

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

**Dr. Volker Beer**

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). Seither 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.

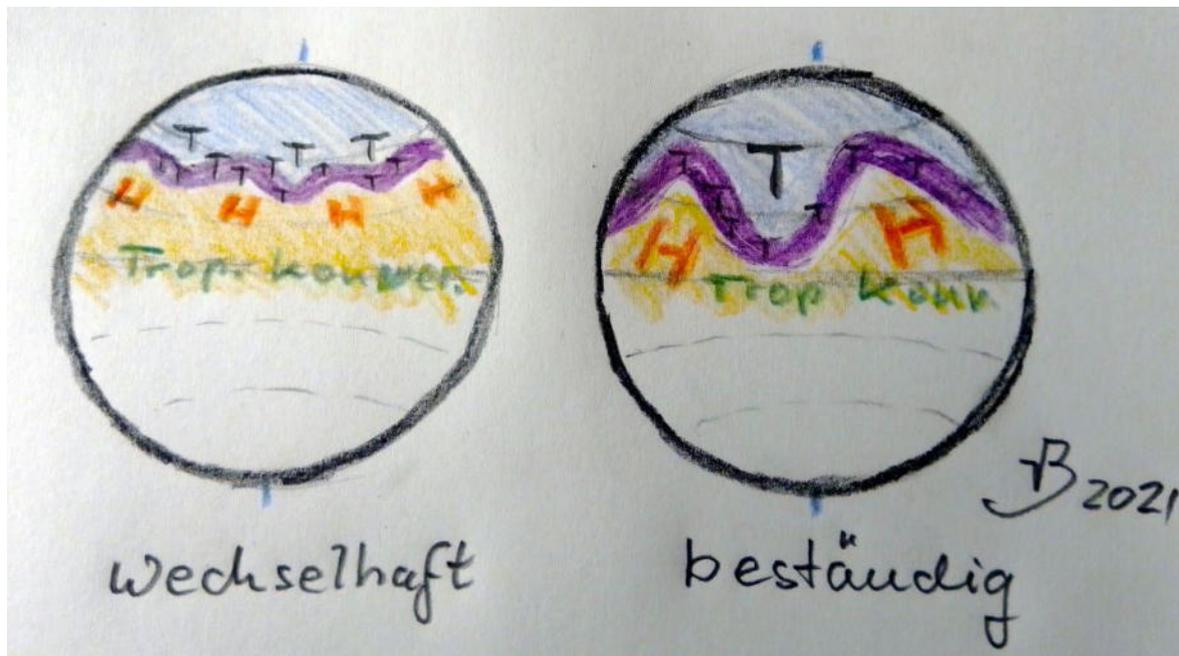
Der Golfstrom schwächelt, da immer mehr Süßwasser von Grönland in den Ozean strömt, damit verdünnt sich das Salzwasser, die Dichte nimmt ab, es sinkt nicht mehr im bisherigen Umfang nach unten. Das kalte, salzige nach unten absinkende Wasser zieht oberflächennahes, warmes Wasser nach sich, ist quasi 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. Im Gegensatz dazu wird in klarer Polarnacht das Wasser entsprechend mehr Wärme in das Weltall abstrahlen bis Wolken und/oder Gefrieren der See die verstärkte Wärmeabgabe verringern. Das System Atmosphäre, Ozeane und Kontinente ist äußerst komplex und dynamisch. Neben den Rossbywellen und der Nordatlantischen Oszillation bestimmen beispielsweise auch Stärke und Lage des Polarwirbels sowie El Niño und La Niño weiträumig und über große Zeiträume unsere Witterung.

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 beispielsweise 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 Polarluft 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.

Westwetterlagen treten seltener und schwächer ausgeprägt in Erscheinung. Statt Tiefdruckgebiete von West mit Landregen und gedämpften Temperaturen nun trocken – heiße Saharaluft von Süd oder Polarluft im Trog mit eingelagerten Kaltlufttropfen von 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 Jetstream 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 warmer Luft nach Mitteleuropa oder das Polarhoch schickt einen trocken - 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 (Omega – Hoch). Je länger die Wetterlage andauert, um so extremer werden die Hitze und die Dürre wie beispielsweise im Sommer 2018.



Liegt nun im Umkehrfall Mitteleuropa im Wellental, dann strömt permanent kühle, feuchte subpolare Meeresluft ein (Trogwetterlage). 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 die zu nassen und zu milden Winter 2021/22, 2022/23 und 2023/24.

#### 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>