



Der Klimawandel auf der Insel Ischia

Ursachen und Auswirkungen

Einleitung

In der Erdgeschichte hatten plötzliche **Klimaänderungen** häufig katastrophale Auswirkungen. Dies verdeutlicht, wie essentiell das Klima für das Leben auf unserem Planeten ist. Daher ist es nicht verwunderlich, dass der aktuelle „**Klimawandel**“ und seine Folgen die Medien so beherrschen wie kaum ein anderes Thema.

Auf einen Blick

- Klimawandel beschreibt die Veränderung des Klimas
- Zu den natürlichen Ursachen des Klimawandels gehören unter anderem die Milankovic-Zyklen, Veränderungen der Atmosphärenzusammensetzung, plattentektonische Prozesse und die Ozeanzirkulation.
- Mit Hilfe von **Klimaarchiven** und verschiedenen Datierungsverfahren kann das Klima der Erdgeschichte rekonstruiert werden.
- Die Schneegruben im Wald von Falanga sind ein Hinweis auf die Auswirkungen des Klimawandels auf der Insel Ischia

Klima und Klimawandel – eine Definition

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) definiert das **Klima** „als die Zusammenfassung der Wettererscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder in einem mehr oder weniger großen



Abb. 1: Regenbogen auf Ischia

Gebiet charakterisieren. Es wird repräsentiert durch die statistischen Gesamteigenschaften (Mittelwerte von Temperatur, Niederschlag etc., Extremwerte, Häufigkeiten, Andauerwerte u. a.) über einen genügend langen Zeitraum. Im Allgemeinen wird ein **Zeitraum von 30 Jahren** zugrunde gelegt, die sogenannte **Normalperiode**, es sind aber durchaus auch kürzere Zeitabschnitte gebräuchlich.“ Für die Normalperiode werden aktuell bevorzugt die Zeiträume von 1961-1990 und 1991-2020 herangezogen. **Klimawandel**, oder auch Klimaänderung, ist demnach jede Veränderung des Klimas. Dies gilt sowohl für die Veränderung der Mittelwerte, als auch Änderungen anderer statistischen **Kenngrößen** (z.B. Extreme) einzelner **Klimaparameter**, wie Temperatur oder Wind (DWD).

Natürliche Ursachen für einen Klimawandel

Im Laufe der Erdgeschichte unterlag das Klima der Erde ständigen Veränderungen. Ursache dafür sind Veränderungen der Klimabilanz, die durch unterschiedliche natürliche Faktoren ausgelöst werden können.

Den größten Einfluss hat dabei die **Sonneneinstrahlung**. Sie wird durch die **Milanković-Zyklen** gesteuert, die Variationen der Erdbahnparameter beschreiben, die sich periodisch über einen langen Zeitraum ändern. Dabei beschreibt die **Präzession** die relative Position der Erdrotationsachse um die Sonne, ihre Periode beträgt ca. 23.000 Jahre. Die Änderung der Erdachsenneigung gegen die Erdbahnebene heißt **Obliquität** und läuft in einem Zyklus von ca. 41.000 Jahren. Die Änderung der Erdbahnform wird als **Exzentrizität** bezeichnet, ihr Zyklus dauert 100.000 und 405.000 Jahre. Eine elliptische Umlaufbahn führt zu mehr Sonneneinstrahlung und damit auch mehr Wärme als eine runde Erdbahn. Die **Kippung** der Erdbahnebene gegenüber der Sonne-Jupiter-Ebene ändert sich ca. alle 100.000 Jahre.



Es gibt viele weitere wichtige Einflussfaktoren auf das Klima. **Veränderungen der Atmosphärenzusammensetzung** beeinflussen den natürlichen Wärmehaushalt der Erde. Bei **plattentektonischen Prozessen** verschieben sich die Platten der Erdkruste auf Magma, das die Erde umgibt. So kommt es einerseits zu Vulkanismus, was eine Freisetzung von CO_2 zur Folge hat. Zudem wird die Landschaft z.B. durch Gebirgsbildung verändert und es werden Luft- und Meeresströmungen beeinflusst. Die **Ozeanzirkulation** beschreibt ein globales Netzwerk von Meeresströmungen, die Wasser und Wärme transportieren und damit Temperaturunterschiede ausgleichen.

Die Klimaerwärmung wird durch den **Albedo-Effekt** verstärkt. Die Sonneneinstrahlung wird von hellen Flächen reflektiert und von dunklen Flächen absorbiert. Wird es wärmer, sinkt der prozentuale Anteil der hellen Flächen durch eine Abnahme von Schnee und Eis. Folglich wird mehr Wärme absorbiert und die Erde erhitzt sich weiter.

Auch große Naturereignisse wie **Meteoriteneinschläge** oder starke **Vulkanausbrüche** können das Klima beeinflussen, da sie große Mengen an **Asche, Aerosolen und Treibhausgasen** wie CO_2 in die Atmosphäre freisetzen. Aerosole sind winzige, schwebende Partikel, darunter zählen Feinstaub und Wassertröpfchen, die das Sonnenlicht reflektieren. Diese Stoffe können sich in der Stratosphäre, 12 bis 50 km von der Erde entfernt, oberhalb der Troposphäre anreichern und dort über längere Zeit klimawirksam bleiben (vgl. Abb.2).

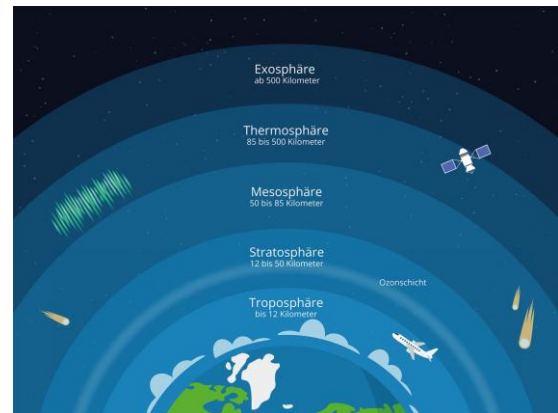


Abb. 2: Schichten der Erdatmosphäre; Quelle: Welt der Physik

Analysen zufolge bildeten sich vor allem in den Epochen der Greenhouse-Ära viele Zirkone. Diese Minerale geben einen Hinweis auf einen hohen und **lang andauernden Vulkanismus** an den Ozeanrändern in dieser Zeit. Die Greenhouse-Epochen sind beispielsweise vor 540-485 Ma und 200-66 Ma einzuordnen und zeichneten sich durch extrem hohe Temperaturen aus, sodass die Pole damals nicht von Eisschilden bedeckt waren. Der Meeresspiegel lag dementsprechend höher als heutzutage. Zudem waren die Treibhausgase in der Atmosphäre verhältnismäßig hoch konzentriert. Für eine kurzzeitige globale Klimaänderung sorgte auch der bisher stärkste Vulkanausbruch in historischer Zeit: die **Eruption des Tambora-Vulkans in Indonesien 1815**. Bei der Eruption wurden bis zu 160 km^3 vulkanische Auswurfsprodukte, auch Tephra genannt, bis 43 km hoch in die Stratosphäre geschleudert und verursachten so eine kurzfristige **globale Abkühlung von $0,5^\circ\text{C}$** . Das führte dazu, dass es im Jahr 1816 keinen Sommer in Europa und Nordamerika gab, was Missernten, Hungersnöte und viele Todesopfer zur Folge hatte.

Aerosole und Treibhausgase als klimawirksame Einflussfaktoren

Dass auch Vulkaneruptionen klimawirksam sein können, liegt darin begründet, dass das **Wettergeschehen auf der Erde** hauptsächlich in der Erdatmosphäre stattfindet. Dementsprechend haben die atmosphärischen Wechselwirkungsprozesse einen entscheidenden Einfluss auf das Klima. Dabei spielt vor allem die Veränderung der Konzentration der Aerosole und Spurenelemente, wie Kohlendioxid, Methan, Ozon, Schwefeldioxid und Stickstoff, eine wichtige Rolle. Bei explosiven Vulkaneruptionen werden Schwefelgase freigesetzt, die in der Stratosphäre chemisch zu Schwefelsäure reagieren. Die so entstandenen sekundären **Sulfat-Aerosole** streuen vermehrt die kurzweilige Solarstrahlung ins All zurück und absorbieren einen Teil davon. Als Folge gelangt weniger Sonnenenergie in die bodennahen Schichten der Atmosphäre und verursacht damit eine Abkühlung, besonders in den höheren geographischen Breiten (JACOBET 2007).

Eine der größten Vulkaneruptionen in Europa der letzten 200.000 Jahre war die Entstehung der Caldera der Phlegräischen Felder im Golf von Neapel vor rund 39.000 Jahren. Damals wurden bis zu 350 km^3 Tephra in die Atmosphäre geschleudert und führten zu Klimaschwankungen während der Würm-Kaltzeit (NOWACZYK et al.



2012). Würde es erneut zu einer solchen Eruption kommen, könnte es wieder zu einer kurzfristigen globalen Abkühlung der Erde mit verheerenden Folgen kommen.

Die größten Vulkaneruptionen auf der vulkanischen Insel **Ischia** ereignete sich vor 55.000 Jahren. Damals wurden bis zu 40 km³ Tephra auf die Oberfläche befördert. Zum Vergleich: Beim berühmten Ausbruch des Vesuvs 79 nach Christus waren es immerhin noch 3,3 km³ Tephra.

Vulkane stoßen aber nicht nur Asche- und anderen Gesteinspartikel aus, sondern sind gleichzeitig **natürliche CO₂-Produzenten** auf der Erde. Natürliche Gasaustritte, in Form von Fumarolen, Solfataren und Mofetten können auch während der nicht-aktiven Phase eines Vulkans auftreten (→ siehe auch: Kapitel Fumarolen und Mofetten). Hierzu gibt es im Golf von Neapel zahlreiche Beispiele: im Krater des Vesuvs, an mehreren Stellen auf der Insel Ischia und auf den Phlegräischen Feldern stoßen Vulkane zum Teil seit mehreren zehntausend Jahren ununterbrochen CO₂ und andere Treibhausgase in die Atmosphäre.

Auf der Insel Ischia werden die CO₂-Ausgasungen in Küstennähe beim Castello Aragonese derzeit genauer untersucht, um die Prozesse der **Ozeanversauerung** besser zu verstehen. Das austretende CO₂ reagiert dabei mit dem Meerwasser und bildet Kohlensäure, wodurch der pH-Wert sinkt. Folglich ändert sich das chemische und das ökologische Gleichgewicht im Wasser. Besonders verheerend für Lebewesen mit Kalkstrukturen und Kalkgehäusen, weil ihnen dadurch Karbonat-Ionen entzogen werden, wodurch der Kalk angegriffen wird und sich auflöst.



Abb. 3: Hochwasser auf Ischia

Klimaarchive und ihre Datierungsverfahren

Die oben genannten Beispiele sind lediglich eine kleine Auswahl, um die Zusammenhänge und Wechselwirkungen im **komplexen Klimasystem** der Erde zu veranschaulichen. Das Verständnis der grundlegenden Prozesse von heute ist wichtig für die Erforschung des Klimas und der Klimaänderungen in der Vergangenheit.

Mit Hilfe von **Klimaarchiven** und verschiedenen Datierungsverfahren kann das Klima der Erdgeschichte inzwischen gut rekonstruiert werden. Neben den verschiedenen Sedimenten aus Meer und Süßwasser liefern hierzu vor allem die Eiskerne aus den polaren Eismassen die besten und vollständigsten **Klimadaten**. Außerdem werden terrestrische Sedimente (z. B. Löß, Dünen), biologische Bildungen (Baumringe, Korallen, Pollen) und historische Aufzeichnungen als Klimaarchive herangezogen.

Als **Datierungsverfahren** kommen in der **Quartärforschung** hauptsächlich die *Dendrochronologie*, die *Pollenanalyse*, sowie die *Radiokarbon-* und *Lumineszenz-Methode* zum Einsatz. Das Klima in älteren erdgeschichtlichen Perioden und Epochen wird vor allem mittels radioaktiver Isotope und ihren unterschiedlichen Zerfallsreihen ausgewertet (BUBENZER et al.). Insbesondere das Klima der letzten 2,6 Millionen Jahre wurde intensiv erforscht und aus dieser Zeit liegen die genauesten Klimadaten vor. Je weiter wir in die Vergangenheit schauen möchten, desto schwieriger ist es, Klimaarchive zu finden, die eine präzise Aussagekraft haben.

Gut zu Wissen

Dendrochronologie = Altersbestimmung von Holz anhand der Jahresringe

Pollenanalyse = mikroskopische Untersuchung fossiler Pollen aus Bohrungen in Mooren oder Sedimenten

Radiokarbonmethode = Bestimmung des Anteils von C-14 in organischem Material - sobald ein Organismus stirbt, beginnt der radioaktive Zerfall des C-14, durch den Fortschritt des Zerfalls lässt sich dementsprechend feststellen, wann der Organismus gestorben ist

Lumineszenz-Methode = Altersbestimmung von Steinen und Sedimenten anhand der Strahlungsenergie der Proben, die mit dem Alter zunimmt. Die Strahlungsenergie wird anhand von emittierter Lumineszenz (Licht) quantitativ gemessen.



Klimaänderungen in der Erdgeschichte

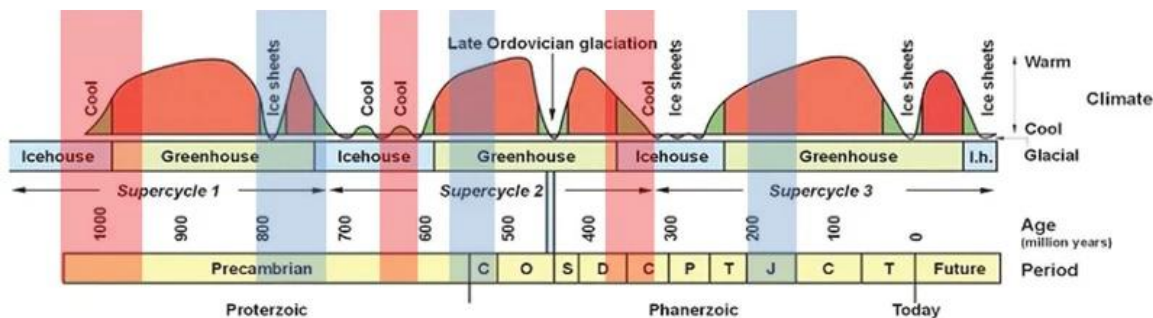


Abb. 4: Darstellung der Greenhouse und Icehouse Ären im Laufe der erdgeschichtlichen Zeitalter Quelle: Nance, 2022

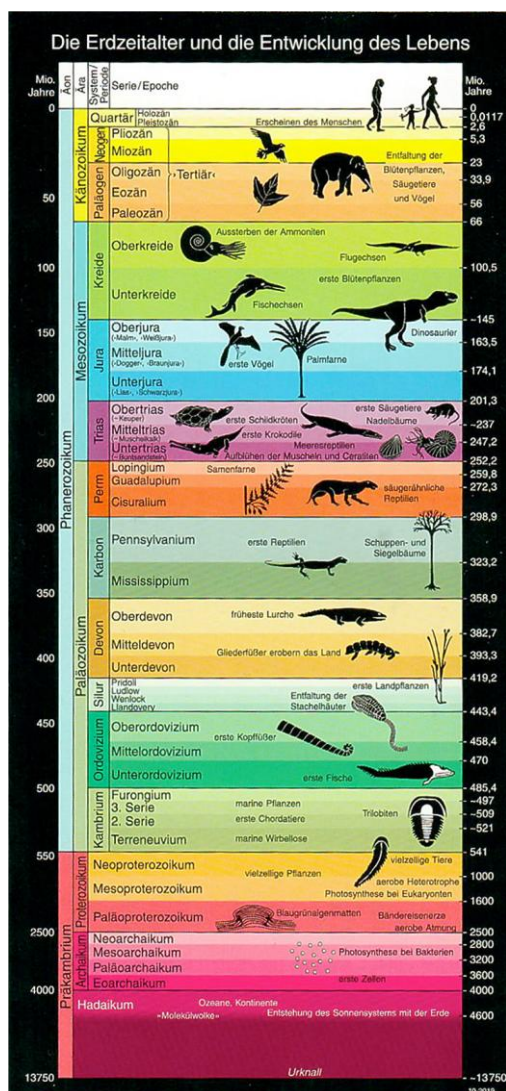


Abb.5: Übersicht über die Erdzeitalter
Quelle: Verlag Dr. Friedrich Pfeil

Mit Hilfe der Datierungsmethoden konnten in der Erdgeschichte **Icehouse-** und **Greenhouse-Ären** ausgemacht werden (vgl. Abb.3). Am Ende des **Präkambriums** verursachte der **Eis Albedo-Effekt** gemeinsam mit einer Abnahme des Kohlenstoffdioxids eine „**Snowball-Earth**“. Dabei reflektierten zunehmend Eisflächen die Sonneneinstrahlung, was wiederum zu einer verstärkten Vereisung führte. Die Folge war ein extremes Eiszeitalter mit einer globalen Mitteltemperatur von bis zu -50°C .

Nachdem, vermutlich durch andauernde Vulkanausbrüche, der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre wieder stieg, wurde es auf unserem Planeten wieder wärmer. Die nächste größere Vereisungsphase folgte im **Paläozoikum**, vor 541 bis 252 Mio. Jahren, mit der **Gondwana-Vereisung**, bei der weite Teile des Subkontinents Gondwana vergletschert waren.

Im **Mesozoikum**, vor 252 bis 66 Mio. Jahren, gab es eine lange Phase ohne Eisbedeckung. Diese Greenhouse-Ära mit Temperaturen, die deutlich über den heutigen lagen, dauerte bis zum Ende der Kreidezeit, als ein Meteoriteneinschlag katastrophale Auswirkungen hatte.

Die bisher letzte Icehouse-Ära begann im **Känozoikum** vor rund 66 Mio. Jahren. Nachdem es bis zum Eozän vor 56 bis 34 Mio. Jahren noch einmal wärmer wurde, gingen die globalen Temperaturen anschließend zurück, blieben aber dennoch auf einem höheren Niveau als heute. Ende des Miozäns, vor etwa 7-8 Millionen Jahren, kam es schließlich zur Bildung erster Eismassen in den höheren nördlichen Breiten.

Der Höhepunkt dieser Icehouse-Ära wurde im **Pleistozän**, etwa 2,6 Millionen – 11.000 Jahre vor heute, erreicht. In dieser Zeit kam es zu mehreren zyklischen Warm- und Kaltzeiten, die nachweislich vor allem auf die Milanković-Zyklen zurückzuführen sind. Sie sind auch für den Beginn der letzten Warmphase, dem Interglazial des Holozäns verantwortlich, in dem wir derzeit leben.



Daten und Fakten zum aktuellen Klimawandel

Um Aussagen zum aktuellen Klimawandel zu geben, ist ein Verständnis des Paläoklimas von hoher Bedeutung. Darüber hinaus benötigt man zum Vergleich verlässliche Wetterdaten aus der Vergangenheit, um Prognosen für die Zukunft erstellen zu können.

Bereits aus dem Mittelalter gibt es einige lokale Aufzeichnungen des Wetters, allerdings ohne quantitative Messwerte. Mit der Erfindung des Thermometers wurden ab dem **17. Jahrhundert erste Temperaturmessreihen** durchgeführt. Da jedoch oftmals Ort und Durchführungsart nicht überliefert sind, sind solche Messreihen nicht sehr zuverlässig. Des Weiteren reichen einzelne Stationen nicht aus, um die Klimaentwicklung einer ganzen Region, oder gar auf der ganzen Welt zu dokumentieren. Verlässliche Daten der **globalen Temperaturentwicklung** stehen daher erst seit 1851 zur Verfügung. In Deutschland existieren seit 1881 ausreichend Stationen, mit deren Hilfe die Temperaturentwicklung nachvollzogen werden kann (DWD).

Vergleicht man nun die heutigen Daten mit denen aus der Vergangenheit, so ist folgendes festzustellen (Daten der NASA und NOAA 2019):

1. Die globale **Durchschnittstemperatur** ist seit 1880 um etwa 1°C gestiegen.
2. Auswertungen aus Eiskernbohrungen zeigen, dass der **CO₂-Gehalt der Atmosphäre** vor der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert stets um oder unter 280 ppm lag. Anschließend stieg der Gehalt zunächst langsam, seit Mitte des 20. Jahrhunderts stark an. Im Jahr 2013 überstieg er erstmals die Marke von 400 ppm und liegt derzeit bei 412 ppm. Das ist der höchste Wert seit mehr als 800.000 Jahren.
3. Im Jahr 2019 bedeckten **arktische Eisflächen** 4,32 Millionen km². Das entspricht einer Abnahme von rund 13% pro Dekade.
4. Die **Grönland-Eismasse** ist zwischen 2002 und 2017 um 3.771 Gigatonnen geschrumpft. Das sind 286 Gt pro Jahr.
5. Der **Meeresspiegel** ist seit 1880 um ca. 230 mm gestiegen. Davon alleine im Zeitraum 1993-2019 um 95 mm (also ca. 3,3 mm pro Jahr).

Messbarer Temperaturanstieg auf Ischia

Auch auf Ischia ist eine Temperaturerhöhung erkennbar. Für den Zeitraum von 1971-2000 wird für die Insel eine Jahresmitteltemperatur von 16,8°C angegeben (DATAMETEO). Wetterdaten für den Zeitraum zwischen 2010 und 2019 zeigen, dass die Jahresmitteltemperatur bei rund 18°C lag, also etwa 1°C über dem langjährigen Mittelwert.

Ursachen und Auswirkungen der aktuellen Klimaänderung

Die Daten und Fakten machen deutlich, dass es auf der Erde derzeit wieder wärmer wird. Im Gegensatz zu prähistorischen Klimaschwankungen, gehen die meisten Wissenschaftler davon aus, dass es sich im jetzigen Fall um eine **antropogen, also menschlich verstärkte Klimaänderung** handelt. Diese Theorie wird einerseits mit dem Zusammenhang zwischen Temperatur und CO₂-Konzentration der Atmosphäre begründet, andererseits mit der Schnelligkeit des Temperaturanstieges in den letzten 150 Jahren. Während der pleistozänen Warm- und Kaltzeiten folgte der CO₂-Gehalt dem Temperaturverlauf zeitlich verzögert. Ursache der damaligen Erwärmungs- und Abkühlungsphasen waren die Milanković-Zyklen, die die Intensität der Sonneneinstrahlung veränderten. Erwärmten sich Erd- und Wasseroberflächen, verringerte sich die CO₂-Löslichkeit der Ozeane, wodurch zusätzlich CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt wurde.



Abb. 6: Schnee auf Ischia



Dieser Anstieg erfolgte etwa 800–1.000 Jahre nach dem Temperaturanstieg und verstärkte die Erwärmung weiter. Kühlte das Klima wieder ab, konnten Ozeane und Böden erneut mehr CO₂ aufnehmen.

Seit der Industrialisierung ist dagegen der umgekehrte Prozess zu beobachten: Zunächst steigt durch menschliche Emissionen der CO₂-Gehalt der Atmosphäre, wodurch mehr langwellige Wärmestrahlung auf der Erde gespeichert wird. Dies führt zur globalen Erwärmung, zum Abschmelzen der Eismassen und damit sowohl zum Meeresspiegelanstieg als auch zur Verringerung der Albedo, was die Erwärmung zusätzlich verstärkt.

Wissenschaftliche Berechnungen zeigen, dass eine Verdopplung der CO₂-Konzentration von 280ppm vor der Industrialisierung auf 560ppm bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur zwischen 1,5°C und 4,5°C führen kann.



Abb. 7: Waldbrand auf Ischia

Der rasante Temperaturanstieg wirkt sich besonders auf die **Ökosysteme** aus. Lebensräume von Flora und Fauna verschwinden schneller, weil sich Pflanzen und Tiere nicht schnell genug an die neue Situation anpassen können. Damit ist ein **Artensterben** vorprogrammiert. Gleichzeitig verschieben sich Klima- und Vegetationszonen, sodass Tiere aus den Tropen nun auch in Mitteleuropa überleben und dort tropische Krankheiten auf Mensch und Tier übertragen können. Wetterdaten zeigen zudem, dass in den letzten Jahrzehnten **Wetterextreme scheinbar** häufiger werden. Während es an manchen Orten aufgrund der Temperaturerhöhung vermehrt zu **Dürreperioden** oder **Waldbränden** kommt, treten an anderen Orten gehäuft **Starkregen** mit **Hochwasserereignissen** auf.

Die Folgen des Klimawandels können ökologische, ökonomische und soziale Probleme, besonders in den Schwellen- und Entwicklungsländern verstärken und zu Krieg, Vertreibung und Flucht führen (LOZÁN et al. 2018).

Der Klimawandel und die Folgen auf Ischia



Abb. 8: Schneeegrube im Wald von Falanga (Forio, Insel Ischia)

Ob auch auf Ischia solche Wetterextreme zugenommen haben, ist schwer zu beurteilen, da entsprechende Wetterdaten fehlen. Interessant ist jedoch, dass es im Kastanienwald von Falanga mehrere große, bis zu fünf Meter tiefe Löcher gibt, die sogenannten **Schneeegruben**. Dort hat man bis etwa 1900 Schnee und Hagel gesammelt, um daraus Eis herzustellen. In den letzten Jahrzehnten hat es auf Ischia aber kaum geschneit und auch Hagelschauer sind eher selten geworden. Die Nutzung solcher Schneeegruben wäre also in der heutigen Zeit nicht mehr möglich.

Auf Ischia können Starkregenereignisse mit **Erdbeben und Schammströmen**, die besonders in den Wintermonaten auftreten, ebenfalls ein Anzeichen für den Klimawandel sein. Darüber hinaus können größere Regenmengen das empfindliche **Gleichgewicht zwischen Thermalwasser und Magmaherd** beeinflussen, indem sie die über

Jahrtausende aufgebaute Spannung an den Erdspalten lösen und so verstärkt zu Erdbeben führen.

Ein **Ansteigen des Meeresspiegels** würde sich besonders auf die Küstenregionen Ischias auswirken. Bereits jetzt wird die Altstadt von Ischia Ponte regelmäßig bei Unwettern mit kleinen Sturmfluten unter Wasser gesetzt und gibt so einen Vorgeschmack auf die Folgen, die ein Anstieg des Meeresspiegels in den nächsten Jahrzehnten haben könnte.



Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Klima der Erde seit Millionen von Jahren natürlichen Schwankungen unterliegt und durch komplexe Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre, Ozeanen, Vulkanismus und Sonneneinstrahlung beeinflusst wird.

Die heutigen Messdaten machen jedoch deutlich, dass die aktuelle Erwärmung in außergewöhnlich kurzer Zeit verläuft und in engem Zusammenhang mit dem vom Menschen verursachten Anstieg der Treibhausgase steht. Die Folgen reichen von schmelzenden Eismassen und steigendem Meeresspiegel bis hin zu zunehmenden Wetterextremen und tiefgreifenden Veränderungen der Ökosysteme.

Auch auf der Insel Ischia sind erste Auswirkungen erkennbar: steigende Temperaturen, Starkregenereignisse, Erdbeben und zunehmende Überschwemmungen in den Küstenbereichen verdeutlichen die Verletzlichkeit der Insel gegenüber klimatischen Veränderungen. Gleichzeitig zeigt Ischia mit seinem Vulkanismus, den Thermalquellen und den natürlichen CO₂-Austritten eindrucksvoll, wie eng geologische Prozesse und Klima miteinander verbunden sind. Der Blick in die Erdgeschichte hilft daher nicht nur, die natürlichen Ursachen von Klimaänderungen zu verstehen, sondern macht auch deutlich, welche Herausforderungen der aktuelle Klimawandel für Mensch und Natur mit sich bringt.



Abb. 9: Wolkenbruch auf Ischia

Begriffsklärung

Mehr erfahren

- **Geologische Wanderung:** [Ausflugskalender](#)
- **Newsletter:** [Newsletter abonnieren](#)

Quellen

Bubenzer, O. et al. (2007): Natürliche Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte. Aus: Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke, Ausblicke. S. 17-26, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., Potsdam

Jacobeit, J. (2007): Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Klimasystem. Aus: Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke, Ausblicke. S. 1-16, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., Potsdam

Lozán et al. (2018): Warnsignal Klima – Extremereignisse. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg.

Nowaczyk, N. R.; Arz, H. W.; Frank, U.; Kind, J.; Plessen, B. (2012): "Dynamics of the Laschamp geomagnetic excursion from Black Sea sediments" Earth and Planetary Science Letters, 351-352, 54-69

Ramstorf, S. und Schellnhuber (2007): Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie. 144 S. München
datameteo.it

climate.nasa.gov/

noaa.gov/climate

dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimawandel_node.html

bildungsserver.hamburg.de/klimawandel/