

Aufgaben

1. Nenne drei Verfahren, mit denen sich die Meeresoberflächentemperatur (SST) bestimmen lässt [M1].
Nenne auch drei Gründe, warum dies wichtig ist.
2. Beschreibe, auf welcher physikalischen Grundlage sich die SST vom Satelliten bestimmen lässt [M1].
3. In den Grafiken wird als Temperatureinheit Kelvin [K] angegeben. Nenne Eigenschaften dieser Einheit und bestimme, wie viel 20°C in Kelvin sind [M2]. Beschreibe danach die klimatologische SST (Grafik Nr. 1) [M3]. Schaue Dir dabei insbesondere an, in welchen Breiten sie am höchsten bzw. am niedrigsten ist und erläutere kurz, warum dies so ist. Berechne, wie groß die Breitengrad-abhängigen Unterschiede typischerweise sind.
4. Schaue Dir die interaktive Grafik Nr. 2 an [M3].
 - a. Beschreibe, wie sich die klimatologische SST im Jahresverlauf ändert und wie das Band der höchsten SST wandert. Beschreibe dabei auch, inwieweit sich die unterschiedlichen Monate ähneln.
 - b. Bestimme den jährlichen Maximal- und Minimalwert der SST in der Nähe von Sardinien und gebe dazu den Breiten- und Längengrad an.
 - c. Diskutiere, warum die monatlichen Karten der SST große Ähnlichkeiten haben und nenne eine Methode, mit der sich die Jahreszeitlichen Unterschiede besser sichtbar machen lassen.
5. Erkläre Deinem/r Partner/in, wie die Abweichung bzw. Anomalie der SST (Grafik Nr. 3) aus den Daten von Grafik Nr. 2 und Grafik Nr. 1 bestimmt werden kann [M3]. Diskutiert gemeinsam, welche Vor- und Nachteile es hat, die Anomalie der Monatsmittelwerte anstelle der Monatsmittelwerte selbst zu zeigen. Berechne mit Hilfe von Grafik Nr. 3 und Grafik Nr. 1 die klimatologische SST im November in der Nähe von Hawaii (Länge: $-156,6^{\circ}\text{O}$; Breite: $20,2^{\circ}\text{N}$) und überprüfe das Ergebnis mit Hilfe von Grafik Nr. 2.
6. Bestimme, in welchen Regionen es besonders große und besonders kleine jahreszeitliche Schwankungen der SST gibt (Grafik Nr. 3) und diskutiere mögliche Gründe [M3]. Denke dabei an

Wie verändert sich die Meeresoberflächentemperatur aufgrund des Klimawandels?

Klimadiagramme unterschiedlicher Klimazonen. Zeichne in Excel [M4] (oder einem anderen Tabellentool) den klimatologischen Jahresgang der SST-Anomalie nahe Gotland (Länge: 18,6°O, Breite 57,4°N) und in der Straße von Malakka (Länge: 100°O, Breite 3,5°N) in einem Diagramm.

7. Erkläre, worin sich der Klimawandel (Grafik Nr. 4) bemerkbar macht [M3] und beziehe dabei die Leitfrage mit ein. Schätze anhand der Karte, in welcher Größenordnung sich die globale SST pro Dekade (ein Jahrzehnt) ändert und vergleiche diese mit dem langjährigen Anstieg.

Zusatzaufgaben

8. Bestimme die SST-Anomalie für die Position 3,2°O (Länge), 39,8°N (Breite) vor der Küste von Mallorca für alle Jahre von 1982-2020 (Grafik Nr. 4) und zeichne in Excel [M4] (oder einem anderen Tabellentool) eine Grafik aus den Daten. Berechne mit Hilfe einer linearen Regression den mittleren Anstieg pro Dekade. Vergleiche das mit dem Trend von 0,37 K pro Dekade, der sich aus Grafik Nr. 5 für das Mittelmeer ergibt und diskutiere, wie es zu dem Unterschied kommen kann [M3].
9. Setze Dich mit Deinem/r Partner/in zusammen und schaut euch die interaktive Grafik Nr. 5 an [M3].
 - a. Schätzt den globalen SST-Anstieg pro Dekade. Nennt eine Region, die einen kleineren Anstieg hat und zwei Regionen mit einem besonders großen Anstieg.
 - b. Diskutiert gemeinsam, wie es zu regionalen Unterschieden kommen kann.
 - c. Bestimmt für alle Jahre von 1982-2020 die globale SST-Anomalie, indem ihr die Daten ablest, und zeichnet in einem Programm wie Excel [M4] eine Grafik aus den Daten. Berechnet dabei mit Hilfe einer linearen Regression den mittleren globalen SST-Anstieg pro Dekade. Diskutiert, warum man eine lange Zeitreihe benötigt, um den Anstieg zuverlässig schätzen zu können.
 - d. Vergleicht den berechneten SST-Anstieg mit dem Anstieg der globalen Oberflächentemperatur (Land und Ozean) von 0,19 K pro Dekade und diskutiert, was man daraus für den Anstieg der Landoberflächentemperatur folgern kann.

Material 1: Wie die SST als Informationsträger dient

Die Ozeane bedecken etwa 70% der Erdoberfläche. Aufzeichnungen der Meeresoberflächentemperatur (*sea surface temperature*, SST) sind wichtig, um zu verstehen, wie der Ozean mit der Erdatmosphäre in Verbindung steht. Sie hat großen Einfluss auf die Lufttemperatur und -feuchte und damit auch auf die Bewegung der Luftmassen in der Erdatmosphäre. Daher ist sie ein wesentlicher Parameter für Wettervorhersagen und atmosphärische Modellsimulationen. So kann z. B. eine hohe SST Wirbelstürme über dem Ozean entstehen lassen bzw. diese verstärken. Aus SST-Daten lassen sich auch das Einsetzen von El-Niño- und La-Niña-Bedingungen erkennen.

Die SST ist ein wichtiger Parameter zur Bestimmung der globalen mittleren Temperatur und liefert grundlegende Informationen über das globale Klimasystem und das Fortschreiten des Klimawandels. Sie ist auch entscheidend für die Gesundheit mariner Ökosysteme und daher für deren Untersuchung wichtig.

Oberflächennahes Meerwasser kann man vor Ort (in situ) mit Hilfe von Thermometern vom Schiff, Bojen und Driftern bestimmen. Mit Satelliten im All wird die von der Meeresoberfläche abgegebene Infrarot- und Mikrowellen-Strahlung mit Satelliten gemessen. Die Meeresoberfläche emittiert Strahlung (Licht) insbesondere mit Wellenlängen im Infrarotbereich. Die Atmosphäre ist im infraroten Spektralbereich mit Wellenlängen ab etwa $4\text{ }\mu\text{m}$ größtenteils undurchsichtig. Die von der Meeresoberfläche abgegebene Strahlung kann näherungsweise mit dem Planck'schen Strahlungsgesetz beschrieben werden. Dieses besagt unter anderem, dass umso mehr Strahlung abgegeben wird, je höher die Temperatur ist. Satelliten, die die SST aus Infrarotmessungen bestimmen, haben Sensoren, die im sog. atmosphärischen Fenster bei $11\text{ }\mu\text{m}$ – $12\text{ }\mu\text{m}$ sensitiv sind, da hier die Atmosphäre recht transparent ist.

Material 2: Die Temperatureinheit Kelvin [K]

Kelvin ist, genau wie Grad Celsius [$^{\circ}\text{C}$], eine Einheit, die die Temperatur angibt. Sie wurde vom britischen Physiker William Thomson erfunden und ist die Standard-Temperaturmesseinheit im Internationalen Einheitensystem (SI). Sie wird für Temperaturdifferenzen genutzt und gibt den absoluten Nullpunkt an, was bedeutet, dass die niedrigste mögliche Temperatur 0 K bzw. $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist. Kelvin und Celsius haben die gleiche Skala. Für K und $^{\circ}\text{C}$ gilt:

$0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$

$273,15\text{ K} = 0\text{ °C}$

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Temperaturdifferenzen bzw. –Änderungen meist in °C angegeben.

In der Physik wird jedoch °C eher für absolute Werte und nur K für Differenzen und Änderungen verwendet.

Neben der Temperatur wird Kelvin auch zur Beschreibung der Farbtemperatur einer Lichtquelle genutzt.

Dabei gibt Kelvin an, wie viel Wärme ein Körper benötigt, um eine bestimmte Farbe zu erreichen.

Material 3: Interaktives Tool zur Entwicklung der Meeresoberflächentemperatur

Die meisten der hier gestellten Aufgaben sind mit Hilfe der folgenden interaktiven Grafiken, die zum Thema Meeresoberflächentemperatur (SST) entwickelt wurden, zu bearbeiten.

Grafik Nr. 1: Mittelwerte der Meeresoberflächentemperaturen aus den Jahren 1982 bis 2020

Grafik Nr. 2: Monatsmittelwerte der Meeresoberflächentemperaturen
berechnet aus den Jahren 1982-2020

Grafik Nr. 3: Monatliche Meeresoberflächentemperaturanomalien aus den Jahren 1982-2020
bezogen auf die Mittelwerte der Jahre 1982-2020

Grafik Nr. 4: Anomalien der Jahresmittelwerte der Meeresoberflächentemperaturen aus den Jahren
1982-2020 bezogen auf den Mittelwert der Jahre 1982-2020

Grafik Nr. 5: Zeitreihen der Jahresmittelwerte der Meeresoberflächentemperaturanomalien aus den
Jahren 1982-2020 bezogen auf den Mittelwert der Jahre 1982-2020

Das interaktive Tool ist unter folgendem Link abrufbar: [https://www.iup.uni-bremen.de/carbon_ghg/Clim4Edu/interaktiv/Wie veraendert sich die Meeresoberflaechentemperatur.html](https://www.iup.uni-bremen.de/carbon_ghg/Clim4Edu/interaktiv/Wie_veraendert_sich_die_Meeresoberflaechentemperatur.html)

Hinweis: Die dem Tool zu Grunde liegende Software ist Englisch. Dementsprechend sind Tausender- und Dezimaltrennzeichen, also Punkt und Komma, vertauscht.

Material 4: Anleitung für Excel in Office 365

Diagramm erstellen:

1. Trage in Spalte A die Jahreszahlen untereinander ein. (Tipps: Nach den ersten 2-3 Jahreszahlen kannst du diese zusammen markieren und das Feld an der unteren rechten Ecke nach unten ziehen, dann füllt es die Zahlen automatisch auf)
2. Trage in Spalte B die Werte ein, die du in den jeweiligen Jahren abliest.
3. Wenn beide Spalten für die Jahre 1982-2020 gefüllt sind, markiere sie zusammen.
4. Klicke auf den Reiter „Einfügen“, geh zu „Diagramme“ und klicke auf „Empfohlene Diagramme“.
5. Eines der ersten Diagramme sollte eine einzelne gezackte Linie zeigen, mit den Jahreszahlen auf der X-Achse und den Anomalie-Werten auf der Y-Achse. Wähle dieses Diagramm.
6. Passe dein Diagramm an, z. B. indem du in den Diagrammtitel klickst und diesen änderst.
7. Klicke auf die weiße Fläche im Diagramm. Rechts erscheint ein grünes Plus-Symbol. Klicke darauf. Hier kannst du weitere Anpassungen vornehmen, z. B. Achsentitel einfügen.

Lineare Regression:

8. Das Menü aus dem grünen Plus enthält auch den Punkt „Trendlinie“. Aktiviere sie mit einem Klick auf die Box links.
9. Klicke mit rechts auf die neue Trendlinie und im Menü auf „Trendlinie formatieren“.
10. Unter den Trendlinienoptionen sind die Einstellungen unter dem Symbol mit den 3 Balken zu finden. Klicke darauf.
11. Stelle sicher, dass die Kurve „Linear“ ist, dann aktiviere weiter unten „Formel im Diagramm anzeigen“ und „Bestimmtheitsmaß im Diagramm darstellen“.

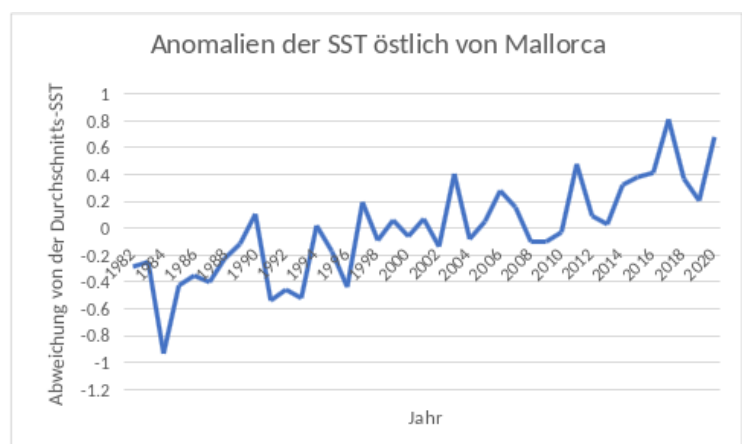


Abbildung 1: Excel-Tabelle. Zeigt die Anomalien der SST östlich von Mallorca.