

14 Stoffkreisläufe und Umweltchemie

14.25 Durchblick Zusammenfassung und Übung

Zu den Aufgaben

A1

a) Im Folgenden ist der Stand Anfang 2011 kurz zusammengefasst: 1997 wurde in Kyoto (Japan) ein Zusatzprotokoll beschlossen, das am 16.02.2005 in Kraft trat und 2012 ausläuft. Es sieht vor, dass die Vertragsstaaten den jährlichen Treibhausgasausstoß in der Zeit von 2008 bis 2012 um 5,2% gegenüber dem Stand von 1990 reduzieren. Bis 2010 ist es jedoch nicht zu einer nennenswerten Reduzierung der Treibhausgaskonzentration gekommen. Auf Konferenzen in Kopenhagen und Cancun konnte man sich noch nicht auf eine Fortsetzung des Kyoto-Protokolls einigen.

b) Der Emissionsrechtehandel dient dem Ziel, Schadstoffemissionen zu verringern. Politisch wird eine Obergrenze für Schadstoffemissionen festgelegt. Entsprechend dieser Obergrenze werden Umweltzertifikate ausgegeben, die die Produktion einer bestimmten Menge des Schadstoffs (z. B. Kohlenstoffdioxid) erlauben. Firmen, die diese Obergrenze nicht erreichen, können Teile an andere verkaufen; es entsteht ein Handel mit Umweltzertifikaten bzw. Emissionsrechten. Für verschiedene Weltregionen (Amerika, Australien, Europa) existieren unterschiedliche Handelssysteme.

c) Rangfolge bezüglich der erreichten Absolutwerte:

Land	Emissionen 1990 in Mio. t CO ₂ -Äquivalent	Emissionen 2007 in Mio. t CO ₂ -Äquivalent	Soll-Emissionen 2012 in Mio. t CO ₂ -Äquivalent	Noch zu senken bis 2012 in Mio. t CO ₂ -Äquivalent
Russland	3319	2193	3146	-953
Ukraine	926	436	878	-442
Deutschland	1215	956	1152	-196
Polen	570	399	540	-141
Rumänien	276	152	262	-110
Kanada	774	640	734	-94
Frankreich	566	536	537	-1
Italien	516	553	489	64
Australien	416	541	394	147
Spanien	288	442	273	169
Japan	1270	1374	1204	170
Großbritannien	592	747	561	186
USA	6085	7107	5769	1338

Anmerkungen: Die Soll-Emissionen sind die Werte von 1990 abzüglich 5,2%. Ein negativer „Noch-zu-senken“-Wert bedeutet, dass dieses Land das Kyoto-Protokoll bereits übererfüllt hat.

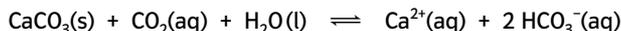
Rangfolge bezüglich der erreichten Relativwerte:

Land	Emissionen 1990 in Mio. t CO ₂ -Äquivalent	Emissionen 2007 in Mio. t CO ₂ -Äquivalent	Änderung zwischen 1990 und 2007 in %
Ukraine	926	436	-52,9
Rumänien	276	152	-44,9
Russland	3319	2193	-33,9
Polen	570	399	-30,0
Deutschland	1215	956	-21,3
Kanada	774	640	-17,3
Frankreich	566	536	-5,3
Italien	516	553	7,2
Japan	1270	1374	8,2
USA	6085	7107	16,8
Großbritannien	592	747	26,2
Australien	416	541	30,0
Spanien	288	442	53,5

Anmerkungen: Frankreich liegt mit -5,3% etwas besser als das Ziel des Kyoto-Protokolls (-5,2%). Die Länder darüber haben das Kyoto-Protokoll bereits übererfüllt; die Länder darunter haben ihre Emissionen jedoch gesteigert statt reduziert.

Hinweis: Man könnte an dieser Stelle diskutieren, wie z. B. Russland, die Ukraine und Deutschland ihre Emissionen so stark reduziert haben. Der Grund ist wohl weniger in der konsequenten Umsetzung von Umweltzielen zu suchen, sondern eher im Zusammenbruch der Planwirtschaft im ehemaligen Ostblock (inklusive DDR).

A2 In Gebieten mit Kalkgestein reagiert das atmosphärische, im Regenwasser gelöste CO₂ mit Calciumcarbonat zu einer wässrigen Lösung von Calciumhydrogencarbonat:



Dort, wo der Untergrund aus Silikatgestein besteht, das Calciumsilicat enthält, reagiert die wässrige CO₂-Lösung mit Calciumsilicat zu Calciumhydrogencarbonat; zurück bleiben unlösliche Silicate. Flüsse transportieren das gelöste Calciumhydrogencarbonat zum größten Teil in die Meere. Auf dem Transportweg kann es – durch Verschiebung des oben beschriebenen Gleichgewichts nach links – zur Abscheidung von Calciumcarbonat (Kalktuff) kommen.

Im Meer wird Calciumcarbonat beim Aufbau von Skeletten und Schalen der Meeresorganismen abgeschieden und CO₂ freigesetzt, das in die Atmosphäre zurückströmt. Das Gleichgewicht wird dadurch weitgehend auf die Seite dieser Stoffe verschoben. Mit abgestorbenen Organismen sinkt das eingebaute Calciumcarbonat auf den Meeresboden und wird sedimentiert. Zum Teil wird Calciumcarbonat auch ohne Beteiligung von Organismen abgeschieden.

Durch Verschiebungen in der Erdkruste können die gebildeten Carbonatsedimente in große Tiefen gelangen und bei hohen Temperaturen mit Silikatgestein reagieren, z. B. mit Siliciumdioxid:



Das entstehende CO₂ gelangt durch Vulkanismus wieder in die Atmosphäre.

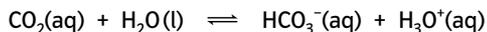
A3 Fotosynthese und damit Entnahme von CO_2 aus der Atmosphäre erfolgt hauptsächlich in den Blättern der Baumkronen. Damit ist in dieser Höhe die CO_2 -Konzentration am geringsten, sie nimmt nach unten zu. Der Unterschied der beobachteten Konzentrationen von CO_2 ist bei hochsommerlichen Temperaturen am deutlichsten. Die höchste CO_2 -Konzentration in Bodennähe beruht auf der intensiven Bodenatmung der Mikroorganismen in der Humusschicht des Bodens. (Hinweis: Zur Bestimmung der CO_2 -Konzentration in der Luft nutzt man die Absorption von CO_2 im infraroten Bereich. Im Messgerät wird Infrarotstrahlung erzeugt, die nach Durchgang durch die Luft auf einen Infrarotsensor trifft. Je schwächer das Signal, desto höher ist die CO_2 -Konzentration.)

A4

- Stickstofffixierende Bakterien reduzieren N_2 -Moleküle zu NH_4^+ -Ionen.
- Ammoniakbildende Bakterien zersetzen organisches Material; dabei entstehen ebenfalls NH_4^+ -Ionen.
- Nitrifizierende Bakterien oxidieren NH_4^+ -Ionen zu NO_3^- -Ionen.
- Denitrifizierende Bakterien reduzieren NO_3^- -Ionen zu N_2 -Molekülen.

Die NH_4^+ - und NO_3^- -Ionen sind lebenswichtig für die Pflanzen, da diese keinen Stickstoff aus der Luft aufnehmen können. (Ohne Stickstoff könnten die Pflanzen keine Aminosäuren aufbauen.) Ohne die Bodenbakterien wären die Pflanzen völlig auf Kunstdünger angewiesen. Eine Ausnahme sind Pflanzen, die in einer Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien (Knöllchenbakterien) leben.

A5 Der Anstieg der CO_2 -Konzentration der Atmosphäre hatte auch eine Zunahme der CO_2 -Konzentration im Oberflächenwasser der Meere zur Folge. Gegenüber der vorindustriellen Zeit hat der pH-Wert um durchschnittlich 0,11 Einheiten abgenommen, verursacht durch die Verschiebung des folgenden Gleichgewichts nach rechts:



Obwohl das Wasser der Meere mit einem durchschnittlichen pH-Wert von ca. 8,1 noch schwach alkalisch ist, bedeutet eine Zunahme der H_3O^+ -Konzentration eine Versauerung. Vor allem, wenn man bedenkt, dass die Versauerung beschleunigt zunimmt und in manchen Bereichen deutlich über dem Durchschnittswert liegt, mit gefährlichen Folgen für das Ökosystem.

A6 Durch Aktivitäten des Menschen ist die CO_2 -Bilanz der Atmosphäre nicht ausgeglichen. Der Anstieg der CO_2 -Konzentration wird verursacht durch

- Verbrennung fossiler Energieträger,
- Freisetzung von CO_2 durch den Einsatz von Kalkgestein bei der Zementherstellung,
- großflächige Brandrodung tropischer Urwälder.

Ein Teil der anthropogenen Emissionen wird von der Biosphäre und vom Meer aufgenommen. Diese Senken haben bisher einen wesentlich höheren Anstieg der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre verhindert. Im Meer wirkt sich die CO_2 -Aufnahme allerdings ungünstig aus, siehe A5.

A7 Bei einer Algenblüte werden durch die Fotosynthese große Mengen des im Meerwasser gelösten CO_2 vom Phytoplankton aufgenommen. Dadurch wird das Gleichgewicht zwischen dem im Wasser gelösten und dem gasförmigen CO_2 in der Luft gestört, sodass sich atmosphärisches CO_2 im Meerwasser löst und den Verbrauch zum Teil ausgleicht. Weiteres CO_2 wird auch durch eine Verschiebung des $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ -Gleichgewichts nachgeliefert, siehe A2.

A8 Für Kulturpflanzen gelten folgende Elemente als essenziell: C, H, O, N, S, P, Mg, K, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Mb, Cl, B.

A9 Um zu untersuchen, ob ein bestimmtes Element essenziell ist, werden Pflanzen einer Art in Hydrokulturen gezogen. Für einen Teil der Pflanzen (Vergleichspflanzen) wird ein Vollmedium hergestellt, das alle bisher als essenziell ermittelten Elemente in einer für die Pflanze verwertbaren Form und im richtigen Verhältnis zueinander enthält. Für einen anderen Teil der Pflanzen (Testpflanzen) wird ein Kulturmedium eingesetzt, das mit dem der ersten Gruppe weitgehend übereinstimmt, allerdings fehlt das zu testende Element. Wenn die Testpflanzen genauso gut wie die Vergleichspflanzen wachsen, dann gehört das Element nicht zu den essenziellen. Im Fall von Magnesium zeigen die Testpflanzen Mangelerscheinungen wie geringeres Wachstum und unnatürlich gefärbte Blätter. Daraus kann man schließen, dass Magnesium essenziell für diese Pflanzenart ist. *Hinweis:* Ohne Magnesium kann die Pflanze kein Chlorophyll bilden.

A10 Eine Kuh produziert 50 bis 100 kg Stickstoffverbindungen im Jahr. Davon entweichen 20 bis 40 kg in Gasform. Übrig bleiben mindestens 30 kg, höchstens 60 kg. Bezogen auf 50 Kühe bedeutet dies, dass mindestens 1500 kg, höchstens 3000 kg Stickstoffverbindungen pro Jahr auf die Felder ausgebracht werden.

A11 Aus Nitrationen können durch bakterielle Einwirkung Nitritationen entstehen. Von ihnen können die folgenden Schädigungen ausgehen:

- Chemische Reaktion mit Hämoglobin. Der so veränderte Blutfarbstoff kann seine Aufgabe als Sauerstofftransportmittel nicht mehr erfüllen. Gefährdet sind vor allem Säuglinge.
- Bildung von krebserregenden Nitrosaminen. Nitritationen reagieren mit anderen Molekülen, die N-Atome enthalten (z. B. Aminosäuren), zu krebserregenden Nitrosaminmolekülen.

A12 Phosphor liegt im Boden in Form von Phosphaten oder in organisch gebundener Form vor. Die Phosphate eines Ökosystems stammen aus der Verwitterung von phosphorhaltigem Gestein (v. a. Apatit) und aus abgestorbener Biomasse und Exkrementen.

Der natürliche Kreislauf des Phosphors an Land ist weitgehend geschlossen, da nur ein geringer Austausch mit dem Meer erfolgt. Die Verluste ins Grundwasser und in die Flüsse werden durch die geringe Verwitterungsrate ausgeglichen. Sie hat ihre Ursache im spärlichen Vorkommen von Phosphormineralien im Gestein (Calciumphosphat und Apatit) sowie in der sehr geringen Wasserlöslichkeit dieser Stoffe. Phosphor ist damit das wichtigste wachstumslimitierende Element. In der Landwirtschaft wird dem Boden sehr viel Phosphor entzogen, da die Pflanzen abgeerntet werden und nicht auf dem Feld verrotten. Dies wird durch Phosphatdünger ausgeglichen, mit dem Nachteil, dass die eingesetzten Hydrogenphosphate zum Teil ausgeschwemmt werden und die Gewässer belasten.