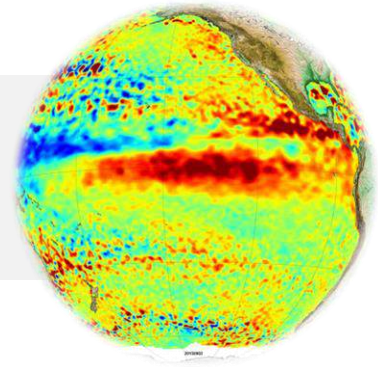


Der El Niño von 2015/16

Eine Zwischenbilanz

Kurt G. Baldenhofer, Friedrichshafen im Mai 2016



- Überblick
- Monitoring und Vorhersage des ENSO-Phänomens
- Definitionen von ENSO-Ereignissen
- Die meteorologisch-ozeanographische Entwicklung des El Niño 2015/16
 - Prognosen
 - Vergleich der El Niños 2015/16 und 1997/98
- Auswirkungen
 - Sektorale Auswirkungen
 - Regionale Auswirkungen
- Quellen
- Anhang

Überblick

Lange wurde der aktuelle El Niño¹ vorhergesagt, etwa im März 2015 setzte er schließlich ein, im Dezember 2015 hatte er seine volle Stärke erreicht, und er wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch noch bis in das späte Frühjahr 2016 halten [62, 112]. Schon zur Jahresmitte 2014 hatten viele Experten ein El Niño-Ereignis spätestens zum Nordwinter 2014/15 prognostiziert. Doch die Meeresoberflächentemperaturen (engl. [sea surface temperatures](#), SST) im tropischen Pazifik belegen, dass El Niño erst im Frühjahr 2015 so richtig Fahrt aufgenommen hat und er das Meerwasser bis vor die Küsten Perus und Chiles seither deutlich erwärmt. Gleichzeitig beeinflusst diese Warmphase des ENSO-Phänomens [1] das Weltklima spürbar, sei es mit anomaler Wärme oder Kälte, Nässe oder Trockenheit, bzw. mit starken oder schwachen Windsystemen (Abb. 1). Nach einer Pressemitteilung der [World Meteorological Organisation](#) (WMO) vom 25.11.2015 trägt der aktuelle El Niño dazu bei, dass das ohnehin warme Jahr 2015 wahrscheinlich das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen sein wird. [32] Diese Einschätzung wurde dann im Januar 2016 von der WMO bestätigt. [34]

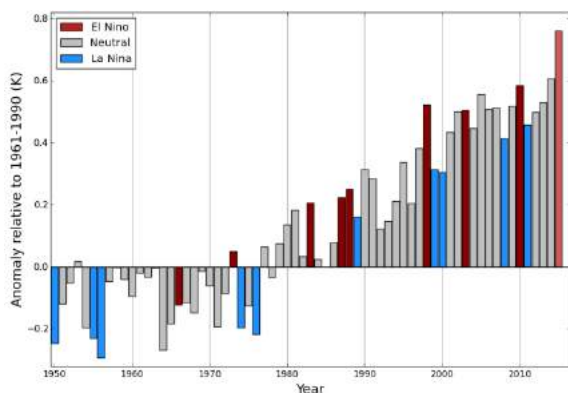


Abb. 1 Global annual average temperatures anomalies

Global annual average temperatures anomalies (relative to 1961-1990) based on an average of three global temperature data sets (HadCRUT.4.4.0.0, GISTEMP and NOAA GlobalTemp) from 1950 to 2015. Bars are coloured according to whether the year was classified as an El Niño year (red), a La Niña year (blue) or an ENSO-neutral year (grey). Note uncertainty ranges are not shown, but are around 0.1°C.

"An exceptionally strong El Niño and global warming caused by greenhouse gases joined forces with dramatic effect on the climate system in 2015," said WMO Secretary-General Petteri Taalas.

Quelle: [WMO](#) (Januar 2016)

¹ El Niño ist Teil des ozeanisch-atmosphärischen Naturphänomens El Niño / Southern Oscillation (ENSO) und damit Ausdruck der rein natürlichen Variabilität des gekoppelten Systems aus Ozean und Atmosphäre über dem äquatorialen Pazifik und den pazifischen Küstengebieten Südamerikas, Australiens, Indonesiens und Ozeaniens. ENSO wird je nach Ausprägung in die Phasen El Niño, La Niña oder neutrale Phase unterteilt.

Während des Monats Oktober 2015 lagen die Meeresoberflächentemperaturen im Bereich des östlichen Teils des tropischen Ostpazifik zwischen $+1,9\text{ °C}$ und $+2,5\text{ °C}$ über dem Durchschnitt, womit die Schwellenwerte zu einem El Niño-Ereignis um ca. $1,5\text{ °C}$ überschritten wurden (Abb. 2). Typischerweise erreicht ein El Niño seine stärkste Ausprägung gegen Ende eines Kalenderjahres [29, 30].

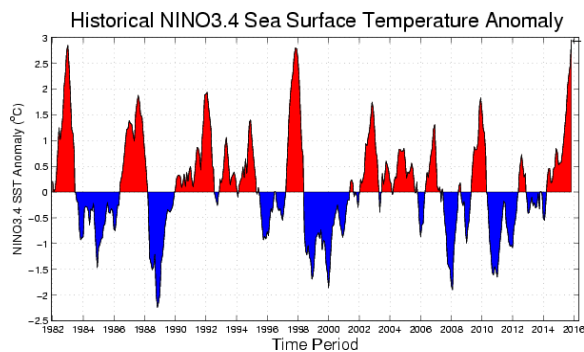


Abb. 2 Historical NINO3.4 Sea Surface Temperature Anomaly

El Niño und La Niña-Ereignisse tendieren dazu, sich während der Periode April- Juni zu entwickeln, und sie

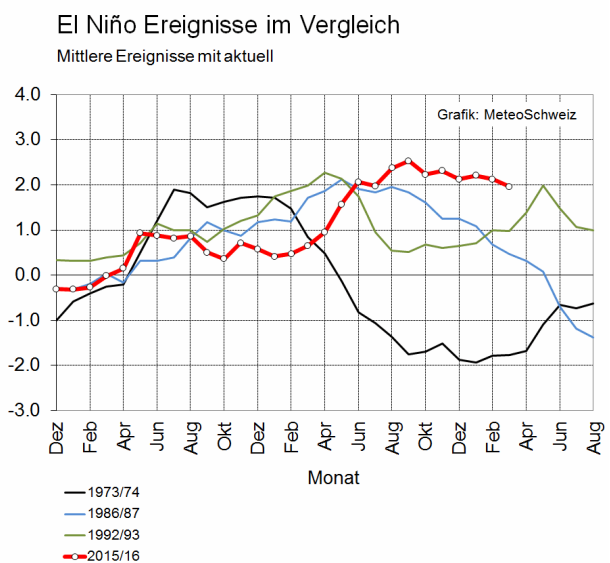
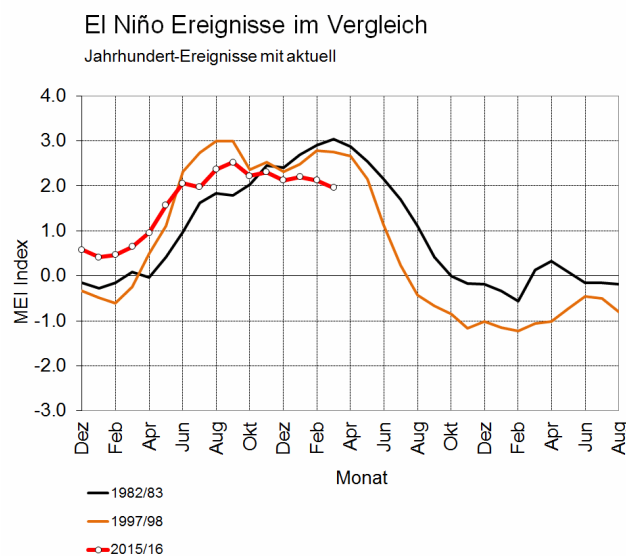
- erreichen ihre maximale Stärke bevorzugt von Dezember bis Februar,
- dauern typischerweise 9-12 Monate an, können gelegentlich aber auch bis zu 2 Jahren andauern,
- treten typischerweise alle 2 bis 7 Jahre auf.

Quelle: IRI (Januar 2016)

Die WMO sieht den El Niño 2015/16 schon jetzt auf gleichem Niveau wie die drei bisher stärksten El Niños (1972-73, 1982-83, 1997-98) seit Beginn der offiziellen Aufzeichnungen im Jahr 1950 [30].

El Niño-Ereignisse sind im langjährigen Durchschnitt etwa alle 4 bis 7 Jahre zu erwarten. Die selteneren starken Ereignisse stehen dabei den weit häufigeren schwachen Ereignissen gegenüber (Abb. 3).

Abb. 3 El Niño-Ereignisse im Vergleich



Sehr starke (links) und mittlere El Niño-Ereignisse (rechts) im Vergleich zur aktuellen Entwicklung (rote Linie). Der **MEI-Index** (Multivariater El Niño Index) berechnet sich aus dem Bodendruck, den Ost-West- und Nord-Süd-Komponenten des Bodenwindes, der Meeresoberflächentemperatur, der Lufttemperatur auf Meereshöhe und dem Bewölkungsgrad im äquatorialen Pazifik.

Daten: National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), Earth System Research Laboratory (ESRL). Grafik: [Meteoschweiz](#)

Das letzte El Niño-Ereignis liegt nun schon über fünf Jahre zurück. Zwischen Juni 2009 und Mai 2010 wurden letztmals signifikant positive Abweichungen der Oberflächenwassertemperaturen ($>0,5\text{ °C}$) im tropischen Pazifik gemessen. Seitdem wechselten sich der "Neutralzustand" und "La Niña" ab, letztere beschreibt eine Phase mit besonders stark ausgeprägter Walker-Zirkulation².

² Eine parallel zum Äquator verlaufende tropische Zirkulation der Atmosphäre, die aus mehreren Zellen besteht. Die Zellen werden aus einem aufsteigenden und absteigenden Ast zwischen der unteren und der oberen Troposphäre sowie O-W- bzw. W-O-Strömungen dazwischen gebildet. Ursache ist der durch die Passatwinde hervorgerufene Gegensatz zwischen kaltem und warmem Wasser auf den Ost- bzw. Westseiten der tropischen Ozeane, der besonders im Pazifik ausgebildet ist. Die beidseits des Äquators als Teil der Hadley-Zirkulation ständig wehenden NO- und SO-Passate treiben das Oberflächenwasser von O nach W.

Monitoring und Vorhersage des ENSO-Phänomens

Die Vorhersage der Geschehnisse im und über dem Pazifik geschieht auf unterschiedliche Weise. Komplexe dynamische [Computermodele](#) projizieren die Entwicklung des tropischen Pazifik in die Zukunft, ausgehend vom aktuell beobachteten Zustand. Statistische Vorhersagemodelle können auch einige Vorläufererscheinungen solcher Entwicklungen mit einbeziehen. Die Analysen von Experten verleihen den Modell- und Messergebnissen weiteren Wert, insbesondere bei der Interpretation der Geschehnisse unter der Meeresoberfläche. Alle Vorhersagemethoden versuchen die Auswirkungen der Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre innerhalb des Klimasystems zu berücksichtigen.

Die meteorologischen und ozeanographischen Daten zur Beobachtung und Vorhersage von El Niño- und La Niña-Episoden stammen aus nationalen und internationalen Beobachtungssystemen. Der Austausch und die Verarbeitung der Daten vollziehen sich in Programmen, die von der World Meteorological Organization ([WMO](#)) koordiniert werden. Die wohl wichtigste Datenquelle - neben Satelliteninformationen - liefert das [Tropical Atmosphere Ocean \(TAO\) Array](#), ein System von Beobachtungsbojen im äquatorialen Pazifik. Die von den USA und von Japan unterhaltenen Bojen zeichnen Daten auf zu Meerestemperaturen, sowohl an als auch unter der Oberfläche, zu Wetterverhältnissen sowie zu Ozeanströmungen und übertragen sie in Echtzeit an Wissenschaftler in aller Welt. Das vom TAO-System überwachte Gebiet ist in mehrere Sektionen aufgeteilt (Abb. 5), von denen jede eine unterschiedliche Aussagekraft für die Wahrscheinlichkeit einzelner ENSO-Phasen³ hat.

Wissenschaftler, die z.B. Atmosphären- oder Ozeandaten im Pazifik sammeln, verfolgen wie Temperaturen und Luftdruck von Durchschnittswerten abweichen und wie lange diese Abweichungen andauern. Das Maß und die Dauer der Abweichungen zur Bestimmung von El Niño oder La Niña variiert leicht zwischen einzelnen Vorhersagezentren und Ländern.

Neben dem routinemäßigen Monitoring haben Wissenschaftler der NOAA und von Partnerorganisationen während des El Niño 2015/16 im tropischen Pazifik zu Land, auf dem Meer und in der Luft eine Kampagne zur Untersuchung des Naturphänomens gestartet. Die dabei gewonnenen Daten sollen auch helfen, die Wettervorhersagen in weit entfernten Gebieten zu verbessern, insbesondere durch die Optimierung von Vorhersagemodellen. Gleichfalls dienen sie den jahresübergreifenden ENSO-Vorhersagen, sowie der höheren Genauigkeit von Modellen zur Langzeitvorhersage von Effekten des Klimawandels.

Die als [El Niño Rapid Response Field Campaign](#) bezeichnete Kampagne setzt von Januar bis März 2016 das NOAA-Forschungsflugzeug Gulfstream IV sowie das NOAA-Schiff Ronald H. Brown ein, die NASA stellt ihre unbemannte Drohne Global Hawk zur Verfügung, die mit speziellen Sensoren ausgerüstet ist. Dazu kommen Forscher, die u.a. auf Kiritimati (vorm. Weihnachtsinsel) ca. 1340 Meilen südlich von Honolulu stationiert sind. Vom Boden aus lässt man Wetterballone aufsteigen, beobachtet die Atmosphäre mit Radaranlagen, und von Flugzeugen aus werden Instrumente abgeworfen, die zur Erdoberfläche schweben und dabei Wetterparameter messen. Man darf auf die Ergebnisse der Kampagne gespannt sein. []



Abb. 4 Sensing Hazards with Operational Unmanned Technology

NASA's Global Hawk aircraft deploys a dropsonde during a test flight over the Dryden Aeronautical Test Range in August 2015. The small, tube-shaped sensor will transmit data on temperature, humidity, and wind speed, which will be used to help improve weather model forecasts. Based from NASA's Armstrong Flight Research Center in Edwards, California, the Global Hawk will fly four to six 24-hour flights during the month of February.

Quelle: [NASA JPL](#)

³ Man unterscheidet 3 verschiedene ENSO-Phasen oder -Zustände: El Niño-Phase (Warmphase), Neutral-Phase und La Niña-Phase (Kaltphase).

Definitionen von ENSO-Ereignissen

Um eine bestehende Phase der El Niño / Southern Oscillation besser bestimmen zu können, wurden unterschiedliche Indizes entwickelt. Als Quasi-Standard gilt z. Z. der **Oceanic Niño Index (ONI)** der amerikanischen Wetter- und Meeresbehörde NOAA. Dabei werden die Meeresoberflächentemperaturen (engl. **sea surface temperatures**, SST) in der Niño3.4 Region (170° W bis 120° W, 5° S bis 5° N) ermittelt. Dieses Gebiet liegt etwa 3.000 km südöstlich von Hawaii (Abb. 5).

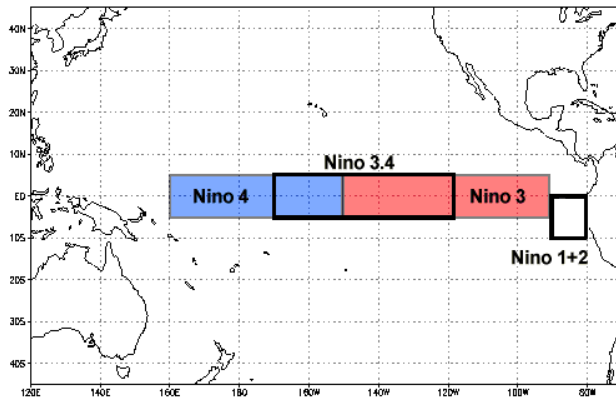


Abb. 5 Niño-Regionen

Wissenschaftler klassifizieren traditionell die Intensität von El Niño auf der Basis von SST-Anomalien, die eine definierte Schwelle in einer bestimmten Region des äquatorialen Pazifiks überschreiten. Die am häufigsten verwendete Region ist die Niño 3.4-Region, und der gebräuchlichste Schwellenwert ist eine positive SST-Abweichung vom Mittel, die größer oder gleich +0,5 °C ist.

Da diese Region die westliche Hälfte der äquatorialen Kaltwasserzunge umfasst, bietet sie ein gutes Maß für wichtige Änderungen der SST und von SST-Gradienten, die zu Veränderungen im Muster von hochreichender tropischer Konvektion und der atmosphärischen Zirkulation führen.

Quelle: [NOAA/NCDC](#)

Ein El Niño-Ereignis liegt dann vor, wenn die mittleren dreimonatigen Abweichungen der Meeresoberflächentemperaturen wenigstens fünfmal in Folge den Schwellenwert von +0,5 °C erreichen oder überschreiten (Abb. 6). Für La Niña-Ereignisse gelten sinngemäß die negativen Werte. Als Referenz dienen verbesserte und homogene historische Analysen der Oberflächenwassertemperatur für den 30-jährigen Zeitraum zwischen 1981 und 2010.

Die Stärke eines El Niño-Ereignisses wird dadurch bestimmt, wie sehr der ONI-Wert über 0 liegt. Übersteigt er 0,5 °C wird er als 'schwach' bezeichnet, über 1,0 °C als 'mäßig', 1,5 °C als 'stark' und über 2,0 °C als 'sehr stark'. In der Beobachtungsperiode von 1950 bis heute hat der ONI erst zweimal 2,0 °C überschritten und zwar während der Warmereignisse von 1982/83 und 1997/98. Für den aktuellen El Niño wurde ein Überschreiten der Marke 2,0 °C für die Zeit des Nordwinters vorhergesagt, was auch eintraf.

Die 3-Month Running Means für die Monate Mai 2014 bis Oktober 2015 in der Niño 3.4 Region

MJJ	JJA	JAS	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
0,4°C	0,6°C	0,6°C	0,5°C	0,4°C	0,5°C	0,7°C	0,9°C	1,0°C	1,2°C	1,5°C	1,7°C
0,7°F	1,1°F	1,1°F	0,9°F	0,7°F	0,9°F	1,3°F	1,6°F	1,8°F	2,2°F	2,7°F	3,1°F

Quelle: [NOAA/NCDC](#)

Abb. 6

Warm- und Kalt-Phasen werden definiert als ein Zeitraum von mind. 5 aufeinanderfolgenden 3-Monatsblöcken mit Anomalien der SST-Mittelwerte (ERSST.v4, 1971-2000 base period) in der Niño 3.4-Region, die eine Schwelle von +/- 0,5°C überschreiten.

Daneben gibt es den **Southern Oscillation Index (SOI)**. Er wird durch Variationen des Luftdrucks im Bodenniveau bestimmt und ist der älteste Indikator für den ENSO-Zustand. Während eines El Niño ist der Luftdruck in Tahiti unter dem Durchschnitt und über dem Durchschnitt in Darwin, was zu einem negativen SOI führt. Während La Niña verhält sich der Luftdruck umgekehrt und der Index wird positiv (Abb. 8).

Eine gewisse Beschränkung der Aussagen des SOI besteht darin, dass die Stationen Tahiti und Darwin etwas südlich des Äquators gelegen sind (Tahiti bei 18°S, Darwin bei 12°S), wohingegen das ENSO-Phänomen enger am Äquator abläuft. Der Equatorial Southern Oscillation Index (EQSOI) beseitigt dieses Problem, da er den durchschnittlichen Druck auf Meereshöhe in zwei großen Gebieten benutzt, die entlang des Äquators zentriert sind (5°S bis 5°N), und zwar über Indonesien und über dem äquatorialen Ostpazifik (Abb. 7).

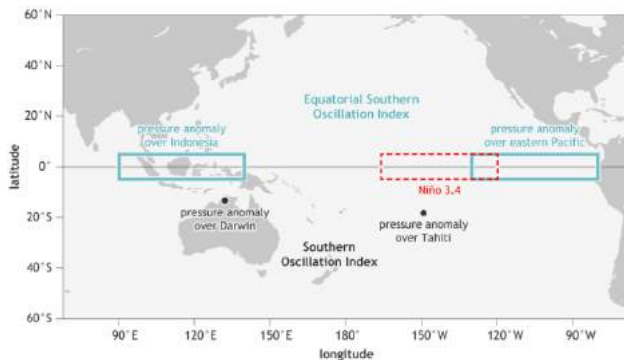


Abb. 7 Zwei SOI-Indexe

a) Lage der 2 Stationen, deren Luftdruck auf Meereshöhe zur Bestimmung des Southern Oscillation Index (SOI) beitragen: Tahiti, in Französisch-Polynesien und Darwin in Australien.

b) Lage der 2 rechteckigen Gebiete, deren mittlere Luftdrücke zur Berechnung des Equatorial Southern Oscillation Index verwendet werden: eines über dem äquatorialen Ostpazifik und eines über Indonesien.

Zum Vergleich ist noch die NINO3.4-Region eingetragen, die für die Ermittlung der Meeresoberflächentemperatur und damit die Ableitung des ONI wichtig ist.

Quelle: [ENSO Blog](#) (2015), image by Fiona Martin

Allerdings reichen die verfügbaren Daten für diesen Index nur bis 1949 zurück. Demgegenüber liegen für den Tahiti-Darwin-Index Aufzeichnungen vor, die bis in das späte 19. Jahrhundert zurückreichen. [2]

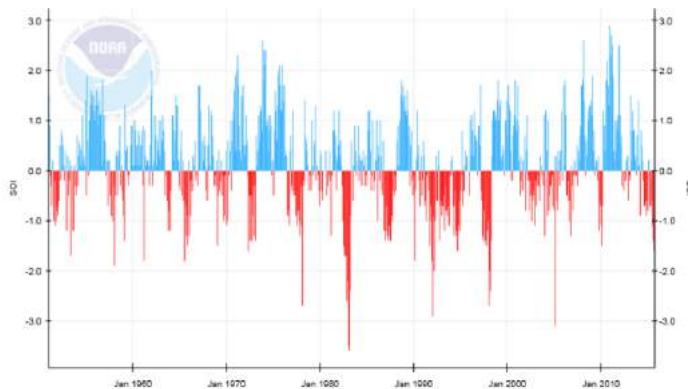


Abb. 8 Southern Oscillation Index (Jan. 1951 - Oct. 2015)

The SOI is a standardized index based on the observed sea level pressure differences between Tahiti and Darwin, Australia. The SOI is one measure of the large-scale fluctuations in air pressure occurring between the western and eastern tropical Pacific (i.e., the state of the SO) during **El Niño** and **La Niña** episodes. In general, smoothed time series of the SOI correspond very well with changes in ocean temperatures across the eastern tropical Pacific. The negative phase of the SOI represents below-normal air pressure at Tahiti and above-normal air pressure at Darwin.

Quelle: [NOAA CPC/NCEP](#)

Der **multivariate ENSO Index (MEI)** zur Charakterisierung der Intensität eines ENSO-Ereignisses berücksichtigt gleich mehrere Faktoren, wie Luftdruck, Wassertemperatur, Wind, Lufttemperatur und Bewölkungsgrad. Damit ist er der wohl umfassendste aller ENSO-Indexe. Der MEI benutzt die Daten des **International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS)** und wird zwölfmal pro Jahr für jeden überlappenden 2-Monatszeitraum berechnet. Dies sind dann Januar-Februar, Februar-März, März-April usw. Hohe positive MEI-Werte zeigen das Auftreten von El Niño-Bedingungen an, wohingegen stark negative MEI-Werte für das Vorhandensein von La Niña-Verhältnissen stehen (Abb. 9).

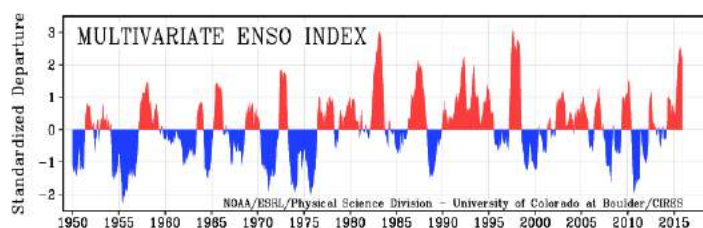


Abb. 9 Multivariater ENSO-Index

Graphische Darstellung der MEI-Werte von 1950 - Dezember 2015

Quelle: [ESRL/NOAA](#)

Zusätzlich gibt es weltraumgestützte Verfahren, ENSO-bedingte Veränderungen des Ozeans nachzuweisen: Die thermische Expansion des sich erwärmenden Wassers im östlichen und zentralen Teil des Pazifikbeckens bei El Niño-Ereignissen hebt messbar den Meeresspiegel in diesen Gebieten an, und diese Veränderung des Meeresspiegels kann mit Hilfe von satellitengetragenen **Radaraltimetern** gemessen werden. Insofern sind Änderungen des Meeresspiegels gute Indikatoren bei El Niños, aber auch bei den kühlen La Niñas, da sich dann der Meeresspiegel im östlichen bis zentralen Pazifik senkt. Eine grafische Umsetzung der ermittelten Daten bieten die folgenden Abbildungen (Abb. 10).

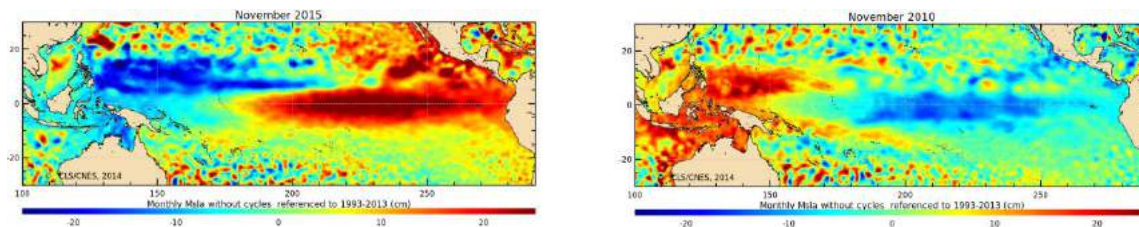


Abb. 10 Anomalien der Meereshöhen bei Warm- und Kalt ereignissen

Links: Die mittleren Monats-Anomalie des Meeresspiegels im tropischen Pazifik für November 2015 (MSLA are computed from Ssalto/Duacs, annual and seasonal cycles removed here, see [product sheet](#)).

Beachten Sie auch [ältere Versionen](#) zum Vergleich und ebenso [Karten zur Meeresoberflächentemperatur](#).

Rechts: Zum Vergleich die Anomalien der Meereshöhen im tropischen Pazifik während des La Niña-Ereignisses 2010 für den gleichen Monat.

Quelle: [Aviso](#)

Mit dem Aufkommen von kontinuierlichen [satellitengestützten](#) Daten im Jahr 1979 wurde ein weiterer stark ENSO-relevanter Index verfügbar. Er erfasst Änderungen der ausgehenden Langwellenstrahlung⁴ (engl. *outgoing longwave radiation*, OLR⁵). Diese zeigt das Ausmaß an atmosphärischer Konvektion (Gewitteraktivität) über dem tropischen Pazifik an. Durch die Kartierung der von den Wolkenoberseiten ausgehenden Langwellenstrahlung kann man die Gebiete im tropischen Pazifik ausmachen, die **regenreicher** oder **trockener** als der Durchschnitt sind (Abb. 11). Überdurchschnittlich starke Gewitteraktivität tritt oft (nicht immer) in Gebieten auf, die eine anomal hohe Meeresoberflächentemperatur besitzen. Die OLR ist daher nicht nur für den ENSO-Zustand sehr relevant, sondern dient auch als wichtiges Bindeglied zu den klimatischen Fernwirkungen außerhalb des tropischen Pazifiks. [2]

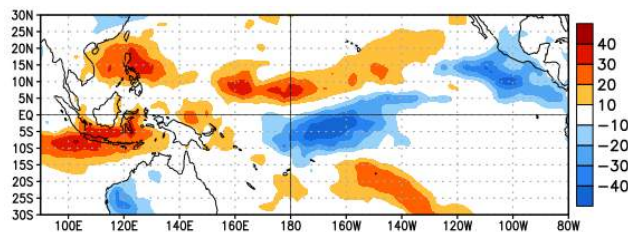


Abb. 11 Anomalien der tropischen OLR

(30. 10. - 24. 11. 2015)

Im o.g. Zeitraum traten negative OLR-Anomalien (verstärkte Konvektion und Niederschläge) nahe der Datumsgrenze und nördlich des Äquators im Ostpazifik auf. Positive OLR-Anomalien (unterdrückte Konvektion und Niederschläge) wurden über Indonesien, den Philippinen und nördlich des Äquators bei der Datumsgrenze beobachtet.

Quelle und aktuelle Daten: [NOAA CPC/NCEP](#)

Und schließlich der monatliche „Thermocline Slope Index“ (Abb. 12): Er steht für die Differenz anomaler Tiefe der 20 °C-Isotherme zwischen dem Westpazifik (160° O - 150° W) und dem Ostpazifik (90° W - 140° W). [25]

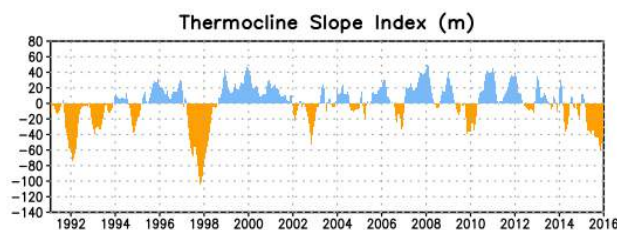


Abb. 12 Der Thermocline Slope Index (m)

Die Neigung der ozeanischen Thermokline ist am geringsten (stärksten) während Warm- (Kalt-)Episoden.

Die aktuellen Werte des Thermocline Slope Index (negativ) belegen El Niño-Bedingungen.

Quelle: [NOAA CPC/NCEP](#) (1. Februar 2016)

⁴ OLR - die Energiemenge, die von der Erde in den Weltraum abgestrahlt wird, gemessen an der Obergrenze der Atmosphäre (*top of the atmosphere*, TOA).

Die Gewitteraktivität kann man ermitteln durch die Messung der Temperatur an den Wolkenoberseiten, die geringer ist bei höheren und damit kälteren Oberseiten von starken Gewittern. Somit bedeutet geringe OLR eine hohe Gewitteraktivität.

⁵ OLR-Daten werden aktuell von dem Instrument Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) an Bord der polarumlaufenden NOAA-Satelliten aufgenommen.

Die meteorologisch-ozeanographische Entwicklung des El Niño 2015/16

Die professionellen ENSO-Beobachter hatten es im Jahr 2014 und bis zu Beginn von 2015 nicht leicht und zogen wegen voreiliger Ankündigung eines El Niño so manchen Spott auf sich. Hingegen entwickelte sich dann im Jahr 2015 ein unvorhergesehener und starker El Niño. El Niño überrascht uns eben noch immer, trotz einer jahrzehntelangen Forschung zu seinen Ursache und seinem Verhalten.

Es war nun so, dass im gesamten Jahr 2014 aufgrund der Modellvorhersagen zu den SST die Bandbreite der möglichen Entwicklungen sowohl einen El Niño wie auch eine Neutralphase möglich erscheinen ließ. Und immerhin waren es nur sehr wenige Modelle, die ein starkes Ereignis vorhergesagt hatten. [11]

The public discussion is exciting and we love seeing so much passion and curiosity for ENSO. Some of you seem to look forward eagerly to El Niño by providing names for it like the "Mitt Romney El Niño" (will it run yet again?) or "El Niño Lazarus" (rising from the dead?). And, you over there, with your idea to start an [Oceanic and the Kelvin waves](#) band, with its smash hit: "I am Walking on the Thermocline"-- very clever.

Quelle: [L'Heureux 2015](#)

Zu Beginn des Jahres 2014 herrschten neutrale Bedingungen vor (Niño3.4 Index zwischen $-0,5$ °C und $0,5$ °C). Aber bereits im Dezember 2013 hatte die [El Niño/Southern Oscillation \(ENSO\) Diagnostic Discussion](#), ein regelmäßig erscheinendes Informationsbulletin des [NOAA Climate Prediction Centers](#) vorsichtig davon gesprochen, dass sich die Chancen für die Entwicklung eines El Niño erhöht hätten, aber die Neutralbedingen bis zum Sommer 2014 weiterbeständen. Im März 2014 sah man dann bereits eine 50-prozentige Chance für die Entwicklung eines El Niño im Sommer oder Herbst 2014. Der tropische Pazifik war dabei, sich zu erwärmen. Die Prognosen stiegen dann bis zum Juli trotz leichter Schwankungen auf fast 80-prozentige Chancen für einen El Niño im Herbst oder Winter 2014.

Zurück zum Jahresanfang: Von Januar bis April 2014 trat im äquatorialen Westpazifik eine Serie von Westwindausbrüchen (westerly wind bursts, WWB) auf, die zu einer plötzlichen Beruhigung der Passatwinde führten, und die wie gewöhnlich 1 bis 3 Wochen andauerten. Die Reaktion des Ozeans glich auf erstaunliche Weise der zu Beginn des El Niño von 1997/98, welches der stärkste bisher aufgezeichnete El Niño war.

Die Wiederholungsrate von extremen El Niños wie dem von 1997/98 liegt bei einem Ereignis in 15-20 Jahren, was einige Experten dazu verleitete, diese Ähnlichkeit als Beleg für das Bestehen eines weiteren großen Ereignisses anzusehen. Ein weiterer Indikator dafür, dass die Bedingungen 2014 für einen El Niño günstig waren, bestand in der Anhäufung von überschüssiger Wärme in und über der Thermokline⁶ entlang des Äquators. Ein solcher Aufbau von Überschusswärme war jedem mäßigen bis starken El Niño in den vergangenen 35 Jahren vorangegangen, und die Wärmeanomalie zu Anfang 2014 war höher als zu jeder Zeit seit 1997. Nach der gängigen El Niño-Theorie schafft die Überschusswärme ja die Voraussetzung im Ozean für den Beginn eines El Niño, der dann durch episodische Westwindausbrüche ausgelöst werden kann.

Aus diesem Grund sagten Computermodelle, insbesondere jene, die Temperaturdaten der Wasserschichten unterhalb der Oberfläche in ihre Ausgangsbedingungen einbezogen, mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit die Entwicklung von einem El Niño-gemäßen Anstieg der Meeresoberflächentemperaturen (SST) für die zweite Hälfte 2014 voraus.

Auf der Basis der außergewöhnlichen Beobachtungen und der weitgehenden Übereinstimmung der Vorhersagemodelle waren die Wissenschaftsgemeinde und die Presse einhellig der Meinung, dass sich im tropischen Pazifik wahrscheinlich ein Monster-El Niño zusammenbraute. Aber dann brach der vermeintlich große El Niño zusammen. Unerwartet verstärkten sich im Sommer die Passatwinde, obwohl Westwindausbrüche (WWB) 2014 weiterhin auftraten. Angesichts der verstärkten Passate

⁶ Auch *Temperatursprungschicht* genannte, einige Dekameter mächtige Wasserschicht, die warmes Oberflächenwasser von kaltem Tiefenwasser trennt. Hier ist die Temperaturabnahme mit der Tiefe am stärksten. Die Höhe des Meeresspiegels ist ein Indikator für die Tiefenlage der Thermokline, da sich Wasser bei Erwärmung ausdehnt. In ihr erfolgt eine markante Dichtezunahme mit der Tiefe.

begannen die SST-Anomalien im Ostpazifik um die Mitte 2014 zurückzugehen und die saisonalen Vorhersagen wurden mit dem weiteren Jahresverlauf immer unsicherer (Abb. 13).

Von August bis Dezember 2014 wurden die Wahrscheinlichkeiten auf das Einsetzen in der [ENSO Diagnostic Discussion](#) wieder reduziert und der wahrscheinliche Beginn immer weiter ins Frühjahr 2015 verschoben.

Zwar nahm die Temperatur der oberen paar hundert Meter im tropischen Pazifik zu (*subsurface heat content anomalies averaged between 180°-100°W*), als Folge von wiederholt auftretenden Kelvinwellen⁷ mit Downwelling⁸.

Aber in der Atmosphäre gab es bis zum Jahresende kein zu den anomal warmen Wassermassen passendes El Niño-Muster. Westwinde, von denen die Kelvinwellen ausgelöst wurden, schwächten sich immer wieder ab. Der SOI war leicht negativ, d.h. mit gewisser El Niño-Tendenz, aber der äquatoriale SOI (EQSOI) war eher nahe Null. Auch blieb der Niederschlag nahe der Datumsgrenze unterdurchschnittlich und östlich davon etwa durchschnittlich. Insofern blieb trotz der stärkeren Tendenz zu El Niño der kombinierte atmosphärische und ozeanische Zustand neutral.

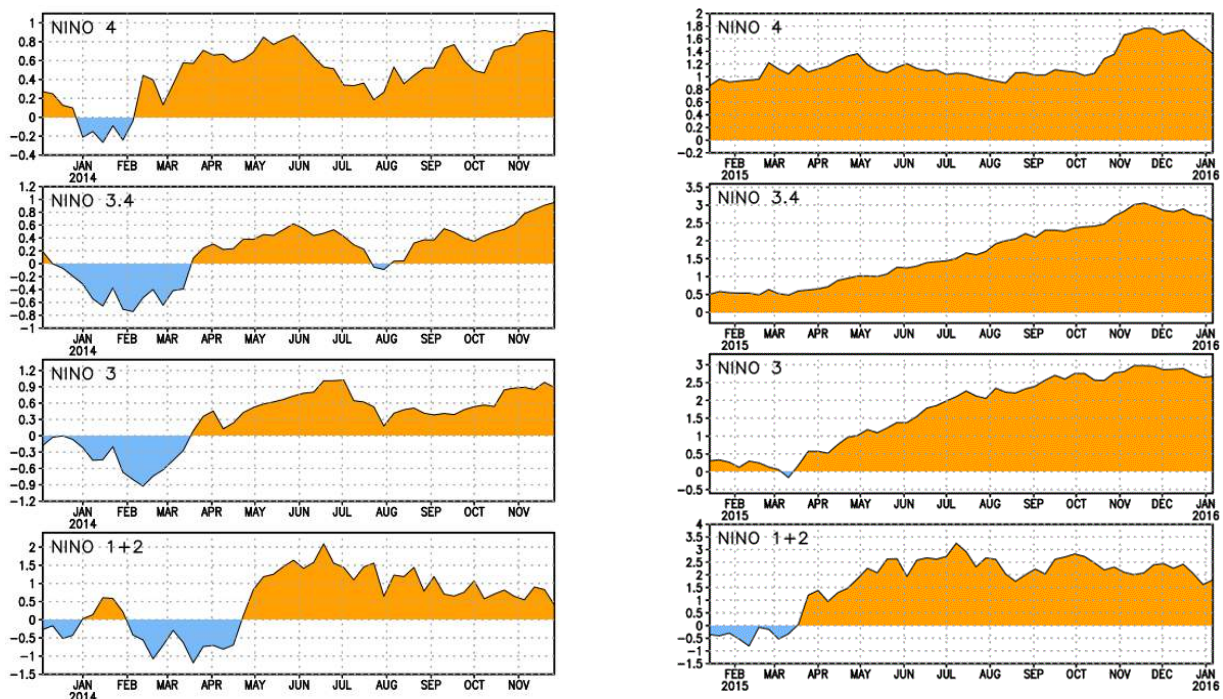


Abb. 13 Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen (SST) in den verschiedenen Niño-Regionen

Time series of area-averaged sea surface temperature (SST) anomalies (°C) in the Niño regions [Niño-1+2 (0°-10°S, 90°W-80°W), Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W), Niño-3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W), Niño-4 (5°N-5°S, 150°W-160°E)]. SST anomalies are departures from the 1981-2010 base period weekly means.

Weitere Diagramme im [ENSO Diagnostic Discussion Archive](#) (2001 bis zum aktuellen Stand)

Quelle: [NOAA CPC/NCEP](#)

⁷ Welle, die sich im Gegensatz zur Wasserwelle nicht frei über die ganze Wasseroberfläche ausbreitet, sondern sich nur in schmalen Gürteln (Wellenleitern) entlang topographischer Berandungen von rotierenden Flüssigkeiten, wie zum Beispiel im Ozean an Küsten und entlang des Äquators sowie in der Atmosphäre ausbreiten kann.

Die für das ENSO-Phänomen bedeutsame äquatoriale Kelvin-Welle ist eine lineare Welle mit erhöhten oder verminderten Temperaturen. Dieser Wellentyp bewegt sich (unidirektional) ostwärts entlang des Äquators mit einer Geschwindigkeit von ca. 2,5 m/s, dies entspricht ca. 200 km/Tag. Kelvinwellen können so den Pazifik in 2-3 Monaten überqueren. Dabei umrunden sie etwa ein Drittel des Erdumfangs.

⁸ Zirkulationsmuster, bei dem Oberflächenwasser vertikal in tiefere Schichten des Meerwassers verlagert wird. Es tritt dort auf, wo Winde Oberflächenwasser gegen eine Küste treiben oder gegen eine andere, gegenläufige Wassermasse.

Im Unterschied zu Auftriebsgebieten sind Regionen mit Abtrieb durch geringe biologische Produktivität gekennzeichnet.

Die ausgebliebene Interaktion zwischen Ozean und Atmosphäre wurde nach einer chinesischen Studie [22] durch anomale Ostwinde über dem äquatorialen Ostpazifik bedingt. Diese Winde, Passatwinde, erfuhren ihrerseits Verstärkung durch negative Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen (SST) im südöstlichen subtropischen Pazifik. Die negative Phase der Interdekadischen Pazifischen Oszillation⁹ (IPO) sorgte für das Andauern von kühleren SST und damit von verstärkten Passatwinden ab dem Jahr 2000. Im Nordsommer hatte die IPO einen extrem niedrigen Wert erreicht, was die Entwicklung eines El Niño-Ereignisses stark behinderte.

So gab es gegen Ende des Jahres 2014 trotz der in großen Teilen des tropischen Pazifik vorherrschend warmen Bedingungen unter den Wissenschaftlern keinen Konsens über die Entstehung eines wirklichen El Niño, der Erwärmungstrend war zu schwach und es gab fehlende Übereinstimmungen von verschiedenen ozeanischen und atmosphärischen Indikatoren.

Aber der dahinsiechende El Niño war nicht vollständig verschieden. In der ersten Hälfte des Jahres 2015 kam er mit erneuerter Kraft zurück, angetrieben von einem neuen Schwall starker Westwindausbrüche (WWB). Diese episodischen Windereignisse, von denen einige im frühen 2015 mit höchst ungewöhnlicher Aktivität von tropischen Wirbelstürmen im Westpazifik verbunden waren, sind für El Niño eine Form stochastischen Antriebs. Es besteht ein hohes Maß an Zufälligkeit, was ihr Einsetzen, ihre Stärke und ihre Dauer betrifft. Jedenfalls kommen sie bevorzugt über dem wärmsten Oberflächenwasser des tropischen Pazifiks vor. Insofern können die zu Anfang 2015 westlich und bei der Datumsgrenze fortbestehenden SST-Anomalien dazu beigetragen haben, die WWB (Abb. 14) zu befeuern und damit den El Niño wie Phoenix aus der Asche aufsteigen zu lassen. [20]

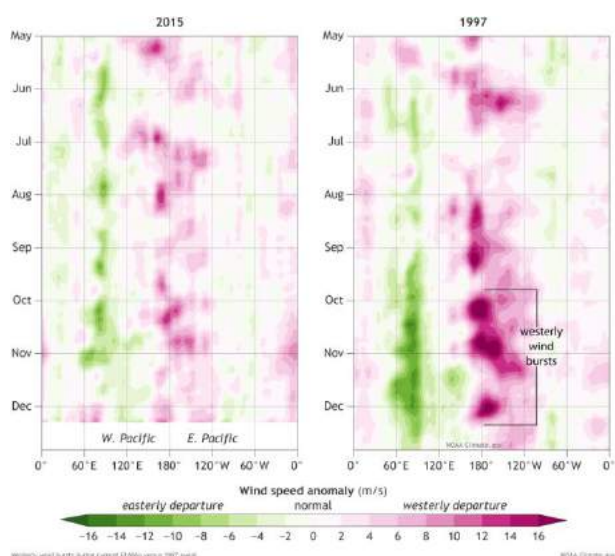


Abb. 14 Westerly wind bursts during current El Niño versus 1997 event

Near-surface wind anomalies over the tropical Pacific (5°N-5°S) in 2015 (left) compared to 1997 (right) in the months leading up to the winter peak of each event, starting at the top in May and ending in November (2015) and December (1997) at the bottom. Each row in [this type of image](#) is the departure from average (1981-2010) at that time.

Westerly wind bursts (dark pink areas) were much stronger in fall 1997 than they have been this year. NOAA Climate.gov image, based on data provided by the Climate Prediction Center.

If you average the September – November [low-level winds over the central Pacific](#), you get about 8 miles per hour, trailing 1982 (1.5 mph) and 1997 (-2.5 mph) pretty substantially (positive numbers means the wind is blowing from east to west, and negative means west to east). The average wind speed of the trade winds this time of year is about 16 miles per hour.

Quelle: [ENSO Blog](#) (10.12.2015)

Im Februar 2015 haben sich die Verhältnisse in Ozean und Atmosphäre soweit harmonisiert, dass die [ENSO Diagnostic Discussion](#) immerhin von schwachen („borderline“) El Niño-Verhältnissen schreibt und den Fortbestand mit einer 50- bis 60-prozentigen Wahrscheinlichkeit bis zum Sommer 2015 prognostiziert. Vor der südamerikanischen Küste waren El Niño-Bedingungen noch nicht angekommen, die Wochenwerte der Niño-Indexe vom Monatswechsel Februar / März 2015 betragen +0.6 °C in der Niño3.4-Region und +1.2 °C in der Niño4-Region und nahe Null in der Niño3 und der Niño1+2 Region.

Wegen der erwarteten schwachen Ausprägung des El Niño wurden keine verbreiteten oder signifikanten Auswirkungen globalen Charakters erwartet.

⁹ Mit dem Pazifik verbundene natürliche Klimavariabilität, die Jahrzehnte übergreift. In der negativen Phase der IPO, wie sie seit Ende der 1990er Jahre zu beobachten ist, gelangt ein höherer Anteil der zusätzlichen Wärmeenergie in den Ozean als im Verlauf der positiven Phasen, weshalb sich der Temperaturanstieg in der Atmosphäre abschwächt.

Aber das El Niño-Ereignis entwickelte sich dann bis Mitte Mai zu mittlerer Stärke und weiter zu großer Stärke ab Mitte Juli. Im Oktober-Monatsmittel betrug die SST-Anomalie 2,46 °C und für das Dreimonatsmittel August-Oktober 2,27 °C (Abb. 13). Die Prognosen für die Fortdauer enthalten im Sommer und Herbst eine immer höhere Wahrscheinlichkeit, auch hinsichtlich der zunehmenden Stärke.

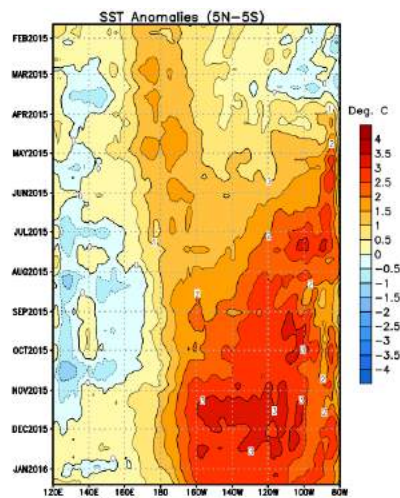


Abb. 15 Jüngere Entwicklung der Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen im äquatorialen Pazifik (°C)

Während des Monats Januar bis Mitte März 2015 wurden im Ostpazifik leicht unterdurchschnittliche Meeresoberflächentemperaturen (SST) beobachtet und positive Anomalien im westlichen und zentralen Pazifik.

Ab April kam es im Ostpazifik zu deutlichen positiven Anomalien, die dort bis heute andauern, aber mit einer erkennbaren Abschwächung.

Von Juni bis September verlagerten sich die stärksten positiven SST-Anomalien westwärts.

Mitte Januar 2016 bestehen östlich der Datumslinie positive Anomalien (>2 °C) der SST.

Quelle: NOAA CPC/NCEP (18.1.2016)

Mitte November 2015 betrug das Wochenmittel der SST-Anomalie in der Niño3.4-Region 3,0 °C, was natürlich eine starke El Niño-Kategorie bedeutet (Abb. 15). Diese Einstufung wird auch durch bodennahe Westwindanomalien, geschwächte Passatwinde und positive Konvektionsanomalien mit starken Niederschlägen nahe und östlich der Datumsgrenze unterstrichen. Der Southern Oscillation Index (SOI) und der äquatoriale SOI (EQSOI) besaßen auch deutlich negative Werte, was ebenfalls die El Niño-Bedingungen belegt. [14]

Im gesamten November haben sich die Meeresoberflächentemperaturen im tropischen Pazifik nur wenig oder gar nicht verändert (Abb. 16).

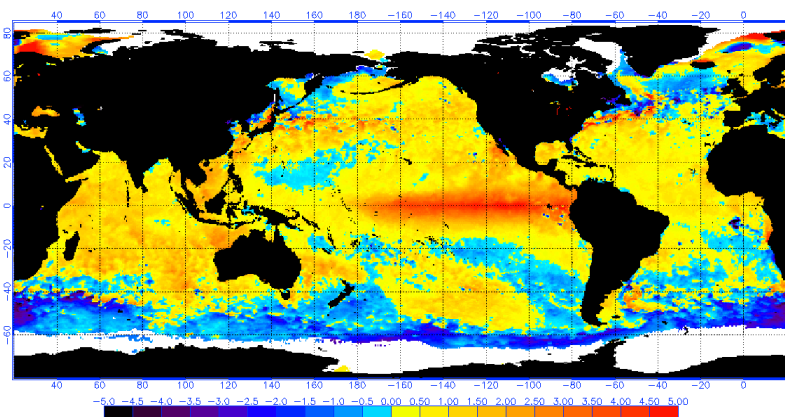


Abb. 16 NOAA/NESDIS SST Anomalien in °C am 30.11.2015

Studies have shown that a necessary condition for the development and persistence of deep convection (enhanced cloudiness and precipitation) in the Tropics is that the local SST be 28°C or greater. Once the pattern of deep convection has been altered due to anomalous SSTs, the tropical and subtropical atmospheric circulation adjusts to the new pattern of tropical heating.

Quelle: NOAA/NCDC

Zur Abrundung des Gesamtbildes ist auch ein Blick unter die Oberfläche nötig. Die Oberfläche des äquatorialen Pazifik ist die Schnittstelle, an der bei El Niño die überdurchschnittlich warmen Wassermassen mit der Atmosphäre interagieren. Diese Oberflächentemperaturen erhalten ihre Qualität durch große Wassermengen unter der Oberfläche. Ohne eine starke Wärmequelle würden kurzzeitige Fluktuationen vorherrschen, und wir hätten keinen El Niño (vgl. [Michelle L'Heureux's post on Kelvin waves](#)).

Wissenschaftler überwachen den Wärmegehalt der oberen 300 m des äquatorialen Pazifik. Seit Beginn des aktuellen El Niño im März 2015 registrierten sie einen durchgängig überdurchschnittlichen Wärmegehalt. Allerdings zeigt der Vergleich mit 1997, dass der El Niño 2015 im Herbst noch immer von weniger Wärmeenergie angetrieben wird als sein Vorgänger vor 18 Jahren (Abb. 17).

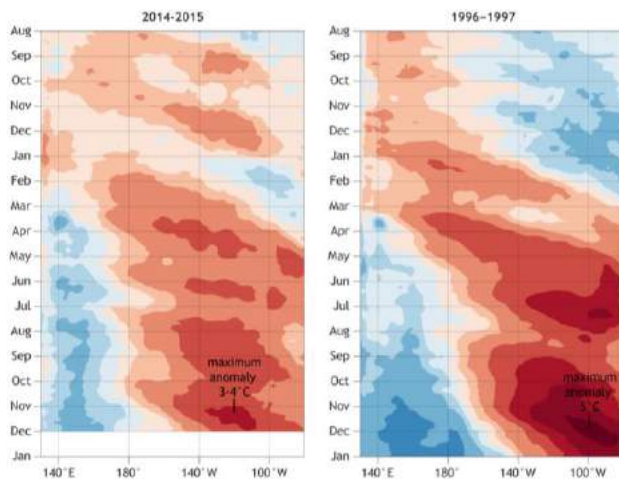
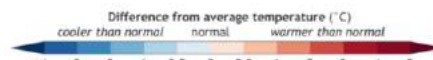


Abb. 17 Upper ocean heat content during current El Niño versus 1997-98 event

Heat content in the upper few hundred meters of the tropical Pacific (5°N-5°S) before and during the current El Niño event (left, August 2014-November 2015, top to bottom) and the 1997-98 event (right, August 1996-December 1997). Each row in [this type of image](#) is the departure from average (1981-2010) at that time. The maximum heat content anomalies during the peak of the 1997-98 event were as much as 5°C (darkest red), whereas this year, they are 3-4°C, and they cover a much smaller area. NOAA Climate.gov image, based on data provided by the Climate Prediction Center.



Quelle: [ENSO Blog](#) (10.12.2015)

In das Bild eines ausgeprägten El Niño-Ereignisses passen auch die negativen OLR-Anomalien über weiten Teilen des tropischen Pazifiks und die anomalen Westwinde in der Osthälfte des tropischen Pazifiks in einem monatsübergreifenden 30-Tage-Zeitraum im Oktober/November (Abb. 18).

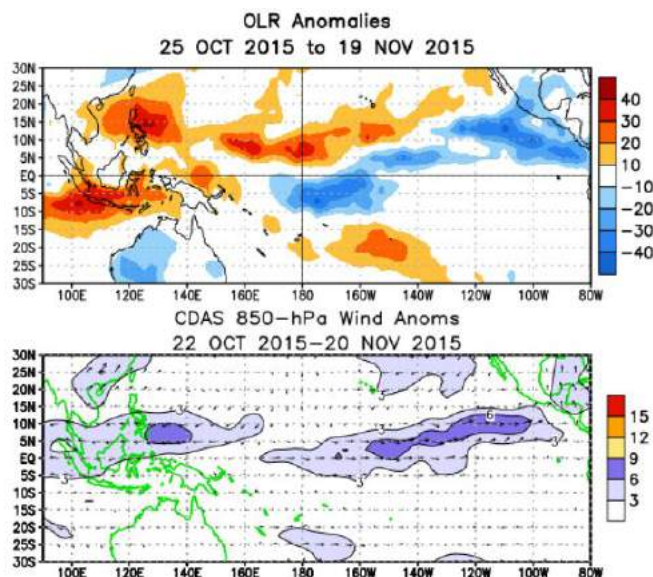


Abb. 18 OLR Anomalies / 850 hPa Wind Anomalies

Oben: OLR-Anomalien (25.10.2015 - 19.11.2015)

Negative Anomalien der ausgehenden Langwellenstrahlung (ein Indikator für verstärkte Konvektion und erhöhten Niederschlag) treten südlich des Äquators bei der Datumsgrenze auf und nördlich des Äquators im Ostpazifik.

Positive OLR-Anomalien (ein Indikator für unterdrückte Konvektion und geringeren Niederschlag) wurden über Indonesien, den Philippinen und nördlich des Äquators bei der Datumsgrenze beobachtet.

Unten: Anomale Westwinde im 850 hPa-Niveau beherrschten eine Zone von der Datumsgrenze bis weit in den Ostpazifik hinein.

Quelle: [NOAA CPC/NCEP](#) 23.11.2015

Das Monatsmittel der Meeresoberflächentemperaturen für November 2015 lag in der Niño3.4 Region mit 2,35 °C über dem Novemberdurchschnitt. Damit hat der El Niño 2015/16 in diesem Punkt mit dem Novemberwert von 1997, der bei 2,33 °C lag, gleichgezogen (die nicht ganz identischen Zahlenwerte sind unerheblich, da sie im statistischen Fehlerbereich liegen). Zugrunde liegt der [ERSSTv4](#)-Datensatz, der historische Vergleiche am besten ermöglicht. [3] Der Wochendurchschnitt ist in der zweiten Dezemberwoche leicht gesunken, auf 2,8 °C über dem Mittel. Davor waren im späten November 3,1 °C erreicht worden, was der höchste bislang von der NOAA aufgezeichnete Wert war.

Auch zum Jahresende zeigte der aktuelle El Niño keine Zeichen der Abschwächung, wie man in der folgenden Abbildung (Abb. 19) zu Anomalien der Meereshöhen aus Daten der *Mission U.S./European Ocean Surface Topography Mission (OSTM)/Jason-2* erkennen kann. Die Höhe des Ozeanwassers hängt in Teilen von seiner Temperatur ab, und sie ist ein Indikator der Wärmemenge, die im Wasserkörper darunter gespeichert ist.

Wie sein Vorgänger aus dem Jahr 1997/98 mit Daten von Topex/Poseidon zeigt er im gleichen Monat (Dezember) das Muster eines voll entwickelten El Niño (s. [Vergleich der El Niños 2015/16 und 1997/98](#) unten).

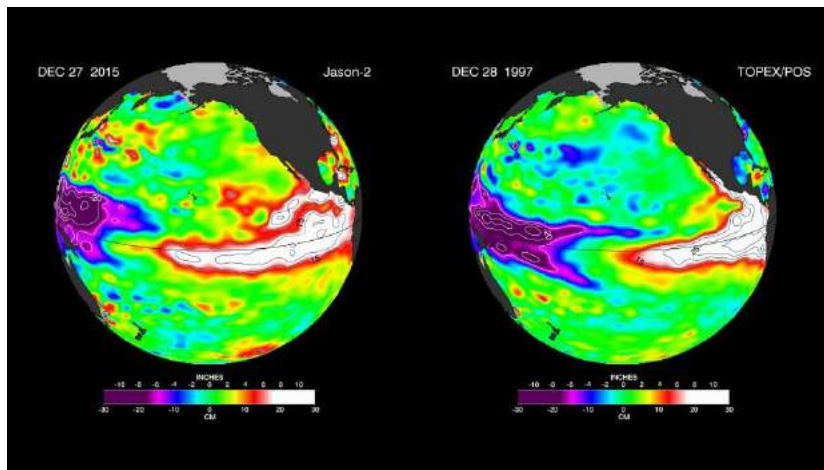


Abb. 19 Anomalien der Meereshöhen im Vergleich

Das Satellitenbild von Ende Dez. 2015 zu den Anomalien des Meeresspiegels im Pazifik, aufgenommen von Jason-2 (links) unterscheidet sich leicht von der 18 Jahre alten Topex-Poseidon-Aufnahme. Im Dez. 1997 war die Erhöhung des Meeresspiegels stärker und hatte ihr Max. im Nov. Dieses Jahr ist die Aufwölbung weniger stark, betrifft aber eine größere Fläche.

Klicken Sie [hier](#) zu einer Animation der Entwicklung des El Niño 2015

Quelle: NASA/JPL-Caltech

Der aktuelle El Niño hatte wohl im Dezember seinen Höchststand erreicht.

Das BOM konstatiert am 19. Januar 2016, dass weiterhin ein starker El Niño besteht, aber dass die Ozeantemperaturen im tropischen Pazifik ein fortschreitendes Abkühlungssignal aufweisen. Der tropische Ostpazifik hat sich unter der Oberfläche gegenüber dem vergangenen November um 3 °C abgekühlt. Auch die wöchentlich erhobenen SST zeigen einen Abkühlungstrend. Allerdings haben jüngst im tropischen Pazifik aufgetretene Wirbelstürme starke westliche Winde entlang des Äquators ausgelöst, was den Niedergang des El Niño aufhalten könnte. Solche kurzfristigen Verstärkungen wurden in der Vergangenheit immer wieder beobachtet, auch beim El Niño von 1997/98. [62]

In der Atmosphäre besaß der Southern Oscillation Index (SOI) im Januar nach vorübergehender Abschwächung noch starke Werte. Anfang Februar sind die Passatwinde im östlichen und zentralen Pazifik fast wieder zu normaler Stärke zurückgekehrt. Die tropischen OLR-Anomalien tragen weiterhin ein deutliches El Niño-Signal mit negativen Werten (verstärkte Konvektion mit Niederschlag) im zentralen und ost-zentralen Pazifik, sowie positiven Werten (unterdrückte Konvektion und Niederschlag) über Indonesien, Philippinen, Papua Neu-Guinea und Nordaustralien.

Das Rätsel der fehlerhaften Prognose von 2014 oder „Playing hide and seek with El Niño“

Ein von vielen erwarteter ‚Monster‘-El Niño stellte sich 2014 nicht ein, wohingegen 2015 ein unvorhergesehener starker El Niño entstand. El Niño überrascht uns noch immer, trotz einer jahrzehntelangen Forschung in seine Ursache und sein Verhalten. Wahrscheinlich sind natürliche Variationen für die jüngsten Ereignisse verantwortlich, aber der Klimawandel könnte auch eine Rolle gespielt haben.

“But then the big El Niño went bust, defying conventional wisdom and the computer model forecasts. Why this happened is a mystery that has left the experts scratching their heads. It was doubly confounding when the very weak warming that eventually did develop in 2014 was expected to die out in early 2015, but instead came roaring back with renewed vigor. El Niño continues to surprise us despite decades of research into its causes.” [93]

Der aktuelle El Niño erinnert uns wieder daran, dass unsere Wissenslücken noch recht groß sind. Als er im Jahr 2014 langsam Gestalt annahm, entwickelte er sich anfänglich wie viele andere. Die Erwärmung entlang des Äquators fiel 2014 dann aber weniger stark aus als üblicherweise in El Niño-Jahren, die eigentlich erwarteten Westwindausbrüche (*westerly wind bursts*) blieben aus – Mitte des Jahres war das prognostizierte Wetterphänomen zwischenzeitlich völlig verschwunden. Warum es verschwand und wieso es eigenartigerweise im Frühjahr 2015 wieder einsetzte, gehört zu den Fragen, die Ozeanforscher und Meteorologen nun beschäftigen. Der auf mysteriöse Weise wiedergekehrte El Niño bietet aber auch eine hervorragende Gelegenheit, die Beobachtungen und Modelle abzugleichen und das Vorhersagesystem zu verbessern, sagt der Ozeanograph Axel Timmermann von der University of Hawaii.

Laut Timmermann haben die zu früh aufgetretenen Westwindschübe möglicherweise nicht genügend warmes Wasser in den östlichen Pazifik gedrückt, so dass das kühlende Upwelling¹⁰ vor Südamerika nicht verhindert wurde – was letztlich El Niño vorerst gestoppt habe. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass kaltes Wasser aus tieferen Meeresschichten auf bisher unerklärliche

¹⁰ Aufströmen von tieferem, gewöhnlich kälterem und dichterem Meerwasser an die Oberfläche mit Schwerpunkten in bestimmten Auftriebsgebieten. In Bereichen mit Upwelling werden beträchtliche Mengen Kohlendioxid an die Atmosphäre abgegeben. Der küstennahe Auftrieb kalter und nährstoffreicher Wassermassen vor Peru und Ecuador ist nicht nur für die ansässige Fischerei bedeutend, sondern auch für den globalen Kohlenstoffkreislauf und damit für das Erdklima.

Weise an die Oberfläche gelangte. Aber es könnte auch einfach sein, dass die schwer vorhersagbare Natur der El Niño Southern Oscillation nur an der allgemeinen Unberechenbarkeit des Wetters liegt. [96]

McPhadens Hinweis auf eine möglicherweise problematische Bewertung von Daten beim Start von Klimamodellläufen wurde schon oben angesprochen. Ein weiterer von McPhaden vorgebrachter Grund betrifft den Indian Ocean Dipole (IOD), wie ENSO ebenfalls ein periodisches Klimamuster und daher oft als „Indian El Niño“ bezeichnet. Der IOD befand sich 2014 größtenteils in einer negativen Phase, hauptsächlich dank ungewöhnlich warmer SST, die sich vor den Küsten von Java und Sumatra im östlichen äquatorialen Indik festgesetzt hatten. Diese warmen SST könnten dabei geholfen haben, hochreichende Konvektion über dem Indo-Pazifischen Warmwasserkörper (SST $\geq 28,5$ °C) zu verankern, den der Maritimen Kontinent mit Indonesien umklammert und dadurch eine Verlagerung der Konvektion in den zentralen Pazifik verhindert.

Eine weitere Erklärung kann darin liegen, dass sich die El Niño-Bedingungen im Vergleich zu 1997 einen Monat früher auf den Weg machten, was möglicherweise zu früh war, da die jahreszeitlichen Hintergrundbedingungen gewöhnlich eine rasche Zunahme von SST-Anomalien in der zweiten Jahreshälfte begünstigen. In der Zwischenzeit haben möglicherweise negative Rückkopplungen, die normalerweise El Niño-SSTs dämpfen, die Möglichkeit gehabt, die einsetzenden Wärmeanomalien auszubremsen, bevor sie zu stark wurden.

Auch könnte niederfrequente Variabilität eine Rolle gespielt haben, da sich der Hintergrundzustand des indo-pazifischen Ozeans auf Zeitskalen von Jahrzehnten ändert. Beispielsweise befindet sich die Interdecadal Pacific Oscillation seit 1999 in einer Kaltphase, während der Passatwinde von unvorhergesehener Stärke auftraten und Meeresoberflächentemperaturen im äquatorialen Ost- und Zentralpazifik kühler waren. Auch diese kühlen Hintergrundbedingungen könnten 2014 die Wanderung der hochreichenden Konvektion vom westlichen in den zentralen Pazifik verhindert haben.

Zusätzlich hat sich der indo-pazifische Warmwasserkörper in den vergangenen fünfzig Jahren als Folge des Treibhausgasantriebs weiter erwärmt und ausgedehnt. Diese Erwärmungstrends könnten zu einem Wettstreit zwischen den Meeresoberflächentemperaturen im indo-pazifischen Warmwasserkörper und denen des zentralen Pazifiks beigetragen haben, indem sie 2014 den Ort mit hochreichender Konvektion entlang des Äquators beeinflusst haben. Eine ähnliche Situation ist bereits 2012 aufgetreten. [20]

Die schlechte Prognose kann aber auch einen recht trivialen und für die NOAA peinlichen Grund haben: Das TAO-Bojensystem im tropischen Pazifik, aus dem in situ-Daten für die Klimamodelle kommen, hatte in den Jahren 2012 und 2013 den Ausfall von nahezu der Hälfte aller verankerten Bojen zu beklagen. Budgetengpässe und in der Folge mangelhafte Wartung waren der Grund dafür. Erst gegen Ende von 2014 sollte das System wieder voll funktionsfähig sein.

“It’s the most important climate phenomenon on the planet, and we have blinded ourselves to it by not maintaining this array,” says Michael McPhaden, a senior scientist at the US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) in Seattle, Washington. McPhaden headed the TAO project before it was transferred out of NOAA’s research arm and into the agency’s National Weather Service in 2005. [...]

“In my opinion, NOAA dropped the ball on an incredible programme for climate research and weather forecasting,” McPhaden says. “And now they are trying to put **Humpty Dumpty** back together again.” (Tollefson 23.1.2014)

Wissenschaftler mussten nicht zuletzt an diesem Beispiel erkennen, dass ENSO ein großes Maß an natürlicher Variabilität besitzt und dass einzelne Ereignisse eine große Diversität an Verhaltensweisen haben können.

Das IRI geht im Februar 2016 davon aus, dass der Höhepunkt des aktuellen El Niño bereits im November 2015 erreicht war, aber dass das Ereignis noch immer als „strong“ einzustufen ist, und dass es wahrscheinlich bis April noch eine mäßige Stärke behält. [53]

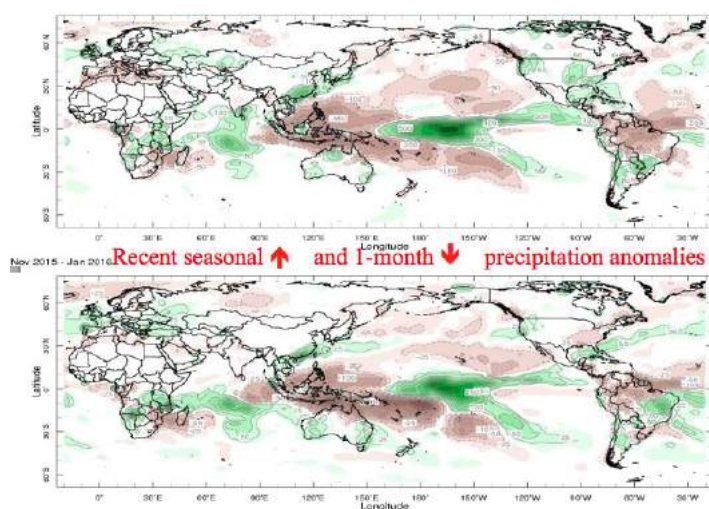


Abb. 20 Niederschlagsanomalien

The top image shows the precipitation anomalies from Nov 2015 – Jan 2016 (mm/season). The bottom shows precipitation anomalies for Jan 2016 only (mm/month). The anomalies are compared to the 1971-2000 base period.

Quelle: IRI

In der Tat bestehen Anfang März 2016 weiterhin positive Temperaturanomalien der Meeresoberfläche in weiten Teilen des äquatorialen Pazifik, aber mit abnehmender Tendenz über die vorangegangenen vier Wochen. Zwischen 170° W und 120° W bleiben die SST-Anomalien über 2 °C.

Aber alle wichtigen Indikatoren belegen im ersten Märzdrittel den Fortbestand eines starken El Niño. [72] So beträgt der neueste ONI-Wert (Dezember 2015 - Februar 2016) 2,2 °C. [70]

Zu Beginn der zweiten Märzhälfte 2016 beträgt die wöchentliche Anomalie der Meeresoberflächentemperaturen (SST) in der Niño 3.4-Region 1,7 °C über dem Durchschnitt, für den gesamten März wurde mit dem ERSSTv4-Datensatz¹¹ ein Durchschnitt von 1,6 °C ermittelt. Auch wenn dies einen deutlichen Rückgang gegenüber dem Wert von 2 °C für den Februar darstellt, ist noch immer von einem starken El Niño zu sprechen. Die SST-Anomalien lagen dann im frühen April nur noch zwischen 1,0 °C und 1,5 °C in weiten Teilen des zentralen und östlichen Zentralpazifiks.

Der Wert von 3,1 °C, gemessen im späten November 2015 war der höchste jemals gemessene Wochenwert seit Beginn der Aufzeichnungen durch die NOAA im Jahr 1950. Der aktuelle El Niño bleibt nach Wochenwerten gemessen leicht stärker als der El Niño von 1997/98 (1,4 °C über dem Durchschnitt am 18.3.1998 und 1,5 °C am 25.3.1998). [58]

Noch immer reagierte die Atmosphäre im März mit einer abgeschwächten Walker-Zirkulation auf die überdurchschnittlich warmen Temperaturen an der Wasseroberfläche, auch wenn die Reaktion schwächer war als früher im Jahr. Das Gebiet mit verstärkter Bewölkung und Niederschlag im Zentralpazifik, das in den vergangenen Monaten bestand, als die El Niño-bedingt warmen Wassermassen Wärme in die Atmosphäre leiteten, war im März auch noch vorhanden, aber es nimmt immer weiter ab.

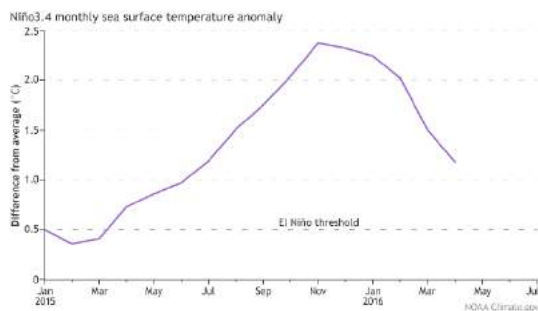


Abb. 21 Niño 3.4 Monthly Sea Surface Temperature Anomaly

Monthly sea surface temperature in the Niño 3.4 region of the tropical Pacific compared to the 1981-2010 average.

Sea surface temperatures in the Niño 3.4 region, our primary index for ENSO (El Niño/Southern Oscillation), have been cooling steadily since they peaked at 2.4°C (4.3°F) above average back in November. Recently, cooling has accelerated, and April was 1.2°C above average using ERSSTv4, our most historically consistent sea surface temperature dataset from NOAA NCEI.

Quelle: NOAA ENSO Blog (Mai 2016)

Die zwei häufigsten Indexe zur Aufspürung der Atmosphärenreaktion auf El Niño zeigen in den letzten Wochen ebenfalls abgeschwächte Werte. Der Southern Oscillation Index (SOI) war im März fast bei Null, und der monatliche Equatorial Southern Oscillation Index (EqSOI) hatte die niedrigsten Werte seit dem Beginn des aktuellen El Niño im Frühjahr 2015.

Die wesentlichste Änderung während der vergangenen Wochen vollzog sich im Wärmegehalt der oberen 300 m des zentralen Pazifiks. Dieser besaß seit der Jahresmitte 2014 (!) überdurchschnittlich hohe Werte, aber im März 2016 fielen sie unter den Durchschnitt. Dies bedeutet, dass die große Quelle warmen Wassers, die die Oberflächenanomalie beliefert, verschwunden ist.

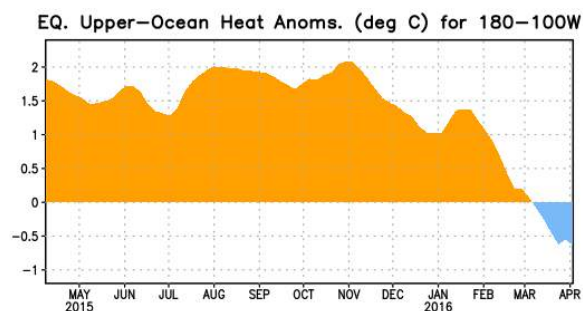


Abb. 22 Central and Eastern Pacific Upper-Ocean (0-300 m) Weekly Average Temperature Anomalies

Positive anomalies decreased during November and December, increased during the first half of January 2016, and have significantly decreased since late January with negative values appearing during March.

The heat content anomaly is computed as the departure from the 1981-2010 base period pentad means.

Quelle: NOAA / CPC / NCEP (April 2016)

¹¹ The Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) dataset is a global monthly sea surface temperature dataset derived from the International Comprehensive Ocean-Atmosphere Dataset (ICOADS).

Das BOM berichtet am 10.5.2016, dass sich die SST im tropischen Zentral- und Ostpazifik in den vorangegangenen Wochen deutlich abgekühlt haben und sich Neutralwerten nähern. Da die Temperaturen unter der Oberfläche bereits unterdurchschnittliche Werte zeigen, ist eine weitere Abkühlung der SST zu erwarten (Abb. 22). Allerdings stellt sich die Atmosphäre nur langsam auf diese Veränderungen ein, und deshalb schwanken der [SOI](#) und der [Bewölkungsgrad](#) nahe der Datumsgrenze weiterhin um El Niño-Schwellenwerte. Die Passate haben Anfang April fast wieder normale Werte erreicht.

Prognosen

Wenn vergangene Ereignisse hilfreich sind, zukünftige vorherzusagen, dann haben wir wahrscheinlich um die Jahreswende den Höhepunkt des El Niño von 2015/16 erreicht. Die überdurchschnittlich warmen Wassermassen in der Osthälfte des tropischen Pazifiks sollten sich dann allmählich abkühlen und sich wieder nach Westen verlagern. Bis zum Nordsommer könnte sich wieder der Neutralzustand eingestellt haben und vielleicht sogar ein Übergang zu einer kühlen La Niña-Phase einsetzen, wie es in der Vergangenheit nach starken El Niños oft geschah. Aber wird sich der Ozean 2016 genauso verhalten, wie er dies 1998 und 1983 tat? Unter dem Aspekt, dass der Planet wärmer ist als er es je in den vergangenen 135 Jahren war, kann es dafür keine Garantie geben. [41]

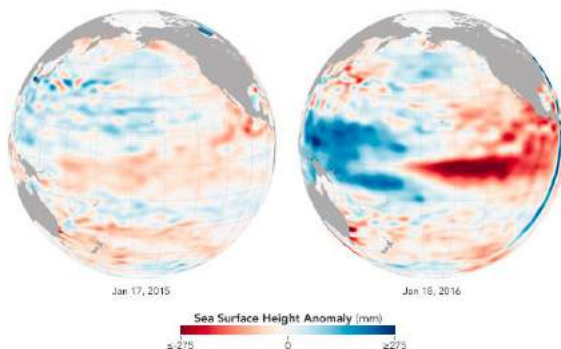


Abb. 23 El Niño should be near its peak

The data maps compare sea surface heights in the Pacific Ocean as measured on January 17, 2015, before the event began, and on January 18, 2016. Note that the January 2015 map shows remnants of a **weak 2014 El Niño event** that kick-started the intense 2015–2016 event.

The measurements come from the altimeter on the **Jason-2 satellite** and show averaged **sea surface height** anomalies. Shades of red indicate where the ocean stood higher than the normal sea level (thermal expansion). Shades of blue show where sea level and temperatures were lower than average (water contraction). Normal sea-level conditions appear in white.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#) (22.1.2016)

Der jüngste ONI-Wert (Dezember - Februar 2015) beträgt 2,2 °C. Nach Angaben der NOAA haben die Temperaturen in der Niño3.4- Region des tropischen Pazifiks den Rekord für die SST der Monate Dezember gebrochen. Sie erreichten den Durchschnittswert von 2,38 °C über Normal und übertrafen damit den Dezember 1997 mit seinem Wert von 2,24 °C.

Bislang entsprechen diese Beobachtungen den früher getroffenen Prognosen, nach denen der ONI in diesem Zeitraum im Mittel über alle Modellläufe (gesamtes **Ensemble**) auf eine Temperaturanomalie von etwa 2,9 Grad steigen und im Anschluss auch nur langsam wieder absinken wird.

Das australische Bureau of Meteorology (**BOM**) geht in seinem **ENSO Wrap-up** vom 2.2.2016 davon aus, dass der El Niño 2015/16 seinen Höhepunkt vor der Jahreswende überschritten hatte.

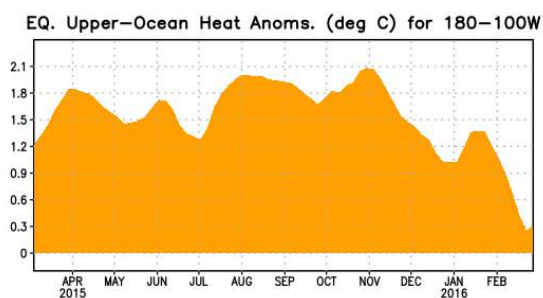


Abb. 24 Central and Eastern Pacific Upper-Ocean (0-300 m) Weekly Average Temperature Anomalies

During January – March 2015, a significant sub-surface warming occurred across the eastern Pacific. During August through late September, positive anomalies decreased. Positive anomalies decreased during November and December, increased during the first half of January 2016, and have significantly decreased during February.

Quelle: [NOAA / CPC](#) (7.3.2016)

Im tropischen Zentral- und Ostpazifik haben sich die Meeresoberflächentemperaturen und die Subsurface-Temperaturen in den letzten Wochen abgekühlt, allerdings bleiben die Temperaturen noch im Bereich eines starken El Niño (Abb. 24). Die Wassermassen unter der Oberfläche (the “heat content”) haben Anfang März ihre niedrigsten Werte seit über einem Jahr erreicht. Und da die Wärme unter der Oberfläche die warmen Oberflächenschichten bei El Niño nährt, ist dies ein Zeichen für das Abflauen des Ereignisses.

In der Atmosphäre besaß der Southern Oscillation Index (SOI) im Januar nach vorübergehender Abschwächung noch starke Werte (Mittel der letzten 30 Tage: -11.46, gerechnet vom 22.12.2015). Anfang Februar sind die Passatwinde im östlichen und zentralen Pazifik fast wieder zu normaler Stärke zurückgekehrt. Neuerliche Westwindausbrüche über dem äquatorialen Westpazifik hatten vorübergehend den Abbau des El Niño abgremst.

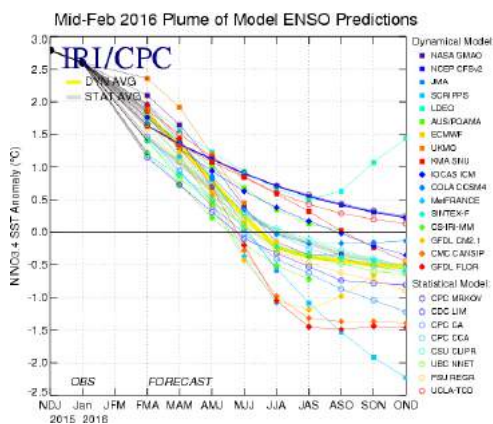


Abb. 25 Mid-Feb 2016 Plume of Model ENSO Predictions

Forecasts of sea surface temperature (SST) anomalies for the Niño 3.4 region (5°N-5°S, 120°W- 170°W). Figure updated 17 February 2016.

All models indicate that El Niño will weaken, with a transition to ENSO-neutral likely during the late spring or early summer 2016 (Fig. 6). Thereafter, the chance of La Niña conditions increases into the fall. While there is both model and physical support for La Niña following a strong El Niño, considerable uncertainty remains. A transition to ENSO-neutral is likely during late Northern Hemisphere spring or early summer 2016, with close to a 50% chance for La Niña conditions to develop by the fall.

Quelle: IRI/CPC (10.3.2016)

Zu den weiteren Aussichten: Die meisten Klimamodelle rechnen mit einem Übergang zu neutralen Bedingungen im zweiten Quartal des Jahres 2016. Eine exaktere Datierung des Übergangs ist schwierig. Die Modelle sagen auch, dass in der zweiten Hälfte des Jahres die Chancen auf eine fortgesetzte Neutralphase bzw. auf La Niña etwa gleich verteilt sind. [62]

Barnston (CPC/IRI) kommt in einem [Post zum ENSO-Blog](#) zu der Auffassung, dass man eine kühle Phase, d.h. La Niña im Zeitraum 2016/17 erwarten kann. Sein Team berücksichtigt bei der Prognose zusätzlich die vergangenen Reaktionen von tropischem Pazifik und dortiger Atmosphäre seit 1950 und auch von akzeptierten Theorien zur Erklärung des ENSO-Phänomens wie der Delayed Oscillator Theory [27].

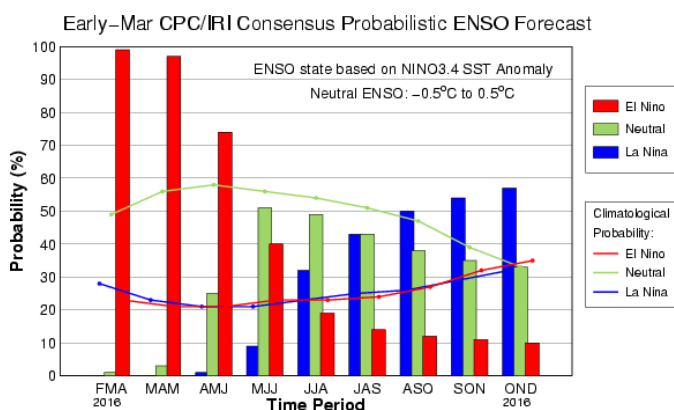


Abb. 26 CPC/IRI Probabilistic ENSO Forecast¹² - Published: 10 March 2016

The chance of El Niño gradually decreases into the spring and ENSO-neutral is favored by May-June-July (MJJ) 2016. The chance of La Niña increases to nearly 60% in September-October-November (SON) 2016.

Quelle: IRI (10.3.2016)

Für die USA erwarten NOAA-Meteorologen einige der bedeutendsten Auswirkungen erst für das Frühjahr 2016. [83, 85] Dazu gehören überdurchschnittliche Niederschläge über dem südlichen Teil der Staaten und unterdurchschnittliche Niederschläge über dem nördlichen Teil. Anomal hohe Temperaturen treten wahrscheinlich im Westen und in der Nordhälfte des Landes auf, während die südlichen Plains und die Golfregion mit niedrigeren Temperaturen rechnen müssen.

¹² Die *Consensus Probabilistic ENSO Forecast* ist die offizielle Vorhersage von CPC und NOAA. Sie wird am 2. Donnerstag jeden Monats von CPC und IRI herausgegeben. Diese Vorhersage basiert auf einem Konsensansatz, bei dem mehrere Meteorologen Vorhersagemodelle auswerten und dann ihre individuelle Sicht in eine gemeinsame Vorhersage einbringen.

Daneben veröffentlicht das IRI monatlich eine rein Modell-basierte probabilistische Vorhersage, also unter Ausschluss von menschlichem Input.

Das IRI geht im Februar 2016 davon aus, dass der Höhepunkt des aktuellen El Niño bereits im November 2015 erreicht war, aber dass das Ereignis noch immer als „strong“ einzustufen ist, und dass es wahrscheinlich bis April noch eine mäßige Stärke behält. [53]

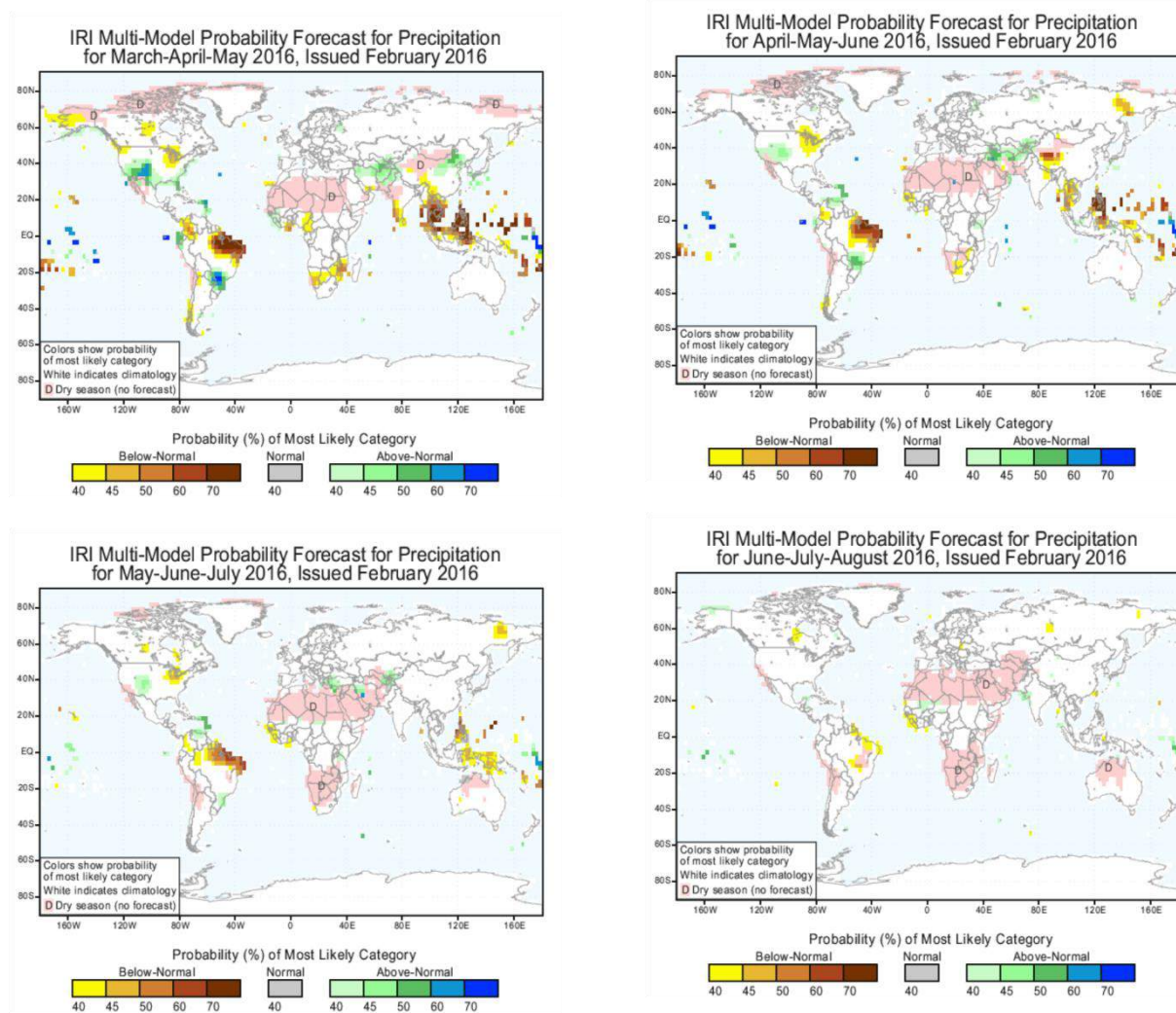


Abb. 27 Seasonal Climate Forecasts

For the upcoming March-May period, the forecast shows a strong likelihood of drier-than-normal conditions over areas of northern South America and southeast Asia (first image in gallery above, click to enlarge). There are also increased odds for drier-than-normal conditions in southern Africa, west-central Africa, western Alaska, parts of Canada and the northern US, Colombia, southern India and Sri Lanka. The southern US, eastern Caribbean, Ecuador, southern Brazil, central-southwest Asia and northern China have increased chances of above-average precipitation.

Quelle: [IRI](#)

"In meteorological terms, this El Niño is now in decline. But we cannot lower our guard as it is still quite strong and in humanitarian and economic terms, its impacts will continue for many months to come."

[WMO Secretary General Petteri Taalas](#) (18.2.2016)

Die monatliche *ENSO Diagnostics Discussion* von CPC/NCEP/NWS/IRI (10.3.2016) rechnet damit, dass sich im späten nordhemisphärischen Frühling oder im frühen Sommer 2016 neutrale ENSO-Bedingungen einstellen werden. Ferner besteht eine 50-prozentige Chance für die Entstehung einer La Niña im Herbst. [72]

Diese Prognosen stabilisieren sich weiter im April und im Mai. Die offiziellen Vorhersagen decken sich dabei mit den [Aussagen der Modelle](#) und sind auch in Einklang mit den historischen Erfahrungen, dass tendenziell eine La Niña einem starken El Niño-Ereignis nachfolgt. Das Eintreffen einer La Niña inzwischen mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % angegeben, möglicherweise schon im Sommer 2016.

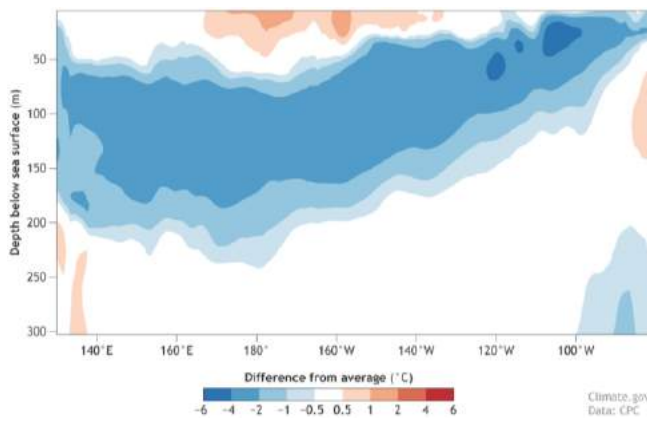


Abb. 28 Equatorial Subsurface Temperature Anomalies (May 1-5, 2016)

Cross-section of the equatorial Pacific Ocean for May 1-5, 2016, showing subsurface temperature (0-300 meters) compared to the 1981-2010 average. A large area of water that was 2-4 degrees Celsius cooler than normal had pooled up beneath the surface at depths of around 100-200 meters. Climate.gov figure by Fiona Martin, from CPC data.

Quelle: [NOAA ENSO Blog](#) (Mai 2016)

Zusammen mit Computermodellen weist ein weiteres Merkmal auf das Eintreffen einer La Niña hin, nämlich die Menge von ungewöhnlich kühlem Wasser unter der Oberfläche des Pazifiks. Dieser große Warmwasserkörper erstreckt sich entlang des Äquators über den gesamten Pazifik und reicht von oberflächennahen Schichten bis in ca. 240 m Tiefe.

In den Monaten März/April 2016 waren die durchschnittlichen Subsurface-Temperaturen in diesem Bereich des äquatorialen Pazifik die zweitniedrigsten seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1979. Die kältesten in dieser Reihe? Jene der Monate März/April 1998, die dem starken El Niño-Ereignis von 1997-98 nachfolgten. Kälteres Subsurface-Ozeanwasser im Frühjahr hat eine starke Verbindung mit La Niña. Den sechs Frühjahren mit den niedrigsten Temperaturanomaliien folgten La Niña-Winter. [70]

In den bis 1950 zurückreichenden [Aufzeichnungen](#) der NOAA gibt es 14 La Niña- und 23 El Niño-Ereignisse.

Ein La Niña-Ereignis liegt dann vor, wenn die mittleren dreimonatigen Abweichungen der Meeresoberflächentemperaturen in der Niño3.4-Region (Oceanic Niño Index, ONI) wenigstens fünfmal in Folge den Schwellenwert von $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ erreichen oder unterschreiten. Wie El Niño tendiert La Niña dazu, im späten Herbst oder im frühen Winter das stärkste Stadium ihrer Entwicklung aufzuweisen. Die Spitzenwerte der Temperaturanomaliien von La Niña sind gewöhnlich nicht so ausgeprägt wie die von El Niño. Von den genannten 14 La Niñas folgten neun direkt auf El Niño-Jahre. (Abb. 29)

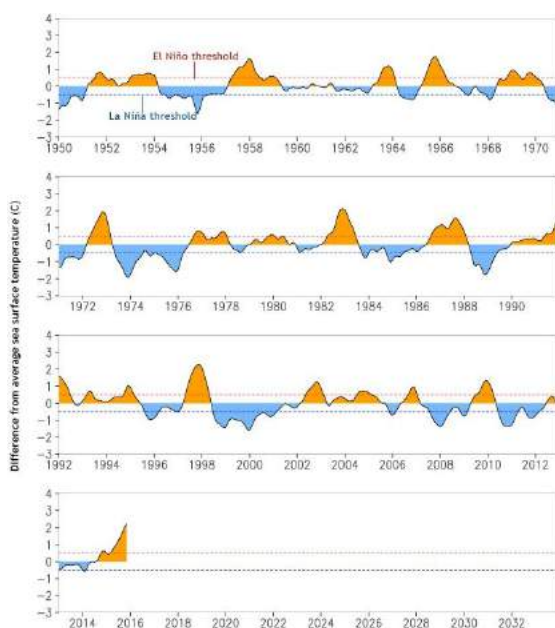


Abb. 29 Oceanic Niño Index since 1950

Plot of running 3-month average sea surface temperature (SST) in the Niño3.4 region (called the ONI), using the ERSSTv4 SST data.

You can see that sometimes La Niña does occur the year after a significant El Niño, like after the El Niño events of 1997-98, 1972-73 and 2009-10. But it doesn't always happen, such as after the events of 1991-92 and 2002-03.

Quelle: [NOAA ENSO Blog](#) (28. Januar 2016)

Vergleich der El Niños 2015/16 und 1997/98

Wenn man im Herbst 2015 Wettervorhersagen aus Gegenden las, in denen El Niño wichtige Auswirkungen zeigt, dann konnte man von den Meteorologen erfahren, wie sehr der aktuelle El Niño dem Monster-El Niño von 1997/98 ähnele. Satellitenbilder des Pazifischen Ozeans der Monate November 1997 und 2015 zeigen in der Tat fast identische, große Warmwasserkörper im äquatorialen Ostpazifik (Abb. 30). Für den Winter 2015/16 hatte der National Weather Service vergleichbare Auswirkungen in den USA vorhergesagt, wie sie 1997/98 eingetreten waren, als Kalifornien und der Süden Überschwemmungen, Schlammströme und Tornados erlebten, wohingegen die Menschen im nördlichen Mittleren Westen als Folge milden Wetters damals Heizkosten einsparten.

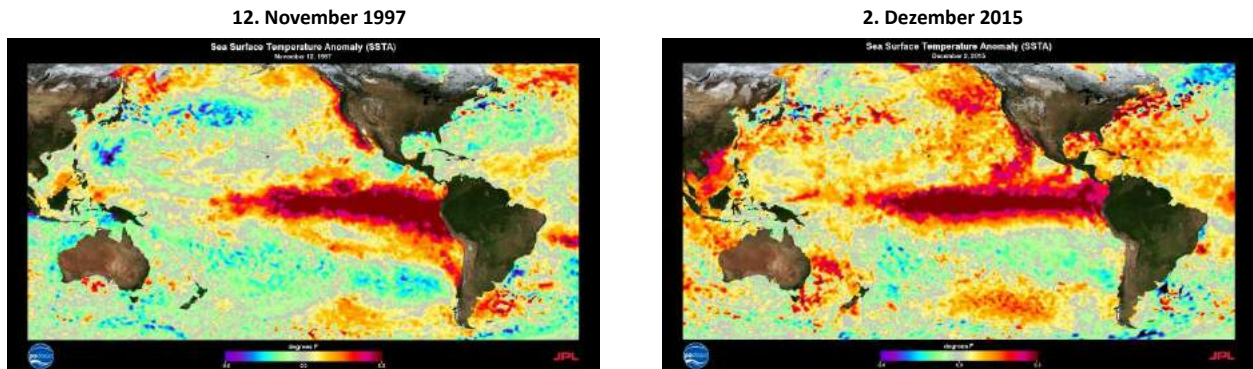


Abb. 30 SST-Anomalien im Vergleich

The above images are of Sea Surface Temperature Anomalies (SSTA) of the 1997 (left) and 2015 (right) El Niño. The SSTA are derived from the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Optimally Interpolated SST that are provided by the Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSSST) and also use NOAA's National Centers for Environmental Information (NCEI) climatology.

Quelle: [NASA JPL](#)

Bei genauerer Betrachtung mehrerer Aspekte zeigen sich aber doch wesentliche Unterschiede. Und es muss ohnehin klar sein, bei El Niños gibt es keine identischen Klone [91]. So hat auch der aktuelle El Niño keineswegs immer dem von 1997 geglichen. Satellitenbilder aus den Jahresanfängen von 1997 und 2015 zeigen Bedingungen im Pazifik, die weit auseinanderliegen. Auch sind die Temperaturen des aktuellen El Niño im tropischen Ostpazifik kühler als während des El Niño von 1997/98. Gleichzeitig sind die SST im etwas äquatorfernen Bereich höher. Auch waren die vorausgehenden Klimabedingungen in vielen Regionen bei den beiden El Niños unterschiedlich. Da die Auswirkungen eines El Niño auch wesentlich von sozioökonomischen Randbedingungen beeinflusst werden, sind auch die Auswirkungen des El Niño von 2015/16 von denen seiner Vorgänger zumindest in Teilen verschieden. [52]

Verfolgt man die Entwicklung des El Niño von 2015/16, erkennt man, dass sein Aufstieg sich schon im Frühjahr und im Sommer vollzog. Gewöhnlich baut sich ein El Niño im Herbst auf, ist stark über den Winter und verschwindet dann im Frühjahr. Dieses Mal hatte er schon im Winter 2014/15 ein Vorläuferstadium erreicht, um dann im Frühjahr 2015 von dieser Basis aus durchzustarten (Abb. 31).

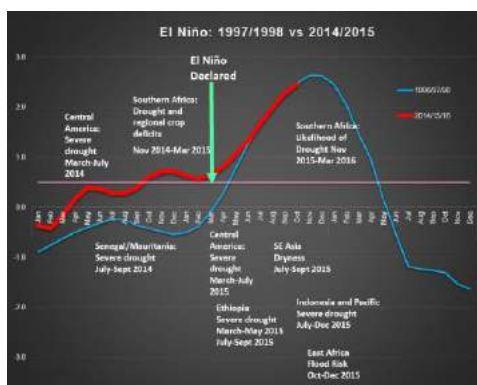


Abb. 31 Ein quasi-El Niño vor dem eigentlichen Ereignis

Obwohl der aktuelle El Niño im März 2015 offiziell seinen Status erhielt, schwankten die El Niño-Indikatoren schon seit dem zweiten Viertel des Jahres 2014 um die Grenzwerte. Die Schwelle zum El Niño war in der Tat im Oktober 2014 überschritten, aber es waren nicht alle Kriterien erfüllt. Auch wenn es nicht zu einem vollwertigen El Niño-Status reichte, erlitten viele Regionen der Erde negative Auswirkungen, die häufig die ärmsten und für Nahrungsunsicherheit anfälligen Bevölkerungsschichten betrafen. Dies betraf vor allem Menschen im südlichen Afrika und in Zentralamerika.

Die Grafik zeigt auch anschaulich, wie der El Niño von 1997/98 (blaue Kurve) deutlich rascher eingesetzt als der zögerliche El Niño von 2015/16 (rote Kurve).

Quelle: [WFP / VAM](#) (Dezember 2015)

In seinem ‚neutralen‘ Zustand ist der Pazifik im westlichen Teil warm und im östlichen Teil kühler. So sah der Ozean um die Jahreswende 1996/1997 aus. Umgekehrt zeigen Satellitenbilder seit etwa Februar 2014 einen großen Warmwasserkörper im äquatorialen Zentralpazifik (mit wechselnder Stärke der Anomalie), d.h. weder westlich davon, wie in einem ‚Neutraljahr‘, noch östlich, wie in einem typischen El Niño.

„Dieser warme Fleck stellte sich 2014 ein und verschwand seither nicht mehr. Dies ist ein sonderbares Verhalten“, (Tong Lee, an oceanographer at NASA's Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California).

In der ersten Dekade des neuen Jahrhunderts hatten Wissenschaftler beobachtet und beschrieben, dass sich im äquatorialen Zentralpazifik Warmwasserkörper häufiger einstellten. Da sie wie El Niños aussehen, aber sich an der falschen Stelle befinden, führten manche Forscher die Bezeichnung ‚Zentralpazifik-El Niños‘ ein. Andere benutzen den Namen ‚El Niño Modoki‘, von japanisch für ‚ähnlich aber nicht gleich‘. Ob es nun wirklich eine solche eigenständige Variante von El Niño gibt oder ob es sich um ein Kontinuum handelt, bleibt vorläufig umstritten.

Immerhin berührt die Diskussion um die neue Variante auch den aktuellen El Niño. Auf dem französischen Altimetrie-Portal von AVISO+ wird die Frage aufgeworfen: [The 2015 El Niño: An extraordinary Modoki event?](#) Die (nicht genannten) Autoren rechtfertigen ihre Vermutung zum einen mit dem Verweis auf zwei von [Takahashi et al. 2011](#) vorgestellte neue Indexe zur besseren Unterscheidung von Modoki- und klassischen El Niños. Zum anderen argumentieren sie mit der Tatsache, dass die Erwärmung der Meeresoberflächentemperaturen vor den Küsten Perus und Ecuadors weniger intensiv ist als im zentralen Pazifik und die Zunge der Wärmeanomalie weiter nach W reicht als bei dem klassischen El Niño von 1997. [60]

Dieser Einordnung des El Niño 2015/16 widerspricht Tony Barnston vom IRI auf der Basis der konventionellen Klassifizierung (vgl. Text bei Abb. 32). [3]

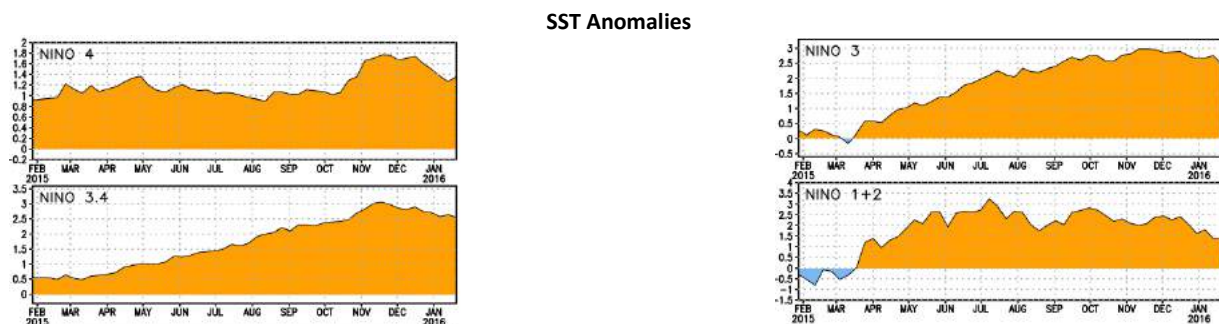


Abb. 32 Not a Modoki

“No, this is not a Modoki. Attached is a graph showing recent anomalies of the four Niño regions. The Niño3 and Niño3.4 areas have had stronger anomalies, exceeding 2.5 °C, than Niño4 in the most recent months, including the peak of the event. Last spring, Niño4 was most extreme, but the event had not gotten going full force yet. In Modoki, Niño3 has weak anomalies, and this is not the case this time.”

Quelle: Tony Barnston, pers. Mitteilung 24.1.2016

Aber der Zentralpazifik ist nicht der einzige Teil des Ozeans, der sich in den letzten paar Jahren eigenartig verhalten hat. Bevor sich der El Niño von 2015 bildete, gab es eine länger anhaltende und anomale Erwärmung vor der nordamerikanischen Westküste, den der Meteorologe Nick Bond (University of Washington, Seattle) ‚The Blob‘ nannte. Es handelt sich um den größten Wasserkörper mit anomal warmen Temperaturen im Nordpazifik seit Beginn der Aufzeichnungen. Er bildete sich vor ca. 2 Jahren nahe des Golfes von Alaska und wuchs die gesamte US-amerikanische Westküste entlang, wobei er sich mit Warmwasserkörpern vor Baja California und im Beringmeer verband. Wenn man die Satellitenbeobachtungen vergleicht, ist das Auftreten dieses Phänomens in Verbindung mit El Niño nicht normal, und die Kombination der beiden hat ein größeres Potential sich auf das Leben im Meer auszuwirken.¹³

¹³ Thanks in part to the [strong El Niño](#) in the equatorial Pacific, the Blob has finally broken up. [Beginning in November 2015](#), strong winds blowing south from Alaska began to pick up, and sea surface temperatures in the northeastern Pacific began to cool.

Wo auch immer El Niño das Meer erwärmt, reduziert er die Nährstoffmenge, die aus der Tiefe über Upwelling nach oben befördert wird mit Folgen für die gesamte Nährstoffkette. Diese Veränderungen wurden im Zusammenhang mit The Blob und El Niño aktuell beobachtet. [82]

Das australische BOM sieht den El Niño 2015/16 unter den Top Drei-Ereignissen der vergangenen 50 Jahre. Anfang Dezember 2015 liegen einige Schlüsselindikatoren noch hinter den Werten von 1997/98 und 1982/83, sowohl im Ozean (z.B. bei den sub-surface Temperaturen, die 2015 ein Maximum von ca. +8 °C erreicht haben, verglichen mit +12 °C in 1997/98), als auch in der Atmosphäre (z.B. beim SOI, bei dem die Monatswerte einen Höchstausschlag von -20 erreichten, gegenüber 1982/82, als einige Monate bei -30 lagen). [61]

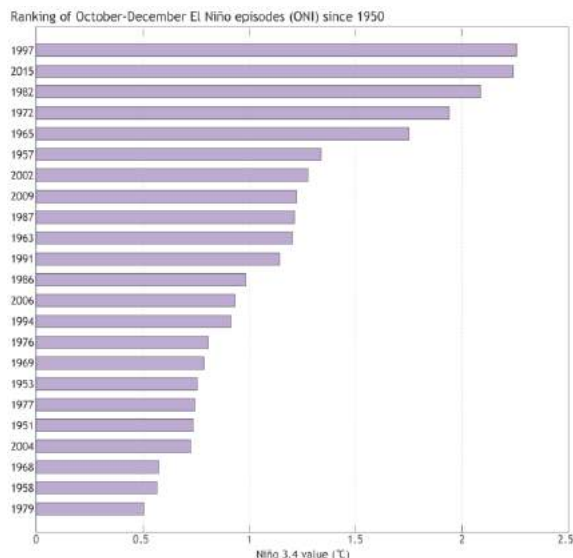


Abb. 33 Rangfolge der gemittelten 3-Monatswerte Oktober-Dezember von El Niño-Episoden (ONI) seit 1950

El Niño legte im Dezember 2015 einige [eindrucksvolle Zahlen](#) vor. Der Niño3.4-Index brach den bisherigen Rekord für den Monat Dezember und übertraf mit 2,38 °C über dem Durchschnitt den Wert des Dezember 1997 (2,24 °C).

Allerdings wird El Niño in 3-Monatsabschnitten gemessen ([measured on seasonal timescales](#)). Der entsprechende Wert für die Zeit von Oktober bis Dezember 2015, also der ONI-Wert, betrug 2,25 °C, womit er gleichzog mit der gleichen Periode von 1997.

Quelle: [ENSO Blog](#)

Nach Einschätzung des Chefmeteorologen des IRI, Antony Barnston, zeigt der aktuelle El Niño einige markante Unterschiede zu vergangenen starken El Niños. Dies betrifft seine meteorologische Ausprägung über dem Pazifik, wie auch seine weltweiten Auswirkungen. Zwar waren die Meeresoberflächentemperaturen (SST) in der Niño3.4-Region, die offiziell zur Definition eines El Niño-Ereignisses herangezogen werden, bislang jenen der starken Ereignisse von 1982-83 und 1997-98 ähnlich. Das Temperaturmuster in den umgebenden Wasserflächen war allerdings von dem der Vorläufer ein wenig verschieden. Im Westpazifik sind die Temperaturen während eines El Niño oft kühler als im Durchschnitt, aber beim aktuellen Ereignis waren sie im Großen und Ganzen eher nahe der Durchschnittswerte. Zusätzlich dehnen sich die warmen Wassermassen an der Oberfläche des zentralen Äquatorialpazifik bei gut ausgebildeten El Niños gewöhnlich bis an die südamerikanische Küste aus. Dieses Mal waren die Wassermassen zwar während des nordhemisphärischen Herbstes deutlich über dem Durchschnitt, sie liegen seither aber nur noch schwach darüber. Das heißt, im tropischen Ostpazifik waren die SST dieses Mal kühler als beim Starkereignis von 1997/98. Gleichzeitig waren die SST in größerer Entfernung vom Äquator wärmer.

Wegen dieser Temperaturunterschiede außerhalb der Niño3.4-Region ist der übliche Temperaturgradient zwischen kühl im Westpazifik und warm im Ostpazifik nicht so stark wie in den vorangegangenen starken El Niños. Obwohl die Wissenschaftler nicht genau sagen können, wie dies die Klimaauswirkungen beeinflusst hat, die Auswirkungen auf die Atmosphäre scheinen zumindest etwas unterschiedlich zu sein. Demnach ist die El Niño-bezogene Konvektion (d.h. Gewitter) entlang des Äquators im Zentralpazifik etwas weiter nördlich aufgetreten als üblich, und die Zone mit der stärksten Konvektion hat sich nicht so weit nach Osten ausgedehnt wie beim El Niño von 1997-98 (Abb. 34).

In September 2015, [Clifford Mass](#), a University of Washington atmospheric scientist, explained in [his blog](#) that El Niño generally brings lower-than-normal sea surface pressures to the eastern Pacific—the opposite of the systems that sustained the blob. By mid-December 2015, Mass declared that the blob [was dead](#). ([NASA Earth Observatory](#))

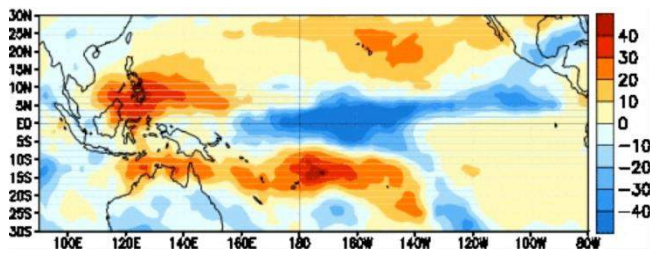


Abb. 34 OLR Anomalies
18 January to 12 February 2016

Outgoing longwave radiation is displayed, with blue tones indicating more convection, and orange tones indicating less convection.

Quelle: IRI

Diese äquatoriale Konvektion hält man für den stärksten Auslöser von weltweiten atmosphärischen Prozessen während eines El Niño, so dass Änderungen des üblichen Musters auch die typischen Klimaauswirkungen zur Folge haben können. Ein paar Anomalien der Anomalien (Tony Barnston) sind beispielsweise höhere Niederschläge in Namibia und weniger Niederschlag als während eines typischen El Niño-Jahres in Texas und dem SW der USA.

Weshalb dieser einzigartige El Niño sich auf diese Weise entwickelte, ist eine Frage, die vielen Wissenschaftlern Kopfzerbrechen bereitet. Rasche Antworten sind nicht zu erwarten. [53]

“This El Niño has not had the 'full orchestra' of teleconnections we expected.”

@climatesociety's Toni Barnston (19.2.2016)

Erweitern wir unsere Betrachtungen noch etwas und vergleichen den aktuellen El Niño mit „normalen“ El Niño-Mustern mit Hilfe der folgenden Karten. Sie zeigen die Anomalien der Strömungsverhältnisse (Abb. 35) in der Atmosphäre¹⁴ und der Niederschläge (Abb. 36) jeweils für die Monate Dezember und Januar. Denken wir daran, kein einziges El Niño-Ereignis wird jemals genau deckungsgleich mit dem typischen El Niño-Muster sein. Die Frage ist nur, wie sieht es dieses Mal aus?

Wind Anomalies

average El Niño winter (Dec-Jan)

this winter (Dec 2015-Jan 2016)

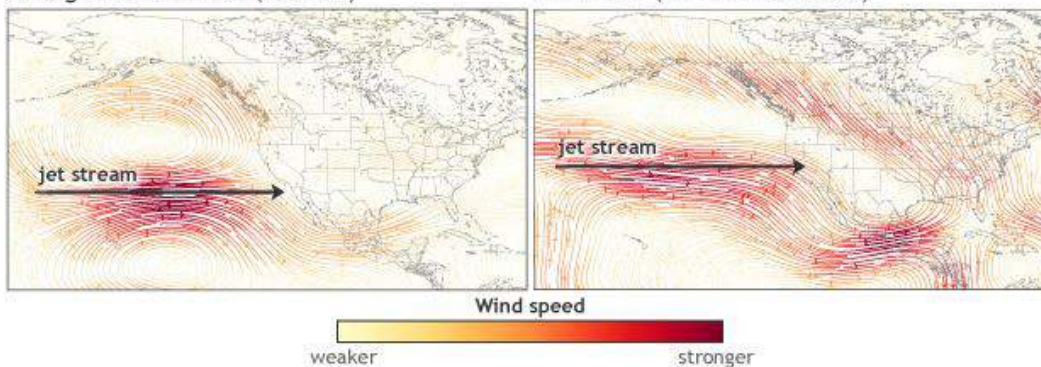


Abb. 35 Windanomalien im Vergleich

Links: Rekonstruktion von typischen Windanomalien unter El Niño-Bedingungen im Dezember und Januar
Rechts: Mittlere Windanomalie im Dezember 2015 und Januar 2016

¹⁴ Dargestellt sind die Winde im 250 hPa-Niveau (ca. 10,5 km Höhe in den Mittelbreiten Nordamerikas)

Precipitation Patterns

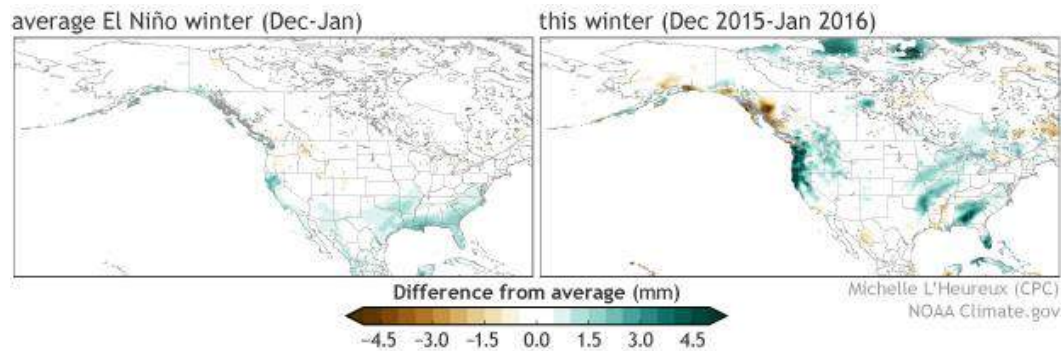


Abb. 36 Niederschlagsmuster im Vergleich

Links: Rekonstruktion von typischen Niederschlagsanomalien unter El Niño-Bedingungen im Dezember und Januar

Rechts: Mittlere Niederschlagsanomalie im Dezember 2015 und Januar 2016

Quelle: [ENSO Blog](#) (24.2.2016)

Die El Niño-bedingte Erwärmung des tropischen Pazifiks verstärkt den eher nach Süden verlagerten und nach Osten ausgedehnten Pazifik-Jetstream. Man kann dieses, für „gewöhnliche“ El Niños typische Merkmal im oberen linken Bild erkennen. Es zeigt starke anomale Winde, die von W nach O über den Nordpazifik ziehen. Der Jetstream hilft dabei, Feuchtigkeit und Niederschläge nach Kalifornien zu transportieren. Bei der mittleren Situation für den Dezember 2015 und den Januar 2016 (oben rechts) kann man ebenfalls eine ostwärtige Erweiterung des jetzt etwas weiter nördlich verlaufenden Pazifik-Jetstream erkennen. Dies führte zu feuchteren Bedingungen in der Nordhälfte Kaliforniens und dem [pazifischen Nordwesten](#) (vgl. [Rains return to California to start 2016](#)).

El Niño wird auch in Zusammenhang gebracht mit anomalen Winden, die sich von Mittelamerika nach Florida erstrecken, und die mit verstärkter stürmischer Witterung und Niederschlägen über der Golfküste und Florida in Verbindung stehen. In diesem Winter kam es zu einem vergleichbaren Fließmuster mit feuchterem Wetter über Teilen der südöstlichen USA und einer leichten Zunahme von [Tornados über Florida](#).

Vergessen wir nicht, dass El Niño zu einer bestimmten Zeit niemals der einzige Einfluss auf die Atmosphäre [64] ist, aber er ist der - zumindest für die USA - am besten vorhersagbare [65], und deshalb spricht man gerne über ihn. Beispielsweise kann für die in den Durchschnittswerten zum Ausdruck kommende Nordverlagerung des Jets auch der sehr positive Zustand der Arktischen Oszillation [66] im Dezember 2015 beigetragen haben. Nach dessen Rückgang im Januar näherte sich auch der Jet wieder dem typischen El Niño-Muster. [68]

Auswirkungen

Die verschiedenen ENSO-Phasen beeinflussen in erheblichem Ausmaß die Niederschlagsverhältnisse sowohl im pazifischen Kernraum als auch in weiter entfernten Gebieten, die daher auch als ENSO-sensitive Gebiete bezeichnet werden. [36]

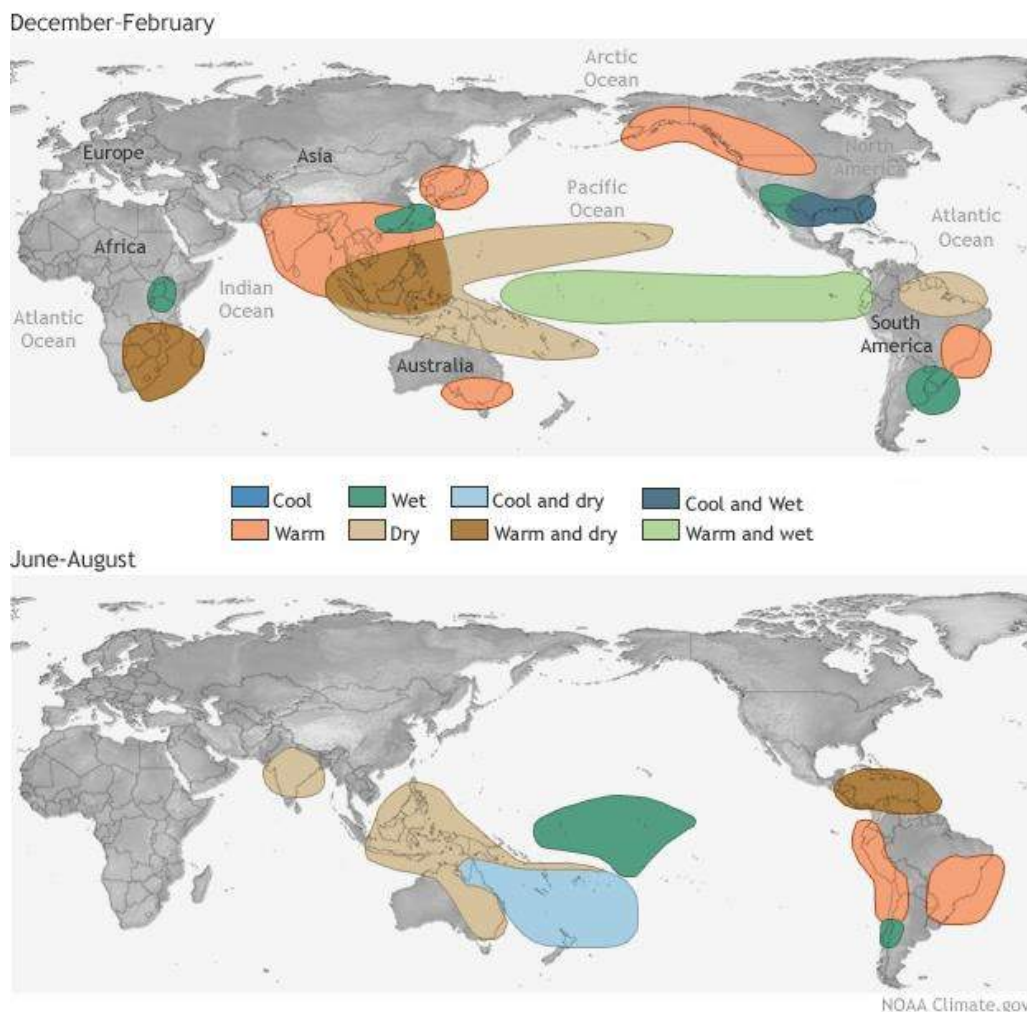
Ob Regen oder Dürre – die Wettermuster von ENSO sind keine Naturgesetze, sondern lediglich statistische Zusammenhänge, die eine durchschnittliche Veränderung anzeigen. Das Wetter eines Jahres kann drastisch davon abweichen oder es kann sogar die ganze Korrelation Zufall sein.

Es ist auch wichtig sich klar zu machen, dass El Niño und La Niña bei ihrem Auftreten nicht die einzigen Faktoren sind, die die globalen Klimamuster antreiben. Es spielen zumeist auch regionale Einflüsse eine Rolle, die die Wirkung von El Niño und La Niña verstärken oder schwächen können. Beispielsweise sind der Zustand des Indischen Ozeans über den sogenannten [Indian Ocean Dipole](#) oder die Meeresoberflächentemperaturen des tropischen Atlantiks in der Lage, das Klima der benachbarten Landmassen zu beeinflussen.

Ferner korrespondiert die Stärke eines El Niño nicht notwendigerweise mit Art und Stärke von Klimaauswirkungen in den Gebieten der Erde, wo sie sich zeigen.

Als einführende Übersicht zur geographischen Verteilung von El Niño-Auswirkungen in jahreszeitlicher Unterscheidung können die folgenden Grafiken (Abb. 37) der NOAA dienen, allerdings beschränkt auf meteorologische Aspekte. [64]

Abb. 37 El Niño Climate Impacts



Es gibt keine Auswirkungen von ENSO, bei denen es eine hundertprozentige Übereinstimmung zwischen den Varianten der Auswirkungen und denen von ENSO gibt. Dies liegt daran, dass ENSO als Klimaerscheinung variabel ist, und weil Klima allgemein nicht der einzige Einfluss auf das Auftreten einer bestimmten Auswirkung ist. Daher ist es wichtig herauszufinden, wie gut die Beziehung ist. Statistische Methoden wie Korrelationsbeziehungen sind ein Weg dies herauszufinden. Korrespondiert beispielsweise der Ausbruch einer bestimmten Krankheit häufig mit El Niño-Ereignissen, kann man fragen: Ist der Ausbruch bei jedem El Niño-Ereignis aufgetreten? Besitzt die Stärke des Ausbruchs eine Entsprechung mit der Stärke des El Niño? Ist der Ausbruch auch während El Niño-freien Jahren aufgetreten?

Wie wir wissen, erwärmen und kühlen El Niño and La Niña alternierend große Gebiete des tropischen Pazifik, dem größten Ozean der Erde, was entscheidenden Einfluss darauf hat, wo und in welcher Menge es dort regnet. Die wichtigste Region mit feuchter, aufsteigender Luft befindet sich während El Niño über dem zentralen und östlichen Pazifik, bei La Niña hingegen über Indonesien und dem Westpazifik. Analoge Karten zur Situation unter La Niña-Bedingungen finden Sie [hier](#).

Wie ein Felsblock die Strömung in einem Bach, so unterbricht diese Verlagerung die atmosphärischen Zirkulationsmuster, welche die Tropen mit den Mittelbreiten verbinden, was seinerseits die Jetstreams der Mittelbreiten beeinflusst. Und durch die Lageveränderung der Jetstreams können Temperatur und Niederschlag auch in Mittelbreiten beeinflusst werden.

FloodList hat Anfang Dezember 2015 eine Übersicht der bis dahin global wichtigsten hydrologisch bedingten Auswirkungen zusammengestellt ([Which Countries are Worst Affected by El Niño?](#))

Einen erheblichen Einfluss hatte die El Niño-Phase auf Dürren und Hitzewellen insbesondere in Südamerika, Afrika und Südostasien. Weltweit entstanden bei solchen Ereignissen im vergangenen Jahr (2015) Gesamtschäden von 12 Mrd. US\$, wovon 880 Mio.US\$ versichert waren. [87]

Der aktuelle El Niño 2015/16 wird also seit einigen Monaten mit einer Reihe von bedeutenden Auswirkungen in Verbindung gebracht, die man nach sektoralen - hier mit vier Beispielen - und regionalen Kriterien strukturieren kann. [31]

“We must remember that El Niño is not a one-off event but recurring global phenomena that we must address for future generations and to achieve the [Sustainable Development Goals \(SDGs\)](#),” said ECOSOC President Oh Joon at the opening of a special meeting on [Impacts of the 2015/16 El Niño phenomenon: Reducing risks and capturing opportunities](#) at UN Headquarters in New York.

[UN News Centre](#) (6. Mai 2016)

Sektorale Auswirkungen

Korallenbleiche (coral bleaching): Ozeantemperaturen in Rekordhöhe, die teilweise von El Niño verursacht sind, haben zu einem bedeutenden **Korallenbleiche-Ereignis** geführt. Es begann im Sommer 2014 im Westpazifik und breitete sich 2015 in den Südpazifik und den Indischen Ozean aus. US-amerikanische Korallenriffe sind überproportional hart betroffen. Die NOAA schätzt, dass bis zum Jahresende 2015 nahezu 95 % der US-amerikanischen Korallenriffe Ozeanbedingungen ausgesetzt sein werden, die dazu führen können, dass Korallen ausbleichen.

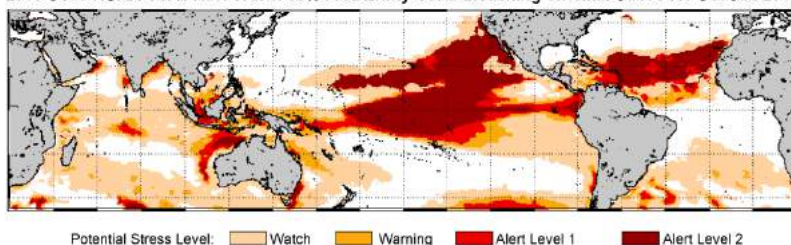
Im Februar 2016 hatte sich das Ereignis schon zum längsten bisher beobachteten entwickelt, und es kann sich noch bis 2017 hinziehen.

Mitte März 2016 rief die **Great Barrier Reef Marine Park Authority** die höchste Warnstufe als Reaktion auf schwere regionale Korallenbleichen aus. Die Warnstufe bezieht sich auf den nördlichsten Teil des 344.400 km² großen Meeressparks und erlaubt eine verstärkte Überwachung der Situation. Dort wurden im Februar Oberflächentemperaturen von 33 °C gemessen, 1-2 °C über dem Durchschnitt. Die Korallen mussten schon monatelang überhöhte Temperaturen ertragen und werden nun nicht mehr mit dem Hitzestress fertig.

Für die weiter südlich liegenden Teile des Great Barrier Reefs brachten kühlende Niederschläge in der ersten Märzhälfte eine Entlastung von der Belastung des aktuellen Korallenbleiche-Ereignisses.

Das Riff ist seit Jahrhunderten mit den Auswirkungen von El Niño fertig geworden, hat aber erst seit den späten 1970er Jahren mit Korallenbleiche-Ereignissen zu tun, als die globale Erwärmung spürbar wurde. Seither gab es wiederholt Korallenbleichen, während es vor 1970 keine gab. Der Klimawandel kombiniert mit El Niño hat sich als tödlicher Stress für das Riff erwiesen. Vor diesem Hintergrund ist Australiens Rolle als wichtiger Exporteur von fossilen Brennstoffen, insbesondere von Kohle in die Kritik geraten. [44]

2015 Oct 6 NOAA Coral Reef Watch 60% Probability Coral Bleaching Thermal Stress for Oct-Jan 2016



2015 Oct 6 NOAA Coral Reef Watch 60% Probability Coral Bleaching Thermal Stress for Feb-May 2016

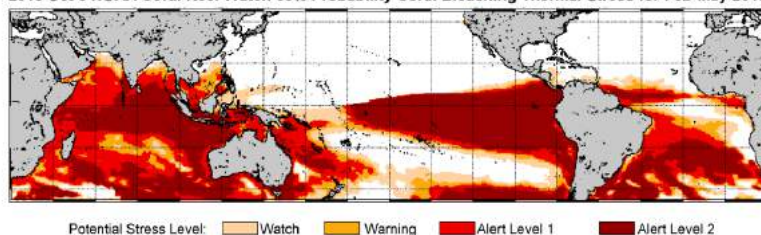


Abb. 38 NOAA Coral Reef Watch

60 %-ige Wahrscheinlichkeit von Coral Bleaching Thermal Stress für Okt. 2015 - Jan. 2016

Die 4-monatige Standardvorhersage der NOAA zeigt eine fortbestehende Gefährdung durch Korallenbleiche in der Karibik, um Hawaii und Kiribati sowie eine mögliche Ausweitung in das Gebiet der Marshallinseln.

Quelle: NOAA (6. Oktober 2015)

February-May 2016 NOAA's extended bleaching outlook showing the threat of bleaching expected in Kiribati, the Galapagos, the South Pacific, especially east of the dateline and perhaps affecting Polynesia, and most coral reef regions in the Indian Ocean.

Quelle: s.o.

Korallen reagieren sehr empfindlich auf Wassertemperaturen oberhalb eines gewissen Toleranzmaximums von je nach Art zwischen 29 und 33 °C. Dies ist der Grenzbereich, ab dem es zur Korallenbleiche kommt. Dies bedeutet, dass die Korallen die in ihrem Gewebe lebenden Mikroalgen verlieren, welche hauptsächlich für die Färbung der Koralle verantwortlich sind. Diese Mikroalgen, Zooxanthellen genannt, kommen in erstaunlichen Dichten von bis zu einer Million Algenzellen pro Quadratzentimeter Korallenoberfläche vor. Symbiotische Wechselwirkungen zwischen der Wirtskoralle und den Zooxanthellen führen dazu, dass die Algen sehr intensiv Photosynthese betreiben können und so große Mengen an Kohlendioxid in organische Verbindungen, insbesondere Zucker, umwandeln. Bis zu

90 Prozent davon geben die Zooxanthellen an ihre Wirtskoralle ab, die den Zucker zur Energiegewinnung und zum Wachstum benützt. Mit ihrer sehr intensiven Photosynthese erleichtern die Zooxanthellen außerdem die Fällung von Kalk zum Bau des Korallenskeletts.

Haben sich also die Zooxanthellen von der Koralle während der Korallenbleiche, deren genaue Mechanismen bis heute nicht vollständig geklärt sind, verabschiedet, beginnt für die Koralle eine Art Fastenzeit. Die Nahrung ist begrenzt, Wachstum und Skelettbau sind stark verlangsamt, zudem werden die Investitionen in Verteidigungsmaßnahmen reduziert. Die Koralle ist während dieser Zeit allgemein geschwächt, so dass Bakterien, Viren und Algen, die Korallen befallen beziehungsweise überwachsen, nun leichteres Spiel haben. Viele Korallen überleben einen solchen Angriff nicht und sterben ab. Erst wenn die Temperatur des Wassers deutlich abfällt, können Korallen wieder Zooxanthellen aus dem Wasser aufnehmen und sich erholen. [109]

Sollte sich - wie von den Prognosen mit mittlerer Wahrscheinlichkeit erwartet - im Herbst ein La Niña-Ereignis einstellen, so würde dies zwar zu kühlerem Wasser im zentralen und östlichen Äquatorialpazifik führen, aber auch zu wärmerem Wasser im Westpazifik. Und dort würde es die aktuelle globale Korallenbleiche noch verstärken.



Abb. 39 Korallenbleichen in American Samoa

Ein Vorher-/Nachher-Bild des Korallenbleichens in American Samoa. Das erste Bild wurde im Dezember 2014 aufgenommen, das zweite im Februar 2015 als das Projekt [XL Catlin Seaview Survey](#) auf den Coral Bleaching Alarm der NOAA reagierte.

[XL Catlin Seaview Survey](#) befasst sich mit der weltweiten Bestandsaufnahme der Korallenbestände.

Quelle [NOAA](#) (8. Oktober 2015)

Tropische Wirbelstürme: El Niño hat zu einer sehr aktiven Wirbelsturmsaison im westlichen und auch im östlichen Teil des Nordpazifiks geführt. Der Hurrikan [Patricia](#), der am 24. Oktober in Mexiko auf Land übertrat, war der bisher stärkste tropische Wirbelsturm in der westlichen Hemisphäre, teilweise mit anhaltenden Windgeschwindigkeiten von 320 km/h und einem Kerndruck von lediglich 879 hPa. Die rasche Verstärkung von Patricia war insbesondere auf Meeresoberflächentemperaturen von mehr als 30 °C vor der Küste Mexikos zurückzuführen. Weshalb Patricia trotz ihrer Stärke nicht zur Katastrophe wurde, kann man bei [BRACED](#) oder in den [TOPICS Online](#) nachlesen. Aber immerhin wurden 3.500 Häuser zerstört und Landflächen verwüstet. (Siehe auch einen DWD-Artikel zu [Patricia](#))

Während der nordpazifischen Hurrikan-Saison im Sommer und Herbst 2015 entwickelten sich [25 Hurrikane und Taifune](#) der [Kategorien 4 und 5](#), was einen neuen [Rekord](#) gegenüber der alten Rekordzahl von 18 markiert.

Andererseits hat El Niño die Hurrikanaktivität im Atlantik und um Australien wahrscheinlich reduziert.

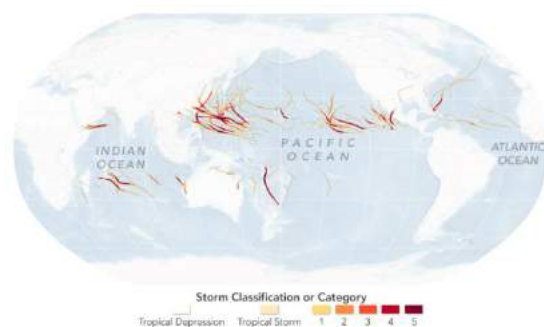


Abb. 40 In der Hurrikan-Saison 2015 fallen Rekorde

Die Hurrikan-Saison 2015 im Atlantik, Ostpazifik und Zentralpazifik endete nach dem [Meteorologischen Kalender](#) am **30. November**. Der Atlantik war ruhiger als gewöhnlich, das dritte Jahr in Folge. Gleichzeitig bedrohten tropische Wirbelstürme Gebiete, die sie gewöhnlich nicht zu sehen bekommen: Der Zentralpazifik und das Arabische Meer. Der Pazifik wimmelte von El Niño-beeinflussten Stürmen von Asien bis nach Amerika. 30 größere Hurrikane, Taifune und Zyklone traten (2015) in der Nordhemisphäre auf, der vorherige Rekord lag bei 23 (2014). 25 von ihnen erreichten die [Kategorie 4 oder 5](#), deutlich über dem vorherigen Rekord von 18.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#) (5.12.2015)

Insgesamt hatten 2015 die betroffenen Regionen, aber auch die Versicherer, was die finanziellen Schäden angeht, Glück: Starke tropische Wirbelstürme trafen – wenn überhaupt – oft nur in dünn besiedelten Regionen auf Land. Die vergleichsweise geringen Schäden sind aber für Peter Höppe, den Leiter der GeoRisikoForschung von Munich Re, kein Signal der Entwarnung: „Die Wissenschaft geht derzeit davon aus, dass die aktuell starke El Niño-Phase 2016 schon in das Gegenteil, also eine La Niña-Periode, umschwenken könnte. Eine La-Niña-Periode würde beispielsweise im Nordatlantik die Entstehung von Hurrikanen wieder begünstigen.“ [87]

Luftbelastung durch Wald- und Torfbrände: Trotz des feuchten Klimas im tropischen SO-Asien wurden Brände während der Monate September und Oktober zu einer üblichen Erscheinung in dieser Region. Während der vergangenen Dekaden wurde die traditionelle Brandrodung noch intensiver eingesetzt, um Flächen für den Anbau von Feldfrüchten zu gewinnen, Ernterückstände zu verbrennen oder im großen Maßstab Flächen für den Anbau von Ölpalmen-Plantagen und für schnellwachsende Bäume zur Erzeugung von Zellstoff zu schaffen. Das Jahr 2015 war insofern ungewöhnlich, als die Zahl der Brände sehr hoch war und viele über Wochen und sogar Monate außer Kontrolle gerieten und riesige Wolken mit toxischen Gasen und **Aerosolen** an die Luft abgaben.

Zur Untersuchung dieser Brände nutzen Wissenschaftler in Indonesien und überall auf der Welt eine Vielzahl von Methoden, von bodengestützten Sensoren bis hin zu Satellitendaten. Einer dieser Satelliten ist CALIPSO: **Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations**. Zur Beobachtung der vertikalen Struktur von dünnen Wolken und Aerosolen kombiniert CALIPSO ein aktives **Lidar**-Instrument mit aktiven und passiven bildgebenden Sensoren, die im infraroten und im sichtbaren Bereich des Spektrums arbeiten.

Wie auch im folgenden Regionalteil dargelegt, kann das Einatmen von Rauch Gesundheitsprobleme hervorrufen. Daher ist es wichtig, die Quellen und Ausbreitungspfade des Rauchs in der Atmosphäre zu kennen, vor allem auch deren Höhe. **Jüngere Untersuchungen** haben für Indonesien gezeigt, dass der Rauch von indonesischen Bränden in relativ geringer Höhe bleibt, nämlich zwischen der Erdoberfläche und 3 Kilometern Höhe. (Abb. 41)

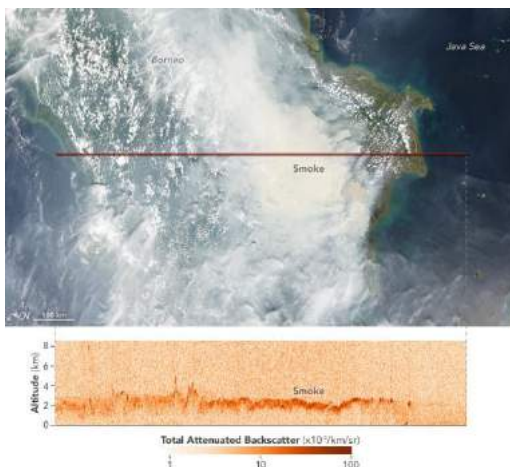


Abb. 41 Measuring the Height of Smoke over Borneo

Das nebenstehende Bild zeigt eine Rauchwolke über Zentral-Kalimantan am 4.10.2015. Der obere Grafikteil in natürlichen Farben wurde aus Daten des **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers (MODIS)** auf dem NASA-Satelliten **Aqua** erzeugt.

Die CALIPSO-Daten belegen, dass die Ausbreitung des Rauchs dem beschriebenen Muster entspricht, er befand sich vorwiegend in ca. 2 km Höhe.

Quelle: **NASA Earth Observatory** (18.1.2016)

Gesundheitliche Auswirkungen: Die Auswirkungen von El Niño auf die menschliche Gesundheit sind in weniger entwickelten Ländern gewöhnlich stärker ausgeprägt, also in Ländern, in denen die Bevölkerung oft in höherem Maße Klimaereignissen ausgesetzt ist, geringe Kapazitäten zur Bewältigung von Extremereignissen besitzt und verwundbarer gegenüber Klimaauswirkungen ist. Ihre Lebensgrundlagen hängen oft überwiegend von den durch die Natur gegebenen Ressourcen und von durch Regenfeldbau geprägten Agrarpraktiken ab. Ihren Unterkünften fehlt üblicherweise ein Schutz gegenüber extremem Wetter. Der Zugang zu medizinischer Versorgung, sicherem Trinkwasser und zu angemessenen sanitären Anlagen ist oft eingeschränkt und umweltbedingte Infektionskrankheiten sind häufig schon vorher vorhanden.

Extreme Dürre und akuter Wassermangel, Erscheinungen, die Millionen Menschen im Gebiet des südwestlichen Pazifik (4,7 Mio.), in Zentralamerika (4,2 Mio.) und im südlichen Afrika (30 Mio.) betreffen, werden sich in der ersten Hälfte des Jahres 2016 noch weiter ausbreiten und zu verstärkter Unterernährung, Durchfallerkrankungen und zu weiterer Belastung der ohnehin schon an der Leistungsgrenze arbeitenden Gesundheitssysteme führen.

Am Horn von Afrika folgten der verheerenden Dürre, unter der 22 Mio. Menschen litten, ungewöhnlich starke Niederschläge, die ein hohes Risiko für durch Vektoren¹⁵ übertragene Krankheiten und für den Ausbruch von Infektionskrankheiten bergen, insbesondere unter den wetterbedingt vertriebenen Menschen und jenen, die stark an Unterernährung leiden.

Der aktuelle El Niño bewirkt starke Niederschläge und Überschwemmungen in Ostafrika verbunden mit der Gefahr, dass sich die aktuelle Cholera-Epidemie in Tansania ausbreitet und andere Länder ebenfalls einen Ausbruch der Cholera erfahren. Ebenfalls besteht die Gefahr eines erneuten Ausbruchs des Rift Valley-Fiebers.

Nach den schweren Überschwemmungen in Paraguay um die Jahreswende 2015/16, die zur Evakuierung von über 100.000 Menschen führten, werden noch weitere intensive Niederschläge in Südamerika mit nachfolgenden Überschwemmungen erwartet, insbesondere in Peru, Ecuador und Bolivien. Dabei rechnet man mit einer zunehmenden Gefahr durch Vektor-übertragene Krankheiten, Atemwegsinfektionen und Schäden an Gesundheitseinrichtungen. [110]

Eine neue Arbeit berichtet über die Möglichkeiten wie Satelliten helfen können, die Ausbreitung von Krankheiten wie Zika einzuschränken. Der Bezug zu El Niño besteht auch hier durch dessen Rolle bei der Schaffung günstiger Bedingungen für die Überträger. [57]



Abb. 42 Heightened El Niño-related Health Risks

El Niño conditions increase the probability of extreme weather in certain regions in certain seasons that exacerbate and trigger a range of health risks. It also increases the predictability of these events.

The magnitude of health impacts associated with El Niño will vary depending on how intensely El Niño influences the local climate of an area as well as local health vulnerabilities, levels of preparedness and response capacities.

Quelle: WHO (16.1.2016)

Weitere Informationen:

- [Health and the El Niño Southern Oscillation \(ENSO\)](#) - WHO/WMO, January 2016
- [El Niño, East Africa, and Rift Valley Fever](#) - Climate.gov, December 2015

¹⁵ In der Biologie und der Medizin ganz allgemein ein Überträger von Krankheitserregern, die Infektionskrankheiten auslösen. Der Vektor transportiert einen Erreger vom Wirt auf einen anderen Organismus, ohne selbst zu erkranken.

Regionale Auswirkungen

Australien: Der Einfluss von El Niño auf den Niederschlag im australischen Sommer ist unterschiedlich. Bei vergangenen El Niño-Ereignissen gab es feuchtere wie auch trockenere Bedingungen, je nachdem wie schnell das Ereignis zusammenbrach. Im Durchschnitt bringt ein El Niño-Sommer jedoch im nördlichen Queensland unterdurchschnittliche Niederschläge und einen leichten Trockenheitseinfluss in SO-Australien. Demgegenüber erfährt das Landesinnere zu dieser Jahreszeit mehr Regen als üblich. Und in der Tat leidet Queensland auch aktuell unter Trockenheit. Im tropischen Nordosten des Kontinents versuchen Bauern und Viehzüchter, sich vereinzelt mit Crowdfunding zu behelfen, bis die Regenfälle zurückkehren. Für weite Bereiche des Bundesstaats ist es bereits die dritte ausgefallene Regenzeit nacheinander. [59]

Insgesamt aber hat das aktuelle El Niño-Ereignis bislang **kein deutliches Niederschlagsdefizit** für den Kontinent gebracht. Es ist möglich, dass die **hohen Rekordtemperaturen des Indischen Ozeans** im Jahr 2015 und zu Beginn von 2016 einen starken Effekt auf das Klima in Australien hatten, indem sie den Niederschlagssystemen zusätzliche Feuchtigkeit zuführten. Diese Unsicherheit in der Beurteilung erinnert daran, dass das Klimasystem viele Akteure hat, und Auswirkungen von El Niño können zwar mit gewisser Berechtigung erwartet werden, sie sind aber nicht garantiert. [5]

Südostasien: El Niño steht typischerweise in Verbindung mit Dürren in Südost-Asien. Ohnehin fallen im langjährigen Mittel zur Zeit des Nordsummers hier die geringsten Niederschläge im Jahresverlauf.

Vietnam erleidet durch die von El Niño verstärkte Trockenperiode große Ertragseinbußen seiner Reis-, Kaffee- und Garnelenproduktion. Der Mekong führt als Folge der Dürre und einer großen Zahl von Staudämmen in seinem Verlauf nur noch wenig Wasser. Dies wirkt sich insbesondere im Mekongdelta mit seinem Geflecht von Bewässerungskanälen aus, wo viele Menschen von der Landwirtschaft abhängig sind. Die geringe Wasserführung ermöglicht zudem den schädlichen Zustrom von salzhaltigem Meerwasser. Von den Ernteaussfällen bei Reis werden auch die traditionellen Abnehmer in Indonesien und den Philippinen betroffen sein. (Bloomberg)



Abb. 43
Kuala Lumpur, Malaysia swelters under peat-fire smog during late September of 2015. Ever since 1997, Indonesia has suffered severe seasonal wildfires. These fires are often set by corporate and individual farmers who use the fires to clear land.

Monet in Malaysia?

Quelle: [ALERT](#)

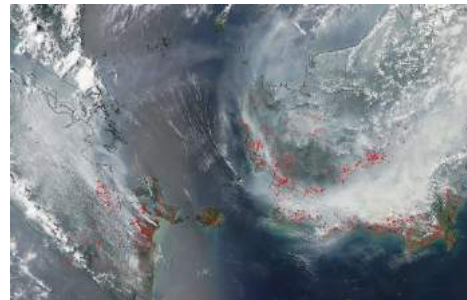


Abb. 44
This being an El Niño year Indonesia is experiencing lower than average rainfall which can turn in a severe drought. Forests which are usually swampy dry out leaving behind a rich abundance of fire fuel in the form of peat, both intentional and accidental fires can quickly grow out of control. Burning peat also generates a huge amount of thick, dark smoke.

Quelle: [NASA](#)

Die Dürre hat beim aktuellen El Niño auch zu einer starken Ausbreitung von Wald- und Torfbränden beigetragen, die zur Agrarflächen-Gewinnung entfacht wurden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Sie gehörten zu den schlimmsten, die je beobachtet wurden. Dichter Smog ([tropical haze](#)) über Indonesien waren die Folge, verbunden mit beträchtlichen gesundheitlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen. Flüge mussten abgesagt werden, Schulen wurden geschlossen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Je nach Windrichtung treibt der Rauch an manchen Tagen bis in die Metropole Singapur und sogar bis in den Süden Thailands. 365 Mikrogramm [Feinstaub](#)

pro Kubikmeter Luft wurden in der vergangenen Woche in der thailändischen Großstadt Songkhla gemessen (der EU-Grenzwert liegt bei 50 Mikrogramm). Selbst Mikronesien und die Philippinen waren betroffen. Zwischen Indonesien als Hauptverursacher und benachbarten Staaten kam es, wie schon häufig, zu diplomatischen Spannungen.

Die Smog-Belastung war vor allem Ende Oktober 2015 prekär. Mittlerweile hat sich die Situation deutlich entschärft.

Torfwaldbrände in Indonesien

In Indonesien regnet es während El Niño-Ereignissen weniger als im Durchschnitt. Dort werden verbreitet landwirtschaftliche Flächen nach der Ernte abgebrannt und Wälder mit Feuer gerodet, um Flächen für Palmölplantagen zu schaffen. Das dort produzierte Palmöl wird unter anderem Kraftstoffen in Europa zugesetzt, um den Anteil regenerativer Energien zu erhöhen. Damit werden zwar durch das „[biofueling](#)“ in Europa rein rechnerisch die Kohlenstoffdioxidemissionen reduziert, in der globalen Abrechnung aber bestenfalls nur verlagert und aufgrund der Brandrodungen die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid (CO₂) durch das Vernichten der Wälder zusätzlich reduziert. Entsprechend hoch ist die Luftverschmutzung durch Rauch, und die Rauchfahne führt nicht nur in Indonesien, sondern auch in den benachbarten Ländern zu den typischen Folgeerkrankungen (z.B. der Atemwege), teils mit Todesfolge, zu Einbußen in der Wirtschaft, insbesondere im Tourismus, und zu Verkehrsbehinderungen. Die Schadstoffbelastung der Luft ist schon jetzt so hoch wie bei dem Ereignis 2006, allerdings zu einem früheren Zeitpunkt. Es wird geschätzt, dass die bisherigen CO₂-Emissionen der Brände schon höher sind als die Gesamtemission Deutschlands in einem Jahr.

Üblicherweise löschen die ganzjährig ergiebigen Niederschläge diese Waldbrände. Durch die ausbleibenden Niederschläge brennen die Feuer aber weiter und breiten sich in die Torfschichten aus. Die Wald- und Torfbrände werden zwar nicht durch das aktuelle El Niño-Ereignis verursacht, jedoch ist die Regenmenge während El Niño-Bedingungen zum natürlichen Löschen der Feuer zu gering.

Diese Zusammenhänge sind Fachleuten seit Jahrzehnten bekannt und spätestens seit dem Mega-Smog des Jahres 1997 auch ins öffentliche Bewusstsein vorgedrungen. In den vergangenen 18 Jahren hat Indonesien tatsächlich die Gesetze verschärft, einzelne Brandstifter wurden zu hohen Geldstrafen verurteilt. Im Vergleich zu den Millionenumsätzen der Zellulose- und [Palmölproduzenten](#), welche die gerodeten Flächen bewirtschaften, fallen sie jedoch kaum ins Gewicht. [115]

Die australische umweltorientierte Wissenschaftsorganisation [ALERT](#): “As fires increase, officials in neighboring countries are growing increasingly frustrated. Singapore has [arrested seven corporate officials](#) and suspended the business licenses of four corporations that are headquartered there.

Although many fires are started by small-scale farmers, large corporations are also responsible for burning both directly and indirectly. By [building new roads](#) and exploiting large areas of native forest, corporations open up many areas to new human pressures.

Indonesia could and should enforce a major fire ban, but it would require a concerted effort on the part of the Widodo government. [Widespread corruption](#) in the region is hindering efforts to enforce existing restrictions on fires and forest clearance.” [37]

Siehe auch:

Voiland, Adam (2015): [Seeing Through the Smoky Pall: Observations from a Grim Indonesian Fire Season](#) (NASA Earth Observatory)

Voiland, Adam (2015): [Fires Put a Carbon Monoxide Cloud over Indonesia](#) (NASA Earth Observatory)

Hirschberger, Peter (2015): [Wälder in Flammen - Feuer in Indonesien \(WWF-Information\)](#). Berlin

FloodList (2015): [Forest Destruction Can Be Cut in Half](#)

Nach Angaben des indonesischen Gesundheitsministeriums, die Anfang Oktober 2015 im "Wall Street Journal" veröffentlicht wurden, wird die Katastrophe 14 Milliarden US-Dollar kosten. Eine schier unfassbare Summe, die nur aufgrund der Waldbrände und deren Folgen zusammenkommen soll. Sie beinhaltet die anfallenden Kosten im Bereich der Landwirtschaft, der Gesundheit, des Transportwesens und des Tourismus sowie für großangelegte Wiederaufforstungsmaßnahmen. Alleine 120.000 Indonesier mussten mit Atemwegserkrankungen zum Arzt. Es ist darüber hinaus nicht ausgeschlossen, dass die Katastrophe auch zur tödlichsten werden kann, wenn Schätzungen auf der Grundlage mehrerer Studien eintreffen und mehr als Zehntausend Menschen den Luftschadstoffen (Abb. 45) zum Opfer fallen [19]. Für 3 Mio. Hühner wurde dies schon Realität, sie ersticken.

Die Waldbrände im indonesischen Teil der Insel Borneo gefährden auch immer mehr Orang-Utans. Tierschützer holen die geschwächten Affen daher von den Bäumen und bringen sie in eine Auffangstation.

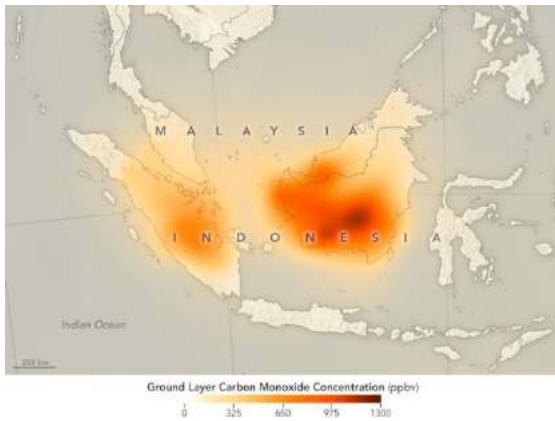


Abb. 45 Fires Put a Carbon Monoxide Cloud over Indonesia

To study the fires, scientists in Indonesia and around the world have been using many different tools—from sensors on the ground to data collected by satellites. The goal is to better understand why the fires became so severe, how they are affecting human health and the atmosphere, and what can be done to prepare for similar surges in fire activity in the future.

While some NASA satellite instruments captured natural-color [images of the smoky pall](#), others focused on gases that are invisible to human eyes. For instance, the [Measurement of Pollution in the Troposphere \(MOPITT\)](#) sensor on [Terra](#) can detect carbon monoxide, an odorless, colorless, and poisonous gas. As shown by the map above, the concentration of carbon monoxide near the surface was remarkably high in September 2015 over Sumatra and Kalimantan.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#) (11.12.2015)

Pazifische Inseln: Erfahrungsgemäß führt El Niño zu reduziertem Niederschlag im Südwest-Pazifik und zu verstärktem Niederschlag im zentralen und östlichen Pazifik (z.B. Tuvalu, Kiribati, Tokelau und Nauru). Aber er beeinflusst auch die Anzahl tropischer Wirbelstürme und ihre bevorzugten Zugbahnen, so dass es auch in Gebieten, für die trockenere Verhältnisse vorgesagt waren, zu Extremniederschlägen kommen kann.

Es ist gehört wohl zum Letzten, dass man von Inseln, die von den riesigen Wassermassen des Pazifiks umgeben sind, annimmt, sie litten an Wasserknappheit.

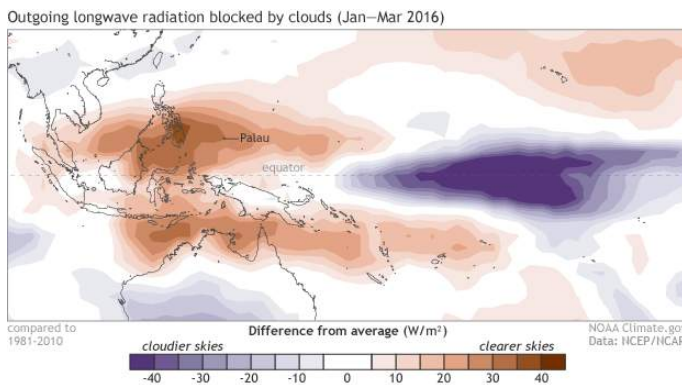


Abb. 46 Outgoing longwave radiation

Outgoing longwave radiation anomaly averaged from January through March, 2016. Positive values (brown colors) reflect clearer skies than normal allowing for more outgoing longwave radiation to leave the planet. Negative values (blue colors) reflect cloudier skies blocking more outgoing longwave radiation than normal. Clearer skies than normal occurred over much of the western Pacific Ocean while cloudier skies were observed over the central/eastern Pacific Ocean, consistent with an ongoing El Niño. The lack of rain over the western Pacific Ocean has led to drought conditions on many Pacific islands.

Quelle: [Climate.gov](#) (20.4.2016)

In der Tat aber wurde Papua-Neuguinea auch bei diesem El Niño von starker Dürre heimgesucht (Abb. 47). Menschen verlassen z.T. mit ihren wenigen Haustieren ihre entlegenen Gebirgsdörfer und suchen Überlebenschancen in tiefergelegenen, weniger von Dürre betroffenen Gebieten. Als Folge des Wassermangels breiten sich Magen-Darmkrankheiten und Lepra aus. [105] In Palau, den Marshall-Inseln und in Mikronesien musste vorübergehend der Notstand ausgerufen werden.

Auch die Salomon-Inseln sind von Niederschlagsdefiziten heimgesucht. Das südöstlich davon gelegene Vanuatu trifft die Trockenheit in einem Jahr, in dem die Menschen die Zerstörungen durch den Zyklon [Pam](#) im März 2015 noch nicht überwunden haben.



Abb. 47 Frost and drought wipes out subsistence crops in Papua New Guinea, Solomon Islands highlands

El Nino-driven drought and frosts in the normally tropical highlands in Papua New Guinea and Solomon Islands has brought Tasmania-like weather to the region.

Enga province (PNG) administrator Samson Amean: "Our basic food being sweet potato, or tuber, and all the vines are destroyed. Vegetables in the higher altitudes like cabbage, lettuce, English potato, all that is gone."

Quelle: [abc.net.au](#) (19.8.2015)

Südasien: Das India Meteorological Department berichtete, dass der Niederschlag über Gesamt-Indien bis Oktober 2015 nur 86 % seines langjährigen Mittels betrug. Man nimmt an, dass El Niño eine Schlüsselrolle bei diesem Niederschlagsdefizit spielt, passend zu seinem üblichen Einflussmuster auf den Sommermonsun.

Der Sommermonsun brachte das zweite Jahr in Folge unterdurchschnittlich ergiebigen Regen. Bemerkenswert war das Niederschlagsmuster im Jahr 2014: Im Frühsommer, als alle Zeichen noch auf ein El-Niño-Jahr hindeuteten, blieb der Regen aus – besonders der Juni enttäuschte. Doch als sich die Wassertemperaturen im tropischen Pazifik wieder normalisierten, kehrte der Regen in Normalstärke zurück. Das reichte aber nicht, um das Defizit auszugleichen. Auch 2015 fiel weniger Regen insbesondere im Nordwesten des Landes, wo in einigen Regionen die Hälfte der Niederschläge ausblieb.

In Südostindien hingegen war El Niño zusammen mit dem positiven IOD aber wahrscheinlich für das Gegenteil verantwortlich, ebenso passend zu den bisherigen Erfahrungen (Abb. 48). Hier ist es der Wintermonsun, bei dem Winde aus NO über den Golf von Bengalen streichen und Feuchtigkeit aufnehmen, die sie über Land im Übermaß wieder abgeben und Überschwemmungen verursachen. Im Staat Tamil Nadu kam es im November und Anfang Dezember 2015 zu extremen Niederschlägen. Im November 2015 verzeichnete die 5-Millionenstadt Chennai (Madras) 1218,6 mm Niederschlag, die höchste beobachtete Menge für November während der über 100 Jahre zurückreichenden Aufzeichnungen. Am 1. und 2. Dezember 2015 fielen dann 345 mm innerhalb von 24 Stunden, auch dies ein neuer Rekord für die Stadt. Die geschätzten Schäden überstiegen bereits die 2 Mrd. US-Dollarmarke. [10]

Im gesamten Staat Tamil Nadu kamen in der Zeit vom 1. Oktober bis Anfang Dezember 347 Menschen in den Fluten ums Leben. Handel, Industrie und Landwirtschaft wurden stark beeinträchtigt. Nahezu 4.000 Rinder wurden getötet. Infrastruktureinrichtungen und Wohnhäuser wurden beschädigt oder zerstört. Die gesamten Schäden wurden Anfang Dezember auf 3 Mrd. US Dollar geschätzt. [50]

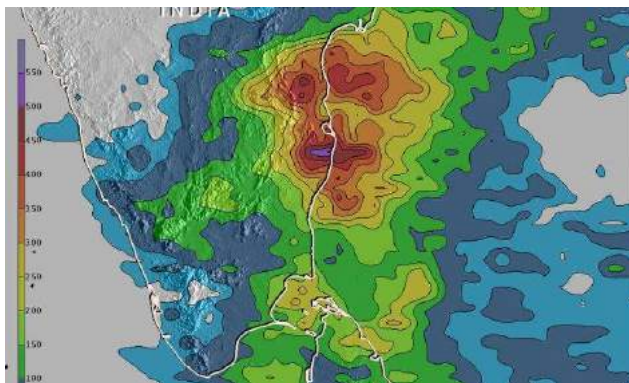


Abb. 48 NASA measures India's deadly flooding rains

An analysis of rainfall data from November 9 to 16, 2015 showed up to 550 mm of rain drenched India's southeastern coast in the state of Tamil Nadu. Over 200 mm fell in large areas of southeastern India and northern Sri Lanka.

NASA's Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) combines all data from 12 satellites into a global map of rainfall at half hourly intervals. The rainfall accumulation analysis (left) was computed from data generated by IMERG from November 9 to 16, 2015.

Quelle: NASA (17. November 2015)

Afrika: In einer krisengeschüttelten Welt kommt eine neue Hungersnot im Süden und im Osten Afrikas ungelegen. Doch ist eingetreten, wovor Hilfsorganisationen und die Vereinten Nationen schon seit März 2015 gewarnt haben: Die Auswirkungen des Klimaphänomens El Niño treffen die Region am Horn von Afrika und das südliche Afrika mit großer Stärke. Mehr als 45 Millionen Menschen sind jetzt oder schon bald auf externe Nahrungsmittelhilfe angewiesen, sei es aufgrund von Dürren oder wegen Überschwemmungen.

Mit Stand März 2016 betrifft dies laut FAO 27 Länder Afrikas (siehe [Crop Prospects and Food Situation](#)). Dazu gehören unter anderen Äthiopien, Kenia, Somalia, Burundi, Uganda, Sudan, Südsudan, Simbabwe, Malawi, Mosambik und Südafrika. Politische Unruhen und Konflikte verschärfen die Situation insbesondere in Burundi, Somalia, Südsudan und Sudan. Im Südsudan herrscht aufgrund der Kombination von Bürgerkrieg und El Niño die schlimmste Ernährungsnotlage seit der Unabhängigkeit. Dazu kommen administrative und strukturelle Probleme in einzelnen Ländern. Beispielsweise hat es die Regierung Südafrikas vermieden (Stand 23.3.2016) die im Land herrschende Dürre zur nationalen Katastrophe zu erklären. Dies hätte es ermöglicht, die Farmer rechtzeitig mit Hilfsprogrammen zu unterstützen. Die Regierung von Jacob Zuma scheut die Ausgaben. Dazu kommt, dass Bewässerungssysteme vielfach nicht

auf einem Stand sind, der gravierende Niederschlagsengpässe abpuffern kann. In Simbabwe machen sich unter den aktuellen Bedingungen verstärkt die Auswirkungen der abenteuerlichen Enteignungspolitik von Präsident Robert Mugabe vor 15 Jahren bemerkbar. Die Dürre führt in dem heruntergewirtschafteten Land zu katastrophalen Lebensbedingungen. Südafrika sieht sich bereits einer erhöhten Zuwanderung von Menschen aus Nachbarländern ausgesetzt, die sich oft in informellen Siedlungen um die großen Städte niederlassen.

Äthiopien hat in den vergangenen Jahren anerkannt viel für die Hungerbekämpfung getan, z.B. über ein Frühwarnsystem, ein flächendeckendes Netz an Gesundheitszentren und ein Beschäftigungsprogramm des WFP ([Productive Safety Net Programme](#)). Allerdings scheint die Landbesitzpolitik der Regierung wenig motivierend für die Kleinbauern zu sein, mehr in das ihnen von der Regierung reversibel zur Verfügung gestellte Land zu investieren. Außerdem wurden in den letzten Jahren verstärkt Landflächen an agroindustrielle Unternehmen verpachtet oder verkauft (land grabbing), auf denen entgegen der Zusagen weniger Nahrungsmittel angebaut werden, als vielmehr exportfähige Produkte wie Blumen oder Ölsaaten. [102]

Ostafrika: Die niederschlagsbedingten Auswirkungen sind in Ostafrika recht verschieden. Experten gehen davon aus, dass die [Regensaison](#) (Oktober - Dezember) stark vom El Niño-Phänomen beeinflusst wird, welches gewöhnlich mit verstärktem Niederschlag im äquatorialen Abschnitt des Greater Horn of Africa¹⁶ während der Zeit von Oktober bis Dezember verbunden ist. Allerdings können lokale Wettersysteme und die Meeresoberflächentemperaturen des Indischen Ozeans stark die Einflüsse von El Niño auf die jahreszeitliche Niederschlagsausprägung modifizieren.

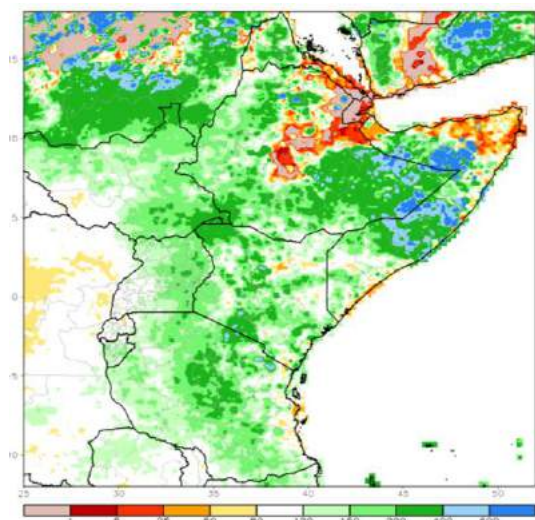


Abb. 49 Ostafrika - Abweichungen vom normalen Niederschlag in Prozent für die Zeit vom 1.10.2015 bis zum 31.12.2015

Die zugrundeliegenden Daten entstammen dem satellitengestützten Niederschlagsmonitoring der NOAA.

Quelle: [NOAA](#)

Nach einem relativ trockenen Oktober brachte der November nun Überschwemmungen in vielen Teilen Kenias, und die Vorsorgemaßnahmen, die nach den Erfahrungen mit früheren El Niños getroffen wurden, müssen sich jetzt bewähren.

Weitere Informationen: [El Niño: Communities in Kenya get weather info, but not more](#)

Äthiopien, das bevölkerungsmäßig zweitgrößte Land des Kontinents, litt 2015 besonders der Nord- und Südosten unter einer langanhaltenden Dürre infolge von verminderten Regenfällen (Abb. 50), die wahrscheinlich auf El Niño zurückzuführen ist. [55] Hier ist die akute Unterernährung in einigen Regionen bereits auf über 60 Prozent gestiegen. Zehntausende Menschen befinden sich derzeit innerhalb des Landes auf der Flucht, vor allem aufgrund von Wassermangel und vertrockneten Weidegründen. Es besteht die Gefahr, dass im Verlauf des Jahres 2016 bis zu 15 Millionen Menschen von einer Hungersnot betroffen sein werden. [73]

¹⁶ The Greater Horn of Africa, as defined by the Intergovernmental Authority on Development (IGAD), comprises eight countries (Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Kenya, Somalia, South Sudan, Sudan, Uganda).

In diesem Land werden in diesem Jahr mindestens zehn Millionen Menschen auf Lebensmittelhilfe angewiesen sein. Geir Olav Lisle, Vize-Generalsekretär des Norwegischen Flüchtlingsrats (NRC), der kürzlich den Nordosten des Landes bereist hat, sieht dort "eine Katastrophe im Anmarsch". Die bescheidenen Entwicklungserfolge der vergangenen Jahre drohten durch die Dürre zunichte gemacht zu werden. [101]

Sehr ergiebige Niederschläge sind in der zweiten Oktoberhälfte in Teilen Somalias und dem äthiopischen Hochland gefallen [49]. Bisher sind in Somalia rund 60000 Menschen von den Fluten betroffen, nach Einschätzung lokaler Experten könnten im weiteren Verlauf des El Niño-Ereignisses bis zu 900.000 Menschen betroffen werden. Ab Mitte November nahm die Intensität der Niederschläge wieder ab.



Abb. 50 Ethiopia drought after the failure of spring belg and poor summer kiremt rains caused by El Niño

By UNICEF Ethiopia, 17/11/2015

Sofia Mohammed, 12 years old, on her way to get drinking water after walking 35 kms to Keroma kebele where water trucking is provided. Her family lives in Gelahaytu village in Gewane wereda, Afar Regional State/ UNICEF Ethiopia - creative commons flickr, Oct 2015

Quelle: [BRACED](#)

Weitere Informationen: [Ethiopia Experiencing the Worst Drought in Decades \(DMCii\)](#)

Teile des somalischen Puntland und von Somaliland erfahren aber eine extreme Dürre, die hunderttausende Menschen betrifft. Zwei aufeinanderfolgende Regenzeiten brachten unzureichende Niederschläge, die Situation wird durch den Einfluss von El Niño noch verschärft. [56] Zusätzlich trifft die meteorologische Situation noch auf ein Land mit 25 Jahren Dauerkrise. Fast die Hälfte der Bevölkerung, mehr als vier Millionen Menschen, ist auf Nahrungsmittelhilfe angewiesen. Ganz besonders betroffen sind die intern Vertriebenen, die wegen der Terroranschläge der islamistischen Miliz Al Schabaab nicht in ihre Dörfer zurückkehren können.

Eine eindrucksvolle Bildergalerie von Zeit Online ([Menschen verdursten, Ziegen verhungern, Saatgut verdorrt](#)) belegt die auch im Mai 2016 noch nicht verbesserte Situation.

In [Uganda](#) ist es infolge des El Niño bereits zu außergewöhnlichen Regenfällen gekommen. Diese angespannte Situation wird voraussichtlich noch bis März 2016 anhalten. Insbesondere in der Hochlandregion Karamojo sind allein im November 2015 bereits über 200 Prozent des mittleren Niederschlags gefallen, was wiederum in der Tieflandregion Teso erhebliche Überschwemmungsschäden verursacht hat. [73]

Südliches Afrika: Im Sommer ENSO-neutraler Jahre befinden sich über dem südlichen Afrika häufig Tiefdruckzellen mit zyklonalem Drehsinn, begleitender Konvergenz und Niederschlägen.

Als Teil seiner weltweiten Änderungen atmosphärischer Zirkulationsvorgänge bewirkt El Niño hingegen das vorwiegende Auftreten von Hochdruckzellen mit antizyklonaler Zirkulation und absinkender Luft, eine Situation, die keinen Niederschlag bringt. Sie führt auch zu wolkenfreiem Himmel, was ungehinderte Sonneneinstrahlung zulässt und zu hohen Temperaturen führt. Diese Temperaturerhöhung verstärkt zusätzlich die anthropogenen Temperaturerhöhungen, die im südlichen Afrika bereits 2 °C betragen.

Die genauen Mechanismen, die zu der Hochdrucksituation über dem südlichen Afrika während El Niño führen, sind noch Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion. Möglicherweise führen Anomalien der SST im Indischen Ozean während El Niño-Ereignissen zu einer Ostwärtsverlagerung der atmosphärischen Konvektion und der damit einhergehenden Niederschläge. In diesem Zusammenhang vermuten Wissenschaftler, dass ENSO auf der Südhalbkugel atmosphärische Rossby-Wellen erzeugt, die verantwortlich sein könnten für die Ostwärtsverlagerung der South Indian Convergence Zone (SICZ), in der sich die meisten der Niederschlagssysteme bilden, von denen das südliche Afrika betroffen wird. [97]

Mehrere Länder im südlichen Afrika berichten von unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen, was zu Dürre-Bedingungen führt und [Nahrungsunsicherheit](#) befürchten lässt.

Trockenheit herrscht hier bereits das zweite Jahr in Folge, einige Regionen in Südafrika haben seit Februar 2015 keinen Regen mehr gesehen. Laut den Daten der dortigen Wetterbehörde hat es in dem Land 2015 so wenig geregnet wie noch nie seit Beginn der Aufzeichnungen 1904. Viele Bauern haben dieses Jahr gar nicht erst gepflanzt, denn es gibt kein Wasser. [106]

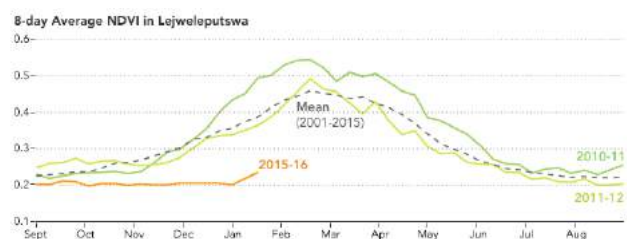
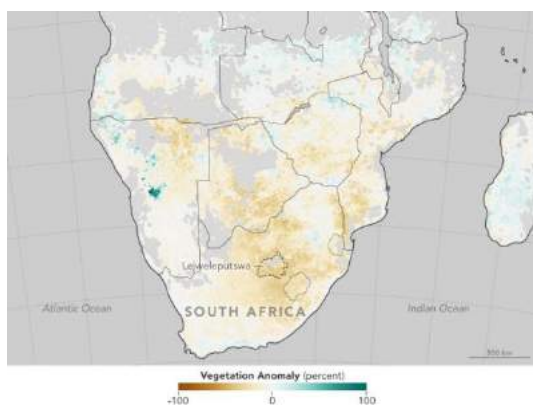
Gewöhnlich säen die Bauern im südlichen Afrika auf Millionen Hektar Land zu Anfang Oktober Mais aus. Aber die erste Hälfte der Wachstumsaison 2015/16 war durch die anomal heißen und trockenen Bedingungen, die man dem starken El Niño zuschreibt, sehr ungewöhnlich. Ob die Bedingungen Rekordstatus erreichen, wird man erst am Ende der Wachstumsperiode im April 2016 sagen können. Von Oktober bis Dezember waren die Niederschläge jedenfalls die niedrigsten seit mindestens 1981. [43]

Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass acht von zehn der stärksten Dürren im südlichen Afrika seit 1900 während der Reifephase eines El Niño aufgetreten sind. Es wurde auch gezeigt, dass El Niño-Ereignisse in der Hälfte der Zeit, in der sie auftraten, zu einer schweren Dürre führten. [96]

Simbabwes Präsident, Robert Mugabe, der noch im Dezember behauptet hatte, sein Land verfüge über Vorräte für mehrere Monate, hat dann im Februar 2016 doch den Katastrophenfall ausgerufen.

Sein Landwirtschaftsminister bittet um rund 1,5 Milliarden Dollar internationale Hilfe, um Mais zu kaufen und Viehfutter. Schon jetzt sind nach Informationen des Hilfswerks World Vision rund 17.000 Rinder verendet und 12.000 Trinkbrunnen ausgetrocknet. Die Wasserversorgung in der Hauptstadt Harare ist gefährdet und die Stromversorgung ist in der gesamten Region fast zusammengebrochen, weil die Wasserkraftwerke nicht mehr produzieren. Die Viehzüchter im Matabeleland, der Region um die zweitgrößte Stadt Bulawayo nahe der sambischen Grenze, verkaufen ihre Rinder inzwischen für 50 Dollar. Zu normalen Zeiten hätten sie bis zu 500 Dollar eingebracht. Die Nahrungsmittelpreise sind dramatisch gestiegen. Die Simbabwer, die unter ihrem [erratischen 91-jährigen Präsidenten leiden, unter seinen Launen und denen seiner Frau Grace](#), die ihn gerne beerben will, haben kaum noch Reserven.

In Südafrika weigert sich derweil Präsident Jacob Zuma beharrlich, die dramatische Dürre als Katastrophe wahrzunehmen. Obwohl sein Land rund sechs Millionen Tonnen Mais, Grundnahrungsmittel in Südafrika, im Ausland einkaufen muss und schon zehntausende Tiere verendet sind. [102]



Quelle: [NASA Earth Observatory](#) (3.2.2016)

Abb. 51 Karte der NDVI-Anomalien für das Südliche Afrika - Diese Karte mit NDVI-Anomalien basiert auf Daten des Instruments [Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer](#) (MODIS) auf dem NASA-Satelliten [Terra](#). Die Karte setzt die Pflanzengesundheit im Dezember 2015 in Bezug zu den Dezember-Durchschnitten der Jahre 2000-2015. Braune Flächen zeigen an, wo das Pflanzenwachstum oder die Grünintensität unterdurchschnittlich war. Grüntöne zeigen Gebiete an, deren Vegetation für die Jahreszeit ausgedehnter oder üppiger als normal ist. Grau steht für Gebiete, für die keine Daten verfügbar waren, gewöhnlich wegen Wolkenbedeckung.

Abb. 52 8-Tage NDVI-Mittelwerte für Lejweleputswa (Free State) - Curt Reynolds vom USDA Foreign Agricultural Service und andere verfolgen die Wachstumsbedingungen weltweit durch die Analyse des [Normalized Difference Vegetation Index](#) (NDVI), ein Maß für die Aufnahme von sichtbarem Licht und die Abgabe von Infrarotstrahlung durch Pflanzen. Dürre-gestresste Vegetation reflektiert mehr sichtbares Licht und weniger Infrarotstrahlung als gesunde Vegetation.

Das Diagramm zeigt die NDVI-Werte in Lejweleputswa, einem Bezirk im nordwestlichen Free State, für die erste Hälfte der Wachstumsperiode 2015-2016 im Vergleich mit vorherigen Wachstumsperioden und dem Mittel von 2001-2015 (gestrichelte grau Linie).

Die Regierung hat fünf der neun Provinzen zu landwirtschaftlichen Katastrophengebieten erklärt. Mehrere Zehntausend Tiere sind bereits verendet; vor allem für viele schwarze Kleinbauern, die ihr Land im Rahmen von Umverteilungsprogrammen nach Ende des Apartheid-Regimes zugeteilt bekommen haben, ist die Dürre schon jetzt existenzbedrohend. [101]

Einige Länder in der Region müssen ihre Mais-Importe bereits in US-Dollar bezahlen, mit einem Anstieg der Lebensmittelpreise in den kommenden Monaten wird gerechnet. Beim Fleisch hingegen könnte es anders aussehen. Nämlich dann, wenn Bauern ihr verhungertes Vieh schlachten und den Markt mit ihrem Angebot überschwemmen.

In Südafrika sind bereits viele Landwirte stark verschuldet und fürchten die Insolvenz. Erst kürzlich sorgte der Fall des Bauern Krisjan Kruger in örtlichen Medien für Schlagzeilen. Weil er fürchtete, alles wegen der Dürre zu verlieren, erschoss sich der 34-Jährige.

Auch in Deutschland rechnen Importeure mit Auswirkungen der Dürre, wie Andreas Brügger vom Deutschen Fruchthandelsverband (DFHV) berichtet. „Je nach Sorte werden wir bei den Tafeltrauben aus Südafrika und Namibia zwischen 5 und 25 Prozent weniger Volumen haben“, sagt der DFHV-Geschäftsführer. Was das für die Preise bedeutet, kann er noch nicht sagen. Darüber hinaus sei mit Folgen für Zitrusfrüchte zu rechnen, deren Ernte in der Region im März beginne. „Wir erwarten auch Auswirkungen auf Kernobst, also Äpfel und Birnen.“ [94]

Das Welternährungsprogramm der Vereinten Nationen ist zunehmend besorgt über die Nahrungsmittelsicherheit im südlichen Afrika, wo schätzungsweise 14 Mio. Menschen sich Hunger gegenübersehen. Dies ist auf dürftige Ernten als Folge längerer Trockenphasen im Jahr 2014 zurückzuführen. Die Dürre wird aktuell durch den El Niño 2015/16 noch verstärkt, was die Aussichten auf die diesjährige Ernte sehr beunruhigend erscheinen lässt. Bei vielen Kleinbauern, die einen wesentlichen Teil der Agrarproduktion leisten, wird befürchtet, dass sie nicht einmal ihre eigenen Familien ernähren können. Knappheitsbedingte Preissteigerungen sind bereits eingetreten. [84]

Zum ersten Mal seit 2004 ist Südafrika, sonst ein Exporteur von Agrarprodukten, gezwungen Mais aus den USA und aus Mexiko zu importieren ([Bloomberg](#)).



Abb. 53 Dürre in Südafrika

Farmer diskutieren ihre Situation auf einem ausgetrockneten Maisfeld in Wesselsbron, einer von Maisanbau geprägten Kleinstadt in der südafrikanischen Provinz Free State. Aufnahmedatum: 13.1.2016. Über 14 Mio. Menschen sind von Hunger bedroht, da der starke El Niño 2015/16 eine Dürreperiode verschärft.

Quelle: [The Nerve Africa](#)

Nicht nur die Landwirtschaft leidet unter der Situation, nahezu drei Millionen Haushalte sind inzwischen von Wassermangel betroffen, in Johannesburg und anderen Städten traten Vorschriften zum Wassersparen in Kraft. [95] Nach Einschätzung von Beobachtern könnten die Folgen der extremen Trockenheit die Regierungspartei ANC viele Wählerstimmen kosten, da gerade in den Städten jetzt deutlich wird, wie sehr die Regierung nötige Investitionen in die Wasser-Infrastruktur vernachlässigt hat. [101]

Fachleute fürchten sogar, dass die ökonomischen Auswirkungen die Stabilität des Landes gefährden könnten – seit Beginn der Trockenheit stiegen die Preise für Grundnahrungsmittel wie Eier oder Maismehl um etwa ein Zehntel. El Niño trägt zu dieser [Situation](#) bei, ist aber nicht der einzige Faktor (z. B. natürliche Klimadynamik, globale Erwärmung).

Weitere Informationen: [How does ENSO affect South Africa?](#)

In Mosambik hat die Regierung bereits im Juli 2015 in den Distrikten Gaza und Inhambane den Ausbruch einer Dürre bestätigt. Die Anzahl der davon betroffenen Menschen wird aktuell auf 135.000 Personen geschätzt, wobei davon auszugehen ist, dass sich die Situation infolge des El Niño noch weiter verschärfen wird. [73]

Die Elektrizitätserzeugung ist ein weiterer Wirtschaftssektor, der von El Niño im südlichen Afrika häufig betroffen ist. Der [Karibastausee](#) - volumenmäßig der zweigrößte der Welt - zieht sich entlang der Grenze zwischen Sambia und Simbabwe. Er ist die Hauptquelle für die Stromerzeugung in der Region und eine wichtige Ressource für die Landwirtschaft und die Fischerei. Seit einem halben Jahrhundert erfährt der Wasserspiegel ein Auf und Ab, abhängig von der Nutzungsintensität und von Witterungsmustern. Aber im Februar 2016 lag der Wasserspiegel beim Damm schon nahe eines Rekordtiefs, er war nur zu 12 % [114] gefüllt und nur ca. 2 m vom niedrigsten Stand entfernt, der für die Stromerzeugung vonnöten ist. Die Stromerzeugung ist in beiden Ländern bereits reduziert. (Siehe [The Decline of Lake Kariba](#) im Satellitenbildvergleich)

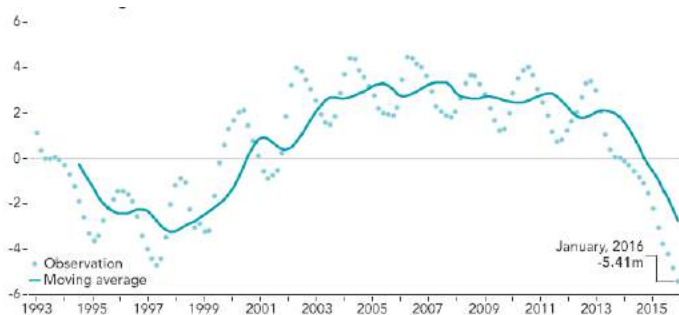


Abb. 54 Lake Kariba Height Variation (m)

The graph puts the current lake level in context. It shows the variations in lake height since 1992, as measured by the TOPEX/Poseidon, Jason-1, and OSTM/Jason-2 satellites. Notice that reservoir levels were also extremely low in 1997–1998 during another strong El Niño episode. Lake levels plummet during El Niño years, when reduced rainfall upstream lessens the flow of rivers feeding Lake Kariba.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#)

Weitere Informationen: [WFP Regional El Niño - Situation Report \(5.2.2016\)](#)

Südamerika: El Niño hat einen bedeutenden Einfluss auf mehrere Staaten in Südamerika. Beispielsweise erhielten beim El Niño 1997/98 das zentrale Ecuador und Peru die 10-fache Niederschlagsmenge der Normalwerte, was zu Überschwemmungen, erheblicher Erosion und Schlammlawinen führte. Dabei verloren viele Menschen ihr Leben, Häuser und Infrastruktur wurde zerstört, Nahrungsvorräte beschädigt. In Peru wurden damals ca. 10 % der Gesundheitseinrichtungen beschädigt.

Nationale Wetterdienste in der gesamten Region haben in diesem Jahr Regierungen sehr intensiv bei Vorsorgemaßnahmen beraten, um die Schäden durch den aktuellen El Niño zu begrenzen.

Auch zu Beginn des aktuellen El Niño führten in der zweiten Märzhälfte 2015 ergiebige Niederschläge zu Erdbeben und Überschwemmungen in Ecuador, Peru und Chile. Hierbei wurden in den betroffenen Gebieten wie z.B. der Atacama und der Region Antofagasta in Nordchile landwirtschaftliche Flächen und die Infrastruktur teilweise zerstört und es waren Todesopfer zu beklagen.

Analysen des Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie zeigen, dass über je fünf Tage summiert regional die ein- bis zweifache Niederschlagsmenge des Monatssolls gefallen ist. In den extrem trockenen Wüstenregionen Chiles waren diese relativen Anomalien teilweise noch höher. Der trockene Wüstenboden kann dort auch geringe Niederschlagsmengen kaum aufnehmen und es gibt kaum Vegetation, die das Wasser zurückhalten kann. Dies erklärt die trotz der vergleichsweise geringen Niederschlagsmengen (maximal rund 24 mm/Tag) verheerenden Überschwemmungen. [35]

In der chilenischen Atacamawüste führte der außergewöhnliche Regen zu einem Aufblühen der Vegetation. (Abb. 55, Abb. 56). Gewitter hatten der Wüste, die in weiten Teilen nur ca. 15 mm Niederschlag/Jahr erhält, bereits im März 2015 Niederschläge gebracht mit entsprechenden Überschwemmungen und auch Todesopfern. In Antofagasta (Chile) fielen 23 mm innerhalb von 12 Stunden, was den Niederschlägen von 7 Jahren entspricht. [104]



Abb. 55 Links: Die starke Wirkung des El Niño führte zu ausreichendem Niederschlag in der Wüste, der die Pflanzenzwiebeln und die sich horizontal unter der Oberfläche ausbreitenden Wurzelstöcke zum Auskeimen brachte. Die Wüste erblüht normalerweise alle 5 - 7 Jahre, aber 2015 entwickelte sich das Phänomen besonders intensiv.

Abb. 56 Rechts: Die Wüste Atacama vor der Blüte

Quelle: telesutv.net

Weitere Informationen: [Land unter in der Atacama-Wüste](#) (Wolfgang Kron, Munich Re 2.3.2016)

Informationen über die während El Niños häufig beeinträchtigte Fischereiwirtschaft Perus sind auf nicht verständliche Weise uneinheitlich bis widersprüchlich. Manche Quellen sprechen davon, dass die Fischereiflotten bislang (Mitte Dezember 2015) noch unter fast normalen Bedingungen arbeiten. Insbesondere die wichtigen Anchovis-Bestände scheinen nicht abgewandert zu sein. [80] Sie haben sich allerdings z.T. in tiefere Bereiche zurückgezogen, um dem warmen Oberflächenwasser zu entgehen. Andere Quellen berichten aber von einem merklichen Rückgang der Fangerträge seit Anfang Dezember 2015. [107]

El Niño deals heavy blow to Peruvian anchovy, fishmeal supply

Peru's anchovy and fishmeal industry was dealt a heavy blow by the El Niño which hit the South Pacific in the second half of 2014 and has persisted throughout 2015.

The weather phenomenon caused the country to [suspend its second fishing season](#), which was due to take place from November 2014 to January 2015. The suspension was [first recommended in October](#) after a stock assessment by Imarpe returned a very low biomass estimate, likely due to researchers' inability to locate the stock as a result of the El Niño.

Although 2015 has been expected to be better, Luis Icochea, the oceanic scientist who last year [accurately and most vocally warned](#) about the risk of the El Niño, has warned the weather phenomenon could return in 2015 and said March [presented optimal conditions](#) to start fishing.

Peru has said it might push forward the start of its first season of 2015 [to April](#), just as it did in [2014](#).

Peru is the world's largest fishmeal producer thanks to its abundant supply of anchovy, the [world's most fished](#) marine species.

The stock is fished in two seasons -- May to July, and then in November-January.

The resulting low supply from Peru has seen [fishmeal prices soar](#) from levels of \$1,600 per metric ton at the start of the season to [over \\$2,400/t](#).

The poor catches are also another bad blow to Peru's industry, which had just started to recover from a disastrous 2013. That year marked an "[annus horribilis](#)" for the sector due to the government's decision to slash the TAC of the second season of 2012 [by 68%](#), massively reducing supply and earnings.

Quelle: [UndercurrentNews](#) (30.12.2015)

Die atypischen Meerestemperaturen haben im Spätjahr 2015 zu günstigen Bedingungen für die Entwicklung von Shrimpbeständen vor Nordperu geführt. [108]

Für das erste Quartal 2016 rechnet das staatliche Institut [ENFEN](#) mit einem schwachen El Niño, bezogen auf die direkt vor der Küste liegende Niño-Region 1+2.

Gegen Ende Februar 2016 wurden verschiedene Regionen Perus von schweren Niederschlägen betroffen, die zu Überschwemmungen, Erdbeben und Stromausfällen führten. Tausende Menschen wurden obdachlos und wenigstens zwei Menschen verloren ihr Leben. El Niño ist nach Ansicht von Meteorologen zumindest Mitverursacher für die ungewöhnlich hohen Niederschläge. [88]

In Bolivien hat das [Ministerium für Zivilschutz](#) im Januar 2016 mitgeteilt, dass seit November 2015 die Auswirkungen von El Niño (Dürren, Hagel, Überschwemmungen, Unwetter) 78 Gemeinden in 8 der 10

Bezirke des Landes beeinträchtigt haben. 14 Menschen sind dabei ums Leben gekommen, und über 20.000 Familien sind von den Ereignissen betroffen. [46]

Lake Poopó - einst Boliviens zweitgrößter See und wichtiges Fischfanggebiet für die einheimische Bevölkerung - ist weitgehend ausgetrocknet (Abb. 57). Nachrichtenagenturen berichten, dass wiederkehrende Trockenperioden und die Umleitung von Zuflüssen des Sees für den Bergbau und die Landwirtschaft verantwortlich sind. Trockenheit stellt sich insbesondere während der El Niño-Episoden ein, was aufgrund der globalen Erwärmung nach Auskunft von Milton Perez, Professor an der Universidad Técnica de Oruro, immer häufiger geschieht. [63]

In einem typischen Jahr befüllt Niederschlag während der Regenzeit (Dezember - März) den See direkt und über den Zustrom des Flusses Desaguadero. Aber in der Saison 2015/16 dauert die Dürre noch weiter an. Nach letzten kompletten Austrocknung (1994) dauerte es Jahre bis das Wasser zurückkam und noch länger bis das Ökosystem sich erholte. [42]

Weitere Informationen: [The Rapid Decline of Lake Poopó, Bolivia](#) (DMCii)



Abb. 57 Bolivia's Lake Poopó Disappears

Links: Das linke Bild zeigt den See im April 2013, als er noch Wasser enthielt.

Rechts: Die rechte Aufnahme stammt vom Januar 2016, ca. 1 Monat nach Beginn der „Regenzeit“ 2015/16.

Beide Aufnahmen wurden von dem Instrument [Operational Land Imager](#) (OLI) auf dem Satelliten [Landsat 8](#) aufgenommen.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#) (23.1.2016)

Gegen Ende Februar 2016 kam es östlich des Anden-Hauptkamms in Bolivien und im südöstlichen Peru zu extremen Niederschlägen, für die El Niño zumindest zum Teil verantwortlich gemacht wird. [88]

Auch die [Galapagos-Inseln](#) erhalten bei El Niño starke Niederschläge. Über die aktuellen ökologischen Auswirkungen ist noch wenig bekannt.

In Übereinstimmung mit den typischen El Niño-Auswirkungen haben große Gebiete von Zentralamerika und der Karibik hingegen unterdurchschnittlichen Niederschlag verzeichnet.

Auch Venezuela wird von starken Niederschlagsdefiziten und Wasserknappheit heimgesucht. In Caracas fließt Wasser aus öffentlichen Leitungen nur unregelmäßig und ist oft von gelblicher Farbe. Hautkrankheiten und solche des Magen-/Darmtraktes haben stark zugenommen. Tankwagen, die entlegene Regionen mit Wasser versorgen sollen, werden regelmäßig von Gangs überfallen und in von diesen kontrollierte Gebiete umgeleitet. ([Bloomberg](#))

Wenn man den ganzen Südkontinent betrachtet, dann stehen Überschwemmungen im südlichen Teil Lateinamerikas Trockenheit und Dürre im Zentrum und im Norden des Halbkontinents bis zur Karibik gegenüber. Wegen seiner kontinentalen Ausdehnung bekommt Brasilien beide Phänomene von „El Niño“ innerhalb seiner Landesgrenzen zu spüren. Im zentralbrasilianischen Bundesstaat Mato Grosso, Kornkammer und Sojahochburg des Landes, fehlt es an Niederschlag für die Aussaat. Unter einer schweren Dürre leiden gar die Bundesstaaten Maranhão, Tocantins, Piauí und Bahia im Nordosten des

Landes. Der Wassermangel wird zu deutlichen Einbußen bei der Weizenernte und zumal bei der Sojaproduktion führen. Bei der Kakaoproduktion wird heuer mit zehn Prozent weniger Ertrag im Vergleich zum Vorjahr gerechnet. Einbußen wird es auch bei der Zuckerrohrernte geben. [80]

Seit Mitte des Jahres 2015 warnten Meteorologen, dass El Niño den Staaten Paraguay, Uruguay, Argentinien und Südbrasilien ungewöhnlich nasses Wetter bringen könnte. Die Befürchtungen haben sich bestätigt.

In der zweiten Oktoberhälfte fielen ergiebige Niederschläge im Süden Brasiliens und Uruguays, welche zu großflächigen Überschwemmungen führten. In Brasilien sind über 200.000 Menschen von den Fluten betroffen [47].

Im Dezember 2015 und im Januar 2016 haben heftige Sommerregen in diesem Teil Südamerikas die Flüsse Uruguay, Paraguay und Paraná über die Ufer treten lassen, dass sich ganze Seenlandschaften brauner Wassermassen bildeten. Bis zum 15. Januar 2016 mussten über 150.000 Menschen aufgrund der seit Jahrzehnten **schlimmsten Überschwemmungen** evakuiert werden.

Am schlimmsten betroffen waren der brasilianische Bundesstaat Rio Grande do Sul, der Süden Paraguays sowie die argentinischen Nordprovinzen Chaco, Corrientes und vor allem Entre Ríos.

Am Wasserkraftwerk Itaipú, das die Nachbarländer Brasilien und Paraguay seit 1984 gemeinsam betreiben, mussten die Ingenieure alle verfügbaren Schleusentore öffnen, um das bedrohlich hoch aufgestaute Wasser des Grenzflusses Paraná abzulassen.

Die meisten Klima- und Umweltforscher sind sich einig, dass die katastrophalen Überschwemmungen im Süden Lateinamerikas zur Weihnachtszeit 2015 nicht nur „El Niño“ geschuldet sind, sondern auch der fortgesetzten Abholzung und damit der fehlenden Wasserrückhaltefunktion der Wälder.

Paraguay wurde mit 100.000 evakuierten Menschen, überwiegend aus der Hauptstadt Asunción, am härtesten betroffen. Am 7.1.2016 stieg der Pegel in Asunción auf 7,84 m. Die Behörden geben üblicherweise Flutwarnungen bei einem Pegelstand von 4,5 m. Zum Zeitpunkt der Aufnahme unten (12.1.2016) durch den Sensor **Advanced Land Imager** (ALI) auf dem Satelliten EO-1 war der Wasserspiegel wieder leicht gesunken, auf 7,6 m (Abb. 58). Aber auch bei weiterem Absinken besteht weiterhin eine Gesundheitsgefährdung. Paraguays Gesundheitsministerium hat im Januar eine offizielle Warnung vor den Krankheiten **Dengue**, **Chikungunya** und **Zika** herausgegeben. Es handelt sich um Viruserkrankungen, die von Stechmücken übertragen werden.

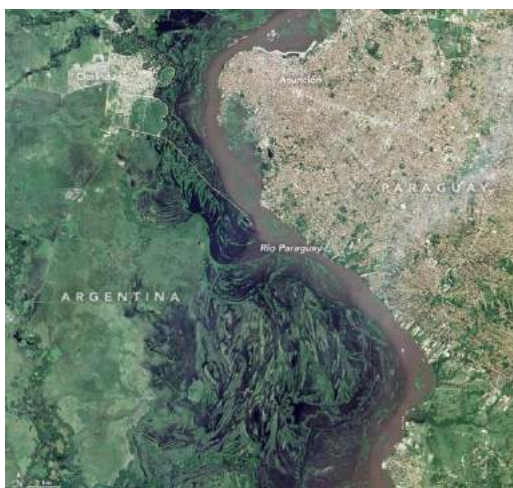


Abb. 58 El Niño Fueled Rains Swamp South America

Aufnahmen durch den Sensor **Advanced Land Imager** (ALI) auf dem Satelliten EO-1 vom 12.1.2016 (links) mit dem Hochwasser und vom 12.1.2014 (rechts) mit normalem Wasserstand.

Zwei weitere NASA-Satelliten, Aqua und Terra, tragen Sensoren, deren Daten zu fast Echtzeit-Kartierungen aufbereitet werden können.

Flood maps including Asunción are [available here](#). See daily satellite images of the flooded area by viewing the **7-2-1 band combination** of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer in the [Worldview browser](#).

Quelle: [NASA Earth Observatory](#)

Nordamerika:

Der Subtropenjet verläuft gewöhnlich vom Pazifik über Mexiko, aber bei einem starken El Niño kann er sich nach Norden verlagern, eher über die USA. Damit verändert er auch die Zugbahnen von Luftmassen, die vom Pazifik auf Nordamerika treffen und führt zu den atmosphärischen Eigenschaften, die in Abb. 59 dargestellt sind.



Abb. 59 Wintertime El Niño Pattern

Average location of the Pacific and Polar Jet Streams and typical temperature and precipitation impacts during the winter over North America.

By examining seasonal climate conditions in previous El Niño years, scientists have identified a set of typical impacts associated with the phenomenon. "Associated with" doesn't mean that all of these impacts happen during every El Niño episode. However, they happen more often during El Niño than you'd expect by chance, and many of them have occurred during many El Niño events.

Quelle: climate.gov (11.6.2014)

Die US-amerikanische National Atmospheric and Oceanic Administration gibt regelmäßig [El Niño Updates](#) und Ratgeber ([Advisories](#)) heraus, sowie regelmäßig erscheinende Blogs ([ENSO Blog](#)).

Im US-Bundesstaat Kalifornien gab es Mitte Oktober im Großraum Los Angeles Starkregen mit nachfolgenden Überflutungen und Schlammlawinen, so dass Straßen unpassierbar wurden. [99] Ende Oktober gab es ein Starkregenereignis im Death Valley, einer sonst extrem trockenen Region. [90] Innerhalb von 5 Stunden fielen 76 mm Niederschlag und damit mehr als das Vierfache des Monatsmittels. Durch diesen Regen trieben die Samen aus und im Frühjahr 2016 kam es zu einem sogenannten "Super-Bloom".

Ein Blick auf die Wetterbedingungen von September, Oktober und November für Nordamerika zeigt die typischen El Niño-Eigenschaften. Während es an der Westküste, vom südlichen Kalifornien bis nach Mexiko, sowie auch über den gesamten südlichen Teil der USA hinweg bei teils unterdurchschnittlichen Temperaturen ergiebig regnete und teilweise 200 bis 600 Prozent des Niederschlags im vieljährigen Mittel verzeichnet wurden, fiel die Witterung im Nordwesten, Norden und Nordosten der USA eher trocken aus. Vor allem in der Nordwesthälfte des Landes wurden dabei zudem deutlich überdurchschnittliche Temperaturen mit einer Abweichung von bis zu +5 Grad gemessen. [18]



Abb. 60 Capturing El Niño's rains, California farmers flood their fields

Stormwater floods the 5-acre almond orchard of Modesto farmer Nick Blom in an experiment to restore the drought-depleted aquifer on Tuesday, Jan. 19, 2016 in Modesto, Calif. If the water was not diverted to the Blom farm, the stormwater would flow into the Tuolumne River.

Blom is among a group of California farmers volunteering in an experimental attempt to harvest the fruits of El Niño. Instead of letting winter stormwater run off their fields and flow to the ocean, as is typical, they've agreed to deliberately flood their orchards and vineyards for days at a time. The idea is to let the water slowly percolate into the ground to help recharge California's overtaxed aquifers.

Quelle: [The Sacramento Bee](#)

Insgesamt behoben die Niederschläge aber noch nicht den [langanhaltenden Wassermangel](#) in Kalifornien. Immerhin haben sich seit Dezember die lange erwarteten schweren Regen- und Schneefälle, die normalerweise während starken und sehr starken El Niños in Kalifornien auftreten, allmählich

eingesetzt. Mit dem neuen Jahr hat die erhöhte Niederschlagstätigkeit in Kalifornien zunächst nachgelassen und sich dann wieder verstärkt.

In den sozialen Medien führte das extreme Wetter zu einer Flut von Kommentaren mit Fotos von gestrandeten Autos, überquellenden Flüssen, dramatischen Sturmwolken, aber auch [Tipps](#) für Autofahrer, wie man bei Regen sicher fährt.

“You can’t point the finger at El Niño for every little thing,” said Robert Molleda, the National Weather Service’s warning coordination meteorologist for the Miami forecast office. But you can blame it for “setting the stage.”

[Miami Herald](#), 8.12.2015

“There has been much higher than normal rainfall over the southern and central portion of the Mississippi basin this winter, attributed to the strong El Niño,” Kimball (hydrology, ecology, and remote sensing expert at the University of Montana) said. “This led to soil saturation and more rapid and abundant runoff than in a normal winter.”

[NASA Earth Observatory](#), 16.1.2016

Eine, im Vergleich zu früheren Extrem-El Niños besondere Entwicklung ergab sich im Winter in Kalifornien. Gewöhnlich erhält das südliche Kalifornien besonders viel Niederschlag, wohingegen der pazifische Nordwesten relativ trocken bleibt. Aber in diesem Winter wurde der Subtropenjet gegenüber seinem üblichen Verlauf weiter nach Norden verlagert, wahrscheinlich aufgrund einer besonders intensiven Hadley-Zirkulation. Die Folge sind für El Niño-Verhältnisse außergewöhnlich starke Schneefälle, zum einen ein Segen für die hydrologischen Bedingungen (verzögerter Abfluss) im dürregeplagten Kalifornien, zum zweiten ein Glücksfall für Skifahrer und Tourismusindustrie durch besten Pulverschnee. [100]

Im Dezember 2015 und im Januar 2016 kam es in weiten Bereichen des Mississippi-/Missouri-Einzugsgebiets sowie in Florida zu überdurchschnittlichen Niederschlägen mit nachfolgenden Überschwemmungen.

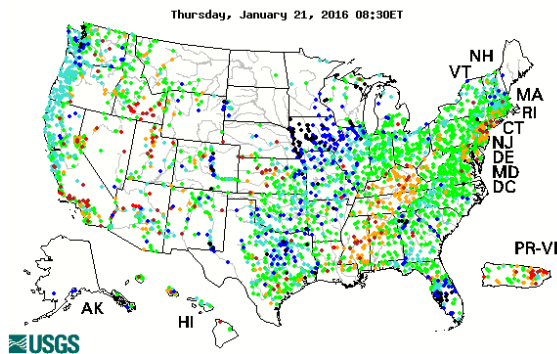


Abb. 61 Karte mit dem Abfluss U.S.-amerikanischer Flüsse im Vergleich mit historischen Abflusswerten am 21.1.2016

Die Karte verdeutlicht die Gebiete mit erhöhtem Abfluss nach entsprechenden Niederschlägen: Florida, Mississippi-/Missouri-Einzugsgebiet und weniger intensiv die Westküste.

Explanation - Percentile classes						
Low	<10	10-24	25-75	76-90	>90	High
	Much below normal	Below normal	Normal	Above normal	Much above normal	

Quelle: USGS

Anfang Januar 2016 sahen sich Gemeinden am Unterlauf des Mississippi umfangreichen Überschwemmungen ausgesetzt. Sie sind auf Niederschläge zurückzuführen, die ein paar Wochen zuvor weiter im Norden, in Missouri und in Illinois gefallen waren. Das U.S. Army Corps of Engineers musste am 11. Januar den [Bonnet Carré Spillway](#) bei New Orleans öffnen, um die Hochwasserwelle aufzunehmen und Druck von den Dämmen zu nehmen.

Im Winter sind bedeutende Überschwemmungen am Mississippi ungewöhnlich. Das diesjährige Ereignis schafft es seit Beginn der Aufzeichnungen vor 200 Jahren erst als zweite Winterüberschwemmung unter die Top-40 der Hochwasserspitzen in St. Louis. Die andere Flut geschah im Dezember 1982 während eines weiteren starken El Niño.



Abb. 62 Flooding on the Lower Mississippi

Die beiden vom [Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer](#) (MODIS) auf dem NASA-Satelliten [Aqua](#) aufgenommenen Bilder zeigen den Fluss auf seinem Weg durch das südliche Mississippi und Louisiana. Das linke Bild zeigt die Situation am 11. Januar 2016, das rechte die Normalsituation am 24. Januar 2015.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#)

In den pazifischen Nordwesten der USA hat der Jetstream inzwischen Sturm auf Sturm herangeführt, es kam bereits zu Überschwemmungen. In den Staaten Oregon und Washington wurde der Notstand ausgerufen. [48] Auch wenn diese Niederschläge nicht eindeutig auf El Niño zurückzuführen sind, so geben sie doch einen guten Eindruck davon, was man um die Jahreswende für die kommenden Wochen an der Westküste erwartete. [68] Was allerdings bis Anfang März in Südkalifornien eintrat, war eher enttäuschend.

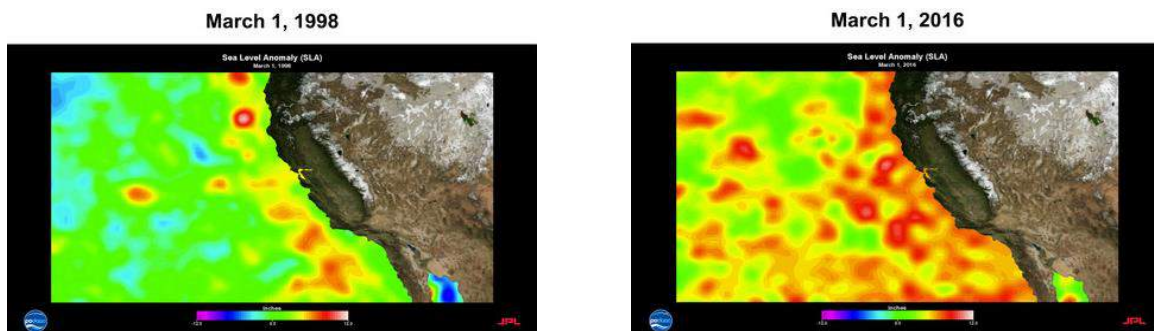


Abb. 63 Sea Surface Height Anomaly – California Coast

These images depict the *sea-level anomaly* (the difference between the total sea-level and the average sea-level for this time of year) off the coast of California during the 1997-1998 El Niño event (left) and the current conditions (right). For more information on SSH and the ocean altimetry missions, see the [Ocean Surface Topography from Space web page](#).

Quelle: [NASA JPL](#)

Im Allgemeinen erreicht ein El Niño in Kalifornien seine größte Wirkung von Januar bis März. Dann ist mit Starkniederschlag, Erdbeben und Stürmen wie vom Fließband zu rechnen. Die Stürme, die normalerweise im Nordwinter den Dschungel von Südamerika und von Mittelamerika feucht halten, werden dann nach Südkalifornien und weitere Gebiete der südlichen USA verlagert.



Abb. 64 NASA Looks at Storms Hitting California

Extreme rain events fueled by the current strong El Nino have started to affect California.

This animation NOAA's GOES-West satellite imagery from January 5 through January 7 shows the progression of storm systems in the Eastern Pacific Ocean that hit southern California and generated flooding and mudslides.

TRT: 00:42

Credit: NASA/NOAA GOES Project

Quelle: [NASA](#)

Die Entwicklung in Kalifornien lässt sich anschaulich auf den Seiten der [LA Times](#) verfolgen.

Die nachfolgende Grafik (Abb. 65) verdeutlicht den Wassernotstand in Kalifornien am Beispiel der unterdurchschnittlich gefüllten Wasserreservoir. Umso verständlicher ist die Hoffnung auf El Niño-induzierte Niederschläge.

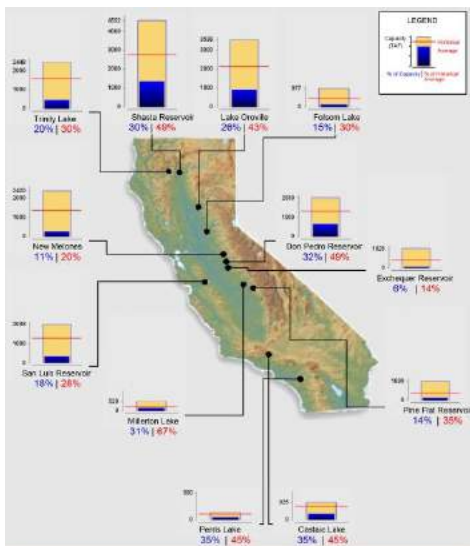
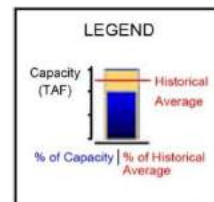


Abb. 65 Current Reservoir Conditions



Graph Updated 12/14/2015 07:15 AM

Quelle: [Department of Water Resources](#)

Während der vierjährigen Dürre, die Kalifornien durchmachte, wirkte der Shasta Lake als deutliches Symbol der Wasserknappheit. Der größte Wasserspeicher des Staates und gleichzeitig die wichtigste Wasserquelle für den Wasserbedarf der Menschen und für die Bewässerung des fruchtbaren Bodens im Central Valley sank bis auf gerade noch 29 % seiner Speicherkapazität (Dezember 2015). Der Wasserspiegel befand sich über 100 Fuß unter Normal. Nach einem niederschlagsreichen März 2016 enthält der Shasta Lake 109 Prozent der zu dieser Zeit im langjährigen Mittel üblichen Menge.

Die Dürre reduzierte die oberirdischen und unterirdischen Wasservorräte in Kalifornien um ca. 22 Mio acre-feet (maf), was nahezu der Gesamtmenge des jährlichen Wasserverbrauchs der Landwirtschaft des Staates entspricht.

„Gewiss, die wichtigsten nordkalifornischen Speicherseen (Shasta Lake, Lake Oroville, Folsom Lake) werden gut befüllt, aber viele der Speicherseen im zentralen und südlichen Kalifornien sind bislang nur zu 40 bis zu 60 Prozent ihrer langjährigen Durchschnittswerte befüllt“, so der Klimatologe Bill Patzert vom Jet Propulsion Laboratory der NASA.



Abb. 66 Der Wasserspiegel des Shasta Lake steigt wieder

Der Sensor [Operational Land Imager \(OLI\)](#) auf dem Satelliten [Landsat 8](#) nahm drei Bilder des Shasta Lake in naturnahen Farben auf. Ein erstes Bild wurde am 13. April 2015 aufgenommen (hier nicht abgebildet), ein zweites am 23. November 2015, etwa mit dem niedrigsten Wasserstand des Jahres (hier links). Hellbraune Farbtöne entlang der Uferlinie sind neu entstandene Strandbereiche, die sichtbar wurden, als der Wasserspiegel fiel. Das dritte Bild (hier rechts) zeigt den Shasta Lake am 30. März 2016, d.h. etwa in der Mitte des kalifornischen Wasserjahres¹⁷.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#)

Vom 22. bis 24. Januar 2016 erlebte der Osten der USA einen extremen [Blizzard](#), der gebietsweise mehr als 70 cm Neuschnee brachte. Der Wind erreichte in Böen Orkanstärke. An den Küsten gab es eine Sturmflut (Abb. 67).

11 der 19 betroffenen Bundesstaaten und Washington D.C. riefen den Notstand aus. Flüge wurden abgesagt, der öffentliche Verkehr zum Teil eingestellt. In einigen Gebieten fiel der Strom aus. Trotz Vorwarnungen kamen laut Medienberichten über 30 Menschen u.a. bei Verkehrsunfällen ums Leben.

Die Häufigkeit von extremen Schneestürmen in den östlichen Zweidritteln der USA (außer Alaska) ist in den letzten Dekaden gestiegen. Die Gründe für die Stärke des Schneesturms vom letzten Wochenende werden noch diskutiert.

Eine gewisse Mitwirkung beim aktuellen Blizzard kann der aktuell bestehenden El Niño-Phase zugeschrieben werden. Die [Auswertung der 100 stärksten Schneestürme](#) in sechs Gebieten östlich der Rocky Mountains hat ergeben, dass schwere Schneestürme in Jahren mit einem mäßigen bis starken El Niño-Ereignis etwa doppelt so häufig sind, wie in Jahren mit neutralen ENSO-Bedingungen. Der Einfluss des aktuellen El Niño kann in der Beeinflussung der Zugbahn des Sturms gelegen haben. [8]

Um die Rolle von El Niño bei diesem Blizzard nicht unberechtigt in den Vordergrund zu spielen, müssen zumindest zwei weitere Faktoren genannt werden.

Wahrscheinlich spielen die in diesem Winter ungewöhnlich hohen Wasseroberflächentemperaturen im Atlantik eine wesentliche Rolle. Durch sie wird vermehrt Energie für die Entwicklung von Tiefdruckgebieten zur Verfügung gestellt. Wasseroberflächentemperaturen unterliegen zum einen einer natürlichen Variabilität, erhöhen sich aber auch durch den Klimawandel. Global gesehen wird seit 1950 ein Anstieg von 0,1 K pro Jahrzehnt beobachtet. Auch bei der Wärmeanomalie kann El Niño eine Rolle gespielt haben, da er gewöhnlich zu einer geringeren Hurrikantätigkeit über dem Atlantik und auch zu weniger Winterstürmen führt, wodurch Warmwasseranomalien fortbestehen können. [8]

Nach [neueren Forschungen](#) haben die generelle Zunahme der Oberflächentemperaturen und der Rückgang des Eises am Nordpol Einfluss auf die Tiefdruckentwicklung über dem Osten der Vereinigten Staaten. Sie führen zu einem vermehrten Vorkommen von sogenannten blockierenden Hochdrucklagen über dem Nordatlantik, die zum einen zu Kaltlufteinbrüchen über dem Osten Nordamerikas und zum anderen zur Verringerung der Verlagerungsgeschwindigkeit von Tiefdruckgebieten führen, wodurch eine Intensivierung der Druckgebiete bewirkt wird. [9]

¹⁷ In den USA definiert der [USGS](#) das *water year* als Zeitraum vom 1. 10. bis zum 30. 9. des Folgejahres.

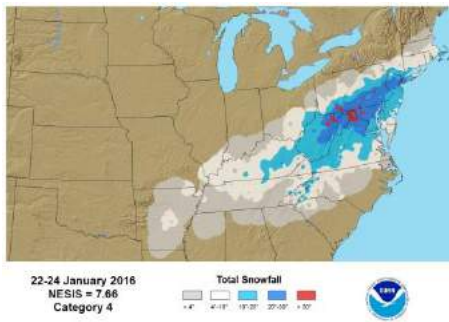


Abb. 67 Total snowfall during 2016 blizzard from January 22-24, 2016

The January 22-24 blizzard, which dumped heavy snow from the Mid-Atlantic to southern New England has been rated as a Category 4 or “Crippling” winter storm on NOAA’s [Northeast Snowfall Impact Scale](#), also known as NESIS. It is also among the most powerful winter storms, ranked 4th, to impact the Northeast U.S. since 1950. Residents were forced to walk in the streets of Washington, D.C., during and after the snowstorm.

Quelle: [NOAA](#)

Für die weitere Entwicklung der Witterung in den USA wird aber auch die Arktische Oszillation¹⁸ in ihrer z.Z. positiven Phase eine wesentliche Rolle spielen, was sie seit November 2015 schon tat.

Lohnend ist übrigens ein Besuch der [El Niño-Seite des USGS](#), die sich weniger mit meteorologischen Aspekten befasst, aber die Auswirkungen von ENSO in den USA und auch weltweit untersucht und dokumentiert. Dazu gehören Abflussverhalten von Flüssen, Überschwemmungen, [Hangrutschungen](#), Erosionsvorgänge, Meeresspiegelanstieg und viele andere physisch-geographische Vorgänge, die menschliche Gemeinschaften beeinträchtigen können, und die oft von El Niño-abhängigen Wettermustern verursacht werden. [45]



Abb. 68 El Niño Hits San Diego

Sections of Fashion Valley Road, San Diego, were closed by flooding of the San Diego River. Closed roads were a common scene in San Diego and throughout California during the El Niño-related storms, Jan 6 - 7, 2016. Hydrographers from the Poway Field Office closely monitored high-flow conditions throughout the storms.

Quelle: [USGS](#)

Weitere Informationen:

[Regional El Niño Impacts and Outlooks Assessments](#)

[U.S. Drought Portal - California](#)

[Other potential sources of El Niño information \(USGS\)](#)

Anfang Mai 2016 kam es im Abbaugelände der Athabasca-Ölsande (nördliches Alberta, CA) zu verheerenden Waldbränden. Dabei wurde die Stadt Fort McMurray stark in Mitleidenschaft gezogen, die 80.000 Bewohner mussten evakuiert werden. Verschiedene Rahmenbedingungen in der Atmosphäre und am Boden (z.B. [falsche Feuerpolitik](#)) wurden für die Feuersbrunst verantwortlich gemacht. Überdurchschnittliche Trockenheit seit dem vergangenen Sommer haben zu großen Mengen trockenem Holz geführt, das dem Inferno als Brennstoff diente. Die Wirkung der spärlichen winterlichen Niederschläge mit ihrer geringen Schneedecke wurde noch verstärkt durch die früh einsetzende

¹⁸ Ausdruck des Luftdruckgegensatzes zwischen den arktischen und den mittleren Breiten auf der Nordhemisphäre. Sie entsteht durch die großen Temperaturunterschiede zwischen den extrem kalten Polarregionen und den gemäßigten mittleren Breiten. Die A. O. schwankt zwischen einer positiven und negativen Phase. In der *positiven* Phase treibt Hochdruck in den Mittelbreiten Ozeanstürme weiter nach N, und Änderungen der Zirkulation bringt feuchtere Witterung nach Alaska, aber auch trockenere Bedingungen in den W der USA. Kalte Luft dringt nicht so weit in das Zentrum der USA vor. Die Wettermuster haben in der *negativen* Phase den umgekehrten Charakter.

Schneesmelze im Frühjahr. Die trockene Luft im Frühjahr mit ihren deutlich überdurchschnittlich hohen Temperaturen trocknete die noch nicht ergrünte Vegetation weiter aus.

Zwar sind Waldbrände ein natürliches Phänomen in den borealen Wäldern, ihr Auftreten kann aber durch den Klimawandel und durch Klimamuster wie den El Niño verstärkt werden. In der Tat tendieren die Winter und zeitigen Frühjahre unter El Niño-Bedingungen dazu, dem nordwestlichen Kanada Wärme und Trockenheit zu bringen.

Unter diesen Rahmenbedingungen stellte sich eine ungewöhnliche **Omega-Wetterlage** ein, bei welcher der Jetstream eine starke Wellenform annimmt, die dem griechischen Buchstaben ähnelt. Diese Wetterlage führt zu einer Blockierung des zonalen Luftmassenaustauschs und stabilisiert extreme Wetterbedingungen. In dieser Auswölbung reichte ein Tiefdruckgebiet außergewöhnlich weit nach Norden. Die Wetterlage erlaubte sie den Zustrom warmer Luft nach NW-Kanada, wo es am 3 und 4. Mai mit 32 °C zu Rekordtemperaturen kam, bezogen auf diese Jahreszeit. Daneben bestanden mit einer Luftfeuchtigkeit von unter 10 % und Windböen über 70 km/h weitere optimale Bedingungen für die schnelle und völlig unkontrollierbare Ausbreitung der Brände.

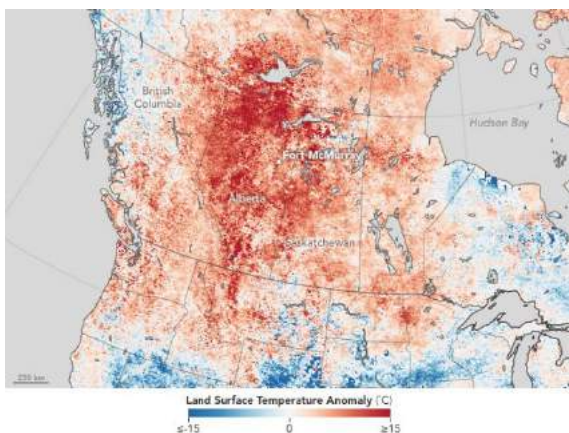


Abb. 69 Heat Fuels Fire at Fort McMurray

Satellite observations also detected the unusual heat. The map shows land surface temperatures from April 26 to May 3, 2016, compared to the 2000–2010 average for the same one-week period. Red areas were hotter than the long-term average; blue areas were below average. White pixels had normal temperatures, and gray pixels did not have enough data, most likely due to cloud cover.

According to Robert Field, a Columbia University scientist based at NASA's Goddard Institute for Space Studies, El Niño likely played a role in the warmth. The Virginia Hills fire in central Alberta (May 1998) burned under a similar El Niño phase. "That fire occurred under comparable fire danger conditions, part of which you can trace to El Niño," Field said.

Quelle: [NASA Earth Observatory](#) (7. Mai 2016)

Europa: Auch wenn gewisse Korrelationen zwischen El Niño und dem Niederschlagsregime in Europa bestehen, ist diese Fernkoppelung nur sehr schwach ausgeprägt. In der Regel wird das Niederschlagsverhalten in Europa sehr dominant durch die sogenannte **Nordatlantische Oszillation** (NAO¹⁹) gesteuert, mit der die Zugbahnen der niederschlagsbringenden Tiefdruckgebiete korrelieren.

Das Süd-Nord-Druckgefälle über dem Nordatlantik steuert das atmosphärische Strömungsregime über Europa und damit auch die Zugbahnen der niederschlagsbringenden Störungszonen. El Niño-Ereignisse sind nach Modellberechnungen im Frühwinter mit einer Verstärkung der Nordatlantischen Oszillation (NAO) und einer zunehmenden Häufigkeit zonaler Wetterlagen verbunden. Nach Nordwest- und Nordeuropa sowie Teilen Mitteleuropas strömen dann relativ milde und feuchte atlantische Luftmassen ein, während die Mittelmeerregion, vornehmlich die Iberische Halbinsel, relativ trocken bleibt.

Diese Aussage korreliert sehr gut mit den Verhältnissen im Herbst, die einen deutlich positiven NAO-Index zeigen. Entsprechend sind Islandtief und Azorenhoch überdurchschnittlich stark ausgeprägt, was zu einer kräftigen westlichen Strömung führt, die wiederum sehr milde Meeresluft ostwärts transportiert. Im Ergebnis fallen im vieljährigen Vergleich die Temperaturen derzeit in weiten Teilen Europas spürbar zu hoch aus. [18]

Bei einem neutralen NAO-Zustand kann der Einfluss von El Niño in Europa spürbar werden. Dann ist im Winter mit mehr Niederschlag vor allem entlang der französischen Alpen und des Juras bis nach Südwestdeutschland zu rechnen. Auch kann ein El Niño-Ereignis zu geringeren Niederschlägen auf der

¹⁹ Mit der NAO werden die Druckschwankungen in der nordatlantischen Atmosphäre beschrieben. Der Begriff Oszillation bedeutet, dass die nordatlantische Atmosphäre zwischen zwei Zuständen hin und her pendelt, nämlich vom Zustand eines schwachen Süd-Nord-Druckgefälles hin zum Zustand eines starken Süd-Nord-Druckgefälles.

iberischen Halbinsel und zu mehr Niederschlägen in Zentraleuropa führen. Große Gebiete in Europa bleiben jedoch von El Niño unbeeinflusst.

Weitere Informationen:

[El Niño, ein Satan](#) (Anschauliche Reportagen von 6 FAZ-Korrespondenten vom Januar 2016, aktualisiert mit Hilfe eines Liveblogs und eindrucksvollen Fotos)

Quellen

1. Baldenhofer, Kurt G. (2016): Das ENSO-Phänomen - [Webseite](#) und [DVD](#). Friedrichshafen
2. Barnston, Anthony (2015): [Why are there so many ENSO indexes, instead of just one?](#) NOAA ENSO Blog
3. Barnston, Anthony (2016): persönliche Mitteilung vom 24.1.2016
4. Becker, Emily (2015): [December El Niño update: phenomenal cosmic powers!](#) NOAA ENSO Blog
5. Becker, Emily (2016): [January El Niño update: It's got a lot going on.](#) NOAA ENSO Blog
6. Buis, Alan (2015): [2015 and 1997 El Niños: Déjà vu, or Something New?](#) NASA/JPL
7. FAO (2014): [Understanding the drought impact of El Niño on the global agricultural areas: An assessment using FAO's Agricultural Stress Index \(ASI\)](#). Rome
8. Freedman, Andrew (2016): [What's powering this epic blizzard on the East Coast?](#) Mashable
9. Haeseler, Susanne et al. (2016): [Extremer Blizzard im Osten der USA vom 22. bis 24. Januar 2016](#). Offenbach
10. Henson, Bob (2015): [El Niño's Role in Deadly Chennai Rains; Progress in Paris Climate Talks](#). wunderground.com
11. L'Heureux, Michelle (2015): [Were Model Predictions of El Niño a Big Bust?](#) NOAA ENSO Blog
12. Hirschberger, Peter (2015): [Wälder in Flammen - Feuer in Indonesien](#) (WWF-Information). Berlin
13. IRI (Nov. 2015): [IRI Technical ENSO Update](#). Palisades NY
14. IRI (2015): [ENSO essentials](#). Palisades NY
15. IRI (Jan. 2016): [IRI ENSO Forecast](#). Palisades NY
16. Kirchhübel, Lars (2015): [El Niño - "Ein Christkind" beeinflusst das Weltklima - Teil 1](#). Offenbach
17. ders. (2015): [El Niño - "Ein Christkind" beeinflusst das Weltklima - Teil 2](#). Offenbach
18. ders. (13. Nov. 2015): [El Niño - Ein Zwischenfazit des sogenannten "Christkinds"](#). Offenbach
19. Leyser, Adrian (Okt. 2015): [Waldbrände in Indonesien teuerste "Wetterkatastrophe" 2015](#). Offenbach
20. McPhaden, M. J. (2015): [Playing hide and seek with El Niño](#). Nature Climate Change 5, 791-795
21. MeteoSchweiz (Nov. 2015): [El Niño - Das Ereignis 2015/16 und Hintergründe zum Phänomen](#).
22. Min, Qingye et al. (2015): [What hindered the El Niño pattern in 2014?](#), Geophys. Res. Lett., 42
23. NOAA/NCDC (Nov. 2015): [Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures](#)
24. NOAA/CPC: [El Niño/Southern Oscillation \(ENSO\) Diagnostic Discussion](#). College Park, MD
[12 November 2015](#)
25. NOAA/CPC/NCEP: [ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions](#). diverse Ausgaben
26. Schreiber, M. A. et al. (2011): [Coping Strategies to Deal with Environmental Variability and Extreme Climatic Events in the Peruvian Anchovy Fishery](#). Bremen
27. Suarez, M. J. und Schopf, P.S. (1988): A delayed action oscillator for ENSO. J. Atmos. Sci., 45, 3283-3287
28. Tollefson, Jeff (2014): [El Niño monitoring system in failure mode - US budget woes cripple a key mooring array in the tropical Pacific Ocean](#). Nature doi:10.1038/nature.2014.14582
29. Trenberth, K.E. (2013): [El Niño Southern Oscillation \(ENSO\)](#)
30. WMO (Nov. 2015): [WMO El Niño/La Niña Updates](#). Geneva
31. WMO (Nov. 2015): [El Niño Expected to Strengthen Further: High Impacts, Unprecedented Preparation](#). Press Release No. 12. Geneva
32. WMO (Nov. 2015): [2015 likely to be Warmest on Record, 2011-2015 Warmest Five Year Period](#). Press Release No. 13
33. WMO (Nov. 2015): [The El Niño of 2015-2016 - Animation](#). (YouTube)
34. WMO (Jan. 2016): [2015 is hottest year on record](#). Geneva
35. Ziese, Markus et al. (29.4.2015): [Hochwasserschäden durch beginnenden El Niño an Pazifikküste Südamerikas](#). DWD, Offenbach
36. Ziese, Markus et al. (2.11.2015): [El Niño 2015 – Erste Erkenntnisse und Ausblick](#). DWD, Offenbach
37. <http://alert-conservation.org/issues-research-highlights/2015/9/29/choking-on-smoke-the-growing-curse-of-indonesias-wildfires> (30.9.2015)
38. http://bulletin.aviso.oceanobs.com/html/produits/indic/enso/welcome_uk.php3 (6.12.2015)
39. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=87305&src=eoa-iotd> (16.1.2016)
40. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=87329&src=eoa-iotd> (18.1.2016)
41. http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=87374&eocn=home&eoci=iotd_previous (22.1.2016)
42. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=87363&eocn=image&eoci=moreiotd> (23.1.2016)
43. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=87434&src=eoa-iotd> (3.2.2016)
44. <http://edition.cnn.com/2016/03/22/weather/great-barrier-reef-coral-bleaching/index.html> (23.3.2016)
45. <http://elnino.usgs.gov/> (22.2.2016)
46. <http://floodlist.com/america/bolivia-floods-la-paz-department-january-2016> (19.1.2016)
47. <http://floodlist.com/america/brazil-floods-santa-catarina-rio-grande-do-sul> (27.10.2015)
48. <http://floodlist.com/america/usa/oregon-floods-governor-declares-state-emergency> (11.12.2015)
49. <http://floodlist.com/africa/somalia-floods-affect-60000> (28.10.2015)
50. <http://floodlist.com/asia/cost-tamil-nadu-floods-347-lives-3-billion-dollars> (11.12.2015)
51. <http://floodlist.com/protection/which-countries-are-worst-affected-by-el-nino> (1.12.2015)
52. <http://iri.columbia.edu/wp-content/uploads/2015/11/Conference-concluding-perspective-pre-public-comments1.doc> (18./19.11.2015)
53. <http://iri.columbia.edu/news/february-climate-briefing-unique-el-nino-slowly-weakening/> (19.2.2016)
54. http://rainforests.mongabay.com/08indo_fires.htm (20.10.2015)

55. <http://reliefweb.int/report/ethiopia/ethiopia-government-and-humanitarian-partners-responding-el-ni-o-driven-drought> (10.11.2015)
56. http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/19_february_humanitarian_bulletin.pdf (19.2.2016)
57. <https://theconversation.com/how-satellites-can-help-control-the-spread-of-diseases-such-as-zika-54372> (15.2.2016)
58. <https://wunderground.atavist.com/el-nino-forecast> (21.3.2016)
59. <http://www.abc.net.au/news/2015-12-03/drought-stricken-north-queensland-farmers-turn-to-crowdfunding/6998544> (4.12.2015)
60. <http://www.avisio.altimetry.fr/?id=3221> (January 2016)
61. http://www.bom.gov.au/climate/enso/archive/ensowrap_20151208.pdf (8.12.2015)
62. http://www.bom.gov.au/climate/enso/archive/ensowrap_20160119.pdf (19.1.2016)
63. <http://www.cbc.ca/news/technology/lake-poopo-bolivia-dries-up-1.3371359> (18.12.2015)
64. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/other-climate-patterns-impact-us-winter-climate> (15.7.2014)
65. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/how-much-do-climate-patterns-influence-predictability-across-united-states> (19.8.2014)
66. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/july-christmas> (8.1.2016)
67. <https://www.climate.gov/news-features/featured-images/global-impacts-el-ni%C3%B1o-and-la-ni%C3%B1a> (9.2.2016)
68. <https://www.climate.gov/news-features/event-tracker/rains-return-california-start-2016> (3.2.2016)
69. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/el-ni%C3%B1o-awol> (24.2.2016)
70. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/may-2016-el-ni%C3%B1o-la-ni%C3%B1a-update-switcheroo> (11.5.2016)
71. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml (23.1.2016, bzw. aktualisierter Stand)
72. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_disc_mar2016/ensodisc.pdf (10.3.2016)
73. <http://www.drk.de/news/meldung/8751-el-nino-in-afrika.html> (20.1.2016)
74. <http://www.enso.info> (20.12.2015)
75. <http://www.ericjlyman.com/elnino.html> (25.10.2015)
76. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/news/2016/020516.html> (5.2.2016)
77. <http://www.fao.org/News/1998/980703-e.htm> (21.10.2015)
78. <http://www.fao.org/docrep/004/w7174e/w7174e11.htm> (21.10.2015)
79. <http://www.fao.org/NEWS/1998/elnin2-e.htm> (21.10.2015)
80. <http://www.faz.net/aktuell/wissen/multimedia-el-ni-o-ein-satan-14049803.html> (6.2.2016)
81. <http://www.fis.com/fis/worldnews/worldnews.asp?l=e&id=81214&ndb=1> (16.12.2015)
82. <http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=4773> (19.11.2015)
83. <http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?CFID=a36f14f9-4bdd-4ac4-8716-4d72a19896e2&CFTOKEN=0&feature=4808> (29.12.2015)
84. <http://www.wfp.org/news/news-release/growing-concern-about-el-ninos-impact-southern-africa-planting-window-closes> (18.1.2016)
85. <http://www.latimes.com/local/weather/la-me-el-nino-nor-cal-20160119-story.html> (19.1.2016)
86. <https://www.longpaddock.qld.gov.au/seasonalclimateoutlook/southernoscillationindex/> (10.12.2015)
87. <https://www.munichre.com/de/media-relations/publications/press-releases/2016/2016-01-04-press-release/index.html> (4.1.2016)
88. <http://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/nasas-imerg-measures-flooding-rainfall-in-peru> (3.3.2016)
89. <http://www.nationalgeographic.com/el-nino/mainpage.html> (25.10.2015)
90. <http://www.nationalparkstraveler.com/2015/10/flooding-runs-counter-death-valleys-image-remakes-national-park-landscape> (27.10.2015)
91. <http://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/dyk/el-nino-2015-2016> (28.12.2015)
92. <http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/enso-tech.php> (24.11.2015)
93. <http://www.pmel.noaa.gov/featured-publication/playing-hide-and-peek-el-nino> (1.9.2015)
94. http://www.prolanta.de/Agrar-Nachrichten/Umwelt/Suedliches-Afrika-leidet-unter-massiver-Trockenheit_article1453105691.html (18.1.2016)
95. <http://www.rdm.co.za/politics/2015/11/10/water-restrictions-in-johannesburg-cape-town-all-you-need-to-know> (10.11.2015)
96. https://www.researchgate.net/publication/255616482_Intensity_and_spatial_extent_of_droughts_in_Southern_Africa (August 2005)
97. https://www.researchgate.net/publication/264737227_Austral_summer_relationship_between_ENSO_and_Southern_African_rainfall_in_CMIP5_coupled_models (Oktober 2014)
98. <http://www.spektrum.de/news/welche-folgen-hat-el-nino-fuer-die-welt-und-die-forschung/1374256> (4.11.2015)
99. <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/kalifornien-schlammlawinen-auf-dem-highway-a-1058296.html> (17.10.2015)
100. <http://www.spokesman.com/stories/2016/feb/03/jennings-el-nino-affects-area-ski-hill-conditions/> (3.2.2016)
101. <http://www.sueddeutsche.de/politik/afrika-das-christkind-bringt-duerre-1.2824573> (19.1.2016)
102. <http://www.sueddeutsche.de/panorama/ostafrika-eingeholt-von-der-vergangenheit-1.2917311> (21.3.2016)
103. <http://www.tagesspiegel.de/weltspiegel/die-folgen-des-el-nino-der-hunger-kehrt-nach-afrika-zurueck/12952270.html> (20.2.2016)
104. <http://www.telesurtv.net/english/multimedia/Flowers-Bloom-in-Chiles-Atacama-Desert-20151102-0017.html> (2.11.2015)

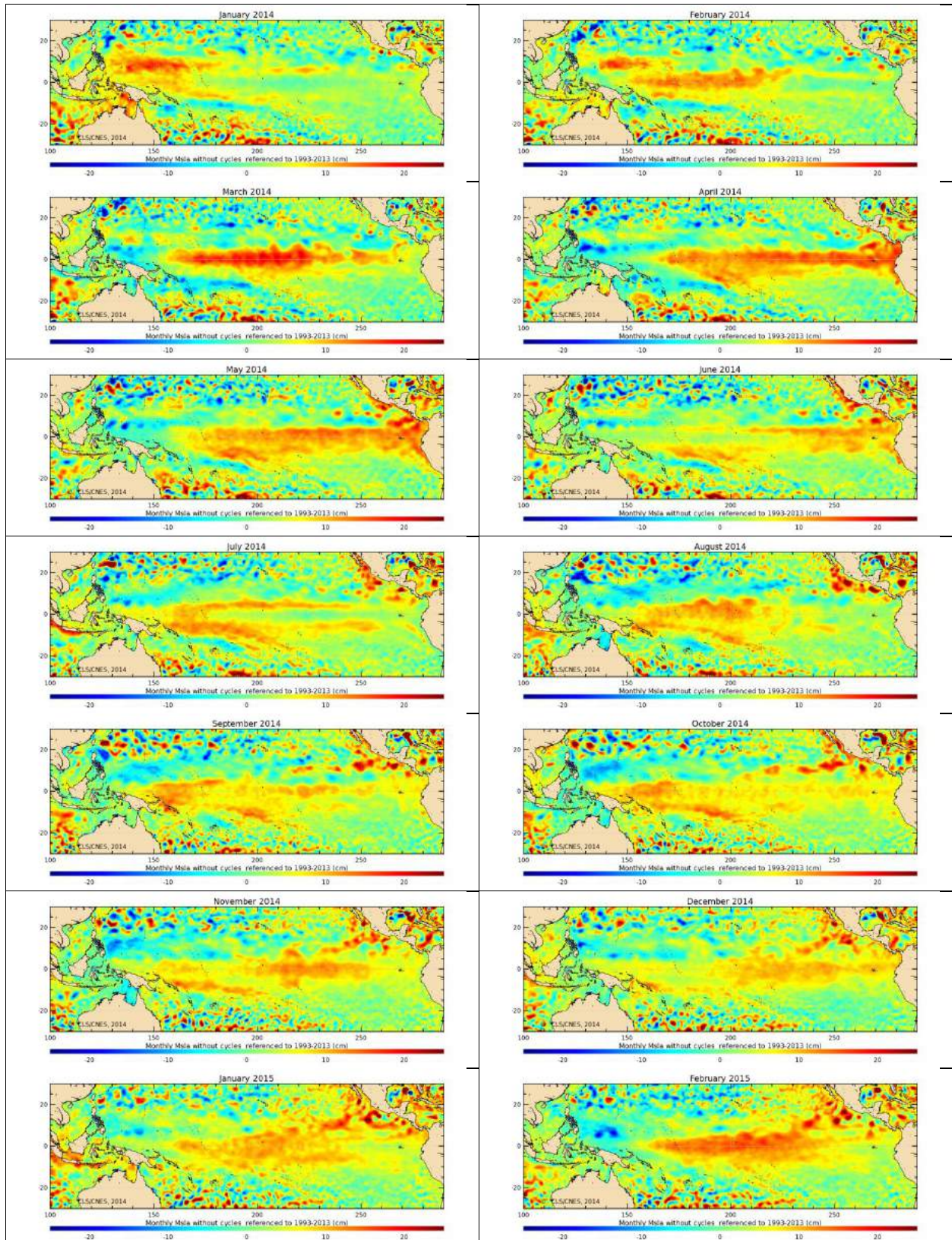
105. <http://www.theguardian.com/environment/2015/dec/02/papua-new-guinea-villagers-eat-clay-and-toxic-mushrooms-as-severe-drought-hits> (2.12.2015)
106. <http://www.theguardian.com/global-development/2015/nov/17/farmers-bear-brunt-of-south-africas-severe-drought-all-we-can-do-is-pray> (17.11.2015)
107. <https://www.undercurrentnews.com/2015/12/08/peru-anchovy-catchers-start-noticing-effects-of-strong-el-nino/> (8.12.2015)
108. <https://www.undercurrentnews.com/2016/01/04/peru-authorizes-shrimp-fishery-assessment-on-back-of-el-nino/> (4.1.2016)
109. <https://www.unesco.de/wissenschaft/bis-2009/korallenriffe-in-der-krise.html> (April 2007)
110. http://www.welthungerhilfe.de/fileadmin/user_upload/Themen/Klima/el-nino/el_nino_afrika_faktenblatt_welthungerhilfe_2_2016.pdf (2016)
111. http://www.who.int/hac/crises/el-nino/flyer_21jan2016.pdf (Januar 2016)
112. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Feb16_Eng.pdf (18.2.2016)
113. <http://www.wunderground.com/blog/weatherhistorian/california-waiting-for-el-nino> (9.12.2015)
114. <http://www.zaraho.org.zm/hydrology/lake-levels> (18.2.2016)
115. <http://www.zeit.de/2015/44/indonesien-braende-torf-klimawandel-smog> (4.11.2015)

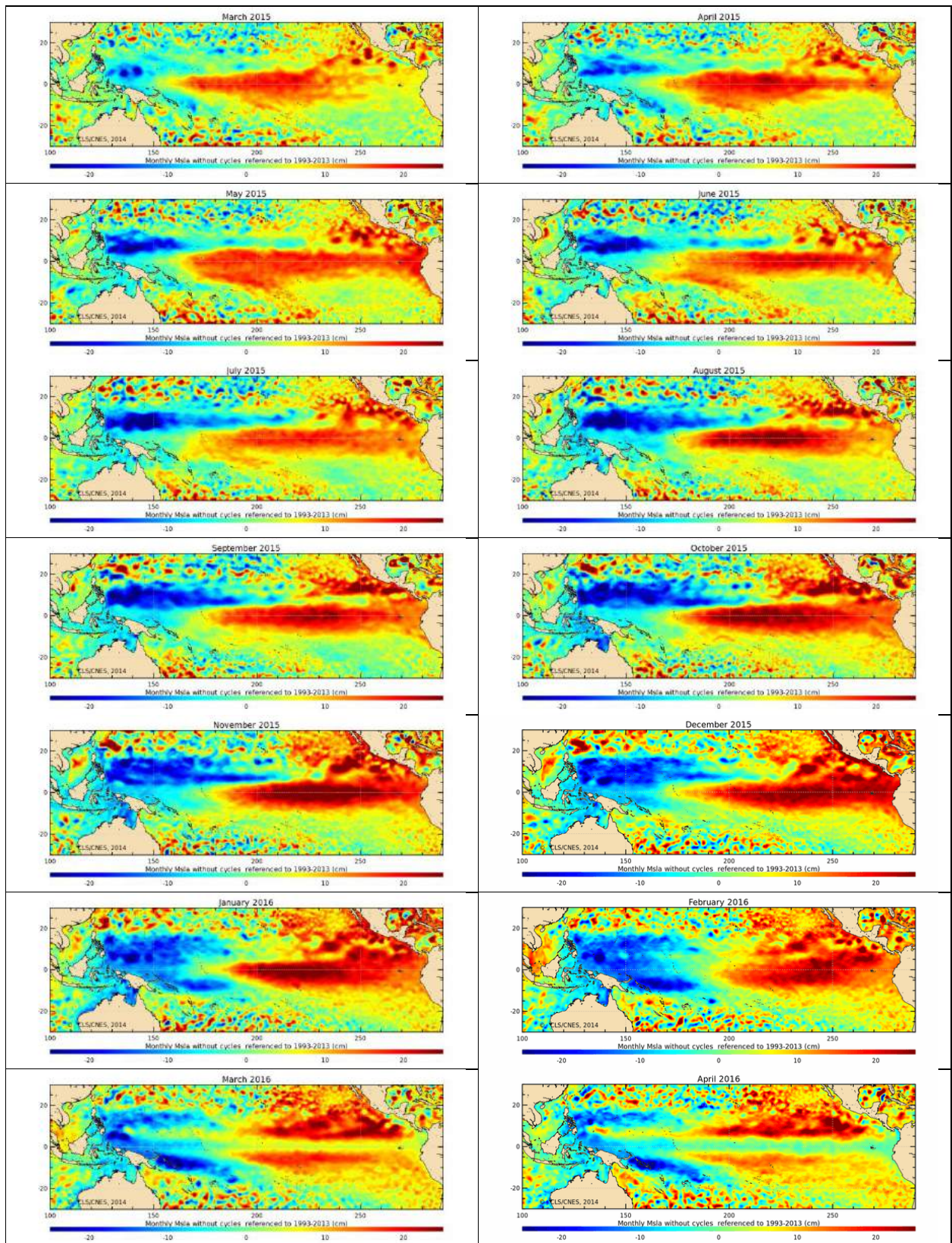
Anhang

Monatsmittel der Meereshöhen-Anomalien in Kartendarstellungen

Januar 2014 - April 2016

Quelle: [Aviso+](#)

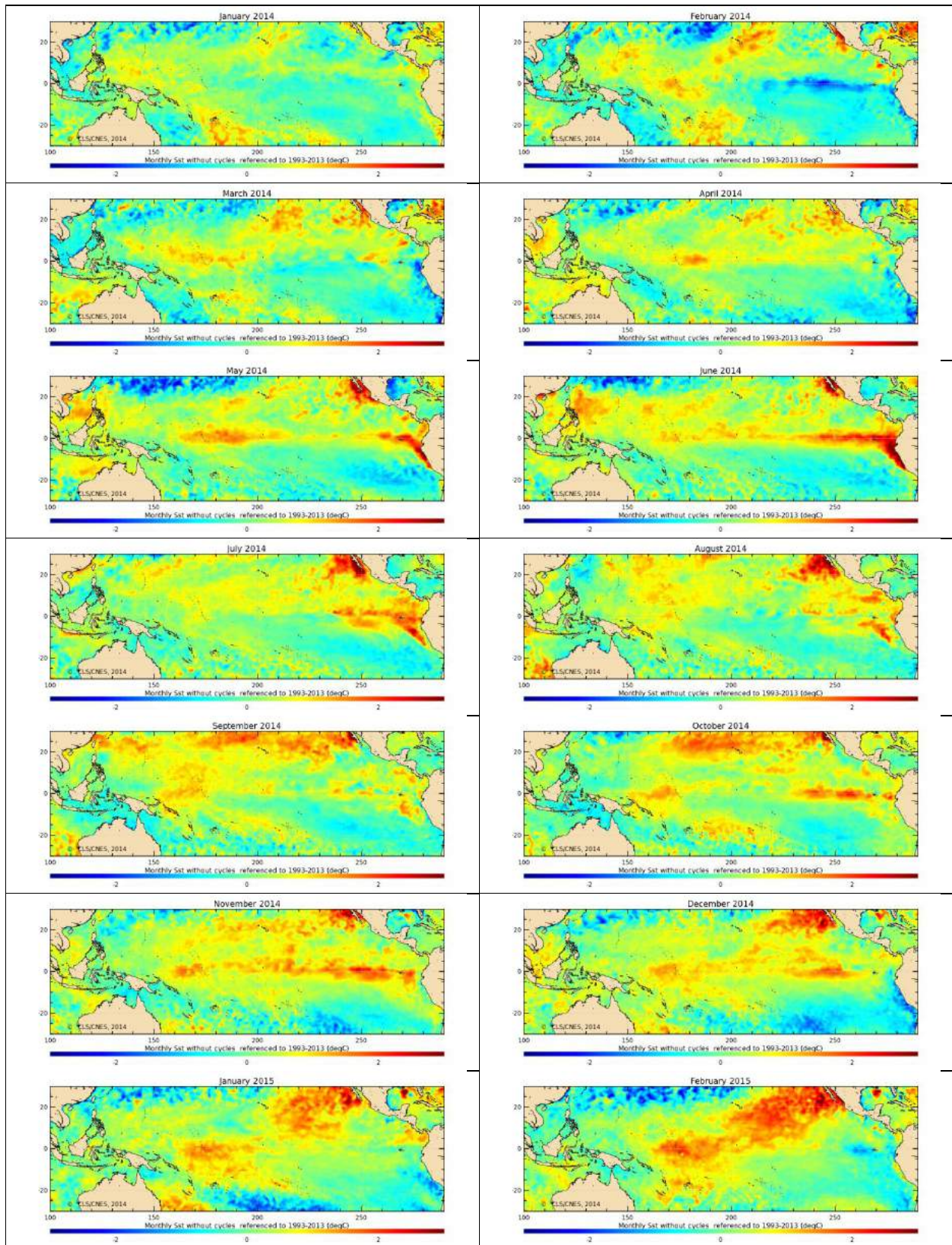


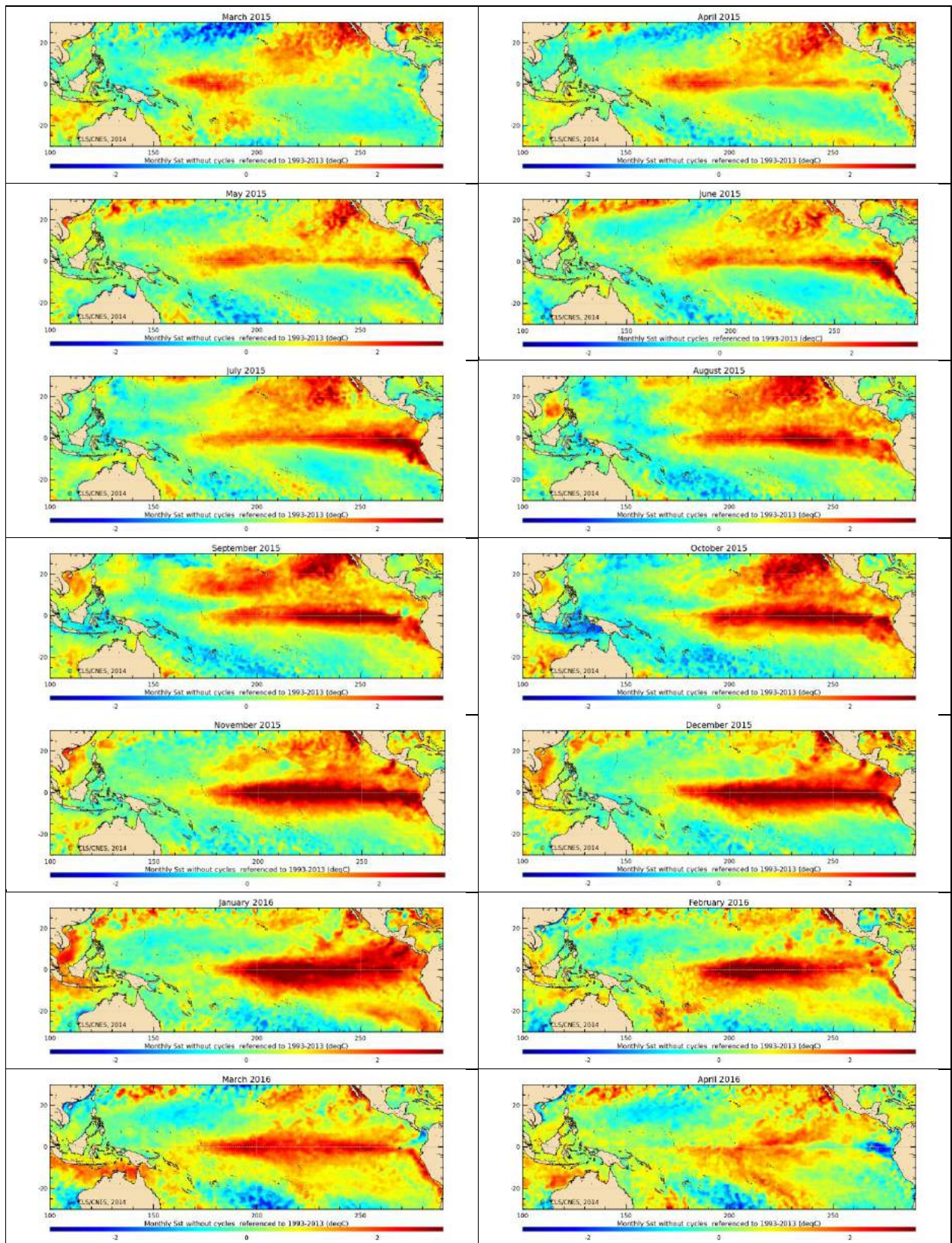


Monatsmittel der Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen in Kartendarstellungen

Januar 2014 - April 2016

(Leider ist die Kartenserie ab der Ausgabe *April 2015* vorläufig nicht von der Aviso-Seite downloadbar)





Liebe Leser,

nichts geht ohne Fehler. Bitte schreiben Sie mir,
wenn Ihnen etwas auffällt.

Kurt G. Baldenhofer
(kugeba[at]web.de)

