

Appell:

**Mehr Verantwortung
für das „Zwei-Grad-Ziel“**

#Bildung_ist_Klimaschutz





VERBAND ZUR FÖRDERUNG
DES MINT-UNTERRICHTS
BUNDESVERBAND

Bundesgeschäftsstelle:

Walter-Frahm-Stieg 30
22041 Hamburg

Telefon: +49 (0)40-6570162

Fax: +49 (0)40-6570162

E-Mail: hello@mnu.de

Ansprechpartner:

Jürgen Langlet, MNU-Bundesvorsitzender

E-Mail: juergen.langlet@mnu.de

www.mnu.de

www.twitter.com/MNU_BUND

Inhalt

Prolog	3-4
A / Klassen 5 - 6:	
Propädeutischer naturwissenschaftlicher Unterricht	5-9
B / Klassen 7 - 10	
Physik, Chemie, Biologie und Mathematik	10-19
C / Ideensammlungen	
Fächerübergreifende Unterrichtseinheiten (Kl. 10)	20-27

Das Zwei-Grad-Ziel: Wir können es noch schaffen!

Das Zwei-Grad-Ziel beschreibt den Vorsatz, die globale Erwärmung auf zwei Grad gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen. Jenseits dieser Grenze drohen nach den Erkenntnissen der Klimaforschung unabsehbare und teilweise unumkehrbare Folgen.

Zwischen Wissenschaft und Politik gibt es einen weltweiten Konsens. „Wir stehen zu unserem Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 Prozent gegenüber 1990 zu senken“, bekräftigte etwa Bundeskanzlerin Angela Merkel am 14. 01. 2015.

Der WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) führt aus: „Die Emissionsreduktion muss im Laufe der 2010er Jahre einsetzen, ansonsten besteht keine realistische Aussicht mehr, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten.“ Die Hälfte des entscheidenden Jahrzehnts ist bereits verstrichen.

Zur Erreichung des Zwei-Grad-Ziels stehen in Deutschland weltweit vorbildliche Möglichkeiten aus Naturwissenschaft und Technik zur Verfügung. Sie können gleichermaßen von Unternehmen und Institutionen wie auch von den Menschen im privaten Bereich angewendet werden. Ihr umfassender Einsatz setzt gut ausgebildete

Naturwissenschaftler und Ingenieure voraus, die die notwendigen technischen Entwicklungen vorantreiben, aber auch gut informierte und motivierte, mündige Bürger.

Damit sind zentrale Aufgaben von Bildung beschrieben.

Der MNU ruft daher alle Verantwortlichen im Bildungsbereich auf, sich diesen Aufgaben zu stellen, und zwar:

- **Landesinstitute und Kultusministerien:**

das Thema „Zwei-Grad-Ziel“ noch stärker in Bildungsplänen und Curricula zu verankern (Textvorschläge in Anlage 1), unter dieser Leitperspektive Fächer miteinander zu vernetzen und dafür die nötige Unterrichtszeit einzuplanen;

- **Hochschulen und Seminare, die Lehrerbildung betreiben:**

die zukünftigen Lehrkräfte aller Fächer auf die Herausforderungen vorzubereiten, die das Zwei-Grad-Ziel an sie stellt, ihnen ihre Rolle als Vorbild deutlich zu machen und in fachübergreifenden Projekten Klimafragen und die Möglichkeiten ihrer Bearbeitung an Schulen zu thematisieren;

- **Lehrerinnen und Lehrer aller Schulformen:**

- in ihrem Unterricht die Schüler dafür zu sensibilisieren, auch solche Stoffe und Entwicklungen wahrzunehmen, die ohne Hilfsmittel nicht zu beobachten sind (z. B. Kohlenstoffdioxid oder die Erhöhung der Durchschnittstemperatur),
- mit den Lernenden zu üben, sich in andere Menschen und Situationen hineinzuversetzen,
- sinnstiftende Kontexte zu nutzen, um Phänomene und Zusammenhänge zu klären, die für das Verständnis von Erderwärmung und Zwei-Grad-Ziel notwendig sind,
- technische und politische Werkzeuge erfahren und erfinden zu lassen, die den Ausstoß von Treibhausgasen vermindern helfen,
- keine Angst zu verbreiten, sondern ihre Schülerinnen und Schüler zu ermutigen;

• **Schulträger und politische Gremien:**

die benötigten Mittel für den hier beschriebenen Unterricht bereitzustellen und Lehrende wie auch Lernende organisatorisch zu unterstützen.

Alle Lehrkräfte aller Schulformen sind aufgerufen, sich dieses Themas anzunehmen und ein abgestimmtes, motivierendes Konzept dafür zu entwickeln. Zwei

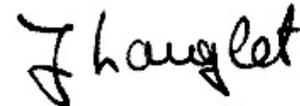
Ideensammlungen für fachübergreifende Projekte liegen diesem Aufruf bei (Anlage 2).

Kaum etwas hat die Menschheit so stark herausgefordert wie das selbst gesteckte „Zwei-Grad-Ziel“, aber auch nichts war bisher für die Zukunft aller Menschen so wichtig.

Unsere Schüler sollen auch ihre zweite Lebenshälfte gestalten können, ohne in ständiger Gefahr zu sein.

Wir können es noch schaffen!

Hamburg im März 2015



Jürgen Langlet
MNU-Bundesvorsitzender

Vorschlag für Textbausteine zur Ergänzung bzw. Änderung von Bildungsplänen und/oder Curricula der naturwissenschaftlichen Fächer

A / Klasse 5 und 6: Propädeutischer naturwissenschaftlicher Unterricht

Erläuterungen

Grundlage der Textvorschläge bilden die mit naturwissenschaftlichen Methoden gewonnenen Forschungsergebnisse, gesammelt vom Weltklimarat IPCC und vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen WBGU.

Das Zwei-Grad-Ziel beschreibt den Vorsatz, die globale Erwärmung auf zwei Grad Celsius gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen. Jenseits dessen drohen nach den Erkenntnissen der Klimaforschung unabsehbare und teilweise unumkehrbare Folgen. Der Klimawandel würde durch natürliche Selbstverstärkungseffekte beschleunigt und regionale Klimakippeffekte auslösen, wie sie in den letzten 10.000 Jahren nicht vorkamen. Bodendegradation, Artenschwund, Wasserverknappung, Armut und Hunger würden ansteigen bis hin zu Klimakriegen und Flüchtlingsströmen in nicht mehr vorstellbarem Ausmaß. Wenn es der heutigen Schüler-Generation nicht gelingt, weltweit ansteckend innerhalb der nächsten Jahrzehnte die globale Erwärmung auf zwei Grad zu begrenzen, wäre

einer nachhaltigen Entwicklung auf fast allen Gebieten der Boden unter den Füßen entzogen. Zum Einhalten der Zwei-Grad-Grenze dürfen nur noch deutlich weniger als ein Drittel aller vorhandenen Vorräte von fossilen Brennstoffen genutzt werden. Damit ist der sorgsame Umgang mit Energie nicht durch Ressourcenschonung motiviert, sondern vor allem durch die Notwendigkeit der Begrenzung der Erderwärmung. Bildung zum Thema „Zwei-Grad-Ziel“ ist das primäre Ziel innerhalb der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE).

Jeder Lehrende muss von der Notwendigkeit dieser Aufgabe überzeugt sein. Es geht dabei nicht um Katastrophenpredigten, sondern um eine altersgemäß schonende Information, immer verknüpft mit der Suche nach Alternativen und didaktisch gezielter Befähigung, deren Umsetzung selber in die Hand zu nehmen. Um Vorgänge im Alltag im Hinblick auf Klimaeffekte bewerten zu können, bedarf es zunächst der Erkenntnis, welche Vorgänge Leben in welcher Weise schädigen. Da diese Wirkung meist unsichtbar ist, muss diese erst im übertragenen Sinne vor Augen geführt und dadurch erkennbar gemacht werden.

Dieser Prozess des Sensibilisierens ist unumgänglich. Er ist es, der überhaupt erst motiviert, nachhaltige Handlungsweisen zu suchen (Befähigen) und ihre Umsetzung zu bewirken (Ermutigung).

Alle drei Prozesse sind wesentliche Bestandteile der Erkenntnisgewinnung bei der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Wesentliche Kriterien für BNE sind vorausschauendes Denken, Partizipation und Gestaltungs-kompetenz. Dafür sollte ein Bildungsplan explizite Aussagen enthalten.

1. Leitgedanken zum Kompetenzerwerb

Eine der größten aktuellen Aufgaben ist es, Schülerinnen und Schüler dafür zu sensibilisieren, zu befähigen und zu ermutigen, den Ausstoß von Treibhausgasen noch in der ersten Hälfte ihres Lebens um 80 bis 95% zu senken.

In Klasse 5 sind die Schülerinnen und Schüler alt genug, noch schonend Nebenwirkungen und Risiken der verbreitetsten herkömmlichen Technik zu entdecken, vor allem die Entstehung der laut Klimaforschern das Klima gefährlich verändernden Abgase. Diese kamen in der bisherigen Erfahrungswelt von Schülerinnen und Schülern nicht vor, da sie unsichtbar sind und sich erst nach stärkerer Ansammlung in der Atmosphäre negativ auswirken werden, also erst im Laufe des Lebens der heutigen Schülerinnen und Schüler.

Jeweils unmittelbar nach der Erkenntnis finden die Schülerinnen und Schüler erste nachhaltige Handlungsstrategien heraus. Sie erkennen und überwinden

Hemmnisse im Modellbetrieb Schule und üben selbst herausgefundene nachhaltige Handlungsstrategien in Kooperation mit allen Fächern ein.

2. Prozessbezogene Kompetenzen

2.1 Erkenntnisgewinnung

In einem Alter, noch bevor sich unbewusst nachteilige Handlungsweisen festigen, entdecken die Schülerinnen und Schüler auf experimentellem Wege unsichtbare Zusammenhänge zwischen persönlichem Handeln und lebensbedrohenden Auswirkungen und finden erste nachhaltige Handlungsstrategien heraus. Sie erkennen und überwinden Hemmnisse im Modellbetrieb Schule und üben selbst herausgefundene nachhaltige Handlungsstrategien in Kooperation mit allen Fächern ein, zusammen mit uns Erwachsenen, die beim Umgewöhnen noch die Hilfe der Schülerinnen und Schüler benötigen.

Die Schülerinnen und Schüler können

- Quellen für Abgase benennen, die das Klima bedrohlich verändern;
- Natur bzw. Umwelt schädigende sowie Ressourcen verbrauchende Vorgänge benennen;
- auf der Grundlage einfacher Sachmodelle erste nachhaltige Handlungsmöglichkeiten erklären;

- Hemmnisse bei der Umsetzung nachhaltiger Handlungsmöglichkeiten in ihrem Alltag beschreiben und überwinden;

2.2 Bewertung

Schülerinnen und Schüler reflektieren ihr Verhalten in Bezug auf klimaschonenden Umgang mit Energie sowie umwelt- und ressourcenschonenden Umgang mit Materialien. Sie bewerten ihren Arbeitsprozess und ihre selbst hergestellten Objekte und Modelle.

Die Schülerinnen und Schüler können

- naturwissenschaftliche Erkenntnisse für die Lösung von Alltagsfragen sinnvoll einsetzen;
- Handlungsmöglichkeiten für ein klima-, umwelt- und naturverträgliches Leben und deren Umsetzungshemmnisse erörtern;
- naturwissenschaftliches und technisches Wissen zur Einschätzung von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen nutzen;
- ökologisch und ökonomisch verantwortungsbewusst mit Material und Energie umgehen und Hinderungsgründe beseitigen;
- ihr Vorgehen und das Ergebnis nach vorher festgelegten Kriterien bewerten und reflektieren.

3. Inhaltsbezogene Kompetenzen

Energie sorgsam und effizient nutzen

Die Schülerinnen und Schüler lernen die Bedeutung der Energie in Natur und Technik kennen, erkennen die unsichtbare und das Wetter verändernde Kohlendioxidentstehung bei herkömmlichen Techniken und werden so sensibilisiert, Möglichkeiten für einen sorgsamen Umgang mit Energie herauszufinden sowie ermutigt, ihre erworbenen Kenntnisse anzuwenden. Zur Beschreibung von Phänomenen verwenden sie einen propädeutischen Energiebegriff.

Die im Unterricht partizipativ erarbeiteten Verhaltensregeln zum sorgsamen Umgang mit Energie, insbesondere Stoßlüften und unnötiges Licht aus, werden in Kooperation mit allen anderen Fächern kontinuierlich eingeübt. Dies soll die Schülerinnen und Schüler an nachhaltiges Handeln gewöhnen und sie ermutigen, dies auch außerhalb der Schule zu tun (Schule als nachhaltiger Modellbetrieb).

Die Schülerinnen und Schüler können

- Brennstoffe (zum Beispiel *Kerzenwachs*, *Brennergas*, *Kohle*) im Zusammenhang mit der Anwesenheit von Sauerstoff als Energieträger beschreiben (*Sauerstoff als Luftbestandteil*);

- Kennzeichen einer unvollständigen Verbrennung organischer Stoffe (*Ruß, Rauch*) nennen;
- unsichtbares Abgas der vollständigen Verbrennung organischer Stoffe angeben (*Kohlenstoffdioxid*);
- Phänomene mit kalter und heißer Luft, Vorgänge am gekippten Fenster im Winter, im Heizkörper darunter, in der angeschlossenen Heizanlage, einschließlich unsichtbarer Kohlendioxidentstehung beobachten, untersuchen und beschreiben;
- aus einfachen Experimenten den klimaschonenden Umgang mit Fenstern und Beleuchtung im Alltag und in der Schule (*Stoßlüften, Ausschalten nicht benötigter Lichtquellen*) ableiten und Hemmnisse der konsequenten Umsetzung im Modellbetrieb Schule und Möglichkeiten zu deren Überwindung erläutern (*Erinnerungsmechanismen*);
- Materialien und Gegenstände im Hinblick auf deren Aufnahme von Sonnenwärme untersuchen und Anwendungen in Natur und Technik erklären (*Hautfarbe von Tieren, Prinzip des Sonnenkollektors*);
- erfahren, wie man mit mühevolem Handantrieb Strom erzeugen kann;
- Antriebe und Funktionsweisen bequemerer Stromquellen einschließlich Kohlekraftwerke sammeln, beschreiben, vergleichen und bewerten.

Anmerkungen zu drei genannten Inhalten

Das **unsichtbare Abgas** einer vollständigen Verbrennung organischer Materialien kann man sich leichter vorstellen, wenn man die sichtbaren Produkte einer unvollständigen Verbrennung (*Ruß, Rauch*) wahrgenommen hat. Betrachtet man die Energiekette von der Sonne über Pflanzen bis zum Menschen, wird klar, dass mit dem Wechsel der Energieform auch ein Wechsel des Stoffes verbunden sein kann. Die Nahrung eines Menschen verlässt ihn nicht unverändert. Analog kann man nach den Stoffen fragen, die nach der vollständigen Verbrennung vorliegen und so den Stoff Kohlenstoffdioxid einführen. Eine Einführung des Begriffes „chemische Reaktion“, womöglich mit Aussagen über Atome. Wäre an dieser Stelle verfrüht und sollte unterbleiben.

Das **sinnvolle Lüften** ist ein zentrales BNE-Thema und sollte deshalb nicht nur als ein Energiespar-Beispiel von vielen möglichen im Bildungsplan aufgezählt werden: Alle Behausungen im Laufe der Evolution der Menschen waren bis vor wenigen Jahren so undicht, dass fast immer automatisch ein Grundluftwechsel stattfand, der ein gezieltes Lüften unnötig machte, wenn keine spürbare Luftbelastung da war. Man lüftete eben nur dann, wenn es wegen Gerüchen oder hoher Luftfeuchtigkeit notwendig wurde. Dieser Grundluftwechsel führte bisher unnötig viel Wärme ab. Aus diesem Grund sind

alle neuen Fenster und Türen sehr viel dichter als früher.

Deshalb ist es völlig neu für uns Menschen, nicht nur bei Geruchsbelästigung für Luftwechsel sorgen zu müssen und das gleichzeitig so, dass möglichst wenig Wärme unnötig entweicht.

Der oben vorgeschlagene detaillierte Bildungsplantext soll die Lehrpersonen dabei unterstützen, diese neuartige Problematik altersgemäß zu unterrichten. Die Regel „**nicht benötigte Lichtquellen ausschalten**“ (kurz: „unnötiges Licht aus!“), soll hier explizit als Musterbeispiel für sorgsamen Umgang mit elektrischer Energie im Klassenzimmer aufgeführt werden, denn:

1. Die Schüler finden sie erfahrungsgemäß immer selber heraus und sie ist tagtäglich überall im Schüleralltag anwendbar.
2. Sie führt sofort zu einem sichtbaren und damit eindrucksvollen Erfolgserlebnis.
3. Sie kann im Schulbetrieb zusammen mit den Kollegen aus allen anderen Fächern eingeübt werden, exemplarisch für alle Stromsparregeln.
4. Sie bietet wie kaum eine andere Regel die Möglichkeit, exemplarisch über Hemmnisse nachzudenken sowie über Möglichkeiten zur

Überwindung der Hemmnisse im Schulalltag und deren Umsetzung. (Ermutigung).

B / Klasse 7 – 10 (Gymnasium): Physik, Chemie, Biologie und Mathematik

Erläuterungen

Laut Aussage der objektivsten Klima-Sachverständigenräte in Deutschland (WBGU) und der Welt (IPCC) droht die globale Erwärmung durch natürliche Selbstverstärkungseffekte ungebremst davonzulaufen, Klimakippeffekte auszulösen wie sie in den letzten 10.000 Jahren nicht vorkamen und Bodendegradation, Artenschwund, Wasserverknappung, Armut und Hunger zu potenzieren bis hin zu Klimakriegen und Flüchtlingsströmen in nicht mehr vorstellbarem Ausmaß, wenn es die Generation, die heute in der Schule ist, nicht schafft, innerhalb der nächsten Jahrzehnte die globale Erwärmung auf zwei Grad zu begrenzen. Der nachhaltigen Entwicklung auf fast allen Gebieten wäre dadurch der Boden unter den Füßen entzogen.

Es geht im Unterricht aber nicht um Katastrophenedigten, auch nicht um Alarmismus, sondern um ein altersgemäß weitestgehend selbstständiges Recherchieren. Eine wichtige Rolle spielt die Suche nach Alternativen, deren Umsetzung die Schülerinnen und Schüler möglichst selbst praktisch realisieren. Um alternative technische Lösungsvorschläge bewerten zu können, bedarf es zunächst der Erkenntnis, welche Vorgänge dem Leben in welcher Weise schaden können.

Diese unsichtbare Wirkung vor Augen zu führen und erkennbar zu machen, ist eine didaktische Herausforderung, aber für den Prozess der Sensibilisierung unumgänglich. Er ist es, der überhaupt erst motiviert, nachhaltige Handlungsweisen zu suchen („Befähigung“) und ihre Umsetzung zu bewirken („Ermutigung“). Jeder dieser drei Schritte ist notwendiger Bestandteil der Erkenntnisgewinnung bei der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE). Die Unsichtbarkeit der Problematik und die allgemeinbildende Bedeutung für alle künftigen Bürgerinnen und Bürger erfordert nicht nur eine curriculare und didaktisch gezielte Vertiefung von Klasse 5 bis 12, sondern eben auch eine ermutigende Kooperation mit allen anderen Fächern.

1. Leitgedanken zum Kompetenzerwerb

Unsichtbare Treibhausgase entstehen bei herkömmlichen naturgesetzlich-technischen Prozessen, Naturgesetze führen zu primären und zeitverzögerten Auswirkungen und die Anwendung von Naturgesetzen ermöglicht nachhaltig Treibhausgas vermeidende Alternativen.

Alternativen zu technischen Prozessen wie Heizungen, Stromerzeugung, Antriebe von Fahr- und Flugzeugen und Produktion von Teilen derzeit nachgefragter Nahrungsmittel, bei denen unsichtbare Treibhausgase entstehen, sind in Deutschland wie in kaum einem anderen Land

entwickelt, erprobt und zur Massen Anwendung bereit, können fast alle unter didaktisch gezielter Anleitung im Physik- und teilweise auch im Biologie-, Chemie- und Mathematik- Unterricht (nach-)erfunden und ermutigend in Schulhaus und Schulbetrieb als nachhaltigem Modellbetrieb partizipativ Schritt für Schritt praktisch umgesetzt bzw. demonstriert werden. Im Austausch mit Schulen anderer Länder können die Maßnahmen gegenseitig erörtert werden und so eine internationale Ermutigung stärken.

Deshalb sind die naturwissenschaftlichen Fächer Leitfächer dafür, die Schülerinnen und Schüler für eine nachhaltige Lebensgestaltung zu sensibilisieren, zu befähigen und zu ermutigen, bei der deutlich weniger Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Alle anderen Fächer müssen darauf aufbauen können. Denn nur gut informierte und ermutigte Bürgerinnen und Bürger werden die notwendigen Maßnahmen akzeptieren, einfordern und umsetzen.

2. Prozessbezogene Kompetenzen

2.1 Erkenntnisgewinnung

Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben Phänomene und leiten daraus Fragen ab, die sie physikalisch/chemisch/biologisch untersuchen können. Sie wenden naturwissenschaftliche Arbeitsweisen an, das

heißt, sie planen an geeigneten Stellen Experimente zur Überprüfung von Hypothesen, führen Experimente durch, werten diese aus und dokumentieren diese Ergebnisse. In ihren Beschreibungen unterscheiden sie zwischen realen Erfahrungen und konstruierten Modellen, erkennen Analogien und verwenden Modelle zur Erklärung physikalischer/chemischer/biologischer Phänomene. Dabei entdecken sie unsichtbare physikalische Zusammenhänge zwischen den wichtigsten herkömmlichen technischen Hilfsmitteln im Alltag und lebensbedrohenden globalen Nebenwirkungen, die zeitverzögert eintreten. Sie wenden ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Methoden an zur (Nach)-Erfindung von Alternativen. Sie erkennen Hemmnisse bei der Umsetzung, finden Wege, diese zu überwinden und setzen modellhaft die nächste ökonomische Alternative im Schulbetrieb um, in Kooperation mit anderen Fächern, schulischen Gremien, dem Schulträger, bis hin zu Land und Bund.

Auf diese Weise wird der Unterricht den wesentlichen Kriterien der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) gerecht: vorausschauendes Denken, Partizipation und Gestaltungskompetenz.

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Treibhausgasverursachung modellhaft im Schulbetrieb und im privaten Haushalt bilanzieren;

- ihr naturwissenschaftliches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen, wie
 - die technischen Quellen von unsichtbaren Treibhausgasen zu erkennen,
 - finden, einschließlich der dadurch lawinenartig auftretenden wahrscheinlichen wirtschaftlichen, sozialen und politischen Folgen;
 - Alternativen zu finden,
 - Hemmnisse bei der Umsetzung von Alternativen zu erkennen und zu überwinden;
- am Schulhaus und im Schulbetrieb modellhaft ihre Erkenntnisse bzw. ihr Wissen zur kontinuierlichen und nachhaltigen Minderung der Treibhausgasemissionen praktisch anwenden;
- an außerschulischen Lernorten Erkenntnisse gewinnen bzw. ihr Wissen anwenden;
- an firmenneutralen Beratungsstellen Informationen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen einholen.

2.2 Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich im Unterricht über naturwissenschaftliche Erkenntnisse und

deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen aus. Ziel ist es, sie zu befähigen, in der öffentlichen Diskussion kompetent, konstruktiv und überzeugend ihr Interesse an der schnellstmöglichen nachhaltigen kohlenstoffdioxidarmen Gestaltung der Zivilisation zu artikulieren.

Die Schülerinnen und Schüler können

- die unsichtbaren Treibhausgas verursachenden technisch-naturwissenschaftlichen Prozesse, ihre zeitverzögerten direkten und indirekten Auswirkungen, sowie Strategien zu ihrer Vermeidung überzeugend erklären.

2.3 Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Bedeutung des „Zwei-Grad-Zieles“ erläutern;
- Informationen aus verschiedenen Quellen auf Relevanz prüfen;
- objektive Quellen nennen, die weltweit alle auf Messergebnissen beruhenden und mit naturwissenschaftlichen Methoden durchgeführten Studien zum Klima sammeln und zusammenfassen (*Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung*

für Globale Umweltveränderungen WBGU und UN-Klimarat IPCC);

- Risiken für die menschliche Zivilisation bei Überschreiten des Zwei-Grad-Zieles erläutern;
- die Notwendigkeit der nachhaltigen Reduzierung der Kohlenstoffdioxidfreisetzung ab sofort in 2 – 3% großen jährlichen Schritten (Basis 1990) erläutern, einschließlich der Werkzeuge dazu und der Vorreiterfunktion Deutschlands;
- Chancen und Risiken von Technologien mit Hilfe ihres physikalischen Wissens bewerten;
- unterscheiden, welche Maßnahmen zur Reduzierung des Kohlenstoffdioxidgehalts der Atmosphäre bereits entwickelt, erprobt und zur Massenanzwendung bereitstehen und welche bestenfalls erst in Jahren einen nennenswerten Beitrag dazu leisten können;
- Hemmnisse bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Kohlenstoffdioxidreduktion erkennen und Vorschläge zu ihrer Überwindung bewerten.

Anmerkungen

Viele Menschen leben in der Meinung, umweltbewusst zu handeln. Dass ihre unsichtbare Treibhausgasverursachung trotz vieler umweltschonender Maßnahmen dennoch sehr hoch ist, wissen sie nicht. Deshalb ist es unerläss-

*lich, die Kompetenz zu vermitteln, die **persönliche Treibhausgasverursachung zu bilanzieren** und ein Gefühl dafür zu entwickeln, wodurch vergleichsweise viel bzw. wenig Treibhausgase verursacht bzw. eingespart werden. Bei der Betrachtung des „Schulbetriebs“ sind auch Fahrten und Flüge bei außerunterrichtlichen Maßnahmen einzubeziehen. Im Rahmen der Klimakonvention haben sich alle Staaten verpflichtet, jährliche Treibhausgasbilanzen zu erstellen, und auch alle Großbetriebe sind in Deutschland inzwischen gesetzlich verpflichtet, jährlich solche Bilanzen aufzustellen. So ist von jedermann zu überprüfen, inwieweit das Ziel „Einsparung von 90% der Treibhausgase“ erreicht ist.*

*Die Formulierung „**Hemmnisse suchen und Möglichkeiten, diese zu überwinden**“, stammt aus den Erkenntnissen des UNESCO-Projektes Umwelterziehung. Um das oben genannte Zwei-Grad Ziel zu erreichen, müssen laut Beschlüssen von Bundes- und Landesregierung übereinstimmend mit dem WBGU in Deutschland die Treibhausgasemissionen **bis 2050 um ca. 90 % im Vergleich zu 1990** reduziert werden.*

Studien, die von Bundes- und Landesregierung in Auftrag gegeben wurden, belegen im überparteilichen Konsens, dass die Werkzeuge hierfür entwickelt, erprobt und zur Massenanzwendung bereitstehen. Da die Reduktion der Kohlenstoffdioxidfreisetzung bis 2015 erst rund 23% erreicht hat, müssen es in Zukunft im Schnitt pro Jahr 2-3 % sein. Ein konsequenter 2-3 prozentiger jährlicher

Umbau ist das 3 – 4 fache des Durchschnittes der vergangenen Jahre (0,7%) und liegt an der Grenze dessen, was noch wirtschafts- und sozialverträglich machbar ist.

*Überzeugende Ermutigung ab sofort zu maximal Möglichem ist deshalb höchstes pädagogisches Gebot. Die weltweite **Vorreiterrolle Deutschlands** war bereits zweimal erfolgreich: Durch ein Voranschreiten bei der Einführung von Katalysatoren und Filtertechniken konnte das Waldsterben in den 80er Jahren gestoppt werden und durch das Voranschreiten mit den FCKW-Ersatzstoffen in den 90er-Jahren erholt sich inzwischen messbar die Ozonschicht der Erdatmosphäre.*

3. Standards für inhaltsbezogene Kompetenzen

3.1 Klasse 7 und 8

Energie

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben physikalische Vorgänge im Alltag und Technik mit den Größen Energie, Leistung und Wirkungsgrad. Dabei unterscheiden sie zwischen dem physikalischen Energiebegriff und dem Alltagsgebrauch des Begriffs Energie und können Alltagsformulierungen wie „Energieerzeugung“ und „Energieverbrauch“ physikalisch deuten.

In Klasse 8 steht das selbständige Erkennen von sachlichen Argumenten im Vordergrund, unter Anwendung soeben erkannter Naturgesetze. Dabei geht es um einen ganzheitlichen Überblick, auf dem andere Fächer (Geographie, Ethik/Religion) aufbauen können. Die quantitative Vertiefung erfolgt in Klassenstufe 10. Der sinnstiftende Kontext „Zwei-Grad-Ziel“ ist sehr gut geeignet, physikalische und andere naturwissenschaftliche Methoden (learning by doing) einzuüben.

Die Schülerinnen und Schüler können

- Träger und Arten von *Energie* und ihre Maßeinheit benennen (*chemische Energie, Lageenergie, Bewegungsenergie, elektrische Energie, thermische Energie, Strahlungsenergie(Licht)*);
- wichtige herkömmliche technische Energieketten im Alltag nennen und qualitativ beschreiben (*Autofahren, vom Kohlekraftwerk zu Elektrogeräten, Öl/Gas-Zentralheizung*), sowie die gemeinsamen Eigenschaften aufzählen (*fossile Brennstoffe zu Beginn, Energieerhaltung, weit verteilte thermische Energie am Ende, Abgasentstehung*);
- das scheinbare Verschwinden von Energie mit der Umwandlung in thermische Energie erklären;

- erklären, dass giftige Abgase, die sauren Regen verursachen, inzwischen durch Katalysatoren und Filter unschädlich gemacht werden;
- die Folgen der Anreicherung von unsichtbarem Kohlendioxid in der Atmosphäre beschreiben (*Treibhauseffekt mit den Folgen zunehmende und immer stärker werdende Stürme, Überschwemmungen, Dürren, Wassermangel, besonders in stark bevölkerten Gebieten*);
- als Sammelstelle für alle auf Messungen basierenden Forschungsergebnisse über Treibhausgase den UNO-Klimarat IPCC nennen und dessen Zwei-Grad-Ziel erläutern;
- erste nachhaltige Handlungsmöglichkeiten in den Bereichen Heizung, Strom und Verkehr aufzählen;
- thermische Energietransporte (*Konvektion, Wärmeleitung, Wärmestrahlung*), ihre Abhängigkeit von der Temperatur und ihre Beeinflussbarkeit im Überblick beschreiben;
- Energielecks in Häusern aufzählen und Maßnahmen erläutern, wie man heute systematisch alle drei Wärmetransportarten weitestgehend verhindern kann, durch Verhaltensmaßnahmen und durch bauliche Maßnahmen (*Lüftungswärmerückgewinnung, sehr dicke Wärmedämmung, Wärmeschutzverglasung, Brennwertkessel*);
- beim Gang durchs Schulhaus geschlossene und noch offene Energielecks finden, Maßnahmen vorschlagen, Hemmnisse erläutern und die nächst ökonomische Maßnahme umsetzen;
- die Möglichkeit erläutern, den Heizenergiefluss bedarfsorientiert zu dosieren (*Thermostatventil*);
- den Temperaturverlauf in typischen Schulräumen auch über Nacht, Wochenenden und Ferien aufzeichnen und Verbesserungen vorschlagen;
- erläutern, wie Sonnenenergie verlustarm eingefangen, gespeichert und genutzt werden kann (*Warmwasser für Küche, Bad, Spül- und Waschmaschine*);
- an einfachen Energieketten den Zusammenhang von zugeführter Energie, nutzbarer Energie und Wirkungsgrad beschreiben (*Verbrennungsmotor-Elektromotor; Wasserkochen auf verschiedene Arten und mit verschiedenen Kochstellen*).

Anmerkungen

*Die Behandlung der **thermischen Energieflüsse** bereits in Klasse 8 wird deshalb empfohlen, da sie unsichtbar sind und so erst durch curricular vertiefte Wiederholung dauerhaft ins Bewusstsein gelangen. Dies ist für die Allgemeinbildung deshalb so wichtig, weil auf diesen unsichtbaren Prozessen ein sehr großes CO₂-Einspar-*

potenzial beruht, das vergleichsweise einfach technisch zu realisieren ist, in allen privaten, öffentlichen und Industrie- Gebäuden und bei vielen industriellen Prozessen.

Das CO₂-Einsparpotenzial durch Vermeidung von Energieverlusten durch thermische Energieflüsse ist erheblich größer als all die vielen möglichen (und deshalb nicht weniger wichtigen) Verhaltensmaßnahmen bei Elektrogeräten im Haushalt zusammen.

*Das Beispiel „**Verbrennungsmotor - Elektromotor**“ macht dem künftigen Verbraucher bewusst, wo eines der größten Energieeinsparpotenziale überhaupt liegt, das darüber hinaus die vollständige Vermeidung des Kohlenstoffdioxidausstoßes im Fahrzeugverkehr ermöglicht.*

*Das Beispiel „**Wasserkochen auf verschiedene Arten**“ ermöglicht wie kein anderes, die unsichtbaren thermischen Energie-flüsse nochmal im persönlichen Verhaltensbereich vertieft vor Augen zu führen. Es erlaubt kreative Hypothesen, die rasch sehr eindrucksvoll durch Messungen bestätigbar und somit durch Erfolgserlebnisse besonders einprägend sind.*

Verbrennung

Die Schülerinnen und Schüler erfahren und erleben bei verschiedenen Verbrennungsvorgängen, wie nicht sichtbare Reaktionsteilnehmer erfahrbar gemacht werden können. Die Begegnung mit dem Verbrennungsprodukt Kohlenstoffdioxid führt zu der Erkenntnis, dass viele nützliche Verbrennungen unerwünschte Folgen haben. Das Gesetz von der Erhaltung der Masse zeigt auf, dass beim Verbrennen zwar Stoffe verschwinden, dafür aber neue entstehen, deren Wirkung bedacht werden muss.

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Zusammensetzung der Luft nennen;
- einen experimentellen Nachweis für Kohlenstoffdioxid beschreiben;
- Brennstoffe untersuchen und angeben, die beim Verbrennen Kohlenstoffdioxid entwickeln;
- erklären, dass Kohlenstoffdioxid eine Ursache der Erderwärmung darstellt;
- Wasserstoff als Brennstoff nennen, der kein Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukt entwickelt.

Klassen 9 und 10

Grundgrößen der Elektrizitätslehre

Die Schülerinnen und Schüler betrachten naturwissenschaftliche Größen auch quantitativ. Beim Berechnen und Messen des elektrischen Energiebedarfs von Haushaltsgeräten gehen sie in sinnstiftenden Kontext mit ihnen um und erkennen beim Bewusstmachen der bei der Stromerzeugung für den Betrieb der Geräte gleichzeitig erzeugten Treibhausgasmengen den Sinn stöchiometrischer Berechnungen. Die Betrachtung der Auswirkungen der Treibhausgase und das Nachdenken über sowie die Umsetzung von Alternativen zur herkömmlichen Stromerzeugung sind im Kontext unerlässlich.

In fächerverbindenden Unterrichtseinheiten wie „Energieversorgung und Ernährung einer wachsenden Menschheit“ und „Schule als nachhaltiger Modellbetrieb“ wenden sie ihr erworbenes Fachwissen an, lernen das Arbeiten in einem Projekt und stärken dabei personale, soziale und methodische Kompetenzen.

Die Schülerinnen und Schüler können

- physikalische Angaben auf Alltagsgeräten beschreiben (*Spannung, Stromstärke, Leistung*)
- den Energiebedarf von Haushaltgeräten berechnen, messen und bewerten (*Energiesparlampen, LED-*

Lampen, Küchengeräte wie Kühlschränke u. a.), die dadurch insgesamt verursachten Mengen von Kohlenstoffdioxid berechnen und die damit verursachten Risiken beschreiben;

- firmenneutrale Energiespar-Beratungsstellen nennen und für die wichtigsten Haushaltsgeräte Möglichkeiten zur Senkung des Energiebedarfes erläutern;
- aufzählen, welche Möglichkeiten jeder Haushalt hat, auf Strom aus erneuerbaren Energien umzustellen (freie Versorgerwahl, eigene PV-Anlage, Anteil an Gesellschafteranlage);
- die Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes erläutern;
- am Beispiel des Schulbetriebes eine systematische Energiediagnose aller Elektrogeräte durchführen, Energiesparmaßnahmen vorschlagen, Hemmnisse nennen und die nächst ökonomische Maßnahme unter Beteiligung der Schulgemeinde umsetzen;

Anmerkungen

Die systematische Analyse im Schulbetrieb, das Ringen mit den Hemmnissen, die Erkenntnis, das, was im Unterricht erarbeitet wurde, wird sogar öffentlich empfohlen und (im Schulbetrieb) tatsächlich Schritt für Schritt umgesetzt, erst all dies zusammengenommen ermutigt die Schüler mehrheitlich, dies nun auch in

ihrem persönlichen Umfeld zu tun. Mehr noch: Sie werden zu privaten Energieberatern und wirken dadurch multiplikativ.

Energieströme im Alltag

Die Schülerinnen und Schüler können

- Energieverluste in herkömmlichen Häusern durch Wärmemitnahme (Konvektion), Wärmeleitung und Wärmestrahlung sowie interne und solare Gewinne an Energie erklären und berechnen (*Luftwechselrate, Wärmedurchgangszahl U , Heizkennzahl in kWh/m²*), die Abhängigkeiten beschreiben sowie die Möglichkeiten beschreiben, wie die Energieverluste minimiert werden können (*Superdämmung, Wärmeschutzfenster, Lüftungswärmerückgewinnung*);
- den elektrischen Energiefluss in Häusern (*Leistungs-Zeit-Diagramm eines intelligenten Zählers*), durch elektrische Anlagen (*Heizungspumpen, Lampen, beim Kochen, beim Kühlen und auf dem Weg vom Kraftwerkskessel zum Verbraucher*) beschreiben und berechnen, sowie Abhängigkeiten beschreiben;
- Möglichkeiten erklären, wie Energieflüsse am tatsächlichen Bedarf orientiert gezielt dosiert und unvermeidliche Verluste minimiert werden können (*geregelte Heizungspumpe, LED-Lampen,*

Kochen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad, Kraft-Wärmekoppelung, Blockheizkraftwerke);

- den Energiestrom beim Autofahren und seine Abhängigkeiten erklären und aus der Näherungsformel für den Treibstoffbedarf Einsparmöglichkeiten nennen, erläutern und berechnen;
- eine Wärmepumpe als Umkehrung eines Kühlschranks erklären und dabei angeben, wie damit Energie wiederverwertet oder der Natur entnommen werden kann (*Abwasser, Abluft, Luft und Erdwärme, Wäschetrockner*);
- erläutern, wie aus der Natur Energie eingefangen, angebotsorientiert genutzt bzw. dosiert und gespeichert werden kann;
- überblicksartig darstellen, dass geringerer Energieeinsatz nicht zu wesentlichen Einschränkungen der Lebensqualität führen muss.

Anmerkung

Die Wärmedurchgangszahl U wurde früher als „k-Wert“ bezeichnet.

Kohlenwasserstoffe und Kohlenstoffatomkreislauf

Die Frage nach den Treibstoffarten, die im Straßenverkehr zum Einsatz kommen, führt auf die

Kohlenwasserstoffe. An diesem Beispiel wird deutlich, dass die Frage nach dem woher und wohin eines benutzten Stoffes immer gestellt werden muss, um das Gefährdungspotenzial beurteilen zu können. Treibhauseffekt, Kohlenstoffkreislauf auf atomarer Ebene und Alternativen zu derzeit gängigen Treibstoffen schließen sich an.

Die Schülerinnen und Schüler können

- Vor- und Nachteile bei der Verwendung von Erdöl als Treibstoff und als Rohstoff erklären;
- einen Kohlenstoffatomkreislauf und seine Veränderung durch Eingriffe des Menschen beschreiben;
- einen Modellversuch zum Treibhauseffekt durchführen und erklären
- angeben, welche Probleme Alternativen zu Kohlenwasserstoffen als Treibstoffe (*Ethanol*, *Wasserstoff*) mit sich bringen.

Quellen:

Einige Formulierungen wurden aus der Arbeitsfassung G8 des Bildungsplans 2016 von Baden-Württemberg entnommen. <http://www.bildung-staerkt-menschen.de/bp2016/g8>. Wir

danken Herrmann Veese, Stuttgart für seine Textvorschläge.

C / Ideensammlungen für fächerübergreifende Unterrichtseinheiten (Kl. 10)

1. Energieversorgung und Ernährung einer wachsenden Menschheit

Fächerübergreifende Unterrichtseinheit mit Physik als Leitfach. Nach vorheriger zeitlicher Absprache steuern andere Fächer gemäß ihren Bildungsplanvorgaben ihren Beitrag zeitlich parallel bei. Die Inhalte können nach Absprache unter den Fächern auch getauscht oder übertragen werden. Sie werden mithilfe von Kompetenzformulierungen vorgestellt, die durch informative inhaltliche Angaben ergänzt sind.

Ausgehend von Zeitzeugenberichten erkennen die Schülerinnen und Schüler die Entwicklung der Energieversorgung seit etwa 1950 und die damit einhergehende Anhebung des Lebensstandards. Sie erhalten die Möglichkeit, das ganze Ausmaß der direkten physikalischen Folgen samt der dadurch indirekt und zeitverzögert verursachten Risiken wirtschaftlicher, sozialer und politischer Art herauszufinden und erklären zu können. Sie verstehen die Bedeutung der Zwei-Grad-Ziel-Empfehlung des Weltklimarats IPCC und des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen WBGU und verstehen die daraus resultierende Notwendigkeit, die Treibhausgasemissionen noch in der ersten Hälfte ihres Lebens auf nahezu Null zu senken.

Sie finden Möglichkeiten heraus, wie die Bereiche Heizung, Stromanwendung, Verkehr und Ernährung nachhaltig so gestaltet werden können, dass kein zusätzliches Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre eingebracht wird.

Die Schülerinnen und Schüler können

1) Beschreiben, wie sich der durchschnittliche Lebensstandard und der Energiebedarf im Alltag seit etwa 1950 in Deutschland entwickelt hat, können die Primärenergieträger (größtenteils fossile Brennstoffe) benennen und daraus ableiten, wie sich der Weltenergiebedarf entwickeln würde, wenn alle anderen Länder die gleiche Entwicklung nachvollziehen.

2) (Beitrag Fach Chemie)

- erklären, welche Stoffe bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen,
- berechnen, wie viel Kohlenstoffdioxid bei der Verbrennung von 1 l Heizöl, 1 m³ Erdgas, 1 l Benzin und 1 kg Kohle entsteht,
- angeben, wie viel CO₂-Äquivalente derzeit eine durchschnittliche Vier-Personen-Familie beim Heizen, beim Strombedarf, beim Autofahren und grob abgeschätzt durch die Ernährung verursacht.

3) Beschreiben, woher in Häusern die Wärme vollautomatisch und unsichtbar kommt, an welchen Stellen bei herkömmlichen Heizanlagen sehr viel Energie ungenutzt verloren geht und warum modernste Heizanlagen (*Brennwertkessel*) sauberer und energieeffizienter sind als alte.

4) (Beitrag Fach Chemie)

- weitere Verbrennungsprodukte neben dem „ungiftigen“ Kohlenstoffdioxid aus Heizanlagen, Kraftwerken, Motoren, Holzverbrennung und Gartenfeuer benennen,
- knapp beschreiben, wie diese auf lebende Organismen wirken,
- angeben, wie die Freisetzung dieser Schadstoffe verhindert wird (*Katalysator, Filtertechniken, Erfolgsgeschichte bei der Bekämpfung des Waldsterbens in den 80er Jahren*)
- beschreiben, warum (saubere!) Holzheizungen als „CO₂-neutral“ gelten.
- als Positivbeispiel für politische Maßnahmen aufgrund von Warnungen von Wissenschaftlern erläutern, warum die Ozonschicht der Erde gefährdet war, sich inzwischen aber wieder erholt (*Erfolgsgeschichte des Montrealer Protokolls und der FCKW-Ersatzstoffe im Überblick*).

5) Erklären, dass derzeit (noch) etwa die Hälfte der anthropogenen CO₂-Emissionen von der Pflanzenwelt und den Weltmeeren aufgenommen werden, berechnen, dass sich der CO₂-Gehalt der Erdatmosphäre in einem Menschenleben verdoppeln kann, wenn alle Erdenbürger deutschen Standard übernehmen würden und vergleichen mit der Entwicklung des CO₂-Gehaltes der Erdatmosphäre der letzten 200 000 Jahre.

6) Den natürlichen und den anthropogenen Treibhauseffekt erklären durch die Beschreibung, welche Wechselwirkung Kohlenstoffdioxid- und andere Gas-Moleküle mit der Strahlung der Sonne und die Rückstrahlung von der Erde eingehen, das Ausmaß der Erwärmung bis heute und bei einer Verdoppelung des Treibhausgasgehaltes der Erdatmosphäre nennen und vergleichen mit dem Temperaturverlauf in der Erdgeschichte zwischen Warm- und Eiszeiten.

7) Erklären, weshalb der UN-Klimarat IPCC und der deutsche Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen WBGU die objektivsten Informations-Quellen sind (*Sammlung und Zusammenfassung aller weltweit auf Messergebnissen beruhenden, mit naturwissenschaftlichen Methoden durchgeführten Studien zum Klima*).

8) Erläutern, welche Wirkung von der unterschiedliche Erwärmung je nach Oberfläche (Land, Schnee, Wasser) und

Höhe (untere/obere Atmosphäre) zu erwarten ist
(*Verstärkung von Luftströmungen (Stürme, Wirbelstürme, Tornados), Verstärkung von Temperatursprüngen*).

9) Erklären, welche Folgen die mit der Temperatur erhöhte Wasseraufnahmefähigkeit der Luft hat (*immer stärkere Hitzewellen und Dürreperioden mit steigender Waldbrandgefahr und Wüstenausbreitung einerseits, andererseits Zunahme der Starkniederschlägen (Regen, Hagel, Schnee), Erosion, Überschwemmungen, Lawinen*).

10) (Beitrag Fach Gemeinschaftskunde)

erklären, wie sich eine ungebremste globale Erwärmung auf Wirtschaft und Gesellschaft auswirken würde (*stark steigende Kosten in vielen Bereichen durch zunehmende Wetterextreme, Arbeitslose infolge Exporteinbußen, weniger Geld für allgemeine Gesundheitsvorsorge, zur Unterstützung von Arbeitslosen und zur Versorgung der inzwischen erheblich gestiegenen Zahl von 60 – 100 jährigen, verstärkt durch notwendige Ausgleichszahlungen in stärker betroffene südliche Länder innerhalb der EU und das Einwandern von Flüchtlingen aus unbewohnbar gewordenen Gebieten in Afrika, Asien und aus Gebieten, in denen sich klimabedingt schwelende Spannungen verstärkt haben, bis hin zu Kriegen um Wasser*).

11) (Beitrag Fach Biologie)

- erklären, wie ein fortschreitender Klimawandel viele Arten und Landwirtschaftszweige gefährdet,
- darlegen, wie ein hoher CO₂-Gehalt der Atmosphäre zur Übersäuerung der Meere führt und marine Ökosysteme gefährdet,
- beschreiben, wie ein hoher CO₂- Gehalt der Atmosphäre kurzfristig auf Wälder wirkt,
- erklären, wie durch eine fortschreitende Erderwärmung bisherige CO₂-Senken und CO₂-Speicher (Wälder, Permafrostböden, ...) zu Treibhausgasquellen werden können, die den anthropogenen Treibhauseffekt verstärken.

12) (Beitrag Fach Mathematik)

Erklären, dass die Erdmitteltemperatur eine Funktion der Zeit ist, an der verschiedene Parameter beteiligt sind (stetig wachsender Treibhausgasgehalt der Atmosphäre, sowie kurzzeitige natürliche Effekte wie Vulkanausbrüche, Sonnenfleckenaktivität, El Nino-Ereignisse, ...) und dass es deshalb trotz steigendem Treibhausgasgehaltes der Luft immer wieder kältere Jahreszeiten oder Jahr(zehnt)e geben kann.

13) (Beitrag Fächer Geschichte/Latein)

Erklären im Überblick, wie schon vergleichsweise kleine bzw. kurzfristige natürliche regionale Klimaschwankungen in der Vergangenheit erhebliche soziale und politische Auswirkungen in der Menschheitsgeschichte hatten und welche Lehren wir daraus ziehen können, angesichts der Tatsache, dass durch einen weiterhin ungebremsten Ausstoß von Treibhausgasen eine weitaus größere und dauerhafte globale Klimaveränderung in erheblich kürzerer Zeit droht.

14) Erklären das mögliche „Davonlaufen“ der Erderwärmung durch sich selbst verstärkende physikalische Effekte (Entweichen von Treibhausgasen aus auftauenden Permafrostböden, verstärkte Strahlungsabsorption infolge Auftauen von weißen Gletschern und Polareis, zunehmender mittlerer Wasserdampf-Gehalt der Luft, Zunahme von Kohlenstoffdioxid durch Waldbrände und Erosion und erklären, dass dies zu regionalen Klimasprüngen und globalen Veränderungen führen kann, wie sie die Menschheit in den letzten 10.000 Jahren noch nicht erlebt hat (*Stopp des Golfstroms*).

15) (Beitrag Fach Mathematik)

Erklären, dass der Treibhausgasgehalt der Erdatmosphäre eine zeitliche Funktion der Treibhausgasemissionen ist und dass Jahrzehnte vorher begonnen werden muss, die

weltweiten Emissionen in gerade noch realistischen 2-3 % großen Schritten zu senken, wenn der Temperaturanstieg samt seinen Auswirkungen begrenzt werden soll.

16) Erklären, warum der deutsche WBGU und der Weltklimarat IPCC dringend empfiehlt, die Erderwärmung auf zwei Grad über dem vorindustriellen Wert zu begrenzen (*Treibhausgasgehalt auf 460 ppm*) und hierzu in den Industrieländern die Emissionen der Treibhausgase in allen Bereichen bis 2050 um 80-95% zu senken (*unter anderem um spätere Kosten zu vermeiden, die weit größer wären als die Senkung der Emissionen und um zu verhindern, dass die Anpassungsfähigkeit stark bevölkerter Gebiete der Erde überschritten wird*).

17) Erklären, durch welche Maßnahmen im Alltag und in Betrieben im Bereich Heizen/Wärme schon nach heutigem Stand der Technik über 90% der Kohlenstoffdioxid-Emissionen preisgünstig vermeidbar sind.

18) Erklären, durch welche Maßnahmen im Alltag und in Betrieben der elektrische Energiebedarf in Zukunft nachhaltig und kohlenstoffdioxidfrei gedeckt werden kann. (*Kooperation mit Chemie: „power – to – gas“ (Bildung von Wasserstoff durch Elektrolyse mithilfe von überschüssigem Wind- bzw. Solarstrom und daraus durch Reaktion mit Kohlenstoffdioxid Methan als*

Erdgasersatz („Windgas“), Problematik der CO₂-Abscheidung bei Kohlekraftwerken)

19) Erklären, wie die Mobilität in Zukunft nachhaltig und weitgehend CO₂-frei bzw. CO₂-neutral gestaltet werden kann (*Kooperation mit Chemie: Brennstoffzellenauto*), ohne dabei die Ernährung der Menschheit zu beeinträchtigen (*Kooperation mit dem Fach Erdkunde*)

20) (Beitrag Fach Biologie)

- Quellen von Treibhausgasen bei der Bereitstellung von Nahrung aufzählen, die durchschnittlichen jährlichen Mengen (z. B. eines 4-Personenhaushalts) abschätzen und mit Treibhausgasemissionen aus anderen Quellen vergleichen.
- Maßnahmen aufzählen und erläutern, wie eine gesunde Ernährung möglich ist und der Ausstoß von Treibhausgasen weitestgehend vermieden werden kann (*fleischarm, aus Weidehaltung ohne importiertes Zusatzfutter, vollwertig aus nachhaltigem Landbau, regional, saisonal, Abfall und Müll vermeidend*).

21) (Beitrag Fächer Ethik, ev. und kath. Religion)

- erklären, was wir beitragen können, um die Treibhausgasemissionen infolge Brandrodung und Umnutzung von Regenwäldern zu stoppen und eine

faire Entwicklung in der einen Welt ohne Verbrennung fossiler Brennstoffe zu fördern.

- beschreiben Beispiele, wie durch das Engagement einzelner Menschen Brandrodung vermindert bzw. nachhaltige Entwicklungsschritte möglich wurden (*Felix Finkbeiner (Plant for the planet), Wangari Matthai, Chico Mendez, Willi Hoss*).

22) (Beitrag Fach Gemeinschaftskunde)

Erklären, dass der UN-Klimarat IPCC inzwischen die Regierungen aller Länder überzeugt hat, die Erderwärmung auf zwei Grad gegenüber dem vorindustriellen Wert zu beschränken (Klimarahmenkonvention, jährliche Gipfelkonferenzen), dass UN, EU, Bund, Länder und Kommunen, verschiedene Programme entwickelten, um nun die Bevölkerung zu überzeugen (*Agenda 21, EU-EMAS-Zertifikat, aktuelle Programme*), und warum Deutschland eine Vorreiterrolle hat, als pro-Kopf-Exportweltmeister von innovativem Know how.

23) (Beitrag Fach Wirtschaft und Deutsch)

- erklären, warum die CO₂-Emissionen in Deutschland in den vergangenen Jahren kaum gesenkt wurden und wie künftig in der Wirtschaft ein fairer Ausgleich zwischen kurzfristigen und langfristigen Interessen erreicht werden kann

(Vermeidung von nicht mehr zu bewältigenden Klimafolgekosten s.o.).

- erklären die aktuell hierfür in Gang gesetzten Mechanismen samt ihrer Auswirkungen national und international (*Erneuerbare-Energien-Gesetz mit der drastischen Senkung der Produktionskosten durch Massenfertigung, Maßnahmen zur Ankerbelung der energetischen Umwandlung von Gebäuden und der Elektromobilität*).
- Sich angstfrei in der öffentlichen Diskussion fair einmischen als Vertreter der Generation, die unter nicht zu bewältigenden Folgen zu leiden hätte, mit Vertretern der Generation, der ein ungebremster Klimawandel nichts mehr anhaben kann.

2. Schule als nachhaltiger Modellbetrieb

In Zusammenarbeit von Mathematik, Physik, Biologie, Gemeinschaftskunde und ggf. Technik erstellen die Schülerinnen und Schüler in Klasse 10 modellhaft für den gesamten Schulbetrieb

- eine jährliche Energiebilanz (Heizung, Strom) und eine Abschätzung der gesamten Treibhausgasemissionen (Heizung, Strom, Verkehr, Ernährung) und vergleichen mit den vorangegangenen Jahren (ähnlich wie Deutschland im Rahmen der

Klimakonvention und wie große Betriebe, die gesetzlich dazu verpflichtet sind)

- einen Katalog von Maßnahmen zur schrittweisen Senkung von Energiebedarf und Treibhausgasemissionen in allen vier Bereichen, wobei enthalten ist, was bereits realisiert werden konnte.

und präsentieren beides der Öffentlichkeit (z. B. Schul-Homepage).

Sie entwickeln dazu Vorschläge in den beteiligten Fächern und sammeln die Vorschläge aus den entsprechenden Unterrichtseinheiten aus den Naturwissenschaften aller Klassen und aus anderen Fächern (z.B. Religion).

Sie erkennen Hemmnisse, finden Wege, diese zu überwinden und setzen neben emissionsenkenden Verhaltensregeln auch emissionsarme und emissionsfreie Techniken Schritt für Schritt im Modellbetrieb Schule um, in Kooperation mit schulischen Gremien, dem Schulträger, Land und Bund. Dabei werden sie (auch auf Exkursionen) von den Lehrerinnen und Lehrern aller Fächer kreativ ermutigt.

In den Sprachen lernen Sie anhand aktueller Berichte den Fachwortschatz dazu und erfahren, wie auch in andern Ländern eine nachhaltige Entwicklung stattfindet, insbesondere beim Klimaschutz.

Beim Schüleraustausch und im Interneterfahrungs-
austausch besprechen und besichtigen die Schülerinnen
und Schüler, was im jeweiligen Land im Schulbetrieb und
im Alltag getan wird, um die globale Erwärmung auf zwei
Grad einzu-grenzen. Dadurch wird die Bereitschaft zum
nachhaltigen Handeln gegenseitig gestärkt.

In Erdkunde, evangelischer und katholischer Religion
und Ethik beschäftigen sich die Schülerinnen und
Schüler mit einem konkreten praktischen Kooperations-
projekt zur nachhaltigen Entwicklung in einem anderen
Land, bei dem vorübergehend ein Teil der Treibhausgas-
Emissionen des Schulbetriebes kompensiert werden kann.

Der „MNU – Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts“ tritt seit 1891 für Qualität und Fortschritt in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Schulfächern ein. Durch praxiserprobte Fortbildungen und fachlichen Dialog unterstützen wir Lehrerinnen und Lehrer bei ihrer anspruchsvollen Arbeit und der Weiterentwicklung beruflicher Fähigkeiten.

Der MNU setzt sich für eine positive Wahrnehmung des Lehrerberufes ein und verdeutlicht den großen volkswirtschaftlichen Nutzen, den besonders MINT-Lehrende durch eine zeitgemäße Bildungsqualität für ein zukunftsfähiges und demokratisches Deutschland stiften.