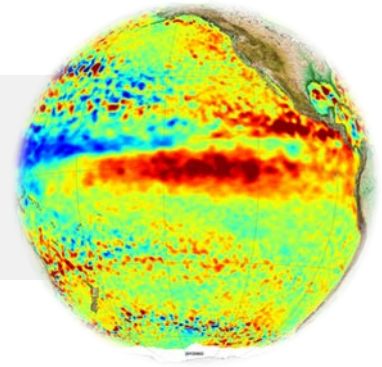


Der El Niño von 2015/16

Eine Zwischenbilanz

Kurt G. Baldenhofer, Friedrichshafen im Dezember 2015



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

Überblick

Lange wurde der aktuelle El Niño¹ vorhergesagt, nun hat er fast seine volle Stärke erreicht, und er wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch noch länger halten [17]. Schon zur Jahresmitte 2014 hatten viele Experten ein El Niño-Ereignis spätestens zum Nordwinter 2014/15 prognostiziert. Doch die Oberflächenwassertemperaturen (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 deutlich erwärmt. Gleichzeitig beeinflusst dieses ENSO-Warmereignis das Weltklima spürbar, sei es mit anomaler Wärme oder Kälte, Nässe oder Trockenheit, bzw. mit starken oder schwachen Windsystemen. 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. [24]

Während des Oktober 2015 lagen die Meeresoberflächentemperaturen im Bereich des östlichen Teils des tropischen Ostpazifiks zwischen +1,9 °C und +2,5 °C über dem Durchschnitt, womit die Schwellenwerte zu einem El Niño-Ereignis um ca. 1,5 °C überschritten wurden (Abb. 1). Typischerweise erreicht ein El Niño seine stärkste Ausprägung gegen Ende eines Kalenderjahres [22].

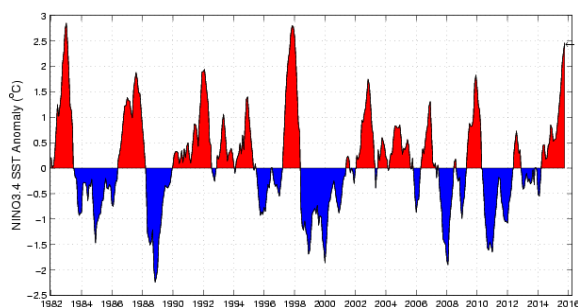


Abb. 1 Historical NINO3.4 Sea Surface Temperature Anomaly

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.

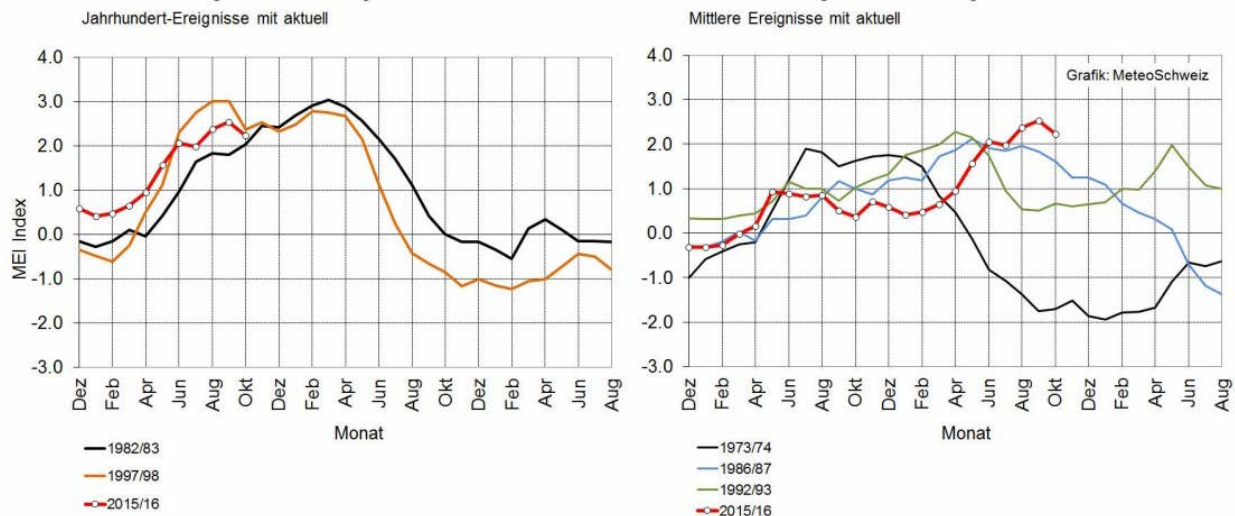
Quelle: [IRI](#) (November 2015)

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 [22].

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.

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. 2).

Abb. 2 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 Meeresoberflächen-temperatur, 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.

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

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 Ost-West- bzw. West-Ost-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 Nordost- und Südost-Passate treiben das Oberflächenwasser von Osten nach Westen.

überwachte Gebiet ist in mehrere Sektionen aufgeteilt (Abb. 3), 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.

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. 3).

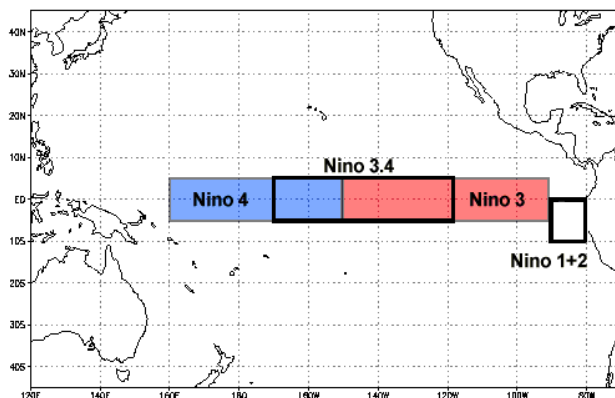


Abb. 3 Niño-Regionen

Historically, scientists have classified the intensity of El Niño based on SST anomalies exceeding a pre-selected threshold in a certain region of the equatorial Pacific. The most commonly used region is the Niño 3.4 region, and the most commonly used threshold is a positive SST departure from normal greater than or equal to +0.5°C. Since this region encompasses the western half of the equatorial cold tongue region, it provides a good measure of important changes in SST and SST gradients that result in changes in the pattern of deep tropical convection and atmospheric circulation. The criteria, that is often used to classify El Niño episodes, is that five consecutive 3-month running mean SST anomalies exceed the threshold.

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. 4). 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 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 0,7°F	0,6°C 1,1°F	0,6°C 1,1°F	0,5°C 0,9°F	0,4°C 0,7°F	0,5°C 0,9°F	0,7°C 1,3°F	0,9°C 1,6°F	1,0°C 1,8°F	1,2°C 2,2°F	1,5°C 2,7°F	1,7°C 3,1°F

Abb. 4

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. Quelle: NOAA/NCDC

Daneben gibt es u.a. 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. 6).

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-

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

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. 5).

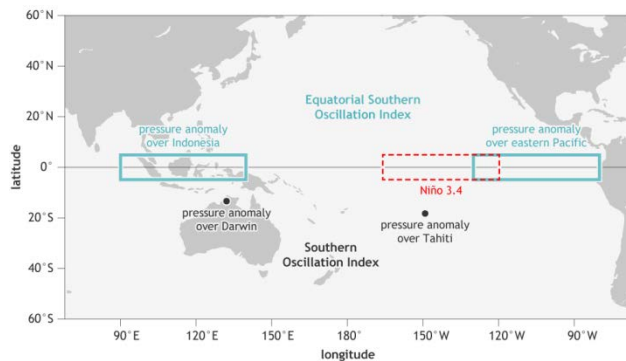


Abb. 5 Zwei SOI-Indexe

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. [1]

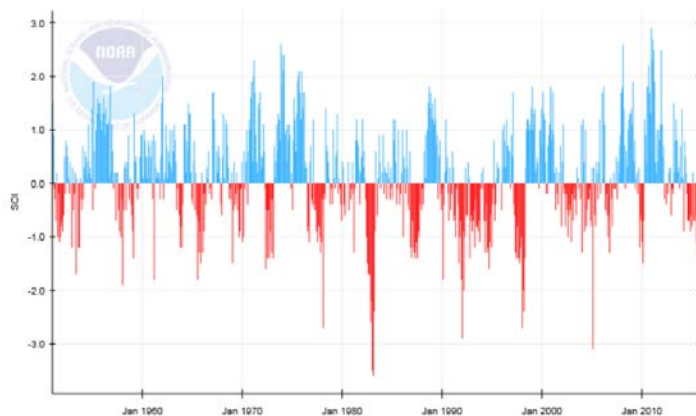


Abb. 6 Southern Oscillation Index (Jan. 1951 - Oct. 2015)

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. 7).

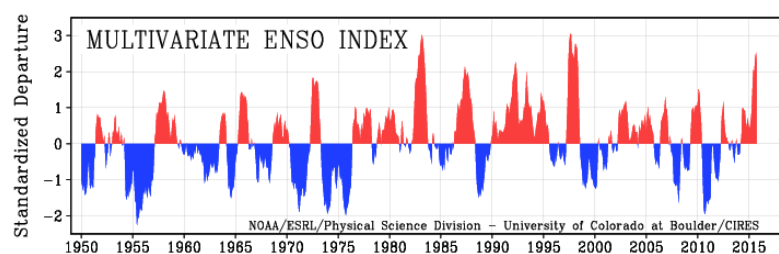


Abb. 7 Multivariater ENSO-Index

Graphische Darstellung der MEI-Werte von 1950 - November 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. 8**).

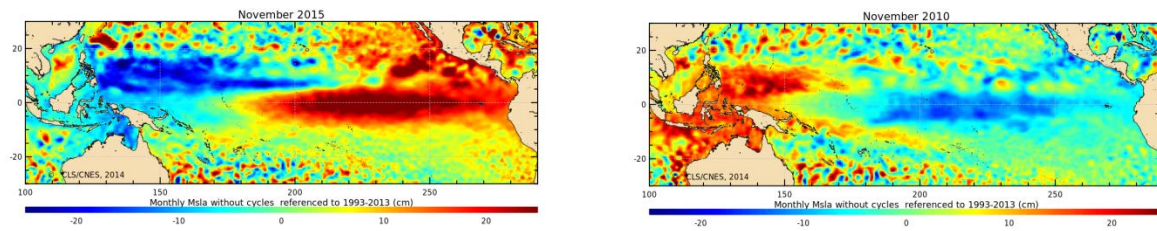


Abb. 8 Anomalien der Meereshöhen bei Warm- und Kalt ereignissen

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](#) Daten⁴ im Jahr 1979 wurde ein weiterer stark ENSO-relevanter Index verfügbar. Er erfasst Änderungen der ausgehenden Langwellenstrahlung⁵ (engl. *outgoing longwave radiation*, OLR). 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. 9). Überdurchschnittlich starke Gewitteraktivität tritt oft (nicht immer) in Gebieten auf, die eine überdurchschnittlich 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. [1]

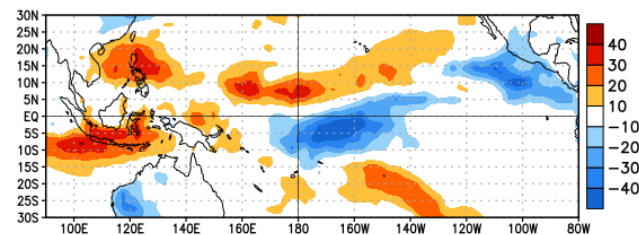


Abb. 9 Anomalien der tropischen OLR

(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: [NOAA CPC/NCEP](#)

Und schließlich der monatliche „Thermocline Slope Index“ (Abb. 10): 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). [18]

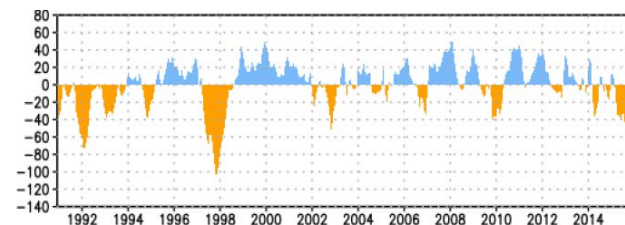


Abb. 10 Der Thermocline Slope Index (m)

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](#) (7. Dezember 2015)

⁴ OLR-Daten werden aktuell von dem Instrument Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) an Bord der polarumlaufenden NOAA-Satelliten aufgenommen.

⁵ 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.

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 in seine Ursache und sein 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. [5]

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 2015. 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) 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 Thermokline 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. Die Passatwinde verstärkten sich im Sommer unerwarteterweise, obwohl Westwindausbrüche (WWB) 2014 weiterhin auftraten. Angesichts der verstärkten Passate begannen die SST-Anomalien im Ostpazifik um die Mitte 2014 zurückzugehen und die saisonalen Vorhersagen wurden mit dem weiteren Jahresverlauf immer unsicherer (Abb. 11).

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 Kelvinwellen mit Downwelling.

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.

Die ausgebliebene Interaktion zwischen Ozean und Atmosphäre wurde nach einer chinesischen Studie [15] 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 Oszillation⁶ (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.

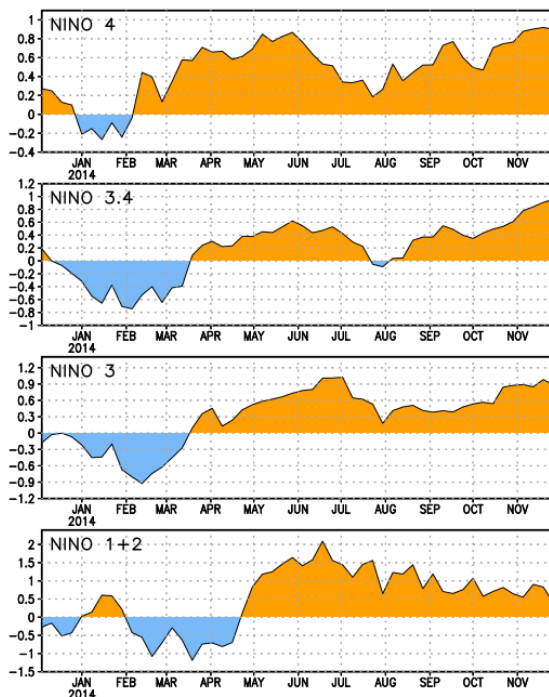


Abb. 11 Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen (SST) in den verschiedenen Niño-Regionen

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

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

⁶ 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.

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. 12) zu befeuern und damit den El Niño wie Phoenix aus der Asche aufsteigen zu lassen. [13]

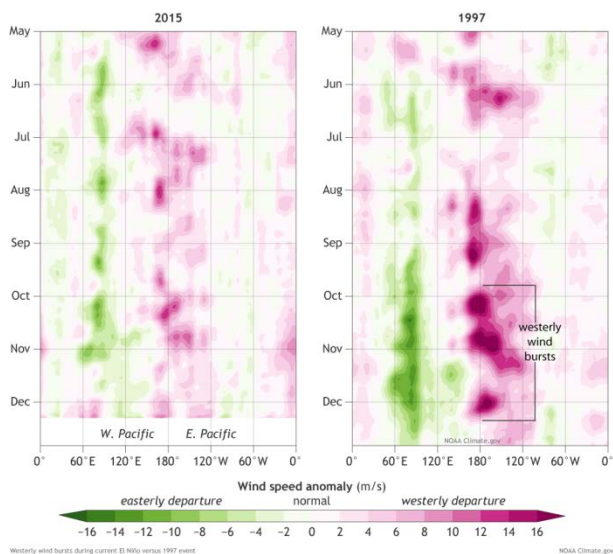


Abb. 12 Westerly wind bursts during current El Niño versus 1997 event

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 Niño-1+2 Region.

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

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 3-Monatsmittel Aug.-Okt. 2,27 °C (Abb. 11). Die Prognosen für die Fortdauer enthalten im Sommer und Herbst eine immer höhere Wahrscheinlichkeit, auch hinsichtlich der zunehmenden Stärke.

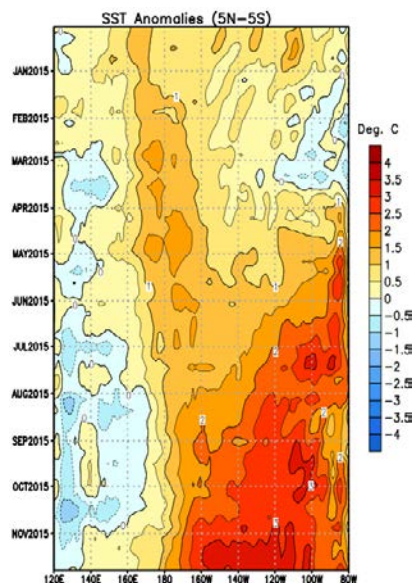


Abb. 13 Jüngste Entwicklung der Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen im äquatorialen Pazifik (°C)

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.

Aktuell (Monatswende November/Dezember) bestehen über großen Teilen des äquatorialen Pazifiks positive Anomalien mit Schwerpunkt über der östlichen Hälfte.

Quelle: [NOAA CPC/NCEP](#) (30.11.2015)

Mitte November 2015 betrug das Wochenmittel der SST-Anomalie in der NINO3.4-Region 3,0 °C, was natürlich eine starke El Niño-Kategorie bedeutet (Abb. 13). 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. [8]

Im gesamten November haben sich die Meeresoberflächentemperaturen im tropischen Pazifik nur wenig oder gar nicht verändert (Abb. 14).

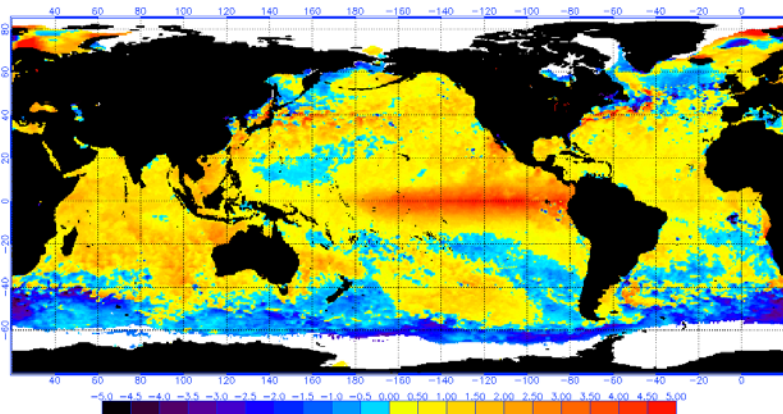


Abb. 14 NOAA/NESDIS SST Anomalien in °C am 30.11.2015

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 noch immer von weniger Wärmeenergie angetrieben wird als sein Vorgänger vor 18 Jahren (Abb. 15).

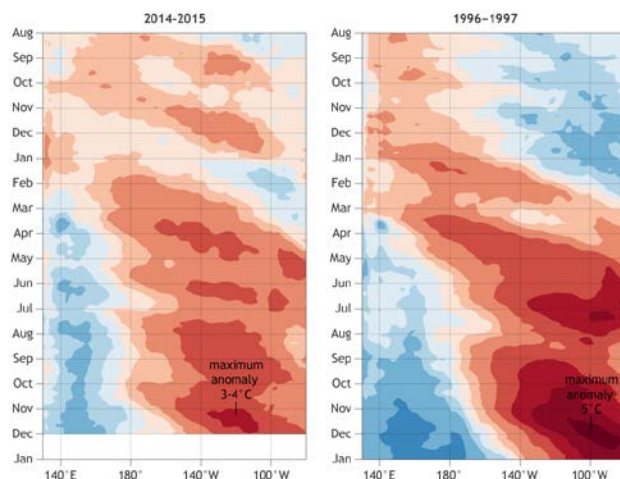
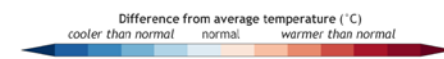


Abb. 15 Upper ocean heat content during current El Niño versus 1997-98 event

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 Teiles des tropischen Pazifiks und die anomalen Westwinde in der Osthälfte des tropischen Pazifiks in einem monatsübergreifenden 30-Tage-Zeitraum im Oktober/November (Abb. 16).

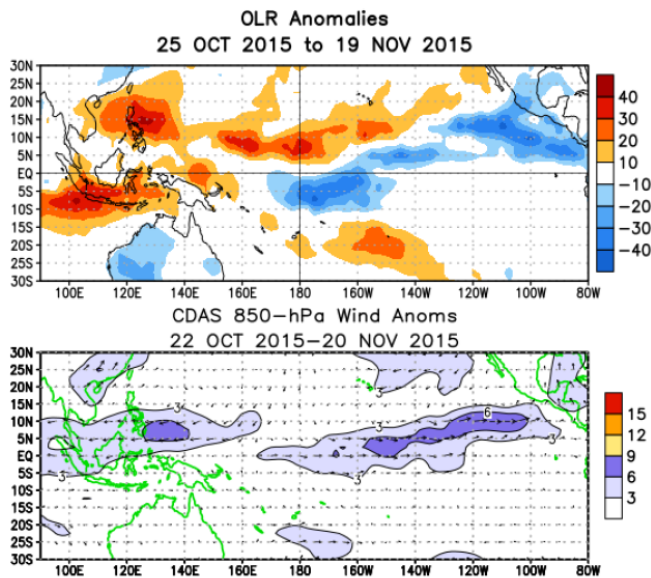


Abb. 16 OLR Anomalies / 850 hPa Wind Anomalies

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

Nach der Mehrzahl der Modellprognosen (Abb. 17) wird der Höhepunkt des derzeitigen El Niño-Ereignisses in der Zeit des Nordwinters erwartet. Entsprechend wird der maximale ONI-Index, also die höchste mittlere dreimonatige Abweichung der Oberflächenwassertemperatur in der Nino3.4-Region, für die Monate November bis Januar prognostiziert. Demnach soll 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. Selbst für die Monate April bis Juni 2016 wird noch eine signifikante positive Wassertemperaturabweichung von über 0,5 Grad vorhergesagt. Entsprechend liegt die Wahrscheinlichkeit von El Niño-Bedingungen im tropischen Pazifik bis ins späte Frühjahr 2016 bei über 70%. [11]

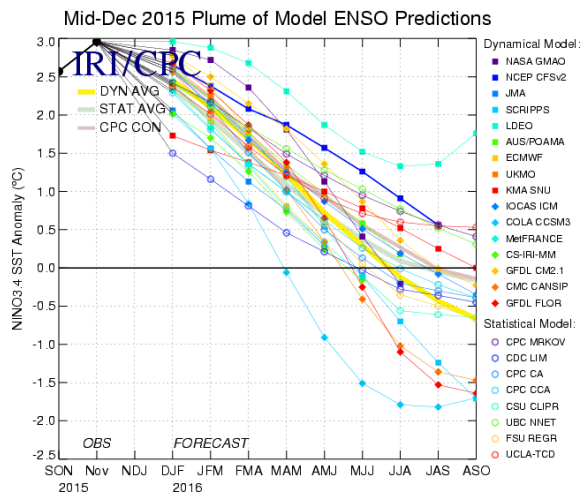


Abb. 17 Mid-December 2015 Plume of Model ENSO Predictions

Most models indicate that Niño 3.4 will remain strong into early 2016.

Positive anomalies are predicted to weaken through the Northern Hemisphere Spring 2016.

The graph shows forecasts made by dynamical and statistical models for SST in the Niño 3.4 region for nine overlapping 3-month periods. Note that the expected skills of the models, based on historical performance, are not equal to one another. The skills also generally decrease as the lead time increases. Thirdly, forecasts made at some times of the year generally have higher skill than forecasts made at other times of the year--namely, they are better when made between June and December than when they are made between February and May.

Quelle: IRI/CPC (17.12.2015)

Auch das australische Bureau of Meteorology (BOM) geht davon aus, dass sich der El Niño 2015/16 seinem Höhepunkt nähert. Während sich die Meeresoberflächentemperaturen weiterhin nahe dem Rekordniveau befinden, zeigen einige El Niño-Indikatoren Zeichen einer Abschwächung, was aber die Gesamtprognose nicht beeinträchtigt. Der Southern Oscillation Index (SOI) ist z.B. noch negativ, hat aber fast Neutralwerte erreicht (November -3,23), was aber nicht von Dauer sein muss. [44]

Das BOM sieht den El Niño 2015/16 unter den Top Drei-Ereignissen der vergangenen 50 Jahre. Gegenwärtig 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 Höchstauschlag von -20 erreichten, gegenüber 1982/82, als einige Monate bei -30 lagen). [36]

Immerhin liegt das jüngste Monatsmittel der Meeresoberflächentemperaturen (November 2015) 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. [2] 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.

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.” [48]

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 Upwelling 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 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. [50]

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 ($SST \geq 28,5 \text{ °C}$) 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. [13]

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.

Auswirkungen

Die verschiedenen ENSO-Phasen beeinflussen im erheblichen Ausmaß die Niederschlagsverhältnisse sowohl im pazifischen Kernraum als auch in weiter entfernten Gebieten, die daher auch als ENSO-sensitive Gebiete bezeichnet werden. [26]

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 sog. **Indian Ocean Dipole** oder die Meeresoberflächentemperaturen des tropischen Atlantiks in der Lage, das Klima der benachbarten Landmassen zu beeinflussen.

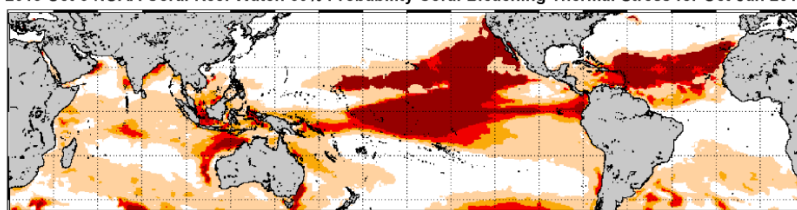
Ferner korrespondiert die Stärke eines El Niño nicht notwendigerweise mit Art und Stärke von Klimaauswirkungen in den Gebieten der Erde, wo sie sich zeigen.

Der aktuelle El Niño 2015/16 wird aber bereits mit einer Reihe von bedeutenden Auswirkungen in Verbindung gebracht, die man nach sektoralen (hier mit zwei Beispielen) und regionalen Kriterien strukturieren kann. [23]

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 Nordpazifik 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.

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



Potential Stress Level: Watch Warning Alert Level 1 Alert Level 2

Abb. 18 NOAA Coral Reef Watch

60 %-ige Wahrscheinlichkeit von Coral Bleaching Thermal Stress für Okt. 2015 - Jan. 2016
NOAA's standard 4-month bleaching outlook shows a threat of bleaching continuing in the Caribbean, Hawaii and Kiribati, and potentially expanding into the Republic of the Marshall Islands.

Quelle NOAA (6. Okt. 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. Andererseits hat El Niño die Hurrikanaktivität im Atlantik und um Australien wahrscheinlich reduziert.

Weshalb Patricia trotz ihrer Stärke nicht zur Katastrophe wurde, kann man [hier](#) nachlesen.

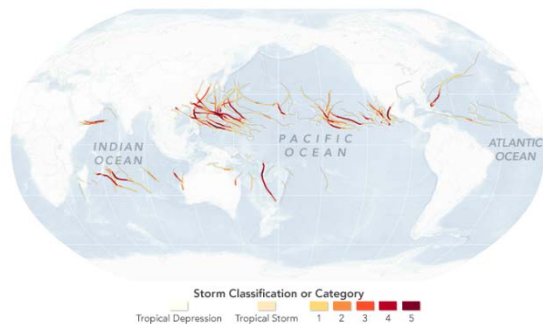


Abb. 19 In der Hurrikan-Saison 2015 fallen Rekorde

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)

Regionale Auswirkungen

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. Dies hat auch beim aktuellen El Niño zu einer starken Ausbreitung von Wald- und Torfbränden beigetragen, die zur Agrarflächen-Gewinnung entfach wurden (Abb. 21). Sie gehörten zu den schlimmsten, die je beobachtet wurden. Dichter Smog ([tropical haze](#)) über Indonesien und benachbarten Staaten waren die Folge, verbunden mit beträchtlichen gesundheitlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen. Flüge mussten abgesagt werden, Schulen wurden geschlossen (Abb. 20). 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 entschärft.



Abb. 20

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](#)

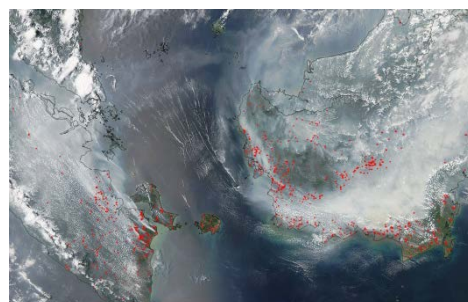


Abb. 21

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](#)

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. [26]

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.” [27]

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

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 zusammen kommen soll. Sie beinhaltet die anfallenden Kosten im Bereich der Landwirtschaft, der Gesundheit, des Transportwesens und des Tourismus sowie für großangelegte Wiederaufforstungsmaßnahmen. 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. 22) zum Opfer fallen. [12]

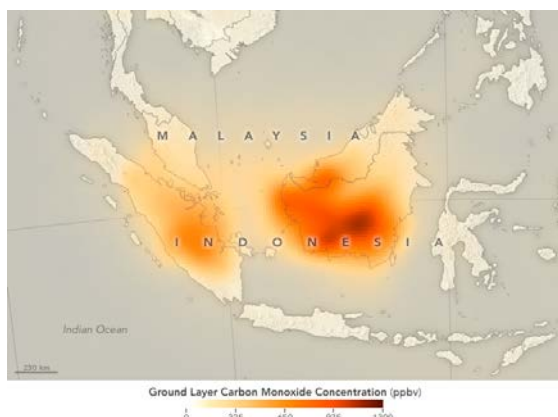


Abb. 22 Fires Put a Carbon Monoxide Cloud over Indonesia

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. In der Tat wurde Papua-Neuguinea auch bei diesem El Niño von starker Dürre heimgesucht (Abb. 23). 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. [53]

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. 23 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)

Südasiens: 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. 24). 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 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-Dollarmarkte. [4]

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. [32]

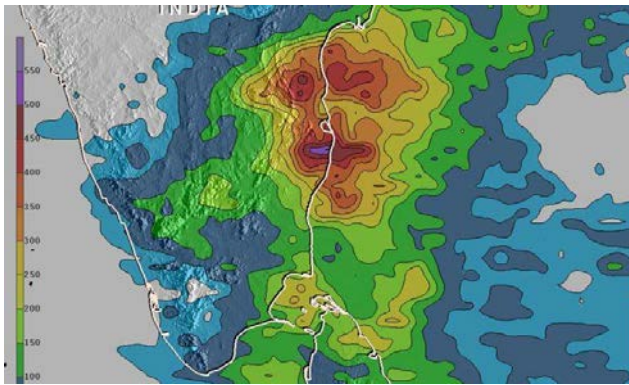


Abb. 24 NASA measures India's deadly flooding rains

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)

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. [35]

Ostafrika: 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 Africa⁷ 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.

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 litt dieses Jahr hingegen unter einer langanhaltenden Dürre (Abb. 25), die wahrscheinlich auf El Niño zurückzuführen ist [34].

Sehr ergiebige Niederschläge sind dann in der zweiten Oktoberhälfte in Somalia und dem äthiopischen Hochland gefallen [31]. 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. 25 Ethiopia drought after the failure of spring belg and poor summer kiremt rains caused by the climatic phenomenon 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](#)

⁷ 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).

Südliches Afrika: 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 des Landes haben seit Februar keinen Regen mehr gesehen. Viele Bauern haben dieses Jahr gar nicht erst gepflanzt, denn es gibt kein Wasser. [54]

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. [49] 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?](#)

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.

Die während El Niños häufig beeinträchtigte Fischereiwirtschaft scheint bislang (Mitte Dezember 2015) noch unter normalen Bedingungen zu arbeiten. Insbesondere die wichtigen Anchovis-Bestände sind nicht abgewandert. [42]

Auch die [Galapagos-Inseln](#) erhalten bei El Niño starke Niederschläge.

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.

In Übereinstimmung mit den typischen El Niño-Auswirkungen haben große Gebiete von Zentralamerika und der Karibik unterdurchschnittlichen Niederschlag verzeichnet. Brasilien, welches das Jahr 2015 mit Dürren im Süden und Osten begann, erlebte später eine Verlagerung der Dürre nach Norden mit nur spärlichem Regen in der Trockenzeit über dem Amazonasbecken. Peru hingegen war von starken Niederschlägen und Überschwemmungen betroffen, ebenso Argentinien.

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 [29].

In der chilenischen Atacamawüste führte außergewöhnlicher Regen zu einem Aufblühen der Vegetation. (Abb. 26, Abb. 27). 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. [52].



Abb. 26 Links: The strong impact of El Niño meant the desert received the necessary rainfall to germinate the bulbs and rhizome (which grow horizontally below the surface). The desert normally blooms every 5 to 7 years but this year the phenomenon has been particularly intense.

Abb. 27 Rechts: The Atacama desert before the bloom

Quelle: telesutv.net

Nordamerika: 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 [51]. Ende Oktober ereignete sich ein Starkregenereignis im Death Valley, einer sonst extrem trockenen Region [46].

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. [11]

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

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. [30]

Verglichen mit anderen starken/sehr starken El Niños seit 1950 stehen die beschriebenen Bedingungen im Gegensatz zu den bisherigen Verhältnissen in den beiden Regionen für den Monat November. Aber die Meteorologen sind zuversichtlich, dass die intensiveren Niederschläge noch im Dezember 2015 einsetzen. [55] 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.

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

Die nachfolgende Grafik (Abb. 28) verdeutlicht den Wassernotstand in Kalifornien am Beispiel der unterdurchschnittlich gefüllten Wasserreservoirs. Umso verständlicher ist die Hoffnung auf El Niño-induzierte Niederschläge.

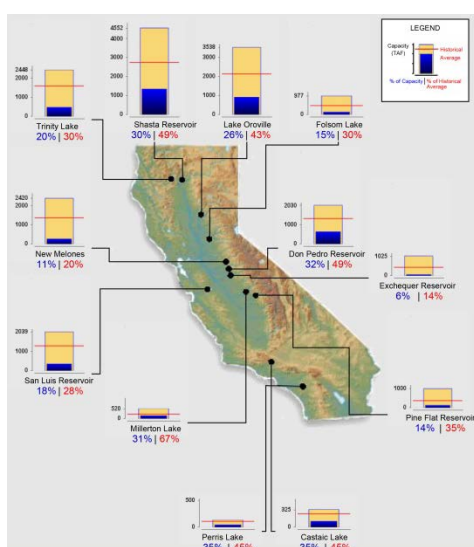
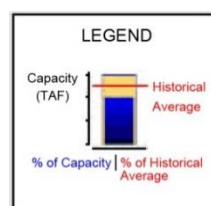


Abb. 28 Current Reservoir Conditions



Graph Updated 12/14/2015 07:15 AM

Quelle: [Department of Water Resources](#)

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 Niederschlags-

verhalten in Europa sehr dominant durch die sogenannte **Nordatlantische Oszillation** (NAO⁸) 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 relativ trocken bleibt. Diese Aussage korreliert sehr gut mit den derzeitigen Verhältnissen, 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. [11]

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

⁸ 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.

Quellen

1. Barnston, Anthony (2015): [Why are there so many ENSO indexes, instead of just one?](#) NOAA ENSO Blog
2. Becker, Emily (2015): [December El Niño update: phenomenal cosmic powers!](#) NOAA ENSO Blog
3. FAO (2014): [Understanding the drought impact of El Niño on the global agricultural areas: An assessment using FAO's Agricultural Stress Index \(ASI\)](#). Rome
4. Henson, Bob (2015): [El Niño's Role in Deadly Chennai Rains; Progress in Paris Climate Talks](#). wunderground.com
5. L'Heureux, Michelle (2015): [Were Model Predictions of El Niño a Big Bust?](#) NOAA ENSO Blog
6. Hirschberger, Peter (2015): [Wälder in Flammen - Feuer in Indonesien](#) (WWF-Information). Berlin
7. IRI (Nov. 2015): [IRI Technical ENSO Update](#). Palisades NY
8. IRI (2015): [ENSO essentials](#). Palisades NY
9. Kirchhübel, Lars (2015): [El Niño - "Ein Christkind" beeinflusst das Weltklima - Teil 1](#). Offenbach
10. ders. (2015): [El Niño - "Ein Christkind" beeinflusst das Weltklima - Teil 2](#). Offenbach
11. ders. (13. Nov. 2015): [El Niño - Ein Zwischenfazit des sogenannten "Christkindes"](#). Offenbach
12. Leyser, Adrian (Okt. 2015): [Waldbrände in Indonesien teuerste "Wetterkatastrophe" 2015](#). Offenbach
13. McPhaden, M. J. (2015): [Playing hide and seek with El Niño](#). Nature Climate Change 5, 791-795
14. MeteoSchweiz (Nov. 2015): [El Niño - Das Ereignis 2015/16 und Hintergründe zum Phänomen](#).
15. Min, Qingye et al. (2015): [What hindered the El Niño pattern in 2014?](#), Geophys. Res. Lett., 42
16. NOAA/NCDC (Nov. 2015): [Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures](#)
17. NOAA/CPC: [El Niño/Southern Oscillation \(ENSO\) Diagnostic Discussion](#). College Park, MD
[12 November 2015](#)
18. NOAA/CPC/NCEP: [ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions](#). diverse Ausgaben
19. Schreiber, M. A. et al. (2011): [Coping Strategies to Deal with Environmental Variability and Extreme Climatic Events in the Peruvian Anchovy Fishery](#). Bremen
20. 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
21. Trenberth, K.E. (2013): [El Niño Southern Oscillation \(ENSO\)](#)
22. WMO: [WMO El Niño/La Niña Updates](#). Geneva
[November 2015](#)
23. WMO (Nov. 2015): [El Niño Expected to Strengthen Further: High Impacts, Unprecedented Preparation](#). Press Release No. 12. Geneva
24. WMO (Nov. 2015): [2015 likely to be Warmest on Record, 2011-2015 Warmest Five Year Period](#). Press Release No. 13
25. WMO (Nov. 2015): [The El Niño of 2015-2016 - Animation](#). (YouTube)
26. Ziese, Markus et al. (2.11.2015): [El Niño 2015 – Erste Erkenntnisse und Ausblick](#). DWD, Offenbach
27. <http://alert-conservation.org/issues-research-highlights/2015/9/29/choking-on-smoke-the-growing-curse-of-indonesias-wildfires> (30.9.2015)
28. http://bulletin.avis.oceanobs.com/html/produits/indic/enso/welcome_uk.php3 (6.12.2015)
29. <http://floodlist.com/america/brazil-floods-santa-catarina-rio-grande-do-sul> (27.10.2015)
30. <http://floodlist.com/america/usa/oregon-floods-governor-declares-state-emergency> (11.12.2015)
31. <http://floodlist.com/africa/somalia-floods-affect-60000> (28.10.2015)
32. <http://floodlist.com/asia/cost-tamil-nadu-floods-347-lives-3-billion-dollars> (11.12.2015)
33. http://rainforests.mongabay.com/08indo_fires.htm (20.10.2015)
34. <http://reliefweb.int/report/ethiopia/ethiopia-government-and-humanitarian-partners-responding-el-ni-o-driven-drought> (10.11.2015)
35. <http://www.abc.net.au/news/2015-12-03/drought-stricken-north-queensland-farmers-turn-to-crowdfunding/6998544> (4.12.2015)
36. <http://www.bom.gov.au/climate/enso/> (8.12.2015)
37. <http://www.enso.info>
38. <http://www.ericjlyman.com/elnino.html> (25.10.2015)
39. <http://www.fao.org/News/1998/980703-e.htm> (21.10.2015)
40. <http://www.fao.org/docrep/004/w7174e/w7174e11.htm> (21.10.2015)
41. <http://www.fao.org/NEWS/1998/elnin2-e.htm> (21.10.2015)
42. <http://www.fis.com/fis/worldnews/worldnews.asp?l=e&id=81214&ndb=1> (16.12.2015)
43. https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/fs_palmoel_aus_indonesien_november_2014_1.pdf (25.10.2015)
44. <https://www.longpaddock.qld.gov.au/seasonalclimateoutlook/southernoscillationindex/> (10.12.2015)
45. http://www.nationalgeographic.com/el_nino/mainpage.html (25.10.2015)
46. <http://www.nationalparkstraveler.com/2015/10/flooding-runs-counter-death-valleys-image-remakes-national-park-landscape> (27.10.2015)
47. <http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/enso-tech.php> (24.11.2015)
48. <http://www.pmel.noaa.gov/featured-publication/playing-hide-and-seek-el-nino> (1.9.2015)
49. <http://www.rdm.co.za/politics/2015/11/10/water-restrictions-in-johannesburg-cape-town-all-you-need-to-know> (10.11.2015)

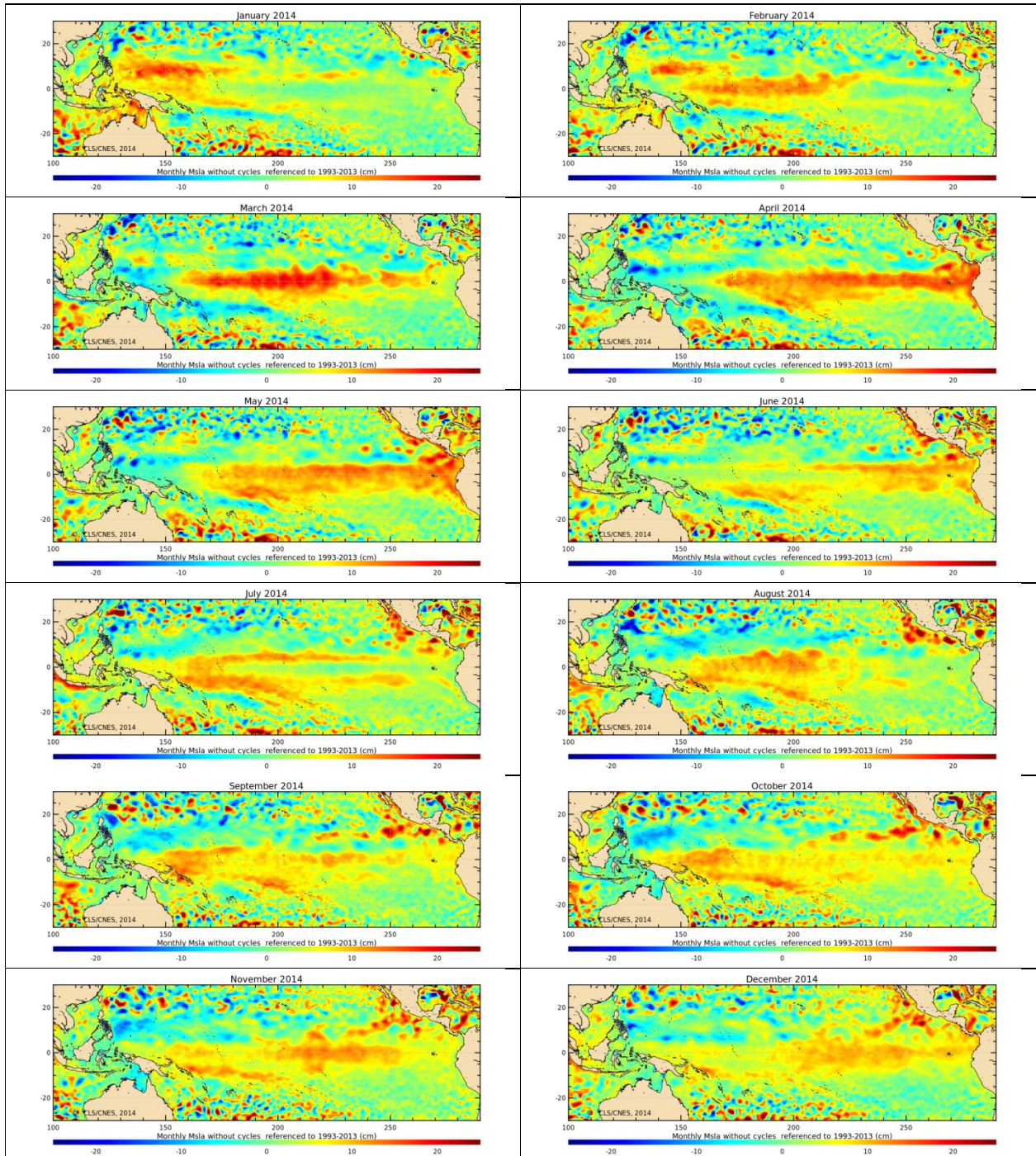
50. <http://www.spektrum.de/news/welche-folgen-hat-el-nino-fuer-die-welt-und-die-forschung/1374256> (4.11.2015)
51. <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/kalifornien-schlammlawinen-auf-dem-highway-a-1058296.html> (17.10.2015)
52. <http://www.telesurtv.net/english/multimedia/Flowers-Bloom-in-Chiles-Atacama-Desert-20151102-0017.html> (2.11.2015)
53. <http://www.theguardian.com/environment/2015/dec/02/papua-new-guinea-villagers-eat-clay-and-toxic-mushrooms-as-severe-drought-hits> (2.12.2015)
54. <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)
55. <http://www.wunderground.com/blog/weatherhistorian/california-waiting-for-el-nino> (9.12.2015)

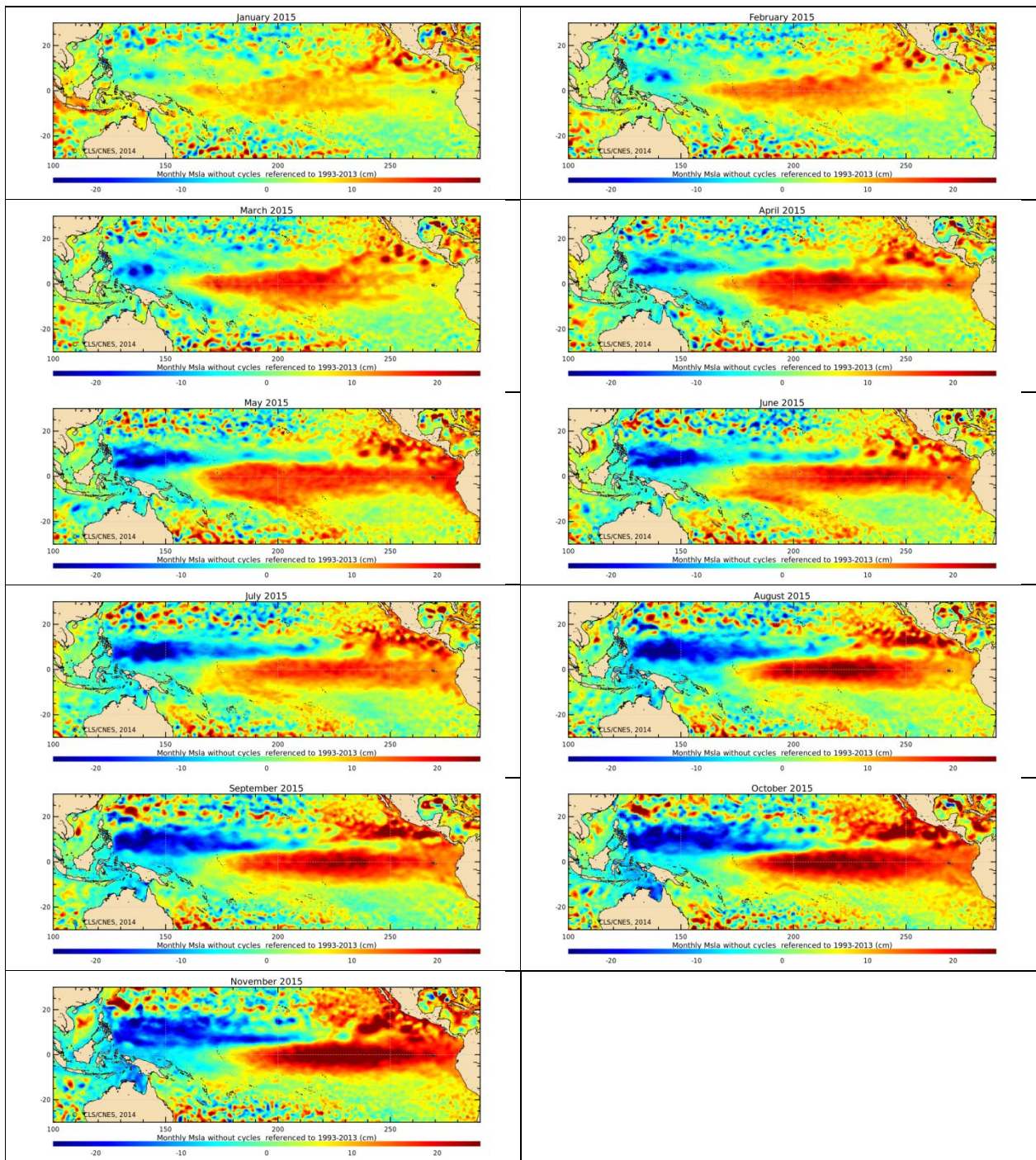
Anhang

Monatsmittel der Meereshöhen-Anomalien in Kartendarstellungen

Januar 2014 - November 2015

Quelle: [Aviso](#)





Monatsmittel der Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen in Kartendarstellungen

Januar 2014 - November 2015

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

