

City4Future

Entwickle deine klimafreundliche Stadt der Zukunft!



Modul A Basismodul Klimawandel

Eine Entwicklung in Kooperation von:

Im Auftrag der:

Inhalt

1 Überblick	3
1.1 Steckbrief	3
1.2 Ablauf und Unterrichtsphasen	3
2 Basisinfos (nicht nur für Lehrkräfte)	6
2.1 Klimawandel – Was ist das? Was sind die Ursachen für den Klimawandel?	6
2.2 Welche Folgen hat der Klimawandel ?	7
2.3 Klimaskeptiker*innen mit Argumenten begegnen	8
2.4 Unterstützendes Material.....	8
3 Umsetzung des Basismoduls A	9
3.1 Einstieg: Einführung in das Thema Klimawandel.....	9
3.2 Erarbeitung mit Hilfe von Experimenten.....	10
3.3 Präsentation/Sicherung und Transfer durch die Wahl eines Teams	11
4 Überblick Arbeitsmaterialien	12
5 Lösungshinweise	13
5.1 Erwartungshorizont Station 1 – Experiment zum Klimawandel: Reflexion/Absorption von Sonnenstrahlen.....	13
5.2 Erwartungshorizont Abbildung „Legebild zum Treibhauseffekt“	14
5.3 Erwartungshorizont Station 2 – Experiment: Anstieg des Meeresspiegels (Packed/Landeis) .	15
5.4 Erwartungshorizont Station 3 – Experiment: pH-Wert der Ozeane	16
5.5 Hinweisblatt 1: Einstieg – Klimaquiz.....	16
5.6 Hinweisblatt 2: Anleitung zum Experiment – Die Wirkungsweise von CO ₂ erfahrbar machen	19
6 Arbeitsmaterial für Schüler*innen	21
6.1 Arbeitsblatt 1: Experiment zum Klimawandel – Reflexion/Absorption von Sonnenstrahlen	21
6.2 Infokärtchen Albedowerte	22
6.3 Kopiervorlage 1: Legebild zur Station 1	23
6.4 Arbeitsblatt 2: Experiment – Anstieg des Meeresspiegels (Packed/Landeis)	25
6.5 Arbeitsblatt 3: Experiment – pH-Wert der Ozeane	26
6.6 Arbeitsblatt 4: Präsentation der Ergebnisse	30
6.7 Arbeitsblatt 5: Beobachtung von Gruppenprozessen und der Präsentation.....	31
6.8 Optionales Arbeitsblatt 1: Statements	32
6.9 Optionales Arbeitsblatt 2: Folgen des Klimawandels	33
6.10 Optionales Arbeitsblatt 3: Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an Klimaveränderungen.....	35
6.11 Optionales Arbeitsblatt 4: Argumentationshilfe „Klimaskeptiker*innen“	36

1 Überblick

1.1 Steckbrief

Lernfeld/Cluster:		Klimawandel und Energie	
Zielgruppe/Klassenstufe:	(X)	4. bis 5. Klasse	
	X	6. bis 7. Klasse	
	X	8. bis 10. Klasse	
	(X)	11. bis 12. Klasse	
Geschätzter Zeitaufwand:	ca. 5 Unterrichtsstunden		
Lernziele:	Die Schüler*innen ... <ul style="list-style-type: none"> reflektieren den Einfluss des eigenen Handelns kritisch, kennen eigene Einflussmöglichkeiten und erarbeiten Handlungsalternativen. können Experimente zum Klimawandel durchführen und Ergebnisse ableiten. 		
Vorkenntnisse der Schüler*innen:	Die Schüler*innen ... <ul style="list-style-type: none"> können Wetter, Witterung und Klima unterscheiden und verstehen Klimasysteme und Mechanismen des Klimawandels. kennen zentrale Wirkmechanismen und Folgen. 		
Vorkenntnisse der Lehrkraft:	<ul style="list-style-type: none"> Grundkenntnisse zum Thema Klima sind wichtig! Verweis auf begleitende Infomaterialien 		
Rolle des Unternehmensvertreters / Möglichkeiten zur Exkursion:	<ul style="list-style-type: none"> Diskussion mit einem/r Fachexperten*in eines Unternehmens zum Thema Klimaschutz/ Klimaanpassung Besuch eines Unternehmens, dort Demonstration von Klimaschutz-/Klimaanpassungsmaßnahmen 		

1.2 Ablauf und Unterrichtsphasen

In Modul A sollen 6 Teams gebildet werden, die sich jeweils einer von 3 verschiedenen Rollen bzw. Perspektiven zuordnen, d.h. es gibt 2x das Team „Wissenschaftler*innen“, 2x das Team „Kritiker*innen“ und 2x das Team „Umweltschützer*innen“.

Die Experimente laufen in Stationenarbeit ab, wobei jedes Team jede Station durchläuft und somit insgesamt drei Experimente macht.

Bei der Erarbeitung der Pecha-Kucha-Präsentation konzentriert sich jedes Team schwerpunktmäßig auf eines der Experimente. Dies ist weiter unten im Handbuch festgelegt. Nach der Präsentationsrunde am Ende des Moduls findet abschließend die Wahl statt.

Unterrichtsphasen	Inhalt und Methode	Benötigtes Material
Einstieg		
Zeitaufwand ca. 1 Unterrichtsstunde	Plenum	
Klassenverbund	Klimaquiz, Demonstration des Treibhausgaseffekts, Story der City4Future, Aufteilung in die Teams	Dokumente: <ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblatt 1 Hinweisblätter 1–2 Stadtplan Modulmaterial:

Unterrichtsphasen	Inhalt und Methode	Benötigtes Material
		<ul style="list-style-type: none"> • Wärmelampe • Digitalthermometer • Beschichtete Metalldose (= Klimakammer) • Backpulver (von Dr. Oetker!) • Marmeladenglas (= Reaktionskammer) • Knete • Becherglas • Schlauch • Haarfolie • Große Gummis <p>Zusätzlich benötigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Natron und Zitronensäure (optional) • Tablet o.ä. mit Internetzugang (alternativ: optionales Arbeitsblatt 1)
Erarbeitung		
<i>Zeitaufwand ca. 2 Unterrichtsstunden</i>	<i>Stationsarbeit in Experimenten</i>	<i>Jedes Team durchläuft jede Station und macht somit jedes Experiment einmal.</i>
Station 1	Experiment zum Klimawandel – Reflexion/Absorption von Sonnenstrahlen, Legespiel	<p>Dokumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblatt 1 • Infokärtchen Albedowerte • Legebild • Hinweisblatt 2 <p>Modulmaterial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • helle/dunkle Pappe • Gläser • Thermometer <p>Modulmaterial Legespiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gelbes, rotes, blaues Band <p>Zusätzlich benötigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schere • Lampe
Station 2	Anstieg des Meeresspiegels	<p>Dokumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblatt 2 <p>Modulmaterial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plastikbecher bzw. hohe schmale Gefäße • UV A/B Terrarium-Lampe • Foliestift zur Markierung • Eiswürfelform • Albedo-Infokärtchen <p>Am Tag vorher vorbereiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eiswürfel • Steine, die in die Plastikbecher passen selbst draußen suchen oder von den Schüler*innen als Hausaufgabe suchen lassen.
Station 3	pH-Wert der Ozeane	<p>Dokumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblatt 3 • Infokärtchen pH-Werte Skala

Unterrichtsphasen	Inhalt und Methode	Benötigtes Material
		<ul style="list-style-type: none"> ● Infokärtchen Kohlendioxidgleichgewichte Modulmaterial: <ul style="list-style-type: none"> ● 2 Marmeladengläser ● Schlauchverbindung ● Knete zum Abdichten ● Messbecher ● Hochauflösendes pH-Papier ● Backpulver Zusätzlich benötigt: <ul style="list-style-type: none"> ● Leitungswasser ● Evtl. Kreide oder Kalkstein ● Essigsäure
Sicherung und Transfer		
<i>Zeitaufwand ca. 1 Unterrichtsstunde</i>		
Alle Teams	<p>Präsentation der Ergebnisse in einem festgelegten Zeitraum (z.B. 3-minütiges Pecha-Kucha)</p> <p>Jedes Team stellt schwerpunktmäßig 1 Experiment vor, d.h. jedes Experiment wird bei 6 Teams 2x vorgestellt</p> <p>Diskussion + Wahl der besten Präsentation</p>	Zusätzlich benötigt (je nach Wahl der Präsentationsform): <ul style="list-style-type: none"> ● Rechner oder Tablet (mit Internetzugang) ● Whiteboard ● Flipcharts ● ggfs. Präsentationsmaterial passend zu den gewählten Präsentationsmedien (z.B. Pinnwandkarten und Nadeln, Flipchart-Papier, Filz-Stifte etc.) Dokumente: <ul style="list-style-type: none"> ● Beobachtungsbogen ● Arbeitsblätter 2–4 ● Optionale Arbeitsblätter 2-5

2 Basisinfos (nicht nur für Lehrkräfte)

2.1 Klimawandel – Was ist das? Was sind die Ursachen für den Klimawandel?

Natürlicher Treibhauseffekt: Die Erde ist von der Atmosphäre, einem Gasgemisch – die unterste Schicht wird auch als Luft bezeichnet – umhüllt. Luft setzt sich aus rund 78% Stickstoff und rund 21% Sauerstoff zusammen. Auch 0,9% Argon zählt zu den Bestandteilen der Luft, ebenso wie der kleine Anteil an einer Vielzahl von Spurengasen, auch Treibhausgase genannt. Doch der kleine Anteil an Treibhausgasen ist von großer Wirkung, denn sie sorgen über den natürlichen Treibhauseffekt dafür, dass die durchschnittliche Temperatur auf der Erde +15 °C beträgt. Ohne den Treibhauseffekt läge die Durchschnittstemperatur bei –18 °C, sodass Leben auf der Erde gar nicht möglich wäre. Wie in einem Treibhaus, bei dem das Glasdach die langwelligeren Wärmestrahlen „festhält“, sorgen Treibhausgase wie Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Stickoxide (NO_x), Ozon (O₃) auf der Erde für lebensfreundliche Temperaturen. Kohlendioxid kommt dabei eine zentrale Rolle zu.

Albedo-Effekt: Die Albedo beschreibt das Rückstrahlvermögen (physikalisch: Reflexionsgrad) von Oberflächen. Der Wert reicht dabei von 0 (kein Licht wird reflektiert) bis 1 (alles Licht wird reflektiert). Grundsätzlich weisen helle (weiße) Oberflächen einen hohen Albedo-Wert auf, sie reflektieren das Licht also gut (Eis- und Schneeflächen). Dunkle Oberflächen absorbieren das Licht hingegen und weisen deshalb einen niedrigeren Wert auf. Dunkle Oberflächen wandeln die absorbierte Strahlung außerdem in Wärmestrahlung um, sodass sie sich in der Sonne leicht erwärmen. Die Gletscherschmelze sowie der Rückgang des Polareises führen dazu, dass mehr Licht absorbiert und damit Wärme gespeichert wird.

Anthropogener/Menschengemachter Treibhauseffekt: Seit der Industrialisierung ist die Treibhausgaskonzentration durch das Leben und Wirtschaften der Menschen erheblich gestiegen. Lag allein der Kohlendioxidgehalt in vorindustrieller Zeit durchschnittlich bei 280 ppm, so sind es gegenwärtig etwas über 400 ppm. Je höher die Konzentration der Treibhausgase, desto stärker wirkt der Treibhausgaseffekt. Die Treibhausgase wirken wie eine Blockade, so dass sich die Wärme in der Atmosphäre anstaut. Treibhausgase entstehen im Wesentlichen bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Erdöl, Kohle und Erdgas. Sie bedingen den größten Anteil des anthropogen verursachten Treibhauseffektes (v.a. Strom- und Wärmeerzeugung und -nutzung, Mobilität und Industrie). Methan entsteht vor allem in der Landwirtschaft, in Mülldeponien und Klärwerken.

Wenngleich die Treibhausgasemissionen in Deutschland seit einigen Jahren insgesamt rückläufig sind, wurden dennoch im Jahr 2019 rund 810 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (CO₂e) emittiert. Im Jahr 2018 waren es weltweit rund 52 Milliarden Tonnen CO₂e, die über menschliche Aktivitäten emittiert wurden. China, die USA und die Europäische Union verantworten über 50% dieser Emissionen.

2.2 Welche Folgen hat der Klimawandel ?

Die Folgen des Klimawandels weltweit: Das Klimasystem ist ein vernetztes System, das mit vielen Elementen in Wechselwirkung steht.

Infolge der Erhöhung der Treibhausgaskonzentration hat sich die globale Durchschnittstemperatur seit der vorindustriellen Zeit weltweit um rund 1 °C erwärmt. Seit 1850 war jede Dekade wärmer als die vorherigen Jahrzehnte. Die zehn wärmsten Jahre wurden nach 1998 gemessen. Insgesamt ist ein Anstieg der Maximal- und der Minimaltemperaturen zu verzeichnen.

Extreme Wetterereignisse nehmen zu: Häufige Hitzetage und Hitzewellen gehen mit Dürren einher. Starkniederschläge und Überschwemmungen treten häufiger auf und es steigt die Zahl an Hurrikannen. Schädlingsbefall und Ernteauffälle folgen, ebenso wie gesundheitliche Beeinträchtigungen für die Menschen.

Das arktische Meereis hat sich von 7,3 Mio. km² (1980–1990) auf 4,2 Mio. km² (2001–2019) reduziert. Auch beginnen die Permafrostböden, die CO₂ und Methan speichern, aufzutauen.

Der Meeresspiegel steigt, denn zum einen dehnt sich Wasser aus, wenn es wärmer wird und zum anderen führt das Abschmelzen des Festlandeseis zu einem Anstieg des Meeresspiegels. Der Meeresspiegel ist heute im globalen Durchschnitt im Vergleich zu 1900 um 16 cm höher. Seit 2006 steigt er jährlich um 3,6 mm an. Die Ozeane nehmen Kohlendioxid auf, dies hat zur Folge, dass der pH-Wert sinkt (dieser liegt durchschnittlich bei 8,1 und ist im Vergleich mit der vorindustriellen Zeit um 0,1 gesunken). Die Ozeane „versauern“, was sich neben der Erwärmung des Wassers als problematisch für Korallen erweist und das Korallensterben fördert.

Korallen sind an pH-Werte, Strömungen und Temperaturen adaptiert. Geht die Biodiversität verloren, hat dies Auswirkungen auf ganze Ökosysteme und damit insbesondere auf zusammenhängende Nahrungsnetze.

Ozeane sind außerdem ein großer CO₂ Puffer – sie haben bis heute fast 50 Mal mehr CO₂ aufgenommen als die Atmosphäre. Auch als Wärmepuffer dienen Ozeane.

Folgen des Klimawandels in Deutschland

Die Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur wird für Deutschland und das aktuelle Jahrzehnt mit 1,9 °C angegeben. Damit liegt der Temperaturanstieg deutlich höher als dies für das globale Mittel zutrifft. Deutlich werden die Folgen des Klimawandels in veränderten Niederschlagsmengen: Während diese im Frühjahr und Winter zugenommen haben, regnet es im Sommer und Herbst weniger. Es treten vermehrt Hitzetage und Hitzewellen auf. In den Städten trägt die Bebauung zusätzlich zur Erwärmung bei („heat island effect“). Die klimatischen Veränderungen haben direkte Auswirkungen auf die Landwirtschaft sowie den Tourismus. Hinzu kommen grundsätzlich mehr Extremwetterereignisse wie Dürren, Stürme und Überflutungen. Der Rückzug der Gletscher führt dazu, dass die Flüsse nicht mehr so viel Wasser führen.

Fehlende Niederschläge im Sommer sowie eine allgemeine Austrocknung der Wälder begünstigen Waldbrände sowie die Ausbreitung von Schädlingen, z.B. des Borkenkäfers. Auch der Einfluss auf die Artenvielfalt in Deutschland ist wahrnehmbar: So kommen Arten aus wärmeren Gebieten nach Deutschland, während heimische Arten aussterben oder abwandern.

2.3 Klimaskeptiker*innen mit Argumenten begegnen

Zweifel an der Wissenschaft: Viele Klimaskeptiker*innen argumentieren damit, dass es keine Beweise dafür gebe, dass sich das Klima wandle. Dieses Argument geht oft einher mit der Argumentation, dass es Klimaveränderungen schon immer gegeben habe, und dass der Mensch keinen nennenswerten Beitrag dazu leiste. Als Gegenbeweis dafür, dass der Klimawandel gar nicht existiere, werden oft extrem kalte Temperaturen genannt.

Ein Grund für die Skepsis am Klimawandel ist auch die Angst vor einer ungleichen/unfairen Lastenverteilung im Zusammenhang mit dem Klimaschutz. So glauben viele, dass Klimaschutzmaßnahmen mit hohen Kosten verbunden sind, die sie im Endeffekt auch persönlich spüren. Die Kosten, die für die Bewältigung von Klimafolgen entstehen, werden dabei ausgeklammert. Eine wichtige Rolle spielt auch das Argument, die Emissionen Deutschlands seien im internationalen Vergleich gar nicht so groß und wir Deutschen trügen somit auch kaum Verantwortung. Dabei außer Acht gelassen wird u.a. der Pro-Kopf-Anteil. Auch im politischen Kontext spielt die Diskussion um die Realität des Klimawandels eine Rolle.

2.4 Unterstützendes Material

Unterstützendes Material, wie z. B. Videos, Homepages oder Literatur, welches Sie als Hintergrundwissen oder im Unterricht verwenden können, finden Sie auf der Wissensfabrik-Homepage unter: <https://www.wissensfabrik.de/downloadmaterial-city4future/#weiteresmaterial>

Video-Anleitungen zu den einzelnen Versuchen finden Sie auf unserem Youtube-Kanal: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLaQltc4GMyy6TOyhb-qE6buLW0XQh4ezh>

3 Umsetzung des Basismoduls A

3.1 Einstieg: Einführung in das Thema Klimawandel

Geschätzter Zeitaufwand: 1 Unterrichtsstunde

Ziel: Die Schüler*innen erkunden die Grundlagen zum Klimawandel und sind für das Thema motiviert.

Vorgehen:

1. Klimaquiz (ca. 10 Min.)

Als Einstieg in das Thema machen die Schüler*innen das City4Future Klimaquiz, um ihre Kenntnisse zu testen (das Quiz gibt es digital bei Kahoot).

2. Demonstration des Treibhausgaseffekts (ca. 15 Min.)

Die Lehrkraft demonstriert anhand eines Experiments den Treibhausgaseffekt (siehe Hinweisblatt 2).

3. Story und Bedeutung des Klimawandels für die City4Future (ca. 10 Min.)

Die Lehrkraft stellt ggf. die Gesamtstory der City4Future vor. Dazu können sich die Schüler*innen den Stadtplan der City4Future anschauen und erste Überlegungen anstellen, welche Stadtteile besonders vom Klimawandel betroffen sein könnten und in welchen Stadtteilen welche Klimaschutzmaßnahmen getroffen werden können.

4. Vorstellung der Aufgaben für alle Teams und Aufteilung in Gruppen für die anschließende Erarbeitungsphase (ca. 10 Min.)

Die Schüler*innen werden in insgesamt 6 Teams aufgeteilt. Die Anzahl der Schüler*innen pro Team sollte ungefähr gleich sein. Bei 30 Schüler*innen pro Klasse wäre es gut, je 4-5 Schüler*innen in einem Team zu haben. Eine Aufteilung in die Teams am Ende der ersten Unterrichtsstunde ist sinnvoll. So können die Materialien und Unterlagen für die Gruppenarbeit im Anschluss an die erste Unterrichtsstunde vorbereitet werden.

3.2 Erarbeitung mit Hilfe von Experimenten

Geschätzter Zeitaufwand: 2 Unterrichtsstunden

Ziel: Die Schüler*innen erkunden die Funktionsweisen des Klimawandels und seine Folgen.

Vorgehen:

1. Falls noch nicht in der Einstiegsphase geschehen, werden die Schüler*innen in Gruppen aufgeteilt, bzw. teilen sich in Gruppen ein und suchen sich jeweils eine der drei Perspektiven (Wissenschaftler*innen, Kritiker*innen, Umweltschützer*innen) aus, die es bei der Erarbeitung sowie bei der Präsentation zu beachten gilt.
2. Die Teams führen die Experimente in Stationenarbeit durch. Bei durchschnittlicher Klassengröße gibt es 6 Teams, die jeweils alle 3 Experimente durchführen.
3. Auf den jeweiligen Arbeitsblättern sind alle wichtigen Informationen gebündelt.

Station 1:

- Experiment zum Klimawandel: Reflexion/Absorption von Sonnenstrahlen

Station 2:

- Experiment Anstieg des Meeresspiegels (Packeis/Landeis)

Station 3:

- Experiment pH-Wert der Ozeane

3.3 Präsentation/Sicherung und Transfer durch die Wahl eines Teams

Geschätzter Zeitaufwand: 2 Unterrichtsstunden

Ziel: Präsentation, Diskussion der Ergebnisse aus der Erarbeitungsphase und Wahl

Vorgehen:

Alle Teams präsentieren ihre gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse in max. 3 Minuten pro Gruppe mit 6 unterstützenden Bildern („Pecha-Kucha Vortrag“). Auf diese Weise wird jedes Experiment zwei Mal aus unterschiedlichen Perspektiven vorgestellt. Dies beinhaltet Ergebnisse zum Albedo-Effekt, zum Anstieg des Meeresspiegels und zur Veränderung des pH-Werts der Ozeane. Natürlich können Informationen zum Klimawandel und zum Treibhauseffekt aus dem Demonstrationsexperiment mit einfließen.

Die anderen Teams sollen/dürfen dazu jeweils kritische Fragen stellen. Jedes Team präsentiert hierbei im Sinne seiner gewählten/zugeordneten Gruppe und versucht bei seiner Argumentation die jeweilige Perspektive einzunehmen und Ideen für die City4Future einzubringen. Die beiden Teams der Wissenschaftler*innen konzentrieren sich bei der Erarbeitung ihrer Präsentationen auf Station 3, die Kritiker*innen präsentieren die Ergebnisse zur Station 1 und die Umweltschützer*innen halten ihren Vortrag zu den Inhalten der Station 2. In der anschließenden Diskussion sollen die Ergebnisse auf die City4Future übertragen werden. Die Lehrkraft übernimmt hierbei die Moderation und erklärt kurz das Vorgehen der Wahl.

Die Wahl wird von der Lehrkraft eröffnet und startet dann mit der Wahl eines Teams von Wissenschaftler*innen, im Anschluss wird ein Team der Kritiker*innen gewählt und danach ein Team der Umweltschützer*innen. Dabei wählen die Schüler*innen anhand des Beobachtungsbogens jeweils das Team aus, das sie am meisten mit ihrer Präsentation und Argumentation überzeugt hat.

Das Team, welches die Wahl gewonnen hat, sitzt im abschließenden Modul S – der Stadtrats-sitzung – und präsentiert dort konkrete Umsetzungsvorschläge für den Aufbau der City4Future. Das Modul S wird dabei nur berücksichtigt, wenn alle Module (A-D) mit den Schülern*innen durchgeführt werden. Ansonsten endet das Modul A mit der Wahl der besten bzw. überzeugendsten Präsentation.

Methodisch-didaktische Tipps und Ideen:

- Präsentationsform und Präsentationsmittel sind frei wählbar (z.B. PowerPoint-Vortrag, Plakate, Videos, Podcasts, Padlets etc.). Die Maximalzeit für die Präsentationen kann an die Anzahl der Gruppen angepasst werden.
- Um eine hohe Beteiligung aller Schüler*innen an dem Transfer zu erreichen, ist es auch erlaubt, Fragen und Statements an den/die Moderator*in schriftlich (auch digital, bspw. über Mentimeter) einzureichen. Dies ermöglicht auch den Schüler*innen die Beteiligung, die sich verbal aus unterschiedlichen Gründen eher zurückhalten.
- Abschließend kann das Modul noch einmal fachlich an dem „Legebild“ aus Station 1 aufgearbeitet werden.

4 Überblick Arbeitsmaterialien

😊 Material für Lehrkräfte sowie Unternehmensvertreter*innen

😊 Material für Schüler*innen

Phase	Arbeitsmaterialien
Einstieg	Basisinfos 😊 😊 Hinweisblatt 1: Einstieg – Klimaquiz 😊 Hinweisblatt 2: Anleitung zum Experiment – die Wirkungsweise von CO ₂ erfahrbar machen 😊
Erarbeitung	Station 1 – Experiment zum Klimawandel: Reflexion/Absorption von Sonnenstrahlen 😊 😊 Arbeitsblatt 1 😊 Infokärtchen Albedowerte 😊 😊 Legebild 😊 Station 2 – Experiment: Anstieg des Meeresspiegels 😊 😊 Arbeitsblatt 2 😊 Station 3 – Experiment: pH-Wert der Ozeane 😊 😊 Arbeitsblatt 3 😊 Infokärtchen pH-Wert-Skala 3 😊 😊 Infokärtchen Kohlendioxidgleichgewichte 😊 😊
Sicherung	Erwartungshorizonte 😊 Arbeitsblatt 4: Präsentation der Ergebnisse 😊 Optionales Arbeitsblatt 1: Statements 😊 Optionales Arbeitsblatt 2: Folgen des Klimawandels 😊 Optionales Arbeitsblatt 3: Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an Klimaveränderungen 😊 Optionales Arbeitsblatt 4: Argumentationshilfe „Klimaskeptiker*innen“ 😊
Transfer	Beobachtungs-/Bewertungsbogen für Präsentationen 😊

5 Lösungshinweise

5.1 Erwartungshorizont Station 1 – Experiment zum Klimawandel: Reflexion/Absorption von Sonnenstrahlen

Beobachtung:

Bei schwarzem Tonpapier wird eine deutlich höhere Temperatur gemessen (ca. 5°C).

Erklärung:

Bei gleichem Material ist die Farbe für die gemessene Oberflächentemperatur entscheidend. Schwarz hat ein höheres Absorptionsvermögen als weiß, auf weißen Flächen wird mehr Strahlung reflektiert.

Definitionen:

Absorption: Strahlung, die vom Material „verschluckt“ also aufgenommen wird.

Reflexion: Strahlung, die vom Material zurückgeworfen wird.

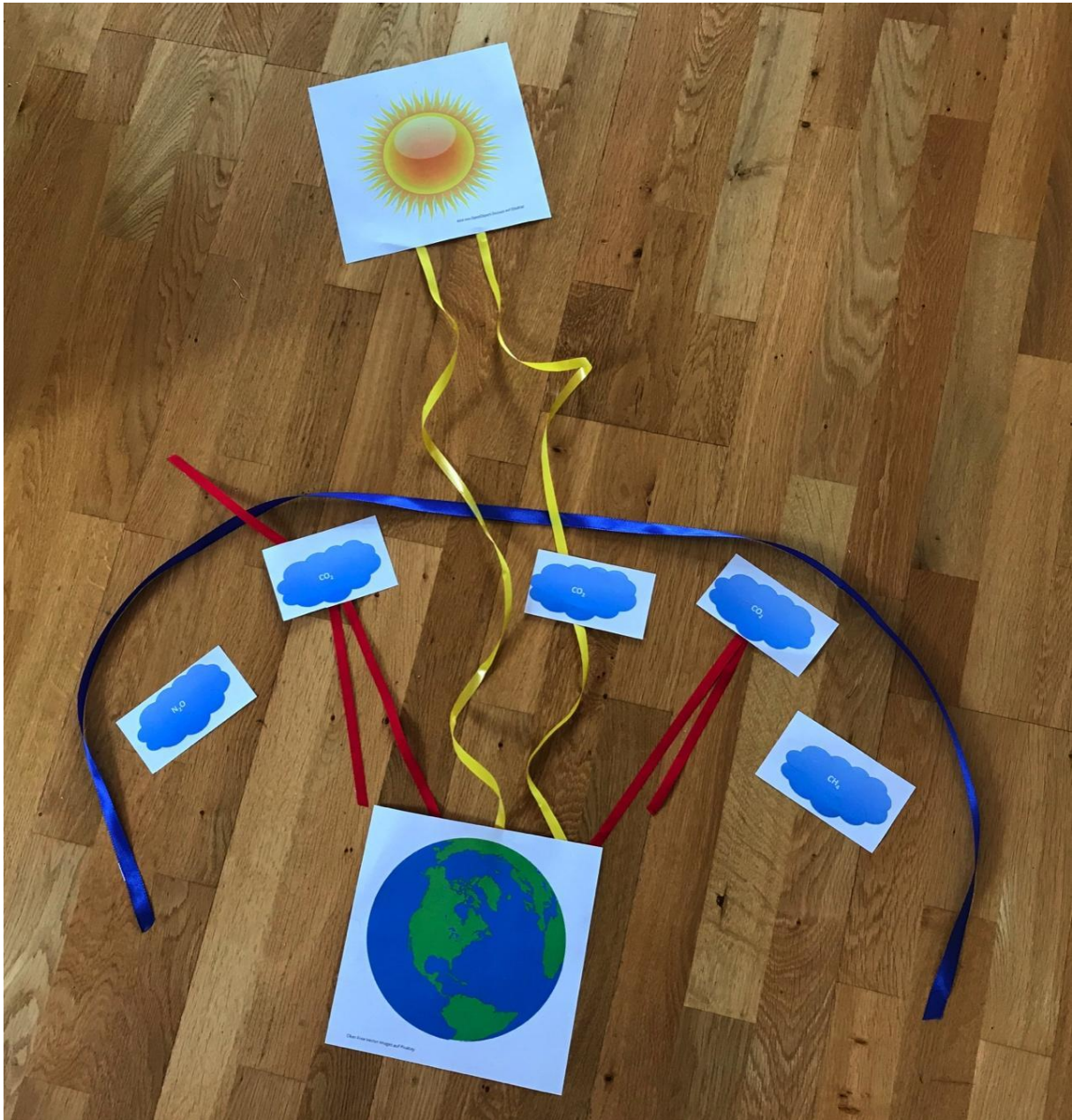
Albedo: Ist ein Maß für das Rückstrahlungsvermögen (je heller eine Fläche, desto mehr Reflektion, desto höher der Albedowert)

Vorschläge für die City4Future *(nur eine Auswahl!)*:

- möglichst helle Gebäude und möglichst glattes Material für eine höhere Reflexionsrate
- Pflanzen nehmen Lichtenergie auf und nutzen diese Energie, um Biomasse zu produzieren. Daher haben bepflanzte Flächen einen sehr geringen Albedo-Wert. Da hier aber die Energie chemisch gebunden und nicht komplett in Wärme umgewandelt wird, tragen sie nicht wie entsprechende Flächen ohne Pflanzen bei gleichem Albedo-Wert zur Erwärmung bei. Zusätzlich wird von Pflanzen CO₂ in Zucker umgewandelt, sprich sie tragen zur Reduktion des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre bei.

5.2 Erwartungshorizont Abbildung „Legebild zum Treibhauseffekt“

→ Lösung zum optionalen Arbeitsblatt 6: „Legebild“ + als Abschluss im Transfer umsetzbar



5.3 Erwartungshorizont Station 2 – Experiment: Anstieg des Meeresspiegels (Packedeis/Landeis)

Durchführung

Anmerkung: Aus Zeitgründen können warmes Wasser und Crushed Eis sowie vorgewärmte Steine verwendet werden.

Beobachtung:

Nur „Landeis“, sprich Eiswürfel auf den Steinen, trägt zum Anstieg des Wasserspiegels bei. Im Gefäß mit Wasser und crushed Eis bleibt der Wasserspiegel konstant.

Folgerung:

Problem: Der Albedo-Wert ändert sich durch das Abschmelzen beider Eisarten, egal ob auf dem Land oder der Wasseroberfläche. Der Erdboden unter dem Eis wie auch die Wasseroberfläche haben einen geringeren Albedo-Wert und so werden weniger Strahlen reflektiert, und die Erde erwärmt sich weiter.

Achtung: Das Abschmelzen von Eisbergen lässt den Meeresspiegel nicht steigen, trotzdem steigt der Meeresspiegel durch die allgemeine Erwärmung an. Je höher die Temperatur, desto kleiner die Dichte von Wasser. Nimmt ein kg Wasser bei 4°C einen Raum von 1,000028l ein, entspricht das bei 10°C schon 1,0003l.

Der Meeresspiegel steigt also allein durch die Ausdehnung des Wassers bei Erwärmung, als auch durch das Abschmelzen von Landeis (Gefäß mit Steinen). Schmelzen von Eisbergen/ Packedeis lassen den Meeresspiegel bei gleicher Temperatur nicht ansteigen (Gefäß mit Wasser/ crushed Eis).

Folgen der Erhöhung des Meeresspiegels:

- dauerhafte Überflutung (Landgebiete unbewohnbar),
- Eindringen von Salzwasser in das Grundwasser und landwirtschaftliche Böden,
- Hochwasserereignisse an Küsten,
- Küstenerosion,
- ein weiteres Vordringen von tropischen Wirbelstürmen ins Landesinnere (bewässertes Anbaugebiet und Trinkwasserspeicher werden unbrauchbar, Zerstörung von Infrastrukturanlagen, Industrien und Wohneinrichtungen...)

Problematik: weniger Fläche, weniger nutzbares Trinkwasser und Ackerbauflächen

Vorschläge für die City4Future (nur eine Auswahl!):

- Deiche, Küstensicherung
- Trinkwasserspeicher
- Ausgleichsflächen
- Häuser auf Stelzen
- Material für Häuser, das Stürme/Fluten aushält
- Bauweise: Durchlüftung gegen Schimmelbildung
- ...

5.4 Erwartungshorizont Station 3 – Experiment: pH-Wert der Ozeane

Beobachtung:

Der pH-Wert sinkt (ca. 1 pH-Einheit von etwa je nach Ausgangswert 6,5-8,5 auf 5-5-7,5).
Das Kalkpulver löst sich auf.

Folgerung:

Je größer der CO₂-Gehalt in der Luft ist, desto mehr CO₂ löst sich in den Ozeanen, desto mehr sinkt der pH-Wert. Das hat negative Auswirkungen auf Korallen, Schnecken, Muscheln (Kalk-Auflösung) und alle anderen Tiere, die durch Nahrungsbeziehungen davon betroffen sind.

Aufgabe und Hinweise für die Präsentation:

Die Reaktionskammer stellt die Industrie/Verkehr usw. dar, sprich die anthropogene CO₂-Produktion. Das Wasser im anderen Marmeladenglas steht für die Ozeane, der Schlauch wird nur für das Modell-Experiment benötigt und stellt nichts dar.

Vorschläge für die City4Future:

- Um CO₂ aus dem Wasser zu bekommen, muss es in der Luft reduziert werden => Pflanzen als Ausgleich und alle anderen Möglichkeiten, die den CO₂-Ausstoß minimieren (weniger Verkehr, regenerative Energien statt fossiler Energieträger, weniger Fleischkonsum/Massentierhaltung...)
- Wasserbecken anlegen, die man „chemisch“ reinigen kann, also neutralisieren.

5.5 Hinweisblatt 1: Einstieg – Klimaquiz

Das Klimaquiz sollte online im Unterricht eingesetzt werden. Hier sind die Hinweise für Lehrkräfte sowie Lösungen und Erläuterungen zu den einzelnen Fragen zu finden.



Das „City4Future-Klimaquiz“ ist entweder über den QR-Code oder unter kahoot.com zu finden. Um es zu starten, muss sich die Lehrkraft bei kahoot kostenfrei anmelden und dann oben den Reiter „Entdecken“ anklicken. In dem Suchfenster dann City4Future-Klimaquiz eingeben und dieses auswählen. Es öffnet sich nun ein neues Fenster, in dem man die Fragen sieht und auch die Antworten anzeigen lassen kann. Um das Quiz zu starten, klickt man auf Spielen. Um es selbst einmal durchzuspielen, kann die „Übung“ gewählt werden. Um es in größerer Runde direkt zu starten, ist „Unterrichten“ am besten. Als Hausaufgabe etc. ist „Zuweisen“ geeignet. Wenn „Unterrichten“ ausgewählt wird, geht es auf der nächsten Seite weiter. Es kann zwischen „Spieler gegen Spieler“ oder „Teams gegen Teams“ ausgewählt werden. Beim Wählen des klassischen Spiels – also „Spieler gegen Spieler“, wird auf der nächsten Seite eine Spiel-Pin erstellt. Die Mitspieler*innen – also die Schüler*innen – müssen mit einem digitalen Endgerät auf die Startseite www.kahoot.it gehen und dort die Spiel-Pin eingeben – und los geht's!

City4Future-Klimaquiz:

Lösungen:

1b)

Der Klimawandel ist eine langfristige Erwärmung oder Abkühlung der Atmosphäre. Häufig sprechen wir jedoch vom menschengemachten Klimawandel, der sich auf die aktuelle Erwärmung der Atmosphäre und der Meere seit der Industrialisierung bezieht.

2a)

Das Wetter ist das, was du siehst, wenn du nach draußen schaust (z.B. Sonne oder Regen). Das Klima hingegen kann nicht kurzfristig beobachtet werden, denn es fasst die Wetterdaten eines Ortes oder des ganzen Planeten aus 30–40 Jahren zusammen.

3b)

4d)

Der menschengemachte Treibhauseffekt entsteht durch eine Zunahme von Treibhausgasen (z.B. CO₂) in der Atmosphäre, die vom Menschen produziert werden. Die Treibhausgase wirken wie eine Art Blockade, durch welche die Wärme nicht entweichen kann.

Der natürliche Treibhauseffekt sorgt dafür, dass die Durchschnittstemperatur auf der Erde +15 °C beträgt und wir so leben, wie wir es heute kennen. Ohne ihn läge die Durchschnittstemperatur auf der Erde bei -18 °C.

5c)

In der Zukunft werden die Folgen des Klimawandels stärker und häufiger zu spüren sein, aber bereits heute sind sie nachzuweisen. Zum Beispiel gibt es immer mehr Hitzewellen oder Starkregen.

6a)

Pariser Abkommen: Es besteht Konsens, dass die globale Erwärmung auf max. 1,5 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit begrenzt werden muss, um eine gefährliche Störung des Klimasystems zu vermeiden. Bei Überschreitung wären die Folgen nicht mehr zu kontrollieren.

7a)

Der mit Abstand größte Anteil der Endenergie in privaten Haushalten wird für (Raum-)Wärme genutzt (68%). Elektrische Geräte (3%) und Beleuchtung (1,5%) haben dagegen einen relativ geringen Anteil.

8c)

Es sind tatsächlich 6.000 Luftballons, die wir mit unseren durchschnittlich 30 Kilogramm CO₂-Emissionen pro Tag und Kopf füllen würden.

Quelle: myclimate https://www.myclimate.org/fileadmin/user_upload/myc-Weihnachtskarte-Klimaquiz_2020_A4.pdf

9b)

Die Rangfolge der besten Maßnahmen zur Senkung des digitalen CO₂-Fußabdrucks:

- 1) Weniger streamen (weniger als eine Stunde pro Tag)
- 2) Eine halbe Stunde digitale Geräte weniger pro Tag als bisher nutzen
- 3) Alternative Suchmaschinen nutzen (mindestens zehn Mal pro Woche)

Quelle: my climate https://www.myclimate.org/fileadmin/user_upload/myc-Weihnachtskarte-Klimaquiz_2020_A4.pdf

5.6 Hinweisblatt 2: Anleitung zum Experiment – Die Wirkungsweise von CO₂ erfahrbar machen

Es ist sinnvoll, das Experiment vor der Umsetzung im Unterricht probeweise aufzubauen und den Ablauf komplett zu testen. **Achtung:** Beim Winkel und dem Abstand der Lampe zur Klimakammer sollte während des ganzen Experiments nichts verändert werden!

Materialien

Das bekommt ihr	✓	Das braucht ihr	✓
Infrarotlampe 100 Watt		Wasser	
Klimakammer (beschichtete Metalldose)		Alternativ zu Backpulver: Zitronensäure und Natron (konstante Zusammensetzung im vgl. zu verschiedenen Marken bei Backpulvern)	
Schlauch			
Reaktionskammer (Marmeladenglas)			
Haarfolie			
Gummiringe			
Digitalthermometer			
Messbecher			
Knete zum Abdichten			
Backpulver (von Dr. Oetker)			

Versuchsaufbau

- In das große Loch der Dose den Schlauch einführen, in das kleine Loch das Thermometer. Das Dosenende mit der Frischhaltehaube luftdicht mit Gummiringen fest verschließen und die kleinen Löcher mit Knete abdichten. Der Abstand Lampe-Dose sollte ca. 15-20 cm betragen. Die Dose auf dem Tisch mit den Klebepads (diese zuerst kneten) befestigen
- Darauf achten, dass der Abstand zwischen Lampe und Reaktionskammer (Dose) sich während des gesamten Experiments identisch bleibt.
- In den Deckel des Glases den Schlauch einführen, das Schlauchende sollte knapp unter dem Deckel liegen (max. 1 cm). Das Glas mit den Klebepads (vorher kneten) auf der Holzlatte befestigen.



Durchführung

- Die Lampe und das Thermometer einschalten (wenn möglich vor Beginn der Unterrichtsstunde) und warten bis die Temperatur in der Dose über eine halbe Minute konstant bleibt. Die Gleichgewichtstemperatur sollte zwischen 30 und 50 Grad liegen. Notieren Sie die Temperatur.
- In das Glas ein Päckchen Backpulver (alternativ: ein Päckchen Natron plus ein Päckchen Zitronensäure) einfüllen. Temperatur prüfen – sie dürfte sich nicht verändern!
- 50 ml Wasser ins Marmeladenglas einfüllen und schnell mit dem Deckel (und Schlauch) verschließen. Nun gelangt das CO₂ in die Dose.
- Warten, bis sich durch die erhöhte CO₂-Konzentration eine neue Gleichgewichtstemperatur einstellt. Temperatur messen, Wert notieren und mit Temperatur bei normaler CO₂-Konzentration vergleichen (bei luftgefüllter Dose).

Impulse für Schüler*innen:

Beschreibt eure Beobachtung. Setzt den Versuchsaufbau mit dem Treibhauseffekt in Verbindung. Erläutert, was durch diesen Versuch dargestellt wird (und evtl. Modellkritik).

Beobachtung:

Die Gleichgewichtstemperatur in der mit Infrarot-Lampe bestrahlten Dose ist nach Zugabe von CO₂ sichtbar höher (ca. 3-4 °C) als bei der Luft-enthaltenden Dose.

Erklärung:

Treibhausgase absorbieren die von der Erdoberfläche ausgehende Wärmestrahlung.

Achtung: Die erhöhte Temperatur wird nicht nur von CO₂ verursacht, sondern zusätzlich von Wasserdampf, der genauso über den Schlauch in die Klimakammer gelangt.

6 Arbeitsmaterial für Schüler*innen

6.1 Arbeitsblatt 1: Experiment zum Klimawandel – Reflexion/Absorption von Sonnenstrahlen

In diesem Experiment sollen die Zusammenhänge zwischen Oberflächenfarbe und Erwärmung unter Lichteinstrahlung experimentell erkundet werden:

Materialien

Das bekommt ihr	✓	Das braucht ihr	✓
Schreibtischlampe		Stift und Papier	
Oberflächenthermometer			
Infokärtchen Albedo-Werte			
Legebild			
Weißes und schwarzes Tonpapier			

Durchführung

Schwarzes und weißes Tonpapier werden von der gleichen Lampe im gleichen Abstand und demselben Winkel bestrahlt und mit dem Oberflächenthermometer ihre Temperatur gemessen.

Beobachtung

.....

.....

.....

.....

Erklärung

.....

.....

.....

.....

Aufgabe und Hinweise für die Präsentation:

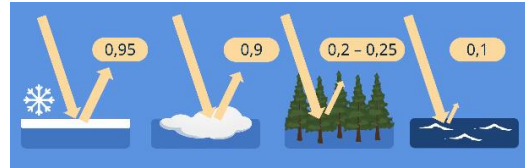
- Definiert die Begriffe Absorption und Reflexion.
- Definiert den Begriff „Albedo“.
- Begründet eure unterschiedlichen Messwerte bei gleicher Lampe und überträgt eure Erkenntnis auf die Sonneneinstrahlung und die Gebäude der City4Future. Begründet die Auswahl der Farbe und des Materials der geplanten Gebäude.
- Überlegt den Grund für so geringe Albedo-Werte bei Erdoberflächen mit Pflanzen und warum es trotz dieser Werte sinnvoll ist, Pflanzen in die City4Future mit einzuplanen.
- Gestaltet zum Abschluss eine 3-minütige Präsentation eurer Ergebnisse in der Gruppe.

6.2 Infokärtchen Albedowerte

Bei der Albedo handelt es sich um ein Maß für die Helligkeit einer Oberfläche: Sie gibt Auskunft darüber, wie viele Sonnenstrahlen reflektiert oder absorbiert werden. Der ‚**Albedo-Effekt**‘ ist das Reflexions- oder auch **Rückstrahlvermögen** einer Oberfläche und wird mit einem Wert von 0 bis 1 angegeben. Hat eine Oberfläche den Albedowert von 0,7 werden 70% der Strahlen zurückgeworfen (reflektiert), 30% werden aufgenommen (absorbiert).:

Jedes Material hat seinen eigenen Albedowert, abhängig von seiner Rückstrahlkraft:

Erde im Durchschnitt:	0,3
Schnee/Eis:	0,75 – 0,95
Wolken:	0,6-0,9
Wiesen:	0,12-0,3
Wüste/Düne	0,3-0,6
Savanne	0,2-0,25
Laubwald	0,15-0,2
Nadelwald	0,05-0,12
Ackerboden	0,08
Asphalt	0,15
Ortschaft	0,15-0,2
Wasser	0,03-0,8 (je nach Sonnenstand, Winkel, Wassertiefe)



Werte von <https://studyflix.de/erdkunde/albedo-5698>

6.3 Kopiervorlage 1: Legebild zur Station 1

Materialien

- Legekärtchen
- Gelbes, rotes, blaues Band
- Schere

Durchführung

- Stellt mithilfe der einzelnen Teile des Legespiels den Treibhauseffekt dar.
- Beschreibt das Phänomen in Worten.
- Erklärt die Zusammenhänge, dass Albedo-Werte von Oberflächen für den Treibhauseffekt eine Rolle spielen.

Notizen:



Treibhausgas
Kohlendioxid



Treibhausgas
Kohlendioxid



Treibhausgas
Kohlendioxid



Treibhausgas
Kohlendioxid

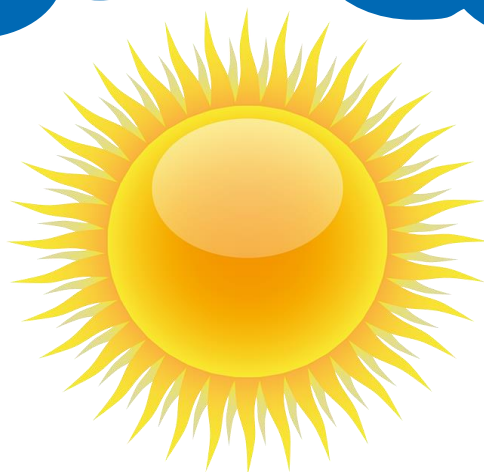


Treibhausgas
Methan CH_4

Treibhausgas
Methan CH_4

Treibhausgas
Stickoxide NO_x

Treibhausgas
Stickoxide NO_x



6.4 Arbeitsblatt 2: Experiment – Anstieg des Meeresspiegels (Packeis/Landeis)

In diesem Experiment sollen die Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und dem Schmelzen von Packeis oder Landeis experimentell erkundet werden:

Materialien

Das bekommt ihr	✓	Das braucht ihr	✓
2 hohe, schmale Gefäße (dunkler Boden)		Sand, Steine (selbst gesammelt/mitgebracht)	
Lampe, UV A/B Terrarium-Lampe		Crushed Eis/Eiswürfel	
wasserfester Foliestift		warmes Wasser	
Infokärtchen Albedo-Werte			

Durchführung

Die zwei Plastikgefäße werden zuerst am Boden schwarz bemalt und dann befüllt: Das erste Gefäß wird mit Wasser und Crushed Eis befüllt, das zweite mit Wasser, Sand und Steinen bis zur Wasseroberfläche, auf denen dann das Eis gelegt wird. Mit einem Foliestift wird außen am Gefäß der Wasserstand zu Beginn markiert. Die Terrarien-Lampe wird auf die zwei Gefäße im gleichen Abstand und Winkel gerichtet.

Beobachtung:

.....

.....

.....

Folgerung:

.....

.....

.....

Aufgabe und Hinweise für die Präsentation:

- Begründet, ob der Meeresspiegel durch den Klimawandel steigt.
- Erklärt für welche Gegebenheiten (auf der Erde) die beiden Versuchsansätze stehen und welche Auswirkungen sie haben.
- Diskutiert die Ergebnisse und deren Bedeutung für den Klimawandel (nimmt dazu noch einmal das Albedo-Infokärtchen zu Hilfe).
- Überlegt die Folgen einer Erhöhung des Meeresspiegels und inwiefern diese problematisch ist.
- Nehmt sinnvolle Vorschläge in eure Präsentation auf, wie die Folgen des Klimawandels möglichst keinen Schaden in der City4Future anrichten können und erläutert aufgrund dessen eure Planungen für die City4Future.

6.5 Arbeitsblatt 3: Experiment – pH-Wert der Ozeane

In diesem Experiment sollen die Auswirkungen des CO₂ im Wasser experimentell erkundet werden:

Materialien

Das bekommt ihr	✓	Das braucht ihr	✓
2 Marmeladengläser (= Reaktionskammern)		2x 50 ml Leitungswasser	
Schlauchverbindung + Knete zum Abdichten		Evtl. Kreidestück/Kalkstein und Essigsäure	
Messbecher			
Backpulver			
Hochauflösendes pH-Papier (v.a. im Bereich 6-9)			

Durchführung

Beide Marmeladengläser werden mit je 50 ml Leitungswasser befüllt und in einem davon wird der pH-Wert gemessen. Dabei wird der pH-Papier-Streifen ins Wasser gehalten und nach der angegebenen Zeit wieder herausgenommen. Mit Hilfe der Farbskala kann der pH-Wert ermittelt werden. Notiert euch den Wert.

Beide Marmeladenglasdeckel werden mit dem Schlauch und der Knete miteinander verbunden (siehe Foto). Die Schlauchenden sollen dabei nicht ins Wasser tauchen. Ein Glas mit Wasser wird bereits verschlossen.

Das andere Glas wird zusätzlich mit einem Päckchen Backpulver befüllt und schnell (!) verschlossen. Damit die Reaktion gut abläuft, kann das Reaktionsgefäß leicht geschwenkt werden. Nach Beendigung der Reaktion wird im ersten Marmeladenglas (also ohne Backpulver) erneut der pH-Wert gemessen. Notiert den neuen Wert.

Zusatzexperiment:

Gebt ein kleines Kreidestück oder Kalkstein in eine Petrischale und tropfe Essigsäure darauf.



Beobachtung:

.....

.....

.....

.....

Folgerung:

.....

.....

.....

.....

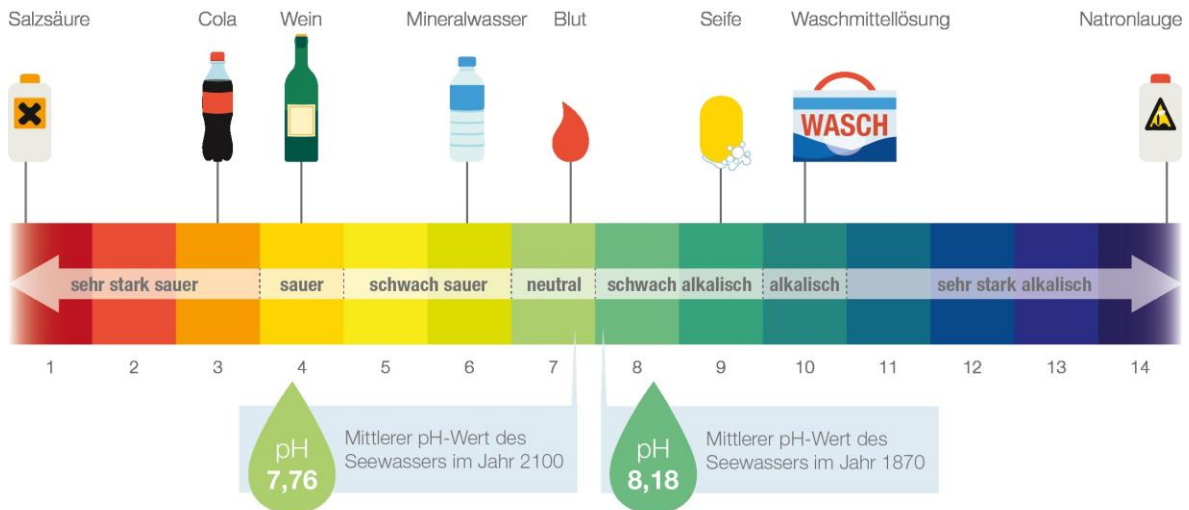
Aufgabe und Hinweise für die Präsentation:

- Übertrag das modellhafte Experiment auf die Wirklichkeit. Erklärt, was jeweils die Reaktionskammern, das Wasser ... darstellen soll.
- Schaut euch die Infokärtchen an und formuliert mit euren eigenen Worten, was das CO₂ für Folgen im Ozean verursacht. Geht dabei auf eure messbaren Ergebnisse ein und auf die Folgen, die ein veränderter pH-Wert mit sich bringt.
- Die pH-Wert-Skala hilft euch bei der Einschätzung.
- Macht Vorschläge, wie das Problem des CO₂ in Wasser in der City4Future mit eingeplant werden kann. Denkt dabei an Standorte, Baumaterial oder Möglichkeiten den CO₂-Gehalt des Meeres wieder zu senken.
- Gestaltet zum Abschluss eine 3-minütige Präsentation eurer Ergebnisse in der Gruppe.



Infokärtchen pH-Wert-Skala

pH-Skala: Was ist sauer, was alkalisch?



Quelle: <https://www.boell.de/de/2017/05/10/versauerung-die-zukunft-wird-saurer>

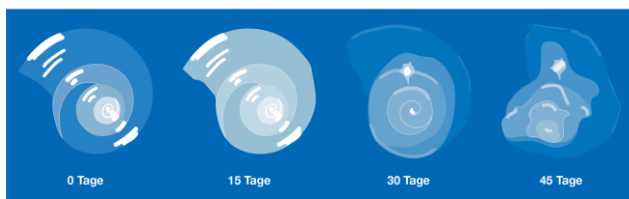
Infokärtchen Kohlendioxidgleichgewichte

Du kennst aus deinem Alltag das Kohlenstoffdioxid-Gleichgewicht schon. Öffnest du eine Mineralwasserflasche und verminderst dabei den Druck in dieser, so entstehen CO₂-Gasbläschen, die aus dem Wasser nach oben steigen. Wird der Druck erhöht (beim Schließen einer Flasche oder auch wenn mehr CO₂ über einer Wasseroberfläche entsteht), so löst sich das CO₂ vermehrt im Wasser. Dort bildet sich in einer chemischen Reaktion aus CO₂ und Wasser (H₂O) die Kohlensäure (H₂CO₃). Je kälter das Wasser ist, desto mehr CO₂ kann im Wasser gelöst werden. Andersherum: Je wärmer dein Mineralwasser ist, desto „abgestandener“ schmeckt es, da weniger CO₂ gelöst ist.

Kohlensäure reagiert im Wasser weiter zu Hydrogencarbonat-Ionen und Protonen (H⁺), welche eine weitere Reaktion mit Carbonaten eingehen können. Carbonate sind schwerlösliche Salze, aus denen Kreidefelsen, Kalksteine und Marmor, aber auch Muschelschalen, Korallen und Schneckenhäuser bestehen. Mit den Protonen reagieren sie zu Hydrogencarbonaten, die aber löslich sind.

Folgen des erhöhten CO₂-Gehalts im Meer:

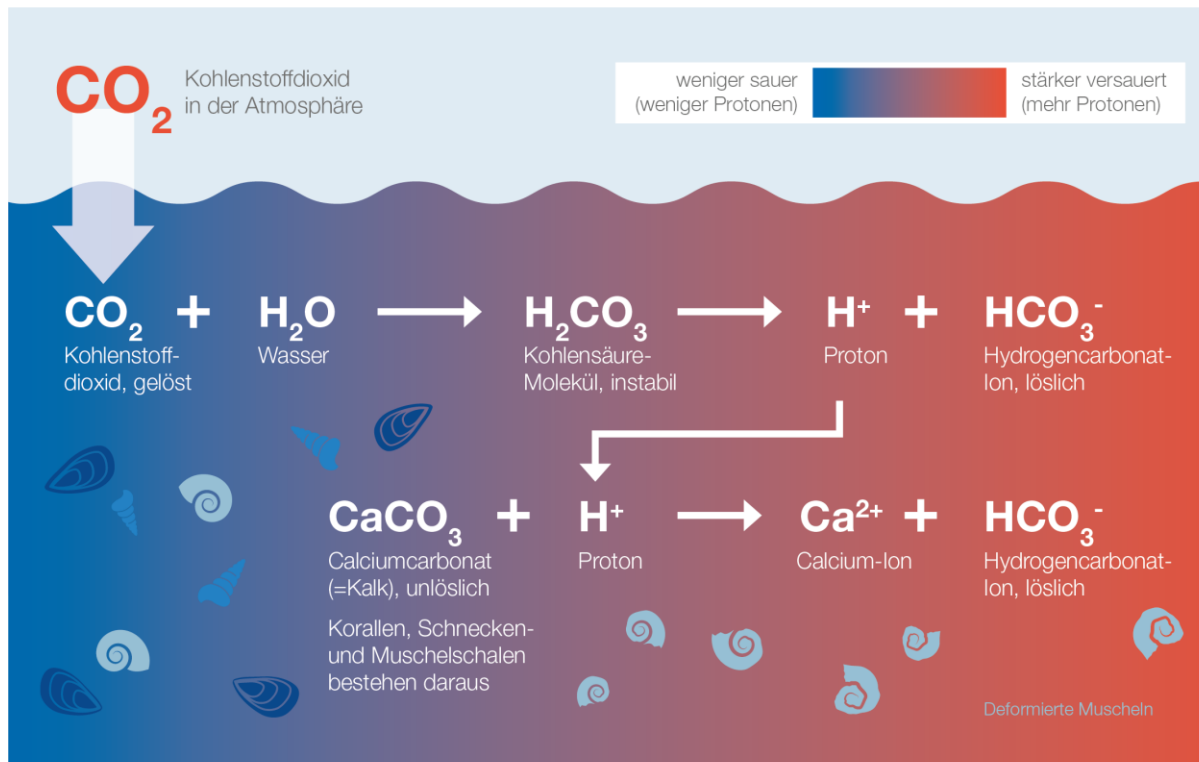
Versauerung der Meere und die daraus resultierenden Folgen



Durch die Versauerung der Meere zersetzen sich z. B. die Schneckenhäuser der Pteropoda.

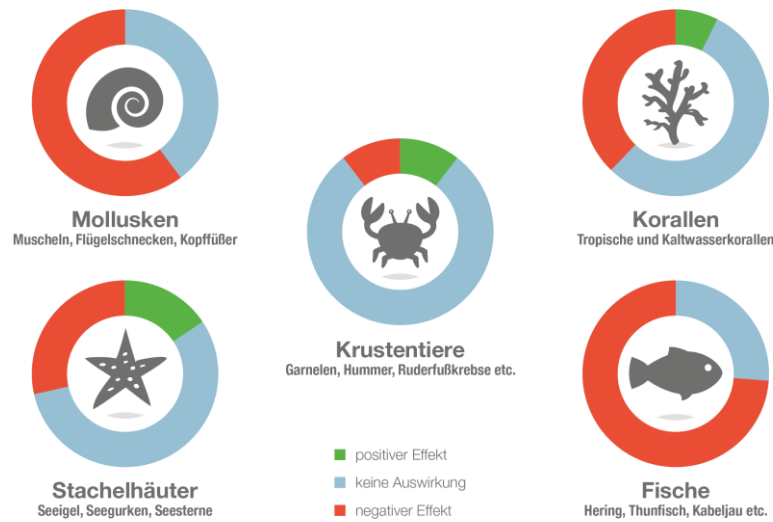
Quelle: bracenet.net

Versauerung der Meere



Quelle: <https://mopga-oasis.leibniz-zmt.de/de/ozean-versauerung/>

Versauerung: Manche Arten kommen klar – andere nicht



Viele Tiere wie Fische und Flügelschnecken werden von der Versauerung beeinträchtigt, nur wenige können profitieren.

Quelle: Unesco/ Wittmann & Pörtner

6.6 Arbeitsblatt 4: Präsentation der Ergebnisse

Sobald ihr mit den Experimenten fertig seid, habt ihr Zeit, eure Präsentation zu erstellen.

Dabei könnt ihr arbeitsteilig vorgehen. Die Hälfte der Teammitglieder erstellt die Präsentation, die andere Hälfte recherchiert, um kritischen Fragen der anderen Teams Argumente entgegen zu können oder um selbst den anderen Teams kritische Fragen zu stellen.

Es ist wichtig, dass ihr eure Präsentation aus der Perspektive bzw. Rolle eures jeweiligen Teams (Wissenschaftler*inne, Klimaskeptiker*innen, Umweltschützer*innen) vorbereitet. Die beiden Teams der Wissenschaftler*innen übernehmen jeweils die Präsentation der Station 3, die Kritiker*innen präsentieren jeweils die Ergebnisse zur Station 1 und die Umweltschützer*innen halten ihren Vortrag jeweils zu den Inhalten der Station 2.

So nehmt ihr verschiedene Sichtweisen ein und bringt Vorschläge für die Umsetzung in eurer City4Future. Ein Beispiel wäre, dass ihr euch als Wissenschaftler*innen strikt an eure Ergebnisse haltet. Gehört ihr eines der Teams der Umweltschützer*innen an, könnt ihr voller Leidenschaft für euren Lebensraum eintreten. Seid ihr in der Rolle der Skeptiker*innen, nutzt ihr wissenschaftliche Daten und betrachtet diese kritisch.

Traut euch!

Präsentationsgruppe:

Gestaltet zum Abschluss gemeinsam in der Gruppe eine 3-minütige Präsentation (= Pecha-Kucha Vortrag) mithilfe eurer Ergebnisse.

Diese Fragen können euch bei der Vorbereitung helfen:

- Was sorgt in einem Treibhaus dafür, dass die Luft sich erhitzt und was dafür, dass die Wärme nicht oder nur kaum entweicht? Wie ist das beim Treibhauseffekt in der Atmosphäre?
- Wie wird die Atmosphäre erwärmt und warum entweicht immer weniger Wärmestrahlung wieder?
- Welche Konsequenzen haben ein erhöhter CO₂-Gehalt in der Atmosphäre, aber auch in den Ozeanen?

→ **Ziel:** Entwicklung einer Empfehlung für den Stadtrat der City4Future.

Recherchegruppe:

- Werdet zur Unterstützung eures Teams aktiv und ermittelt beispielsweise basierend auf den neusten Szenarien der UN bzw. deutscher Wissenschaftler*innen, wie weit der Klimawandel bereits fortgeschritten ist.
- Formuliert kritische Fragen zum Experiment oder zum Klimawandel, die ihr den anderen Teams nach ihrer Präsentation stellen könnt.
- Klimaskeptiker*innen sind zwar zahlenmäßig eine Minderheit, ihre Meinungen liest man aber dennoch in den (sozialen) Medien. Nennt basierend auf eurer Recherche einige der krassesten Aussagen und versucht diese zu widerlegen.
- **Bewertet** mithilfe eines Beobachtungsbogens die Präsentation, die Kommunikation und die Zusammenarbeit in den anderen Teams, um eine Grundlage für eure Wahl zu haben.

6.7 Arbeitsblatt 5: Beobachtung von Gruppenprozessen und der Präsentation

Beobachtungsbogen

Präsentation	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Stimme weder zu noch lehne ab	Stimme zu	Stimme voll und ganz zu	Kommentare
Interessanter Einstieg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Fachlich überzeugender Inhalt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Schluss, der Präsentation abrundet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Souverän vorgetragen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Laute, deutliche, verständliche Stimme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Körperhaltung offen zum Publikum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Beantwortung der Publikumsfragen korrekt beantwortet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Was ist mir sonst aufgefallen?						

Gruppenprozesse	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Stimme weder zu noch lehne ab	Stimme zu	Stimme voll und ganz zu	Kommentare
Es beteiligen sich alle.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Jeder kennt seine Aufgabe und arbeitet zielgerichtet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Jeder kann aussprechen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Streitigkeiten werden sachlich geklärt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Es gibt einen Moderator/ Vermittler bei der Gesprächsführung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Das Zeitmanagement läuft gut.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Der Umgang mit den Materialien ist achtsam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Das Team hat sich die Arbeit gleichmäßig aufgeteilt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Alle fühlen sich im Team wohl.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Was ist mir sonst aufgefallen?						

6.8 Optionales Arbeitsblatt 1: Statements

Folgende Aussagen können euch für die Diskussion und die daran anschließende Wahl nutzen. Entweder für eure eigene Präsentation zur Untermauerung eurer Meinung oder um den anderen Gruppen Fragen zu stellen.

Klimaforscher*in	Es ist eine Katastrophe, dass die Erde wärmer wird. Der Anstieg der Treibhausgas-konzentration ist durch den Menschen verursacht. Nun muss der Mensch auch entsprechende Maßnahmen umsetzen, um die Erde zurück ins Gleichgewicht zu bringen.
Mathematiker*in	Nur noch wenige realistische Szenarien schaffen es, das 1,5 °C-Ziel zu erreichen. Um die Erde zu stabilisieren, müssen wir die globalen Emissionen in jedem kommenden Jahrzehnt halbieren.
Wirtschafts-wissenschaftler*in	Die Emissionen im Verhältnis zur Bevölkerungszahl sind international unterschiedlich: Deutschland ist hinter den USA und Russland auf Platz 3 der Pro-Kopf-CO ₂ -Emissionen. Wir gehören damit zu den großen Verursachern und müssen Verantwortung übernehmen.
Schuldirektor*in der City4Future Oberschule	Unsere City4Future muss Vorreiter in Sachen Klimaschutz werden und daher eine ambitionierte Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategie erstellen und umsetzen!
Unternehmens-vertreter*in	Natürlich ist Klimaschutz wichtig, wir sollten aber lieber auf Vorgaben der Bundes-regierung warten bevor die City4Future Unsummen in irgendwelche Maßnahmen investiert.
Moderator*in	Ich möchte eine ausgewogene Diskussion zu den Folgen des Klimawandels für die City4Future führen. Dabei sollen alle Argumente Gehör finden. Ich bin gespannt, wie die Diskussion verläuft und hoffe, dass wir am Ende zu einem guten Ergebnis kommen!

6.9 Optionales Arbeitsblatt 2: Folgen des Klimawandels

Welche Folgen hat der Klimawandel – was wird beobachtet?

Eure Aufgabe

- **Beschreibt** mithilfe einer Recherche die Auswirkungen des Klimawandels.
 - Erklärt, welche Länder besonders betroffen sind.
 - Schildert, wie sich der Klimawandel konkret auf das Leben der Menschen auswirkt.
 - Die Quellen der Rückseite helfen euch bei der Recherche.
- **Tipp:** Bilder/Videos unterstützen eure Aussage und dienen der Veranschaulichung!



Ich habe mir folgendes Land angeschaut.

Bereich	Folgen
Globale Durchschnittstemperatur	
Extreme Wetterereignisse	
Meereis und (Fest-)Landeis	
Permafrostböden	
Meeresspiegel	
Versauerung Ozeane	
Jahreszeiten, Vegetations- und Klimazonen, Tiere und Pflanzen	
Folgen für die Menschen	

Die folgenden Quellen können euch bei der Recherche helfen:

Thema	Quelle
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> Hamburger Bildungsserver (o.J.). Regionale Klimaänderungen. https://bildungsserver.hamburg.de/regionale-klimaaenderungen/
Afrika	<ul style="list-style-type: none"> Redaktionsnetzwerk Deutschland (2020). UN-Bericht: Extreme Wetterereignisse häufen sich – Afrika stark bedroht. https://www.rnd.de/wissen/un-bericht-extreme-wetterereignisse-haufen-sich-afrika-stark-bedroht-U7ESVSWPECMSEHS3J727CUP6TI.html Earthlink e.V. (2020). 2020: Klimawandel stürzt Afrika in die Krise. https://www.fluchtgrund.de/2021/03/2020-klimawandel-stuerzt-horn-von-afrika-in-die-krise/
Asien	<ul style="list-style-type: none"> PIK – Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2007). Neuer Bericht: Ungebremster Klimawandel gefährdet Entwicklungsfortschritte in Asien: https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/unabated-climate-change-would-reverse-the-development-gains-in-asia-report
Nordamerika	<ul style="list-style-type: none"> Eickenmeier, P. – Der Tagesspiegel (2020). Der Klimawandel ist der Brandstifter – und das sind die Indizien: https://www.tagesspiegel.de/wissen/historische-feuerkatastrophe-in-den-usa-der-klimawandel-ist-der-brandstifter-und-das-sind-die-indizien/26189788.html
Europa	<ul style="list-style-type: none"> Europäisches Parlament (2018). Klimawandel in Europa: Zahlen und Fakten. Aktuelles: https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/priorities/klimawandel/20180703ST007123/klimawandel-in-europa-zahlen-und-fakten
Deutschland	<ul style="list-style-type: none"> Greenpeace (2018). Klimawandel in Deutschland: https://www.greenpeace.de/themen/klimawandel/folgen-des-klimawandels/klimawandel-deutschland Deutsches Klima-Konsortium et al. (Hrsg.) (2020). Was wir heute übers Klima Wissen. Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind: https://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen_DKK/basisfakten-klimawandel.pdf UBA – Umweltbundesamt (o.J.). Klimafolgen Deutschland (nach Sektoren und Handlungsfeldern). https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland

6.10 Optionales Arbeitsblatt 3: Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an Klimaveränderungen

Klimaschutz beinhaltet Maßnahmen, die auf die Verringerung der Treibhausgasemissionen abzielen (z.B. Anteil erneuerbarer Energien erhöhen, Wärmedämmung von Gebäuden vornehmen). Wichtige Ansatzpunkte für den Klimaschutz sind beispielsweise: Energieerzeugung und -verbrauch, Mobilität und Verkehr, Landwirtschaft und Ernährung, Wohnen, Heizen und das Konsumniveau.

Maßnahmen und Strategien, die auf **Klimaanpassung** ausgerichtet sind, zielen darauf ab, die Umwelt und die Menschen vor den Auswirkungen des Klimawandels zu bewahren bzw. diesen zu begegnen. Anpassungsmaßnahmen können sich je nach regionalen/lokalen Gegebenheiten sehr unterscheiden.

Eure Aufgabe

- **Benennt** mithilfe einer Recherche Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen.
- Wählt drei Maßnahmen aus und **begründet**, warum ihr diese als besonders relevant für die Umsetzung in der City4Future erachtet.

Klimaschutz	Klimaanpassung
z.B. mehr erneuerbare Energien	z.B. Erhöhung von Deichen in Gebieten, die vom Anstieg des Wasserpegels betroffen sind



Tipp: Hier findet ihr Quellen, die euch bei der Recherche helfen können: LINK/QR-Code

- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (o.J.). Klimaschutz – Worum geht es? <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/klimaschutz-worum-geht-es>
- UBA – Umweltbundesamt (o.J.). Anpassung an den Klimawandel: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel-0#was-heisst-anpassung-an-den-klimawandel>
- Für jüngere Schüler*innen: <https://klexikon.zum.de/wiki/Klimaschutz>

6.11 Optionales Arbeitsblatt 4: Argumentationshilfe „Klimaskeptiker*innen“

Ihr beschäftigt euch mit den Behauptungen von Klimaskeptiker*innen. Die Liste dieser Argumente ist sehr lang, einen kleinen Überblick gibt die nachfolgende Auswahl:

- Das Klima ist nicht vorhersagbar, da das Wetter nur kurzfristig vorhergesagt werden kann.
- Den Treibhauseffekt gibt es nicht.
- Es ist doch prima, wenn es wärmer wird.
- Den Klimawandel bzw. Warm- und Kaltzeiten gab es schon immer.
- Die Sonne ist es, die das Klima beeinflusst, der Mensch hat kaum einen/keinen Anteil daran.
- Der Wasserdampf verursacht den Treibhauseffekt.
- Die Kohlendioxid-Konzentration kann sich nicht verdoppeln, weil die fossilen Energieträger endlich sind.
- Deutschland kann das Klima nicht retten, unser Anteil am Klimawandel ist ohnehin gering.
- Nicht einmal in der Wissenschaft ist man sich sicher, dass es den Klimawandel gibt.

Eure Aufgabe

- Nennt basierend auf einer Internetrecherche einige Statements von Personen, die den Klimawandel leugnen (z.B. über Twitter etc.).



Tipp: Hier findet ihr Quellen, die euch bei der Recherche helfen können:

Thema	Quelle
Videos	<ul style="list-style-type: none"> • „Missverständnisse zum Klimawandel aufgeklärt: https://www.youtube.com/watch?v=QWfzim9Ttyc (20:55 Minuten) • „Die Szene der Klimaleugner“ SWR2 Wissen: https://www.swr.de/swr2/wissen/swr2-wissen-2020-03-10-100.html (27:45 Minuten)
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Arens, C.; Bierwirth, A. Koska, T.; Thema, J.; Wagner, O. (2019). Die Debatte um den Klimaschutz. Mythen, Fakten, Argumente. Friedrich-Ebert-Stiftung (Hrsg.) https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7416/file/7416_Klimaschutz_Debatte.pdf • BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2020). Antworten an Klimaskeptiker. https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/klimaskeptiker/ • NABU – Naturschutzbund Deutschland (o.J.). Klimawandel? Ach hör doch auf! Wir räumen mit Klimamythen auf. https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/klima-und-luft/klimawandel/27125.html • SWR3 (2020). Faktencheck. Behauptungen zur Klimaerwärmung seriös beantwortet. https://www.swr3.de/aktuell/faktencheck-behauptungen-zur-klimaerwärmung--seris-beantwortet-100.html