

## Sonnenstandsdiagramme für geneigte Flächen

# SunOrb 1.0

Bereits im Planungsstadium photovoltaischer und solarthermischer Anlagen werden Sonnenstandsdiagramme zur Beurteilung der maximalen Sonnenscheindauer bezüglich einer Fläche genutzt. In Abhängigkeit der geographischen Position und möglicher Abschattungen durch horizontale einschränkende Umgebungsobjekte ist eine tägliche Besonnungsdauer zwischen 0 und 24 h möglich. Das hier vorgestellte Softwaretool erlaubt die Erzeugung von Sonnenstandsdiagrammen über horizontalen und geneigten Flächen an weltweit frei wählbaren Standorten und stellt damit die konsequente Weiterentwicklung des RWE-Sonnenstandsdiagramms /1/ dar.

Die Position der Sonne läßt sich im geozentrischen, horizontalen Bezugssystem durch die Angabe der Sonnenhöhe  $\gamma_H$  bzw. der Zenitdistanz  $\theta_H$  und des Sonnenazimuts  $\alpha_H$  eindeutig festlegen. Zur Bestimmung der Sonnenposition relativ zu einer geneigten Fläche ist es notwendig, die Koordinaten  $\gamma_H$  und  $\alpha_H$  über die Flächenparameter  $\beta$  (Neigung) und  $\alpha_A$  (Ausrichtung) in die Zenitdistanz  $\theta_T$  und den Azimut  $\alpha_T$  zu überführen. Abb. 1 zeigt hierzu die verschiedenen Koordinatensysteme.

Aus der Anwendung des Seitenkosinussatzes der sphärischen Trigonometrie auf das grau gekennzeichnete Dreieck in

Abb. 1 ergeben sich die Grundgleichungen zur Bestimmung der Zenitdistanz  $\theta_T$  der Sonne über der geneigten Fläche.

Die Sonnenauf- und -untergänge sowie die Sonnenhöhe  $\gamma_H$  und der Azimut  $\alpha_H$  in Abhängigkeit von der geographischen Breite und dem Stundenwinkel sowie die Deklination werden unter der Annahme einer in Tagesverlauf konstanten Sonnen-deklination /2, 3/ berechnet.

Eine genauere Bestimmung nach /4, 5/, basierend auf /6/, ist nur im Rahmen spezieller Anwendungen, z. B. für die exakte Nachführung von Heliostaten, relevant.

$$\cos \theta_T = \sin \gamma_H \times \cos \beta + \cos \gamma_H \times \sin \beta \times \cos (\alpha_A - \alpha_H) \quad \text{Gl. (1)}$$

$$\cos \alpha_T = \frac{\cos \theta_T \times \cos \beta - \sin \gamma_H}{\sin \theta_T \times \sin \beta} \quad \text{Gl. (2)}$$

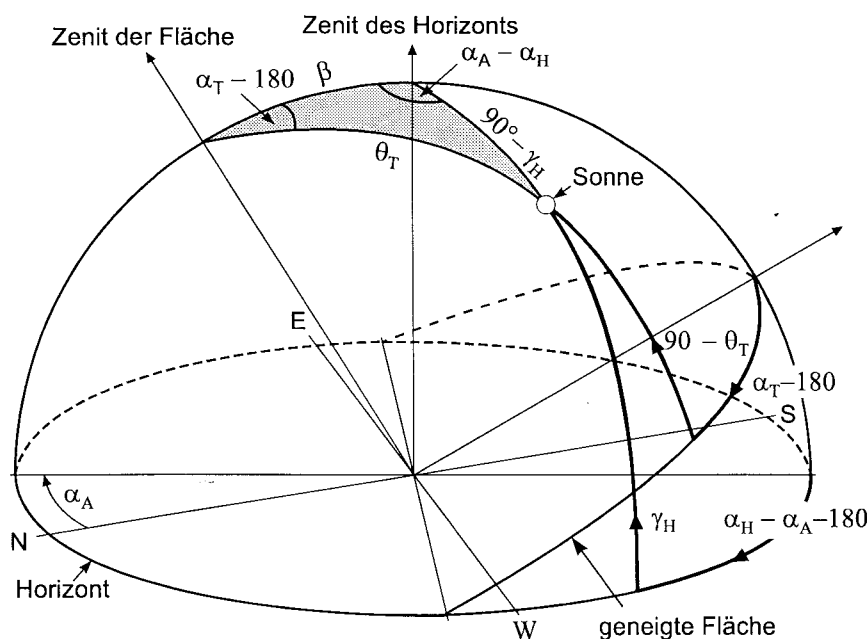


Abb. 1: Transformation der Sonnenposition aus dem Horizontalsystem in das System der geneigten Fläche

( $\alpha_A$  [°]: Ausrichtung der Fläche,  $\alpha_H$  [°]: Azimut der Sonne bezüglich der horizontalen Fläche (Nullpunkt im Norden),  $\alpha_T$  [°]: Azimut der Sonne bezüglich der geneigten Fläche (Nullpunkt im Norden des horizontalen Bezugssystems),  $\beta$  [°]: Neigung der Fläche,  $\gamma_H$  [°]: Sonnenhöhe bezüglich der horizontalen Fläche,  $\theta_T$  [°]: Zenitdistanz bezüglich der geneigten Fläche)

## Umfang des Programms

SunOrb 1.0, lauffähig unter Windows 95 bzw. Windows NT 4.0, bietet neben der Darstellung von Sonnenstandsdiagrammen für horizontale und beliebig geneigte Flächen an frei wählbaren Orten auch die Möglichkeit der minutengenauen Ermittlung von Sonnenständen bezüglich der betrachteten Fläche sowie der täglichen flächenbezogenen Sonnenauf- und -untergänge und der zugehörigen Tageslänge.

Die Ortsdatenbank, welche eine Auswahl verschiedener Standorte weltweit umfaßt, ist beliebig erweiterbar. Das Speichern sowie Wiederherstellen einmal berechneter und bearbeiteter Diagramme ist ebenso möglich wie das Ausdrucken der dargestellten Diagramme einschließlich aller Standortdaten und Flächenparameter.

Die benutzerfreundliche gestaltete Bedienungs Oberfläche führt durch die Applikation. Als Eingabemaske sämtlicher Standortdaten und Flächenparameter dient das in Abb. 2 dargestellte Hauptfenster, von welchem auch die eigentliche Berechnung gestartet wird. Beispielfähig sind in Abb. 2 die Einstellungen für eine 30° geneigte Fläche südlicher Ausrichtung am Standort Berlin dargestellt.

Das eigentliche Diagrammfenster erscheint nach Abschluß der Berechnungen (Abb. 3).

Für die eingestellte Uhrzeit (9:41 Uhr) am gewählten Tag (29. August) wird die Sonnenposition sowohl im Diagramm eingetragen, als auch die exakten Werte bezüglich der geneigten Fläche direkt angegeben (Sonnenhöhe 52,64°, Azimut 104,63°). Am 29. August ergibt sich eine Tageslänge von 12 h 31 min, die jahresmittlere Tageslänge beträgt in dem hier gewählten Beispiel 11 h 5 min.

## Anwendung

Die Diagramme können bei der Planung photovoltaischer und solarthermischer Anlagen zur Bestimmung der möglichen Sonnenscheindauer unter Berücksichtigung von Neigung und Ausrichtung der Module verwendet werden.

Ein weiterer Schwerpunkt findet sich im Bereich der Architektur, beispielsweise bei der Gebäudeorientierung oder bei der Fensteranordnung hinsichtlich der möglichen Sonnenbestrahlung. Durch die Überlagerung mit stereographischen Projektionen horizontale einschränkender Objekte aus der Umgebung können deren Auswirkung bezüglich der möglichen Sonnenscheindauer über der betrachteten Fläche ohne hohen Aufwand in die Planung mit einbezogen werden. Hierzu müssen lediglich die sphärischen Koordinaten  $\gamma_H$  und  $\alpha_H$  aus Gl. (1) und Gl. (2) durch die Polygonkoordinaten des Umge-

bungsobjektes ausgetauscht werden. Das Programm eignet sich darüber hinaus auch für die Aus- und Weiterbildung.  
*Christian Baresch, Martin Skiba, Hermann Unger*

**Literatur**

- 1/ RWE Energie AG, RWE-Sonnenstandsdiagramm, RWE Energie AG, Abt. Anwendungstechnik, Kruppstr. 5, Essen.
- 2/ Bossel, U., Solentec Report SR-1. Sonnenstand, Bestrahlungsdauer und Kosinusstunden für geneigte Flächen, Solentec GmbH, November 1978.
- 3/ DIN 5034, Teil 2, Tageslicht in Innenräumen, Beuth Verlag Berlin, 1985.
- 4/ Walraven, R., Calculating the Position of the Sun, Solar Energy, Vol. 20, pp. 393-397, 1978.
- 5/ Walraven, R., Erratum, Solar Energy, Vol. 22, p. 195, 1979.
- 6/ Her Majesty's Nautical Almanac Office, The Astronomical Almanac. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1984.

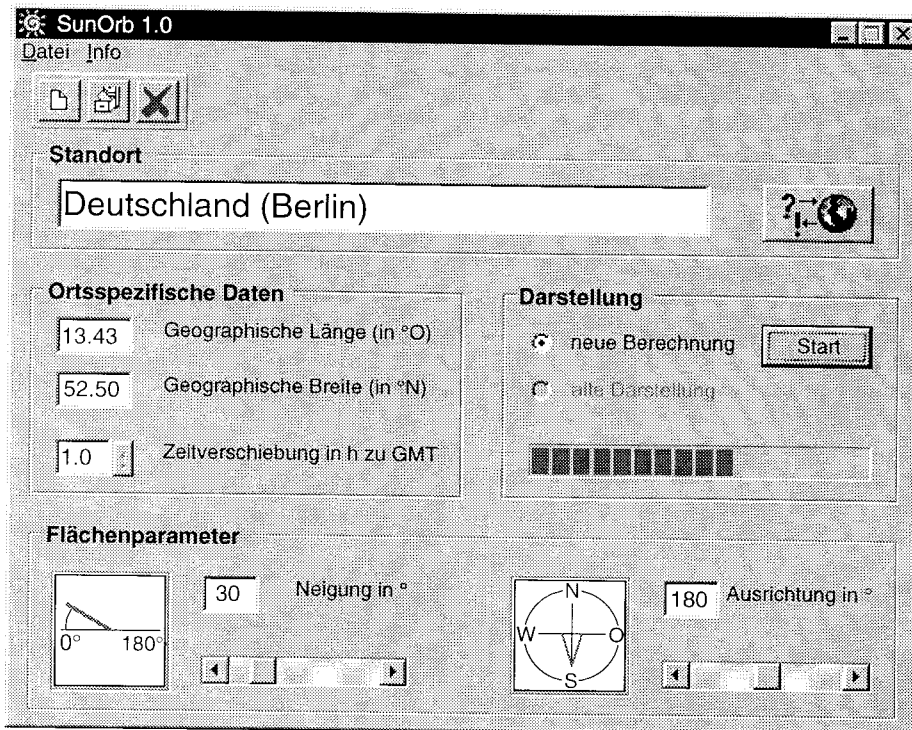


Abb. 2: Bildschirmabdruck des Hauptfensters zur Dateneingabe und Berechnung des Diagramms

Über die Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Hermann Unger leitet seit 1987 den Lehrstuhl für Nukleare und Neue Energiesysteme des Instituts für Energietechnik an der Ruhr-Universität Bochum.

Dr.-Ing. Martin Skiba ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls. Christian Baresch ent-

wickelte dort das Programm im Rahmen seiner Tätigkeit als studentische Hilfskraft.  
 Tel.: 0234/700-6046/6367, Fax: 0234/709-4158

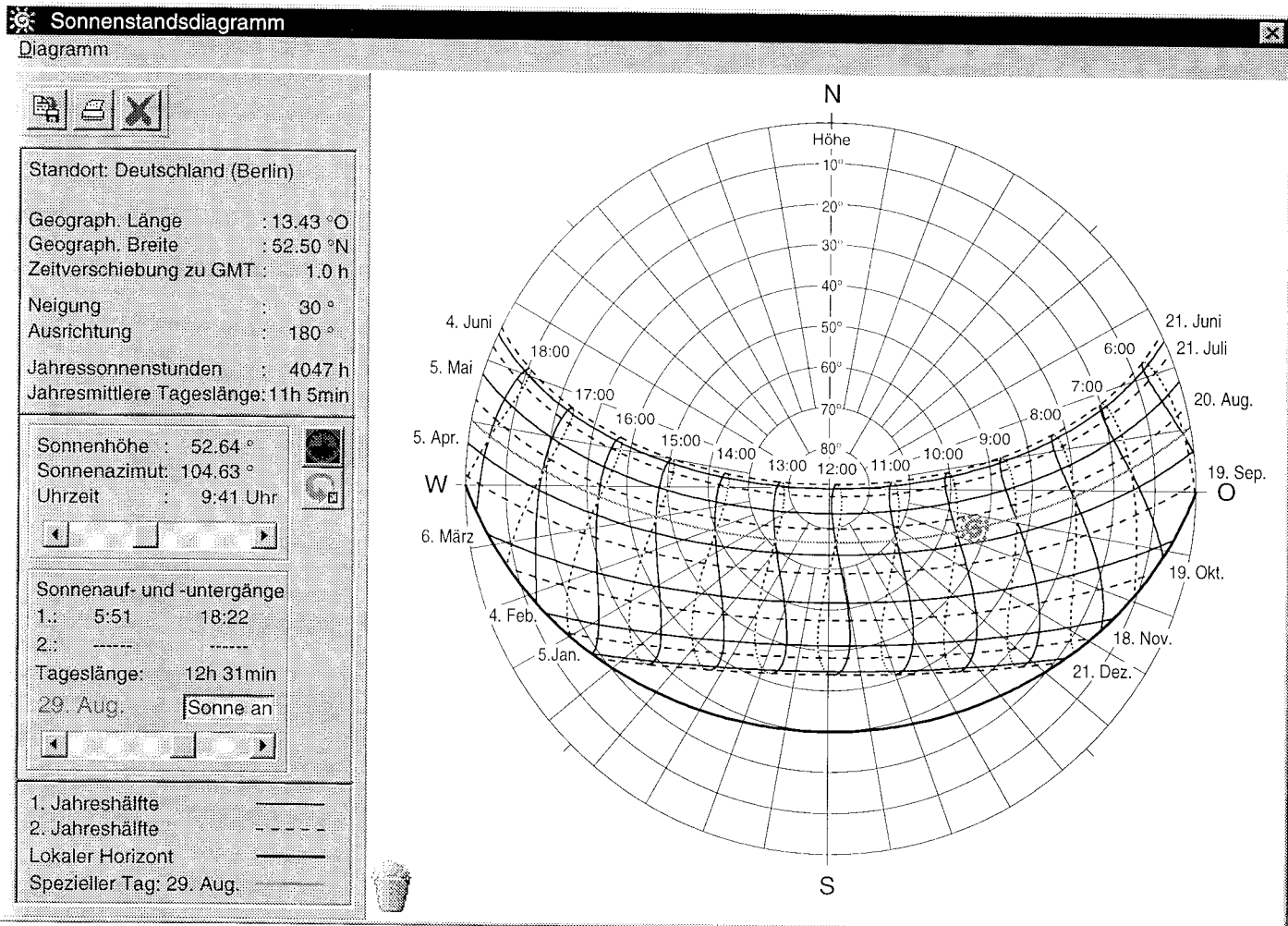


Abb. 3: Bildschirmabdruck des Diagrammfensters nach dem Beispiel aus Abb. 2