

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Lehrziele</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Einführung</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre</b>	<b>8</b>
3.1	Bildung der heutigen Erdatmosphäre	8
3.2	Aufbau der Atmosphäre	10
3.3	Zusammensetzung der trockenen Atmosphäre	12
<b>4</b>	<b>Funktionen der Atmosphäre</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Klima und Wetter</b>	<b>16</b>
5.1	Beschreibende Klimatologie	19
5.2	Klimaklassifikationen	21
5.2.1	Genetisch-dynamische Klassifikationen	21
5.2.2	Effektive Klassifikationen	22
<b>6</b>	<b>Stoffkreisläufe und natürliche Emissionen</b>	<b>25</b>
6.1	Globale Stoffkreisläufe	25
6.2	Ausgewählte Stoffkreisläufe	26
6.2.1	Wasserkreislauf	26
6.2.2	Kohlenstoffkreislauf	27
6.2.3	Stickstoffkreislauf	29
6.2.4	Schwefelkreislauf	31
6.3	Natürliche Emissionen	33
6.3.1	Vulkane	33
6.3.2	Weitere natürliche Emissionen	34
<b>7</b>	<b>Chemie der Atmosphäre</b>	<b>35</b>
7.1	Allgemeines	35
7.2	Die Troposphäre als chemischer Reaktor	35
7.2.1	Photochemische Primärreaktionen	36
7.2.2	Ozonbildung durch Photolyse von $NO_2$	37
7.2.3	Photolyse von Ozon	37
7.2.4	Beispiele für oxidative Abbauprozesse durch Photooxidantien	39
7.2.5	Saurer Smog	39
7.2.6	Photosmog	40
7.3	Die Stratosphäre als Reaktor	42
7.3.1	Das stratosphärische Ozon	43
7.3.2	Weitere Spurengase in der Stratosphäre	44

---

7.3.3	Das Ozonloch	46
<b>8</b>	<b>Energetische Wechselwirkungen zwischen Erde und Sonne</b>	<b>48</b>
8.1	Extraterrestrisches Strahlungsangebot	48
<b>9</b>	<b>Treibhauseffekt und Klimakatastrophe</b>	<b>55</b>
9.1	Klimaänderung	58
<b>10</b>	<b>Quellen und Ursachen anthropogener Emissionen</b>	<b>61</b>
<b>11</b>	<b>Schadwirkungen von Luftinhaltsstoffen</b>	<b>66</b>
11.1	Wirkungen auf Lebewesen	66
11.2	Wirkungen auf die unbelebte Umwelt	69
<b>12</b>	<b>Rio-Konvention, Lokale Agenda 21 und Sustainable Development</b>	<b>72</b>
12.1	Einführung	72
12.2	Beschlüsse von Rio	73
12.3	Klimarahmenkonvention	74
12.4	Lokale Agenda 21	75
<b>13</b>	<b>Immissionen und Immissionsschutz</b>	<b>77</b>
13.1	Historischer Abriss	77
13.1.1	Immissionsschutzrecht	77
13.2	Immissionsmessungen	80
<b>14</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>15</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>84</b>
<b>16</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>86</b>
<b>17</b>	<b>Anhang</b>	<b>87</b>
17.1	Lösungen zu den Aufgaben	87
17.2	Abbildungen	92
<b>18</b>	<b>Glossar</b>	<b>97</b>

# 1 Lehrziele

Die *Atmosphäre* fungiert als stoffliche Quelle und Senke für die meisten biologischen Vorgänge auf der Erde. Auf Grund physikalischer Wechselwirkungen mit der eintreffenden Sonnenstrahlung ist die Atmosphäre zudem in den Energiehaushalt unseres Planeten einbezogen, über den wiederum maßgeblich Klima und damit Temperatur und Lebensbedingungen beeinflusst werden.

Die Atmosphäre ist jedoch kein unveränderliches System. Außer durch natürliche Emissionen wird das System Atmosphäre durch *anthropogene* (vom Menschen verursachte) *Emissionen* gestört. Folgen für das Leben auf der Erde sind somit unausweichlich. Um ein Verständnis für Ursachen und Wirkungen dieser Störungen zu entwickeln, werden in dieser Kurseinheit zu Beginn wesentliche Grundlagen der Chemie und Physik der Atmosphäre erläutert. Darauf aufbauend werden die Quellen anthropogener Emissionen aufgezeigt und die resultierenden Auswirkungen verdeutlicht. Schließlich wird der *Immissionsbegriff* eingeführt, dessen rechtliche Ausgestaltung als wesentliche Grundlage zum Schutz des Menschen und der Umwelt durch anthropogene Emissionen dient. Ergänzt wird die Kurseinheit durch einen Ausblick in gesellschaftliche und technische Konzepte zum Klimaschutz.

Emissionen

## 2 Einführung



### Lufthülle

Die uns umgebende Lufthülle wird als selbstverständlich angenommen – meist ohne in Frage zu stellen, wie wichtig Luft für das gesamte Leben auf unserer Erde ist. Luft ist ein unverzichtbares Gut. Jeder Mensch ist auf sie angewiesen, denn wir atmen tagtäglich - je nach körperlicher Aktivität - etwa 20 bis 50 Kubikmeter Luft ein und stellen auf diese Weise dem menschlichen Körper den lebensnotwendigen Sauerstoff zur Verfügung.

### Hauptbestandteile

Diese Anschauungsweise darf aber nicht dazu verleiten, die Lufthülle – die wir im folgenden als Atmosphäre bezeichnen werden - und die Vorgänge in ihr oberflächlich zu beleuchten und unsere Betrachtungen auf die Hauptbestandteile Sauerstoff und gegebenenfalls noch Stickstoff zu konzentrieren.

### Kohlendioxid

Gerade die chemische Verbindung Kohlendioxid als viertgrößter Bestandteil der Atmosphäre ist eine unverzichtbare Quelle allen pflanzlichen Lebens. In der Photosynthese, dem Primärzyklus der pflanzlichen Biochemie, fungiert Kohlendioxid als Ausgangssubstanz, aus welcher komplexe chemische Verbindungen aufgebaut werden. Pflanzen wiederum stellen wegen ihrer Nahrungsfunktion die Grundlage des tierischen und damit auch des menschlichen Lebens dar.

Doch damit ist das Wichtigste nicht allein erkannt. Denn die Spurenbestandteile der Luft sind Komponenten in den Reaktionen der Atmosphäre und beeinflussen nahezu sämtliche Ökosysteme.

### Filter

Bei der Energielieferung der Sonne spielt die Atmosphäre ebenfalls eine wichtige Rolle. Sie filtert die von der Sonne ausgehenden Strahlungen, wodurch Strahlungskomponenten, die für das Leben auf der Erde schädlich sind, zurückgehalten werden. Und im Wechselspiel Atmosphäre - Sonne zeigen sich komplexe Phänomene wie Klima und Wetter.

Da die Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung sehr vielschichtig und keinesfalls trivial sind, kann nicht allein der Versuch weiterhelfen, einzelne willkürlich ausgewählte Teilaspekte einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Vielmehr ist die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtungsweise gegeben.

Dieser Kursabschnitt soll dazu führen, sich eingehender mit der Atmosphäre, ihren Bestandteilen und Funktionen im Gesamtzusammenhang zu beschäftigen. Daraufhin können im einzelnen die Folgen menschlicher Aktivitäten auf der Erde verstanden werden - um schließlich die außerordentliche Bedeutung des Atmosphärenschutzes zu erkennen. Auf diese Weise wird ein Bogen gespannt, der über die in dieser Kurseinheit behandelten Grundlagen der Chemie und Physik der Atmosphäre weiterreicht bis hin zu aktuellen umweltpolitischen Diskussionen oder Fragen des betrieblichen Umweltschutzes, die in aufbauenden Kurseinheiten des Studiums der Umweltwissenschaften intensiv beleuchtet werden.

Atmosphärenschutz