



Basics of Electrical Power Generation Solarstrahlungsnutzung



Stand: 2011
1 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

GE Global Research
Freisinger Landstrasse 50
85748 Garching
kontakt@reg-energien.de

Inhalte

1. Die Sonne
2. Strahlungseigenschaften
3. Konstruktive Elemente

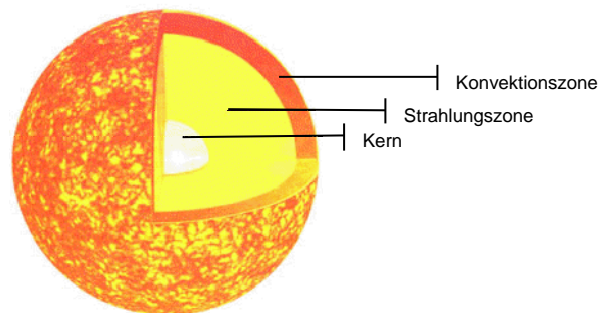
Stand: 2011
2 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Die Sonne

Aufbau der Sonne

- Im Kernbereich der Sonne findet eine Kernfusion bei ca. 15 Millionen°C und 22.100 Billionen Pascal statt
- Die Energie wird durch Strahlung und Konvektion nach außen transportiert
- Die Energie erreicht die Erde als Strahlungsenergie



Stand: 2011
4 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Kernfusion in der Sonne

Sonnenenergie entsteht durch bekannte Kernfusion

Aus $657 \cdot 10^6$ t/sec Wasserstoff
wird $652,5 \cdot 10^6$ t/sec Helium

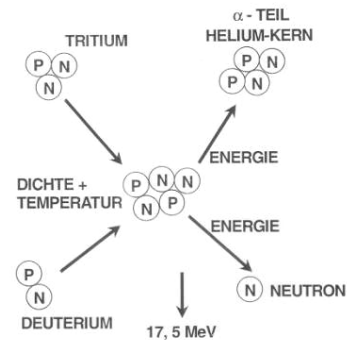
→ Massendefekt von $4,5 \cdot 10^6$ t/sec

Umwandlung von Masse in Energie:

$$E = m \cdot c^2 \rightarrow 380 \cdot 10^{21} \text{ kWh/h}$$

Heutiger jährlicher Energiebedarf auf
der Erde: $82 \cdot 10^{12}$ kWh/a

Die stündliche Sonnenenergie würde
damit ausreichen, den
Menschheitsbedarf für 4.500 Mio. Jahre
zu decken



Stand: 2011
5 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Sonneneinstrahlung auf Erde

Berechnung der Sonneneinstrahlung auf die Erde:

$$S_{SA} \cdot A_S = S_E \cdot A_{SE}$$

$$S_{SA} = \frac{\Delta E_{ges}}{A_S \cdot t} = 63,11 \frac{MW}{m^2}$$

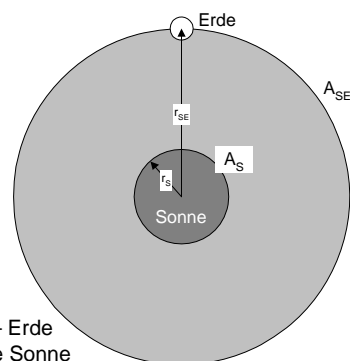
$$S_E = S_{SA} \frac{A_S}{A_{SE}}$$

$$S_E = S_{SA} \frac{r_S^2}{r_{SE}^2}$$

$$S_E = 63,11 \frac{MW}{m^2} \cdot \frac{(695700km)^2}{(150000000km)^2}$$

$$S_E = 1,358 \frac{kW}{m^2}$$

- r_S = Sonnenradius
- r_{SE} = Abstand Sonne – Erde
- A_S = Hüllfläche der Sonne
- A_{SE} = Hüllfläche mit Radius Sonne – Erde
- S_{SA} = Sonnenstrahlung Außenfläche Sonne
- S_E = Sonneneinstrahlung Erde

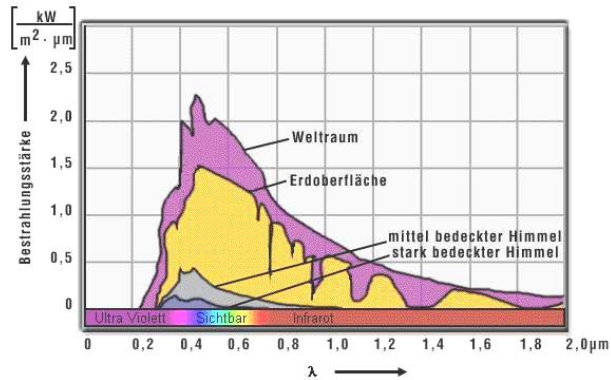


Stand: 2011
6 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Solarenergie ist Strahlungsenergie

- Die elektromagnetische Strahlung der Sonne hat ihr Maximum bei 500 nm Wellenlänge (sichtbares Licht)
- Das Spektrum reicht von etwa 140 nm (UVC) bis etwa 10 cm (Mikrowelle)

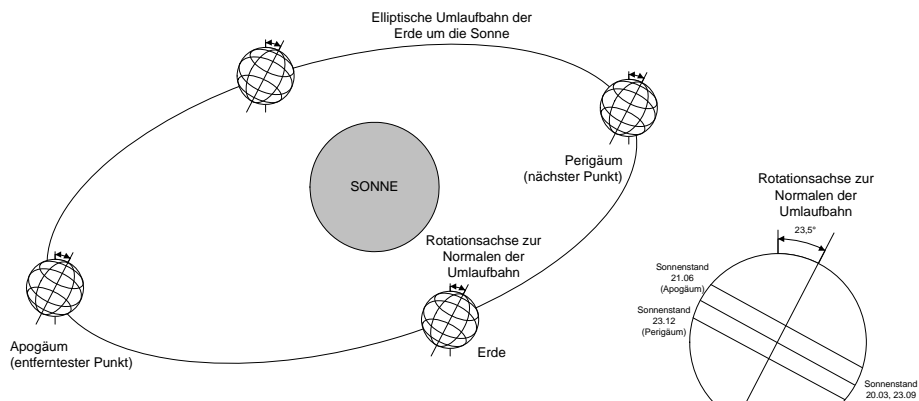


Stand: 2011
7 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Jahreszeiten

Erde kreist ellipsenförmig um die Sonne



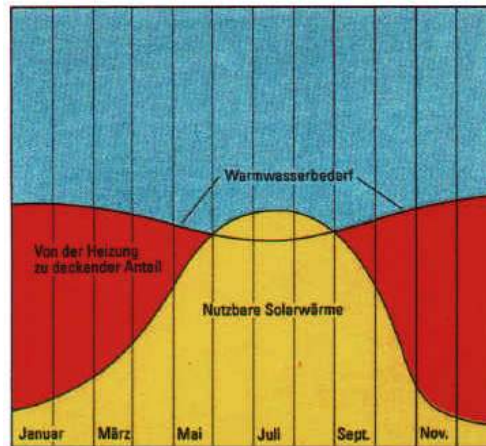
$$\delta = \begin{matrix} +\text{nördliche Hemisphäre} \\ \pm 23,5^\circ \\ -\text{südliche Hemisphäre} \end{matrix} \sin \left[\frac{360^\circ(284 + n)}{365} \right] \quad n = \text{Jahrestag ab 1. Jan.}$$

Stand: 2011
8 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Jährliche Verteilung der Solarstrahlung

Das Energieangebot und der Bedarf sind antizyklisch

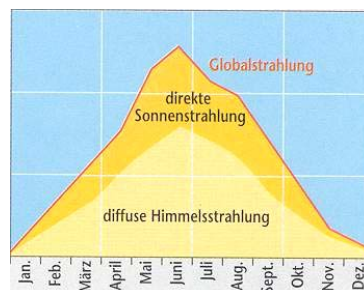


Stand: 2011
9 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Aufteilung der Strahlung

- Globalstrahlung = direkte Strahlung + diffuse Strahlung
- Direktstrahlung:
 - Ausbreitung ohne auf Hindernisse zu treffen
 - Kürzest möglicher Weg zwischen Quelle und Ziel
- Diffusstrahlung:
 - Sie trifft bei ihrer Ausbreitung auf Hindernisse
 - Die Strahlung wird reflektiert, absorbiert / reemittiert, gestreut, gebeugt oder gebrochen
 - Sie ist ungleichmäßig in Ausbreitungsrichtung, Strahlstärke, Wellenlänge und / oder Frequenz

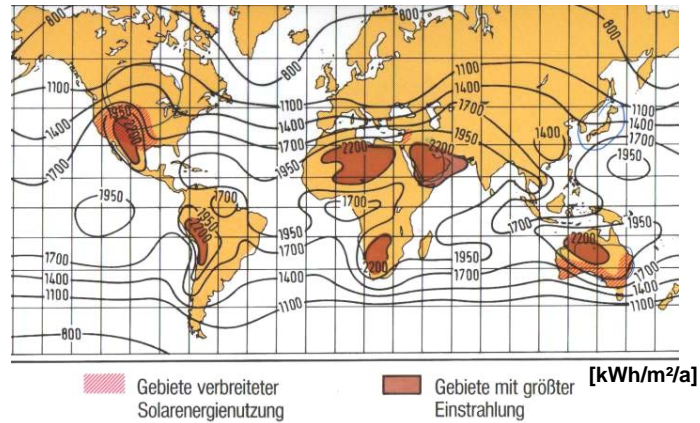


Stand: 2011
10 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Mittlere jährliche Sonneneinstrahlung (1)

- Die jährliche Sonneneinstrahlung unterscheidet sich nach Regionen
- Die höchste Sonneneinstrahlung findet sich in Äquatornähe

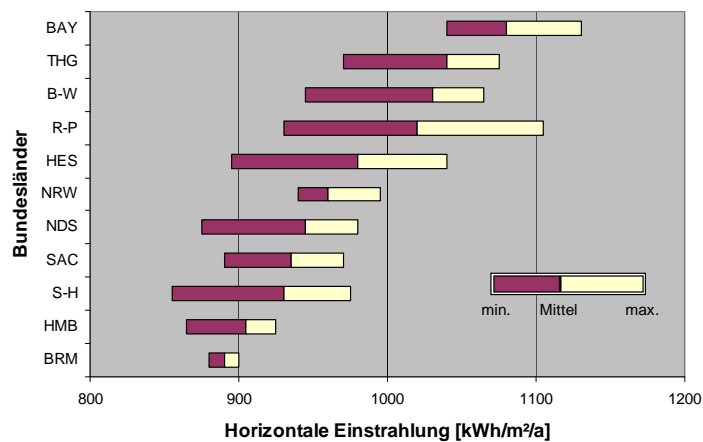


Stand: 2011
11 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Mittlere jährliche Sonneneinstrahlung (2)

Die südliche Bundesländer weisen eine höherer jährlichen Sonneneinstrahlung auf als nördliche Bundesländer



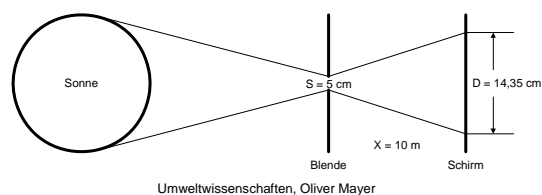
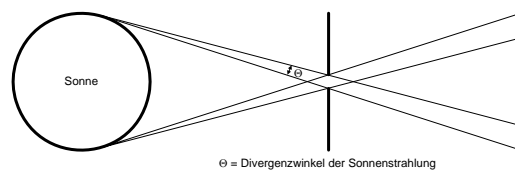
Stand: 2011
12 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Strahlungseigenschaft

Divergente Solarstrahlung

- Die Sonne kann aufgrund ihrer Größe nicht mehr als punktförmige Strahlungsquelle gesehen werden
- Die einfallende Solarstrahlung hat divergenten Charakter
- Der Divergenzwinkel beträgt $\Theta = 0,536^\circ$

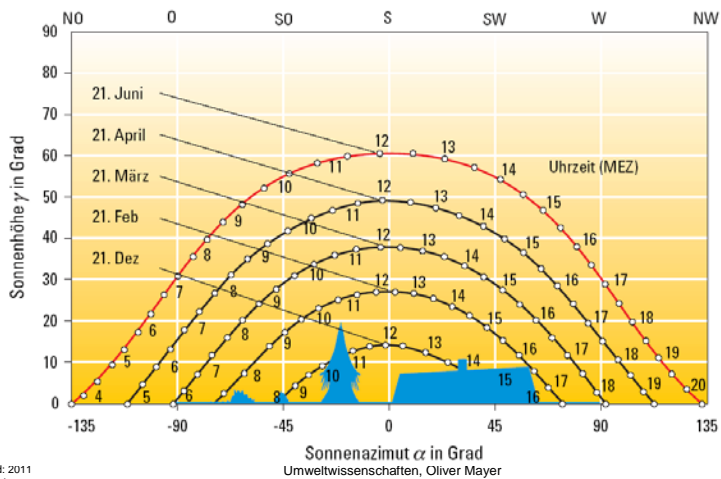


Stand: 2011
14 / 24

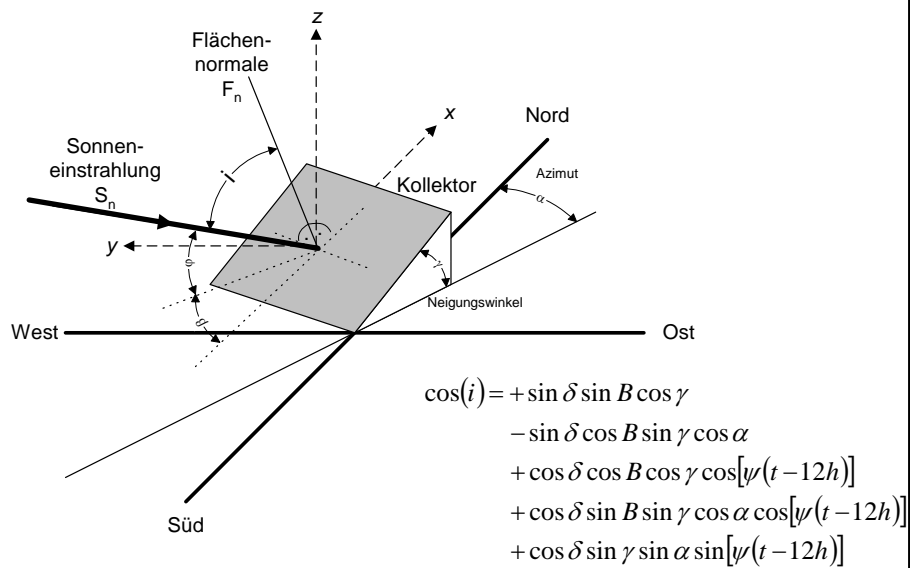
Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Horizontal Diagramm für Verschattung

- Die Verschattung hängt vom Sonnenstand ab
- Der Sonnenstand hängt von der Jahres- und Tageszeit ab

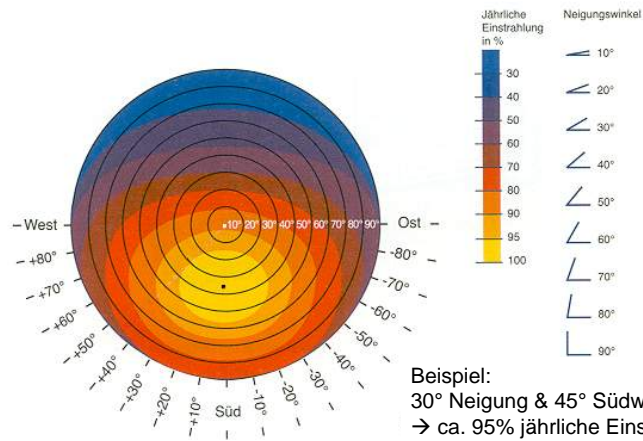


Sonnenverlauf an einem Sonnenkollektor



Auswirkung der Kollektororientierung

Für jeden Standort lässt sich ein Optimum für die Ausrichtung und den Neigungswinkel finden, bei dem die höchstmögliche Globalstrahlungssumme erreicht wird



Stand: 2011
17 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Konstruktive Elemente

Konstruktive Elemente: Flachspiegel

Strahlungsumleitung auf eine Fläche

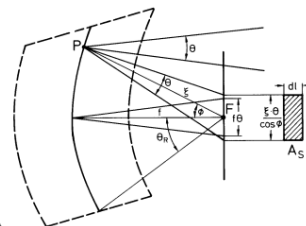
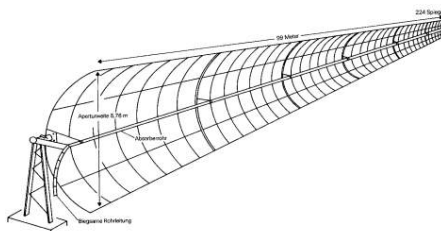
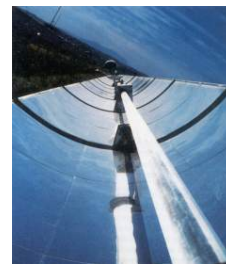


Stand: 2011
19 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Konstruktive Elemente: Parabolrinne

Strahlungsbündelung auf einer Linie

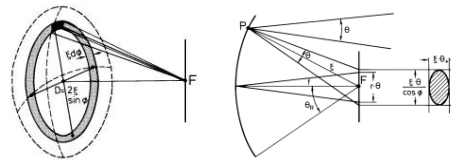


20 / 24

en, Oliver May

Konstruktive Elemente: Paraboloid

Strahlungskonzentration auf einem Punkt

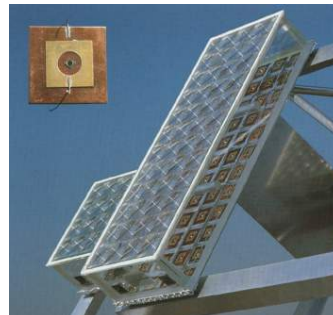
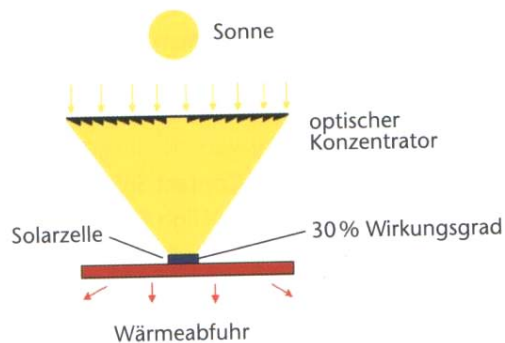


Stand: 2011
21 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Fresnel Linsen

- Sie finden Verwendung als Konzentrator für Solarstrahlung
- Erreichung höherer Wirkungsgrade bei PV-Modulen
- Reduzierung der benötigten Solarzellenfläche

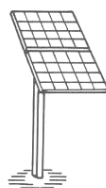


Stand: 2011
22 / 24

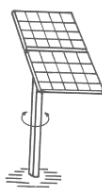
Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Nachführung

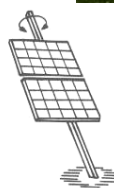
- Kollektorflächen werden dem Sonnenstand nachgeführt um die Ausbeute zu vergrößern
- Eine 30%ige Steigerung der Jahresausbeute ist möglich
- Die Mastaufständerung erlaubt die Wahl des optimalen Standortes



Fest



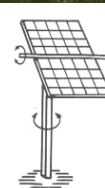
Vertikal



Polar



Horizontal



2-Achsig

Stand: 2011
23 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Zusammenfassung

- Sonnenenergie entsteht durch Kernfusion im Sonnenkern
- Die durchschnittliche Sonneneinstrahlung auf der Erde liegt bei ca. 1 kW/m^2 , im Weltraum bei $1,36 \text{ kW/m}^2$
- Das Spektrum geht von etwa 140 nm bis etwa 10 cm
- Globalstrahlung = direkte Strahlung + diffuse Strahlung
- Die jährliche Sonneneinstrahlung unterscheidet sich nach Regionen
- Die einfallende Solarstrahlung hat divergenten Charakter
- Eine 30%-ige Steigerung der Jahresausbeute ist durch Nachführung möglich

Stand: 2011
24 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Frei

Stand: 2011
25 / 24

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer