

# WARNSIGNAL KLIMA Extremereignisse

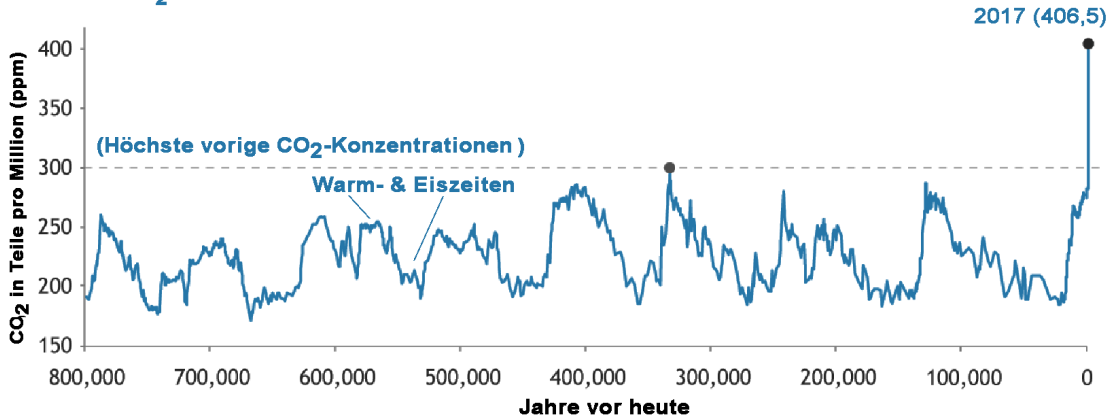
Herausgeber: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, H. Graßl, D. Kasang & R. Weisse



Wissenschaftliche Auswertungen

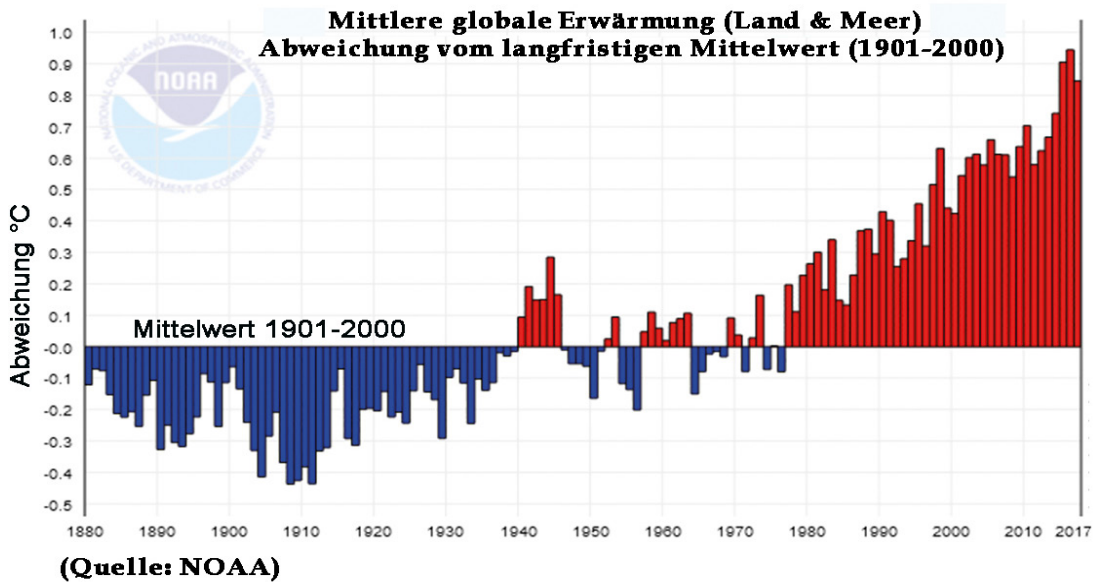
In Kooperation mit  
**GEO**

**CO<sub>2</sub>-Konz. während der Eis- und Warmzeiten in den letzten 800.000 Jahren**



Quelle: NOAA Climate.gov Data: NCEI (ergänzt)

**Tafel 1:** CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft seit 800.000 Jahren. Werte wie heutzutage wurden seit 800 000 Jahren nie beobachtet (Quelle: NOAA ergänzt).



**Tafel 2:** Veränderung der mittleren globalen Temperatur (Land & Meer) an der Erdoberfläche von 1880 bis 2017 als Abweichung vom Mittelwert 1901-2000. Die vier wärmsten Jahre waren die vier letzten Jahre:  
 2016: 0,94°C • 2015: 0,90°C • 2017: 0,85°C • 2014: 0,74°C

### TAFEL 3:

*»Wir wissen bereits genug über die durch den Klimawandel verstärkten Trends im Auftreten und in der Intensität von extremen Wetterereignissen und Witterungsperioden, um zu handeln und somit Anpassungsmaßnahmen zu implementieren. Dabei steht im Vordergrund, dass wir im Sinne der Risikovorsorge sowohl Maßnahmen zur direkten Gefährdungsabwehr treffen müssen als auch Maßnahmen, die die Belastbarkeit von Gesellschaft und Wirtschaft gegenüber Extremereignissen erhöhen«.*

In der Tat scheint sich der Trend einer Zunahme extremer Ereignisse im globalen Mittel zu bestätigen (aus dem SREX-Report des IPCC 2012).

- Im Zeitraum 1950-2015 gab es in Europa elf extreme Hitzewellen; sechs davon fallen in die Jahre nach 2000.
- Die Analyse zeigt, dass der Prozentsatz an Landoberfläche zwischen 2002 und 2012, der von Hitzewellen betroffen war, dreimal grösser war als in vorherigen Dekaden.
- Weltweit nehmen die tropischen Wirbelstürme der Stärke 3-5 zu, begünstigt durch die Erwärmung der Meere von zurzeit +0,7 °C.
- In Deutschland ereigneten sich von den 10 schadbringendsten Gewittern seit 40 Jahren 7 ab 2013.
- Die mittlere Anzahl der Hitzetage in Deutschland (Tage mit >30°C) hat sich von 3,4 Tagen (1961-1990) auf 6,4 Tage (1987-2016) verdoppelt.

**Tafel 4A:** Bei Ländern mit über 10 Mio. Einwohnern. Die Bürger in den USA und in Saudi Arabien sind die größten Klimastünder; sie emittieren 17 t CO<sub>2</sub>/Jahr. Sie stehen zusammen mit den Einwohnern in Australien und Kasachstan (15 t CO<sub>2</sub>/Jahr) und die in Kanada (14 t CO<sub>2</sub>/Jahr) an der Spitze dieser Liste.

A	(CO <sub>2</sub> /Jahr)	Emission	Bevölkerung
1	Vereinigte Staaten (USA)	17 t	323 Mio.
2	Saudi Arabien	17 t	33 Mio.
3	Australien	15 t	25 Mio.
4	Kazachstan	15 t	19 Mio.
5	Kanada	14 t	36 Mio.
6	Südkorea	13 t	51 Mio.
7	Russland	13 t	147 Mio.
8	Taiwan	12 t	24 Mio.
9	Tschechische Republik	10,5 t	11 Mio.
10	Deutschland	9,9 t	83 Mio.
11	Japan	9,8 t	127 Mio.
12	Niederlande	9,8 t	17 Mio.
13	Belgien	8,6 t	11 Mio.
14	Malaysia	8,1 t	32 Mio.
15	Iran	8,0 t	81 Mio.
16	VR China	7,5 t	1410 Mio.
17	European Union	6,9 t	512 Mio.
130	Indien	1,5 t	1339 Mio.

**Tafel 4B:** Hier sind Länder mit einer Bevölkerung unter 10 Mio. zusammengefasst, die bedeutend höhere Emissionen *per Capite* aufweisen. Die Bewohner von Kuwait, Bahrain und United Arab Emirates emittieren über 20 t CO<sub>2</sub>/Jahr. In Qatar und Trinidad & Tobago werden sogar Werte von 39,7 und 34,5 t CO<sub>2</sub> *per Capite* gemessen. In dieser Ländergruppe befindet sich Luxemburg und Norwegen.

Stand 2013. Verschiedene Quellen.

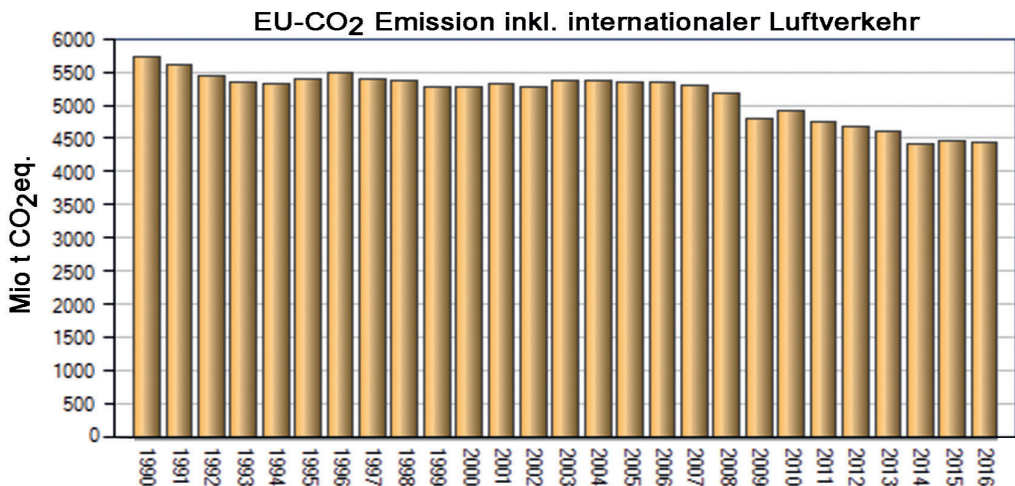
B	(CO <sub>2</sub> /Jahr)	Emission	Bevölkerung
1	Qatar	39.7 t	2.6 Mio.
2	Trinidad & Tobago	34.5 t	1.4 Mio.
3	Kuwait	24.4 t	4.1 Mio.
4	Bahrain	23.7 t	1.5 Mio.
5	United Arab Emirates	21.8 t	9.0 Mio.
6	Luxembourg	18.7 t	0.6 Mio.
7	Turkmenistan	17.5 t	5.7 Mio.
8	Oman	17.5 t	4.4 Mio.
9	Estland	15.1 t	1.3 Mio.
10	Norwegen	11.3 t	5.0 Mio.

**Tafel 5:** CO<sub>2</sub>-Emission nach Ländergruppen aus der Verbrennung fossiler Energien (in Mio. t.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015	1990-2015
<b>Weltweit</b>	20.509,0	21.365,0	23.144,3	27.045,0	30.434,4	32.324,7	32.294,2	57,50%
<b>OECD Total (35)</b>	11.020,3	11.504,8	12.457,9	12.847,0	12.336,4	11.848,2	11.720,2	6,40%
<b>OECD Amerika (4)</b>	5.508,3	5.850,4	6.567,0	6.710,2	6.384,4	6.232,4	6.070,7	10,20%
<b>OECD Asien&amp;Ozeanien (5)</b>	1.588,0	1.821,2	1.991,5	2.099,6	2.150,4	2.218,0	2.201,9	38,70%
<b>OECD Europa (26)</b>	3.924,1	3.833,2	3.899,4	4.037,2	3.801,6	3.397,8	3.447,6	-12,10%
<b>Non-OECD Total</b>	8.858,00	9.141,40	9.832,30	13.203,30	16.977,30	19.344,20	19.387,30	118,90%
<b>Internationaler Flugverkehr</b>	258,9	290,3	355,8	422,8	457,7	504,5	529,7	104,60%
<b>Internationale Schifffahrt</b>	371,6	428,5	498,4	571,9	662,9	627,7	657	76,80%

Daten: Int. Energy Agency (2017) - <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustionHighlights2017.pdf>

**Tafel 6:** Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen der Europäischen Union (28) seit 1990.



Quelle: <http://www.eea.europa.eu>

**Tafel 4:** CO<sub>2</sub>-Emission *per Capite*. Wenn jeder Erdenbürger die gleiche Rechte hat, muss der CO<sub>2</sub>-Ausstoß *per capite* verglichen werden, um die größten Klimasünder zu ermitteln. Würdet man nicht die Emissionen *per Capite* vergleichen, dann würden China und Indien aufgrund der Größe ihrer Bevölkerung ganz oben in der Liste stehen. Dennoch sind diese Daten auch so etwas verzerrt, da sie Treibhausgase enthalten, die für die Produktion emittiert werden. Beispielsweise sind 30% der Produktion Chinas für den Export bestimmt.



**Tafel 7:** Treibhausgas-Emissionen der Europäischen Union (28) in Mio. t. CO<sub>2</sub>eq.

	1990 (Millionen Tonnen)	2014 (Millionen Tonnen)	2015 (Millionen Tonnen)	Veränderung 2014-2015 (Millionen Tonnen)	Veränderung 2014-2015 (Prozent)
Belgien	146,3	114,1	117,4	3,4	2,9 %
Bulgarien	103,7	57,5	61,5	4,0	6,9 %
Dänemark	70,4	50,8	48,3	-2,5	-4,9 %
Deutschland	1.250,9	904,3	901,9	-2,3	-0,3 %
Estland	40,4	21,1	18,0	-3,0	-14,4 %
Finnland	71,3	59,1	55,6	-3,6	-6,0 %
Frankreich	547,1	453,5	457,1	3,6	0,8 %
Griechenland	103,1	99,4	95,7	-3,6	-3,7 %
Großbritannien	793,6	522,9	503,5	-19,4	-3,7 %
Irland	56,1	57,8	59,9	2,1	3,7 %
Italien	519,9	423,3	433,0	9,7	2,3 %
Kroatien	31,2	23,0	23,5	0,5	2,0 %
Lettland	26,2	11,2	11,3	0,1	1,0 %
Litauen	48,0	19,9	20,1	0,2	1,1 %
Luxemburg	12,7	10,8	10,3	-0,5	-4,5 %
Malta	2,4	2,9	2,2	-0,7	-24,0 %
Niederlande	221,4	187,6	195,2	7,7	4,1 %
Österreich	78,8	76,4	78,9	2,5	3,2 %
Polen	467,9	383,0	385,8	2,9	0,8 %
Portugal	59,6	64,4	68,9	4,6	7,1 %
Rumänien	246,3	115,4	116,4	1,0	0,9 %
Schweden	71,6	53,8	53,7	-0,1	-0,3 %
Slowakei	74,5	40,7	41,3	0,6	1,5 %
Slowenien	18,6	16,6	16,8	0,2	1,3 %
Spanien	287,8	324,2	335,7	11,4	3,5 %
Tschechien	197,9	126,6	127,9	1,3	1,0 %
Ungarn	93,9	57,9	61,1	3,2	5,6 %
Zypern	5,6	8,4	8,4	0,0	0,1 %
<b>EU-28</b>	<b>5.647,1</b>	<b>4.286,5</b>	<b>4.309,6</b>	<b>23,2</b>	<b>0,5 %</b>

\* alle Angaben ohne Emissionen aus der Kategorie LULUCF, inkl. indirekter Emissionen

Quelle: Europäische Umweltagentur - European Environment Agency (EEA):  
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data>

Aus: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2\\_tab\\_thg-emi-eu\\_2017-08-24.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_tab_thg-emi-eu_2017-08-24.pdf)

\* Alle Angaben inkl. indirekter Emissionen und ohne Emissionen der Kategorie LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry).

Die EU-28 haben ihre Emissionen in der Zeit 1990-2015 im Durchschnitt um 23,7% reduziert. Lettland, Estland und Rumänien haben über 50% ihre Emissionen gesenkt; Die Emissionen der Länder Spanien, Portugal, Irland und vor allem Zypern nahmen deutlich zu. Von den großen Ländern hat Großbritannien am meisten mit 36,6% reduziert. Deutschland mit einer Reduktion von nur 27,6% ist weit entfernt von seinem Ziel 40% zu reduzieren.

# Vorwort

Natur und Gesellschaft sind durch Wetterextreme (Hochwasserereignisse, tropische Wirbelstürme, Tornados, Schneestürme, Hitze- und Kältewellen) seit jeher betroffen. Die Menschen haben sich bis zu einem gewissen Grad daran angepasst, mit Wetterextremen zu leben. Einige besonders heftige Wetterextreme früherer Jahre haben sich tief in das kollektive Gedächtnis eingepägt. Dazu gehören etwa die Zweite Marcellusflut (Grote Mandränke) von 1362 und die Allerheiligenflut von 1570 an der Nordseeküste mit Zigtausenden von Toten; der Verlauf der Nordseeküste änderte sich durch diese und andere Wetterextreme mehrmals erheblich. Ebenso erwähnenswert sind die Saheldürren der 1970er und 1980er Jahre mit ihren verheerenden Folgen für die Landwirtschaft der betroffenen Staaten und ihren Hunderttausenden Hungertoten.

Ein Extremereignis wird für Menschen und Ökosysteme erst dann relevant, wenn sie auch davon betroffen sind. Dafür müssen sie dem Ereignis ausgesetzt sein und ein gewisses Maß an Verletzlichkeit besitzen. Einem Hurrikan auf offener See kann man oft ausweichen, ein auf Land treffender Hurrikan ist dagegen für Natur, Menschen und Infrastrukturanlagen eine wesentlich größere Gefahr. Die Exponiertheit von Menschen gegenüber Extremereignissen hat in den letzten Jahrzehnten besonders durch das Wachstum der Weltbevölkerung und durch die Ausdehnung von Wohnsiedlungen und Infrastrukturanlagen in den gefährdeten Gebieten fast weltweit deutlich zugenommen. Die Risikoerhöhung gilt besonders für die wuchernden städtischen Slums in Entwicklungsländern ohne wesentlichen Schutz. Ähnliches kann auch für die ausufernden Siedlungen und technischen Infrastrukturen an eingegengten Flüssen sowie dicht an der Küste in den entwickelten Ländern gesagt werden, wie etwa die Mississippi-Flut 2011 zeigte. Durch Schutzmaßnahmen und verbesserte Warnsysteme in den reichen Ländern haben sich die Sachschäden und Verluste an Menschenleben allerdings in Grenzen gehalten. Hochwasserschutzmaßnahmen rentieren sich; Maßnahmen wie »Mehr Raum für Flüsse« und »Breitwasser statt Hochwasser« haben in vielen Regionen positive Auswirkungen gehabt.

Die Anzahl der Menschen, die tropischen Wirbelstürmen zwischen 1970 und 2010 jährlich ausgesetzt waren, hat sich von 73 Millionen auf 123 Millionen erhöht. Nach 2015, als Hurrikan Katrina die US-Metropole New Orleans verwüstete, war 2017 erneut ein Jahr der Hurrikane. Die drei Hurrikane Harvey, Irma

und Maria haben innerhalb von 4 Wochen die Hurrikansaison 2017 in Nordamerika und in der Karibik trotz funktionierender Warnsysteme und rechtzeitiger Schutzmaßnahmen zur bisher teuersten Saison aller Zeiten gemacht. Dies zeigt, wie machtlos die Gesellschaft manchmal gegenüber Wetterextremen ist. Wetterextreme sind daher in jedem Fall eine erhebliche Bedrohung für Gesellschaft und Natur sowie für die Volkswirtschaft der betroffenen Länder.

Die Frage, ob sich diese Gefährdung durch den Klimawandel verschärft hat und noch weiter erhöhen wird, ist daher von größter Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der Weltgemeinschaft. Wetterextreme gehören zu den in der Öffentlichkeit am meisten diskutierten Klimarisiken. Da Wetterextreme seltene Ereignisse und die Zeitreihen für eine verlässliche Abschätzung oft zu kurz sind, ist es tatsächlich schwierig, aus den vorhandenen Daten robuste Trends zu erkennen. Am ehesten gelingt das noch bei direkt von der Temperatur abhängigen Extremen wie Hitzewellen. Bei anderen Wetterextremen wie Dürren, Stürmen oder Starkregen spielt oft die Dynamik der Atmosphäre eine zentrale Rolle, weshalb sie sich nicht so einfach auf eine allgemeine Temperaturerhöhung zurückführen lassen. Diese und viele andere Fragen stellen die Forschung vor große Herausforderungen.

Einige Fortschritte wurden jedoch in jüngster Zeit bei der Untersuchung des Anteils des anthropogenen Klimawandels an einzelnen Wetterextremereignissen erzielt, wofür vor allem die seit 2012 erscheinenden Jahresberichte der American Meteorological Society stehen. Sie haben nicht nur bei regionalen Wärmerekorden des Jahres 2016 den menschlichen Anteil nachweisen können, sondern auch bei Überschwemmungen und Sturzfluten.

In der Tat scheint sich der Trend einer Zunahme extremer Ereignisse im globalen Mittel zu bestätigen. Der sog. SREX-Report des IPCC kommt zu dem Schluss: *»Wir wissen bereits genug über die durch den Klimawandel verstärkten Trends im Auftreten und in der Intensität von extremen Wetterereignissen und Witterungsperioden, um zu handeln und somit Anpassungsmaßnahmen zu implementieren. Dabei steht im Vordergrund, dass wir im Sinne der Risikovorsorge sowohl Maßnahmen zur direkten Gefährdungsabwehr treffen müssen als auch Maßnahmen, die die Belastbarkeit von Gesellschaft und Wirtschaft gegenüber Extremereignissen erhöhen.«*

Neben Wetterextremen werden im vorliegenden Buch auch andere Extremereignisse behandelt, die

im Laufe der Erdgeschichte registriert wurden und zu nachhaltigen Klimaveränderungen geführt haben. Dazu gehören die größten bekannten Vulkanausbrüche wie der des Toba (vor ca. 74.000 Jahren) und des Tambora (1815), die infolge ihrer enormen Eruptionsvolumina zu einer signifikanten Veränderung der Zusammensetzung der Atmosphäre führten. Die Folgen waren Kälteperioden, Dürren und Hunger in einigen Regionen.

Ein weiteres dramatisches Extremereignis der Erd- und Klimageschichte war der Einschlag eines großen Planetoiden (etwa 10 km Durchmesser) vor ca. 66 Mio. Jahren, dem wahrscheinlich der größte Teil der Dinosaurier zum Opfer fiel. Die bei diesem Einschlag freigesetzten Mengen von Partikeln und Gasen beeinflussten das Klima der Erde nachhaltig. Studien mit Hilfe von Modellen zeigen, dass es nach dem Einschlag zu einer starken Abkühlung kam und die globale Jahresmitteltemperatur für rund drei Jahre unter 0 °C fiel. Erst nach drei Jahrzehnten sollen die Temperaturen das Niveau wie in der Zeit vor dem Einschlag erreicht haben.

Die vorliegende Veröffentlichung ist der 17. Band der Buchreihe Warnsignale. Mit ihm wird versucht, das Wissen über Extremereignisse, die in vielen unterschiedlichen Arbeiten zerstreut vorliegen, zu bündeln und zugänglich zu machen. Das vorliegende Werk gliedert sich in acht Kapitel.

Kap. 1 stellt den einleitenden Teil des Buches dar. Hier wird auf das »normale« Wetter und die »Wetterextreme« sowie auf die Rolle der anthropogenen Erwärmung eingegangen. In diesem Kapitel findet man eine ausführliche historische Übersicht über die Wetterextreme. Im Mittelpunkt von Kap. 2 stehen die Erderwärmung und Hitzewellen. Die Themen werden sowohl regional als auch global behandelt. Auf Brände und Dürren wird im Kap. 3 eingegangen. Diese Aspekte werden mit Fallbeispielen aus Ostafrika, Vietnam,

China sowie dem Mittelmeerraum dokumentiert. Im Kap. 4 werden schwerpunktmäßig Starkniederschläge und Hochwasserereignisse dargestellt. Hier wird auf Fälle in Europa und Asien, vor allem in den Monsungebieten, eingegangen. Sturmextreme werden im Kap. 5 beschrieben. Einen großen Raum nimmt dabei die Behandlung der tropischen Wirbelstürme wie Hurrikane, Taifune und Medicanes (Hurrikan-ähnliche Wirbelstürme im Mittelmeerraum) ein. Kap. 6 befasst sich mit den übrigen Wetterextremen wie Gewitter, Blitze, Hagel und Tornados. In diesem Kap. werden ebenfalls die wichtigsten Fakten über die extremen Vulkaneruptionen und Meteoriteneinschläge der Vergangenheit sowie ihre Auswirkungen auf das Klima zusammengefasst. In Kap. 7 werden die ökonomischen, sozialen und gesundheitlichen Aspekte von Wetterextremen beleuchtet. Die Themen des Kap. 8 beschäftigen sich mit daraus resultierenden, notwendigen Maßnahmen: Was soll getan werden? Hier findet man Beiträge, die eine kritische Betrachtung zur deutschen und internationalen Klimapolitik vorstellen. Warum soll eine Erderwärmung von über 2°C vermieden werden? Ist Klima-Engineering – im Falle eines Scheiterns des Klimaschutzes – die letzte Rettung für unser Klima? Ist der aktuelle Küstenschutz gegen den Meeresspiegelanstieg bei uns ausreichend? Abschließend wird über die zunehmende Anzahl von Klagen gegen Klimaauswirkungen informiert.

An diesem Buch beteiligten sich fast 120 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen als Autoren und Gutachter, denen wir für ihre Beiträge und Zusammenarbeit sehr herzlich danken.

Wir bedanken uns ebenfalls herzlich bei den Sponsoren: BMU, MPI-M und HZG, die die Ausgabe dieses 17. Bands der Buchreihe »Warnsignale« ermöglicht haben.

Die Herausgeber

# Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	5
<i>Listen der Autoren und Gutachter</i>	9
Klimawandel und Wetterextreme - Ein Überblick (JOSÉ L. LOZÁN, SIEGMAR-W. BRECKLE, HARTMUT GRASSL & DIETER KASANG)	11
<b>1. Klimaänderungen und Wetterextreme</b>	<b>21</b>
1.1 Charakteristika des normalen Erdwetters und des Extremwetters (Uwe Ulbrich & Katrin M. Nissen)	21
1.2 Anthropogene Erwärmung und extreme Wetterereignisse (Joachim Curtius)	27
1.3 Hat der menschengemachte Klimawandel Anteil an einem Extremereignis? (Eberhard Faust)	32
1.4 Extremereignisse und deren Einfluss auf die Vegetation (Ute Schmiedel & Siegmар-W. Breckle)	39
1.5 Wetter- und Witterungsextreme: Ein historischer Überblick (Michael Börngen & Mathias Deutsch)	47
1.6 Wetterextreme an der südlichen Nordseeküste vom Mittelalter bis zur frühen Neuzeit (Dirk Meier)	56
1.7 Landnutzungsänderungen und regionale Extremereignisse am Beispiel Norddeutschland (Anja Hermans, Marita Boettcher & Peter Hoffmann)	63
<b>2. Erwärmung und Hitzewellen</b>	<b>69</b>
2.1 Globale Erwärmung und Hitzewellen (Jana Sillmann & Simone Russo)	69
2.2 Hitzewellen in großen Städten: Folgen für die Gesundheit und Gegenmaßnahmen (Wilhelm Kuttler)	76
2.3 Hitzewellen in Deutschland und Europa (Stefan Muthers & Andreas Matzarakis)	83
2.4 Zukünftige Hitzewellen und Dürren in Vietnam (Peter Hoffmann)	92
2.5 Mehr milde Winter im Wattenmeer: Was folgt daraus für das Ökosystem? (Karsten Reise & Dagmar Lackschewitz)	100
2.6 Arktische Warnsignale (Manfred Wendisch)	106
<b>3. Trockenheit, Brände und Dürren</b>	<b>111</b>
3.1 Dürre und Hunger in Ostafrika (Lisa Krause & Udo Schieckhoff)	111
3.2 Dürre in Europa (Jürgen V. Vogt, Jonathan Spinoni & Gustavo Naumann)	119
3.3 Extreme Trockenheit im mediterranen Raum (Elke Hertig, Yves Trambly & Jucundus Jacobeit)	126
3.4 Extreme Dürren in China (Thomas Fischer)	130
3.5 Waldbrände und extreme Wetterbedingungen (Dieter Kasang, Anne Felsberg & Lina Teckentrup)	138
3.6 Einfluss extremer Trockenheit auf Desertifikationsprozesse (Roland Baumhauer)	146
<b>4. Starkniederschläge und Überschwemmungen</b>	<b>153</b>
4.1 Wechselwirkungen von Klima und Hydrologie (Stefan Hagemann & Tobias Stacke)	153
4.2 Einfluß von Atmosphäre-Ozean Wechselwirkungen auf Starkniederschläge über Europa (Ha Thi Minh Ho-Hagemann & Burkhardt Rockel)	161
4.3 Hochwasserrisiken und Klimawandel in Europa (Zbigniew W. Kundzewicz & Fred F. Hattermann)	169
4.4 Großflächige Starkniederschläge im südlichen Mitteleuropa (Jucundus Jacobeit, Markus Homann, Andreas Philipp & Christoph Beck)	175
4.5 China: jedes Jahr Flutkatastrophen (Wolfgang Kron)	181
4.6 Hochwasserereignisse in den Monsungebieten (Heike Zimmermann-Timm, Meghnath Dhimal & Kirsten Zickfeld)	187
4.7 Neue Erkenntnisse über El-Niño und La-Niña (Mojib Latif)	193



<b>5.</b>	<b><i>Stürme</i></b>	<b>201</b>
5.1	Stürme über dem Nordatlantik und Nordeuropa (Frauke Feser & Birger Tinz)	201
5.2	Tropische Wirbelstürme unter besonderer Berücksichtigung von Hurrikanen (Dieter Kasang & Fabian Wachsmann)	207
5.3	Taifune im tropischen Nordwest-Pazifik (Dieter Kasang & José L.Lozán)	213
5.4	Über die Entstehung von Medicanes (William Cabos & Dmitry Sein)	219
5.5	Sturmfluten und Seegang (Ralf Weisse)	222
<b>6.</b>	<b><i>Sonstige Extremereignisse</i></b>	<b>228</b>
6.1	Gewitter & Blitze und ihre mögliche Häufigkeitsveränderung (Matthias Möhrlein, Veronika Pörtge & Hans-Dieter Betz)	228
6.2	Schwere Hagelstürme in Deutschland und Europa (Michael Kunz, Susanna Mohr & Heinz Jürgen Punge)	236
6.3	Naturgewalt Tornado: Eine Übersicht (José L. Lozán, Andreas Friedrich, Pieter Groenemeijer & Thomas Sävert)	243
6.4	Vulkane und Klima (Birger-G. Lühr & Claudia Timmreck)	250
6.5	Bedeutende Meteoriteneinschläge und ihre Folgen für das Klima (Georg Feulner)	255
6.6	Dynamische Ursachen der extrem kalten Winter während der »Kleinen Eiszeit« in Europa (Johann H. Jungclauss, Eduardo Moreno-Chamarro & Jürg Luterbacher)	259
<b>7.</b>	<b><i>Wetterextreme: ökonomische, soziale und gesundheitliche Aspekte</i></b>	<b>265</b>
7.1	Globale Schäden: 2017 und die letzten Jahrzehnte seit 1980 (Petra Löw)	265
7.2	Einflüsse von Wetterextremen auf die Landwirtschaft - Eine globale Bewertung (Patrick Bükler)	272
7.3	Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf Schaderreger und Pflanzenschutz in Ackerbau- und Sonderkulturen (Petra Seidel)	278
7.4	Wetterextreme: mögliche Folgen für die Landwirtschaft in Deutschland (Horst Gömann)	285
7.5	Folgen von Wetterextremen für die Waldwirtschaft (Mathias Neumann & Hubert Hasenauer)	292
7.6	Gesundheitliche Belastungen durch Extremwetterereignisse (Kristina Militzer & Thomas Kistemann)	298
7.7	Hochgebirgsräume im Umbruch – Prozesse, Forschungsfragen, Beispiele (Matthias Winiger)	307
7.8	Dürren und Wasserknappheit: Gefahr von Kriegen? (P. Michael Link)	312
7.9	Migration und soziale Probleme als Folge von Wetterextremen (Jürgen Scheffran)	320
7.10	Grenze der Bewohnbarkeit in heißen Regionen am Beispiel des Nahen Ostens (Linda Krummenauer & Jürgen Kropp)	326
<b>8.</b>	<b><i>Was soll getan werden?</i></b>	<b>333</b>
8.1	Kritische Betrachtung zum Klimaschutz (Gerd Ganteför)	333
8.2	Internationaler Klimaschutz zwischen Anspruch und Wirklichkeit (Juliane Berger, Eric Fee, Lara Mia Herrmann & Christian Tietz)	339
8.3	Warum sollten wir eine globale Erwärmung von mehr als 2 Grad vermeiden? (Peter Hoffmann & Arne Spekat)	345
8.4	Früherer und heutiger Stand des Emissionshandels (Martin Fleckner & Andreas Wendl)	351
8.5	Climate-Engineering: Ein Wundermittel gegen den Klimawandel? (Ulrike Niemeier)	357
8.6	Küstenschutz bis und nach 2100 in Deutschland und den Niederlanden (Michael Schirmer)	362
8.7	Die Normungsinstitutionen verweigern die Wahrnehmung des Klimawandels (Hans-Jochen Luhmann)	370
8.8	Das Klima vor Gericht (Will Frank, Roxana Baldrich & Christoph Bals)	374
<b>9.</b>	<b><i>Sachregister</i></b>	<b>379</b>

## Wissenschaftler informieren direkt

**A**ls Folge der Erwärmung an der Erdoberfläche nehmen auch manche Wetterextreme zu. Wissenschaftler konnten jüngst zeigen, dass die Steigerung der Intensität von Hochwasserereignissen, z.B. in Frankreich und Großbritannien sowie den USA, anthropogen ist. Am deutlichsten nehmen die Hitzewellen zu. Im Zeitraum 1950-2015 gab es in Europa elf extreme Hitzewellen; sechs davon fallen in die Jahre nach 2000. Der Sommer 2003 war in Mittel- und Teilen von Westeuropa der heißeste seit 500 Jahren. Auch die Hitzewelle 2010 war von historischem Ausmaß. Betroffen war Russland, besonders die Region um Moskau.

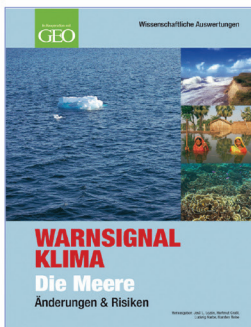
In Deutschland ereigneten sich von den 10 schadbringenden Gewittern seit 40 Jahren 7 ab 2013. Weltweit nehmen Hurrikane der Stärke 3-5 zu, begünstigt durch die Erwärmung der Meere von zurzeit  $+0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Die Kosten durch Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen steigen stark. Die Hurrikansaison 2017 war die bis jetzt teuerste aller Zeiten. „Harvey“ (Kategorie 4), „Irma“ und „Maria“ (beide Kategorie 5) tobten vier Wochen lang in der Karibik und Nordamerika und verursachten Schäden von 220 Mrd. US- $\text{\$}$ .

Wir müssen in der Zukunft mit noch stärkeren Wetterextremen als bisher rechnen. Aufgrund der Schadenshöhe gefährden diese zunehmend die Volkswirtschaften vieler Länder. Es scheint, dass reiche Länder bis jetzt diese Kosten verkraften können. Betroffene arme Länder wie Haiti oder Honduras werden sich erst nach Jahrzehnten - wenn überhaupt - davon erholen. Der Migrationsdruck nach Norden wird steigen.

Der technische und wirtschaftliche Fortschritt seit Mitte des 20. Jahrhunderts wurde in den ersten Jahrzehnten auch durch ein relativ stabiles Klima begünstigt. Diese Entwicklung ist jetzt gefährdet. Statt mehr in Forschung, Erziehung und Gesundheitssysteme zu investieren, müssen zunehmend Schäden durch extremes Wetter beseitigt werden.

Dieses Buch richtet sich an interessierte Laien, Umweltorganisationen, Schüler, Studenten, Lehrer, Wissenschaftler, Behörden und Politiker.



Infos: Tel. 040-4304038 • JL-Lozan@t-online.de  
EAN: 978-2-9820067-0-3



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit