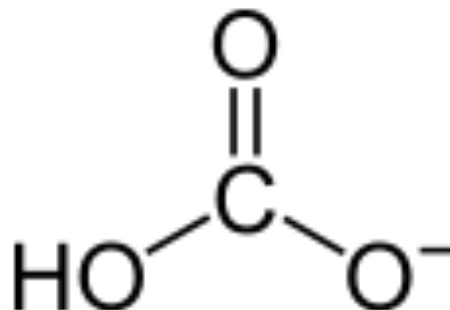


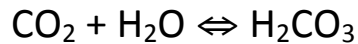
CO₂ Kohlendioxid

- ist ein farb- und geruchloses Gas, das sich in Wasser gut löst.
- bildet zusammen mit HCO₃⁻ den anorganischen Kohlenstoff-Pool (DIC = dissolved inorganic carbon).
- wird von Pflanzen, Algen und einigen Bakterien mittels Photosynthese in organische Verbindungen umgewandelt (Biomasseaufbau).
- kann von allen marinen Algen genutzt werden.
- Quelle: Respiration (Veratmung im Zellstoffwechsel von Organismen mit O₂ als Oxidationsmittel)
- wird auch von der Atmosphäre ins Wasser eingetragen.



HCO₃⁻ Kohlensäure (Hydrogencarbonat)

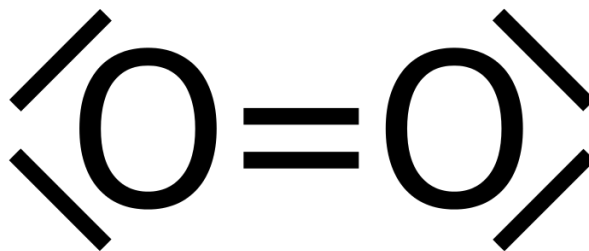
→ CO₂ ist in Wasser relativ gut löslich und reagiert zu einem Teil mit H₂O zu Kohlensäure:



→ Bei einem pH-Wert von ca. 8 liegt im Meer der größte Teil des Kohlendioxids als Kohlensäure vor.

→ bildet zusammen mit CO₂ den anorganischen Kohlenstoff-Pool (DIC = dissolved inorganic carbon).

→ kann von vielen marinen Algen genutzt werden.



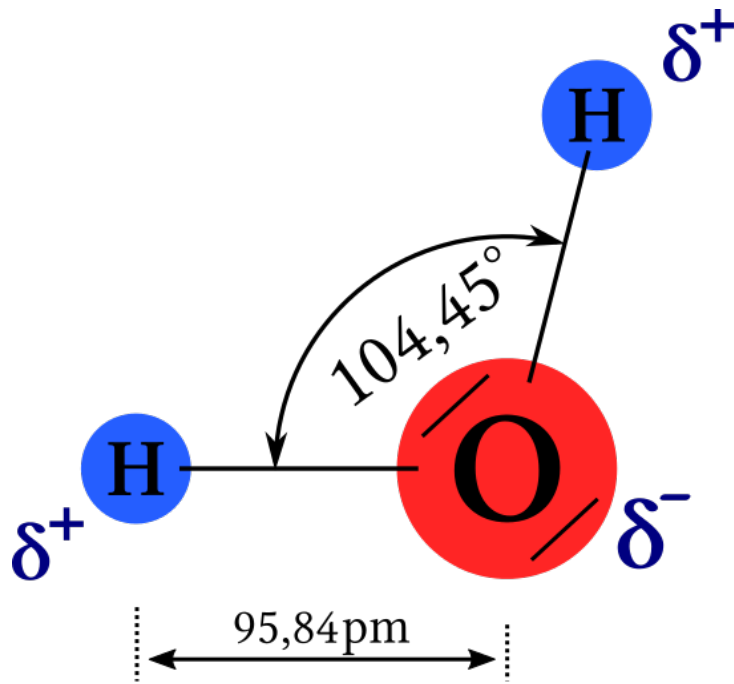
O₂ Sauerstoff

→ Quelle: Photosynthese in der lichtdurchfluteten oberen Wasserschicht

→ zusätzlich Eintrag durch Atmosphäre

→ wird vor allem bei dem Abbau von organischer Substanz durch Mikroorganismen wieder verbraucht.

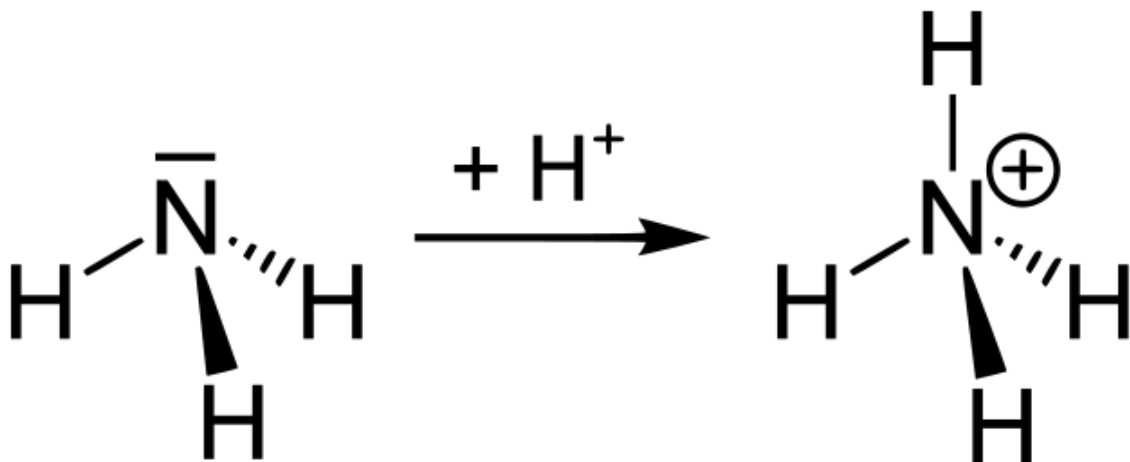
→ Totes organisches Material sinkt ab. Der Abbau findet vor allem im Sediment statt. Ein hohes Aufkommen an organischem Material kann zu Sauerstoffmangel in den tieferen Zonen führen.



H_2O Wasser

→ steht zusammen mit Kohlenstoff und Sauerstoff im Meer in praktisch unerschöpflichen Mengen zur Verfügung.

→ wird zusammen mit CO_2 und Licht für Photosynthese gebraucht.



Ammoniak NH_3 und Ammoniumion NH_4^+

→ Das Gleichgewicht zwischen Ammoniak und Ammonium ist von pH-Wert und Temperatur abhängig.

→ werden über Flüsse und Regen ins Meer eingetragen.

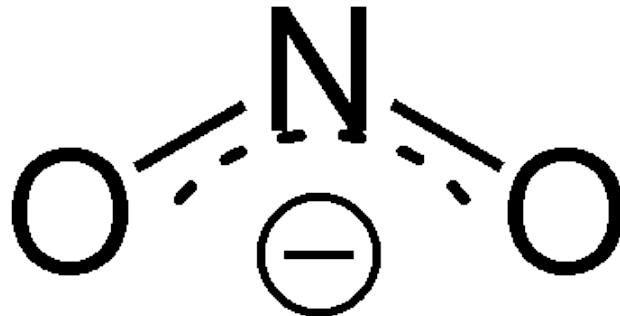
→ sind neben Nitrat die wichtigsten Stickstoffquellen für Primärproduzenten.

→ Ammonium wird als Aminogruppe in Aminosäuren eingebaut.

→ Ammonium entsteht in erster Linie beim Abbau von Proteinen.

→ Quellen:

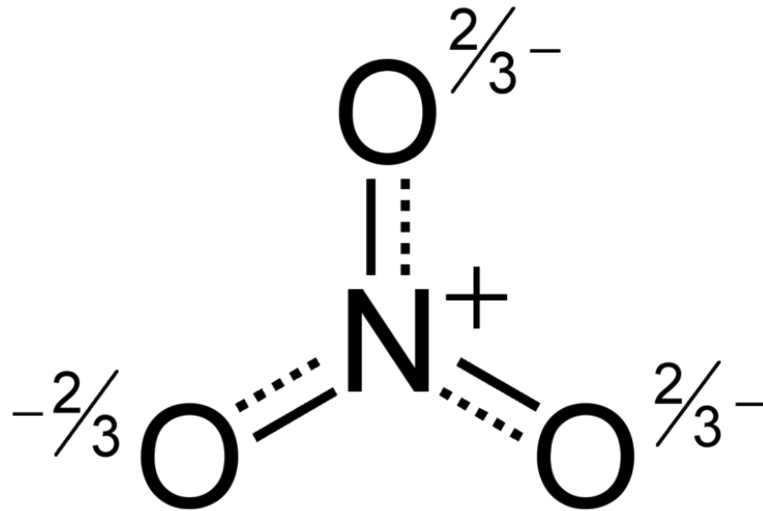
- bakterielle Zersetzung von organischem Material im Sediment. Freisetzung wird durch grabende Tiere beschleunigt.
- werden von Tieren ausgeschieden und entstehen bei der Zersetzung abgestorbenen Materials in der Wassersäule.



NO_2^- Nitrit

→ wirkt für viele Organismen toxisch

→ entsteht während der Nitrifikation: bakterielle Oxidation von Ammonium zu Nitrat: $\text{NH}_4^+ \Rightarrow \text{NO}_2^- \Rightarrow \text{NO}_3^-$



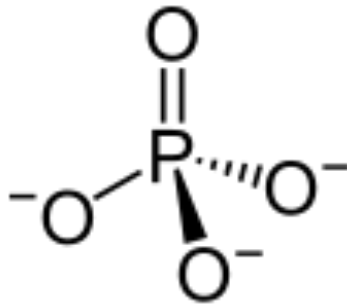
NO₃⁻ Nitrat

- ist neben Ammonium die wichtigste Stickstoffquelle für Primärproduzenten
 - ist gut wasserlöslich.
 - kann direkt von allen Pflanzlichen Organismen als Nährstoff aufgenommen werden.
 - wird in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt.
-

IN=NI

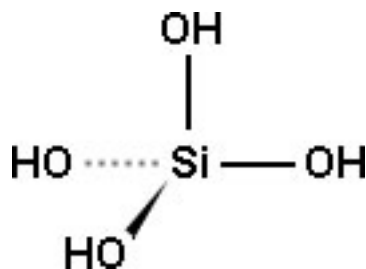
N₂ molekularer Stickstoff

- kommt im Meer als gelöstes Gas vor.
 - kann nur von einigen wenigen stickstofffixierenden Bakterien genutzt werden. Dazu gehören im Meer einige Cyanobakterien.
-



PO₄³⁻ Phosphat-Anion

- ist im Wasser gut löslich.
 - gelangt über Flüsse vom Land ins Meer.
 - kommt im Meer als Hauptform der Phosphate vor
 - Quelle: Endprodukt der Remineralisation durch Bakterien im Sediment
Ausscheidung von Tieren
-



H₄SiO₄ Kieselsäure

- ist nur für einige Organismengruppen in größeren Mengen von Bedeutung.
 - Zum Beispiel Kieselalgen benötigen für den Aufbau ihrer Schale Kieselsäure.
 - Werden verkieselte Organismen gefressen, wird kein gelöstes Silicium ausgeschieden, sondern zerkleinerte Partikel, die sich nur schwer lösen und absinken. Am Meeresboden werden sie remineralisiert.
-

Redfield Ratio

- Verhältnis der Elemente in Biomasse
- Grundlage für die Abschätzung von Nährstoffbedarf von Primärproduzenten
- Phytoplankton, das bei Nährstoffsättigung wachsen haben ein Redfield-Verhältnis von

$$\text{C:N:P} = 106:16:1$$

- Das Wachstum von Phytoplankton mit hohem N:P-Verhältnis (z.B. > 30) wird von Phosphat limitiert.
- Das Wachstum von Phytoplankton mit niedrigem N:P-Verhältnis (z.B. 5) wird von Stickstoff limitiert.

Prinzip des Minimums

→ Wenn ein Nährstoff im Verhältnis zu den anderen nicht im mehr im ausreichenden Maß vorhanden ist, kann die Produktion zurück gehen oder ganz zum Erliegen kommen.

→ Die Verfügbarkeit dieses Nährstoffs limitiert das Wachstum des Phytoplanktons.

→ Bei intensiver Primärproduktion können die Konzentrationen von Stickstoff- und/oder Phosphatverbindungen im Wasser unter die Nachweisgrenze sinken.

→ Auf das Wachstum von Kieselalgen wirkt Silicium limitierend.