



Hochschule für Technik  
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin

Fachbereich 1

Ingenieurwissenschaften - Energie und Information

Regenerative Energien (B)

## Projekt: Planung einer solarthermischen Anlage

*Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Friedrich Sick*

Name	Matrikelnummer
Niels Feuerherdt	577669

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Angebot und Bedarf</b>	<b>1</b>
2.1	a . . . . .	1
2.2	b . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Komponentenauswahl</b>	<b>3</b>
3.1	c . . . . .	3
3.2	d . . . . .	3
3.3	e . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Hydraulik</b>	<b>4</b>
4.1	f . . . . .	4
4.2	g . . . . .	4
4.3	h . . . . .	4
4.4	i . . . . .	4
<b>5</b>	<b>Schwankungsbreite</b>	<b>4</b>
5.1	j . . . . .	4
5.2	k . . . . .	4

## Abbildungsverzeichnis

1	Änderung der jährlichen solaren Bestrahlung in Berlin in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigung im Vergleich zur Horizontalen [1, S.92] . . . . .	2
---	---	---

## Tabellenverzeichnis

1	Zusammenfassung aller Ergebnisse . . . . .	1
---	--	---

<b>Projekt REST-Solarthermie, Zusammenfassung</b>
<b>Feuerherdt, Niels</b>

Angebot	Wert	Einheit
Globalstrahlung horizontal Berlin Mittel	1132,47	kWh/m <sup>2</sup> a
Ausrichtungsfaktor	1,05	-
Strahlung in Kollektorebene Mittel	1189,09	kWh/m <sup>2</sup> a
Strahlung in Kollektorebene Min.	1103,24	kWh/m <sup>2</sup> a
Strahlung in Kollektorebene Max.	1305,70	kWh/m <sup>2</sup> a

Bedarf	Wert	Einheit
Heizwärmebedarf Mittel	8000	kWh/a
Heizwärmebedarf Min.	7712,220	kWh/a
Heizwärmebedarf Max.	8287,780	kWh/a
WW-Wärmebedarf Mittel	2711,025	kWh/a
WW-Wärmebedarf Min.	1355,513	kWh/a
WW-Wärmebedarf Max.	4066,538	kWh/a
Zirkulationsverluste	8	kWh/a
Gesamtwärmebedarf Mittel	10719,025	kWh/a
Gesamtwärmebedarf Min.	9075,733	kWh/a
Gesamtwärmebedarf Max.	12362,318	kWh/a

	Mittel	Extrema A	Extrema B
<b>Kollektor, Speicher</b>	Bezeichnung, Anz., Fläche, Volumen		
gewählter Kollektortyp	Viessmann Vitosol 200-FM	Viessmann Vitosol 200-FM	
Anzahl Kollektoren	6	5	8
Kollektorfläche	13,86	11,55	18,48
gewählter Speichertyp	Viessmann Vitocell 340-M	Viessmann Vitocell 340-M	Viessmann Vitocell 360-M
Speichervolumen	750	750	950

Verrohrung	Wert	Einheit	Wert	Wert
Durchmesser DNxx	DIN20	-	DIN15	DIN20
Strömungsgeschwindigkeit	0,49	m/s	0,64	0,65

Druckverlust Kollektorfeld, Rohrleitung und Einbauten	Wert	Einheit	Wert	Wert
Druckverlust Kollektorfeld Parallelverschaltung	14500	Pa	8000	17500
Druckverlust Rohrleitung	4884,72	Pa	9937,98	11757,43
Druckverlust sonstiger Einbauten	2198,12	Pa	4472,09	5290,84
Gesamtdruckverlust des Kollektorkreises	21582,84	Pa	22410,08	34548,28

Tabelle 1: Zusammenfassung aller Ergebnisse

## 1 Einleitung

Die Auslegung einer Solarthermieanlage bedarf einiger Vertiefungen und Berechnungen.

Ziel dieser Betrachtungen ist es alle Komponenten korrekt zu dimensionieren. Hierbei werden von Strahlungsbedingungen bis Anlageneigenschaften viele Faktoren mit eingebunden. Wie eine solche Auslegung annähernd funktionieren kann zeigt diese Ausarbeitung.

## 2 Angebot und Bedarf

### 2.1 a

Anhand eines Datensatzes von monatlichen Einstrahlungsdaten für den Zeitraum von 2011-2020, welcher der Datenbank PVGIS entnommen worden ist [2], konnten Jahressummen für den Standort Berlin ermittelt werden.

Der Mittelwert der Jahressummen wurde im Folgenden als jährliche horizontale Globalstrahlungssumme verwendet. Für diesen Wert wurden die Differenzen zu der kleinsten und größten Jahressumme errechnet. Die größere Differenz wird als worst-case angenommen und als Toleranz  $\Delta E$  festgelegt.

Diese erste Berechnung ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Einstrahlungssumme auf der Horizontalen von  $E = 1132,465 \frac{kWh}{m^2 \cdot a} \pm 111,055 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$ .

Anhand der vorgegebenen Süd-Ost-Ausrichtung und dem Neigungswinkel von  $45^\circ$  kann aus dem untenstehenden Diagramm der Umrechnungs- bzw. Ausrichtungsfaktor abgelesen werden. Dieser beträgt in diesem Fall 1,05, somit ergibt sich auf der geneigten Kollektorebene eine jährliche Einstrahlungssumme von  $E_{gen} = 1189,088 \frac{kWh}{m^2 \cdot a} \pm 116,608 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$ .

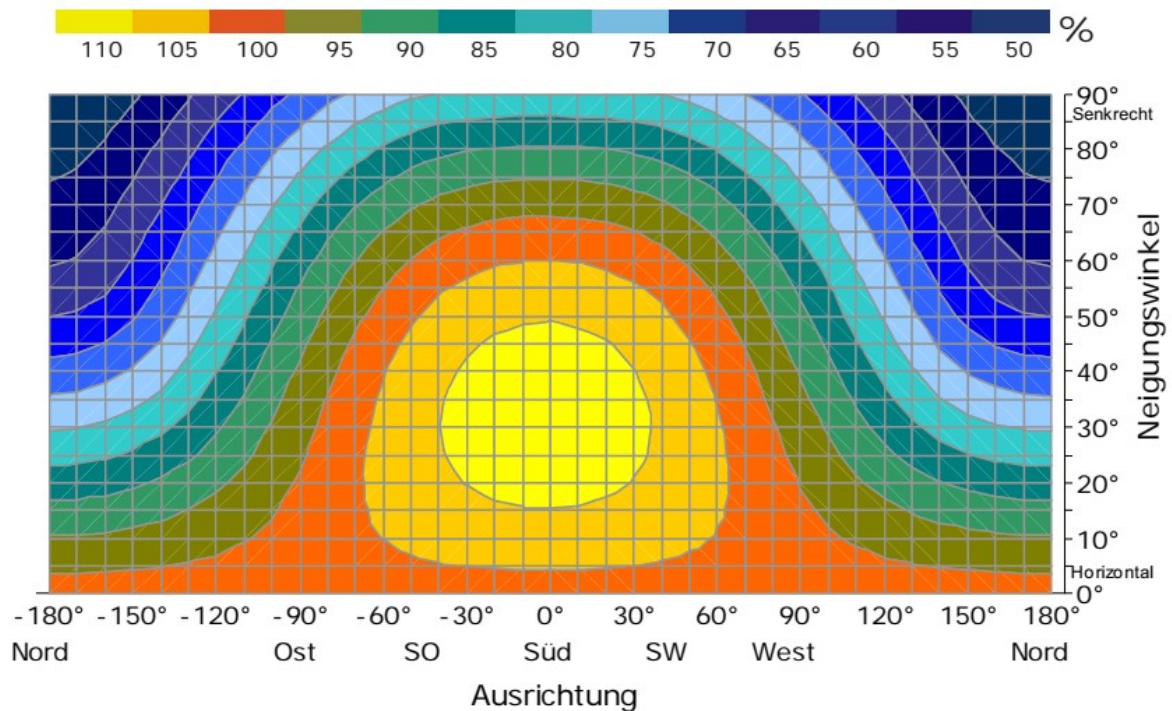


Abbildung 1: Änderung der jährlichen solaren Bestrahlung in Berlin in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigung im Vergleich zur Horizontalen [1, S.92]

## 2.2 b

Zur korrekten Dimensionierung der Anlage ist die Betrachtung des Gesamtwärmebedarfs von zentraler Rolle. Auf den Gesamtwärmebedarf haben vor allem die Dämm- und Speichereigenschaften des Gebäudes, sowie das Nutzungsprofil der Bewohner.

Für das betrachtete Gebäude werden  $160m^2$  Wohnfläche bei einem spezifischen jährlichen Heizwärmebedarf von  $50 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$  angegeben. Die Multiplikation dieser beiden Werte ergibt für den mittleren Heizwärmebedarf  $Q_H = 8000 \frac{kWh}{a}$ .

Um eine begründete Abschätzung der Schwankungsbreite für diesen Wert zu erhalten, wurden Daten über den Gesamtverbrauch im Bereich "Space Heating" in Deutschland von 2012 bis 2021 verwendet.[3]

Mit Hilfe der Berechnung der relativen mittleren Abweichung der Werte konnte eine Toleranzgrenze von  $\Delta Q_H = \pm 287,78 \frac{kWh}{a}$  ermittelt werden.

Anschließend wurde der Warmwasserwärmebedarf  $Q_{WW}$  für mittleren, niedrigen und hohen Verbrauch [4, S.119] berechnet. Mittels Gleichung 1 ergab sich für den betrachteten 4-Personen-Haushalt ein mittlerer Warmwasserwärmebedarf inklusive Abweichung von  $Q_{WW,mit} = 2711,025 \frac{kWh}{a} \pm 1355,513 \frac{kWh}{a}$ .

$$Q_{WW} = c_p \cdot m \cdot \text{Bewohnerzahl} \cdot \rho \cdot \Delta T \quad (1)$$

spez. Wärmekapazität  $c_p = 3,68 \frac{kJ}{kg \cdot K}$

Dichte  $\rho = 1038 \frac{kg}{m^3}$

Temperaturdifferenz  $\Delta T = 35K$

Des Weiteren ist der Wärmebedarf der Zirkulation zu berechnen, da auch dieser sich auf den Gesamtbedarf auswirkt. Hierfür wird die folgende Formel verwendet [4, S.73]:

$$Q_{ZV} = 0,2 \frac{kWh}{d \cdot m} \cdot \frac{t_Z}{24} \cdot L_Z \quad (2)$$

tägliche Betriebszeit  $t_Z = 24h$

Leitungslänge  $L_Z = 40m$

Aus Gleichung 2 geht ein Zirkulationsbedarf von  $Q_{ZV} = 2920 \frac{kWh}{a}$  hervor.

Die Summe der Bedarfe ergibt den Gesamtwärmebedarf inklusive aufsummierter Toleranz. Dieser beläuft sich auf  $Q_{Ges} = 13631,025 \pm 1643,292 \frac{kWh}{a}$ .

### 3 Komponentenauswahl

#### 3.1 c

Es werden ein solarer Deckungsgrad  $f_{sol}$  von 30% und ein Systemnutzungsgrad von 20% für die Anlage angenommen [4, S.122].

Daraus ergibt sich gemäß Gleichung 3 eine benötigte Kollektorfläche von  $A_{Koll} = 17,195m^2$ .

$$A_{Koll} = \frac{f_{sol} \cdot Q_{Ges}}{\eta_{sys} \cdot E_{gen}} \quad (3)$$

#### 3.2 d

Aus dem gegebenen Angebot des Herstellers Viessmann wurde der “Viessmann Vitosol 200-FM“-Flachkollektor gewählt.

Dieser hat eine Absorberfläche von  $2,31m^2$  und es werden somit 8 Kollektoren benötigt, was eine tatsächliche Kollektorfläche von  $18,48m^2$  bedeutet.

#### 3.3 e

Für die Dimensionierung des Speichers wird als Faustregel angenommen, dass ca. 50 l Speichervolumen je  $m^2$  Kollektorfläche benötigt werden [4, S.122], anhand dieser Annahme ergibt sich ein benötigtes Speichervolumen von 924 Litern.

Passend zum gewählten Kollektor und dem Anforderungsprofil wurde der “Viessmann Vitocell 360-M“-Speicher mit einem Volumen von 950 Litern gewählt.

## 4 Hydraulik

### 4.1 f

Sie betrachten eine konventionelle Betriebsweise mit einem auf die Kollektorfläche bezogenen Durchfluss im Kollektorkreis von  $40 \text{ l}/(\text{m}^2\text{h})$ . Bestimmen Sie ausgehend von einer Strömungsgeschwindigkeit im Solarkreis von  $0,7 \text{ m/s}$  den korrekten Nenn-Durchmesser der Kollektorkreisverrohrung. Berechnen Sie dann die tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit.

### 4.2 g

Den Druckverlust eines Kollektors entnehmen Sie den Herstellerangaben. Berechnen und vergleichen Sie den Druckverlust des Kollektorfeldes bei Parallelschaltung aller Kollektoren oder bei Aufteilung in mehrere parallele Stränge. Sie entscheiden sich für die Parallelschaltung

### 4.3 h

Berechnen Sie nun den Druckverlust der Verrohrung des Solarkreises. Es wird ein neues Kupferrohr eingesetzt. Die einfache Rohrleitungslänge (z. B. Vorlauf) beträgt  $12 \text{ m}$ . Den Druckverlust durch Einzelwiderstände und im Wärmeübertrager dürfen Sie dadurch berücksichtigen, dass Sie den Druckverlust der Verrohrung um  $45 \%$  erhöhen

### 4.4 i

Ermitteln Sie den Gesamtdruckverlust des Kollektorkreises und bestimmen Sie die Gleichung der Anlagenkennlinie. Erstellen Sie eine Grafik der Kennlinie und fügen Sie den Betriebspunkt ein.

## 5 Schwankungsbreite

### 5.1 j

Wiederholen Sie die gesamte Auslegung für die beiden Extremfälle gemäß Aufgaben a) und b)  
A)  $E_{max} = E + \Delta E$  und  $Q_{min} = Q - \Delta Q$  sowie B)  $E_{min} = E - \Delta E$  und  $Q_{max} = Q + \Delta Q$  und dokumentieren Sie die wesentlichen anlagentechnischen Unterschiede. Geben Sie eine begründete Empfehlung für eine der Systemkonfigurationen an.

### 5.2 k

(hierfür gibt es Bonuspunkte) Recherchieren Sie und wählen Sie eine geeignete Pumpe für den Kollektorkreis aus, die Ihrer gewählten Systemkonfiguration gerecht wird

## Literatur

- [1] Volker Quaschnig. *Regenerative Energiesysteme*. HANSER Verlag, 2019.
- [2] Joint Research Centre Energy Efficiency European Commission and Renewables Unit. Jrc photovoltaic geographical information system. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/).
- [3] eurostat. Disaggregated final energy consumption in households - quantities. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser//product/view/NRG\\_D\\_HHQ](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser//product/view/NRG_D_HHQ), May 2023.
- [4] Friedrich Sick. Modul rest: Biomasse und thermische systeme. [https://moodle.htw-berlin.de/pluginfile.php/1709252/mod\\_resource/content/2/REST\\_Thermische%20Systeme\\_Sick\\_SoSe23.pdf](https://moodle.htw-berlin.de/pluginfile.php/1709252/mod_resource/content/2/REST_Thermische%20Systeme_Sick_SoSe23.pdf).