

# Grundlagen der Klimageographie und Meteorologie

## Kapitel 1: Einführung

### 1) Welche Sphären gibt es in der Geographie?

Biosphäre, Pedosphäre, Lithosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Atmosphäre, usw.

### 2) Definieren Sie Klima, Witterung und Wetter

**Klima:** Die für einen Ort, eine Landschaft oder für einen Raum typische Zusammenfassung atmosphärischer Zustände in ihrer charakteristischen Verteilung der mittleren, häufigsten und extremen Werte. Klima ist die Statistik des Wetters, besitzt einen Mindestzeitraum von 30 Jahren in seiner Beobachtung und hat eine raumzeitliche Dimension. „Klima ist das, was man seinem Opa über die letzten 50 Jahre erzählt.“

**Witterung:** Typische Abfolge von atmosphärischen Zuständen in einem mehr oder weniger langen Zeitraum, ohne Bezug auf einen bestimmten Zeitraum: Die Witterung der Jahreszeiten, die Witterung im Advent,...

**Wetter:** Beschreibt den augenblicklichen Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort, und an einem bestimmten Zeitpunkt. „Wetter ist das, was man sieht, wenn man aus dem Fenster guckt.“

### 3) Was ist Meteorologie?

Meteorologie (von Meteor = das in der Luft befindliche), behandelt nach Aristoteles die Naturphänomene zwischen Erde und Himmel. Meteorologie ist die Wissenschaft von der Erforschung der Atmosphäre(n) und untersucht die Mechanismen, welche die Atmosphäre in ihrem komplexen Bewegungszustand halten. Meteorologie entwickelt Modelle, um den Zustand der Atmosphäre(n) vorherzusagen. Meteorologie ist die Lehre von den **physikalischen und chemischen** Vorgängen in der Atmosphäre sowie ihren **Wechselwirkungen** mit der **Erdoberfläche und dem Weltraum** an einem bestimmten **Ort** und an einem bestimmten **Zeitpunkt!**

### 4) Was machen Meteorologen?

- Vorhersage des Wetters (Print-TV-Medien)
- Lehre an UNIs
- überstaatlich, z.B. European Centre of Medium Range Weather Forecasting
- staatlich, z.B. Deutscher Wetterdienst und Bundeswehr
- Forschungsinstitute, z.B. DLR, GKSS, Karlsruhe, Jülich
- Satellitenentwickler/-betreiber, z.B. EUMETSAT, ESA
- Umweltämter
- und andere Möglichkeiten, z.B. Lufthansa, TÜV,...

### 5) Was sind meteorologische Elemente?

- Meteorologische Elemente bezeichnen die wichtigsten **Variablen / Maßzahlen**, die ein Luftelement (z.B. 1 m<sup>3</sup>Luft) beschreiben, z.B. Temperatur, Druck, Wind, etc.)
- Meteorologische Elemente können **skalare** (nur ein Wert, z.B. Temperatur) oder **vektorielle Größen** (drei Werte, z.B. der Wind mit drei Richtungskomponenten) sein.
- Es gibt auch komplexere Elemente (z.B. Schubspannungstensor) die durch **Matrizen**(i.a. 3x3 Größen) beschrieben werden müssen

### 6) Nennen Sie meteorologische Elemente und deren Bedeutung!

Druck (p): Impuls für die Luftbewegung  
Dichte (ρ): Trägheit (z.B. von Luftmassen)  
Temperatur (K): Wärmeenergie  
Feuchte (verschieden): Niederschlag, Energie, Wolken  
Windgeschwindigkeit ( Bft, KN, m/s): Schnelligkeit der Luft  
Schubspannung (σ, τ): Reibung  
Strahlungsflussdichte (F): Antrieb für globale Zirkulation

### 7) Was ist synoptische Meteorologie?

- Teilgebiet, befasst sich mit der Zusammenstellung weltweiter, zu bestimmten Zeiten **0,6,12,18 UTC**, erhobener Daten, um den aktuellen Zustand der Atmosphäre darzustellen und den zukünftigen Zustand vorherzusagen.

### 8) Was ist Klimatologie?

Innerhalb der Meteorologie und Geographie die Wissenschaft vom Klima (Klimageographie). Sie ist interdisziplinär und tangiert viele andere Wissenschaften (Geologie, Biologie, Glaziologie, Chemie, Physik, Ozeanographie usw.). Teilgebiete der K. sind Paläoklimarekonstruktion sowie Klimamodellierung. Durch den

Eingriff des Menschen in die Umwelt, darf man Ökonomie, Soziologie oder Politik auch zur „entfernten“ Klimatologie zählen. Die K. erfasst und beschreibt die Dynamik in der Atmosphäre und deren Gesetzmäßigkeiten mit Schwerpunkt auf der Interaktion zw. Erdoberfläche und Atmosphäre.

**4) Nennen Sie 9 Zeitskalen in der Klimatologie, beginnend mit der kürzesten Skala! Ordnen Sie dazu atmosphärische Phänomene!**

- Mikroklimatisch (Sekunden bis 1,5 Minuten): kleinräumige Turbulenz
- mesoklimatisch (Minuten & Stunden): Konvektion
- synoptisch (Stunden & Tage): Zyklonen / Antizyklonen
  
- globalklimatisch (Wochen & Monate): ultra lange Wellen
- intraanuar (Monate bis Jahre): Jahresgang d. T.
- interanuar (2-30 Jahre ): ENSO
  
- intrasekulär (30-300 Jahre): Phasen der Erwärmung und Abkühlung (z.B. kleine Eiszeit)
- intersekulär (3000 – 300.000 Jahre): z.B. Erwärmung nach dem LGM
- superintersekulär (bis 1 Millionen Jahre): Greenhouseworld / Icehouseworld

**5) Was beschreiben Skalen in der Meteorologie?**

- Als Skalen bezeichnet man Längen-(L) und Zeitintervalle (T)
- Man unterscheidet Skalen, mit denen gemessen wird (Maßstäbe, Auflösung) und Skalen, die typisch für meteorologische Phänomene sind (Größenordnung des Phänomens)
- Es gibt zwei unterschiedliche Zeitskalen: **Durchzugzeit** über festem Beobachter und **Durchlaufzeit** eines Partikels durch das Phänomen
- Die meisten meteorologischen Phänomene haben für sie ganz typische Längen-und Zeitskalen und es gilt: je größer die Längenskala L eines Phänomens, desto größer die dazugehörige Zeitskala T. Mit L nimmt T zu.
- Die charakteristische Geschwindigkeit  $U=L/T$  vieler meteorologischen Phänomene liegt bei ca. 1-10 m/s.
- Die Analyse der Grundgleichungen nach den Phänomenen und deren Skalen (Skalenanalyse) isoliert dominante Prozesszusammenhänge.

**6) Nennen Sie Raumskalen in der Klimageographie, beginnend mit der kleinsten Skala!**

- Mikroklima – Klima um einen Strauch
- Lokalklima – Klima eines kleinen lokalen Tales oder lokalen Stadtbereichs
- Mesoklima – Klima des Oberrheingrabens
- Makroklima - Klima der mittleren Breiten

**Genauer:**

- Zonenklima (5000 km): Gemäßigte Zone
- Großraumklima (1000 km): Mitteleuropa
- Großlandschaftsklima (100km): Rätisches Alpen
- Landschaftsklima( 10 bis 20 km): Davoser Landschaft
- Standortklima Flachland (2-4 km): Talmulde
- Standortklima Gebirge ( 100 – 1000 Meter): Talboden oder Hang
- Kleinklima (10 - 50 Meter) Hangeinschnitt
- Grenzflächenklima (cm-mm) Gesteinsblock

**6) Wie viele synoptische Stationen des DWD liefern Wetterdaten und wann?**

**Warum ist das Niederschlagsnetz enger als die Temperaturmessungen?**

Es liefern ca. 130 bemannte Stationen des DWD um 7, 13, und 19 Uhr Daten!  
Niederschlag verhält sich viel differenzierter, als die Temperatur.

**7) Umrechnung Wetterkarten: UTC zu GMT: 06 UTC entspricht wie viel Uhr GMT?**

06 UTC -> 07 GMT (bei Sommerzeit 8 GMT)

**8) Neben dem Klima, Wetter und aerologischem Messnetz betreut der DWD welche Stationen?**

**Beschreiben Sie kurz!**

Phänologische Stationen: Beobachtung der phänologischen Entwicklung (jahreszeitlich, periodischen Entwicklungserscheinungen in der Natur) von Kultur- und Nutzpflanzen. Die phänologische Entwicklung wird vor allem durch T und die solare Strahlung, bei T = über 5 Grad, gesteuert.

**9) Was ist die Atmosphäre und woraus besteht sie?**

Ein Gasgemisch, welches von der Anziehungskraft (Gravitationskonstante:  $9,81\text{m/s}^2$ ) der Erde bzw. von Planeten gehalten wird. Dazu ist notwendig:

→ ein Planet mit idealer Anziehungskraft (Erde: hält v.a. schwere Gase, leichte entweichen in den Weltraum)

→ nicht zu hohe Temperaturen auf der Oberfläche: Je wärmer es ist, desto schneller bewegen sich Moleküle und können die Gravitation überwinden (  $T$  = Ausdruck für Molekularbewegung)  
→ Vorhandene Gase (geringes Molekulargewicht (H, He); größeres Molekulargewicht (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>))

- Die Luftmoleküle bewegen sich i.W. im masselosen Raum rel. unabhängig voneinander (chaotisches Bewegungssystem – Brown'sche Molekularbewegung).
- Die A. dreht sich mit der Erddrehung mit, erfährt allerdings eine eigene Strömungsdynamik
- Die A. besteht aus: Gasen, Niederschlägen und Aerosolen (fest wie flüssig)
- Die A. ist ein Vielteilchensystem
- mehr als 100 ch. wirksame Gase in der A.
- Wasserdampf hat hochvariable Konzentration von 0 bis 4 %
- Spurengase (wie Co<sub>2</sub>) werden oft mit ppm (parts per million) angegeben: In 1.000.000 Luftmolekülen wären bei einer Co<sub>2</sub> Menge von 365 ppm 365 Moleküle enthalten
- manche Spurengase, z.B. das ozonzerstörende Chlor, kommen in noch geringeren Konzentration vor, die in parts per billion (ppb; Milliarde) angegeben werden
- einige Spurengase zeigen eine Vertikalstruktur und sind aufgrund ihrer Strahlungseigenschaften sehr bedeutsam

#### **10) Für meteorologische Belange kann „Luft“ wie betrachtet werden?**

- als ein ideales Gas (Gasmoleküle haben kein merkliches Eigenvolumen), oder als ein Gemisch von idealen Gasen (Wechselwirkungskräfte zwischen den Molekülen können vernachlässigt werden)

#### **11) Nennen Sie die 8 wichtigsten Gase der Atmosphäre, beginnend mit dem häufigsten, inkl. genauer Mengenangaben in % der ersten 4 Gase!**

Stickstoff (78%), Sauerstoff (21%), Argon (1%), Co<sub>2</sub> (ca.0,038% 2010; steigt ständig an), Neon, Helium, Ozon  
Wasserstoff. An 11. Stelle steht Methan.

#### **11) Wie groß ist der Anteil von permanenten zu variablen Gasen? Nennen Sie 3 Beispiele!**

99,96 % permanente Gase (Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Argon, Neon, Krypton,...)  
0,04 % variable Gase (Co<sub>2</sub>, Methan, Wasserdampf, Ozon)

#### **12) Ist die Atmosphäre eine Homosphäre?**

Bis etwa 100 km Höhe ist die Atmosphäre eine Homosphäre, in der Gase durch die temperaturabhängige Molekularbewegung homogen verteilt sind: Bei 0 Grad, bewegt sich ein Sauerstoffmolekül mit 1656 km/h! Ab etwa 100 km Höhe wird sie heterogen, mit einer Ansammlung von (von unten nach oben) O, He und H in Schichten.

#### **13) Beschreiben Sie die Atmosphäre vom Erdboden bis zum Weltraum im Hinblick auf atmosphärische Stockwerke, klassifiziert nach Temperatur, Ladung, Homo-oder Heterosphären und Reibung!**

##### ***Klassifikation nach T:***

0 bis ca. 18 km: Troposphäre (wetteraktiv), an den Polen nur bis etwa 8 km, am Äquator bis etwa 16 km Höhe, bei uns bis 12 km Höhe. Temperatur sinkt mit der Höhe auf ca. -70 Grad.

Grenzschicht Troposphäre -> Stratosphäre

18 bis ca. 50 km: Stratosphäre: Temperatur steigt auf ca. +10 Grad an

Grenzschicht Stratosphäre -> Mesosphäre: Stratopause

50 bis ca. 85-100 km: Mesosphäre: Temperatur sinkt auf -80 Grad.

Grenzschicht Mesosphäre – Thermosphäre: Mesopause

100 bis ca. 690 km: Thermosphäre: Temperatur steigt auf 1700 Grad

Grenzschicht Thermosphäre – Exosphäre: Thermopause

690 km bis in das Weltall: Exosphäre, Temperatur sinkt auf den absoluten Nullpunkt bei -273,1 Grad im Weltraum.

##### ***Klassifikation nach Zusammensetzung:***

0 bis 100 km- homogen, 100 bis Ende: heterogen

##### ***Klassifikation nach Ionisierung***

0-80 km: Neutrosphäre

80-13.000 km: Ionosphäre

13.000 km bis zum Weltraum: Protonosphäre

##### ***Klassifizierung nach Reibung***

0- 1,5 km: Peblosphäre (Die Schicht, die von Reibung beeinflusst wird)

Über 1,5 bis 2 km bis in den Weltraum: Freie Atmosphäre

**14) Was ist die Peblosphäre und wie lässt sie sich gliedern?**

Untere Atmosphärenschicht nach der Klassifikation der Reibung bis 1,5 oder 2 km Höhe:

mm - 0 Meter: Laminare Unterschicht – Lufthülle unmittelbar um Materie

0-2 Meter: bodennahe Grenzschicht (Geigerschicht): Menschen, Sträucher, Tiere

2- 50 Meter: bodennahe Luftschicht (Prandtlschicht): Hochwald

50m-2 km: planetare Grenzschicht

**15) Ca XXX % der atmosphärischen Masse liegt unterhalb von XXX km?**

90; 16

**16) Die Hälfte der atmosphärischen Masse liegt unterhalb von XXX km?**

5,6

**17) Warum verändert sich die Höhe der Tropopause in den mittleren Breiten besonders oft?**

Durch die Wechsel von Tief- und Hochdruckgebieten

**15) Sauerstoffbilanz: Woher stammt der Sauerstoff? Wurde so viel produziert, wie in der Atmosphäre noch vorhanden ist?**

Der Sauerstoff stammt zum größten Teil aus der Photosynthese. 95 % des so gebildeten Sauerstoffs sind jedoch der Oxidation von Schwefel und Eisen zum Opfer gefallen, nur 5 % sind noch in der Atmosphäre vorhanden. Ein kleiner Teil stammt auch aus der Photodissoziation (Auftrennung einer molekularen Bindung durch Absorption elektromagnetischer Strahlung) des Wasserdampfs.

**16) Beschreiben Sie die Photosynthesegleichung!**

Wasser+Co<sub>2</sub> -----Licht----> Zucker (Stärke) + Sauerstoff

**17) Was sind Hydrometeore nach der WMO?**

Hydrometeore sind Ansammlungen von flüssigen oder gefrorenen Wasserteilchen, die in der Luft schweben oder fallen, durch den Wind von der Oberfläche aufgewirbelt sind, oder sich an Gegenständen am Boden bzw. in der Luft ansetzen

**17) Nennen Sie Stichworte zu: Wasserdampf, Co<sup>2</sup>, Methan, Lachgas, Ozon, Aerosole?**

**Wasserdampf**

- Absorbiert langwellige Strahlung und ist daher wichtigstes natürliches Treibhausgas mit einem Erwärmungseffekt von 33 Grad.
- nur 0,25% der Masse der gesamten Atmosphäre
- Konzentration nimmt schnell mit der Höhe ab (Quelle: Erdboden)
- Höchste Konzentration in den unteren 5 km
- Verweilzeit: 9 bis 10 Tage, dann wieder Regen

**Co<sup>2</sup>**

- höchster Co<sup>2</sup>-Gehalt seit 2 Mio. Jahren
- Klimagas
- Aktueller Wert: knapp 390 ppm, steigend
- Verweilzeit: 150 Jahre
- Quellen: pflanzliche, tierische und menschliche Respiration, Zersetzung von organischen Materialien, Vulkane, natürliche und anthropogene Verbrennung
- Senken: Ozeane, Regenwälder, Sedimentgesteine, Photosynthese

**Methan**

- Klimagas
- Co<sub>2</sub>-Äquivalenz: 23-25
- Verweilzeit: 10 Jahre
- Aktueller Wert: 1,7 ppm (höchster seit 420.000 Jahren), steigend
- Quellen: Verbrennung von Biomasse, Nassreisenaubau, Viehwirtschaft, Sümpfe, Meeres- und Gewässerböden

**Lachgas**

- Co<sub>2</sub>-Äquivalenz: 310
- Verweilzeit 120 Jahre
- Aktueller Wert: 325 ppb
- 1/3 menschliche Quelle: ch. Industrie, Düngung, bakterieller Abbau im Boden

## **Ozon**

- Natürliches Ozon in Stratosphäre: ist lebensnotwendig
- Anthropogenes Ozon: Sommersomg: ist schädlich

### **18) Was sind Aerosole?**

- kleine suspendierende feste UND flüssige Bestandteile der Atmosphäre
- auf 1cm<sup>3</sup> kommen 1000 Aerosole
- natürliche und anthropogene Verbrennung
- Fördern Schmelzprozesse auf Gletschern durch Albedorückkopplungen
- Sehr heterogen verteilt
- Verantwortlich für Global Dimming, jetzt aber rückläufiges Phänomen
- Verantwortlich für Wolkenbildung
- Fungieren als Dünger

### **19) Was ist der Unterschied zwischen Aerosolen und Spurengasen?**

Aerosole sind flüssig oder fest, nicht jedoch gasförmig.

### **24) Die Dichte der Luft ist in unteren Luftschichten größer, weil...**

In niederen Schichten eine größere atmosphärische Masse über ihr liegt.

### **25) Was kann die Ozonschicht zerstören?**

- Chloratome der FCKWs

### **26) Die Prandtschicht ist Teil der...**

Peobosphäre

### **27) Die Lufttemperatur in der Atmosphäre**

Ist sehr heterogen verteilt, (siehe Aufgabe 13)

### **28) Die größte Stationsdichte des DWD steht für...**

Niederschlag

### **29) Folgende Sphäre hat keinen wesentlichen Einfluss auf das Klima:**

- Asthenosphäre

### **30) Positiv geladene Teilchen entstehen in der Ionosphäre durch**

Adsorption langwelliger Strahlung

### **31) Die höchste Ozonkonzentration besteht in der...**

Stratosphäre

### **32) Das Nordlicht (Aurora Borealis) entsteht in der...**

Ionosphäre

### **33) In welchen atmosphärischen Stockwerken gibt es folgende Phänomene?**

Flugzeuge: Troposphäre

Meteore: Mesosphäre

Wetterballon: Stratosphäre

Nordlicht: unterer Teil der Thermosphäre

Raumfahrzeug: Exosphäre

Asteroiden: Außerhalb der Exosphäre: Asteroid Apophis in 30.000 km (1/10 Erde-Mond)