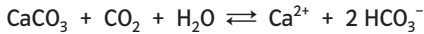


## 3 Stoffkreislauf

### 3.18 Durchblick Zusammenfassung und Übung

#### Zu den Aufgaben

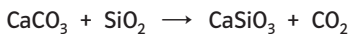
**A1** In Gebieten mit Kalkgestein reagiert das atmosphärische, im Regenwasser gelöste  $\text{CO}_2$  mit Calciumcarbonat zu einer wässrigen Lösung des Calciumhydrogencarbonats:



Dort wo der Untergrund aus Silikatgestein besteht, das Mineralien aus Calciumsilicat enthält, reagiert die wässrige Lösung des  $\text{CO}_2$  ebenfalls zu Calciumhydrogencarbonat, zurück bleiben unlösliche Silicate. Flüsse transportieren das gelöste Calciumhydrogencarbonat zum größten Teil in die Meere. Auf dem Transportweg kann es zur Abscheidung von Calciumcarbonat (Kalktuff) kommen, durch Verschiebung des  $\text{CaCO}_3/\text{HCO}_3^-$ -Gleichgewichts.

Im Meer wird Calciumcarbonat beim Aufbau von Skeletten und Schalen der Meeresorganismen abgeschieden und  $\text{CO}_2$  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. Bei abnehmender Löslichkeit des  $\text{CO}_2$  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:

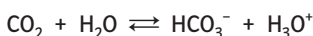


Das entstehende  $\text{CO}_2$  wird durch Vulkanismus wieder in die Atmosphäre zurück befördert.

**A2** Fotosynthese und damit Entnahme von  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre erfolgt hauptsächlich in den Blättern der Baumkronen. Damit ist in dieser Höhe die  $\text{CO}_2$ -Konzentration am geringsten, sie nimmt nach unten zu. Der Unterschied der beobachteten Konzentrationen von  $\text{CO}_2$  ist bei hochsommerlichen Temperaturen am deutlichsten. Die höchste  $\text{CO}_2$ -Konzentration in Bodennähe beruht auf der intensiven Bodenatmung der Mikroorganismen in der Humusschicht des Bodens. (Zur Bestimmung von  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen der Atmosphäre nutzt man die Absorption von  $\text{CO}_2$  im infraroten Bereich. Gemessen wird mit einem IR-Gassensor.)

**A3** Bakterien, die Stickstoff fixieren, wandeln  $\text{N}_2$ -Moleküle in Ammoniumionen um. Ammoniakbildende Bakterien zersetzen organisches Material, dabei entstehen Ammoniumionen. Nitrifizierende Bakterien oxidieren Ammoniumionen unter Bildung von Nitrationen. Denitrifizierende Bakterien reduzieren Nitrationen zu  $\text{N}_2$ -Molekülen.

**A4** Der Anstieg der  $\text{CO}_2$ -Konzentration der Atmosphäre hatte auch eine Zunahme der  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Oberflächenwasser der Meere zur Folge. Gegenüber der vorindustriellen Zeit hat der pH-Wert durchschnittlich um 0,11 Einheiten durch die Bildung von Oxoniumionen abgenommen, verursacht durch die Verschiebung des Gleichgewichts



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

**A5** Durch den Menschen ist die  $\text{CO}_2$ -Bilanz der Atmosphäre nicht ausgeglichen. Der Anstieg der  $\text{CO}_2$ -Konzentration wird verursacht durch

- Verbrennung fossiler Energieträger,
- Freisetzung von  $\text{CO}_2$  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 verhindern bisher einen wesentlich höheren Anstieg der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre. Im Meer wirkt sich allerdings, zumindest im Oberflächenwasser, die  $\text{CO}_2$ -Aufnahme durch Versauerung ungünstig aus.

**A6** Bei einer Algenblüte werden durch die Fotosynthese große Mengen des im Meerwasser gelösten  $\text{CO}_2$  vom Phytoplankton aufgenommen und damit das Gleichgewicht zwischen dem gelösten und dem gasförmigen  $\text{CO}_2$  der Atmosphäre gestört. Solange die Gleichgewichtseinstellung nicht erreicht ist, löst sich atmosphärisches  $\text{CO}_2$  im Meerwasser und gleicht den Verbrauch zum Teil aus.  $\text{CO}_2$  wird auch durch Verschiebung  $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ -Gleichgewichts nachgeliefert.

**A7** Für Kulturpflanzen gelten folgende Elemente als essentiell: C, H, O, N, S, P, Mg, K, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Mb, Cl, B.

**A8** Um zu untersuchen, ob ein bestimmtes Element essentiell ist, werden Pflanzen einer Art in Hydrokulturen gezogen. Für einen Teil der Pflanzen (Vergleichspflanzen) wird ein Vollmedium hergestellt, das alle bisher als essentiell 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 Magnesium. Wenn beide Pflanzengruppen in gleicher Weise wachsen, dann gehört das Element Magnesium nicht zu den essenziellen. Wenn aber die Testpflanzen Mangelercheinungen zeigen wie z. B. geringeres Wachstum oder unnatürlich gefärbte Blätter, dann kann geschlossen werden, dass Magnesium essentiell für diese Pflanzenart ist.

**A9** 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 1 500 kg, höchstens 3 000 kg pro Jahr auf die Felder ausgebracht werden.

**A10** Durch bakterielle Tätigkeit können Nitritationen aus Nitrationen entstehen. Von diesen gehen zwei mögliche Schädwirkungen aus:

- a) Veränderung des Hämoglobins und verringerte Transportfähigkeit für Sauerstoff,
- b) krebserregende Wirkung durch Bildung von Nitrosaminen.

**A11** Phosphor liegt 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. Durch Landwirtschaft wird dem Boden Phosphor weitgehend entzogen und kann nur durch Phosphatdünger ausgeglichen werden mit dem Nachteil, dass die eingesetzten Hydrogenphosphate zum Teil ausgeschwemmt werden und die Gewässer belasten.

#### Literatur für das gesamte Kapitel

Bliefert, C.: Umweltchemie. Wiley-VCH Weinheim, 2002