

Der Klimawandel birgt viele Herausforderungen für die Feuerwehr. Als ein großer Faktor gilt die Zunahme von Vegetationsbränden.  
Symbolfoto: Hegemann

Klimawandel Teil 1

# Extreme Aussichten

Vielfach wird der **Klimawandel** geleugnet. Doch die Folgen sind bereits spürbar. Die Durchschnittstemperatur in Deutschland ist 1,6 Grad Celsius höher als zu Beginn der Wetteraufzeichnungen. Berechnungen zufolge nehmen Wetterextreme und Hitzewellen sowie Trockenheit weiter zu. Auf welche Szenarien sich die Feuerwehr einstellen muss.

Einsechsmal sechs Grad Celsius Temperaturanstieg. Darüber kann der Übungstrupp im Brandcontainer wahrscheinlich nur lachen. In der Atmosphäre sind 1,6 Grad Celsius jedoch gravierend. Denn: Die Temperatur der Luft hat maßgeblichen Einfluss auf das komplette Wettergeschehen und Klima. Von Hitzewelle und Hochwasser über Sturm bis Waldbrand hängen sämtliche naturbedingten Schadenslagen direkt oder indirekt bereits von der Nachkommastelle der jährlichen Durchschnittstemperatur ab. Regional sowie im jahreszeitlichen Verlauf schwanken

die Effekte zum Teil stark. Auch positive Entwicklungen sind vereinzelt möglich. Der allgemeine Trend aber wird sein: mehr Einsätze und größere Belastungen für die Feuerwehr in den nächsten Jahrzehnten.

Um die Prognosen nachvollziehen zu können, hilft ein Blick auf die gesamte Erdkugel. „Die globale und jährliche Durchschnittstemperatur ist deutlich über 1 Grad Celsius seit Beginn der Industrialisierung angestiegen“, erklärt Dr. Peter Hoffmann, Meteorologe am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Der Beginn der Industrialisierung um 1750 markiert den Start sig-

nifikant erhöhten Kohlendioxid-Ausstoßes (CO<sub>2</sub>-Emission) durch Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle und Erdöl.

## Alle 30 Jahre: 1 Grad und 3 Hitzetage mehr

Gebietsweise fällt der **Temperaturanstieg** sehr unterschiedlich aus. Die Arktis und die Landflächen auf der nördlichen Erdhalbkugel – sprich: Mitteleuropa – erwärmen sich schneller als der globale Durchschnitt. Deshalb sind es in Deutschland auch 1,6 Grad.

„In den letzten Jahrzehnten ist die Temperatur hierzulande sogar um etwa 1 Grad Celsius pro 30 Jahre angestiegen. Das Erreichen der 2-Grad-Marke in den nächsten 30 Jahren werden wir dann kaum noch aufhalten können. Und diese Berechnungen sind sehr robust“, so der Meteorologe. Ein Plus von rund 4 Grad Celsius bis Ende des Jahrhunderts berechnen die Klimaforscher in Modellierungen ohne schnelle Maßnahmen zum Klimaschutz.

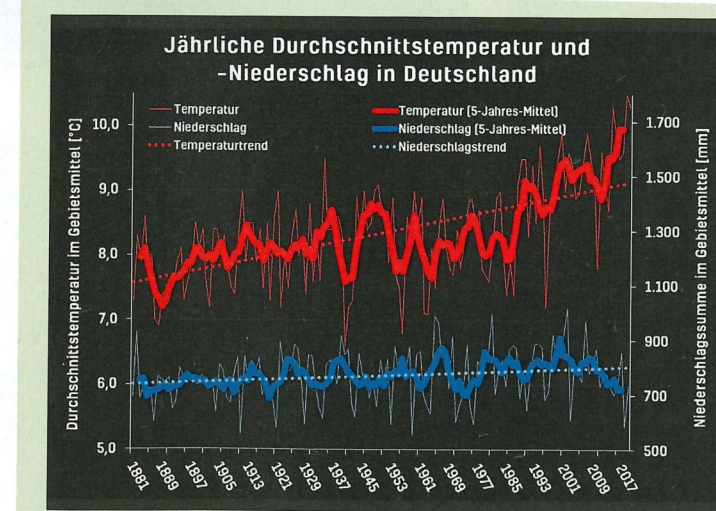
Die Daten für Deutschland stammen von Wetterstationen, die heute unter dem Dach

des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zusammengefasst sind. Das Messnetz gilt sowohl für die Niederschlagshöhe als auch für die Temperatur seit dem Jahr 1881 als dicht genug, um verlässliche Zeitreihen für die gesamte Republik zu erstellen.

„Nun kann kein Mensch eine Jahresmitteltemperatur fühlen“, sagt Hoffmann. „Deswegen verwenden wir zusätzlich sogenannte klimatologische Kenntage zur Veranschaulichung der Entwicklungen.“

An **Hitzetagen** etwa erreicht die Tageshöchsttemperatur 30 Grad Celsius und mehr. In der Vergleichsperiode 1961 bis 1990 gab es durchschnittlich 4,2 Hitzetage im Jahr. Die Zahl hat sich bereits verdoppelt und in den jüngsten Extremsommern 2018 und 2019 waren es sogar durchschnittlich 20,4 beziehungsweise 17 Tage.

„Das gab es seit Beginn der Wetteraufzeichnungen noch nicht. Auswertungen zeigen, dass derzeit im Schnitt alle 10 Jahre ein Hitzetag dazukommt“, erklärt der Wissenschaftler. Und weiter: „Die außergewöhnlich hohe Temperatur und Trockenheit von 2018 passen eher zu dem, was Mo-



Die durchschnittlichen Jahrestemperaturen und -niederschläge in Deutschland seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. Während die Temperatur alle 30 Jahre um 1 Grad Celsius steigt, ist der Niederschlagstrend nicht sehr signifikant. Das liegt daran, dass im Sommer die Niederschlagsmenge sinkt und im Winter steigt.

Grafik: Sander, Quelle: DWD

dellsimulationen erst nach 2050 erwarten lassen. Womöglich unterschätzen Klimamodelle die Effekte des Jetstream-Mechanismus (siehe Kasten ‚Jetstream‘) noch. Man kann die jüngsten Häufungen von Extremen nicht durch natürliche Schwankungen des Klimas erklären. In Frage kommt dafür nur der menschengemachte Klimawandel.“

Die sommerliche Hitze hat direkte Auswirkungen auf die Bevölkerung. Beispielsweise wird regelmäßig die Gefährdung von Kindern oder Tieren in geparkten Fahrzeugen unterschätzt. Und Herz-Kreislauf-Probleme nehmen zu.

Dies ist auch ein Grund, warum an Hitzetagen regelmäßig signifikante Anstiege

Kleinräumige Starkregenereignisse werden im Zuge des Klimawandels sehr wahrscheinlich zunehmen. Diese Urlauber hatten Glück: In letzter Sekunde rettete die Feuerwehr sie vor der reißenden Strömung eines sonst eher kleinen Baches bei Splügen (Schweizer Kanton Graubünden). Eine Sturzflut hatte Teile eines Parkplatzes unterspült und ihr Fahrzeug mitgerissen.

Foto: Kantonspolizei Graubünden





Die Kräfte der FF Schwarzach im Pongau waren gerade dabei, eine Straße von einem Murenabgang zu räumen, als die Erde plötzlich ein zweites Mal rutschte. Genau auf die Einsatzstelle zu. Durch die schnelle Reaktion der Feuerwehrleute wurde niemand verletzt.

Foto: FF Schwarzach

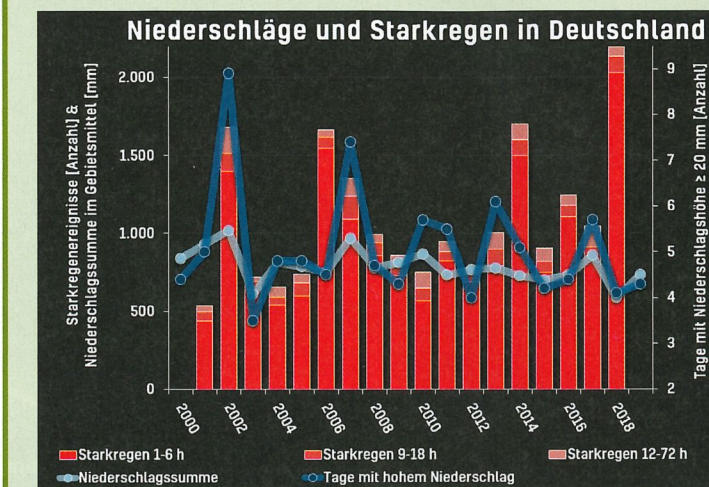
### Das war knapp

Murenabgänge haben wir häufiger mal in kleinerem Ausmaß in unserem Einsatzgebiet“, sagt Markus Buzanich, Ortsfeuerwehrkommandant der FF Schwarzach im Pongau (Salzburg, Österreich). So auch am Sonntag, 17. November 2019. Es hat bereits 4 Tage am Stück geregnet und über der B 311 auf Höhe einer Baustelle ist eine Mure abgegangen. Buzanich wird mit seinen Kameraden zur Räumung alarmiert. Die Straße ist Teil der wichtigsten Ost-West-Verbindung in Österreich. An der Einsatzstelle verläuft sie zwischen der Salzach, die zu dem Zeitpunkt ein reißender Strom ist, und einem Hang.

„Als wir eingetroffen sind, war klar: Wir brauchen Radlader für die Räumung. Wir waren dann ein paar Stunden beschäftigt und es wurde schon dunkel. Auf einmal sehe ich, wie ein kleiner Trinkwasserbach am Hang immer schwärzer wird. Dann gab es ein Rumpeln und ich habe nur noch ‚zurück‘ gerufen. Wo wir eben noch standen, ging die zweite Mure runter. Fast habe ich damit gerechnet, dass es einen von uns in die Salzach mitgerissen hat. Wir haben schnell durchgezählt und Gott sei Dank waren alle rechtzeitig weggesprungen. Das erste Mal in meiner Laufbahn als Kommandant hatte ich Gänsehaut auf dem ganzen Körper.“

gut zu wissen

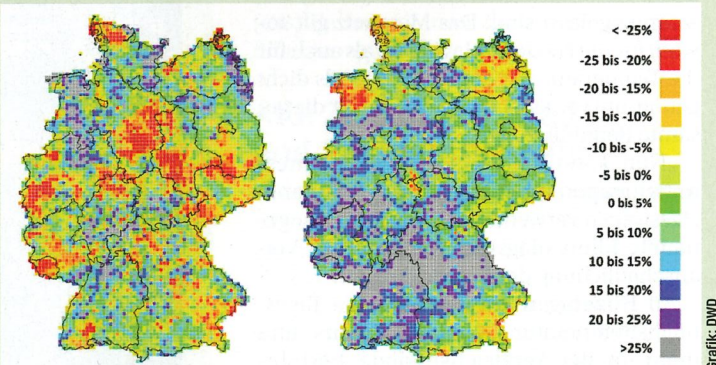
von Todesfällen verzeichnet werden. Der Effekt verstärkt sich, wenn mehrere heiße Tage hintereinander folgen. Die Zahlen von „Hitzetoten“ können aber lediglich durch indirekte Statistiken grob geschätzt werden. Denn die Temperatur ist in der Regel nicht die alleinige Todesursache in solchen Fällen. Eine Studie des Robert Koch-Instituts geht



Mehr kleinräumige und kurze Starkniederschläge, insbesondere durch Konvektionsereignisse im Sommer. Das ist die Tendenz, die sich auch in den seit 2001 gemessenen Radardaten abzeichnet. Konvektionsereignisse sind zu kleinräumig, als dass sie hinreichend von den DWD-Wetterstationen erfasst werden können.

Grafik: Sander, Quelle: DWD

Die Karten zeigen Dauerniederschlägen mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren. Links für den Sommer, rechts für den Winter. Die Prozentangaben geben die Veränderung zwischen den Zeiträumen 1951 bis 1980 und 1971 bis 2000 an.



Grafik: DWD

beispielsweise von 7.600 hitzebedingten zusätzlichen Sterbefällen im Sommer 2003 aus. Gleichzeitig steigt die Zahl der Rettungsdienst-Einsätze. Für die Feuerwehr könnte dies auch bedeuten, dass häufiger Tragehilfen oder Türöffnungen angefordert werden. „Wir müssen auch berücksichtigen, dass sich nicht nur die Temperatur ändert. Wo-

möglich wird es gleichzeitig so schwül, dass die Hitze hier schwerer zu ertragen ist als in Südeuropa. Außerdem sind wir es nicht gewohnt, bei 30 Grad Celsius im Schatten volle Leistung zu bringen“, sagt Prof. Dr. Daniela Jacob, Direktorin des Climate Service Center Germany (GERICS) in Hamburg in einem Interview mit „Spektrum der Wissenschaft“.

Also: höherer Kräfteansatz, um bei längeren Lagen das Personal häufiger durchzutauschen zu können. Ein bestimmter Typus von Großschadenslagen sticht dabei besonders heraus: Vegetationsbrände.

### Vegetation als Dauerbrenner

„Wir haben letztes Jahr in den Medien die Berichte über die Waldbrände in Brasilien verfolgt. Viele Menschen haben dabei zum ersten Mal die roten Punkte der Satellitendaten gesehen und gedacht: ‚Da verbrennt ja der halbe Amazonasregenwald.‘ Ganz so schlimm ist es zum Glück nicht“, erläutert Prof. Dr. Johann Georg Goldammer, Leiter der Arbeitsgruppe Feuerökologie am Max-Planck-Institut für Chemie sowie Direktor des Global Fire Monitoring Center (GFMC).

„Die roten Punkte sind Darstellungen von Hochtemperaturereignissen, die von Satellitensensoren erfasst werden. Beispielsweise Verbrennungen von Pflanzenresten aus der Landwirtschaft, Rodungen oder heiße Oberflächen von Industrieanlagen. Aber: Weltweit sehen wir gerade, dass Wald- und Flächenbrände an Zahl und Intensität zunehmen“, sagt Goldammer.

In Deutschland sei dies verursacht durch persistente Wetterlagen (siehe Kasten „Jetstream“) und sinkende Grundwasserpegel. „Von der Dürre 2018 haben sich die Böden einiger Regionen immer noch nicht erholt“, so der Feuerökologe.

„In diesem Jahr hat der Klimawandel uns Menschen als Einflussgröße wahrscheinlich überholt. Die Trockenheit hatte einen größeren Einfluss als Forstwirtschaft, Bebauung sowie Schutz- und Monitoring-Maßnahmen der Wälder. Und diese Tendenz werden wir auch künftig beobachten“, so Goldammer.

Das bestätigen auch die überwiegenden Modellrechnungen der Klimatologen. Diese prognostizieren eine Zunahme des Waldbrandrisikos insbesondere ab der Mitte des 21. Jahrhunderts. Einzelne Modelle gehen allerdings von einer Verminderung des Risikos aus. Einige davon, dass keine Veränderungen in der Feuerhäufigkeit auftreten werden. Schwäche aller Modelle ist bislang noch, dass sie nicht miteinbeziehen können, wenn Baumbestände abrupt zusammenbrechen. Etwa durch jahrelange Trockenheit in Kombination mit extremem Borkenkäferbefall.

### Starkregen - klein, aber oho!

Unsicherheiten gibt es auch beim modellierten Regen. „Niederschläge in der Zukunft sind eine sehr schwierige Prognose“, sagt Prof. Dr. Christian Bernhofer, Direktor des Instituts für Hydrologie und Meteorologie an der Technischen Universität Dresden. „Momentan relativ gut abgesichert ist: Im Sommer wird es wohl geringere Nie-

derschlagsmengen geben, im Winter etwas mehr. Die jährlichen Summen des Gesamtniederschlags zeigen keinen signifikanten Trend.“ Seit Beginn der Wetteraufzeichnungen sind sie lediglich sehr leicht gestiegen.

Klingt erstmal nicht so wild. Doch der Teufel liegt im Detail: Wärmere Luft erhöht in unseren Breiten die Wahrscheinlichkeit für sogenannte konvektive Niederschläge. Und die funktionieren lehrbuchmäßig so: Vor allem während der Sommermonate wird der Boden stark erwärmt – meistens erst in der zweiten Tageshälfte. Dadurch verdunstet große Mengen des im Boden vorhandenen Wassers oder von Wasseroberflächen. Die bodennahe Luft wird feucht und steigt durch ihre hohe Temperatur sehr schnell auf (Konvektion = Strömungstransport, in diesem Fall von warmer Luft).

Die Luftmasse gelangt nun in höhere Atmosphärenschichten und kühlt ab. Hat sich dort ausreichend Wasserdampf gesammelt, bildet dieser hochreichende Wolken. Die Folge: ein kurzer, aber zum Teil extrem

starker Schauer- oder Gewitterregen auf Flächen von weniger als 10 Quadratkilometern. Da die Niederschlagsmenge dabei sehr hoch sein kann, sind je nach geografischer und topografischer Beschaffenheit Überschwemmungen möglich.

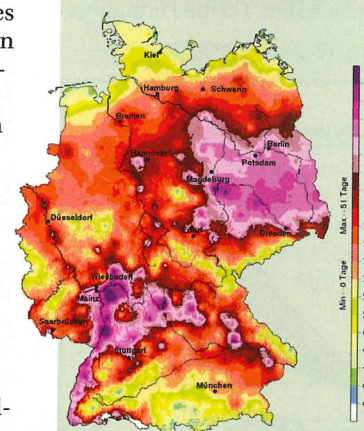
„Bei Starkniederschlägen geht man rein von der physikalischen Grundlage, dass wärmere Luft mehr Wasser aufnimmt, davon aus, dass auch sie häufiger werden. Aber unsere derzeit höchste Auflösung bei europäischen Klimamodellen von 7 mal 7 Kilometer ist nicht ausreichend, um Konvektionsereignisse zu beschreiben“, sagt Bernhofer.

### Hohes Sturzflut-Potential

„Mit Hilfe der seit 2001 etablierten Rardatologie können wir allerdings bessere Prognosen treffen. Insbesondere mit Abgleich der Bodendaten. Darin sehen wir einen Trend von bis zu 10 Prozent mehr Starkregen pro Jahrzehnt. Auch die Intensitäten werden zunehmen. Dafür werden die

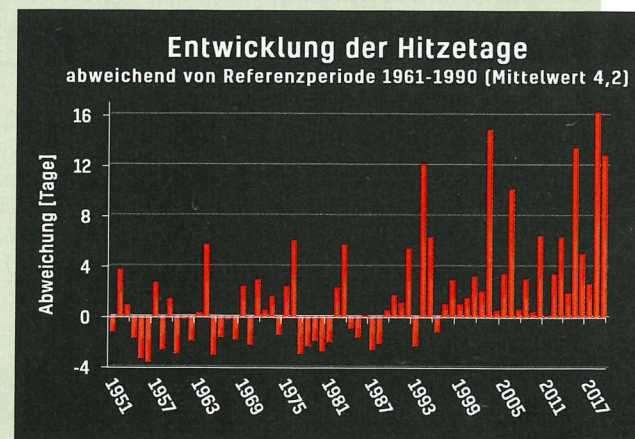


Die Folge von Hitzetagen: viele Herz-Kreislauferkrankungen und extrem anstrengende Feuerwehreinsätze. Symbolfoto: Ruffer



2018 brach alle Rekorde: Im deutschen Mittel stieg die Temperatur an 20,4 Tagen auf über 30 Grad Celsius. In einzelnen Regionen gab es sogar über 50 Hitzetage.

Grafik: DWD



Zwischen 1961 und 1990 traten durchschnittlich 4,2 Hitzetage in Deutschland auf. Das sind Tage mit Maximaltemperaturen über 30 Grad Celsius. Und der Trend zeigt steil nach oben: Pro folgendem Jahrzehnt rechnen Klimaforscher mit einem Hitzetag mehr im Jahr.

Grafik: Sander, Quelle: DWD



Nach weitgehend übereinstimmenden Modellrechnungen wird sich das Potential für Vegetationsbrände in Deutschland in den nächsten Jahren erhöhen. Hier haben Feuerwehren jedoch nach wie vor einen großen Einfluss auf die Auswirkungen und können ihnen mit entsprechender Ausbildung entgegenreten.  
Symbolfoto: Feuerwehr Bleckede

Ereignisse kleinräumiger. Und: Diese kurzen und heftigen Regenfälle verteilen sich nahezu gleichmäßig über ganz Deutschland.“ Hoffmann fügt hinzu: „Die komplette sommerliche Regenbilanz resultierte 2018 und 2019 in einigen Regionen komplett aus einem Starkregenereignis. Durch die Verteilung können auch in sonst eher trockenen Regionen Niederschlagsextreme auftreten. Wie etwa in Brandenburg und Berlin 2017.“

Aufgrund dieser stark punktuellen Ereignisse ergibt sich meist ein hohes Schadenspotenzial durch **Sturzfluten**. Bevölkerung und Einsatzkräften bleibt in solchen Fällen wenig Zeit zum Handeln.

In größeren Flusseinzugsgebieten werden **Hochwasser** dagegen durch langanhaltende, großräumige Regenereignisse ausgelöst. Laut Prof. Bernhofer werden diese jedoch seltener. Und sie sind eher an topografische Eigenschaften wie Gebirgszüge gebunden. „Während sich für die Elbe insgesamt die Hochwassersituation wahrscheinlich kaum ändert, sieht man für den Rhein beispielsweise eine Zunahme der Eintrittswahrscheinlichkeit“, so der Institutsdirektor.

### Wenn der Hang rutscht

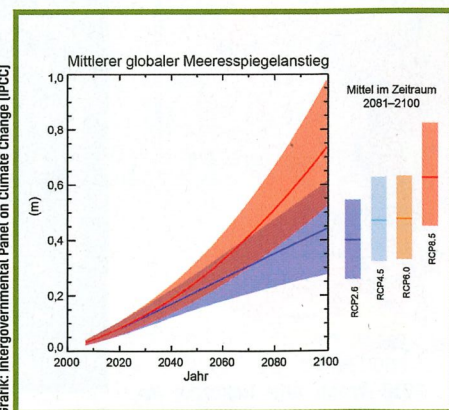
Ist ein Sommer außerdem relativ trocken, bergen Starkniederschläge weitere Probleme. Unter anderem hat das Regenwasser dann nämlich kaum Gelegenheit, in den Boden einzuziehen, und fließt oberflächlich ab. Die tieferen Schichten bleiben somit trocken, der **Grundwasserspiegel** und die Vegetation erholen sich nicht. Sinkt der Grundwasserspiegel, kann dies zu Problemen bei der Löschwasserversorgung führen.

Auf der anderen Seite kann eine Sturzflut die Bodenoberfläche abtragen, Nährstoffe

auswaschen und es kommt zur **Bodenerosion**. Auf einer betroffenen Fläche sind die Stabilität sowie die landwirtschaftlichen Erträge gemindert.

Je nach Topografie können gefährliche **gravitative Massenbewegungen** auftreten. Hinter diesem sperrigen Begriff verbergen sich Naturgefahren wie Felsstürze, Muren und (Hang-)Rutschungen. Sie treten an natürlichen Hängen in den Hochalpen, an Schichtstufen in Mittelgebirgen und Steilküsten auf – aber auch an von Menschen geschaffenen Böschungen und Hängen. Oder dort, wo Kahlschläge von Waldflächen durchgeführt wurden.

Grundbedingung ist nämlich ein Stabilitätsverlust des Bodens. Das kann durch geschmolzenen **Permafrost** oder eben Rodungen beziehungsweise natürlichen Windwurf gegeben sein. Da die Permafrost-



Das Computermodellszenario RCP8.5 geht davon aus, dass global keine baldigen Maßnahmen zum Klimaschutz getroffen werden. In diesem Fall steigen die Meeresspiegel bis zum Jahr 2100 im Schnitt um mehr als einen Dreiviertelmeter an.

böden in den Alpen derzeit sehr schnell tauen, ist insbesondere an steilen Felswänden, Schutthalden und Moränenzügen damit zu rechnen, dass der Untergrund leichter in Bewegung gerät. Sind die Permafrostböden irgendwann komplett aufgetaut, kann sich die Aktivität wieder verringern.

Als Auslöser kommen dann besonders langanhaltende Feuchteperioden, die den Boden aufweichen, oder schnelle Schneeschmelzen in Frage. Viele Hangrutsche passieren nach längeren Trockenperioden mit anschließenden Niederschlägen.

Bernhofer: „Die Niederschlagsintensität allein macht Muren schon wahrscheinlicher. Auch im Mittelgebirge. Aber der Faktor Mensch ist dort ebenfalls zu berücksichtigen. Zum Beispiel durch Straßenbau im Hang. Auf der relativ neuen Autobahn 17 zwischen Prag und Dresden gibt es oft Hangrutschungen.“ Treffen gravitative Massenbewegungen auf bewohnte Gebiete, sind schwere Schäden für Menschen und Infrastruktur vorprogrammiert.

### Schnee und Glatteis

Nicht nur der Permafrost taut, sondern auch die **Gletscher** der Alpen. Derzeit sorgt das für eine erhöhte Wasserverfügbarkeit der von Gletschern gespeisten Flüsse im Sommer. Sind die Eismassen aber erst mal abgeschmolzen, werden die Sommerpegel vermutlich stark sinken.

Eine Abnahme ist auch für die **Schneemenge** in allen Gebirgsketten prognostiziert. Insbesondere unterhalb von 1.500 bis 2.000 Metern über Normalhöhennull (NHN) werden Winterniederschläge öfter in Form von Regen vorkommen. Inwiefern sich dadurch die Häufigkeiten von Schneelawinen

verändern, ist nicht gesichert. Einige Studien gehen davon aus, dass sich die Aktivität auf den gesamten Winter verteilt, eher verringert, extreme Schnee-Niederschläge mit anschließender hoher Lawinengefahr aber weiterhin existieren.

„Die extremen Schneefälle in den Alpen kurz nach dem Jahreswechsel 2018/19 waren sehr wahrscheinlich eine Folge des Hitzesommers 2018 und einer langandauernden Wetterlage. Die Folge: starke Schneefälle bei vergleichsweise milden Temperaturen von um die 0 Grad Celsius“, erwähnt Hoffmann. Der dabei gebildete feuchte Neuschnee hat ein etwa doppelt so hohes Gewicht wie normaler Neuschnee und belastet Dachkonstruktionen entsprechend stärker.

Für die Fläche Deutschlands heißt die Temperaturerhöhung im Winter: Weniger Tage im Jahr bleiben dauerhaft unterhalb des Gefrierpunktes. Eher friert es nachts und taut tagsüber. Das ist auch eine tückische Lage für den Straßenverkehr durch **Glatteis** und sorgt zudem für schnelleren Verschleiß der Fahrbahndecken.

Eine besonders verhängnisvolle Kombination: Durch den Temperaturanstieg verlängert sich die Vegetationsperiode der Bäume. Das heißt, sie sind länger im Jahr belaubt. **Spätfrost** kann nach wie vor entstehen und richtet dann einen größeren Schaden an den schon weiter entwickelten Bäumen an. Trifft feuchter Neuschnee auf bereits belaubte Bäume, besteht Gefahr, dass diese unter dem hohen Gewicht einknicken.

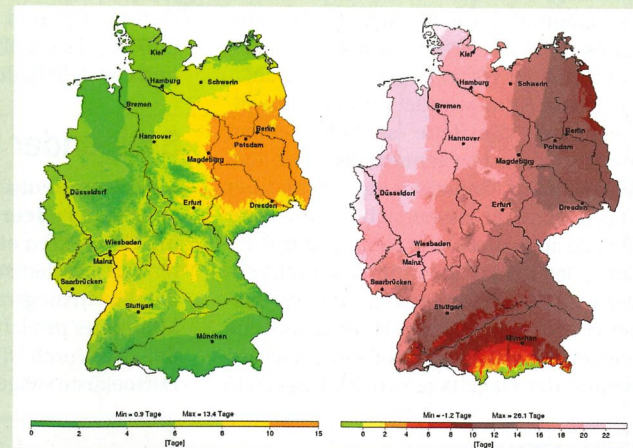
### Sturm- und Hagelschäden

Gleiches gilt für die Anfälligkeit gegenüber **Stürmen**. „Die Anzahl der Sturmtage in Deutschland nimmt durchschnittlich derzeit leicht ab“, sagt Hoffmann. Als Sturmtag wird ein Tag gezählt, wenn für mindestens 10 Minuten Windgeschwindigkeiten von 8 Beaufort und mehr (ab 17,2 Meter pro Sekunde) erreicht werden.

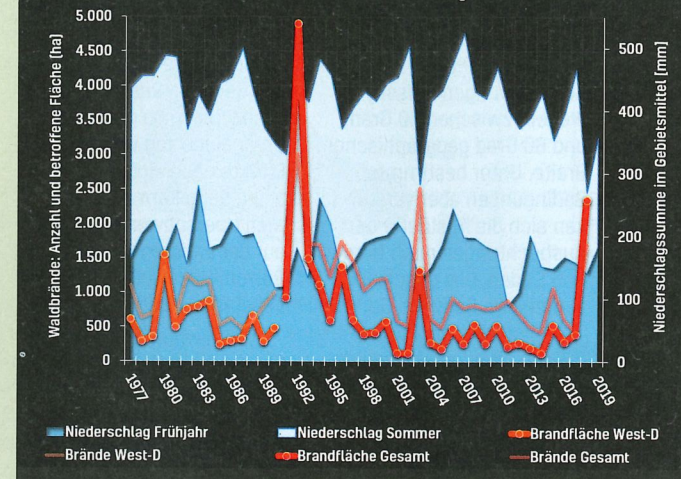
„Gleichzeitig gibt es Hinweise auf eine Verschiebung der Sturmsaison nach vorn. Dann treffen sie häufiger auf belaubte Bäume, die eine wesentlich höhere Angriffsfläche bieten. Ist der Boden dann noch feucht, besteht große Gefahr von umstürzenden Bäumen“, ergänzt er.

Ein gegenteiliger Trend ist im Nordwesten im Winter zu beobachten. Insbesondere

Links die durchschnittliche Anzahl von Tagen mit Stufe 4 oder 5 des Waldbrandgefährdungsindex (WBI) für die Jahre 1961 bis 1990. Rechts die Höhe der Abweichung davon im Jahr 2018. In den Alpen blieb alles beim Alten. Überall sonst in Deutschland sorgte die Trockenheit für extreme Waldbrandbedingungen.



### Waldbrände und saisonale Niederschläge in Deutschland



### Tage mit Waldbrandgefährdungsstufe 5

Vergangenheit*1	Heute	Zukunft*2
1901-1930: 5,3	2001-2010: 9,6	2031-2040: 8,2 2061-2070: 13,7 2091-2100: 19,9

\*1 Berechnung durch 30-jährigen Mittelwert  
\*2 Berechnung durch STARS-Modellierung mit RCP8.5 vom PIK (siehe [klimafolgenonline.com](http://klimafolgenonline.com))

starke Böen nehmen dort zu. Das extremste Modellszenario geht sogar von einer Zunahme um zehn Sturmtage für das Ende des 21. Jahrhunderts an der Küste und im Winter im Vergleich zu den Jahren 1961 bis 1990 aus. Weniger gefährlich wird laut Prognosen

hingegen die **Nebelaktivität**. „Temperatur und Luftqualität haben einen Kombinationseffekt auf die Nebelbildung“, erklärt Prof. Dr. Otto Klemm, Leiter der Arbeitsgruppe Klimatologie am Institut für Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität

## Ruck, zuck, trocken!

Tsurumi LSC: Die gründliche Restwasser-Baupumpe vom Weltmarktführer

Test: sehr gut!



Saugt Wasser bis auf 1 mm ab. Ideal zum Trockenlegen von Kellern. Mit Storz-Kupplung oder Gewinde. Rücklaufstopp. 24/7 Dauerbetrieb.

**TSURUMI PUMP**  
STRONGER FOR LONGER  
+49 211-417 937 450 Vertrieb@Tsurumi.eu





Münster. „Da in den letzten Jahrzehnten die Konzentration der Luftschadstoffe stark gesunken und die Temperaturen gestiegen sind, nimmt der Nebel in ganz Europa ab.“

Wenn von Klimawandel und Extremwetterereignissen die Rede ist, fallen einem häufig die Bilder von tennisballgroßen Hagelkörnern ein. Genaue Voraussagen über die Hagelaktivität lassen sich aber schwer treffen, da auch diese sehr kleinräumig stattfindet. „Das Risiko ist zumindest nicht geringer, weil Gewitterereignisse kräftiger ausfallen können“, begründet Hoffmann. Eine Modellierungsstudie geht von einer leichten Zunahme der Hageltage von 2031 bis 2045

aus. Die Änderungen zeigten sich nur im Nordwesten und Süden Deutschlands signifikant. Es sei aber mit höherer Intensität und damit Schäden zu rechnen.

### Steigender Meeresspiegel

An den deutschen Küsten steigt unterdessen der **Meeresspiegel**. In den letzten hundert Jahren etwa um 10 bis 20 Zentimeter. Für die deutsche Nordseeküste werden derzeit Anstiegsraten zwischen 1,6 und 1,8 Millimeter pro Jahr angegeben. Die Pegel an der eher durch Niederschläge beeinflussten Ostseeküste steigen jährlich um etwa 1 Milli-

meter. Globale Modellierungen legen nahe, dass sich die Anstiegsraten beschleunigen werden. Hauptgründe für den globalen Anstieg: Das Abschmelzen der Gletscher und Eiskappen, der grönländischen und antarktischen Eisschilde sowie die Ausdehnung des Wasservolumens durch Erwärmung.

„Fest steht: Wenn wir in den nächsten 20 bis 50 Jahren nicht drastisch unsere Emissionen reduzieren, schmilzt das Grönlandeis in weniger als 500 Jahren“, macht Prof. Bernhofer deutlich. „Da werden dann Langzeiteffekte in Gang kommen, die nicht mehr aufzuhalten sind. Es handelt sich um einen so genannten **Kipppunkt**. Einen Punkt, der übrigens auch nicht rückgängig gemacht werden kann. Auch nicht, wenn die Treibhausgaskonzentrationen wieder auf vorindustrielles Niveau sinken. Denn ohne Eisschild wird sich das Klima auf Grönland wegen der wesentlich geringeren Albedo (Rückstrahlungsvermögen von Sonnenlicht) der nicht mehr vom Eis bedeckten Landoberfläche deutlich erwärmen. Das komplette Abschmelzen von lediglich dem Grönländischen Eisschild – nicht der Antarktis oder anderen Flächen – bedeutet einen mittleren Meeresspiegel-Anstieg von 7 Metern. Dauerhaft. Das kann sich heute niemand richtig vorstellen.“

### Blackout und Malaria

Damit nicht genug, gibt es noch etliche Sekundäreffekte, die die steigende Temperatur mit sich tragen kann. Niedrige Flusspegel in Kombination mit hoher Wassertemperatur etwa führen zu Drosselungen bei Kernkraftwerken, weil nicht genug Kühlwasser vorhanden ist. Das gefährdet die Energieversorgung und kann im schlimmsten Fall zu großflächigen und langanhaltenden Stromausfällen führen.

Eine weitere problematische Entwicklung aufgrund steigender Durchschnittstemperatur ist, dass sich plötzlich neue Tier- und Pflanzenarten hierzulande ansiedeln können. Gegen Ende des 21. Jahrhunderts können sich in einigen Regionen *Anopheles*-Mücken verbreiten, die den einzelligen Malaria-Erreger *Plasmodium* auf den Menschen übertragen. Gleiches gilt für *Aedes*- und *Culex*-Mücken, die Denguefieber, Gelbfieber und West-Nil-Fieber einschleppen können. Eine weitere Verbreitung von Krankheiten, die durch Zecken übertragen werden, ist sehr wahrscheinlich.

Text: Nils Sander, Redakteur Feuerwehr-Magazin und Biologe [1127]

**Weiterführende Infos:**  
 Fachbuch „Klimawandel in Deutschland“ (2017): <https://t1p.de/nnae>  
 Monitoringbericht 2019: <https://t1p.de/prjm>

Wie die Einsatzkräfte den Lagen der Zukunft begegnen können, erfahrt ihr in einer der nächsten Ausgaben.

### Jetstream: Steife Brise sorgt für Extreme

Der Jetstream ist ein Starkwindssystem in mittleren Breiten der oberen Troposphäre (7 bis 12 km Höhe). Vereinfacht gesagt handelt es sich um Windbänder von 1 bis 5 Kilometer Dicke, die sich um den Erdball wickeln und Durchschnittsgeschwindigkeiten von 200 bis 500 Kilometer pro Stunde erreichen. Die Jetstreams haben maßgeblichen Einfluss auf die Luftdruckverteilung am Boden und somit auf Winde und das Wetter.

Eines dieser Starkwindbänder ist der polare Strahlstrom. Dieser lenkt das europäische Wetter. An seiner Nordseite befinden sich Tiefdruckgebiete, an der Südseite Hochdruckgebiete.

Der polare Strahlstrom verändert ständig seine

Form. Mal windet er sich fast kreisförmig mit nur kleinen Ausbuchtungen (Rossby-Wellen) zwischen 40 Grad Breite und 60 Grad geographischer Breite. Unter bestimmten Bedingungen aber verstärken sich die Ausläufer der Ausbuchtungen nach Norden und Süden. Das geschieht zumeist im Sommer. Je stärker die Rossby-Wellen ausgebildet sind, desto stabiler wird die Wetterlage am Boden. Und diese wiederum festigt den Jetstream. Es kommt zu einer „stehenden Welle“.

2015, 2018 und 2019 verharrten die Ausläufer mit dem Wellengipfel – also dem Hochdruckgebiet – über Europa. Jeweils westlich und östlich verblieben die Wellentäler mit ihren Tief-

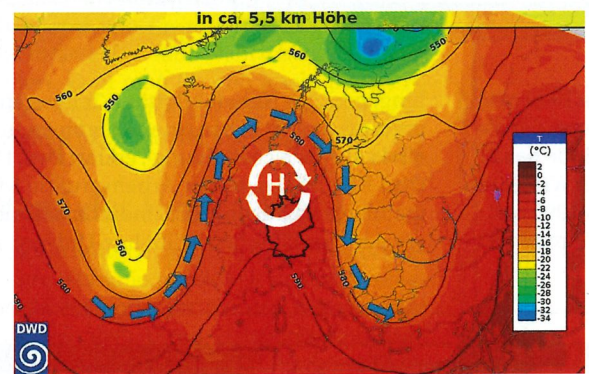
druckgebieten und sorgten für niedrigere Temperaturen und Regen in Russland und Island. Diese so genannte Omega-Lage zog weltweit Effekte nach sich. Auf der einen Seite kam es zu extremen Überschwemmungen, auf der anderen Seite zu Dürren, Hitzewellen und Vegetationsbränden.

„Wir vermuten, dass diese stabilen Wetterlagen durch den Klimawandel vermehrt auftreten werden“, sagt Dr. Peter Hoffmann, Meteorologe am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. „Hauptgrund dafür ist, dass sich die Arktis schneller erwärmt als der Rest des Globus. Dadurch werden die Temperaturdifferenzen zwischen Norden und Süden kleiner.“

Temperaturdifferenzen wollen physikalisch ausgeglichen werden, also strömt normalerweise kalte Polarluft nach Süden und warme Luft aus den Subtropen nach Norden. Beide werden durch die Erdumdrehung abgelenkt, wodurch auf der Nordhalbkugel auf unserem Breitengrad Westwinde entstehen.

Nun sinken aber diese Temperaturdifferenzen und vermindern die Stärke der Westwinde, die normalerweise die Ausbildung ausgeprägter Rossby-Wellen unterbunden hätten. In der Folge bilden sich lang andauernde Großwetterlagen, zum Beispiel Hitzewellen.

gut zu wissen



Die Omega-Lage hat ihren Namen durch die Form, die an ein griechisches Omega  $\Omega$  erinnert. Es handelt sich dabei um eine stabile Wetterlage, ausgelöst durch Starkwinde in größerer Höhe – die sogenannten Jetstreams. Diese verbleiben in Wellenform an Ort und Stelle. Auf der einen Wellenseite kommt es zu extremer Hitze, auf der anderen zu einem Dauertiefdruckgebiet. Die Grafik zeigt die Omega-Lage vom Sommer 2018. Grafik: DWD

Warnruf bei Feuergefahr	Ort bei Gronau (Münsterland)	schweizerischer Urkanton	müde			Männername	Brandrückstand	barschartiger Fisch	Passionspielort in Tirol	älteste lat. Bibelübersetzung	lateinisch: sei begrüßt	nach unten	1. dt. Bundeskanzler † 1967		
		3							Küstengebiet am Mittelmeer		13				
berühmte Person (Kw.)						Gegner Luthers † 1543		Nordosteuropäer			Stadt in Missouri (Saint ...)		zum jetzigen Zeitpunkt		
			unbeweglich		Spielfortsetzung im Fußball				Backzutat	eingeschaltet	Schubfach				
Mastbaumbefestigung	Feuerwehrausrüstung	Verletzung durch ein Insekt						wirklich			an einer höher gelegenen Stelle		5		
Fortbewegung zu Pferd			4		Kykladeninsel			Frauenname			Nadelarbeit	ägyptischer Sonnengott			
Abheben einer Rakete		Maul des Wildes									außerdem, ergänzend				
					türk. Stadt am Ägäischen Meer						chem. Zeichen für Arsen		Fragewort		
											peinlicher Vorfall	persönliches Fürwort			
Holzraummaß (veraltet)	11		Studenten-, Samtblume										Arbeitsweise		
Fischfanggerät											Zuversicht	altgriech. Fabeldichter	bewölkt (Wetter)		
schwerer Kummer		15										2			
„König der Lüfte“		scherzhaft: US-Soldat										dt. Schauspieler (Miroslav)			
												äquatornaher Klimagürtel	italienisch: rot	Abk.: das heißt	9
Getreideanbaufläche			Haustier		Kreis halbmesser (Abk.)										
												Teil des Krankenhauses (Abk.)	10	schicksalhaft	
						Lagebezeichnung		Fremdwortteil: entsprechend	arabischer Fürstentitel	span. Segelkriegsschiff		Singvogel	Wurfspeer der Bantus	Nudismus (Abk.)	
Zaren-erlass			Zeitungsanzeige					8				Bewohner eines Erdteils			Kugelspiel, Bowling
dem Wind abgekehrte Seite	Schmeichelei	chem. Zeichen: Natrium			genau zugemessene Menge		Wurfschlinge	7				Kartenspiel für drei Personen	Legende	ägyptische Millionenstadt	
		Worte, Dichtung zu Musikstücken		festliches Abendessen					durcheinander						
Fischeier		hohe Männerstimme		14			„Jesus“ im Islam		unsicher, nicht fest					12	
					englisch: wir		aus tiefem Herzen					Abk.: Erdschoss		Abk.: zum Exempel	
Stoffbehälter	unbek. Größe (Mathematik)	große Grünfläche													
			Buch der Bibel				urtümlich; originell					Stammvater			

- |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|