

Das Programm DACHRad berechnet die mittlere direkte Sonnenstrahlung im MJ/m²/d auf eine beliebige Fläche in Abhängigkeit von der Meereshöhe, der Exposition, der Inklination, des Breitengrades, der Horizontüberhöhung und gegebenenfalls des Tages- und Jahresganges der relativen Sonnenscheindauer.

Mittels bekannter astronomischer Formeln wird der Lauf der Sonne in 20-Minutenintervallen berechnet, für jeden Zeitpunkt überprüft, ob die Sonne über dem Horizont steht und die Intensität der direkten Sonnenstrahlung auf die zum Strahlengang normale Ebene in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeit bestimmt. Für diese Berechnung wird für Meereshöhen über 1500m das von GILGEN (in FISCHER 1994) entwickelte Polynom benutzt, das für die Westalpen gültig ist:

$$G_o(z,h,\delta) = k_o + \sum_i(k_i x_i)$$

wobei z die Meereshöhe [m] (1500m ≤ z ≤ 4000m), h der Stundenwinkel der Sonne [°] (12Uhr = 0°) und δ der Deklinationswinkel der Sonne [°] ist. Die Parameter k_i und x_i sind in folgender Tabelle dargestellt:

i	k _i : 1.1.-21.6	k _i : 22.6.-31.12.	x _i =
0	-10831.36295	-11526.51552	-
1	0.04130790	0.042981	z
2	157.21824	139.83135	log _e (z)
3	1.60066854	1.72364897	h ²
4	10717.99492	11495.59927	cos(h)
5	120.17583	121.23979	δ · cos(h)
6	-0.04740781	-0.04142628	z · cos(h)
7	-120.12943	-122.77428	δ
8	-0.01245105	-0.005448087	δ ² · log _e (z)
9	-0.000063512	-0.000072955	δ ² · h ²
10	0.01864848	0.01882712	δ · h ²
11	0.000365385	0.000830230	δ ³ · log _e (z)
12	-0.000047021	-0.000049649	h ⁴

Für das Flachland wird die Intensität der direkten Sonnenstrahlung auf der Basis des Linke-Trübungsfaktors T_L berechnet. Aufgrund der Daten in KASTEN et al. (1984) ergibt sich für den Linke-Trübungsfaktor in Deutschland:

$$T_L = 4.91 - 1.30 \cos(\alpha) + .370 \sin(\alpha) + .175 \cos(2\alpha) + .208 \sin(2\alpha)$$

mit: α = (d-16)2π/365; d: Tag im Jahr

Die Intensität der direkten Sonnenstrahlung G_o berechnet sich dann als

$$G_o = I_o \cdot \sin(\gamma) \cdot 0,84 \cdot \exp(-0,027 \cdot T_L / \sin(\gamma))$$

wobei I_o die extraterrestrische Strahlung und γ die Sonnenhöhe ist (s. Kasten et al. 1984).

Für Meereshöhen zwischen 0m und 1500m wird zwischen den beiden oben beschriebenen Berechnungsmethoden linear interpoliert. Diese Methode der Berechnung der mittleren Intensität der direkten Sonnenstrahlung auf die zum Strahlengang normale Ebene in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeit ist nur gültig für Deutschland und die Westalpen. Außerhalb dieser Region kann die Berechnung nur ohne Berücksichtigung der atmosphärischen Trübung durchgeführt werden.

Liegen Daten zum Tages- und Jahresgang der relativen Sonnenscheindauer vor, kann die Intensität der direkten Sonnenstrahlung mit der relativen Sonnenscheindauer gewichtet werden. Die so erhaltene mittlere, tatsächliche Sonnenstrahlungsintensität wird schließlich mit dem Kosinus des Einfallswinkels der Sonnenstrahlung auf die Fläche gewichtet und numerisch integriert.

Benutzerschnittstelle:

Alle Dateien, die das Programm verarbeitet oder erstellt sind ASCII-Dateien. Diese können z.B. mit dem DOS-Editor EDIT oder dem „Editor“ aus dem Windows-Zubehör erstellt werden. Das Programm benötigt mindestens eine Eingabedatei mit den Daten über die Probestellen. Diese enthält folgende Daten:

1. Zeile: Überschrift - ein frei wählbarer Text
2. Zeile: Die FORTRAN-Formatanweisung für die folgenden Datenzeilen. Wenn alle Daten 4-stellig eingegeben werden und nicht mehr wie 32 Horizontwinkel pro Probestelle eingegeben werden, kann die Formatanweisung aus unten stehendem Beispiel einfach übernommen werden.
3. Zeile: die Anzahl der Variablen = Anzahl der Horizontrichtungen + 4
4. und ff. Zeile: Je Probestelle eine Zeile mit folgenden Angaben: Probestellennummer, Meereshöhe, Exposition, Inklination, Breitengrad und Horizontwinkel. Die Probestellennummer muß eine ganze Zahl sein. Alle Gradangaben sind dezimal in Altgrad anzugeben. Die Horizontüberhöhung kann in beliebig vielen Richtungen angegeben werden. Die Anzahl der Richtungen muß jedoch für alle Probestellen einer Datei gleich sein. Des weiteren müssen die Winkel zwischen den Richtungen konstant sein. Die **letzte** Richtung ist Norden. Bei 8 Messungen wird die Horizontüberhöhung also in Richtung NO, O, SO, S, SW, W, NW und N bestimmt. Alle Zahlen müssen rechtsbündig entsprechend der FORTRAN-Formatanweisung in Zeile 2 eingegeben werden.
5. Am Ende der Datei muß eine Zeile mit „0“ als Probestellennummer stehen.

Hier ein Beispiel für eine solche Datei:

```
Das ist die Überschrift der Beispieldatei
(I4,40F4.0)
8
 1 185 180 1049.5 0 0 0 0 0 0 0 0
0
22150 0 548.5 2 3 5 10 15 9 4
0
0
```

In diesem Beispiel liegt die Probestelle 1 auf 185m ü.N.N., sie ist südexponiert, 10° geneigt und liegt auf

49°30' nördlicher Breite in einer großen Ebene ohne Horizontüberhöhung. Probestfläche 2 liegt auf 2150m ü.N.N. (die Zahlen dürfen aneinanderstoßen), und ist um 5° nach Norden geneigt.

Die Horizontüberhöhung kann mit einem Taschenklimometer im Gelände gemessen werden oder aus einem digitalen Geländemodell rechnerisch abgeleitet werden (GILGEN et al. 1988)

Falls Daten über den Tages- und Jahresgang der relativen Sonnenscheindauer vorliegen müssen diese auf einer Datei mit dem Namen SSD bereitgestellt werden. Diese Datei enthält in 12 Spalten (für die 12 Monate) und 24 Zeilen (für die 24 Stunden des Tages) die Angaben zur relativen Sonnenscheindauer in Prozent. Jede Zeile enthält 12 Zeichen Kommentar, die ignoriert werden, und dann 12 mal je 5 Zeichen für die Monate Januar bis Dezember. Ein Beispiel findet sich auf der Programmdiskette.

Das Programm wird gestartet durch Eingabe des Programmnamens am DOS-Prompt. Der Name der Datei mit den Horizontdaten wird abgefragt, die Datei SSD wird verarbeitet, falls sie vorhanden ist.

Das Programm fragt dann nach dem ersten und letzten Tag des Zeitintervalls, für das die Strahlung integriert werden soll.

Als Ergebnis erstellt das Programm eine Datei mit dem Namen RADI.DAT, die die gleiche Struktur hat, wie die Datei mit den Horizontdaten.

Literatur:

FISCHER, H. S. (1994) Simulation der räumlichen Verteilung von Pflanzengesellschaften auf der Basis von Standortskarten. Dargestellt am Beispiel des MaB-Testgebiets Davos. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 122. 143 S.

FISCHER, H. S. & H. GILGEN (2002): DACHRad - Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung in Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Bulletin of the Geobotanical Institute ETH* (2002), 68, 83–94.

GILGEN, H., STEIGER D. & FISCHER H. S. (1988) Horizontbestimmung in einem digitalen Geländemodell. Ber. und Skripten. Geogr. Inst. ETH Zürich 37. 37 S.

KASTEN, F., K. DEHNE, H. D. BEHR & U. BERGHOLTER (1984) Die räumliche und zeitliche Verteilung der diffusen und direkten Sonnenstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland. BMFT-FB-T 84-125. 128 S.

MÜLLER, H. (1984) Zum Strahlungshaushalt im Alpenraum. Mitt. Versuchsanst. Wasserbau, Hydrologie, Glaziologie, ETH Zürich 71. 167 S.

Preise und Lizenzbedingungen auf Anfrage.

Bezugsadresse:

Dr. Hagen S. Fischer

BioStat

Forchheimer Weg 46

D-91341 Röttenbach

@-mail:

michler.fischer@t-online.de

DACHRad

Ein Programm zur Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung auf beliebig geneigte Flächen

Version 2.2

© Dr. Hagen S. Fischer 1990, 2001