EDUCETH
Das Bildungsportal der ETH Zürich

Publikation von www.educeth.ch

Die neusten Erkenntnisse zum Klimawandel gestützt auf den IPCC Bericht 2007

Eine fächerübergreifende Unterrichtseinheit

Karin Thalmann

Inhalt:
Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (kurz IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) hat im Frühling 2007 einen Bericht veröffentlicht, in dem der Zustand des Klimasystems und seine Auswirkungen auf die menschlichen Gesellschaftssysteme festgestellt und die Möglichkeiten der politischen Gegensteuerung benannt werden. Die vorliegende Unterrichtseinheit fokussiert sich auf diejenigen Erkenntnisse, welche seit 2001 neu gewonnen werden konnten und im IPCC-Bericht 2007 zusammengestellt sind.

Unterrichtsmethoden: Verschiedene

Fachliches Review:
Prof. Ulrike Lohmann, Institut f. Atmosphäre und Klima, ETH Zürich

Fachdidaktisches Review:
Dr. Felix Keller, Fachdidaktiker Umweltlehre, ETH Zürich

Publiziert auf EducETH:
1. Juni 2009

Rechtliches:
Die vorliegende Unterrichtseinheit darf ohne Einschränkung heruntergeladen und für Unterrichtszwecke kostenlos verwendet werden. Dabei sind auch Änderungen und Anpassungen erlaubt. Der Hinweis auf die Herkunft der Materialien (ETH Zürich, EducETH) sowie die Angabe der Autorinnen und Autoren darf aber nicht entfernt werden.

Publizieren auf EducETH?
Möchten Sie eine eigene Unterrichtseinheit auf EducETH publizieren? Auf folgender Seite finden Sie alle wichtigen Informationen: http://www.educeth.ch/autoren

Weitere Informationen:
Weitere Informationen zu dieser Unterrichtseinheit und zu EducETH finden Sie im Internet unter http://www.educ.ethz.ch oder unter http://www.educeth.ch.

SCIENCE MEETS SCHOOL
EDUCETH.CH

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Die neusten Erkenntnisse zum Klimawandel gestützt auf den IPCC Bericht 2007

Eine fächerübergreifende Unterrichtseinheit im Rahmen der Umweltlehre
für die Kantonsschule, 4. Schuljahr (16- bis 17-Jährige)

Semesterleistung für:	Lehrveranstaltung ‚Mentorierte Arbeit in der fachwissenschaftlichen Vertiefung mit pädagogischem Fokus Umweltlehre'
Autorin:	Karin Thalmann
Fachdidaktiker:	Felix Keller
Fachdozentin:	Ulrike Lohmann
Abgabedatum:	02.02.2009

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG 2
   1.1 Didaktische Überlegungen 2
   1.2 Leitidee 3
   1.3 Dispositionsziele 3
2. LEKTION 1: KLIMA – WAS HAT SICH VERÄNDERT? 4
   2.1 Inhalt 4
   2.2 Lernziele 4
   2.3 Ablaufplan 4
   2.4 Lernschritte 5
   2.5 Begründung der Methodenwahl 6
   2.6 Unterrichtsmaterialien 7
   2.7 Prüfungsfragen 7
3. LEKTION 2: IST DER KLIMAWANDEL MENSCHGEMACHT? 9
   3.1 Inhalt 9
   3.2 Lernziele 9
   3.3 Ablaufplan 9
   3.4 Lernschritte 10
   3.5 Begründung der Methodenwahl 11
   3.6 Unterrichtsmaterialien 11
   3.7 Prüfungsfragen 11
4. LEKTION 3: WELCHE AUSWIRKUNGEN HAT DER KLIMAWANDEL? 13
   4.1 Inhalt 13
   4.2 Lernziele 13
   4.3 Ablaufplan 13
   4.4 Lernschritte 14
   4.5 Begründung der Methodenwahl 14
   4.6 Unterrichtsmaterialien 14
   4.7 Prüfungsfragen 15
5. LEKTION 4: WAS KOSTET DER KLIMAWANDEL? 16
   5.1 Inhalt 16
   5.2 Lernziele 16
   5.3 Ablaufplan 16
   5.4 Lernschritte 17
   5.5 Begründung der Methodenwahl 17
   5.6 Unterrichtsmaterialien 18
   5.7 Prüfungsfragen 18
6. LEKTION 5: KLIMAWANDEL – WIE WEITER? 20
   6.1 Inhalt 20
   6.2 Lernziele 20
   6.3 Ablaufplan 20
   6.4 Lernschritte 21
   6.5 Begründung der Methodenwahl 21
   6.6 Unterrichtsmaterialien 22
   6.7 Prüfungsfragen 22
7. LITERATURVERZEICHNIS 23
8. ANHANG 24

1. Einleitung

Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (kurz IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) hat im Frühling 2007 einen Bericht veröffentlicht, in dem der Zustand des Klimasystems und seine Auswirkungen auf die menschlichen Gesellschaftssysteme festgestellt und die Möglichkeiten der politischen Gegensteuerung benannt werden. Es handelt sich dabei bereits um den vierten Bericht dieses Gremiums. Der letzte Bericht stammt aus dem Jahr 2001. Die vorliegende Unterrichtseinheit fokussiert sich auf diejenigen Erkenntnisse, welche seit 2001 neu gewonnen werden konnten und im IPCC-Bericht 2007 zusammengestellt sind.

1.1 Didaktische Überlegungen

Durch die Präsenz in den Medien und die persönlich erlebten Extremereignisse ist vermutlich schon jeder Lernende auf irgend eine Weise mit dem Thema Klimawandel konfrontiert worden. Das Thema ist sehr emotional besetzt (Angst vor Extremereignissen mit vielen Todesfällen, Freude an den heissen Sommertagen, Respekt vor der Unsicherheit über die Zukunft) und erfordert von den Lernenden ein hohes Abstraktionsvermögen. So ist der Treibhauseffekt, die Schädigung der Ozonschicht und die Klimaerwärmung an sich von Auge nicht sichtbar. Es empfiehlt sich daher eine Durchführung dieser Unterrichtseinheit in der 4. Klasse der Kantonsschule, nachdem der Treibhauseffekt und die Ozonschicht behandelt worden sind.

Der Stoff wird unterteilt in die Themen Klima, Ursachen, Auswirkungen, Kosten, Handeln. Die Schülerinnen und Schüler werden zu Beginn den Klimabegriff vertiefen und das vorhandene Wissen über den Treibhauseffekt und die natürlichen und anthropogenen Einflussfaktoren wird aktiviert. Die Arbeit mit diversen Abbildungen aus dem IPCC-Bericht 2007 zeigt einerseits die Wichtigkeit dieses Berichts für unseren Wissensstand über das Klimasystems auf, andererseits werden die Schüler im Umgang mit Grafiken und dem Interpretieren derselben geschult. Der Bezug zum Alltag und die Orientierung an konkreten Lebenssituationen lenkt die Schüler am Schluss der Unterrichtseinheit dazu, ihre eigenen Verhaltensmuster zu überdenken und versucht, sie zu Umwelthandeln zu aktivieren.

Die vorliegende Unterrichtseinheit ist für den Einsatz im Schulzimmer vorgesehen, obwohl der Klimawandel an und für sich nur draussen erlebt werden kann. Das eine schliesst aber das andere nicht aus und so kann auch diese Unterrichtseinheit durch Exkursionen und andere Aktivitäten an ausserschulischen Lernorten ergänzt werden. Ein womöglich neuer Gesichtspunkt wäre das Aufteilen der einzelnen Lektionen auf verschiedene Lehrpersonen. Damit für die Schüler nicht der Eindruck entsteht, ein ‚Öko-Junkie' labere sie voll, könnten verschiedene Fachlehrer die Lektionen unter sich aufteilen und so einerseits die Wichtigkeit des Themas stärken und andererseits die Vernetztheit des Themas aufzeigen. Die Lektionen können Verbindungen zu den Fächern Geografie, Chemie, Mathematik, Wirtschaft und zu guter letzt Englisch – schliesslich ist die ganze Fachliteratur auf englisch verfasst – herstellen. Aufgrund dieses Gedankens wurde die Festlegung auf ein einzelnes Fach daher bewusst ignoriert.

Die einzelnen Lektionen beinhalten jeweils einen thematischen Input durch die Lehrperson und Übungen, bei denen die Schüler den entsprechenden Stoff bearbeiten. Der Schluss besteht in ein bis zwei ‚Take-Home Messages'. Lehrerinformationen und Arbeitblätter zu den Lektionen

befinden sich im Anhang. Die Arbeitsblätter sind in schwarz-weiss angefertigt, damit ein problemloses Vervielfältigen möglich ist.

1.2 Leitidee

Extremereignisse wie der Lawinenwinter 1999 oder der Hitzesommer 2003 in Europa sind sehr medienwirksam und zeigen die Macht der Natur über uns Menschen auf. Doch ist es nicht gerade der Mensch, der die Natur zu solchen Ausschweifungen zwingt? Was sind denn die Fakten zum bisher beobachteten Klimawandel? Was verändert unser Klima und wie sieht die Entwicklung in den nächsten 100 Jahren aus? Gibt es Möglichkeiten, diese Entwicklungen zu beeinflussen?

Zur Beantwortung dieser Fragen und damit die Lernenden ihr eigenes Verhalten bezüglich Klimawandel reflektieren und sinnvolle Handlungsalternativen entwickeln können, ist fundiertes Wissen über die Ursachen und Folgen des Klimawandels Voraussetzung. Es ist daher unumgänglich, den umfassendsten und aktuellsten verfügbaren Bericht zum Thema Klimawandel – den IPCC-Bericht 2007 - im Unterricht zu behandeln. Zudem hat die UNO die Jahre 2005-2014 zur Weltdekade der Bildung für nachhaltige Entwicklung erklärt, um eine sozial, wirtschaftlich und ökologisch verträgliche Entwicklung zu fördern. Der Schule fällt demnach die wichtige Aufgabe zu, den gegenwärtigen ökologischen und gesellschaftlichen Wandel in den Unterricht einzubringen, ein Bewusstsein für globale Probleme zu schaffen und den Lernenden Gestaltungskompetenzen für ihre Zukunft zu vermitteln.

1.3 Dispositionsziele

- Die Lernenden verfügen über fundiertes Wissen über Ursachen und Folgen des Klimawandels
- Die Lernenden können ihr eigenes Verhalten bezüglich Klimawandel reflektieren und sinnvolle Handlungsalternativen entwickeln
- Die Lernenden können sich ihre eigene politische Meinung zum Thema Klimawandel bilden und tun dies auch
- Die Lernenden eignen sich Fähigkeiten an, Grafiken zu lesen und zu interpretieren
- Die Lernenden können wissenschaftliche Texte lesen und verstehen
- Die Lernenden motivieren sich und ihre Umgebung zu Umwelthandeln

2. Lektion 1: Klima – was hat sich verändert?

2.1 Inhalt

Der Klimabegriff ist den Lernenden aus dem Alltag bekannt. Ebenso die Tatsache, dass sich das Klima in den letzten Jahrzehnten erwärmt haben soll. In dieser Lektion geht es nun darum, alle Schüler auf den gleichen Wissensstand bezüglich Problematik des Klimawandels zu bringen und ihnen zu zeigen, dass es keinen Zweifel an der Erwärmung des Klimasystems gibt. Dazu wird die Lehrperson einen inhaltlichen Input zum Begriff Klima geben. Die Lehrperson erläutert die Arbeit und die Bedeutung des IPCC und erläutert die neusten Erkenntnisse zur Erderwärmung. Anschliessend arbeiten die Lernenden selbständig mit Grafiken zur Erderwärmung.

2.2 Lernziele

- Die Lernenden können in eigenen Worten beschreiben, worin sich die beiden Begriffe Klima und Wetter unterscheiden (K2)
- Die Lernenden können beurteilen, in wiefern Extremereignisse Indizien für den Klimawandel darstellen (K6)
- Die Lernenden können ein Diagramm mit dem Temperaturverlauf der letzten 100 Jahre erstellen (K3) und dieses Diagramm beschreiben (K2)
- Die Lernenden können erklären, weshalb die Temperaturzunahme an den Polen stärker ist als am Äquator (K2)

Speziell für diese Lektion gilt das Dispositionsziel, dass die Lernenden der Überzeugung sind, dass sich das Klimasystem erwärmt.

2.3 Ablaufplan

Modul: Die neusten Erkenntnisse zum Klimawandel (IPCC 2007)					
Lektion 1: Klima – was hat sich verändert?					
Zeit	S	Inhalt	Aktivität Lernende	Aktivität Lehrperson	Materialien
2’	1	Klimaveränderung im Klassenzimmer (entspannt)	Gemütlich einrichten	Entspannte Lage schaffen	Bild aus Anhang L.1.1 auflegen
1’	2	Klimaveränderung im Klassenzimmer (angespannt)	Prüfungsfragen beantworten	Aufbrausen, unvorbereiteten Test austeilen	Prüfungsfragen aus A.1.1 für alle Schüler
5’	3	Klima – zwischenmenschliche Bedeutung	Mündliche Beiträge liefern, Interesse aktivieren	Zusammenfassung des Einstiegs. Lernziele bekanntgeben.	
10’	4 5 6	Begriff Klima draussen IPCC Beobachtete Änderungen der Erdoberflächentemperaturen	Aktiv zuhören	Lehrervortrag zu den Themen	Informationen aus L.1.2 und L.1.3
15’	7	Vertiefung des bisherigen Verlaufs der Erdoberflächen-temperaturen	Einzelbearbeitung des Arbeitsblattes	Schüler beobachten, unterstützen	Arbeitsblatt A.1.2, A.1.3
8’	8	Informationsvermittlung zu bisherigem Verlauf der Erdoberflächentemperaturen	Einzelne präsentieren ihre Lösungen	Lösungen bekanntgeben	Lösungen L.1.4
5’	9	Schluss, Take-Home Message	Reflektieren der Lektion, mündliche Beiträge liefern	Take-Home Message formulieren, Fragerun-de: Was ist der Grund	Folie: Ist der Klimawandel menschgemacht?

				für die beobachteten Änderungen? Folie auflegen, Schlusssatz	

2.4 Lernschritte

S1: **Informierender Unterrichtseinstieg-1.** Lehrperson: *Ach, liebe Schülerinnen und Schüler, geht es Ihnen nicht manchmal auch so: Sie schwatzen mit Freunden über dies und das und sind eigentlich nur am Jammern? Vielleicht auch über die Schule? Wie stressig sie ist? Aufsätze schreiben, Prüfungen vorbereiten, Präparationen erstellen, Referate halten, mündliche Abfragen über sich ergehen lassen, immer unter Druck stehen? Lassen Sie diese Last für kurze Zeit von Ihnen fallen. Machen Sie es sich gemütlich, trinken Sie etwas, schwelgen Sie mit diesem Bild* (Lehrperson projiziert zur Einstimmung das Bild aus [L.1.1]) *in den Sommerferien, lassen Sie Ihren Gedanken freien Lauf, diskutieren Sie mit Ihrem Sitznachbarn Ihre Traumdestinationen und tanken Sie Energie für diese Lektion. Geniessen Sie diese Stimmung einen Moment lang*. (Lehrperson holt sich etwas zu Trinken, setzt sich an ihr Pult und geniesst die Stimmung ebenfalls).

S2: **Informierender Unterrichtseinstieg-2.** Nach diesen zwei Minuten schiesst die Lehrperson von einer Sekunde auf die andere los: *Was fällt Ihnen eigentlich ein? Sie Plaudern und Träumen mitten in der Schulstunde?! Wir sind hier zum Lernen und nicht, um die Ferien vorzubereiten! Haben Sie denn gar keinen Anstand?* (Zeigt auf eine Person:) *Ihnen wird das Lachen schon noch vergehen! Wissen Sie denn eigentlich, was wir heute für ein Thema behandeln? Oder haben Sie etwa das Gefühl, Sie wissen eh schon alles? Ich brauche Ihnen anscheinend gar nichts mehr zu erzählen. Gut, Sie haben es so gewollt: Dann verteile ich Ihnen eben einen unvorbereiteten Test. Mal sehen, was Sie wirklich schon alles wissen.* Die Lehrperson verteilt den Test [A.1.1] und setzt sich schweigend an ihr Pult.

S3: **Klima – zwischenmenschliche Bedeutung.** Nach einer weiteren Minute entspannt die Lehrkraft die Situation wieder (zum Beispiel durch einen Glockenton): *Das Theater ist vorbei, der Test wird nicht benotet. Wieso aber diese Simmungsschwankungen? Hat jemand eine Idee, was das mit dem Thema der Lektion zu tun hat?* Die Lehrperson sammelt die Antworten oder antwortet selber, falls keine Reaktionen kommen. Die Schüler haben Extremereignisse im zwischenmenschlichen Bereich, d.h. im zwischenmenschlichen Begriff ‚Klima' erlebt. Diese Extremereignisse (gemütliche Stimmung, angespannte Stimmung) hatten für einen kurzen Moment eine Einwirkung, haben aber das Gesamtklima (z.B. über das ganze Jahr gesehen) nicht spürbar beeinflusst. Lehrperson: *Genau so ist es mit dem Naturphänomen Klima, welches wir in den folgenden fünf Lektionen genauer unter die Lupe nehmen wollen. In dieser Lektion beschäftigen wir uns mit dem Begriff Klima und den bisherigen Beobachtungen zu den Veränderungen der Erdoberflächentemperaturen. Neben den ausgeteilten Prüfungsfragen, die Sie am Ende der Lektion beantworten können, werden Sie auch in eigenen Worten beschreiben können, was Klima bedeutet und wie es sich vom Begriff Wetter unterscheidet und inwiefern Extremereignisse Indizien für den Klimawandel darstellen.*(= Lernziele)

S4: **Begriff Klima draussen.** Lehrervortrag: Das Wetter verändert sich täglich, das Klima ist das

gemittelte Wetter. Aber auch das Klima kann sich ändern, so gab schon immer wärmere und kältere Perioden (Eis- und Warmzeiten). Auch kurzfristige Extremereignisse, welche dem Wetter zuzuordnen sind, gab es schon immer. Sie häufen sich aber je länger je mehr und beeinflussen so das Klima.

S5: **IPCC.** Lehrervortrag: Die periodischen Sachstandsberichte des IPCC zu den Ursachen und Auswirkungen sowie den möglichen Reaktionsstrategien auf die Klimaänderung sind die umfassendsten und aktuellsten verfügbaren Berichte zum Thema Klimawandel und werden daher als Grundlage für diesen Unterricht genommen. [L.1.2]

S6: **Beobachtete Änderungen der Erdoberflächentemperaturen.** Lehrervortrag: Vorstellen von Grafiken aus dem IPCC-Bericht 2007 und den entsprechenden neuen Erkenntnissen. [L.1.3]

S7: **Bisheriger Verlauf der Erdoberflächentemperaturen.** Einzelarbeit: Anhand der Aufgaben zu den Grafiken wird das von der Lehrperson vermittelte Wissen gefestigt und die Tatsache, dass sich das Klimasystem erwärmt, eingeprägt. [A.1.1, A.1.2]

S8: **Bisheriger Verlauf der Erdoberflächentemperaturen.** Diskussion: Im Plenum wird über den Inhalt der Aufgaben bzw. deren Lösungen kommuniziert. [L.1.4]

S9: **Schluss.** Lehrperson: *Wir wissen nun was Klima ist und wie es sich in den letzten Jahren verändert hat* (Bezug zu den Lernzielen herstellen). *Das Fazit aus dieser Lektion lautet: Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig.* (=Take-Home Message). *Haben Sie Ideen, was die Gründe sind, die zum Temperaturanstieg geführt haben?* (Stichworte auf Flip Chart aufschreiben) *Das Klimasystem erwärmt sich und Sie haben diese möglichen Gründe dafür aufgezählt. Es drängt sich nun die Frage auf, ob der Klimawandel menschgemacht ist.* (Frage auf einer Folie auflegen: Ist der Klimawandel menschgemacht? *Mit dieser Frage werden wir uns in der nächsten Lektion befassen. Bis dahin wünsche ich Ihnen eine entspannte Zeit.* (Der Schlusssatz bezieht sich auf den entspannten Einstieg in die Lektion).

2.5 Begründung der Methodenwahl

Informierender Unterrichtseinstieg

Der informierende Unterrichtseinstieg (IU) beginnt mit einer realitätsnahen Situation und konfrontiert die Lernenden mit einem Problem, dessen Lösung sie noch nicht kennen. In diesem Sinne entspricht dieser IU einer Situation, wie sie dem problemorientierten Lernen zu Grunde liegt. Der IU soll auf das Thema einstimmen und neugierig machen. Es geht zu diesem Zeitpunkt also noch nicht darum, Wissen aufzubauen, also auch nicht um die Anwendung von konstruktiven Methoden. Trotzdem möchte mich in diesem Kapitel zum IU äussern. Der vorgeschlagene IU fordert von der Lehrperson, dass sie gewisse schauspielerische Fähigkeiten hat und sich in zwei verschiedene Persönlichkeit versetzen kann. Der IU gelingt nur dann, wenn die Lehrperson die Stimmungsschwankungen konsequent verfolgt und nicht Durchblicken lässt, dass es sich um Schauspielerei handelt. Nicht nur die Lehrperson ist gefordert, sondern auch die Schüler. Wie werden Sie diese (noch) unbekannten Seiten der Lehrperson aufnehmen? Werden Sie schmunzeln müssen? Werden Sie wütend und verlassen gar das Schulzimmer? Es ist die

Entscheidung der Lehrperson, bei welcher Klasse sie diesen IU durchführen kann und bei welcher Klasse sie besser einen anderen Einstieg in das Thema formuliert.

Einzelarbeit
Für die Durchführung der weiteren Lektionen ist es nötig, dass alle Lernenden auf dem gleichen Wissensstand bezüglich Klimawandel sind und dass jeder einzelne Lernende der Überzeugung ist, dass sich das Klimasystem erwärmt. Damit sichergestellt werden kann, dass sich auch jede einzelne Person mit diesen Grundlagen befasst, und dass jede Person auf ihrem persönlichen Wissensstand abgeholt wird, wird eine Einzelarbeit durchgeführt. In der Einzelarbeit fügt der Lernende den neuen Lerninhalt in die bestehenden Konstruktionen der Welt ein. Aber dies gelingt nur hinreichend, wenn die Ausgangslagen der Lerner beachtet und durch ein klares Förderkonzept unterstützt werden. Dieses Förderkonzept steckt hinter dem Aufbau der Aufgaben: Aufgabe 1 ist anschaulich und sehr einfach, so dass alle Lernenden folgen können (‚Wir sollten auf eine Eiszeit zusteuern...'). Aufgabe 2 ist eine Wiederholung der Aufgabe 1, wobei ein neuer Aspekt dazugefügt wird (‚...aber die Temperaturen steigen an...'). Aufgabe 3 behandelt den neuen Aspekt aus einer anderen Sichtweise und bestätigt die neue Erkenntnis (‚... und zwar markant.'). Und schliesslich wird durch den Austausch am Ende der Lektion sichergestellt, dass alle Lernenden zum gleichen Schluss gekommen sind.
(Quelle: http://methodenpool.uni-koeln.de)

2.6 Unterrichtsmaterialien

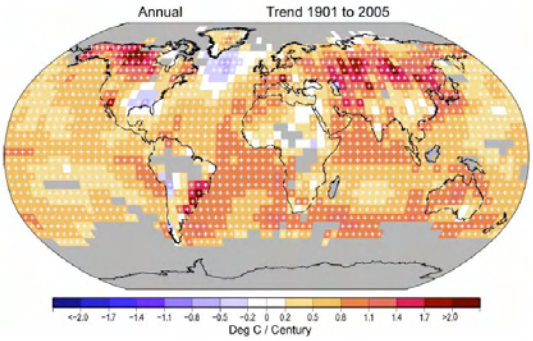
Die Lehrerinformationen (L) und Arbeitsblätter (A) zu dieser Lektion finden sich in Anhang 1:

L.1.1 Mögliches Bild für die Eröffnung der Lektion (S1)
L.1.2 Informationen zum IPCC (S5)
L.1.3 Abbildungen zu Temperaturen aus IPCC 2007 (S6)
L.1.4 Lösungen zu den Arbeitsblättern (S8)

A.1.1 Prüfungsfragen (S2)
A.1.2 Arbeitsblatt 1: Verlauf der Erdoberflächentemperatur (S7)
A.1.3 Arbeitsblatt 2: Verlauf der Erdoberflächentemperatur (S7)

2.7 Prüfungsfragen

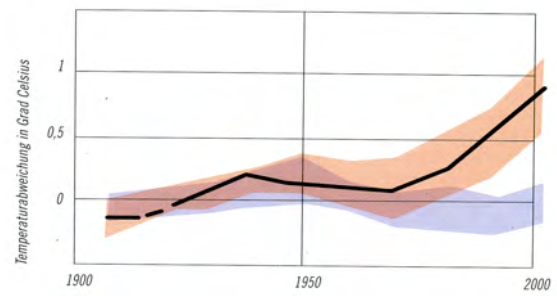
1) Die nebenstehende Abbildung aus dem IPCC-Bericht 2007 zeigt die beobachtete Änderung der Erdoberflächentemperaturen von 1901 bis 2005. Schätzen Sie ab, warum die aktuell zu beobachtende Temperaturzunahme an den Polen stärker ist als am Äquator. (K2)
   Die Frage ist gut beantwortet, wenn Sie mindestens ein Merkmal für die Temperaturzunahme an den Polen und ein Merkmal für die Temperaturzunahme am Äquator beschreiben. (10 Punkte)



Lösung:
Die Temperaturzunahme an den Polen ist wegen der Schnee- und Eisschmelze stärker als am Äquator: durch die Schneeschmelze ergibt sich anstelle einer weissen eine dunkle Oberfläche, welche mehr Sonnenlicht absorbiert -> Erwärmung. Betrachtet man die Kontinente, so ist nicht überall eine Temperaturzunahme zu beobachten: In gewissen Gebieten wurde es sogar kühler! Der Grund liegt darin, dass früher eine dunkle Oberfläche war und nun durch die landw. Nutzung die Erdoberfläche an diesem Ort heller wird und mehr Sonne abstrahlt.

2) Zeichnen Sie im untenstehenden Diagramm den globalen Temperaturverlauf der letzten 100 Jahre ein (K3) und beschreiben Sie die beobachteten Veränderungen (K2).
Für ein Diagramm mit den Jahrzehnt-Mittelwerten 1906-2005 und Temperaturabweichung in °C zum Mittel von 1901-1950 erhalten Sie 5 Punkte, dazu gehört auch die Beschreibung der Diagramm-Achsen. Weitere 5 Punkte erreichen Sie durch die Nennung von mindestens zwei Merkmalen zum Temperaturverlauf der letzten 100 Jahre.

Lösung:



Die schwarze Linie stellt die beobachtete Temperaturzunahme dar.
Die Kurve steigt von 1910-1940 und sinkt dann bis 1970. 1970 konnte man nach dem Rhythmus von Warm- und Eiszeiten folgern, dass uns die nächste Eiszeit bevorsteht.
Ab 1970 aber eindeutige Temperaturzunahme. Im Jahr 2000 ist es ca. 1°C wärmer als im Mittel 1901-1950. (Seit den 1950-er Jahren stark zunehmender Verbrauch fossiler Brenn- und Treibstoffe -> vermehrte Freisetzung von Treibhausgasen).

Ebenfalls als Erklärung gilt das „Global Dimming“: Nach Ergebnissen der ETH Zürich gab es zwischen den 60er- und 80er-Jahren einen als "Global Dimming" bezeichneten Rückgang der Sonneneinstrahlung, was einen kühlenden Effekt auf das Klima zur Folge hatte. Für dieses Phänomen wurde die Luftverschmutzung durch Schwefeldioxid und andere Schadstoffe wie Russpartikel verantwortlich gemacht. In dieser Zeit entwickelte sich die globale Durchschnittstemperatur nicht so, wie man dies auf Grund der steigenden Konzentrationen an Treibhausgasen eigentlich erwarten hätte müssen. Seit Mitte der 80er-Jahre ist dieser Effekt nicht mehr erkennbar, was unter anderem auf die wirksamen Luftreinhaltungsmaßnahmen zurückgeführt wird, die in dieser Zeit weltweit begonnen hatten. In den 90er-Jahren hat sich die globale Erwärmung deutlich beschleunigt, was mit dem Rückgang des „Global Dimming“ zusammenhängen könnte.

3. Lektion 2: Ist der Klimawandel menschgemacht?

3.1 Inhalt

Schwerpunkt dieser Lektion ist die Ursache des beobachteten Klimawandels. Dabei sollten die Schüler die Funktionsweise des Treibhauseffekts bereits kennen. Sie werden in dieser Lektion mit den Zahlen des IPCC zur Energiebilanz der Erde konfrontiert und können ihr Wissen zum Treibhauseffekt stärken. Die Lektion besteht aus zwei inhaltlichen Schwerpunkten: Der Diskussion von natürliche und menschgemachte Einflüssen auf das Klima und den neuen Erkenntnissen aus dem IPCC-Bericht 2007 zu den Treibhausgas-Emmissionen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas.

3.2 Lernziele

- Die Lernenden können beurteilen, inwiefern der beobachtete Klimawandel auf natürliche bzw. auf menschliche Einflussfaktoren zurückzuführen ist. (K6)
- Die Lernenden können beschreiben, wie die folgende Aussage zustande kam (K2): Die CO_2- und CH_4-Konzentrationen sind heute höher als in den vergangenen 650'000 Jahren

Speziell für diese Lektion gilt das Dispositionsziel, dass die Lernenden Informationen aus den Medien gezielt hinterfragen und ihre Beurteilungen basierend auf Fakten begründen können.

3.3 Ablaufplan

Modul: Die neusten Erkenntnisse zum Klimawandel (IPCC 2007)					
Lektion 2: Ist der Klimawandel menschgemacht?					
Zeit	S	Inhalt	Aktivität Lernende	Aktivität Lehrperson	Materialien
2'	1	Die Welt und der Mensch	Interesse aktivieren	Folie auflegen, Text vorlesen	Folie: Ist der Klimawandel menschgemacht?, Text L.2.1
8'	2	Energiebilanz	Mündliche Beiträge liefern	Beiträge auf Wandtafel notieren	Wandtafel, Kreide, Bilder aus L.2.2
7'	3 4	Natürliche Antriebe Menschgemachte Antriebe	Aktiv zuhören	Lehrervortrag zum Thema	
15'	5	Klimamodelle versus tatsächliche Messungen	Brief schreiben (ev. mit Sitznachbar), Festigen des gehörten Stoffs, Austauschen der Resultate	Arbeitsblatt verteilen, Einzelne (ev. Zweiergruppen) unterstützen, Einzelne können ihren Brief vorlesen	Arbeitsblatt A.1.1
5'	6	Treibhausgaskonzentrationen	Aktiv zuhören	Lehrervortrag zum Thema	Inhalte aus L.2.3 vermitteln
8'	7	Bildbesprechung, Take-Home Messages	Mündliche Beiträge liefern, Reflektieren der Lektion	Bildrätsel besprechen und auflösen, Take-Home Messages verkünden, Briefe aufhängen	Bild aus L.2.4 auflegen

3.4 Lernschritte

S1: **Informierender Unterrichtseinstieg.** Die Folie vom Ende der letzten Lektion: ‚Ist der Klimawandel menschgemacht?' ist bereits beim Eintreten der Lernenden in das Schulzimmer auf dem Hellraumprojektor aufgelegt. Lehrperson: *Geschätzte Schülerinnen und Schüler, ist der Klimawandel menschgemacht? Wir haben dazu bereits in der letzten Lektion einige Stichworte gesammelt, heute möchte ich Ihnen als Einstimmung eine kurze Geschichte vorlesen.* (Lehrperson liest die Geschichte aus L.2.1 vor). *Das ist doch dicke Post! Da schreibt jemand klipp und klar, dass der Mensch an allem Schuld ist. Doch darf man das? Kann man das? Wie kann denn der Einfluss des Menschen bewiesen werden? Und was trägt die Natur dazu bei? Diesen Fragen werden wir uns in dieser Lektion widmen – und noch mehr: ich werde Ihnen zeigen können, wie die Treibhausgaskonzentrationen in den letzten sage und schreibe 650'000 Jahren ausgesehen haben! Dazu tauchen wir ein in die Erforschung von Eisbohrkernen.*

S2: **Globale Energiebilanz.** Repetition im Plenum oder Lehrervortrag: Die globale Energiebilanz aus dem IPCC 2007 wird mit PowerPoint projiziert im Klassen–gespräch diskutiert [L.2.2].

S3: **Natürliche Antriebe.** Lehrervortrag: natürliche Antriebe, wie Vulkanausbrüche etc. würden zu einer Absenkung der Erdoberflächentemperatur führen.

S4: **Menschgemachte Antriebe.** Lehrervortrag: Treibhausgase aus Verbrennung, Landwirt–schaft, Landnutzungsänderungen führen zu einer Erhöhung der Erdoberflächentemperatur.

S5: **Klimamodelle.** Briefmethode: Mittlere globale Erdoberflächentemperaturen – Modell und Messungen. Arbeitsblatt. [A.2.1]. Die im Arbeitsblatt verwendeten Grafiken stammen aus dem IPCC-Bericht 2001. Im neuen IPCC-Bericht konnten nur die Modelle a und c gefunden werden. Das Modell b, welches nur anthropogene Einflüsse berücksichtigt, ist aber für das Verfassen des Briefes unentbehrlich.

S6: **Treibhausgaskonzentrationen in den letzten 650'000 Jahren.** Lehrervortrag**:** Erforschung von Eisbohrkernen, Erläuterung der Auswertung der Eisbohrkerne, IPCC Grafiken [L.2.3]

S7: **Schluss.** Bildbesprechung, Lehrperson: *Zum Abschluss lege ich Ihnen noch ein Rätsel vor.* (Lehrperson legt Bild aus [L.2.4] auf.) *Was sehen Sie hier? Die Flächen der Länder sind verzerrt, was könnten diese Flächen abbilden?* Take-Home Messages: 1) Die Erwärmung des Klimasystems seit 1950 ist mit über 90%-iger Wahrscheinlichkeit durch anthropogene Treibhausgase verursacht. 2) Die CO_2 und CH4-Konzentrationen sind heute höher als in den vergangenen 650'000 Jahren.

3.5 Begründung der Methodenwahl

Briefmethode

Die Briefmethode hilft, das Gelernte zu reflektieren, in Worte zu fassen, neue Erkenntnisse über die eigene Perspektive zu gewinnen und das Argumentieren zu üben. Es geht in der vorliegenden Übung nicht primär um den sprachlichen Ausdruck, sondern besonders darum, den Inhalt zu verstehen, sich eigenständig, produktiv und konstruktiv mit dem Thema auseinander zu setzen und dem Sachthema einen aktuellen Lebensbezug zu verleihen. Die Lernenden eignen sich mit dieser Methode die Fähigkeiten zur Erreichung des Dispositionsziels sowie des ersten Lernziels an. Vielleicht ermöglicht die Briefmethode sogar, bei skeptischen Schülern einen Perspektivenwechsel zu initiieren.
(Quelle: http://methodenpool.uni-koeln.de)

Bildbesprechung

Nach dem zweiten thematischen Input werden die Schüler zum Schluss der Lektion nochmals zum Nachdenken und zur Mündlicharbeit animiert. Dies gelingt durch das Zeigen eines bekannten, aber verzerrten Bild der Welt. Was ist darauf dargestellt? Die Lernenden schildern und umschreiben den Inhalt des vorgezeigten Bildes, üben die Beobachtung und das Formulieren und hier insbesondere das Verknüpfen mit dem zuvor Gehörten. Die Lernenden erhalten einen bleibenden Eindruck der globalen Verteilung der Treibhausgasemissionen.

3.6 Unterrichtsmaterialien

Die Lehrerinformationen (L) und Arbeitsblätter (A) zu dieser Lektion finden sich in Anhang 2:

L.2.1 Text für die Eröffnung der Lektion (S1)
L.2.2 Abbildung der globalen Energiebilanz aus IPCC 2007 (S2-S4)
L.2.3 Treibhausgaskonzentrationen aus IPCC 2007 (S5)
L.2.4 Abbildung für den Schluss der Lektion (S7)

A.2.1 Arbeitsblatt 1: Mittlere globale Erdoberflächentemperaturen – Modell und Messungen (S5)

3.7 Prüfungsfragen

1) Ein Grossteil des beobachteten Temperaturanstieges seit 1950 wurde mit >90% Wahrscheinlichkeit durch anthropogene Treibhausgase verursacht. Wie wurde diese Aussage aufgestellt? (K5)
   Erwartet wird die Erläuterung, mit welcher Methode obiger Schluss zu Stande kam (4 Punkte) und welchen Einfluss natürliche (3 Punkte) und menschliche (3 Punkte) Einflussfaktoren auf das Klima haben.

   Lösung:
   Es wurden Modelle berechnet, die zeigten, dass die Summe aus solaren und vulkanischen Antrieben während der letzten 50 Jahre wahrscheinlich eine Abkühlung verursacht hätten.

Beobachtet wurde aber in den letzten 50 Jahren wurde eine Erwärmung der Troposphäre und eine Abkühlung der Stratosphäre. Die beobachtete Erwärmung wird nur mit Modellen erreicht, bei denen anthropogene Antriebe miteinbezogen werden. Nur die Zunahme der Treibhausgase hätte zu einer höheren Erwärmung geführt.

2) Beschreiben Sie, wie die folgende Aussage zustande kam: Die CO_2- und CH_4-Konzentrationen sind heute weit höher als in den vergangenen 650'000 Jahren. (K2)
Für die Beschreibung der Forschungsmethode erhalten Sie 4 Punkte. Für die Nennung der CO_2- und CH_4-Konzentrationen im Jahr 2005 erhalten Sie weitere 6 Punkte.

Lösung:
Mit Hilfe von Eisbohrkernen konnten die CO_2- und CH_4-Konzentrationen der letzten 650'000 Jahre bestimmt werden. Die atmosphärische Kohlendioxidkonzentration im Jahre 2005 übertrifft die aus Eisbohrkernen bestimmte natürliche Bandbreite der letzten 650'000 Jahre (180 bis 300 ppm) bei Weitem. Die atmosphärische Methan-Konzentration im Jahre 2005 übertrifft die aus Eisbohrkernen bestimmte natürliche Bandbreite der letzten 650'000 Jahre (320 bis 790 ppb) ebenfalls bei Weitem.

4. Lektion 3: Welche Auswirkungen hat der Klimawandel?

4.1 Inhalt

Auf der Grundlage der bisherigen Beobachtungen zur Treibhausgaskonzentration und Temperaturerhöhung (Lektion 1 und 2) werden in dieser Lektion die Veränderungen in physikalischen und biologischen Systemen aufgezeigt. Zudem wird auf die Zukunftsszenarien des IPCC 2007 eingegangen und die Art von zukünftigen Auswirkungen in Europa und verschiedenen Sektoren der Schweiz besprochen. Die Arbeitsblätter dieser Lektion können keiner Methode zugeordnet werden. Sie enthalten lediglich Ideen, welche unter dem Kapitel ‚Begründung der Methodenwahl' diskutiert werden. Der Schluss der Lektion ist nicht ausformuliert, weil dieser von der Methodenwahl abhängt, und diese wiederum - wie beschrieben - nicht abschliessend behandelt worden ist.

4.2 Lernziele

- Die Lernenden können die Folgen des erwarteten Klimawandels für ein beliebiges Land in Europa abschätzen (K3)
- Die Lernenden können den Temperaturverlauf der verschiedenen Szenarien bis ins Jahr 2100 interpretieren (K2)
- Die Lernenden können je zwei Beispiele für die Auswirkungen der Klimaerwärmung pro Sektor nennen (K1)

4.3 Ablaufplan

Modul: Die neusten Erkenntnisse zum Klimawandel (IPCC 2007)					
Lektion 3: Welche Auswirkungen hat der Klimawandel?					
Zeit	S	Inhalt	Aktivität Lernende	Aktivität Lehrperson	Materialien
3'	1	Bezug zum Vorwissen herstellen mit Bildern von Extremereignissen	Interesse aktivieren	Bilder von Extremereignissen zeigen, Lernziele bekanntgeben	Bilder von Extremereignissen
8'	2 3	Bisher beobachtete Veränderungen der Extreme Bisher beobachtete Veränderungen in physikal. und ökologischen Systemen	Aktiv zuhören	Vortrag zu beobachteten Änderungen	L.3.1
10'	4	Klimaszenarien 2100	Aktiv zuhören	Szenarien und projizierter Temperaturverlauf erläutern	L.3.2
20'	5 6	Auswirkungen der Klimaerwärmung nach Ländern (Europa) Auswirkungen der Klimaerwärmung nach Sektoren (Schweiz)	Bearbeiten der Arbeitsblätter	Verteilen der Arbeitblätter, Sicherstellen, dass alle zur richtigen Lösung kommen	A.3.1, A.3.2, Lösungen in L.3.3
4'	7	Schluss, Take-Home Messages	Reflektieren der Lektion	Verkünden der Take-Home Messages	

4.4 Lernschritte

S1: **Informierender Unterrichtseinstieg.** Lehrperson: *Mögen Sie sich noch an den 29. Oktober 2008 erinnern? An diesem Tag hat es in Zürich geschneit! Hat das nun etwas mit der Klimaveränderung zu tun? Was haben wir in Zukunft aufgrund der Klimaveränderung für Phänomene zu erwarten? Diese Fragen besprechen wir in der heutigen* Lektion (Die Lehrperson liest die Lernziele vor.)

S2: **Beobachtete Veränderungen der Extreme.** Lehrervortrag**:** Extremereignisse werden sich häufen, Grafiken aus dem IPCC-Bericht 2007 zeigen.

S3: **Beobachtete Veränderungen in ökolog. und physikal. Systemen.** Lehrervortrag: [L.3.1]

S4: **Klimaprognosen bis 2100.** Lehrervortrag: Szenarien vorstellen. Temperaturverläufe je nach Szenario erläutern. Welches Szenario entspricht am ehesten der Wirklichkeit? [L.3.2] 0.76°C Erwärmung in 100 Jahren ist nicht viel aber das Klimasystem weist eine grosse Trägheit gegenüber Veränderungen aus -> langsamer Bremsweg. Und zudem als Vergleich: die letzte Eiszeit war vor 18'000 Jahren, dann war das Mittelland eisbedeckt und es war nur 3°C kälter als heute!

S5: **Arbeitsblatt Auswirkungen nach Ländern (Europa).** Arbeitsblatt 1 [A.3.1]

S6: **Arbeitsblatt Auswirkungen nach Sektoren (Schweiz).** Arbeitsblatt 2 [A.3.2]

S7: **Schluss.** Take-Home Messages: 1) Die Erwärmung der nächsten Dekaden steckt schon im System drin. Die langfristige Erwärmung liegt in unserer Hand. 2) Die zu erwartende Klimaänderung beinhaltet: mehr Extreme (u.a. Hitzewellen), feuchter in den hohen Breiten, trockener in den Subtropen.

4.5 Begründung der Methodenwahl

Arbeitsblätter -> Rollenspiel?

Die erarbeiteten Arbeitsblätter sind in dieser Form keiner eindeutigen Methode zuzuordnen. Sie beinhalten Ideen, auf welche Art die Lernenden zum Denken angeregt werden könnten. Es besteht zum Beispiel die Möglichkeit, diese Übungen so umzuformulieren, dass daraus ein Rollenspiel entstünde: Die Schüler stellen verschiedene Akteure aus den einzelnen Sektoren dar und vertreten deren Standpunkt. Die Darstellung der verschiedenen Situationen könnte sich entweder nur auf die Schweiz beschränken (Arbeitsblatt 1) oder aber auf Europa ausgeweitet werden (Arbeitsblatt 2). Die Lernziele sind gegebenenfalls anzupassen. Gute Beispiele für verschiedene Betroffene finden sich im Heft des BAFU: UMWELT – Herausforderung Klimawandel, Ausgabe 3/2008.

4.6 Unterrichtsmaterialien

Die Lehrerinformationen (L) und Arbeitsblätter (A) zu dieser Lektion finden sich in Anhang 3:

L.3.1 Veränderung physikalischer und biologischer Systeme aus IPCC 2007 (S3)
L.3.2 Klimaprognosen 2100 aus IPCC 2007, (S4)
L.3.3 Lösungen zu den Arbeitsblättern (S5,S6)

A.3.1 Arbeitsblatt 1: Auswirkungen der Klimaveränderungen nach Ländern (Europa) (S5)
A.3.2 Arbeitsblatt 2: Auswirkungen der Klimaveränderungen nach Sektoren (Schweiz) (S6)

4.7 Prüfungsfragen

1) Warum unterscheiden sich die verschiedenen Szenarien bis 2030 kaum, sondern sind die Unterschiede erst am Ende des Jahrhunderts sichtbar? (K2)
   Für die Erläuterung von zwei Gründen für die obige Beobachtung erhalten Sie 10 Punkte.

   Lösung:
   Das System ist sehr träge, der Ozean erwärmt sich nur langsam (Sonnenhöchststand im Juni, Ozean ist im August am wärmsten), deshalb ist erst nach 30 Jahren sichtbar, welchen Einfluss unseren heutigen Emissionen auf das System haben.

2) Nennen Sie Beispiele für die Auswirkungen der Klimaerwärmung in 3 verschiedenen Sektoren. (K1)
   Für jedes korrekte Beispiel erhalten Sie 2 Punkte, maximal jedoch 10 Punkte. Dabei müssen sich die Beispiele auf mindestens 3 verschiedene Sektoren beziehen. Es sind demnach auch mehrere Beispiele pro Sektor möglich.

   Lösung:

- *Tourismus: Die Schneefallgrenze liegt höher, es braucht neue Standorte für Skischulen, die Winteratmosphäre im Unterland fehlt. Das Wasser für die Beschneiung wird knapp und der Gletscherrückzug führt dazu, dass die alpine Landschaft an Attraktivität verliert. Das Auftauen des Permafrosts führt zu gefährlichem Steinschlag*
- *Wasserwirtschaft: weniger Wasser heisst tiefere Pegel, d.h. zum Beispiel für den Rhein, dass die Transportkapazitäten sinken und die Kosten für den Transport steigen. Die Stromproduktion aus Wasserkraft vermindert sich um ca. 7%. Forellen kommen unter Druck, andere Arten wandern ein. Es gibt Konkurrenz ums Wasser: Landwirtschaft (Bewässerung), (Energie-) Wirtschaft und Gewässerökosysteme*
- *Menschliche Gesundheit: Mehr Hitzetote, weniger Todesfälle durch Kälte, grössere Ausbreitung von Zecken und Mücken, Verlängerung der Pollensaison. Am meisten leidet die Bevölkerungsgruppe (Kinder, Betagte) mit geringer Anpassungskapazität.*
- *Infrastruktur: Die Zunahme der extremen Wetterereignisse wirkt sich auf die Infrastruktur aus (Trasseenstabilität und Strassen gefährdet durch Starkniederschläge, Hochwasser, Rutschungen, Lawinen, Hitzeperioden) aus. Investitionen zum Schutz vor Extremereignissen werden nötig. In Gebäuden sinkt der Energiebedarf im Winter, dafür steigt der Kühlbedarf im Sommer*
- *Landwirtschaft: Pflanzen und Tiere wandern in bergige Höhen oder sterben aus, Subalpine Lärchenwälder verschwinden, vorerst erhöhte Produktivität in der Landwirtschaft, künstliche Bewässerung nötig, Befall von trockenheitsliebendem Borkenkäfer*

5. Lektion 4: Was kostet der Klimawandel?

5.1 Inhalt

Die vorangegangene Lektion hat gezeigt, dass die langfristige Erwärmung in unserer Hand liegt. Wir wollen in dieser Lektion studieren, welche Reduktionspotentiale es aus wirtschaftlicher Sicht gibt und was eine Umsetzung dieser Potentiale für Emissionsminderungen bewirken könnte. Zudem werden die vom IPCC 2007 bezifferten Vermeidungskosten mit den zu erwarteten Schadenskosten verglichen.

5.2 Lernziele

- Die Lernenden können in eigenen Worten beschreiben, wie das IPCC bei der Berechnung der Emissionsminderungspotentiale vorgegangen ist (K2)
- Die Lernenden können für einen Sektor Technologien und Möglichkeiten zur Reduktion des Treibhausgas-Ausstosses nennen (K1)
- Die Lernenden können abschätzen, in welchem Sektor und in welcher Kostenkategorie das grösste Reduktionspotential im Jahr 2030 vorhanden ist (K3)

5.3 Ablaufplan

Modul: Neuste Erkenntnisse zum Klimawandel (IPCC 2007)					
Lektion 4: Was kostet der Klimawandel?					
Zeit	S	Inhalt	Aktivität Lernende	Aktivität Lehrperson	Materialien
3’	1	Auf Lektion einstimmen	Aktiv zuhören	Geschichte mit Glühbirne erzählen,	Halogenspot und Stromsparspot mit Verpackung und Preis
10’	2 3	Treibhausgasemissionen bis 2004 Treibhausgasemissionen bis 2030	Aktiv zuhören	Vortrag zum Thema, Überleitung zu Reduktionspotentialen	L.4.1.-L.4.3
10’	4	Reduktionspotentiale erarbeiten	Selbststudium der Arbeitsblätter, bestimmen, wer vorträgt und wer die Tabelle ausfüllt.	Zuteilung in 7 Gruppen, Arbeitsblätter verteilen	Arbeitsblätter A.1.1-A.1.7 pro Gruppe, A.1.8 für jede Person
20’	4 5 6	Vorträge der Gruppen zum Reduktionspotential nach Sektoren* Diskussion der Verminderungskosten Diskussion der Schadenskosten	Vorträge der Gruppen (ohne Hilfsblatt) und ausfüllen der Tabelle auf der Folie und jeder für sich	Abfolge der Gruppen bestimmen, Bilder projizieren, Input bezüglich Kosten in % des BIP	Tabelle A.1.8 auf Folie auflegen, ein passendes Bild zu jeder Gruppe projizieren. Alle erhalten alle Arbeitsblätter, L.4.4
2’	7	Schluss	Reflektieren der Lektion	Take-Home Messages. Verknüpfung zum IU herstellen.	

*Für Lernschritt S4 eignet sich anstelle der Methode mit Selbststudium und Referaten auch die Puzzle-Methode (siehe Kapitel 5.5, Begründung der Methodenwahl)

5.4 Lernschritte

S1: **Informierender Unterrichtseinstieg.** Lehrperson: *Letzte Woche stand ich im Supermarkt vor dem Regal mit den Leuchtkörpern – ich brauchte dringend eine neue Glühbirne für meine Gangbeleuchtung zu Hause. Die Auswahl war gross: von herkömmlichen Glühbirnen über Halogenspots zu Energiesparlampen. Und mir wurde sogar gleich aufgezeigt, wie viel Strom ich mit welchem Produkt einsparen kann. Eine Stromsparlampe z.B. benötigt 80% weniger Energie als eine herkömmliche Glühbirne. Ich dachte für mich: Wunderbar, es gibt ja ein grosses Potential, die Treibhausgasemmissionen durch den Einsatz von cleveren Technologien zu reduzieren! Nun kostet aber eine Stromsparlampe mindestens dreimal so viel wie eine herkömmliche Glühbirne. Da stellte sich für mich die Frage, ob denn eine Reduktion der Treibhausgase durch effizientere Technologien vielleicht gar nicht bezahlbar ist? Das IPCC ist dieser Frage nachgegangen und wir werden in der heutigen Lektion erfahren,* (Lehrperson projiziert Lernziele) *wie das IPCC bei der Berechnung der Emmissionspotentiale vorgegangen ist, in welchen Sektoren es was für Technologien und Möglichkeiten zur Reduzierung des CO_2-Ausstosses gibt und wo das grösste Reduktionspotential im Jahr 2030 vorhanden ist.*

S2: **Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2004.** Lehrervortrag [L.4.1]

S3: **Treibhausgasemissionen 2000, 2030 und 2100.** Lehrervortrag: je nach Szenario andere Entwicklung der Treibhausgasemissionen [L.4.2]

S4: **Reduktionspotenziale in verschiedenen Bereichen.** Selbststudium (Gruppenarbeit) und Referat durch Schüler [A.4.1-A.4.8]

S5: **Kosten für Reduktion, Verminderungskosten.** Lehrervortrag [L.4.3]

S6: **Schadenskosten**. Lehrervortrag [L.4.3]

S7: **Schluss**. Take-Home Messages: 1) Das ökonomische Mitigationspotenzial < 100US$ ist genug, um die Emissionen 2030 unter das heutige Niveau zu senken 2) Die Schadens- und Anpassungskosten, die die Klimaänderung verursacht sind deutlich höher als die Vermeidungskosten. Lehrperson: *Im ökonomischen Potential ist mein persönlicher Beitrag, also die Tatsache, ob ich nun eine Stromsparlampe oder eine herkömmliche Glühbirne kaufe, nicht berücksichtigt. Aber natürlich können auch unsere persönlichen Konsumentscheidungen zur Reduktion der Klimaerwärmung beitragen. Welche Möglichkeiten es gibt, werden wir in der nächsten Lektion behandeln. Ich wünsche Ihnen einen guten Tag und auf Wiedersehen.*

5.5 Begründung der Methodenwahl

Selbststudium (Gruppenarbeit) und Referat

Die Arbeitsblätter zu den verschiedenen Sektoren sind alle etwa gleich umfangreich und interessant und können so sehr gut auf verschiedene, gleich grosse Gruppen verteilt werden.

Mit Hilfe der Arbeitsblätter erhalten die Lernenden die Gelegenheit, die Grundlagen zur Beantwortung der gestellten Frage (‚Welche Reduktionspotentiale gibt es in welchem Sektor?') selbständig zu erarbeiten. Der Austausch der Gruppen erfolgt durch Referate, welche durch Bildmaterial unterstützt werden. Die Lernenden üben das Präsentieren und müssen sich vom Zwang befreien, sich an schriftliche Unterlagen zu binden.

Puzzle-Methode
Unter der Voraussetzung, dass die Klasse aus 16 Schülern besteht und man sich auf vier der sieben Sektoren beschränkt, kann anstelle der Referate auch die Puzzle-Methode angewendet werden. Dabei bilden sich die Lernenden in einer ersten Runde zu Experten aus (Expertenrunde) und geben ihr Wissen in einer zweiten Runde (Unterrichtsrunde) an die Mitschüler weiter. Mit dieser Methode werden alle Mitschüler aktiviert, die Mündlicharbeit wird gefördert, die Hemmschwelle für den Input ist aufgrund der kleinen Gruppengrössen tief und es sind Repetitionsschlaufen vorhanden.

5.6 Unterrichtsmaterialien

Die Lehrerinformationen (L) und Arbeitsblätter (A) zu dieser Lektion finden sich in Anhang 4:

L.4.1 Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1970-2004 (S2)
L.4.2 Treibhausgasemissionen 2000, 2030 und 2100 (S3)
L.4.3 Emissionsminderungspotential und Schadenskosten (S5,S6)
L.4.4 Lösungen zur Gruppenarbeit (S4)

A.4.1 Gruppe 1: Energieumwandlung (S4)
A.4.2 Gruppe 2: Transport und dazugehörige Infrastruktur (S4)
A.4.3 Gruppe 3: Wohn- und Geschäftsgebäude (S4)
A.4.4 Gruppe 4: Industrie (S4)
A.4.5 Gruppe 5: Landwirtschaft (S4)
A.4.6 Gruppe 6: Forstwirtschaft (S4)
A.4.7 Gruppe 7: Abfallwirtschaft (S4)
A.4.8 Tabelle: Reduktionspotentiale im Jahr 2030 (S4)

5.7 Prüfungsfragen

Für die Klausurvorbereitung gilt: Alle wissen über einen Sektor der Gruppenarbeit Bescheid.

1) Nennen Sie für einen beliebigen Sektor Technologien und Möglichkeiten zur Reduktion des Treibhausgas-Ausstosses (K1)
   Für jede korrekte Reduktionsmöglichkeit erhalten Sie 2.5 Punkte, insgesamt aber maximal 10 Punkte.

   Lösung:
   (siehe auch Arbeitsblätter der 7 Gruppen)

Energieumwandlung	*Verlagerung des Angebots auf CO_2-arme fossile Brennstoffe (z.B. Erdgas statt Kohle), Einsatz von Auffangtechnologien (carbon capture and storage), Einsatz*

	alternativer Energien. Unterstützung erneuerbarer Energien durch die Politik (z.B. CO_2-Besteuerung, Subventionierung von erneuerbaren Energien oder regulatorische Massnahmen)
Transport und Infrastruktur	*Grösstes Einsparungspotential im Strassenverkehr: i) effizientere, leichtere und aerodynamischere Fahrzeuge, ii) die Substitution von fossilen Treibstoffen durch alternative Treibstoffe wie z.B. Biotreibstoffe, Elektrizität oder Wasserstoff (Stichwort: Flexfuel-Systeme), iii) betriebliche Optimierungen (Stichworte: Leerfahrten, Routenwahl, Unterhalt etc.) und iv) die Verlagerung von Transportleistungen von der Strasse auf die Schiene.*
Gebäude	*Reduktion des Energieverbrauchs und der "Grauen Energie" in Gebäuden, Übergang zu kohlestoffarmen Energieträgern, Kontrolle der Nicht-CO_2-Treibhausgasemissionen*. Die Erhöhung der Energieeffizienz von neuen und alten Gebäuden ist dabei die vielversprechendste und kosteneffektivste Massnahme (Stichworte: Heizung, Kühlung, Lüftung, Isolierung, Beleuchtung, Solarenergie, energiesparende Geräte, Wartung, Verhalten der Nutzer).
Industrie	*Energieeffizienz, Umstellung auf CO_2-arme Primärenergielieferanten, Energiegewinnung, erneuerbare Energielieferanten, der Rohstoffverwendung, Produktumstellung und Materialeffizienz, Neu- und Ersatzinvestitionen unter der Voraussetzung der Umwelteffizienz zu tätigen*
Landwirtschaft	*Verbessertes Management von Acker- und Weideflächen (Stichworte: ackerbauliche Methoden, Bodenbearbeitung, Düngung) sowie die Sanierung von organischen Böden, die zwecks Ackerbau entwässert wurden, und von degeneriertem Land. Des Weiteren stehen folgende Optionen offen: verbessertes Management von Wasser und Reisanbau, Stilllegung oder veränderte Nutzung von Ackerflächen und Feldwaldbau.*
Forstwirtschaft	*Erhaltung bzw. Erhöhung der Waldfläche, Veränderungen in der Waldbewirtschaftung, Substitution von Produkten, die viel fossile Energie benötigen, durch holzbasierte Produkte und die Produktion von Bioenergie aus Holz*
Abfallwirtschaft	*Rückgewinnung und Nutzung von CH4-Deponiegas (landfill gas recovery), allgemein verbesserte Deponieverfahren, moderne Verbrennungsmethoden, technisierte Abwasserbehandlung, kontrolliertes Kompostieren von organischen Abfällen verbreitete Entsorgungsabdeckung, Recycling und die Vermeidung von Abfällen*

2) Schätzen Sie ab, in welchem Sektor und in welcher Kostenkategorie das grösste Reduktionspotential im Jahr 2030 vorhanden ist (K3)
   Sie erhalten 2 Punkte für die Beschreibung desjenigen Sektors, in dem das grösste Reduktionspotential (konservativ und optimistisch) vorhanden ist. Jeweils 2 weitere Punkte erhalten Sie für die korrekte Nennung derjenigen Sektoren je Kostenkategorie, bei denen das grösste Reduktionspotential vorhanden ist.

   Lösung:
   Grösstes Reduktionspotential im Sektor Gebäude (5.4-6.7 Gt CO_2-Äquivalente pro Jahr).
   < 0 US$/$CO_2$-Äquivalente pro Jahr: Gebäude (5.0 Gt CO_2-Äquivalente pro Jahr)
   < 20 US$/$CO_2$-Äquivalente pro Jahr: Energieversorgung (1.9 Gt CO_2-Äquivalente pro Jahr) oder Transport (1.4 Gt CO_2-Äquivalente pro Jahr)
   20-50 US$/$CO_2$-Äquivalente pro Jahr: Industrie (2.4 Gt CO_2-Äquivalente pro Jahr)
   50-100 US$/$CO_2$-Äquivalente pro Jahr: Landwirtschaft (1.7 Gt CO_2-Äquivalente pro Jahr)

6. Lektion 5: Klimawandel – wie weiter?

6.1 Inhalt

Nachdem die Lernenden nun fundiertes Wissen über Ursachen und Folgen des Klimawandels erlangt haben, geht es in dieser Lektion um die Umsetzung, d.h. darum, ihr eigenes Verhalten bezüglich Klimawandel zu reflektieren und sinnvolle Handlungsalternativen zu entwickeln. Es werden kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen und Ziele auf verschiedenen Ebenen (wie dem Einzelnen, Verbänden und Parteien, dem Staat oder der Weltgemeinschaft) diskutiert und jeder Einzelne zu einer Verhaltensänderung ermuntert.

6.2 Lernziele

- Die Lernenden können verschiedenen Akteuren mögliche Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase zuordnen (K4)
- Die Lernenden formulieren selber Ziele, die sie persönlich verwirklichen möchten (K3)

6.3 Ablaufplan

Modul: Die neusten Erkenntnisse zum Klimawandel (IPCC 2007)					
Lektion 5: Klimawandel – wie weiter?					
Zeit	S	Inhalt	Aktivität Lernende	Aktivität Lehrperson	Materialien
2’	1	Schwierigkeiten bei der Umsetzung von umweltbewusstem Handeln	Interesse aktivieren	Anknüpfen an IU der letzten Lektion	
7’	2	Was macht die Politik (Kyoto, Montreal)	Aktiv zuhören	Lehrervortrag zum Thema	
10’	3	Welche Akteure verfolgen welche Ziele?	Ziele und Aktionen den genannten Akteuren zuzuordnen	Verteilen der Arbeitsblätter	A.5.1 (2 Seiten), Schere, Leim; Lösungen L.5.2
10’	4	Kurz-, lang-, mittelfristige Ziele	Aktiv an Diskussion teilnehmen	Diskussion führen (Brainstorming),	
5’	5	Konsumentscheide und ihr Umwelteinfluss	Aktiv zuhören	Lehrervortrag. Hitparade Konsumentscheide vorstellen	L.5.1 (2 Seiten)
8’	6	Umsetzung jedes Einzelnen	Arbeitsblatt ausfüllen, in Kuvert stecken und dem Lehrer abgeben.	Verteilen der Arbeitsblätter und Kuverts, Einsammeln der Kuverts, Verschicken an Ostern nicht vergessen!	Kuvert, A.5.2
3’	7	Schluss	Reflektieren der Unterrichtseinheit	Zusammenfassen der Unterrichtseinheit, Schlusswort	

6.4 Lernschritte

S1: **Informierender Unterrichtseinstieg.** Lehrperson: *Sie erinnern sich bestimmt noch an meine Situation vor dem Regal mit den Leuchtkörpern. Damals fiel mir die Entscheidung nicht schwer. Bezogen auf die Treibhausgasemissionen ist eine teure Stromsparlampe der günstigeren, herkömmlichen Glühbirne selbstverständlich vorzuziehen. Aber wie ist es zum Beispiel beim Kauf von Tulpen? Soll ich Max Havelaar Freiluft-Tulpen aus Kenia oder Treibhaus-Tulpen aus dem nähergelegenen Holland kaufen? Bei vielen Entscheidungen sind wir Konsumenten überfordert. Damit wir trotzdem unseren Beitrag leisten können, werde ich Ihnen in dieser Lektion eine Hitparade zum umweltbewussten Konsum vorstellen. Zuerst aber werden Sie erfahren, Welchen Beitrag andere Akteure, wie zum Beispiel die Politik. Zum Klimaschutz beitragen.*

S2: **Politik und Klimawandel.** Lehrervortrag**:** Was macht die Politik (Kyoto-, Montreal-Protokoll), was konkret in der Schweiz, wie sieht es aus mit dem Erreichen der Ziele, der Umsetzung?

S3: **Akteure und Ziele.** Collage/Zuordnen: Arbeitsblatt [A.5.1]

S4: **Ziele: kurz-, lang-, mittelfristig?** Diskussion: Ziele, kurz-, lang-, mittelfristig? Brainstorming: weiteren Zielen/Aktionen.

S5: **Konsumentscheidungen**. Lehrervortrag: Konsumentscheide mit grössten Umweltwirkungen [L.5.2]

S6: **Umsetzen.** Selbstkontrolle**:** Welche Ziele steckt sich jeder Einzelne? Arbeitsblatt [A.5.2]

S7: **Schluss.** Lehrperson: *Wir sind nun am Ende dieser Unterrichtseinheit zu den neusten Erkenntnissen zum Klimawandel. Sie haben in den vergangenen Lektionen gesehen, wie sich unser Klima verändert hat, mit welchen Methoden die Forschung zu diesen Erkenntnissen gekommen ist, was die Gründe und die Auswirkungen der Klimaerwärmung sind und mit welchen Kosten zu rechnen ist. Wir haben besprochen, wie träge das System ist: Die Erwärmung der nächsten Dekaden steckt bereits im System drin. Was die Wirtschaft und der Staat heute entscheiden wirkt sich auf das Klima unserer Nachkommen aus. In drei Monaten werden Sie in Ihrem Briefkasten diesen Brief finden und – wer weiss – vielleicht haben bis dann auch Sie persönlich etwas zur Reduktion der Klimaerwärmung beigetragen. Ich wünsche Ihnen einen schönen Tag.*

6.5 Begründung der Methodenwahl

Collage/Zuordnen/Diskussion

„Ein Bild sagt mehr als tausend Worte“. Bilder sind wirksame Instrumente zur Vermittlung von Informationen und um Interesse zu wecken. Das Ausschneiden und Leimen erfordert nicht nur Kopf- sondern zur Abwechslung auch einmal Handarbeit. Die Lernenden müssen sich intensiv mit den einzelnen Akteuren auseinandersetzen, um zur richtigen Zuordnung zu gelangen und

sehen gleichzeitig verschiedene Ansichten gegenübergestellt. Über den erarbeiteten Inhalt wird anschliessend im Plenum kommuniziert. Das schliesst sowohl das Zuhören als auch das Sprechen ein, beides wird trainiert. Zudem haben Vergleiche und Zuordnungsprozesse in der Vertiefungsphase des Lernens einen respektablen Effekt.

Brainstorming
Das Brainstorming regt die Kreativität an und ermöglicht, schnell viele Ideen zu weiteren Zielen/Aktionen zu sammeln. Die Schüler bauen weltoffen und neue Perspektiven integrierend Wissen auf.
(Quellen: www.kompass.humanrights.ch; www.bmu.de)

Selbstkontrolle
Das Ziel dieser Unterrichtseinheit ist Umwelthandeln. Gemäss dem integrierten Handlungsmodell nach Rost et al. (2001) kann dieses über drei Stufen (Motivation – Absicht – Handeln) erreicht werden. In dieser Lektion befinden wir uns auf der letzten Stufe, der Stufe der Umsetzung, des Handelns. Mit Hilfe der Selbstkontrolle werden die Lernenden ohne erhobenen Zeigefinger zu Umwelthandeln ermuntert.

6.6 Unterrichtsmaterialien

Die Lehrerinformationen (L) und Arbeitsblätter (A) zu dieser Lektion finden sich in Anhang 5:

L.5.1 Konsumentscheide und ihre Umweltwirkung (S4)
L.5.2 Lösungen zu Arbeitsblatt 1 (S2)

A.5.1 Arbeitsblatt 1: Akteure des Klimaschutzes (S2)
A.5.2 Arbeitsblatt 2: Umsetzen, logo! (S5)

6.7 Prüfungsfragen

Für diese Lektion werden keine Prüfungsfragen formuliert. Die Prüfung besteht in der Selbstkontrolle.

7. Literaturverzeichnis

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC: Geneva, Switzerland, 104 pp. ISBN: 92-9169-122-4.

ProClim Schweiz, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Kordinierungsstelle (2007). *Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4). Klimaänderungen 2007: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger.* Bern/Berlin/Wien: Vögeli AG. ISBN: 978-3-907630-28-0.

OcCC (2008). *Das Klima ändert – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz.* Bern: Vögeli AG. ISBN: 978-3-907630-33-4.

BAFU (3/2008). *UMWELT, Herausforderung Klimawandel.* Derendingen: Vogt-Schild Druck AG. ISSN: 1424-7186.

Schwarzenbach A., Colberg C., Keller F. (2008). *Fachdidaktik Umweltlehre.* ETH Zürich, Vorlesungsunterlagen Herbstsemester 2008.

Rost et al. (2001). Integriertes Hadlungsmodell.

Reich, K. (Hg.): Methodenpool. In: url: http://methodenpool.uni-koeln.de

http://www.kompass.humanrights.ch (Informationen zum Brainstorming)

http://www.bmu.de (Arbeitsblatt 1 der Lektion 5)

http://www.bpb.de. Bundeszentrale für politische Bildung

http://: www.kzo.ch (Lehrplan der Kantonsschule Zürcher Oberland)

8. Anhang

Lektion 1
L.1.1 Mögliches Bild für die Eröffnung der Lektion (S1)
L.1.2 Informationen zum IPCC (S5)
L.1.3 Abbildungen zu Temperaturen aus IPCC 2007 (S6)
L.1.4 Lösungen zu den Arbeitsblättern (S8)
A.1.1 Prüfungsfragen (S2)
A.1.2 Arbeitsblatt 1: Verlauf der Erdoberflächentemperatur (S7)
A.1.3 Arbeitsblatt 2: Verlauf der Erdoberflächentemperatur (S7)

Lektion 2
L.2.1 Text für die Eröffnung der Lektion (S1)
L.2.2 Abbildung der globalen Energiebilanz aus IPCC 2007 (S2-S4)
L.2.3 Treibhausgaskonzentrationen aus IPCC 2007 (S5)
L.2.4 Abbildung für den Schluss der Lektion (S7)
A.2.1 Arbeitsblatt 1: Mittl. globale Erdoberflächentemperaturen – Modell und Messungen (S5)

Lektion 3
L.3.1 Veränderung physikalischer und biologischer Systeme aus IPCC 2007 (S3)
L.3.2 Klimaprognosen 2100 aus IPCC 2007, (S4)
L.3.3 Lösungen zu den Arbeitsblättern (S5,S6)
A.3.1 Arbeitsblatt 1: Auswirkungen der Klimaveränderungen nach Ländern (Europa) (S5)
A.3.2 Arbeitsblatt 2: Auswirkungen der Klimaveränderungen nach Sektoren (Schweiz) (S6)

Lektion 4
L.4.1 Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1970-2004 (S2)
L.4.2 Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2030 (S3)
L.4.3 Emissionsminderungspotential und Schadenskosten (S5,S6)
L.4.4 Lösungen zur Gruppenarbeit (S4)
A.4.1 Gruppe 1: Energieumwandlung (S4)
A.4.2 Gruppe 2: Transport und dazugehörige Infrastruktur (S4)
A.4.3 Gruppe 3: Wohn- und Geschäftsgebäude (S4)
A.4.4 Gruppe 4: Industrie (S4)
A.4.5 Gruppe 5: Landwirtschaft (S4)
A.4.6 Gruppe 6: Forstwirtschaft (S4)
A.4.7 Gruppe 7: Abfallwirtschaft (S4)
A.4.8 Tabelle: Reduktionspotentiale im Jahr 2030 (S4)

Lektion 5
L.5.1 Konsumentscheide und ihre Umweltwirkung (S4)
L.5.2 Lösungen zu Arbeitsblatt 1 (S2)
A.5.1 Arbeitsblatt 1: Akteure des Klimaschutzes (S2)
A.5.2 Arbeitsblatt 2: Umsetzen, logo! (S5)