	GdHM - Wetterschule		
	- Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche		
Lektion	12	Die Sonne	1 (6)

Die Sonne

Kurzbeschreibung

Nach einem Überblick über die wichtigsten Eigenschaften der Sonne werden die verschiedenen Strahlungsarten und ihre Bedeutung angesprochen. Ein größerer Teil der Lektion befaßt sich mit Himmelsmechanik und erläutert das Zustandekommen der Jahreszeiten und der Sonnenbahn an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Jahreszeiten. Die Dämmerungsphasen werden beschrieben und es wird ein Einblick in die Berechnung der Ortszeit gegeben.

Autor:	Uwe Bergholter
Erstellungsdatum:	13.03.2005



GdHM - Wetterschule
- Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche

Lektion	12	Die Sonne	2 (6)
---------	----	-----------	-------

Der Stern, der unser Leben ermöglicht, die Sonne, ist einige 100 Millionen Jahre alt. Sie ist ein Fixstern und Mittelpunkt unseres Sonnensystems. Sie ist riesengroß. Ihr Durchmesser beträgt 1.4 Mio km und ist damit rund 109 mal so groß wie der Erddurchmesser. Das Volumen der Sonne ist 1.3 Millionen mal so groß wie das der Erde (wirklich!). Die Masse der Sonne und damit auch die Schwerebeschleunigung an ihrer Oberfläche ist so groß, daß ein Mensch – wenn er es auch nur einen Augenblick dort aushielte – unter der Last seines eigenen Körpers geradezu vergehen würde: Er wäre 28 mal so schwer wie hier auf der Erde. Und dabei besteht die Sonne aus Gas! Allerdings ist dieses Gas im Inneren der Sonne unter seinem eigenen Gewicht extrem komprimiert und erhitzt. Im Zentrum herrschen Temperaturen von 15 Mio Grad, und das bei einem Druck von ca. 200 000 Millionen Atmosphären. Die Dichte der Materie liegt dort zwischen 85 und 135 Gramm pro Kubikzentimeter – bekannte Elemente auf der Erde kommen da nicht heran: Blei 11.3, Uran 18.7 und Gold 19.3 g/cm³! Bei diesen Drücken und Temperaturen geht es anders zu als in Kraftwerken, die wir kennen. Hier wird mit Kernreaktionen Energie unvorstellbaren Ausmaßes erzeugt, die zur Sonnenoberfläche gelangt und von dort in den Weltraum abgestrahlt wird. Schon der winzige Anteil davon, den die Erde in knapp 150 Mio km Entfernung erhält, reicht für uns zum Leben. Die Gesamtenergie, die von der Sonne ausgeht, findet man in der Literatur mit 3.7×10^{23} kW angegeben. Mir fällt nichts ein, womit man diese Zahl veranschaulichen könnte. Eine 37 mit 22 angehängten Nullen bringt es irgendwie auch nicht...

Die Erde erhält am Außenrand der Atmosphäre einen mittleren Strahlungsstrom von 1.36 kW pro m². Dies ist die sogenannte Solarkonstante. Mittlerer Strahlungsstrom bedeutet, daß sich der Wert auf einen mittleren Abstand von Sonne und Erde bezieht (weiteres dazu siehe unten). Es ist auch heute noch sehr schwierig, den Wert der Solarkonstante ganz genau zu bestimmen. Selbst mit der modernsten Technik und den besten Methoden bleiben immer noch Zweifel, ob kleine und kleinste Änderungen nicht doch von den Meßgeräten kommen. Vor allem, wenn es sich um ältere, vielleicht Jahrzehnte alte Messungen handelt, ist man sich schon über die zweite Nachkommastelle nicht ganz sicher. Worum geht es? Natürlich muß man die absolute Stärke der Strahlung so hinnehmen, wie sie ist. Aber wenn man wissen möchte, ob sich die Sonne verändert, ob sich der Antrieb für unser Wetter und unsere Lebensbedingungen verändern, dann muß man völlig sicher sein, daß die Meßmethode über ganz lange Zeit bei derselben Strahlung immer dasselbe Ergebnis liefert. Schwankungen von kleinen Teilbereichen der Strahlung können dagegen viel besser erfaßt werden, z.B. bei der Ultraviolett- und Radiostrahlung.

Was in der Atmosphäre und auf der Erde mit der Sonnenstrahlung passiert, werde ich in der nächsten Lektion ausführlicher behandeln, wir bleiben für diesmal noch etwas ‚außerhalb‘.

Die Sonne sendet ein weit gespanntes Strahlungsspektrum aus. Es reicht von Röntgen- und Gammastrahlung über die Ultraviolettstrahlung, das sichtbare Licht und die Wärmestrahlung bis zu Radiowellen. Einige dieser Strahlenarten erreichen durch die Atmosphäre hindurch die Erdoberfläche, andere werden zu unserem Glück ganz oder teilweise herausgefiltert. Dazu gehören Gamma-, Röntgen- und UV-Strahlung. Bestimmte Ereignisse auf der Sonne können zu verstärkter Ausstrahlung



von Röntgen- oder Teilchenstrahlung führen. Sie sind auf der Erde feststellbar und verursachen zum Beispiel Polarlichter oder Störungen des Funkverkehrs. Für Raumfahrer sind sie sehr gefährlich.

Für unser Leben und Wetter spielt vor allem der Bereich um das sichtbare Licht herum eine Rolle. In ihm liegt der weitaus größte Teil der Energie. Gibt man die zugehörigen Wellenlängen an, so erstreckt sich der Bereich von etwa 0.3 bis 3 μm . In der folgenden Tabelle sind die Wellenlängen in μm und ihre Zuordnung zu den Farben bzw. Strahlenarten angegeben (1 μm = 1/1000 mm).

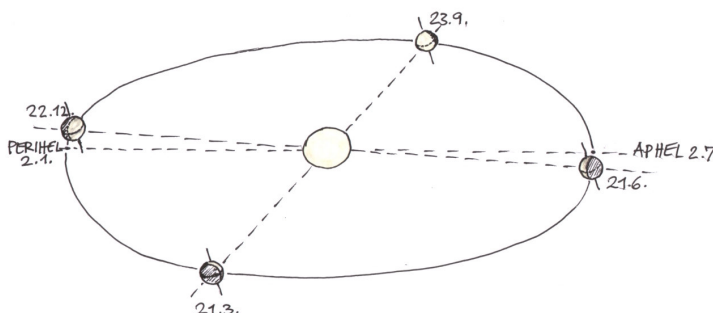
<	0.300	0.390	0.455	0.492	0.577	0.597	0.622	0.770	3
UV-Str.	Nahes UV	Violett	Blau	Grün	Gelb	Orange	Rot	Infrarot	

Im Infrarot-Bereich liegen immerhin annähernd 50% der Energie. Dieser Infrarot-Bereich der Sonnenstrahlung wird auch als das kurzwellige Infrarot bezeichnet, um es von der irdischen Wärmestrahlung zu differenzieren. Im kurzwelligen Infrarotlicht der Sonne lassen sich mit geeigneten Filtern und Filmen interessante Wolken- und Landschaftsaufnahmen machen, sogar mit manchen Digitalkameras ist das möglich.

Energie stand bisher im Vordergrund. Daß Energie aber nicht alles ist, kann man an der UV-Strahlung sehen. Obwohl deren Anteil am Erdboden dank der Ozonschicht sehr gering ist, müssen wir sehr auf sie achten wegen der großen biologischen Wirksamkeit. UV-Strahlung verursacht den Sonnenbrand und wird für bestimmte, immer mehr zunehmende Hautkrebsarten verantwortlich gemacht.

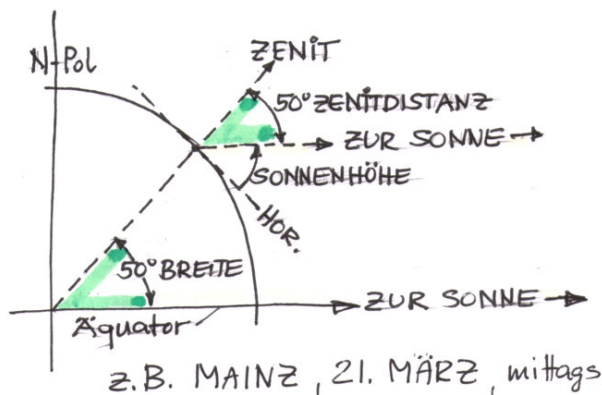
Jetzt soll ein kleiner Ausflug in die Himmelsmechanik folgen, auf dem die für das Wetter wesentlichen Erscheinungen angesprochen werden. Die Bahn um die Sonne, welche die Erde in einem Jahr durchläuft, liegt auf einer Ebene, die Ekliptik genannt wird. Die Erdbahn ist nicht ganz kreisförmig, sondern etwas elliptisch. Dadurch verändern sich ihre Bahngeschwindigkeit und der Abstand zur Sonne im Jahreslauf ein wenig, aber, wie wir noch sehen werden, für jeden bemerkbar. Der Abstand zur Sonne ist am geringsten, wenn auf der Nordhalbkugel Winter ist, das Minimum liegt am 2. Januar. Den zugehörigen Ort auf der Bahn nennt man Perihel, während der Ort mit der größten Sonnenferne Aphel heißt. Die Entfernungsunterschiede bewirken, daß die der Erde zugestrahlte Energie um etwa $\pm 2\%$ schwankt. Im Nordwinter erhält sie also (zum Glück für uns) etwas mehr, im Nordsommer etwas weniger Energie.

Auf der Südhalbkugel ist es logischerweise umgekehrt.



Wenn die Erdachse zur Bahnebene (Ekliptik) senkrecht stände, gäbe es die Jahreszeiten nicht, wenn man von den eben erwähnten $\pm 2\%$ absieht. Jeden Tag würde über einem Ort die Sonne den

selben Tagbogen schlagen, an den Polen würde sie am Horizont entlang ziehen, am Äquator senkrecht aufsteigen und untergehen. Nun ist aber die Erdachse um ziemlich genau $23\frac{1}{2}$ Grad gegen die Ekliptik geneigt, und sie behält wie bei einem Kreisel ihre Lage im Raum während der Sonnenumrundung bei. Im Winter zeigt nun der Nordpol von der Sonne weg, im Sommer zu ihr hin. Im Frühjahr und im Herbst treffen die Sonnenstrahlen sozusagen ‚von der Seite‘ auf die Erde und erreichen jeweils nur an einem bestimmten Tag beide Pole. Die betreffenden Orte auf der Erdbahn heißen Frühlingspunkt (21.3.) und Herbstpunkt (23.9.). Man kann sich anhand der Abbildung oben überlegen, daß am 21.3. und 23.9. – und nur dann – Tag und Nacht



überall auf der Erde gleich lang sind, und daß die Sonne genau im Osten auf- und im Westen untergeht. Man spricht deshalb auch von diesen Zeitpunkten als von den ‚Tag- und Nacht-Gleichen‘ (hoffentlich habe ich es richtig geschrieben). An diesen Tagen der Tag- und Nacht-Gleichen sieht man die Sonne mittags im Süden zu einer Höhe aufsteigen, die genau der geographischen Breite entspricht, wenn man den Winkel vom Zenit aus bis zur Sonne mißt.

Diesen Winkel nennt man auch Zenitdistanz. In der Skizze ist das für Mainz illustriert, wo man den 50. Breitengrad auf der Ludwigstraße in Messing ausgelegt sehen kann. Jedenfalls konnte man das früher, als ich dort studierte. Die Geometrie sagt ganz klar: „Stufenwinkel an geschnittenen Parallelen sind gleich groß“. Den ergänzenden Winkel, also den zwischen Sonne und Horizont, nennt man die Sonnenhöhe. Sie beträgt also an den zwei Tagen (21.3. und 23.9.) in Mainz $90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$. Anhand der Zeichnung von der Erdbahn ist nun zu sehen, daß die Mittagshöhe der Sonne zum 21.6 um $23\frac{1}{2}^\circ$ anwächst und zum 21.12. entsprechend um $23\frac{1}{2}^\circ$ abnimmt. Für Hamburg mit 54° Nordbreite ergibt sich die größtmögliche Sonnenhöhe zu $59\frac{1}{2}^\circ$ und die niedrigste im Winter zu $12\frac{1}{2}^\circ$.

Mit der wechselnden Höhe der Sonnenbahn verschieben sich natürlich auch die Auf- und Untergangszeiten. Die Unterschiede zwischen Sommer- und Winter-Tageslänge sind beträchtlich. Der längste Tag in Norddeutschland dauert 17 Stunden, der kürzeste knapp 7 Stunden! In Süddeutschland ist es schon weniger mit knapp 16 und $8\frac{1}{2}$ Stunden für die entsprechenden Tage. Am Äquator schließlich sind alle Tage und Nächte gleich lang, nämlich 12 Stunden. Auch diese Zusammenhänge muß man bedenken, wenn man das Wetter verschiedener Jahreszeiten und verschiedener Weltgegenden betrachtet und vergleicht. Die langen Tage und die kurzen Nächte im Sommer lassen einfach nicht so starke Auskühlung zu wie im Winter, und die Sonne hat „mehr Kraft“, wenn sie höher steht und länger scheint.

Ein paar Bemerkungen zur Dämmerung: Wenn die Sonne untergeht, wird es ja nicht gleich dunkel. Der Grund dafür ist die Atmosphäre über uns, die noch von der Sonne beschienen wird. Das gestreute Sonnenlicht schafft einen langsamen,



GdHM - Wetterschule
- Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche

Lektion 12 Die Sonne

5 (6)

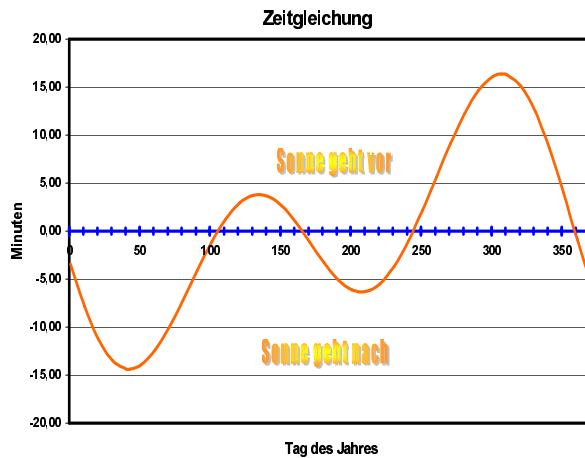
dämmrigen Übergang vom Tag zur Nacht. Dadurch, daß die Sonnenbahn in unseren Breiten schon viel flacher verläuft als am Äquator, dauert es auch länger, bis die Sonne tief genug unter den Horizont sinkt und es richtig dunkel wird. Im Juni ist die Dämmerung in Mainz 3 mal so lang wie am Äquator, und im Januar immer noch fast doppelt so lang. Menschen mit ‚Tropenerfahrung‘ wissen, wie ungewohnt schnell dort die Nacht hereinbricht, und daß man sich entsprechend einrichten muß.

Man unterscheidet drei Dämmerungsbereiche. Der erste, der dem Tag am nächsten ist, heißt ‚Bürgerliche Dämmerung‘. Wenn sie zu Ende ist, kann man nicht mehr im Freien Zeitung lesen (!), und die Sonne steht etwa 6° unter dem Horizont. Die ersten hellen Sterne werden sichtbar. Zwischen 6° und 12° Sonnentiefe herrscht die ‚Nautische Dämmerung‘, während der allmählich die für die Navigation auf See früher so wichtigen Sterne herauskommen. Erst, wenn die Sonne 18° unter dem Horizont steht, ist die Atmosphäre über dem Beobachtungsort soweit im Dunkeln, daß alle mit dem bloßen Auge erkennbaren Sterne sichtbar werden. Dann ist auch die astronomische Dämmerung zu Ende, und es ist Nacht. Am Morgen werden die Dämmerungsphasen natürlich in umgekehrter Folge durchlaufen. In unseren Breiten – etwa nördlich von 50°N – gibt es um die Sommersonnenwende herum die sogenannten ‚weißen Nächte‘. In Hamburg sind es etwa 2 Wochen um den 21.6., in denen es nicht richtig Nacht wird. Die Sonne sinkt nicht tief genug unter den Horizont, am 21.6. gar nur bis etwa $13\frac{1}{2}^\circ$. Je weiter man nach Norden kommt, desto heller wird es in dieser Zeit nachts. Schließlich kommt man in den Bereich der Mitternachtssonne.

Eigentlich darf diese Lektion nicht enden, ohne daß ich noch etwas über die Tageszeit geschrieben habe. Der Tagesgang des Wetters richtet sich nach dem Sonnenlauf, aber die Zeit auf unseren Uhren tut das nur ungefähr. Aus praktischen Gründen hat man ja die bekannten Zeitzonen eingerichtet, innerhalb derer die gleiche, gesetzlich festgelegte Zeit gilt (GZ), wobei von Zone zu Zone eine Differenz von einer Stunde besteht. Darum kümmert sich die Sonne aber nicht. Sie zieht von Ost nach West über die Erde hinweg und legt in einer Stunde 15° Länge zurück.

Görlitz an der Neiße liegt ziemlich genau auf 15° östlicher Länge, dem Bezugs-Längengrad für die Zeitzone MITTELEUROPÄISCHE ZEIT (MEZ). Wenn die Sonne um 12 Uhr GZ in Görlitz genau im Süden steht, ist es in Hamburg auch 12 Uhr GZ. Hamburg liegt auf 10° Ost, also braucht die Sonne noch 20 Minuten, um auch hier im Süden zu stehen. Deshalb ist es nach der MITTLEREN ORTSZEIT (MOZ) von Hamburg erst 11:40 Uhr. Wenn wir also eine Korrektur für die verschiedene geographische Länge eines Ortes an die gesetzliche Zeit anbringen, erhalten wir die mittlere Ortszeit und sind dem wirklichen Sonnenlauf schon näher gekommen. Die mittlere Ortszeit kann man auf einer normalen Uhr einstellen, weil ja nur der feste Längengrad zum Bezugsmeridian berücksichtigt ist und die Zeit genauso läuft wie sonst. (Im Sommer muß man auch noch die beliebte Sommerzeit berücksichtigen).

Die mittlere Ortszeit gilt unter der Annahme, daß die Erde über das Jahr hin ganz gleichmäßig ihre Bahn zieht. Das tut sie aber nicht, wie ich es schon weiter oben erläutert habe. Die Schwankungen des Abstands Erde – Sonne und der Bahngeschwindigkeit bewirken, daß die Sonne zu verschiedenen Jahreszeiten etwas



früher oder später am selben Ort erscheint. Diese Differenzen, die regelmäßig wiederkehren, können mehr als eine Viertelstunde betragen. Sie heißen sinnigerweise ‚Zeitgleichung‘ und sind z.B. in Tabellenform in den nautischen Jahrbüchern enthalten. Den komplizierten Verlauf kann man im nebenstehenden Bild sehen. Zur WAHREN ORTSZEIT (WOZ) kommt man nun, wenn man auch noch die Zeitgleichung in die Korrektur einbringt. Dann kann

man genau sagen, wann die Sonne im Süden steht, und man hat für den Ort eine Zeitskala, die sich genau auf die Sonnenbahn bezieht.

Wozu das gut ist? Nun, Meteorologen betreiben normalerweise keine Navigation nach Sonne, Mond und Sternen wie die alten Seefahrer. Aber es gibt manche Beobachtungen und Messungen, die sich mehr oder weniger unmittelbar auf den Sonnenstand beziehen, vor allem Strahlungsmessungen oder, etwas weniger streng, der Tagesgang der Temperatur. Man kann die Ergebnisse von (weltweit) verschiedenen Stationen oder auch von derselben Station zu verschiedenen Jahreszeiten nur dann richtig vergleichen, wenn sie die gleiche Zeitskala in Bezug auf die Sonne haben. Diese Problematik ist auch durch die Verschiebung von offiziellen Wetter- bzw. Klimabeobachtungsterminen aktuell geworden.

Das war es für diesmal. Wenn der Kopf raucht, muß man eine Kühlpause einlegen ... oder die Zigarette ausmachen!