

## Aufgabe 5: PV-Rechner

### Einleitung

In diesem Praktikum sollen Sie einen einfachen PV-Rechner programmieren, welcher abhängig vom Ort und der dortigen Globalstrahlung sowie der Neigung und Peak-Leistung der PV-Anlage die monatlichen und jährlichen Energieerträge berechnet.

Im Internet finden Sie viele ähnliche Beispiele, welche auch viele weitere Faktoren wie Wirtschaftlichkeit, Autarkiegrad oder Eigenverbrauch betrachten<sup>1</sup>.

Haben Sie schon einmal ähnliche Berechnung durchgeführt? Im Fach „Einführung in die regenerativen Energien“ (EE) sollten Sie dies bereits getan haben (vgl. Aufgabe 2-2 bis 2-4).

**Aufgabe 1:** Schreiben Sie ein Programm, welches die Aufgabe 2-2 und 2-3 aus EE löst  
Folgende Aufgaben sollten Sie so oder in ähnlicher Form in EE bearbeitet haben:

### **Aufgabe 2-2: Globalstrahlung auf horizontale Flächen**

Nachstehende Tabelle gibt monatsweise die mittlere tägliche Globalstrahlung auf horizontale Flächen in Hamburg an (langjährige Mittelwerte).

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
[kWh/(m <sup>2</sup> ·d)]	0,52	1,13	2,23	3,55	4,67	5,44	4,82	4,34	2,79	1,49	0,67	0,40

### Teilaufgaben:

1. Berechnen Sie monatsweise die mittlere monatliche Globalstrahlung auf horizontale Flächen in Hamburg.
2. Wie groß ist die mittlere jährliche Globalstrahlung auf horizontale Flächen in Hamburg?

### **Aufgabe 2-3: Globalstrahlung auf geneigte Flächen**

Nachstehende Tabelle gibt Neigungskorrekturfaktoren für Deutschland für die Abweichung von der Horizontalen an.

Ausrichtung, Neigungswinkel	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Süd, 30°	1,44	1,40	1,17	1,08	1,00	0,96	0,97	1,03	1,17	1,30	1,47	1,42
Süd, 45°	1,57	1,50	1,19	1,05	0,94	0,90	0,91	1,00	1,18	1,37	1,61	1,55
Süd, 60°	1,63	1,54	1,15	0,98	0,85	0,81	0,83	0,92	1,14	1,38	1,68	1,61

### Teilaufgaben:

1. Berechnen Sie unter Zugrundelegung der Daten und Ergebnisse aus Aufgabe 2-2 monatsweise die mittlere monatliche Globalstrahlung in Hamburg auf eine nach Süden ausgerichtete Fläche bei einem Neigungswinkel von 30° bzw. 60°.
2. Wie groß ist dann jeweils die mittlere jährliche Globalstrahlung?

Lösen Sie die Aufgaben mithilfe eines Programms in C. Nutzen Sie hierfür sowohl Arrays (auch mehrdimensionale Arrays) und lagern Sie Teilaufgaben in Funktionen aus. Geben Sie die Ergebnisse der einzelnen Teilaufgaben auf der Konsole aus!

<sup>1</sup> Zum Beispiel PVGIS ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/de/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/de/)) oder Rechner der HTW Berlin (<https://solar.htw-berlin.de/rechner/>)

Aufgabe 2: Erweitern Sie das Programm, um zusätzliche Orte.

Die Globalstrahlung ist abhängig vom Ort. Ergänzen Sie ihr Programm, um weitere Orte und Werte aus der folgenden Tabelle<sup>2</sup> (vergessen Sie nicht die Werte für Hamburg aus Schritt 1!):

**Tabelle 2.6** Langjährige Mittel (1998-2010) der monatlichen Globalbestrahlung in kWh/m<sup>2</sup> [JRC10]

kWh/m <sup>2</sup>	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Berlin	19	33	75	128	160	166	158	134	94	51	26	15	1059
Kassel	20	34	77	123	150	162	154	132	90	52	25	16	1037
Stuttgart	29	45	85	130	153	174	164	140	99	62	36	24	1139
Freiburg	29	45	84	129	153	172	166	141	104	63	38	24	1150

Abbildung 1 Monatliche Globalstrahlung für ausgewählte Orte in Deutschland (Quelle: V. Quaschning REGENERATIVE ENERGIESYSTEME, Hanser, 2021)

Aufgabe 3: Preprozessor Makros

Das Programm soll in Aufgabe 4 um eine Benutzereingabe erweitert werden. Damit Sie sowohl Aufgabe 1 als auch Aufgabe 4 in einem Programmcode lösen können, sollen bestimmte Codeabschnitte nur bedingt kompiliert werden. Nutzen Sie Preprozessorkommandos, um entweder den Code für Aufgabe 1 oder den Code für Aufgabe 4 in Ihrem Programm zu nutzen. Beispielsweise kann die Lösung für Aufgabe 1 ausgegeben werden, wenn folgendes Makro definiert ist (ansonsten wird Aufgabe 4 ausgeführt):

```
#define AUFGABE_1 // Code für Aufgabe 1 kompilieren
```

Aufgabe 4: Benutzereingabe, Berechnung & Ausgabe

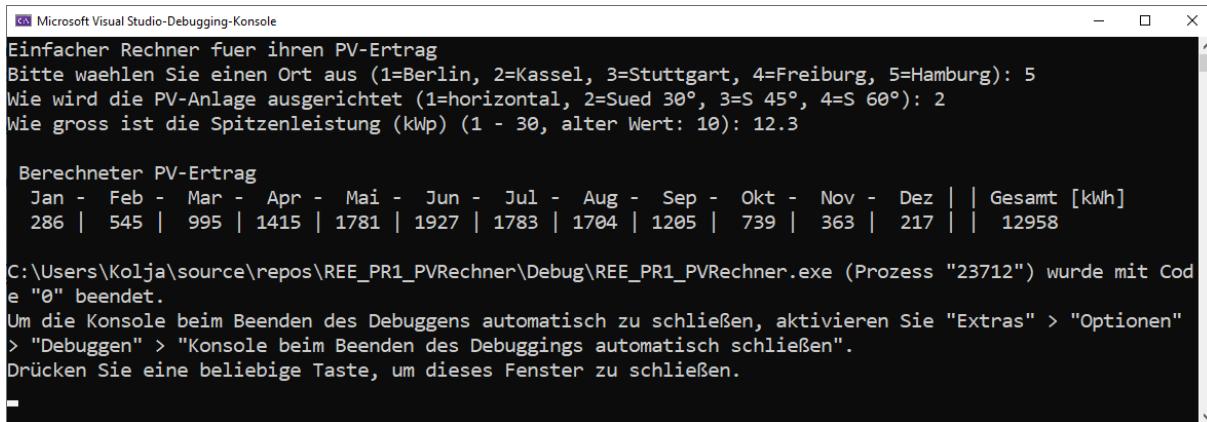
Ergänzen Sie Ihr Programm, so dass sowohl der Energieertrag der PV-Anlage über das gesamte Jahr als auch pro Monat berechnet und ausgegeben wird. Hierbei soll ein User alle notwendigen Eingaben (Ort, Ausrichtung (horizontal, 30°, 45°, 60°)), Peak-Leistung der Anlage) über eine Benutzerschnittstelle tätigen können.

Für die Berechnung können Sie näherungsweise folgende Vereinfachungen vornehmen:

- Neigungskorrekturfaktoren sind für alle Orte gleich und wie in Aufgabe 2-3 aus EE gegeben
- Der Einfluss der Zellbetriebstemperatur wird nicht berücksichtigt.

Geben Sie die Ergebnisse in der Benutzerschnittstelle aus. Eine Ausgabe könnte beispielhaft wie folgt aussehen:

<sup>2</sup> Aufsummierte Werte können Rundungsfehler enthalten und von den Jahreswerten abweichen.



The screenshot shows the Microsoft Visual Studio Debugging Console window. The output text is as follows:

```
Microsoft Visual Studio-Debugging-Konsole
Einfacher Rechner fuer ihren PV-Ertrag
Bitte waehlen Sie einen Ort aus (1=Berlin, 2=Kassel, 3=Stuttgart, 4=Freiburg, 5=Hamburg): 5
Wie wird die PV-Anlage ausgerichtet (1=horizontal, 2=Sued 30°, 3=S 45°, 4=S 60°): 2
Wie gross ist die Spitzenleistung (kWp) (1 - 30, alter Wert: 10): 12.3

Berechneter PV-Ertrag
Jan - Feb - Mar - Apr - Mai - Jun - Jul - Aug - Sep - Okt - Nov - Dez | | Gesamt [kWh]
286 | 545 | 995 | 1415 | 1781 | 1927 | 1783 | 1704 | 1205 | 739 | 363 | 217 | | 12958

C:\Users\Kolja\source\repos\REE_PR1_PVRechner\Debug\REE_PR1_PVRechner.exe (Prozess "23712") wurde mit Code "0" beendet.
Um die Konsole beim Beenden des Debuggens automatisch zu schließen, aktivieren Sie "Extras" > "Optionen" > "Debuggen" > "Konsole beim Beenden des Debuggens automatisch schließen".
Drücken Sie eine beliebige Taste, um dieses Fenster zu schließen.
```

### Aufgabe 5: Ergebnisse in Textdatei schreiben

Schreiben Sie die Angaben zur PV-Anlage und alle berechneten PV-Erträge zusätzlich in eine Textdatei.

Tipp: Mit der Funktion `fprintf()` kann man formatierten Text in eine Datei schreiben. Die Funktion ist sehr ähnlich zu `printf()` nur mit dem Unterschied, dass die Ausgabe in die Datei geschrieben wird und nicht in die Standard-Ausgabe.

### Aufgabe 6 (optional): Neue Features

Ergänzen Sie ihr Programm um ein weiteres Feature ihrer Wahl (z.B. eine Berechnung zu Kosten oder Autarkiegrad). PV-Rechner im Internet können gerne als Inspirationsquelle genutzt werden.

**Abnahme**

Diesmal müssen die Testfälle für die Abnahme selbstständig erarbeitet werden. Überlegen sie sich min. 10 Bedingungen, welche sie in der untenstehenden Tabelle dokumentieren. Prüfen sie ihre Bedingungen bei einem anderen Team und lassen sich auch von einem anderen Team abprüfen.

**Geprüft durch:** \_\_\_\_\_

Bedingung	Erfüllt? [ja/nein]	Kommentar
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		