

Begriffe für das Glossar: Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Lithosphäre, Biosphäre, Anthroposphäre, Troposphäre

Text 1: Eine Übersicht über die Teilsphären

Das Klimasystem wird meist in **Komponenten** oder Teilsphären unterteilt (→ Abb. 1-6): Atmosphäre, Hydrosphäre (die Wassersphäre: Ozeane, Seen, Flüsse, Grundwasser), Kryosphäre (die gefrorene Sphäre: Eisschilde, Gletscher, Meereis), Pedo- oder Lithosphäre (Boden und Gesteinsoberfläche), Biosphäre und Anthroposphäre (derjenige Teil des Erdsystems, der durch den Menschen beeinflusst und verändert wird). Jede der Sphären kann – je nach Gesichtspunkt – weiter unterteilt werden. Die Atmosphäre wird oft weiter unterteilt in Troposphäre (untere Atmosphäre), Stratosphäre und Mesosphäre (zusammen auch als «mittlere Atmosphäre» bezeichnet) und obere Atmosphäre (vgl. → Abb. 2-3). Die Troposphäre kann weiter unterteilt werden in die planetare Grenzschicht (die vom Erdboden beeinflusste Schicht), die freie Troposphäre und die Tropopausenregion. Gliederungskriterien für solche Einteilungen sind die **Temperaturschichtung**, die mechanische Beeinflussung vom Boden her oder die chemische Zusammensetzung.

Das Klimasystem besteht aus den Teilsystemen Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre, Pedosphäre und Biosphäre

Die Troposphäre ist die «Wetterschicht» und enthält fast den gesamten Wasserdampf

Temperatur nimmt mit der Höhe rasch ab

Das zentrale Studienobjekt der Meteorologie und Klimatologie ist die **Troposphäre**. Sie umfasst die untersten 8 km (in den hohen Breiten) bis 16 km der Atmosphäre (in den Tropen). In ihr spielen sich die meisten wetterbildenden Prozesse ab. Der Name leitet sich aus dem griechischen Wort «tropos» ab, welches «Wendung» oder «Bewegung» bedeutet. Die Troposphäre ist also die bewegte Schicht. Sie umfasst 85–90 % der Masse der Atmosphäre und beinhaltet fast den gesamten Wasserdampf. In der Troposphäre findet vor allem durch Konvektion intensiver vertikaler Austausch statt. Die Temperatur nimmt mit der Höhe rasch ab, an einem Sommertag in Mitteleuropa von ca. 25 °C auf ca. –65 °C (vgl. → Kap. 4). Dieses Buch wird sich in der Folge fast ausschließlich mit der Troposphäre befassen.

Die Troposphäre wird in sich noch weiter unterteilt (vgl. auch → Abb. 1-6). Die untersten 1–1.5 km bilden die **planetare Grenzschicht** (→ Abb. 2-6), welche durch den Erdboden thermisch und mechanisch beeinflusst wird und in welcher die meisten Stoffflüsse in die Atmosphäre stattfinden (vgl. → Kap. 8.3). Darüber liegt die **freie Troposphäre**, welche von der Erdoberfläche nicht mehr direkt beeinflusst wird und in welcher sich die meisten Wettervorgänge abspielen. Die **Tropopausenregion**, die kälteste Region der Atmosphäre, stellt den Übergang in die Stratosphäre dar. Die Tropopause unterbindet respektive reguliert den Austausch zwischen der Troposphäre und der Stratosphäre.

(entnommen aus: S. Brönnimann. *Klimatologie*. Haupt Verlag, Bern, 2017. S. 23–24 und S. 48.)

Text 2: Was charakterisiert die Teilsphären?

Sonne, Atmosphäre, Meere, Schnee sowie Gletscher, die Lebewesen der Erde, die Bewegung der Erdplatten und auch der Mensch wirken auf unterschiedliche Weise auf das Klima. Sie bilden die Elemente des Klimasystems.

Die Atmosphäre

Die heutige Atmosphäre ist die dünne Gashölle der Erdougel, die in ca. 10 km Höhe in den Weltraum übergeht. Sie ist das sich am schnellsten ändernde Element des Klimasystems und der Ort des sich rapide ändernden Wettergeschehens.

Der unterschiedliche Einfallswinkel, mit dem die Sonnenstrahlung auf die Erdougel trifft, ist letztlich der Grund dafür, dass es verschiedene Klimazonen auf der Erde gibt (tropisches, subtropisches, gemäßigtes, kaltes und polares Klima). Darauf weist auch die Bedeutung des Wortes „Klima“ hin, das dem Griechischen entstammt und „ich neige“ bedeutet. In niederen Breiten ist der Neigungswinkel der Sonnenstrahlung steil, in höheren Breiten dagegen flach.

Die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre ist ein weiterer wichtiger Klimafaktor, da sie einen entscheidenden Einfluss auf den Strahlungshaushalt der Atmosphäre besitzt. Die Atmosphäre setzt sich hauptsächlich aus Stickstoff (78,1 %), Sauerstoff (20,9 %) und Argon (0,93 %) zusammen. Klimawirksam sind allerdings nur die so genannten Spurengase wie Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffoxid (N_2O) und Ozon (O_3), deren Anteil zusammen unter 1 % liegt, sowie der Wasserdampf in der Atmosphäre, dessen Anteil an der Atmosphäre im Mittel bei 1 % liegt. Diese Spurengase sind für den sogenannten natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich, durch den die globale Mitteltemperatur von -18°C auf $+15^\circ\text{C}$ erhöht wird, wobei Wasserdampf das wichtigste natürliche Treibhausgas ist.

Die Hydrosphäre

Die gesamte Wassermenge der Erde wird auf 1,4 Milliarden Kubikkilometer geschätzt. 96,5 % davon befinden sich in den Ozeanen und 71 % der Erdoberfläche sind von Ozeanen bedeckt. Die Ozeane machen also den größten Teil der Hydrosphäre aus und wirken daher von allen Elementen der Hydrosphäre am stärksten auf das Klima.

Die Kryosphäre

Eis und Schnee, zusammenfassend als Kryosphäre bezeichnet, haben eine besondere Bedeutung für die Umwandlung der einfallenden Solarstrahlung in Wärmeenergie. Die hellen Oberflächen von Eis und Schnee reflektieren 50 – 90 % der einfallenden Sonneneinstrahlung zurück in den Weltraum. Diesen Effekt nennt man Albedo. Dieser Teil der Sonnenstrahlung wird also nicht von der Erdoberfläche absorbiert und in Wärme umgewandelt. Ozeane und dunkler Ackerboden können dagegen 80 – 90 % des Sonnenlichts aufnehmen, erwärmen sich dabei und geben daraufhin Wärme an die Atmosphäre ab.

Die Biosphäre

Das Leben auf der Erde hat für die Zusammensetzung der Atmosphäre eine entscheidende Bedeutung. So entziehen das Phytoplankton der Meere und die Pflanzengemeinschaften auf dem Land durch ihre Photosynthesetätigkeit der Atmosphäre und dem Meerwasser ständig Kohlenstoffdioxid. Dieses wird bei der Atmung von Pflanzen, Tieren und Menschen und der bakteriellen Zersetzung der Organismen wieder frei.

Die Biosphäre besitzt auch einen direkten Einfluss auf das Klima. So ist beispielsweise die Art der Bodenbedeckung mitverantwortlich für den Anteil der reflektierten Sonneneinstrahlung - die Albedo, für die Windverhältnisse und den Wasseraustausch mit der Atmosphäre. So weist z. B. ein Regenwald - wie im Amazonasgebiet - eine sehr geringe Albedo auf. Ersetzt man ihn durch Weideland, wird von dort etwa doppelt so viel Strahlung reflektiert wie zuvor.

Die Lithosphäre

Land und Meer wirken sich unterschiedlich auf das Klima aus. Die Verteilung von Land und Meer ist

daher ein Klimafaktor, der sich aber nur über Zeiträume von vielen Millionen Jahren verändert. Vor etwa 45 Millionen Jahren ging eine lange Wärmeperiode unserer Erde zu Ende. Eine Ursache dafür war nach dem heutigen Kenntnisstand die Umstellung der ozeanischen Zirkulation, weil die Kontinente ihre Lage veränderten. Der antarktische Kontinent trennte sich von Australien und Südamerika. Dadurch entstand rund um die Antarktis ein Ozeangürtel mit kalten Meeresströmungen. Dieser Kaltwasserring blockierte die Warmwasserzufuhr aus den tropischen Regionen zur Antarktis. Als Folge wuchsen die Eisschilde der Antarktis.

(entnommen und gekürzt aus: D. Kasang, M. Heinecke-Herzog, C. Queisser, F. Siemer, M. Thiele, R. Fischer, H. Dimpfl und S. Hlawatsch. *Modul 10, Klimasystem und Klimageschichte, Begleittext für Lehrkräfte*. Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, 2005. S. 12—18.)

Text 3: Was sind die wichtigsten Prozesse in den Teilsphären?

Das Klimasystem besteht aus fünf Komponenten, die nachstehend, mit einigen der wichtigen Prozessen als Beispiele, aufgelistet sind:

- 1. Atmosphäre:** Gasförmiger Bereich oberhalb der Erdoberfläche. Wettergeschehen, Strahlungsbilanz, Bildung von Wolken und Niederschlag, Strömung von Luftmassen, Reservoir von natürlichen und menschgemachten Spurengasen, Transport von Wärme, Wasserdampf, Spurenstoffen, Staub und Aerosolen;
- 2. Hydrosphäre:** Sämtliche Formen von Wasser auf und unter der Oberfläche der Erde. Dies schliesst den gesamten Ozean und den globalen Wasserkreislauf ein, nachdem der Niederschlag die Erde erreicht hat. Globale Verteilung und Veränderung der Zuflüsse zu den verschiedenen Ozeanbecken, Strömung von Wassermassen, Transport von Wärme und Spurenstoffen im Ozean, Austausch von Wasserdampf und anderen Gasen zwischen Ozean und Atmosphäre, wichtigstes Reservoir von schnell mobilisierbarem Kohlenstoff;
- 3. Kryosphäre:** Sämtliche Formen von Eis im Klimasystem, also Landeismassen, Eisschelfe, Meereis, Gletscher, und Permafrost. Langfristige Wasserreserven, Änderung der Strahlungsbilanz der Erdoberfläche, Beeinflussung des Salzgehaltes in kritischen Regionen der Weltmeere;
- 4. Landoberfläche:** Feste Erde. Lage der Kontinente als bestimmender Faktor der Klimazonen und der Ozeanströmungen, Veränderung des Meeresspiegels, Umwandlung von kurz- in langwellige Strahlung, Reflektivität der Landoberfläche (Sand verschieden von Fels, oder anderen Formen), Reservoir von Staub;
- 5. Biosphäre:** Organische Bedeckung der Landmassen (Vegetation, Boden) und marine Organismen. Bestimmt den Austausch von Kohlenstoff zwischen verschiedenen Reservoiren, und somit die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre, sowie die Budgets vieler anderer Gase, und damit auch die Strahlungsbilanz. Bestimmt die Reflektivität der Oberfläche und damit die Strahlungsbilanz (z.B. Tundra verschieden von Steppe), beeinflusst Wasserdampftransfer Boden-Atmosphäre, und via die Rauigkeit, Impulsübertrag Atmosphäre-Erde.

Eine sechste Komponente, die besonders für die Abschätzung künftiger Veränderungen relevant ist, wird oft ebenfalls als Teil des Klimasystems berücksichtigt: die **Anthroposphäre** (ανθρωπος = Mensch), das heisst diejenigen Prozesse, die durch den Menschen verursacht oder beeinflusst werden. Dabei sind die Emission von Substanzen, die die Strahlungsbilanz verändern, und die Veränderung der Landnutzung (Abholzung, Versteppung, Versiegelung) die wichtigsten.

(entnommen aus: T. Stocker. Einführung in die Klimamodellierung. Vorlesungsskript, Physikalisches Institut, Universität Bern WS 2002/2003. S. 3—4.)