

Blockierende Wetterlagen (Rossbywellen), veränderte Strömungsverhältnisse in der Atmosphäre und den Weltmeeren und daraus resultierenden Extremwetterzunahmen als Folge des Klimawandels.

Dr. Volker Beer

Der kälteste April seit etwa 40 Jahren war der April 2021, abgesehen von den wärmegetönten Klimainseln der großen Städte, Elbtalweitung und Leipziger Tieflandsbucht standen am 1. Mai die Bäume kahl im Walde. Ein ungewohnter Anblick, ja wir sind verwöhnt von den letzten Jahren, wo am Maifeiertag die Laubentfaltung im vollen Gange, ja fast abgeschlossen war. Aber dieser phänologische Entwicklungszustand ist genau normal. Früher, als das Singen von Liedern noch nicht verboten war, sangen die Kinder im Musikunterricht "Komm lieber Mai und mache die Bäume wieder grün ..." und nicht "Komm lieber April ...". Der Mai kühl und nass, nur ein sommerliches Intermezzo vom 9. bis 11. Mai, war das der Sommer 2021? Pünktlich zu den Eisheiligen brachte eine Konvergenz ergiebigen Dauerregen. Eine kühle, wolkenreiche Trogwetterlage dominierte mit wiederholten Regenfällen den ganzen Sommer 2021.

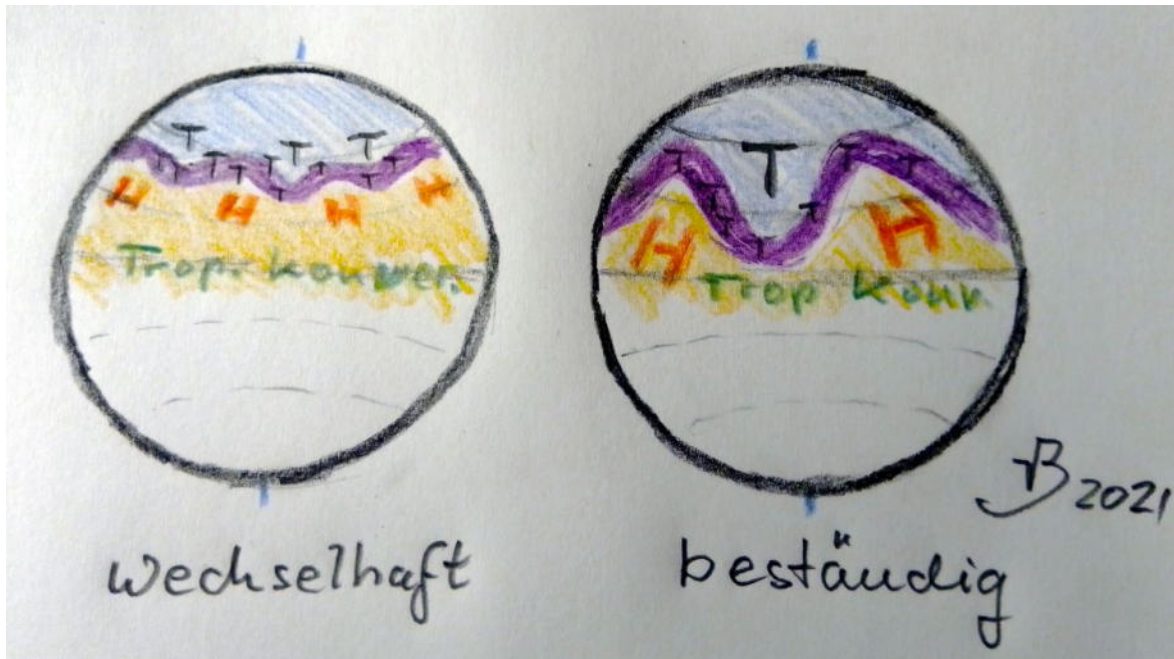
Also das ganze "Global Warming" doch nur heiße Luft aus "Politiker:Innenkreisen"? Ganz und gar nicht. Der Golfstrom schwächelt, da immer mehr Süßwasser von Grönland in den Ozean strömt, damit verdünnt sich das Salzwasser, die Dichte nimmt ab, es sinkt nicht mehr nach unten, denn das kalte, salzige nach unten absinkende Wasser zieht oberflächennahes, warmes Wasser nach sich, ist quasi die „Kurbel“ am Golfstrom. Dazu kommt, dass sich in hohen Breiten Wasser und Atmosphäre deutlich schneller erwärmen als in mittleren und äquatornahen Breiten, somit wird der Temperaturgradient zwischen Nordpol und unseren Breiten kleiner, die zweite "Kurbel" die da schwächelt. Verstärkend kommt dazu, dass der eisfreie Ozean in der Draufsicht schwarz erscheint. Er absorbiert über 90 % des einfallenden Sonnenlichts als Wärme in seinem Wasser. Wäre er weiß vom Polareis, würde er über 90 % des Sonnenlichtes reflektieren. Dazu kommt, das Wasser eine spezifische Wärmekapazität von 1 hat, ergo unheimlich viel Wärme speichern kann. Was hat das nun mit dem Wetter zu tun? Der "Jetstream", also die Westwindströmung, die als leicht gewelltes Band über unsren Köpfen die Tiefs vom Atlantik über den Kontinent befördert, schwächelt, da die beiden "Kurbeln" die es antreiben schwächeln. Die Strömung lässt nach und das Westwindband (Rossbywellen) mäandriert in weiten Bögen, die nahezu ortsfest die Nordhalbkugel umschlingen. Liegt Mitteleuropa unter einem "Wellenberg" haben wir ein fast ortsfestes Omega-Hoch mit Dauersommerwetter, also Sonne satt, Hitze und Dürre, so wie 2018. Liegen wir im Wellental, dann strömt am Rande des großen fast ortsfesten Hochdruckgebietes über dem Atlantik (so zwischen Island, England bis nach Fennoskandien) kalte, feuchte Luft aus nördlicher Richtung vom Nordmeer über Nordsee oder über Fennoskandien zu uns. Wolken wabern, es regnet immer wieder, gefühlt am laufenden Band. Strömt die Luft direkt über Fennoskandien und/oder das Baltikum zu uns, dann bleibt meist bei flauen Schauern und flachen vielen, vielen Schönwetterkumuli, die des Nachts verschwinden um des Morgens als Tau (in den Kältelöchern von Deutschneudorf-Brüderwiese, Marienberg-Kühnhaide ... durchaus auch im Hochsommer als Reif) auf der Wiese zu liegen. Wie zu den Eisheiligen 2021 erlebt, können jedoch stationäre Konvergenzwetterlagen im Mischungsbereich feuchtwärmer und kühlfeuchter Luftmassen anhaltend und großflächig ergiebige,

unwetterartige Niederschlagsmengen erbringen. Dieses Beharrungsvermögen der Großwetterlagen ist eine Folge der Klimaänderung. Das Jahr 2021, ein Jahr ohne Sommer, ist Ausdruck der veränderten globalen Strömungsverhältnisse unserer Atmosphäre durch den weltweiten Klimawandel. Während sich der Mai 2021 in Mitteleuropa unterkühlt und regnerisch zeigte, wurde über Westrußland als auch über Ostsibirien andauernd heiße, trockene Luft aus dem subtropischen Hochdruckgürtel weit nach Norden verfrachtet. So stiegen am 20. Mai die Temperaturen in Petschora in Westsibirien am Polarkreis auf 32,5°C und in Koynas im Gebiet Archangelsk im Osten Sibiriens unweit des Polarmeeres auf 32,2 °C an. In der zweiten Maihälfte traten entlang des Polarkreises in West- als auch Ostsibirien verbreitet Temperaturen um 30 °C auf. Damit lagen dort die Temperaturen um etwa 20 K über den Klimareferenzwerten des Bilanzzeitraumes 2000 bis 2019.

Der Sommer 2021 war bei durchschnittlichem Sonnenschein im bundesweiten Durchschnitt mit 310 l/m² Niederschlag der niederschlagsreichste seit 10 Jahren. Es fielen im bundesweiten Mittel etwa 30 % mehr Niederschläge als üblich. Damit endete verbreitet die seit drei Jahren andauernde Dürre. Die meisten Niederschläge fielen am Alpenrand. Dort prasselten über 700 l/m² vom Himmel hernieder. Erheblich zu trocken präsentierte sich der Sommer in Teilen von Mecklenburg - Vorpommern, dem Lee des Harzes sowie dem Thüringer Becken, wo lokal weniger als 105 l/m² zusammentröpfelten. Dieser verregnete Sommer ist genauso wie der extrem trockene und heiße Sommer 2018 Ausdruck veränderter Strömungsverhältnisse und damit ein Ergebnis der laufenden Klimaveränderungen.

Betrachtet man die Großwetterlagen seit etwa dem Jahr **2018** zeigt sich, dass die für unsere Region typischen Westwetterlagen immer seltener bestimmend waren, also Islandtief und Azorenhoch sich gegenüberstanden und in einer straffen Westströmung feuchte und milde Atlantikluft heranführten. Für unsere Breiten ist der ständige Wechsel des Wetters typisch. Hochdruckkeile und die Frontensysteme der atlantischen Tiefdruckgebiete überqueren üblicherweise in rascher Folge Europa (Westwindzone der gemäßigten Breiten). Seit etwa 2018 erfolgt immer häufiger eine grundlegende Umstellung der Strömungsverhältnisse. Die vorherrschende straffe zonale Strömung wird durch ein meridionales (Nord – Süd ausgerichtetes) Strömungsmuster mit stationären (blockierenden) Hochdrucklagen abgelöst. Westwetterlagen treten seltener und schwächer ausgeprägt in Erscheinung. Gleichzeitig wurde eine Abschwächung des Golfstromes sowie eine weitere Erwärmung des Atlantischen Ozeans nachgewiesen. Der Ozean erwärmt sich in hohen Breiten stärker als in gemäßigten Breiten. Damit schwächt sich der Temperaturgradient im Ozean ab. Gleichzeitig verringert sich infolge vermehrten Süßwassereintrages grönländischer Gletscher der Salzgehalt. Die Abschwächung beider Gradienten bremst den Golfstrom aus und verlangsamt den Jetstream, der unser Klima bestimmt. Dieser zieht nun in großen Wellen um die Nordhalbkugel und so stellte sich das Strömungsmuster auf der Nordhalbkugel komplett um. Wir wurden seit etwa dem Jahr 2018 Zeuge eines häufigeren Umschlagens des großräumigen Strömungsmusters und Mitteleuropa liegt nun öfter und länger im Bereich eines meridionalen Strömungsbildes mit blockierenden Wetterlagen. Statt Tiefdruckgebiete von West mit Landregen und gedämpften Temperaturen nun Kaltlufttropfen von Süd oder Nord mit unberechenbaren lokalen Starkniederschlägen. Statt gemäßigter Temperaturen klirrende Kälte oder Backofenglut! Dürre oder Sintflut! Das Extreme wird nun Normalität sein. Willkommen im Europa des 21. Jahrhunderts!

Veränderte Strömungsmuster des Jetstreams der Nordhemisphäre:



Links: Jetstream, ein die Nordhalbkugel leicht wellenförmig umspannendes Starkwindband, welches Tiefdruckgebiete und Hochdruckkeile entstehen, sich verstärken, sich auflösen, neu entstehen (Verwirbelung kalter und warmer Luftmassen im Windstrom) und dabei von West nach Ost ziehen ließ. Vorherrschendes Strömungsmuster bis einschließlich 2017. **Zonale Wetterlagen.**

Rechts: Der Jetstream schwingt in großen stabilen Bögen, die Wetterlagen sind stationär. Stattdessen stabile, blockierende Wetterlagen und meridionale Strömungsmuster. Seit 2018 tritt dieses Strömungsmuster gehäuft auf. **Meridionale (blockierende) Wetterlagen.**

Aus starken Temperaturgradienten der Atmosphäre und des Ozeanwassers resultiert ein straffer, leicht mäandrierender Jetstream, in welchem in rascher Folge warme und kalte Luftmassen verwirbeln und von West nach Ost über unsre Köpfe ziehen. Die Mäanderbögen verschieben sich ebenfalls, jedoch wesentlich langsamer als die darin strömenden Tiefdruckwirbel, die sich ständig neu bilden, verstärken, abschwächen und wieder zerfallen. Damit erreichen uns die Tiefdruckgebiete mal mit voller Wucht, dann ziehen sie etwas nördlicher oder südlicher an uns vorbei. Zwischen den Tiefdruckdurchgängen streckt das Azorenhoch einen Keil nach Mitteleuropa oder das Polarhoch schickt einen trockenen - kalten Gruß. Das ist das typische Wetter der Westwindzone, in welcher Mitteleuropa liegt.



Nun schwächen sich diese den Jetstream antreibenden Temperaturgradienten mehr und mehr ab. Damit schwingen die Rossbywellen in großen, weiten Bögen. Diese geschwungenen Zugbahnen weisen ein erhebliches Verharrungsvermögen auf. Ihre Lage verändert sich mitunter über Monate, ja ein halbes Jahr nicht. Liegt nun Mitteleuropa unter einem Wellenberg, dann ist trocken - heißes Wetter die Folge. Je länger die Wetterlage andauert, um so extremer werden die Hitze und die Dürre wie im Sommer 2018.



Liegt nun im Umkehrfall Mitteleuropa im Wellental, dann strömt permanent kühle, feuchte subpolare Meeresluft ein. Diese Situation erlebten wir bis zum Frühjahr 2021.

Die Folge ist ein kühler, wolkenreicher, regnerischer Sommer, etwa so wie die Sommer auf den Lofoten oder echtes Aprilwetter in einem kühlen Sommer. Die Rossbywellen beharrten in ihrer derzeitigen Lage, und bescherten uns, zumindest gefühlt, im Jahr 2021 ein „Jahr ohne Sommer“ als auch einen zu nassen und zu milden Winter 2021/22.



Im März 2022 lag im Gegensatz ein Omega-Hoch stabil über Europa. Die Folge, der sonnenscheinreichste März seit Aufzeichnung derartiger Daten. Es folgten ein April, der seinem Namen alle Ehre machte. Die Witterung im Mai verlief zu mild, sonnig und deutlich zu trocken. Es fielen im Bundesmittel zwei Drittel der Referenzmengen an Niederschlag. In den drei mitteldeutschen Ländern fielen nur um die 60 % der Referenzmengen. In den mitteldeutschen Trockengebieten (Thüringer Becken über die Magdeburger Börde, Südbrandenburg und Nordsachsen mit Leipziger Tieflandsbucht) summierten sich die Niederschläge nur auf teilweise weniger als 40 l/m². Damit verlief der Frühling 2022 deutlich zu trocken. **Der Sommer 2022** war bundesweit der sonnigste, der sechstrockenste und einer der vier wärmsten seit Aufzeichnungsbeginn im Jahre 1881. **Saarland, Rheinland-Pfalz, Hessen, Teile Niedersachsens sowie Teile Brandenburgs einschließlich der angrenzenden Bereiche der mitteldeutschen Trockengebiete verzeichneten eine historische Sommerdürre.** In Mitteldeutschland war der Sommer 2022 um etwa 3 K zu warm und deutlich zu trocken. Verheerende Waldbrände in der Sächsischen Schweiz, in Brandenburg, Verdorrte, von Borkenkäfern zerfressene Wälder, staubtrockene Äcker, Ertragsausfälle der Landwirtschaft, Grundwassermangel, all das sind die Folgen aktueller Klimaänderungen. Solche Sommer werden Normalität sein. Der Herbst 2022 gestaltete sich aufgrund des ungewöhnlich sonnigen Novembers recht sonnig und um etwa 1,5 K zu warm. Insgesamt war der Herbst der drittwärmste seit Beginn der Messungen im Jahr 1881. Das Jahr 2022 war mit einem bundesweiten Jahresmittel von 10,5 °C hauchdünn vor dem Jahr 2018 das wärmste seit Aufzeichnungsbeginn im Jahre 1881. Mit rund 2025 Sonnenstunden im bundesweiten Mittel war es auch das sonnigste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn und Silvester war der Wärmste seit dem Ende des Jungtertiärs. 😊 Und der Winter 2022/23 wird ein Totalausfall. In den höheren Berglagen bis zum Fichtelberg ließen sich drei jeweils etwa eine Woche

andauernde Winterepisoden verzeichnen. Bis auf die Gipfellagen, also dem Fichtelberg taute der Schnee zwischen den Episoden komplett ab.

Literatur:

Coumou, D., Petoukhov, V., Rahmstorf, S., Petri, S., Schellnhuber, H.J. (2014): Quasi-resonant circulation regimes and hemispheric synchronization of extreme weather in boreal summer. Proceedings of the US National Academy of Sciences (PNAS) [DOI: 10.1073/pnas.1412797111](https://doi.org/10.1073/pnas.1412797111)

Glatt I. (2012): Automatische objektive Identifikation und Berechnung der Eigenschaften von Rossbywellenzügen. Dissertation, Johannes Gutenberg Universität Mainz.

Mager, F. (2004): Untersuchung der Anregung und Ausbreitung planetarer Wellen in meteorologischen Analysen und einem Klima-Chemie-Modell. Dissertation im Fachbereich Physik, Bergische Universität Wuppertal

Simmer, C.: Barotrope Rossbywellen Lehrmaterial Universität Bonn

Takaya K. und Nakamura H. (2001): A formulation of a phase-independent wave-activity flux for stationary and migratory quasigeostrophic eddies on a zonally varying basic flow. Journal of the Atmospheric Sciences, 58(6):608-627.

Ulbrich, U.; et. al. (2008): Die Nordatlantische Oszillation. Promet, Meteorologische Fortbildung, 34. Jahrgang, Heft 3 und 4.

Potsdam Institut für Klimafolgenforschung PIK: <https://www.pik-potsdam.de>

Deutscher Wetterdienst DWD: <https://www.dwd.de>