

## Klimafragen, Kapitel 2 Strahlung, Energie und Jahreszeiten

### 1) Wie entstehen die Jahreszeiten?

Durch die Umrundung der Erde um die Sonne (Erdrevolution 365 Tage). Ferner durch die Schiefe der Ekliptik, so dass die Erde je nach Position einmal auf der Nordhalbkugel mehr Strahlung abbekommt (Nordsommer, Südwinter) und vice versa.

- Die Erde bewegt sich auf einer fast kreisrunden Ellipse mit **30km/s** im Durchschnitt, so dass der Abstand zur Sonne und die Geschwindigkeit schwanken. Im **Nordsommer** ist die Erde der Sonne **fern** (152.000.000km 3.Juli), im **Nordwinter** ist die Erde der Sonne **nah** (3.Januar / 148.000.000km Perihel). Da sich die Erde im Perihel (Sonnennähe, 3.1) schneller als im Aphel (Sonnenferne 3.7) bewegt, ist der Sommer auf der Südhalbkugel 7 Tage kürzer. Die Nähe zur Sonne spielt bei den Jahreszeiten **keine Rolle**, vielmehr **die Schiefe der Ekliptik um aktuell 23,5 Grad** und die daraus resultierenden unterschiedlichen Strahlungsklimate. Die Tagesgänge der meteorologischen Elemente werden durch die Erddrehung ausgelöst. Durch die Neigung der Erdachse und die Erdrevolution, kommt es zu wechselnden Tages- und Nachtlängen.

### 2) Was sind Beleuchtungsklimazonen und wie entstehen sie? Was sind Tageszeitenklimate bzw. Jahreszeitenklimate und wo findet man sie?

Durch Kombination von Erdrevolution und Schiefe der Ekliptik, entstehen die Beleuchtungsklimazonen.

1. In der Tropenzone steht die Sonne in ihrem scheinbaren jahreszeitlichen Gang zwei Mal senkrecht. Jahreszeitliche Schwankungen machen sich hier im Gegensatz zu tageszeitlichen Schwankungen der Einstrahlung kaum bemerkbar. Der Tag ist immer 12 Stunden lang. → **Tageszeitenklima**
2. In den Mittelbreiten (Zone zw. den Wend- und Polarkreisen) herrschen unterschiedliche Strahlungsverhältnisse im Jahresgang vor. Die Tage sind im Sommer länger und im Winter kürzer.
3. In den Polregionen schwankt die Einstrahlung extrem (Polarnacht, Mitternachtssonne): Im Winterhalbjahr empfangen die Gebiete keine (0 Stunden) – im Sommerhalbjahr jedoch ganztägig (24 Stunden) Strahlung. Die Jahreszeitlichen Strahlungsschwankungen sind größer als die täglichen Schwankungen der Einstrahlung → **Jahreszeitenklima**

### 3) In welcher Form erhält die Erde Energie?

Nur am Tage in Form von elektromagnetischer Strahlung (Wellen) von der Sonne.

### 4) Was sind Äquinoktien und wann finden sie statt?

Tages- und Nachtgleiche, jeweils am 21. März und am 23. September.

### 5) Wann finden Winter- und Sommersolstitium statt und was ist es?

Kürzeste, bzw. längste Tage: 22. Dezember (Winterbeginn NH), 21. Juni (Sommerbeginn NH)

### 6) Wie lange dauert das Sommerhalbjahr und das Winterhalbjahr auf der NH?

SH: 186 Tage, WH: 179 Tage, Sommer daher 7 Tage länger.

### 7) Wie sind die Einfallwinkel der Strahlung in den Mittelbreiten im Jahr?

21.12.: 16,5°, Frühling und Herbstbeginn: 40°, Sommerbeginn: 63,5°

### 8) Definieren Sie die Solarkonstante:

S: Menge der solaren Strahlung, die am **Außenrand der Atmosphäre** auf einer **senkrechten Ebene** aufgestrahlt wird. Konstante S ca.1367 w/m<sup>2</sup> ist nicht konstant! Schwankungen im Jahresverlauf, Sonnenflecken, Entfernung Sonne – Erde, Schwankung der Sonne selbst

### 9) Wie lautet die Formel für das A Strahlungs bzw. Energiegleichgewicht zwischen A Incoming und B Outgoing Radiation für die Erde? Nennen Sie die Formel für das Gleichgewicht der Temperatur!

**A:** E sonne: Fläche der Erde\*Albedo\*Solarkonstante oder  $E_{in} = F_s(1-A_e)\pi R_e^2$

**B:** E erde: Erdoberfläche\* Stefan Boltzman-Konstante\*Temperatur  $E_{out} = \epsilon\sigma B T_e^4(4\pi R_e^2)$

Die Solare Einstrahlung I nimmt mit dem Sinus der Sonnenhöhe ab (-> bei gleicher Strahlung, muss eine größere Fläche erwärmt werden, je schräger die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche treffen.)

→ Aus dem Strahlungsgleichgewicht ergibt sich ein Temperaturgleichgewicht:

$$T_e = [F_s(1-A_e)/(4\epsilon\sigma B)]^{1/4}$$

### 10) Nennen Sie jeweils eine Gleichungen für die Energieabgabe der Sonne, die Energieerhaltung der an jedem Punkt X, sowie C die von der Sonne erhaltende Strahlung am oberen Rand der Erdatmosphäre!

A:  $F_p = \epsilon\rho\sigma B T_p^4$

B:  $4\pi R_{es}^2 F_s = 4\pi R_p^2 F_p$

C:  $F_s = (R_p/R_{es})^2 F_p$

$$= (R_p/Res)^2 \epsilon \rho B T_p^4$$

**11) Wie heiß ist die Photosphäre der Sonne, wie groß ihr Radius?**

5785 K; 695.700 km oder das 109-fache des mittleren Erdradius.

**12) Wo finden wir die höchsten Tagessummen der Einstrahlung an der Atmosphärenobergrenze?**

Am Außenrand der Atmosphäre am Polartag - > 24 Stunden Einstrahlung

**13) Welche Energieformen gibt es? Beispiele nennen!**

Kinetische Energie: Bewegungsenergie: Molekularbewegung, Wärme, Strahlung, Elektrizität, fallender Regentropfen

Potenzielle Energie: Druck, Gravitationspotenziale, chemische Potenziale, schwebende Wolke

**14) Nennen Sie Formen des Energietransfers!**

- Strahlung: Energie wird ohne Transportmedium von elektromagnetischen Strahlen übertragen. Funktioniert auch im Weltraum ohne Moleküle - > Sonnenstrahlung kurzweilig. Alle Objekte über 0 K emittieren Strahlung!

Molekulare Wärmeübertragung: Durch Anstoßen der Moleküle, wobei die M. nicht ihren Platz verlassen. Funktioniert gut, wo Moleküle dicht gepackt sind, schlecht im Weltraum!

Konvektion: Die Moleküle verändern ihren Aufenthaltsort. Wärme bzw. wird „als Luftpaket“ übertragen z.B. Advektion warmer Luftmassen. Wenn viele Moleküle transportiert werden, wird viel Energie transportiert. Funktioniert wieder nicht im Weltraum.

**15) Welche Arten der Turbulenzen gibt es die zum Energietransport beitragen?**

Thermische (Konvektion), Mechanische (an Hindernissen) und Scherungs-Turbulenz (Luftbewegung aus unterschiedlichen Richtungen aneinander vorbei)

**16) Nennen Sie alle Phasenübergänge des Wassers!**

Fest-Flüssig: Schmelzen, Flüssig-Fest: Gefrieren, Fest-Gasförmig: Sublimieren, Gasförmig-Fest: Deposition, Flüssig-Gasförmig: Verdunsten, Gasförmig-Flüssig: Kondensieren

**17) Nennen Sie Stichpunkte zur Strahlung als Transportmedium von Energie!**

- Strahlung ist wichtigster Transportmechanismus
- Funktioniert auch im Weltraum
- Die emittierte Energiemenge ist direkt proportional zur Amplitude der Welle
- Die elektromagnetische Welle: Das elektromagnetische Feld steht senkrecht und phasenverschoben auf dem magnetischen Feld
- Die Qualität / Art / Farbe (im sichtbaren Bereich – z.B. Sonnenfarbe) der Welle ist bestimmt durch Wellenlänge und Frequenz

**18) Teilen Sie die elektrische Strahlung nach der Wellenlänge ein, beginnend mit der längsten!**

Radio, Tv, Radar, Mikrowellen, IF (Wärme), sichtbares Licht, UV (UVA,UVB,..), Röntgen, Gamma, Kosmische Strahlung

**19) Was zählt man zur klimarelevanten Strahlung?**

- Terrestrische Wärmestrahlung (IR), Solare Strahlung, sekundär kosmische Strahlung (Menge der k.S., die in die Erdatmosphäre trifft, abhängig vom Sonnenwind. K.S. über Aerosolproduktion klimawirksam)

**20) Warum sehen wir das sichtbare Licht, aber das IR-Licht z.B. nicht?**

Die Augen aller Organismen haben sich kluger Weise auf den Bereich der Wellenlängen spezialisiert, der am stärksten von der Sonne emittiert wird. Die maximale Emission der Sonne liegt mit 0,48 µm Wellenlänge im Bereich des sichtbaren Lichtes.

**21) Was beschreibt das Stefan Boltzman-Gesetz?**

- Menge der emittierten Strahlungsenergie pro Flächeneinheit von Körpern, die wärmer als 0K sind:  
 $E = \text{Emissionsvermögen (von idealen schwarzen Körpern 1, sonst kleiner 1)} * \text{Boltzmannkonstante} * \text{Temperatur in der 4. Potenz.}$   
Boltzmannkonstante:  $5,67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 * \text{K}^{-4}$

## 22) Was beschreibt das Wien'sche Verschiebungsgesetz?

- Wellenlängenbereich der maximalen Emission

## 23) Wie viel mehr strahlt die Sonne im Vergleich zur Erde?

Die Sonne ist etwa um den Faktor 20 heißer als die Erde. Sie strahlt aber 160.000-fach mehr Energie ab als die Erde. **Wärmere** Objekte strahlen daher mehr als **kältere** und in **kürzeren** Wellenlängen, wie man an der kurzwelligeren Strahlung der heißen Sonne, und der langwelligeren IR-Wärme-Strahlung der kühleren Erde sehen kann.

## 24) Mit welcher Maximalwellenlänge strahlen Sonne und Erde?

Sonne: 0,48  $\mu\text{m}$

Erde: 9,6  $\mu\text{m}$

## 25) Beschreiben Sie aus den Strahlungsparametern ein einfaches Klimamodell!

Nehmen wir an, dass die eingestrahlte Energiemenge auch wieder abgestrahlt wird, dann läge die Durchschnittstemperatur bei  $-18,1^\circ\text{C}$ . Tatsächlich liegt  $T$  am Erdboden bei ca.  $15^\circ\text{C}$ . Ursache: Natürlicher Treibhauseffekt von **Wasserdampf** ca:  $33^\circ\text{C}$  in unteren Luftschichten und in Bodennähe.

## 26) Welche Prozesse gibt es beim Strahlungsauftritt auf Materie?

Absorption: Umwandlung der Strahlung in Wärme

Streuung:

→ Mie-Streuung am Aerosol:

- verantwortlich für grauen Himmel bei Bewölkung
- streuendes Objekt ist  $\approx$  oder größer als die Wellenlänge des Strahls
- geringe Wellenlängenabhängigkeit
- Streuung mit starker Vorwärtskomponente, 2. Maximum Rückwärtsstreuung (deutlich geringer)
- Abhängig von Aerosolmenge und Lichtweg

→ Rayleigh-Streuung an den Molekülen:

- Blauer Tageshimmel, roter Abendhimmel da mehr Moleküle im Strahlverlauf
- streuende Moleküle sind kleiner als die Wellenlänge des Strahls
- große Wellenlängenabhängigkeit
- Streuung symmetrisch in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung, Seiten gering
- abhängig vom Lichtweg, Luftdruck und Sonnenwinkel

→ Nicht selektive Streuung:

- verantwortlich für weiße Wolken
- An Wassertropfen
- Streuung bedeutet **Richtungsänderung** des einkommenden Strahls ohne Änderung des Energiegehaltes oder der Wellenlänge!

Reflexion: Spiegelnd oder Diffus

Transmission: Strahl geht durch Materie durch ohne seine Richtung zu ändern

## 27) Wie strahlt ein Lambertscher Reflektor?

- ideal diffus, in allen Raumrichtungen erscheint das Objekt gleich hell

## 28) Was ist die (planetare) Albedo? Nennen Sie die Formel für die Erdalbedo!

Albedo kennzeichnet den **prozentualen Anteil** an **diffus reflektierter Strahlung** beim Auftreffen auf **nicht leuchtende** und **nicht spiegelnde Körper**. Die Albedo ist abhängig von der **Beschaffenheit** des bestrahlten Objekts sowie von der **Art der eintreffenden Strahlung**! Somit unterscheidet sich die Albedo von lang- und kurzwelligeren beschienenen Körpern drastisch!

$$A_e = 0,3 = F_{\text{out}} / F_{\text{in}}$$

## 29) Wie hoch liegt die planetare Albedo?

Die planetare Albedo liegt durch Wolken, Dunst, Rauch, Land und Meere bei 30 %.

## 30) Nennen Sie Albedowerte für Neuschnee, dichte Wolken, dünne Wolken, Eis, Sand, Wald und

**bewachsene sowie unbewachsene Felder!**

- bis 90, 60-90, 30-50, 30-40, 15-45, 3-10, 10-30, 5-20

**31) Nennen Sie Stichworte zur terrestrische Strahlung und zum Treibhauseffekt!**

- Die Erde strahlt langwellige Strahlung entsprechend ihrer T ab: Stefan Boltzman-Gesetz!
- Abstrahlung im IF-Bereich: Wien'sches Verschiebungsgesetz!
- Nur 6% der Ausstrahlung erreichen den Weltraum direkt
- Rest wird in der Atmosphäre durch Moleküle absorbiert (Co<sub>2</sub>, Methan, Wasserdampf)
- Moleküle strahlen ebenso in den oberen Halbraum und in den unteren Halbraum ab - > Langwellige Gegenstrahlung ist ein Energiegewinn für die Erde – Erwärmung

**32) Von 100% solarer Einstrahlung werden...**

- 51 % am Boden absorbiert
- 19 % am oberen Rand der Atmosphäre und durch Wolken absorbiert
- 4 % vom Boden reflektiert
- 20% von den Wolken reflektiert
- 6% von der Atmosphäre reflektiert / Moleküle
- letzten drei machen globale Albedo von momentan 30 % aus.

**33) Ein Anstieg der Aerosolkonzentration kann eine Abkühlung bewirken durch?**

- Reduktion des Umfangs der Sonneneinstrahlung an der Erdoberfläche

**34) Das sichtbare Licht hat Wellenlängen von...**

0,4-0.7 µm

**35) Die längste Tageslichtdauer und die größte Sonnenhöhe ereignen sich in Japan am?**

- Sommersolstitium

**36) Wenn sich jemand am 21. Juni in den mittleren Breiten nordwärts bewegt, dann...**

- wird die Tageslänge länger und der Winkel der Sonneneinstrahlung kleiner

**37) Absorbiert ein Stein an der Oberseite Strahlung und wird dann an der Unterseite wärmer, so ist das auf...zurückzuführen?**

Molekulare Wärmeleitung

**38) Strahlung mit  $\lambda = 0,0001 - 0,100 \mu\text{m}$  wird genannt?**

Röntgenstrahlung

**39) Die SH ist wann am stärksten zur Sonne geneigt?**

Dezember

**40) Langwellige Strahlung beginnt bei ca...?**

4 µm

**41) Der funktionale Zusammenhang zwischen T und Strahlung wird durch welches G. beschrieben?**

Stefan Boltzmann Gesetz

**42) Molekulare Schwingung ist ein Beispiel für**

Kinetische Energie

**43) Die Messung der Strahlung erfolgt mit einem...?**

Pyranometer

**44) Das Ergebnis von nicht-selektiver Streuung ist ua. die...?**

Weißliche Erscheinung der Wolken

**45) Ein blauer Himmel ist das Ergebnis von?**

Rayleigh-Streuung am Molekül

**46) Verglichen mit der Strahlung der Erde hat die Sonne eine?**

Kürzere Wellenlänge und stärkere Intensität

**47) Am Südpol gibt es im Südsommerhalbjahr?**

6 Monate Tageslicht

**48) Der natürliche Treibhauseffekt wird im Wesentlichen verursacht durch:**

Wasserdampf

**49) Wann ist mechanische Turbulenz am größten?**

Bei starken Winden über rauen Oberflächen