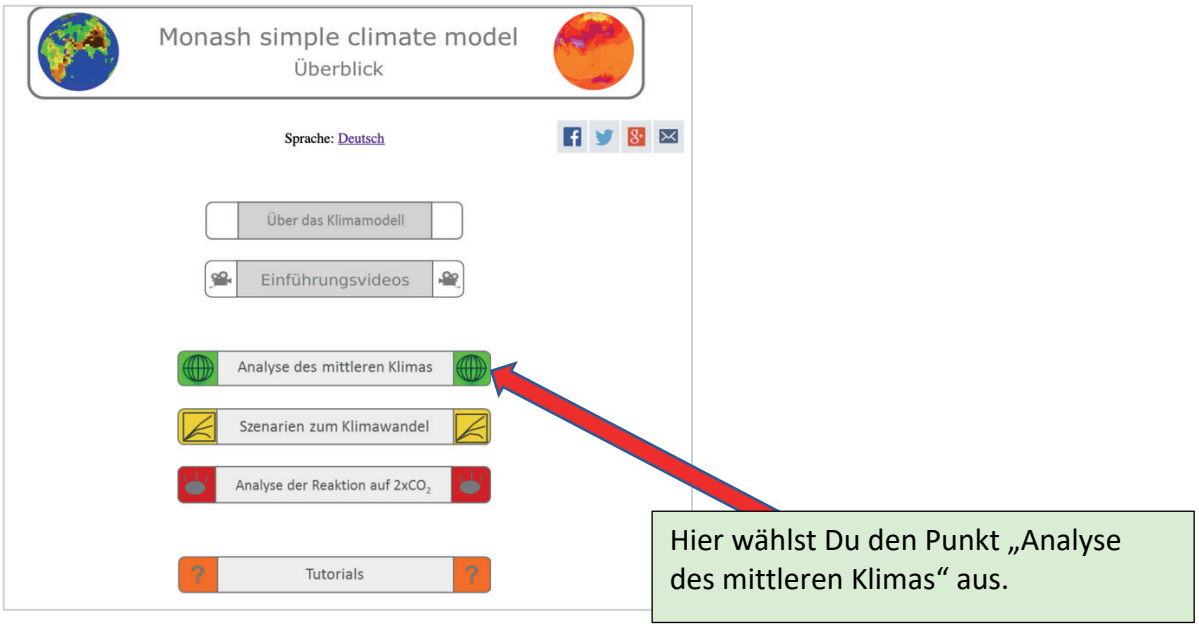
BK	**Anleitung für das MSCM**	Datum:

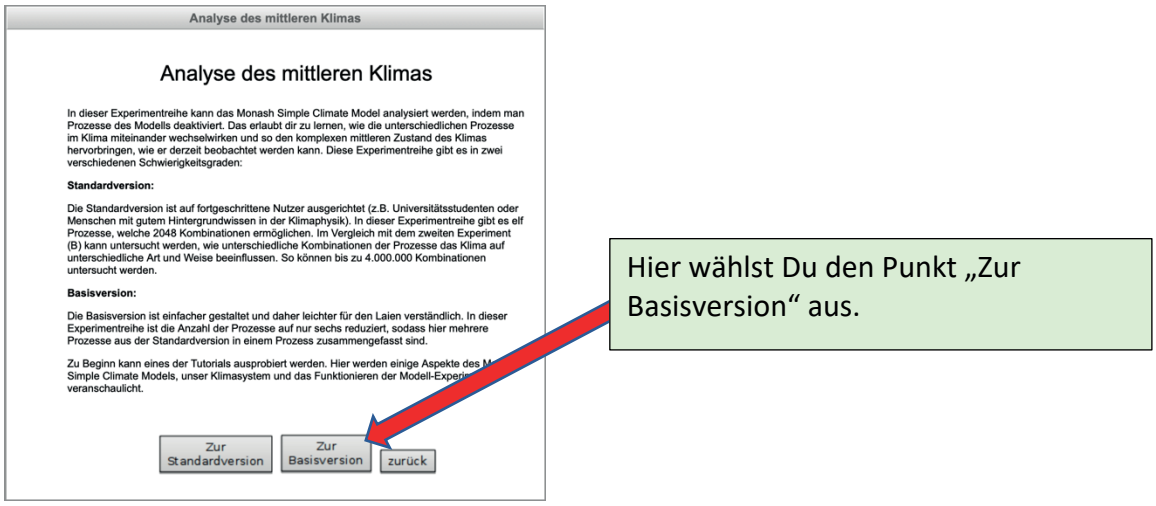
In den nächsten Doppelstunden werden wir uns mit einer Website beschäftigen. Die Website ermöglicht den Zugang zu dem *Monash Simple Climate Model*, einem Klimamodell. Das Modell verfügt über viele Funktionen. Ziel der ersten Doppelstunde ist es unter Anderem, sich einen Überblick über diese Funktionen machen zu können.

Anleitung für die Verwendung des Monash Simple Climate Models

1. Öffne die Website: http://mscm.dkrz.de/overview_i18n.html?locale=DE in deinem Browser.
2. Diese sieht dann so aus:

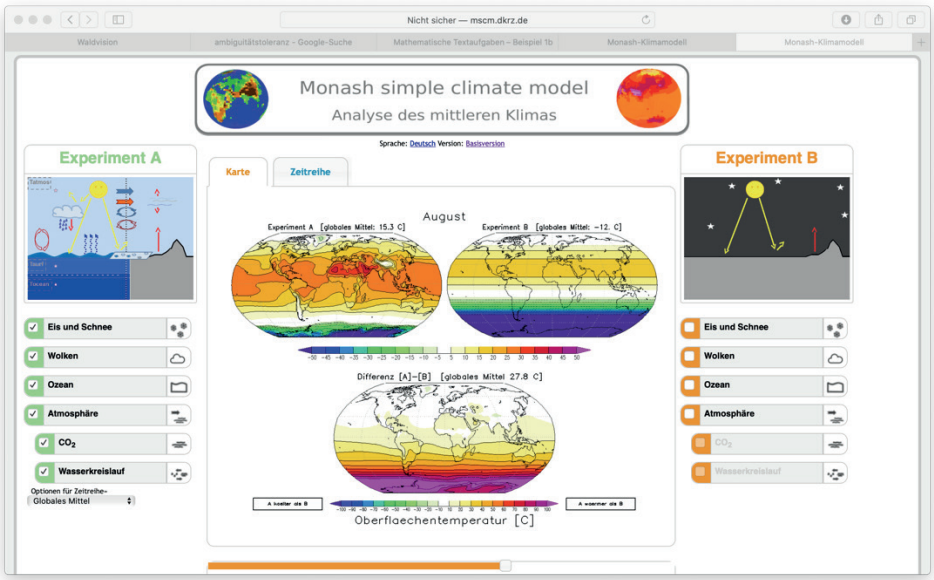


3. Es öffnet sich ein Fenster:



Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

4. Es öffnet sich eine neue Website, über die Du Dir nun erst einmal einen Überblick verschaffen musst:



Du siehst ganz links das **Experiment A**, ganz rechts das **Experiment B** und darunter jeweils verschiedene Felder. Die Felder kannst Du durch das Setzen eines **Häkchen**s per Mausklick (oder Tippen mit dem Finger auf dem Tablet) aktivieren oder deaktivieren, wenn Du ein Häkchen entfernst.

In der Mitte befindet sich ein Kasten mit drei **Weltkarten**, wobei die Abbildung oben links zu Experiment A gehört, oben rechts zu Experiment B und unten mittig wird eine Differenz beider Experimente dargestellt.

Unterhalb des mittleren Kastens erscheint ein Balken, der anzeigt, für welchen Monat das momentan angezeigt Bild steht. Die Simulation läuft von alleine weiter, bis man unterhalb des Balkens die **Stopp-Taste** drückt.

Um sich einen Überblick zu verschaffen, kann man oben im mittleren Kasten auch von „Karte“ zu „**Zeitreihe**“ wechseln.

BK	**Erste Verwendung des MSCM**	Datum:

Aufgaben – Partnerarbeit

1. Nennt die Faktoren, welche das MSCM bei der Berechnung des mittleren Klimas einbezieht.

   _____

   _____

   _____

2. Erklärt die Bedeutung der unterschiedlichen Farben auf den Weltkarten.

   _____

   _____

   _____

   _____

3. Erklärt den Zusammenhang der Farben auf den Weltkarten und des Diagramms auf der Seite „Zeitreihe“.

   _____

   _____

   _____

   _____

   _____

   _____

4. Erklärt, wofür die Weltkarte unten in der Mitte nützlich sein kann.

   _____

   _____

   _____

   _____

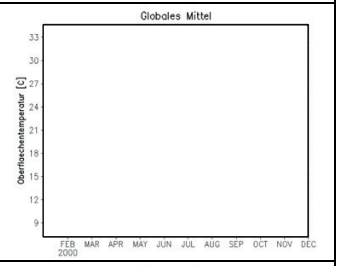
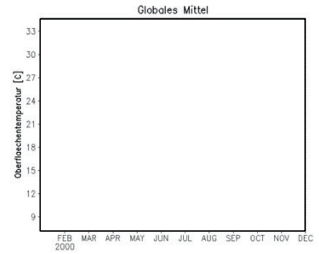
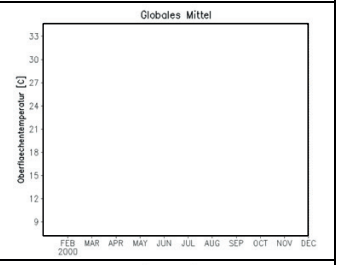
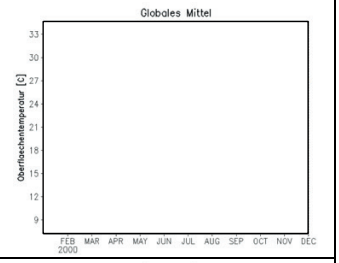
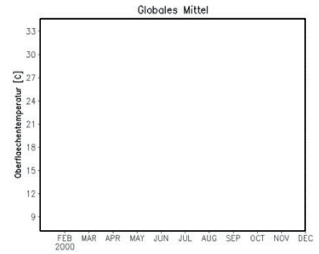
   _____

   _____

BK	**Verwendung des MSCM**	Datum:

Erste Durchführung:

Lasst beim Experiment A alle Häkchen und verändert im Folgenden nur die Felder von Experiment B. Aktiviert der Reihe nach bei Experiment B immer alle Häkchen bis auf eins und stoppt den Balken ganz links, sodass ihr immer im Monat Januar stehen bleibt.
Beschreibt Eure Beobachtungen und **skizziert** das die Kurven des jeweiligen „Zeitreihe"-Diagramms. Nutzt dafür folgende Tabelle:

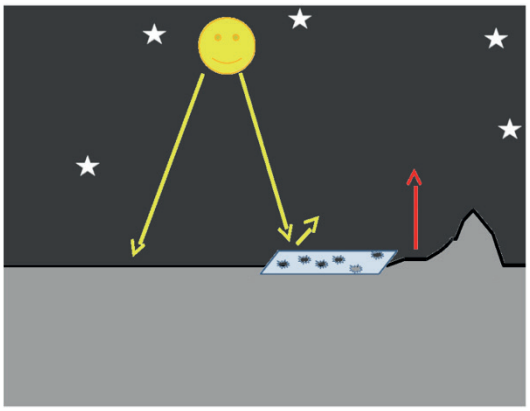
Faktor, wo **KEIN** Häkchen gesetzt wurde	Beschreibung der Weltkarte zu Experiment B (oben rechts im mittleren Kasten)	„Zeitreihe"-Diagramm
Eis und Schnee		
Wolken		
Ozean		
CO_2		
Wasserkreislauf		

* *Hinweis: „Atmosphäre" muss ausgewählt werden, um „CO_2" oder „Wasserkreislauf" auswählen zu können.*

BK	**Gruppenarbeit zu den Komponenten des Klimamodells MSCM**	Datum:

Gruppe „Eis + Schnee“

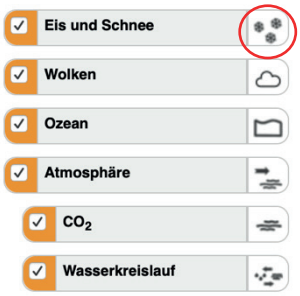
Um sich dem komplexen Klimasystem der Erde möglichst einfach zu nähern, betrachten wir zunächst einmal die Erdkugel ohne Atmosphäre, Ozean, Eis und Lebewesen. Die nackte Erdkruste wäre unserem Mond sehr ähnlich. Das Sonnenlicht würde die obersten cm der Erdkruste erwärmen, doch die Wärmespeicher Ozean und Atmosphäre fehlen. Die Wärme könnte also kaum gehalten werden und es wäre sehr kalt (ca. -10° C).



Gefrorenes Wasser (Meereis, Gletscher, Schnee und polare Eiskappen) haben die Gemeinsamkeit, dass sie im Vergleich zur Erdkruste oder zum Ozean eine helle Oberfläche haben. Eis und Schnee wirken auf die Erde wie ein riesiger Schirm aus weißer Folie. Helle Oberflächen wie die polaren Eiskappen reflektieren einen größeren Teil der einfallenden Sonnenstrahlung als dunkle Oberflächen. Es trifft also weniger Sonnenlicht auf die Erdoberfläche und somit entsteht weniger Wärme.

Aufgaben:

1. **Lest** den Text und markiert die wichtigsten Informationen.
2. **Fasst zusammen**, wie sich „Eis + Schnee“ auf das Klimasystem der Erde auswirken.
3. **Ergänzt** Eure Zusammenfassung mithilfe des MSCM
   Geht dafür auf die Website des mittleren Klimas und wählt erneut die Basisversion aus. Neben den Feldern, wo Häkchen gesetzt werden können, könnt ihr ein kleines Fenster öffnen könnt. Dort findet ihr weitere Informationen:



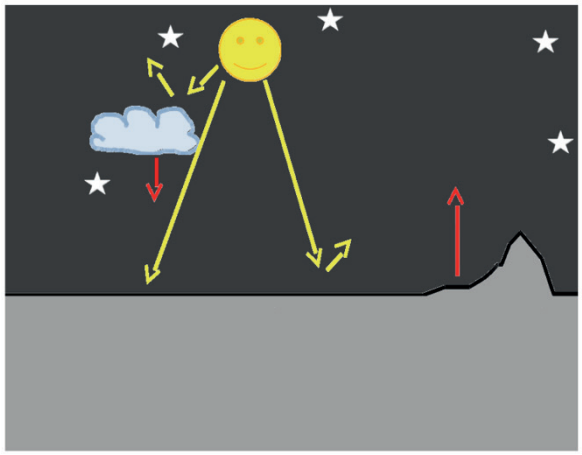
4. Bereitet Euch gemeinsam darauf vor, Euren Mitschülern und Mitschülerinnen die Ergebnisse der Gruppenarbeit **vorzustellen**. Erstellt dafür ein Plakat (DIN A4).
5. *Zusatz: Nutzt euer Smartphone/ Tablet, um weiter zu Eurem Thema zu recherchieren.*

Quelle: Langkamp, L. (2013): Das Klimasystem des MSCM. Hamburger Bildungsserver.

BK	**Gruppenarbeit zu den Komponenten des Klimamodells MSCM**	Datum:

Gruppe „Wolken“

Um sich dem komplexen Klimasystem der Erde möglichst einfach zu nähern, betrachten wir zunächst einmal die Erdkugel ohne Atmosphäre, Ozean, Eis und Lebewesen. Die nackte Erdkruste wäre unserem Mond sehr ähnlich. Das Sonnenlicht würde die obersten cm der Erdkruste erwärmen, doch die Wärmespeicher Ozean und Atmosphäre fehlen. Die Wärme könnte also kaum gehalten werden und es wäre sehr kalt (ca. -10° C).



Wolken sind Teil unseres Klimasystems. Sie bestehen aus winzigen Wassertröpfchen oder sogar kleinen Eiskristallen. Wolken entstehen, wenn kalte Luft eine zu große Menge Wasserdampf beinhaltet. Oft passiert dies an Gebirgen, wo Luftmassen aufsteigen müssen. Wolken wirken auf die Erde wie ein riesiger Schirm aus weißer Folie. Helle Oberflächen wie Wolken (oder auch Eis) reflektieren einen größeren Teil der einfallenden Sonnenstrahlung als dunkle Oberflächen. Es trifft also weniger Sonnenlicht auf die Erdoberfläche und somit entsteht weniger Wärme.

Aufgaben:

1. **Lest** den Text und markiert die wichtigsten Informationen.
2. **Fasst zusammen**, wie sich die „Wolken“ auf das Klimasystem der Erde auswirken.
3. **Ergänzt** Eure Zusammenfassung mithilfe des MSCM
   Geht dafür auf die Website des mittleren Klimas und wählt erneut die Basisversion aus. Neben den Feldern, wo Häkchen gesetzt werden können, könnt ihr ein kleines Fenster öffnen könnt. Dort findet ihr weitere Informationen:

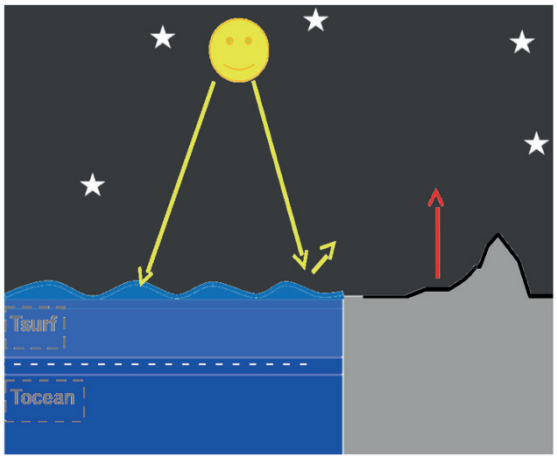
4. Bereitet Euch gemeinsam darauf vor, Euren Mitschülern und Mitschülerinnen die Ergebnisse der Gruppenarbeit **vorzustellen**. Erstellt dafür ein Plakat (DIN A4).
5. *Zusatz: Nutzt euer Smartphone/ Tablet, um weiter zu Eurem Thema zu recherchieren.*

Quelle: Langkamp, L. (2013): Das Klimasystem des MSCM. Hamburger Bildungsserver.

BK	**Gruppenarbeit zu den Komponenten des Klimamodells MSCM**	Datum:

Gruppe „Ozean“

Um sich dem komplexen Klimasystem der Erde möglichst einfach zu nähern, betrachten wir zunächst einmal die Erdkugel ohne Atmosphäre, Ozean, Eis und Lebewesen. Die nackte Erdkruste wäre unserem Mond sehr ähnlich. Das Sonnenlicht würde die obersten cm der Erdkruste erwärmen, doch die Wärmespeicher Ozean und Atmosphäre fehlen. Die Wärme könnte also kaum gehalten werden und es wäre sehr kalt (ca. -10° C).



Der Ozean ist ein wichtiger Teil des Klimasystems, denn er wirkt wie ein riesiger Wärmespeicher. Dunkle Oberflächen wie der Ozean reflektieren im Vergleich zu hellen Oberflächen (z.B. Eis) sehr wenig Sonnenstrahlen. Das Sonnenlicht wird von der Wasseroberfläche aufgenommen (absorbiert) und durch Meeresströmungen verteilt. So gelangt die Energie auch in die Regionen der Erde, wo weniger Sonnenlicht auf die Erdoberfläche trifft. Im Vergleich zur Atmosphäre ist der Ozean ein sehr träges System. Er reagiert auf Klimaveränderungen aufgrund der riesigen Wassermassen nur sehr zögerlich.

Aufgaben:

1. **Lest** den Text und markiert die wichtigsten Informationen.
2. **Fasst zusammen**, wie sich der „Ozean“ auf das Klimasystem der Erde auswirkt.
3. **Ergänzt** Eure Zusammenfassung mithilfe des MSCM
   Geht dafür auf die Website des mittleren Klimas und wählt erneut die Basisversion aus. Neben den Feldern, wo Häkchen gesetzt werden können, könnt ihr ein kleines Fenster öffnen könnt. Dort findet ihr weitere Informationen:

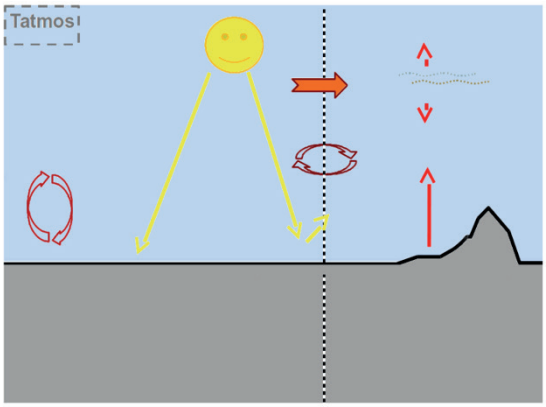
4. Bereitet Euch gemeinsam darauf vor, Euren Mitschülern und Mitschülerinnen die Ergebnisse der Gruppenarbeit **vorzustellen**. Erstellt dafür ein Plakat (DIN A4).
5. *Zusatz: Nutzt euer Smartphone/ Tablet, um weiter zu Eurem Thema zu recherchieren.*

Quelle: Langkamp, L. (2013): Das Klimasystem des MSCM. Hamburger Bildungsserver.

BK	**Gruppenarbeit zu den Komponenten des Klimamodells MSCM**	Datum:

Gruppe „Atmosphäre – CO_2“

Um sich dem komplexen Klimasystem der Erde möglichst einfach zu nähern, betrachten wir zunächst einmal die Erdkugel ohne Atmosphäre, Ozean, Eis und Lebewesen. Die nackte Erdkruste wäre unserem Mond sehr ähnlich. Das Sonnenlicht würde die obersten cm der Erdkruste erwärmen, doch die Wärmespeicher Ozean und Atmosphäre fehlen. Die Wärme könnte also kaum gehalten werden und es wäre sehr kalt (ca. -10° C).



Die Atmosphäre ist Teil unseres Klimasystems. Sie enthält die Luft, die wir atmen und beeinflusst das Klimasystem der Erde. Warme Luft ist leichter als kalte Luft. Deshalb steigt sie nach oben. Wenn die Sonne die Erdkruste erwärmt, wird die Wärme an die unteren Luftschichten abgegeben und dies führt zu Luftbewegungen. In Kombination mit der Erdrotation und weiteren Faktoren führt dies zu Hoch- und Tiefdruckgebieten und der Entstehung von Wind. Treibhausgase sind ebenfalls Teil der Atmosphäre. Sie sind größer als normale Gase (z.B. Sauerstoff) und bremsen die Wärme-Rückstrahlung in den Weltraum. Dies führt zu einer Erwärmung der Erdoberfläche, sodass das Leben, wie wir es heute kennen überhaupt erst möglich ist.

Aufgaben:

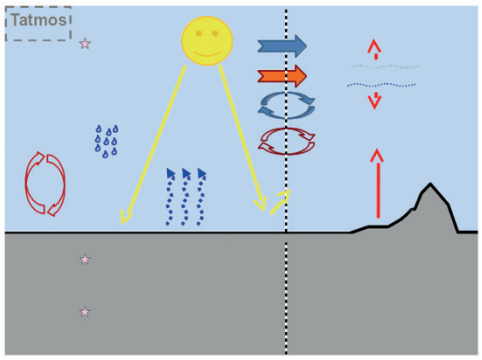
1. **Lest** den Text und markiert die wichtigsten Informationen.
2. **Fasst zusammen,** wie sich natürliches „CO_2“ auf das Klimasystem der Erde auswirkt.
3. **Ergänzt** Eure Zusammenfassung mithilfe des MSCM
   Geht dafür auf die Website des mittleren Klimas und wählt erneut die Basisversion aus. Neben den Feldern, wo Häkchen gesetzt werden können, könnt ihr ein kleines Fenster öffnen könnt. Dort findet ihr weitere Informationen:

4. Bereitet Euch gemeinsam darauf vor, Euren Mitschülern und Mitschülerinnen die Ergebnisse der Gruppenarbeit **vorzustellen**. Erstellt dafür ein Plakat (DIN A4).
5. *Zusatz: Nutzt euer Smartphone/ Tablet, um weiter zu Eurem Thema zu recherchieren.*

Quelle: Langkamp, L. (2013): Das Klimasystem des MSCM. Hamburger Bildungsserver.

BK	**Gruppenarbeit zu den Komponenten des Klimamodells MSCM**	Datum:

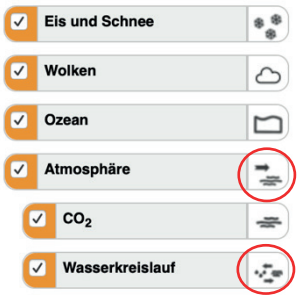
Gruppe „Atmosphäre - Wasserkreislauf“



Um sich dem komplexen Klimasystem der Erde möglichst einfach zu nähern, betrachten wir zunächst einmal die Erdkugel ohne Atmosphäre, Ozean, Eis und Lebewesen. Die nackte Erdkruste wäre unserem Mond sehr ähnlich. Das Sonnenlicht würde die obersten cm der Erdkruste erwärmen, doch die Wärmespeicher Ozean und Atmosphäre fehlen. Die Wärme könnte also kaum gehalten werden und es wäre sehr kalt (ca. -10° C). Die Atmosphäre ist Teil unseres Klimasystems. Sie enthält die Luft, die wir atmen und beeinflusst das Klimasystem der Erde. Warme Luft ist leichter als kalte Luft. Deshalb steigt sie nach oben. Wenn die Sonne die Erdkruste erwärmt, wird die Wärme an die unteren Luftschichten abgegeben und dies führt zu Luftbewegungen. In Kombination mit der Erdrotation und weiteren Faktoren führt dies zu Hoch- und Tiefdruckgebieten und der Entstehung von Wind. Wasserdampf ist ebenfalls Teil der Atmosphäre. Echter Wasserdampf ist im physikalischen Sinne vollständig gasförmig und durchsichtig. Wasserdampf entsteht hauptsächlich durch das Verdampfen an Wasser- und Landoberflächen. Damit Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht, muss Energie aufgewendet werden. In Wasserdampf ist somit Energie gespeichert. Diese Energie wird wieder freigesetzt, wenn das Wasser zurück in den flüssigen Zustand zurückkehrt. Wasserdampf ist ein so effektiver Wärmespeicher, dass die mittlere Temperatur der Erde mit Atmosphäre und Wasserdampf rund 20° wärmer ist als die der nackten Erdkruste.

Aufgaben:

1. **Lest** den Text und markiert die wichtigsten Informationen.
2. **Fasst zusammen**, wie sich der „Wasserkreislauf“ auf das Klimasystem der Erde auswirkt.
3. **Ergänzt** Eure Zusammenfassung mithilfe des MSCM
   Geht dafür auf die Website des mittleren Klimas und wählt erneut die Basisversion aus. Neben den Feldern, wo Häkchen gesetzt werden können, könnt ihr ein kleines Fenster öffnen könnt. Dort findet ihr weitere Informationen:



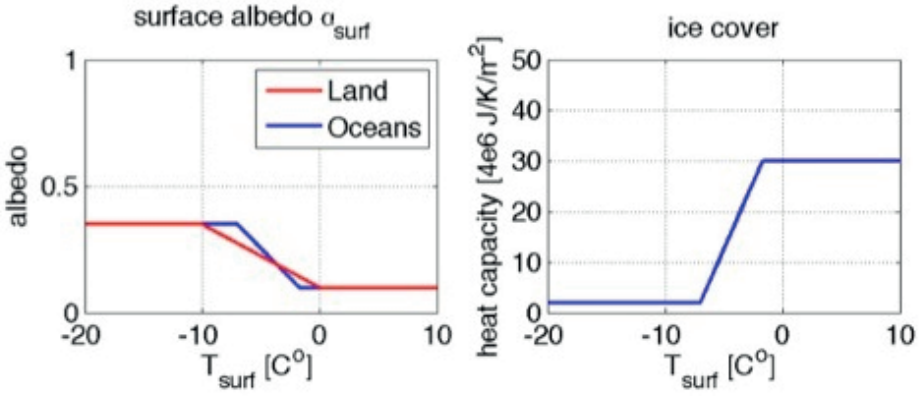
4. Bereitet Euch gemeinsam darauf vor, Euren Mitschülern und Mitschülerinnen die Ergebnisse der Gruppenarbeit **vorzustellen**. Erstellt dafür ein Plakat (DIN A4).
5. *Zusatz: Nutzt euer Smartphone/ Tablet, um weiter zu Eurem Thema zu recherchieren.*

Quelle: Langkamp, L. (2013): Das Klimasystem des MSCM. Hamburger Bildungsserver.

Eis und Schnee

Die Eis- und Schneebedeckung hat zwei wichtige Effekte im Klimasystem: 1. Das Eis und der Schnee verändern die Helligkeit der Oberfläche und damit die Menge der reflektierten bzw. aufgenommenen Sonneneinstrahlung. 2. Die Meereisbedeckung ändert die Wärmeabgabe des Ozeans.

1. Die Helligkeit einer Oberfläche bestimmt, wie viel Energie von der einfallenden Sonnenstrahlung wieder zurück in den Weltraum reflektiert wird. Dieses Rückstrahlvermögen einer Oberfläche wird in der Wissenschaft als Albedo bezeichnet. Helle Oberflächen reflektieren einen größeren Teil der einfallenden Sonnenstrahlung, nehmen dadurch weniger Energie auf und erwärmen sich nicht so stark wie dunkle Oberflächen. Der Effekt, dass sich schwarze Autos in der Sonne stärker aufheizen als weiße, wirkt auch großräumig auf der Erde. Ein wichtiges Beispiel sind Eis und Schnee mit ihren hellen Oberflächen. Frischer Schnee z.B. hat eine Albedo von 0,8-0,9, d.h. 80 bis 90% der Sonneneinstrahlung wird reflektiert. Die Landoberfläche und der Ozean haben eine niedrigere Albedo (Ozean etwa 0,3) und nehmen mehr Wärme auf. Wenn es aber schneit oder sich Eis auf dem Meer bildet, erhöht sich die Albedo und die absorbierte Sonneneinstrahlung der Erdoberfläche nimmt ab.
2. Eis und Schnee haben aber noch eine ganz andere Wirkung: Sie isolieren die Atmosphäre von der darunter liegenden Wasser- bzw. Bodenschicht. In der Arktis z.B. ist die Atmosphäre durch das Meereis vom Ozean isoliert und tauscht nur wenig Wärmeenergie mit dem Ozean aus. Dadurch ist der Temperaturunterschied zwischen den Jahreszeiten mit Meereis in der Arktis viel größer, weil ohne Meereis der Ozean den Temperaturunterschied zwischen den Jahreszeiten durch seine große Wärmekapazität dämpft.
Im Monash-Klimamodell werden Eis und Schnee simuliert, indem sowohl die Albedo (linkes Bild) als auch die Wärmekapazität des Ozeans (rechtes Bild) von der Oberflächentemperatur abhängig sind.



Links: Die Albedo als Funktion der Oberflächentemperatur. Rechts: Die Wärmekapazität als Funktion der Meeresoberflächentemperatur.

An
Sowohl der Effekt durch die Schnee- und Eisbedeckung auf die Albedo als auch die isolierende Eigenschaft des Meereises werden wie oben beschrieben im Monash-Klimamodell simuliert.

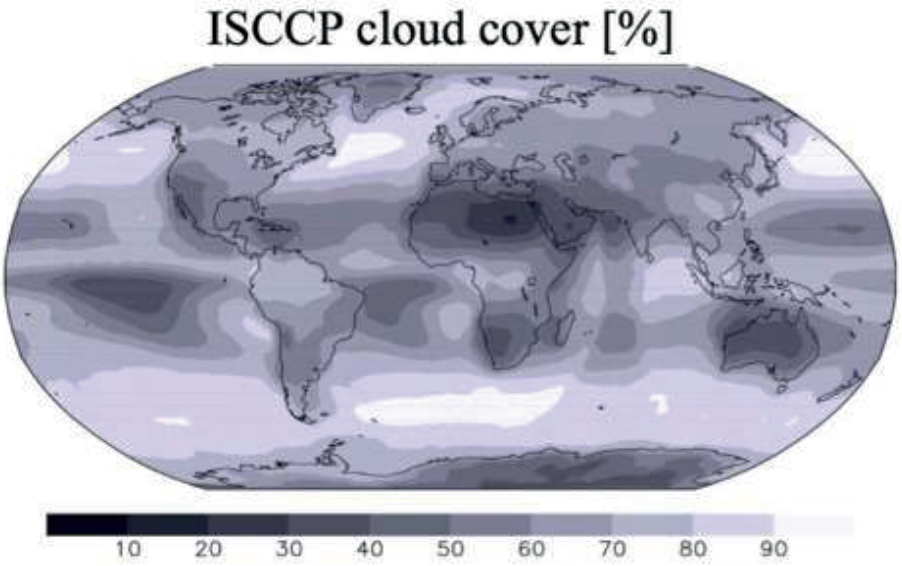
Aus
Es gibt kein Eis und Schnee im MSCM, d.h. die Albedo der Erdoberfläche und die Wärmekapazität des Ozeans sind unabhängig von der Erdoberflächentemperatur.

OK

Wolken

Wolken entstehen, wenn Wasserdampf in der Atmosphäre kondensiert und sich dabei Tropfen oder Eispartikel bilden. Sie haben zwei wichtige Einflüsse auf die Strahlung in der Atmosphäre. Zum einen reflektieren sie wegen ihrer hellen Oberseite einen Teil der einfallenden Sonneneinstrahlung und verringern damit die Erwärmung des Erdbodens (Albedo-Effekt der Wolken). Zum anderen absorbieren sie Wärmestrahlung von der Erdoberfläche und senden sie wieder zurück. Dadurch verringern sie den Teil der Wärmeenergie, die die Erdoberfläche an das kalte Weltall verliert (Treibhauseffekt der Wolken). Der eine Effekt ist erfahrbar, wenn sich eine Wolkendecke vor die Sonne schiebt, der andere z.B. in einer Winternacht, wenn eine Wolkendecke die Wärmeabstrahlung in den Weltraum verringert. Im Mittel ist der Albedo-Effekt der Wolken deutlich stärker als der Treibhauseffekt, so dass Wolken die Erde insgesamt abkühlen.

Im Monash-Klimamodell hängen die Wolken nicht vom Wasserdampf ab, sondern sind vereinfacht als konstante Wolkenbedeckung vorgegeben, die sich mit den Jahreszeiten, wie auf der Erde beobachtet, ändert. Die Wolken beeinflussen die Menge der reflektierten und absorbierten Sonneneinstrahlung sowie die Menge der absorbierten und emittierten thermischen Strahlung. Die Wolkenbedeckung schwächt außerdem den Effekt durch die Spurengase (z.B. CO_2 und Wasserdampf). Die Wolken haben im MSCM keinen Einfluss auf den Niederschlag.



Mittlere Wolkenbedeckung im Monash-Klimamodell. Sie verändert sich mit den Jahreszeiten.

An
Wolken reflektieren einen Teil des eintreffenden Sonnenlichts und kühlen damit die Erdoberfläche ab. Zusätzlich absorbieren Wolken die Wärmestrahlung von der Erdoberfläche und emittieren sie zum Teil wieder zur Erdoberfläche zurück und halten damit Wärmeenergie im Erdsystem.

Aus
Die Wolkenbedeckung ist überall null (wolkenloser Himmel), d.h. es gibt weder den Albedo-Effekt noch den Treibhauseffekt der Wolken.

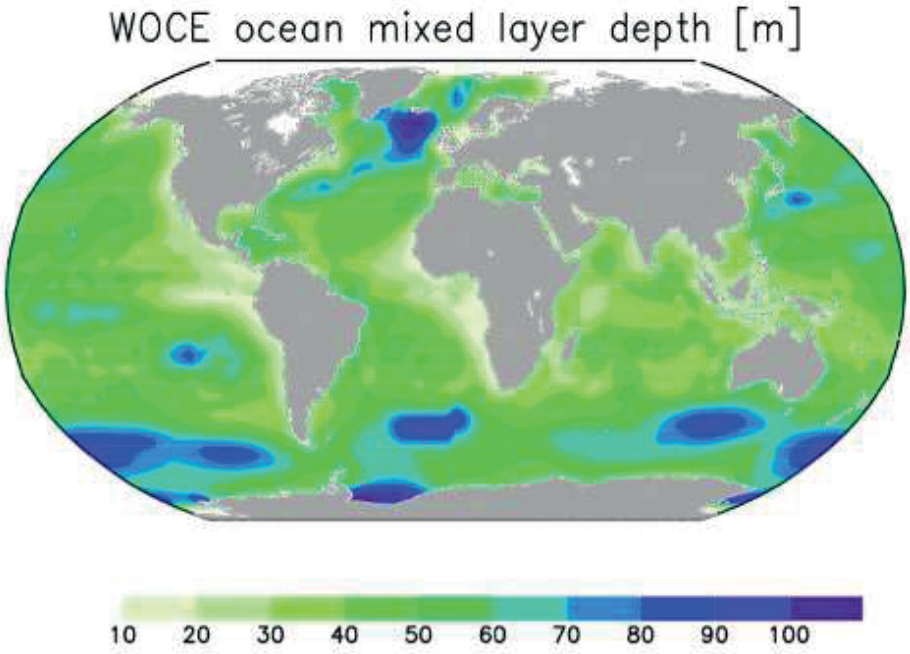
OK

Ozean

Ozean

Die Wassermassen der Ozeane sind ein wichtiger Wärmespeicher im Erdsystem. Sie nehmen im Sommer Wärme auf, speichern sie und geben sie im Winter wieder an die Atmosphäre ab. Da Ozeane eine relativ geringe Albedo und eine hohe Wärmekapazität besitzen, nehmen sie einen sehr großen Teil der Sonnenenergie auf und erwärmen im Jahresmittel die Atmosphäre. Weil sich Wasser im Vergleich zur Luft nur sehr langsam erwärmt bzw. abkühlt, dämpfen Ozeane den Jahresgang der Temperatur und wirken abkühlend im Sommer und erwärmend im Winter. Durch Luftströmungen macht sich ihr Einfluss auch auf die angrenzenden Landgebiete bemerkbar.

Im Monash-Klimamodell wird nur die Wärmekapazität der unterschiedlich tief reichenden Deckschicht (obere Schicht im Ozeans) simuliert (siehe Abbildung), nicht aber der tiefe Ozean oder der Wärmetransport durch Meeresströmungen (z.B. der Golfstrom).



Mittlere Tiefe der Deckschicht des Ozeans in m.

An
Wie oben beschrieben.

Aus
Die Wärmekapazität über Meeresgebieten entspricht der von Land. Die Oberflächenfeuchte bleibt bei 100%. Damit verhalten sich die Ozeane wie feuchte Landoberflächen.

OK

Atmosphäre

Atmosphäre

Unser Klimasystem ist eine riesige Kraft-Wärme Maschine, die durch die Temperaturgegensätze auf der Erde angetrieben wird und in der Wärmeenergie in Bewegungsenergie umwandelt wird. Viele dafür wichtige Prozesse finden in der Atmosphäre statt. Im Monash-Klimamodell werden in der Atmosphäre hauptsächlich drei Prozesse simuliert: Zum einen der Austausch von Wärme zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre. In Regionen, in denen die Erdoberfläche wärmer ist als die Atmosphäre, erwärmt die Erdoberfläche die Atmosphäre und dort, wo die Atmosphäre wärmer als die Erdoberfläche ist, ist es genau umgekehrt. Zweitens wird in der Atmosphäre der Treibhauseffekt der Spurengase, die nicht CO_2 oder Wasserdampf sind, simuliert. Und drittens wird der Wärmetransport der Atmosphäre durch Winde von wärmeren Gebieten zu kälteren Gebieten und durch Vermischung dargestellt.

An
Die o.g. drei Prozesse werden simuliert.

Aus
Es gibt keine Wärmeflüsse zwischen Atmosphäre und Erdoberfläche, keine Spurengase und keinen Wärmetransport durch die Atmosphäre.

OK

CO2-Konzentration

CO_2-Konzentration

CO_2 ist in der Atmosphäre ein Spurengas, das heißt, es gibt nur sehr wenig davon: Von einer Million Luftmolekülen sind gerade einmal ein paar hundert CO_2-Moleküle. Vor der industriellen Revolution (zu Beginn des 19. Jahrhunderts) lag der CO_2-Gehalt der Atmosphäre bei 280 Molekülen pro 1 Million Luftmolekülen (englisch: parts per million oder ppm), heute beträgt er als Folge der Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Öl und Gas) schon über 400 ppm. Wenn wir so weiter machen wie bisher, wird der CO_2-Gehalt bis zum Ende dieses Jahrhunderts mindestens doppelt so hoch sein wie heute.
CO_2 wird als Treibhausgas bezeichnet, weil es einen Teil der von der Erdoberfläche abgegebenen Wärmestrahlung aufnimmt, sich erwärmt und Wärmestrahlung abstrahlt, auch in Richtung Erdoberfläche. Damit erwärmt CO_2 die Erde. Obwohl das CO_2 eine lange Verweilzeit in der Atmosphäre besitzt und daher gleichmäßig verteilt ist, ist der Erwärmungseffekt regional unterschiedlich stark, denn er hängt auch von Wechselwirkungen mit anderen Komponenten im Klimasystem ab (z.B. mit Eis und Schnee und Wasserdampf). CO_2 ist ein Treibhausgas, das die Atmosphäre auch schon erwärmt hat, bevor wir Menschen seine Konzentration erhöht haben. Der Mensch verstärkt lediglich diesen Erwärmungseffekt von CO_2.

An
In der Atmosphäre sind 340 ppm CO_2, d.h. der Treibhauseffekt durch CO_2 wird simuliert.

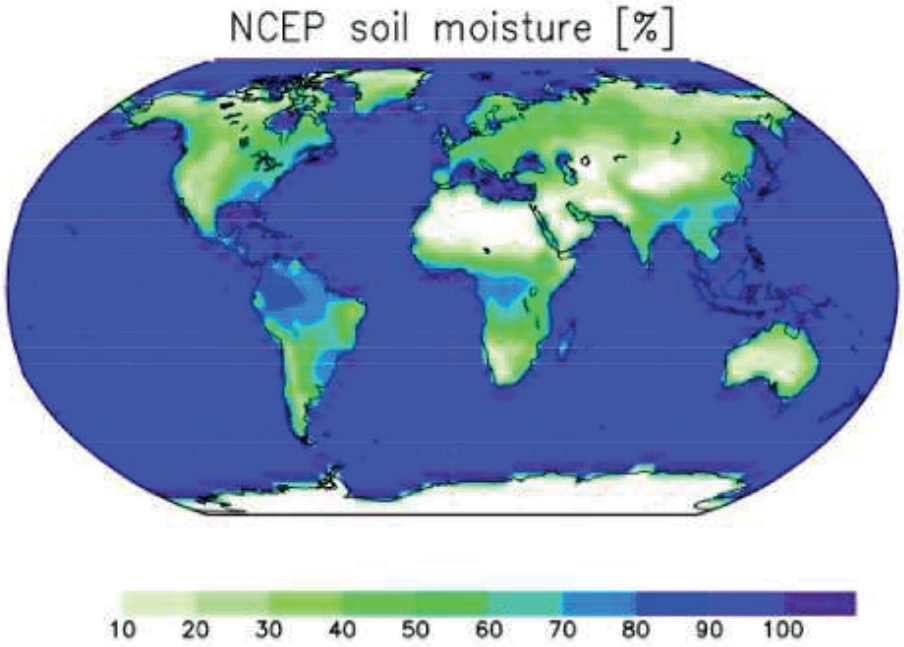
Aus
Es ist kein CO_2 in der Atmosphäre, d.h. es gibt keinen Treibhauseffekt durch CO_2.

OK

Wasserkreislauf

Wasserkreislauf

Durch den Wasserkreislauf kommt es zum Austausch von Wasser zwischen der feuchten Erdoberoberfläche (hauptsächlich den Ozeanen) und der Atmosphäre. Dadurch erhält die Atmosphäre Wasserdampf. Der atmosphärische Wasserdampf ist das wichtigste Treibhausgas (66% des natürlichen Treibhauseffekts) und verändert daher auch die Menge der absorbierten und emittierten langwelligen Strahlung durch die Atmosphärenschicht. Generell erwärmt der Wasserdampf in der Atmosphäre die Erdoberfläche. Die Verdunstung an der Oberfläche erhöht den atmosphärischen Wasserdampf und hängt von der Oberflächenfeuchte, der Windgeschwindigkeit und der relativen Feuchte der Atmosphäre ab. Durch den Phasenübergang von flüssigem Wasser in Wasserdampf führt die Verdunstung auch zur Abkühlung der Oberfläche durch Verdunstungskälte, wobei die verbrauchte Energie als latente Wärme im Wasserdampf gespeichert wird. Bei der Kondensation von Wasserdampf zu flüssigem Wasser (in Wolkentröpfchen) wird die latente Wärme wieder frei und führt zur Erwärmung der Atmosphäre. Niederschlag reduziert den Wasserdampf in der Atmosphärenschicht und ist proportional zur Wasserdampfmenge in der Atmosphärenschicht selbst (in der realen Welt ist es sehr viel komplizierter).
Hier in der Basisversion ist die Modellkorrektur mit dem Wasserkreislauf verknüpft. Wenn der Wasserkreislauf eingeschaltet ist, wird auch die Modellkorrektur mit eingeschaltet. Dadurch läßt sich das Zusammenwirken der Klimakomponenten besser erklären, da das Klima näher am beobachteten Klima dran ist, wenn alle Klimakomponenten eingeschaltet sind. Zum Vergleich, siehe auch Standardversion des MSCM und das Tutorial zur Modellkorrektur für die Auswirkungen der Modellkorrektur.



Oberflächenfeuchte für die Verdunstung. Sie ändert sich über Land mit den Jahreszeiten.

An
Das Modell simuliert Wasserdampf in der Atmosphäre, den Transport von Wasserdampf durch den Wind und turbulente Vermischung. Und die Modellkorrektur ist eingeschaltet.

Aus
Kein Wasserdampf in der Atmosphäre, keine latenten Wärmeflüsse, keine Wasserdampftransport und keine Modellkorrektur.

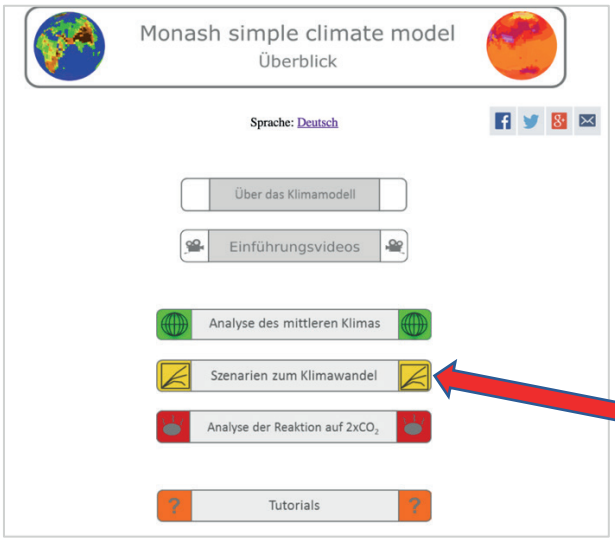
OK

BK	**Anleitung für das MSCM (CO_2-Experiment)**	Datum:

Die grundlegenden Funktionen des *Monash Simple Climate Models (MSCM)* hast Du in den vergangenen Doppelstunden bereits kennengelernt. Wir haben mithilfe des Modells Erkenntnisse über unser Klimasystem gewonnen und wichtige Einflussfaktoren (Wolken, Eis + Schnee, Ozean, Atmosphäre, CO2, Wasserkreislauf bzw. Wasserdampf) und deren Auswirkungen erarbeitet. Zudem haben wir herausgestellt, dass auch der Mensch (besonders in den vergangenen 100 Jahren) durch Emissionen von Treibhausgasen einen großen Effekt hat.
Klimamodelle, wie das *MSCM*, ermöglichen nicht nur die Auswertung von alten Daten. Sie verwenden diese Daten, um damit Prognosen für die zukünftige Entwicklung des Klimas zu erstellen. Da das Klimasystem der Erde bisher stabil war und sich heute durch die Entscheidungen des Menschen wandelt, ist es für die Zukunft unseres Planeten essenziell, welchen Weg wir einschlagen. Klimamodelle sind somit eine wichtige Grundlage für politische und gesellschaftliche Entscheidungen. Da es offen ist, wie sich die Menschen entscheiden, arbeiten Klimaforscher mit sogenannten „Szenarien“, welche jeweils unterschiedliche Wege beschreiben, welche verschiedenste Entscheidungsmöglichkeiten von Menschen berücksichtigen. Gemessen wird dies in der Einheit ppm (parts per million), welche angibt, wie viele Teilchen eines Stoffs sich unter 1 Mio. Teilchen befinden. Das Szenario RCP 2.6 geht von 400 ppm aus (momentan sind wir jedoch schon bei 415 ppm[1]), das Szenario RCP 4.5 von 650 ppm, das Szenario RCP 6.0 von 850 ppm und das Szenario 8.5 von 1370 ppm. Erstellt wurden diese Szenarien vom Weltklimarat IPCC. Dieser hält momentan das Szenario 8.5 für das wahrscheinlichste.
Heute werdet ihr mithilfe des MSCM eigenständig Prognosen für unterschiedliche Szenarien des IPCC treffen.

Anleitung für die weitere Verwendung des Monash Simple Climate Models

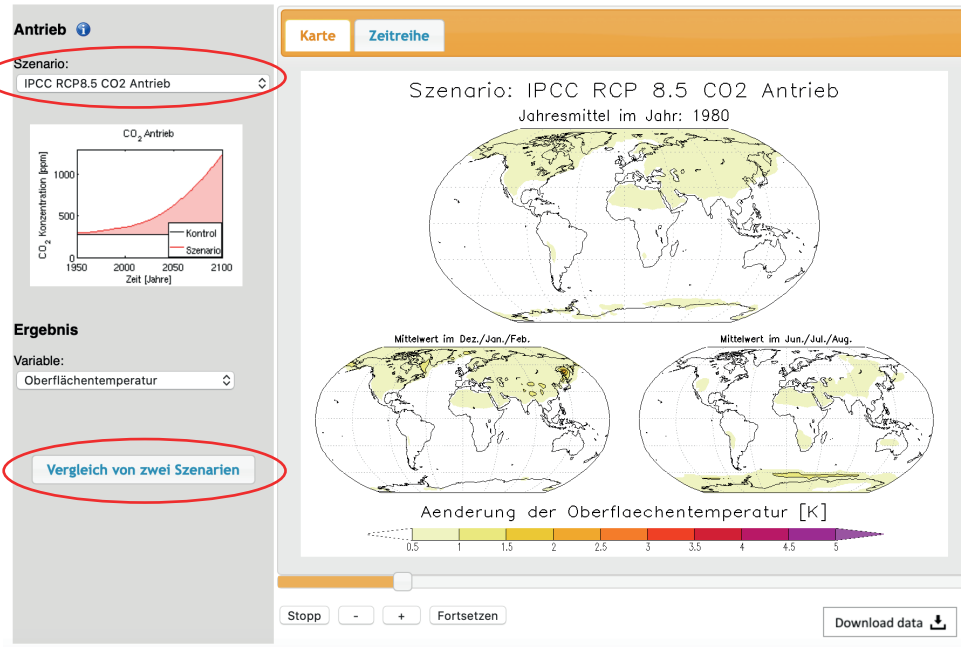
1. Öffne die Website: http://mscm.dkrz.de/overview_i18n.html?locale=DE in deinem Browser.
2. Diese sieht dann so aus:



Hier wählst Du den Punkt „Szenarien zum Klimawandel“ aus.

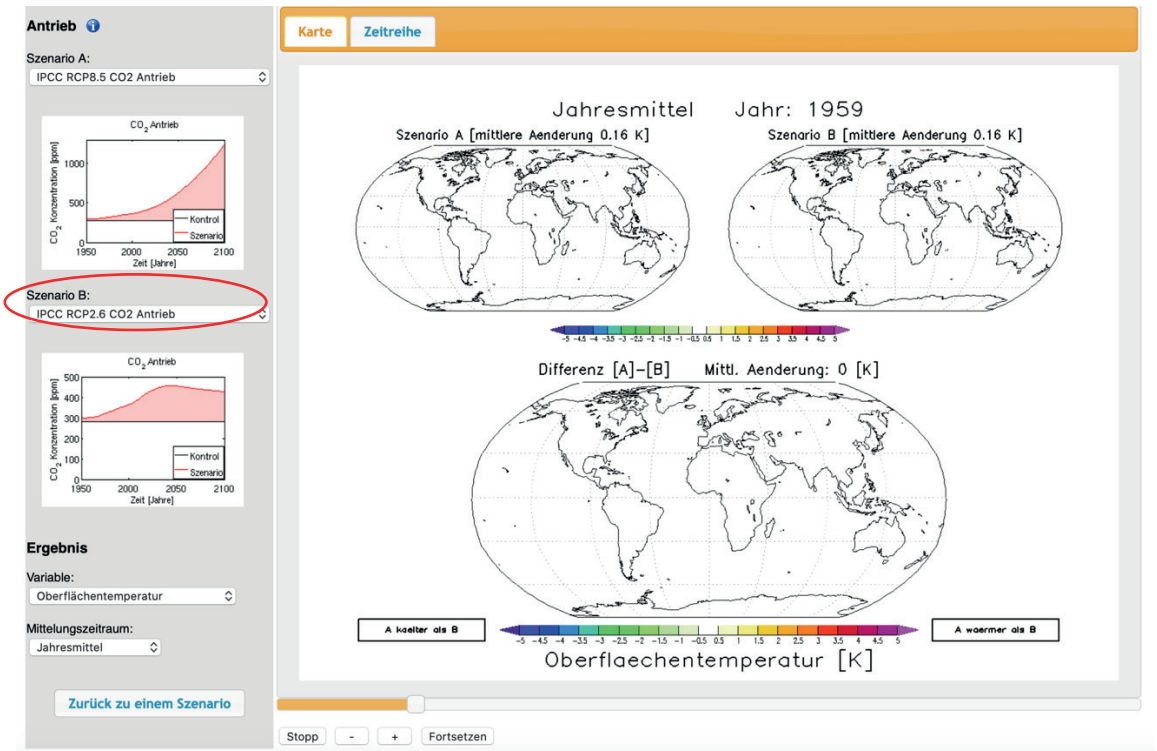
1 Laut eines Forschungsinstitutes auf Hawaii: https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/co2-gehalt-der-atmosphaere-erreicht-historischen-hoechststand-a-1267384.html. Letzter Zugriff: 20.11.19, 19:02 Uhr.

3. Es öffnet sich ein Fenster:



Hier kannst Du nun zwischen unterschiedlichen Szenarien wählen (oberer Kreis). Wie bei der Bestimmung des mittleren Klimas hast Du hier eine Übersicht von Weltkarten und dazu passende Zeitreihe Diagramme. Du hast hier nun jedoch die Möglichkeit, zwei Szenarien zu vergleichen (unterer Kreis), indem Du den unteren Button anklickst.

4. Dann verändert sich die Karte und zeigt die Weltkarte sowie Zeitreihe für beide Szenarien an. Das Szenario kannst Du wechseln (Kreis):



BK	**Klimaszenarien im Vergleich**	Datum:

Im Folgenden sollt ihr mithilfe des MSCM die **Szenarien RCP 8.5 und RCP 2.6** vergleichen. Das Szenario 2.6 wurde so entwickelt, dass es ein Klima simuliert, bei welchem der Mensch sein Verhalten bis 2100 drastisch ändern und die CO_2-Emissionen auf 0% herabsenkt. Momentan sind wir bei einer CO_2-Konzentration von ca. 415 ppm, d.h. von 1 Million Teilchen sind 415 Teilchen CO_2-Moleküle. Dies hört sich wenig an, doch war die Konzentration vor 100 Jahren noch bei 300 ppm. Eine Erhöhung von 100 ppm führte zu den heutigen Klimaveränderungen. Wie sich eine Erhöhung von 1070 ppm auf das Klima auswirkt sollt ihr heute herausfinden. Dafür vergleicht ihr das Szenario RCP 2.6 mit RCP 8.5, welches ein Klima simuliert, bei welchem sich der Mensch weiterhin so verhält wie bisher und sein Verhalten nicht ändert.

Sicherlich hast Du schon von der **2°-Grenze** gehört: Wissenschaftler vermuten, dass das Klimasystem bei einer Erhöhung der mittleren Temperatur um 2° so stark gestört wird, dass eine Umkehrung des Klimawandels unmöglich wird.

Arbeitsauftrag: Lasst die Szenarien RCP 8.5 und RCP 2.6 im Vergleich laufen und füllt damit folgende Tabelle aus.

	RCP 8.5	RCP 2.6
Beschreibe die Weltkarte im Jahre 2050 für beide Szenarien.		
Beschreibe die Weltkarte im Jahre 2095 für beide Szenarien.		
Jahr, in welchem die 2°-Grenze überschritten wird:		

Zusatz: Diskutiere mit deinem Sitznachbarn, welches der beiden Ereignisse Ihr für wahrscheinlicher haltet. Welche Konsequenzen hätte dies?

Zusatzinformationen zu Szenarien für Klimamodelle

Durch Beobachtungen und Messungen verstehen Klimaforscher heute viele der Prozesse, die unsere Biosphäre beeinflussen. Trotz alledem reicht das heutige Wissen kaum für eine verlässliche Wettervorhersage über einige Tage hinaus. Wie soll da eine Prognose über die nächsten Jahrzehnte realistisch zutreffen?

In den 1970er-Jahren begann der „Club of Rome" – ein Kreis hochrangiger Wissenschaftler – sich unter dem Titel „Die Grenzen des Wachstums" mit der Verfügbarkeit der natürlichen Ressourcen zu befassen. Sie nahmen die Entwicklungen der Vergangenheit als Grundlage für Annahmen zur zukünftigen Entwicklung, wobei sie z. B. für die Emissionen von CO_2 verschiedene mögliche Verhaltensweisen der Menschheit berücksichtigten. Ein Beispiel: Szenario A berechnet die Entwicklungen bei unveränderter Lebensweise, Szenario B eines bei wachsendem CO_2-Ausstoß und Szenario C eines bei umweltfreundlichem Handeln. Aus diesen drei möglichen Entwicklungen der Ursachen resultieren dann auch drei mögliche Szenarien der Wirkungen: Eines mit hohem, eines mit mittlerem und eines mit geringem globalen Temperaturanstieg.

Was sich einfach anhört, ist aufgrund der riesigen Menge sich gegenseitig beeinflussender Parameter nur mit viel Aufwand zu bewerten und enthält nach wie vor viele Unbekannte.

Aber nicht nur Vermutungen über die zukünftigen Emissionen von Treibhausgasen sind bedeutsam: Auch die heute ausgestoßenen Schadstoffe werden oft erst in vielen Jahren ihre Auswirkungen zeigen, dann, wenn sie in den oberen Schichten der Atmosphäre angekommen sind. Das erklärt, warum selbst bei sofortiger Reduzierung der Emissionen der Temperaturanstieg noch über Jahre und Jahrzehnte weiterginge.

Zugleich wird durch die verzögerte schädliche Wirkung aber auch die Bedeutung von Szenarien deutlich: Nur durch solche Vorausberechnungen lässt sich abschätzen, welche Wirkungen später durch die heutigen Emissionen entstehen.

Quelle: Terra Erdkunde 9/10 Gymnasium Niedersachsen. Klett.

Aufgaben:

1. **Recherchiere** im Internet oder in Fachbüchern und finde eine Definition für „Klima" und „Wetter". Worin unterscheiden sich diese Begriffe?

2. Es ist schwer, verlässliche Vorhersagen (Prognosen) über das Wetter zu machen. **Erkläre**, weshalb Aussagen mithilfe von Klimamodellen verlässlicher sind.

3. **Erkläre**, weshalb man bei Prognosen Worte wie „vermutlich" oder „wahrscheinlich" einbaut. (*Beispiel: „Einige Inselstaaten werden vermutlich unbewohnbar." aus einem Artikel der Zeitung „Die Zeit")* **Was ist an dieser Verwendung problematisch?**