

Was Messdaten derzeit aussagen (Teil 2)



Etwa ein Drittel der Landoberfläche unserer Erde sind Wüstengebiete. Weltweit wachsen die Wüsten, denn derzeit kommen jährlich etwa 70.000 km² an wüstenähnlichen Gebieten dazu. Die fortschreitende Wüstenbildung oder die Desertifikation wird auch durch Eingriffe der Menschen sowie durch Auswirkungen klimatischer Veränderungen verstärkt.

Viele Menschen stellen für sich selbst immer wieder fest, dass sich das Wetter nicht mehr so verhält, wie sie es aufgrund ihrer Erfahrungen für die entsprechende Jahreszeit erwarten. Irgendwie scheinen sich die grundlegenden Erscheinungsformen der bisher bekannten Jahreszeiten zu verändern. Inzwischen stellen dies die Menschen überall auf dem Globus fest. Diese Feststellungen beziehen sich nicht nur auf die jeweiligen Orte, sondern auch auf die Ausprägungen der dort ablaufenden Jahreszeiten. Global betrachtet sind es daher allgemeine Feststellungen über das Empfinden des jeweils lokalen und individuell erlebten Wettergeschehens. Auch die Wissenschaften haben diese Veränderungen registriert und beobachten die von vielen empfundenen Verschiebungen mit verschiedenartigen Messreihen. Sie betrachten dabei nicht nur die jeweils aktuell erfassten Daten, sondern beziehen in die Betrachtungen auch die Daten früherer Messun-

FIWISO / Klimafolgen / Erkannte Veränd. / Was Messdaten aussagen (Teil 1)

gen und Messreihen ein. Auf diese Weise und durch das Verknüpfen der unterschiedlichen Messungen durch Fragen zu den Abhängigkeiten verschiedener Werte untereinander, werden aus reinen Wetter- oder momentanen Zustandsdaten auch Aussagen zur längerfristigen Beschaffenheit des untersuchten Zustands möglich.

Auf diese Weise werden aus Wetterdaten auch Aussagen zum Klima und zu dessen Veränderungen möglich. Leider hat sich in den gesellschaftlichen Diskussionen über diese Aussagen auch gezeigt, dass es immer wieder Gegenansichten gibt, die eine bestimmte Aussage zu den global gemessenen Klimawerten nicht nur anzweifeln – nein sie wird auch grundsätzlich als falsch abgelehnt und entsprechend bekämpft. Daher stellen wir in diesem Aufsatz die uns zugänglichen und über Messwerte sowie wissenschaftliche Untersuchungen belegbaren Beobachtungen zum Thema Wetter- und Klimaveränderungen zusammen, um für jeden Leser eine entsprechende Grundlage für die individuelle Meinungsbildung anzubieten. Damit kann jeder aufmerksame Leser sein Denken über die verschiedenen Aussagen zum „menschengemachten Klimawandel“ ergänzen.

Inhalt: Was Messdaten derzeit aussagen - Teil 2

Veränderungen in der Lithosphäre	Seite 24
Vulkanische Aktivitäten können das Klima zeitweise beeinflussen	Seite 24
Landflächen und Meere beeinflussen das Klima	Seite 25
Veränderungen die mehrere Sphären betreffen	Seite 26
Vergleichbare Mittelwerttemperaturen steigen seit Jahrzehnten an	Seite 26
Veränderungen die zu Extremsituationen führen können	Seite 26
Kritische Schwellen im Klimasystem der Erde	Seite 26
Es gibt mehr lokale Starkregenereignisse mit Hochwassergefahr	Seite 26
Stürme ziehen langsamer weiter und kommen auch höher im Norden vor	Seite 27
In Dürreperioden sinken die Pegelstände in Flüssen und Seen	Seite 28
Veränderungen und direkte Folgen für Gemeinschaften und Märkte	Seite 29
Fehlende Niederschläge im Sommer erzeugen große Schäden	Seite 29
Höhere Windgeschwindigkeit steigert die Effizienz von Windkraftanlagen	Seite 29
Niedrige Pegelstände reduzieren die Frachtraten der Binnenschiffe	Seite 29
Extremniederschläge in kühleren Jahreszeiten erzeugen große Schäden	Seite 30
Mit dem Meeresspiegel steigt auch die Anzahl der Klimaflüchtlinge	Seite 31
Fehlende und fehlgeleitete Investitionen behindern sinnvolles Handeln	Seite 31
Ein möglichst großes Investitionskapital erfordert viele Investoren	Seite 32
Veränderungen an denen der Mensch aktiv mitwirkt	Seite 32
Die Wüsten auf der Erde werden größer	Seite 32

Neue Materialkomponenten in den unterschiedlichsten Ablagerungen	Seite 33
Mit schwindender Artenvielfalt entstehen neue Gefahren	Seite 33
Die Erderwärmung wird vom Weltall aus sichtbar	Seite 33
Grundlegende Parameter die der Mensch teilweise aktiv beeinflusst	Seite 34
Ein neuer eigener Zeitbegriff soll den Einfluss des Menschen benennen	Seite 34
Hinweise auf Literaturquellen	Seite 35

Was Messdaten derzeit aussagen – Teil 1

bitte auf folgender Seite unterhalb von „Weltweit erkannte Veränderungen“ öffnen:

<https://www.fiwiso-allianz.de/240/klimafolgen>

Veränderungen in der Lithosphäre

Zur Lithosphäre gehören alle Bereiche, die unter der aus Gesteinen bestehenden festen Oberfläche unseres Planeten liegen. Auch die im tiefen Inneren des Planeten ablaufenden Prozesse können über die verschiedenartigen vulkanischen Prozesse und über das Geschehen zum Erzeugen unseres Magnetfeldes im äußeren Planetenkern Einflüsse auf das Wetter und das Klima ausüben, auch wenn diese Vorgänge sehr langsam ablaufen.

► Vulkanische Aktivitäten können das Klima zeitweise beeinflussen

Auch Vulkanausbrüche haben – je nach Stärke des entsprechenden Ausbruchs – Einfluss auf das Klima. Dabei kommt es darauf an, welche Gase und welche Staub- oder Asche-Teilchen durch die Eruption in welchen Atmosphärenbereich ausgeworfen werden. Außerdem kommt es darauf an, ob der Ausbruch eines effusiven Vulkans eher zu einem Ausfließen von Lava führt, oder ob durch einen explosiven Ausbruch große Mengen an Staub und Asche in große Höhen bis in die Stratosphäre verfrachtet und dort mit den atmosphärischen Strömungen global verteilt werden. Dabei ist es dann entscheidend, wie stark diese Partikel auf die Strahlungsbilanz der Erde einwirken und ob und wie lange so viel Licht absorbiert oder reflektiert wird, dass der Prozess der Photosynthese in den Blättern nicht mehr genug Energie liefert. So kam es beispielsweise in der Geschichte schon zu Jahren mit sehr kalten Wintern und eher dunklen Sommern. Beispiele dafür sind die Ausbrüche des Tambora 1815 in Indonesien, des Krakatau 1883 in Indonesien, des Mount St. Helens 1980 in den USA, des El Chichon 1982 in Mexiko, des Pinatubo 1991 auf den Philippinen, bei denen Staub und Asche bis in die höhere Stratosphäre ausgeworfen wurden sowie der des Chaitén 2008 in Chile. Insgesamt betrachtet haben Untersuchungen und Berechnungen gezeigt, dass nur etwa ein Prozent der derzeitigen CO₂-Emissionen vom heutigen Vulkanismus stammt.

Bei lang anhaltenden effusiven Eruptionen mit Ausflüssen gewaltiger Lavamassen als Flutbasalt in Sibirien kam es im Laufe der Erdgeschichte auch schon zu einem Massensterben an der Perm/Trias Grenze und durch den Ausstoß großer Gasmengen zu zeitweise gewaltigen Veränderungen in der Zusammensetzung der Erdatmosphäre. Es wurde berechnet, dass dabei auch bis zu 170 Gt CO₂ und bis zu 18 Gt HCl (Chlorwasserstoff) mitgefördert wurden.

► Landflächen und Meere beeinflussen das Klima

Die Verteilung von Kontinenten und Ozeanen auf der Erdoberfläche hat oft einen entscheidenden Einfluss auf das Klima. So wird einerseits die atmosphärische Zirkulation durch die topographischen Formen der Landmassen - beispielsweise durch Lage und die Höhen von Gebirgszügen - beeinflusst, andererseits hat die Oberflächenform der Ozeanböden einen großen Einfluss auf die Lage und die Bewegung von Meeresströmungen. Beide Strömungsformen dienen dem globalen Temperatenausgleich. Durch die atmosphärischen Zirkulationsströmungen wird außerdem der Wasserdampfaustausch zwischen verschiedenen atmosphärischen Bereichen bewirkt. Damit hängt auch die Verteilung von Regen und Trockengebieten auf den Landflächen zusammen.



Aktive Vulkane stoßen auch in Ruhephasen zwischen den Ausbrüchen große Mengen an vulkanischen Gasen in die Atmosphäre aus. Neben Wasserdampf werden dabei oft auch in größeren Mengen Kohlendioxid (CO₂), Schwefeldioxid (SO₂), Schwefelwasserstoff (H₂S), Chlorwasserstoff (HCl) und Fluorwasserstoff (HF) emittiert. Untersuchungen zeigten jedoch, dass die Emissionen dieser Gase durch die Aktivitäten der Menschen über Industrieprozesse, Verkehr, Heizung und Landwirtschaft wesentlich größer sind, als die derzeitigen globalen Emissionen aus Vulkanen. Das Bild zeigt den 2847 m hohen und derzeit mit einem offenen Lavasee aktiven Vulkan Villarrica im Süden Chiles.

Da sich mit der Plattentektonik auch die Verteilung von kontinentaler Kruste und ozeanischer Kruste auf der Erdoberfläche verändert, sind diese Prozesse sicher klimawirk-

sam. Mit den plattentektonischen Vorgängen sind auch viele vulkanische Aktivitäten auf der Erdoberfläche verknüpft. Zusätzlich gibt es platteninterne vulkanische Strukturen, die auf tieferliegende Konvektionsvorgänge hindeuten. Brechen diese Vulkane an die Oberfläche durch, kann es zu klimarelevantem Ausfließen großer Mengen an Flutbasalten kommen. Obwohl diese geodynamischen Vorgänge sehr langsam und in geologischen Zeiträumen ablaufen, sind Ausbrüche immer plötzliche auftretende Ereignisse.

Veränderungen die mehrere Sphären betreffen

Es gibt spezifische Betrachtungen, für die einige Beobachtungen und Messwerte aus verschiedenen Sphären zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet werden.

► Vergleichbare Mittelwerttemperaturen steigen seit Jahrzehnten an

Bezogen auf die Referenzperiode von 1961 bis 1990 zeigen die Jahresmittelwerte der globalen, kombinierten Land- und Ozeanoberflächentemperaturen von etwa 1900 an einen Temperaturanstieg. Bezogen auf die Mittelwerte der jeweiligen Dekaden zeigt sich etwa zwischen 1940 und 1980 eine Unterbrechung, sodass von etwa 1980 an ein wesentlich stärkerer Temperaturanstieg zu beobachten ist. Aus diesen Zeitreihen wird für den Zeitraum zwischen 1951 und 2012 eine durchschnittliche Erwärmung von $0,12^{\circ}\text{C}$ pro Dekade errechnet.

Veränderungen die zu Extremsituationen führen können

Inzwischen werden überall auf dem Globus und in manchen Bereichen zunehmend häufiger verschiedenartige Extremwittersituationen beobachtet. Diese Daten können mit weiteren Beobachtungen benachbarter Wissenschaften zusammengeführt werden und gemeinsam zu einem erweiterten Bild und besseren Verständnis der Vorgänge führen.

► Kritische Schwellen im Klimasystem der Erde

Immer dann, wenn die menschengemachte Klimaänderung angesprochen wird, werden bei vielen Menschen die Vorstellungen von einem allmählichen Temperaturanstieg her- vorgerufen. Die bisher bekannten Fakten und Zusammenhänge zeigen allerdings auch, dass es unter bestimmten Voraussetzungen zu anderen Abläufen kommen kann. Es ist dann auch denkbar, dass Klimaveränderungen relativ rasch möglicherweise grundsätzliche Veränderungen im Leben aller Menschen hervorrufen können. Solche Prozesse sind dann mit kritischen Schwellen verknüpft, die auch zu starken und grundlegenden Veränderungen im Klimasystem führen.

Ob inzwischen alle kritischen Schwellen im bestehenden Klimasystem erkannt wurden und welche dieser Schwellen derzeit gesehen werden, soll in einem eigenen Aufsatz über die Kipp-Punkte des Klimasystems auf dieser Webseite angesprochen werden.

► Es gibt mehr lokale Starkregenereignisse mit Hochwassergefahr

Als Starkregen werden Ereignisse bezeichnet, bei denen große Niederschlagsmengen in kurzer Zeit fallen. Solche Regenfälle erzeugen oft schnell ansteigende Wasserstände, in

den lokalen Wasserläufen, die dann auch zu örtlichen Überschwemmungen führen können. Dies tritt dann ein, wenn die Wasserläufe, die Kanalisation und die Böden die kurzzeitig anfallenden Wassermassen nicht mehr aufnehmen können. Solche Ereignisse werden in den letzten Jahren mit Wetterradartechniken beobachtet.

In einer Betrachtung zur Anzahl solcher Ereignisse – bezogen auf das Netz an Messpunkten des Deutschen Wetterdienstes – DWD zeigt sich, dass im Zeitraum zwischen 1996 und 2012 mit jedem Jahr die Anzahl der Messpunkte, an denen in einem Kalenderjahr ein solches Ereignis festgestellt wurde, stark angestiegen ist. Dies deutet auf eine Zunahme der Anzahl solcher extremen Wetterereignisse hin. Es zeigt auch, dass die Atmosphäre aufgrund des Temperaturanstiegs mehr Wasser aufnehmen kann, das dann über solche Ereignisse abregnet. Ebenso zeigt es, dass das bisher bestehende Netz an Bachbetten und Abflussrinnen oder Flussläufen nicht immer ausreicht, um die inzwischen möglicherweise anfallenden Wassermassen aufnehmen zu können.

► **Stürme ziehen langsamer weiter und kommen auch höher im Norden vor**
Winterstürme oder Orkane bewegen sich in den letzten Jahren mit geringerer Geschwindigkeit weiter. Sie bleiben damit länger über einem Gebiet wirksam und können dort mit ihrer Kraft und Energie wesentlich größere Schäden anrichten. Außerdem wurde beobachtet, dass sich die Zugbahn solcher Stürme durch die höheren Temperaturen im Klimasystem weiter nach Norden in Bereiche zwischen der Nordseeküste und Skandinavien verlagern kann.

Derzeit scheint sich abzuzeichnen, dass solche Stürme nicht häufiger auftreten. Aufgrund der Tatsache, dass sich die arktischen Bereiche im Norden derzeit stärker erwärmen als die Atlantikbereiche in der geographischen Breite Südeuropas, verringert sich auch die Temperaturdifferenz zwischen diesen atmosphärischen Abschnitten. Außerdem kann eine wärmere Luft im Norden wesentlich mehr Wasserfracht aufnehmen und mit nach Osten transportieren. Diese Fracht gibt den langsamer weiterziehenden Winterstürmen auch eine größere Zerstörungskraft. Die Winde und die Regenmassen, die gleichzeitig auch noch jeweils länger auf die einzelnen Orte einwirken können, verursachen in den letzten Jahren steigende Schäden auf dem Weg dieser Tiefdruckzellen über das europäische Festland.

Dieses Verhalten von langsameren Zuggeschwindigkeiten gepaart mit großen Regenmassen und immer größeren Sturmzellen wird weltweit auch bei den bekannten tropischen Stürmen sowohl in Nordamerika, als auch in Südasiens beobachtet. Die Stürme werden nicht wirklich stärker, aber ihre örtlichen Verweil- oder Einwirkzeiten verlängern sich. Dies wird in verschiedenen Untersuchungen ebenfalls auf den zunehmenden Einfluss von Energieeinträgen in das Klimasystem und deren Auswirkungen auf die globalen Strömungssysteme in den Ozeanen und in der Atmosphäre zurückgeführt. Dort werden Veränderungen bei den durch Temperatur- und Druckdifferenzen beeinflussten Strahlströme (*Jetstreams*) im Bereich der Tropopause als Ursache beschrieben.

► **In Dürreperioden sinken die Pegelstände in Flüssen und Seen**

Wenn in heißen Sommern der Regen über längere Zeiträume ausfällt und zusätzlich in den nachfolgenden Wintermonaten ebenfalls nur geringe Niederschlagsmengen fallen, sinken generell die Wasserstände in Flüssen und Seen. Dies hat über Transportausfälle bei den Binnenschifffern Auswirkungen auf die gesamte Industrierversorgung und kann ganze Lieferketten beeinflussen.

Auch die Wasservorräte in den Talsperren können mancherorts zum Ausgleich von zu niedrigen Pegelständen verwendet werden, wenn dem nicht Anforderungen der Trinkwasserversorgung entgegenstehen. In den heißen Sommermonaten der Jahre 2018 und 2019 waren die Pegelstände in den freifließenden Flüssen Donau, Elbe, Rhein und Oder stark gefallen. Auch in den staugeregelten Flüssen wie Neckar, Main und Mosel, sowie in den Binnenkanälen waren die Pegelstände gesunken. Durch die Kontrolle über die Staustufen war das Absinken dort wesentlich geringer ausgefallen. Zusätzlich meldeten in diesen trockenen Sommern auch die Seen im Alpenvorland und die Staustufen in den Mittelgebirgen sinkende Pegelstände. Solche sinkenden Pegelstände in den Staustufen in Südeuropa führten lokal auch temporär zu Einschränkungen in der Trinkwasserversorgung.



Wenn es in der Sommerperiode in Europa durch entsprechende Druckverteilungen in der Atmosphäre zu stabilen und annähernd ortsfesten Wettersituationen kommt, kann eine Dürreperiode dazu führen, dass auch die Wasservorräte in Talsperren nur noch zu einer reduzierten Trinkwasserversorgung der Bevölkerung ausreichen.

Veränderungen und direkte Folgen für Gemeinschaften und Märkte

Die beim Wetter in der letzten Zeit beobachteten Veränderungen und Trends verursachen schon heute verschiedenartige Folgeerscheinungen, die zumindest zeitweise einen großen Einfluss auf das Geschehen in unseren modernen Gesellschaften bewirken. Davon werden inzwischen sowohl gemeinschaftliche, politische und wirtschaftliche Bereiche erfasst.

► Fehlende Niederschläge im Sommer erzeugen große Schäden

Niedrige Pegelstände in den Flüssen und Kanälen sowie das Reagieren mit geringeren Frachtraten je Fahrt, das Ausweichen auf das Transportmittel LKW und zusätzlich erforderliche Transportwege verursachen zudem weitere Belastungen. Es entstehen einerseits zusätzliche Treibhausgasemissionen und andererseits für die Industrie zusätzliche Kosten in der Logistik, um die Produktionsprozesse rechtzeitig mit den erforderlichen Rohstoffen oder andernorts vorgefertigten Halbzeugen zu beliefern.

Aufgrund der fehlenden Bodenfeuchte und der immer trockeneren Sommerperioden kommt es zunehmend zu Ernteaussfällen und auch zu lokalen Waldbränden. Damit entstehen sowohl in der Landwirtschaft, als auch in der Forstwirtschaft einerseits große Schäden an der Natur, aber andererseits auch große wirtschaftliche Schäden für die einzelnen - eher kleineren - Unternehmer.

► Höhere Windgeschwindigkeit steigert die Effizienz von Windkraftanlagen

Die Auswertung der Winddaten von 9.000 Wetterstationen aus den Jahren von 1978 bis 2017 ergab einen kontinuierlichen Anstieg der Windgeschwindigkeiten. Eine kleinere Untersuchung mit Daten aus 1.435 Stationen verteilt auf drei Kontinente ergab ein langsames Absinken der durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten bis zum Jahr 2009 und dann, vom Jahr 2010 an, ein deutliches Ansteigen. Allein im Zeitraum zwischen 2010 und 2017 ist die ermittelte durchschnittliche Windgeschwindigkeit um 7% auf etwa 6,5 Knoten angestiegen (*1 Knoten entspricht 1,852 km/h*). Dieser Anstieg wirkt sich positiv auf die Effizienz von Windkraftanlagen aus, sodass derzeit etwa 15% mehr Energie aus dem Wind gewonnen werden kann. Die Frage, ob und inwieweit diese Steigerung anhalten und eventuell noch größer werden wird, kann derzeit noch nicht beantwortet werden. Dieser Anstieg wird von der Wissenschaft auch als eine Auswirkung im Zusammenhang mit dem Klimawandel betrachtet. Ob und inwieweit dies auch einen Einfluss auf den weiteren Ausbau von Windkraftanlagen hat, muss beobachtet werden.

► Niedrige Pegelstände reduzieren die Frachtraten der Binnenschiffe

Moderne Binnenschiffe haben im Leerzustand einen Tiefgang von etwa 0,6 – 0,8 m und tauchen je 100 t Fracht um etwa 0,1 m tiefer ins Wasser. Bei einer Ladekapazität von etwa 2.000 t bedeutet dies einen möglichen Tiefgang von bis zu 2,80 m. Dieser technisch mögliche Tiefgang konnte in den Sommermonaten der Jahre 2018 und 2019 auf den Flüssen und Kanälen in Deutschland nicht mehr immer ausgenutzt werden.



Wenn die Binnenschiffe auf den Flüssen und Kanälen in Dürreperioden ihre Fahrten nur noch mit einem Bruchteil der vorhandenen Ladekapazität ausführen können, wird der Gütertransport über die Wasserwege für die Schiffer unwirtschaftlich. Es müssen mehrere Fahrten für das erforderliche Transportvolumen durchgeführt werden, oder der Transport wird auf andere Verkehrswege verlagert. Alle diese Auswege führen jedoch insgesamt betrachtet zu höheren Treibhausgasemissionen.

In den trockenen Sommermonaten kommt es in Deutschland immer häufiger zu sinkenden Pegelständen an den Flüssen, den Kanälen und manchen Seen. Daher werden in den Sommern häufig Fahrten mit teilweise wesentlich geringerer Frachtrate durchgeführt. In den heißen und trockenen Sommern von 2018 und 2019 gab es in Deutschland auf den Flüssen Elbe, Rhein und Neckar auch Fahrten mit nur 10% Fracht. Ein größerer Tiefgang war nicht mehr möglich. Die Fracht wurde ersatzweise meist über die Bahn transportiert, was zu zusätzlichen Überlastungen des sowieso schon annähernd ausgelasteten Schienennetzes führte.

► Extremniederschläge in kühleren Jahreszeiten erzeugen große Schäden

Lokale Starkregenereignisse in den kühleren Jahreszeiten und lokale Massenschneefälle im Winter führen immer wieder lokal zu kurzzeitigen aber starken Hochwasserfluten und lokalen Überschwemmungen. Dabei können in den betroffenen Gemeinden häufig große Schäden entstehen. Mancherorts kam es auch durch Rutschungen nasser Böden zu größeren Zerstörungen. Außerdem kommt es im Winter lokal zu extremen Schneefällen, die auch über die Dachlasten des Schnees ganze Gebäude gefährden können.

► **Mit dem Meeresspiegel steigt auch die Anzahl der Klimaflüchtlinge**

In den Küstenregionen der Erde liegen mehr als 2 Millionen km² Land höchstens bis zu 2 m über dem derzeitigen Meeresspiegelniveau. Gerade diese Bereiche sind allerdings stark besiedelt. Dazu kommen die flachen und häufig dicht besiedelten Regionen in den großen Flussdeltas der Erde (beispielsweise in den Deltas vom Mississippi, vom Ganges-Brahmaputra, vom Nil, vom Po und anderen). Derzeit wohnen im Höhenbereich bis etwa 1 m über dem derzeitigen Meeresspiegel weltweit etwa 180 Mill. Menschen. In nur wenig höheren und daher auch von einem Meeresspiegelanstieg betroffenen Bereichen bis 5 m über dem Meeresspiegel lebten 1995 schon etwa 275 Mill. Menschen. Außerdem liegen in solchen niedrigen Küstenbereichen oder im Einflussbereich von Flussmündungen viele große Städte dieser Welt, deren Bewohner von einem Meeresspiegelanstieg und den damit verbundenen Auswirkungen betroffen werden. Als Beispiele seien hier nur einige der bekannten Städte genannt: Amsterdam (NL), Bangkok (TH), Bremen (D), Dhaka (BD), Guangzhou (CN), Hamburg (D), Hong Kong (HK), Jakarta (ID), Kalkutta (IN), Karatschi (PK), London (GB), Miami (US), Mumbai (IN), Nanjing (CN), New Orleans (US), New York (US), Osaka (JP), Rio de Janeiro (BR), Saigon (VN), Shanghai (CN), Shenzhen (CN), Sydney (AU), Tokio (JP), Venedig (I). Verschiedene UN-Stellen schätzen daher, dass bis zur Mitte unseres Jahrhunderts schon mehr als 1 Milliarde Menschen als Klimaflüchtlinge eine neue Heimat suchen könnten.

► **Fehlende und fehlgeleitete Investitionen behindern sinnvolles Handeln**

Es werden künftig große Investitionen erforderlich, um mit neuen Technologien auf die Herausforderungen durch den Klimawandel zu reagieren. Dazu werden sicher auch insgesamt große Summen von vielen privaten Investoren benötigt, um die erforderlichen Veränderungen realisieren zu können. Gleichzeitig wäre es auch wichtig, durch staatliche Entscheidungen die Richtung anzuzeigen, in der solche Veränderungen erforderlich sind. Dazu könnte es notwendig werden, die derzeit bestehende Investitionspolitik zu verändern. Bei einem schnellen Bedarf großer Investitionssummen reicht es künftig sicher nicht mehr, diese nur durch Subventionen zu gewinnen. Es wird wahrscheinlich bei bestimmten Themen und für eine schnelle Lösung erforderlich werden, zunächst staatlich im Voraus zu investieren, aufzubauen und dann diese Produktionsstätten zur Betriebsübergabe an eine Betreibergesellschaft so zu übergeben, dass die Investitionen aus den Betriebseinnahmen an die Gemeinschaft zurückgezahlt werden können. Das Herstellen von synthetischen Treibstoffen mit rezentem Kohlenstoff, der aus der Atmosphäre zurückgewonnen wird, könnte dafür ein Beispiel sein. Dabei kann für den Betreiber auch gleich die interessierte Kundschaft mitgeliefert werden. Es könnten beispielsweise Reedereien und Fluggesellschaften sein. Diese würden solche Treibstoffe mit großem Interesse einsetzen, wenn gleichzeitig die Preise für Treibstoffe mit fossilem Kohlenstoff mit einer zusätzlichen gesetzlichen CO₂-Abgabe belastet würden.

Es gibt noch viele weitere technische Bereiche, bei denen es sinnvoll wäre, Betriebsstätten mit neuen Technologien durch eine staatliche Fachagentur, oder durch vergleich-

bare überstaatliche Agenturen errichten zu lassen. Diese vorinvestierten Betriebsstätten könnten dann an einen entsprechenden Betreiber übergeben und in Betrieb genommen werden. Nur auf eine solche oder auf eine vergleichbare Weise können erforderliche teure Investitionen auch entsprechend schnell entstehen und wirksam werden. Die Kräfte des Marktes allein arbeiten bei den Versuchen, den stattfindenden Klimawandel zu beherrschen, inzwischen leider viel zu langsam.

► Ein möglichst großes Investitionskapital erfordert viele Investoren

Um den stattfindenden Klimawandel mit technologischen Mitteln kontrollieren und für die Menschen erträglich gestalten zu können, sind große Investitionen in vielen Bereichen erforderlich. Die derzeitigen staatlichen und die wirtschaftlichen Strukturen werden das erforderliche Investitionskapital nicht, oder nur zu spät aufbringen können. Es wird daher erforderlich werden, neue Investitionsmodelle zu finden, bei denen das private Kapital der Sparer sinnvoll und für die privaten Investoren entsprechend gewinnbringend eingesetzt werden kann. Dazu könnten genossenschaftlich organisierte Investitionsgemeinschaften helfen. Auf diese Weise ist es denkbar, erforderliche Kapitalmengen auch für große Infrastrukturprojekte zu mobilisieren.

Veränderungen an denen der Mensch aktiv mitwirkt

Durch einige Untersuchungen und den daraus resultierenden Messdaten kann eindeutig erfasst werden, dass die Menschen durch verschiedene Aktivitäten die Umwelt verändern und dabei teilweise auch Einflüsse auf die Entwicklung des Klimas ausüben. Wie groß diese Einflüsse sind, wie stark sie sich auswirken und in welchem Wirkverhältnis sie zu den natürlichen Vorgängen stehen, die ebenfalls auf das Klima einwirken, kann oft nur ungenau ermittelt oder abgeschätzt werden. Nur dort, wo sich neue und durch die Menschen künstlich geschaffene Substanzen eindeutig auswirken, kann deren Einfluss klar beziffert werden.

► Die Wüsten auf der Erde werden größer

Derzeit wird etwa $\frac{1}{3}$ der globalen Landoberfläche von Wüsten bedeckt. Es wird zwar festgestellt, dass die bestehenden Wüstengebiete noch größer werden, doch sind die Gründe dafür sehr komplex. In verschiedenen Untersuchungen zeichnet sich immer mehr die Erkenntnis ab, dass es dafür eine Vielzahl von Ursachen gibt, die auch auf vielfältige Weise miteinander verknüpft sind. Diese fortschreitende Wüstenbildung oder Desertifikation muss zu einem Großteil auf gesellschaftliche Ursachen sowie auf Vorgänge zurückgeführt werden, die als ökonomische Interessen eingestuft werden müssen. Die Ausbreitung der Wüsten wird dabei durch verschiedenartige Eingriffe der Menschen in bestehende Ökosysteme unterstützt. Dazu gehören die Übernutzung von Böden, das Überweiden schon geschwächter Flächen, das Austrocknen von Böden durch das falsche Entnehmen bestehender Wasserreserven, das Vernichten von Wäldern und ganzen Waldgebieten durch Abholzen und durch Brandrodung, um auf diese Weise eine andere Bodennutzung zu ermöglichen.

Derzeit wird nur ein kleinerer Anteil der Wüstenausweitung auf Vorgänge zurückgeführt, die direkt mit dem Klimawandel verknüpft sind. Dazu gehören die kalten Meeresströmungen vor den Westküsten der Kontinente, die Temperaturgegensätze zwischen Kontinent und Ozean und die atmosphärischen Zirkulationssysteme in den entsprechenden Breitenbereichen des Globus. Das Zusammenwirken dieser Vorgaben führt letztendlich zu den Bedingungen, die ein Ausdehnen der Wüstengebiete unterstützen.

► **Neue Materialkomponenten in den unterschiedlichsten Ablagerungen**

Sowohl in den Ablagerungen im Süßwasser, als auch in den Ozeanen gibt es erkennbare Komponenten, die eindeutig auf den Einfluss des Menschen zurückgeführt werden können. Dies gilt vor allem auch für die derzeitigen Landoberflächen, wo zusätzliche Ablagerungen in Deponien, in Endlagern von Industrieabfällen, in Fluss- und Seeablagerungen sowie in den Küstenbereichen entsorgt werden. Solche Komponenten aus Materialien, die bisher nur von den Menschen produziert sind, werden durch die Brandung an die Küste getragen oder vom Seewind aufs Land verfrachtet und in die entstehenden Dünen oder Strandsedimente eingelagert. Dazu gehören auch größtenteils leichte und nur schwer abbaubare Kunststoffe. Über das massenhafte Deponieren von Müll und das Entstehen und unkontrollierte Freisetzen von Treibhausgasen aus solchen Ablagerungen wirken die Menschen weltweit auch auf die Entwicklung des Klimas ein.

► **Mit schwindender Artenvielfalt entstehen neue Gefahren**

In vielen Weltgegenden wirkt der Mensch aktiv auf das Verändern der Umwelt auf verschiedenartige Weise ein. Dabei werden in vielen Biotopen auch Einflüsse auf die Artenvielfalt ausgeübt. Untersuchungen verschiedenartiger Populationen in unterschiedlichen Gegenden zeigen, dass durch die Abnahme der Artenvielfalt oft auch Tiere zusammentreffen, die in ungestörten Ökosystemen nie aufeinandertreffen würden. Damit wird auch die Übertragungshäufigkeit von Viren in den Populationen auf verschiedenartige Wirtstiere erhöht und das Ausbreiten von Viren erleichtert. Dies trifft auch auf Coronaviren zu, von denen bisher sieben Mutationen auch vom Tier auf den Menschen übertragen werden können. Der Artenschutz und die Vielfalt in einem Lebensraum ist daher auch für den Menschen ein Schutz vor neuen Virenmutationen. Außerdem würde durch einen konsequenten Artenschutz auch das gezielte großflächige Verändern von Biotopen verhindert, die einen klimarelevanten Einfluss auf ganze Klimazonen ausüben. Als Beispiele werden hier Dschungelrandgebiete in Afrika und die Eingriffe in die tropischen Regenwälder in vielen Weltgegenden, vor allem aber im Amazonasbecken in Brasilien und Peru und auch in Indonesien und auf den Philippinen genannt.

► **Die Erderwärmung wird vom Weltall aus sichtbar**

Das Stadtklima ist von der World Meteorological Organization – WMO als ein lokales Klima definiert, das gegenüber dem Umland durch höhere Durchschnittstemperaturen und höhere Luftschadstoffgehalte gekennzeichnet wird. Der in den Städten höhere Energieverbrauch wird in Satellitenaufnahmen der Erdoberfläche sichtbar, die den Blick auf die

nächtliche Erde zeigen. Durch die künstliche Beleuchtung und die inzwischen weit fortgeschrittene Lichtverschmutzung werden nicht nur die bewohnten und hell erleuchteten Küsten der Kontinente erkennbar. Es werden auch die Positionen der großen Städte und Industriegebiete auf dem Globus deutlich hervorgehoben. Die Lichtverschmutzung zeigt auch an, dass ein großer Anteil der erzeugten und verbrauchten elektrischen Energie in der Form von Licht ins Weltall abgestrahlt wird. Die mit dem Erzeugen der elektrischen Energie entstandenen CO₂-Emissionen verbleiben jedoch in der Erdatmosphäre.

► **Grundlegende Parameter die der Mensch teilweise aktiv beeinflusst**

Die hier beschriebenen und durch Messwerte oder Beobachtungen erkannten Veränderungen werden durch die Aktivitäten des Menschen zumindest teilweise mit beeinflusst. Die Ansichten über den Anteil des vom Menschen erzeugten Einflusses gehen weit auseinander. Die Wissenschaftler in der Welt sind sich allerdings darüber einig, dass der menschliche Einfluss auch den Klimawandel beeinflusst und wahrscheinlich auch beschleunigt. Zu den grundlegenden Faktoren, die vom Menschen mit beeinflusst werden, gehören folgende Parameter:

- Die Zusammensetzung der Erdatmosphäre über die Emission von Klimagasen, welche durch das Verbrennen fossiler Rohstoffe, durch das Erzeugen großer Mengen an Nahrungsmitteln oder durch industrielle Produktionsprozesse entstehen und emittiert werden.
- Der chemische Charakter des Meerwassers, der sich durch das Anreichern von CO₂ in der Erdatmosphäre, das dann von den Ozeanen aufgenommen wird, verändert.
- Die mittlere Durchschnittstemperatur der Erdatmosphäre, die sich durch das Anreichern von Klimagasen - sowie allen damit verknüpften weiteren Einwirkungen und Folgen auf das Klimasystem der Erde - verändert.
- Die Eingriffe in die tropischen Regenwälder in vielen Weltgegenden wirken zuerst noch lokal, aber mit steigendem Umwandeln natürlicher Biotope in Agrarflächen auch zunehmend überregional auf das Klimasystem der Erde ein.
- Veränderte Umweltbedingungen wirken langfristig auf die Artenvielfalt und auf die bestehenden Pflanzen- und Tierpopulationen ein, die sich anpassen und entsprechend verändern. Daraus entstehen auch neue Gefahren für die Menschen.
- Das ständige Anwachsen der Wüstenflächen führt zu einem immer großflächigeren Einfluss der Wüsten auf die Klimazonen des Planeten.

► **Ein neuer eigener Zeitbegriff soll den Einfluss des Menschen benennen**

Mit einem Namen für eine neue geologische Zeitstufe oder Unterstufe soll in den Geowissenschaften künftig der Einfluss des Menschen auf Natur und Umwelt benannt werden. Vorgeschlagen wird der Name Anthropozän, um den seit 2016 diskutiert wird.

Es gibt verschiedene Vorschläge, an denen der menschliche Einfluss in Ablagerungen erkannt werden kann. Dazu gehören Einlagerungen von Betonbruchstücken, von Plastik-

bruchstücken oder Plastikteilen, von hohen Nitratgehalten in Böden, von Bruchstücken mit neuen chemischen Verbindungen oder komplexen Legierungen, oder von seltenen neuen Mineralien, die bisher nicht als Gesteinskomponenten aufgetreten waren, von feinstkörnigen radioaktiven Staubkomponenten die aufgrund von Atombombentests, Reaktorunfällen oder der Beschädigung von Lagerungsbehältern in die Umwelt gelangt sind. Für eine solche neue Zeitstufe muss auch ein zeitlicher Beginn festgelegt werden, über den derzeit noch diskutiert wird.



Wenn in Strandsanden oder in küstennahen Ablagerungen die verschiedenartigsten Materialkomponenten enthalten sind, die in der geologischen Geschichte unseres Planeten bisher nicht vorgekommen sind, die uns aber gleichzeitig aus vielen Bereichen unserer menschlichen Gesellschaften bekannt sind, zeigt dies den Einfluss der Menschen auf die derzeit stattfindenden geologischen Prozesse unserer Welt. Die Komponenten aus Plastik oder Kunststoffen, aus bearbeiteten Metallen und anderen Materialien in einem derzeitigen Küstensand zeigen diesen Einfluss deutlich. Dieser Küstensand entsteht in der vom Menschen beeinflussten Zeit des Anthropozän.

Hinweise auf Literaturquellen

Alfred-Wegener-Institut – AWI (2019): Das Wissen zu saureren Meeren auf einen Blick. – online Publikation: <https://www.awi.de/im-fokus/ozeanversauerung/fakten-zur-ozeanversauerung.html>

Bayrischer Rundfunk – BR (2019): Die Wüste wächst – jedes Jahr um die Fläche Bayerns. – online Publikation: <https://www.br.de/themen/wissen/desertifikation-verwuestung-wuestenbildung-ausbreitung-wueste-100.html>

FIWISO / Klimafolgen / Erkannte Veränd. / Was Messdaten aussagen (Teil 1)

- Bayrischer Rundfunk – BR (2018a): Ozeane werden warm und sauer. - online Publikation: <https://www.br.de/klimawandel/ozeane-weltmeere-erwaermung-co2-klimawandel-100.html>
- Bayrischer Rundfunk – BR (2018b): Tiere und Pflanzen im Klimastress. - online Publikation: <https://www.br.de/klimawandel/tiere-pflanzen-klimawandel-klimastress-100.html>
- Bayrischer Rundfunk – BR (2018c): Zeitalter des Menschen. - online Publikation: <https://www.br.de/themen/wissen/anthropozoen-erdzeitalter-mensch-geologie-100.html>
- Bayrisches Landesamt für Umwelt – LfU (2019): Das Klima der Vergangenheit. - online Publikation: https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_82_klima_vergangenheit.pdf
- Bayrisches Landesamt für Umwelt – LfU (2018): Klimabeobachtung – weltweit.- online Publikation: https://www.lfu.bayern.de/klima/klimabeobachtung/beobachtung_weltweit/index.htm
- Bundeszentrale für politische Bildung – bpb (2017): Methan in der Atmosphäre. – online Publikation: <https://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/anthropozoen/256771/methan>
- Camenzind, M. (2018): Salinität der Ozeane. – online Publikation: http://www.lsw.uni-heidelberg.de/users/mcamenzi/HD_Salinity.pdf
- Cook, J.(2020): Global Warming & Climate Change Myths. – online Publication: <https://skepticalscience.com/argument.php>
- Der Spiegel (2019a): 2015 bis 2018 waren die wärmsten Jahre seit Messbeginn. – online Publikation: <https://www.tagesspiegel.de/politik/erderwaermung-wie-stark-steigt-der-meeresspiegel/20974478.html>
- Der Spiegel (2019b): Grönland verliert 3.800 Milliarden Tonnen Eis.- online Publikation: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/klimastudie-groenland-verliert-3800-milliarden-tonnen-eis-in-26-jahren-a-1300627.html>
- DLR – Earth Observation Center (2016): Winter ohne Schnee – DLR analysiert Schneebedeckung. – online Publikation: https://www.dlr.de/eoc/de/desktopdefault.aspx/tabid-11128/19488_read-45603/
- Europäisches Institut für Klima und Energie – EIKE (2014): 330 Jahre lang Messung des Meeresspiegels. – online Publikation: <https://www.eike-klima-energie.eu/2014/04/24/330-jahre-lang-messung-des-meeresspiegels/>

FIWISO / Klimafolgen / Erkannte Veränd. / Was Messdaten aussagen (Teil 1)

- Grzesiak, P. (2019): Warum und wie entstehen Winterstürme? – online Publikation:
<https://www.planet-wissen.de/natur/naturgewalten/stuerme/pwiewarumundwieentstehenwinterstuerme100.html>
- Haug, C. (2019): Länger und nasser: Stürme werden zerstörerischer. – online Publikation:
<https://www.mdr.de/wissen/umwelt/warum-unwetter-laenger-bleibt-hurrikane-ziehen-langsammer-100.html>
- Heinrich Böll Stiftung (2017a): Versauerung: Die Zukunft wird saurer. – online Publikation:
https://www.boell.de/de/2017/05/10/versauerung-die-zukunft-wird-saurer?dimension1=ds_meeresatlas
- Heinrich Böll Stiftung (2017b): Weltklima: Der Ozean bremst den Klimawandel. – online Publikation:
<https://www.boell.de/de/2017/05/10/weltklima-der-ozean-bremst-den-klimawandel>
- IPCC (2013): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. – In: Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern, 2014. – online Publikation: https://www.de-ipcc.de/media/content/AR5-WGI_SPM.pdf
- IPCC (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger.- In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor und H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007. – online Publikation:
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/IPCC2007-WG1_german.pdf
- Kasang, D. (2014a): Meeresspiegelanstieg der Gegenwart. – online Publikation:
<https://bildungsserver.hamburg.de/meeresspiegelanstieg/2129364/meeresspiegelanstieg-gegenwart/>
- Kasang, D. (2014b): Versauerung des Ozeans. – online Publikation:
<https://bildungsserver.hamburg.de/ozean-und-klima/4384102/ozean-versauerung/>
- Kasang, D. (2013): Schnee im Klimawandel. – online Publikation:
<https://bildungsserver.hamburg.de/eis-und-schnee-nav/2121486/schnee/>

FIWISO / Klimafolgen / Erkannte Veränd. / Was Messdaten aussagen (Teil 1)

Kasang, D. (2006): Gefährdete Küsten. – online Publikation:

<https://bildungsserver.hamburg.de/meeresspiegelanstieg/2129530/kuesten/>

Kehse, U. (2011): Urzeitliche Umweltkatastrophe. – online Publikation:

<https://www.wissenschaft.de/astronomie-physik/urzeitliche-umweltkatastrophe/>

Klimafakten (2017a): Klimawandel – eine Faktenliste. – online Publikation:

<https://www.klimafakten.de/sites/default/files/downloads/klimafakten2017g20.pdf>

Klimafakten (2017b): Klimawandel – Was er für die Städte bedeutet. – online Publikation:

<https://www.klimafakten.de/branchenbericht/was-der-klimawandel-fuer-die-staedte-bedeutet>

Klimafakten (2016a): Behauptung: „Der Meeresspiegel steigt gar nicht“. – online Publikation:

<https://www.klimafakten.de/behauptungen/behauptung-der-meeresspiegel-steigt-gar-nicht>

Klimafakten (2016b): Klimawandel – was er für den Finanzsektor bedeutet. – online Publikation:

<https://www.klimafakten.de/branchenbericht/was-er-fuer-den-finanzsektor-bedeutet>

Knellwolf, B. (2019): Land unter! Der Meeresspiegel steigt schneller als angenommen. – online Publikation:

<https://www.tagblatt.ch/leben/meeresspiegel-steigt-schneller-an-als-angenommen-ld.1155091>

Kotyga, L. Hugo, M., Ewels, A. (2020): Artenschutz als Helfer im Kampf gegen Viren. – online Publikation:

<https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/coronavirus-zoonose-artenschutz-100.html>

Leyser, A. (2017): Wenn Vulkane das Klima abkühlen. – online Publikation:

https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema_des_Tages/2940/wenn-vulkane-das-klima-abkuehlen

Mäder, A. (2018): Wie stark steigt der Meeresspiegel? – online Publikation:

<https://www.tagesspiegel.de/politik/erderwaermung-wie-stark-steigt-der-meeresspiegel/20974478.html>

Melzl, P. (2013): Spurengase, Treibhauseffekt und Carbon-Zyklus. – online Publikation:

http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/gebhardt/gebhardt_files/skripten/WS1213-WuK/SpurengaseTreibhauseffektCarbonZyklus.pdf

Menzel, A. (2016): Anzeichen des Klimawandels in der Pflanzen- und Tierwelt. – online Publikation:

https://www.waldwissen.net/wald/baeume_waldpflanzen/oekologie/lwf_klimawandel_pflanzentierwelt/index_DE

- Michel, A. (2019):** Der Klimawandel lässt die Meeresspiegel steigen. Ein neuer Satellit vom Bodensee soll Fakten liefern – erstmals millimetergenau. – online Publikation: <https://www.suedkurier.de/ueberregional/wissenschaft/Der-Klimawandel-laesst-die-Meeresspiegel-steigen-Ein-neuer-Satellit-vom-Bodensee-soll-Fakten-liefern-erstmal-millimetergenau;art1350069,10349089>
- Paeger, J. (2018):** Die Folgen des Klimawandels. – online Publikation: <http://www.oekosystem-erde.de/html/klimawandel-02.html>
- Podbregar, N. (2020):** Winterstürme – Stürmische Zeiten für Mitteleuropa. – online Publikation: https://www.scinexx.de/service/dossier_print_all.php?dossierID=223786
- Podbregar, N. (2019a):** Europa: Klimaextreme überholen Prognosen. – online Publikation: <https://www.scinexx.de/news/geowissen/europa-klimaextreme-ueberholen-prognosen/>
- Podbregar, N. (2019b):** Lachgas-Emissionen beschleunigen sich. – online Publikation: <https://www.scinexx.de/news/geowissen/lachgas-emissionen-beschleunigen-sich/>
- Rademacher, H. (2005):** Klimageschichte weiter zurück verfolgt. – online Publikation: <https://www.faz.net/aktuell/wissen/erde-klima/geologie-klimageschichte-weiter-zurueckverfolgt-1277684.html>
- Rahmtorf, S. (2007):** Der Anstieg des Meeresspiegels. – online Publikation: http://www.pik-potsdam.de/~stefan/Publications/Book_chapters/meeresspiegelanstieg.pdf
- Rösing, P. (2016):** So stark haben schwere Regenfälle zugenommen - und es wird noch schlimmer. – online Publikation: <https://www.stern.de/panorama/wissen/natur/so-stark-hat-starkregen-in-deutschland-zugenommen-6874438.html>
- Röth, E.-P. (2010):** Umweltchemie der Luft. – online Publikation: https://www.uni-due.de/imperia/md/content/iptc-zellner/roeth_script4.pdf
- Schäfer, K., Söding, E., Zeller, M. (2010):** Wie der Klimawandel die Chemie der Meere verändert. – World Ocean Review-1, Kapitel 2. online Publikation: https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor1/WOR1_de_Kapitel_2.pdf
- Schlögl, M., Hohenleutner, M. (2009):** Die Kryosphäre. – online Publikation: http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/gebhardt/gebhardt_files/skripten/Cryosphaere.Hohenleutner.Schloegl.pdf

FIWISO / Klimafolgen / Erkannte Veränd. / Was Messdaten aussagen (Teil 1)

- Schrader, C. (2018): Und nun zum Klimawandel. – online Publikation: <https://www.sueddeutsche.de/wissen/umwelt-der-taegliche-klimawandel-1.4114901>
- Schulz, F. (2019): Weltklimarat erhöht Voraussagen zum Meeresspiegelanstieg drastisch. – online Publikation: <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/weltklimarat-erhoeht-voraussagen-zum-meeresspiegelanstieg-drastisch/>
- Schweizer Radio und Fernsehen – SRF (2016): Schneesaison ist fast 40 Tage kürzer als früher. – online Publikation: <https://www.srf.ch/news/schweiz/schneesaison-ist-fast-40-tage-kuerzer-als-frueher>
- Scinexx (2018): Klimawandel: Droht ein Domino-Effekt? - online Publikation: <https://www.scinexx.de/news/geowissen/klimawandel-droht-ein-domino-effekt/>
- Scinexx (2017): Zwei Milliarden Klimaflüchtlinge bis 2100? - online Publikation: <https://www.scinexx.de/news/geowissen/zwei-milliarden-klimafluechtlinge-bis-2100/>
- Segelreporter (2019): Die Kraft des Windes. – online Publikation: <https://segelreporter.com/panorama/wetter-der-wind-weht-immer-staerker-klimawandel-spielt-eine-rolle/>
- Sobolev, S. (2011): Urzeitliche Umweltkatastrophe. – online Publikation: <https://www.wissenschaft.de/astronomie-physik/urzeitliche-umweltkatastrophe/>
- Sonnenseite (2019): Der Meeresspiegel steigt weltweit dramatisch. – online Publikation: <https://www.sonnenseite.com/de/wissenschaft/der-meeresspiegel-steigt-weltweit-dramatisch.html>
- Stadler, R. (2017): Das Null-Problem. – online Publikation: <https://sz-magazin.sueddeutsche.de/wissen/das-null-problem-84308>
- Umweltbundesamt – UBA (2020a): Klimaentwicklung in Deutschland. – online Publikation: <https://www.umweltbundesamt.de/monitoringbericht-2015-klimaentwicklung-in#--5>
- Umweltbundesamt – UBA (2020b): Trends der Lufttemperatur. – online Publikation: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-lufttemperatur#steigende-durchschnittstemperaturen-weltweit>
- Umweltbundesamt – UBA (2019): Klimawandel der Meere. – online Publikation: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/klimawandel-der-meere#auswirkungen-des-klimawandels-auf-marine-okosysteme>

Umweltbundesamt – UBA (2013): Beobachteter Klimawandel. – online Publikation:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/beobachteter-klimawandel>

Umweltbundesamt – UBA (2008): Kipp-Punkte im Klimasystem. – online Publikation:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3283.pdf>

Wiki-Bildungsserver (2020): Strahlungsantrieb. – online Publikation:

<https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Strahlungsantrieb>

Wiki-Bildungsserver (2019a): Aktueller Meeresspiegelanstieg. – online Publikation:

https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Aktueller_Meeresspiegelanstieg

Wiki-Bildungsserver (2019b): Erwärmung des Ozeans. – online Publikation:

https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Erw%C3%A4rmung_des_Ozeans

Wiki-Bildungsserver (2019c): Lachgas. – online Publikation:

<https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Lachgas>

Wiki-Bildungsserver (2019d): Ozeanversauerung. – online Publikation:

<https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Ozeanversauerung>

Wiki-Bildungsserver (2018): Arktisches Meereis. – online Publikation:

https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Arktisches_Meereis

Wiki-Bildungsserver (2017): Desertifikation und Klimawandel. – online Publikation:

https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Desertifikation_und_Klimawandel

Wiki-Bildungsserver (2014): Kohlenstoff im Ozean (einfach). – online Publikation:

[https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kohlenstoff_im_Ozean\(einfach\)](https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kohlenstoff_im_Ozean(einfach))

Wiki-Bildungsserver (2013): Lithosphäre und Pedosphäre im Klimasystem. – online Publikation:

https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Lithosph%C3%A4re_und_Pedosph%C3%A4re_im_Klimasystem

Wikipedia (2020a): Albedo. – online Publikation: <https://de.wikipedia.org/wiki/Albedo>

Wikipedia (2020l): Anthropozän. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Anthropoz%C3%A4n>

Wikipedia (2020b): Eiszeitalter. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Eiszeitalter>

Wikipedia (2020c): Folgen der globalen Erwärmung. – online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/Folgen_der_globalen_Erw%C3%A4rmung

Wikipedia (2020d): Fünfter Sachstandsbericht des IPCC. . online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnfter_Sachstandsbericht_des_IPCC

Wikipedia (2020e): Klima. – online Publikation: <https://de.wikipedia.org/wiki/Klima>

Wikipedia (2020f): Klimageschichte. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimageschichte>

Wikipedia (2020g): Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre. – online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid_in_der_Erdatmosph%C3%A4re

Wikipedia (2020h): Liste der Neophyten in Deutschland. – online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Neophyten_in_Deutschland

Wikipedia (2020i): Meeresspiegelanstieg seit 1850. – online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/Meeresspiegelanstieg_seit_1850

Wikipedia: (2020j): Wärmeinhalt der Ozeane. – online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmeinhalt_der_Ozeane

Wikipedia (2020k): Wetterbeobachtung. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wetterbeobachtung>

Wikipedia (2020m): Zoonose. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Zoonose>

Wikipedia (2019a): Frosttag. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Frosttag>

Wikipedia (2019b): Jetstream. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Jetstream>

Wikipedia (2019c): Korallenbleiche. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Korallenbleiche>

Wikipedia (2019d): Letzte Kaltzeit. – online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/Letzte_Kaltzeit

Wikipedia (2019e): Meereis. – online Publikation: <https://de.wikipedia.org/wiki/Meereis>

Wikipedia (2019f): Normalperiode. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Normalperiode>

Wikipedia (2019g): Stadtklima. – online Publikation:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Stadtklima>

Wikipedia (2016): Forschungsgeschichte des Klimawandels. – online Publikation:

https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsgeschichte_des_Klimawandels

FIWISO / Klimafolgen / Erkannte Veränd. / Was Messdaten aussagen (Teil 1)

Willig, H.-P. (2019): Versauerung der Meere. – online Publikation: https://www.biologie-seite.de/Biologie/Versauerung_der_Meere

Wöhrbach, O. (2019): Forscher messen gestiegene Windgeschwindigkeiten: Mehr Wind in Deutschland, aber Flaute für Windräder. – online Publikation: <https://www.tagesspiegel.de/wissen/forscher-messen-gestiegene-windgeschwindigkeiten-mehr-wind-in-deutschland-aber-flaute-fuer-windraeder/25267378.html>

WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung - SLF (2016): Klimawandel verkürzt die Dauer der Schneebedeckung wegen früherer Schmelze. – online Publikation: <https://www.slf.ch/de/newsseiten/2016/09/klimawandel-verkuerzt-die-dauer-der-schneebedeckung-wegen-frueherer-schmelze.html>

FiWiSo-Allianz
rnl im März 2020

Bilder: copyright rnl

Anfang siehe in:

Was Messdaten derzeit aussagen – Teil 1

bitte auf folgender Seite unterhalb von „Weltweit erkannte Veränderungen“ öffnen:

<https://www.fiwiso-allianz.de/240/klimafolgen>