

Die Tabelle auf der nächsten Seite enthält die Angaben für die Sonnenauf- und -untergänge aus einem Taschenkalender für das Jahr 1996.

(Die Excel-Tabelle mit den Auf- und Untergangszeiten incl. Lösungen finden Sie im Netz unter dem Namen **JahreslaufderSonnenL.xls**.)

1. Werten Sie diese Angaben aus!

- (a) Stellen Sie die Veränderungen der Auf- und Untergangszeiten der Sonne grafisch dar.

Lösung

Um mit den angegebenen Uhrzeiten rechnen zu können, müssen sie aus dem Format „hh:mm“ in Stunden mit Dezimalen umgerechnet werden. Dazu müssen die Nachkommastellen durch 0.6 geteilt werden.


In der Excel-Tabelle ist das nicht erforderlich, weil die Zellen mit den Uhrzeiten das benutzerdefinierte Format „hh:mm“ haben. Excel-intern ist der Inhalt solcher Zellen als Bruchteil von 24 Stunden gespeichert. Die entsprechenden Zellen müssen also nur mit 24 multipliziert und als Fließkommazahlen formatiert werden (Spalten B und C auf dem Tabellenblatt „Lösungen“).

../Bilder/AufundUntergang.eps

- (b) Berechnen Sie aus den Aus- und Untergangszeiten die Zeit, die sich die Sonne über dem Horizont befindet („Sonnenscheindauer“) und stellen Sie sie grafisch dar.

Lösung

Da Sie die Uhrzeiten im Rahmen der vorangehenden Aufgabe bereits in Stunden mit Dezimalen umgerechnet haben, ist hier nur die Bildung einer Differenz erforderlich (Spalte D in „Lösung“)




../Bilder/Tageslaenge.eps

- (c) Berechnen Sie aus den Auf- und Untergangszeiten den Mittagszeitpunkt und stellen Sie ihn grafisch dar.

Lösung

Da der Sonnenlauf über den Himmel völlig gleichförmig ist, dauert der „Aufstieg“ der Sonne genau so lange wie ihr „Abstieg“. Der Mittagszeitpunkt, der Zeitpunkt der Größten Höhe der Sonne, ist deshalb das arithmetische Mittel aus Auf- und Untergangszeit (Spalte E in „Lösung“).



../Bilder/Mittagszeit.eps

- (d) Berechnen Sie aus den Mittagszeitpunkten die jeweils über 7 Tage gemittelte Abweichung der Länge des Sonnentages von 24 Stunden. Stellen Sie diese Abweichung grafisch dar.

Lösung

Die gemittelte Länge des Sonnentages zwischen den beiden Mittagszeitpunkten t_1 und t_2 ergibt sich aus

$$l = \frac{t_2 - t_1}{7}$$

../Bilder/Abweichung.eps

Zur Erleichterung der Auswertung finden Sie im Netz die Excel-Tabelle JahreslaufderSonne.xls.

2. Versuchen Sie, Ihre Ergebnisse zu interpretieren!

- (a) Woran liegt es, dass sich die Sonnenscheindauer im Laufe eines Jahres so stark ändert?

Lösung

Der Abstand der Sonnenposition vom Himmelsäquator (die Deklination δ_S der Sonne ändert sich im Laufe des Jahres. Wenn die Deklination groß ist (im Sommer), sind die Tage lang, wie sie klein ist (im Winter), kurz.

Die Änderung der Deklination der Sonne ist Folge der Neigung der Erdachse.

- (b) Versuchen Sie eine Begründung für die ungleichmäßig sich ändernde Länge des Sonnentages. Berücksichtigen Sie dabei
- die Neigung der Erdachse gegen die Bahnebene der Erde (bzw. den Winkel zwischen der jährlichen Sonnenbahn über den Sternenhimmel (der Ekliptik) und dem Himmelsäquator und
 - den ungleichförmigen Umlauf der Erde um die Sonne (bzw. die unterschiedlichen (Winkel-) Geschwindigkeiten der Sonne auf ihrer Bahn über den Sternenhimmel.

3. Werten Sie die Daten *quantitativ* aus.

- (a) Auf welcher geografischen Länge liegt der Ort, für den die Kalenderangaben berechnet wurden?
- (b) Wie groß ist die geografische Breite dieses Ortes. Für die Beantwortung dieser Frage benötigen Sie die maximale Deklination der Sonne (**23.5°**).

Tipp: Der Zusammenhang zwischen der „Sonnenscheindauer“ (der Länge τ des Tagbogens der Sonne), der Deklination δ_S der Sonne und der geografischen Breite φ lautet:

$$\cos \frac{\tau}{2} = -\tan \varphi \tan \delta_S$$

Daraus ergibt sich τ zunächst als Winkel, der noch in Stunden umgerechnet werden muss.

- (c) Nachdem Sie die geografische Breite des Ortes bestimmt haben, können Sie die Deklination der Sonne mithilfe derselben Beziehung für jede Woche des Jahres berechnen.
- (d) Konstruieren nun Sie nun zum Schluss aus den Daten ein so genanntes **Analemma**, indem Sie die Deklination der Sonne (oder ihre Mittagshöhe) als Funktion der Mittagsuhrzeit (oder ihrer Abweichung vom Mittelwert) grafisch darstellen.

../Bilder/Analemma.eps

lfNr	Datum	SA (MEZ)	SU (MEZ)	Tageslänge in h.min	Mittagszeit (MEZ)
1	1. 1.1996	8.27	16.24	7.57	12.26
2	8. 1.1996	8.25	16.32	8.07	12.29
3	15. 1.1996	8.21	16.42	8.21	12.32
4	22. 1.1996	8.14	16.53	8.39	12.34
5	29. 1.1996	8.05	17.05	8.60	12.35
6	5. 2.1996	7.55	17.18	9.23	12.37
7	12. 2.1996	7.43	17.31	9.48	12.37
8	19. 2.1996	7.29	17.43	10.14	12.36
9	26. 2.1996	7.15	17.56	10.41	12.36
10	4. 3.1996	7.00	18.08	11.08	12.34
11	11. 3.1996	6.45	18.20	11.35	12.33
12	18. 3.1996	6.29	18.32	12.03	12.31
13	25. 3.1996	6.13	18.44	12.31	12.29
14	1. 4.1996	5.57	18.55	12.58	12.26
15	8. 4.1996	5.42	19.07	13.25	12.25
16	15. 4.1996	5.26	19.19	13.53	12.23
17	22. 4.1996	5.12	19.30	14.18	12.21
18	29. 4.1996	4.58	19.42	14.44	12.20
19	6. 5.1996	4.45	19.53	15.08	12.19
20	13. 5.1996	4.34	20.04	15.30	12.19
21	20. 5.1996	4.24	20.14	15.50	12.19
22	27. 5.1996	4.16	20.23	16.07	12.20
23	3. 6.1996	4.10	20.31	16.21	12.21
24	10. 6.1996	4.06	20.37	16.31	12.22
25	17. 6.1996	4.05	20.41	16.36	12.23
26	24. 6.1996	4.06	20.42	16.36	12.24
27	1. 7.1996	4.10	20.41	16.31	12.26
28	8. 7.1996	4.16	20.38	16.22	12.27
29	15. 7.1996	4.23	20.32	16.09	12.28
30	22. 7.1996	4.32	20.24	15.52	12.28
31	29. 7.1996	4.42	20.14	15.32	12.28
32	5. 8.1996	4.53	20.02	15.09	12.28
33	12. 8.1996	5.03	19.49	14.46	12.26
34	19. 8.1996	5.15	19.35	14.20	12.25
35	26. 8.1996	5.26	19.21	13.55	12.24
36	2. 9.1996	5.37	19.05	13.28	12.21
37	9. 9.1996	5.48	18.50	13.02	12.19
38	16. 9.1996	5.59	18.34	12.35	12.17
39	23. 9.1996	6.10	18.18	12.08	12.14
40	30. 9.1996	6.21	18.02	11.41	12.12
41	7.10.1996	6.33	17.46	11.13	12.10
42	14.10.1996	6.44	17.31	10.47	12.08
43	21.10.1996	6.56	17.16	10.20	12.06
44	28.10.1996	7.08	17.02	9.54	12.05
45	4.11.1996	7.21	16.50	9.29	12.06
46	11.11.1996	7.33	16.39	9.06	12.06
47	18.11.1996	7.45	16.29	8.44	12.07
48	25.11.1996	7.56	16.22	8.26	12.09
49	2.12.1996	8.06	16.17	8.11	12.12
50	9.12.1996	8.15	16.14	7.59	12.15
51	16.12.1996	8.21	16.14	7.53	12.18
52	23.12.1996	8.25	16.17	7.52	12.21
53	30.12.1996	8.27	16.23	7.56	12.25



Abbildung 1: Sonnenauf- und -untergangszeiten

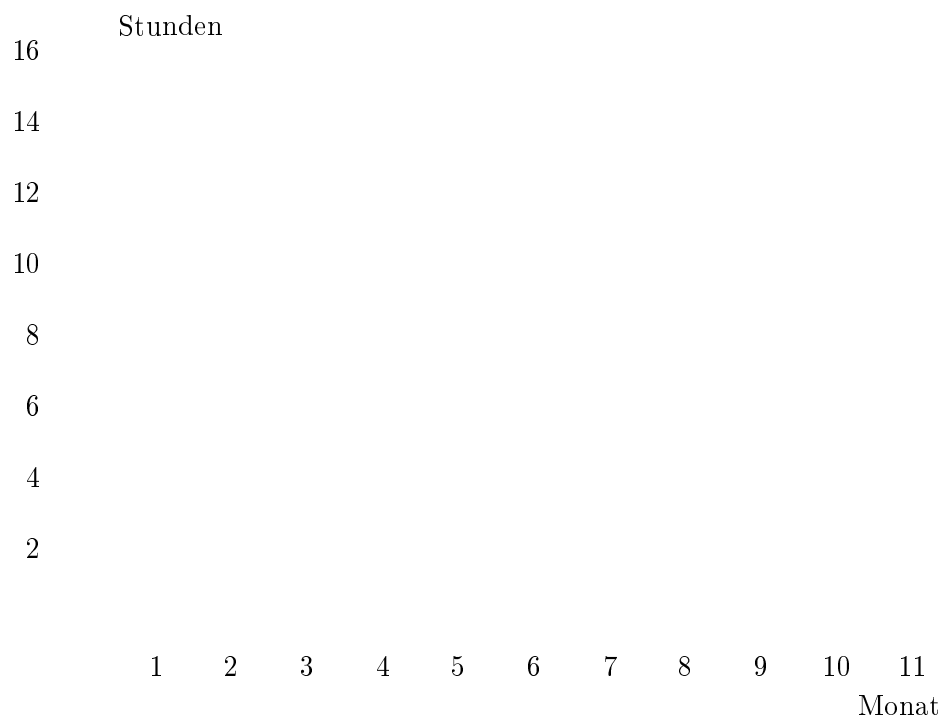


Abbildung 2: Zeitdauer von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang

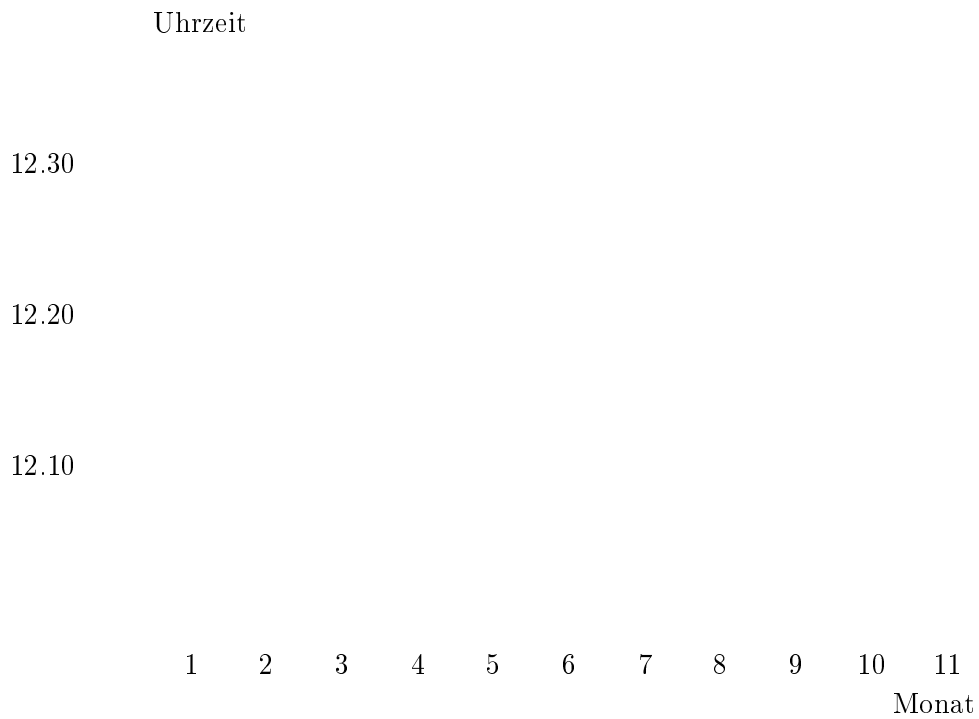


Abbildung 3: Uhrzeit des wahren Mittags

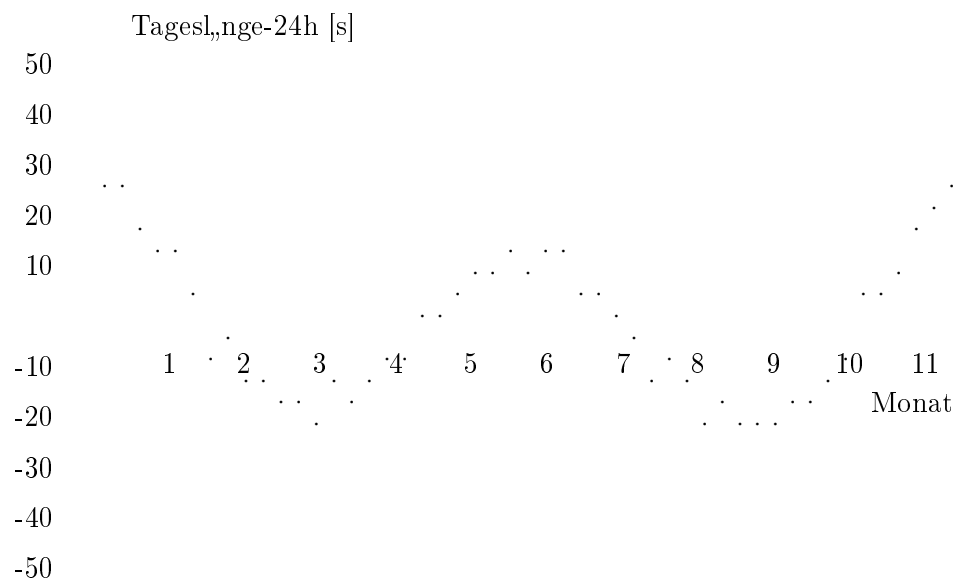


Abbildung 4: Tageslänge (von Mittag zu Mittag)

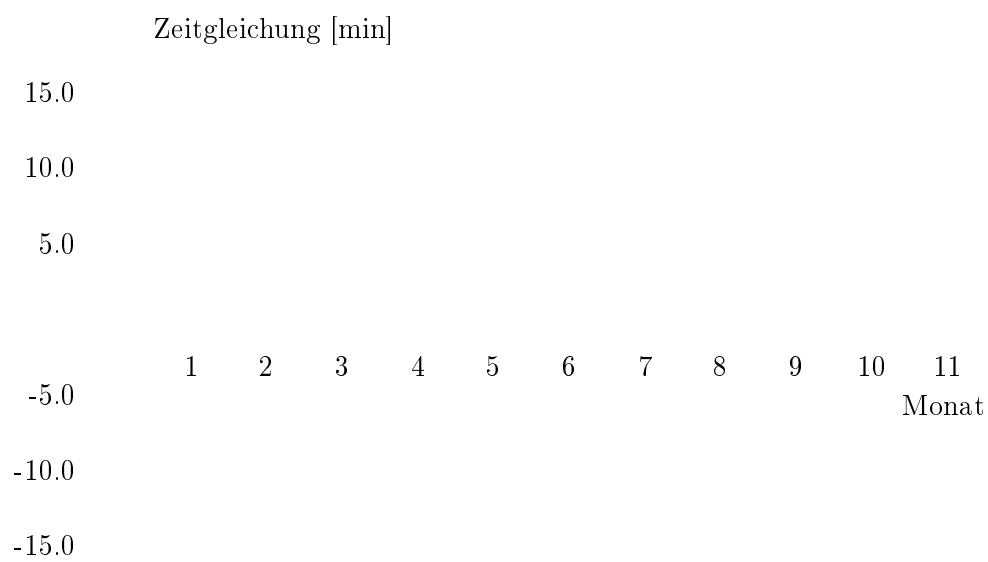


Abbildung 5: Zeitgleichung