

Anforderungsbereiche der Aufgaben:

gemäß der Zuordnung der Operatoren (siehe hinterer innerer Buchdeckel)

Bewertung der Aufgaben
Anteile der einzelnen Aufgaben

– an der Gesamtpunktzahl 30

– an 100%:

1 → 4 Punkte = 13,3%, Anforderungsbereich I

2 → 6 Punkte = 20%, Anforderungsbereich I

3
a) → 6 Punkte = 20%, Anforderungsbereich II
b) → 5 Punkte = 16,7%, Anforderungsbereich II

4 → 9 Punkte = 30%, Anforderungsbereich II

Lösungshinweise

1 Arbeiten Sie aus der Karikatur M1 mögliche Folgen des Klimawandels heraus.
→ 4 Punkte = 13,3%, Anforderungsbereich I

Es gehört zum Wesen einer Karikatur, dass die Sachverhalte, die im Mittelpunkt der Betrachtung stehen, vom Autor in überzeichneter, zugespitzter Form dargestellt werden. So zeigen sich vor den Augen des entsetzt blickenden Kindes, das hier als Vertreter für die junge Generation steht, eine ganze Reihe erschreckender Folgen:

- Zunahme extremer Wetterereignisse und daraus resultierend verheerende Überschwemmungen
- Erderwärmung mit Abschmelzen von Eismassen und Anstieg des Meeresspiegels
- durch Überschwemmungen und Meeresspiegelanstieg Zerstörung von Siedlungen, Städten, Infrastrukturen (z. B. Straßen)
- Einengung und Veränderung von Lebensräumen für Menschen und Tiere

2 Ursachen des Treibhauseffekts (M2):
Charakterisieren Sie die Funktion von Treibhausgasen in der Strahlungsbilanz der Erde.
→ 6 Punkte = 20%, Anforderungsbereich I

Treibhausgase sind gasförmige Stoffe in der Atmosphäre, die zum natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt beitragen. Zu ihnen zählen Wasserdampf und Spurengase wie Kohlenstoffdioxid, Methan, Stickoxide und Lachgas, FCKW und Ozon. Ihre Wirksamkeit hängt mit der Eigenschaft zusammen, Wärmestrahlung in bestimmten Wellenlängenbereichen zu absorbieren.

Um die Funktion der Treibhausgase zu erfassen, muss der gesamte Prozess der Sonneneinstrahlung und Rückstrahlung betrachtet werden. Die kurzwellige Sonnenstrahlung wird an der Erdoberfläche zu einem großen Teil reflektiert und als langwellige Wärmestrahlung wieder abgestrahlt. Treibhausgase können diese Wärmestrahlung absorbieren und so die Wärme in die Atmosphäre abgeben. Dies führt zur Erwärmung der unteren Troposphäre, dem so genannten Treibhauseffekt.

Treibhausgase wirken also auf die Strahlungsbilanz positiv und bewirken eine Erhöhung der globalen Mitteltemperatur (= natürlicher Treibhauseffekt). Wasserdampf spielt hierbei die wichtigste Rolle. Kondensiert Wasserdampf, entstehen Wolken, die zwar die zur Verringerung der Einstrahlung (vor allem der direkten) führen, aber zugleich die Rückstrahlung zur Erdoberfläche (Gegenstrahlung) erhöhen. Die Wirkung der Atmosphäre ist quasi vergleichbar mit einer vor der Erdoberfläche liegenden semipermeablen Membran, die kurzwellige Strahlung der Sonne (Licht) in eine Richtung vollständig passieren lässt, die langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche (Wärme) aber zurückhält. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt würde die globale Mitteltemperatur an der Erdoberfläche -18°C betragen. Die beschriebenen Prozesse der Reflexion und Absorption erhöhen diesen Wert auf angenehme 15°C und ermöglichen so erst das menschliche Leben auf der Erde. Seit der Industrialisierung sind die Anteile von Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre stark angestiegen. Damit dürften sich die Wirkungen dieser Gase auf die Strahlungsbilanz noch erhöhen. Der Treibhauseffekt wird verstärkt. Selbst eine Reduzierung des Treibhausgasausstoßes würde wegen des Trägheitseffektes den Temperaturanstieg langfristig nur langfristig verlangsamen und erst in weiter Zukunft einen Temperaturrückgang in der Atmosphäre bewirken.

3 Ergebnisse der Klimaforschung (M3)

- a) Stellen Sie die Entwicklung der Durchschnittstemperatur der Erde in ihren Grundzügen dar.
→ 6 Punkte = 20%, Anforderungsbereich II
- b) Analysieren Sie die Daten in M3 unter der Frage, inwieweit sie als Beweis für einen vom Menschen verursachten Klimawandel angesehen werden können.
→ 5 Punkte = 16,7%, Anforderungsbereich II

3a)

Die Grafik 3 zeigt die Veränderungen der mittleren Jahrestemperatur als Abweichung von der zu Beginn der Industrialisierung mit 15°C ermittelten Durchschnittstemperatur der Erde.

Dieser Wert wird in der Grafik mit 0,0K dargestellt, die Skala der y-Achse zeigt entsprechend die jährliche positive oder negative Abweichung. Der Beobachtungszeitraum erstreckt sich von 1850 bis 2009.

Von 1850 bis ca. 1930 gab es Abweichungen, die stärker im negativen als im positiven Bereich lagen. Dabei wurden Werte bis zu $-0,33\text{K}$ (1862) oder $-0,28\text{K}$ (1911) erreicht. Diesen negativen, meist mehrere Jahre andauernden Abweichungen stehen nur wenige Jahre gegenüber, in denen die Mitteltemperatur über dem Durchschnittswert lag.

Ab ca. 1930 setzt eine völlig andere Entwicklung ein. Von drei Ausnahmejahren abgesehen liegen die Abweichungen durchweg im positiven Bereich. Die Durchschnittstemperatur der Erde nimmt immer mehr zu, wobei seit ca. 1980 ein deutlich stärkerer Anstieg zu verzeichnen ist.

Lag die mittlere Durchschnittstemperatur der Erde im Jahre 1850 bei ca. $14,9^{\circ}\text{C}$, so hat sie 2009 den Wert von $15,69^{\circ}\text{C}$ erreicht.

Die erheblichen Klimaveränderungen innerhalb kürzester Zeit können als ziemlich eindeutiges Indiz für anthropogene Einflüsse gewertet werden.

3b)

Das Diagramm zeigt eine Erwärmung seit 1850 um etwa 0,8K. Das kann insofern als Beweis für eine anthropogene Verursachung angesehen werden, als in diesem Zeitraum die Emissionen von Treibhausgasen als Folge der Industrialisierung stark zugenommen haben. Messungen bestätigen die Erhöhung der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre.

Andererseits könnte die Erwärmung auch auf natürliche Ursachen wie Schwankungen der Solarstrahlung bzw. Sonnenfleckenaktivität zurückgeführt werden. Jedoch zeigen hier neueste Forschungen, dass durch Schwankungen der Solarstrahlung allein die beobachtete Erwärmung der letzten Jahre nicht erklärbar ist.

Da das Diagramm Mittelwerte darstellt, kann diese Kurve nicht auf einzelne Regionen der Erde übertragen werden. So kann es Regionen geben, die eine deutlich stärkere Erwärmung oder sogar Abkühlung erfahren haben.

4 Erörtern Sie – ausgehend von M1 und M4 – Handlungsmöglichkeiten verschiedener Akteure zum Schutz des Klimas.
→ 9 Punkte = 30%, Anforderungsbereich II

In der Karikatur 1 entschuldigt sich der Vater oder Großvater bei dem Kind mit der Aussage, „wenn wir das alles gewusst hätten“. Dieses „wir“ deutet auf den Einzelnen in der Gesellschaft hin, der durchaus etwas für den Klimaschutz hätte tun können oder der das auch jetzt noch kann. In der Grafik 4 sind unter „Sozioökonomische Entwicklungspfade“ mit den Stichworten „Wirtschaft, Technologie, Regierung“ weitere Akteure angesprochen. All diese Akteure müssten auf die in der Grafik dargestellten Auswirkungen der Klimaänderungen, auf die Gefährdungen von Lebensmittel- und Wasserressourcen, von Ökosystemen und Biodiversität, von Siedlungen und Gesundheit reagieren. Dabei müssen unterschiedliche „Sozioökonomische Entwicklungspfade“ besprochen werden, um Emissionen und Konzentrationen von Treibhausgasen zu vermindern. Nur so lassen sich die dargestellten Folgen der Klimaänderung eindämmen.

Parallel zu den eingeleiteten Reduktionsbemühungen ist andererseits die Entwicklung von Anpassungsstrategien an die Folgen der Klimaänderungen unumgänglich.

Die „Entwicklungspfade“, also die Handlungsmöglichkeiten und Maßnahmen der verschiedenen Akteure sollen in Beispielen vorgestellt werden. Dabei ist zu erörtern, wie groß die Chancen ihrer Realisierung sind. Nach dem Abwägen von Für- und Wider-Argumenten ist hierüber ein begründetes persönliches Urteil zu fällen. Dabei können u.a. die in der Tabelle auf der Folgeseite zusammengestellten Aspekte angesprochen werden.

1 Anpassungsstrategien an die Folgen der Klimaänderungen – Handlungsmöglichkeiten und Maßnahmen der verschiedenen Akteure

Akteur: Handlungsmöglichkeit, Maßnahme	für eine rasche Realisierungschance spricht	gegen eine rasche Realisierung spricht
Einzelner / Bevölkerung: Maßnahmen zur Energieeinsparung (z. B. Nutzung des ÖPNV statt Privat-Pkw), Umstieg auf alternative Energiequellen (z. B. Solarenergie), Bewusstsein für nachhaltige Konsummuster	steigende Benzinpreise und Stromkosten, Bewusstseinswandel in der Bevölkerung, staatliche Förderung (z. B. bei Solarenergie), politische Vorgaben / Anreize, staatlich initiierte Förderung	Mangel an Geld für größere Energie sparende Investitionen bei einem Großteil der Haushalte, Bequemlichkeit, Verdrängung des Aspektes durch andere Problemfelder, psychische Faktoren (Ängste, Ignoranz, Überforderungssyndrom ...)
Wirtschaft: Einsatz emissionsarmer Techniken, Umstieg auf alternative Energiequellen	Zwang zur Beachtung von Umweltauflagen, steigende Energiekosten, Markt Vorteile durch intelligente Lösungen	Drohung der Firmen mit Standortverlagerungen, Gefährdung des „Standorts Deutschland“, Unklare Rahmenbedingungen, oft fehlende langfristige Perspektive
Technologie: Forschungen zur Effizienzsteigerung bei Energiegewinnung und Nutzung	hoher Einsatz öffentlicher und privater Fördermittel für die Forschung, Nachfrageimpulse aus der Wirtschaft, Weltweite Herausforderungen: Konkurrenz als Stimulator	hoher Bedarf an Finanzmitteln, teilweise lange Entwicklungszeiträume, Fachkräftemangel
Regierung: Umweltauflagen, Fördermittel für die Forschung, internationale Kooperation	Akzeptanz in der Bevölkerung Verantwortungsbewusstsein der Politiker, Verpflichtungen durch internationale Abkommen bzw. nationale Vorgaben	Einfluss von Interessengruppen, internationale Absprachen zum Schutz des Klimas durch (berechtigte) Entwicklungsinteressen aufstrebender Länder (z. B. China, Indien) erschwert Überlagerung der politischen Agenda durch andere Themen (z. B. Finanz- bzw. Schuldenkrise)

Maßnahmen zum Schutz des Klimas sind nötig, sie sind möglich – aber sie sind gegen vielerlei Widerstände bei den verschiedenen Akteuren nur schwer durchzusetzen. Ein Abwarten oder das Hoffen auf eine „natürliche Selbstregulierung“ wäre aber die schlechteste Handlungsalternative. Wie die Karikatur 1 drastisch zeigt, kann es eines Tages zu spät sein.