Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

1 Wie funktioniert das Klima?

Lernziele der Lernsequenz 1: Die Unterschiede von «Wetter» und «Klima» kennen und erklären können. Wissen, wo man sich glaubwürdige Information über «Wetter» und «Klima» holen kann. Sich bewusst machen, dass Experten seit 1988 eine Veränderung der Jahresmitteltemperaturen in Richtung höherer Werte feststellen. Die Zusammensetzung der Luft kennenlernen. Sich bewusst werden, dass das CO_2 nur in geringer Konzentration in der Luft vorkommt und trotzdem eine grosse Wirkung hat. Den natürlichen Treibhauseffekt und seine Bedeutung für das Leben auf der Erde kennenlernen und sein Wirkungsprinzip vertiefen. Am Beispiel des Wasser- und Kohlenstoffkreislaufs Stoffflüsse wahrnehmen und allfällige Einflussfaktoren verstehen. Das Zusammenwirken der Geofaktoren im Klimasystem analysieren. Das Klimasystem als eine Wirkungskette mit positiven und negativen Rückkoppelungen verstehen.

Neben diesen fachlichen Lernzielen werden verschiedene überfachliche Lernziele geübt, wie zum Beispiel die Analyse und das Vergleichen von Graphiken, die Interpretation von Graphiken, die Beurteilung von Medieninformationen, die Umsetzung von Zahlen in ein Diagramm, die Zuordnung von Textinformationen zu bildhaften Darstellungen, das Erkennen von Zusammenhängen in Graphiken, das Durchdenken von Wirkungsketten.

1.1 Was ist Wetter, was ist Klima?

Mit der Aufforderung **Überlege** soll Vorwissen erschlossen werden. Jede Schülerin und jeder Schüler überlegt individuell und tauscht sich anschliessend mit einer Mitschülerin / einem Mitschüler aus.

Lernaufgabe 1:
Das Ziel der Aufgabe ist es, sich die Dynamik des Wetters mit der *Wetter App* von MeteoSchweiz bewusst zu machen und am eigenen Schulort nachzuvollziehen.

Die Lernaufgabe 1a kann jeder mit dem eigenen Smartphone/Tablet bearbeiten, die Lernenden tauschen sich aber über ihre Beobachtungen aus (Teilaufgabe 1b). Die Teilaufgabe 1c wird im Team bearbeitet. Es folgt ein Austausch der Ergebnisse in der Klasse.

Lernaufgabe 2:
Das Ziel ist es, zwei komplexe *Grafiken* miteinander zu vergleichen, Unterschiede zu erkennen und Schlussfolgerungen darüber zu ziehen, was «Wetter» und «Klima» ist.
Die Lösungen der Schülerinnen und Schüler (Tabelle 1.1, Lösungsvorschlag nächste Seite) werden in der Klasse besprochen.

Erforderliche Vorkenntnisse und besondere Hinweise für die Lehrperson:

- Erforderliche Vorkenntnisse: Klimadiagramme kennen und lesen können.
- Die Abbildung 1.1.1 mit dem Wetterverlauf in Zürich zeigt einen rosafarbigen Bereich um die rote Temperaturkurve. Es handelt sich hier um eine Prognose. Der rosafarbige Bereich stellt den prognostizierten Unsicherheitsbereich dar.
- Bei Lernaufgabe 2 geht es nicht um den Vergleich der Werte für Temperatur und Niederschlag, sondern um den Vergleich dessen, was die Diagramme darstellen und aussagen. Die Lehrperson sollte zu Beginn helfen, indem sie an einem Beispiel zeigt, was gefragt ist. Die Antworten, welche die Lernenden in die Tabelle eintragen, dürfen in deren Alltagssprache verfasst sein, da sie noch nicht über die entsprechende Fachsprache/Fachterminologie verfügen.

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

Lösungsvorschlag:

Ort: Zürich	Wetterverlauf am 13. Mai 2018	Klimadiagramm
Vergleich	- Man sieht die Höhe der **Durchschnittstemperaturen pro Stunde.** - Man sieht den **Verlauf der Temperatur in 24h.** - Man sieht die **Niederschlagsmenge pro Stunde.** - Die **Bewölkung im Tagesverlauf** ist eingezeichnet.	- Man sieht die Höhe der **mittleren Durchschnittstemperatur pro Monat.** - Man sieht den **Verlauf der Temperatur in einem Jahr** (12 Monate). - Man sieht die **mittlere Niederschlagsmenge pro Monat**, dargestellt für ein Jahr. - Die Bewölkung ist nicht eingezeichnet.
Schlussfolgerungen aus dem Vergleich	Die **Temperatur und der Niederschlag ändern sich von Stunde zu Stunde**. Der abgebildete Wetterverlauf gilt nur für den 13.5.2018.	Die **Temperatur und der Niederschlag ändern sich von Monat zu Monat**. Die Werte sind **30jährige Mittelwerte** (1981-2018).

Tab. 1.1: Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Abb. 1.1.1 und Abb. 1.1.2.

Festige und überprüfe dein Wissen:
Ziel dieser Aktivität ist es, sich die wichtigsten Fakten des *Textes* einzuprägen und mit diesem Wissen zu beurteilen, ob die 10 Testfragen richtig oder falsch sind. Der Text wird in Stillarbeit individuell gelesen und die Fakten farbig markiert. Der anschliessende *Test* kann allein oder in Partnerarbeit ausgefüllt werden. Dies entscheidet die Lehrperson.

Lösungen:
Test: Entscheide, wo es um das Wetter (W) und wo es um das Klima (K) geht:

W	In der Nordschweiz ist es bewölkt, dafür scheint im Tessin die Sonne.
K	In Italien regnet es im Winter mehr als im Sommer.
W	Die Bauern müssen wegen des Wintereinbruchs die Kühe schon früh von den Alpen ins Tal treiben.
W	Am letzten Sonntag herrschte den ganzen Tag lang strahlender Sonnenschein.
K	Der Üetliberg, der Hausberg von Zürich, eignet sich leider nicht als Skigebiet.
K	Die Australierinnen und Australier könnten Weihnachten immer in kurzen Hosen feiern.
W	Morgen kommt ein starker Wind aus Westen auf.
K	In Grönland gibt es nur im Sommer Temperaturen über 0° Celsius.
W	Gestern fiel zum ersten Mal in diesem Winter Schnee in Bern.
K	An der Westküste Frankreichs fällt viel mehr Regen als in der Gegend um Paris.

Der Impuls **Überlege** dient dazu, das jeder Lernende sein Vorwissen und das neugelernte / erweiterte Wissen vergleicht und feststellt, was er/sie dazugelernt hat.

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

Lernaufgabe 3:
Das Ziel ist es, das neugelernte / erweiterte Wissen anzuwenden. Eine *Schlagzeile* soll beurteilt und eine komplexe *Grafik* gelesen und interpretiert werden.

Wende nun dein Wissen an:
Lies folgende Schlagzeile aus einer Zeitung vom 24. Januar 2017 und beantworte die anschliessende Frage.

Rekordkälte in Europa im Januar 2017
Der Januar war in diesem Jahr so kalt wie seit 30 Jahren nicht mehr. Die Temperaturen lagen zehn Tage lang unter Null Grad. Die Kältewelle forderte europaweit über 100 Menschenleben.

Andreas sagt: „Dieser kalte Winter ist ein Zeichen dafür, dass das Klima in der Schweiz kälter wird.“ Glaubst du, dass er damit recht hat? Begründe deine Entscheidung.

O ja x nein

Begründung:
Ein einmaliger kalter Winter ist noch kein Hinweis darauf, dass das Klima kälter wird. Die mittlere Temperatur, die typisch für ein Klima ist, ergibt sich aus dem Durchschnitt der Jahrestemperaturen von 30 Jahren.

Anschliessend Klassendiskussion, in die die Abbildung 1.1.3 einbezogen wird. Beim Lesen der Grafik sollte die Lehrperson helfen, um das Verständnis für den Inhalt zu fördern. Dies gilt auch für die Legende.

1.2 Die Erdatmosphäre – eine Wärmedecke?

Lernaufgabe 1:
Ziel ist es, Prozentangaben in ein Kreisdiagramm umzusetzen. Sich bewusst zu werden, dass die die Konzentration von CO_2 in der Luft so gering ist, dass sie sich im Kreisdiagramm nicht darstellen lässt. Jede Schülerin / jeder Schüler arbeitet selbständig.

Lösungsvorschlag:

CO_2 und die «übrigen Gase» lassen sich nicht graphisch darstellen, weil ihr Anteil so gering ist.

Die Lösungen der Lernenden werden von der Lehrperson kontrolliert und in der Klasse diskutiert, z. B. in dem der hier abgebildete Lösungsvorschlag projiziert wird.

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

Lernaufgabe 2:
Ziel ist es, Hypothesen zu bilden, Texte und dazugehörende Abbildungen zu studieren, daraus wichtige Informationen zu entnehmen und in das bestehende Wissen zu integrieren.

Lösungsvorschlag:

a) Hast du schon einmal bemerkt, dass dunkle Flächen, zum Beispiel asphaltierte Plätze, in Sommernächten wärmer sind als ihre Umgebung? Und woher kommt es, dass man sich vom Schnee geblendet fühlt? Stelle Vermutungen an, was die Gründe für diese Beobachtungen sein könnten und macht euch Notizen.

- Der Asphalt nimmt am Tag die Energie der Sonnenstrahlung auf und gibt sie in der Nacht wieder ab.
- Der Schnee reflektiert die Sonnenstrahlung.

Nachdem die Lernenden die Lernaufgabe 2 und das Zusatzmaterial 1.2 bearbeitet haben, werden ihre Ergebnisse in der Klasse besprochen und allenfalls korrigiert.

Lernaufgabe 3:
Diese Aufgabe ist als Zusatzmaterial im Sinne der leistungsbezogenen Differenzierung für schnelle Lerner gedacht (Siehe Zusatzmaterial zu 1.2: Treibhauseffekt).

Lösung:

Der Treibhauseffekt (Quelle: Eigene Darstellung Projekt CCESO II. Zeichnung: Michelle Walz)

Erläuterung: Bei der Darstellung handelt es sich um ein Modell. Die langwellige Gegenstrahlung trifft überall auf der Erdoberfläche auf, nicht nur auf Wasserflächen. Der Titel der Aufgabe unterscheidet nicht zwischen dem natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt, weil die Treibhausgase Kohlenstoffdioxid, Methan und Wasserdampf einerseits von Natur aus in sehr geringen Konzentrationen in der Atmosphäre vorkommen, andererseits heute aber auch die wichtigsten anthropogen verursachen Treibhausgase sind.

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

Überprüfe dein Wissen

Lösungen:
1) Wie sähe es Erde auf der Erde ohne den natürlichen Treibhauseffekt aus?
Die Temperaturen wären durchschnittlich -18°C kalt, alles Wasser wäre gefroren, es wäre kein Leben möglich, es gäbe kein Wetter, das Klima wäre nur durch die Sonneneinstrahlung bestimmt, denn es gäbe keinen Regen.

2) Was geschieht mit der durchschnittlichen Temperatur auf der Erde, wenn sich der Anteil des Kohlenstoffdioxids (CO_2) in der Atmosphäre weiter erhöht? Begründe deine Antwort!
□ Die Temperatur bleibt unverändert.
X Die Temperatur steigt.
□ Die Temperatur sinkt.

Begründung: Weil weniger Wärmestrahlung ins Weltall gelangt.

3) Entscheide, ob die folgenden Aussagen richtig (r) oder falsch (f) sind. Hebe die fehlerhaften Stellen mit einem Farbstift hervor und verbessere die falschen Aussagen.

Wenn die Erde so groß wie ein Apfel wäre, dann hätte die Atmosphäre etwa die Dicke seiner Schale.	r
Der Hauptbestandteil der Luft ist das Treibhausgas CO_2. .. ist Stickstoff. CO_2 kommt nur in sehr geringen Mengen in der Luft vor.	f
Die Lufthülle der Erde bewirkt den natürlichen Treibhauseffekt.	r
Langwellige Sonnenstrahlen durchdringen die Erdatmosphäre relativ ungehindert. Kurzwellige Sonnenstrahlung…	f
Nur ein Teil der kurzwelligen Wärmestrahlen wird an der Erdoberfläche reflektiert. … kurzwelligen Sonnenstrahlung …	f
Der grösste Teil der Sonnenstrahlen wird an der Erdoberfläche in Wärmestrahlung umgewandelt und wieder Richtung Weltall abgestrahlt.	r
Treibhausgase werfen einen Teil der Sonnenstrahlen zurück und hindern sie daran, ins Weltall zu gelangen. … Wärmestrahlen …	f
Durch die Wirkung der Treibhausgase wird die Erdoberfläche und Atmosphäre zusätzlich erwärmt.	r

Anschliessend Kontrolle der Schülerlösungen im Klassengespräch.

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

1. 3 Der Wasser- und Kohlenstoffkreislauf

Die Aufforderung **Überlege** dient dazu Vorwissen zu aktivieren.

Lernaufgabe 1:
Ziel: Erkennen, dass alle Wasserspeicher auf der miteinander verbunden sind. Stoffflüsse (hier Wasser in den Aggregatzuständen flüssig und gasförmig) aus einer Graphik ablesen und zueinander ins Verhältnis setzen. Sich darüber klar werden, dass das meiste Wasser über dem Meer verdunstet, dort aber auch wieder niedergeht. Hypothesen darüber bilden, wie sich der Klimawandel auf den Wasserkreislauf auswirken könnte.

Lösung:

Betrachte die Zahlen in der Abbildung 2.3.1 genauer.
a) Addiere die Gesamtmenge des Niederschlags (Regen/Schnee) und die Gesamtverdunstung. Was fällt dir auf? Notiere die Werte:

Die Gesamtmenge, die verdunstet, ist gleich der Gesamtmenge des Niederschlags (= 496 000 km^3). Die Menge, die als Wasserdampf transportiert wird und die Menge, die über das Grundwasser wieder abfliesst, ist gleich gross.

b) Vergleiche die *Verdunstungswerte über dem Meer und über dem Land* und die *Niederschlagswerte über dem Meer und über dem Land*. Was fällt dir auf? Notiere:

Über dem Meer ist die Verdunstung ca. 6x grösser als über dem Festland; der Niederschlag ist über dem Meer ca. 3,5x grösser.

c) Addiere dann die Werte für Verdunstung und Niederschlag über *dem Meer* und über *dem Land*. In welchem Verhältnis stehen Sie zueinander? Notiere die Werte:

Ungefähr 80% der weltweiten (globalen) Verdunstung und des globalen Niederschlags findet über dem Meer statt. Dies ist bemerkenswert, da es eine Alltagsvorstellung ist, dass der Hauptnieder-schlag über dem Festland, vor allem beim Aufstieg feuchter Luft über Gebirgen, fällt.

d) Was könnte sich im Wasserkreislauf ändern, wenn die Atmosphäre wärmer wird?

Die Verdunstung, die Bewölkung (Wasserdampfgehalt der Atmosphäre) und die Niederschläge nehmen zu.

Die Schülerlösungen werden in der Klasse diskutiert.

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

Lernaufgabe 2:
Sich klarmachen, dass Kohlenstoff zwischen verschiedenen Kohlenstoffspeichern ausgetauscht wird, die sich in einem Gleichgewichtszustand befinden würden, der aber durch anthropogene CO_2-Emissionen gestört wird.

Abb. 2.3.2: Der Kohlenstoffkreislauf (Quelle: Projekt CCESO, 2019)

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

1.4 Das Klimasystem

Lernaufgabe 1: Die verschiedenen Sphären, die das Klimasystem beeinflussen, kennenlernen und die abstrakten Begriffe mit konkreten Beispielen erläutern. Erkennen, dass die Sphären des Klimasystems zusammenhängen und sich gegenseitig beeinflussen

Diese Lernaufgabe, vor allem Aufgabe b), sollte im Klassengespräch bearbeitet werden, da sie komplex ist.

Lösungsvorschlag: Notizen dürfen in der Alltagssprache der Lernenden notiert werden.

a) Arbeitet zu zweit. Studiert die Abbildung 1.4.2 genauer. Diskutiert, was in der Abbildung 1.4.2 zu welcher Sphäre gehört, und notiert es:

Atmosphäre: H2O (gasförmiger Wasserdampf beim Vulkanausbruch und in den Wolken), N2, O2, CO2, O3, CH4

Hydrosphäre: Wolken, Ozean

Kryosphäre: Gletscher, Eisberge, Schelfeis

Pedosphäre: Boden

Lithosphäre: Gesteine der Erdkruste, Hebung und Senkung der Erdkruste

Biosphäre: Vegetation, Biomasse

b) Diese Aufgabe wird im Klassengespräch gelöst. Die Doppelpfeile zeigen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Sphären.

Diskutiert: Was sollen die Doppelpfeile ausdrücken? Fertigt Beschreibungen nach den Musterlösungen bei ① und ④ an.

① ***Wärmeaustausch zwischen Atmosphäre und Hydrosphäre****: Wenn die Luft über dem Meer wärmer wird, erwärmt sich auch das Meer. Wenn sich das Meer abkühlt, kühlt sich auch die Luft darüber ab.*

② **Austausch von Wasser *zwischen Atmosphäre und Hydrosphäre über Verdunstung und Niederschlag:*** Wasser verdunstet, wird gasförmig (Wasserdampf), kondensiert (Wolken) und kehrt als Niederschlag (Regen, Schnee) wieder zur Erdoberfläche zurück.

③ ***Zusammenhang zwischen Hydrosphäre und Kryosphäre (Eishülle) über die Wassertemperatur:*** Meerwasser gefriert und wird zu Eis. Wenn das Meer wärmer wird, taut das Eis.

④ ***Zusammenhang zwischen Lithosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre und Pedosphäre****: Wenn sich Land hebt, wird Gestein, das vorher unter Wasser lag, der Luft ausgesetzt. Es verwittert, d.h., es zersetzt sich durch den Einfluss von saurem Regen (CO_2 und Wasser) und Temperaturunterschieden (Frost, Hitze) und es entsteht Boden. Wenn sich Land senkt, gelangt Gestein unter die Wasseroberfläche und wird durch Sand und Schlamm (= durch die Flüsse ins Meer geschwemmter Boden) zugedeckt und so konserviert.*

⑤ ***Zusammenhang Atmosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre (Eishülle) über die Lufttemperatur:*** Wenn die Lufttemperatur sinkt, kühlt sich auch das Meer ab und es bildet sich Eis. Wenn die Luft sich erwärmt, schmilzt das Eis.

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

⑥ ***Austausch zwischen Biosphäre, Atmosphäre und Pedosphäre:*** Die Pflanzen nehmen bei der Photosynthese CO2 aus der Luft aus. Das CO2 wird wieder frei, wenn die Pflanzen absterben und sich zusetzen. Aus den Pflanzenresten, die sich nicht zersetzen, wird Humus, der den Boden fruchtbar macht.

⑦ ***Einfluss der Anthroposphäre (menschliche Tätigkeit) auf die Atmosphäre:*** Der Mensch verbrennt fossile Brennstoffe und wandelt Wälder in Ackerland um. Dadurch gelangt mehr CO2 in die Luft. Mehr CO2 in der Atmosphäre erhöht die globale Durchschnitts-temperatur. Dies beeinflusst wiederum die Hydrosphäre (stärkere Verdunstung) und Kryosphäre (Abschmelzen der Gletscher), aber auch die Lithosphäre, weil höhere Temperaturen die Verwitterung beschleunigen.

Lernaufgabe 3: Ziel ist die Vertiefung des Phänomens der Stoffflüsse. Im Klassenverband können einzelne Lernende oder Lerntandems ihre Ideen zur Diskussion stellen.

Lernaufgabe 4: Ziel ist es, das Prinzip der Wirkungskette kennenzulernen. Einen Fehler in einer Wirkungskette, deren Zusammenhänge bekannt sein sollten, erkennen.
Fehler: höhere Temperatur auf der Erde

Lernaufgabe 5: Lösung

Methodisch-didaktische und pädagogische Hinweise
Autorin: Sibylle Reinfried (2019)

Lernaufgabe 6: Lösung
Die Rückkoppelung ist negativ, weil die Temperatur (das erste Element) abgeschwächt wird.

Zusatzmaterial zu 1.4: Albedo
Hier geht es um die Albedo. Das Material könnte im Sinne der leistungsbezogenen Differenzierung für schnelle Lerner eingesetzt werden.

Lernaufgabe 1: An Alltagserfahrungen anknüpfen und mit den Albedo-Werten in Zusammenhang bringen. Prognosen darüber formulieren, wie der Klimawandel die Albedo-Werte verändern könnte.

Lösungsvorschlag:

a) Vergleiche nun die Albedo-Werte von Neuschnee und Ackerboden. Erkläre, weshalb die Albedo-Werte unterschiedlich sind.
Wolken sind heller als Asphalt. Auf hellen Flächen wird mehr Strahlung reflektiert.

b) Eine Fläche ist mit Schnee bedeckt. Aufgrund von immer wärmeren Temperaturen schmilzt der Schnee. Nach einer Weile sind auf der Fläche nur noch Steine zu sehen. Wie verändert sich der Albedo-Wert dieser Fläche? Begründe deine Vermutung.
Der Albedo-Wert wird tiefer, weil die Fläche dunkler ist.

Lösungsvorschlag:

c) Zeichne nun eine Wirkungskette wie in Lernaufgabe 6 im Kapitel *1.4 Das Klimasystem*, Seite 22. Beginne so: damit, dass die Temperatur auf der Erde -> steigt -> Schneefelder -> nehmen ab …
Temperatur auf Erde ->„steigt“ -> Schneefelder ->„nehmen ab“ -> Albedo ->„nimmt ab“ -> Reflexion kurzwelliger Strahlen -> „nimmt ab“ -> Umwandlung von Sonnenstrahlung in Wärmestrahlung am Boden -> „nimmt zu“; Temperatur auf Erde ->„steigt“.
e) Ist deine Rückkoppelung positiv oder negativ? Begründe.
Die Rückkoppelung ist positiv.