





# Spielanleitung

## DER STICKSTOFFZYKLUS



### Spielmaterial

- 1 Spielplan
  - 2 Sauerstoffzustand-Karten
  - 61 Prozess-Karten
  - 30 Spezial-Karten
  - 1 Würfel
  - 4 Spielsteine pro Spielerin / Spieler (Knöpfe, Münzen oder Flaschendeckel)
- Bleistift und Papier (zum Mitschreiben der eigenen Spielzüge)

### Anzahl der Spieler: 4–6

Spielzeit ca. 30 Minuten

Alter ab 15

In diesem Spiel tretet ihr gegeneinander an, um alle Formen des Stickstoffs in seinem Zyklus im Ozean zu durchlaufen. Ihr beginnt als Stickstoffatome im  $N_2$ -Spielfeld in der Atmosphäre. Mithilfe der Prozess-Karten wechselt ihr dann von einer Stickstoffform (Spielfelder) zur nächsten. Sieger ist, wer zuerst alle Formen von Stickstoff durchlaufen hat.

### Prozess-Karten

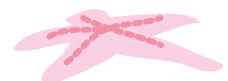
Die Prozess-Karten bestimmen, welche Umwandlungen ihr während eures Zuges durchlaufen kannst. Einige Prozesse können nur in Gegenwart von Sauerstoff (aerob; blaue Pfeile) stattfinden, während andere nur möglich sind, wenn kein Sauerstoff vorhanden ist (anaerob; rote Pfeile). Prozesse, die mit gelben Pfeilen markiert sind, können unabhängig von den Sauerstoffbedingungen stattfinden.

### Spezial-Karten

Auch diese Karten kannst ihr während deines Zuges ausspielen. Sie wirken sich, sofern nicht anders angegeben, auf die gesamte Spielrunde aus.

## Vor Beginn des Spiels

1. Legt den Spielplan auf den Tisch.
2. Die Sauerstoffzustand-Karten kommen auf das Feld „Sauerstoffzustand“.
2. Dann erstellen alle ihr eigenes „Scoreboard“: Jeder notiert alle Stickstoffzustände (= Spielfelder) auf einem Blatt Papier, (siehe Spielbrett). Wenn ihr von einem Spielfeld zum nächsten springt, streicht ihr den entsprechenden Stickstoffzustand auf eurem Scoreboard durch. Auf diese Weise könnt ihr eurer Fortkommen im Spiel verfolgen.
3. Mischt alle Prozess- und Spezial-Karten. Zu Beginn des Spiels erhält jeder 5 Karten und 4 Spielsteine einer Farbe. Die Karten haltet ihr so in der Hand, dass andere sie nicht sehen können. Die 4 Spielsteine repräsentieren Stickstoffatome (N).
4. Legt die übrigen Karten mit der Vorderseite nach unten als Zugstapel auf den Tisch.





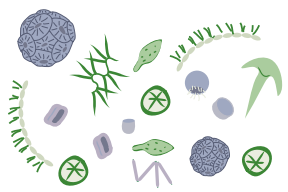
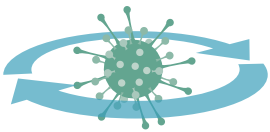
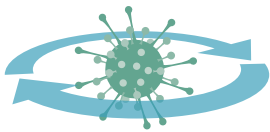


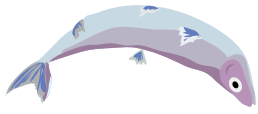



## Wie man spielt

- Platziert alle Spielsteine auf dem Feld „Stickstoff (N<sub>2</sub>)“.
- Wer die höchste Zahl würfelt, fängt an.
- Zu Beginn einer jeden Runde wird gewürfelt, um die Sauerstoffbedingungen für die Runde zu ermitteln:  
 Wenn eine ungerade Zahl geworfen wird, ist Sauerstoff im System vorhanden und nur aerobe Prozesse können stattfinden. Wenn eine gerade Zahl geworfen wird, ist kein Sauerstoff vorhanden und nur anaerobe Prozesse können stattfinden. Legt die **Sauerstoffzustand-Karten** mit dem entsprechenden Symbol (O oder Ø) für die jeweilige Runde oben rechts auf das Spielfeld.
- Die Spielsteine (N-Atome) können entweder über die Stickstofffixierung oder den Flusseintrag in den Zyklus eintreten. Im ersten Fall landet ein Spielstein auf dem Ammonium-Spielfeld, im zweiten auf dem Nitrat-Spielfeld. Wenn eure Karten es zulassen, könnt ihr mehr als eine Spielfigur ins Spiel bringen.
- Für die Stickstoffumwandlungen werden die **Prozess-Karten** benötigt. Die Spielsteine können nur in Richtung der Pfeile gezogen werden. Während eures Zuges dürft ihr so viele Karten wie möglich verwenden. Die Reihenfolge ist egal. Ihr könnt in einem Zug mit einem oder mehreren Spielsteinen ziehen. Die gebrauchten Karten werden auf einen Ablagestapel gelegt.
- Wenn eine **Spezial-Karte** ausgespielt wird, wird sie sofort wirksam, dauert 1 Runde (bis derselbe Spieler wieder am Zug ist) und betrifft alle Spieler.
- Eine **+ O<sub>2</sub>-** oder **- O<sub>2</sub>-Karte** könnt ihr auch ausspielen, wenn ihr nicht an der Reihe seid. Dies betrifft nur einen Spielstein. Ihr wählt, welcher Spielstein (einschließlich eurer eigenen) betroffen ist. Eine + O<sub>2</sub>-Karte oder - O<sub>2</sub>-Karte kann die Wirkung einer Spezial-Karte nicht aufheben.
- Alle Karten, die durch eine **Assi-** oder **Monopol-Karte** erworben wurden, müssen, wenn möglich, sofort ausgespielt werden.
- Am Ende eures Zuges müsst ihr wieder 5 Karten haben, einschließlich der Spezial-Karten. Habt ihr mehr Karten, legt ihr den Rest auf dem Ablagestapel ab, fehlen welche, müsst ihr die entsprechende Anzahl vom Zugstapel ziehen.
- Ihr könnt euren Kartenvorrat erst am Ende eures Zuges wieder auffüllen. Wenn ihr eine Karte oder mehrere Karten vor eurem Zug verbraucht, müsst ihr euren Zug mit weniger als 5 Karten beginnen.
- Wenn ihr mit euren Prozess-Karten nicht zufrieden seid, könnt ihr 1 bis 2 Karten blind gegen neue vom Stapel tauschen. Spezial-Karten können nicht umgetauscht werden.
- Wenn alle Karten des Stapels aufgebraucht sind, mischt ihr den Ablagestapel und legt ihn als frischen Stapel neu aus.
- Das Spiel endet, wenn eine Spielerin oder ein Spieler den Zyklus in allen Formen des Stickstoffs mit einem oder mehreren Spielsteinen durchlaufen hat.

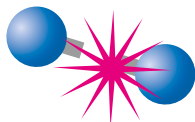
## Diesen Bogen 1 x kopieren und Karten ausschneiden

<p><b>SAUERSTOFF-</b></p>  <p><b>ZUSTAND</b></p>	<p><b>SAUERSTOFF-</b></p>  <p><b>ZUSTAND</b></p>	<p><b>Remineralisierung &amp; Ammonifikation</b></p>  <p>Organischer Stickstoff aus totem Material wird von Bakterien abgebaut und in biologisch verfügbares Ammonium umgewandelt.</p> <p>← <b>PROZESS</b> →</p>
---	---	--

## Diesen Bogen 2 x kopieren und Karten ausschneiden

<p><b>Assimilation</b></p>  <p>Stickstoff wird von Phytoplankton aufgenommen.</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>Remineralisierung &amp; Ammonifikation</b></p>  <p>Organischer Stickstoff von toten Materialien wird von Bakterien abgebaut und in biologisch verfügbares Ammonium umgewandelt.</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>Remineralisierung &amp; Ammonifikation</b></p>  <p>Organischer Stickstoff von toten Materialien wird von Bakterien abgebaut und in biologisch verfügbares Ammonium umgewandelt.</p> <p>← PROZESS →</p>
<p><b>Remineralisierung &amp; Ammonifikation</b></p>  <p>Organischer Stickstoff von toten Materialien wird von Bakterien abgebaut und in biologisch verfügbares Ammonium umgewandelt.</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>Eutrophierung</b></p>  <p>Führt zur Steigerung der Denitrifikation. Alle Stickstoffformen, die denitrifizieren können, werden ohne den Einsatz von Prozess-Karten sofort 1 mal denitrifiziert.</p> <p>→ SPEZIAL ←</p>	<p><b>Sauerstoffminimumzone</b></p>  <p>Geringe Sauerstoffverfügbarkeit. Nitrifikation kann nicht stattfinden.</p> <p>→ SPEZIAL ←</p>
<p><b>Überfischung</b></p>  <p>Alle Formen von Stickstoff, die sich auf dem Zooplankton-/Fisch-Feld befinden, werden an Land gebracht. Sie können beim nächsten Zug als Nitrat mit einer Flusseintragkarte wieder ins Wasser gelangen.</p> <p>→ SPEZIAL ←</p>	<p><b>Eisendüngung</b></p>  <p>Menschliche Eingriffe ins Ökosystem können unvorhersehbare Folgen haben. Jeder Spieler gibt alle seine Karten an den linken Nachbarn weiter.</p> <p>→ SPEZIAL ←</p>	<p><b>Sturm</b></p>  <p>Die ganze Wassersäule wird durchlüftet. Es kann keine Denitrifikation stattfinden.</p> <p>→ SPEZIAL ←</p>

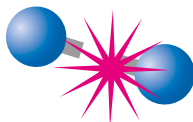
### Stickstofffixierung



Molekularer Stickstoff im Wasser wird durch stickstofffixierende Bakterien und Phytoplankton zu biologisch verfügbarem Stickstoff (Ammonium) umgewandelt.



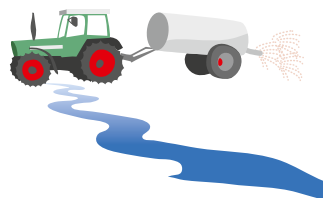
### Stickstofffixierung



Molekularer Stickstoff im Wasser wird durch stickstofffixierende Bakterien und Phytoplankton zu biologisch verfügbarem Stickstoff (Ammonium) umgewandelt.



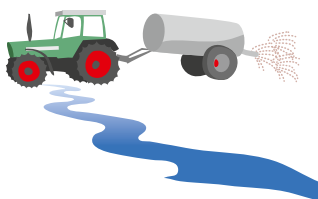
### Flusseintrag



Überschüssiger Stickstoff aus der Landwirtschaft gelangt über Flüsse ins Meer.



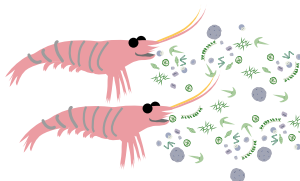
### Flusseintrag



Überschüssiger Stickstoff aus der Landwirtschaft gelangt über Flüsse ins Meer.



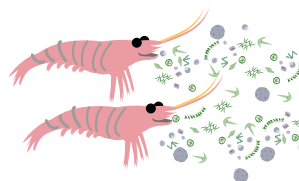
### Ernähren



Zooplankton und Fische ernähren sich von Phytoplankton und decken damit ihren Stickstoffbedarf.



### Ernähren



Zooplankton und Fische ernähren sich von Phytoplankton und decken damit ihren Stickstoffbedarf.



### Absterben



Wenn Organismen sterben, sinken sie als Partikel ab. Nach einiger Zeit lösen sich die Bestandteile im Wasser auf.



### Absterben



Wenn Organismen sterben, sinken sie als Partikel ab. Nach einiger Zeit lösen sich die Bestandteile im Wasser auf.



### Joker



Kann als eine beliebige Prozess-Karte verwendet werden.



### Joker



Kann als eine beliebige Prozess-Karte verwendet werden.



### Assi



Berechtigt einen Spieler, insgesamt 2 Karten von bis zu 2 Mitspielern zu nehmen.



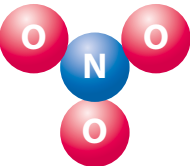
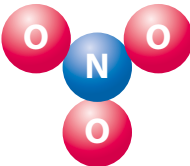



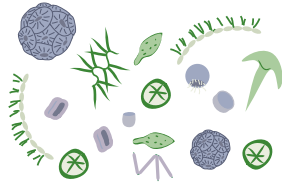
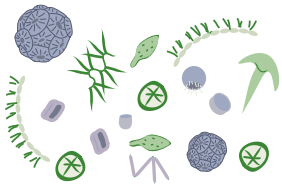
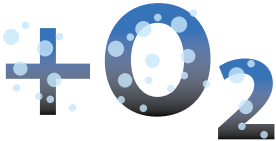

### Monopol



Beim Ausspielen dieser Karte kann der Spieler einen Prozess nennen, von dem er dann alle Karten aller Mitspieler erhält.



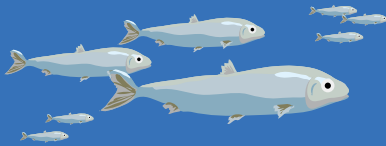
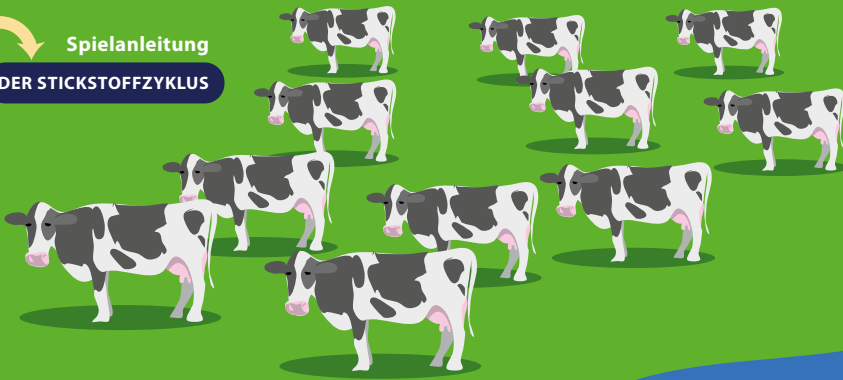
## Diesen Bogen 4 x kopieren und Karten ausschneiden

<p><b>Nitrifikation</b></p>  <p>Umwandlung von Ammonium unter aeroben Bedingungen (mit Sauerstoff) zu Nitrit und von Nitrit zu Nitrat.</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>Nitrifikation</b></p>  <p>Umwandlung von Ammonium unter aeroben Bedingungen (mit Sauerstoff) zu Nitrit und von Nitrit zu Nitrat.</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>Denitrifikation</b></p>  <p>Umwandlung von Nitrat zu Nitrit zu Lachgas und dann zum molekularen Stickstoff. Dies geschieht anaerob (ohne Sauerstoff).</p> <p>← PROZESS →</p>
<p><b>Denitrifikation</b></p>  <p>Umwandlung von Nitrat zu Nitrit zu Lachgas und dann zum molekularen Stickstoff. Dies geschieht anaerob (ohne Sauerstoff).</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>Denitrifikation</b></p>  <p>Umwandlung von Nitrat zu Nitrit zu Lachgas und dann zum molekularen Stickstoff. Dies geschieht anaerob (ohne Sauerstoff).</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>Assimilation</b></p>  <p>Stickstoff wird von Phytoplankton aufgenommen.</p> <p>← PROZESS →</p>
<p><b>Assimilation</b></p>  <p>Stickstoff wird von Phytoplankton aufgenommen.</p> <p>← PROZESS →</p>	<p><b>+O<sub>2</sub></b></p>  <p>Sauerstoff vorhanden (aerob).</p> <p>← SPEZIAL →</p>	<p><b>-O<sub>2</sub></b></p>  <p>Kein Sauerstoff vorhanden (anaerob).</p> <p>← SPEZIAL →</p>



Spielanleitung

DER STICKSTOFFZYKLUS



<https://sfb-outreach.geomar.de>

## Impressum

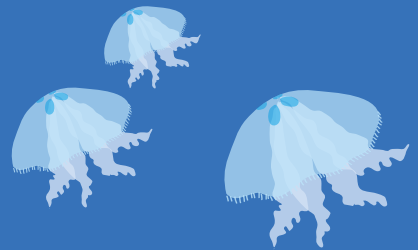
Sonderforschungsbereich 754 „Klima – Biogeochemische Wechselwirkungen im Tropischen Ozean“  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und am  
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

### Kontakt

Dr. Sally Soria-Dengg | GEOMAR Helmholtz-Zentrum  
für Ozeanforschung Kiel

| Düsternbrooker Weg 20 | 24105 Kiel | Germany

E-mail: [sdengg@geomar.de](mailto:sdengg@geomar.de) | Tel.: +49 (0)431 600 - 4038



SFB 754

