



KLIMA WANDEL

**MYTHEN UND FAKTEN:
DIE ANTWORTEN AUF
DIE HÄUFIGSTEN IRRTÜMER
ZUM KLIMAWANDEL**

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Seit 1880 ist die globale Durchschnittstemperatur um bis zu 0,8 Grad Celsius gestiegen, und die zehn wärmsten Jahre seit Beginn der Wetteraufzeichnungen lagen alle innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte. Parallel dazu stieg der Meeresspiegel im vergangenen Jahrhundert um 17 Zentimeter, und 2013 überschritt der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre den Rekordwert von 400 ppm (Teile pro Million) – erstmals seit 25 Millionen Jahren.

Sorge bereitet dabei weniger das Ausmaß der Veränderungen, sondern vielmehr deren Geschwindigkeit. So stiegen die Temperaturen in den letzten 100 Jahren nahezu doppelt so schnell an wie zuvor – ein deutliches Warnsig-

nal. Man geht davon aus, dass der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre in den nächsten Jahrhunderten Extremwerte von 1.500 ppm erreichen könnte, wenn wir unseren Lebensstil nicht ändern. In der Folge werden die Polkappen schmelzen, der Meeresspiegel wird ansteigen und die damit einhergehenden Klimaveränderungen werden jahrtausendelang zu spüren sein.

Doch für viele Menschen sind die Veränderungen noch nicht spürbar. Obwohl die Gletscher sich zurückziehen, das Eis der Arktis dünner wird und zahlreiche Tierarten sich schon jetzt an neue Gegebenheiten anpassen müssen, stehen uns die dramatischsten Szenarien erst noch bevor.

Durch die permanente Beobachtung der Erde und die Auswertung der erfassten Daten

entwickeln Wissenschaftler Modelle, mit denen mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Erde simuliert werden können. Mit Satelliten werden Messungen durchgeführt und aktuelle, vergangene und zukünftige Entwicklungen analysiert.

Aufgrund der Forschungsergebnisse versuchen die Staaten, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um die Folgen des Klimawandels für unseren Planeten abzumildern. Wenn wir jetzt handeln, gibt es eine Chance, den Klimawandel noch in den Griff zu bekommen. Das wird nicht ohne Einschränkungen und Abstriche möglich sein, und vielfach wollen wir den dramatischen Prognosen daher lieber nicht glauben. Doch wir haben nur diese eine Erde, und es könnte schon bald zu spät sein.

DAS KLIMA ERWÄRMT SICH NICHT, DENN WIR HATTEN EXTREME KÄLTEWELLEN

Im letzten Winter fielen die Temperaturen in Südeuropa auf zweistellige Werte unter Null, und Länder, in denen die Temperaturen im Winter normalerweise mild sind, versanken unter einer Schneedecke. Zur gleichen Zeit meldete die Wetter- und Ozeanografiebehörde der USA (NOAA) doppelt so viele heftige Schneestürme in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wie in der ersten. Angesichts solcher Kälterekorde ist es nicht verwunderlich, dass manch ein Skeptiker am Klimawandel zweifelt. Doch sind

Wetterphänomene nicht dasselbe wie Klima: „Wetter“ bezeichnet ein Ereignis in einem begrenzten Zeitraum, der Begriff „Klima“ langfristige Entwicklungen.

Über der Arktis und der Antarktis liegen im Winterhalbjahr Kaltluftzonen, sogenannte Polarwirbel. An ihren Rändern treffen diese auf Starkwinde (Jetstreams), die warme Luft vom Äquator mitführen. Die sehr kalte Winterluft wird dadurch normalerweise erwärmt; ein Anstieg des Luftdrucks über der Arktis oder eine



Eisige Temperaturen in Städten wie New York schüren Zweifel am Klimawandel.

Unterbrechung des Jetstreams bewirken aber, dass die kalten Luftmassen weiter nach Süden gelangen und es in Nordamerika, Europa und Asien ungewöhnlich kalt werden kann.

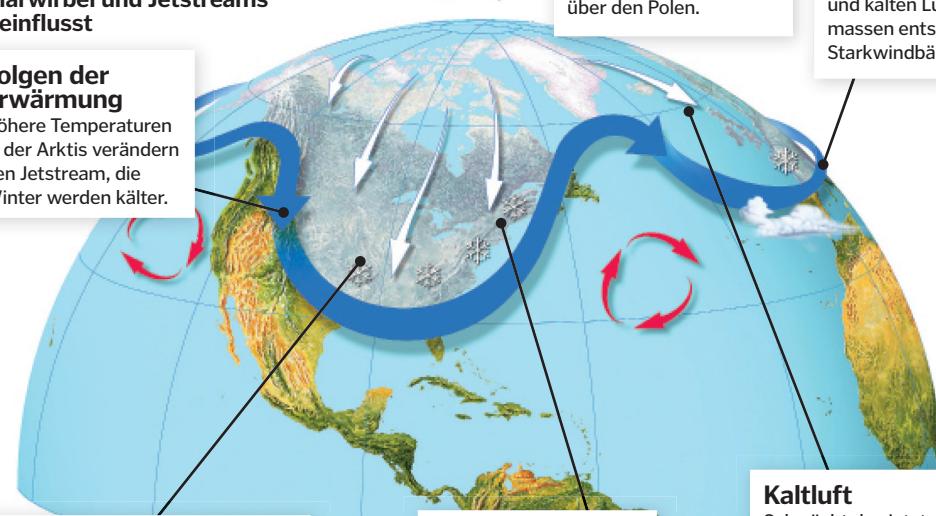
Global gesehen steigen die Temperaturen jedoch, und im Durchschnitt ist es heute ein Grad wärmer als 1880.

Arktische Kälte

Wie der Klimawandel
Polarwirbel und Jetstreams
beeinflusst

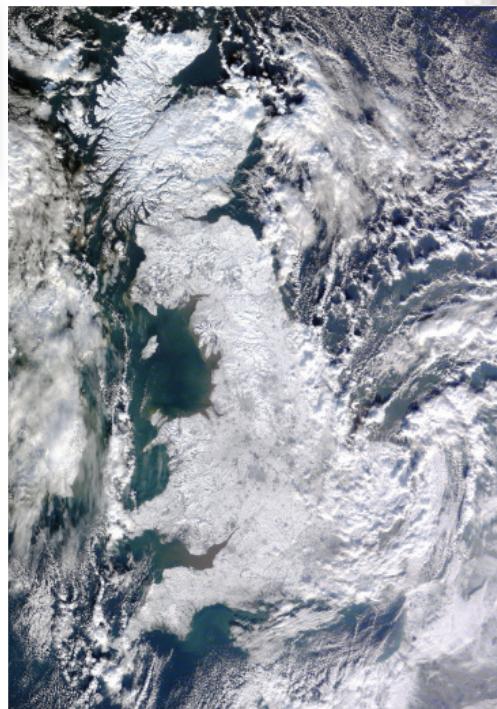
Folgen der Erwärmung

Höhere Temperaturen in der Arktis verändern den Jetstream, die Winter werden kälter.



Schneefall

Jetstreams strömen nicht gerade von Ost nach West, sondern in Wellen, und tragen so Kaltluft nach Nordamerika, Europa und Asien.



© NASA, SPL, Thinkstock

Das Satellitenbild der NASA zeigt eine Schneedecke über den britischen Inseln im Winter 2010.

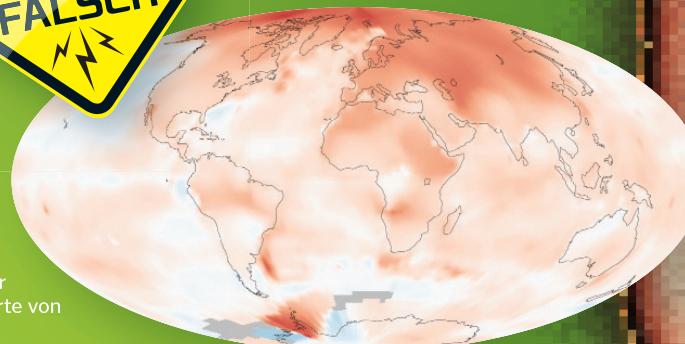
WISSENSCHAFTLER SIND BEIM KLIMAWANDEL UNEINS

Die Erde wird wärmer. Das belegen die Temperaturaufzeichnungen verschiedener Organisationen über die letzten 100 Jahre hinweg. Bei der Frage nach den Ursachen stehen wir letztlich selbst am Pranger – darüber sind sich die allermeisten Wissenschaftler einig. Das ergab die Auswertung unzähliger Dokumente, die sich mit dem Klimawandel beschäftigen. Geklärt werden sollte, ob ein Großteil der Wissenschaftler die Klimaerwärmung als gegeben ansieht, und vor allem, welche Ursachen sie dafür verantwortlich machen. Laut der Ergebnisse aus sieben

2016 veröffentlichten Studien sind 90 bis 100 Prozent der Fachleute überzeugt, dass der Mensch die Schuld an der Erwärmung trägt.

Diese Annahme wird gestützt durch die Akademien der Wissenschaften aus 80 Ländern sowie durch den Weltklimarat IPCC, einer Institution der Vereinten Nationen, der Hunderte von Klimaexperten angehören.

Die Argumente der Experten lassen sich nur schwer widerlegen, und wir sollten nun endlich entsprechend handeln – je früher, desto besser.



Rot eingefärbte Bereiche zeigen, wo es zwischen 2000 und 2009 wärmer war als in den Jahren 1951 bis 1980.



DIE HEUTIGEN KLIMAÄNDERUNGEN SIND VÖLLIG NATÜRLICH

Es gab Zeiten, zu denen es auf der Erde deutlich wärmer war als heute. Geologische Untersuchungen haben ergeben, dass vor 54 bis 48 Millionen Jahren (im frühen Eozän) bis zu 14 Grad höhere Temperaturen auf unserem Planeten herrschten – Temperaturen, die dazu führten, dass sogar die Pole vollständig abschmolzen.

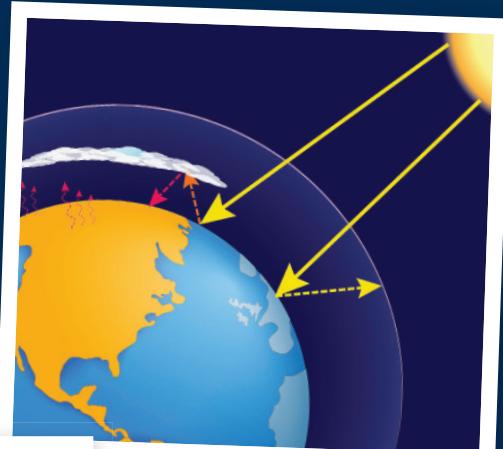
Aufgrund ihrer elliptischen Umlaufbahn bewegt sich die Erde in unterschiedlichen Abständen zur Sonne. Dies hat einen maßgeblichen Einfluss auf unser Klima und spielte auch eine Rolle bei der Entstehung der Eiszeiten. Die unterschiedlichen Aktivitätsgrade der Sonne bewirken Temperaturveränderungen. Durch Vulkanausbrüche gelangen

große Mengen von CO₂ in die Atmosphäre, was die Temperaturen auf der Erde ansteigen lässt, während Rußpartikel das Sonnenlicht absorbieren und zur Abkühlung führen. Solche temperaturverändernden Ereignisse gab es schon immer.

Doch in den letzten Jahrzehnten sind die Temperaturen schneller angestiegen als je zuvor. Hochkomplexe Klimamodelle, die den Einfluss des Menschen herausrechnen, können die natürlichen Muster zwar bis in die 1950er Jahre erklären, jedoch nicht die rasante Entwicklung danach. Erst dann, wenn der von uns Menschen produzierte Anteil mit eingerechnet wird, ergibt sich ein schlüssiges Modell.

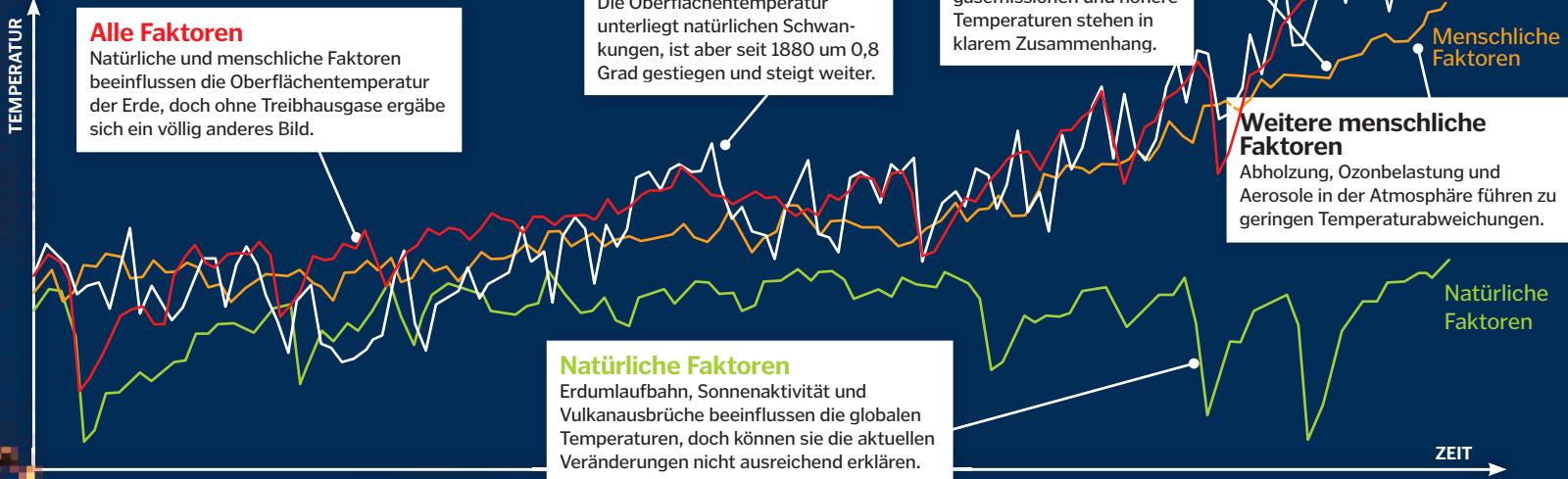


Der Einfluss des Menschen verstärkt den natürlichen Temperaturanstieg. Enorme Mengen von CO₂ und Methan werden ausgestoßen und legen sich wie eine Glaskugel um die Erde.



Natürlich oder menschengemacht?

Das Goddard-Institut der NASA erhebt Daten, um die Ursachen der Klimaerwärmung aufzudecken



Alle Faktoren

Natürliche und menschliche Faktoren beeinflussen die Oberflächentemperatur der Erde, doch ohne Treibhausgase ergäbe sich ein völlig anderes Bild.

Gemessene Temperatur

Die Oberflächentemperatur unterliegt natürlichen Schwankungen, ist aber seit 1880 um 0,8 Grad gestiegen und steigt weiter.

Menschliche Faktoren

Treibhausgase sind der größte menschliche Faktor der Klimaerwärmung. Der Anstieg der Treibhausgasemissionen und höhere Temperaturen stehen in klarem Zusammenhang.

Alle Faktoren

Beobachtete Werte

Weitere menschliche Faktoren

Abholzung, Ozonbelastung und Aerosole in der Atmosphäre führen zu geringen Temperaturabweichungen.

Natürliche Faktoren

Steigende Temperaturen erhöhen das Risiko für Extremwetterlagen.



EXTREME WETTERLAGEN SIND EINE DIREKTE FOLGE DES KLIMAWANDELS



In den letzten Jahren ist eine deutliche Häufung extremer Wetterereignisse zu beobachten. So gab es beispielsweise in den USA mehr Hitzewellen, sogar in üblicherweise eher kühlen Gegenden wie Alaska. Auch Winterstürme nehmen zu, ebenso wie starke Regenfälle innerhalb kurzer Zeitspannen. Stürme über dem Nordatlantik treten häufiger auf, sind heftiger und dauern länger. Dennoch lassen sich diese Fakten nicht unmittelbar auf den Klimawandel zurückführen. 2014 veröffentlichte die NOAA einen

Bericht zu Extremwetterereignissen auf der ganzen Welt im Jahr 2016. Dabei ließ sich zwar ein Zusammenhang zwischen von Menschen verursachten Emissionen und Hitzewellen herstellen, eine Korrelation zu Dürren, Starkregenereignissen oder Stürmen hingegen nicht. Die Zahl extremer Wetterphänomene wird durch steigende globale Temperaturen sicherlich zunehmen, eine eindeutige Ursache-Folge-Kette lässt sich aber für ein einzelnes Wetterereignis nicht herstellen.

METHAN IST DAS PROBLEM, NICHT CO₂



Seit der industriellen Revolution sind die CO₂-Werte in der Luft ständig angestiegen, und CO₂ als Treibhausgas ist in aller Munde. Aber Kohlendioxid ist nicht das einzige für die Klimaerwärmung verantwortliche Gas: Methan heizt die Erde 30-mal stärker auf. Es entsteht bei der Zersetzung organischer Stoffe – bei Transport und Produktion fossiler Brennstoffe, bei der Erdgasgewinnung, wenn Pflanzen verrotten und Tiere verwesen, in

Rindermägen und in der Schweinezucht. Dennoch ist Methan nicht hauptverantwortlich für die Klimaerwärmung. Die CO₂-Emissionen sind wesentlich höher, da viel mehr CO₂ erzeugt wird als Methan. 2014 betrug der CO₂-Anteil an den Treibhausemissionen in den USA 81 Prozent, der von Methan lediglich 11. Darüber hinaus beträgt die durchschnittliche Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre 120 Jahre, bei Methan aber nur 9 bis 15 Jahre.

„Es gibt eindeutige wissenschaftliche Belege für die Klimaerwärmung.“

Weltklimarat

MEHR CO₂ IST GUT FÜR DIE PFLANZEN, DIE ES ZUM WACHSEN BRAUCHEN

Kohlendioxid ist ein zentrales Element der Fotosynthese. Pflanzen wandeln mit Hilfe von Sonnenlicht Wasser und Kohlendioxid zu Glucose um und erzeugen so Energie für nahezu alles Leben auf unserem Planeten.

Ein höherer CO₂-Gehalt in der Atmosphäre müsste das Pflanzenwachstum daher anregen – so die These. Ganz so einfach ist es jedoch nicht. Forscher der Universität Stanford haben in einer dreijährigen Studie untersucht, wie unsere Pflanzenwelt sich in den nächsten 100 Jahren entwickeln würde, wenn auch andere Umweltfaktoren sich wie prognostiziert ändern.

Sie verdoppelten deshalb nicht nur CO₂, sondern erhöhten auch Temperatur, Regenmenge und Stickstoffgehalt. Das überraschende Ergebnis war, dass eine Kombination dieser Faktoren das Pflanzenwachstum hemmt.



Mehr CO₂ fördert zwar das Pflanzenwachstum, weitere Faktoren führen jedoch zum gegenteiligen Effekt.

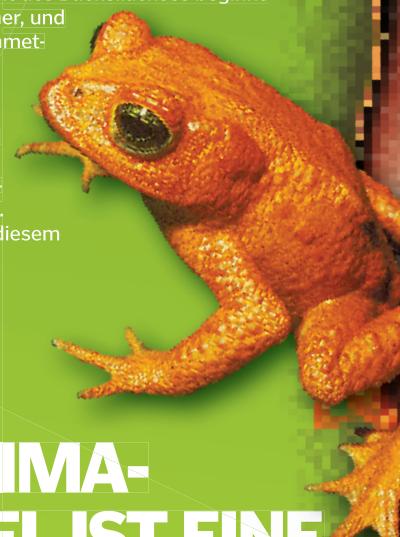
TIERE KÖNNEN SICH AN DAS NEUE KLIMA ANPASSEN



Seit es auf der Erde Leben gibt, gibt es auch extreme Temperaturschwankungen. So war es im Eozän rund 14 Grad wärmer als heute, während die Temperatur in der letzten Eiszeit über 4 Grad niedriger lag. Tiere und Pflanzen sind in der Lage, sich an solche Klimaveränderungen anzupassen, indem sie ihr Verhalten oder ihre Lebensräume verändern oder sich weiterentwickeln. So gibt es heute mehr rote Zweipunkt-Marienkäfer als schwarze, da die rote Farbe den Käfer kühl hält, die Laichzeit des Buckellachses beginnt in warmem Wasser früher, und die südkalifornische Schmetterlingsart Euphydryas Editha ist in größerer Höhe anzutreffen.

Doch die Evolution ist ein langsamer Prozess, während sich der Klimawandel schnell vollzieht. Viele Arten können bei diesem Tempo nicht mithalten.

Die Goldkröte gilt heute – vermutlich als Folge des Klimawandels – als ausgestorben.



DER KLIMA-WANDEL IST EINE VERSCHWÖRUNG



Nicht alle sind beim Klimawandel einer Meinung. Klimaskeptiker zweifeln an wissenschaftlichen Untersuchungen oder verbreiten Verschwörungstheorien. Der Klimawandel ist auch ein politisches Problem. Unseren Lebensstil nachhaltig zu verändern ist eine enorme Herausforderung, und so verwundert es nicht, dass die Forschungsergebnisse und deren mögliche Konsequenzen auch auf Widerstand stoßen. Doch trotz vieler Unklarheiten sind sich alle international anerkannten Organisationen wie IPCC, NASA und NOAA sowie die staatlichen Wissenschaftsakademien aus 80 Ländern einig: Der Klimawandel ist ein Fakt, für den mit hoher Wahrscheinlichkeit der Mensch verantwortlich ist. Als das Tabakrauchen in Verdacht geriet, Lungenkrebs zu verursachen, leugnete dies die Tabakindustrie – ähnlich geht heute die Kohle- und Ölindustrie vor.



Klimaschutzmaßnahmen bedeuten Einschränkungen für die Industrie.



DIE PAAR GRAD MACHEN DOCH KEINEN UNTERSCHIED

Seit Ende des 19. Jahrhunderts ist es auf der Erde um weniger als ein Grad wärmer geworden. Das klingt wenig. Dennoch können ein paar Grad enorme Auswirkungen haben. Durch geologische Untersuchungen wissen wir, dass schon wenige Grad unseren Planeten in eine neue Eiszeit stürzen oder die Polkappen abschmelzen lassen können.

Bei der Klimaerwärmung wird stets die globale Durchschnittstemperatur zugrunde gelegt, denn der Temperaturanstieg ist nicht überall gleich. Der Weltklimarat IPCC hat prognostiziert, dass die Temperaturen bis 2100 um bis zu 4,5 Grad ansteigen könnten; in manchen Regionen wird dieser Wert deutlich überschritten werden.

Um dem entgegenzuwirken, unterzeichneten bei der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 196 Länder das Pariser Klimaschutzabkommen. Ziel ist die Begrenzung des Temperaturanstiegs auf unter 2, wenn möglich auf 1,5 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit.

Dass ein halbes Grad einen großen Unterschied machen könnte, zeigt eine 2016 von der European Geosciences Union veröffentlichte Studie (die EGU ist die Vereinigung internationaler Geowissenschaftler aus den Geo-, Erd- und Planetenwissenschaften).

So würde bei steigenden CO₂- und Temperaturwerten die Produktion bestimmter Getreidearten wie Sojabohnen und Weizen sogar zunehmen, bei einem globalen Temperaturanstieg von mehr als 1,5 Grad und lokalen Rekordanstiegen von bis zu 10 Grad mit extremen Hitze und Dürren könnte sich dieser Effekt jedoch umkehren und zu Ernteverlusten führen.

Auch Wissenschaftler aus Oxford haben die vorhandenen Daten ausgewertet, um herauszufinden, welchen Unterschied eine Erwärmung von 2,0 Grad gegenüber 1,5 Grad machen könnte. Ihre Ergebnisse zeigen, dass der marginale



Eisbären brauchen das Packeis zum Überleben. Wenn das Eis schmilzt, sterben sie aus.



„Bei der Begrenzung der Klimaerwärmung geht es tatsächlich um jedes Zehntelgrad.“

Das Eis zieht sich zurück
In Permafrost-Gebieten Sibiriens und Kanadas könnten neue Lebensräume entstehen.

Bewohnbare Zone
Ein mildereres Klima auf der Nordhalbkugel hätte höhere Getreideerträge zur Folge.

Umsiedlungen
Unvorhersehbare Wetterlagen, sengende Hitze und Veränderungen der Luftfeuchtigkeit würden Massenmigrationsbewegungen auslösen.

Ernteausfälle
Ein Temperaturanstieg von 3 Grad würde zu Ernteausfällen führen. Die Konsequenzen wären vor allem in Afrika, Mittelamerika und Südasien spürbar.

Überschwemmungen
Steigende Meeresspiegel könnten Inseln und Küstenstädte überfluten und Fluchtbewegungen auslösen.

Neue Krankheiten
Krankheiten wie Malaria könnten mehr Menschen betreffen, da die übertragenden Insekten sich ausbreiten.

Extreme Wetterlagen
Sehr trockene Gegenden könnten noch trockener werden, Dürren und Stürme könnten bewohnte Regionen unbewohnbar machen.

Wie wird die Zukunft aussehen?

Eine um wenige Grad höhere Durchschnittstemperatur könnte unsere Erde komplett verändern

■ Lebensmittelanbaugebiete/kompakte Städte

■ Unbewohnbare Wüsten

■ Unbewohnbar durch Überflutung, Dürre oder Extremwetterlagen

■ Wiederaufforstungspotenzial

■ Landverlust durch steigende Meeresspiegel



WIR KÖNNEN DEN KLIMAWANDEL NICHT MEHR AUFHALTEN

Dass der Mensch Mitverursacher der Klimaerwärmung ist, wird nicht mehr ernsthaft infrage gestellt. Doch es ist noch nicht zu spät, den Klimawandel aufzuhalten. Der einfachste Weg ist, die CO₂-Produktion zu drosseln und Treibhausgasemissionen zu reduzieren. 2010 stammten 25 Prozent der Emissionen aus der Strom- und Wärmeerzeugung, ein Viertel aus der Landwirtschaft, 20 Prozent aus der Industrie und 14 Prozent aus dem Verkehr. Entscheidend für die Reduktion der Emissionen ist laut führendem Qualitätsstandard für Klimaschutzprojekte („Gold Standard“) der Ausbau erneuerbarer Energien, der vielerorts bereits umgesetzt wird. So machten erneuerbare Energiequellen 2016 bereits 29 Prozent der Bruttostromerzeugung in Deutschland aus, 2025 sollen es 45 Prozent sein. Doch selbst wenn der Mensch seine

klimaschädigenden Aktivitäten einstellen würde, sind die in der Atmosphäre vorhandenen Treibhausgase noch lange wirksam, und es wird Jahrhunderte dauern, bis das Klima sich stabilisiert. Um den Treibhauseffekt aufzuhalten, müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Die Forschung liefert dazu verschiedene Ideen, etwa die künstliche Herstellung von Wolken, die die Erde vor Sonneneinstrahlung schützen, die Ausbringung von Kleinstpartikeln ins All, die das Sonnenlicht zurückreflektieren, eine verstärkte Aufforstung, die Förderung des Algenwachstums, um mehr Kohlendioxid zu binden, oder die Herstellung natürlicher Kohlenstoffspeicher.



Der Umstieg auf erneuerbare Energiequellen ist der beste Weg, den Klimawandel aufzuhalten beziehungsweise zu mildern.



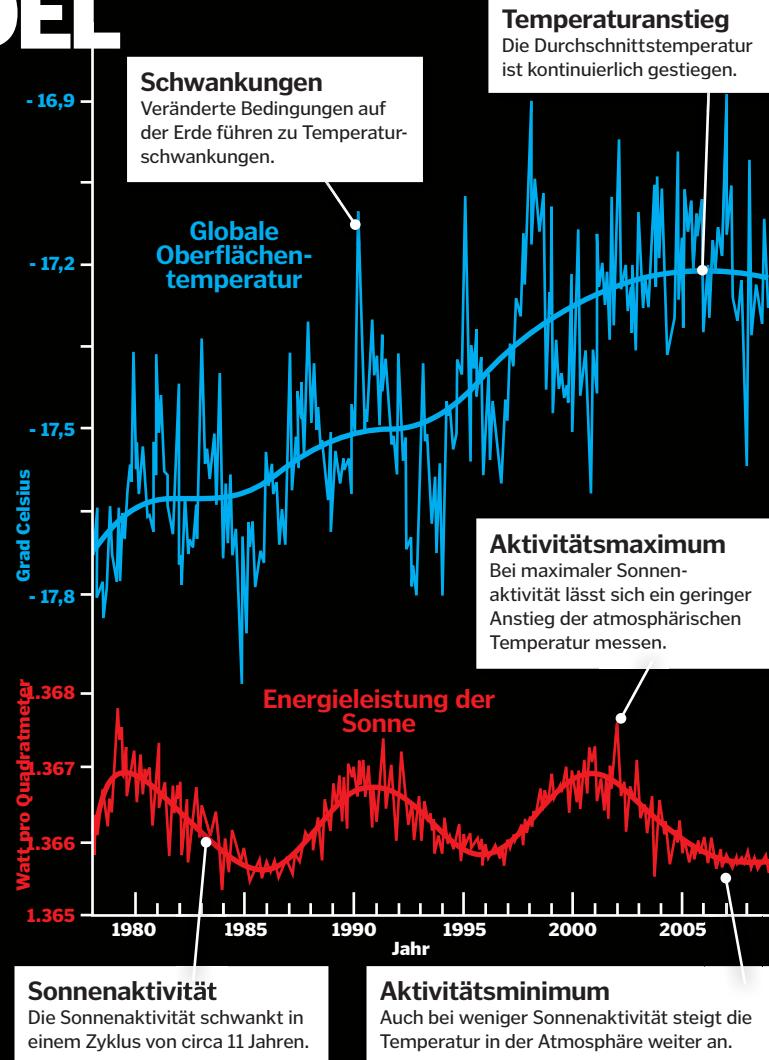
SCHULD AM KLIMAWANDEL HAT DIE SONNE

Die Sonne liefert nicht immer gleich viel Energie. Das Maß der Sonnenaktivität sind die sogenannten Sonnenflecken, die im 11-Jahres-Rhythmus periodisch an der Sonnenoberfläche erscheinen. Im letzten Jahrhundert war eine verstärkte Sonnenaktivität zu beobachten, und die Sonne strahlt heller als vor einigen Tausend Jahren. Zusätzlich verändert sich durch die elliptische Erdumlaufbahn der Abstand der Erde zur Sonne, was die Länge und Intensität unserer Jahreszeiten beeinflusst. In der Vergangenheit wurden solche Veränderungen durch Temperaturschwankungen auf der Erde erklärt, wie etwa Eiszeiten. Die Erwärmung, die in den letzten Jahrzehnten zu beobachten war, lässt sich jedoch nicht mehr mit der Sonnenaktivität korrelieren. Während Letztere stabil geblieben ist, erhöhten sich die globalen Temperaturen immer schneller, und zwischen 2007 und 2009 war die Sonnenaktivität sogar auf einem Minimum.

Die aktiven Sonnenflächen im April 2015.

Sonne als Verursacher?

Die globale Temperatur im Verhältnis zur von der Sonne erzeugten Energiemenge in der Atmosphäre



Künstliche Wolken

Durch das Versprühen von Meerwasser in die Luft ließen sich stabile Wolkendecken erzeugen, die das Sonnenlicht reflektieren.

Reflektierende Schwebstoffe

Winzige Partikel in der Luft reflektieren das Sonnenlicht in den Weltraum. Fraglich ist, ob sie sich gezielt einsetzen lassen.

„Während die globalen Temperaturen steigen, ist die Sonnenaktivität gleich geblieben.“

Kaltwasserpumpen

Kaltes, nährstoffreiches Wasser regt das Algenwachstum an und könnte mit Rohren an die Meeresoberfläche gepumpt werden.

KLIMAWANDEL AUFHALTEN

Forscher entwickeln Methoden, um die Erde abzukühlen

Düngung der Meere

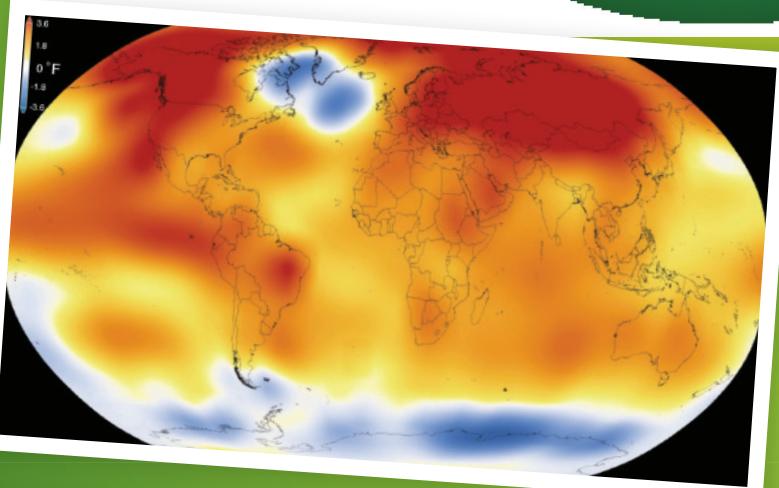
Die Düngung der Meere mit Eisen fördert das Wachstum von Algen, die große Mengen Kohlendioxid binden können.

Kohlenstoff-Senken

Wissenschaftler untersuchen den Einsatz natürlicher Kohlenstoffspeicher, um der Atmosphäre CO₂ zu entziehen.

Aufforstung

Bäume nehmen CO₂ aus der Atmosphäre auf. Neupflanzungen von Bäumen könnten daher den Klimawandel verlangsamen.



In den rot dargestellten Regionen gab es 2015 ungewöhnliche Hitzewellen.

2014



2016



NASA-Bilder zeigen, dass der Grönlandische Eisschild 2016 früher zu schmelzen begann als üblich.