

# Klimaschwankungen

Autor(en): **Hess, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-654345>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Wir senken die Hand, welche die Schnur hält, allmählich, bis der Gegenstand den Boden berührt. In diesem Augenblick haben wir in unserer Hand das Gefühl, als wäre die Schnur ein fester Stab oder eine Rute, mit der wir den Boden erreicht haben. Wir glauben deutlich einen Widerstand zu spüren, wie wenn wir mit der Rute angestoßen wären. Dieser „paradoxe Widerstand“ ist die Druckabnahme, die wir als Druckzunahme spüren.

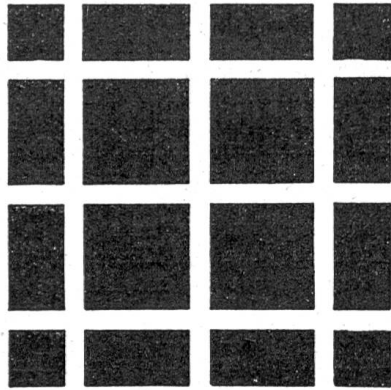


Abb. 2: Beispiel einer Kontrastwirkung

Sinnestäuschungen des Ohrs sind verhältnismäßig schwer und nur mit Hilfe geeigneter Apparaturen nachzuweisen. Die häufigsten Fehler beruhen auf einer falschen Beurteilung der Lautstärke, denn unser Ohr empfindet einen Ton erst dann als doppelt so laut, wenn er in Wirklichkeit rund zehnmal stärker ist als der vorhergehende.

Weitaus am häufigsten sind die Täuschungen unseres Gesichtssinnes. Wer wollte daran zweifeln, daß im Bild 1 a die waagrechte Strecke kürzer ist als die senkrechte, obwohl beide in Wirklichkeit genau gleich lang

sind? Ebenso scheint jedem Beobachter von Bild 1 b die schräge Linie hinter den zwei senkrechten Stäben als aus drei gegeneinander verschobenen Stücken zu bestehen, obwohl es sich um eine einzige Gerade handelt. Aber nicht nur Strecken und Geraden ändern sich, auch Flächen werden in diese Täuschung einbezogen. So verwandelt sich ein Quadrat in unseren Augen in ein Rechteck, sobald man über zwei gegenüberliegenden Seiten Kreisbogen aufsetzt (Abb. 1 c).

Eine ganze Reihe von optischen Täuschungen beruht auf einer Kontrastwirkung. An den Kreuzungsstellen der hellen Bahnen in Bild 2 erscheinen immer dann, wenn man die Kreuzung nicht ganz genau fixiert, graue Flecken. Die Wissenschaft hat für jede Sorte dieser falschen Sinneswahrnehmungen eigene Namen geschaffen. Als Simultankontrast bezeichnet man die Täuschung, die zustande kommt, wenn ein auf einen einfarbig leuchtend roten Hintergrund gelegter grauer Ring dem Auge in der Ergänzungsfarbe, also grünlich, erscheint. Die Sukzessivkontraste dagegen entstehen wahrscheinlich als Folge einer Ermüdung des Auges. Blickt man nämlich lange gegen einen hellerleuchteten farbigen Fleck und dann auf eine weiße Leinwand oder die Zimmerdecke, so sieht man ein farbiges Nachbild des Gegenstandes in der Komplementärfarbe, also zum Beispiel violett statt gelb.

Meistens bleiben die Sinnestäuschungen ohne schlimme Folgen; doch gibt es auch gefährlichere Fälle. So hat sich gezeigt, daß fast bei allen Menschen das Gleichgewichtsorgan sehr wenig zuverlässig ist. Bei schönem Wetter mag das für einen Piloten nicht viel bedeuten: sobald er aber sein Flugzeug ohne Erdsicht durch Nebel und Wolken zu steuern hat, muß ihm etwas Zuverlässigeres zur Verfügung stehen als die eigenen Sinnesorgane, die modernen Bordgeräte nämlich, die sich als eine durch den Menschengestirbt ersonnene Verfeinerung unserer Sinnesorgane für den von der Natur nicht „vorgesehenen“ Fall des Menschenfluges erweisen.

Dr. Max Frei-Sulzer

## Klimaschwankungen

In den letzten Jahren sind extreme Witterungserscheinungen — kalte Winter, trockene und heiße Sommer — etwas häufiger aufgetreten. Unter dem Eindruck solcher selbsterlebten Vorgänge lassen wir uns nur zu leicht verleiten, zu glauben, wir stünden mitten im Umbruch unseres Klimas, das doch offensichtlich ganz anders geworden sei als in früheren Jahren. Selbst die „ältesten Leute“ können sich an derartige Witterungserscheinungen nicht erinnern. Unser Gedächtnis ist oft schwach, zumal in unserer schnelllebigen Zeit, und vor allem durch subjektive Eindrücke und Erlebnisse getrübt. Darum müssen wir solche Einflüsse ausschalten und die eindeutige Sprache der Zahlen zu Gehör kommen lassen. Viehhundertjährige Beobachtungen, anfangs ohne, etwa vom Jahre 1750 ab mit Instrumenten, beweisen uns, daß alles schon einmal da war, und daß sich unser Klima eigentlich seit mehreren Jahrhunderten nicht grundsätzlich geändert hat. Zu allen Zeiten traten extreme Jahreszeiten auf, sowohl nach der einen als auch nach der anderen Richtung; sie gehören zur Charakteristik des Klimas unserer gemäßigten Breiten. Eine Klimaänderung können

solche extremen Witterungsperioden erst dann hervorrufen, wenn sie sich in einer Richtung über einen längeren Zeitraum hinweg häufen.

Nach einer Definition des Altmeisters der Klimakunde *J. Hann* versteht man unter Klima die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgendeiner Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen. Eine andere, neuere Definition gab *R. Meyer*: das Klima ist die statistische Zusammenfassung der Witterungsverhältnisse eines Ortes während einer bestimmten Zeit. Beiden Definitionen gemeinsam ist die Betonung des statistischen Mittelwertes. Dieser ändert sich aber nur bei einseitiger Abweichung vom Normalwert, nicht aber beim Wechsel extremer Perioden verschiedener Abweichungsrichtung. Dabei muß allerdings eine Einschränkung gemacht werden: Wenn auch durch einen Wechsel extremer Jahreszeiten verschiedener Richtung — etwa durch sehr heiße, trockene und sehr kühle, nasse Sommer — der klimatische Mittelwert sich nur wenig zu ändern braucht, so bedeutet doch der Übergang von einer Periode ausgeglichener Verhältnisse

zu einer Epoche extremer Jahreszeiten eine gewisse Änderung des Klimacharakters; diese läßt sich aber in Zahlen nicht eindeutig erfassen, wenn wir den Mittelwert nicht auflockern. Deshalb ist es das Ziel der modernen Klimatologie geworden, den Mittelwert zu beleben und durch Häufigkeitsauszählungen seines ausgleichenden Charakters zu entkleiden.

Seit dem Vorliegen instrumentell gemessener Werte konnte eine nennenswerte Änderung des Klimas unserer gemäßigten Breiten nicht festgestellt werden; keine der kritisch bearbeiteten langen Temperaturreihen läßt eine fortschreitende Erwärmung oder Abkühlung erkennen; auch für die Niederschläge läßt sich keine Änderung nachweisen. In den kurzen Zeiträumen, die ein Menschenleben ausfüllt und die dem Erinnern zur Verfügung stehen, kann man lediglich kleinere Zirkulationschwankungen vermuten. So herrschten zum Beispiel in dem Zeitraum der Jahre 1900 bis 1930 mehr Westwetterlagen mit maritim-gemäßigtem Witterungscharakter als in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts oder in den letzten zwanzig Jahren. Während dieser Zeiten traten häufiger Wetterlagen mit Zufuhr kontinentaler oder polarer Luft auf und führten zu einer gewissen Verschärfung der Temperaturoppositionen zwischen Sommer und Winter. Die Mitteltemperaturen der Jahre blieben dabei aber ziemlich unverändert. Der Rückgang des arktischen Eises und der Gletscher auf Grönland lassen allerdings auf eine gewisse Erwärmung des Polargebietes schließen; das bedeutet, daß der meridionale Temperaturgegensatz zwischen Tropen und Polargebiet abnimmt und damit die durch diesen Gegensatz bestimmte West-Ost-Drift der gemäßigten Breiten schwächer wird. Dies steht in Übereinstimmung mit der Beobachtung, daß augenblicklich die Westlagen seltener geworden sind und unser Klima einen etwas kontinentaleren Charakter angenommen hat. Das Ausmaß dieser Änderung ist jedoch so gering, daß man noch nicht von einer stärkeren Klimaschwankung sprechen darf.

Recht zahlreich sind die Versuche, regelmäßige Perioden auch solcher kleineren Zirkulations- und Klimaschwankungen zu finden. Die Ergebnisse solcher mühevollen Untersuchungen sind recht verschieden und teilweise sehr fraglich. Von allen Schwankungsperioden seien nur die vier wichtigsten erwähnt. Solaren Ursprungs ist wohl die etwa elfjährige Periode, die mit den Sonnenfleckenrelativzahlen parallel läuft, aber nur in den Tropen, nicht dagegen in den gemäßigten Breiten ausgeprägt erscheint. Am bekanntesten dürfte die *Brücknersche* Klimaschwankung von durchschnittlich fünfunddreißig Jahren Länge sein, die sich an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche nachweisen ließ. So erlebte das europäische Rußland naßkalte Perioden um die Jahre 1745, 1775, 1810, 1845, 1880, und trockene Wärmeperioden um 1715, 1760, 1795, 1825 und 1860. Die genannten Jahre lassen deutlich erkennen, daß die Periodenlänge keineswegs genau eingehalten wird, sondern um mehrere Jahre schwanken kann; diese Tatsache erschüttert den Glauben an die Bedeutung solcher Perioden. In der neuesten Zeit ist die *Brücknersche* Periode nicht mehr zu erkennen. Schließlich wurde im Auftreten kalter Winter in Westeuropa eine etwa neunundachtzigjährige Schwankung festgestellt; aber auch ihr Wert ist fraglich. Ausmessungen der kalifornischen Riesenbäume ließen eine Periode von rund einhundertfünfzig Jahren vermuten. Zusammenfassend muß aber gesagt werden, daß alle diese Perioden nur eine Zeitlang wirken, also nicht „persistent“ sind; sie reißen plötzlich ab oder werden durch eine Schwankung ganz anderer Dauer abgelöst.

Alle diese Betrachtungen bezogen sich auf eine Zeit, in der instrumentelle Beobachtungen vorlagen. Nun ist es aber durchaus denkbar, daß die Periodenlängen wirklicher Klimaschwankungen weit größer sind, als daß wir sie durch Messungen von knapp zweihundert Jahren erfassen können. Wollen wir Änderungen weit früherer Zeiten der Geschichte verfolgen, so müssen wir auf instrumentelle Beobachtungen verzichten und uns anderen Methoden zuwenden. Im Mittelalter und in der beginnenden Neuzeit lassen sich häufig in alten Chroniken Angaben über strenge oder außergewöhnlich milde Winter, über Dürresommer, über besonders gute oder schlechte Weinjahre und so fort finden. Die Auswertung solcher Überlieferungen muß allerdings mit größter Vorsicht vorgenommen werden, da mancher Chronist übertreibt und mehr seinen persönlichen Eindruck, weniger das Geschehen als solches beschreibt; extreme Jahreszeiten wirken sich nämlich um so stärker aus, je ungünstiger die allgemeine wirtschaftliche Lage ist. Aus eigenem Erleben sei nur an den strengen Winter 1946/47 erinnert, der sich bei der Brennstoff- und Wohnungsnot noch stärker auswirkte als der strengere Kriegswinter 1941/42 oder gar der extrem kalte Winter 1928/29.

Objektiver sind Beobachtungen über das Auftreten von Pflanzen, deren Lebensmöglichkeiten an ganz bestimmte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse gebunden sind. Beim Unterschreiten fester Schwellenwerte vor allem der Temperatur können bestimmte Pflanzenarten nicht mehr existieren. So wissen wir aus heutigen Beobachtungen, daß die nördliche Begrenzung des Auftretens der Haselnuß dort liegt, wo die mittlere Sommertemperatur mindestens zwölf Grad Celsius beträgt. Man fand nun Pollenkörner (Staubkörner von Blütenpflanzen) der Haselnuß in Gebieten, die merklich nördlicher liegen als die heutige Begrenzung und in denen jetzt mittlere Sommertemperaturen von nur 9,5 Grad Celsius beobachtet werden. Es muß somit geschlossen werden, daß in diesen Gebieten zu der Zeit, aus der die Pollenfunde stammen, eine um etwa 2,5 Grad Celsius höhere Mitteltemperatur bestand. Die Methode der „Pollenanalyse“ wurde in den letzten Jahren sehr ausgebaut und führte zu der Erkenntnis, daß im Mittelalter und im Altertum unserer Geschichte doch zeitweise andere Klimaverhältnisse herrschten als heute. Dabei haben sich nicht nur die mittleren Temperaturen, sondern auch der allgemeine Klimacharakter verändert; längere Perioden maritimen Klimas mit geringen jahreszeitlichen Unterschieden wechselten ab mit Epochen kontinentalen Klimas und damit großer Gegensätze zwischen Sommer und Winter. Auch diese Annahme baut auf den Ergebnissen der Pollenanalyse auf, da manche Pflanzen weniger an die Mitteltemperaturen als vielmehr an bestimmte Schwellenwerte der Sommer- oder Wintertemperaturen gebunden sind. So wird zum Beispiel das Auftreten von Stechpalme und Efeu durch die tiefsten Wintertemperaturen, das der Mistel durch die mindeste Sommertemperatur bestimmt. Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse kann man sowohl aus dem Auftreten als auch aus dem Fehlen verschiedener Pflanzenarten ein großzügiges Bild des damaligen Klimas entwerfen.

Aus allen Beobachtungen ergibt sich etwa folgendes Gesamtbild der Klimageschichte seit dem Ende der letzten Eiszeit: Es müssen mehrere markante Klimaänderungen in dieser letzten Epoche der Erdgeschichte aufgetreten sein. Nach der Vereisung um das Jahr 50 000 v. Chr. stiegen die Temperaturen nicht etwa stetig an; vielmehr schoben sich mindestens eine, wenn nicht zwei stärkere Erwärmungsperioden mit nachfolgendem merk-

lichem Temperaturrückgang ein, es handelt sich also um echte Klimaschwankungen. Auf die eigentliche Eiszeit folgte eine Übergangsperiode mit anfangs trocken-, dann feuchtwarmem Klima. Charakteristisch für diese Zeit — etwa 50 000 bis 15 000 Jahre v. Chr. — ist das Auftreten von Birke und Kiefer, also noch ziemlich anspruchsloser Bäume. Von etwa dem Jahre 10 000 bis zum Jahre 3000 v. Chr. herrschte eine sehr günstige Klimaperiode — „Klimatisches Optimum“ um das Jahr 6000 v. Chr. — mit trockener und warmer Witterung, gekennzeichnet durch das Vorherrschen der Eiche; die Sommertemperaturen lagen damals vermutlich höher als in der Jetztzeit. Um das Jahr 500 v. Chr. verschlechterte sich das Klima merklich durch starke Niederschläge und Überschwemmungen; die Buche begann die Eiche zu verdrängen. Im frühen Mittelalter besserte sich das Klima wieder etwas; aus der Verbreitung des Weinstocks und den Angaben über den Zeitpunkt der Weinlese kann man schließen, daß die Temperaturen wieder höher lagen und eine gewisse Trockenheit vorherrschte. Nach einer noch unveröffentlichten Untersuchung von *H. Flohn*, der eine Reihe von Beobachtungstatsachen und Überlegungen entnommen wurde, setzte um das Jahr 1450 n. Chr. eine Umstellung ein, die zunächst mit maritimem Charakter sehr milde Winter, aber nur mäßig warme Sommer brachte. Um das Jahr 1550 n. Chr. folgte dann ein merklicher Klimasturz mit nachhaltigem Temperaturrückgang, der seinen Tiefstpunkt in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts erreichte. Trotz allmählicher Wiedererwärmung seit der Mitte des 19. Jahrhunderts ist dieser Temperaturrückgang heute noch nicht ganz ausgeglichen. Interessante Beweise für die Klimaschwankungen des Mittelalters und der beginnenden Neuzeit sind die Beobachtungen über die Gletscherbewegungen der letzten Jahrhunderte; infolge des oben erwähnten Temperaturrückganges begannen die Gletscher in Skandinavien und in den Alpen um die Wende des Mittelalters zur Neuzeit in tiefere Lagen vorzustoßen und bedeckten weite bis dahin eisfreie Bereiche. Gegenwärtig befinden sich die Gletscher wieder in raschem Rückzug, so daß einige ehemals eisfreie und dann vergletscherte Gebiete heute wieder eisfrei wurden.

Wenn wir auch keine grundsätzliche Klimaänderung in einer bestimmten Richtung feststellen können, so müssen wir doch zugeben, daß gewisse Klimaschwankungen nachgewiesen erscheinen. Als eine der letzten Ursachen für solche Schwankungen muß vom Klimatologen eine Schwankung in der Zufuhr von Strahlungsenergie der Sonne angenommen werden. Direkte Messungen der Sonneneinstrahlung liegen erst seit einigen Jahrzehnten vor, in denen eine meßbare Zu- oder Abnahme der Strahlungsenergie nicht festgestellt werden konnte. Der Beobachtungszeitraum ist aber zu kurz, als daß man hieraus Schlüsse auf die Konstanz der Sonnenstrahlung ziehen könnte. Die Klimaforscher haben eine Reihe von Möglichkeiten untersucht, wie eine Änderung der zugestrahlten Energie zustande kommen könnte, ohne daß sich die von der Sonne selbst ausgestrahlte Energie ändert, denn die Tatsache, daß die Sonne ein Fixstern ist, dessen Temperatur und damit Strahlungsenergie wahrscheinlich allmählich abnimmt, wiegt in diesem Zusammenhang nicht schwer, da diese Abnahme so langsam erfolgt, daß eine merkliche Änderung seit der letzten Eiszeit nicht festzustellen sein dürfte. Amerikanische Forscher nehmen an, daß die Sonne auf ihrer Bahn durch „Wolken“ kleinster Festteilchen wandert, die vorübergehend die Strahlungsenergie beeinflussen; diese Teilchen sollen in die Sonne fallen, dort verbrannt werden und

dadurch die Sonnentemperatur erhöhen, was sich vor allem in einer Zunahme der ultravioletten Strahlung auswirken dürfte. Auf dem komplizierten Wege über die Ozonschicht unserer Atmosphäre sollen sich dann großräumige Zirkulations- und damit Klimaschwankungen ergeben. Von seiten der Astronomen wird diese Auffassung jedoch abgelehnt, da nach unseren heutigen Erkenntnissen die „Wolken“ zu groß sind, als daß sie Schwankungen von „nur“ einigen Jahrhunderten hervorrufen könnten.

Andere Möglichkeiten, eine Änderung der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung zu erklären, sind Schwankungen in der Schiefe der Ekliptik (Neigung der Erdoberfläche zur Bahnebene um die Sonne) und in der Exzentrizität der Erdbahn; wie bekannt, bewegt sich unsere Erde auf einer Ellipse um die Sonne, die in einem der Brennpunkte steht. Da sich durch solche Änderungen der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung in den verschiedenen Erdgebieten verringert oder vergrößert, muß auch eine Änderung der Erwärmung in den verschiedenen Erdzonen erfolgen. Weitere Theorien bauen auf der Tatsache auf, daß sich der Frühlingspunkt (Zeitpunkt der Tag- und Nachtgleiche nach dem Winterhalbjahr) langsam auf der Bahn der Ekliptik verschiebt und in rund 21 000 Jahren einen vollen Umkreis zurücklegt. Diese Tatsache hat einen Einfluß auf die Länge des Winter- und Sommerhalbjahres, die durchaus nicht konstant ist. Nach dem Keplerschen Gesetz bewegt sich die Erde auf ihrer elliptischen Bahn in Sonnenferne langsamer als in Sonnennähe. Augenblicklich befinden wir uns auf der Nordhalbkugel im Winter in Sonnennähe, die Erde wandert dann schneller durch ihre Bahnhälfte, das Winterhalbjahr ist deshalb kürzer als das Sommerhalbjahr. Nach rund zehntausend Jahren wird es umgekehrt sein, die Erde wird sich im Winter in Sonnenferne, im Sommer in Sonnennähe befinden, so daß das Winterhalbjahr länger als der Sommer sein wird. Bei der augenblicklichen geringen Exzentrizität beträgt der Unterschied nur wenige Tage, kann aber bei extremen Verhältnissen bis zu fünfunddreißig Tagen erreichen. Da sich solche Bedingungen jeweils mehrere hundert Jahre erhalten, ist eine Beeinflussung der gesamten klimatischen Verhältnisse durchaus denkbar, da die verschiedene Oberflächengestaltung der Nord- und Südhalbkugel sich auch bei gleichbleibender Gesamtzustrahlung auswirkt. Der Weg dieser Auswirkung ist allerdings recht kompliziert.

Schließlich sei nicht vergessen, daß einige Forscher die Ursache für Klimaschwankungen in der Verlagerung der Pole sehen, die eine entsprechende Änderung in den Bestrahlungsverhältnissen der verschiedenen Erdregionen zur Folge haben müssen, ohne daß die außerirdische Sonnenstrahlung sich ändert. Auch die *Wegenersche* Theorie der Kontinentalverschiebung sei in diesem Zusammenhang erwähnt, da sich durch solche Verschiebungen die Lage des Erdschwerpunktes und damit der Pole ändert.

Eine ausreichende Zusammenstellung aller Beobachtungstatsachen und Hypothesen über prähistorische und historische Klimaschwankungen vermittelt das „Handbuch der Klimatologie“ von Julius von Hann, herausgegeben von K. Knoch, Band 1, Verlag Engelhorn's Nachf., Stuttgart 1932, Seite 384 ff. Die Zusammenfassung aller Hypothesen ergab einen säkularen Gang der Erdbestrahlungsverhältnisse mit Schwankungen, die mit den Beobachtungen weitgehend übereinstimmen. Trotzdem bleibt auch heute noch ein Teil des Problems der Klimaschwankungen ungelöst.

Dr. Paul Heß