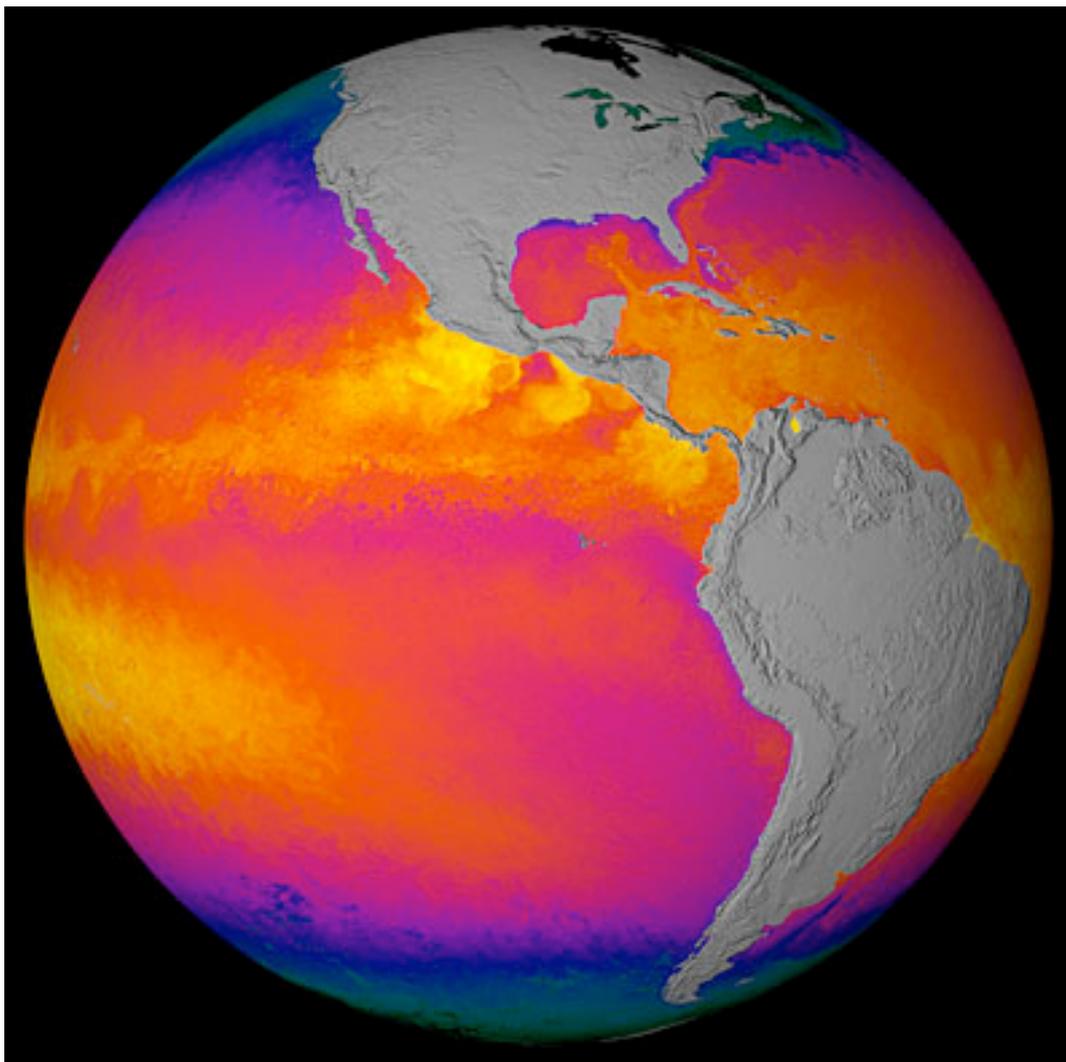


EL NIÑO
SOUTHERN OSCILLATION
Phänomenologie



Oliver Krüger
Hamburg
2006

EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION

Phänomenologie

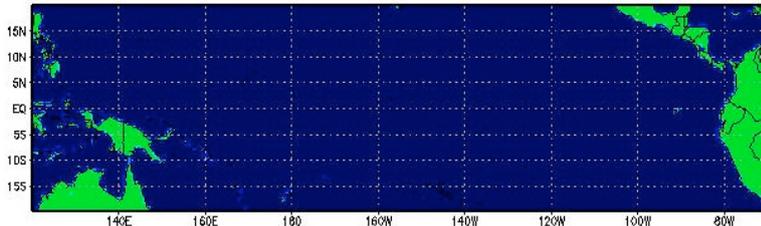
Oliver Krüger
Hamburg
2006

<i>Einleitung</i>	3
<i>Normalbedingungen im Pazifik</i>	3
<i>ENSO</i>	4
<i>El Niño</i>	4
<i>La Niña</i>	5
<i>Southern Oscillation</i>	5
<i>Southern Oscillation Index</i>	6
<i>Exkurs: El Niño als Kelvinwelle</i>	8
<i>Auswirkungen</i>	8
<i>Einfluss auf Europa</i>	10
<i>Einfluss des anthropogenen Treibhauseffekts</i>	11
<i>Zusammenfassung</i>	12
<i>Quellen</i>	12
<i>Abbildungen</i>	13

Einleitung

Die El Niño Southern Oscillation (ENSO) beschreibt ein Phänomen mit der stärksten Temperaturschwankung an der Ozeanoberfläche über einen Zeitraum von mehreren Monaten bis Jahren, das sich zudem sehr stark auf das globale Klima auswirkt.

Abb. 1



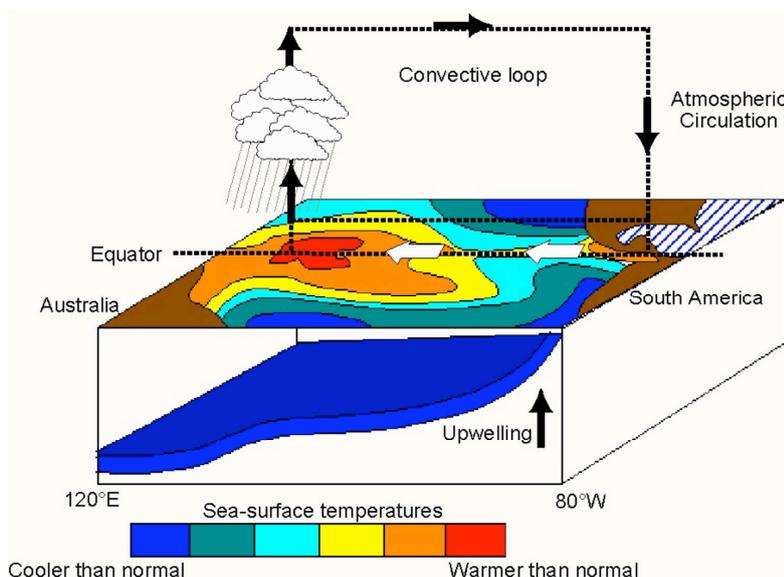
Das Kerngebiet von ENSO liegt im tropischen Pazifik und erstreckt sich von etwa 20° N bis 20° S, sowie von 120° E bis 80° W.

Normalbedingungen im Pazifik

Normalerweise herrscht ein starkes Temperaturgefälle der Meeresoberflächentemperatur (SST = Sea Surface Temperature) entlang des Äquators. Wir finden im West-Pazifik eine SST von ca. 30 °C und im Ost-Pazifik vor der südamerikanischen Küste eine SST von ungefähr 20 °C.

Zudem teilt man den Ozean auch vertikal ein. Zum Einen gibt es das nährstoffarme, von der Sonne erwärmte und gut durchmischte Oberflächenwasser, zum Anderen das kalte und nährstoffreiche Tiefenwasser, welches durch die sogenannte Thermokline vom Oberflächenwasser getrennt wird.

Abb. 2



Nun ist es so, dass durch den Einfluss der Ostpassate auf die Meeresoberfläche eine am Äquator nach Westen gerichtete Oberflächenströmung entsteht, die das Wasser in Richtung Indonesien drückt. Dort ist der Meeresspiegel tatsächlich um ca. 1 m höher als an der südamerikanischen Küste.

Vornehmlich wird warmes Wasser nach Westen gedrückt, während die Thermokline im Osten Oberflächennähe erreichen kann. Im Westen sinkt sie bis in 200 m Tiefe ab.

Das kalte, nährstoffreiche Wasser vor der südamerikanischen Küste, das dort aus dem Humboldtstrom stammt, bedeutet dort vor allem Fischreichtum.

Auch die atmosphärische Zirkulation wird durch den Temperaturgegensatz angetrieben.

Luftmassen steigen im Westen über dem warmen Wasser auf, was zu starker Wolkenbildung und Niederschlag führt.

Im Osten über dem kalten Pazifik kommt es zum Absinken von großräumigen Luftmassen. Das bedeutet vor allem Trockenheit und Wüstenbildung.

In höheren Schichten der Atmosphäre weht der Wind als Antipassat nach Osten, was zu einer Verstärkung des Bodenluftdrucks dort führt.

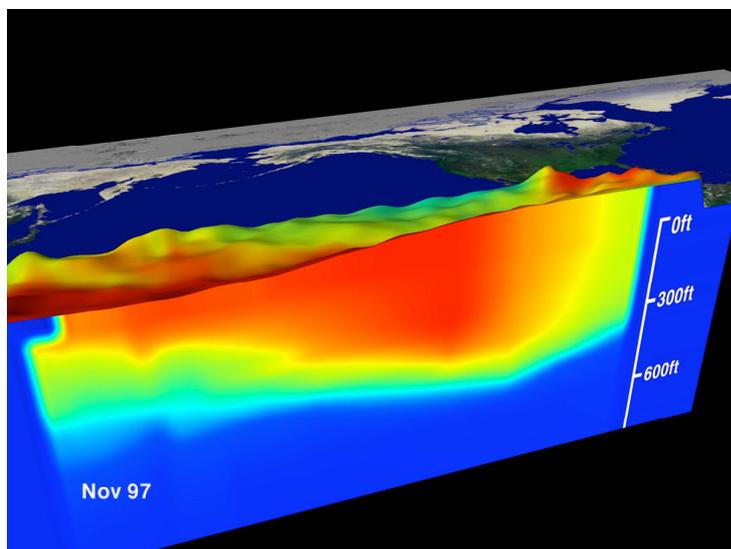
Insgesamt bildet sich eine Zonalzirkulation, die von dem Briten Sir Gilbert Walker im 20. Jahrhundert entdeckt wurde und „Walker-Zirkulation“ genannt wird. Sie ist in der Hadley-Zelle zwischen ITC und den Subtropenhochs eingebettet.

ENSO

EL NIÑO

Der Begriff „El Niño“ wurde Ende des 19. Jahrhunderts von peruanischen Fischern geprägt, da diese damit das Ende der Fischsaison zur Weihnachtszeit bezeichneten. Der Begriff bedeutet übersetzt „der Knabe“ oder „das Christkind“ und beschreibt das alljährliche Phänomen der ansteigenden Meeresoberflächentemperatur zur Weihnachtszeit.

Abb. 3

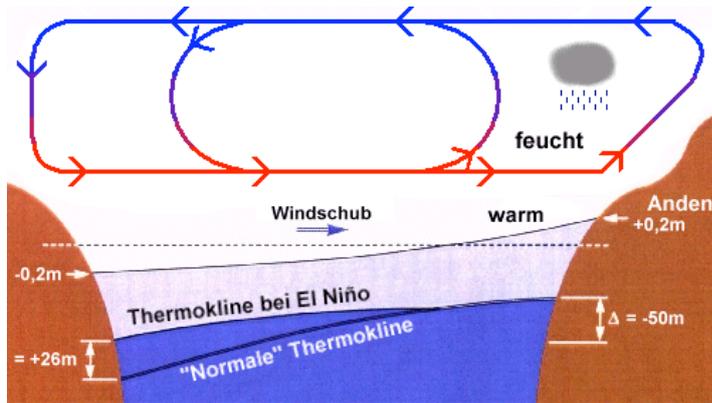


Heute wird der Begriff vor allem für die großräumige, extreme Erwärmung der Meeresoberfläche im gesamten tropischen Pazifik, die etwa alle vier Jahre auftritt, benutzt.

Bei einem El Niño wird das System aus dem Gleichgewicht gebracht. Die Temperatur über im Ostpazifik erhöht sich auf Grund einer Störung, so dass

sich der Temperaturgegensatz verringert.

Abb. 4



Es kommt zu einer Abschwächung bis hin zu einer Umkehrung der Walker-Zirkulation. Der Luftdruck über dem Ostpazifik sinkt, während der über dem Westpazifik steigt. Auf alle Fälle kommt es zu einer Abschwächung der Oberflächenpassate.

Das führt zu einer Abnahme der Neigung des Meeresspiegels entlang des Äquators und zu einer Zunahme der Tiefe der Thermokline vor Südamerika.

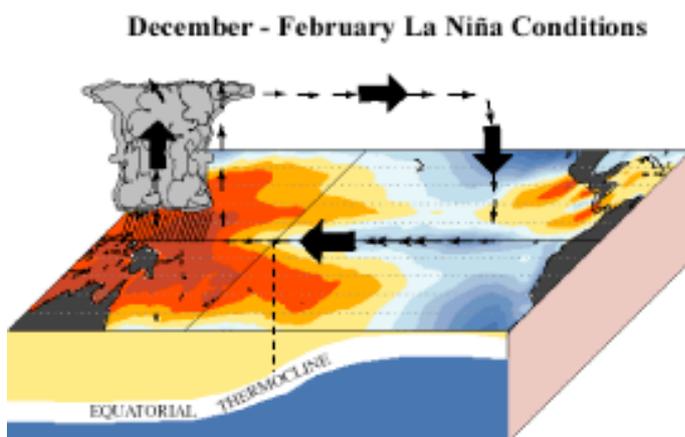
Vor Australien und Indonesien findet man nun kühleres Wasser und vor Südamerika warmes Oberflächenwasser, das den kalten Humboldtstrom verdrängt.

LA NIÑA

La Niña ist sozusagen der Anti-El Niño und ist die Bezeichnung für die gegenläufige Phase. Der Begriff beschreibt anormal niedrige SST im zentralen und östlichen tropischen Pazifik und verstärkte Passatwinde, also verschärfte Normalbedingungen mit

großem SST-Gegensatz am Äquator und eine weit nach Westen reichende Kaltwasserzunge.

Abb. 5



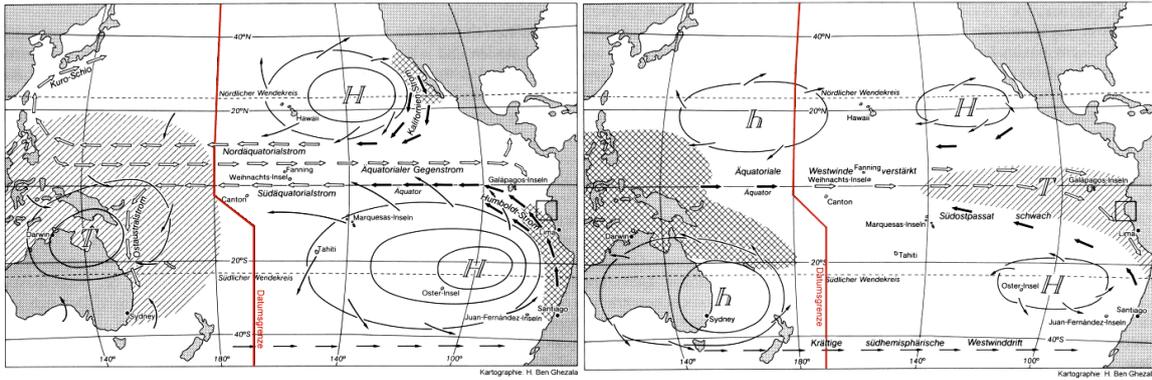
Bei La Niña kommt es zu erhöhtem Niederschlag über dem Westpazifik und Teilen Südasiens und sehr trockenen Verhältnissen für das westliche Südamerika.

SOUTHERN OSCILLATION

Die Southern Oscillation beschreibt den Luftdruckunterschied zwischen der westlichen und östlichen Meeresoberfläche des Pazifiks. Sie bestimmt die Stärke der Passatwinde zwischen dem südostpazifischen Hoch und dem südostasiatischen Tief.

Bei einem El Niño steigt der Luftdruck über dem Westpazifik und sinkt über dem Ostpazifik.

Abb. 6

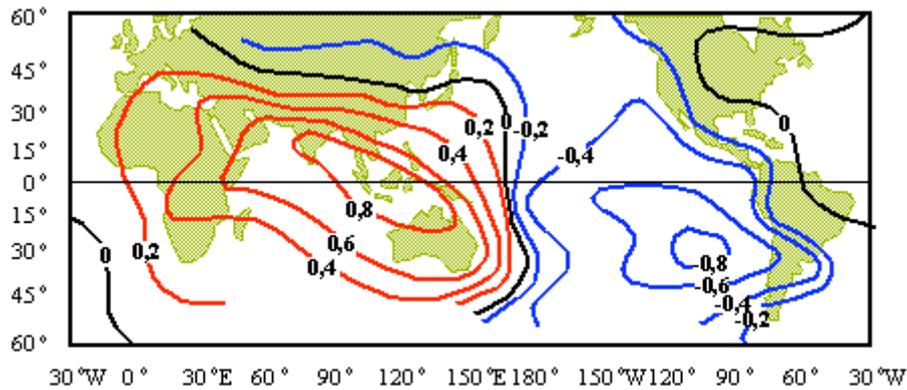


Druckfeld bei Normalbedingungen

Druckfeld bei El Niño

Das Hoch und das Tief sind sehr stark miteinander korreliert, wie man in der Abbildung zur Korrelation der Oberflächendruckanomalien mit denen in Jakarta sehen kann.

Abb. 7



SOUTHERN OSCILLATION INDEX

Der Southern Oscillation Index ist ein Ausdruck für die Stärke der Southern Oscillation. Im Prinzip ist dieser die Luftdruckdifferenz zwischen dem australischen Darwin und Tahiti.



Abb. 8

Der SOI berechnet sich folgendermaßen:

$$SOI = 10 \cdot \frac{\Delta P - \Delta P_{avg}}{s_{\Delta P}}$$

Dabei ist

ΔP die Differenz der Mittelwerte des Luftdrucks auf Meereshöhe zwischen Tahiti und Darwin für einen bestimmten Monat,

ΔP_{avg} die mittlere langjährige Differenz der Mittelwerte für den Monat und

$s_{\Delta P}$ die Standardabweichung der langjährigen Differenz der Monatsmittel.

Ein negativer SOI bedeutet eine Verschiebung der Konvektion der Luftmassen nach Osten und damit eine Abschwächung der Passatwinde. Ein negativer SOI kennzeichnet somit einen El Niño.

Der SOI und die SST sind miteinander antikorreliert.

Abb. 9

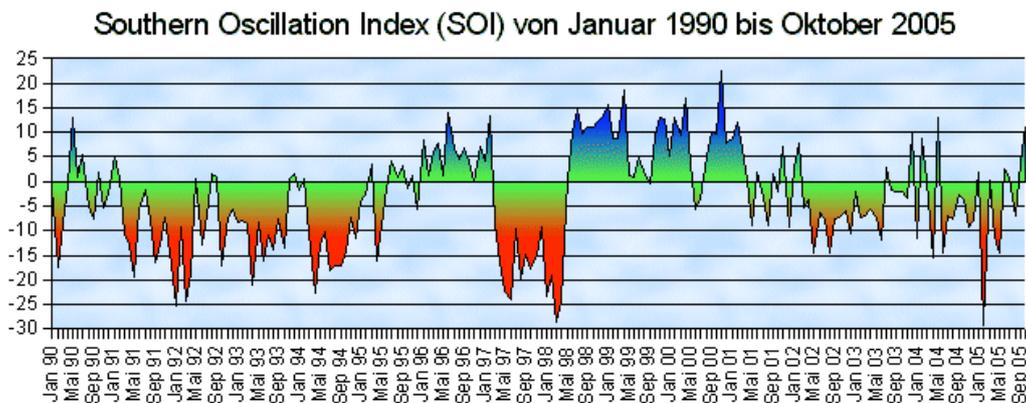
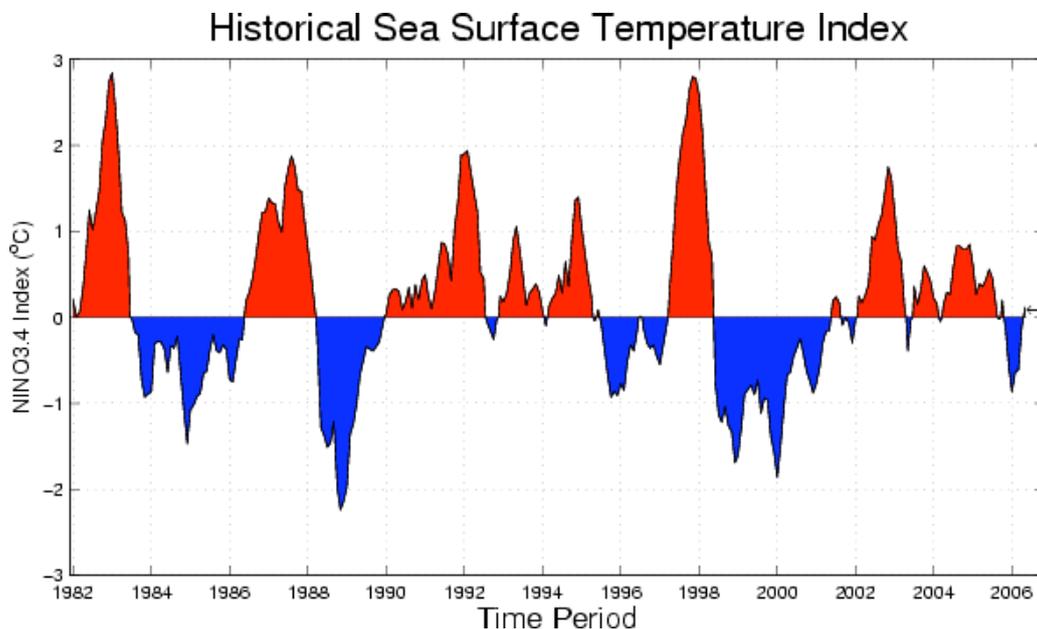


Abb. 10



EXKURS: EL NIÑO ALS KELVINWELLE

Die äquatoriale Kelvinwelle ist eine lineare Welle mit erhöhten oder verminderten Temperaturen. Sie bewegt sich ostwärts mit einer Geschwindigkeit von etwa 2,5 m/s oder ca. 200 km/d. Sie braucht also etwa zwei bis drei Monate zur Überquerung des Pazifiks.

Die Kelvinwelle hat ihre höchste Amplitude am Äquator und erstreckt sich mit abnehmender Intensität bis ca. 1000 km nördlich und südlich des Äquators.

Die Thermokline dient der Kelvinwelle als Leitfläche.

Gehen wir zunächst von einem Erwärmungssignal aus, das von der Kelvinwelle transportiert wird. Wenn die Kelvinwelle die Westküste Südamerikas erreicht, türmt sie sich auf und vertieft den Warmwasserkörper und damit die Thermokline entlang der Küste. Die Küste lenkt die Kelvinwelle wie eine Leitplanke nach Norden oder Süden. Gleichzeitig wird eine nach Westen wandernde Rossbywelle ausgelöst. Die Rossbywelle, die ungefähr neun Monate am Äquator und in 12° N/S schon vier Jahre zur Überquerung des Pazifiks braucht, wird im Westen wieder reflektiert und kehrt dann wieder als Kelvinwelle nach Osten zurück. Dieses Mal transportiert sie ein Abkühlungssignal, welches die Gegenphase La Niña auslöst.

Auswirkungen

Abb. 11

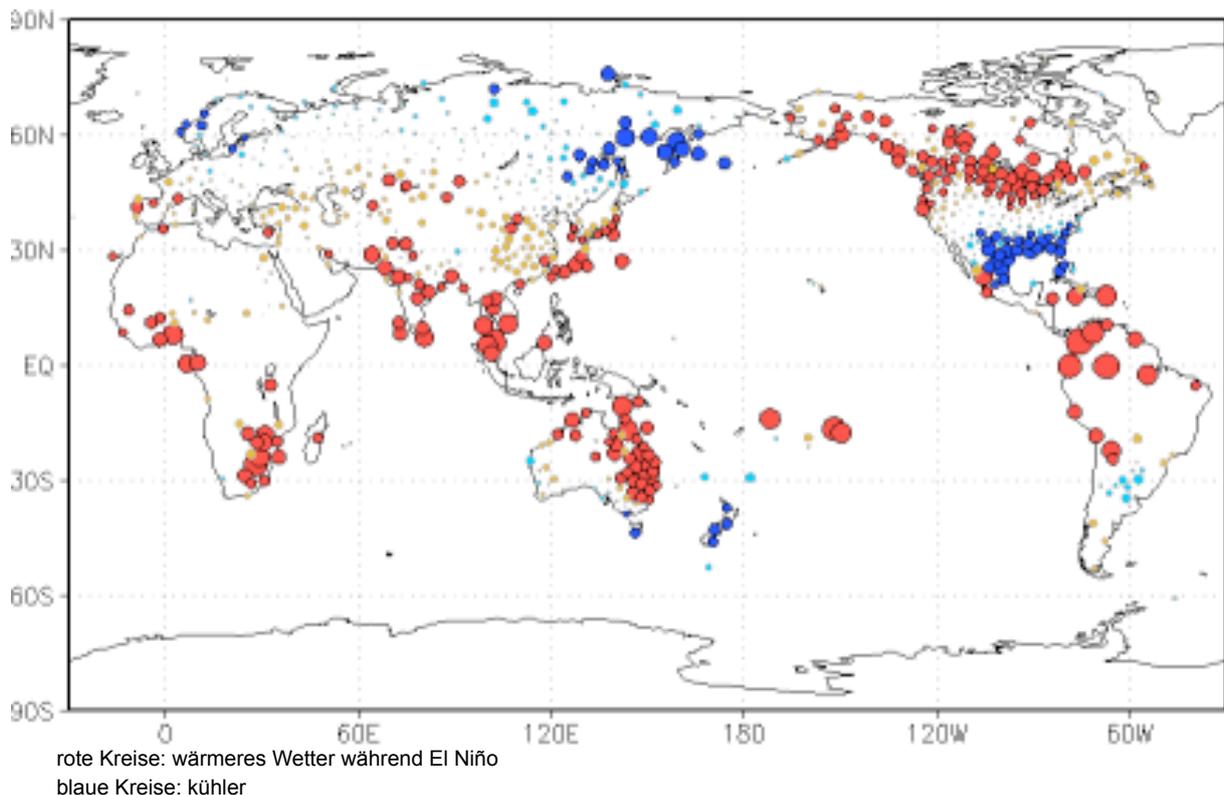
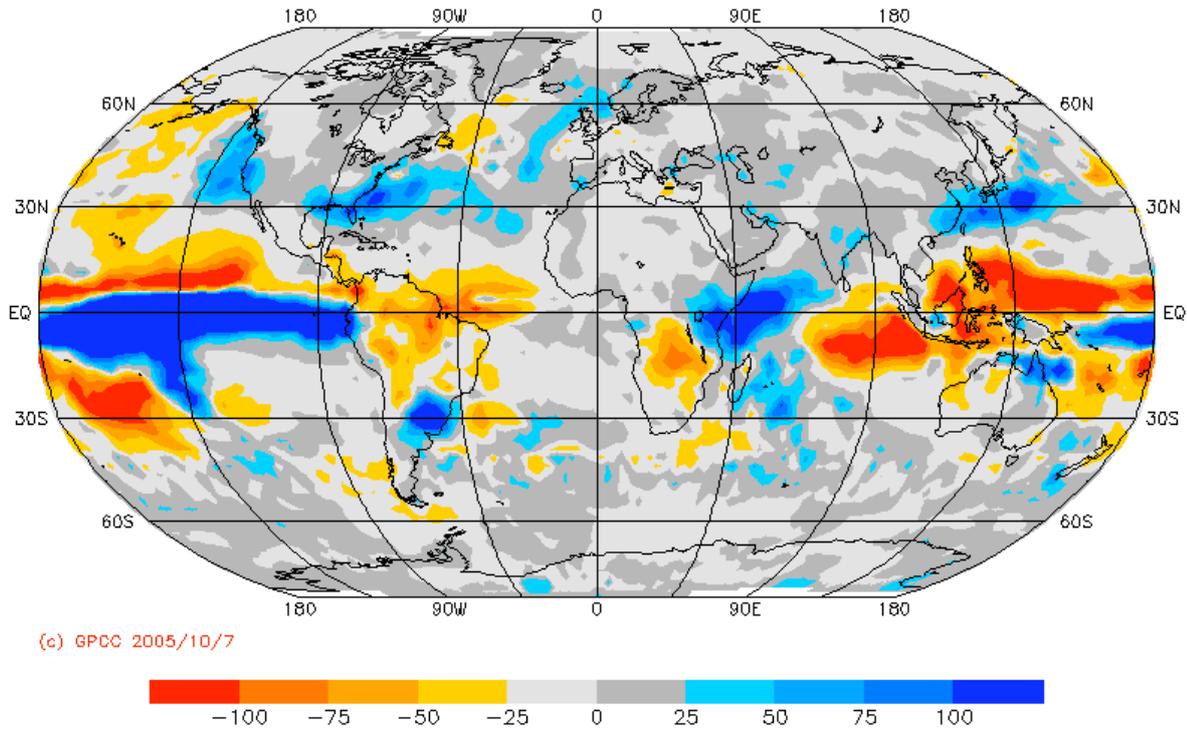
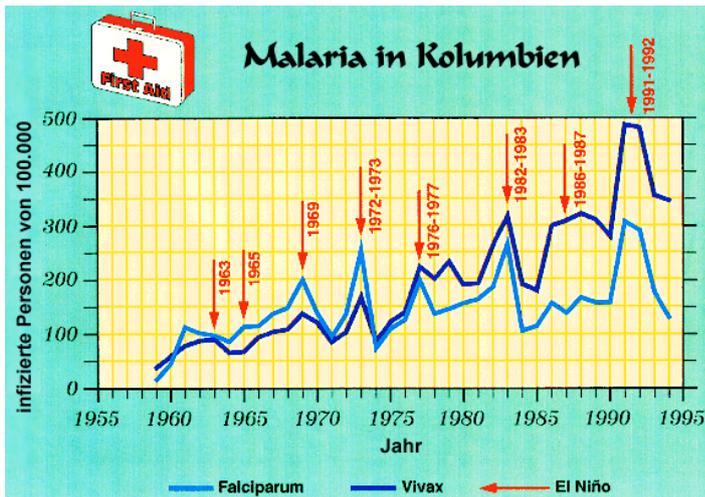


Abb. 12



El Niño hat sehr große Auswirkungen auf das globale Klima. Jedoch ist Südamerika und Südostasien am stärksten davon betroffen. Da sich mit der Verlagerung des warmen Wassers nach Osten die Konvektionsgebiete verschieben, entstehen an der Küste Südamerikas Gebiete mit verstärktem Niederschlag. In dem sonst sehr trockenen Küstenstreifen kommt es dann zu Überschwemmungen und Erdbeben. Zudem werden dort die Fischbestände dezimiert, bzw. die Fische wandern in andere Regionen ab, was am warmen und nährstoffarmen Oberflächenwasser liegt.

Abb. 13



Gleichzeitig kommt es durch das entstehende feuchte und warme Klima zu einer Erhöhung der Malariainfektionen, da die Moskitos, die die Krankheit übertragen, eben solch ein Klima benötigen.

In Südostasien kommt es gleichermaßen zu Dürreerscheinungen, da die sich die Niederschlagsgebiete verschoben haben. Dies macht sich zum Beispiel im Preis des Kokosöls

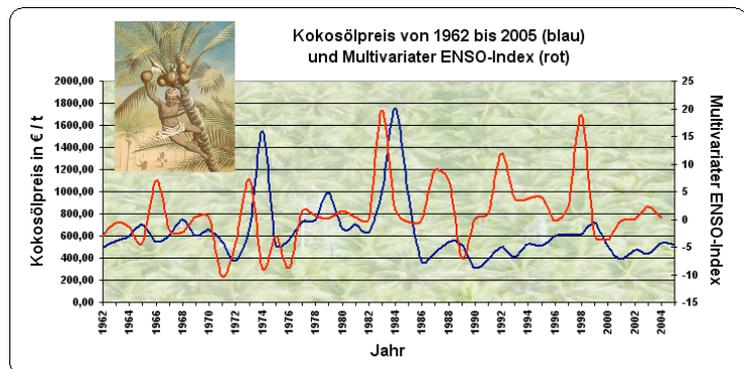


Abb. 14

bemerkbar.

Auch Australien ist davon betroffen. Der Osten Australiens neigt während El Niño zu Trockenheit.

Es kann auch zu Dürren in Nordostbrasilien, Äthiopien und Südafrika kommen. Dagegen lassen sich in Südbrasilien Starkniederschläge finden.

Weniger Niederschlag in den jeweiligen Gebieten, wo sich zudem meist Entwicklungsländer befinden, sorgt dort für eine Nahrungsmittelknappheit.

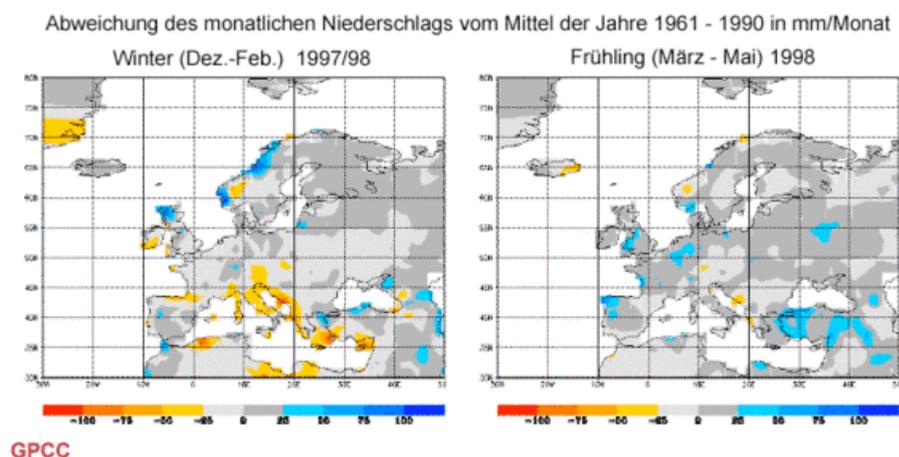
Weiterhin beeinflusst El Niño die Druckmuster auf der Nordhalbkugel. Es gibt während El Niño tendenziell weniger atlantische Hurrikanes (eine einfache Erklärung hierfür ist, dass der nach Osten gerichtete Wind für eine verstärkte Windscherung über dem Atlantik sorgt, so dass diesen tropischen Wirbelstürmen die Entstehungsgrundlage geraubt wird), dafür aber ungewöhnlich starke Wirbelstürme über Nordamerika.

Einfluss auf Europa

1994 untersuchte K. Fraedrich in einer Studie von atmosphärischen Großwetterlagen den Einfluss von ENSO an Europa. Es zeigte sich, dass ein El Niño - Ereignis mit einer verstärkten Anzahl von Tagen mit Tiefdrucksystemen im Winter einhergeht. Das heißt, kältere Wintertemperaturen über Zentral- und Nordeuropa, sowie verstärktem Winterniederschlag von den Britischen Inseln bis hin zum schwarzen Meer.

In einer Studie von 1999, die von van Oldenborgh durchgeführt wurde, ergab sich, dass im Frühjahr nach einem El Niño verstärkter Niederschlag in einem Band von den Britischen Inseln bis Osteuropa niedergeht.

Abb. 15



Allerdings gelten diese Ergebnisse nicht bei jedem El Niño. Denn wenn es wirklich einen Effekt auf Europa gibt, ist dieser durch die hohe Variabilität der mittleren Breiten überlagert. Bisherige Ergebnisse sind statistisch nicht signifikant.

Daher werden momentan die Auswirkungen von ENSO verstärkt in Modellen untersucht, die allerdings unterschiedlich auf ENSO reagieren.

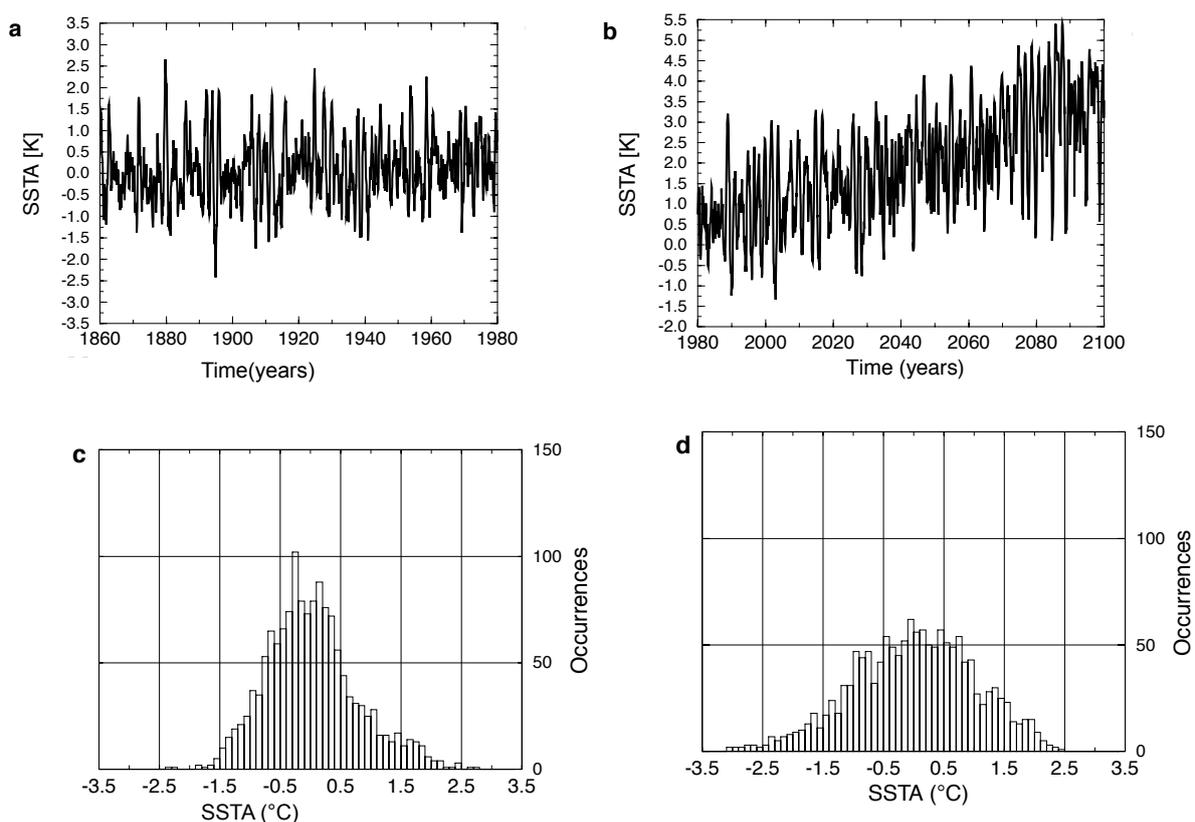
Deshalb ist der Einfluss auf Europa noch sehr unsicher.

Einfluss des anthropogenen Treibhauseffekts

1998 zeigte sich in einer Treibhaussimulation mit dem gekoppelten Ozean-Atmosphäre-Modell ECHAM4, die von Timmermann (et. al) durchgeführt wurde, dass sich die SST des Ostpazifiks um ca. 3 °C und die des Westpazifiks um ca. 1 °C durchschnittlich erhöht.

Damit kann es zu einem höheren Auftreten von El Niño kommen. Gleichzeitig nimmt die interannuale Variabilität zu, wobei die Anzahl der kühleren SST-Anomalien überwiegt. Das heißt, La Niña - Phasen werden in Zukunft nach dieser Studie ebenfalls verstärkt zunehmen und höchstwahrscheinlich in ihrer Anzahl El Niño - Ereignisse überwiegen.

Abb. 16



Zusammenfassung

ENSO ist die stärkste natürliche Klimaschwankung für einen Zeitraum von mehreren Monaten bis Jahren.

Dieses Phänomen beruht auf der Rückkopplung des Ozean-Atmosphäre-Systems und hat starke globale Auswirkungen.

Quellen

- <http://www.enso.info>, Bildungszentrum Markdorf ‚Projektgruppe ENSO‘, Markdorf, 2006
- Timmermann, A., A. Bacher, M. Esch, M. Latif, J. M. Oberhuber and E. Roeckner, 1999: Increased El Niño Frequency In A Climate Model Forced By Future Greenhouse Warming, *Nature*, p. 694-696
- M. Latif, D. Anderson, T. Barnett, M. Cane, R. Kleeman, A. Leetmaa, J. O'Brien, A. Rosati, E. Schneider, 1998: A Review Of The Predictability And Prediction Of ENSO, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 103, No. C7, p. 14375 - 14393
- K. E. Trenberth, J. M. Caron, D. P. Stepaniak, S. Worley, 2002, Evolution Of El Niño - Southern Oscillation And Global Atmospheric Surface Temperatures, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 107, No. D8, p. AAC 5-1ff
- J. M. Wallace, E. M. Rasmusson, T. P. Mitchell, V. E. Kousky, E. S. Sarachik, H. von Storch, 1998, On The Structure And Evolution Of ENSO-related Climate Variability In The Tropical Pacific: Lessons From TOGA, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 103, No. C7, p. 14241 - 14259
- <http://www.mpimet.mpg.de/ausbildung/faqs.html>, MPI-M, Hamburg, 2006

Abbildungen

Herkunft der Abbildungen

Titel: <http://www.eso.org/gen-fac/pubs/astclim/el-nino/>

1. <http://www.mad.zmaw.de/projects-at-md/ipcc-data/order-data-on-dvd/>
2. <http://www.weathersa.co.za>
3. <http://nsipp.gsfc.nasa.gov/enso/visualizations/>
4. <http://enso.info>
5. <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/basics.html>
6. <http://enso.info>
7. <http://enso.info>
8. Google Earth
9. <http://enso.info>
10. <http://iri.columbia.edu/>
11. <http://www.knmi.nl/research/oceanography/enso/effects/#temperature>
12. <http://enso.info>
13. <http://enso.info>
14. <http://enso.info>
15. <http://www.mpimet.mpg.de>
16. Timmermann (et. al), siehe Quellen, Abb. a und c für den Kontrollzeitraum bis 1980, b und d für den Zeitraum bis 2100