

## Anwendungen der hemisphärischen Darstellung der Oberflächen-Temperatur

Herr Uli Weber [1] verwendet einen hemisphärischen Stefan-Boltzmann-Ansatz zur Berechnung der Global-Temperatur. Dies hat mich dazu angeregt zu untersuchen, welche neuen Informationen ein hemisphärischer gegenüber einem globalen Ansatz bringt. Normalerweise teilt man den Globus in eine Nord- und eine Süd-Hemisphäre auf. Ich möchte hier aber der Methode von Herrn Weber folgen und den Globus in eine Tag- und Nachtseite aufteilen. Die Eigen-Rotation der Erde führt zu beliebig vielen Hemisphären. Eine 24 Stunden-Teilung entspricht 15°-Längengrad-Zonen. Um eine höhere Auflösung zu erreichen verwende ich 5°-Zonen und erhalte somit 72 verschiedene Hemisphären.

Mit Hilfe des Satelliten-Datensatzes "CERES\_SYN1deg-1H Terra-Aqua-MODIS Ed 4.1 Initial Skin Temperature" kann man z.B. für die Hemisphäre 90°W...90°O die Stunden-Mittel-Temperatur als Funktion der GMT-Stunden am 01.03.2019 darstellen (Bild 1):

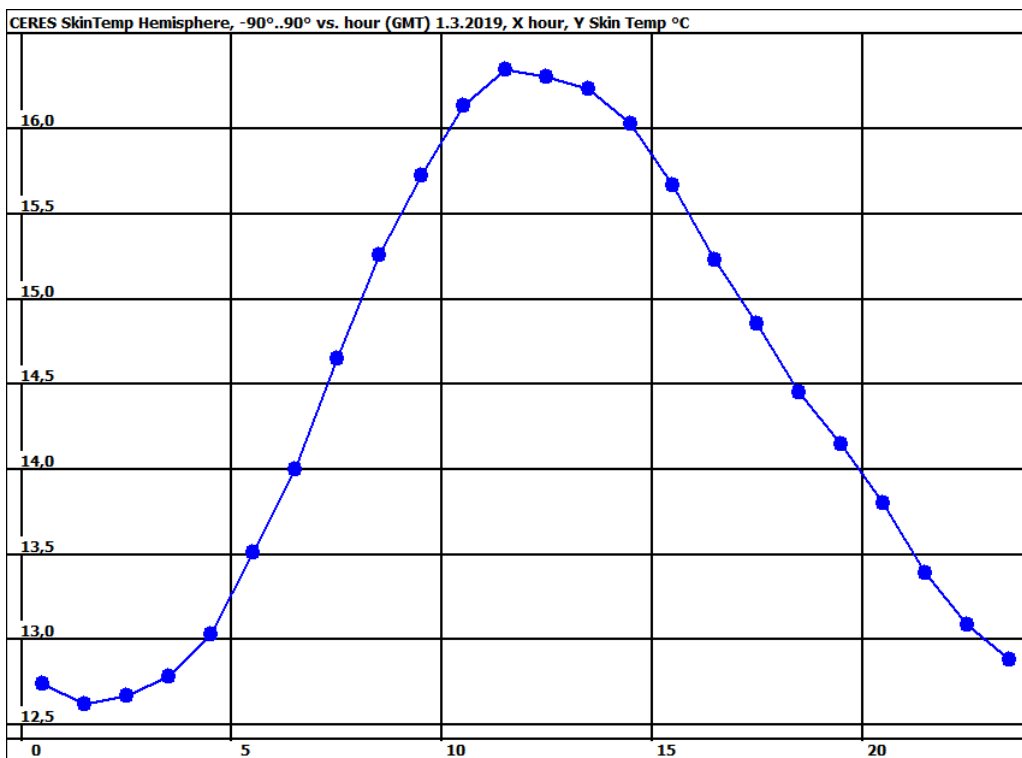


Bild 1: CERES Skin Temperatur in °C am 1.3.2019 der Hemisphäre 90°W...90°O ( $Lon_m=0$ ) als Funktion der GMT-Stunden

Daraus kann man für jede der 72 Hemisphären das Tages-Maximum  $T_{max}$  bzw. Tages – Minimum  $T_{min}$  ermitteln. Die Differenz  $T_{max}-T_{min}$  ist in Bild 2 als Funktion des mittleren Längengrads  $Lon_m$  einer Hemisphäre dargestellt. Bild 3 zeigt den Ozean-Bedeckungsgrad in Abhängigkeit von  $Lon_m$ . Ein Vergleich von Bild 2 und 3 zeigt, dass der Verlauf der beiden Kurven sehr ähnlich ist. Die Korrelation beträgt etwa -0,9. Ursache ist das hohe Wärme-Speicher-Vermögen der Ozeane.

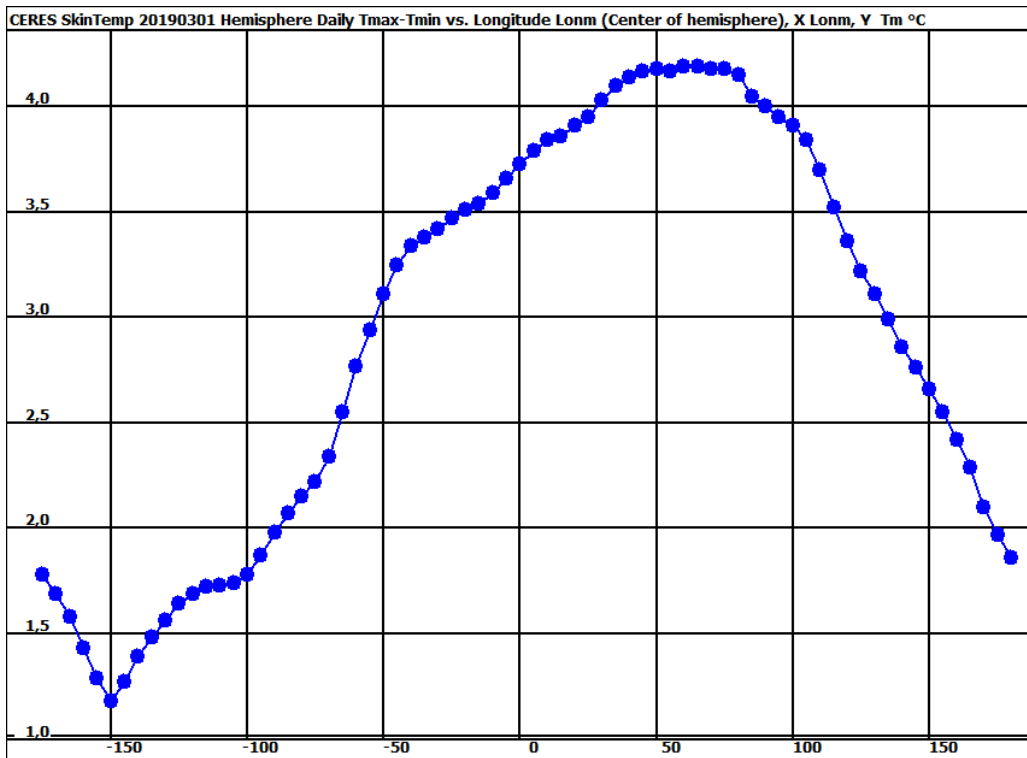


Bild 2:  $T_{\max}-T_{\min}$  (°C) der 72 Hemisphären am 1.3.2019 als Funktion des mittleren Längengrads  $Lon_m$ .

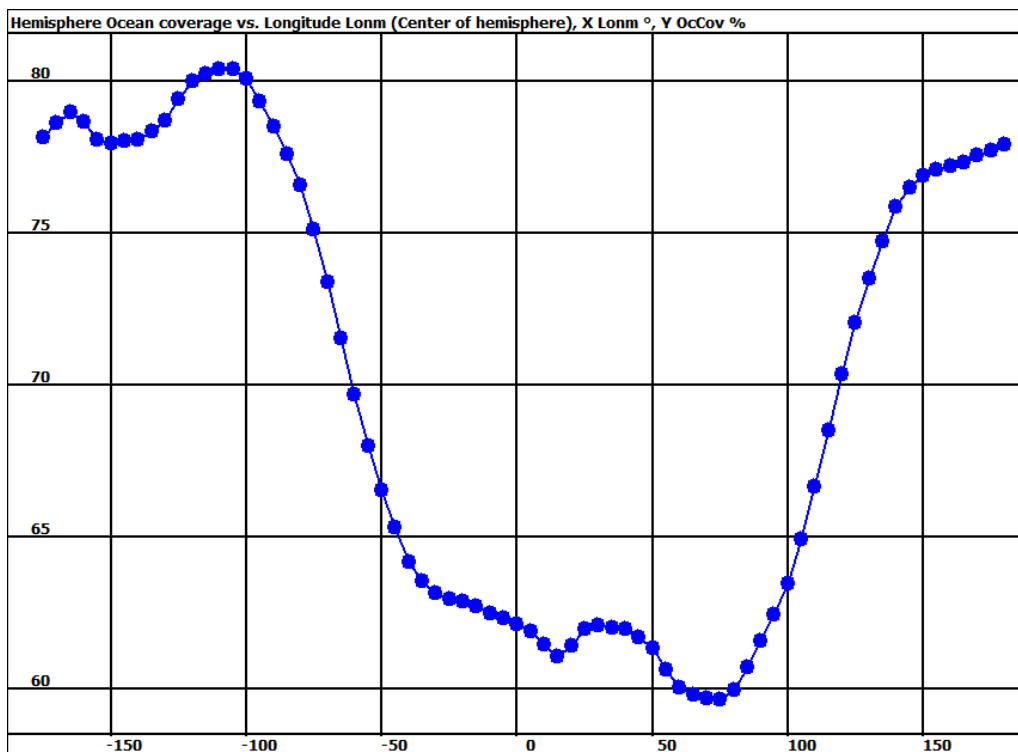


Bild 3: Ozean-Bedeckungsgrad (%) der 72 Hemisphären als Funktion von  $Lon_m$

Dies legt nahe die Tages-Schwankung  $T_{\max}-T_{\min}$  als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrades darzustellen (Bild 4). Eine Ausgleichsgerade (rot) ist eingezeichnet. Bei vollständiger Ozean-Bedeckung wäre die Tages-Schwankung einer Hemisphäre praktisch Null, bei voll-

ständiger Land-Bedeckung (0 %) etwa 11 °C. (Es ist aber zweifelhaft ob eine solche Extrapolation gerechtfertigt ist.)

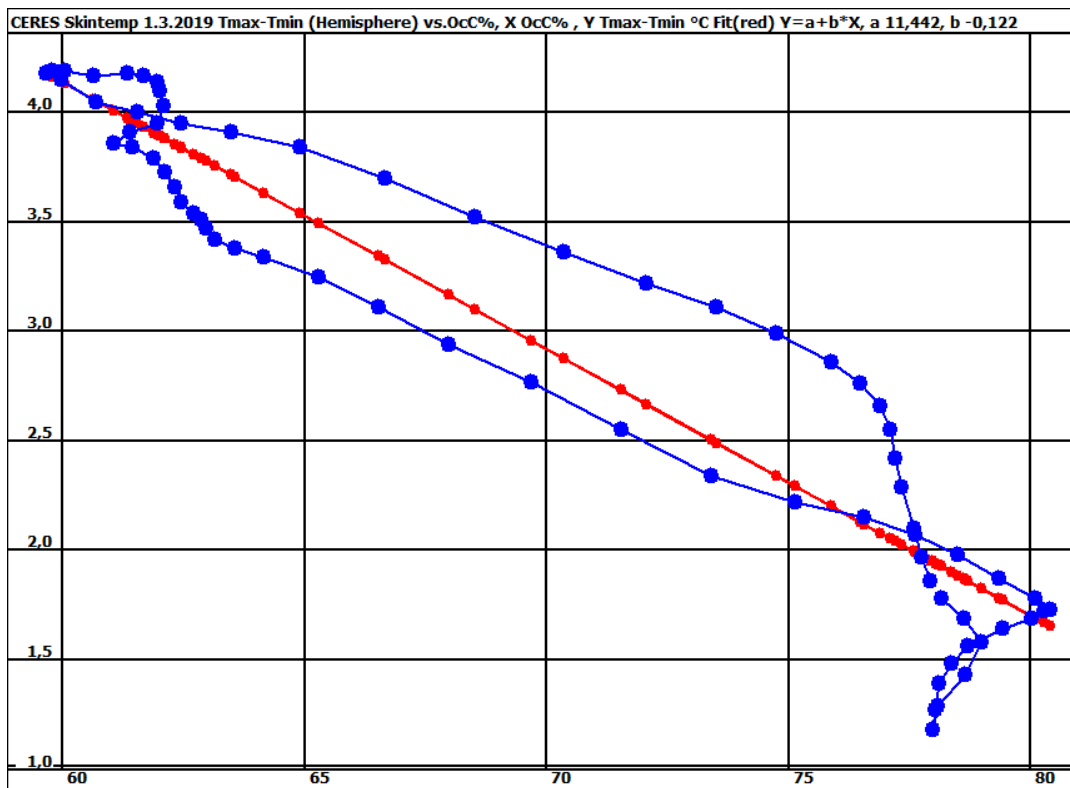


Bild 4:  $T_{\max}-T_{\min}$  (°C) der 72 Hemisphären am 1.3.2019 als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrads (%)

Bild 5 zeigt den entsprechenden Verlauf der Tagesmittel-Temperatur  $T_{\text{mittel}}$ .  $T_{\text{mittel}}$  steigt mit dem Ozean-Bedeckungsgrad an. Dies ändert sich aber mit den Jahreszeiten. Im Monat Juli z.B. nimmt  $T_{\text{mittel}}$  mit dem Ozean-Bedeckungsgrad ab.

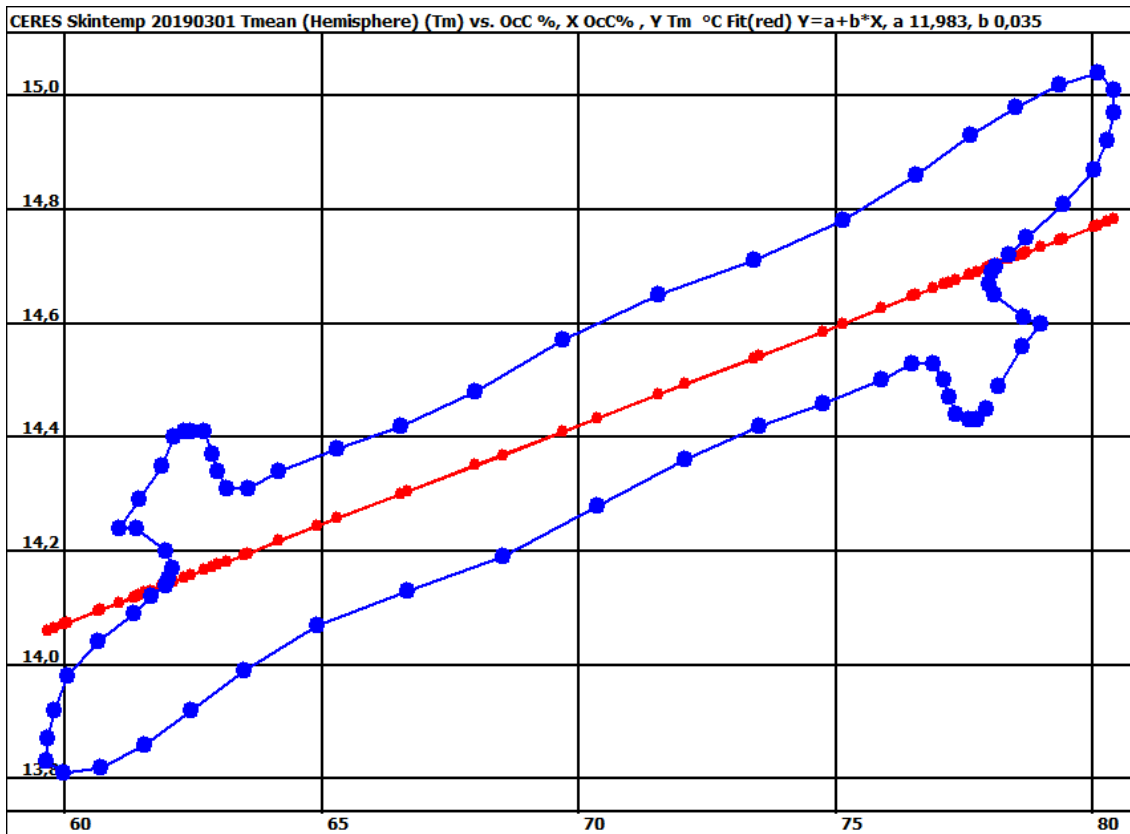


Bild 5: Tages-Mittel-Temperatur  $T_{\text{mittel}}$  (°C) der Hemisphären am 1.3.2019 als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrads (%)

Ich habe bisher gezeigt, dass die hemisphärische Darstellung für  $T_{\text{max}}-T_{\text{min}}$ -Tageswerte sinnvoll ist. Sie nehmen mit zunehmendem Ozean-Bedeckungsgrad infolge des hohen Wärme-Speicher-Vermögens der Ozeane ab. Die hemisphärische Darstellung von Tages-Mittelwerten  $T_{\text{mittel}}$  scheint weniger auszusagen. Doch auch sie kann wertvolle Informationen liefern, wenn man Jahres-Mittel-Werte oder Trendwerte verwendet.

In Bild 6 ist der Trend zwischen 1959 und 2018 in hemisphärischer Darstellung gezeigt. Hier habe ich die Anomalie der Jahres-Mitteltemperaturen von GisTemp verwendet, um einen längeren Zeitbereich erfassen zu können. Der Trend nimmt mit zunehmendem Ozean-Bedeckungsgrad ab, da der tiefe Ozean Wärme aufnimmt. Die Korrelation zwischen Trend und Ozean-Bedeckungsgrad beträgt -0,96.

Hemisphere X Temperature anomaly (1951-1980) Trend °C/Decade, Y OcCov%, 195801-201812, Fit(red)  $Y=a+b*X$ , a 0,304, b -0,0020  
 <60°W>-<120°E> -0,014

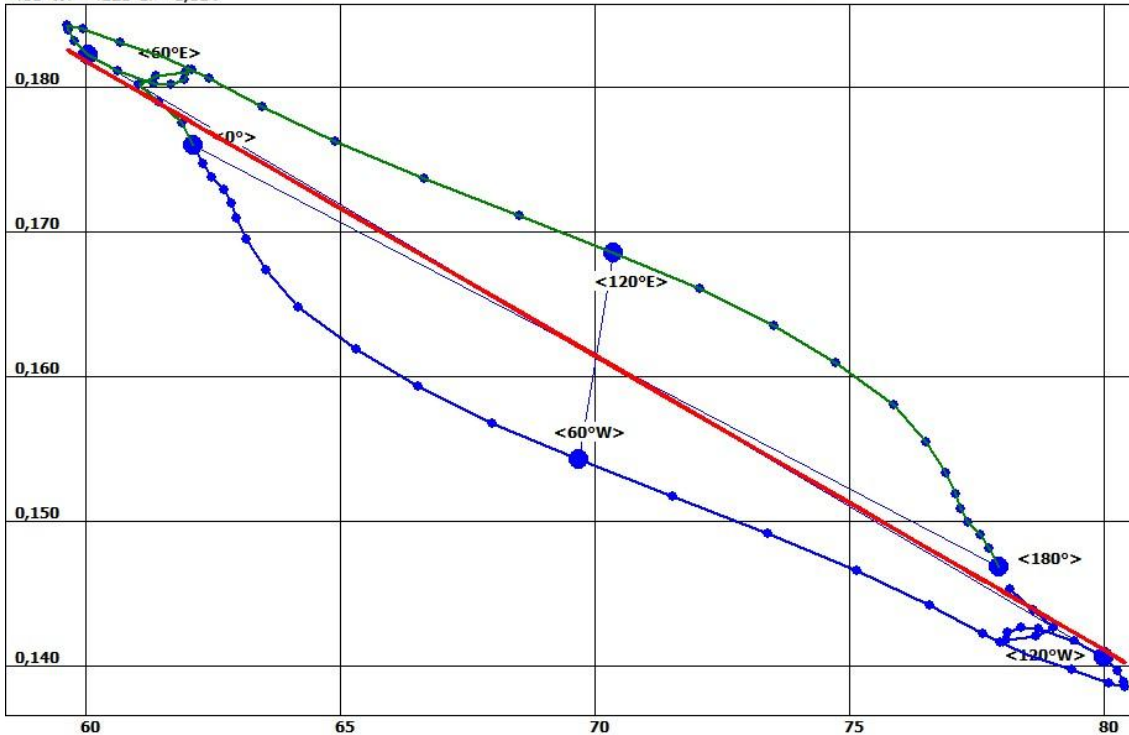


Bild 6: Gistemp Hemisphären Trend (1958-2018) von  $T_{\text{mittel}}$  (°C/Dekade) als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrads (%)

Im nächsten Beispiel betrachte ich Jahres-Mittelwerte der Tagesmittel  $T_{\text{mittel}}$ , also keine Trendwerte. Ich verwende nun wieder CERES Skin-Temperaturen (keine Anomalien). In Bild 7 sind die Jahres-Mittelwerte der 72 Hemisphären für 2015 gezeigt.

Hemisphere X Skin temperature °C, Y OcCov%, 201501-201512, Fit(red)  $Y=a+b*X$ , a 14,095, b 0,0201  
 <60°W>-<120°E> 0,127

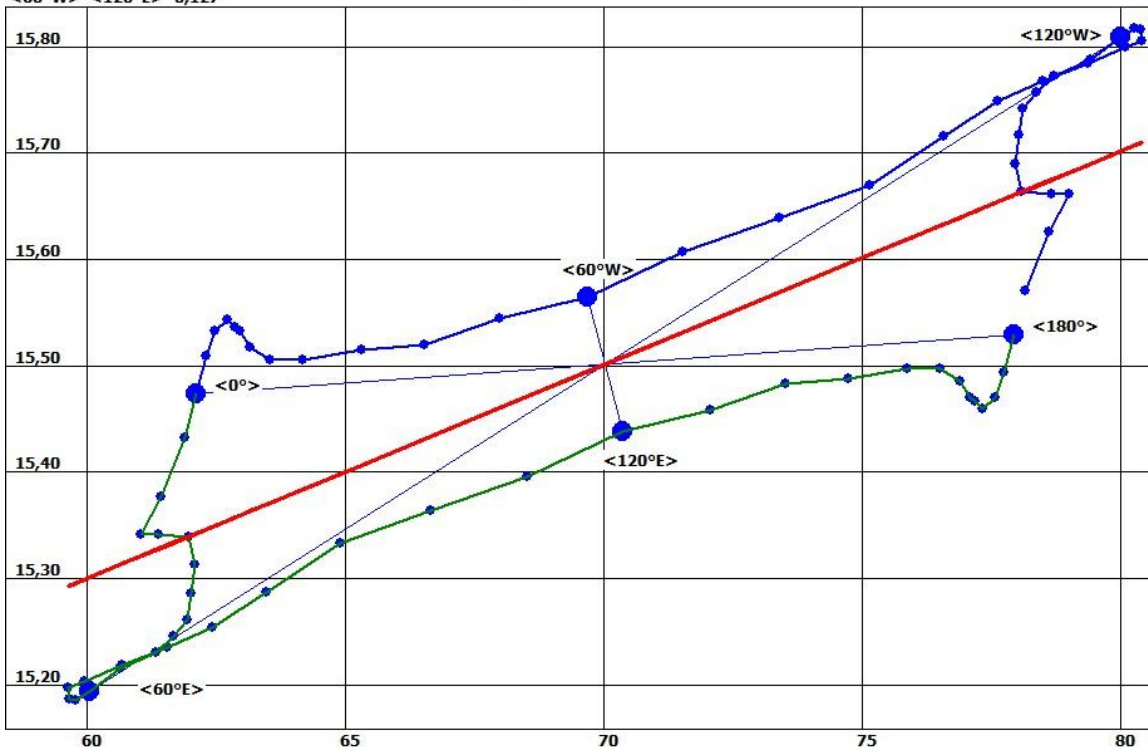


Bild 7: CERES Skin-Temperatur der 72 Hemisphären (°C), Jahres-Mittel 2015 als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrads (%)

Die 72 Hemisphären sind nicht voneinander unabhängig, sondern ergänzen sich paarweise zur Global-Temperatur. Dies erklärt die Symmetrie in Bild 7. Die blaue Kurve verbindet Hemisphären mit Mitte auf der Westseite des Globus, die grüne auf der Ostseite. Die „Hysterese“ in Bild 7 legt nahe, dass die Temperaturen auf der Westseite höher sind als auf der Ostseite. Als Maß für die „Hysterese“ verwende ich die Differenz zwischen  $Lon_m = 60^\circ W$  und  $Lon_m = 120^\circ E$ . Sie beträgt in Bild 7  $T_{60W} - T_{120E} = 0,127^\circ C$ . Diese beiden Hemisphären haben etwa den gleichen Ozean-Bedeckungsgrad, der dem mittleren Ozean-Bedeckungsgrad von 70 % entspricht. In Bild 8 bis 10 sind die Jahres-Mittel-Temperaturen für die Jahre 2016 bis 2018 in hemisphärischer Darstellung gezeigt.  $T_{60W} - T_{120E}$  verringert sich während dieser Jahre beträchtlich von 0,202 auf 0,001.

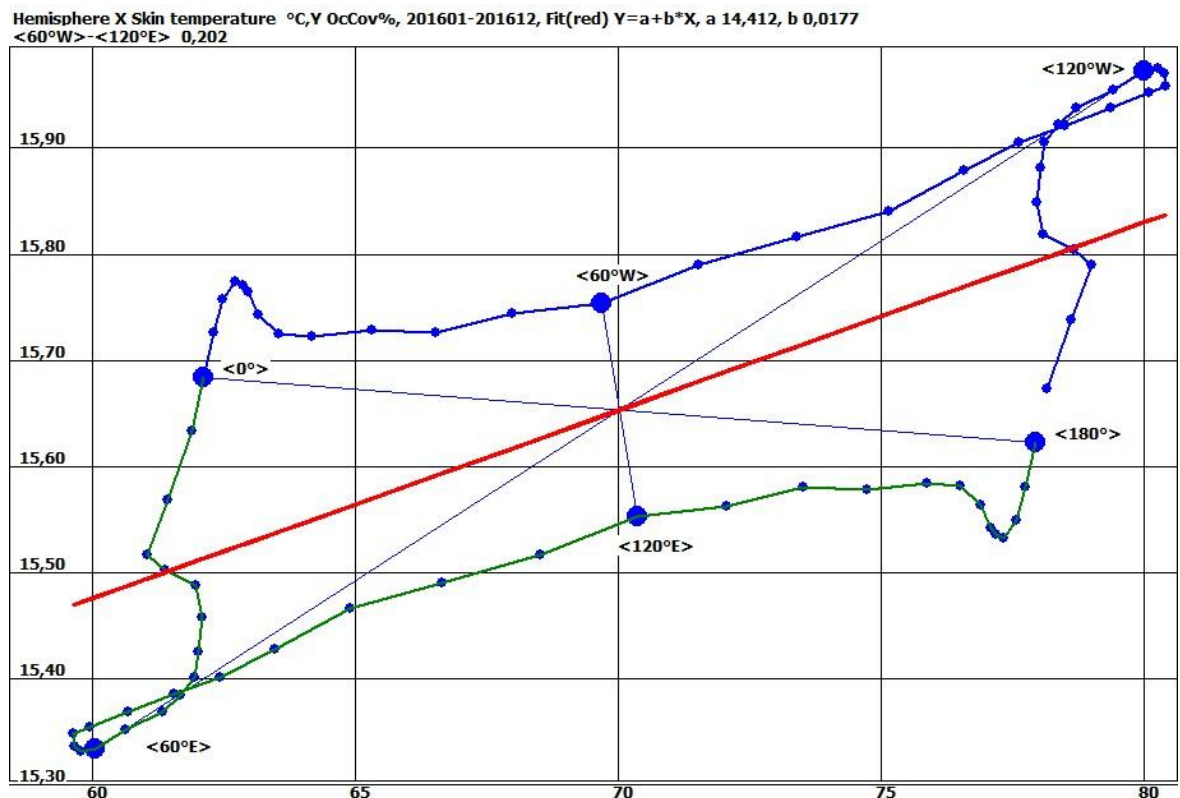


Bild 8: CERES Skin-Temperatur der 72 Hemisphären (°C), Jahres-Mittel 2016 als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrads (%)

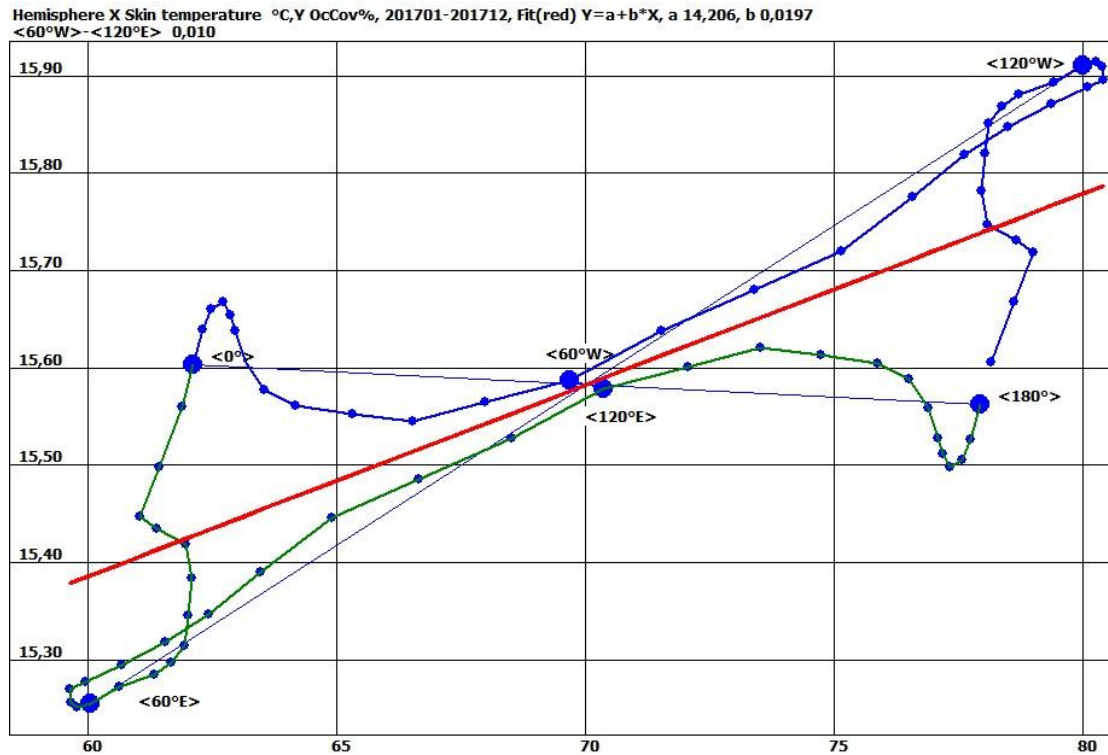


Bild 9: CERES Skin-Temperatur der 72 Hemisphären (°C), Jahres-Mittel 2017 als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrads (%)

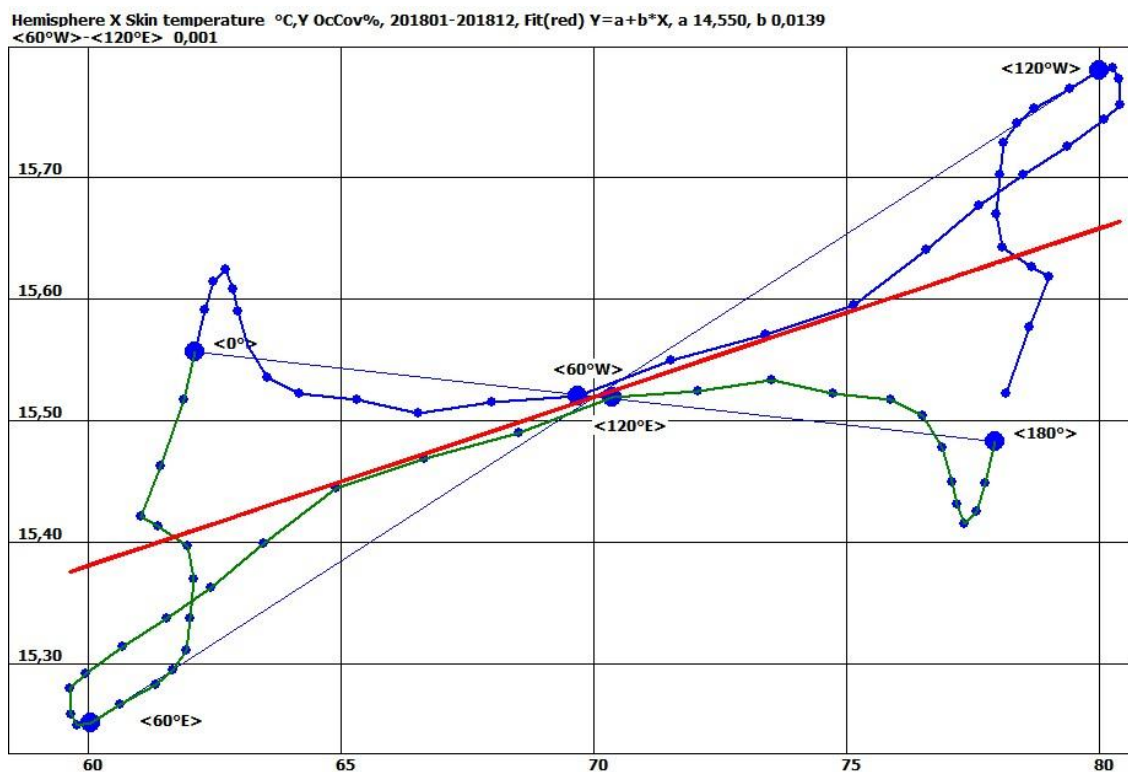


Bild 10: CERES Skin-Temperatur der 72 Hemisphären (°C), Jahres-Mittel 2018 als Funktion des Ozean-Bedeckungsgrads (%)

Da in 2015/2016 ein starker El Niño auftrat, liegt es nahe,  $T_{60W}-T_{120E}$  mit dem Auftreten von El Niños und La Niñas in Verbindung zu bringen. CERES –Daten sind von 2000

bis 2018 verfügbar. Für einen Vergleich von  $T_{60W}-T_{120E}$  mit dem El Niño 3.4-Index (ONI-Index) muss man Anomalien heranziehen, da der Index auf Temperatur-Anomalien basiert. Die Korrelation zwischen  $T_{60W}-T_{120E}$  und dem El Niño 3.4-Index [2] beträgt 0,2. Der El Niño 3.4-Index ist etwa 2 Monate gegenüber der Anomalie von  $T_{60W}-T_{120E}$  verzögert. Die geringe Korrelation liegt wohl daran, dass der El Niño viele Varianten hat (El Niño-Modoki, Küsten-, EP- und CP- El Niño) und zur Temperatur-Differenz  $T_{60W}-T_{120E}$  wohl auch andere Ozean-Zyklen (z.B. Monsun, NAO und AMO) beitragen können.

NOAA veröffentlicht regelmäßig Vorhersagen für ENSO-Ereignisse [2]. Es werden lokale Indikatoren des Pazifik-Beckens verwendet: SOI, El Niño 1+2, El Niño 3, El Niño 4, El Niño 3.4 (ONI), Wärme-Inhalt des Pazifiks bis 300 m Tiefe, OLR, Wind-Stress usw. Ich vermisse einen globalen Indikator. Die globalen Auswirkungen des ENSO-Phänomens werden offensichtlich nur als Folge eingestuft. Die hemisphärische Darstellung legt aber auch Einflüsse durch Fernwirkungen nahe. Zum Beispiel zeigt der ONI-Index von Okt 2018 bis Juni 2019 ein El Niño- Ereignis [2]. Bild 10 macht verständlich, warum das Ereignis nur schwach ausgeprägt war. Vielleicht sollte man die Vorhersage um einen globalen Indikator ergänzen.

Ein anschauliches Modell ist eine Kinder-Schaukel. Wer hält die Schwingung aufrecht? Sind es Oma oder Opa, die die Schaukel im richtigen Augenblick von außen an schubsen oder ist es das Kind, das durch geschickte Schwerpunkts-Verlagerung die Schaukel schwingen lässt? Bei einer externen Anregung wird die charakteristische Phasenlage („Weihnachten“) wohl bestimmt durch das Fakt dass in den Monaten Dez-Feb  $T_{60W}-T_{120E}$  am größten ist. Bei einer lokalen Selbstanregung ist die Erklärung schwieriger. Die saisonale Ausprägung des Temperatur-Unterschiedes zwischen Oberfläche und dem tiefen Ozean ist in der El Niño-Region eher gering.

Die Details der Mechanismen bleiben jedenfalls weiterhin spannend. Zitat aus einem aktuellen Bericht [3] zu El Niño und ENSO:

„Many scientific challenges remain for managing the risk of future ENSO impacts in countries like Australia that are strongly affected by ENSO event diversity“.

Datenquellen:

[https://ceres.larc.nasa.gov/order\\_data.php](https://ceres.larc.nasa.gov/order_data.php)

CERES\_SYN1deg-1H\_Terra-Aqua-MODIS\_Ed4.1\_Initial\_Skin\_Temperature\_00-01GMT01-March-201900-01GMT\_01-March-2019.txt

CERES\_SYN1deg-Month\_Terra-Aqua-MODIS\_Ed4.1\_Initial\_Skin\_Temperature 200003 201903.nc

<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/> gistemp1200\_GHCnv4\_ERSSTv5 201908.nc



Die verwendeten Daten und Analysen sind abrufbar unter

[http://www.gigapico.de/Klima\\_global.html](http://www.gigapico.de/Klima_global.html)

[http://www.gigapico.de/Land Ocean Dynamics.xlsx](http://www.gigapico.de/Land_Ocean_Dynamics.xlsx)

Literatur:

[1] Uli Weber 2019, Anmerkungen zur hemisphärischen Mittelwertbildung mit dem SB-Gesetz

<https://www.eike-klima-energie.eu/2019/09/11/anmerkungen-zur-hemisphaerischen-mittelwertbildung-mit-dem-stefan-boltzmann-gesetz/>

[2] NOAA 2019, ENSO Recent evolution, current status and predictions

[https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/ensodisc.html](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html)

[3] Santoso 2019, Dynamics and predictability of El Nino– Southern Oscillation -An Australian Perspective on Progress and Challenges

<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-18-0057.1>

Ich danke Herrn Weber für kritische Kommentare und wertvolle Anregungen.

Autor: Dr. Paul Berberich, Experimentelle Festkörperphysik, im Ruhestand