

Lösungen (ohne Aufgabenstellungen)

Aufgaben

A 1

Einerseits reflektieren die Eiswolken die von der Erde abgehende Infrarotstrahlung; dadurch erhöht sich der Treibhauseffekt. Andererseits reflektieren die Eiswolken die von der Sonne einfallende Strahlung; dies führt zu einer Abkühlung der Atmosphäre und wirkt somit dem Treibhauseffekt entgegen.

Eine Abschätzung, welcher der beiden gegenläufigen Teileffekte dominiert, ist nicht einfach und bisher kaum einwandfrei möglich.

A 2

Die von der Sonne einfallende Strahlung umfasst einen weiten Wellenlängenbereich von kurzwelliger UV-Strahlung bis zu Infrarotstrahlung. Kurzwellige Strahlung wird überwiegend in der oberen Atmosphäre absorbiert und reflektiert. Die von der Erde abgegebene Strahlung liegt hauptsächlich im infraroten Bereich, da die auftreffende Strahlung die Erde erwärmt.

A 3

Die anthropogenen Spurengase Kohlenstoffdioxid und die CFKW bewirken aus zwei verschiedenen Gründen den grössten Anteil der zusätzlichen Erwärmung: Kohlenstoffdioxid wird *in grosser Menge* durch Verbrennung fossiler Materialien freigesetzt. Mengenmässig spielen die ausschliesslich vom Menschen erzeugten CFKW zwar eine kleinere Rolle, *ihr relatives Treibhauspotenzial* ist jedoch sehr hoch: Eine bestimmte Menge CFKW hat eine viel grössere Treibhauswirkung als die gleiche Menge CO₂.

A 4

Zum einen wird durch das Verbrennen von Biomasse Kohlenstoffdioxid erzeugt, das den Treibhauseffekt verstärkt. Zum anderen fehlen nach der Vernichtung der Tropenwälder Pflanzen, die bei der Fotosynthese Kohlenstoffdioxid verbrauchen.

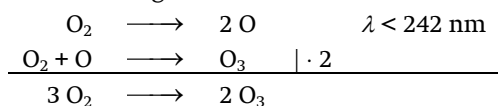
Ein weiterer Effekt kann in der nachfolgenden landwirtschaftlichen Nutzung gesehen werden. So führen zum Beispiel intensive Rinderhaltung oder der Reisanbau zur Produktion von Methan, einem Gas mit hohem Treibhauspotenzial.

A 5

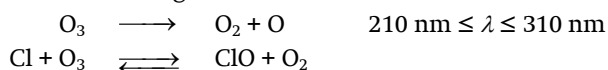
Durch Reaktionen in der Atmosphäre erzeugen Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid und flüchtige organische Verbindungen treibhausaktive Gase wie Kohlenstoffdioxid, Ozon und Distickstoffmonoxid.

A 6

Ozonbildung:



Ozonzerstörung:



A 7

Aufgrund ihrer Reaktionsträgheit haben die CFKW eine lange Verweilzeit in der Troposphäre.

A 8

Die Masse an chemisch gebundenem Schwefel, die in 4000 kg Heizöl enthalten ist, beträgt:

$$4000 \text{ kg} \cdot 0,00012 \text{ kg}/(0,1 \text{ kg}) = 4,8 \text{ kg}$$

Das entspricht einer Masse an Schwefeldioxid von:

$$m(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{S}) \cdot M(\text{SO}_2)}{M(\text{S})} = \frac{4,8 \text{ kg} \cdot 64,07 \text{ g/mol}}{32,07 \text{ g/mol}} = 9,59 \text{ kg}$$

Bezogen auf die Heizperiode beträgt der Ausstoss an Schwefeldioxid dann:

$$9,59 \text{ kg} : (160 \text{ d}) = 0,06 \text{ kg/d}$$

b) Bei einem jährlichen Heizölverbrauch von $5 \cdot 10^6 \text{ t} = 5 \cdot 10^9 \text{ kg}$ beträgt die Emission an Schwefeldioxid:

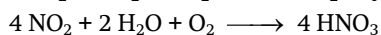
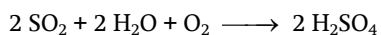
$$5 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot \frac{9,59 \text{ kg}}{4000 \text{ kg}} = 1,2 \cdot 10^7 \text{ kg} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ t}$$

A 9

Die tödliche Dosis beträgt

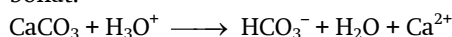
- bei Botulinustoxin: $3 \cdot 10^{-5} \mu\text{g}/\text{kg} \cdot 70 \text{ kg} = 2,1 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} = 2,1 \text{ ng}$
- bei Kaliumcyanid: $10^4 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot 70 \text{ kg} = 7,00 \cdot 10^5 \mu\text{g} = 7,00 \cdot 10^2 \text{ mg} = 700 \text{ mg}$

A 10

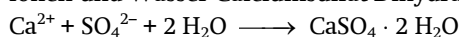


A 11

Die Hydronium-Ionen aus dem schwefelsäurehaltigen Regen reagieren mit Calciumcarbonat, das im Sandstein die Silicatkörner verbindet, zu löslichem Calciumhydrogencarbonat:

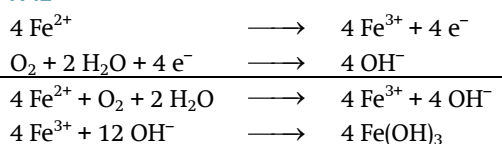


Die Calcium-Ionen bilden mit den ebenfalls in der Schwefelsäure vorhandenen Sulfat-Ionen und Wasser Calciumsulfat-Dihydrat (Gips):



Der Vorgang läuft ausser an der Oberfläche vor allem in Spalten und Rissen des Materials ab. Da Calciumsulfat-Dihydrat ein grösseres Volumen einnimmt als Calciumcarbonat, platzt der Sandstein an den Rissen auf.

A 12



A 13

Durch den internen Rücklauf innerhalb der Kläranlage gelangt Abwasser, das die biologische Klärung durchlaufen hat und einen hohen Anteil an Nitrat-Ionen enthält, in den anaeroben Anfangsteil des Belüftungsbeckens zurück. Die zur Denitrifizierung nötigen Mikroorganismen sind darin enthalten. Dort wird das zurückgeführte Wasser mit Abwasser vermischt, das noch stark mit biologisch abbaubaren Stoffen belastet ist. Die im Abwasserkreislauf mitgeführten Bakterien beginnen mit dem oxidativen Abbau der organischen Stoffe. Da ihnen molekularer Sauerstoff nicht zur Verfügung steht, dienen Nitrat-Ionen als Oxidationsmittel. Es kommt zur Denitrifizierung unter Bildung von Stickstoff.

A 14

Bei Zugabe von Fe(III)-Salzen bilden die Fe^{3+} -Ionen mit den Phosphat-Ionen schwer lösliches Eisen(III)-phosphat (FePO_4), das ausfällt. Um eine möglichst weitgehende Ausfällung zu erreichen, wird ein Überschuss zugesetzt. Nicht in Phosphat gebundene Eisen(III)-Ionen bilden schwer lösliches Eisen(III)-hydroxid.

A 15

Die Pflanze, deren Inhaltsstoffe nachwachsende Rohstoffe sind, entnimmt der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid. Nach verschiedenen Verarbeitungsschritten entsteht das Endprodukt. Es wird nach dem Gebrauch als Biomüll oder Kompost unter Freisetzung von Kohlenstoffdioxid abgebaut. Die Bilanz ist – ohne Berücksichtigung der in \triangleright Abb. 38 dargestellten Vorgänge (Aussaat, Düngung etc.) – ausgeglichen. Berücksichtigt werden muss aber, dass alle diese Prozesse, von Aussaat bis Trennung, nur unter Einsatz von Energieträgern ausführbar sind. Die Bilanz wäre nur dann insgesamt ausgeglichen, wenn ausschliesslich Energieträger aus nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt würden und alle verwendeten Maschinen nur mithilfe nachwachsender Rohstoffe als Energieträger

hergestellt worden wären. Dies wird sich allerdings auch auf lange Sicht nicht realisieren lassen.

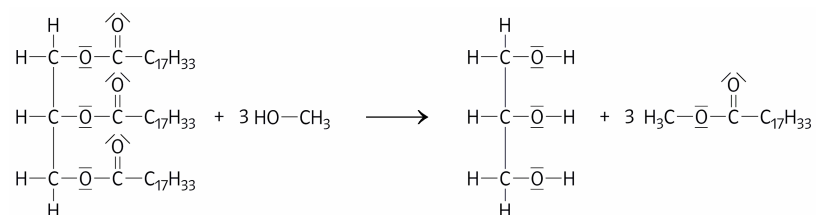
Trotzdem führt natürlich der Einsatz nachwachsender Rohstoffe zu einer deutlichen Verringerung des CO₂-Ausstosses und damit zu einer Verringerung des Anstiegs des CO₂-Gehalts der Atmosphäre. Dieser Effekt fällt umso stärker aus, je mehr Verarbeitungsschritte auf der Basis von Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen ausgeführt werden.

A 16

Nachwachsende Rohstoffe aus tierischer Produktion sind zum Beispiel: Wolle, Federn, Leder und Horn.

Die Produktion nachwachsender Rohstoffe beruht letztlich auf der Fotosynthese (▷Abb. 38). Tierische Organismen verzehren als Konsumenten die von Pflanzen produzierte Biomasse. Ein grosser Teil davon wird abgebaut und dient der Energieversorgung des tierischen Organismus. Im Durchschnitt führt in einer Nahrungskette von Stufe zu Stufe nur ein Anteil von etwa 10 % bezogen auf die Masse der Futtermittel zum Aufbau von Biomasse. Der Einsatz von Rohstoffen aus tierischer Produktion ist aus diesem Grund ungünstig.

A 17

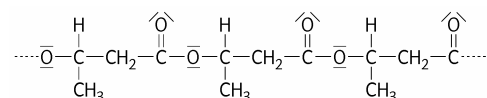


Die Viskosität verringert sich bei dieser Umesterung, weil die Moleküle des gebildeten Esters viel kleiner sind als die des Ausgangsstoffs.

A 18

Folgende Tätigkeiten/Prozesse sind nur möglich durch den Einsatz von Energieträgern: Aussaat, Bearbeitung des Felds, Dünger (Produktion, Ausbringung), Ernte, Transport zur Presse, Pressen, Filtern, Umestern (Betrieb der Anlage, Produktion von Methanol auf fossiler Basis), Weiterverarbeitung (Destillieren, Reinigen, Konditionieren), Transport des fertigen Produkts, Betrieb der Tankstelle.

A 19



Es handelt sich um einen Polyester.

Lösungen zum Kapitel «Überprüfung und Vertiefung»

Ü 1

Da 1 L Wasser etwa die Masse 1 kg hat, beträgt die Erfassungsgrenze für Dioxine 10^{-15} g/L.

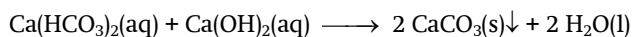
In $4,2 \cdot 10^{14}$ L Wasser müssten dann folgende Masse an Zucker gelöst sein:

$$m(\text{Zucker}) = 10^{-15} \text{ g/L} \cdot 4,2 \cdot 10^{14} \text{ L} = 0,42 \text{ g}$$

Ü 2

Ammoniak kann in der Atmosphäre zu Stickstoffoxiden und zu Salpetersäure oxidiert werden. Salpetersäure und Nitrate wirken im Boden als Dünger für Pflanzen. (Das kann zum Beispiel bei Pflanzen in Gebieten mit trockenen und mageren Böden zu «Trockenstress» führen (↗ Kap.19.7).)

Ü 3



oder:



In einer Säure-Base-Reaktion werden von Hydrogencarbonat-Ionen Protonen an die Hydroxid-Ionen aus dem Kalkwasser abgegeben. Die entstehenden Carbonat-Ionen werden zusammen mit den Calcium-Ionen als in Wasser schwer lösliches Calciumcarbonat ausgeschieden.

Die Formulierung «Entkalken durch Kalk» ist eigentlich falsch, da es sich bei «Kalkwasser» ja nicht um eine Lösung von Kalk (CaCO_3), sondern von Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) handelt.