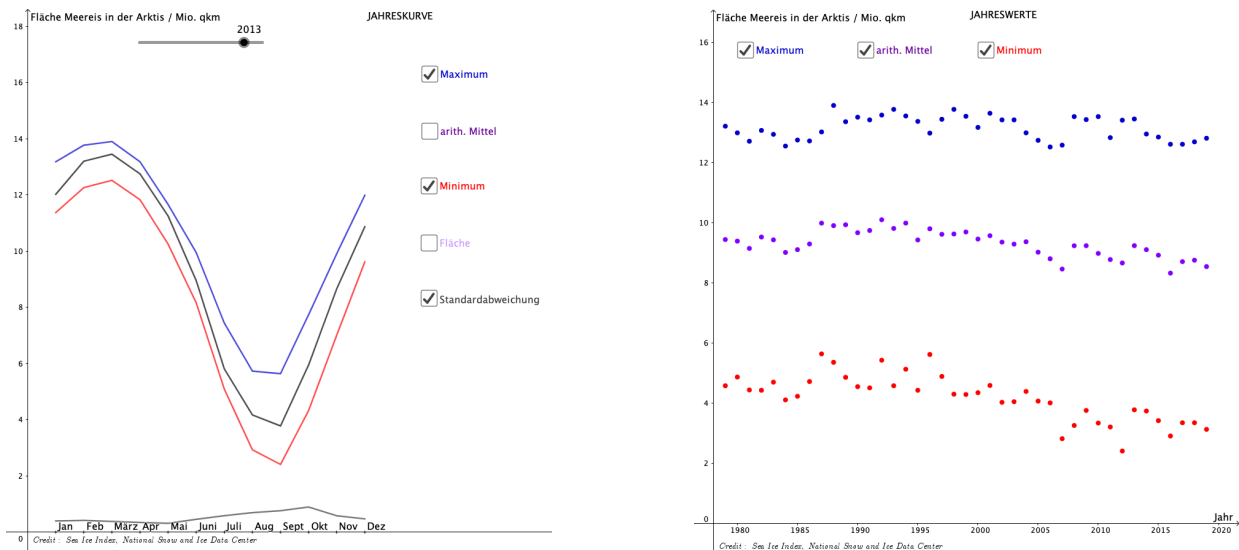


Das Meereis in der Arktis von 1979 bis 2019



Credit: Sea Ice Index, National Snow and Ice Data Center (Febr. 2020)

Entdeckungsfragen zur GeoGebra-Datei „Fläche-Jahreskurve.ggb“ (links)

- (1) Was ist dargestellt und welche Veränderung kannst du über den Schieberegler bewirken?
- (2) Welche Tendenz kannst du über die zeitliche Entwicklung von 1979 bis 2019 ablesen?
- (3) Mit den Kontrollkästchen „Maximum“, „Mittelwert“ und „Minimum“ wird für jeden Monat der entsprechende Wert über die 31 Jahre angezeigt und verbunden. Wie lassen sich die Jahreskurven so bewerten? (Gibt es Jahreskurven, die genau einer farbigen Kurve entsprechen? Warum (nicht)?)
- (4) Warum ist es sinnvoll, die Fläche unter den Kurven zu betrachten? Welche Bedeutung haben die extremen Flächen?
- (5) Was bedeutet die monatliche Standardabweichung über die 31 Jahre für die Jahreskurven?
- (6) Lassen sich gut Prognosen für zukünftige Entwicklungen formulieren? Begründe deine Antwort.

Entdeckungsfragen zur GeoGebra-Datei „Fläche-Jahreswerte.ggb“ (rechts)

- (a) Für jedes Jahr wurden die Jahresextrema sowie der jährliche Mittelwert eingetragen: Was fällt dir auf?
- (b) In einer Regressionsgeraden lassen sich verschiedene Punkte gleichen Typs bündeln: Vergleiche die drei verschiedenen Regressionsgeraden!
- (c) „Für eine Aussage zu Auswirkungen des Klimawandels ist die Wahl für eine der drei Regressionsgeraden zur Beschreibung und Prognose des Meer-Eises entscheidend.“ Begründe oder widerlege diese Behauptung.
- (d) Wenn du die zukünftige Entwicklung des Meer-Eises beschreiben müsstest, für welche der drei Regressionsgeraden würdest du dich entscheiden und warum? Gibt es die beste Entscheidung? Warum (nicht)?
- (e) *Zum Weiterdenken:* Ist eine Gerade die geeignete Wahl, um die Punkte zu bündeln? Gibt es einen x -Wert, ab dem über die Aussagekraft der Geraden nachgedacht werden muss? (Was wären Alternativen?)

Mögliche Antworten zu den Entdeckungsfragen zur GeoGebra-Datei „Fläche-Jahreskurve.ggb“ (links)

- (1)
 - Die Fläche des Meer-Eises in der Arktis im Verlauf eines Jahres wird dargestellt.
 - Mit dem Schieberegler lässt sich das Jahr einstellen, das betrachtet werden soll.
- (2)
 - Als qualitative Tendenz wird deutlich, dass die Eis-Fläche mit der Zeit weniger wird.
 - Die Unterschiede lassen sich quantitativ kaum fassen.
- (3)
 - Für jeden Monat eines Jahres lässt sich der Wert im Vergleich zu den Lagemaßen einordnen: Z. B. bedeutet ein geringer Abstand zum Maximum eher viel Meereis (für ein genaueres Ranking über die 31 Jahre bräuchte es den Median oder weitere Quantile).
 - (Nein, dies wäre nur der Fall, wenn in einem Jahr jeder Monat genau den jeweiligen Wert eines gleichen Lagemaßes aufweisen würde.)
- (4)
 - Mit der Fläche lässt sich die gesamte Eis-Fläche über ein Jahr als Bilanz erfassen. (Einige Jahre haben keine Fläche, weil dort nicht zu allen Monaten ein Wert vorliegt.)
 - Mit den Extrema werden die Jahre angezeigt, in denen es insgesamt die kleinste/größte Eis-Fläche gab. Es wird deutlich, dass dafür nicht für jeden Monat das entsprechende Extremum angenommen werden muss (s. vorherige Frage).
- (5)
 - Deutlich wird, dass die Schwankungen am größten sind, wenn am wenigsten Eis vorhanden ist, d. h. der Unterschied, wie viel Eis jährlich schmilzt, ist größer als beim Vergleich der Fläche im Winter.
- (6)
 - Eine Prognose für zukünftige Entwicklungen ist eher schwierig, weil sich die graphische Darstellung jedes einzelnen Jahres schwer vervollständigen/erweitern lässt, auch wenn eine Tendenz (s. (2)) festzustellen ist.

Mögliche Antworten zu den Entdeckungsfragen zur GeoGebra-Datei „Fläche-Jahreswerte.ggb“ (rechts)

- (a)
 - Insgesamt ist eine klare Abwärtsbewegung bei den Mittelwerten und den Minima zu erkennen, die Maxima stagnieren.
 - Bei den Minima gibt es insgesamt mehr Sprünge (s. (5)).
- (b)
 - Zwei von drei Regressionsgeraden unterstreichen eine Abwärtsbewegung. Bei der Gerade zu den Maxima ist die Rundungseinstellung wichtig: Unter Umständen wird $y = 22.65$ angezeigt, was durch den Schnittpunkt der vertikalen Achse bei $x = 1978$ nicht stimmen kann, bei mehr signifikanten Dezimalstellen lautet die Funktionsgleichung $y = -0.00475x + 22.6$. Letztendlich fällt auch diese Regressionsgerade.
 - Die zugehörigen Steigungen weichen deutlich voneinander ab, so fällt die Gerade der Minima am stärksten, die der Maxima am schwächsten.
- (c)
 - Die Regressionsgerade der Minima führt zu den dramatischsten Schlussfolgerungen (z. B. wann gar kein Eis mehr da ist).
 - Von der qualitativen Tendenz unterscheidet sich vor allem die Gerade zu den Maxima, aus der man nur eine sehr minimale Veränderung ableiten kann.

- (d)
- Für die Gerade der Minima spricht etwa, dass die Tatsache, dass es einen Monat ganz ohne Eis gibt eine Zäsur darstellt (z. B. für Eisbären). Mit der Gerade der Maxima sucht man einerseits den Zeitpunkt, an dem es gar kein Eis mehr gibt (z. B. zur alljährlichen Nutzung der Nordwestpassage), andererseits fokussiert man sich auf das Wintereis, bei dem es fast gar keine Veränderungen gibt.
 - Es gibt *per se* keine beste Entscheidung. Es hängt stark davon ab, mit welcher Perspektive, Untersuchungsfrage oder Motivation das Meereis untersucht wird. Man muss sich bewusst sein, dass die Wahl zugunsten einer Regressionsgerade eine bestimmte Interpretation unterstützt, wie dramatisch die Veränderungen ausfallen. Bei der Wahl zugunsten der Gerade der Maxima wäre es allerdings eine unzulässige Verkürzung, wenn man suggeriert, dass das Meereis seit 31 Jahren stagniert, weil man dann die eindeutigen Erkenntnisse der anderen beiden Geraden bewusst ignoriert.
- (e)
- Eine Gerade verliert spätestens am Schnittpunkt mit der x -Achse an Aussagekraft, da es keine negatives Eis-Fläche geben kann. Auch kann bezweifelt werden, ob das Maximum überhaupt je 0 erreicht, oder ob nicht eher im Winter immer ein gewisses Eis da sein wird.
 - (Eine andere Möglichkeit wäre zum Beispiel als Regressionsgraphen die Funktion eines logistischen (negativen) Wachstums zugrunde zu legen (bei GEOGEBRA der Befehl „=TrendLogistisch()“, die Liste der Minima heißt z. B. J_n , für die anderen s. Algebra-Ansicht).)