

1 Sinn des Programms

Dieses Programm zeigt auf, daß man die sehr hohe Oberflächentemperatur der Venus ohne einen Treibhauseffekt erklären kann. Der Massengehalt der Venusatmosphäre ist viel größer als der der Erdatmosphäre, daher ist auch der Druck auf die Oberfläche viel größer (die Massen und die Durchmesser von Venus und Erde sind ähnlich, damit ist auch die Schwerkraft ähnlich groß). Ein Venusluftpaket, welches von der Hochatmosphäre zum Boden konvektiert wird, erfährt eine viel größere Kompression als ein Luftpaket in der Erdatmosphäre und damit auch eine eine viel größere Erwärmung.

2 Anwendung des Programms

Um die hier gegebene Programm laufen zu lassen, sollten Sie wie folgt vorgehen:

1. Zuerst erstellen Sie ein Verzeichnis, in dem Sie das Programm `venus_temperatur` laufen lassen wollen.
2. Dann öffnen Sie ein Terminalfenster in diesem Verzeichnis (rechter Mausklick im Fenster des Verzeichnisses, dann **Terminal hier öffnen** klicken).
3. In diesem Verzeichnis benötigen Sie die Quellcode-Dateien, die python3-Dateien `"venus_temperatur_haupt.py"`, `"steuer.py"`, `"einlese.py"`, `"rechner.py"` und `"ausgabe.py"` sowie die Eingabedatei `"co_2_cp_elsner.dat"` und die Steuerdatei `"steuer_default.txt"`.
 - Am einfachsten ist es, das Archiv `"venus_temperatur.tar.gz"` herunterzuladen und im Zielverzeichnis zu entpacken, z.B. mit dem Terminalbefehl **`tar -xzf venus_temperatur.tar.gz`** (mit `↵` bestätigen) oder einem Entpackprogramm wie Archivverwaltung dieses wird mit einem Mausklick auf den Archivordner aktiviert. Das Archiv enthält die beiden Quelldateien und die Dokumentation des Programms als `*.pdf`.
 - Sie können aber auch jede Datei einzeln herunterladen. Dann müssen Sie jeweils das `txt` des Dateiendes - also `txt` im Dateinamen hinter `.py` löschen. Sie müssen die Dateinamen von `"venus_temperatur_haupt.pytxt"` in `"venus_temperatur_haupt.py"`, `"steuer.pytxt"` in `"steuer.py"`, `"einlese.pytxt"` in `"einlese.py"`, `"rechner.pytxt"` in `"rechner.py"` und `"ausgabe.pytxt"` in `"ausgabe.py"` ändern. Leider war es nicht möglich, die funktionierenden Dateiendungen beizubehalten, da der Server eine Fehlermeldung beim Anklicken ausgibt. Im Archiv `"addition.tar.gz"` sind alle Dateiendungen richtig, das Programm ist sofort nach dem Entpacken lauffähig.

4. Führen Sie einen Virensan über dieses Verzeichnis durch. Z.B. ich benutze clamscan mit dem Befehl **clamscan -r -i**. Sie können natürlich einen anderen Virens Scanner benutzen.
5. Starten des Programms: Geben Sie den Terminalbefehl **python3 venus_temperatur_haupt.py** ein und bestätigen Sie mit ↵. Es erscheinen die Steuerdaten.
6. Nach einem Klick auf den "weiter"-Button berechnet das Programm den Temperaturverlauf in der Venusatmosphäre gegen den Druck, der der Höhe entspricht. Die Ergebnisse werden auf dem Bildschirm angezeigt und in die Ausgabedatei geschrieben, zwei Graphiken - eine für die Temperaturangabe in Kelvin, eine andere in °Celsius - werden erstellt und gespeichert.
7. Durch das Drücken des "Ende"-Buttons verschwindet das Eingabefeld und das Diagnosefeld erscheint:
8. Das Programm wird durch das Drücken des "Ende"-Buttons beendet.
9. Außerdem wird eine .log-Datei "venus_temperatur.log" erstellt, in die die Start- und Endzeit sowie die Rechendauer hineingeschrieben wird. In diese Datei wird auch geschrieben, ob die Rechnung richtig lief oder Fehler aufgetreten sind.

3 Physikalischer Hintergrund

Das Programm betrachtet ein Venusluftpaket, welches vom Druckniveau (entspricht der Höhe) der Strahlungsaufnahme auf das Druckniveau des Venusbodens adiabat (d.h. ohne Wärmezufuhr) komprimiert wird. Ebenso wie ein Fahrradreifen, der beim Aufpumpen warm wird, erfährt das Venusluftpaket eine Temperaturzunahme. Hierzu wird zunächst die Formel für die isentrope Kompression von idealen Gasen verwendet, wir müssen überprüfen, in wie weit diese Annahme für die Bedingungen in der Venusatmosphäre korrekt ist:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

Der Isentropenexponent κ wird aus dem Verhältnis der beiden spezifischen Wärmekapazitäten berechnet:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

und für diese gilt der Zusammenhang:

$$c_p = c_v + R$$

Hier stößt man auf eine Schwierigkeit: die Wärmekapazitäten und somit auch der Isentropenexponent sind nicht konstant für Kohlendioxid mit der Temperatur und dem Druck in dem betreffenden Temperaturbereich in der Venusatmosphäre. Wir verwenden zunächst die Werte der spez. Wärmekapazität bei konstantem Druck in Abhängigkeit von der Temperatur aus dem sehr empfehlenswerten Buch "Grundlagen der Technischen Thermodynamik" von Norbert Elsner und Achim Dittmann, Band 1, S.186.

4 Mathematischer Hintergrund

Da in der Tabelle die spezifischen Wärmekapazitäten c_p nur für einige Temperaturen aufgeführt sind, müssen die Zwischenwerte berechnet werden. Der für die Rechnung relevante Druckbereich wird in gleich große Intervalle unterteilt (default: 500), die Wärmekapazitäten für jeden Druckwert werden interpoliert:

$$c_{p_{\text{interpoliert}}} = c_{p_{\text{klein}}} \cdot \frac{T_{\text{einlese,groß}} - T}{T_{\text{einlese,groß}} - T_{\text{einlese,klein}}} + c_{p_{\text{groß}}} \cdot \frac{T - T_{\text{einlese,klein}}}{T_{\text{einlese,groß}} - T_{\text{einlese,klein}}}$$

Im Programm passiert das in den Zeilen 69 - 73 in der Datei "rechner.py":

```
def interpolation(self, T, T_groß, T_klein, cp_groß, cp_klein):
    cp_interpoliert = cp_klein*(T_groß-T)/(T_groß-T_klein) + ...
    ... + cp_groß*(T-T_klein)/(T_groß-T_klein)
    return cp_interpoliert
```

Mit der errechneten Wärmekapazität werden danach die anderen neuen Größen wie:

$$c_v = c_p - R$$

und

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

für den nächsten Druckschritt berechnet.

5 Ergebnis des Programms

Das Programm gibt graphisch und als Tabelle den Temperaturverlauf gegen den Druck aus. Die hohen Temperaturen der Venusoberfläche werden allein durch die isentrope Kompression erreicht. Das Programm errechnet für den Druck von 92 bar an der Venusoberfläche eine Temperatur von 739 K bzw. 466,6°Celsius.

6 Fehlerbetrachtung

Diese Rechnung ist vereinfacht, da - wie oben beschrieben - eine Formel für die isentrope Kompression eines idealen Gases benutzt wird. Im weiteren wird untersucht, ob das sinnvoll ist.