

# Das Erdklima und seine Veränderungen müssen gemessen und verglichen werden

## Wetter und das natürliche Erdklima

Unter Wetter wird in der Meteorologie der kurzzeitige aktuelle physikalische Zustand unserer Atmosphäre verstanden. Daraus lassen sich über längere Zeiträume betrachtet das örtliche Klima und dann, über große Distanzen gemittelt das gesamte Klima der Erde bestimmen. Wetteraufzeichnungen und Wettervorhersagen gehören heute zu den Errungenschaften unserer Zivilisation, die benötigt werden für den persönlichen Schutz vor Nebel, Glatteis oder Lawinen und andere Naturereignisse, aber auch für mehr technische Errungenschaften, wie den Straßen-, See- oder Luftverkehr.

Basis aller Wetter- und Klimadaten sind Messwerte überwiegend in der bodennahen Wetterstation und in jüngster Zeit auch die per Satelliten erfassten Werte. Die wesentlichen zu messenden meteorologischen Messgrößen sind hierbei:

- Lufttemperatur
- Windgeschwindigkeit und -richtung
- Luftdruck
- Luftfeuchtigkeit
- Niederschlag
- Luftrübung und Luftinhaltsstoffe und
- solare und terrestrische Strahlung
- In jüngster Zeit sind hier Gase und deren Konzentrationen, wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  am Boden und in verschiedenen Höhen der Atmosphäre dazugekommen, sowie weitere Gase wie Methan, Fluorkohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid.

Die Sonne bestimmt unser Wetter. Sie strahlt riesige Energiemengen auf die Erde, oberhalb der Erdatmosphäre 1368 Watt pro Quadratmeter. Unsere Erde wird ungleichmäßig beschienen, wir finden Tag und Nacht sowie die längeren Sommertage und die kür-

zeren Wintertage. Daher erhält die Atmosphäre unseres Planeten im globalen Jahresmittel allerdings nur ein Viertel der Strahlung, entsprechend  $342 \text{ W/m}^2$ .

Der Ausgleich dieser ungleichen Bestrahlung bewirkt die bekannten Luft- und Wasserbewegungen, die in Extremfällen bis zu Wirbelstürmen oder Überschwemmungen führen können.

Ein Teil dieser Strahlung, etwa 70 %, steht für die Erwärmung der Atmosphäre und der Erdoberfläche zur Verfügung. Durch die Reflexion wird ein Teil (ca. 30 %) an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre unmittelbar in den Weltraum zurückgestrahlt.

Von den eingestrahlt  $342 \text{ W/m}^2$  werden  $67 \text{ W/m}^2$  (d. h. ca. 20 % der Solar konstanten) von Wolken, Wasserdampf, Staub und Ozon in der Atmosphäre absorbiert und erwärmen so die Atmosphäre direkt.  $168 \text{ W/m}^2$  (d. h. ca. 50 % der Solarkonstanten) werden von der Wasser- und Erdoberfläche absorbiert und erwärmen diese.

Die erwärmte Erde emittiert dann Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung), deren auf die Erde gerichteter Anteil als atmosphärische Gegenstrahlung die Erdoberfläche zusätzlich zum Sonnenlicht erwärmt, und der in den Weltraum gerichtete Teil bewirkt eine »Kühlung«.

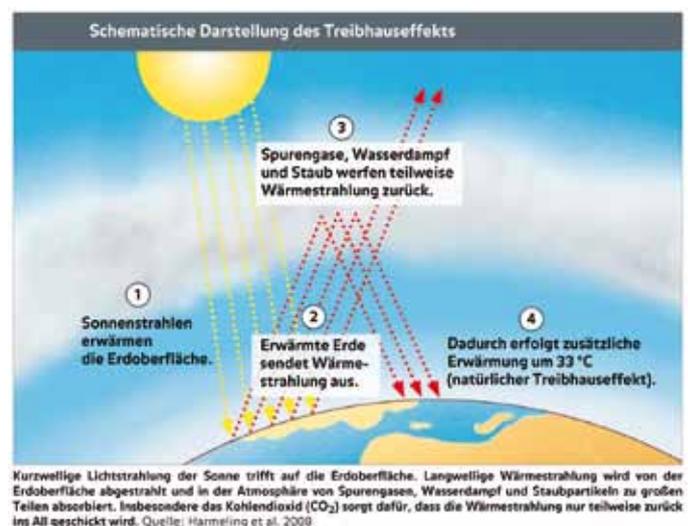
Strahlungsbeeinflussende gasförmige Stoffe in der Luft absorbieren einen Teil der vom Boden abgegebe-

nen Infrarotstrahlung, die sonst in das Weltall gestrahlt würde. Dies bewirkt eine Rückstrahlung auf die Erde, wodurch sich deren Temperatur erhöht. Hier sind insbesondere  $\text{CO}_2$  und andere Treibhausgase zu nennen, die diesen Effekt verstärken.

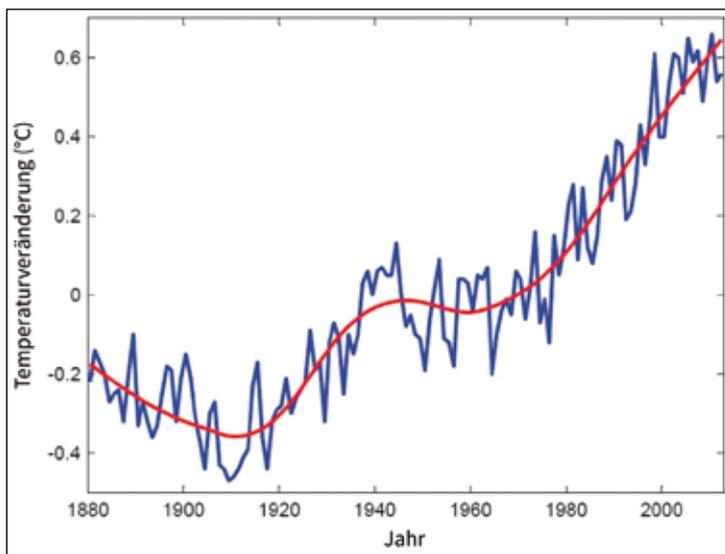
Auf der Erde verbleibt nur ein geringer Teil der eingestrahlt Sonnenenergie, mit dem alle biologischen Vorgänge auf unserem Planeten in Betrieb gehalten werden. Da alle meteorologischen Größen direkt oder indirekt von der Sonnenstrahlung beeinflusst werden, ergeben sich hier charakteristische Tages- oder Jahresverläufe.

## Das vom Menschen beeinflusste Klima

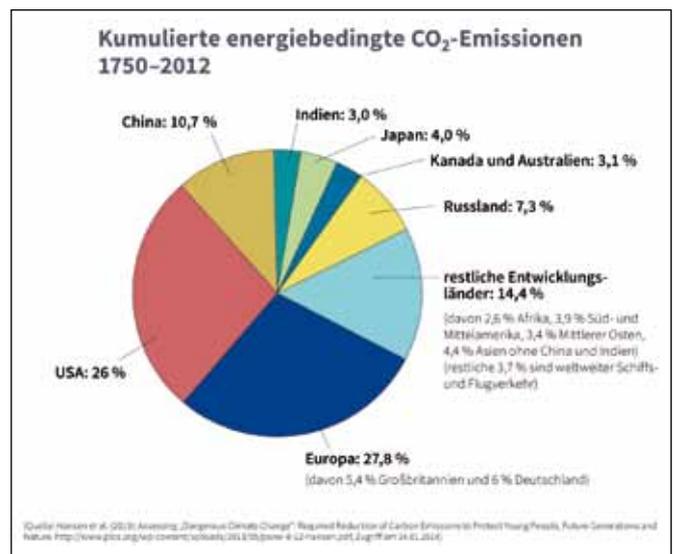
Wir beobachten eine globale Klimaänderung seit Beginn der Wetteraufzeichnungen etwa um 1880 bis heute, mit einer Erhöhung von fast  $2^\circ \text{ Celsius}$  bisher. Da gleichzeitig die Verwendung von fossilen Brennstoffen (wie Holz, Kohle oder Öl) stark zugenommen hat, ist der beobachtete Anstieg der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre durch Menschen verursacht.



### ▲ Energiebilanz der Erde.



▲ **Klimaänderungen seit Beginn der Temperaturaufzeichnung.**  
Quelle: Der globale Klimawandel (©Germanwatch 2014)



▲ **Die 10 größten CO<sub>2</sub>-Produzenten der Erde.**  
Quelle: Der globale Klimawandel (©Germanwatch 2014)

Durch industrielle, chemische oder landwirtschaftliche Prozesse vom Menschen wird mehr CO<sub>2</sub> erzeugt und gelangt in die Atmosphäre. Ein wesentlicher Faktor ist hierbei die Verbrennung fossiler Stoffe, z. B. zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Betreibung von Heizungen und Maschinen in Industrie und Verkehr. Der Bedarf der stetig anwachsenden Menschheit an Nahrung, Werkstoffen, Energie und industriellen Produkten wird sich nicht wirksam einschränken lassen. Daher muß in den nächsten Jahrzehnten mit einer weiteren Verstärkung dieser negativen Effekte zu rechnen sein.

Die CO<sub>2</sub> Konzentration wird auch in den nächsten Jahren weiter ansteigen. Damit verbunden ist eine weitere globale Erwärmung; dies hat heute schon sichtbare Folgen, wie steigende Meeresspiegel, schmelzende Gletscher, schrumpfende Polarkappen, Verschiebungen von Klimazonen, Vegetationszonen und Lebensräumen. Davon sind große Teile der Erdbewohner schon heute betroffen. Dieser Effekt wird sich verstärken. Ein Umdenken wird aber dringender, je weiter die Zeit fortschreitet. Ein jahrelang beschrittener Weg, die Lösung des Energiebedarfs durch atomare Erzeugung zu bewerkstelligen, ist durch Unfälle bzw. zerstörende Umweltereignisse heute

wieder in Frage gestellt. Es wird hier letztendlich nur die Nutzung der regenerativen Energien, die mit Anlagen unter Einsatz von Wasser, Wind und Solartechnik betrieben werden, übrig bleiben.

### Was tun wir?

Eine wichtige Frage ist natürlich: Wer sind die Verschmutzer unserer Umwelt? Wie reagieren diese Verschmutzer? Hier sind die großen Industriestaaten zu nennen, sowie China und Indien, Russland und Brasilien.

Mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 16,9 Tonnen pro Kopf und Jahr gehören die USA zu den größten Verursachern des Klimawandels. In China mit 1,36 Milliarden Einwohnern sind es 6,68 Tonnen pro Kopf. Deutschland liegt mit 9,07 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf auch an vorderer Front.

### Internationale Konferenzen zum Klima

Weltweit beachtete Konferenzen fanden unter anderem statt in:

**Kyoto – 1997:** Erstmals werden rechtlich verbindliche Ziele für Emissionshöchstmengen für Industrieländer international festgelegt.

**Bali – 2007:** Deutschlands Forderungen an die Industriestaaten: 30 % CO<sub>2</sub>-Einsparungen.

**Kopenhagen – 2009:** Ein Folgeab-

kommen für das Kyoto-Protokoll konnte mangels Einigkeit nicht verabschiedet werden. Im Copenhagen Accord (rechtlich unverbindlicher) »Minimalkonsens«: Erderwärmung soll bis zum Jahre 2100 auf maximal 2 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau begrenzt werden.

**In Paris 2015** nahmen 195 Staaten teil und es waren 150 Staats- und Regierungschefs anwesend. Insgesamt wurden 40.000 Teilnehmer und 3000 Journalisten gezählt.

Bei der Eröffnung in Paris signalisierten sie den unbedingten Willen der Staatengemeinschaft, eine gemeinsame Antwort auf die Bedrohung durch den Klimawandel zu geben.

### Ziele und getroffene Vereinbarungen

Eine erste Klimarahmenkonvention wurde 1992 in Rio de Janeiro beschlossen. Inzwischen hat sich aber die Lage in der Welt grundlegend verändert. 1990 verursachten Industrieländer rund 60 % der globalen Emissionen. Heute sind es nur noch etwa ein Drittel. 2030 werden Entwicklungsländer für rund drei Viertel der jährlichen globalen Emissionen verantwortlich sein.

Am 12. Dezember 2015 wurde in Paris ein Klimaabkommen beschlossen, dass die Begrenzung der globalen

---

Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C im Vergleich zu vorindustriellen Zeiten vorsieht. Dies kann nur mit einer sehr konsequenten und sofort beginnenden globalen Klimaschutzpolitik erreicht werden. Dazu gehört einerseits eine Reduktion und langfristig eventuell sogar der Ausstieg der Nutzung von Kohle, Öl und Gas zur Mitte des Jahrhunderts.

Andererseits wurde in Paris ein Solidaritätspaket für diejenigen vereinbart, die von den Folgen des bereits stattfindenden Klimawandels besonders betroffen sind. Dabei soll den weniger finanzstarken Staaten mit 100 Milliarden Dollar jährlich ab dem Jahre 2020 bis zunächst 2025 geholfen werden. Völkerrechtlich verbindlich wird der Vertrag erst mit der sogenannten Ratifizierung, die in Deutschland und in 54 weiteren Ländern die Zustimmung des Parlaments erfordert. Während über die Ursachen der globalen Erwärmung weitgehende Einigkeit besteht (hauptsächlich menschliche Emissionen von Treibhausgasen), werden ihre Folgen intensiv erörtert.

### **Umsetzungen der Beschlüsse**

Die Festlegung von Beschlüssen besagt noch nicht, dass die Vereinbarungen auch wirklich umgesetzt werden. Denn der Pariser Vertrag tritt erst in Kraft, wenn mindestens 55 Staaten den Vertrag unterschrieben und ratifiziert haben, die zusammen für mindestens 55 % der weltweiten CO<sub>2</sub> – Emissionen verantwortlich sind. Die beiden größten Produzenten von Treibhausgasen, die USA und China, haben jedoch diesmal eine Ratifizierung des Pariser Abkommens noch im Jahr 2016 in Aussicht gestellt.

Bisher haben etwa mehr als ein Dutzend kleinere Staaten unterzeichnet, deren Emissionen insgesamt jedoch weit unter 1 % liegen.

### **Wie sieht das Klima der Zukunft aus**

Es ist zu erwarten – oder zu befürchten – dass die mittlere globale Temperatur bis zum Ende dieses Jahrhunderts um 2 bis über 3 °C ansteigen wird. Dies führt heute schon zu einer Erwärmung der Luft, der Ozeane und der Landmassen, die weitergehen wird. Mit dieser Aufheizung nehmen tropische Wirbelstürme um 30 % zu. Der Meeresspiegel wird wahrscheinlich um über 50 cm ansteigen, und die eisbedeckten Flächen der Erde werden auf 50 % reduziert werden. Diese Prognosen deuten auf Gefährdung vieler Lebensgebiete auf der Erde hin. Die Bewohnbarkeit ganzer Landstriche erscheint unmöglich.

Ein weiterer Anstieg der Treibhausgase wird die Gesundheit vieler Menschen, Tiere und Pflanzen ernsthaft gefährden. Daher bedarf es Anstrengungen aller, um die erwarteten Wirkungen gering zu halten. Wir sollten damit anfangen.