

Die Atmosphäre ist kein isoliertes System, sondern steht mit anderen Komponenten des Erdsystems in Wechselwirkung, wie zum Beispiel der Hydrosphäre (Wasser im Ozean, Flüssen und Seen). Sie ist aber auch mit der Kryosphäre (Eis und Schnee), der Biosphäre (Tiere und Pflanzen), der Pedosphäre (Böden), und der Lithosphäre (Gestein) in Kontakt. Alle Bestandteile zusammen bilden das Klimasystem, dessen Komponenten und Prozesse auf vielfältige Weise miteinander verknüpft sind und sich gegenseitig beeinflussen. Inzwischen hat man viele Prozesse verstanden. Das Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren ist aber derart komplex, dass noch immer viele Fragen offen sind.

### Land – Atmosphäre Wechselwirkung

Die Erde nimmt je nach Farbe und Untergrund einen Teil der Sonneneinstrahlung auf und strahlt einen Teil als Wärme in die Atmosphäre ab. In Zeiträumen von Jahrtausenden verschieben sich Landmassen in andere Klimazonen.

### Schnee und Eis

Schnee und Eis haben ein hohes Rückstrahlvermögen (Albedo), so reflektieren sie einen großen Teil der kurzwelligen Sonneneinstrahlung. Ein Verschwinden führt zu einer besonders raschen Erwärmung (Eis-Albedo-Rückkopplung).

### Vegetation

Je nach Beschaffenheit speichern Pflanzen Wärme und Feuchtigkeit und nehmen Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf. Änderungen im Angebot von Nährstoffen, Wärme und Feuchtigkeit kann Vegetationsformen stark verändern.

### Menschliche Eingriffe

Kohlendioxid und andere Gase, die durch menschliche Aktivitäten zusätzlich in die Atmosphäre eingetragen werden, führen durch Absorption von Wärmestrahlung zu einer zusätzlichen Erwärmung.

### Ozeanwirbel

Ozeanwirbel können durch Windänderungen, Dichte- oder Temperaturunterschiede entstehen. Sie können dabei nicht nur an der Meeresoberfläche, sondern sich auch großen Meerestiefen aufsetzen.

### Meereis

Meereis kann große Meeresgebiete wie den arktischen Ozean oder rund um die Antarktis ganzjährig oder saisonal schwankend überdecken. Ein Verschwinden des Meereises hat durch die starke Veränderung der Albedo einen sehr großen Klimaeffekt.

### Physikalische Parameter

Änderungen von Temperatur- und Salzgehalt bestimmen die Schichtung und die Stabilität in der Wassersäule. Dadurch können vertikale Umlagerungen verstärkt oder aber auch unterbunden werden.

### Marine Ökologie

Eingriffe in das marine Ökosystem, wie etwa durch Nährstoffeinträge können zu großskaligen Änderungen der CO<sub>2</sub>-Aufnahmefähigkeit führen. Die zunehmende Ozeanerwärmung gefährdet die Artenvielfalt, zum Beispiel in Korallenriffen.

### Vulkanische Gase und Partikel

Vulkanausbrüche können durch in die Atmosphäre ausgestoßene Asche- und Schwefelmassen die Sonneneinstrahlung in der Atmosphäre und das Klima verändern.

### Chemische Wechselwirkungen

Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre, wie zum Beispiel der Eintrag von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKWs), kann zu signifikanten chemischen Reaktionen führen, wie den Ozonabbau in der Stratosphäre.

### Atmosphärische Zirkulation

Die großräumigen Windsysteme werden durch die unterschiedliche Einstrahlung zwischen den Polen und Äquator sowie durch Land- und Meer-Verteilung und die Erdrotation bestimmt. Dadurch stellen sich typische Zirkulationsmuster ein.

### Sonneneinstrahlung

Unsere Sonne liefert die Energie für das Klimasystem auf der Erde. Die Strahlungsintensität unterliegt Schwankungen wie durch den natürlichen elfjährigen Zyklus der Sonnenaktivität. Durch die sich ändernde Bewegung der Erde um die Sonne ändert sich die Temperatur auf der Erde aber auch auf langen Zeitskalen.

### Wolken und Niederschlag

Wolken und Niederschläge sind wichtige Komponenten im Energie- und Impulshaushalt der Atmosphäre. Sie haben starke Wechselwirkungen zur Vegetation, sind aber auch für viele dynamische Prozesse wie Stürme entscheidend.

### Ozean – Atmosphäre Wechselwirkung

Der Austausch von Impuls und Energie zwischen Ozean und Atmosphäre ist ein wichtiger Treiber natürlicher Klimaschwankungen auf unterschiedlichen Zeitskalen von Stunden bis Jahrzehnten.

### Verdunstung

Verdunstung ist ein elementarer Bestandteil des Feuchtezyklus der Erde. Ohne Verdunstung keine Niederschläge. In Gebieten mit hoher Einstrahlung und starken Winden ist die Verdunstung besonders ausgeprägt.

### Wärme flüsse

Der Wärmeaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre kann mehrere 100 Watt pro Quadratmeter betragen. Besonders in hohen Breiten mit starken Temperaturgegensätzen ist dies ein wichtiger Prozess.

### Wind und Wellen

Die Winde regen die Oberflächenströmungen im Meer an. Zusammen mit der ablenkenden Kraft der Erdrotation und der Gestalt der Meeresbecken verleiht der Wind dem weltweiten System der Oberflächenströmungen seine charakteristische Form. Durch den Impulsübertrag generierte Wellen können Höhen von mehr als 10 Meter erreichen und für eine starke Durchmischung der oberflächennahen Schicht sorgen.

### Meeresströmungen

Die großräumige Zirkulation im Ozean transportiert enorme Mengen an Energie durch die Weltmeere. Ein Beispiel hierfür ist der Golfstrom im Nordatlantik.

### Austausch von Gasen

Neben Sauerstoff und Kohlendioxid werden zwischen Ozean und Atmosphäre viele Spurengase ausgetauscht. Dies beeinflusst unter anderem biogeochemische Wechselwirkungen im Ozean.

### Nährstoff- und Kohlenstoff flüsse

Das Angebot von Nährstoffen ist ein entscheidender Faktor für die biologische Produktivität im Ozean. In Gebieten hoher Produktivität wird viel Kohlenstoff gebunden und in tiefere Ozeanschichten transferiert.

