

Hitze-Rekorde trotz La Niña in 2022 und jetzt auch noch El Niño und Marine Hitzewelle!

Was sind die Auswirkungen auf Deutschland, Europa und die Einhaltung des Pariser Klimaschutzabkommens?

Autoren: Andreas Becker, Kristina Fröhlich, Peter Bissolli, Markus Ziese, Florian Imbery, Stefan Rösner, Axel Andersson

Stand: 10.07.2023

El Niño seit Juni 2023 im Anmarsch

Wie auch aus den saisonalen Klimavorhersagen des Deutschen Wetterdienstes^{1,2} ersichtlich, bildet sich aktuell ein moderates bis fulminantes El Niño Ereignis im östlichen und zentralen äquatorialen Pazifik aus. Typischerweise erreicht diese warme Phase der „El Niño Southern Oscillation“ (ENSO³) im nordhemisphärischen Winter (Dezember bis Februar) seine stärkste Ausprägung. Daher ist davon auszugehen, dass es weltweit in den sogenannten El Niño sensitiven Regionen zu ganz typischen Anomalien und Extremereignissen kommt.

Die von Niederschlagsextremen betroffenen Regionen hat das beim Deutschen Wetterdienst betriebene Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie schon vor 10 Jahren bestimmt, indem es seine globalen Analysen des monatlichen Niederschlages auf einem 0,5x0,5 Grad Gitter im Zeitraum von 1901 bis 2011 an jedem Gitterpunkt mit dem sogenannten El Niño „Southern Oscillation Index“ (SOI) und dem Index der Nordatlantik Oszillation (NAO) korreliert hat. Die resultierende Karte (Abb.1, oben) zeigt, wo es während eines El Niño Ereignisses ungewöhnlich trocken (orange) oder nass (blau) im Vergleich zum vieljährigen Mittel des Niederschlages ist. Die ENSO sensitiven Regionen sind besonders stark im nordhemisphärischen Winter ausgeprägt, wenn es in Mittelamerika und der Karibik, im nördlichen Südamerika, im südlichen Afrika, in Indonesien und auf den Philippinen und in Australien trockener, und dagegen im Südwesten der USA, Ostafrika, Zentralasien, Südost-China und im südöstlichen Südamerika (Argentinien, Uruguay, Paraguay) niederschlagsreicher als üblich ist.

¹ Vorhersage der Anomalie der Meeresoberflächentemperatur in der Niño Region 3.4

<https://www.dwd.de/DE/leistungen/jahreszeitenvorhersage/zeitreihe.html>

² DWD Vorhersage der ENSO Zirkulation (3 Monatsmittel von Oberflächenwind und Ozeantemperatur) im Ostpazifik https://www.dwd.de/EN/ourservices/seasonals_forecasts/enso3d.html

³ El Niño ist ein ozeanisches Phänomen, das aber mit einer atmosphärischen Anomalie, der sog. Southern Oscillation verknüpft ist. Daher spricht man häufig statt von El Niño von „El Niño Southern Oscillation“ oder kurz ENSO

Besonders in den niedrigen Breiten zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreis gehen dabei Trockenheit und Hitze Hand in Hand wie an der schematischen Zusammenfassung der El Niño sensitiven Regionen durch die NOAA (Abb.3) zu erkennen ist. Europa und vor allem Deutschland gehören dagegen nicht zu den ENSO sensitiven Regionen. Die saisonale Vorhersage für Europa ist von der viel komplexeren und nur indirekt mit dem ENSO Phänomen gekoppelten Variabilität der Nordatlantik Oszillation (NAO) geprägt. Diese wird bestimmt durch die Intensität des Islandtiefs und des Azorenhochs. Ist die Differenz zwischen diesen beiden Druckgebilden größer als normal, verstärkt sich die Westströmung vom Nordatlantik nach Europa und die NAO-Phase ist positiv. Ist die Differenz schwächer als normal, dann ist die NAO-Phase negativ. Abbildung 2 zeigt in Analogie zu Abbildung 1 die NAO Sensitivität des Niederschlages weltweit und weist starke Muster in Europa insbesondere wieder für die Wintermonate auf. Dabei wird der Norden Europas bei positiver NAO deutlich nasser, der Süden hingegen deutlich trockener mit Deutschland im Übergangsbereich. Die El Niño Sensitivität in Europa ist dagegen viel schwächer, nur im Winter und Frühjahr gibt es eine leichte Anomalie zu etwas mehr Niederschlag im Nordwesten Mitteleuropas. Wie die historische Auflistung⁴ des Ozeanischen Niño Indizes des Klimavorhersagezentrums des amerikanischen Wetterdienstes zeigt, fand das letzte fulminante El Niño Ereignis vom Herbst 2014 bis zum Frühjahr 2016 statt und wurde vom DWD in einem gesonderten Bericht mit den Ereignissen zuvor (z.B. in 1998) vergleichend eingeordnet⁵, wobei auch gezeigt wurde, dass jedes Ereignis seine individuellen Ausprägungen aufweist und die Variabilität des Auftretens mit der Zeit zunimmt. Darüber hinaus hat sich die Erde in den vergangenen fast 10 Jahren aufgrund des anthropogen verursachten Klimawandel ein gutes Stück weiter erwärmt. Somit spielt sich das kommende natürliche El Niño Ereignis auf einem bisher nie dagewesenen Temperaturniveau ab mit zusätzlichen Auswirkungen, die sich von denen der bisherigen El Niño Ereignisse unterscheiden können und kaum vorhersagbar sind.

Meeresoberflächentemperaturen als Frühindikator werden unzuverlässiger durch den Klimawandel

Ohne den Einfluss des Klimawandels ermöglicht die natürliche Klimavariabilität ENSO, mit ihren aus vergangenen Ereignissen bekannten sensitiven Regionen und dem bekannten Ablauf von Beginn im Spätsommer des ersten Jahres bis zum Frühsommer der darauf folgenden Jahre, in den saisonalen Vorhersagemodellen für die ENSO sensitiven Regionen eine verbesserte Vorhersagegüte vor allem der Temperatur und zumindest teilweise auch des Niederschlages. Auslöser und damit Frühindikator ist eine Änderung der Meeresoberflächentemperatur entlang des äquatorialen Pazifiks, insbesondere in der zentral gelegenen Niño Region 3.4⁶.

Allerdings fällt diese Änderung dieses Mal mit einer bisher beispiellosen marinen Hitzewelle, also einer auch räumlich außerordentlich weit verbreiteten Anomalie der Meeresoberflächentemperaturen, zusammen. Wie Dillon J. Amaya, Wissenschaftler beim amerikanischen Wetterdienst (NOAA) im Juni 2023 als Ko-Leiter der experimentellen marinen Hitzewellen-

⁴ Rückblick auf ONI: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

⁵ https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/verschiedenes/20160615_el_nino_global_2015-2016.pdf

⁶ Definitionen inklusive Ozean Niño Index (ONI): <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/sst>

vorhersage⁷ feststellt, hat es seit Anbeginn der Messungen vor 32 Jahren noch nie eine so große Verbreitung und Ausdehnung von marinen Hitzewellen gegeben. Diese umfasst normalerweise nur 10% der Ozeanoberflächen, erreicht aber dieses Jahr bereits 40-50% inklusive der außerordentlich hohen Temperaturen im Nordatlantik. Diese würden normalerweise in der ab Ende August anstehenden Hurrikan-Saison zu stärkeren und schneller sich intensivierenden Hurrikänen führen. Allerdings ist das gleichzeitig auftretende El Niño Ereignis aufgrund der damit verbundenen erhöhten Windscherung⁸ über dem Bereich in dem Hurrikane entstehen eher ein Gegenspieler, denn diese verhindert die Ausbildung der wichtigen sogenannten schrägen Konvektion.

Unterm Strich wird die Hurrikan-Vorhersage damit für diese Saison besonders unsicher, und erhöht den Bedarf einer intensiven Überwachung der relevanten Gebiete. Die Qualität der Vorhersage von marinen Hitzewellen ist im Einflussbereich von El Niño grundsätzlich besser, weshalb sie für den Nordatlantik tatsächlich limitiert ist. Umgekehrt können immer häufiger auftretende marine Hitzewellen auch schon mal als der Anfang eines El Niño Ereignisses missinterpretiert werden, so wie dies beim „Küsten El Niño“ vor der Küste von Peru in 2017 geschehen ist.

„Blobs“ vergrößern die Sorge um die Stabilität der Wärmeaufnahmekapazität der Ozeane im Klimawandel

Ein besonders prägnantes Beispiel für marine Hitzewellen ist jenes über dem nordöstlichen Pazifik vor der Küste Nordamerikas. Dort hat es von Oktober 2013 bis Juni 2016 eine enorme positive Anomalie, auch „Blob“ genannt, der Meeresoberflächentemperaturen von bis zu 2,5 °C gegeben⁹. Über die Ursache wird in der wissenschaftlichen Gemeinschaft noch gestritten. Evident ist, dass der „Blob“ von einem extrem persistenten Hochdruckgebiet (ridiculously resilient ridge) in der Atmosphäre begleitet wurde, was zumindest für häufigere Wolkenfreiheit und verstärkte solare Einstrahlung sorgt. Darüber hinaus geht man von einer Wechselwirkung mit der Pazifischen Dekadischen Oszillation (PDO) aus, die aktuell gerade von einer La Niña freundlichen und kalten in eine El Niño freundliche und warme Phase umschlägt. Angenehmer Nebeneffekt für Nordamerika wäre, dass dabei die Dürren an der Westküste endlich von niederschlagsreicheren Witterungen abgelöst werden könnten.

Aber wie man schon an dieser reinen Beschreibung von Koinzidenzen sieht, fehlt es noch massiv an Prozessverständnis, nicht zuletzt, weil die Datendichte über den Ozeanen viel geringer als über Land ist. Die Informationsdichte aus den Ozeanen, insbesondere unterhalb der Deckschicht und vor Beginn des Argo Messnetzes¹⁰ in den 1990iger Jahren, ist noch einmal bedeutend geringer.

⁷ <https://psl.noaa.gov/marine-heatwaves/#report>

⁸ Räumliche Unterschiede in der Windgeschwindigkeit und/oder Windrichtung

⁹ [Persistence and Predictions of the Remarkable Warm Anomaly in the Northeastern Pacific Ocean during 2014–16 in: Journal of Climate Volume 30 Issue 2 \(2017\) \(ametsoc.org\)](#)

¹⁰ https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Beobachtungssysteme/ARGO/argo_node.html

Eines ist aber jetzt schon klar: Durch die globale Erwärmung haben sich die Ozeane seit 1901 im globalen Mittel bereits um $\sim 0,8^{\circ}\text{C}$ erwärmt, alleine dies bedeutet schon eine Neigung zu mehr marinen Hitzewellen. Und tatsächlich: Der bereits zuvor erwähnte Dillon J. Amaya und Kollegen¹¹ zeigen, dass im Sommer 2019 erneut im nordöstlichen Pazifik „Blob 2.0“ mit inzwischen noch höheren Anomalien der Meeresoberflächentemperatur aufgetreten ist. Egal wo marine Hitzewellen auftreten, ihre Folgen für die marine Ökologie sind katastrophal und haben ähnlich zu El Niño für die Fischerei unmittelbar auch massive ökonomische Auswirkungen.

Warum ist El Niño wichtig für Deutschland?

Aktuell gibt es keine Hinweise, dass es aufgrund des kommenden El Niño in Deutschland eine zusätzliche Gefährdung für Hitzewellen und Extremniederschläge gibt. Ein wichtiger Grund ist, dass die Saison für extreme Hitze und Starkregen in Deutschland natürlich im Sommer liegt, während die El Niño Muster sich vornehmlich im Winter ausprägen.

Kann uns El Niño also egal sein? Natürlich nicht, denn in unserer globalisierten Ökonomie sind massive Ertragsausfälle in Fischerei oder Landwirtschaft durch von El Niño verstärkte marine Hitzewellen, sowie Dürren oder Überschwemmungen an Land selbst für uns in Deutschland durch Versorgungsengpässe und Preisanstiege spürbar. Durch den Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine ist das Angebot an Nahrungsmitteln auf dem Weltmarkt zusätzlich gesunken und aufgrund der kurzen Laufzeiten des Getreideabkommens zwischen den Kriegsparteien permanent gefährdet. In den ENSO sensitiven Regionen, wie z.B. in Ostafrika potenzieren durch El Niño verstärkte extreme Niederschläge nach lang anhaltender Dürre in politisch instabilen Ländern wie Somalia, Äthiopien oder Südsudan und Sudan die Nahrungsmittelknappheit und liefern somit die Grundlage für Hunger und neue Migration, wobei hier die Zusammenhänge komplex und keinesfalls monokausal sind. Und schließlich erhöht El Niño während seiner Andauer die globale Mitteltemperatur, die als Gradmesser für die Einhaltung von Artikel 2 Absatz 1(a) des Pariser Klimaschutzabkommens¹² verwendet wird.

Implikationen für die globale Mitteltemperatur in den nächsten 2 Jahren

Im Jahr 2022 lag das Gebietsmittel der Temperatur in Deutschland mit $10,5^{\circ}\text{C}$ um $2,3^{\circ}\text{C}$ über dem vieljährigen Mittel 1961-1990 und stellte somit den Allzeitrekord aus dem Jahr 2018 nur vier Jahre später wieder ein. Gleichzeitig lag das globale Mittel der Temperatur bereits $1,15^{\circ}\text{C}$ über dem vorindustriellen Niveau (1850-1900) und damit nur noch $0,35^{\circ}\text{C}$ unter der $1,5^{\circ}\text{C}$ -Schwelle des Pariser Klimaschutzabkommens. Damit waren die vergangenen acht Jahre auch global gesehen die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen und dies, obwohl die Jahre 2020-2022 ausgeprägte La Niña Jahre waren, von denen wir wissen, dass sie eher kühlend auf das globale Mittel wirken. Da uns nun mit hoher Wahrscheinlichkeit ein

¹¹ Amaya, D.J., Miller, A.J., Xie, S.P. et al. Physical drivers of the summer 2019 North Pacific marine heatwave. Nat Commun 11, 1903 (2020), <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15820-w>

¹² https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/paris_abkommen_bf.pdf

mittleres bis fulminantes El Niño Ereignis in der zweiten Jahreshälfte 2023 und zumindest in der ersten Hälfte 2024 bevorsteht¹³ rechnen uns Ludescher et al (2023) höchst plausibel vor, dass wir aus den La Niña Jahren mit einem klar unterdurchschnittlichen Standard Niño3.4 (ONI⁶) von $-1,0\text{ °C}$ zumindest in eine El Niño typischen ONI von $+1,49\pm 0,37\text{ °C}$ (RMSE) hineinlaufen. Unter der Annahme einer Zunahme der mittleren globalen Temperatur von $+0,1\text{ °C}$ pro 1 °C Anstieg der Meeresoberflächentemperatur in der El Niño 3.4 Region resultiert dies gemäß Ludescher et al. (2023) in einen Anstieg von bis zu $0,249\pm 0,037\text{ °C}$ in der globalen Temperatur, die gemäß Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und des jüngsten Klimastatusberichtes des DWD¹⁴ bereits $1,15\text{ °C}$ über dem vorindustriellen Niveau liegt. Damit lässt sich für die globale Mitteltemperatur in 2024 unter der plausiblen Annahme einer Erwärmung von $0,2\text{ °C}$ pro Dekade folgende Rechnung aufmachen: $1,15\text{ °C} + 2\cdot 0,02\text{ °C} + 0,249\pm 0,037\text{ °C} = 1,439\pm 0,037\text{ °C}$ (RMSE¹⁵)

Die Autoren schließen, dass unter der Annahme einer gaußverteilten Vorhersagewahrscheinlichkeit die untere Schwelle des Pariser Klimaschutzabkommens von $1,5\text{ °C}$ Temperaturzunahme im Vergleich zu den frühindustriellen globalen Temperaturverhältnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von $21,1\%$ bereits im Jahre 2024 überschritten wird. Da mit jedem weiteren Jahr mindestens weitere $0,02$ Grad für die globale Mitteltemperatur hinzukommen, wird selbst bei einem sich wieder abschwächenden El Niño für die Folgejahre diese Wahrscheinlichkeit für ein Überschreiten der $1,5\text{ °C}$ Schwelle im jeweiligen Folgejahr kaum noch sinken. So prognostizierte die WMO bereits im Rahmen ihrer Pressemitteilung vom 3. Mai 2023 zum Auftreten eines El Niño Ereignisses¹⁶ diese Überschreitung in den nächsten 5 Jahren mit einer $\frac{2}{3}$ Wahrscheinlichkeit.

Laut dem europäischen Klimadienst Copernicus Climate Change Service (C3S) wurden in der ersten Juliwoche 2023 an zwei Tagen in Folge neue absolute Rekorde des globalen Tagesmittels der Temperatur registriert¹⁷ (Abb. 4). Dies, sowie der dieses Jahr schon prinzipiell sehr hohe globale Temperaturverlauf, lassen sich nicht monokausal nur auf das beginnende El Niño-Ereignis oder den anthropogenen Klimawandel zurückführen, verdeutlichen aber die Besorgnis über eine aktuellen Beschleunigung der globalen Erwärmung, wie sie bisher noch nie beobachtet wurde.

Die Notwendigkeit von Frühwarnsystemen wächst

Angesichts der extremen Wetterereignisse in den ENSO sensitiven Regionen und der durch den Klimawandel zunehmenden Extremereignisse hat die WMO die Leitung der Initiative „Early Warning for All“ des UN Generalsekretärs übernommen. Bis Ende 2027 sollen Frühwarnsysteme weltweit rechtzeitig vor gefährlichen Wetter-, Wasser- und Klimaereignissen warnen. Ein Element darin sind die „Climate Watch Advisories“¹⁸ (CWAs), welche frühzeitig

¹³ Die ONI Schwelle von $+0,5\text{ °C}$ wurde im Juni 2023 bereits überschritten, ein El Niño ist offiziell verkündet, wenn dies für mindestens 5 aufeinanderfolgende Monate (also bis Oktober 2023) so bleibt.

¹⁴ https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2022.pdf

¹⁵ RMSE= Root Mean Square Error bzw. Mittlerer Quadratischer Fehler. Für Details: https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/303/root_mean_square_error/

¹⁶ <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-update-prepare-el-ni%C3%B1o>

¹⁷ <https://twitter.com/CopernicusECMWF/status/1676934454877495296>

¹⁸ Climate Watch Advisories, https://rcccm.dwd.de/DWD-RCCCM/EN/products/cwa/cwa_node.html

parameterspezifisch auf bevorstehende Anomalien auf Basis von zwei- bis vierwöchigen Vorhersagen hinweisen. Im Rahmen des Regionalen Klimazentrums (RCC) der WMO für Europa ist der Deutsche Wetterdienst für die Herausgabe von grenzüberschreitenden CWAs zu Hitze- und Kältewellen, längeren Starkregenereignissen und Dürren verantwortlich. Rezentes Beispiel ist die länger andauernde Dürreperiode in Portugal, Spanien, Süd-Frankreich und Nord-Italien mit teilweise extrem hohen Temperaturen im Frühjahr 2023.

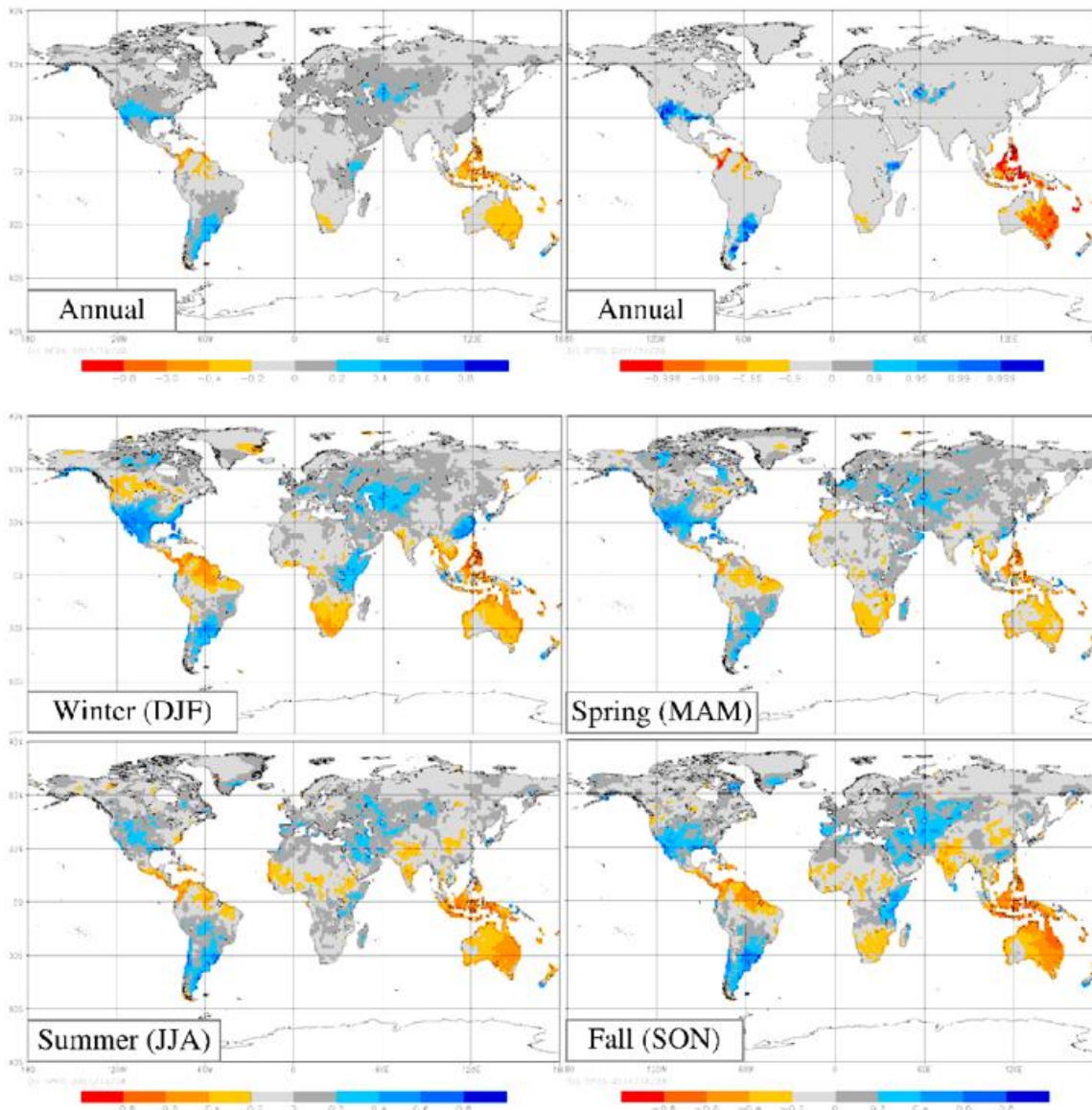


Abb. 1 Korrelation zwischen globalen Analysen des monatlichen Niederschlages auf einem 0.5x0.5 Grad Gitter für im Zeitraum von 1901 bis 2010 an jedem Gitterpunkt mit dem sogenannten El Niño Southern Oscillation Index (SOI) für das ganze Jahr (oben links) mit der dazugehörigen Signifikanz (oben rechts) und saisonal (untere vier Karten). Orange (blaue) Bereiche zeigen trockener (feuchter) als normale Verhältnisse während eines El Niño auf. Die sehr geringe ENSO Sensitivität von Deutschland und Europa im Gegensatz zur hohen NAO Sensitivität (Abb. 2) wird offenbar (Becker et al., 2014¹⁹)

¹⁹ Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., and Ziese, M., 2013: A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, Earth Syst. Sci. Data, 5, 71–99, <https://doi.org/10.5194/essd-5-71-2013>

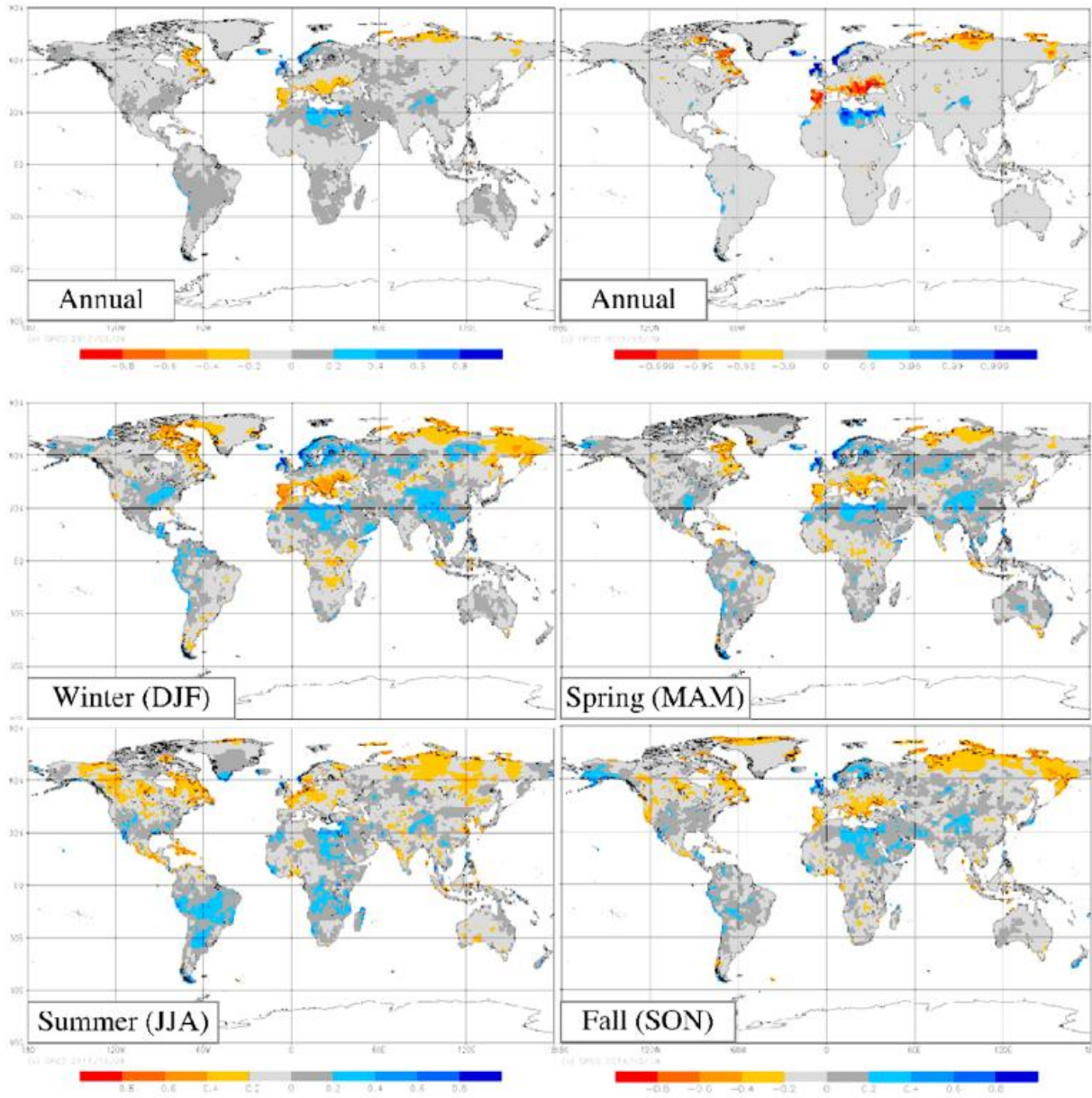


Abb. 2 (Fig.17), wie Abb. 1 aber für den NAO Index zur Nordatlantik Oszillation.

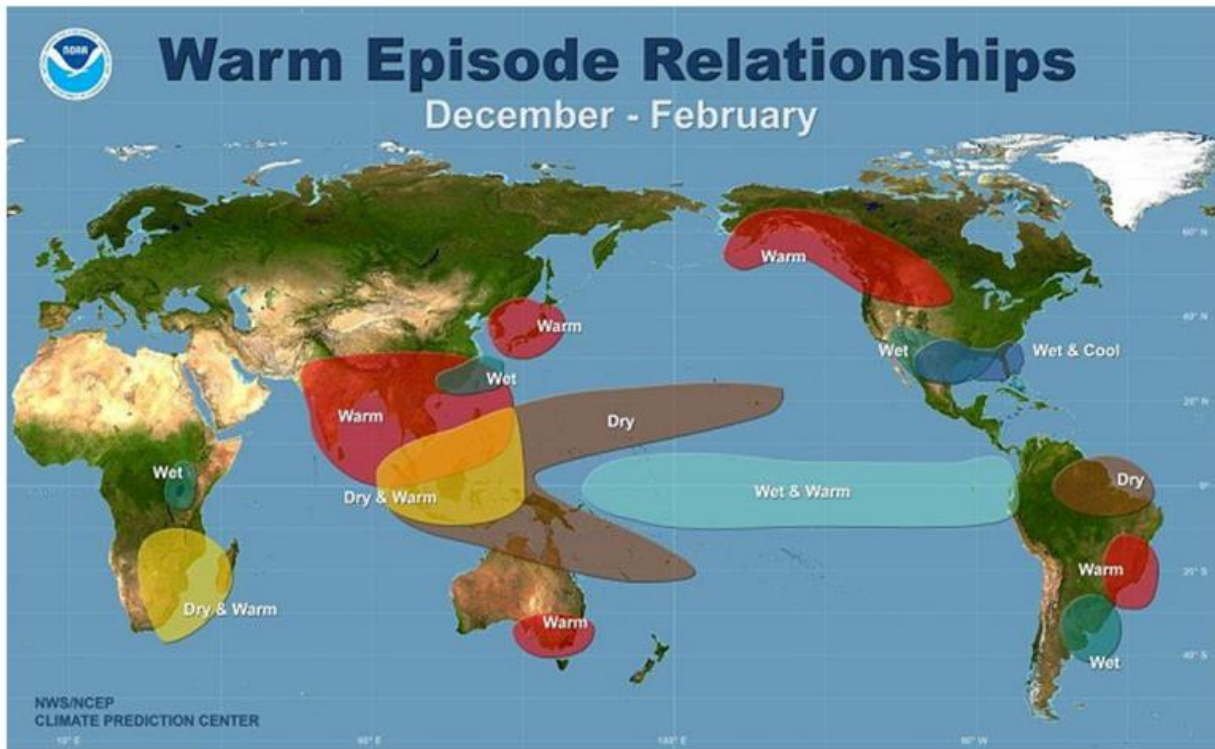


Abb. 3: Auswirkungen von El Niño auf Niederschlag und Temperatur in den Wintermonaten (Quelle Amerikanischer Wetterdienst NCEP)

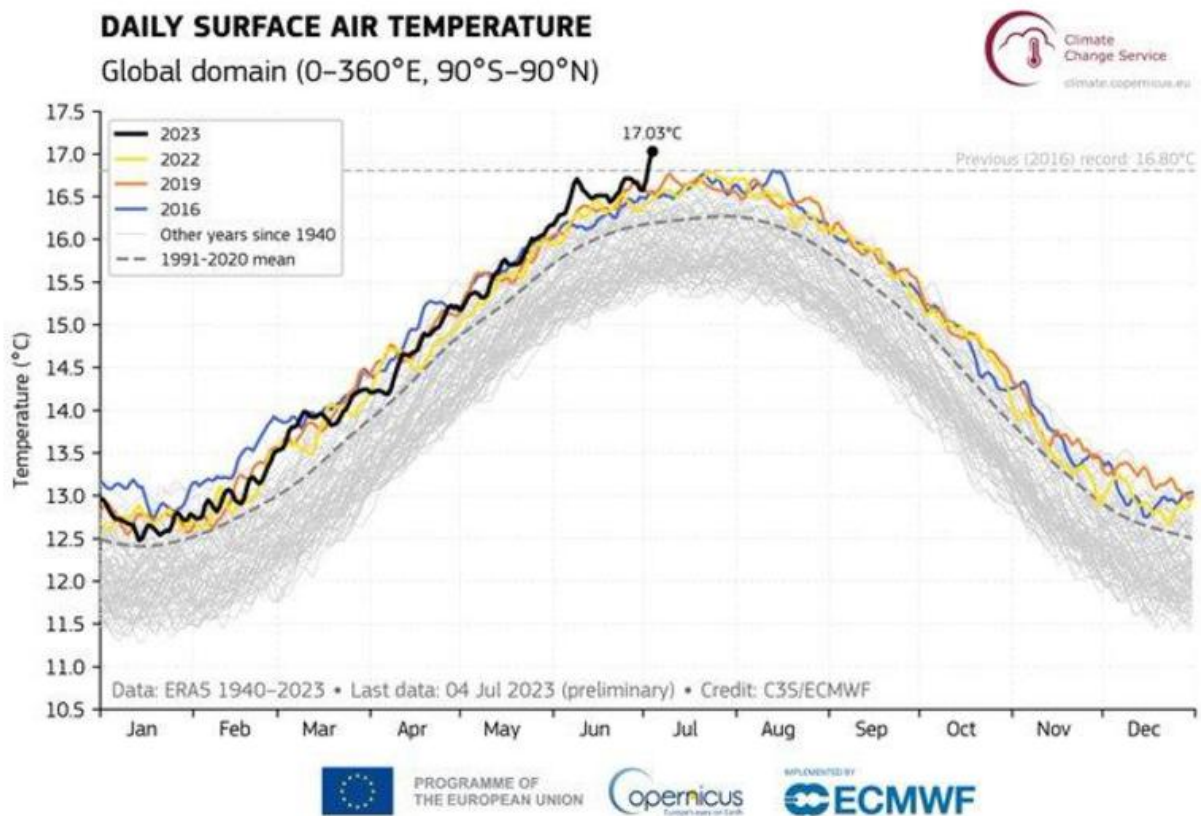


Abb. 4: Auswertungen des Jahresgangs der globalen Temperatur (2023: schwarz) durch den europäischen Klimadienst Copernicus Climate Change Service (C3S).