



i Hinweis: KI-generierte Musterlösung - bei Unklarheiten gerne nochmal im Buch nachschlagen.

AUFGABE 1a

TIPP: Denke an die wichtigsten Gase, die im Chemieunterricht und in den Medien immer wieder im Zusammenhang mit dem Klimawandel genannt werden, und überlege dir zu jedem Gas eine typische menschliche Quelle.

SCHRITT 1: Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist das bekannteste Treibhausgas. Es entsteht vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas, zum Beispiel in Kraftwerken, Fahrzeugen und Heizungen.

SCHRITT 2: Methan (CH₄) entsteht unter anderem in der Landwirtschaft, etwa bei der Viehhaltung (Verdauungsprozesse von Rindern) und im Nassreisanbau, außerdem bei der Zersetzung organischen Materials auf Mülldeponien.

SCHRITT 3: Distickstoffoxid, auch Lachgas genannt (N₂O), stammt hauptsächlich aus der Landwirtschaft, insbesondere durch den Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel.

ENDERGEBNIS: Drei anthropogene Treibhausgase mit Hauptquelle: Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, Methan (CH₄) aus der Viehhaltung und Landwirtschaft, Distickstoffoxid/Lachgas (N₂O) aus der Düngung in der Landwirtschaft. (Alternativ wären auch Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) aus Kühlmitteln/Spraydosen als drittes Gas möglich.)

AUFGABE 1b

TIPP: Überlege zunächst, was ohne den Menschen auf der Erde passieren würde - stelle dir die Erde ohne Atmosphäre vor und vergleiche dann mit der heutigen Situation.

SCHRITT 1: Der natürliche Treibhauseffekt beschreibt, dass bestimmte Gase in der Atmosphäre (vor allem Wasserdampf, CO₂, Methan) die von der Erdoberfläche abgestrahlte Wärme teilweise zurückhalten. Dadurch liegt die globale Durchschnittstemperatur bei angenehmen etwa plus 15 Grad Celsius, statt bei etwa minus 18 Grad Celsius ohne diesen Effekt.

SCHRITT 2: Dieser natürliche Treibhauseffekt ist also lebensnotwendig, da er die Erde überhaupt erst bewohnbar macht.

SCHRITT 3: Der anthropogene (verstärkte) Treibhauseffekt entsteht dagegen dadurch, dass der Mensch durch Verbrennung fossiler Energieträger, Landwirtschaft und Industrie zusätzliche Treibhausgase in die Atmosphäre einbringt. Dadurch verstärkt sich die Rückhaltung der Wärmestrahlung über das natürliche Maß hinaus.

SCHRITT 4: Die Folge ist eine zusätzliche, vom Menschen verursachte Erwärmung der Erdatmosphäre, die über die natürliche Temperaturregulierung hinausgeht und





zur globalen Erwärmung beiträgt.

ENDERGEBNIS: Der natürliche Treibhauseffekt ist lebensnotwendig und sorgt für eine bewohnbare Durchschnittstemperatur von etwa plus 15 Grad Celsius. Der anthropogene Treibhauseffekt bezeichnet die zusätzliche, menschengemachte Verstärkung dieses Effekts durch zusätzliche Treibhausgase aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft, die zu einer über das natürliche Maß hinausgehenden Erderwärmung führt.

AUFGABE 1c

TIPP: Berechne zuerst die absolute Differenz der Temperaturwerte, und berechne für die Hitzetage den prozentualen Zuwachs mit der Formel (neuer Wert minus alter Wert) geteilt durch alten Wert, mal 100.

SCHRITT 1: Temperaturdifferenz berechnen: 10,6 Grad Celsius minus 9,3 Grad Celsius = 1,3 Grad Celsius.

ZWISCHENERGEBNIS: Die Jahresmitteltemperatur ist um 1,3 Grad Celsius gestiegen.

SCHRITT 2: Zunahme der Hitzetage in absoluten Zahlen bestimmen: 19 Tage minus 4 Tage = 15 Tage zusätzlich.

SCHRITT 3: Prozentualen Zuwachs berechnen mit der Formel: (neuer Wert minus alter Wert) : alter Wert x 100. Das ergibt: $15 : 4 \times 100 = 375$ Prozent.

ZWISCHENERGEBNIS: Die Anzahl der Hitzetage hat um 375 Prozent zugenommen.

SCHRITT 4: Beide Ergebnisse in einem zusammenfassenden Satz formulieren.

ENDERGEBNIS: Die Jahresmitteltemperatur ist zwischen den Vergleichsperioden um 1,3 Grad Celsius gestiegen, und die Anzahl der Hitzetage hat sich von 4 auf 19 Tage mehr als vervierfacht, was einem Zuwachs von 375 Prozent entspricht.





AUFGABE 2a

TIPP: Gehe M1 Satz für Satz durch und greife dir drei unterschiedliche Ursachen heraus, die du jeweils in eigenen Worten mit einer kurzen fachlichen Erklärung ausformulierst.

SCHRITT 1: Erste Ursache - Versiegelung und Wärmespeicherung: Beton und Asphalt speichern tagsüber Sonnenwärme und geben diese nachts nur langsam wieder ab. Dadurch kühlt die Stadt nachts kaum ab, während unversiegelte Böden im Umland schneller Wärme abstrahlen.

SCHRITT 2: Zweite Ursache - geringe Verdunstung: In der Stadt fehlt Vegetation, die durch Verdunstung (Evapotranspiration) Energie verbraucht und so kühlend wirkt. Ohne Pflanzen und offene Wasserflächen steht dieser natürliche Kühlungseffekt kaum zur Verfügung.

SCHRITT 3: Dritte Ursache - anthropogene Abwärme: Industrie, Verkehr und Gebäudeheizungen geben zusätzliche Wärme an die Umgebungsluft ab, die im ländlichen Umland in dieser Konzentration nicht anfällt.

SCHRITT 4: Vierte mögliche Ursache - eingeschränkte nächtliche Abkühlung: Die dichte Bebauung mit hohen Gebäuden behindert den nächtlichen Luftaustausch und die Abstrahlung von Wärme in höhere Luftschichten, sodass sich die Wärme zwischen den Gebäuden staut.

ENDERGEBNIS: Drei zentrale Ursachen des städtischen Wärmeinseleffekts sind: die Wärmespeicherung durch versiegelte Flächen (Beton, Asphalt), die geringe Verdunstungskühlung durch fehlende Vegetation sowie die zusätzliche Abwärme aus Industrie, Verkehr und Heizung - verstärkt durch die eingeschränkte nächtliche Abkühlung in dicht bebauten Gebieten.





AUFGABE 2b

TIPP: Denke an unterschiedliche Bevölkerungsgruppen (zum Beispiel ältere Menschen) und an gesundheitliche sowie infrastrukturelle Folgen von Hitze.

SCHRITT 1: Erstes Risiko - gesundheitliche Belastung: Hitzetage erhöhen das Risiko von Kreislaufproblemen, Dehydrierung und Hitzschlag, besonders für ältere Menschen, Kleinkinder und vorerkrankte Personen. In Hitzeperioden steigt nachweislich die Sterblichkeit in Großstädten an.

SCHRITT 2: Zweites Risiko - fehlende nächtliche Erholung: Da sich die Stadt nachts kaum abkühlt (Tropennächte), fehlt dem Körper die notwendige Regenerationsphase, was die gesundheitliche Belastung bei mehrtägigen Hitzewellen zusätzlich verstärkt.

SCHRITT 3: Weitere mögliche Risiken wären eine erhöhte Belastung der Infrastruktur (zum Beispiel Trinkwasserbedarf, Kühlung von Gebäuden) oder eine verminderte Leistungsfähigkeit und Produktivität der arbeitenden Bevölkerung.

ENDERGEBNIS: Zunehmende Hitzetage erhöhen erstens das Risiko gesundheitlicher Probleme wie Kreislaufbelastungen und Hitzschlag, insbesondere für ältere und vorerkrankte Menschen, und führen zweitens durch ausbleibende nächtliche Abkühlung (Tropennächte) zu fehlender körperlicher Erholung, was die gesundheitlichen Belastungen in Hitzewellen weiter verschärft.

AUFGABE 2c

TIPP: Vergleiche die beiden Stadtstrukturen anhand der in M1 genannten Ursachen - Versiegelungsgrad, Vegetation und Bebauungsdichte.

SCHRITT 1: Das dicht bebaute Innenstadtviertel mit wenig Grünflächen hat einen hohen Versiegelungsgrad, speichert also viel Wärme in Beton und Asphalt, und besitzt kaum Vegetation zur Verdunstungskühlung.

SCHRITT 2: Das locker bebaute Villenviertel mit altem Baumbestand verfügt dagegen über viel Vegetation, die durch Verdunstung kühlend wirkt, sowie über eine lockerere Bebauung, die den nächtlichen Luftaustausch begünstigt.

SCHRITT 3: Vergleicht man beide Strukturen anhand der Kriterien aus M1, wird deutlich, dass das Innenstadtviertel deutlich stärker vom Wärmeinseleffekt betroffen ist.

ENDERGEBNIS: Das dicht bebaute Innenstadtviertel mit wenig Grünflächen ist stärker vom Wärmeinseleffekt betroffen, da hoher Versiegelungsgrad, fehlende Vegetation und dichte Bebauung die Wärmespeicherung begünstigen und die nächtliche Abkühlung behindern - im Gegensatz zum Villenviertel mit kühlendem





Baumbestand und lockerer Bebauung.

AUFGABE 3a

TIPP: Orientiere dich an den im Klammerhinweis genannten Stichworten Begrünung, Wasserflächen und Materialwahl und überlege jeweils, welchen konkreten stadtklimatischen Effekt die Maßnahme hat.

SCHRITT 1: Erste Maßnahme - Begrünung: Dach- und Fassadenbegrünung sowie zusätzliche Stadtbäume und Parkanlagen erhöhen die Verdunstung und spenden Schatten, was die Oberflächen- und Lufttemperatur senkt.

SCHRITT 2: Zweite Maßnahme - Wasserflächen: Die Anlage von Teichen, Brunnen oder offenen Wasserflächen führt zu zusätzlicher Verdunstungskühlung und kann als lokaler Kältespeicher wirken.

SCHRITT 3: Dritte Maßnahme - Materialwahl: Der Einsatz heller, reflektierender Baumaterialien (hohe Albedo) anstelle von dunklem Asphalt und Beton verringert die Aufheizung der Oberflächen, da weniger Sonnenstrahlung absorbiert wird.

SCHRITT 4: Weitere mögliche Maßnahme - Freihaltung von Frischluftschneisen: Unbebaute Korridore zwischen Stadtteilen ermöglichen den nächtlichen Luftaustausch zwischen Umland und Innenstadt.

ENDERGEBNIS: Drei konkrete Anpassungsmaßnahmen sind: die Begrünung von Dächern, Fassaden und öffentlichen Flächen zur Verdunstungskühlung und Beschattung, die Anlage von Wasserflächen zur zusätzlichen Kühlung durch Verdunstung sowie die Wahl heller, reflektierender Baumaterialien zur Verringerung der Wärmeaufnahme versiegelter Flächen.





AUFGABE 3b

TIPP: Stelle zunächst die stadtklimatischen Vorteile zusammen, dann die Probleme, und wäge beide Seiten am Ende in einem begründeten eigenen Urteil gegeneinander ab.

SCHRITT 1: Vorteile sammeln: Begrünte Dächer und Fassaden verdunsten Wasser und kühlen damit die Umgebungsluft, sie verbessern die Luftqualität durch Filterung von Feinstaub, bieten zusätzlichen Lebensraum für Insekten und Vögel und verbessern zudem die Wärmedämmung der Gebäude, was Heiz- und Kühlkosten senken kann.

SCHRITT 2: Nachteile und Probleme sammeln: Die Installation und laufende Pflege (Bewässerung, Rückschnitt) verursachen zusätzliche Kosten. Nicht jedes Gebäude ist statisch für die zusätzliche Last einer Dachbegrünung geeignet, was bauliche Nachrüstungen erfordert. Zudem kann eine pauschale Pflicht für alle Neubauten unabhängig von Lage und Gebäudetyp als unverhältnismäßig empfunden werden.

SCHRITT 3: Eigenes Urteil formulieren: Eine Abwägung zeigt, dass die stadtklimatischen Vorteile angesichts zunehmender Hitzebelastung (vgl. M2) erheblich sind, während die Mehrkosten im Vergleich zum langfristigen Nutzen (Kühlung, Dämmung, Wertsteigerung) vertretbar erscheinen, sofern Fördermöglichkeiten und technische Ausnahmen für ungeeignete Gebäude vorgesehen werden.

ENDERGEBNIS: Eine Pflicht zur Dach- und Fassadenbegrünung bringt deutliche stadtklimatische Vorteile (Kühlung durch Verdunstung, bessere Luftqualität, Lebensraum, Wärmedämmung), ist jedoch mit Mehrkosten und baulichen Herausforderungen verbunden. In der Gesamtabwägung ist sie angesichts zunehmender Hitzetage sinnvoll, sollte aber durch Förderprogramme und sachgerechte Ausnahmeregelungen für ungeeignete Gebäude ergänzt werden - das eigene Urteil kann dabei je nach Gewichtung der Argumente auch anders ausfallen, solange es begründet ist.





AUFGABE 3c

TIPP: Überlege bei jeder Maßnahme konkret, WAS sie räumlich oder physikalisch bewirkt, und ordne sie dann dem passenden Wirkungsziel zu.

SCHRITT 1: Entsiegelung von Parkplatzflächen bedeutet, dass versiegelter Boden (Asphalt, Beton) durch durchlässige Flächen ersetzt wird. Dadurch kann Regenwasser in den Boden einsickern, statt oberflächlich abzufließen.

SCHRITT 2: Die Anlage von Frischluftschneisen schafft unbebaute Korridore, durch die kühle Luft aus dem Umland nachts in die Innenstadt strömen kann - das verbessert direkt den Luftaustausch.

SCHRITT 3: Fassadenbegrünung an Bürogebäuden sorgt durch die Pflanzen für Verdunstung von Wasser, was Energie verbraucht und dadurch die Oberflächentemperatur der Fassade spürbar senkt.

ENDERGEBNIS: Entsiegelung von Parkplatzflächen erhöht die Versickerung von Regenwasser. Die Anlage von Frischluftschneisen verbessert den Luftaustausch zwischen Umland und Innenstadt. Fassadenbegrünung an Bürogebäuden reduziert die Oberflächentemperatur und erhöht die Verdunstung.

