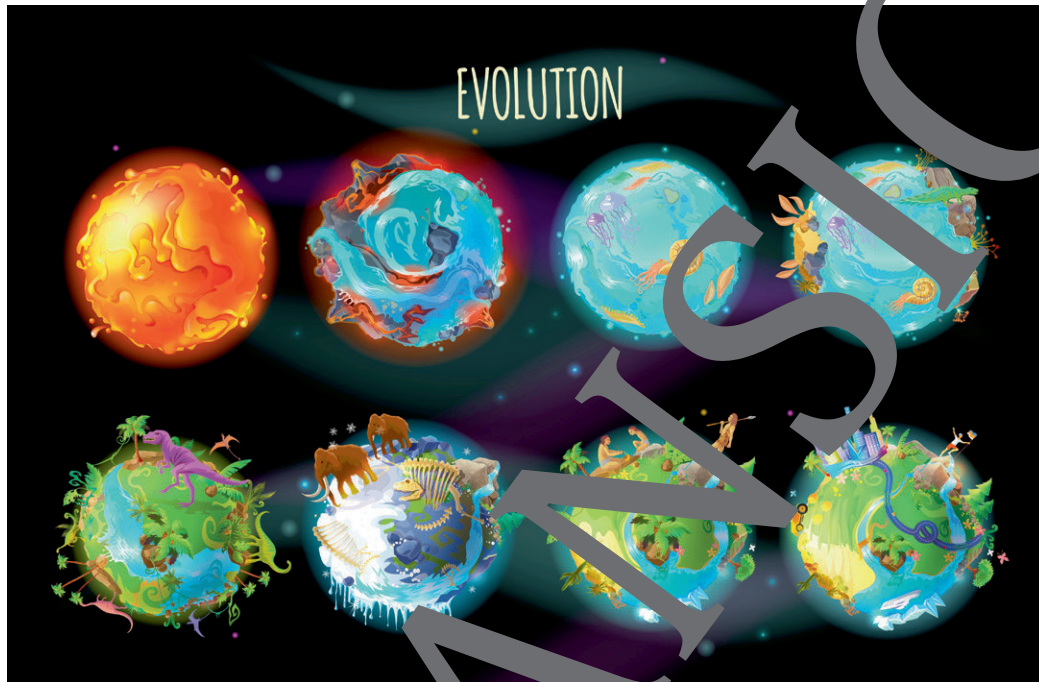


VI.8

Unsere Umwelt

Die Entwicklung der sauerstoffhaltigen Erdatmosphäre

Ein Beitrag von Sophie Marie Kleverbeck und Dr. Monika Pohlmann



© VectorPocket/iStock/Getty Images Plus

In dieser Unterrichtseinheit erheben Ihre Schülerinnen und Schüler die Entstehung unserer sauerstoffhaltigen Atmosphäre eigenständig. Sie nutzen hierbei digitale Werkzeuge zur Präsentation sowie Gestaltung von Infostorys. Im Vordergrund steht die Erkenntnis, dass die Entstehung des Lebens die Evolution der Atmosphäre maßgeblich prägte. Lebewesen und Atmosphäre beeinflussten sich immerfort wechselseitig. Zudem beurteilen die Lernenden Folgen und Risiken des aktuellen Wandels der Atmosphäre, des Klimas und die Ökosysteme.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 7–10

Dauer: 8 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 6)

Kompetenzen: Die Lernenden 1. betrachten die Position der Erde im Sonnensystem; 2. erläutern die chemische Evolution der Erdatmosphäre und deren Zusammenhänge; 3. beschreiben die Verantwortung des Menschen auf die Atmosphäre (Klimawandel). 4. trainieren Lesestrategien und digitale Präsentationskompetenzen.

Thematische Bereiche: Erdatmosphäre, Sauerstoff, „Große Sauerstoffkatastrophe“, Massenaussterben, Klimawandel, Kohlenstoffkreislauf

Rund um die Reihe

Warum wir das Thema behandeln

Für manch einen mag es überraschend klingen, aber Sauerstoff war nicht schon immer Teil der Erdatmosphäre. Sauerstoff gilt heute als das „Gas des Lebens“. Sauerstoff ist der wichtigste Elektronenakzeptor, das Oxidationsmittel, in biochemischen Reaktionen. Das Gas ist damit für alle Lebewesen mit Ausnahme der Anaerobier essenziell. Sauerstoff wird in den Chloroplasten der Pflanzen freigesetzt und in den Mitochondrien im Prozess der Atmung durch Aufnahme von Elektronen aus Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) reduziert. Die Erde ist der einzige bekannte Planet mit einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre. Mit einem Anteil von 21 % ist Sauerstoff nach Stickstoff mit 78 % das häufigste Element des Gasmantels der Erde. Sauerstoff gehört heute vor Eisen und Silizium zum häufigsten Element der Erde. Vor etwa 4 Mrd. Jahren ist der Ursprung der Uratmosphäre anzusiedeln. Diese erste Atmosphäre bildete sich durch Ausgasungen der Erde, die sich selbst noch in einem flüssigen Zustand befand, sowie durch Gase, die bei gewaltigen Vulkanausbrüchen entstanden. Die wichtigsten Stoffe waren Wasserdampf (H_2O) und Kohlenstoffdioxid (CO_2), aus denen die Uratmosphäre zu 90 % bestand. Die Uratmosphäre aus Wasserstoff und Helium verlor sich aufgrund der hohen Temperatur der Erde mit entsprechend großer kinetischer Energie der leichten Gase an den Weltraum. Es folgte eine noch lebensfeindliche Atmosphäre mit hohem Treibhauseffekt, die CO_2 -Atmosphäre. Mit der Evolution der sauerstoffproduzierenden Lebewesen wurde der Treibhauseffekt des Planeten steuerbar, die O_2 -Atmosphäre entstand. Die Erde wird mit der sauerstoffreichen Atmosphäre zum blauen Planeten. Bemerkenswerte Weise bestimmten die Organismen über die Beeinflussung des Gasmantels der Erde ihre eigenen Bedingungen und gestalteten bis heute ihre Umwelt selbst.

Vorschläge für die Unterrichtsgestaltung

Voraussetzungen der Lerngruppe

Das Thema berührt die drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik. Grundlegendes naturwissenschaftliches Sachwissen ist vorhanden, kann aber auch durch eigenständige Recherche und Selbstlernen aufgefrischt oder neu erworben werden. Das Thema lässt sich vielseitig in den Lehrplan der verschiedenen Naturwissenschaften integrieren. Im Fach Biologie zum Beispiel im Unterricht zur Evolution oder zur Ökologie, unter dem Aspekt Fotosynthese.

Aufbau der Reihe

Im Vordergrund steht das Üben von vielfältigen Lesestrategien im **Stationenlernen**. Die Stationen sind **fundamentale** und bauen aufeinander auf, die des **Additums** können zur Erweiterung oder auch zur **Binnendifferenzierung** eingesetzt werden. Die Materialteile der Stationen machen eine selbstständige Erarbeitung in verschiedenen Sozialformen möglich, sodass auch soziale Kompetenzen geschult werden. Einige Aufgaben eignen sich auch für eine vorbereitende Hausaufgabe und können entsprechend flexibel eingesetzt werden.

In der ersten Stunde (**M 1**) wird durch den Titel „Frische Luft“ vom Künstler Wincent Weiss ein unmittelbarer Anknüpfungspunkt an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler geknüpft und somit das Interesse am Thema geweckt und ein **Einstieg** geschaffen. Außerdem ist das Bedürfnis nach frischer Luft eine im Alltag oft genutzte Redensart. Die Schülerinnen und Schüler dürfen dazu Fragen stellen und frei spekulieren. Zu den meisten Fragen werden sie keine Antworten wissen. Sie sollen

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Tx = Infotext

1. Stunde

Thema: Einstieg

M 1 **Frische Luft: Was ist das, und wo kommt sie her?**

Benötigt:

- Youtube-Video; Beamer
- Internetfähige Endgeräte
- DIN-A3 Plakate für Kleingruppen



2. bis 5. Stunde

Thema: Die unglaubliche Geschichte der sauerstoffhaltigen Atmosphäre

M 2 (Ab) Sachtexte gekonnt erschließen
M 3 (Ab) Stationenlernen ein Überblick
M 4 (Ab,Tx) Station 1: Wann kam der Sauerstoff in die Atmosphäre?
M 5 (Ab,Tx) Station 2: Woher kam der Sauerstoff?
M 6 (Ab,Tx) Station 3: Sauerstoff vor der „Großen Sauerstoffkatastrophe“
M 7 (Ab,Tx) Station 4: Belege für die „Große Sauerstoffkatastrophe“
M 8 (Ab,Tx) Station 5: Ökologische Nische und Konkurrenz

Benötigt:

- Gesamtsatz Kopien M 2–M 8
- Internetfähige Endgeräte

6. bis 8. Stunde

Thema: Perspektiven auf den Wandel der Erdatmosphäre bis heute

M 9 (Ab,Tx) Station 6: Die „Große Sauerstoffkatastrophe“
M 10 (Ab,Tx) Station 7: Der Regenwald als Kohlenstoffspeicher

Benötigt:

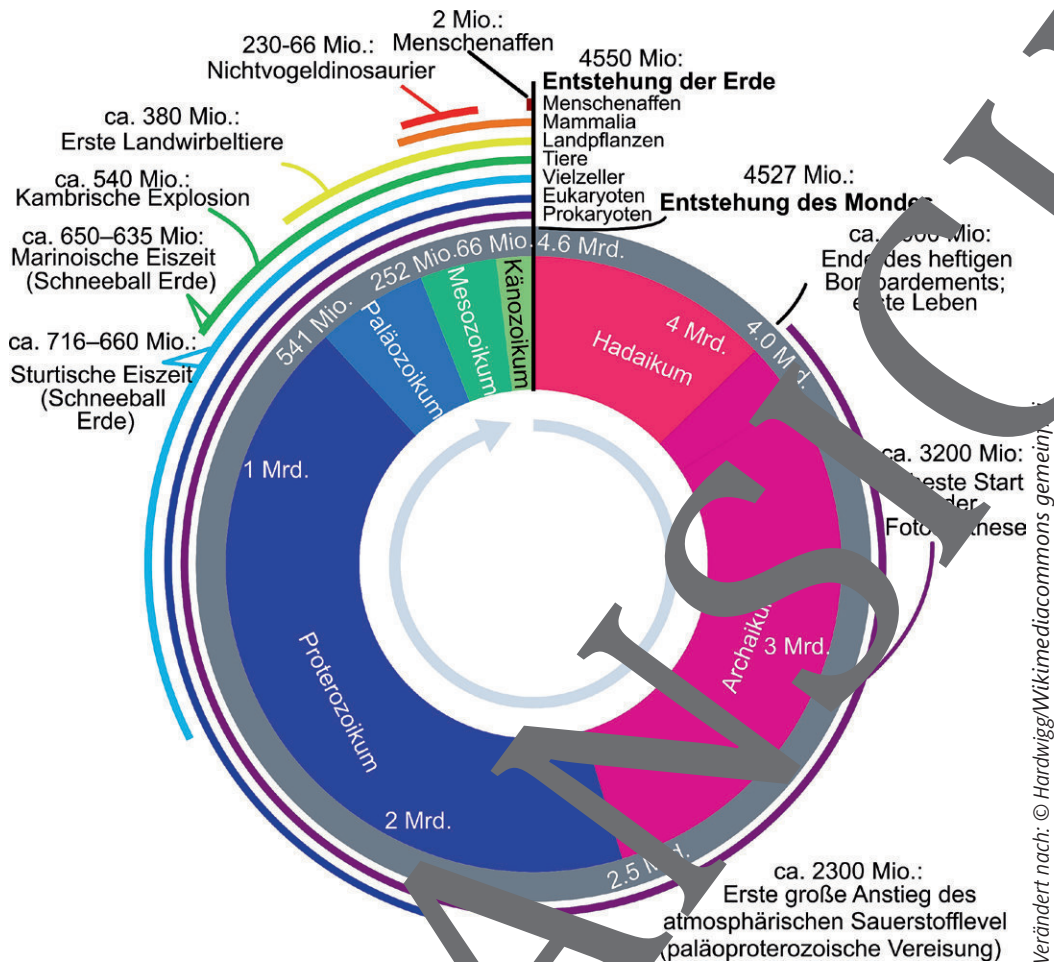
- App PicCollage
- Material zum Basteln und Zeichnen (Pappen, Kleber, Scheren, Stifte)
- Internetfähige Endgeräte

Minimalplan

Der bereits fertige Muster-Zeitstrahl (siehe Zusatzmaterial auf CD) könnte von der Lehrperson ausgeteilt werden, um die Zeit für die Lernstationen 1–3 einzusparen (**M 4–M 6**). Des Weiteren könnte die Übung zur Expansion eines Wikipedia-Eintrags in **M 9** ausgelassen werden. Die Stationen des Additums (**M 9–M 10**) können ebenfalls weggelassen werden.

Ihr Unterrichtsassistent – Formeln, Fakten, Fachbegriffe

Die Geologische Zeitskala



Die "Große Sauerstoffkatastrophe"

Mit „Großer Sauerstoffkatastrophe“ oder mit „Great Oxidation Event“ (GOE) wird der sprunghafte Anstieg der Sauerstoffkonzentration in flachen Gewässern und der Atmosphäre vor 2,4 Mrd. Jahre am Übergang vom Archaikum zum Proterozoikum bezeichnet. Die Erde war damals halb so alt wie heute. Die „Große Sauerstoffkatastrophe“ stellt den Übergang von der zweiten zur dritten Atmosphäre dar.

Biotische und abiotische Faktoren

Auf jeden Organismus wirken zahlreiche Einflüsse. Man unterscheidet dabei biotische von abiotischen Faktoren. Das Konzept der **ökologischen Nische** beschreibt die **Gesamtheit** aller **Ansprüche**, die Umwelt, die eine Art zum Überleben hat.

Biotische Faktoren: Alle Lebewesen einer Lebensgemeinschaft bilden die biotischen Faktoren. Es kann sich dabei um Organismen derselben Art oder anderer Arten handeln. Lebewesen können in Konkurrenz um Ressourcen stehen, wie zum Beispiel um die Ressource Licht.

Abiotische Faktoren: Zu den abiotischen Umwelteinflüssen zählen alle chemischen und physikalischen Faktoren. Die wohl bekanntesten abiotischen Faktoren sind das Licht, die Temperatur, der pH-Wert oder die Nährstoffkonzentration.

Station 1: Wann kam der Sauerstoff in die Atmosphäre?

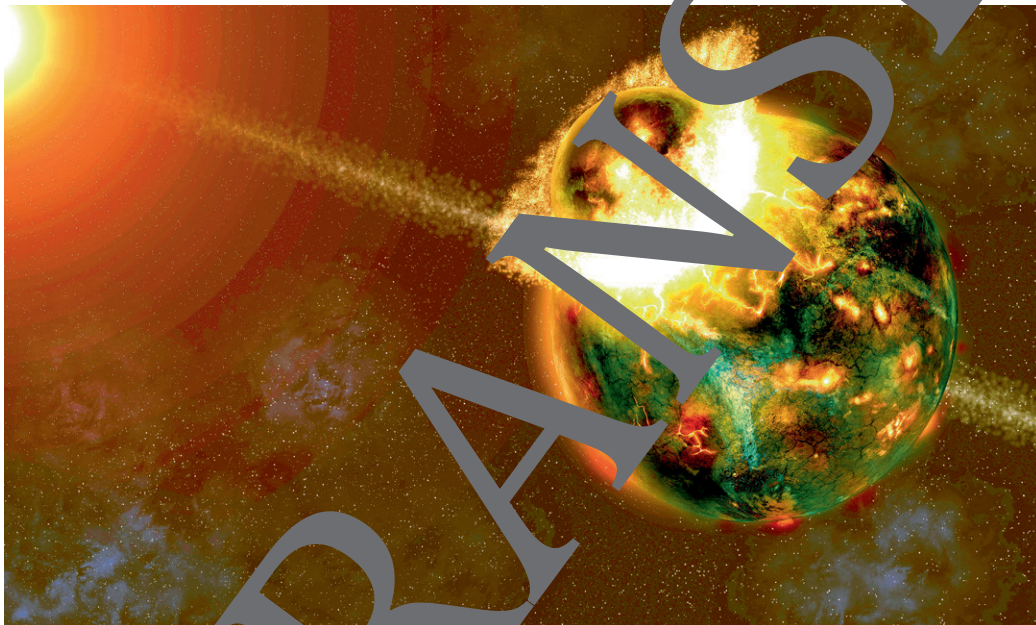
M 4
Lesestrategie 1

Aufgaben

1. **Bearbeite** arbeitsteilig mit einem Lernpartner die Sachtexte A und B mit Lesestrategie 1:
 - a) **Lest** dazu euren Text zunächst jeweils allein und **vergleicht** dann die Informationen beider Texte.
 - b) **Stellt** im Tandem die Informationen der Texte stichwortartig in einer Tabelle **dar**.
 - c) **Vergleicht** euer Lernprodukt mit einem anderen Tandem.
2. **Legt** mit eurem Lernpartner einen durch Anmerkungen ergänzbaren Zeitstrahl der Entwicklung der Erdatmosphäre **an**. **Vergleicht** und **diskutiert** euer Lernprodukt mit einem anderen Tandem.

Tipp: Der Zeitstrahl wird an mehreren Stationen durch neue Informationen **ergänzt**. **Notiert** offene Fragen.

A: Meteoriten bombardieren die frühe Erde – der Gasmantel verändert sich



Verändert nach: © Stocktrek Images/Getty Images Plus

Abbildung 1: Entstehung des Mondes durch Kollision der Erde mit dem Himmelskörper Theia

An der heutigen Erdatmosphäre hat Sauerstoff mit knapp 21 %, neben Stickstoff (N_2) mit 78 %, den zweitgrößten Anteil und ist dort in seiner elementaren Form als stabiles O_2 -Molekül zu finden. Die übrigen Bestandteile des Luftgemisches sind hauptsächlich Argon mit 0,9 %, Wasserdampf (variabel) und Kohlenstoffdioxid mit 0,04 %. Elementarer Sauerstoff kommt weiterhin auch in der weniger stabilen Form von O_3 -Molekülen in der Ozonschicht vor, durch die Lebewesen vor ultravioletter Strahlung auf dem Weltall geschützt werden. Neben diesen elementaren Formen findet man Sauerstoff in verschiedenen Verbindungen, so zum Beispiel als Wasser (H_2O) oder als Rost, Eisen(III)-oxid-hydroxid, $FeO(OH)$. Obwohl die Existenz des chemischen Elementes Sauerstoff so selbstverständlich erscheint, gab es Sauerstoff nicht immer in der Gashülle der Erde.

Station 2: Woher kam der Sauerstoff?

M 5

Strategie 2

Aufgaben

- Lies** den Text aufmerksam und **beantworte** folgende Fragen stichpunktartig in Einzelarbeit.
 - Von welchem Zeitpunkt an lässt sich Sauerstoff auf der Erde nachweisen?
 - Auf welche Phänomene lässt sich der Sauerstoff der Atmosphäre zurückführen?
 - Warum konnte in der Frühzeit der Erde eine Fotolyse von Wasser stattfinden?
 - Können Cyanobakterien aufgrund ihrer blau-grünen Pigmente auch als Blaualgen bezeichnet werden? Begründe deine Antwort.
 - Welche Bedeutung hat im Text die Metapher „kurvige Straße“?
- Vergleiche** deine Antworten mit einem Lernpartner und **trage** dann neu gewonnene Informationen in den Zeitstrahl **ein**.
- Grenze** die biologischen Fachbegriffe Massenaussterben, Artensterben und Aussterben durch eine Internetrecherche **voneinander ab**.
- Recherchiere im Internet** und **beschreibe** die Besonderheiten der verschiedenen Erdzeitalter und darüber hinaus die fünf Massenaussterben in der Erdgeschichte. **Ordne** diese chronologisch exakt in den Zeitstrahl **ein**.

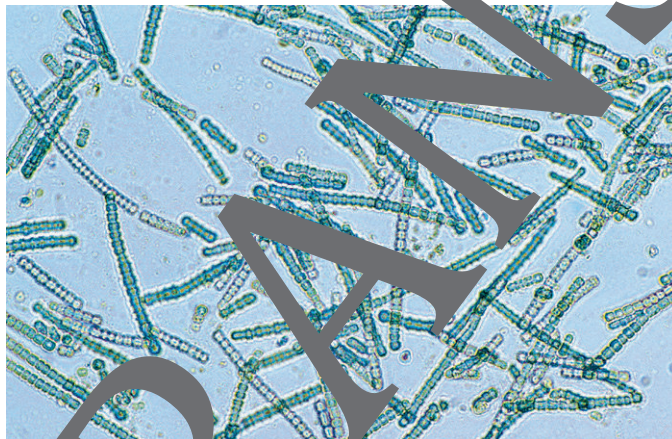


Abbildung 1: Cyanobakterien

Heute gibt es viele Belege dafür, dass es schon vor der „Großen Sauerstoffkatastrophe“, die ein Massenaussterben durch Anaerobie zur Folge hatte, Sauerstoff in der Atmosphäre gab. Man spricht daher nicht von einer linearen Prozess der Sauerstoffentwicklung oder gar einem plötzlichen Auftreten, sondern von einer „kurvigen Straße“ hin zu unserer heutigen Atmosphäre. Nicht alle Abfolge, die er spielte, sind bisher genauer erforscht. Gesteine mit bestimmten Isotopen, die nur durch die Oxidation von Mangan entstanden sein können, zeugen davon, dass bereits eine halbe Milliarde Jahre vor der „Großen Sauerstoffkatastrophe“ Fotosynthese betrieben wurde. Im Verlauf der Geschichte eine Oxidation von Mangan nämlich nur, wenn genügend molekularer Sauerstoff zur Verfügung steht. Dies muss bereits vor 2,95 Mrd. Jahren der Fall gewesen sein.

M 8

Lesestrategie 5/6

Station 5: Ökologische Nische und Konkurrenz

Aufgaben

1. **Gestalte** ein Word-Web zu den Fachkonzepten Ökologische Nische und Konkurrenz, bevor du den Sachtext **liest**.



Tip: In einem Word-Web (Begriffsnetz) verbindet man einzelne Fachbegriffe durch Linien, um eine Beziehung zueinander auszudrücken.

2. **Lies** den Sachtext (A) und **strukturiere** ihn, indem du den Text in Absätze **einteilst** und Zwischenüberschriften **findest**. **Nehme** nach Bedarf Markierungen am Rand **vor**.

3. **Vergleiche** dein Word-Web mit einem Lernpartner und **ergänze** ggf.

4. **Bearbeitet** gemeinsam die Steckbriefe (B) verschiedener Mikroorganismen und **erkläre**, in welchem Milieu diese ihren Lebensraum haben. **Schreibe** die Evolution der Mikroorganismen auch **in Beziehung** zur Entwicklung der Erdatmosphäre. **Vergleiche** euer Ergebnis mit einem anderen Tandem.

5. **Stelle** den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre in den letzten 1000 Mio. Jahren in der Einheit Vol.-% grafisch **dar**, indem du neben dem Sachtext C auch die Mittel der Erdzeitalter (Abb. 2) **nutzt**. **Zeichne** auch den heutigen Gehalt des Sauerstoffs als Parallele zur X-Achse mit 21 Vol.-% **ein** (Abb. 1).

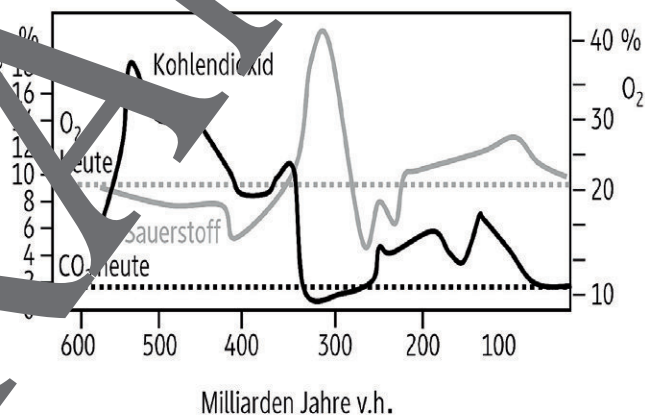


Abbildung 1: Kohlenstoffdioxid- und Sauerstoffgehalt der Atmosphäre

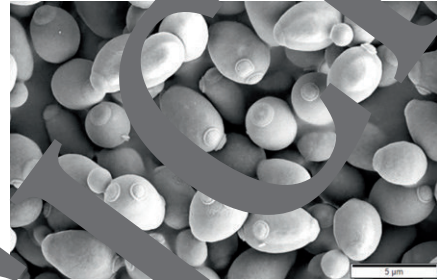
B: Steckbriefe zu Mikroorganismen

Name: *Caulobacter crescentus*
 Klasse: Alphaproteobacteria
 Lebensform: aerob (Sauerstoff benötigende Lebensform)
 Vorkommen: oligotrophe Gewässer



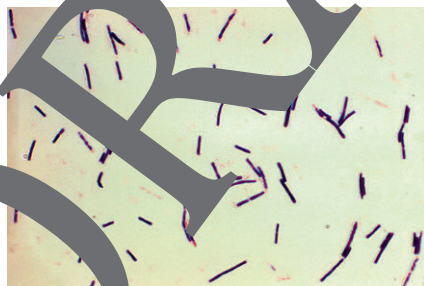
wikimediacommons gemeinfrei

Name: *Saccharomyces cerevisiae* (Hefe)
 Klasse: Saccharomycetes
 Lebensform: anaerob/aerob
 Vorkommen: Früchte und Fruchtsäfte von Pflanzen, Lebensmittelindustrie (Bier, Brot ...)



© Mogana Das Murthy and Patchamuthu Ramakrishna
 wikimediacommons/CC BY-SA 3.0

Name: *Clostridium perfringens*
 Klasse: Clostridia
 Lebensform: anaerob (benötigt keinen Sauerstoff ≠ fakultativ anaerob, Sauerstoff ist toxisch)
 Vorkommen: anaerobe Zonen im Boden, Wasser, Staub und Lebensmitteln sowie im Darm von Lebewesen



wikimediacommons gemeinfrei

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de