

HANDREICHUNG

Klimawandelmodul**Allgemeine Informationen zum Modul**

Die Klimawandelproblematik ist schon längst in der Lebenswelt der SuS angekommen. Gerade auch durch die ‚Fridays for Future‘-Bewegung erhielt diese Thematik eine hohe Bedeutung und wird die SuS auch im weiteren Verlauf des Lebens begleiten. Die Hintergründe, Verläufe und Folgen des Klimawandels werden in diesem Unterrichtsmodul eigenständig untersucht. Schwerpunktmäßig zielt das Modul auf Erweiterungen der Kompetenzen in den Bereichen Erkenntnisgewinnung und Fachwissen ab. Die Kompetenzbereiche Kommunikation und Bewertung werden im vergleichsweisen geringeren Umfang ebenfalls gefördert. Das Modul eignet sich am ehesten für die neunte und zehnte Jahrgangsstufe und ist dem Inhaltsfeld ‚Ökologie und Naturschutz‘ zuzuordnen.

Die SuS führen unter anderem Experimente zu den Themen Albedo-Effekt, Meereis und Landeis, Ozeanversauerung, Strömungssysteme, Treibhauseffekt und Wasserausdehnung in Stationenarbeit durch. Sie erlernen damit nicht nur Arbeitsweisen aus dem Laborbereich, sondern sie tauchen ein in die einzelnen Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges (Aufstellen von Fragestellungen und Hypothese, Planung eines Experiments, Durchführung, Auswertung und Interpretation von Messwerten). Jedes einzelne Thema fördert dabei schwerpunktmäßig einen Teil des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges. Die Zuordnung zwischen den Themen und den Schwerpunkten des nat. Erkenntnisweges lässt sich der Tabelle entnehmen:

Teil des nat. Erkenntnisweges	Station
Aufstellen einer Fragestellung	Wasserausdehnung
Aufstellen einer Hypothese	Meereis vs. Landeis
Planung	Albedo-Effekt
Durchführung	Alle Stationen
Auswertung	Treibhauseffekt
Interpretation	Strömungssysteme und Ozeanversauerung

Die Experimente können mit einer Grundausrüstung an Labormaterialien im Unterricht von den SuS selbstständig durchgeführt werden. Falls die Ausstattung von Labormaterialien nicht ausreichend sein sollte oder die Lehrkraft bzw. die SuS die Experimente nicht eigenständig durchführen möchten, so kann man auf die Videos der Experimente zurückgreifen. Mit den Videos lassen sich alle Arbeitsmaterialien ebenfalls bearbeiten. Eine Ausnahme ist hierbei die Station „Albedo-Effekt“. Da der Schwerpunkt hierbei im Bereich der Planung liegt, muss das Arbeitsmaterial dann entsprechend angepasst werden, da das Video selbstverständlich nicht auf die individuelle Planung der SuS eingehen kann.

Neben der Stationenarbeit thematisiert das Modul die Temperaturentwicklung der letzten Jahrzehnte sowie die Kohlenstoffdioxid-Bilanz ausgewählter Lebensmittel. Aus dem Modul lassen sich Folgen für das persönliche Handeln, aber auch gesellschaftliche Notwendigkeiten ableiten.



Fachlicher Hintergrund

Seit ungefähr 200 Jahren nimmt die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre zu. Beim Verbrennen von fossilen Energieträgern wird beispielsweise Kohlenstoffdioxid und Methan in hohen Mengen freigesetzt. Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht zwar überhaupt erst ein Bewohnen der Erde, doch durch den vom Menschen verstärkten Treibhauseffekt wird die Jahresdurchschnittstemperatur immer höher. Seit 1998 konnten die zehn wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen beobachtet werden. Das zieht natürlich Folgen für bestimmte Orte der Erde und auch für die Region Niederrhein nach sich. Jedes Jahr schmilzt der Eispanzer auf Grönland um mehr als 250 Milliarden Tonnen. Allein diese Massen an flüssigem Wasser, die in die Ozeane gelangen, führen pro Jahrzehnt zu einem Anstieg der globalen Meeresspiegelhöhe von 7 Millimetern. Das Eis schmilzt aber nicht nur auf Grönland, sondern weltweit. Im Durchschnitt nahm die Gesamtdicke der Gebirgsgletscher um 20 Meter ab. Der durchschnittliche globale Meeresspiegel nahm seit dem Jahr 1900 um 16 Zentimeter zu (Deutsches Klima-Konsortium et al. 2020). Durch die Abnahme der Eismassen der Gletscher kommt es zu einem weiteren Problem, welches den Temperaturanstieg weiter verstärkt. Dies lässt sich durch den Albedo-Effekt begründen, welcher zeigt, dass helle Oberflächen mehr der einfallenden Strahlung reflektieren als dunkle Oberflächen. Dunkle Oberflächen absorbieren einen größeren Anteil der Strahlung und geben diese in Form von Wärme an die Umgebung ab. Schmelzen also die hellen Eisflächen, welche die Strahlung zu einem Großteil reflektieren, dann kommen dunklere Flächen zum Vorschein, welche dann die einfallende Strahlung absorbieren und die Umgebungstemperatur weiter erhöhen (Eis-Albedo-Rückkopplung 2022).

Wie schon angesprochen erhöht sich der Anteil von Kohlenstoffdioxid durch menschliche Ursachen. Dieses verbleibt jedoch nicht ausschließlich in der Luft, sondern wird in gelöster Form in die Ozeane überführt. Das durch den Menschen zusätzlich freigesetzte Kohlenstoffdioxid wurde seit den 1980er Jahren zu etwa 20 – 30 % von den Ozeanen aufgenommen (Deutsches Klima-Konsortium et al. 2020). Das hat eine Versauerung der Ozeane zur Folge, denn das gelöste Kohlenstoffdioxid reagiert mit dem Wasser zu Kohlensäure. Diese Kohlensäure ist in Wasser instabil und dissoziiert zu Protonen und Hydrogencarbonat-Ionen (Hamburger Bildungsserver). Durch die Freisetzung der Protonen fällt der pH-Wert ab. Im Vergleich zur vorindustriellen Zeit ist der pH-Wert der Ozeane bereits um 0,1 abgefallen, was eine Zunahme des Säuregrads um 26 % ausmacht. Dadurch leiden vor allem kalkbildende Meeresbewohner wie zum Beispiel Muscheln. Auch die Korallen leiden unter der zunehmenden Versauerung und der steigenden Temperatur des Meerwassers (Deutsches Klima-Konsortium et al. 2020). Ein weiterer wichtiger Aspekt in Bezug auf den Klimawandel sind die globalen Meeresströmungen. Entscheidend bei der Entstehung der Meeresströmungen sind Dichteunterschiede der Ozeane. Die Dichteunterschiede sind das Resultat von unterschiedlichen Temperaturen und Salzkonzentrationen der Gewässer. Durch den Klimawandel nehmen die Differenzen der Temperaturen und Salzkonzentrationen in unterschiedlichen Regionen der Ozeane ab; und das führt dazu, dass sich die sogenannte thermohaline Zirkulation verlangsamt. Die Meeresströmungen beeinflussen die angrenzenden Landmassen erheblich. Warme Meeresströmungen führen beispielsweise zu einem milderen Klima in kälteren Gebieten (Kurz 2008).



Einstieg

Im Einstieg erzählt die Lehrkraft den SuS, dass das Tablet bzw. der Laptop gehackt wurde und die Hacker ein Video hinterlassen haben, welches dann gemeinsam angesehen wird. Im Video wird deutlich, dass ein internationales Hackerkollektiv eine Mission ins Leben gerufen hat, mit dem Ziel die Klimawandelleugner vom Klimawandel zu überzeugen. Um Belege zu sammeln, ist eine Zeitreise in das Jahr 2050 nötig; und der erste Beweis wird am Ende des Videos dargestellt. Hierbei handelt es sich um ein Zeitungsblatt aus dem Jahr 2050. Zu jeder Station der einzelnen Experimente ist ein Zeitungsartikel vorzufinden. Zusätzlich beschreibt ein Zeitungsartikel einen Großbrand im Klimawandelforschungszentrum und stellt heraus, dass die Wissenschaftler noch unter Schock stehen und die Forschungsaktivitäten noch nicht wieder aufnehmen können. Aus diesem Grund findet ein Aufruf im Artikel statt, der an die Lerngruppe gerichtet ist.

Eine Möglichkeit das Zeitungsblatt sinnvoll in den Unterricht zu integrieren, könnte wie folgt aussehen: Man händigt den SuS das Zeitungsblatt im A3-Format im direkten Anschluss des Videos aus und bittet die SuS zu jedem einzelnen Artikel ein Schlagwort zu notieren. Diese Schlagwörter kann man anschließend kurz im Plenum sammeln. Ein wichtiger Hinweis sollte die Lehrkraft den SuS im Anschluss noch mitteilen, denn in dem Artikel des Großbrandes im Klimawandelforschungszentrums wird erwähnt, dass noch einige Dokumente aus dem brennenden Gebäude gerettet werden konnten. Die Lehrkraft sollte hier herausstellen, dass es Sinn machen würde, sich zunächst die Dokumente der Wissenschaftler anzuschauen, bevor eigene Untersuchungen durchgeführt werden.

Das ist insofern von Bedeutung, weil in der nächsten Phase auf ein gerettetes Dokument genauer eingegangen wird.

Erarbeitungsphase I:

In der ersten Erarbeitungsphase geht es um die Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in den letzten Jahrzehnten. Die Jahresdurchschnittstemperaturen der Jahre 1970 - 2020 sind in einer Tabelle dargestellt und sollen von den SuS in einem Kreisbild veranschaulicht werden. Dadurch erhalten die SuS einen farblichen Verlauf der Jahresdurchschnittstemperaturen, aus denen ein Temperaturanstieg schnell ersichtlich wird. Die Brandflecken auf dem Arbeitsmaterial sind Folgen des Großbrandes und bedecken die Daten der Jahre 2021 – 2050. SuS sollen Vermutungen darüber aufstellen, welche Farben sie für diese Jahre vermutlich benutzen müssten. Eine Musterlösung der Kreisbilder liegt bei. Die Ergebnisse der SuS können im Anschluss direkt besprochen werden. Anschließend sollte die Lehrkraft klar machen, dass weitere Beweise gesammelt werden müssen und leitet in die zweite Erarbeitungsphase über.

Erarbeitungsphase II:

Bevor die SuS mit der Stationenarbeit beginnen, sollte die Lehrkraft auf sicherheitsrelevante Aspekte eingehen. Beim Umgang mit Chemikalien, wie z.B. die 2 M NaOH-Lösung, sollte eine Schutzbrille getragen werden. Sinnvoll ist es auch, wenn die Lehrkraft den SuS die Vorgehensweise an einer Station exemplarisch erklärt. Es sollte außerdem ein Hinweis erfolgen, dass die SuS nicht direkt mit dem Experimentieren beginnen sollten, sondern sich an jeder Station zunächst mit dem Arbeitsmaterial und der Experimentalanleitung vertraut machen und erst nach Aufforderung des Arbeitsmaterials das Experiment durchführen. Hilfreich ist es auch, wenn den SuS die Schritte des nat. Erkenntnisweges bekannt sind, sodass z.B. klar ist, was man unter einer Hypothesenbildung versteht. Die einzelnen Stationen bauen nicht aufeinander auf und können bei zeitlichen Einschränkungen teilweise ausgelassen werden. Für jede Station sollte man mindestens von 45 Minuten Bearbeitungszeit ausgehen. Was gibt es bei den einzelnen Stationen zu beachten?

Station: Albedo-Effekt

Bei diesem Experiment steht die Planung im Vordergrund. Aus diesem Grund ist die Option der Videodarstellung der Durchführung nicht sinnvoll. Wenn möglich, dann sollte dieses Experiment von den SuS selbstständig durchgeführt werden. Sollte das nicht möglich sein, dann muss das Arbeitsmaterial entsprechend angepasst werden. Des Weiteren obliegt die Entscheidung der Auswahl der Materialien der Lehrkraft. Leistungsschwächere Lerngruppen könnten beispielsweise in der Auswahl der Materialien eingeschränkt werden und nur die Materialien der ‚Musterlösung‘ zur Verfügung gestellt werden. Leistungsstarken Lerngruppen hingegen könnte man mehr Materialien zur Verfügung stellen.

Station: Meereis vs. Landeis

Die Anzahl der hier eingesetzten Eiswürfel ist von der Größe der Eiswürfel entscheidend. Sinnvoll wäre es, wenn man dieses Experiment im Voraus durchführt und schaut, ab wie vielen Eiswürfeln ein eindeutiger Unterschied deutlich wird. Bei großen Eiswürfeln würden beispielsweise auch drei Eiswürfel reichen. Das muss im Voraus durch die Lehrkraft in der Experimentalanleitung angepasst werden. Um die Dauer des Schmelzens des Eises zu verkürzen, bietet sich der Einsatz von Wärmelampen an, sofern nicht ausreichend Sonnenstrahlen vorhanden sind. Für die Internetrecherche zum Archimedischen Prinzip muss ein Zugang zum Internet gewährleistet sein. Der Einfachheit halber wird Leitungswasser und kein Salzwasser in den Bechergläsern vorgelegt.

Station: Ozeanversauerung

Auch dieses Experiment sollte im Voraus getestet werden. Je nach pH-Wert des verwendeten Wassers muss die Menge der NaOH-Lösung angepasst werden. Befindet sich der pH-Wert des Wassers bereits im alkalischen Bereich, dann gibt man keine NaOH-Lösung mehr hinzu. Das Wasser mit dem Bromthymolblau sollte einen pH-Wert von etwa 8 aufweisen, bevor man die Lösung in die Reagenzgläser aufteilt. Das Erklärvideo kann über den QR-Code abgerufen werden und erklärt die chemischen Hintergründe des Experiments sowie die Auswirkungen auf kalkbildende Wasserorganismen. Der Einfachheit halber wird Leitungswasser und kein Salzwasser im Becherglas vorgelegt.

Station: Strömungssysteme

Diese Station besteht aus zwei Experimenten, welche in einer gemeinsamen Interpretation zusammengeführt werden sollen. In dem Experiment mit den Strömungssystemen sollte darauf geachtet werden, dass man die Plastikbox auf einem Extratisch positioniert, welcher nicht wackelig steht und wo wenig Personenverkehr herrscht. Erschütterungen der Plastikbox führen sonst zu Erschütterungen in den Strömungen, welche in den Zeitraffervideos zu Irritationen führen könnten. Des Weiteren ist es wichtig, dass die beiden Gleitverschlussbeutel eng an der Plastikwand der Box anliegen. Je nach Größe der Plastikbox kann auch hier die Wartezeit vor der Zugabe der Tinte angepasst werden. Bei kleineren Boxen kann die Wartezeit aufgrund der geringeren Wassermassen, die in Strömung versetzt werden, verringert werden. Für die Zeitrafferaufnahme werden Tablets oder Smartphones mit entsprechender Funktion benötigt. Nach der Hinzugabe der Tinte ist erneut eine Wartezeit von 20 Minuten vorgesehen. Damit hier kein Leerlauf entsteht, bietet sich die Durchführung des zweiten Experiments (Tomate auf Tauchstation) dieser Station an. Hier muss ein Hinweis der Lehrkraft erfolgen. Der Einfachheit halber wird im Strömungssystemexperiment Leitungswasser und kein Salzwasser gefüllt.

Station: Treibhauseffekt

Bei dieser Station sollte die Lehrkraft bei der Bedienung der CO₂-Gasflasche helfen. Aufgrund der höheren Dichte des Gases sollte die Glaskuppel beim Befüllen mit der Öffnung nach oben befüllt werden.

Station: Wasserausdehnung

Hier sollte lediglich darauf geachtet werden, dass ein wasserfester Folienstift benutzt wird, damit sich die Markierungen nicht vom Messkolben lösen. Diese können im Anschluss beispielsweise mit Reinigungsethanol entfernt werden.

Sicherungsphase der Stationenarbeit

Um die Ergebnisse der Stationenarbeit zu sichern, sollen wissenschaftliche Poster erstellt werden. Jede Gruppe wird ein Experiment zugeordnet. Da die Präsentation jedes Posters sehr zweitaufwendig wäre, bietet sich ein Gallery Walk der Poster an. Mit Post-Its können SuS andere Poster dann kommentieren, wenn diese beispielsweise andere Ergebnisse haben oder noch offene Fragen bestehen. Diese Kommentare sollten dann im Plenum besprochen werden. Die Poster sollten nach den Kriterien des Arbeitsmaterials erstellt werden. Die Kriterien beziehen sich auf die Schritte des nat. Erkenntnisweges sowie auf formale Aspekte.

Erarbeitungsphase III

In der dritten Erarbeitungsphase geht es um die CO₂-Bilanz ausgewählter Lebensmittel sowie die Hintergründe der Zusammensetzung der CO₂-Bilanzen. In diese Phase könnte man erneut über einen Verweis auf den entsprechenden Zeitungsartikel hinweisen und wiederholen, dass der Küchenchef Fleisch vom Speiseplan gestrichen hat. Die SuS sollen im Material dann zunächst ein Wunschmenü erstellen und dieses dann hinsichtlich der CO₂-Bilanz und unter Berücksichtigung finanzieller Aspekte optimieren. Mit einem Video werden dann die Hintergründe der CO₂-Bilanz erklärt. Eine Gruppe könnte exemplarisch das optimierte Menü dann vorstellen.



Sozialform

Die empfohlene Gruppengröße bei der Bearbeitung des Arbeitsmaterials und beim Experimentieren liegt bei drei SuS. Die Gruppengröße sollte nicht überschritten werden, damit einzelne SuS nicht bloß inaktiv daneben sitzen. Alle Aufgaben können sowohl in der Schule als auch zuhause bearbeitet werden.



Kompetenzerwerb gemäß Kernlehrplan NRW Biologie für Sek I

Beispielhaft für die Sekundarstufe II wurde der Kernlehrplan der Schulform Gymnasium für das Fach Biologie gewählt.

Die Unterrichtseinheiten können in das Inhaltsfeld „Ökologie und Naturschutz“ eingeordnet werden.

Folgende Kompetenzen werden in den Kompetenzbereichen gefördert:

Umgang mit Fachwissen

- UF1 erworbenes Wissen über biologische Phänomene unter Verwendung einfacher Konzepte nachvollziehbar darstellen und Zusammenhänge erläutern
- UF2 das zur Lösung einfacher vorgegebener Aufgaben und Problemstellungen erforderliche biologische Fachwissen auswählen und anwenden
- UF4 neu erworbene biologische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und Alltagsvorstellungen hinterfragen

Erkenntnisgewinnung

- E1 in einfachen Zusammenhängen Probleme erkennen und Fragen formulieren, die sich mit biologischen Methoden klären lassen
- E2 bei angeleiteten biologischen Beobachtungen Strukturen und Veränderungen wahrnehmen, ggf. kriteriengeleitet vergleichen sowie zwischen der Beschreibung und der Deutung unterscheiden
- E3 Vermutungen zu biologischen Fragestellungen auf der Grundlage von Alltagswissen und einfachen fachlichen Konzepten formulieren
- E4 bei angeleiteten Untersuchungen und Experimenten Handlungsschritte nachvollziehen und unter Beachtung von Sicherheitsaspekten durchführen, einfach Experimente selbst planen, sowie biologische Methoden sachgerecht anwenden

- E5 Beobachtungen und Messdaten ordnen sowie mit Bezug auf die zugrundeliegende Fragestellung oder Vermutung auswerten und daraus Schlüsse ziehen
- E7 in einfachen biologischen Zusammenhängen Schrotte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung nachvollziehen und Aussagen konstruktiv kritisch hinterfragen

Kommunikation

- K1 das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse bei Untersuchungen und Experimenten in vorgegebenen Formaten (Protokolle, Tabellen, Diagramme, Zeichnungen, Skizzen) dokumentieren
- K2 nach Anleitung biologische Informationen und Daten aus analogen und digitalen Medienangeboten (Fachtexte, Filme, Tabellen, Diagramme, Abbildungen, Schemata) entnehmen sowie deren Kernaussagen wiedergeben und die Quelle notieren
- K3 eingegrenzte biologische Sachverhalte, Überlegungen und Arbeitsergebnisse – auch mithilfe digitaler Medien – bildungssprachlich angemessen und unter Verwendung einfacher Elemente der Fachsprache in geeigneten Darstellungsformen (Redebeitrag, kurze kontinuierliche und diskontinuierliche Texte) sachgerecht vorstellen

Bewertung

- B2 Bewertungskriterien und Handlungsoptionen nennen
- B3 kriteriengeleitet eine Entscheidung für eine Handlungsoption treffen



Quellen

Bei allen im Modul verwendeten Videos handelt es sich um eigene Aufnahmen oder frei nutzbare Videos. Die Bilder, Grafiken und Fotos sind entweder frei nutzbar oder wurden für dieses Modul freundlicherweise von den entsprechenden Rechteinhabern und Rechteinhaberinnen zur Verfügung gestellt.

Literaturverzeichnis

Deutsches Klima-Konsortium; Deutsche Meteorologische Gesellschaft; Deutscher Wetterdienst; Extremwetterkongress Hamburg; Helmholtz-Klima-Initiative; klimafakten.de (Hg.) (2020): Was wir heute übers Klima wissen. Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind. Online verfügbar unter https://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen_DKK/basisfakten-klimawandel.pdf.

Eis-Albedo-Rückkopplung (2022). Online verfügbar unter [https://paradigmaps.geo.uni-halle.de/klimawandel/glossar/eis-albedo-r%C3%BCckkopplung#:~:text=Eis%2DALbedo%2DR%C3%BCckkopplung%20ist%20die,%20von%20bis%20zu%2090%25.](https://paradigmaps.geo.uni-halle.de/klimawandel/glossar/eis-albedo-r%C3%BCckkopplung#:~:text=Eis%2DALbedo%2DR%C3%BCckkopplung%20ist%20die,%20von%20bis%20zu%2090%25.,), zuletzt geprüft am 03.11.2022.

Hamburger Bildungsserver (Hrsg.): Versauerung der Ozeane. Unter Mitarbeit von Dieter Kasang. Online verfügbar unter <https://bildungsserver.hamburg.de/ozean-und-klima/4384102/ozean-versauerung/>.

Kurz, Katharina (2008): Meeresströmungen und ihr Klimaeinfluss. Online verfügbar unter <https://homepages.uni-tuebingen.de/stefan.klotz/seiten/Klimawandel/K.Kurz.pdf>, zuletzt geprüft am 03.11.2022.