

Die englische Originalausgabe ist erschienen beim Natural History Museum, London

Weather: A Force of Nature

© The Trustees of the Natural History Museum, London, 2021

© die individuellen Fotografen, 2021

Für die deutsche Ausgabe:

© Prestel Verlag, München · London · New York, 2021

in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH

Neumarkter Straße 28 · 81673 München

Der Verlag weist ausdrücklich darauf hin, dass im Text enthaltene externe Links vom Verlag nur bis zum Zeitpunkt der Buchveröffentlichung eingesehen werden konnten. Auf spätere Veränderungen hat der Verlag keinerlei Einfluss. Eine Haftung des Verlags ist daher ausgeschlossen.

Umschlagvorderseite: Elena Salvai, Vom Blitz erhelltes Meer, Seite 46/47

Umschlagrückseite: Bill Brooks, Die Wut von Sturm Eleanor, Seite 132/133

Seite 5: Dusty Dhillon, Superzellen-Trichter (siehe Seite 23)

Seite 8/9: Alexey Trofimov, Funkelnde Juwelen aus Eis (siehe Seite 96)

Projektleitung Verlag: Curt Holtz

Assistenz: Josephine Fehrenz

Übersetzung, Projektmanagement, Satz und Lektorat:

VerlagsService Dietmar Schmitz GmbH

Korrektur: Gabriele Rieth-Winterherbst

Herstellung: Corinna Pickart

Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

Printed in China

ISBN 978-3-7913-8796-3

www.prestel.de

Inhalt

Vorwort 4

Prof. David Griggs, Präsident der Royal Meteorological Society,
Großbritannien, und der Monash University, Australien

Wie und warum sich das Erdklima verändert 6

Prof. Richard P. Allan, University of Reading, Großbritannien

Unser Klima und Extremwetter 10

Dr. Mika Rantanen, Finnish Meteorological Institute, Finnland

Unser Klima und die natürliche Welt 70

Prof. Lesley Hughes, Macquarie University, Australien

Unser Klima und das gefrorene Wasser der Erde 88

Dr. Michalea King, Polar Science Center, University of Washington, USA

Unser Klima und der Ozean 128

Dr. Katherine Hutchinson, Sorbonne Université Paris, Frankreich

Maßnahmen gegen den Klimawandel 188

Prof. Jim Watson, Institute for Sustainable Resources,
University College London, Großbritannien

Bibliografie 190

Glossar 191

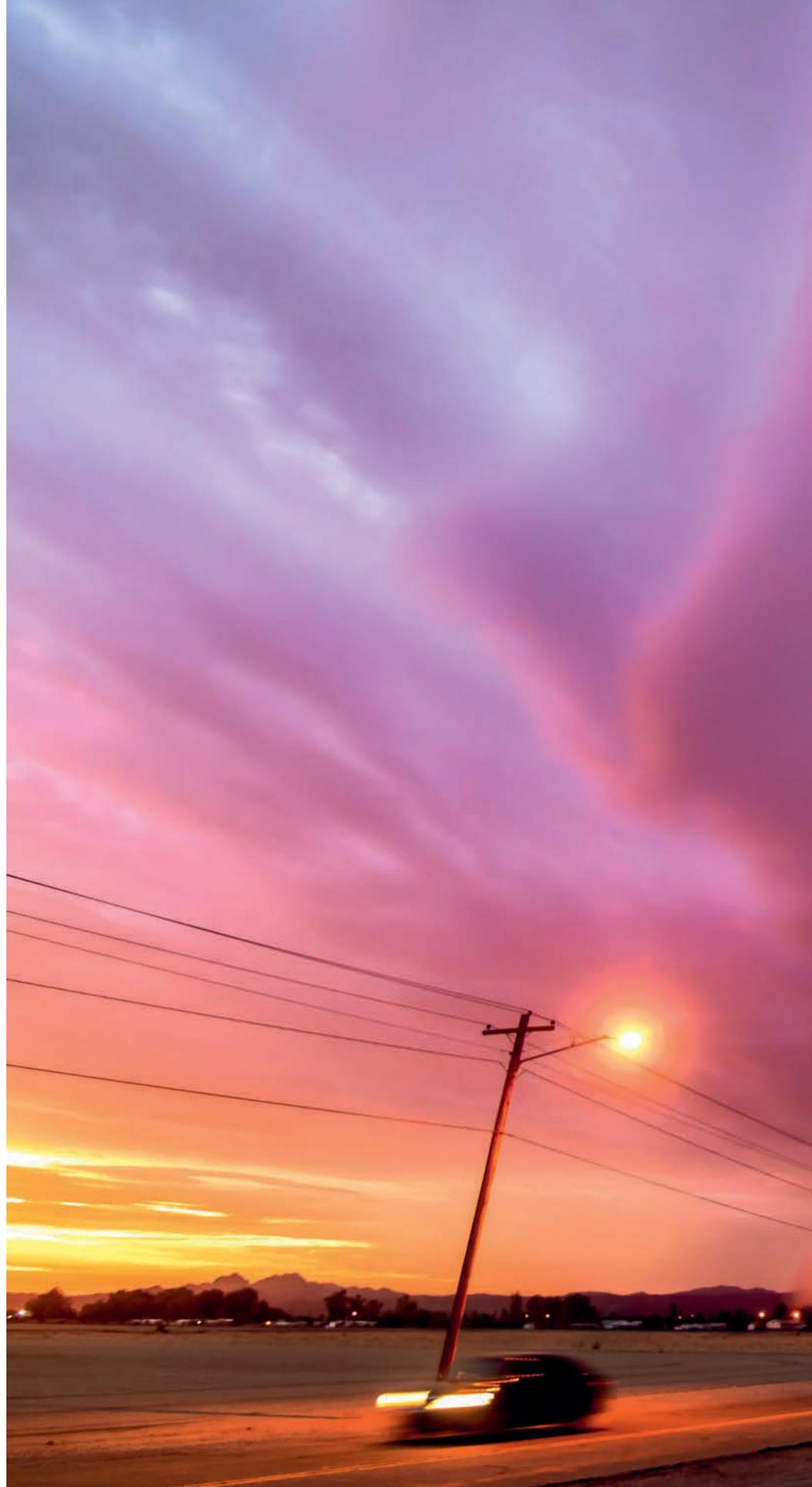
Fotografenverzeichnis 192

Eine Wand aus Staub

Tina Wright

Die Front eines Habubs rast über die ausgedörrte Landschaft von Arizona, USA. Habubs sind eine besondere Art von Sandstürmen, die mit Unwettern einhergehen. Wenn der Abwind des Gewitters auf den Boden trifft, breitet er sich aus und führt zu starken und böigen Abströmungen. Dieser Effekt ist besonders ausgeprägt bei Unwettern, die eine »Microburst« oder »Downburst« (Fallböe) enthalten – eine Säule intensiv absinkender Luft, die in Bodennähe große Geschwindigkeiten erreichen kann. In trockenen Regionen heben die daraus resultierenden Abwinde Sand- oder Staubpartikel in Höhen von 1500 Metern und mehr. Die Vorderkante der staubgesättigten Luft wird durch konvergierende Winde in der Nähe der Böenfront des Sturms (der Bereich des keilartigen Vordringens einer Kaltfront in den vorgelagerten Warmsektor) gut definiert, was zu einer spektakulären Staubwand führt. Ein solcher Sturm kann die Sicht in Sekundenschnelle auf wenige Meter reduzieren.

Nikon D850 + Tokina AT-X 16–28 mm f/2,8 PRO FX: 1/15 s; f/4,5; 16 mm; ISO 400.





Wirbelnder Staubteufel

Hadi Dehghanpour

Dieses Foto fängt den Moment ein, in dem ein kräftiger Staubteufel auf eine Gruppe von Zelten in einem Dorf in der Nähe von Nush Abad im Iran trifft. Staubteufel sind relativ kleine, kurzlebige Wirbelstürme, die bei sonnigen Bedingungen auftreten, wenn die Luft beim Kontakt mit dem Boden stark erwärmt wird. Diese Erwärmung erzeugt flache Konvektionsströmungen, die dazu neigen, sich in kleinen Regionen oder Zellen mit auf- und absteigender Luft in Bodennähe zu organisieren. Bereiche mit schwacher Rotation, die mit lokalen Schwankungen der Windgeschwindigkeit und -richtung einhergehen, können stark gebündelt und verstärkt werden, wenn die Luft in Richtung der Bereiche mit aufsteigender Luft konvergiert. Dieser Prozess führt gelegentlich zur Entwicklung einer gut definierten Säule stark rotierender Luft, sodass ein Staubteufel entsteht. Obwohl die meisten Staubteufel harmlos sind, werden sie gelegentlich so groß und stark, dass sie eine Gefahr für Menschen darstellen, wie in diesem Beispiel. Staubteufel besitzen wie Tornados eine stark rotierende Luftsäule, die jedoch fast immer schwächer und viel weniger hoch ist als bei Tornados. Die Rotationssäule erzielt bei Staubteufeln im Allgemeinen nur Höhen von zehn bis 200 Metern, während Tornados mit der Basis einer konvektiven Wolke in größerer Höhe verbunden sind.

Canon 5D Mark III + Canon 75–300 mm: 1/400 s; f/11; 120 mm; ISO 100.





Verzweifelte Löschversuche

Tohid Mahdizadeh

Busch- und Waldbrände, wie dieser Heidebrand im Nordwesten Irans, können in ariden und semiariden Regionen der Welt eine große Gefahr darstellen. Brände können durch menschliche Aktivitäten oder durch natürliche Prozesse wie Blitzeinschläge entstehen, wobei Letzteres besonders wahrscheinlich ist, wenn die Stürme hoch sind und relativ wenig Niederschlag den Boden erreicht. Die Wahrscheinlichkeit und Schwere von Waldbränden wird stark von den Wetterbedingungen beeinflusst. Insbesondere hohe Oberflächentemperaturen und geringe Luftfeuchtigkeit trocknen die Vegetation aus und erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Entzündung, starke Winde fachen die Flammen an und begünstigen die Ausbreitung bestehender Brände.

Tanz der Wasserhosen

Sandro Puncet

Ein seltenes Spektakel entfaltet sich über der Adria, als sich mehrere Wasserhosen unterhalb der Basis einer Sturmfront entwickeln, beobachtet in Nähe von Mali Losinj, Kroatien. Wasserhosen sind im Grunde Tornados, die über Wasser entstehen. Sie treten besonders häufig in den Herbst- und frühen Wintermonaten über dem Mittelmeer und den angrenzenden Gewässern auf, wenn sich Ausbrüche kalter Luft über dem noch warmen Wasser ausbreiten und eine starke Instabilität erzeugen. In diesem Beispiel deutet die Tatsache, dass die Wasserhosen in einer Linie angeordnet sind, darauf hin, dass sie sich entlang einer gut definierten Konvergenzzone entwickelt haben – einer Grenze, an der Winde unterschiedlicher Geschwindigkeiten und Richtungen aufeinandertreffen. Wenn die Luft konvergiert, ist sie gezwungen, aufzusteigen, wodurch eine Reihe von aufsteigenden Wolken entsteht. Die unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und -richtungen erzeugen entlang der Grenze einen Drall, der, wenn er von der aufsteigenden Luft aufgenommen und in die Vertikale gestreckt wird, zu Tornadostärke anwachsen kann, was zur Entwicklung der Wasserhosen führt.





Blitze über dem Uluru

Christoph Schaarschmidt

Ein mehrfach gezackter Blitz zuckt während eines hochbasierten Wüstengewitters in Australien über den Himmel, während Wassermassen vom regengetränkten Uluru herabstürzen. »Hochbasiert« bedeutet, dass sich die Hauptbasis der Gewitterwolke mehr als etwa 1500–2500 Meter über dem Boden befindet. Christoph berichtet: »Ich hatte schon viel darüber gehört, wie schön der Uluru im Regen aussieht – einer der Gründe, warum der Uluru ein so besonderer Ort für die Anangu (die dort ansässigen Aborigines) ist. Ich hätte nie geglaubt, dass ich es mit eigenen Augen sehen würde, wenn man bedenkt, wie selten Regen im trockenen, roten Zentrum Australiens ist.«

Canon EOS 70D + 11–16 mm: 5 s; f/13; 16 mm; ISO 100.



Abendlicher Blitz über Lavendelfeldern

Julian Elliott

Ein abendliches Gewitter zieht über die Lavendelfelder auf dem Plateau de Valensole in der Provence, Frankreich. Gewitter benötigen drei Voraussetzungen, um sich zu bilden. Erstens: Temperaturinstabilität. Diese tritt auf, wenn die Temperatur in der Atmosphäre mit der Höhe schnell abnimmt, wie etwa, wenn sich die Luft nahe der Erdoberfläche an einem heißen Sommernachmittag stark aufheizt oder wenn kalte Luft in der Höhe warme Luft in Oberflächennähe überlagert. Zweitens: Feuchtigkeit. Feuchtigkeit treibt den Sturm an, denn wenn Luft im Aufwind des Sturms aufsteigt, wird durch die Kondensation von Wasserdampf Wärme freigesetzt, die dazu beiträgt, die Aufwinde in größere Höhen zu treiben. Drittens: einen Auslöser. Stürme benötigen einen Hebemechanismus, um den Aufwind auszulösen – dies geschieht zum Beispiel, wenn feuchte, warme Luft gezwungen ist, an Hügeln oder Bergen aufzusteigen, oder entlang von Barrieren wie Meeresbrisenfronten.

Canon EOS 6D + EF 28–70 mm f/2,8L USM: 3/5 s; f/8; 50 mm; ISO-1600.







Mammatuswolken über dem Highway

Dennis Oswald

Mammatuswolken am Rande eines schweren Gewitters im texanischen Panhandle, USA, fangen die allerletzten Strahlen der Abendsonne ein. Ein weitverbreiteter Irrglaube ist, dass das Vorhandensein von Mammaten ein Zeichen dafür ist, dass sich ein Tornado bilden wird. Obwohl Mammatuswolken normalerweise mit gut entwickelten Cumulonimbuswolken verbunden sind, die gelegentlich Tornados auslösen, erzeugt die große Mehrheit der Cumulonimbuswolken keine Tornados, was bedeutet, dass das Vorhandensein von Mammaten an sich kein zuverlässiger Indikator für Tornadoaktivität ist. Jedoch gelten Mammaten als ein zuverlässigerer Indikator für das Vorhandensein anderer Gefahren im Zusammenhang mit Gewittern, wie etwa schwere Turbulenzen und Blitze.

Nikon D800E + 16–35 mm f/4,0: 5/2 s; f/5,6; 16 mm; ISO 320.

Sturmwalze über der Küste

Maja Kraljik

Eine »Shelf Cloud« schiebt sich über die Küstenlinie bei Umag in Kroatien. Diese Art von Arcuswolken ist eine tief liegende, horizontale, keilförmige Wolke, die sich entlang der Vorderkante der regengekühlten Luft, die aus einem reifen Gewitter strömt, bildet. Warme, feuchte Luft wird gezwungen, abrupt über die regengekühlte Luft aufzusteigen, wodurch die Feuchtigkeit zu einem oder mehreren dichten Wolkenballen kondensiert. Begleitet wird diese Wolke von böigen Winden und einem starken Temperaturabfall, der die Ankunft eines Gewitters ankündigt.

Nikon D40: 1/125 s; f/8; 18 mm; ISO 200.







»Devils Tower«-Superzelle

John Finney

Ein Supercellengewitter nähert sich dem Devils Tower in Wyoming, USA. Die blau-grüne Färbung in Gewitterwolken wird oft auf Hagel zurückgeführt. Eine wahrscheinlichere Erklärung ist jedoch die Streuung des Lichts sowohl durch Wassertröpfchen als auch durch festes Eis (einschließlich Graupel und Hagel) innerhalb der Gewitterwolke. In tiefen Gewitterwolken, die eine große Wassermasse aufweisen, führt die Mehrfachstreuung zu einem großen integrierten Lichtweg durch das Wolkenwasser und das Eis. Da Wasser und Eis rotes Licht absorbieren, blaues Licht aber durchlassen, wirkt weißes Licht blau, sobald es einen ausreichend langen Weg durch Wasser oder Eis zurücklegt (dieser Effekt erklärt auch die blaue Farbwirkung von großen Eisblöcken, wie auf Seite 96 beschrieben). Wenn dieses blaue Licht mit gerötetem Sonnenlicht kombiniert wird, wie etwa kurz vor Sonnenuntergang oder -aufgang, kann die resultierende Farbe als grün wahrgenommen werden. Eine alternative Theorie besagt, dass die Gewitterwolke einen dunklen Hintergrund darstellt, vor dem das von Wasser- oder Eismolekülen in der Luft gestreute blaue oder grüne »Luftlicht« wahrgenommen werden kann.

Nikon D810 + 14–24 mm f/2,8: 1/15 s; f/11; 19 mm; ISO 64.

Ein Blitz der Extraklasse

Dennis Oswald

Ein gewaltiger Wolke-Erde-Blitz schlägt in der Nähe der Schnittstelle zwischen dem rotierenden Aufwind und dem Abwindbereich eines Superzallengewitters im äußersten Südwesten von Oklahoma, USA, ein. Über den Great Plains entwickeln sich Superzallengewitter häufig während einer klar definierten Gewittersaison, die etwa von April bis Juni dauert. Am 3. Mai 1999 verursachte ein starkes Superzallengewitter einen heftigen Tornado, der in zentralen Teilen Oklahomas verheerende Schäden anrichtete. Ein mobiles Wetterradar maß eine Windgeschwindigkeit von etwa 484 Stundenkilometern, als der Tornado durch die Gemeinde Bridge Creek in Grady County fegte – die stärkste Windgeschwindigkeit, die jemals bei einem Tornado gemessen wurde.

NIKON D800E + 16–35 mm f/4,0: 1/6 s; f/9; 24 mm; ISO 50.



Vom Blitz erhelltes Meer

Elena Salvai

Ein intensiver Wolke-Erde-Blitz schlägt in die Meeresoberfläche unterhalb der Klippen bei Riomaggiore, Italien, ein. Ein Blitz ist eine große elektrische Entladung, die von Elektronen erzeugt wird, die sich von einem Ort zum anderen bewegen. Die Elektronen bewegen sich so schnell, dass die Luft um sie herum glüht – das ist das, was wir als Blitz wahrnehmen. Der Blitz endet, wenn die Bereiche positiver und negativer elektrischer Ladung innerhalb der Gewitterwolke bzw. zwischen der Wolke und dem Boden neutralisiert sind, sodass keine Elektronen mehr fließen. Normalerweise nimmt der Blitz den kürzesten und schnellsten Weg zum Boden und schlägt in der Regel in hohe Objekte wie Bäume oder Kirchtürme ein. Dies ist jedoch nicht immer der Fall. Blitze können auch auf offener Fläche oder, wie in diesem Fall, auf einer weiten Meeresoberfläche einschlagen.

Canon EOS 5D Mark IV + EF 24–70 mm f/2,8L II USM: 46 s; f/5; 24 mm; ISO 100.



