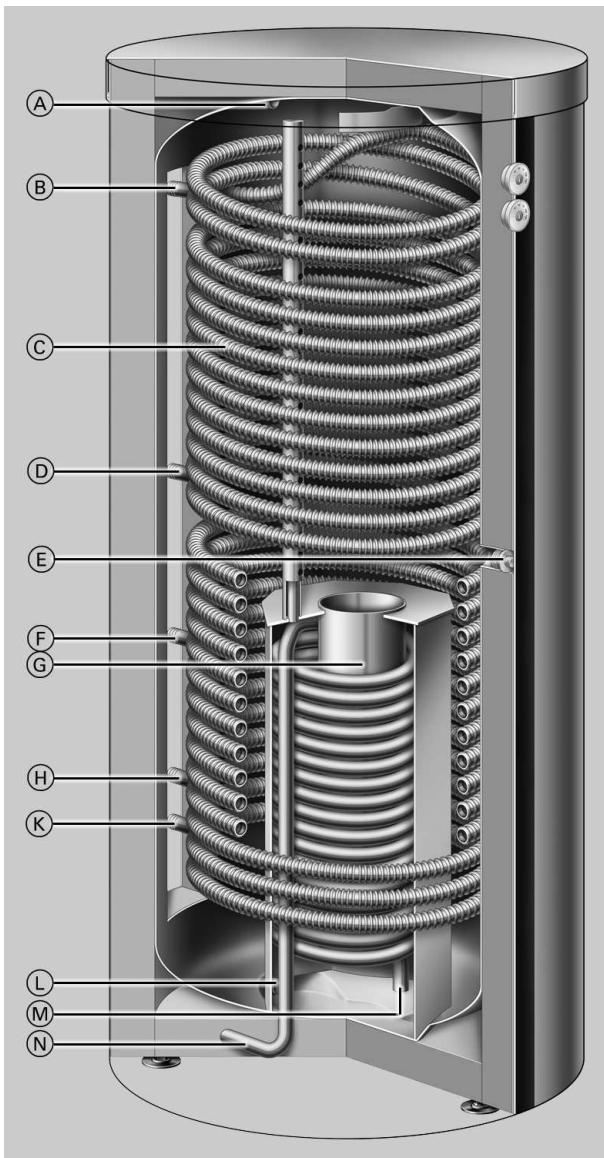
- Vitocell 333 und Vitocell 353 – die Kombination aus Heizwasser-Pufferspeicher und Speicher-Wassererwärmer.
- Für Heizungsanlagen mit mehreren Wärmeerzeugern. Besonders geeignet in Verbindung mit Viessmann Solarsystemen für Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung.
- Durch Anschlüsse in verschiedenen Höhen ist der Einsatz von verschiedenartigen Wärmeerzeugern, z.B. Festbrennstoffkessel oder Wärmepumpe möglich. Die Temperaturschichtung wird nicht beeinflusst.
- Geringer Platzbedarf und Montageaufwand – Vitocell 333 und Vitocell 353 sind Trinkwasser- und Pufferspeicher in einem Gerät.
- Vitocell 333 und Vitocell 353: Elastisch und spannungsfrei im Speicherbehälter integriertes Trinkwasser-Wellrohr aus hochlegiertem Edelstahl Rostfrei.
- Optimale Ausnutzung der Solarenergie durch gute Wärmeübertragung im unteren Bereich über große Wärmetauscherfläche des Trinkwasser-Wellrohrs.
- Vitocell 353: Die Schichtladeeinrichtung sorgt für das temperaturgerichtete Einschichten der Solarenergie, dadurch ist solar erwärmtes Trinkwasser schnell verfügbar.



**Vitocell 333 (Typ SVK) – Multivalenter Heizwasser-Pufferspeicher mit integrierter Trinkwassererwärmung**

- (A) Heizwasservorlauf 1 / Entlüftung
- (B) Warmwasser / Zirkulation
- (C) Trinkwasser Wellrohr aus Edelstahl Rostfrei
- (D) Heizwasservorlauf 2 / Heizwasser-Rücklauf 1
- (E) Elektro-Heizeinsatz EHO
- (F) Heizwasserrücklauf 2
- (H) Heizwasserrücklauf 3
- (K) Kaltwasser
- (L) Entleerung
- (M) Heizwasserrücklauf Solaranlage
- (N) Heizwasservorlauf Solaranlage / Entlüftung Solaranlage

## Die Vorteile auf einen Blick (Fortsetzung)



**Vitocell 353 (Typ SVS) – Multivalenter Heizwasser-Pufferspeicher mit Schichtladesystem und integrierter Trinkwassererwärmung**

- Ⓐ Heizwasservorlauf 1 / Entlüftung
- Ⓑ Warmwasser / Zirkulation
- Ⓒ Trinkwasser Wellrohr aus Edelstahl Rostfrei
- Ⓓ Heizwasservorlauf 2 / Heizwasser-Rücklauf 1
- Ⓔ Elektro-Heizeinsatz EHO
- Ⓕ Heizwasserrücklauf 2
- Ⓖ Schichtladesystem (nur Vitocell 353)
- Ⓗ Heizwasserrücklauf 3
- Ⓚ Kaltwasser
- Ⓛ Entleerung
- Ⓜ Heizwasserrücklauf Solaranlage
- Ⓝ Heizwasservorlauf Solaranlage / Entlüftung Solaranlage



## Technische Angaben Vitocell 333 (Typ SVK) / Vitocell 353 (Typ SVS)

### Technische Daten

Zur Heizwasserspeicherung und Trinkwassererwärmung in Verbindung mit Solaranlagen, Wärmepumpen und Festbrennstoffkesseln.

Geeignet für folgende Anlagen:

- Heizwasser-Vorlauftemperatur bis 110 °C
- Solar-Vorlauftemperatur bis 140 °C

- Zulässige Trinkwassertemperatur 95 °C
- Heizwasserseitiger Betriebsdruck bis 3 bar
- Solarseitiger Betriebsdruck bis 10 bar
- Trinkwasserseitiger Betriebsdruck bis 10 bar

		Vitocell 333	Vitocell 353
<b>Speicherinhalt</b>			
Heizwasser	l	705	705
Trinkwasser	l	33	33
Wärmetauscher Solar	l	12	12
<b>Abmessungen</b>			
Länge (∅)	mm		
– mit Wärmedämmung	a mm	954	954
– ohne Wärmedämmung	o mm	750	750
Breite	b mm	1005	1005
Höhe			
– mit Wärmedämmung	c mm	2100	2100
– ohne Wärmedämmung	mm	2005	2005
Kippmaß			
– ohne Wärmedämmung	mm	2060	2060
<b>Gewicht</b>			
– mit Wärmedämmung	kg	215	215
– ohne Wärmedämmung	kg	200	200
<b>Anschlüsse</b>			
Heizwasservor- und rücklauf	R	1	1
Kalt- /Warmwasser	R	1	1
Heizwasservor- und rücklauf (Solar)	G	1	1
<b>Solar-Wärmetauscher</b>			
Heizfläche	m <sup>2</sup>	1,8	1,8
<b>Trinkwasser-Wärmetauscher</b>			
Heizfläche	m <sup>2</sup>	7,2	7,2
<b>Maximale anschließbare Aperturfläche</b>			
Vitosol 100/200/250/300	m <sup>2</sup>	12	12
<b>Bereitschafts-Wärmeaufwand*1</b>			
q <sub>BS</sub> bei 45 K Temp.-Differenz	kWh/24 h	3,23*2	3,23*2

### Dauerleistung Vitocell 333/Vitocell 353

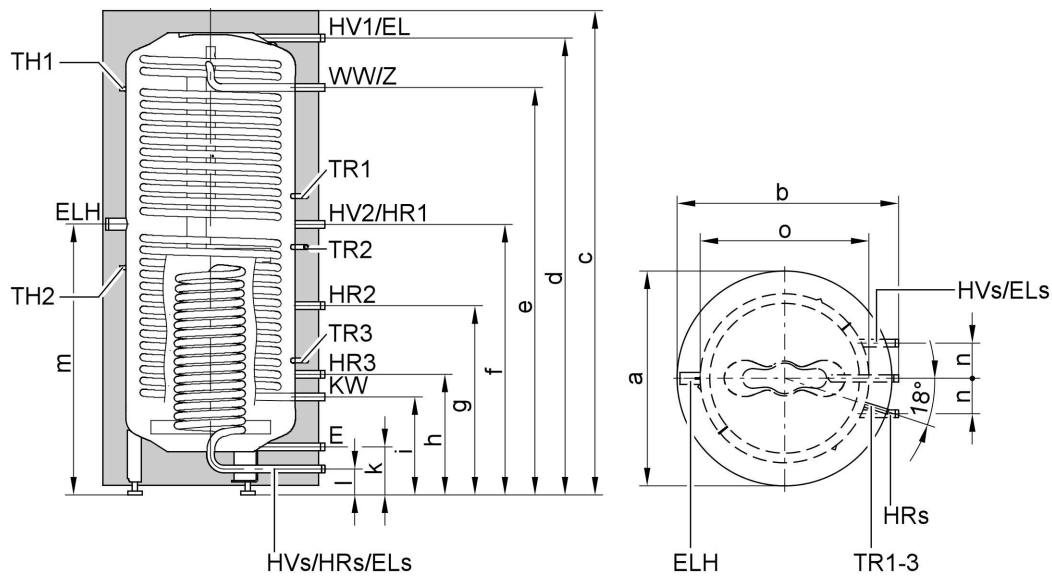
Dauerleistung*3	kW	15	22	33
bei Trinkwassererwärmung von 10 auf 45 °C und Heizwasser-Vorlauftemperatur von 70 °C bei unten aufgeführtem Heizwasserdurchsatz (gemessen über HV <sub>1</sub> /HR <sub>1</sub> )	l/h	397	585	857
<b>Heizwasser-Durchsatz</b> für die angegebenen Dauerleistungen	l/h	252	378	610
Dauerleistung*3	kW	15	22	33
bei Trinkwassererwärmung von 10 °C auf 60 °C und Heizwasser-Vorlauftemperatur von 70 °C bei unten aufgeführtem Heizwasser-Durchsatz (gemessen über HV <sub>1</sub> /HR <sub>1</sub> )	l/h	281	400	592
<b>Heizwasser-Durchsatz</b> für die angegebenen Leistungen	l/h	281	457	836

\*1 Produktspezifischer Kennwert zum Berechnen der Anlagenaufwandszahl nach EnEV bzw. DIN 4701-10.

\*2 Normkennwert (für den gesamten Speicher).

\*3 Bei der Planung mit der angegebenen bzw. ermittelten Dauerleistung die entsprechende Umwälzpumpe einplanen. Die angegebene Dauerleistung wird nur dann erreicht, wenn die Nenn-Wärmeleistung des Heizkessels  $\geq$  der Dauerleistung ist.

Anschlüsse und Maße



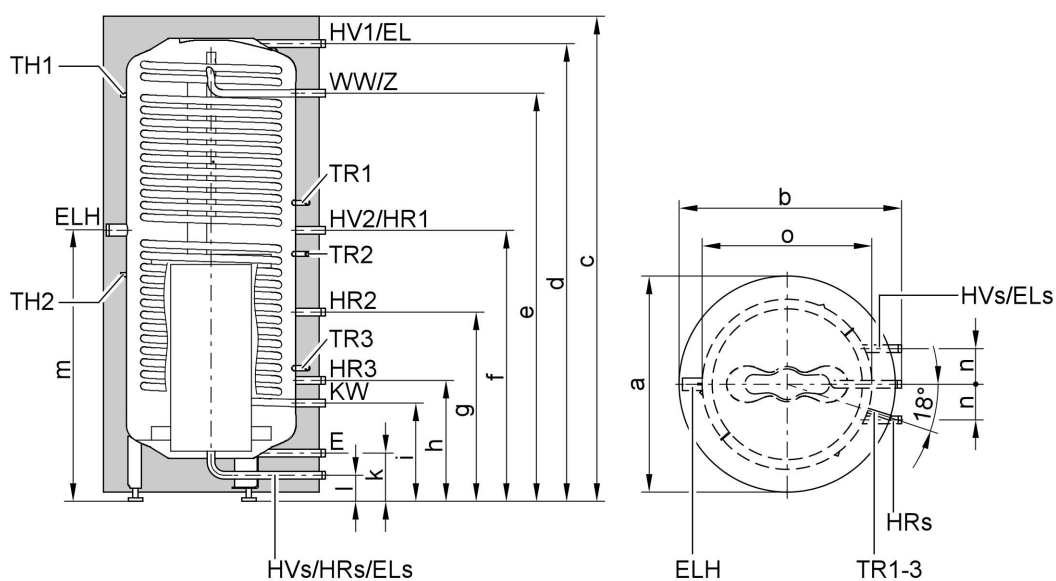
Vitocell 333

- E Entleerung
- EL Entlüftung
- ELs Entlüftung Solaranlage
- ELH Muffe Rp 1½ für Elektro-Heizeinsatz-EHO
- HR Heizwasserrücklauf
- HRs Heizwasserrücklauf Solaranlage
- HV Heizwasservorlauf

- HVs Heizwasservorlauf Solaranlage
- KW Kaltwasser
- TH Thermometer
- TR Temperaturregler / Temperatursensor
- WW Warmwasser
- Z Zirkulation (Zubehör, siehe Seite 12)

Maßtabelle			Vitocell 333
<b>Speicherinhalt</b>	<b>I</b>		<b>755</b>
Länge (∅)	a	mm	954
Breite	b	mm	1005
Höhe	c	mm	2100
	d	mm	1979
	e	mm	1760
	f	mm	1155
	g	mm	795
	h	mm	493
	i	mm	393
	k	mm	173
	l	mm	75
	m	mm	1156
	n	mm	157
Länge (∅ ohne Wärme-dämmung)	o	mm	750

## Technische Angaben Vitocell 333 (Typ SVK) / Vitocell 353 (Typ SVS) (Fortsetzung)



Vitocell 353

E Entleerung  
 EL Entlüftung  
 ELs Entlüftung Solaranlage  
 ELH Muffe Rp 1½ für Elektro-Heizeinsatz EHO  
 HR Heizwasserrücklauf  
 HRs Heizwasservücklauf Solaranlage  
 HV Heizwasservorlauf

HVs Heizwasservorlauf Solaranlage  
 KW Kaltwasser  
 TH Thermometer  
 TR Temperaturregler / Temperatursensor  
 WW Warmwasser  
 Z Zirkulation (Zubehör, siehe Seite 12)

Maßtabelle		Vitocell 353	
<b>Speicherinhalt</b>		<b>l</b>	<b>755</b>
Länge (∅)	a	mm	954
Breite	b	mm	1005
Höhe	c	mm	2100
	d	mm	1979
	e	mm	1760
	f	mm	1155
	g	mm	795
	h	mm	493
	i	mm	393
	k	mm	173
	l	mm	75
	m	mm	1156
	n	mm	157
Länge (∅) ohne Wärmedämmung)	o	mm	750

### Leistungskennzahl $N_L$

nach DIN 4708  
 bei Speicherbevorratungstemperatur\*1 = Kaltwassereinlauftemperatur + 50 K <sup>+5K/0K</sup> und 70 °C Heizwasser-Vorlauftemperatur

### Leistungskennzahl $N_L$ in Abhängigkeit der zugeführten Wärmeleistung des Heizkessels ( $Q_D$ )

$Q_D$ in kW	$N_L$ -Zahl
15	2,00
18	2,25
22	2,50
27	2,75
33	3,00

\*1 Die Leistungskennzahl  $N_L$  ändert sich mit der Speicherbevorratungstemperatur  $T_{sp}$  Richtwerte:  
 $T_{sp} = 60 °C \rightarrow 1,0 \times N_L$ ,  $T_{sp} = 55 °C \rightarrow 0,75 \times N_L$ ,  $T_{sp} = 50 °C \rightarrow 0,55 \times N_L$ ,  $T_{sp} = 45 °C \rightarrow 0,3 \times N_L$

## Technische Angaben Vitocell 333 (Typ SVK) / Vitocell 353 (Typ SVS) (Fortsetzung)

### Kurzzeitleistung (während 10 Minuten)

Bezogen auf die Leistungskennzahl  $N_L$   
Trinkwassererwärmung von 10 auf  
45 °C und 70 °C Heizwasser-Vorlauftemperatur

#### Kurzzeitleistung in Abhängigkeit der zugeführten Wärmeleistung des Heizkessels ( $Q_D$ )

$Q_D$ in kW	Kurzzeitleistung
15	190 l/10 min
18	200 l/10 min
22	210 l/10 min
27	220 l/10 min
33	230 l/10 min

### Maximale Zapfmenge (während 10 Minuten)

Bezogen auf die Leistungskennzahl  $N_L$   
Mit Nachheizung  
Trinkwassererwärmung von 10 auf  
45 °C und 70 °C Heizwasser-Vorlauftemperatur

#### Maximale Zapfmenge in Abhängigkeit der zugeführten Wärmeleistung des Heizkessels ( $Q_D$ )

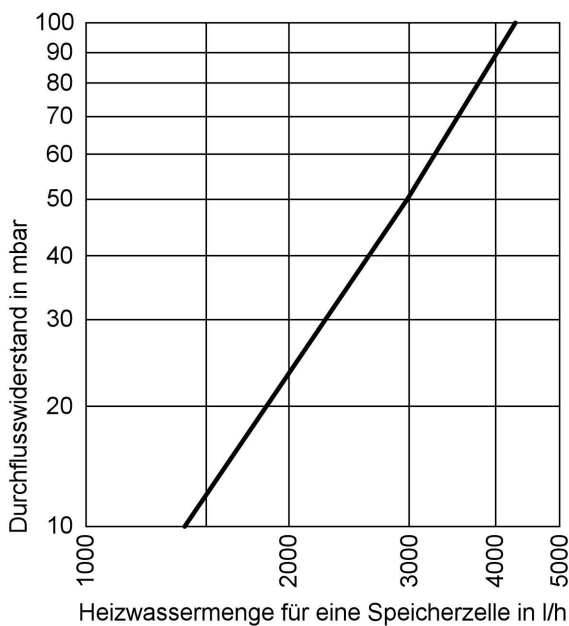
$Q_D$ in kW	maximale Zapfmenge
15	19,0 l/10 min
18	20,0 l/10 min
22	21,0 l/10 min
27	22,0 l/10 min
33	23,0 l/10 min

### Zapfbare Wassermenge

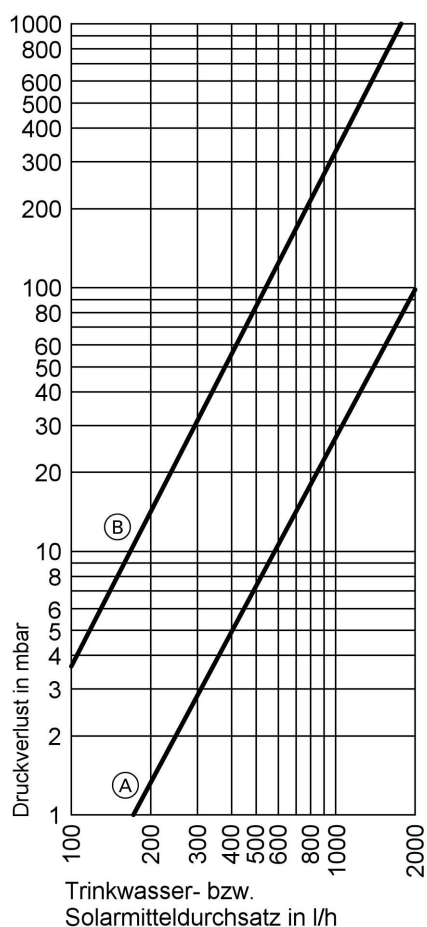
Speichervolumen auf 60 °C aufgeheizt  
Ohne Nachheizung

Zapfrate	l/min	10	20
Zapfbare Wassermenge	l	255	190
Wasser mit $t = 45^\circ\text{C}$ (Mischtemperatur)			

### Durchflusswiderstände



#### Heizwasserseitiger Durchflusswiderstand



### Trinkwasser- und solarseitiger Durchflusswiderstand

- Ⓐ Solarseitiger Durchflusswiderstand
- Ⓑ Trinkwasserseitiger Durchflusswiderstand

## Auslieferungszustand

### Vitocell 333 (Typ SVK)

Multivalenter Heizwasser-Pufferspeicher aus Stahl mit eingebauter Edelstahlwendel zur Trinkwassererwärmung.

- 3 eingeschweißte Tauchhülsen
- Stellfüße zum Einschrauben
- Entlüftung der Solarwendel
- 2 Thermometer

Separat verpackt:

- Wärmedämmung aus Polyestervlies, Farbe der kunststoffbeschichteten Wärmedämmung vitosilber

### Vitocell 353 (Typ SVS)

Multivalenter Heizwasser -Pufferspeicher aus Stahl mit Schichtladesystem und eingebauter Edelstahlwendel zur Trinkwassererwärmung.

- 3 eingeschweißte Tauchhülsen
- Stellfüße zum Einschrauben
- Entlüftung der Solarwendel
- 2 Thermometer

Separat verpackt:

- Wärmedämmung aus Polyestervlies, Farbe der kunststoffbeschichteten Wärmedämmung vitosilber

## Datenblatt

Best.-Nr. und Preise: siehe Preisliste



Vitosolic 100



Vitosolic 200

Ablagehinweis:  
Mappe Vitotec, Register 13

### VITOSOLIC 100

#### Elektronische Temperatur-Differenz-Regelung

für Anlagen mit bivalenter Trinkwassererwärmung mit Sonnenkollektoren und Öl-/Gas-Heizkesseln.

Mit digitaler Temperaturanzeige, Leistungsbilanzierung, Nachladeunterdrückung für den Heizkessel, Aufheizung der Vorwärmstufe und Diagnosesystem. Für Wandmontage.

### VITOSOLIC 200

#### Elektronische Temperatur-Differenz-Regelung von bis zu vier Verbrauchern

für Anlagen mit bivalenter Trinkwassererwärmung oder bivalenter Trinkwasser- und Schwimmbadwassererwärmung oder Unterstützung der Raumbeheizung mit Sonnenkollektoren und Öl-/Gas-Heizkesseln.

Mit digitaler Temperaturanzeige, Leistungsbilanzierung, Nachladeunterdrückung für den Heizkessel, Aufheizung der Vorwärmstufe und Diagnosesystem. Mit Anschlussmöglichkeit von Wärmemengenzähler und Solarzelle. Für Wandmontage.

## Aufbau und Funktion

### Aufbau

Die Regelung enthält:

- Elektronik
- Digitalanzeige
- Einstelltasten
- Anschlussklemmen:
  - Sensoren
  - Solarkreispumpe
  - KM-BUS
  - Netzanschluss (Netzschalter bauseits)
- Relais zum Schalten der Pumpen (Verbraucher)

### Funktion

- Schalten der Solarkreispumpe für die Trinkwasser- oder Schwimmbadwassererwärmung
- Elektronische Begrenzung der Temperatur im Speicher-Wassererwärmer (Sicherheitsabschaltung bei 90 °C)
- Sicherheitsabschaltung der Kollektoren
- Wärmebilanzierung durch Temperaturdifferenzmessung und Eingabe des Volumenstroms
- Anzeige der Betriebsstunden der Solarkreispumpe
- Unterdrückung der Nachheizung durch den Heizkessel:
  - Anlagen mit Vitotronic-Regelung mit KM-BUS  
An der Kesselkreisregelung wird ein 3. Trinkwassertemperatur-Sollwert codiert. Der Speicher-Wassererwärmer wird erst vom Heizkessel beheizt, wenn dieser Sollwert **nicht** durch die Solaranlage erreicht wird.
  - Anlagen mit weiteren Viessmann-Regelungen (nur in Verbindung mit der Anschlussweiterung, Zubehör):  
Über den Widerstand in der Anschlussweiterung wird eine um 10 K höhere Trinkwasser-Isttemperatur simuliert. Der Speicher-Wassererwärmer wird erst vom Heizkessel beheizt, wenn der Trinkwassertemperatur-Sollwert **nicht** durch die Solaranlage erreicht wird.
- Zusatzfunktion für die Trinkwassererwärmung (nur in Verbindung mit Anlagen mit Vitotronic-Regelung mit KM-BUS und Anschlussweiterung, Zubehör):  
Bei Anlagen mit einem Gesamt-Speicherinhalt über 400 Liter muss der gesamte Wasserinhalt einmal täglich auf 60 °C erwärmt werden.  
An der Vitotronic-Regelung wird ein 2. Trinkwassertemperatur-Sollwert codiert und die 4. Warmwasser-Phase aktiviert. Dieses Signal wird an die Solarregelung übertragen und die Umschichtpumpe wird eingeschaltet.

### Hinweis

*In Anlagen mit Vitotronic-Regelung mit KM-BUS sind Unterdrückung der Nachladung durch den Heizkessel **und** Zusatzfunktion für die Trinkwassererwärmung möglich.*

*In Anlagen mit weiteren Viessmann-Regelungen sind diese Funktionen nur **alternativ** realisierbar.*

- Thermostatfunktion:  
Nur in Verbindung mit der Anschlussweiterung (Zubehör).  
Mit dieser Funktion wird erreicht, dass überschüssige Wärme zum frühest möglichen Zeitpunkt abgeführt wird.  
Diese Funktion kann unabhängig vom Solarbetrieb genutzt werden

### Kollektortemperatursensor

Zum Anschluss im Gerät.

Bauseitige Verlängerung der Anschlussleitung:

- 2-adrige Leitung, Leitungslänge max. 60 m bei einem Leiterquerschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> Kupfer
- Leitung darf nicht zusammen mit 230/400-V-Leitungen verlegt werden

Leitungslänge	2,5 m
Schutzart	IP 32 gemäß EN 60529, durch Aufbau/Einbau zu gewährleisten
Sensortyp	Pt500
Zulässige Umgebungstemperatur	
– bei Betrieb	-20 bis +180 °C
– bei Lagerung und Transport	-20 bis +70 °C

### Speichertemperatursensor

Zum Anschluss im Gerät.

Bauseitige Verlängerung der Anschlussleitung:

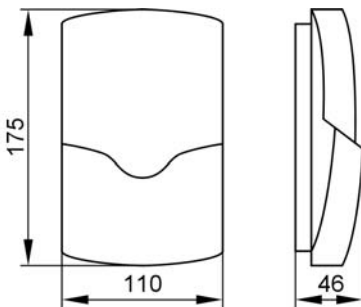
- 2-adrige Leitung, Leitungslänge max. 60 m bei einem Leiterquerschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> Kupfer
- Leitung darf nicht zusammen mit 230/400-V-Leitungen verlegt werden

Leitungslänge	3,75 m
Schutzart	IP 32 gemäß EN 60529, durch Aufbau/Einbau zu gewährleisten
Sensortyp	Pt500
Zulässige Umgebungstemperatur	
– bei Betrieb	0 bis +90 °C
– bei Lagerung und Transport	-20 bis +70 °C

Bei Anlagen mit Viessmann Speicher-Wassererwärmern wird der Speichertemperatursensor in die Tauchhülse des Einschraubwinkels im Heizwasserrücklauf eingebaut.

## Technische Angaben Vitosolic 100 (Fortsetzung)

### Technische Daten



Nennspannung	230 V ~
Nennfrequenz	50 Hz
Nennstrom	4 A
Leistungsaufnahme	2 W
Schutzklasse	II
Schutzart	IP 20 gemäß EN 60529, durch Aufbau/Einbau zu gewährleisten
Wirkungsweise	Typ 1B gemäß EN 60730-1
Zulässige Umgebungstemperatur	
– bei Betrieb	0 bis +40 °C Verwendung in Wohn- und Heizungsräumen (normale Umgebungsbedingungen)
– bei Lagerung und Transport	-20 bis +65 °C
Nennbelastbarkeit der Relaisausgänge	
– Halbleiterrelais 1	0,5 A
– Relais 2	4(2) A, 230 V~
– Gesamt	max. 4 A

## Technische Angaben Vitosolic 200

### Aufbau und Funktion

#### Aufbau

Die Regelung enthält:

- Elektronik
- Digitalanzeige
- Einstelltasten
- Anschlussklemmen:
  - Sensoren
  - Solarzelle
  - Pumpen
  - Impulzählereingänge zum Anschluss von Volumenmessteilen
  - KM-BUS
  - Sammelstörmeldeeinrichtung
  - V-BUS für Datenlogger und/oder Großanzeige
  - Netzanschluss (Netzschalter bauseits)
- Relais zum Schalten der Pumpen

#### Funktion

- Schalten der Solarkreispumpe für die Trinkwasser-und/oder Schwimmbadwassererwärmung oder andere Verbraucher
- Elektronische Begrenzung der Temperatur im Speicher-Wassererwärmer (Sicherheitsabschaltung bei 90°C)
- Sicherheitsabschaltung der Kollektoren
- Wärmebilanzierung:
  - Temperaturdifferenzmessung und Eingabe des Volumensstroms
  - oder
  - Erweiterungssset Wärmemengenzähler mit Volumenmessteil und je 2 Temperatursensoren
- Anzeige der Betriebsstunden der Solarkreispumpe
- Bypass-Schaltung mit Kollektortemperatursensor und Bypass-Sensor oder mit Kollektortemperatursensor und Solarzelle zum Verbessern des Anlaufverhaltens der Anlage
- Unterdrückung der Nachheizung durch den Heizkessel:

- Anlagen mit Vitotronic-Regelung mit KM-BUS  
An der Vitotronic-Regelung wird ein 3. Trinkwassertemperatur-Sollwert codiert. Der Speicher-Wassererwärmer wird erst vom Heizkessel beheizt, wenn dieser Sollwert **nicht** durch die Solaranlage erreicht wird.
- Anlagen mit weiteren Viessmann-Regelungen  
Über einen bauseits zu stellenden Widerstand wird eine um 10 K höhere Trinkwasser-Isttemperatur simuliert. Der Speicher-Wassererwärmer wird erst vom Heizkessel beheizt, wenn diese Isttemperatur **nicht** durch die Solaranlage erreicht wird.
- Zusatzfunktion für die Trinkwassererwärmung:  
Bei Anlagen mit einem Gesamt-Speicherinhalt über 400 Liter muss der gesamte Wasserinhalt einmal täglich auf 60 °C erwärmt werden.
- Anlagen mit Vitotronic-Regelung mit KM-BUS  
An der Vitotronic-Regelung wird ein 2. Trinkwassertemperatur-Sollwert codiert und die 4. Warmwasser-Phase aktiviert. Dieses Signal wird an die Solarregelung übertragen und die Umschichtpumpe wird eingeschaltet.
- Anlagen mit weiteren Viessmann-Regelungen  
Die Umschichtpumpe wird zu einer einstellbaren Zeit eingeschaltet, wenn der Speicher-Wassererwärmer zuvor nicht min. einmal täglich 60 °C erreicht hat.  
Über einen bauseits zu stellenden Widerstand wird ein Trinkwassertemperatur-Istwert von ca. 35 °C simuliert.
- Trinkwasser- und Schwimmbadwassererwärmung:  
Trinkwassererwärmung erfolgt vorrangig. Während der Erwärmung des Schwimmbadwassers (Verbraucher mit der niedrigeren Solltemperatur) wird die Umwälzpumpe zeitabhängig ausgeschaltet, um festzustellen, ob der Speicher-Wassererwärmer (Verbraucher mit der höheren Solltemperatur) nachgeladen werden kann. Falls dieser aufgeheizt ist oder die Temperatur des Wärmeträgermediums zur Beheizung des Speicher-Wassererwärmers nicht ausreicht, wird weiter Schwimmbadwasser erwärmt.



## Technische Angaben Vitosolic 200 (Fortsetzung)

- Trinkwasser- und Heizungswassererwärmung mit Heizwasser-Pufferspeicher:  
Das Pufferspeicherwasser wird durch Sonnenenergie erwärmt. Vom Pufferspeicherwasser wird das Trinkwasser erwärmt. Falls die Temperatur im Heizwasser-Pufferspeicher die Heizungsrücklaufumtemperatur um den eingestellten Wert übersteigt, wird ein 3-Wege-Ventil geschaltet und das Heizungsrücklaufwasser wird zur Rücklaufumtemperaturerhebung über den Heizwasser-Pufferspeicher in den Heizkessel geführt.
- Pumpenansteuerung für vorgeschaltete Wärmetauscher
- Thermostatfunktion:  
Diese Funktion kann unabhängig vom Solarbetrieb genutzt werden

### Kollektortemperatursensor

Zum Anschluss im Gerät.

Bauseitige Verlängerung der Anschlussleitung:

- 2-adrige Leitung, Leitungslänge max. 60 m bei einem Leiterquerschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> Kupfer
- Leitung darf nicht zusammen mit 230/400-V-Leitungen verlegt werden

Leitungslänge	2,5 m
Schutzart	IP 32 gemäß EN 60529, durch Aufbau/Einbau zu gewährleisten
Sensortyp	Pt500
Zulässige Umgebungstemperatur	
– bei Betrieb	–20 bis +180 °C

– bei Lagerung und Transport –20 bis +70 °C

### Speichertemperatursensor bzw. Temperatursensor (Schwimmbecken/Heizwasser-Pufferspeicher)

Zum Anschluss im Gerät.

Bauseitige Verlängerung der Anschlussleitung:

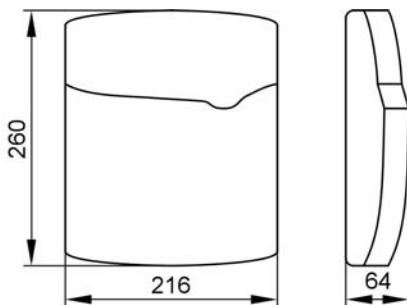
- 2-adrige Leitung, Leitungslänge max. 60 m bei einem Leiterquerschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> Kupfer
- Leitung darf nicht zusammen mit 230/400-V-Leitungen verlegt werden

Leitungslänge	3,75 m
Schutzart	IP 32 gemäß EN 60529, durch Aufbau/Einbau zu gewährleisten
Sensortyp	Pt500
Zulässige Umgebungstemperatur	
– bei Betrieb	0 bis +90 °C
– bei Lagerung und Transport	–20 bis +70 °C

Bei Anlagen mit Viessmann Speicher-Wassererwärmern wird der Speichertemperatursensor in die Tauchhülse des Einschraubwinkels im Heizwasserrücklauf eingebaut.

Bei Einsatz des Temperatursensors (Schwimmbecken) zur Erfassung der Schwimmbadwassertemperatur kann die als Zubehör erhältliche Tauchhülse aus Edelstahl direkt in die Rücklaufleitung des Schwimmbeckens eingebaut werden.

## Technische Daten



Nennspannung	230 V ~
Nennfrequenz	50 Hz
Nennstrom	6 A
Leistungsaufnahme	6 W
Schutzklasse	II
Schutzart	IP 20 gemäß EN 60529, durch Aufbau/Einbau zu gewährleisten
Wirkungsweise	Typ 1B gemäß EN 60730-1
Zulässige Umgebungstemperatur	
– bei Betrieb	0 bis +40 °C Verwendung in Wohn- und Heizungsräumen (normale Umgebungsbedingungen)
– bei Lagerung und Transport	–20 bis +65 °C
Nennbelastbarkeit der Relaisausgänge	
– Halbleiterrelais 1 bis 4	0,5 A
– Relais 5 bis 7	4(2) A, 230 V~
– Gesamt	max. 6 A

## Auslieferungszustand Vitosolic 100

Best.-Nr. 7246 594

- Vitosolic 100
- Speichertemperatursensor
- Kollektortemperatursensor