

## WIE DAS WETTER ENTSTEHT

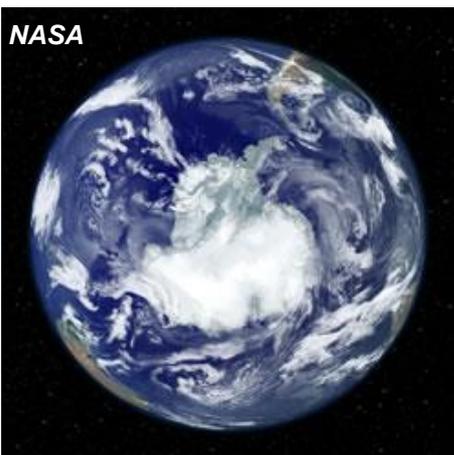
Die **Sonne** ist der Motor unseres Wettergeschehens. In ihrem Zentrum befindet sich ein gewaltiger Kernfusionsreaktor, der bei extremen Temperaturen bis zu 15,7 Mio. Grad und unermesslichen Druckverhältnissen eine unvorstellbare Energiemenge erzeugt. Nach Durchquerung des Sonneninneren gelangt diese an die Sonnenoberfläche und wird von dort nahezu gleichförmig in alle Richtungen in den interplanetaren Raum ausgesendet. Dabei verteilt sie sich auf einer immer größer werdenden Kugeloberfläche und ihre Intensität nimmt mit wachsender Entfernung von ihrer Quelle ab. Auf Höhe der Erdbahn, immerhin bereits etwa 149,6 Mio. Kilometer von der Sonne entfernt, beträgt die solare Bestrahlungsstärke noch 1323-1415W/m<sup>2</sup>, wobei die höheren Werte Anfang Januar registriert werden, wenn sich die Erde entlang ihrer elliptischen Umlaufbahn um die Sonne am sonnennächsten Punkt befindet. Nimmt man den Mittelwert von 1368W/m<sup>2</sup> und multipliziert diesen mit der Querschnittsfläche der Erde, so ergibt das immerhin enorme **175.000.000GW** Leistung am Oberrand der Erdatmosphäre, mit welcher der **Motor des Wetters** betrieben wird.



Die Strahlungsleistung, die auf die Erde einwirkt, ist Änderungen unterworfen. Kurzzeitige Schwankungen ergeben sich z.B. aus der halbregelmäßigen Abfolge von Minima und Maxima im 11jährigen Sonnenfleckenzyklus (das nächste Maximum wird für 2014 erwartet). Längerfristig ist auch die Stärke der Aktivitätsmaxima von Bedeutung. So war die **Sonnenaktivität** z.B. von 1935 bis 2005 außergewöhnlich hoch, während andererseits z.B. in den Jahren 1645-1715 („**Maunder-Minimum**“) der Aktivitätszyklus komplett zum Erliegen kam. Dieser Zeitraum fällt mit der Hauptphase der so genannten „**Kleinen Eiszeit**“ zusammen, einer Ära, in welcher kalte Winter und kühle Sommer deutlich häufiger vorkamen als heute und die Gletscher weltweit Vorstöße erzielten.

## KLIMASCHWANKUNGEN

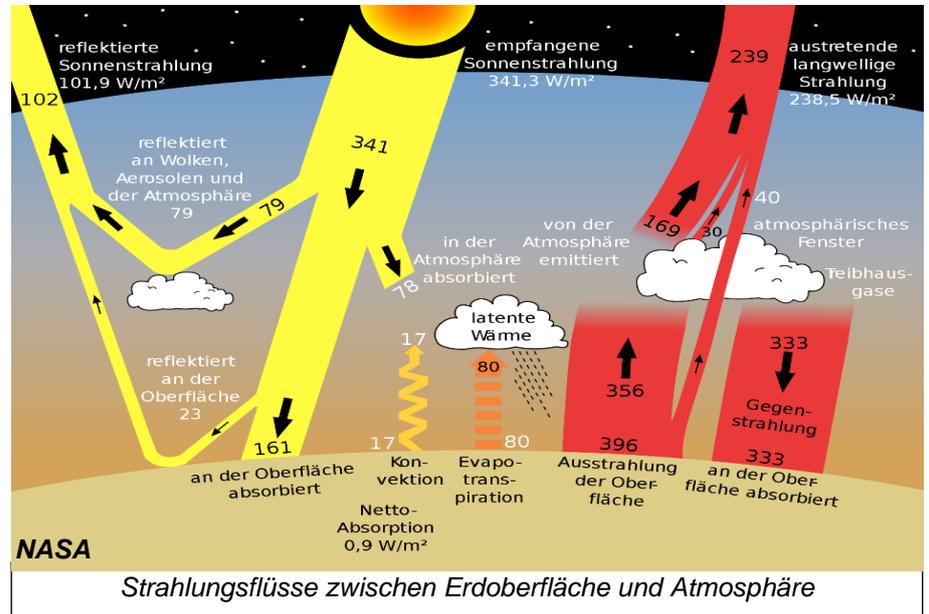
Schwankungen des Klimas sind aber nicht nur auf die Sonne zurückzuführen. Bereits die natürliche Variation der drei **Erdbahnparameter** „Exzentrizität“ (wie elliptisch ist die Erdbahn ?), „Periheldrehung“ (zu welcher Jahreszeit ist Sonnennähe/ferne ?) sowie „Neigung der Rotationsachse“ zeigen schon einen markanteren Einfluss, welcher Kalt- und Warmzeiten ankurbeln kann. Noch bedeutender sind allerdings die **Prozesse der Plattentektonik**. So kann z.B. die Verschiebung eines Kontinents vom Äquator in polare Breiten die gesamte Weltstrahlungsbilanz beeinflussen, wenn riesige dunkle Waldgebiete, die zuvor noch die eintreffende Sonnenstrahlung großteils absorbierten, nun hellen Eis- und Schneeflächen Platz machen müssen. Schließen sich Landmassen zu einem Superkontinent zusammen, so beginnen riesige Regionen in dessen Inneren zu vegetationslosen Trockengebieten zu veröden, da von den auf einmal weit entfernten Meeren keine Wolke mehr nach innen dringt. Gebirgsfaltungen greifen markant in die atmosphärische Zirkulation ein. Und das Öffnen und Schließen von Meeresstraßen kann Strömungen ankurbeln, die sogar Eiszeiten verursachen.



*Die Eiszeit, in der wir uns derzeit befinden, ist in beiden Polargebieten manifestiert. Die seit 12.000 Jahren andauernde etwas mildere Zwischeneis-Phase wird als „Holozän-Interglazial“ bezeichnet.*

## TREIBHAUSEFFEKT

Aber nicht nur die Erdoberfläche, auch die Atmosphäre prägt unser Klima in erheblichem Maße. So befinden sich neben den Hauptbestandteilen Stickstoff (~76,1%) und Sauerstoff (~20,4%) noch weitere Elemente in der Lufthülle, von denen einige zwar nur in Spuren vorkommen, aber als so genannte Treibhausgase eine durchaus beachtliche Klimarelevanz entfalten. Die bedeutendsten Treibhausgase sind **Wasserdampf** (~2,6%), **Kohlendioxid** (~0,04%) sowie **Methan** (~0,0002%). Speziell die Konzentration der beiden letztgenannten weisen hohe Schwankungen im Laufe der Erdgeschichte auf. Ohne Treibhauseffekt wäre kein Leben auf der Erde möglich, die Erdoberflächentemperatur würde im Mittel nur -18°C betragen. Erst aufgrund der Fähigkeit der Treibhausgase, die langwellige Strahlungsemission der Erdoberfläche teilweise zu absorbieren und wieder zu emittieren,



beträgt die tatsächliche Temperatur nahe der Erdoberfläche derzeit etwa **+15°C** (während der vergangenen 500 Mio. Jahre schwankte sie etwa zwischen +7°C und 23°C).

## VULKANAUSBRÜCHE

Auch Vulkanausbrüche manifestieren sich in unserem Klimasystem, speziell wenn es sich um große oder gar kolossale Ausbrüche handelt, wie zum Beispiel Krakatoa (Indonesien, 1883) oder zuletzt auch Pinatubo (Philippinen, 1991), wo mehr als  $10\text{km}^3$  vulkanisches Material bis in Höhen über 30km geschleudert wurde. Bei derartigen Ereignissen bildet sich in der **Stratosphäre** eine **Sulfataerosolschicht**, welche aus der Reaktion von gasförmigen Schwefelkomponenten mit Wasserdampf hervorgeht, dazu kommen Schichten aus **Vulkanasche** in meist niedrigeren Levels. Mit den in den jeweiligen Höhen vorherrschenden Windsystemen werden diese Schichten dann nahezu hemisphärenweit, teils auch über beide Erdhalbkugeln verteilt und können danach monatelang, mitunter sogar einige Jahre stabil verweilen. Die Folge sind tolle Dämmerungserscheinungen, aber auch eine vorübergehende **Abkühlung** von **1°C oder mehr**, welche auf die durch die Abschirmung reduzierte Sonneneinstrahlung zurückzuführen ist.

## ENERGIEUMVERTEILUNG

Die Absorption der Sonnenstrahlung erfolgt sowohl zeitlich als auch räumlich sehr unterschiedlich. Die horizontalen Gegensätze werden durch die annähernd kugelförmige Gestalt der Erde verursacht; zu den jahreszeitlich wechselnden Bedingungen kommt es vor allem aufgrund der Neigung des Erdäquators um  $23^\circ 26'$  gegen die Ekliptik. Dies führt zu gewaltigen Energietransporten, die von **imposanten Meeresströmungen** (v.a. Golfstrom im Nordatlantik sowie Kuroshiostrom im Nordpazifik) sowie **mächtigen atmosphärischen Zirkulationszellen** (besonders ausgeprägt in den mittleren Breiten der Südhalbkugel) bewerkstelligt werden.