

2020



Jahrbuch 2020

des Deutschen Wetterdienstes





Die Referenz für Meteorologie heißt Deutscher Wetterdienst

Nahezu jeder Mensch ist am Wetter interessiert und nahezu jeder Bereich unseres Lebens wird vom Wetter und vom Klima beeinflusst. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist in der Bundesrepublik Deutschland als Referenz für Meteorologie der kompetente Ansprechpartner für alle diese Fragen. Das Aufgabenspektrum ist breit gefächert: Der DWD erfasst, bewertet und überwacht die physikalischen und chemischen Prozesse in unserer Atmosphäre. Er hält Informationen zum gesamten meteorologischen Geschehen bereit, bietet eine reichhaltige Palette von Dienstleistungen für die Allgemeinheit ebenso wie für spezielle Nutzergruppen an und betreibt das nationale Klimaarchiv.

Als nationaler Wetterdienst ist der DWD sowohl wissenschaftlich-technischer Dienstleister als auch kompetenter und verlässlicher Partner auf dem Gebiet der Meteorologie und Klimatologie für öffentliche und private Partner. Die steigenden Qualitätsansprüche seiner Kunden verpflichten den DWD nicht nur zur Lieferung hochwertiger Produkte und Dienstleistungen, sondern sind auch täglicher Ansporn zur ständigen Verbesserung seiner Produktqualität, Kundenorientierung und Wirtschaftlichkeit.

Der 1952 gegründete DWD ist als nationaler meteorologischer Dienst der Bundesrepublik Deutschland mit seinen Wetter- und Klimainformationen im Rahmen der Daseinsvorsorge tätig. Dies ist seine Kernaufgabe. Die Behörde im Bereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sichert die meteorologische Abwicklung der Luft- und Seefahrt, der Verkehrswege sowie wichtiger Infrastrukturen, insbesondere Energieversorgung und Kommunikationssysteme. Der DWD warnt vor meteorologischen Ereignissen, die für die öffentliche Sicherheit und Ordnung gefährlich werden können

und die ein hohes Schadenspotenzial haben. Wichtige Aufgaben des DWD sind aber auch Dienstleistungen für den Bund, die Länder, die Gemeinden und die Organe der Rechtspflege, die Klimaüberwachung, die Analyse und Projektion des Klimawandels und dessen Auswirkungen, die Klima- und Umweltberatung sowie die Erfüllung internationaler Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland. So koordiniert der DWD die meteorologischen Interessen Deutschlands in enger Abstimmung mit der Bundesregierung auf nationaler Ebene und vertritt die Regierung in zwischenstaatlichen und internationalen Organisationen wie etwa der Weltorganisation für Meteorologie (WMO). Geregelt werden diese Aufgaben im DWD-Gesetz vom 10. September 1998 (BGBl. I S. 2871), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2642) geändert worden ist.



01



02

Fotostrecke Jahrbuch 2020

Die Fotostrecke dieses Jahrbuchs ist der Expedition MOSAiC gewidmet. Auf dem Forschungseisbrecher Polarstern (Abb. 01) befindet sich eine Bordwetterwarte des DWD, die während der gesamten Expedition mit DWD-Personal besetzt war. Der DWD-Wettertechniker Christian Rohleder (Abb. 02) verbrachte während des dritten Fahrtabschnitts coronabedingt mehrere Monate an Bord und hielt mit seinem fotografischen Auge ganz besondere Momente fest. Mit ihm an Bord war während dieser Zeit der Dipl.-Met. Robert Hausen (Abb. 03) von der Vorhersage- und Beratungszentrale des DWD in Offenbach. Ohne Wettervorhersage können Außeneinsätze weder per pedes noch per Helikopter durchgeführt werden.



03

Inhalt

| | |
|--|----|
| Die Referenz für Meteorologie heißt Deutscher Wetterdienst | 3 |
| Vorwort | 6 |
| Auftakt | 8 |
| Wetter und Klima 2020 | 14 |
| Im Rückspiegel | 30 |
| Im Gespräch | 56 |
| Finale | 62 |
| Kontakt, Impressum und Quellen | 72 |

Vorwort

01 Prof. Dr. Gerhard Adrian, Präsident
des Deutschen Wetterdienstes

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

das Jahr 2020 rangiert mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,4 °C in Deutschland nach 2018 auf Platz zwei der wärmsten Jahre seit Aufzeichnungsbeginn. In einigen europäischen Ländern war das vergangene Jahr sogar das wärmste überhaupt. Nach Auswertungen von fünf internationalen Datensätzen durch die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) war 2020 auch global eines der zwei wärmsten Jahre seit Mitte des 19. Jahrhunderts. Trotz Corona-Pandemie – der Klimawandel setzt sich fort.

Die Klimaveränderung spüren wir in unseren Breiten vornehmlich über gestiegene Temperaturen oder eine Zunahme von Starkregenereignissen. Deutlicher zeigt sich der Wandel insbesondere in der Arktis. In der Arktis war die Meereisausdehnung die zweitniedrigste seit Beginn der Aufzeichnungen und in den Monaten Juli und Oktober wurden jeweils die niedrigsten Meereisausdehnungen beobachtet. Die komplexen Klimaprozesse in der Arktis und ihren Einfluss auf unser Wetter besser zu verstehen, war ein Ziel der MOSAiC-Expedition des Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrums für Polar- und Meeresforschung (AWI). Die meteorologische Sicherung dieser einmaligen Forschungsexpedition lag in den Händen des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Daher

freue ich mich ganz besonders, dass Prof. Dr. Antje Boetius, Direktorin des AWI, mit einem ausführlichen Gespräch bisher nicht bekannte Einblicke in die Arbeit des AWI sowie die Expedition gegeben hat. Neben der Fotostrecke, die der Expedition gewidmet ist, erfahren Sie im Auftakt-Kapitel unter anderem, mit welchen Herausforderungen Wettervorhersage in den Polarregionen konfrontiert ist.

Unsere Arbeit im vergangenen Jahr war – wie kaum anders zu erwarten – geprägt von der Corona-Pandemie. Flexibilität in allen Bereichen und auf allen Ebenen war gefragt. Dank einer bereits vorhandenen hohen Digitalisierung unserer Arbeit konnte der DWD die Pandemie bisher sehr gut meistern. Zugute kam uns auch, dass wir auf Basis einer im Jahr 2019 geschlossenen Dienstvereinbarung die Möglichkeiten des mobilen Arbeitens für die Beschäftigten schnell ausweiten konnten. Unsere Kreativität zeigte sich aber auch, als mit dem ersten Lockdown im März 2020 die Wettermeldungen von Flugzeugen einbrachen. Alternative Datenquellen wurden eruiert, rasch gefunden und in den operationellen Betrieb integriert, so dass die Wettervorhersage und das Warnmanagement des DWD in gewohnt hoher Qualität



01

erbracht wurden. Innovationen konnten trotz Pandemie realisiert werden: sei es der Start der neuen Gesundheits-App, die Umstellung der Datenübertragung an automatischen Wetterstationen auf mobile Datenerfassungsanlagen oder die Erweiterung der DWD-Warn-Wetter-App. Seit Juli 2020 können Nutzer*innen ihre eigenen Wetterbeobachtungen über die App an den DWD übermitteln. Nach einer ersten Plausibilitätsprüfung stehen diese Meldungen den Meteorolog*innen unmittelbar unter anderem für das Warnmanagement zur Verfügung. Im Herbst nahmen wir unseren neuen Hochleistungsrechner in Betrieb, der die Wettervorhersage nochmals deutlich beschleunigt und durch seine Warmwasserkühlung zu einer weiteren Energieeinsparung führt.

Nach einer überzeugenden Bewerbung durch unser Ministerium entschied sich im Dezember der Rat des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) für Bonn als dritten Standort. Nach dem Austritt Großbritanniens aus der EU werden in Bonn insbesondere EU-finanzierte Aktivitäten gebündelt. Dazu zählen auch die Copernicus-Dienste des EZMW, zu denen der DWD für Deutschland maßgebliche Beiträge koordiniert und zuliefert. Als DWD freuen wir uns daher sehr auf die weitere Zusammenarbeit mit dem EZMW.

Sie sehen, es gibt spannende Entwicklungen. Eine interessante Lektüre des DWD-Jahrbuchs 2020 wünscht Ihnen deshalb, liebe Leserinnen und Leser

Ihr

Gerhard Adrian

01 Mit der FS Polarstern festgefroren an einer Eisscholle durch das Nordpolarmeer driften und umfangreiche Daten sammeln, um so die Klimaprozesse in der Arktis und ihren Einfluss auf das Wettergeschehen besser zu verstehen. Dies war ein Ziel der bisher größten Polarexpedition MOSAiC. Nach Monaten der

Dunkelheit brach für das Team auf Polarstern, darunter auch stets ein DWD-Tandem mit Wettertechniker und Bord-Meteorologe, etwa ab Mitte März 2020 der Polartag an. Doch nicht jeden Tag herrschte „eitel“ Sonnenschein – am Horizont kündigt sich bereits der nächste Sturm an.



Auftakt





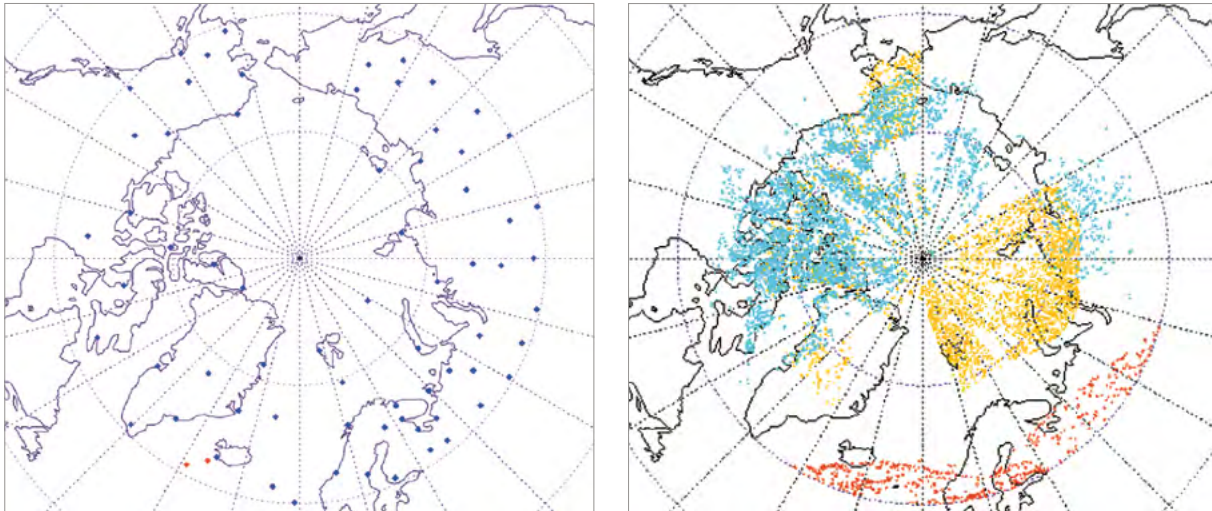
01 Brüchiges Eis vor dem Aufbruch der Polarstern Richtung Spitzbergen Mitte Mai zum Wechsel von Mann-

schaft und Material: An der Reling sind unter anderem auch Messgeräte der Bordwetterwarte zu sehen.

Bordwetterdienst – an entscheidender Stelle der Expedition

Nach 389 Tagen Expedition kehrte der deutsche Forschungseisbrecher Polarstern am 12. Oktober 2020 in seinen Heimathafen Bremerhaven zurück. 389 Tage, an denen der Deutsche Wetterdienst (DWD) Tag für Tag über seine Wetterwarte an Bord der Polarstern die gesamte Expedition meteorologisch begleitet und gesichert hatte.

Auch wenn die Bordwetterwarte seit dem Stapellauf der Polarstern im Jahr 1982 stets mit DWD-Personal besetzt war, es demnach jahrzehntelange Erfahrungen beim DWD gibt, gehörte diese Fahrt in die Kategorie „Außergewöhnlich“. Selbstredend, dass die Vorbereitungen beim DWD weit vor dem Startschuss der Expedition am 20. September 2019 im norwegischen Tromsø begannen. Von der gesammelten Erfahrung und den gewonnenen meteorologischen Daten wird der DWD auch lange nach den 389 Tagen profitieren.



02

Prozesse besser verstehen

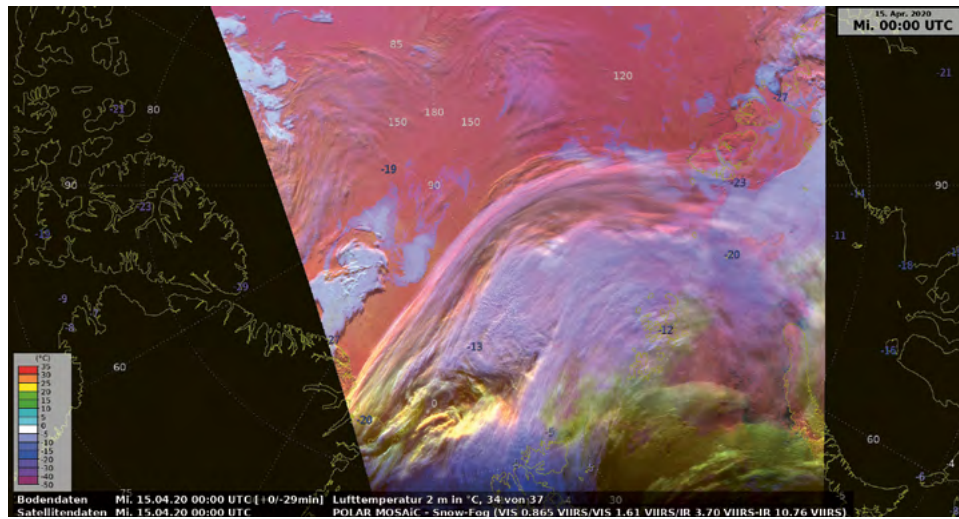
Der voranschreitende globale Klimawandel führt zu immer schnelleren Änderungen im Klimasystem der polaren Regionen der Erde mit gravierenden Auswirkungen auf das Wetter- und Klimageschehen in polaren und mittleren Breiten. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) hatte daher von Mitte 2017 bis Mitte 2019 das „Year of Polar Prediction (YOPP)“ ausgerufen, dem sich die größte polare Expedition der vergangenen Jahrzehnte mit dem Namen MOSAiC (Multi-disciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate) anschloss. Während YOPP unter anderem dazu diente, den Einfluss von bestehenden Beobachtungssystemen auf die Analyse- und Vorhersagequalität globaler und regionaler Wettervorhersagemodelle zu untersuchen (Abb. 02), war das Ziel von MOSAiC, die komplexen und nur unzureichend verstandenen Klimaprozesse der zentralen Arktis zu erforschen, die Darstellung dieser Prozesse in globalen Klimamodellen zu verbessern und so zu verlässlicheren Klimaprognosen beizutragen. Dazu driftete die Polarstern ein Jahr lang, fest verbunden mit einer Eisscholle, durch das Nordpolarmeer und sammelte einen einzigartigen Beobachtungsdatenschatz ein.

Kombination von Datenquellen

Die vorgesehene Driftroute stellte zugleich eine der größten Herausforderungen für die Wetterberatungen an Bord dar. Denn zum einen können die Daten für die Wettervorhersage zur Bordwetterwarte, wenn diese sich nördlich des 75. Breitengrades befindet, nur in einem limitierten Datenvolumen übertragen werden. Zum anderen sind in diesen Polargebieten konventionelle Wetterstationen, Bojen oder Radiosondenaufstiege, deren Daten für eine Wettervorhersage elementar benötigt werden, äußerst rar. Umso mehr Bedeutung gewinnen Satellitendaten, die in diesen Breiten wiederum reichlich vorhanden sind. An der Bordwetterwarte selbst werden konstant Wetterbeobachtungen sowie Radiosondenaufstiege durchgeführt. Außerdem verfügt das Schiff über eine eigene Antenne, über die Daten von polumlaufenden Wettersatelliten zeitnah empfangen sowie direkt be- und weiterverarbeitet werden. Über diese Daten

02 Datenbedeckung von Stationen mit Radiosondenaufstiegen (links) und der von Satelliten abgeleiteten Windbeobachtungen (rechts) über einen Zeitraum von zwei Stunden für die Arktis (nördlich von 60° N)

werden Informationen unter anderem zu Wolkeneigenschaften oder Oberflächentemperaturen abgeleitet. Doch für eine exakte Wettervorhersage in diesen Breiten bedarf es deutlich mehr. Schließlich hängen von dieser Vorhersage die Einsätze der Wissenschaftler*innen auf der Eisscholle oder mit den bordeigenen Helikoptern ab. Erst die Kombination eigener Datenquellen (Wetterbeobachtungen, Radiosonden, Satellitenbilder) mit den ortsbezogenen Prognosen des DWD-Wettervorhersagesystems ICON und den aufbereiteten Daten weiterer polarumlaufender Satelliten ermöglichte es dem DWD-Team, einsatzspezifische Wettervorhersagen zu erstellen. Dabei legten Teile des täglich zu schnürenden Datenpakets mit einem Volumen von rund 50 Mbit bereits sehr lange Wege zurück.



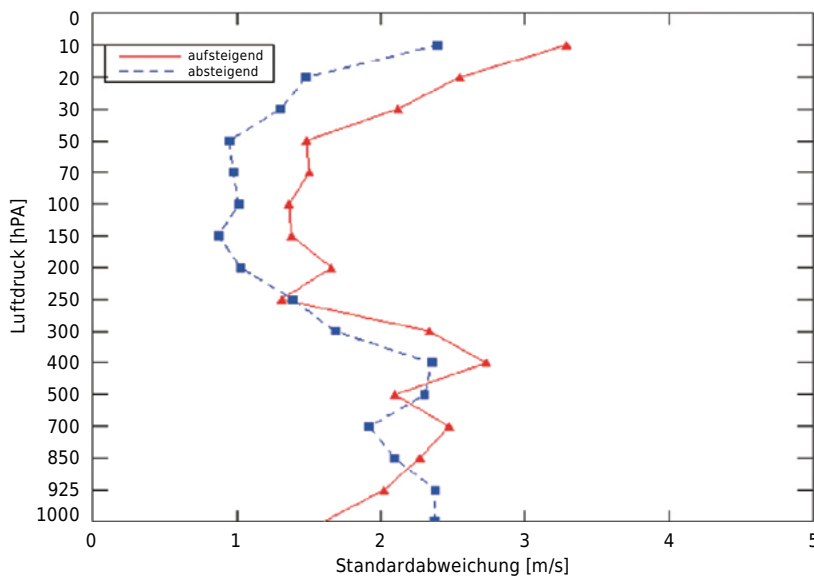
01

01 Das Falschfarbenbild von Mittwoch, 15. April, zeigt Eis auf Land und auf dem Meer in Rot und zum Beispiel tiefe Wolken oder Nebel in bläulichen Farbtönen. Im Bild ist links Grön-

land, weiter rechts liegt Spitzbergen, die Inseln rechts oben gehören zum Franz-Josef-Land. Die Polarstern befindet sich zu diesem Zeitpunkt etwa bei der Zahl „-13“ in der unteren Bildhälfte.

Neben den Daten der polumlaufenden Satelliten von EUMETSAT, METOP, wurden in Offenbach auch die Rohdaten der beiden US-amerikanischen Wettersatelliten NOAA 20 und Suomi-NPP aufbereitet. Deren Aufnahmen wurden zunächst zu EUMETSAT nach Darmstadt geschickt, von dort wiederum über einen Kommunikationssatelliten zum DWD in Offenbach. Nach dem Empfang wurden die Rohdaten beim DWD für das meteorologische Arbeitsplatzsystem Ninjo aufbereitet und nach Hamburg in das Seewetteramt weitergeleitet. Von dort aus werden alle Bordwettereinsätze des DWD koordiniert. Angereichert mit weiteren Daten sandte das Seewetteramt die Datensätze schließlich zum AWI nach Bremerhaven, und von da aus ging es wiederum per Satellitenverbindung weiter zur Wetterwarte auf der Polarstern.

NOAA 20 und Soumi-NPP benötigen für eine Umrundung der Erde über die Pole rund 100 Minuten. Sie erstellen in 22 Spektralkanälen im sichtbaren und infraroten Bereich Bilder von der Erde, die dann nahezu stündlich zur Verfügung stehen. Der Anwender kann die Spektralkanäle kombinieren und sogenannte Farbkompositbilder erstellen, um so beispielsweise Eis oder Wolken zu erkennen. Dies alles wird zusätzlich mit Daten der durchgängigen Wetterbeobachtung an Bord, wie Wind oder Temperatur kombiniert. Außerdem fließen in die Aufbereitung noch die Informationen der Radiosondenaufstiege ein, die im Regelfall vier Mal täglich von der Polarstern aus durchgeführt wurden. Alle diese Verfahren wurden im Vorfeld der Expedition ausführlich und ausgiebig getestet, bevor sie in den operationellen Betrieb übergangen.



02

02 Mittlerer dreistündiger Windgeschwindigkeitsvorhersagefehler (m/sec) der Radiosonden Aufstiege (rot) und Abstiege (blau) von der Polarstern, als Mittel über einen Monat (Oktober 2019).

Auf- und Abstiegsdaten

Analysen mehrerer globaler Wetterzentren zeigten für den arktischen Raum, dass konventionelle Beobachtungen einen gleichgroßen oder sogar höheren Einfluss als Satellitenbeobachtungen auf die Vorhersagequalität meteorologischer Modelle, im Gegensatz zu anderen Regionen der Erde, haben. Dies liegt zum Großteil daran, dass die Nutzung der von Satelliten gemessenen Strahlungsdichte (Radianz) über schnee- und eisbedeckten Gebieten noch recht schwierig ist und deshalb nur ein geringer Teil der Daten benutzt werden kann. Studien mit dem beim Deutschen Wetterdienst genutzten ICON-Globalmodell ergaben, dass insbesondere die von Satellitenbildern abgeleiteten Windbeobachtungen einen großen, und den Messungen von Radiosonden, gleichwertigen, positiven Einfluss auf die Vorhersagequalität in hohen und mittleren Breiten ausüben. Neben den Beobachtungen vor Ort wurden erstmals überhaupt sowohl die

Aufstiegsdaten der Radiosonden genutzt, als auch nach dem Platzen der Wetterballons die Abstiegsdaten der fallenden Sonden. Dabei stellte sich heraus, dass die Abstiegsdaten in ihrer Qualität denen der Messungen beim Aufstieg vergleichbar waren (Abb. 02). Die Auswertung und Nutzung des umfangreichen Datenschatzes der Expedition wird gerade in Bezug auf die numerische Wettervorhersage und Klimaforschung beim DWD fortgesetzt.

An entscheidender Stelle

Der DWD war an entscheidender Stelle im Rahmen der MOSAiC-Expedition beteiligt. Insgesamt fünf DWD-Tandems, bestehend aus Wettertechnikern und Meteorolog*innen, sorgten dafür, dass sowohl wissenschaftliche Fahrtleitung als auch die Wissenschaftler*innen an Bord ihre Forschungseinsätze planen und durchführen konnten. So konnte, dank zahlreicher Kolleginnen und Kollegen im Hintergrund, auch die zusätzliche Herausforderung der Pandemie gemeistert werden.

Außerdem integrierte der DWD Wetterinformationen der Expedition in die Ausbildung des Meteorolog*innen-Nachwuchses. Eine DWD-Gruppe arbeitete eng mit Studierenden des südafrikanischen Wetterdienstes und der Russian State Hydrometeorological University an Themen wie Wetteranalyse oder Flugwetterberatung in der Arktis mit direktem Bezug zur Expedition. Berichte wurden im Wissenschaftsblog von EUMETSAT veröffentlicht.

So ist die Fotostrecke dieses Jahrbuchs der Expedition gewidmet. Der DWD-Wettertechniker Christian Rohleder verbrachte während des Fahrtabschnitts 3 coronabedingt mehrere Monate an Bord und hielt mit seinem fotografischen Auge ganz besondere Momente fest. Der Bordwetterdienst des DWD stellt einen Baustein innerhalb der umfangreichen Palette an maritimen Services dar, die der DWD teilweise weltweit erbringt. Diese Dienstleistungen werden auf der Vorderseite des Posters, das dem Jahrbuch beiliegt, dargestellt.

Wetter und Klima 2020

01 : Endlich angekommen: Mit gut
: drei Wochen Verspätung erreichte
die Mannschaft des Fahrtabschnitts 3
Ende Februar 2020 FS Polarstern. In
der DWD-Bordwetterwarte auf Polar-
stern übergibt Dipl.-Met. Julia Wenzel
an ihren Kollegen vom DWD aus Offen-
bach Dipl.-Met. Robert Hausen. Mit
dabei: Ein Filmteam der UFA, Potsdam,
das die gesamte Expedition begleitete
und dokumentierte.





01 Blick auf Polarstern während eines Helikopter-Fluges Mitte März: Der große freie Bereich rechts vom Forschungsschiff diente als eine Art Parkplatz für den Fuhrpark und hieß Logistic-Area. Hier wurden zunächst Geräte „geparkt“, die nicht jeden Tag zurück auf das Schiff gebracht werden mussten, wie beispielsweise Schneemobile.

Zweitwärmstes Jahr, drittes Jahr in Folge Frühjahrstrockenheit

2020 war das zweitwärmste Jahr in Deutschland seit Beginn systematischer Wetteraufzeichnungen. Im zurückliegenden Jahrzehnt trat eine Häufung sehr warmer Jahre auf und das Jahrzehnt war insgesamt 2 °C wärmer als die ersten 30 Jahre des Auswertungszeitraums (seit 1881). Im Jahr 2020 gab es in Deutschland das dritte Jahr in Folge eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit.

Deutschlandweite Temperatur

Mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,4 °C war 2020 das zweitwärmste Jahr in Deutschland seit 1881, mit geringem Abstand zu dem bisher wärmsten Jahr 2018 (10,5 °C) und knapp vor 2019 und 2014 (jeweils 10,3 °C). Im Vergleich zur Referenzperiode 1961 bis 1990 war das Jahr 2,2 Grad zu warm. Mit 2020 lagen neun der zehn wärmsten Jahre in Deutschland im 21. Jahrhundert, eine Jahresdurchschnittstemperatur größer 10 °C gab es in Deutschland erstmals 2014, seitdem traten solch hohen Werte insgesamt viermal auf.

Außer dem Mai 2020 waren in Deutschland 2020 alle Monate sowie alle Jahreszeiten wärmer als die vieljährigen Monats- und Jahreszeitenmittel 1961 bis 1990. Deutlich überdurchschnittlich waren die Monate Januar (+4 K), Februar (+4,9 K), April (+3 K) und August (+3,4 K). Der Winter 2019/2020 war der zweitwärmste Winter seit 1881 und 3,9 K wärmer als das vieljährige Wintermittel 1961 bis 1990. Nach den unterdurchschnittlichen Temperaturen im Mai sind mit Dezember 2020 erneut sieben Monate in Folge wärmer als die vieljährigen Monatsmittel 1961 bis 1990.

Temperaturrekorde der Bundesländer

| Bundesland | Jahresmitteltemperatur (in °C) | Platzierung | Wert eingestellt von |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|
| Baden-Württemberg | 10,2 | 2 | - |
| Bayern | 9,5 | 3 | 2019 |
| Hessen | 10,4 | 2 | - |
| Mecklenburg-Vorpommern | 10,4 | 2 | - |
| Niedersachsen/Hamburg/Bremen | 10,9 | 1 | - |
| Nordrhein-Westfalen | 11,1 | 1 | - |
| Rheinland-Pfalz/Saarland | 11 | 1 | - |
| Schleswig-Holstein | 10,5 | 1 | 2014 |
| Sachsen | 10,3 | 2 | 2018 |
| Sachsen-Anhalt | 11 | 1 | - |
| Thüringen | 9,9 | 1 | 2018 |

Bei den klimatologischen Kenntagen „Frosttage“ (Anzahl Tage mit $T_{min} < 0\text{ °C}$) und „Eistage“ (Anzahl Tage mit $T_{max} < 0\text{ °C}$) fallen die sehr niedrigen Platzierungen im Jahr 2020 auf. Aufgrund des sehr milden Winters 2019/2020 und Dezember 2020 gab es deutschlandweit die siebtniedrigste Anzahl an Frosttagen und mit im Mittel 3,7 Tagen die geringste Anzahl Eistage seit 1951. Bei den Kenntagen „Sommertage“ (Anzahl Tage mit $T_{max} \geq 25\text{ °C}$, Platz 6) und „Heiße Tage“ (Anzahl Tage mit $T_{max} \geq 30\text{ °C}$, Platz 7) ist die Platzierung des Jahres 2020 weniger deutlich ausgeprägt, da die positiven Temperaturanomalien über alle Jahreszeiten verteilt waren.

Temperaturen der Bundesländer

Mehrere Bundesländer insbesondere im Norden und Westen erlebten ihr bisher wärmstes Jahr bzw. stellten den bisherigen Rekord ein, lediglich in Bayern war 2020 mit $9,5\text{ °C}$ das bisher drittwärmste Jahr.

Langfristiger Trend der Temperatur in Deutschland

Seit den 1970er-Jahren ist in Deutschland jedes Jahrzehnt wärmer als das vorherige gewesen. Die Jahre 2011 bis 2020 waren das bisher wärmste Jahrzehnt seit Auswertungsbeginn 1881 und 2 K wärmer als die ersten dreißig Jahre (1881 bis 1910) des Auswertungszeitraums. Ähnlich wie bei Auswertungen globaler Temperaturdatensätzen zeigt sich auch für Deutschland ab ca. 1970 ein beschleunigter Anstieg der mittleren Temperaturen. Eine Trendberechnung der Temperaturentwicklung für den Zeitraum 1971 bis 2020 ergibt einen Temperaturanstieg von $0,38\text{ K}$ pro Dekade, während sich die Temperaturen in den Jahren 1881 bis 1970 nur um $0,06\text{ K}$ pro Dekade erhöht haben. Der Temperaturanstieg für den gesamten Beobachtungszeitraum 1881 bis 2020 beträgt $0,12\text{ K}$ pro Dekade.

Niederschlag

Die Gebietsniederschläge lagen im Jahr 2020 84 l/qm unter dem Mittel 1961 bis 1990, das ist in der Jahresbilanz ein Defizit von $-10,7\text{ Prozent}$. Allerdings war der Februar der zweitnasseste Februar seit 1881, diese weit überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen haben aber hauptsächlich geholfen, Defizite in den Speichern aus dem vorangegangenen Jahr 2019 zu füllen. Außer dem Winter 2019/2020 waren alle Jahreszeiten zu trocken.

Sonnenscheindauer

2020 war mit über Deutschland gemittelt 1986 Sonnenstunden das viertsonnenscheinreichste Jahr, das sind $22,8\text{ Prozent}$ mehr Sonnenstunden als das vieljährige Mittel 1961 bis 1990. Der April 2020 war der sonnenscheinreichste April und die Monate März, April und Mai das sonnenscheinreichste Frühjahr seit 1951.

Global

Nach Auswertungen von fünf internationalen Datensätzen durch die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) war 2020 auch global eines der zwei wärmsten Jahre seit Mitte des 19. Jahrhunderts. Die WMO nutzte die Daten von Copernicus Climate Change Service (C3S), Japan Meteorological Agency (JMA), Met Office (UK), NASA's Goddard Institute for Space Studies (NASA GISS) und National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA). Die globale Durchschnittstemperatur im Jahr 2020 liegt etwa 1,2 °C über dem vorindustriellen (1850 bis 1900) Niveau. Die sechs wärmsten Jahre finden sich alle seit 2015.

Außergewöhnlich ist die globale Temperaturentwicklung 2020 insbesondere deshalb, da dieses Jahr trotz eines La-Niña-Ereignisses ein so warmes Jahr war. Rekordjahre fallen normalerweise mit El-Niño-Jahren zusammen, wie z. B. das bisherige wärmste Jahr 2016; La-Niña-Ereignisse haben eher einen abkühlenden Einfluss auf die globalen Temperaturen. Seit den 1980ern war global jede Dekade wärmer als die vorherige, mit dem Jahr 2020 endet das bisher wärmste Jahrzehnt (2011 bis 2020) seit Aufzeichnungsbeginn.

Mehrere europäische Wetterdienste meldeten, dass es sich bei 2020 um das wärmste Jahr im jeweiligen Land handelte*:

- Finnland: wärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn
- Schweden: wärmstes Jahr seit 1860
- Estland: wärmstes Jahr seit 1866
- Frankreich: wärmstes Jahr seit 1900
- Niederlande: mit 2014 wärmstes Jahr seit 1901
- Schweiz: mit 2018 wärmstes Jahr

* Quellen siehe Seite 75

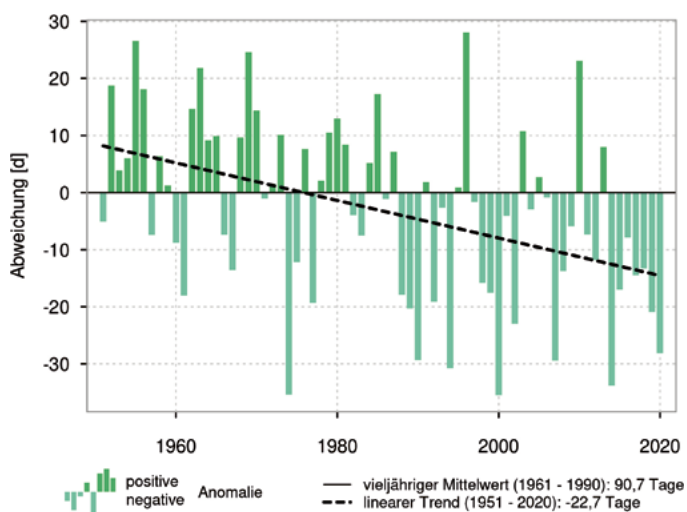
01-04 Temperaturbezogene

Kenntage 1951 bis 2020: Frosttage (Abb. 01), Eistage (Abb. 02), Sommertage (Abb. 03) und Heiße Tage (Abb. 04)

01

Anomalie der Anzahl der Frosttage

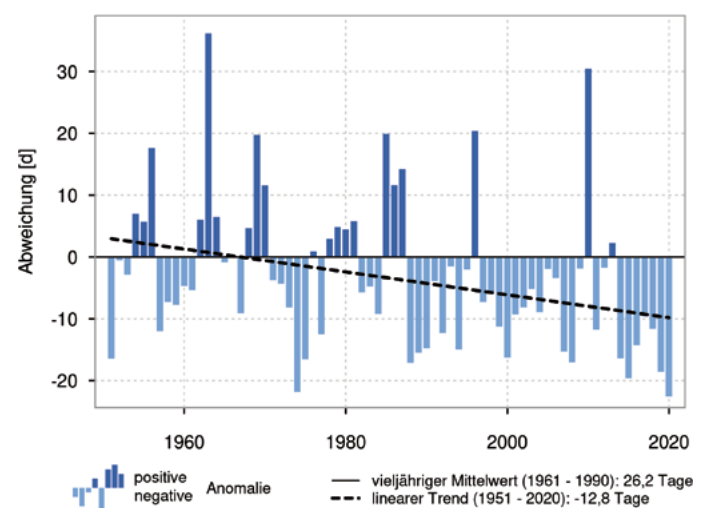
Deutschland Jahr, 1951 - 2020, Referenzzeitraum 1961 - 1990



02

Anomalie der Anzahl der Eistage

Deutschland Jahr, 1951 - 2020, Referenzzeitraum 1961 - 1990

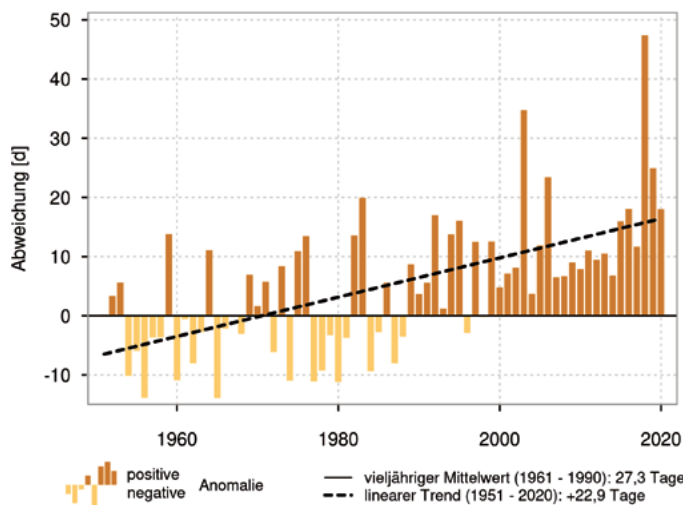


Wichtige globale Extremereignisse im Jahr 2020

- Rekordtemperaturen in der Arktis (z. B. ein neuer arktischer Temperaturrekord am 20. Juni 2020 mit 38 °C in Verkhoyansk, Sibirien). Laut einer Attributionsstudie mit DWD-Beteiligung hat der Klimawandel die sibirische Hitzewelle in der ersten Hälfte 2020 um 600 Mal wahrscheinlicher gemacht und sorgte für 1 bis 2 K höhere Temperatur-Maxima als ohne Klimawandel zu erwarten gewesen wäre. Die Rekordtemperaturen in der Arktis wurde von großflächigen Wald- und Buschbränden begleitet.
- Waldbrände in Kalifornien im Sommer 2020 aufgrund der sehr trockenen und heißen Bedingungen.
- Im Osten Australiens waren im Kontext von Hitzeperioden bis März 2020 vielfach starke Buschbrände zu verzeichnen. Auch im Herbst traten wieder großflächig Brände auf.
- Über 80 Prozent der Ozeanfläche erlebten im Jahr 2020 bisher mindestens eine marine Hitzewelle. Ein größerer Teil des Ozeans erlebte marine Hitzewellen, die als „stark“ (43 Prozent) eingestuft wurden bzw. als „moderat“ (28 Prozent). 2019 wurde der höchste Wärmeinhalt des Ozeans seit Beginn der Aufzeichnungen verzeichnet und die Erwärmungsrate der letzten zehn Jahre war höher als der langfristige Durchschnitt, was auf eine zunehmende Aufnahme von Wärme, verursacht durch den geänderten atmosphärischen Strahlungsantrieb, zurückgeht.
- In der Arktis war die Meereisausdehnung die zweitniedrigste seit Beginn der Aufzeichnungen und in den Monaten Juli und Oktober wurden jeweils die niedrigsten Meereisausdehnungen beobachtet. Die antarktische Meereisausdehnung blieb nahe dem vieljährigen Durchschnitt.
- Mit insgesamt 30 Hurrikane im Atlantik wurde im Jahr 2020 ein neuer Hurrikan-Rekord aufgestellt (bisher 2005 mit 28 Hurrikane). Ein wesentlicher Grund dafür war der warme Ozean in der Karibik (Voraussetzung für die Entstehung von Hurrikane sind mind. 26,5 °C Meeresoberflächentemperatur).
- 2020 kam es in weiten Teilen Afrikas und Asiens zu Extremniederschlagsereignissen und großflächigen Überschwemmungen. Starke Regenfälle und Überschwemmungen betrafen große Teile der Sahelzone, das Große Horn von Afrika, den indischen Subkontinent und angrenzende Gebiete, China, Korea und Japan sowie Teile Südasiens. Große Teile Südamerikas waren von schweren Dürreereignissen betroffen, wobei die am stärksten betroffenen Gebiete Nordargentinien, Paraguay und die westlichen Grenzgebiete Brasiliens waren.

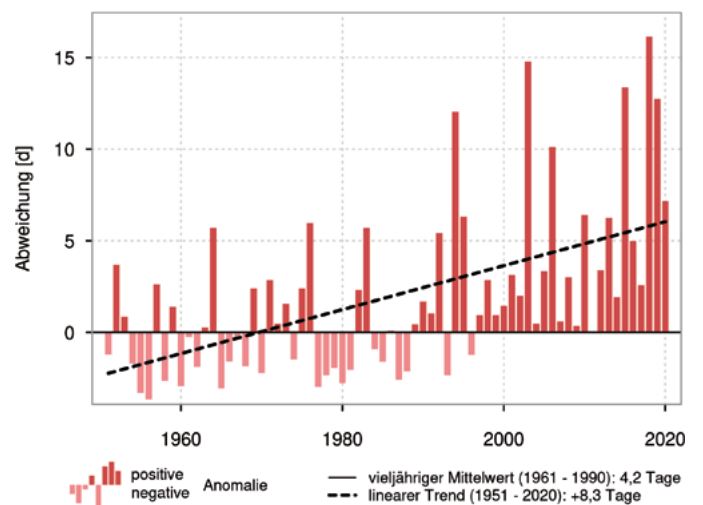
03

Anomalie der Anzahl der Sommertage
Deutschland Jahr, 1951 - 2020, Referenzzeitraum 1961 - 1990



04

Anomalie der Anzahl der Heißen Tage
Deutschland Jahr, 1951 - 2020, Referenzzeitraum 1961 - 1990



Land- und Forstwirtschaft: Auffällige Zunahme der Frühjahrstrockenheit

Die vergangenen drei Jahre wiesen bereits im Frühling ausgedehnte Trockenphasen auf, welche in der Landwirtschaft zu Schäden führten. Eine Häufung ausgeprägter Trockenheit im Frühjahr zeigte sich jedoch schon deutlich länger.

Kaum noch Aprilwetter

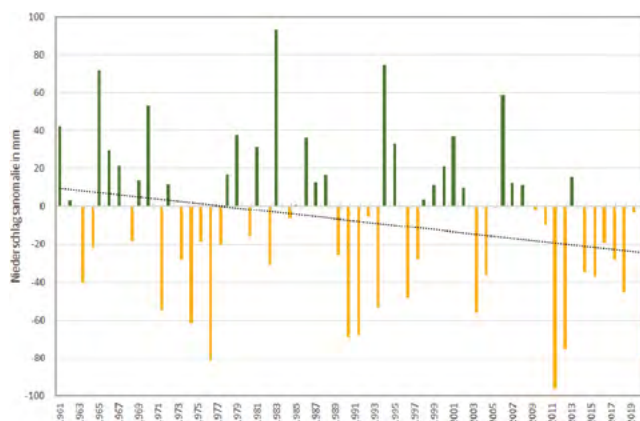
Die Aprilmonate der letzten Jahre brachten viel Sonnenschein und teils schon früh-sommerliche Wärme – kaum jedoch das kühle Schauerwetter, für das der Monat einmal bekannt war. Trends zu höheren Temperaturen und weniger Niederschlag wurden schon in den 1990er Jahren deutlich sichtbar. Die Serie außergewöhnlicher Aprilmonate begann jedoch 2007: Das Jahr brachte den bis dahin bei weitem sonnigsten und wärmsten April seit Aufzeichnungsbeginn, ähnlich

trocken war nur der April 1893. Der Temperaturrekord von 2007 wurde allerdings bereits 2009 und dann nochmal 2018 überboten; beim Sonnenschein ist nun 2020 neuer Rekordhalter. Sehr ungewöhnlich ist außerdem, dass seit 2007 fast alle Aprilmonate wärmer und trockener als das Mittel in der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1990 waren.

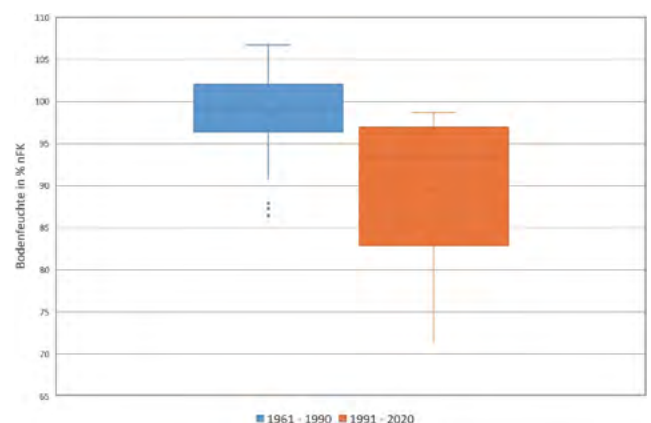
01 In den letzten Jahrzehnten nahm die über Deutschland gemittelte Niederschlagsmenge im Frühling (März bis Mai) deutlich ab, seit 2009 lag sie in fast jedem Jahr unter dem Mittel der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1990.

02 Im Vergleich von jeweils um 10 Jahre verschobene 30-Jahres-Zeiträume nahm die Anzahl trockener Tage in Deutschland deutlich zu.

01



02



Der Frühling wird trockener

Nicht nur im April, sondern im gesamten meteorologischen Frühling, der auch März und Mai umfasst, zeigte sich in den vergangenen Jahrzehnten ein klarer Trend zu mehr Sonnenschein und Wärme. Damit nimmt die Verdunstung sowohl bei den Pflanzen als auch direkt aus dem Boden zu. Neben einem deutlichen Niederschlagsrückgang (siehe Abb. 01) sind dies die Ursachen für ein stärkeres Abtrocknen der Böden. Ein Vergleich der mittleren Bodenfeuchte im Zeitraum 1961 bis 1990 mit 1991 bis 2020 (siehe Abb. 02) zeigt, dass die Böden im Frühling im Mittel der letzten Jahrzehnte bereits deutlich trockener geworden sind.

Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft

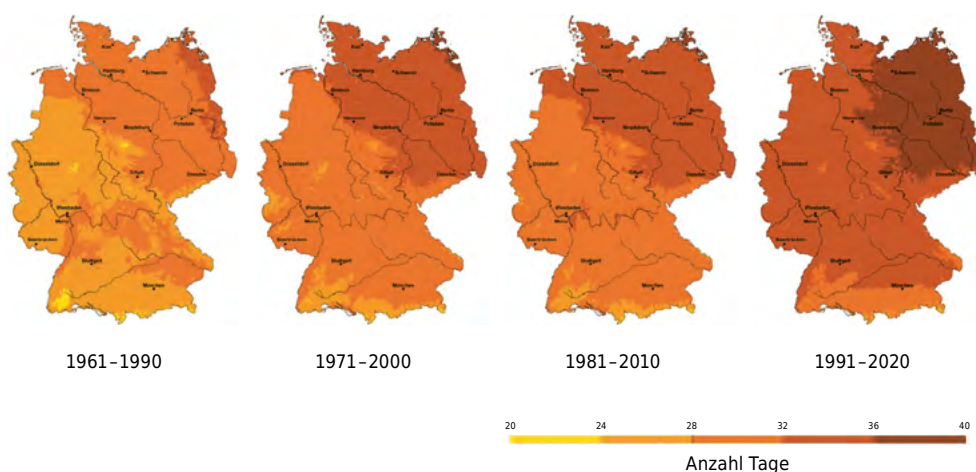
Die schnellere Abtrocknung des Bodens im Frühling hat den Vorteil, dass die Flächen mit schweren landwirtschaftlichen Maschinen früher ohne schädliche Bodenverdichtungen befahren werden können. Bei im Frühling auszusäenden Kulturen wie Sommergetreide, Mais oder Zuckerrüben ist es wünschenswert, frühere Saattermine nutzen zu können. Denn mit fortschreitender Jahreszeit steigt das Risiko, dass die obersten Bodenschichten bereits so stark ausgetrocknet sind, dass die jungen Pflanzen unter Trockenstress leiden oder sogar vertrocknen. Aber gerade Mais und Zuckerrüben sind spätfrostempfindlich, so dass der Vorteil eines frühen Saattermins gegen die dann höhere Spätfrostgefahr abgewogen werden muss. Bei anhaltender Frühjahrstrockenheit zeigte sich in den letzten Jahren, dass auch Wintergetreide trotz tiefer reichender Wurzeln unter Trockenstress gerät. Außerdem können die Nährstoffe der Frühjahrsdüngung bei ausgetrocknetem Oberboden die Wurzeln der Pflanzen nicht oder nur eingeschränkt erreichen. Als Folge davon bleiben die Bestände dünn und niedrig, Ertragseinbußen sind wahrscheinlich.

In der Forstwirtschaft sind längere Trockenphasen im Frühling vor allem im Zusammenspiel mit den vorangegangenen und folgenden Jahreszeiten problematisch. Ein trockenes Frühjahr allein würde der Wald gut verkraften, da sich die Bäume Wasser aus tieferen Bodenschichten erschließen. In den letzten drei Jahren ist allerdings unter den Wäldern keine Auffüllung der Bodenwasserreserven erfolgt, Trockenheitsschäden waren die Folge.

03 Die über Deutschland gemittelte Bodenfeuchte im Frühling lag im Zeitraum 1991 bis 2020 mit durchschnittlich 89,5 Prozent nutzbarer Feldkapazität (nFK) deutlich unter dem Wert von 98,5 Prozent nFK aus dem Zeitraum 1961 bis 1990. Außerdem nahm im Zeitraum 1991 bis 2020 die Streuung zwischen den einzelnen Jahren deutlich zu.

03

Tage ohne Niederschlag zwischen 15.03. und 15.05.



Die Serie trockener Jahre reißt nicht ab – 2020 aus agrarmeteorologischer Sicht

Bereits das dritte Jahr in Folge stellte die Trockenheit die Landwirte vor große Herausforderungen. Im Gegensatz zum Vorjahr waren jedoch die obersten Bodenschichten zumindest zum Start in die Vegetationsperiode bis in 60 cm Tiefe häufig gut durchfeuchtet.

01 Monatsmittelwerte und klimatologische Einordnung der Bodenfeuchte von Januar 2020 bis Dezember 2020 (0 bis 60 cm Tiefe, unter Gras, sandiger Lehm) in Prozent nutzbarer Feldkapazität (% nFK)

Ein nasser Ausklang des Winters 2019/2020

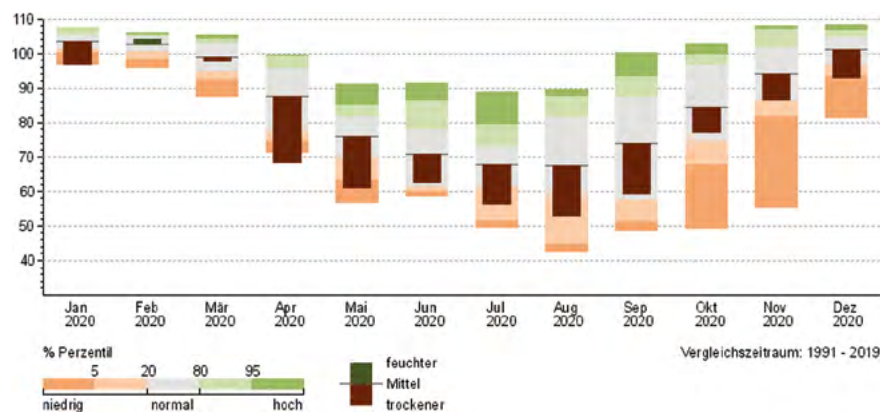
Während die Niederschlagssummen im Dezember 2019 und Januar 2020 unter den langjährigen Mittelwerten lagen, folgte der zweitnasseste Februar seit Beginn der Wetteraufzeichnungen und der einzige Monat im Jahr 2020, in dem die Monatsmittelwerte der Bodenfeuchte (0 bis 60 cm) über den langjährigen Werten lagen (siehe Abb. 01). Während die Bodenfeuchte in den westlichen Bundesländern verbreitet auf über 100 Prozent nutzbare Feldkapazität (nFK) anstieg, lagen die Werte vor allem in Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Sachsen und Thüringen häufig unter 100 Prozent nFK. Auch tiefer liegende Bodenschichten bis in 2 m Tiefe konnten – wie schon in den beiden Vorjahren – nicht überall aufgefüllt werden (siehe Abb. 02). Bei weit überdurchschnittlichen Temperaturen kam die Pflanzenwelt kaum zur Ruhe, so dass sowohl Dauergrünland, als auch die Winterungen zum Teil weiterwuchsen.

Im Frühling erneuter Umschwung hin zur Trockenheit

Nach unbeständigem Start folgte von Mitte März bis Ende April ein sehr trockener, teils sehr warmer, extrem sonnenscheinreicher und zeitweise windiger Witterungsabschnitt. Die obersten Bodenschichten (0 bis 30 cm) trockneten stark aus, während tiefere Schichten (30 bis 60 cm) noch gut durchfeuchtet waren. Dennoch lag die monatliche Bodenfeuchte im Deutschlandmittel im April in 0 bis 60 cm Tiefe mit nur 68 Prozent nFK so niedrig wie noch nie im Vergleichszeitraum seit 1991 (siehe Abb. 01). Die Folge waren Wintergetreidebestände mit Trockenstresssymptomen und verzögert auflaufende Sommerkulturen. Dafür spielten Pilzkrankheiten kaum eine Rolle. Im eher durchwachsenden Mai wurde die Trockenheit abgeschwächt. Vor allem in der Westhälfte und in der Mitte Deutschlands lagen die Bodenfeuchten allerdings nach wie vor weit unter dem vieljährigen Mittel. Wiederholte Kaltlufteinbrüche im April und Mai verlangsamten die Pflanzenentwicklung und führten regional zu Frostschäden an Obst und Wein, sowie in ungewöhnlich starkem Ausmaß auch an Wintergerste, die sich in der Blüte befand.

01

Klimatologische Einordnung der Monatsmittelwerte der Bodenfeuchte (Gras, sandiger Lehm) in % nFK Deutschland



Sommer 2020: durchwachsen aber dennoch häufig zu trocken

Der Sommer verlief insgesamt weniger extrem als seine beiden Vorgänger. Jedoch lag die Bodenfeuchte bereits zum Start in den Sommer nahezu flächendeckend weit unter dem vieljährigen Mittel. Im durchwachsenen und mäßig warmen Juni entspannte sich die Trockensituation leicht, aber bereits im Juli verschärfte sich die Lage erneut. Im August führte eine Hitzewelle bei Obst und Wein regional zu Sonnenbrandschäden. Um die Monatsmitte sorgten örtlich heftige Gewitter für Schäden, flächendeckende Niederschläge fielen aber erst zum Monatsende. Mit ihnen besserten sich die Bedingungen zur Rapsaussa, teils konnten Mais und Zuckerrüben noch von den Niederschlägen profitieren. Die im Sommer über die Fläche gemittelt nur leicht unterdurchschnittlichen Niederschläge verhinderten vielerorts größere Ernteeinbußen, dabei waren jedoch die Unterschiede selbst auf kleinstem Raum sehr groß.

Der Herbst startete sommerlich

Im September verschärfte sich bei trockenem und sehr warmem Wetter die Bodenfeuchtesituation wieder. Vor allem in den mittleren Landesteilen waren die obersten Bodenschichten bis in 30 cm Tiefe stark ausgetrocknet. Hier lagen die Werte verbreitet unter 10 Prozent nFK, so dass die Wasserversorgung der bereits aufgegangenen Raps- und Wintergetreidebestände gebietsweise kritisch war. Auch Zuckerrüben und Mais litten unter Trockenstress. Erst der durchwachsene Oktober beendete die Trockenheit im Oberboden nachhaltig. Ein sehr trockener und milder November verhinderte allerdings, dass die Feuchtigkeit weiter in die Tiefe vordringen konnte.

Der Dezember startete zunächst leicht durchwachsen, während die letzte Dezemberdekade überdurchschnittlich nass ausfiel. So lag die Bodenfeuchte zum Ende des Jahres zwar noch unter den langjährigen Mittelwerten, allerdings über den Werten der beiden Vorjahre (siehe Abb. 03).

Nutzbare Feldkapazität (nFK)

Unter Feldkapazität (FK) versteht man die Wassermenge, die ein wassergesättigter Boden gegen die Schwerkraft halten kann. Dieser Grenzwert stellt sich in der Regel ca. zwei bis drei Tage nach völliger Wassersättigung ein, wenn das überschüssige Wasser in den Untergrund ver-

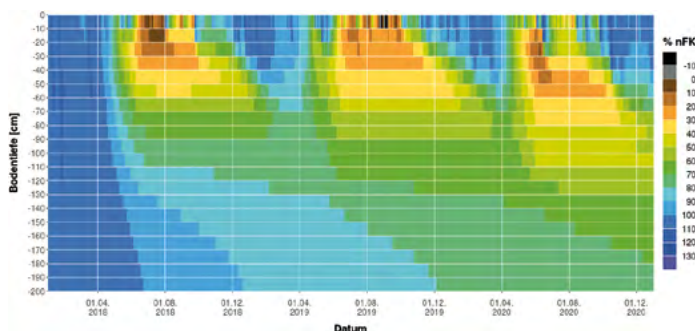
sickert ist. Da Pflanzen nicht das gesamte im Boden enthaltene Wasser nutzen können, wird die nutzbare Feldkapazität (nFK) als Maß für das pflanzenverfügbare Wasser verwendet. Die nutzbare Feldkapazität wird vom Deutschen Wetterdienst – sofern nicht anders angegeben – für die oberen 60 cm des Bodens berechnet.

02 Bodenfeuchteprofil bis in 2 m Tiefe in Prozent nutzbarer Feldkapazität (% nFK), berechnet für Erfurt-Weimar Flughafen (realer Boden am Standort) vom 01.01.2018 bis 31.12.2020

03 Verlauf der Bodenfeuchte im Jahr 2020 (% nFK, unter Gras, sandiger Lehm) für Deutschland im Vergleich zu den Jahren 2018, 2019 sowie zum langjährigen Mittel (1981 bis 2010)

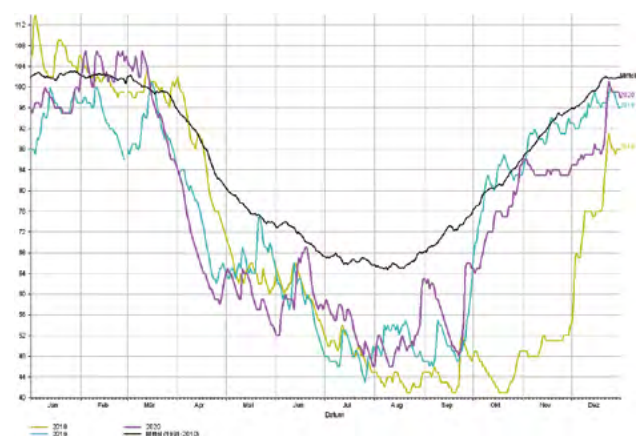
02

Berechnetes Bodenfeuchteprofil (Winterweizen)
Erfurt-Weimar (Flughafen)



03

Bodenfeuchte 0-60 cm unter Gras bei sandigem Lehm in % nFK, Mittel für Deutschland
Auswertung vom 01.01. bis 31.12. in den Jahren 1981 - 2020



SABINE: Extreme Sturmlage war schon Tage vorher angekündigt

Orkantief SABINE (in Westeuropa CIARA und in Norwegen ELSA benannt) löste am 9. und 10. Februar 2020 deutschlandweit Sturmböen bis Orkanstärke (12 Bft) aus.



01

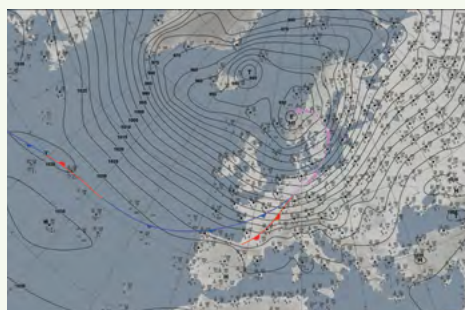
01 Die Zugbahn des Orkantiefs SABINE vom 8. bis 11. Februar 2020

02 Bodenanalyse vom 10. Februar 2020, 00 UTC: Der Kern des Orkantiefs SABINE befindet sich an der Westküste Norwegens.

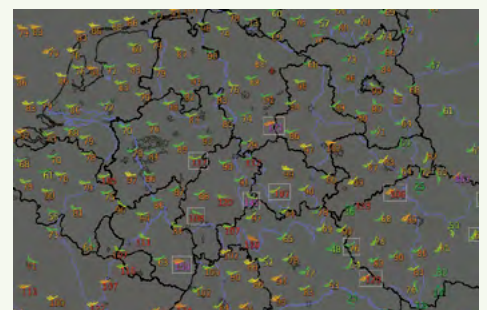
03 Maximale Böen der letzten drei Stunden am 10. Februar 2020 um 03 UTC

Die höchste Böe meldete der Feldberg im Schwarzwald am 10. Februar mit 49,1 m/s bzw. 177 km/h. Der Kern des Orkantiefs zog vom Atlantik kommend über Schottland nach Norwegen, wobei der Kerndruck zeitweise unter 945 hPa lag. Zwischen Nord- und Südeuropa bestanden Luftdruckunterschiede von etwa 80 hPa. Das dadurch generierte Sturmfeld erfasste weite Teile West-, Mittel- und Nordeuropas. In Deutschland war der Sturm, der sich von der Nordsee in Richtung Alpen ausweitete, von teils kräftigen Schauern und Gewittern begleitet. An der Nordsee gab es vom 10. bis 12. Februar mehrere teils schwere Sturmfluten.

Die extreme Sturmlage war schon Tage vorher angekündigt und es wurde von Tätigkeiten im Freien sowie Reisen während dieser Zeit abgeraten. Sport- und Musikveranstaltungen wurden vorsichtshalber abgesagt. Am 9./10. Februar stellte die Bahn in Deutschland den Verkehr zeitweise ein. Flüge und Fährverbindungen fielen aus. Viele Schulen und Kindergärten blieben am 10. Februar geschlossen. Der Sturm ließ in den betroffenen Ländern Bäume umstürzen und deckte Hausdächer ab. Auf den Britischen Inseln kam es zu Überschwemmungen. In einigen Regionen (auch in Deutschland) gab es Stromausfälle.



02



03

Wetterlage

Über dem Nordatlantik lag am Sonntag, 9. Februar 2020, ein umfangreiches Tiefdruckgebiet. An dessen Südflanke hatte sich ein kräftiges Randtief gebildet, welches unter Intensivierung über Schottland nach Norwegen zog und den Namen SABINE erhielt. Der Kerndruck des Tiefs lag zeitweise unter 945 hPa. An der Nordwestküste Norwegens erreichte er seinen Minimalwert von rund 943 hPa. Zwischen Nord- und Südeuropa ergaben sich Luftdruckunterschiede von etwa 80 hPa, woraus eine über mehrere Tage andauernde Sturmflage über West-, Mittel- und Nordeuropa resultierte. In Deutschland traten an der Nordsee erste schwere Sturmböen (10 Bft) am Sonntagmittag (9. Februar) auf. Das Sturmfeld weitete sich dann im Tagesverlauf und am folgenden Tag (10. Februar) Richtung Alpenraum aus, wobei die Kaltfront von Orkantief SABINE von Sonntagabend bis Montagvormittag Deutschland von Nordwest nach Südost überquerte. Im Bereich dieser Kaltfront wurden die höchsten Windspitzen erwartet. Nachfolgend ließ der Wind zwar im Allgemeinen etwas nach, doch es blieb auch in den folgenden Tagen stürmisch. An einigen Stationen wurden am 11. Februar sogar noch etwas höhere Spitzböen gemessen als in den Tagen zuvor.

In Verbindung mit den anhaltend kräftigen Winden aus westlichen Richtungen kam es an der Nordsee vom 10. bis 12. Februar zu mehreren teils schweren Sturmfluten, wie z. B. in Hamburg. Im Bereich der Kaltfront von SABINE fielen kurzzeitig intensive Niederschläge, aber auch rückseitig der Front gab es noch einige kräftige Schauer. Insgesamt brachte SABINE Tagesniederschläge bis um 40 mm.

Warnmanagement

Mit den Vorabinformationen des DWD wurde schon am Freitag, 7. Februar 2020, begonnen. Seit Tagen lagen seitens der Modelle und probabilistischen Verfahren Hinweise auf ein extremes Sturmereignis vor. So wurden zunächst für den Nordwesten, am Nachmittag für weite Landesteile Vorabinformationen geschaltet.

Das Vorhersagemodell IFS des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) simulierte für den Sonntagabend und die Nacht zum Montag sehr konsistent fast flächendeckend schwere Sturmböen bis orkanartige Böen sowie einzelne Bereiche mit Orkanböen auch in tiefen Lagen. Das DWD-Modell ICON lag trotz ähnlichem Druckgradienten über Deutschland etwa 1 bis 2 Bft darunter. Der Höhepunkt des Sturms stand mit Kaltfrontpassage ab der Nacht zum Montag, 10. Februar, an, wenn die noch höheren Oberwinde (in 925 hPa bis über 110 km/h, in 850 hPa bis über 140 km/h) heruntergemischt werden könnten.

Am Samstagabend, 8. Februar, wurden für die zuerst von den orkanartigen Böen und Orkanböen betroffenen Regionen, wie Nordsee und das Umfeld sowie das Bergland, die ersten Unwetterwarnungen ausgegeben. Darüber hinaus gab es eine langlaufende (bis in den Dienstag, 11. Februar) markante Grundwarnungen vor Sturmböen. Gegen 9 Uhr am Sonntagmorgen (9. Februar) wurde im Nordwesten, gegen 11 Uhr bis zur Mitte und bis nach Sachsen und bis zur Pfalz vor orkanartigen und einzelnen Orkanböen gewarnt. Am Nachmittag wurde dann auch noch die „Lücke“ im Süden geschlossen sowie die Vorabinformation auf den Nordosten ausgedehnt, da es Anzeichen dafür gab, dass mit der Kaltfront auch dort die Unweterschwelle gerissen werden könnte. Mit Übergreifen der Kaltfront am Sonntagabend wurden im Nordwesten die ersten Gewitterwarnungen herausgegeben. Hier wurde klar nach der Prämisse gehandelt, die Gewitter als isoliertes Unwetterereignis (Böen 11 bis 12 Bft) zu bewarnen. In der Nacht zum Montag liefen nach Mitternacht zum einen die Küstenwarnung teils aus. Hinter der Kaltfront wurden die Unwetterwarnungen für die entsprechenden Gebiete aufgehoben.

04 Warnkarte für Wind, Stand früher Freitagabend

05 Warnkarte für den Wind/Sturm vom Samstagabend

04



05



Klimatologische Einordnung

Bereits in der ersten Januarhälfte 2020 gab es mehrere sehr kräftige Sturmtiefs über dem Nordostatlantik, die zeitweise einen Kerndruck unter 950 hPa aufwiesen. Am 7. Februar 2020 lag ein weiteres solches Tief (RUTH) über der Irmingersee (zwischen Grönland und Island). Zeitweise sank dessen Kerndruck auf Werte um 935 hPa. RUTH galt als steuerndes Tief für SABINE, d. h. an seiner Südflanke wurde SABINE nach Europa gelenkt.

Bei der Sturmaktivität über dem Nordatlantik und Europa spielt die sogenannte Nordatlantische Oszillation (NAO) eine entscheidende Rolle. Ist die Westwinddrift durch ein sehr kräftiges Islandtief und ein ausgeprägtes Azorenhoch verstärkt (stark positiver NAO-Index), so ist eine höhere Wahrscheinlichkeit für Stürme in Europa gegeben. Nach Feser und Tinz (2018)* zeigt der NAO-Index für die letzten über 100 Jahre starke Schwankungen auf Zeitskalen zwischen Jahren und mehreren Dekaden. In der Schlussfolgerung heißt es: „Stürme über dem Nordatlantik und Nordeuropa zeigen große dekadische Variabilität und auch deutliche Schwankungen von Jahr zu Jahr, ein stetiger Langzeittrend für die letzten hundert Jahre und länger ist jedoch nicht zu erkennen.“

* Quelle siehe Seite 75

Auswirkungen in anderen europäischen Ländern

Auch andere europäische Länder in West-, Mittel- und Nordeuropa hat Orkantief SABINE schwer getroffen. Verbreitet wurden Spitzenböen von mehr als 90 km/h erreicht, d. h. Windstärke 10 Bft und mehr. Mit 219 km/h wurde die höchste Windgeschwindigkeit an der Station Cap Corse (Frankreich) gemessen. Die Stationen Gütsch ob Andermatt (Schweiz) und Cairngorm Summit (Vereinigtes Königreich) meldeten jeweils 202 km/h als maximale Windspitze.

Wetterpatenschaften

Am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin regte 1954 die damalige Studentin und spätere ZDF-Fernsehmeteorologin Dr. Karla Wege an, auch den Druckgebilden in Mitteleuropa Vornamen zu geben. Zur besseren Übersicht über die Wettersysteme in den Wetterkarten, wurden seitdem in alphabetischer Reihenfolge Tiefdruckwirbel mit weiblichen und Hochdruckgebiete mit männlichen Vornamen belegt. Seit der Jahrtausendwende wurde ein jährlich wechselnder

Turnus eingeführt, so dass Hochs und Tiefs abwechselnd weibliche und männliche Vornamen erhalten. Im November 2002 wurde schließlich die Aktion Wetterpate ins Leben gerufen. Mithilfe der Bevölkerung werden seitdem die alphabetischen Listen erstellt und mit den Einnahmen gleichzeitig die studentische Wetterbeobachtung an der Wetterstation 10381 (Berlin-Dahlem) unterstützt.

Unter www.met.fu-berlin.de/wetterpate/ sind alle Informationen zu Wetterpatenschaften zu finden.

01 Warnlage Wind von Sonntagmittag

02+03 Warnlage Wind (Abb. 02) und Gewitter (Abb. 03) von Sonntagabend

01



02



03





04

04 Während Polarstern an der Eisscholle festgefroren war, verirrt sich nur einmal ein Eisbär in die Nähe des Schiffes. Der war jedoch ziemlich neugierig, inspizierte die Geräte in der Logistic-Area und wanderte durch MetCity. Dieses Bild mit dem sich abwendenden Eisbär entstand, als sich Polarstern Ende Mai bereits auf dem Weg nach Spitzbergen befand.

Neue Rekordhalter für die Höchsttemperatur in Deutschland

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat den am 25. Juli 2019 in Lingen im Emsland gemessenen deutschen Temperaturrekord von 42,6 Grad Celsius (°C) annulliert. Neue Rekordhalter sind nun gemeinsam die DWD-Wetterstationen Duisburg-Baerl und Tönisvorst mit am 25. Juli 2019 gemessenen 41,2 °C. Aktuelle Auswertungen von Parallelmessungen an der Wetterstation Lingen ergaben, dass es in einem sehr kleinen Bereich des Messfeldes bei bestimmten Wetterlagen insbesondere am frühen Nachmittag zu auffällig erhöhten Temperaturen kam.

Seit Anfang Juni 2020 hatte der DWD die Daten der Wetterstation Lingen nicht mehr veröffentlicht. Die Temperaturmessung in Lingen wurden dann ein halbes Jahr unter die Lupe genommen, auch durch parallele Messungen, und ältere Messungen unter diesem Gesichtspunkt erneut überprüft. Die Ergebnisse waren eindeutig: Seit 2017 traten am Messfeld der Station immer wieder Temperaturen auf, die für die Region nicht repräsentativ sind. Das war auch am 25. Juli 2019 so gewesen. Deshalb muss der in Lingen gemessene deutsche Rekordwert von 42,6 °C aus dem DWD Klimaarchiv gestrichen werden. Verantwortlich dafür war die in den vergangenen Jahren deutlich gewachsene Vegetation in direkter östlicher Nachbarschaft der Station. Sie behinderte immer wieder

bei Windrichtungen aus Nordosten bis Südosten den Luftaustausch. Das hatte insbesondere bei windschwachen, aber strahlungsintensiven Wetterlagen dann zu einer Abkopplung der lokalen Temperaturen am Messfeld der Station von der großräumigen Temperaturentwicklung geführt. Seit mehreren Jahren sucht der DWD in Lingen nach einem neuen Standort. Im Frühjahr 2021 soll die neue Station in Lingen-Baccum eröffnet werden. Bis dahin wird der DWD keine Messungen aus Lingen mehr veröffentlichen und zugleich die Daten seit 1. Januar 2017 aus seinen frei zugänglichen Angeboten entfernen.

Deutschlandwetter 2020

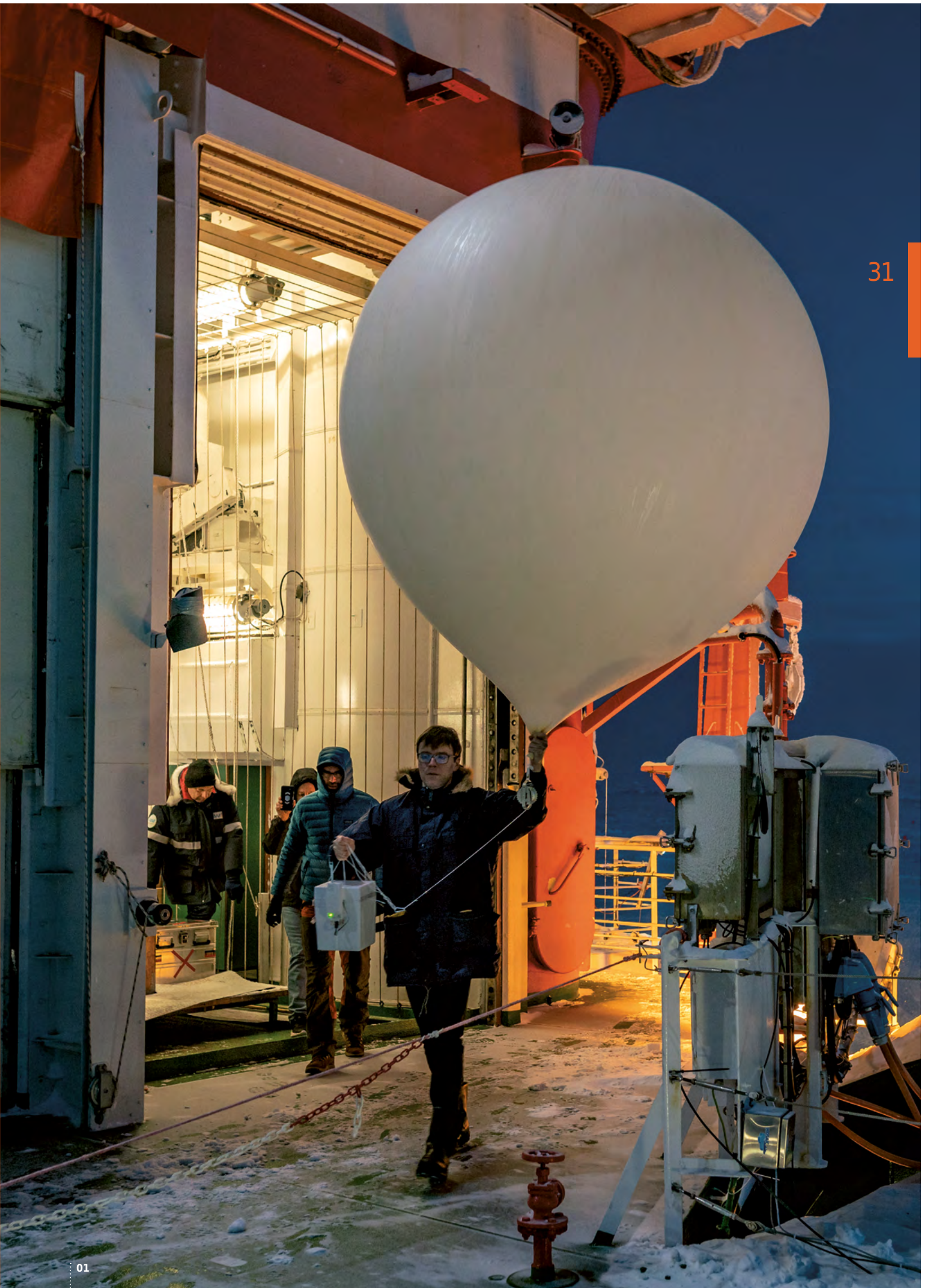
| | Durchschnitts- temperatur in °C | Höchste Temperatur in °C | Niedrigste Temperatur in °C |
|---------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Januar | 3,5 (-0,5) | 16,2 am 31. in Andernach | -18,9 am 19. auf der Zugspitze |
| Februar | 5,3 (0,4) | 21,5 am 16. in Müllheim | -18,6 am 5. auf der Zugspitze |
| März | 5,3 (3,5) | 22,3 am 12. in Garmisch-Partenkirchen | -18,3 am 26. auf der Zugspitze |
| April | 10,4 (7,4) | 26,5 am 17. in Waghäusel-Kirrlach | -15,1 am 14. auf der Zugspitze |
| Mai | 11,9 (12,1) | 29,0 am 22. in Kleve | -11,7 am 3. auf der Zugspitze |
| Juni | 16,9 (15,4) | 34,0 am 13. in Coschen bzw. Lindenberg | -5,9 am 8. auf der Zugspitze |
| Juli | 17,7 (16,9) | 38,5 am 31. in Rheinfeldern | -6,6 am 7. auf der Zugspitze |
| August | 20,0 (16,5) | 38,6 am 9. in Trier-Petrisberg | -3,7 am 4. auf der Zugspitze |
| September | 14,8 (13,3) | 34,8 am 15. in Trier-Petrisberg | -10,9 am 26. auf der Zugspitze |
| Oktober | 10,2 (9,0) | 24,6 am 13. bzw. 14. in Kiefersfelden-Gach | -12,4 am 13. auf der Zugspitze |
| November | 6,2 (4,0) | 24,0 am 2. in Bad Dürkheim | -16,1 am 20. auf der Zugspitze |
| Dezember | 3,8 (0,8) | 20,2 am 20. in Piding | -19,6 am 26. auf der Zugspitze |
| Winter 2019/20 | 4,2 (0,2) | 21,5 am 16.2. in Müllheim | -18,9 am 19.1. auf der Zugspitze |
| Frühling | 9,2 (7,7) | 29,0 am 22.5. in Kleve | -18,3 am 26.3. auf der Zugspitze |
| Sommer | 18,2 (16,3) | 38,6 am 9.8. in Trier-Petrisberg | -6,6 am 7.7. auf der Zugspitze |
| Herbst | 10,4 (8,8) | 34,8 am 15.9. in Trier-Petrisberg | -16,1 am 20.11. auf der Zugspitze |
| Jahr | 10,4 (8,2) | 38,6 am 9.8. in Trier-Petrisberg | -19,6 am 26.12. auf der Zugspitze |

In Klammern wird der vieljährige Mittelwert entsprechend dem international vereinbarten Referenzzeitraum von 1961 bis 1990 angegeben.

| Niederschlag in l/m ² | Sonnenschein- dauer in Stunden | In Erinnerung bleibt |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 40,5 (60,8) | 59,2 (43,6) | sehr milder Monat, in dem der Winter in den meisten Gebieten ausfiel |
| 124,1 (49,4) | 64,0 (71,5) | zweitwärmster und zweitnassester Februar seit Beobachtungsbeginn |
| 50,9 (56,5) | 175,8 (111,2) | milder und niederschlagsreicher Monatsbeginn, Witterungswechsel zur Monatsmitte, unter Hochdruckeinfluss sehr sonnig mit kalter Nordostströmung |
| 16,3 (58,2) | 292,4 (153,7) | sonnenscheinreichster Aprilmonat und extrem trocken |
| 38,4 (71,1) | 240,5 (201,6) | mal wieder ein Monat, der kälter ist als im vieljährigen Mittel der Jahre 1961 - 1990 |
| 90,9 (84,6) | 214,7 (203,3) | typisch mitteleuropäisches Sommerwetter, sehr wechselhaft mit viel Regen, aber auch sonnigen Abschnitten |
| 51,8 (77,6) | 232,9 (210,7) | sehr angenehmer Sommermonat ohne große Hitze |
| 85,5 (77,2) | 221,6 (199,5) | von Monatsbeginn an ausgeprägte Hitzewelle, zweitwärmster August |
| 50,0 (61,1) | 207,1 (149,6) | sechster Monat infolge mit mehr als 200 Stunden Sonnenschein |
| 78,4 (55,8) | 67,5 (108,5) | mal wieder ein Monat mit etwas überdurchschnittlichem Niederschlag |
| 20,7 (66,3) | 85,7 (52,8) | sehr trockener und sonnenscheinreicher Herbstmonat |
| 58,8 (70,2) | 59,0 (38,0) | nach sehr milder Phase ab der Monatsmitte Wintereinbruch, besonders im Bergland nach Weihnachten |
| 222,1 (180,7) | 182,1 (152,9) | zweitwärmster Winter seit Beobachtungsbeginn (wärmster Winter 2006/2007) |
| 105,6 (185,9) | 708,7 (466,6) | sehr trockene Jahreszeit mit einem neuen Sonnenscheinrekord |
| 228,2 (239,4) | 669,3 (613,5) | recht wechselhafter Sommer, der erst im August richtig heiß wurde |
| 149,0 (183,3) | 360,3 (310,9) | drittwärmster Herbst seit 1881, ohne große Sturmereignisse bzw. ohne nachhaltigen Wintereinbruch |
| 704,9 (788,9) | 1.896,0 (1.544,0) | nach 2018 zweitwärmstes Jahr, vor allem in der Vegetationsperiode sehr trocken, viel Sonnenschein im Jahresverlauf |

Im Rückspiegel

01 Der „Fahrstuhl“ durch die Atmosphäre: Je nach Forschungsaktivitäten wurden bis zu acht Mal täglich Radiosonden von Polarstern aus in die Atmosphäre gestartet. Dies war mit eine der Aufgaben des DWD-Wettertechnikers an Bord. Bei ihrem Weg durch die Atmosphäre bis meist über 30 km Höhe liefern die Instrumente der Radiosonden meteorologische Echtzeitinformationen. Diese Daten sind für die Wettervorhersage auf Polarstern unerlässlich.



Wettervorhersage in Zeiten von Corona

Zahlreiche Flugzeuge weltweit messen während ihrer Start- und Landephase Luftdruck, Lufttemperatur und Wind sowie einige wenige auch die Luftfeuchte und übermitteln diese meteorologischen Daten an die nationalen Wetterdienste – so auch an den DWD. Diese in nahezu Echtzeit vorliegenden Daten ergeben sogenannte Vertikalprofile der Atmosphäre, die für die Wettervorhersage und damit auch das Warnmanagement verwendet werden. Mit dem Lockdown Mitte März 2020 in Deutschland blieben die meisten Flugzeuge am Boden. In kurzer Zeit sank die Zahl der Wetterbeobachtungen durch Flugzeuge über Mitteleuropa von rund 350.000 am Tag auf teilweise unter 50.000. Die Flugzeuge, die zusätzlich noch die Daten zur Luftfeuchte ermittelten, starteten gar nicht mehr, hier fiel die Zahl der Messungen auf null. Rund 80 Prozent der Flugzeugmessungen fehlten.

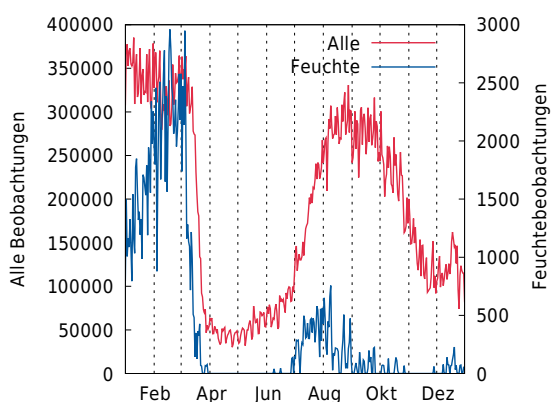
Um diesen Datenverlust für die Wettervorhersage zumindest teilweise auszugleichen, führte der DWD an vier seiner insgesamt zehn aerologischen Stationen in Deutschland umgehend zusätzliche Radiosondenstarts ein. Ab Mitte April konnte über das Global Navigation Satellite System **GNSS** mithilfe eines besonderen Verfahrens die Informationen zur Luftfeuchte abgeleitet und in das globale Wettervorhersagesystem des DWD integriert werden. Ab Mitte Mai bzw. Juni kamen weitere Datenquellen dazu: Waren bisher nur die Informationen der **Radiosondenaufstiege** bis zu einer Höhe von gut 30 Kilometern, in der der Wetterballon schließlich platzte, genutzt worden, wurden nun auch die **Informationen beim Sinkflug der Radiosonden** ausgewertet. Außerdem konnten die Windmessungen des europäischen Forschungsatelliten **Aeolus** in die Wettervorhersagemodelle des DWD einbezogen werden. Aeolus liefert präzise Winddaten genau aus dem Bereich der Atmosphäre, in dem sich die europäische „Wetterküche“ befindet. Mit jeder Erdumrundung erzeugt der Satellit ein neues Daten-

band um die Erde, das etwa 80 Kilometer breit ist und vom Boden bis in 30 Kilometer Höhe reicht. So füllten diese Aeolus-Daten einige weiße Flecken im globalen meteorologischen Beobachtungssystem. Die Nutzung der **3D-RADAR**-Volumenmessungen (Radialwinde und Reflektivitäten) im regionalen numerischen Wettervorhersagesystem des DWD seit Mitte 2020 brachte weitere deutliche Verbesserungen.

Im Allgemeinen haben die meteorologischen Messungen von Flugzeugen einen großen positiven Einfluss auf die Vorhersagequalität numerischer Wettervorhersagen. Sensitivitätsstudien am europäischen Zentrum für Mittelfristige Wettervorhersagen haben ergeben, dass sich die Vorhersagequalität bis zu 15 Prozent verschlechtert, wenn man auf alle global gemessenen Flugzeugbeobachtungen verzichtet. Glücklicherweise konnte auf Grund der genannten umfangreichen Maßnahmen zur Kompensation der fehlenden Flugzeugmessungen über Europa keine signifikante Verschlechterung der Vorhersagequalität festgestellt werden.

01

Gesamtzahl in Mitteleuropa



01 Im März 2020 sank die Zahl der Wettermeldungen von Flugzeugen über Mitteleuropa von gut 350.000 pro Tag auf teilweise unter 50.000. Erst mit Beginn der Sommerferien stieg die Anzahl deutlich, ehe sie ab Oktober/November wieder zurückging.

02 „Miss Piggy“ im Einsatz: Bis zu 1.600 Meter Höhe kann der „Miss Piggy“ getaufte Fesselballon Messungen über mehrere Stunden hinweg durchführen und so wichtige Daten in der unteren Atmosphäre sammeln.



Corona-Lockdown, Stickoxide und Ozon

Weniger Verkehr in der Zeit des Corona-Lockdown im März/April 2020 ließ niedrigere Stickoxid-Konzentrationen in Städten erwarten. Aber erst nach Abtrennung der meteorologischen Einflüsse zeigt sich die Verbesserung der Luftqualität durch den Lockdown. In insgesamt 48 deutschen Städten mit über 100.000 Einwohnern gingen die Stickoxide (NO_x) um ca. 30 Prozent zurück, wie eine gemeinsame Analyse von Deutschem Wetterdienst (DWD) und Umweltbundesamt (UBA) auf Basis der Daten aller Luftmessstationen in Deutschland zeigt.

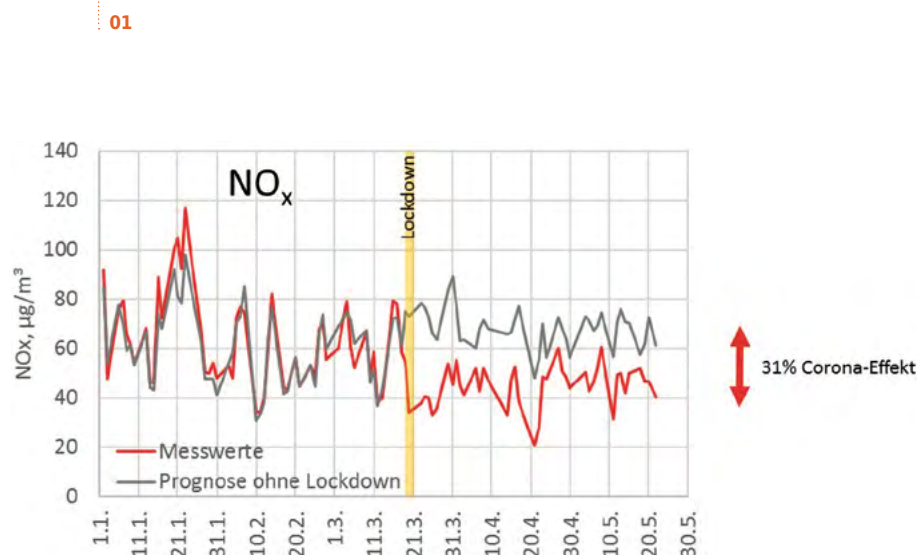
Verkehrsemissionen und meteorologische Bedingungen

Die Stickoxid-Konzentrationen werden maßgeblich geprägt durch die Verkehrsemissionen, aber auch durch meteorologische Bedingungen, die deren „Abtransport“ beeinflussen. Im Februar/März 2020 traten ungewöhnlich hohe Windgeschwindigkeiten auf, die eine starke Verdünnungswirkung in den Städten entwickelten und zu ungewöhnlich niedrigen Stickoxid-Konzentrationen führten. Ab Mitte März, mit dem Beginn des ersten Lockdown, kam es gleichzeitig zu geringen Windgeschwindigkeiten, was normalerweise einen Anstieg der Stickoxide bewirkt hätte, und Emissionsminderungen durch den Lockdown: In der Summe änderten sich die NO_2 -Konzentrationen in verschiedenen Regionen Deutschlands nur zwischen minus 12 und plus 4 Prozent im Vier-Wochen-Mittel. Allein aus den Konzentrationsverläufen ist kein klarer Corona-Effekt erkennbar. Erst die Abtrennung der „verschleiern“ meteorologischen Einflüsse zeigt die Minderung durch den Lockdown. Neben dem Wind beeinflusst vor allem die Temperatur die Konzentration der Stickoxide und damit die Luftqualität.

Stickoxid-Minderungen im Bereich von 30 Prozent

In der gemeinsamen Auswertung wurden fünfjährige Zeitreihen (2015 bis 2020) mit den ersten beiden vierwöchigen Corona-Lockdown-Phasen (23. März bis 19. April 2020 und 20. April bis 17. Mai 2020) verglichen. Ergebnis: In den ersten vier Wochen des Lockdown nahmen die Konzentrationen von NO_x um 31 ± 8 Prozent und 22 ± 6 Prozent bei NO_2 ab. In der zweiten Phase des Lockdown waren die Minderungen bedingt durch die wieder zunehmende Verkehrsaktivität schwächer.

01 Minderung der Stickoxide während des Lockdown im Frühjahr 2020, nachdem die „verschleiern“ meteorologischen Einflüsse abgetrennt worden waren.



Ozon

Ozon ist ein wichtiges Spurengas in der Erdatmosphäre. Rund 90 Prozent des Ozons befindet sich in der stratosphärischen Ozonschicht zwischen 10 und 50 km Höhe. Diese Ozonschicht schützt als natürliche „Sonnenbrille“ das Leben auf der Erdoberfläche, indem sie harte und gefährliche UV-Strahlung von der Sonne fast völlig blockiert. Ausreichend Ozon in der Stratosphäre ist grundlegend wichtig für das Leben auf der Erde.

Rund 10 Prozent des Ozons befinden sich in der Troposphäre, d. h. vom Boden bis in 10 km Höhe. In der Troposphäre ist Ozon ein wichtiges Treibhausgas. Als starkes Oxidationsmittel kann es bei höheren Konzentrationen zu Reizung und Schädigung der Atemwege von Menschen und Tieren führen, bei Pflanzen zu Schädigungen und Ernteausfällen.

Der Idealzustand wäre: viel Ozon in der Stratosphäre und wenig Ozon in der Troposphäre. Menschliche Aktivitäten haben jedoch in den letzten hundert Jahren zu einem weltweiten Rückgang des stratosphärischen Ozons und zur Zunahme des

troposphärischen Ozons geführt. Beim stratosphärischen Ozon hat das weltweite Verbot der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) durch das Montrealer Protokoll 1987 eine langsame Erholung der Ozonschicht seit etwa 2000 eingeleitet, die aber noch 50 bis 100 Jahre brauchen wird. Beim troposphärischen Ozon haben Entstickung von Kraftwerken oder die Einführung von Katalysatoren die vorherige starke Zunahme in der westlichen Welt seit den 1990er Jahren weitgehend gestoppt. Stickoxid-Emissionen, wie beispielsweise von älteren Dieselfahrzeugen, sind aber nach wie vor ein Problem.

Auswirkungen auf das troposphärische Ozon der Nordhalbkugel

Ozon in der Troposphäre wird zum größten Teil photochemisch aus Stickoxiden, Kohlenwasserstoffen und Sonnenlicht erzeugt. Die erheblichen Emissionsminderungen durch die weltweiten Corona-Lockdowns sollten demnach in der relativ sauberen Luft der freien Troposphäre zu weniger Ozon führen.

Unter Federführung des DWD konnte eine wissenschaftliche Studie diesen erwarteten Ozonrückgang jetzt nachweisen: Messungen an insgesamt 45 Stationen weltweit mit Ballonsonden, Infrarot-Spektrometern und Lidaren zeigen, dass infolge der Corona-Lockdowns der Ozongehalt der freien Troposphäre auf der Nordhalbkugel im Frühjahr und Sommer 2020 gegenüber den Vorjahren um sieben Prozent im Mittel gesunken ist.* So wenig troposphärisches Ozon an so vielen Stationen wurde in den letzten 20 Jahren nicht gemessen, am Hohenpeißenberg z. B. zuletzt im Jahr 1976!

Die Corona-Emissionsminderungen waren (und sind) ein ungeplanter weltweiter „Großversuch“. Das kann das wissenschaftliche Verständnis der chemischen Prozesse in der Troposphäre weiter verbessern. Vergleiche von Simulationen chemischer Atmosphärenmodelle mit Beobachtungen liefern wichtige Erkenntnisse zu den genauen Auswirkungen der Corona-Lockdowns, z. B. Auswirkungen der über das ganze Jahr 2020 massiv reduzierten Emissionen aus Flugverkehr. Verbesserte Simulationen helfen aber auch bei der Planung und Bewertung zukünftiger Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen.

Die Komplexität des Problems zeigt sich unter anderem in Ballungsgebieten mit stark verschmutzter Luft. Dort wurde weltweit eine Zunahme bodennaher Ozonwerte infolge der Lockdowns beobachtet, trotz großer lokaler Emissionsreduzierungen. In verschmutzter Luft nahe den Emissionsquellen zerstört Stickoxid nämlich Ozon, die Reduzierung von Stickoxid-Emissionen führt dann zu mehr Ozon! Im Gegensatz dazu führt in quellferner Luft, z. B. in der freien Troposphäre, weniger Stickoxid auch zu weniger Ozon – so wie jetzt an 45 Stationen auf der Nordhalbkugel beobachtet.

* Quelle siehe Seite 75

Gemeinsam durch die Pandemie

Anfang 2020 schaute Deutschland auf Nachrichten aus China und europäischen Ländern wie Italien und Spanien, wo sich das neuartige Corona-Virus sprunghaft ausbreitete. Der DWD-Vorstand reagierte schnell auf die neue Entwicklung. Schon Ende Februar nahm zur Unterstützung des DWD-Vorstands das Pandemievorsorgeteam seine Arbeit beim DWD auf. Dessen Aufgabe: Die sich permanent ändernden Entwicklungen intensiv zu beobachten und zum Schutz der Belegschaft Vorsorgemaßnahmen vorzubereiten. Zum Team gehörten Beschäftigte aus dem Liegenschaftsmanagement, Personalwesen, der IT, Organisation, Kommunikation, Arbeitssicherheit und des Gesundheits- und Krisenmanagements. Die zügige Bildung des Gremiums stellte die Weichen für eine erfolgreiche Bewältigung der Pandemie, denn aufgrund der Dynamik der Entwicklung musste die Situation gerade in den ersten Monaten fast täglich neu bewertet und Entscheidungen zügig getroffen werden.

In der täglichen Praxis ging es beispielsweise um Hygienemaßnahmen, Quarantäneregelungen, technische Ausstattung und Möglichkeiten des mobilen Arbeitens. Das Team erstellte zudem Notfalllisten und identifizierte die kritischen Bereiche, in denen besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden mussten, wie etwa die Vorhersage- und Beratungszentrale und das Deutsche Meteorologische Rechenzentrum. Einen hohen Stellenwert für das Pandemievorsorgeteam hatte die Kommunikation mit den Beschäftigten. Es wurden u. a. eine Telefonsowie eine E-Mail-Hotline und ein täglich aktualisierter Ticker im Intranet eingerichtet.

Dem DWD kam besonders zugute, dass Vorstand und Personalvertretungen rund ein Jahr vor Krisenbeginn neue Vereinbarungen zum mobilen Arbeiten getroffen hatten, die dann zügig ausgeweitet wurden. Dadurch konnte schon früh ein Großteil der Belegschaft vom heimischen Schreibtisch aus arbeiten. Damit und durch zahlreiche Vorsorgemaßnahmen wie effektive Hygienestandards wurde bereits zu Beginn der Pandemie ein hoher Schutz im DWD etabliert.

Ab Spätsommer stiegen die Infektionszahlen erheblich an. Die verschiedenen regionalen Entwicklungen und die unterschiedlichen Landesregelungen waren für den DWD mit Standorten in der gesamten Bundesrepublik eine Herausforderung. Mit Augenmaß und abgestimmten Lösungen wurde auch diese Schwierigkeit bisher gut gemeistert. Besonders bewährt hat sich die enge Zusammenarbeit zwischen Niederlassungs- und Standortleitern mit Vorstand und Pandemievorsorgeteam. Es gab im Jahr 2020 nur wenige aktive Corona-Fälle, die Prozesse haben sich auch unter den Bedingungen des mobilen und digitalen Arbeitens bewährt. Der Deutsche Wetterdienst konnte seinen gesetzlichen Auftrag jederzeit erfüllen. Die Leistungen rund um Wetter und Klima standen stets verlässlich und in der gewohnten Qualität zur Verfügung.

01 Kurz vor Ende der Polarnacht: Das UFA-Filmteam positioniert eine Kamera neben der zuvor auf der Scholle angelegten Landebahn, durch die bereits ein Riss geht.





02

Neuer Hochleistungsrechner für den DWD

Im September 2020 wurde die gesamte Vorhersageproduktion des DWD erfolgreich auf einen neuen Hochleistungsrechner migriert. Die Vorbereitungen dieses Projektes begannen bereits 2017 mit der Erfassung der fachlichen Anforderungen und der Beantragung der notwendigen Haushaltsmittel. Im Rahmen einer europaweiten Ausschreibung wurde dann ab Ende 2018 nach einer Nachfolge für den seit 2013 benutzten Cray Hochleistungsrechner gesucht. Mitte 2019 wurde der Vertrag mit der japanischen Firma NEC über die Lieferung eines im Endausbau sechsmal schnelleren Hochleistungsrechners geschlossen.

03 Anlagen zur Warmwasserkühlung des neuen Hochleistungsrechners

04 Gedoppeltes System: Back-up-System für den Rechner des Deutschen Meteorologischen Rechenzentrums Offenbach in Ludwigshafen

02 Brigadegeneral Dipl.-Ing. Peter Weibert, Kommandeur des Zentrums für Geoinformationswesen der Bundeswehr und Leiter des Geoinformationsdienstes

der Bundeswehr (links) und Prof. Dr. Gerhard Adrian, Präsident DWD und WMO (rechts), nehmen im Herbst den neuen Hochleistungsrechner in Betrieb.

Der neue Supercomputer der DWD bezieht seine Leistung aus speziellen Vektorprozessoren, die insbesondere die mathematischen Berechnungen der Wettervorhersagemodelle schneller und effizienter durchführen können. Für die Kühlung der Rechanlage setzt der DWD erstmals auf eine Warmwasserkühlung. Jeder einzelne Rechenprozessor wird von etwa 40 Grad warmen Wasser umspült und so vor einer Überhitzung bewahrt. Die vergleichsweise hohe Kühlwassertemperatur erlaubt es, ganzjährig das System ohne den Einsatz von Kältemaschinen über die normale Außenluft zu kühlen. Dies führt zu einer erheblichen Energieeinsparung und somit zu einer „grüneren“ Wettervorhersage.

Erstmals kann der DWD mit seinem neuen Hochleistungsrechner auch seine Leistungen gegen großräumige Schadensereignisse absichern, denn die beiden Teile des Doppelsystems stehen 70 km voneinander entfernt. Ein System befindet sich im Deutschen Meteorologischen Rechenzentrum der Offenbacher DWD-Zentrale, das andere in Ludwigshafen am Rhein. Eine sehr schnelle Datenverbindung zwischen beiden Rechenzentren stellt sicher, dass von beiden Standorten aus alle Vorhersageprodukte erstellt und zeitgerecht an die Kunden geliefert werden können.

Mit der hinzugewonnenen Rechenleistung soll das Vorhersagesystem des DWD im Bereich der Kurzfristvorhersage weiter ausgebaut und die räumliche und zeitliche Auflösung der Modelle verfeinert werden. Genutzt wird das neue Rechnersystem auch vom Zentrum für Geoinformationswesen der Bundeswehr (ZGeoBw), mit dem der DWD seit 2004 bei der Erbringung meteorologischer Leistungen eng zusammenarbeitet. DWD und ZGeoBw werden zusammen bis 2024 über 60 Millionen Euro in die gemeinsame meteorologische IT-Infrastruktur investieren.

03



04



WarnWetter-App interaktiv: Bürger*innen melden Wetterereignisse

Seit Ende Juli 2020 können Nutzerinnen und Nutzer der Vollversion der DWD-WarnWetter-App ihre eigenen Beobachtungen zu Wetterereignissen und deren Auswirkungen an den DWD übermitteln. Damit hat der DWD einen neuen Kanal für Wetterdaten erschlossen und eine der nutzerstärksten Crowdsourcing-Aktionen Deutschlands ins Leben gerufen. Bereits kurz nach dem Start der neuen Funktionalität gingen am 2. August mehr als 26.000 Meldungen innerhalb von 24 Stunden beim DWD ein. Auch über die anfänglichen Spitzenwerte hinaus hat sich die Zahl der Meldungen auf einem hohen Niveau von über 2.000 pro Tag stabilisiert, bei kritischen Wetterlagen werden deutlich höhere Werte erreicht.

Berücksichtigung für zielgerichtetes Warnmanagement

Die Einbindung von Bürger*innen stellt damit eine äußerst wertvolle Ergänzung des Messnetzes dar. Neben schwer zu messenden meteorologischen Phänomenen wie Hagel oder Schneehöhen können so insbesondere erstmals die Auswirkungen des Wetters vor Ort systematisch erfasst werden. Die Nutzermeldungen der WarnWetter-App enthalten eine standardisierte Auswahl von Wetterphänomenen und ihre Ausprägung, es können auch zusätzliche Parameter, Kommentare und sogar Bilder übermittelt werden.

Nach einer automatischen Plausibilitätsprüfung werden die Meldungen unmittelbar für die Nutzer*innen in der WarnWetter-App dargestellt. Die Meteorolog*innen im Vorhersage- und Warndienst des DWD haben direkten Zugriff auf die Informationen und können sie so zum zielgerichteten Warnen mitberücksichtigen. Für Leitstellen der Katastrophenschutzeinrichtungen stehen die Meldungen im Lagesystem FeWIS zur Verfügung, um so eine bessere Einschätzung der Situation vor Ort zu ermöglichen. Darüber hinaus werden im DWD derzeit noch vielfältige Verwendungsmöglichkeiten für die Daten untersucht, beispielsweise in der Assimilation zur numerischen Wettervorhersage und der Kurzfristvorhersage, der Weiterentwicklung der Beratungsverfahren, der Verifikation und bei der Erstellung von Gutachten.

Datenschutzkonform

Alle gewonnenen Daten werden durch den DWD zur Qualitätssicherung und für weitere Auswertungen permanent archiviert. Die datenschutzkonforme Erhebung und Speicherung sowie eine juristisch sichere Grundlage für die Nutzung der neuen Daten waren bei der Entwicklung von besonderer Bedeutung. Hierbei konnte ein Konzept umgesetzt werden, in dem der DWD keine persönlichen Daten speichert, aber andererseits vollumfängliche Nutzungsrechte an den Daten erhält.

Im internationalen Kontext mit anderen europäischen Wetterdiensten strebt der DWD eine standardisierte Qualitätssicherung und den Austausch von Meldungen in Echtzeit an – schließlich macht Wetter nicht an Ländergrenzen halt. Ein zentrales Thema in der weiteren Entwicklung wird die nachhaltige Aktivierung von Nutzer*innen und die gezielte Einbindung besonderer Beobachter*innen (sogenannte „trusted spotter“) im Rahmen der Bürgerforschung („citizen science“) sein. Durch die intensivere Beteiligung der Bürger*innen ist die Bevölkerung deutlich sensibler für gefährliche Wettererscheinungen.

Einige Kennzahlen

- 750.000 Nutzermeldungen in 2020
- Ca. 70.000 Bilder
- In der Spitze 26.000 Meldungen pro Tag
- Nutzermeldungen werden in der WarnWetter-App und in FeWIS für den Katastrophenschutz abgegeben (FeWIS mit ca. 300 Millionen Aufrufe pro Jahr)

01 Nutzermeldungen pro Tag in den ersten vier Monaten, Spitzenwert in Unwetterlagen mit 26.000 Meldungen pro 24 Stunden

01





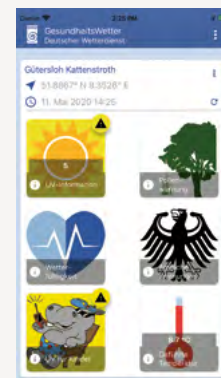
02

02 Drei Tage Verspätung wegen ungünstiger Wetterbedingungen: Ende April wurden per Flugzeug einige Personen von Polarstern abgeholt, die aufgrund ihrer persönlichen Situation nicht länger an der Expedition

teilnehmen konnten. Ohne Flugwettervorhersage wäre eine solche Aktion nicht möglich gewesen. Die Flugzeuge waren von Grönland aus gestartet und kehrten dorthin auch wieder zurück.

03 Übersichtsseite der Gesundheits-Wetter-App

03



„GesundheitsWetter-App“ warnt vor Gefahren des Wetters für die Gesundheit

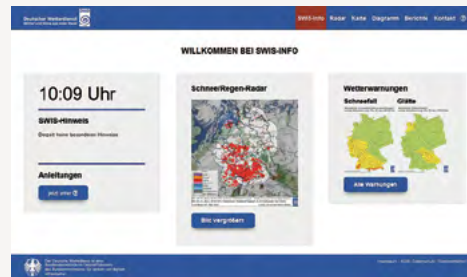
Millionen Menschen in Deutschland leiden unter Pollenallergien, reagieren bei bestimmten Wetterlagen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder müssen sich bei der Arbeit und in der Freizeit vor Sonnenbrand oder Hitze schützen. Das Wetter kann aber nicht nur gefährliche oder störende gesundheitliche Auswirkungen auf viele Menschen haben, sondern wirkt sich in der Folge zum Beispiel durch mehr Krankentage bei Beschäftigten auch negativ auf die Wirtschaft in Deutschland aus.

Der Deutsche Wetterdienst stellte Ende Mai 2020 eine neue App zur Verfügung, die tagesaktuell über mögliche beeinträchtigende Einflüsse des Wetters auf den Menschen informiert und vor Gesundheitsgefahren zum Beispiel durch Hitze warnt. Sie soll Betroffenen ermöglichen, sich rechtzeitig auf für sie relevante Einflüsse des Wetters einzustellen. Nutzerinnen und Nutzer der GesundheitsWetter-App können die Informationen und Belastungsklassen individuell einstellen und abrufen. Die App kostet einmalig 0,99 Euro. Sie ist in den App-Stores von Apple und Google unter dem Stichwort „GesundheitsWetter-App“ zu finden.

Funktionen der GesundheitsWetter-App des DWD:

- Amtliche UV-Warnungen, UV-Index sowie UV-Warnungen für Kinder
- Amtliche Hitzewarnungen
- Vorhersage der Gefühlten Temperatur
- Pollenflugvorhersage und daraus abgeleiteter Gefahrenindex
- Vorhersage der Wetterfühligkeit für allgemeine Beeinträchtigungen des Befindens, asthmatische Erkrankungen, Herz-Kreislauf-Beschwerden und rheumatische Beschwerden
- Frei konfigurierbare Warnelemente und Warnstufen
- Konfigurierbare Alarmierungsfunktion (Push-Benachrichtigungen) für frei wählbare Ortsfavoriten

01



02



SWIS – Das StraßenWetterInformationsSystem auf neuen Wegen

Seit Mitte Oktober 2020 bietet der DWD für die Autobahn- und Straßenmeistereien der Landesbehörden und die Autobahn GmbH sowie privaten Kunden (gegen Entgelt) ein neues Winterdienstportal namens SWIS-Info an. Das neue Portal bietet eine komfortable Übersicht über alle relevanten Wetterdaten insbesondere zur Planung und Steuerung von Winterdienstesätzen. Neben den amtlichen Warnungen sind natürlich auch weitere Informationen wie Schnee-/Regenradar-bilder und -filme, Wetterstationsdaten und Wetterberichte verfügbar (s. Abb. 01).

Eine Besonderheit des Portals ist die Darstellung der Messungen der mehr als 1.500 Straßenwetterstationen (SWS) und die Vorhersage für deren Standorte. Die SWS werden von den Straßenverwaltungen der Länder und ab 2021 anteilig von der Autobahn GmbH betrieben. Der DWD hat daher keinen direkten Einfluss auf die Messungen, unterstützt die Datenproduzenten aber mit seiner langjährigen Erfahrung im Messbereich und in der IT.

Die Messung der Temperatur an der Oberfläche des Straßenbelags ist aufgrund der äußeren Einflüsse recht fehleranfällig. Deshalb wurde im Jahr 2018 eine vollständig automatisierte Qualitätssicherung eingeführt. Dabei werden die 15-minütigen deutschlandweiten Messungen von mehr als 1.500 Straßenwetterstationen überprüft. Auffälligkeiten werden im Portal SWIS-Info dargestellt. Über eine Karte (Abb. 02) können in SWIS-Info die Straßenwetterstationen ausgewählt werden und der Verlauf von Temperatur, Taupunkt, Belagstemperatur, Niederschlagsart und -menge sowie Straßenzustand nun bis zum siebten Folgetag in stündlicher Auflösung als Grafik visualisiert werden.

Vorhersageverfahren

Durch die grundlegende Modernisierung der Vorhersageverfahren wurde der Vorhersagezeitraum und die zeitliche Auflösung deutlich erhöht sowie detailliertere Straßenbelagzustände realisiert. Das bisher zur Vorhersage genutzte Energiebilanzmodell (EBM) war Anfang der 1990er Jahre entwickelt worden und technologisch in die Jahre gekommen. Deshalb wurde ein neues Open-Source-Modell implementiert. Das sogenannte METRo-Modell (**M**odel of the **E**nvironment and **T**emperature of **R**oads) berechnet die speziellen Parameter für die Straßenwettervorhersage. Dabei liefert ein ebenfalls neuer Vorhersagedatensatz, der durch einen statistischen Ansatz qualitätsgesicherte historische und aktuelle Messwerte der SWS mit verschiedenen Wettermodellen kombiniert, die Eingangsdaten für METRo.

01 Startseite des neuen Portals

02 Karte mit Radarbild und Messungen der SWS (links), Grafik mit Messungen und Vorhersagen für die SWS für die nächsten sieben Tage (rechts)

Nutzerschulung

Aufgrund der Corona-Pandemie und recht kurzfristigen Entwicklung des neuen Portals war es nicht möglich, die Kunden persönlich über die Neuerungen zu informieren und zu schulen. Deshalb wurde zum Start des Winters im Dezember ein virtueller Adventskalender in das neue Portal eingebunden. Jeden Werktag gab es ein neues etwa sechsinütiges Tutorial mit einer fachlichen Erklärung zu Inhalten des neuen Portals und jeweils einer kleinen Geschichte der Protagonisten Melti, einem Schneemann, und Rudi, einem Rentier, die mit der DWD-Moderatorin in Dialog traten. Dieses für eine wissenschaftliche Behörde etwas unkonventionelle Format fand viel positive Resonanz bei den Kundinnen und Kunden.

Klimavorhersagen für die kommenden zehn Jahre

Dekadische Klimavorhersagen decken den von Wirtschaft, Politik und Gesellschaft benötigten Zeitraum der nächsten zehn Jahre ab und füllen die Lücke zwischen Klimavorhersagen für die nächsten Monate und langfristigen Klimaprojektionen bis 2100. Die Vorhersagbarkeit für längere Zeithorizonte basiert auf Komponenten des Klimasystems, die auf Änderungen der Atmosphäre langsam reagieren, wie Ozeane und Landoberfläche.

03 Basis-Ensemble-mittelvorhersage für Temperatur in Deutschland für 2020 und 2025 bis 2029

04 Basis-Wahrscheinlichkeitsvorhersage für Niederschlag in Süddeutschland für verschiedene Zeiträume

05 Experten-Ensemble-mittelvorhersage für Temperatur und Niederschlag in Europa für 2020

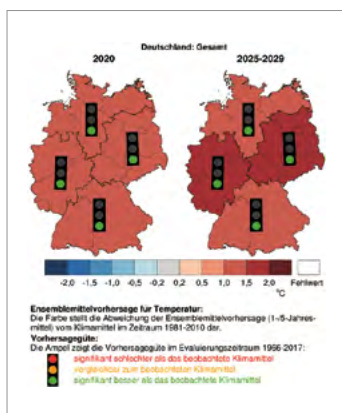
Um die Klimavorhersagequalität zu ermitteln, werden Vorhersagen für vergangene Zeiträume berechnet und mit Beobachtungsdaten verglichen. Darauf basierend wird angenommen, dass die nächsten zehn Jahre mit ähnlicher Qualität vorhergesagt werden können. Da das Modell aber nicht alle Prozesse perfekt darstellen kann, ist die Qualität davon abhängig, welche Klimaelemente, Region und Zeitperiode betrachtet wird. Um Fehler in den zur Initialisierung der Vorhersage verwendeten Beobachtungen abzuschätzen, werden zehn Klimavorhersagen mit verschiedenen Startwerten berechnet und Mittelwert sowie Bandbreite des Vorhersage-Ensembles betrachtet.

In der Fördermaßnahme „Mittelfristige Klimaprognosen“ (MiKlip) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurde von 2011 an bis 2020 ein dekadisches Klimavorhersagemodell entwickelt, mit dem der DWD seit 2020 jährlich Klimavorhersagen für die nächsten zehn Jahre erzeugt. Diese werden auf der Klimavorhersagen-Webseite www.dwd.de/klimavorhersagen veröffentlicht.

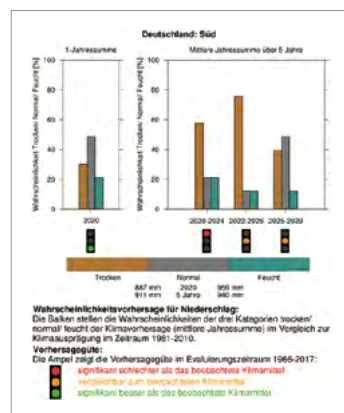
Die Basis-Klimavorhersagen beinhalten Karten, Zeitreihen und Tabellen für deutsche Regionen. Die Vorhersagequalität wird als Ampel dargestellt. Die bereits im März 2020 veröffentlichte Klimavorhersage für das Jahr 2020 ergab z. B. in ganz Deutschland eine um 1,0 bis 1,5 Grad höhere Temperatur als im Bezugszeitraum 1981 bis 2010 und für 2025 bis 2029 noch höhere Werte.¹ Ein weiteres Beispiel zeigt eine Wahrscheinlichkeit von über 50 bis 70 Prozent für trockene Zeiträume 2020 bis 2024 und 2022 bis 2026 in Süddeutschland, aber mit geringerer Vorhersagegüte. Die Experten-Klimavorhersagen bieten detailliertere Darstellungen für Deutschland, Europa und die Welt. So zeigt die ebenfalls im März 2020 veröffentlichte Vorhersage für 2020 in Südosteuropa eine über 2 Grad höhere Temperatur als im Bezugszeitraum. Höhere Niederschläge werden in Westnorwegen und Süditalien und geringere Niederschläge in Zentralfrankreich und der Südukraine erwartet. Die Vorhersagegüte wird durch drei Punktgrößen dargestellt. Die Webseite wird schrittweise um Klimavorhersagen der nächsten Wochen und Jahreszeiten erweitert. So sind die dekadischen Klimavorhersagen ein weiterer Meilenstein auf dem Weg, die Gesellschaft an den Klimawandel anzupassen.

¹ Die tatsächliche Jahresmitteltemperatur 2020 betrug in Deutschland 10,4 Grad Celsius (°C). Dies bedeutete eine Abweichung um plus 1,5 Grad zum Bezugszeitraum 1981 bis 2010.

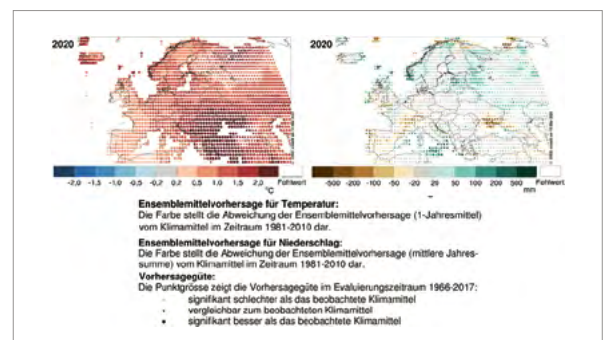
03



04



05



Nationalpark Berchtesgaden – Zusammenarbeit in einem einzigartigen Referenzgebiet

Der Nationalpark Berchtesgaden und der Deutsche Wetterdienst verstärken ihre vieljährige Zusammenarbeit. Wie sich die fortschreitenden Klimaänderungen in kleinräumigen, ökologisch unterschiedlichen Lebensräumen auswirken, ist ein Forschungsschwerpunkt in Deutschlands einzigem Alpen-Nationalpark. Da sich die Auswirkungen des Klimawandels in Gebirgsregionen früher und extremer zeigen, ist der Alpenraum besonders betroffen. Dabei ist der Nationalpark Berchtesgaden durch seine große Höhererstreckung (von 600 bis über 2.700 m über NN), die Vielfalt seiner Lebensräume und seinen expliziten Forschungsauftrag ein einzigartiges Referenzgebiet, in dem sich die Klimawandelfolgen intensiv studieren lassen. Die Ergebnisse der dortigen Forschungen können auf ähnliche Gebiete überregional übertragen werden und sind für zahlreiche Lebensbereiche von Bedeutung, wie etwa für die Ökologie, die Forstwirtschaft, den Tourismus, den Bevölkerungs-, Umwelt- und Naturschutz sowie die Wasserwirtschaft.

Erfassung und Archivierung historischer Messdaten

Aktuell unterstützt der DWD den Nationalpark dabei, historische Messwerte zu erfassen und zu archivieren. Hierbei spielen Qualitätssicherung und Vergleichbarkeit dieser Messwerte eine entscheidende Rolle, um die vieljährige lokale Klimaentwicklung im Nationalpark noch differenzierter beurteilen zu können. So werden u. a. alte Messstreifen aus dem Nationalpark im Münchener Know-how-Center des DWD für Alpine Klimatologie digitalisiert, Datensätze aus dem Nationalpark und von DWD-eigenen Stationen gesichtet und homogenisiert. Die Zusammenarbeit zwischen DWD und Alpen-Nationalpark konzentriert sich künftig noch stärker auf die Themenfelder Klimawandel, Umweltmonitoring und Datenmanagement. So werden gemeinsam neue Forschungsziele und Aktivitäten vereinbart und umgesetzt.

02 Flugobjekt EM-Bird: Während es an einem Helikopter hängend über weite Strecken geflogen wird, misst dieses Instrument rund zehnmal pro Sekunde die Eisdicke. So kommen für die Forscher*innen viele Werte zusammen.

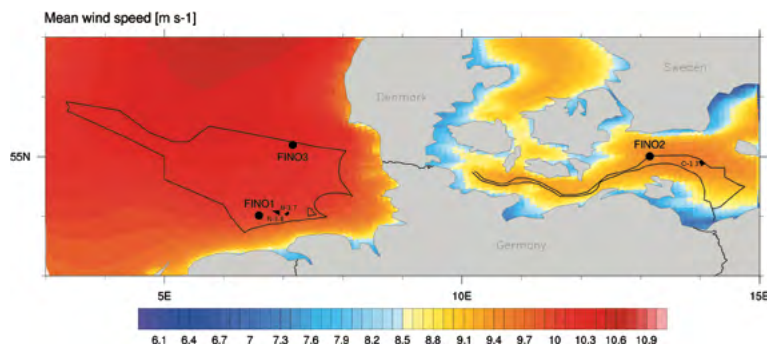
Im Rahmen des Kooperationsvertrags betreibt der DWD über seine Mobile Messeinheit derzeit insgesamt acht Stationen im Nationalpark. Diese ergänzen Messungen der Stationen des Nationalparks und des Lawendienstes. Die Stationen liefern zum Teil schon seit über 20 Jahren in stündlicher und seit 2017 in zehnminütiger Auflösung Messungen zur Lufttemperatur (Mittelwert und seit diesem Jahr auch 10-Minuten-Minimum und -Maximum) sowie Luftfeuchte. Die Stationen müssen regelmäßig gewartet und die Daten ausgelesen werden, da die Datenübertragung (noch) nicht automatisch erfolgt. Der Zugang zu einigen Stationen, darunter die DWD-Stationen am Funtensee und am Grünsee, erfolgt nur zu Fuß. Werden schwerere Bauteile benötigt, bringt sie ein Hubschrauber. Im Winter sind diese Stationen, je nach Schneeverhältnissen, nur mit Schneeschuhen zu erreichen, bei hoher Lawengefahr ist ein Zustieg gar nicht erst möglich.

01 Messstationen im Nationalpark Berchtesgadener Land: Rot eingezeichnet die Messstellen des DWD, in Weiß die des Nationalparks

01







01

01 | Vielfährige Mittel der Windgeschwindigkeit in m/s für den Zeitraum 1995 bis 2018 aus COSMO-REA6 auf Modellfläche 37 (116 m). Die Grenzen der deutschen AWZ in Nord- und Ostsee sind durch

schwarze Linien dargestellt. Die 2021 auszu-schreibenden Flächen sind als schwarz ausgefüllte Flächen hinterlegt, die Positionen der FINO-Masten sind durch schwarze Punkte dargestellt.*

* Quelle siehe Seite 75

Offshore-Windparks mit DWD-Wetterdaten

Die Errichtung von Offshore-Windparks in den Gewässern der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) ist ein wesentlicher Baustein der Energiewende in Deutschland. Die Auswahl von Lage, Form und Leistung der Windparks lag bisher im Wesentlichen bei den Betreibern. Diese Parameter waren Teil der jeweiligen Windparkplanung, die vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) als zuständige Genehmigungsbehörde zu überprüfen war.

Die staatliche Planungsbefugnis wurde mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (WindSeeG) nun deutlich ausgeweitet. In einem mehrstufigen Verfahren überprüft das BSH zunächst, ob eine Fläche zur Errichtung von Windparks geeignet ist. Dazu werden der Baugrund, die Meeresumwelt sowie die Wind- und ozeanographischen Verhältnisse untersucht (Voruntersuchung). Danach erfolgt eine öffentliche Ausschreibung, um den am besten geeigneten Betreiber zu ermitteln. Maßgeblich für den Zuschlag ist die Höhe der beanspruchten staatlichen Förderung.

Die erste Ausschreibungsrunde auf Basis des WindSeeG startet im März 2021 mit zwei Flächen in der Nordsee (in der Grafik mit N-3.7 und N-3.8 bezeichnet, beide etwa 30 bis 40 km nördlich der ostfriesischen Inseln) sowie einer Fläche in der Ostsee (in der Grafik mit O-1.3 bezeichnet, etwa 40 km nordöstlich der Insel Rügen). Für die Kalkulation des Ertrages durch die Bieter sind genaue Informationen über die Windverhältnisse ein wichtiger Faktor. Der Deutsche Wetterdienst koordiniert dazu die Auswahl und Zusammenstellung geeigneter Daten und Berichte. Hierbei handelt es sich vor allem um Messungen des vertikalen Windprofils direkt in den Flächen oder in deren unmittelbarer Umgebung sowie die Auswertung von sogenannten Reanalysen.



02

Reale Messungen + Reanalysen = hohe Datenqualität

Für die drei Flächen verwendete der DWD zunächst die vieljährigen Messungen an den Forschungsplattformen FINO1 (Nordsee) und FINO2 (Ostsee). Die Daten von Windgeschwindigkeit und Windrichtung im Höhenbereich von 30 bis 100 m wurden standardisiert und einheitlich qualitätsgeprüft (www.dwd.de/fino-wind). Da sich FINO1 und FINO2 in einiger Entfernung von den drei Flächen befinden, beauftragte das BSH einjährige Messungen des vertikalen Windprofils nach Industriestandard in den beiden Nordseeflächen. Für O-1.3 konnte der DWD auf mehrjährige Messungen vom Messmast eines Energieversorgers im Arkonabecken zugreifen. Für die drei zur Auswahl stehenden Gebiete verwendete der DWD zudem

zwei operationelle Reanalysen der Atmosphäre. Ergebnis: In der Nabenhöhe aktueller Windenergieanlagen liegt die mittlere Windgeschwindigkeit in allen drei Flächen einheitlich bei etwa 10 m/s. Im Vergleich mit den Messungen an FINO1 und FINO2 zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung mit den Reanalysen. Die statistischen Kennwerte der Häufigkeitsverteilungen liegen dicht zusammen und sind ein Beleg für die heute erreichte Qualität dieser Datensätze. Der abschließende Bericht über die Windverhältnisse in allen drei Flächen ist nun Teil des Datenpakets für die Bieter der Flächenausschreibung.

Alle verwendeten Daten und Berichte sind öffentlich verfügbar. So waren bisher die Messungen auf See oft nicht zugänglich. Die Daten aus der Voruntersuchung können zum Beispiel bei der Klimaüberwachung oder für die Validierung von Modellen genutzt werden.

Reanalyse

Täglich werden mithilfe von numerischen Wettermodellen Millionen Beobachtungen assimiliert. Die resultierenden Analysen sind dreidimensionale, konsistente Beschreibungen des atmosphärischen Zustandes. In diesem Sinne kombinieren Analysen die Vorteile des Modells mit den Vorteilen der Beobachtungen. Über die Jahre wird jedes operationelle Modell weiterentwickelt, deswegen ist eine lange

Zeitreihe von operationellen Analysen oft nicht zeitlich konsistent. Reanalysen berechnen die Analysen einiger Jahre bis Jahrzehnte in der Vergangenheit noch einmal mit einem modernen Modell neu und beziehen dabei auch alle jetzt vorliegenden Beobachtungen mit ein. Im vorliegenden Fall nutzte der DWD die mit der Universität Bonn gemeinsam entwickelte Reanalyse COSMO-REA6 sowie die Reanalyse ERA5 des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW).

02 Aufräumarbeiten: Kurz bevor Polarstern die Scholle Richtung Spitzbergen verließ, wurde Ausrüstung per Helikopter „eingesammelt“ und zum Schiff gebracht. Häufig waren wegen des brüchigen Eises die Messstationen nicht mehr zu Fuß zu erreichen.

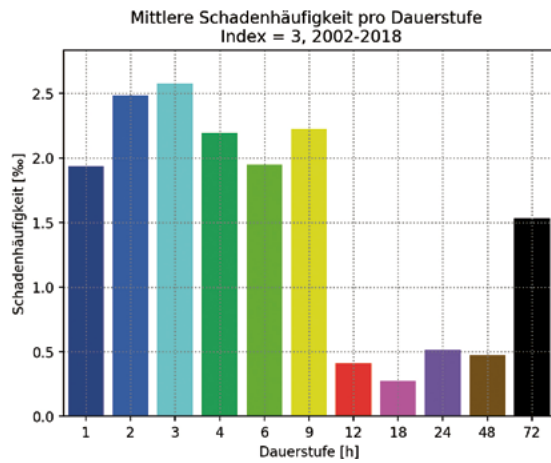
03+04 Die Schleppsonde Helipod im Einsatz. Es handelt sich dabei um eine Art von Miniobservatorium. Ähnlich wie der EM-Bird hängt es am fliegenden Helikopter und führt dabei Messungen, z. B. vom Treibhausgas Methan, über dem Eis durch.



03



04



01

01 Mittlere Schadenhäufigkeit der Starkregenereignisse der elf Dauerstufen für den gesamten Zeitraum von 2002 bis 2018

Zusammenarbeit mit dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft

Klimaforscher vermuten, dass im Zuge des Klimawandels Anzahl und Ausmaß von Wetterextremen zunehmen werden. Aber was bedeutet diese zunehmende Gefährdung für das tatsächliche Risiko? Für das Wetterextrem Starkregen haben der Deutsche Wetterdienst und der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) im Rahmen eines vierjährigen Projektes den komplexen Zusammenhang zwischen Starkregen und versicherten Schäden untersucht.

Um mögliche Verbindungen überhaupt festzustellen, ging es im ersten Schritt darum, die vorhandenen Informationen über solche Ereignisse und versicherte Schäden fachlich adäquat aufzubereiten. Dazu sind sowohl umfassendes Fachwissen über die zugrundeliegenden Rohdaten als auch Kenntnis über ihre Belastbarkeit erforderlich. Der DWD hat für das Starkregenprojekt seine radarbasierte Niederschlagsüberwachung seit Anfang 2001 vollständig und erneut prozessiert und aufbereitet. Der GDV seinerseits stellte die Informationen zu den Schadensmeldungen deutschlandweit so zu Verfügung, dass sie vergleichbar und weitestgehend homogenisiert waren. Damit war es erstmals möglich, die Daten deutschlandweit fachlich zu verschneiden. Dies führte beim DWD dazu, enorme Erkenntnisse über die Folgen und die potentiellen Risiken durch die Naturgefahr Starkregen zu gewinnen.

Inzwischen kann beispielsweise gezeigt werden, dass insbesondere die kleinräumigen und intensiven Starkregen relativ kurzer Andauer, d. h. bis zu drei Stunden, besonders schadensträchtig sind. Um auf ganz ähnliche Weise auch für andere Naturgefahren wie z. B. Hagel deren Auswirkungen besser zu verstehen, haben DWD und GDV vereinbart, dauerhaft zusammenzuarbeiten. Die Überlegungen beinhalten unter anderem, deutschlandweite Kartierungen zu erstellen, auf denen mögliche Risiken von Naturgefahren auch fiskalisch bemessen und bewertet werden. Das Prinzip des kostenfreien Datenaustausches und ihrer für die Verschneidung adäquaten Aufbereitung soll dabei bestehen bleiben. Neben der Naturgefahr Starkregen soll in Zukunft auch die Wettererscheinung Hagel im Fokus der Zusammenarbeit stehen. Grundsätzlich ist die Vereinbarung aber auch für alle Wetterextreme denk- und ausbaubar, falls es einschlägige Daten über korrespondierende versicherte Schäden gibt.

Der DWD erhält somit strategisch eine belastbare Handhabe, seine Analysen zur räumlichen Verteilung von Gefährdungen durch Wetterextreme aufzuwerten. Diese Analyse der aktuellen Risikolandschaft wird auch in der Klimamodellierung eine wichtige Grundlage darstellen. Denn ändert sich die Gefährdung durch Wetterextreme, schlägt sich das auch auf eine veränderte Risikolandschaft nieder. Der DWD stärkt damit substantiell seine Kompetenz in der Klima- und Umweltberatung, insbesondere wenn es um Prävention und Anpassung gegen Naturgefahren geht, die im Zuge des Klimawandels zunehmend erwartet werden.

02 Messflugzeug im Anflug: Mit unbemannten Messflugzeugen konnten die aus den indirekten Lidar-Messungen abgeleiteten Größen durch direkte Messungen überprüft werden.



02

Gewittern und Windböen auf der Spur

Kurzfristige Warnung auf dem Smartphone vor Gewitter mit Starkregen und kräftigen Windböen, kurze Zeit später gießt es wie aus Kannen und die Bäume biegen sich im Sturm – und fünf Kilometer weiter regnet es keinen Tropfen. Wer hat eine solche Situation nicht selbst schon erlebt? Um derartigen in ihrer räumlichen Ausdehnung oft nur ein paar Kilometer großen und in der Regel recht kurzlebigen Wetterereignissen besser auf die Spur zu kommen, führte der Deutsche Wetterdienst an seinem Meteorologischen Observatorium Lindenberg/ Richard-Aßmann-Observatorium (MOL-RAO, Landkreis Oder-Spree, Brandenburg) gemeinsam mit Kooperationspartnern ein Feldexperiment durch.

Für die Wettervorhersage stellen Quellwolken, Schauer und Gewitter sowie Windböen eine besondere Herausforderung dar. Wettervorhersagemodelle können solche kleinräumigen Phänomene von kurzer Dauer nicht explizit simulieren. Um diese Vorgänge in der Atmosphäre besser zu verstehen, untersuchten Wissenschaftler im Sommer 2020 mit fast einem Dutzend sogenannter Doppler-Lidar-Geräte per Laserstrahl das Verhalten des Windes, seine Böen sowie konvektive turbulente Strukturen bis in einige hundert Meter Höhe über Grund. Die Messungen fanden am Lindenerger Observatorium und auf dem zugehörigen Grenzschicht-Messfeld im benachbarten Falkenberg statt. Im Juli kamen über vier Wochen hinweg zusätzlich unbemannte Messflugzeuge zum Einsatz, um die aus den indirekten Lidar-Messungen abgeleiteten Größen durch direkte Messungen zu überprüfen.

Ziel: Verbesserung des Warnmanagements

Dank des durch die Corona-Pandemie reduzierten Luftverkehrs und der Tatsache, dass der Flughafen BER noch nicht eröffnet war, konnten diese Flugzeuge mit Genehmigung der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) ihre Messungen sogar bis in eine Höhe von mehreren Kilometern durchführen. Den Schwerpunkt bildeten aber Messungen in den untersten 500 Metern der Atmosphäre. Mit den Messflugzeugen kann die Variabilität von Wind, Temperatur und Wasserdampfgehalt der Luft mit sehr hoher Auflösung erfasst werden. Die Sensoren registrieren aktuelle Messsignale mehr als einhundert Mal pro Sekunde, woraus sich eine räumliche Auflösung im Dezimeter-Bereich ergibt. Die Wissenschaftler*innen wollten mit diesen Messungen neben dem besseren Verständnis von Konvektion, Windböen und Gewittern auch die optimale Messstrategie für den operationellen Dauerbetrieb der Lidar-Geräte am Observatorium herausfinden. Möglicherweise gelingt es in einigen Jahren, auch die Bildung von Quellwolken und das Auftreten von Gewittern und Windböen kurzfristig noch besser vorherzusagen und die Bevölkerung sowie Wirtschaftssektoren wie den Luftverkehr, die Energiewirtschaft oder das Bauwesen frühzeitiger und noch lokaler mit Warnungen zu versorgen.

Wegen Corona verkleinertes Experiment

Das Feldexperiment trug den Namen FESST@MOL (Field Experiment on Submesoscale Structures @ Meteorological Observatory Lindenberg = Feldexperiment zu kleinräumigen Strukturen am Meteorologischen Observatorium Lindenberg). Als Kooperationspartner wirkten mit: das Karlsruhe-Institut für Technologie (KIT) – Campus Alpin (Garmisch-Partenkirchen), das Institut für Physik der Atmosphäre am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR (Oberpfaffenhofen) und das Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Eberhard Karls Universität Tübingen. FESST@MOL war die reduzierte Variante der ursprünglich für 2020 am MOL-RAO geplanten umfangreichen Kampagne FESSTVaL (Field Experiment on Submesoscale Spatio-Temporal Variability in Lindenberg = Feldexperiment zur kleinskaligen räumlichen und zeitlichen Variabilität der Atmosphäre in Lindenberg). Dabei wollten Wissenschaftler*innen der im Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung (HErZ) mit dem DWD zusammenarbeitenden Universitäten aus Hamburg, Köln, Bonn, Frankfurt am Main und Berlin und die oben genannten Partner durch umfangreiche Beobachtungen, darunter auch ein Messnetz aus mehr als 100 Bodenstationen und ein lokales Wetterradargerät, die oben genannten Prozesse besser verstehen. Wegen der Corona-Pandemie musste dieses größere Experiment um ein Jahr verschoben werden.



01

Weltorganisation für Meteorologie (WMO)

Die im Jahr 2019 vom WMO-Kongress beschlossene Reform wurde im vergangenen Jahr fortgeführt. Die zwei neuen technischen Kommissionen und ihre Untergruppen (Standing Committees und Study Groups) mussten sich aufgrund der weltweiten Covid-19-Pandemie virtuell konstituieren. Über 130 deutsche Experten*innen wurden nominiert und teilweise in die Arbeitsgruppen der beiden technischen Kommissionen berufen.

Die ersten Sitzungen des neu etablierten Technical Coordination Committees und des Policy Advisory Committees, letzteres unter der Leitung von Prof. Dr. Gerhard Adrian, fanden ebenfalls per Videokonferenz statt. Hauptziel dieser neuen Komitees ist es, Entscheidungen für den Exekutivrat (EC) und Kongress vorzubereiten sowie die Koordination aller Gremien untereinander und mit den Regionen sicherzustellen.

Erstmals tagten EC und das Finanzkomitee per Videokonferenz. Beim EC nahmen zeitweise bis zu 300 Berater der 37 Mitglieder teil. Besonders wurde hier die finanzielle Situation der WMO diskutiert, die durch verzögerte Zahlung von Mitgliedsbeiträgen etwas in Schieflage geraten ist. Es wurde auch entschieden, dass der außerordentliche Kongress im Jahr 2021 sich hauptsächlich mit den Themen WMO-Reform, Datenpolitik und Hydrologie beschäftigen wird. Des Weiteren wurde eine Task Force ins Leben gerufen, die das Konzept und die Arbeitsweise der Regionalassoziationen überprüft, damit diese besser in die Arbeit der neuen WMO-Strukturen mit einbezogen werden können.

01 Außeneinsatz auf der Scholle über aufgebrochenes Eis: Vorsicht und Phantasie waren gefragt, wenn Wissenschaftler*innen

zu Forschungsstationen unterwegs waren. Wie immer, waren Außeneinsätze nur bei entsprechenden Wetterbedingungen möglich.

Im November fand die erste Sitzung der Infrastruktur-Kommission statt, die u. a. das zukunftsweisende Global Basic Observing Network diskutiert hat, aus dem sich neue Anforderungen an die Beobachtungssysteme ergeben. Auf einer eintägigen Sitzung der Regionalassoziation Europa (RA VI) wurde die regionale Struktur an die neue WMO-Struktur angepasst und die Prioritäten für die nächsten Jahre diskutiert.

Über 1.200 Personen nahmen an der globalen Datenkonferenz im November teil, die vollständig virtuell organisiert wurde. Ziel dieser Konferenz war es, die Anforderungen an eine WMO-Datenpolitik zu formulieren, die gerade überarbeitet wird.



02

02 Dronville: Von hier starteten Drohnen für Messungen in der Atmosphäre. Heftige Bewegungen im Eis zerrissen die ursprünglich zusammenhängende Eisfläche. Ständig in Gefahr: die Stromkabel (im Vordergrund).

Europäisches Zentrum für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW)

Das EZMW unterzeichnete mit der Firma Atos SE einen Vierjahresvertrag über die Lieferung seines neuen Supercomputers im Wert von über 80 Millionen Euro. Die Entscheidung wurde nach einem internationalen Ausschreibungsverfahren getroffen, bei dem die Bieter anhand von Kriterien wie Leistungszusage, Umsetzungsplan, Flexibilität und Risiken, Qualität der technischen Lösung, Umweltauswirkungen, Qualität der Erbringung und Unterstützung von Dienstleistungen sowie Preis bewertet wurden. Das neue System wird die nachhaltige Leistung im Vergleich zur derzeitigen Hochleistungsrechneranlage des EZMW um den Faktor fünf steigern.

Am 9. Dezember entschied sich der Rat des EZMW für Bonn als dritten Sitz (neben Reading und Bologna). Der neue Standort im internationalen Viertel Bonns wird 2026 fertiggestellt. Während der Hauptsitz des EZMW in Großbritannien verbleibt, werden schon im Sommer 2021 die ersten Mitarbeitenden an temporären Standorten ihre Arbeit in der ehemaligen Bundeshauptstadt aufnehmen, bevor Ende 2026 das dauerhafte Domizil bezogen wird. Der neue EZMW-Standort dient dazu, EU-finanzierte Aktivitäten zu bündeln, die wegen des Austritts von UK aus der EU nicht mehr aus Reading erbracht werden können.

Ferner liefen in 2020 beim EZMW die Vorbereitungen für die Delegation Agreements für die nächste Copernicus-Phase. Da die Verhandlungen für den nächsten Mehrjährigen Finanzplan der EU (Multiannual Financial Framework, MFF) noch nicht abgeschlossen waren, bestand eine gewisse Unsicherheit bezüglich der Finanzierung, insbesondere für das Übergangsjahr 2021.

Neben den Copernicus-Diensten war das EZMW im vergangenen Jahr kontinuierlich bei „Destination Earth“ engagiert. Bei dieser Initiative der Europäischen Kommission geht es um die Entwicklung eines hochpräzisen digitalen Erdmodells. Deutschland unterstützt diese Aktivität, außerdem bringen sich EUMETSAT und ESA ein.

Am 1. Dezember 2020 trat Estland offiziell den anderen 22 Mitgliedstaaten des EZMW bei.

Netzwerk der europäischen Wetterdienste (EUMETNET)

Im Rahmen des EUMETNET-Konsortiums europäischer nationaler Wetterdienste stellte man erste Weichen für eine intensivere Zusammenarbeit für den Austausch neuer Datenquellen über zukunftssträchtige Cloud-Infrastrukturen. Um den Anforderungen aller Mitglieder gerecht zu werden, wurde eine Serie virtueller Direktoren-Workshops initiiert, deren Ergebnisse in ein Konzept für ein regionales Verbund-Datenmanagementsystem (Federated Data Coordination Mechanism) fließen werden. Dabei werden ebenso nationale Anforderungen berücksichtigt sowie Synergien zu vergleichbaren Konzepten der WMO (WMO Information System, WIS) oder der von EUMETSAT und EZMW betriebenen European Weather Cloud betrachtet.

Im Rahmen von EUMETNET wurde an einer neuen Darstellung des Unwetterwarnsystems Meteocalarm (www.meteocalarm.eu) gearbeitet. Der DWD war in der Implementierung des Prototyps eingebunden. Das System warnt seit 2007 vor möglichem extremen Wetter in Europa, wie Starkregen mit Hochwassergefahr, schweren Gewittern, Sturmböen, Hitzewellen, Waldbränden, Nebel, Schnee, extremer Kälte, Schneestürmen, Lawinen oder schweren Fluten. Die jeweiligen Unwetterwarnungen werden von europäischen Wetterdiensten und Partnern herausgegeben.

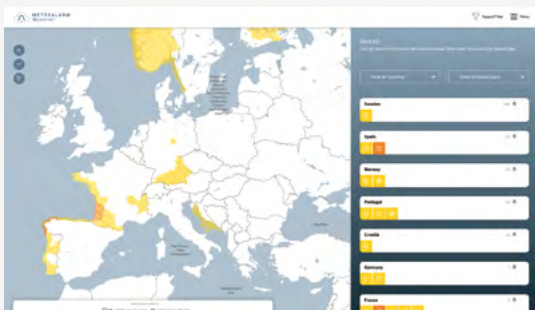
Entwicklungszusammenarbeit im DWD

Beim 72. WMO-Exekutivrat im Sommer wurde über die Fortsetzung der Entwicklung der Initiative Sustainable Observation Financing Facility (SOFF) entschieden. Ziel ist es, diese auf der Weltklimakonferenz COP 26 im November 2021 in Glasgow offiziell zu starten. Mit SOFF soll die Schließung der Lücken im globalen Beobachtungsnetz finanziert werden. Durch Förderung z.B. der internationalen Entwicklungsbanken soll SOFF es den Entwicklungsländern ermöglichen, ihren Beitrag zur globalen Basisbeobachtung zu leisten. In der gemeinsamen Erklärung von EZMW, EUMETSAT, EUMETNET und WMO haben die Leiter dieser Institutionen am Rande des Exekutivrates ihre Unterstützung für SOFF kundgetan. Der DWD war an der Entwicklung des Konzepts für SOFF mit eingebunden.

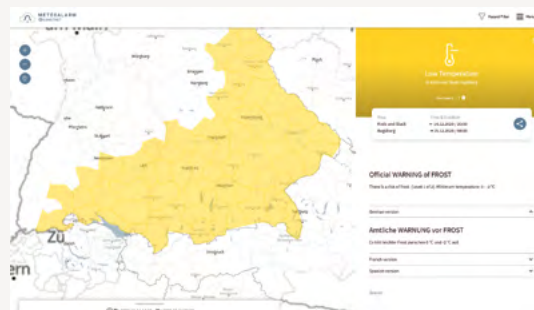
Im Februar fand das Abschlusstreffen des Projektes Climate Services für Infrastrukturinvestitionen (IKI-CSI) mit der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) in Bonn statt. In der zweiten Projektphase (bis Anfang 2022) ist der DWD ohne Projektpersonal in kleinem Umfang beteiligt.

Ein Stipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung vom Meteorological Service Department Zimbabwe (MSD) hospitierte von April 2020 bis Februar 2021 im Regionalen Klimabüro des DWD in Potsdam. Sein Arbeitsschwerpunkt lag im Bereich „Analyse der Ergebnisse regionaler Klimamodelle über dem südlichen Afrika mit Schwerpunkt auf Klimaextremen und auf Simbabwe.“

- | | |
|--|---|
| <p>01 Desktop-Darstellung der Meteocalarm 2.0 Anwendung vom 12.12.2020 (Prototyp)</p> | <p>02 Darstellung einer offiziellen Wetterwarnung in Meteocalarm 2.0</p> |
|--|---|



01



02

Bilaterale Zusammenarbeit

Der DWD steht regelmäßig im Austausch mit anderen Wetterdiensten und internationalen Organisationen. Im Rahmen der „Informal Conference of Directors of Meteorological Services in Western Europe“ (ICWED) wurde die Überarbeitung der im Mai 2016 verabschiedeten europäischen Wetterdienst-Strategie zur Fortschreibung bis 2030 angestoßen, an der sich der DWD durch Prof. Dr. Gerhard Adrian aktiv beteiligt.

Gespräche auf Direktorebene mit anderen Wetterdiensten mussten 2020 aufgrund der Covid-19-Pandemie entweder in virtueller Form durchgeführt oder auf unbestimmte Zeit verschoben werden. Der Austausch mit Experten*innen anderer Wetterdienste über fachspezifische Aufgaben und Tätigkeiten konnte dennoch erfolgreich auf virtueller Ebene fortgeführt werden.

Europäische Union (EU)

Copernicus

Der DWD führte seine Beiträge zu den Copernicus-Diensten in den Bereichen Überwachung der Zusammensetzung der Atmosphäre, Überwachung des Klimawandels und des Katastrophenmanagements (hier im Rahmen des Hochwasserfrühwarnsystems) weiter mit hoher Verlässlichkeit fort. Das Jahr 2020 kennzeichnete den Übergang der ersten Programmphase während des Mehrjährigen Finanzrahmens (MFF) der Jahre 2014 bis 2020. Die nächste Phase Copernicus 2.0 ist weitgehend vorbereitet, und die offiziellen Verträge der EU mit Schlüsselpartnern wie EZMW, EUMETSAT und ESA stehen kurz vor dem Abschluss.

Open Data Directive

Die Europäische Union strebt weiter nach offener und entgeltfreier Bereitstellung öffentlich finanzierter Datenbestände. Die Richtlinie zur Public Sector Information (PSI), jetzt unter dem Titel „Open Data Directive“, wurde überarbeitet und soll 2021 verabschiedet werden. Derzeit werden sogenannte Hochwertige Datensätze (High Value Dataset) identifiziert. Dabei ist bereits eine Kategorie „Meteorologie“ definiert. Eine eingehende Erfassung meteorologischer und klimatologischer Datensätze unter Hochwertigen Datensätzen ist ebenfalls im Jahr 2021 zu erwarten.

EUMETSAT

Missionen

Am 21. November konnte Sentinel-6 Michael Freilich (Jason-CS) erfolgreich gestartet werden. Im Fokus steht dabei die hochauflösende Vermessung der Meereshöhe, aber auch vertikale Temperaturprofile der Tropo- und Stratosphäre.

Im November 2020 eröffnete DWD- und WMO-Präsident Prof. Dr. Gerhard Adrian einen Workshop, in dem Wissenschaftler*innen ihre Erkenntnisse und Erfahrung mit den neuartigen Daten des Wind-Lidars auf dem Aeolus-Satelliten austauschten. Der erwartete positive Effekt auf die Vorhersagequalität wird in Studien des EZMW, aber auch des DWD bestätigt. Die technischen und wissenschaftlichen Überlegungen zur Konzeption einer Nachfolge-Mission „Aeolus-FollowOn“ zur Operationalisierung dieser Technologie schreiten voran.

Datendienste

Die Entwicklung neuer Datenzugangsdienste auf Grundlage von Cloud-Technologie wurde weit vorangetrieben, eine vollständige Operationalisierung kann im ersten Quartal 2021 erwartet werden. Diese Arbeiten sind eng mit der Entwicklung der European Weather Cloud verknüpft, bei der EUMETSAT und EZMW kooperieren.



01 Nirivololona Raholijao (links) und Prof. Dr. Gerhard Adrian im Sommer 2019 nach der Unterzeichnung des Memorandum of Understanding in der Offenbacher DWD-Zentrale

Stärkung der Agrarmeteorologie in Madagaskar

Aufgrund seiner geographischen Lage und der Abhängigkeit seiner Bevölkerung von natürlichen Ressourcen ist Madagaskar sehr anfällig für die Auswirkungen des Klimawandels. Diese Auswirkungen betreffen insbesondere den Agrarsektor, der sowohl eine wichtige wirtschaftliche Komponente des Inselstaates als auch die Lebensgrundlage für einen sehr großen Teil der Bevölkerung darstellt. Drei von vier Madagass*innen lebten im Jahr 2020 unterhalb der Armutsgrenze.

Seit 2017 arbeiten DWD und die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) im Rahmen des Projekts „Anpassung landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten an den Klimawandel“ (PrAda) mit verschiedenen Akteuren in Madagaskar zusammen. Übergeordnetes Ziel des Projektes PrAda ist es, die Präzision der Klimadienstleistungen für den Agrarsektor in Madagaskar zu verbessern. Der zentrale Partner des DWD vor Ort ist der nationale Wetterdienst Direction Générale de la Météorologie (DGM). Das Projekt soll insbesondere die DGM bei der Implementierung und unabhängigen Nutzung des agrarmeteorologischen Modells AMBAV_global unterstützen.

Im Jahr 2020 konzentrierten sich die Aktivitäten des DWD auf die Verbesserung der landwirtschaftlichen Anbaukalender in Madagaskar mithilfe von AMBAV_global und den saisonalen Prognosen des German Climate Forecast System (GCFS). AMBAV_global ist ein agrarmeteorologisches Modell, das vom DWD entwickelt wurde, um zwei Schlüsselparameter zu bestimmen: die tatsächliche Verdunstung der Pflanzen und des Bodens (Evapotranspiration) und die Bodenfeuchtigkeit in der durchwurzelten Zone landwirtschaftlicher Flächen. Beide Parameter sind für die Akteure des landwirtschaftlichen Sektors gleichermaßen wertvoll, um das Risiko witterungsbedingter Ernteeinbußen zu verringern, den Ressourceneinsatz zu optimieren und mit zunehmender Klimavariabilität und Klimawandel umzugehen. Madagaskar ist das erste Entwicklungsland, in dem AMBAV_global angewendet wird.

Die angestrebten Projektziele wurden Ende Dezember 2020 nach einer coronabedingten Verlängerung der Kooperation DWD-GIZ-DGM erreicht. Die Fertigstellung der Arbeitspakete und die Erzielung der geplanten Projektergebnisse waren sowohl für den madagassischen Wetterdienst als auch für den DWD von großem wissenschaftlichen Interesse. Insbesondere ist das vom DWD entwickelte agrarmeteorologische Modell AMBAV_global erfolgreich in die Arbeitsabläufe der DGM integriert worden. Zukünftig kann die DGM in Madagaskar das Modell selbstständig nutzen und potenziell auch weiterentwickeln.

Wie in einem in 2019 unterzeichneten Memorandum of Understanding zwischen den beiden Wetterdiensten vereinbart, werden DWD und DGM auch künftig bei der Entwicklung von agrarmeteorologischen und agrarwissenschaftlichen Beratungsdiensten für Anwendungen in Madagaskar fachlich eng zusammenarbeiten.

02



03



02 Umbau einer MODES III an einer Wst. III Helmstedt-Emmerstedt (im offenen Schaltkasten)

03 Frisch umgebaut: Die am 11.09.2019 auf MODES III umgerüstete Wst. III Rosenheim

Von AMDA III zu MODES III in Rekordzeit

Neben dem hauptamtlichen Bodenmessnetz verfügt der DWD über rund 1.700 nebenamtliche Wetterstationen, die über die gesamte Bundesrepublik Deutschland verteilt sind und von Privatpersonen ehrenamtlich betreut werden. Von gut der Hälfte dieser Stationen treffen jede halbe Stunde die meteorologischen Werte im Deutschen Meteorologischen Rechenzentrum des DWD in Offenbach ein. Dies ist möglich, da eine Automatische Meteorologische Datenerfassungsanlage (AMDA) die Daten per Internetanbindung in einem standardisierten Verfahren überträgt. Während die Lebensdauer der Messinstrumente in aller Regel etwa zehn Jahre beträgt, müssen die Datenerfassungsanlagen alle 15 Jahre erneuert werden. Die Erneuerung erfolgt normalerweise bei den regulären Wartungsterminen der Stationen vor Ort, sodass dieser Prozess sukzessive durchgeführt werden kann. Gleichzeitig werden bei solchen Inspektionen neue Messinstrumente installiert. Seit 2016 wurden die AMDA-Systeme auf die neuen Mobilten Datenerfassungssysteme (MODES) umgestellt.

Die Deutsche Telekom hatte jedoch 2017 angekündigt, bis Mitte 2020 den ISDN-Betrieb abzuschalten, so dass bis dahin alle AMDA vom neuen Modularen Datenerfassungssystem (MODES) abgelöst werden mussten. Bis zu diesem Zeitpunkt waren schon 300 Stationen auf MODES mit ISDN umgerüstet. Dies bedeutete, dass diese auf eine Mobilfunkverbindung, und die restlichen gut 500 Stationen deutlich schneller komplett umgestellt werden mussten. Sonst hätten zur Abschaltung der ISDN-Leitungen zu viele Stationen keine Wetterdaten mehr übermitteln können. Gleichzeitig wurden mit dem Einbau von MODES auch neue Niederschlags- und Luftfeuchtesensoren eingebaut. Der Zeitplan wurde durch eine enge Kooperation aller Beteiligten, vom Einkauf bis hin zur Qualitätsprüfung der Daten, im DWD stark gestrafft. Häufig arbeitete das DWD-Technikteam an den Stationen live und parallel mit den Kolleginnen und Kollegen der internen Datenprüfung. Erschwerend kam im Verlauf des Jahres 2020 noch die Corona-Pandemie dazu. Trotzdem konnte die Umstellung zum 30. September 2020 erfolgreich abgeschlossen werden. Zu diesem Tag schaltete die Deutsche Telekom die ISDN-Leitungen ab. Seither werden die meteorologischen Daten der nebenamtlichen DWD-Wetterstationen über deutlich schnellere Mobilfunkverbindungen automatisch nach Offenbach übertragen.

Messprogramm der nebenamtlichen automatischen Wetterstationen, genannt Wst III:

- Lufttemperatur (in 5 cm und 2 m über dem Erdboden)
- Erdbodentemperaturen
- Luftfeuchte
- Niederschlagshöhe

An ausgewählten Standorten zusätzlich:

- Sonnenscheindauer
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Schneehöhe (Gesamt- und Neuschneehöhe)
- Schneebedeckungsgrad (konventionell)
- Schnee-Wasseräquivalent (konventionell)

Das Bildungszentrum arbeitet zunehmend digital

Digitale Arbeits- und Organisationsformen sind ebenso wie zeitgemäße Wissens- und Kommunikationsstrategien für alle Beschäftigten des DWD von zentraler Bedeutung. Das gilt auch für das Bildungszentrum des DWD auf dem Campus der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) in Langen. Im Jahr 2020 wurden mehrere bedeutende Schritte absolviert, um dieses strategische Ziel zu erreichen.

01 Das Messfeld von MetCity mit verschiedenen Messeinrichtungen: In der linken Bildhälfte ist beispielsweise der Aufbau für die Schneehöhenmessungen zu sehen, im Vordergrund Instrumente für Strahlungsmessungen.

So wurden etliche Abschnitte der Laufbahnausbildung als Fernunterricht durchgeführt. Die Studierenden verfolgten den Live-Unterricht mittels des eigens für das Bildungszentrum angeschafften Konferenz- und Präsentationstools Webex. Webex bietet eine umfassende Palette an interaktiver Kommunikation zwischen Dozent*innen und Schulungsteilnehmenden. Unterrichtsmaterialien wurden vornehmlich über die ILIAS-Plattform der Hochschule des Bundes für öffentliche Verwaltung ausgetauscht; auf internationaler Ebene operierte man mit Moodle. Fernunterricht und elektronisches Lernen sollen künftig in das Fortbildungsprogramm des DWD und in die Lehrpläne des Bildungszentrums integriert werden.

Durch die Neubeschaffung geeigneter Konferenztechnik mit mobilen Kameras, Bildschirmen und Mikrofonen kann der Präsenzunterricht in verschiedene Räume oder sogar an Orte außerhalb des Bildungszentrums übertragen werden. Während der Corona-Krise war eine maximale Teilnehmerzahl von zwölf Personen in den Seminarräumen erlaubt, so dass für einige Schulungen zwei Räume

benutzt werden mussten. Ende Juni 2020 wurde diese Technik erstmals in zwei Ausbildungskursen für die externen Flugwetterbeobachter*innen an den Regionalflughäfen erfolgreich angewendet. Für die Zeiten nach der Pandemie erlaubt diese Technik, insbesondere Reisekosten einzusparen, im Bedarfsfall größere Teilnehmerkreise zu erreichen und höhere Flexibilität zu erlangen.

Für die Laufbahnausbildung im gehobenen Dienst wurden Notebooks beschafft, die an alle Studierenden ausgeliehen wurden, insbesondere für die Zeit, in der sie sich nicht dauerhaft am Bildungszentrum befanden. Damit war der Zugang zum DWD-Netz auch von extern möglich. So wurde für die Studierenden auch eine intensivere Anbindung an ihren Arbeitgeber ermöglicht. Die Dozent*innen erhielten zudem besondere Tablets, über die sie die vielfältigen Funktionen der in den Klassenräumen angebrachten Smart Boards im Online-Unterricht ersetzen konnten.



Bundesgerichtshof entscheidet im Streit über die WarnWetter-App des DWD

Mit der Entscheidung des Bundesgerichtshofs (BGH) über die WarnWetter-App am 12. März 2020 hat eine lange und wechselvolle rechtliche Auseinandersetzung ihren Höhepunkt erreicht, die bereits im Jahr 2015 ihren Anfang genommen hat.

Der DWD hatte im Juli 2015 die erste entgeltfreie Version seiner WarnWetter-App veröffentlicht. Ziel war es, die Bevölkerung auf zeitgemäße Art und Weise zuverlässig und professionell vor Wettergefahren zu schützen bzw. die Möglichkeit des Eigenschutzes zu stärken. Die App stieß von Beginn an auf großes Interesse. Gegen die entgeltfreie WarnWetter-App ging zunächst der Verband der privaten Wetterdienstleister im Wege eines Eilverfahrens vor, konnte damit jedoch keinen Erfolg erzielen.

In der Folge wurde der DWD von zwei privaten Wetterdienstleistern auf Unterlassung der entgeltfreien Abgabe der WarnWetter-App in Anspruch genommen. Im Kern lautete der Vorwurf, dass es wettbewerbswidrig sei, wenn der DWD über amtliche Warnungen hinaus entgeltfrei allgemeine Wetterinformationen an die Allgemeinheit abgibt. Nachdem der DWD in einem der Verfahren vor dem Oberlandesgericht noch obsiegen konnte, hat der Wettbewerbsssenat des BGH mit seiner Entscheidung vom 12. März 2020 die Rechtsauffassung des privaten Wetterdienstleisters endgültig bestätigt und festgestellt, dass der DWD bestimmte meteorologische Inhalte seiner WarnWetter-App nicht entgeltfrei an die Allgemeinheit abgeben darf. Das Parallelverfahren wurde im Anschluss an die Entscheidung des BGH von den Parteien für erledigt erklärt.

Bereits seit geraumer Zeit gibt es daher neben der entgeltfreien Version der WarnWetter-App auch eine entgeltpflichtige Version. Diese enthält über Warnungen hinaus eine Reihe zusätzlicher meteorologischer Informationen, sogenannte Kontextinformationen, die nach Auffassung des DWD für die sinnvolle Nutzung der App und die bestmögliche Erfüllung des gesetzlichen Warnauftrags des DWD von großer Bedeutung sind. Mit beiden Versionen der WarnWetter-App erreicht der DWD weiterhin eine große Anzahl von Menschen und trägt auch auf diese Weise zu ihrem Schutz vor Wettergefahren bei.

Der DWD begreift das Urteil auch als Chance, seine Position mit Blick auf den Wettbewerb weiter zu stärken. Die vom BGH in seiner Entscheidung getroffenen Aussagen und ihre möglichen weitergehenden Auswirkungen werden insoweit umfassend gewürdigt und in den fortlaufenden Prozess der Entwicklung der Abgabepolitik des DWD miteinbezogen.

02 Auf den wieder zu-
gefrorenen Rissen
der Scholle bildeten
sich oft wunderschöne
Eisblumen, die man am
besten im Liegen bestau-
nen und fotografieren
konnte.



01 Forschung extrem: Im Umkreis von Polarstern wurden wie in einem Netzwerk mehrere sogenannte Satelliten-Messstationen eingerichtet. An jeder dieser Messstationen wurden zu einem Forschungsschwerpunkt Messungen durchgeführt. Auf dem Bild ist Ocean City zu sehen, zu erkennen an dem blauen Zelt, unter dem sich Messgeräte für die obere Wassersäule befinden. Durch ein Loch in der Scholle wurden Messgeräte über eine Winde ins Wasser gelassen.

Die orangefarbenen Zelte gehören zu Balloontown. Das linke größere Zelt diente dabei als Hangar für „Miss Piggy“, den Fesselballon. Mit „Miss Piggy“ können Messungen bis in eine Höhe von rund 1.600 Meter über mehrere Stunden hinweg durchgeführt werden.

Im Gespräch

57



„Ich lerne die ganze Zeit dazu.“

Prof. Dr. Antje Boetius ist Direktorin des Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrums für Polar- und Meeresforschung (AWI).

Zwischen AWI und DWD besteht seit Jahrzehnten eine enge Zusammenarbeit. Über die Bordwetterwarten auf den Forschungsschiffen Polarstern und Meteor sowie Fernberatungen aus dem DWD-Seewetteramt in Hamburg sorgt der DWD für die meteorologische Sicherung der Forschungsfahrten des AWI oder auch der Forschungsstation Neumayer in der Antarktis.

DWD:

Neben Küsten und Meeren in den gemäßigten Breiten erforscht das AWI besonders Arktis und Antarktis. Was fasziniert Sie als ausgebildete Biologin an diesen Gebieten, die für viele Menschen auf dem europäischen Kontinent doch eher fremd und weit weg sind?

Antje Boetius:

Mich fasziniert erstmal das Gleiche wie viele Menschen, die schon die Gelegenheit hatten, diese weißen gefrorenen Landschaften zu bereisen: Es sind fremdartige Regionen, aber sie sind wunderschön, weil man erst dort versteht, dass es so viele Arten von Weiß gibt, und Eis und Schnee auch so unterschiedlich aussehen können. Als Erdsystemforscherin fasziniert mich zu erkennen, wie wichtig diese weißen Schilder für das Leben auf der Erde sind – sie strahlen Sonnenlicht zurück und vermeiden so Überhitzung. Sie stabilisieren das Klima und sind so verantwortlich, dass wir Menschen im Holozän überhaupt Zivilisationen entwickeln konnten. Als Biologin liebe ich besonders ihre eigene Lebensvielfalt. Was es dort noch alles zu entdecken gibt, welche unglaublich faszinierenden Unterwasserlandschaften. Und dann die Vielfalt an Meeressäugern. Aber auch das kleinste Leben im Eis hat so tolle Anpassungen. Sie sehen, ich komme ins Schwärmen ...

DWD:

Mit MOSAiC hat das AWI die größte Expedition in die Arktis, die jemals stattgefunden hat, mit vielen nationalen und internationalen Partnern durchgeführt. Was sind für Sie bis jetzt die wichtigsten Erkenntnisse?

Antje Boetius:

Während der MOSAiC-Expedition gelang es den mehr als 300 beteiligten internationalen Wissenschaftler*innen, einen großen Datenschatz zu sammeln aus einer Region, die erstmals per Forschungseisbrecher den ganzen arktischen Winter über vermessen wurde. Dabei konnte das MOSAiC-Team, an dem auch der DWD beteiligt war, hunderte von Parametern synchron aufzeichnen, von 30 km über dem Eis bis 4,5 km darunter. Mithilfe dieser Daten lassen sich die vielfältigen Wechselbeziehungen im Klimasystem, die zwischen Atmosphäre, Ozean und Meereis bestehen, besser in Klimamodellen darstellen. Zugleich waren die Forscher*innen während MOSAiC mit enorm dynamischen, teilweise alarmierenden Prozessen konfrontiert. Im Frühsommer und Sommer 2019 und 2020 hat sich das Eis so schnell zurückgezogen wie noch nie. Die Ausdehnung des Meereises ist mittlerweile im Sommer nur noch gut halb so groß wie vor 30 Jahren, als ich meine Doktorarbeit in der Arktis machte. Seine Dicke beträgt ungefähr die Hälfte von damals. Während des Winters hat die MOSAiC-Expedition fast durchgehend etwa zehn Grad Celsius höhere Temperaturen gemessen als Nansen und seine Mannschaft bei der Fram-Expedition vor rund 125 Jahren. All dies zeigt exemplarisch, in welchem schnellem Wandel sich die Arktis und ihr Klima durch die menschengemachte Erderwärmung befinden. Wenn dank der MOSAiC-Daten nun Klimamodelle verbessert werden, können wir auch die Fernwirkung dieses arktischen Wandels auf unsere Breitengrade wesentlich besser vorhersagen.



01

DWD:

Wie waren die Rückmeldungen zur Expedition? Aus der Politik, der Öffentlichkeit von den Teilnehmenden?

Antje Boetius:

Dadurch, dass die MOSAiC-Mission die ganze Zeit begleitet wurde von unserem Medienteam, unserer ausgezeichneten Fotografin Esther Horvath und einem Filmteam der UFA, alle Wissenschaftler*innen und auch viele der Crew an Bord bereit waren, trotz der anstrengenden Bedingungen, zu bloggen, sich interviewen zu lassen, Schüler*innen-Fragen zu beantworten und nach Rückkehr auch viele Vorträge zu geben, hatten wir eine wirklich große Reichweite. Das hat Freude gemacht, denn so haben die Teams auch gespürt, dass die Öffentlichkeit hinter ihnen steht bei der großen Herausforderung. Sie waren schon auch sehr von der Pandemie gebeutelt, die Austausche haben nicht so geklappt wie geplant, die meisten waren wesentlich länger unterwegs als gedacht und auch voll Sorge um ihre Familien. Toll war auch, dass die internationale Polarforschungsgemeinde so hilfsbereit war, sich Bundesforschungsministerin Frau Karliczek so für die Mission interessiert und eingesetzt hat, wie auch ganz Bremerhaven. Ich werde nie vergessen, wie das Schiff hier in Empfang genommen wurde, als es wieder einlief.

Auch mir hat das enorme Interesse viel bedeutet. Die Möglichkeit, den Nordpol und das arktische Klima- und Ökosystem in der bislang so gut wie unerforschten Polarnacht und über einen vollständigen Jahreszyklus hinweg so umfassend zu erforschen, war eine einmalige Chance für die Teilnehmenden aus aller Welt, insbesondere auch für den wissenschaftlichen Nachwuchs. Die Expedition führte uns alle und auch die Öffentlichkeit erstmals direkt an eine Schlüsselregion des globalen Klimasystems heran, die bislang als unzugänglich, unbekannt und weit entfernt galt. Und plötzlich war der Nordpol und die Polarstern mit Crew in jedermanns Wohnzimmer. Mehrseitige Berichte auf allen Kontinenten der Erde und eine Konferenz mit den Astronauten der ISS gehörte genauso dazu wie Grüße des Bundespräsidenten und seiner Frau und viele Einfälle der Freunde und Familien. Berührend auch die ganzen Zuschriften von Kindern und Erwachsenen, mit Job-Bewerbungen, Fragen und Lob. Aber manchmal wurde ich auch wehmütig, weil man ja ahnt, dass manche der Beobachtungen und Bilder von einer Landschaft zeugen, die vielleicht verschwinden wird, wenn wir den Klimawandel nicht stoppen.

01 Prof. Dr. Antje Boetius, Direktorin des Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrums für Polar- und Meeresforschung (AWI)

DWD:

Sie haben die Daten, die während der einjährigen Expedition gewonnen wurden, als „Geschenk an die ganze Menschheit“ bezeichnet, damit mit dem neuen Wissen richtige Entscheidungen getroffen werden. Was passiert nun mit all diesen riesigen Datenmengen und welche Entscheidungen halten Sie für erforderlich?

Antje Boetius:

Das Team ist seit Ende Oktober wieder zurück, mittlerweile sind die Proben verteilt und die Datensätze ausgelesen. Es wird daran gearbeitet, das zentrale Datenmanagement zu komplettieren und eine Strategie für die zweite Runde Veröffentlichungen und Kommunikationen erarbeitet mit den internationalen Partnern. Leider sind durch die Pandemie direkte Treffen und Workshops weiter ausgeschlossen, aber der Koordinator, Markus Rex und die MOSAiC-Teams arbeiten an den Verwertungen. Einiges über Atmosphäre und Eis ist schon unterwegs, aber andere Auswertungen und vor allem die langwierigen biologischen Arbeiten werden das Team noch lange beschäftigen. Es gibt auch viele interdisziplinäre Vernetzungen, zum Beispiel wie bestimmte Wetterlagen und Eisdynamiken auf den Gasaustausch, das Leben im Meer oder eben auch andere Regionen wirken. Das ist dann immer etwas aufwändiger, verschiedene Datensätze zusammenzubringen. Und die große Kür ist dann die Verbesserung der Modellierung zu Atmosphäre, Eis und Ozean sowie ihrer Fernwirkung, dazu müssen viele Datensätze eingeordnet werden.

Was die „richtigen Entscheidungen“ angeht, so ist vor allem wichtig zu verstehen, was passieren muss, damit ein großflächiges Abschmelzen von Meereis abgewendet werden kann.

Da kommt man schnell auf direkte Zusammenhänge zur CO₂-Emission der Menschheit, aber auch zu Fragen anderer Treibhausgase

wie Methan. Eine sofortige Empfehlung ist angesichts der beobachteten Hitzewellen in der Arktis und der extrem schnellen Schmelze in manchen Regionen, dass wir keine Zeit zu verlieren haben, wenn es um den Ersatz fossiler Brennstoffe durch regenerative, klimaneutrale Energien geht. Wir denken oft zu linear, während die Natur uns zeigt, dass es Wechselwirkungen gibt, die auf kleiner Skala ablaufen, oft unbeobachtet von uns – aber skaliert auf globale Prozesse den Klimawandel verstärken. Daher müssen wir noch ehrgeiziger beim Klimaschutz werden, das haben uns die MOSAiC Beobachtungen gezeigt.

DWD:

Wird es jemals wieder eine solche Expedition geben?

Antje Boetius:

Die MOSAiC-Expedition als Arktisexpedition der Superlative ist und bleibt einzigartig. Was wir von 2019 bis 2020 unter enormen logistischen Herausforderungen gemeinsam mit internationalen Partnern geleistet haben, könnte allein aus Kostengründen nicht schnell wiederholt werden. Ich drücke aber sehr die Daumen, dass ein zweiter internationaler Plan, nämlich die Panarktische Untersuchung des Permafrostes, genannt T-MOSAiC, sprich „Terrestrisches MOSAiC“, noch stattfinden kann. Insgesamt muss ich sagen, dass ich es für wichtig halte, immer wieder internationale Beobachtungskampagnen für Klima, Natur und Umwelt zu organisieren – zusammen lernt man nicht nur mehr und kann viel mehr Messtechnologien verknüpfen, es ist auch einfach so wichtig, dass wir diese Kultur des internationalen Lernens, Erkennens und Handelns üben.

DWD:

Stichwort Klimawandel: Sowohl AWI als auch DWD beobachten und erforschen den vom Menschen verursachten Klimawandel. Wo sehen Sie Gemeinsamkeiten, wo Unterschiede?

Antje Boetius:

Wir arbeiten ja viel zusammen in den Polarregionen und auf den Meeren und haben dabei eine sehr gute Aufgabenteilung. Grundsätzlich arbeiten Helmholtz-Zentren anders als Ressortforschungseinrichtungen, aber wenn es darum geht den Klimawandel zu verstehen, so ist es für beide wichtig, direkte Beobachtungen zusammen zu führen, durch Technologien wie Klimarechnen die Prognosen zu verbessern und dann auch Wissen mit der Gesellschaft zu teilen.

DWD:

Viele junge Menschen engagieren sich für den Umwelt- und Klimaschutz. Was wäre Ihre wichtigste Botschaft für sie?

Antje Boetius:

Die Fridays4Future-Kampagne hat weltweit inzwischen eine breite Öffentlichkeit zum Thema Klimawandel und notwendiger Umbau der Gesellschaft erreicht. Sie haben viel vorangebracht, weil sie das Thema nicht nur emotional und empathisch angegangen sind, sondern sich dabei breit und zumeist enorm gut informiert auf die wissenschaftliche Erkenntnis beziehen. Meine Botschaft wäre: „Durchhalten und weiter für die Zukunft einstehen“ – denn ich weiß von vielen, dass es schwer ist, in diesen Zeiten Mut und Zusammenhalt sowie Fortschritt zu erleben.

DWD:

Wissenschaft tut sich häufig schwer, komplexe Inhalte verständlich und nachvollziehbar zu erklären. Einer Ihrer Themenschwerpunkte ist die Wissenschaftskommunikation. Was konkret können Wissenschaftler*innen denn tun, um ihre Erkenntnisse so zu kommunizieren, dass damit dringend notwendige Veränderungen passieren, wie z. B. beim Klimawandel?

Antje Boetius:

Wir haben in den Wissenschaften einen recht klaren Auftrag: Forschung, Lehre und Transfer. Die Kommunikation mit der Gesellschaft ist in allen drei Säulen der Wissenschaft enthalten. Zu unserer gesellschaftlichen Verantwortung gehört es zudem, über Risiken zu sprechen. Das schließt unangenehme Wahrheiten ein, wie zum Beispiel die Verantwortung unserer Generation, die Erderwärmung zu stoppen und nicht kommenden Generationen die Lebensgrundlagen zu entziehen. Wir Wissenschaftler*innen merken aber auch, wenn wir uns an der öffentlichen Debatte engagieren, wird uns oft viel mehr als nur die Fakten unserer Forschung abverlangt. Oft geht es um Einordnung: Fragen zur Ethik, Ökonomie, sozialen Gerechtigkeit, zu Gefühlen und Haltungen prasseln da schnell auf uns Polarforscher ein, die wir ja zeigen müssen, wie schnell das Objekt unserer Forschung sich ändert. Man muss es schaffen, breit zu denken, zuzuhören und dabei aber auch zu klären, wo man als Wissenschaftler*in auf Basis seiner eigenen Forschung spricht und wo man Ergebnisse und Informationen wie auch Einschätzungen zusammenzieht, als denkender Mensch, als verantwortlicher Bürger.

DWD:

2019 erhielten Sie das Bundesverdienstkreuz für Ihr Engagement u. a. in der Ozeanforschung. Der Bundespräsident mahnte mit Worten „Mut zur Zukunft: Grenzen überwinden“. Welche Grenzen sollten Wissenschaftler*innen Ihrer Ansicht nach überwinden?

Antje Boetius:

Für mich ist es essentiell, die Grenzen meiner eigenen Disziplin und meines immer noch beschränkten Wissens zu überwinden. Ich lerne die ganze Zeit dazu. Als Forscherin treibt mich meine Neugier an, die Erde und das Verhältnis zwischen Mensch und Natur umfassend zu verstehen. Unser wissenschaftliches Wissen trägt natürlich bei, gesellschaftliche Aufmerksamkeit zu schaffen, zu warnen, aber auch Lösungen zu finden. Aber viele Fragen zu Klimawandel und Zukunftsgestaltung sind zutiefst ökonomisch, ethisch, philosophisch, haben mit der Frage zu tun „Wie sind wir nur soweit gekommen und wie kommen wir schnell wo anders hin“. Und da versuche ich alles aufzusaugen, was ich an Wissensquellen finde, um das, was ich beobachte, besser einordnen zu können und nicht entmutigt zu werden.

DWD:

Welche Aufgabenschwerpunkte sehen Sie beim AWI in den nächsten Jahren?

Antje Boetius:

Wir haben gerade ein neues Forschungsprogramm begonnen, gemeinsam mit den anderen Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft, die im Bereich „Erde und Umwelt“ forschen. Es heißt „Erde im Wandel: Unsere Zukunft erhalten“. Klimawandel, Artensterben, Umweltverschmutzung wie auch Naturrisiken zählen zu den größten Herausforderungen unserer Zeit. Wir wollen die Funktionen der Erde und die natürlichen Lebensgrundlagen mit einem systemischen Ansatz erforschen, von der Landoberfläche über die Ozeane bis hin zu den entlegensten Polarregionen.

Wir hoffen, gemeinsam mit fundiertem Wissen über das System Erde, innovativen Technologien, strategischen Lösungsansätzen und Handlungsempfehlungen für die Politik den Weg in eine nachhaltige Zukunft unterstützen zu können, natürlich mit vielen Partnern wie auch dem DWD.

DWD:

Zum Abschluss eine persönliche Frage: Wenn Sie Alfred Wegener heute begegneten, welche Frage würden Sie ihm als erstes stellen und warum?

Antje Boetius:

Ich habe zwei, eine eher fröhliche und eine traurige, die würde ich beide stellen wollen:

Lieber Alfred Wegener, wie genau hat sich das angefühlt, die Puzzlesteine einer der größten Erkenntnisse aller Zeiten zu finden und zu einem Bild zusammzusetzen: Die Kontinente, der Boden, auf dem wir stehen, driftet dahin, die Erde ist tektonisch aktiv und nichts bleibt wie es mal war. Das war bestimmt ein unglaublich schöner Heureka-Moment, oder?

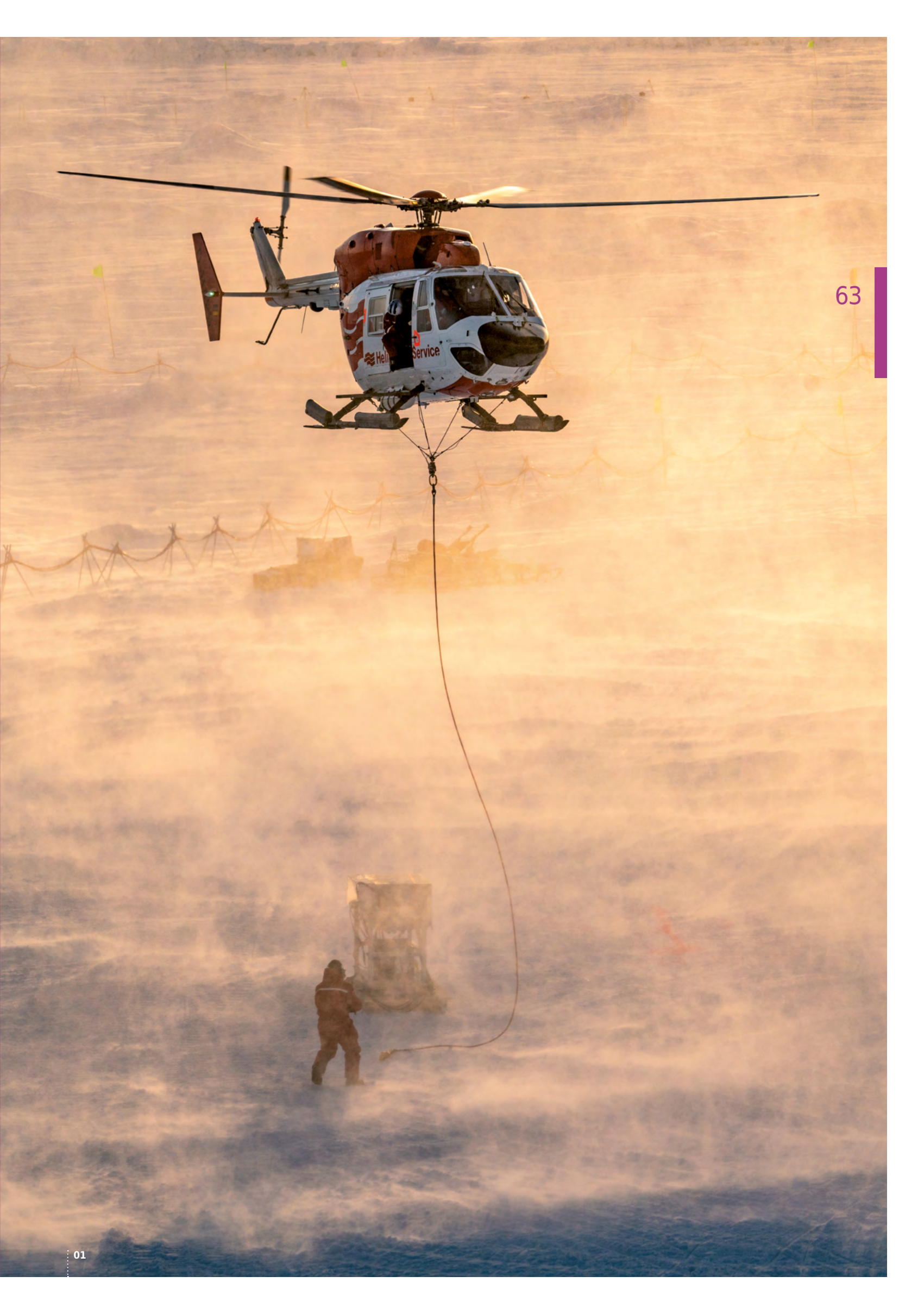
Lieber Alfred Wegener, Sie haben geschrieben „Was auch immer geschieht, die Sache (Expedition) darf nicht darunter leiden! Sie ist unser Heiligtum, sie bindet uns zusammen, sie muss hochgehalten werden unter allen Umständen, auch mit den größten Opfern.“ Was genau hat Sie bei Ihrer Grönlandexpedition so sehr angetrieben, dass Sie das Leben Ihrer Expeditionsteilnehmer und Ihrer selbst aufs Spiel gesetzt haben?

DWD:

Wir danken Ihnen sehr, Frau Boetius, für dieses ausführliche und spannende Interview!

Finale

01 : Helikopter im Einsatz: Nur bei
: geeignetem Wetter und mit ent-
sprechender Flugwetterberatung des
DWD-Bordmeteorologen flog die
bordeigenen Helikopter ihre Einsätze.
Dabei wurden unter anderem Mess-
flüge im weiteren Umfeld der Polar-
stern durchgeführt, um beispielsweise
die Eisdicke zu messen. Als die Eis-
scholle, an der Polarstern angedockt
war, nach und nach zerbrach, konnten
einige Messstationen nicht mehr zu
Fuß oder per Schneemobil erreicht
werden. Daher mussten mit dem Heli-
kopter Sensoren „gerettet“ werden.



Jährliche Arbeitsergebnisse und Leistungen

Rund **90.000** Vorhersagen, rund **164.000** Wetter- und Unwetterwarnungen

Gut **14.000** Beratungen/Gutachten zu Wetter und Klima für Behörden, Katastrophenschutz
und andere Kunden

Rund **470.000** Vorhersagen und Warnungen für die Luftfahrt

Rund **24.000** telefonische Beratungen für Luftfahrt

Bereitstellung von Selfbriefingsystemen für die zivile Luftfahrt, Flughäfen und Luftfahrt Dienstleister

mit rund **370 Millionen** Aufrufen

Rund **200.000** Berichte, Warnungen und Beratungen für die Seeschifffahrt, den Küstenschutz

und Offshore-Unternehmungen

Erstellung von gut **23.000** Produkten zur Klimaüberwachung

Flächenpräsenz

Zentrale in Offenbach am Main

6 große Niederlassungen (Hamburg, Potsdam, Leipzig, Essen, Stuttgart, München) mit zum Teil mehr als 100 Beschäftigten

5 Standorte mit regionaler Klima- und Umweltberatung

1 Flugwetterzentrale Frankfurt und

4 Luftfahrtberatungszentralen

3 Agrarmeteorologische Beratungsstellen

181 hauptamtliche Wetterwarten, Flugwetterwarten und Wetterstationen

Flugwetterbeobachtung an **23** Regionalflughäfen

1.737 nebenamtliche Wetter- und Niederschlagsstationen,

davon melden **836** Online-Stationen halbstündlich

1.098 phänologische Beobachtungsstellen

2 hauptamtliche Bordwetterwarten auf Forschungsschiffen

101 automatische Bordwetterstationen

448 Stationen der freiwilligen Wetterbeobachtung auf See auf Schiffen

5 fest installierte Bojen in Nord- und Ostsee

4 automatische aerologische Stationen auf Schiffen

18 Wetterradarstandorte in Deutschland

2 Meteorologische Observatorien

10 Radiosonden-Stationen mit jährlich rund 7.000 Ballonaufstiegen

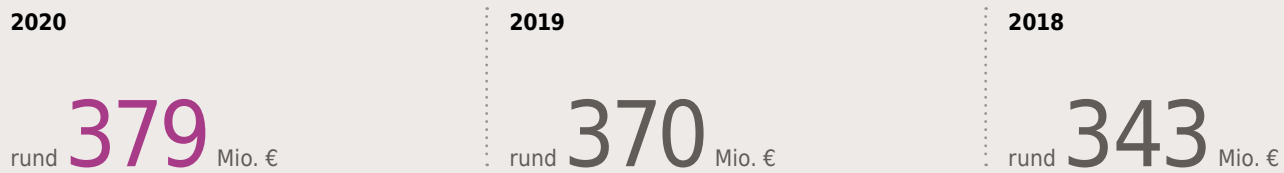
48 Stationen mit Radioaktivitätsmessung

3 Mobile Messeinheiten

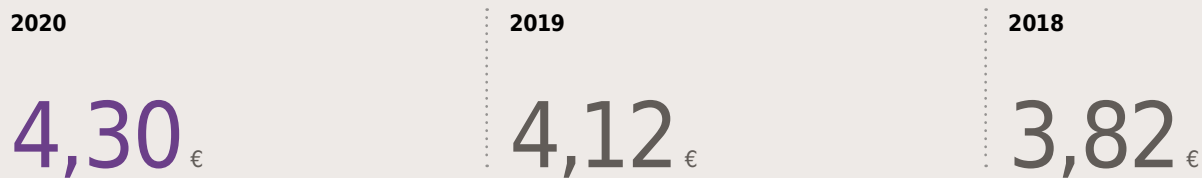
7 automatische Klimagas-Messstationen an hohen Türmen

Zahlen zum Haushalt des DWD

Der Gesamtetat des DWD beläuft sich auf:



Damit zahlt jede Bürgerin/jeder Bürger¹:



Die Ausgaben des DWD verteilen sich 2020 wie folgt:



Die Zuweisungen/Zuschüsse gingen 2020 an folgende Organisationen (mit Fremdkapitel):



¹ Statistisches Bundesamt: Schätzung 83,190 Millionen Einwohner für Ende September 2020

Zahlen zum Personal des DWD

Anzahl Planstellen:

| 2020 | 2019 | 2018 |
|---------|---------|---------|
| 2.156,5 | 2.171,0 | 2.178,5 |

Anzahl der Mitarbeitenden²:

| 2020 | | 2019 | | 2018 | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Davon Männer | Davon Frauen | Davon Männer | Davon Frauen | Davon Männer | Davon Frauen |
| 1.363 | 824 | 1.384 | 832 | 1.412 | 836 |

² Die Differenz zwischen Planstellen und Beschäftigtenzahl ergibt sich zum Beispiel durch den Einsatz von befristet oder in Teilzeit Beschäftigten.

Und noch ein paar Fakten aus dem DWD-Alltag

Wie sein Vorgängermodell GME berechnet das DWD-Wettervorhersagesystem **ICON** die Vorhersage auf der Basis

eines den **Globus** vollständig **umspannenden Dreiecksgitters**. Insgesamt beträgt

die **Zahl der Dreiecke** bei 13 km Maschenweite **2.949.120**. Die Atmosphäre

wird dabei in 90 Schichten zwischen 0 und 75 km Höhe eingeteilt. Die Erdatmosphäre wird demnach im ICON

durch $2.949.120 \times 90 =$ **265 Millionen Gitterpunkte** beschrieben.

Rund **7,5 Terabyte** frei zugängliche, archivierte **Wetter- und Klimadaten**

(Stations-, Raster- und Reanalysedaten) für Bürger, Behörden, Wirtschaft und Forschung (<https://opendata.dwd.de/>)

Rund **500 Terabyte** frei zugängliche, archivierte **Wettersatellitendaten** sowie

satellitengestützte Klimadaten

Anzahl der mitgeschnittenen **Satellitenüberflüge**: gut **20.000**

172 wissenschaftliche Publikationen, davon **157** in internationalen „peer-reviewten“ Fachjournalen

Mitarbeit in etwa **50** größeren nationalen und internationalen Projekten der Wetter- und Klimaforschung

Der DWD pflegt und erweitert über den Betrieb des Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie die mit

derzeit über **123.000** Stationen weltweit größte globale Datenbank für direkte Niederschlagsmessungen.

Erfassung von über **1.300** neuen Starkregenereignissen in Deutschland

(Seit 2001 hat der DWD über 22.500 Starkregenereignisse erfasst.)

Zu guter Letzt:

Atmosphärenmessnetz für Klimagase des Deutschen Wetterdienstes vollständig

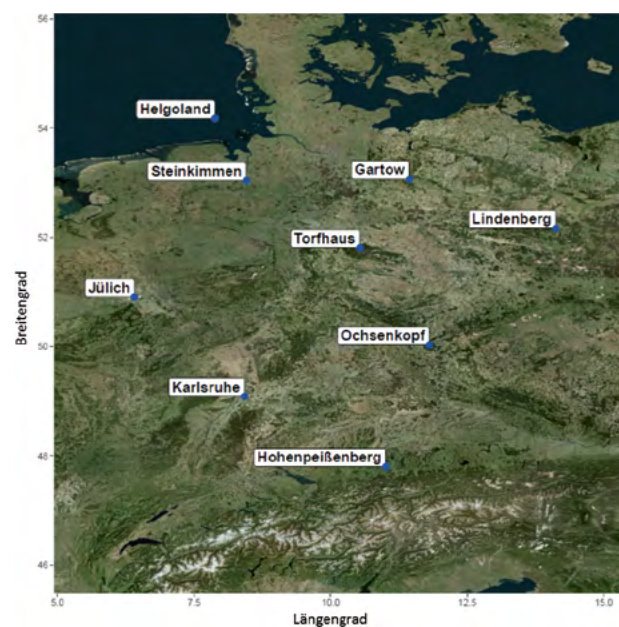
Seit Anfang August 2020 ist das Atmosphärenmessnetz des Deutschen Wetterdienstes für ICOS vollständig in Betrieb. ICOS steht für Integrated Carbon Observation System und ist eine Europäische Forschungsinfrastruktur, die Treibhausgase und deren Austausch in der Atmosphäre, in Ökosystemen und Ozeanen misst. Auf Helgoland wurde die neunte und letzte Station des Atmosphärennetzwerks in Deutschland in den operationellen Betrieb überführt.

Das umfangreiche ICOS-Netzwerk wird im Endausbau rund 140 Stationen in Europa umfassen. Der DWD betreibt in Deutschland über sein Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg (MOHp) das Beobachtungsnetz für die Atmosphäre und baut gemeinsam mit Partnern das Integrierte Treibhausgas-Monitoringsystem (ITMS) für Deutschland auf. Gefördert wurde der Aufbau des deutschen ICOS-Teils vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Betrieb vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sowie Eigenmittel der beteiligten Institutionen.

01 Atmosphärenmessnetz des DWD im Rahmen des ICOS-Projekts

01

Deutsches ICOS Atmosphärennetzwerk





02

Überwachung von Klimagasen in verschiedenen europäischen Regionen

Das System wurde 2015 als europaweite Umweltforschungsinfrastruktur von der Europäischen Kommission ins Leben gerufen. Damit sollen Langzeitbeobachtungen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) in Europa durchgeführt und allen interessierten Nutzern verfügbar gemacht werden. Übergeordnetes Ziel ist ein besseres Verständnis der Treibhausgaskreisläufe, vor allem des Kohlenstoffkreislaufs. ICOS besteht aus den drei Beobachtungsnetzen Atmosphäre, Ökosysteme und Ozeane. Das MOHp des DWD ist verantwortlich für den Aufbau und den Betrieb des Atmosphärennetzes in Deutschland.

Die ICOS-Messensorik befindet sich an neun Türmen, verteilt über ganz Deutschland. Die neunte Station auf Helgoland ist am Sendemast der Deutschen Funkturm GmbH mit Sensoren in 60 und 100 Metern Höhe installiert. Die Messungen erfolgen vollautomatisch, die Daten laufen auf einem zentralen Server mit den Daten der anderen DWD-ICOS-Stationen zusammen.

Die ICOS-Daten fließen mit Flugzeug-, Satelliten- und anderen Daten in ein integriertes Treibhausgas-Monitoring System (ITMS) ein. Mit diesem System lassen sich die Kohlenstoff-Emissionen und -Senken in Europa bestimmen. Es schafft somit die Voraussetzung, die beschlossenen europäischen Minderungsmaßnahmen bei Treibhausgasemissionen zu überwachen.

02 DWD-Mitarbeiter installieren in luftiger Höhe Ausleger mit Windsensor und Filter der Ansaugleitung auf dem Helgoländer Sendeturm.

Das ITMS baut der DWD mit Partnern und Förderung des BMBF auf, es soll ab 2022 erste Ergebnisse liefern. Wesentlich hierbei ist die Nutzung aller verfügbaren Beobachtungsdaten und des meteorologischen ICON-Modells, mit dem Transportvorgänge der Klimagase beschrieben und letztlich die Konzentrationsdaten auf Emissionen zurückgeführt werden können. Ergebnisse des ITMS werden es ermöglichen, die weitere Entwicklung des Klimawandels besser zu verstehen und sowohl Prognosen als auch effektive Minderungsmaßnahmen zu entwickeln. Ein Nebennutzen der ICOS-Türme ist, dass die von Helgoland bis Hohenpeißenberg gewonnenen meteorologischen Daten für bessere Windprognosen in der Nabhöhe von Windkraftanlagen verwendet werden, die der DWD Energieunternehmen zur Verfügung stellt.

Kontakt, Impressum und Quellen

01 Auch wenn der Hauptteil der Scholle noch intakt war, wurden schon Mitte März täglich mit Sorge die Bewegungen des Eises beobachtet. Schweres Gerät, wie der Pistenbulli wurde daher regelmäßig auf das Schiff gehievt, um es bei schweren Eisaufbrüchen nicht zu verlieren. Dies war immer erst dann möglich, wenn der Helikopter nicht mehr im Einsatz war und sich bereits im Hangar befand, so dass auf dem Helikopter-Deck Platz für den Pistenbulli war.





Kontakt

Deutscher Wetterdienst (DWD)

Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach am Main
Telefon (0 69) 80 62-0
Fax (0 69) 80 62-44 84
www.dwd.de
info@dwd.de

Wetterdiensthotline¹

Telefon (01 80) 2 91 39 13

Wenn Sie die Wetterdiensthotline anrufen, werden Sie automatisch mit der nächstgelegenen DWD-Niederlassung verbunden.

¹ Festnetzpreis 6 ct/Anruf,
Mobilfunkpreise maximal 42 ct/Minute
(Preise innerhalb Deutschlands)

Weitere Telefon- und Servicenummern

www.dwd.de/kontakt

Wichtige Links

Klimainformationen

www.dwd.de/klima

Aktuelle Wetterinformationen

www.dwd.de/wetter

WarnWetter-App

www.dwd.de/app

Presseinformationen

www.dwd.de/presse

Newsletter

www.dwd.de/newsletter

Publikationen

www.dwd.de/bibliothek



www.facebook.com/DeutscherWetterdienst



www.twitter.com/dwd_presse



www.youtube.com/DWDderWetterdienst



www.flickr.com/deutscherwetterdienst



www.instagram.com/deutscherwetterdienst



www.pinterest.de/deutscherwetterdienst

Impressum

Herausgeber

Deutscher Wetterdienst

Konzeption und Redaktion

Gertrud Nöth
DWD
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Gestaltung

Simone Leonhardt, Frankfurt am Main

Druck

Druckereiverbund im BMVI

Dieses Jahrbuch ist Bestandteil der Öffentlichkeitsarbeit des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Es wird unentgeltlich abgegeben.

Quellen

Seite 18

Finnland:

<https://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/EltRuXy4rGloHFEAnWtXx>

Schweden:

<https://smhi.se/klimat/2.1199/aret-2020-meteorologi-1.166700>

Estland:

<http://ilmateenistus.ee/2021/01/eriliselt-soe-2020-aasta/>

Frankreich:

<https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers-0/2020-lannee-la-plus-chaude-en-france-depuis-1900>

Niederlande:

<https://knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/record-warm-en-zeer-zonnig-2020>

Schweiz:

<https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/aktuell/meteoschweiz-blog.sub-page.html/de/data/blogs/2020/12/2020--extrem-warm--sonnig-und-starke-nieder-schlaege.html>

Seite 26

Feser, F; B. Tinz (2018): Stürme über den Nordatlantik und Nordeuropa. In: Lozán, J.L.; S.-W. Breckle, H. Graßl; D. Kasang; R. Weisse (Hrsg.). Warnsignal Klima: Extremereignisse. pp. 201 – 206.

<http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wetterextreme/>

Seite 35

Geophysical Research Letters, DOI

<https://doi.org/10.1029/2020GL091987>

Seite 44

Kaspar, F., D. Niermann, M. Borsche, S. Fiedler, J. Keller, R. Potthast, T. Rösch, T. Spanghel, and B. Tinz 2020: Regional atmospheric reanalyses based on the COSMO model of Deutscher Wetterdienst: Review of evaluation results and application examples with a focus on renewable energy. Adv. Sci. Res., 17, 115 – 128

<https://doi.org/10.5194/asr-17-115-2020>

Abbildungen

Quelle

Seite

Christian Rohleder, DWD

Titel, 4, 8/9, 10, 15, 16, 27, 31, 33, 36, 39 (oben), 43, 44 (unten), 45, 48, 49, 54, 55, 56/57, 63, 72/73, Poster Vorderseite (1)

Bernd Lammel, Bild-Kraftwerk

7, 47

Deutscher Wetterdienst

11, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 32, 34, 37 (unten), 38, 39 (Mitte), 40, 41, 44 (oben), 46, 50, 70, 71, Poster Vorderseite (5), Poster Rückseite

NOAA/DWD

12

Maria Carvalho, DWD

37 (oben)

DWD/Nationalpark

42

Frank Rückert, DWD

52

Stefan Lünser, DWD

53 (links)

Wolfgang Große, DWD

53 (rechts)

Esther Horvath, AWI

59

Frank Kahl, DWD

Poster Vorderseite (2)

Horst von Bargaen

Poster Vorderseite (1)

Titel 23. März 2020, Position der Polarstern bei 15,8°E und 86,2°N, Lufttemperatur -27 °C: In der Scholle, an der das Forschungsschiff angedockt hatte, um mit ihr durch das Nordpolarmeer zu driften, kam es immer wieder zu Rissen. Ist die Temperatur sehr niedrig, entwickelt sich durch die frischen Risse im Eis sehr schnell Seerauch, wie zu diesem Zeitpunkt in der Nähe der Sensoren in MetCity - einer der sogenannten Satelliten-Messstationen, die wie ein Netzwerk um das Forschungsschiff angeordnet waren.



Deutscher Wetterdienst
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach
Telefon (0 69) 80 62-0
info@dwd.de

ISSN 2629-2084

Über www.dwd.de gelangen Sie auch zu unseren Auftritten in:

