



Scientists for Future

Wetter 2018: Weltweit Hitze, Dürre und Überschwemmungen im Zeichen des Klimawandels.

Auswirkungen in Deutschland und Österreich vor dem Hintergrund aktueller Erkenntnisse aus der Klimaforschung.

von Thomas Loew, Herbert Formayer, Karsten Schwanke

Berlin, 2019

Abstract

Das Jahr 2018 war nicht nur in Europa, sondern weltweit von Wetterextremen geprägt. In Deutschland, Österreich und weltweit gab es außergewöhnliche Wettersituationen, bei denen Menschen starben und die zu erheblichen Schäden geführt haben.

Der Artikel skizziert die weltweite Situation, die Schäden in Deutschland und Österreich und stellt neue Erkenntnisse der Atmosphärenforschung vor, die erklären, wie diese meteorologischen Ausnahmesituationen zustande kamen. Es ist erwiesen, dass solche Ereignisse durch den Klimawandel verstärkt werden und die globalen Wetterdaten zeigen, dass derartige Wetterextreme nun häufiger auftreten.

1 | Globale Extremwetterereignisse

Der im April 2019 veröffentlichte Bericht der UN-Weltorganisation für Meteorologie (WMO 2019) ist alarmierend. Die letzten vier Jahre - 2015 bis 2018 - waren die vier wärmsten Jahre seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Neben Hitzerekorden an vielen Orten war das Jahr geprägt durch

- einen wohl neuen Weltrekord für die höchste Tiefsttemperatur mit 42,6 °C in Oman;
- einen wohl neuen Hitzerekord für Afrika mit 51,3 °C in Algerien;
- außergewöhnlich hohe Temperaturen in der Arktis;
- eine Verdreifachung des Gletscherschwunds in der Antarktis seit 2012.

Auf jedem Kontinent gab es Wetterextreme, die erhebliche Schäden verursachten. In weiten Teilen Ostafrikas kam es im März und April zu gravierenden Überschwemmungen. In Kenia, das wie seine Nachbarländer bis dahin unter einer Dürre gelitten hatte, fiel in diesen beiden Monaten das Doppelte der durchschnittlichen Regenmenge, die resultierenden Überschwemmungen töteten rund 150 Menschen und 310 000 Menschen mussten aus ihren Dörfern fliehen. Es gab erhebliche Verluste bei Nutztieren, bei Agrarflächen und den Bewässerungssystemen (OCHA, 2018). In Japan kamen im Juni 245 Menschen bei Überschwemmungen auf der Insel Shikoku ums Leben. Die größte Überschwemmungen des Jahres gab es in Indien, wo im Bundesstaat Kerala 1,4 Millionen Menschen flüchten mussten (*WMO Statement on the state of the global climate in 2018, 2019*).

Gleichzeitig herrschte in weiten Teilen Europas außergewöhnliche Hitze und Dürre. Beispielsweise war der Sommer in Dänemark und den Niederlanden so heiß, wie noch nie seit Bestehen der Wetteraufzeichnungen (KNMI, 2018; *WMO Statement on the state of the global climate in 2018, 2019*);

in Skandinavien wurden nördlich des Polarkreises mit mehr als 32 Grad Celsius neue Hitzerekorde aufgestellt. Mitteleuropa erlebte die größte Hitzewelle dieser Heißphase zwischen Ende Juli und Anfang August. Diese führte in Frankreich zu 1.500 überdurchschnittlichen Todesfällen (*WMO Statement on the state of the global climate in 2018, 2019*). Große Waldbrände gab es in Schweden Griechenland, Spanien und Portugal (Mühr et al., 2018).

2 | Dürre, Hitze und die Schäden in Deutschland

2018 war auch in Deutschland das wärmste Jahr seit 1881, dem Beginn der regelmäßigen Messaufzeichnungen. Die mittlere Temperatur lag 2,2 Grad über den Mittelwerten von 1961-1990. Das Frühjahr war ungewöhnlich warm, die Monate April und Mai waren die wärmsten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Auf einen überdurchschnittlich regnerischen Januar folgten zehn Monate mit einem großen Niederschlagsdefizit, das je nach Bundesland unterschiedlich stark ausfiel. In den ostdeutschen Bundesländern und in Niedersachsen gab es am wenigsten Regen (DWD, 2018).

Dies führte zu entsprechend trockenen Böden. Nicht nur im Oberboden (bis 25 cm Tiefe), sondern im Gesamtboden (in Deutschland ungefähr 1,8 m tief) nahm die Bodenfeuchte laut Dürremonitor¹ ab Juni deutlich ab. Bereits im August herrschte im Boden nahezu überall Dürre, in 40% des Gesamtbodens sogar extreme Dürre, d.h. sehr geringe Bodenfeuchte im Vergleich zum langjährigen Mittelwert. Weil es auch dann kaum regnete, nahm die Trockenheit weiter zu, so dass Anfang Dezember 90% des Gesamtbodens in Deutschland von extremer Dürre betroffen waren (UFZ, 2019).

Landwirtschaft

Die geringe Wasserverfügbarkeit hatte natürlich erhebliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Die Kartoffelernte lag 25% unter Vorjahr, die Getreideernte betrug lediglich 17% des Vorjahrs (Statistisches Bundesamt, 2019). Die Durchschnittswerte vermitteln aber nur ein unvollständiges Bild, denn die regionalen Unterschiede waren erheblich. Manche Bauern erlitten massive Einbußen und waren auf finanzielle Unterstützung angewiesen. So hatten die Bundesländer im August Schäden von rund 3 Milliarden Euro gemeldet (FAZ, 2018a). Zur Unterstützung von Betrieben in Notlagen wurden 390 Millionen Euro bereitgestellt. Hinzu kam, dass in manchen Landstrichen das Grünland, einschließlich der Weiden verdorrt waren. Deshalb hatten rinder- und schafhaltende Betriebe vielfach große Probleme bei der Grundfuttersversorgung (BMEL, 2018). Teilweise haben die Bauern auch mehr oder frühzeitigere Schlachtungen vorgenommen als üblich (Mühr et al., 2018).

Wälder

Auch in den Wäldern hat die Dürre große Schäden verursacht. Zum einen vertrockneten in großem Umfang Jungbäume, weil ihre Wurzeln noch nicht tief genug waren, um an den abgesunkenen Grundwasserspiegel zu kommen. Zum anderen gab es 2018 deutlich mehr Waldbrände als üblich. Durchschnittlich gibt es in Deutschland 700 Waldbrände mit einer betroffenen Fläche von 333 ha (BLE, 2018). 2018 brannte es allein in Brandenburg über 500-mal auf einer Fläche von insgesamt 1674 ha (MIK Brandenburg, 2019). Des Weiteren reduziert die mangelnde Wasserversorgung der Bäume ihre Abwehrfähigkeit gegenüber Schädlingen. Zugleich führen höhere Temperaturen im Frühjahr zu einer

¹ www.ufz.de/duerremonitor

schnelleren Reproduktion und Vermehrung von Borkenkäfern. So waren beispielsweise in Bayern Ende 2018 die meisten Wälder bezüglich Borkenkäfer als „gefährdet“ und davon rund $\frac{1}{4}$ als „mit Befall“ eingestuft (Triebenbacher & Petercord, 2019). Um die Ausbreitung des Befalls zu verhindern, mussten viele Bäume gefällt werden. Zudem galt es, die am 18.1.2018 wegen des Orkans „Friederike“ gefallenen Bäume aus dem Wald zu bringen, was sich 2018 insgesamt zu einem Volumen von rund 32 Mio. Festmeter Holz addiert hat (BMEL, 2019). Dies entspricht 50% des üblichen Jahreseinschlags. Dies hat laut Dachverband der Waldbesitzer (AGDW) zu einem Preisverfall auf dem Holzmarkt geführt (AGDW, 2019).

Die Lage wird vom Sächsischen Umweltministerium als „verheerend“ und „besorgniserregend“ (SMUL, 2018), von der AGDW sogar als „katastrophal“ eingestuft. Die AGDW schätzt die Schäden bundesweit auf 2,5 Milliarden Euro und fordert in einem Positionspapier (AGDW, 2019) 500 Mio. € Finanzhilfen und zudem Steuererleichterungen. Die gleichzeitig erhobene Forderung nach Erleichterungen beim Einsatz von Pestiziden muss allerdings kritisch gesehen werden.

Ökosysteme

Eine Stellungnahme der deutschen Wissenschaftsakademien hält fest, dass aufgrund von Monokultur und intensiver Nutzung der Agrarflächen die Artenvielfalt in Deutschland dramatisch abnimmt. Durch den Rückgang der Artenvielfalt auf und in den Böden verlieren Bodenökosysteme ihre Fähigkeit, extreme Dürre-Ereignisse abzuf puffern (Nationale Akademie der Wissenschaften – Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften & acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2018). Ähnliches gilt für die Gewässer: Während des Sommers kam es vermehrt zu Fischsterben. Ursache waren die hohen Temperaturen, die zu Sauerstoffmangel führen. Gleichzeitig verstärkt Sauerstoffmangel die Freisetzung von Nährstoffen aus dem Sediment und damit die Gefahr der Massenentwicklung von Cyanophyceen, d.h. Blaualgen. Dies kann durch die Reduktion von externen Nährstoffeinträge kompensiert werden (IGB, 2018; Shatwell & Köhler, 2019). In Fließgewässern führt die Einleitung von erwärmtem Kühlwasser von Kraftwerken zu einer Verschlimmerung der Situation, ebenso wie deren Begradigung und Aufstau, weil dadurch der Sauerstoffeintrag aus der Luft infolge der natürlichen Fließgewässerdynamik vermindert wird. In naturbelassenen Gewässern können die Fische solche Belastungen besser überstehen. Unter normalen Umständen erholen sich die Bestände wieder in einigen Jahren (BMBF, 2018).

Vorzeitige Todesfälle

Anhaltend hohe Lufttemperaturen sind ein Gesundheitsrisiko, denn das körpereigene Kühlsystem kann dann überlastet werden. Als Folge können bei empfindlichen Personen Regulationsstörungen und Kreislaufprobleme auftreten. Bei älteren Menschen und bei Personen mit bestimmten Erkrankungen (wie zum Beispiel Herz-Kreislauf-Erkrankungen) kann dies zu einem vorzeitigen Tod führen. Die Effekte lassen sich statistisch nachweisen (UBA, 2018a). Im Hitzesommer 2003 starben europaweit mindestens 80.000 Menschen vorzeitig aufgrund der Hitzebelastung (Robine, Cheung, Le Roy, Van Oytten & Herrmann, 2007), in Deutschland waren es ca. 7.000 (UBA, 2018a). Für das Jahr 2018 liegen noch keine bundesweiten Werte vor.

Verkehr, Wirtschaft

Laut Zeitungsberichten kam es auf einigen Autobahnen zu hitzebedingten Fahrbahnschäden und in der Folge zur Sperrung von Fahrbahnen und Geschwindigkeitsbegrenzungen. Bei der Bahn traten

Schienenverformungen und Böschungsbrände auf. Die größten Auswirkungen im Verkehr waren bei der Schifffahrt zu verzeichnen. Hier führte die Trockenheit vielerorts zu Niedrigwasser. Auf dem Rhein, Deutschlands wichtigster Wasserstraße, konnten die Schiffe nur noch mit Teilbeladung fahren. Auf anderen Flüssen, wie z.B. der Elbe und der Oder, musste die Schifffahrt in größeren Abschnitten eingestellt werden (Mühr et al., 2018).

Thyssen Krupp und BASF berichteten von Kostensteigerungen und von Überlegungen, Transporte auf LKW und Schiene zu verlagern (a.a.O.). Am Stammwerk von BASF in Ludwigshafen, einem der Chemieareale, musste schließlich die Produktion gedrosselt werden, weil die Wasserentnahme aus dem Rhein und die Wiedereinleitung von warmem Wasser begrenzt wurde (FAZ, 2018b). In Süd- und Westdeutschland führten im November 2018 die anhaltend niedrigen Wasserstände zu Engpässen bei Benzin und Diesel und entsprechend höheren Preisen (Südwest Presse, 2018).

3 | Dürre, Hitze und die Schäden in Österreich

Auch in Österreich waren 2018 die klimatischen Verhältnisse besonders im Sommer außergewöhnlich. Die Durchschnittstemperatur des Sommerhalbjahres vom April bis September lag ein Grad über dem Wert des bisherigen Rekordjahrs 2003. Verglichen mit dem Mittelwert des 20. Jahrhunderts bedeutet das eine Abweichung von 3,6 Grad über dem Durchschnitt. Damit setzte sich der anhaltende Temperaturanstieg der letzten 40 Jahre besonders im Sommerhalbjahr weiter fort (ZAMG, 2018).

Die räumliche Verteilung der Temperaturabweichung war sehr homogen. In vielen Regionen traten Temperaturabweichungen von 1,8 Grad auf (Referenzzeitraum 1981-2010). Lediglich in den Beckenlagen südlich des Alpenhauptkammes lag die Abweichung unter 1,5 Grad, und in den nördlichen Grenzgebieten überstieg sie in einzelnen Regionen 2,5 Grad. Die geringere Temperaturabweichung im Süden wurde durch die höheren Niederschläge verursacht. Auch gab es in den meisten Regionen mindestens doppelt so viele Hitzetage (mit mindestens 30 °C) wie im Durchschnitt (1981-2010). Beispielsweise hatte Wien 42 Hitzetage statt 21 und Linz 34 statt 11 Hitzetage (a.a.O.).

Bei der Niederschlagsverteilung gab es im Sommerhalbjahr 2018 eine Zweiteilung in Österreich.

Südlich des Alpenhauptkammes, also in Osttirol, Kärnten und der Steiermark, waren die Niederschlagssummen normal bis überdurchschnittlich. Im steirischen Randgebirge wurden teilweise sogar 150 % der Normalniederschlagssumme erreicht. Diese Niederschläge fielen überwiegend im Frühjahr und häufig auch in Form von heftigen Gewittern (Stangl et al., 2019).

Nördlich des Alpenhauptkammes wurden weniger als 75 % des Normalniederschlages erreicht, in manchen Regionen Vorarlbergs, Salzburgs, Ober- und Niederösterreichs sogar weniger als 60 %. Derart große Abweichungen der Halbjahreswerte sind äußerst ungewöhnlich. Die geringeren Niederschlagsmengen führten zu einem starken Rückgang des Bodenwassergehaltes, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Vegetation sowie die Quellschüttungen und die Wasserstände der Flüsse (Stangl et al., 2019).

Gesundheit

Die lang anhaltende Hitze 2018 wirkte sich besonders in den Städten auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen aus. Laut offizieller Berechnungen der AGES (2019) verursachte die Hitze 766 vorzeitige Todesfälle. Zum Vergleich: 2018 gab es in Österreich 400 Verkehrstote (Bundesministerium Inneres, 2019). Besonders hitzeanfällig sind unter anderem ältere Menschen,

Kinder, sowie Menschen mit Herz-Kreislauf- und psychischen Erkrankungen.

Landwirtschaft

Die trockensten Regionen des Landes waren Oberösterreich sowie Teile Niederösterreichs, Teile von Vorarlberg, das westliche Nordtirol und Salzburg. Dort waren die Ertragsverluste bei Grünland und Feldfutterbau besonders groß. Auf Wiesen und Weiden in Oberösterreich, im Waldviertel und weiten Teilen Vorarlbergs und Tirols fehlten nach Angaben der Landwirtschaftskammer Österreich (LKÖ) mindestens 40 % des Normalertrags. Auch kam es aufgrund des Wassermangels zum frühzeitigen Abtrieb der Tiere von den Almen (Stangl et al., 2019).

Bei den Ackerkulturen gab es 2018 vor allem im Osten und Nordosten Österreichs spürbare Einbußen. Nach Angaben der Landwirtschaftskammer (2018) lag die Gesamternte von Weizen etwa 12 % unter dem Durchschnitt der letzten fünf Jahre.

Verstärkt wurden die Verluste durch das vermehrte Auftreten von Schädlingen. Die frühlommerlichen Temperaturen im April förderten das rapide Auftreten von Rübenrüselkäfern und Rübenerdflöhen in Niederösterreich und im Burgenland. Dort wurden ca. 12.000 Hektar und somit ein Drittel der Zuckerrübenanbaufläche befallen, wodurch Schäden in der Höhe von 10 Millionen Euro entstanden. Gleichzeitig kam es vor allem in Oberösterreich zu einem extremen Befall mit Maikäferlarven (Engerlingen). Diese schädigten weite Grünlandbereiche durch das Abfressen der Graswurzeln. Die Engerling-Problematik wird sich voraussichtlich auch in den kommenden Jahren nicht entspannen.

Die Dürre verursachte in der Landwirtschaft einen Gesamtschaden in Höhe 230 Millionen Euro (Österreichische Hagelversicherung, 2018). Hinzu zudem führten in der Steiermark und Kärnten Hagelunwetter mit starkem Regen und Überschwemmungen zu Schäden in Höhe von 30 Millionen Euro.

Um die betroffenen landwirtschaftliche Betriebe zu unterstützen wurden, 20 Mio. Euro an Zuschüssen zur Verfügung gestellt. Zudem wurden 20 Mio. Euro zur Stärkung der Eigenvorsorge der Landwirtinnen und Landwirte in Form von Agrarversicherungen gewährt (Stangl et al., 2019).

Forstwirtschaft

Bereits 2017 führten Trockenheit und eine Hitzeperiode im Juni zu einer starken Vermehrung an Borkenkäfern, die insbesondere Fichten befallen. So wurde bereits damals ein Rekordschaden von 3,52 Mio. Vorratsfestmeter verzeichnet, wobei Niederösterreich besonders stark betroffen war.

Als dann im Jahr 2018 die klimatischen Bedingungen erneut die Vermehrung der Borkenkäfer förderte, trafen diese auf Fichtenbestände, die durch den wiederkehrenden Wassermangel bereits erheblich gestresst waren. Dies führte dazu, dass 5,2 Mio. Vorratsfestmeter geschädigt wurden, der Rekordwert vom Vorjahr wurde somit um fast die Hälfte übertroffen. Hinzu kommen Schäden an der Waldverjüngung, denn wie in Deutschland sind Jungbäume vertrocknet.

Die nun geschwächte Widerstandsfähigkeit der Bäume gegenüber rinden- und holzbrütenden Insekten und manchen Pilzkrankheiten wird auch in den folgenden Jahren noch spürbar sein.

4 | Ursachen für die weltweiten Wetterextreme und Bezug zum Klimawandel

Extremwetterereignisse sind immer eine Mischung aus dem stark vom Zufall geprägten Wettergeschehen und den mittleren Klimabedingungen, die sich in den letzten Jahrzehnten durch die vom Menschen verursachte globale Temperaturzunahme immer stärker verändern. Dadurch kann es zu einer Veränderung der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen kommen.

Physikalisch sind durch die Erwärmung u.a. häufigere und intensivere Hitzewellen sowie Extremniederschläge zu erwarten. Ein Einflussfaktor auf Extremniederschläge ist das größere Potenzial wärmerer Luft, Wasserdampf aufzunehmen. Die Kapazität der Luft, Wasserdampf zu halten, steigt pro Grad Temperaturzunahme um 7%. Und bereits relativ kleine Erhöhungen der globalen Mitteltemperatur können Hitzewellen deutlich verschärfen (Diffenbaugh et al., 2017). Die erwarteten Veränderungen wurden inzwischen in globalen Wetterdaten nachgewiesen. So treten heute fünfmal so viele Hitzerekorde in den Monatswerten auf, wie in einem stabilen Klima zu erwarten wären (Rahmstorf & Coumou, 2011). Auch die Zunahme von maximalen Niederschlagsintensitäten wird weltweit beobachtet (Fischer & Knutti, 2015; Lehmann, Coumou & Frieler, 2015).

Neben diesen einfachen physikalischen Faktoren können auch veränderte Windmuster in der Atmosphäre zu neuen Wetterextremen führen. Eine ganze Reihe von Studien (z.B. (Coumou, Lehmann & Beckmann, 2015; Kornhuber et al., 2019; Mann et al., 2018) hat in den letzten Jahren solche Veränderungen dokumentiert, u.a. eine Verlangsamung des Jetstreams, eines Starkwindbandes in etwa 10 Kilometern Höhe.

Der Jetstream, der von Westen nach Osten bläst, beeinflusst unser Wetter, denn er steuert die Verlagerung von Hochs und Tiefs auf der Erdoberfläche. Der Motor des Jetstreams ist der Temperaturunterschied zwischen Nord und Süd, also zwischen den kalten Polargebieten und den wärmeren Tropen. Je größer dieser Temperaturunterschied ist, desto kräftiger weht der Westwind in diesen Höhen.

Weil der Temperaturanstieg in den Polargebieten etwa doppelt so stark ist, wie in den mittleren Breiten, ist der Nord-Süd-Temperaturunterschied in den letzten Jahrzehnten kleiner geworden – und damit auch der Antrieb für den Jetstream. Nun kommt noch ein zweiter Aspekt ins Spiel: Dieses Windband weht nicht auf einer geraden Linie von West nach Ost über die Nordhalbkugel, sondern bildet immer wieder Wellen. Je schwächer die Windgeschwindigkeit in diesem Windband ist, desto stärkere Wellen bildet der Jetstream und um so stärker sind also die Ausbuchtungen der Wellen nach Nord und Süd (Mann, 2019). Dies führt zu einem dazu, dass wärmere Luft weit nach Norden in die Arktis transportiert wird und umgekehrt kalte Luft weit nach Süden fließen kann (wie bei der Kältewelle in den USA im Januar 2019). Ein stärker nach Nord und Süd ausgreifender und sich abschwächender Jetstream kann aber auch zur Folge haben, dass sich seine Wellenberge und -täler kaum von der Stelle bewegen. Hochs und Tiefs wandern langsamer oder bilden sich an Ort und Stelle immer wieder aufs Neue (Mann et al. 2018). Bestehende Wetterlagen erhalten dadurch eine größere Persistenz und können zu einer Verstärkung vorhandener Situationen führen, wie die langanhaltende Dürre im Sommerhalbjahr 2018 in weiten Teilen Europas gezeigt hat (Kornhuber et al., 2019; Mann, 2019). Umgekehrt können auch Regenwetterlagen über lange Zeit bestehen bleiben und Überschwemmungen verursachen (Japan oder Italien 2018) oder Hitzewellen länger anhalten.

2018 war nicht das erste Jahr, in dem der Jetstream in seiner Position verharrte. Dies geschah auch bereits 2003 (Europäische Hitzewelle), 2010 (russische Hitzewelle und Überschwemmungen in Pakistan) und 2011 (Dürre und Hitzewelle in Oklahoma und Texas, vgl. (Mann et al., 2018).

5 | Fazit

Im vergangenen Sommer konnten wir erleben wie sich der Klimawandel auswirken kann, wobei wir hierzulande noch relativ glimpflich davongekommen sind. Die Klimaforschung hat längst nachgewiesen, dass die Atmosphärenerwärmung global zu Hitzewellen, Dürren, Stürmen und Dauerregen mit Überschwemmungen führt. Weitere früh prognostizierte und inzwischen zu beobachtende Auswirkungen, wie beispielsweise der Anstieg des Meeresspiegels und Veränderungen der ozeanischen Strömungen, wurden hier nicht skizziert, sind aber ebenso gravierend.

Dies zeigt, wie dringend es ist, das Pariser Abkommen einzuhalten und die Erhöhung der globalen Mitteltemperatur deutlich unter zwei Grad zu halten, möglichst das 1,5-Grad-Ziel anzustreben. Deutschland, der mit Abstand größte Treibhausgasemittent in der EU (UBA, 2018b), hat seine CO₂-Emissionen in den vergangenen 10 Jahren kaum reduziert und wird sein Klimaziel für das Jahr 2020 deutlich verfehlen. Dabei hätte man das Ziel durchaus gut erreichen können (Kopiske & Norman, 2018).

In Österreich werden nicht nur die Reduktionsziele bei den Treibhausgasen nicht erreicht, seit 2014 sind die Emissionen sogar real jedes Jahr gestiegen und waren 2017 um 7,2 % höher, als im Jahre 2014 (Anderl, Gangl, Haider, Kappel & et. al., 2019).

Mit jedem Jahr, in dem keine Kehrtwende eingeleitet wird, wird es schwieriger und bald unmöglich werden, den Klimawandel auf 1,5 Grad zu begrenzen. Es muss nun sehr schnell und in wirksamer Größenordnung gehandelt werden. Daher sind die weltweiten Proteste für Klimaschutz und Nachhaltigkeit und der Ruf nach sehr schnellerem Handeln vollkommen berechtigt.

Der Artikel wurde im April und im Mai 2019 geschrieben. Mehrere Scientists for Future haben die Erstellung des Artikels tatkräftig unterstützt.

www.scientists4future.org

6 | Quellen

- AGDW. (2019). Forderungen zur Bewältigung der akuten klimabedingten Schäden in unseren Wäldern. Positionspapier der AGDW – die Waldeigentümer e.V. Verfügbar unter: <https://www.waldeigentuemer.de/wp-content/uploads/2019/04/hier.pdf>
- AGES. (2019, April 8). Hitze-Mortalitätsmonitoring. *AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit*. Zugriff am 17.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.ages.at/themen/umwelt/informationen-zu-hitze/hitze-mortalitaetsmonitoring/>
- Anderl, M., Gangl, M., Haider, S., Kappel, E. & et. al. (2019). *Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2017*. Wien. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0672.pdf>
- BLE. (2018, Juli 25). Pressemitteilung - Waldbrandstatistik 2017: Die geringsten Waldbrände seit 40 Jahren. Zugriff am 21.5.2019. Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2018/180725_Waldbrandstatistik.html
- BMBF. (2018). Fischsterben: Der Mensch ist verantwortlich. *Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF*. Zugriff am 19.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/fischsterben-der-mensch-ist-verantwortlich-6722.html>
- BMEL. (2018). Erntebericht 2018 [Zusammenfassung Web]. *Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft*. Zugriff am 15.5.2019. Verfügbar unter: https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ackerbau/_Texte/Ernte2018.html
- BMEL. (2019). *Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2018*. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- Bundesministerium Inneres. (2019). Unfallstatistik 2018. Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: https://www.bmi.gv.at/202/Verkehrsangelegenheiten/unfallstatistik_vorjahr.aspx
- Coumou, D., Lehmann, J. & Beckmann, J. (2015). The weakening summer circulation in the Northern Hemisphere mid-latitudes. *Science*, 348(6232), 324–327. <https://doi.org/10.1126/science.1261768>
- Diffenbaugh, N. S., Singh, D., Mankin, J. S., Horton, D. E., Swain, D. L., Touma, D. et al. (2017). Quantifying the influence of global warming on unprecedented extreme climate events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(19), 4881–4886. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618082114>
- DWD. (2018). Deutschlandwetter im Jahr 2018. 2018 – ein außergewöhnliches Wetterjahr mit vielen Rekorden. Pressemitteilung vom 28.12.2018. Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2018/20181228_deutschlandwetter_jahr2018.pdf
- FAZ. (2018a, August 18). Wegen anhaltender Dürre: Bauernverband: Etliche Betriebe in Existenznot.
- FAZ. (2018b, August 3). Rhein zu niedrig und zu warm: Hitze zwingt BASF zur Drosselung der Produktion.
- Fischer, E. M. & Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5(6), 560–564. <https://doi.org/10.1038/nclimate2617>
- IGB. (2018). Verringerung der Stickstoffeinträge verhindert Algenblüten in Seen. Zugriff am 21.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.igb-berlin.de/news/verringderung-der-stickstoffeintraege-verhindert-algenblueten-seen>
- KNMI. (2018). Zomer 2018 (juni, juli, augustus). Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2018/zomer>
- Kopiske, J. & Norman, G. (2018). *Wie Deutschland sein Klimaziel noch erreichen kann. Teilergebnisse eines 1,5°C-Szenarios*.
- Kornhuber, K., Osprey, S., Coumou, D., Petri, S., Petoukhov, V., Rahmstorf, S. et al. (2019). Extreme weather events in early summer 2018 connected by a recurrent hemispheric wave-7 pattern. *Environmental Research Letters*, 14(5), 054002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab13bf>

- Landwirtschaftskammer. (2018). Ernte 2018 Global – Österreich - Oberösterreich -Pressemitteilung.
- Lehmann, J., Coumou, D. & Frieler, K. (2015). Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Climatic Change*, 132(4), 501–515. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1434-y>
- Mann, M. (2019). The Weather amplifier: Strange waves in the jet stream foretell a future full of heat waves and floods (February 21, 2019). *ScientificAmerican*, (March, 2019), 43–49.
- Mann, M., Rahmstorf, S., Kornhuber, K., Steinman, B. A., Miller, S. K., Petri, S. et al. (2018). Projected changes in persistent extreme summer weather events: The role of quasi-resonant amplification. *Science Advances*, 4(10), eaat3272. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat3272>
- MIK Brandenburg. (2019). *Waldbrände 2018 im Land Brandenburg. Bericht des Ministeriums des Innern und für Kommunales*. Verfügbar unter: https://mik.brandenburg.de/media_fast/4055/Waldbrandbericht_2018.pdf
- Mühr, B., Kubisch, S., Marx, A., Strötzer, J., Wisotsky, C., Latt, C. et al. (2018). *Dürre & Hitzewelle Sommer 2018 (Deutschland) Report No.1*. Karlsruhe: CEDIM Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology. Zugriff am 14.5.2019. Verfügbar unter: https://www.cedim.kit.edu/download/FDA_Duerre_Hitzewelle_Deutschland_report1_final_2.pdf
- Nationale Akademie der Wissenschaften – Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften & acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2018). *Artenrückgang in der Agrarlandschaft: Was wissen wir und was können wir tun?*. Halle (Saale). Zugriff am 19.5.2019. Verfügbar unter: https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2018_3Akad_Stellungnahme_Artenrueckgang_web.pdf
- OCHA. (2018). Kenya: Floods - Mar 2018. *ReliefWeb*. Zugriff am 15.5.2019. Verfügbar unter: <https://reliefweb.int/disaster/ff-2018-000030-ken>
- Österreichische Hagelversicherung. (2018, 12). Rekorde werden durch Erderwärmung zur Normalität. *Österreichische Hagelversicherung*. Zugriff am 17.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.hagel.at/presseaussendungen/rekorde-werden-durch-erderwaermung-zur-normalitaet/>
- Rahmstorf, S. & Coumou, D. (2011). Increase of extreme events in a warming world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(44), 17905–17909. <https://doi.org/10.1073/pnas.1101766108>
- Robine, J. M., Cheung, S. L., Le Roy, H., Van Oytten, H. & Herrmann, F. R. (2007). *Report on excess mortality in Europe during summer 2003*.
- Shatwell, T. & Köhler, J. (2019). Decreased nitrogen loading controls summer cyanobacterial blooms without promoting nitrogen-fixing taxa: Long-term response of a shallow lake. *Limnology and Oceanography*, 64(S1), S166–S178. <https://doi.org/10.1002/lno.11002>
- SMUL. (2018). Zustand des sächsischen Waldes besorgniserregend [Medienmitteilung]. Zugriff am 15.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.medien-service.sachsen.de/medien/news/222597>
- Stangl, M., Formayer, H., Hofstätter, M., Orlik, A., Andre, K., Hiebl, J. et al. (2019). *Klimastatusbericht 2018*. Wien.
- Statistisches Bundesamt. (2019). Anbauflächen, Hektarerträge und Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich. *Statistisches Bundesamt*. Zugriff am 15.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/liste-feldfruechte-zeitreihe.html>
- Südwest Presse. (2018, November 12). Kraftstoff: Folgen der Dürre: Sprit wird knapp. *swp.de*. Zugriff am 19.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.swp.de/politik/inland/sprit-wird-knapp-28302810.html>
- Triebenbacher, C. & Petercord, R. (2019). Buchdrucker und Kupferstecher im Steilflug. *LWF aktuell*, (1 | 2019), 43–45.
- UBA. (2018a, Dezember 11). Gesundheitsrisiken durch Hitze. *Umweltbundesamt*. Text, . Zugriff am 19.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-hitze>



- UBA. (2018b, September 18). Treibhausgas-Emissionen in der Europäischen Union. *Umweltbundesamt*. Text, . Zugriff am 19.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaeischen-union>
- UFZ. (2019, Februar 8). Entwicklung der Dürre 2018. Zugriff am 14.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.ufz.de/index.php?de=44429>
- WMO Statement on the state of the global climate in 2018*. (2019). . Genf: WMO. Verfügbar unter: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5789
- ZAMG. (2018, August 30). Viertwärmster Sommer der Messgeschichte — ZAMG. Zugriff am 17.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/viertwaermster-sommer-der-messgeschichte>