

2011

Cyanobakterien in der Ostsee



Annika Reimann, Gérard
Schweikert, Holger Willing und Steffi
Weber

AFS; Betreuende Lehrkraft:

Frau Ibbeken

09.05.2011

Inhalt

1 Einleitung	2
2 Cyanobakterien	2
2.1 Was sind Cyanobakterien?.....	2
2.2 Nodularia spumigena	4
2.3 Anabaena sp.....	4
2.4 Aphanizomenon flos-aquae.....	5
3 Die negativen und positiven Aspekte der Cyanobakterien	5
4 Ostsee	7
4.1 Wasseraustausch	7
4.2 Zirkulation	8
4.3 Lebensraum.....	8
4.4 Eutrophierung.....	9
4.5 Zusammenfassung.....	9
5 Wasseroberflächentemperatur.....	10
5.1 Wie war das Klima im Ostseeraum und wie hat es sich entwickelt? (1990-2005).....	10
5.2 Wie sind die aktuellen klimatischen Bedingungen im Ostseeraum?.....	10
5.3 Wie wird das Klima in der Zukunft aussehen?	11
6 Warum gibt es mehr Cyanobakterien in der Ostsee?.....	12
7 Versuchsplanung: Cyanobakterien in der Ostsee	13
7.1 Leitfrage des Versuchs.....	13
7.2 Hypothese.....	13
7.3 Material	13
7.4 Versuchsaufbau.....	13
7.5 Versuchsdurchführung.....	14
7.6 Versuchsauswertung	14
8 Fazit (Endauswertung)	15
9 Anhang	17
9.1 Bildercollage	17
9.2 Vergleich eines Prokaryonten und Eukaryonten	20

1 Einleitung

Mit unserem Thema „Cyanobakterien in der Ostsee“ möchten wir die Frage beantworten: Inwiefern hat die Vermehrung der Cyanobakterien mit dem Klimawandel zutun und wie weit wirkt sie sich auf die Fauna und Flora der Ostsee aus?

Diese Frage scheint auf den ersten Blick sehr kompliziert zu sein. Doch eigentlich ist sie ganz simpel. Jeder kennt es. Man möchte baden gehen und überlegt sich, mit Freunden oder der Familie einen Ausflug zum Strand zu machen. Man freut sich auf das kühle klare Ostseewasser, doch was einen dort erwartet, ist eine dicke grüne Suppe.

Hinter dieser versteckt sich jedoch weitaus mehr als nur kein schöner Anblick. Sie kann sogar für die Lebewesen in ihrer Umgebung richtig gefährlich werden. In unserem Vortrag möchten wir diesem Phänomen auf den Grund gehen und weitere Folgen daraus herausarbeiten. Außerdem möchten wir auf Dinge aufmerksam machen, die den ein oder anderen erstaunen werden. Nicht viele wissen zum Beispiel, dass die Cyanobakterien nicht nur für die grüne Suppe, sondern auch für unsere Atmosphäre verantwortlich sind. Diese kleinen Bakterien sind in ihrer Einzigartigkeit dazu in der Lage sowohl Dinge zu erschaffen, als auch diese wieder zu zerstören. Von vielen Menschen wurden sie falsch interpretiert. Man dachte früher, dass Cyanobakterien Algen sind. Daher haben sie auch den Namen Blaualgen. In Wirklichkeit sind es jedoch Bakterien, welche zur Erschaffung von Pflanzen beigetragen haben. Innerhalb dieses Vortrags möchten wir einen Einblick in den aktuellen Forschungsstand über diese faszinierenden Bakterien ermöglichen.

2 Cyanobakterien

2.1 Was sind Cyanobakterien?

Seit über 3,5 Milliarden Jahren besiedeln die Cyanobakterien unsere Erde. Ohne sie gäbe es unsere auf Sauerstoffbasis aufgebaute Atmosphäre nicht, da sie Kohlenstoffdioxid und Wasser mithilfe der Photosynthese zu Glucose und Sauerstoff umwandeln können. Dabei spielen ihre bestimmten Farbpigmente eine besondere Rolle. Sie ermöglichen den Cyanobakterien auch an schwach beleuchteten Stellen zu wachsen, da sie ein größeres

Lichtspektrum nutzen können. Heute kennen wir um die 1500 - 2000 verschiedene Arten. Doch eines haben alle Arten gemeinsam, sie sind Prokaryonten. Dies bedeutet, dass sie keinen abgegrenzten Zellkern haben. Ihr genetisches Material schwimmt frei im Zellplasma. Diese Gruppe der Prokaryonten – die Cyanobakterien – ist die am weitesten verbreitete und die zähste.

Fast jeder kennt die Cyanobakterien nur unter dem Namen Blaualgen. Das kommt daher, dass sie früher aufgrund ihrer Struktur und ihrer biochemischen Merkmale den Algen zugeordnet wurden. Dies jedoch ist ein Irrtum, denn ein entscheidender Unterschied ist, dass Algen Einzeller mit einem abgegrenzten Zellkern sind, also Eukaryonten, und Bakterien, wie oben schon erwähnt, Prokaryonten sind („Vergleich“ siehe Anhang, Seite 21). Des Weiteren verdanken sie ihren Namen ihrer Färbung. Je nachdem welcher Pigmentgehalt vorhanden ist, bekommen die Cyanobakterien ihre Farbe. Bei Phycocyanin bekommen sie eine bläuliche Färbung und bei Phycoerthrin eine eher rötlichere. Die meisten Cyanobakterien enthalten jedoch den bläulichen Pigmentgehalt, daher ihr Name.

Sie können einzellig oder fädig auftauchen. Die Zellform der Cyanobakterien kann kugelig, stäbchenförmig oder fadenförmig sein.

Zudem vermehren sie sich durch Zellteilung. Bei günstigen Bedingungen können sie sich explosionsartig ausbreiten, das ist die sogenannte Wasserblüte oder Algenblüte. Hierbei entsteht ein Cyanobakterient Teppich an der Wasseroberfläche (siehe Abbildung 2 rechts), welcher schleimig ist und üble Gerüche absondert.

Fast alle Arten der Cyanobakterien produzieren starke Toxine, die sowohl für die Pflanzen und Tiere als auch für uns Menschen lebensgefährlich sein können. Zwei dieser Arten sind *Anabaena azollae* und *Nodularia spumigena*. Sie enthalten Blausäure, die beim Absterben teilweise freigesetzt wird.

Sie lieben sehr feuchte Gebiete, sowie Süß-, Brack- und Salzwasser und können auch an extrem nährstoffarmen Standorten überleben. Dies verdanken die Cyanobakterien der Fähigkeit Stickstoff fixieren zu können. Dieser wird unter Luftabschluss gebunden und in Nitrat oder Ammonium umgewandelt. Die Stickstofffixierung ist sehr wichtig für das Ökosystem, da der aufgenommene Stickstoff später als Nährstoff wieder abgegeben wird.



Abbildung 1: Algentteppich aus Cyanobakterien

(Bild zur Veröffentlichung freigegeben durch: Christian Fischer at Wikipedia – Der freien Enzyklopädie; URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:CyanobacterialInPool.jpg&filetimestamp=20070709203517>)

Zudem hat jede Art ihre eigene Besonderheit. Sie können eine hohe Resistenz gegen Hitze, Kälte oder Salz aufweisen. Die Arten, die resistent gegenüber Hitze sind, können bei bis zu 75°C überleben. Die salzresistenten Arten überleben in sehr salzhaltigem Wasser und die Arten, welche besondere Wasserstressproteine haben, sind extrem trockenresistent. Können sie sich einmal nicht so gut anpassen, so gehen sie eine Symbiose mit einem anderen Lebewesen ein, z.B. mit Flechten, Farn und Wurzeln. Sie sind Überlebenskünstler, die sich entweder anpassen oder sich die Umgebung so schaffen, dass sie überleben.

Da in der Ostsee hauptsächlich die fädigen Cyanobakterien – *Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon flos-aquae* und *Anabaena sp.* – vorkommen, werden im folgenden Text diese drei Arten noch einmal näher erläutert.

2.2 *Nodularia spumigena*

Die *Nodularia spumigena* hat eine grünliche Färbung. Ihr Aussehen gleicht langen Zellketten, die aus bis zu hundert Einzelzellen bestehen. Diese Gattung der Cyanobakterien kommt vorwiegend im Brackwasser und im Salzwasser bis zu 3% Salzgehalt vor, jedoch

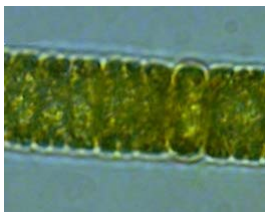


Abbildung 3:
(Bild zur Veröffentlichung freigegeben durch: Christina Esplund; URL: <http://www.bom.hik.se/nesch/habs.html>)

bevorzugt sie eher Süßwasser. Sie gehört zu den toxischen Arten und produziert das Gift Hepatoxin Nodularin; dies ist ein Lebergift, bei dem sich die Leberzellen auflösen.

Diese Art der Cyanobakterien bildet im Sommer eine Schicht an der Wasseroberfläche, um mehr Sonne abzubekommen und um mehr Stickstoff binden zu können. Mithilfe von Gasvesikeln in den Zellen schaffen sie es, an die Oberfläche zu treiben.



Abbildung 2: *Nodularia spumigena*
(Quelle: eigenes Material)

2.3 *Anabaena sp.*

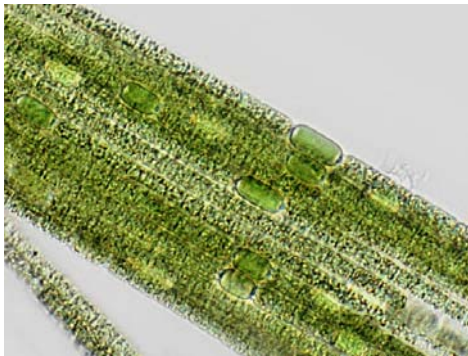
Die *Anabaena sp.* hat eine blaugrünliche, graugrünliche oder auch gelbgrünliche Färbung. Ihre Zellen sind kugelförmig bis zylindrisch und in Form von Fäden, welche einzellreihig sind, angeordnet. Die Fäden sind eingeschnürt oder perlenförmig.



Abbildung 4: *Anabaena sp.*
(Bild zur Veröffentlichung freigegeben durch: Christina Esplund; URL: <http://www.bom.hik.se/nesch/habs.html>)

Ihr bevorzugter Lebensraum ist das Süßwasser und Meerwasser. Diese Art der Cyanobakterien lebt meistens am Grund, auf Wasserpflanzen oder auch in sauren Moorgewässern. Um auf und ab zu treiben, bilden sie Gasvakuolen und bauen diese dann wieder ab. Auch diese Gattung produziert Toxine. Das sogenannte Anatoxin. Dies ist ein Nervengift, welches eine Atemlähmung hervorruft.

2.4 *Aphanizomenon flos-aquae*



Über die *Aphanizomenon flos-aquae* sind nicht sehr viele Informationen zusammengetragen. Alles was man weiß ist, dass sie eine blaugrüne Färbung haben und meistens in Seen und Teichen vorkommen. Zudem produzieren auch sie das Toxin Anatoxin.

Abbildung 5: *Aphanizomenon flos-aquae*

(Bild zur Veröffentlichung freigegeben durch: Michael Plewka;

URL:

<http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/Procaryo.Fungi/Procaryota1.html>,

<http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/L1.html>)

3 Die negativen und positiven Aspekte der Cyanobakterien

Cyanobakterien wirken sich negativ auf das Ökosystem in der Ostsee aus. Doch sie haben auch viele positive Aspekte, die man mit betrachten sollte.

Den größten Anteil eines Blaualgent Teppichs auf der Ostsee macht die *Nodularia spumigena* aus. Diese befindet sich hauptsächlich in der Mitte des Teppichs und ist toxisch. Sie produziert Nervengifte, welche in einer hohen Dosierung auch tödlich wirken können. In so einer Dosierung kann ihr Gift die Leber eines Tieres innerhalb weniger Stunden zersetzen. Vergiftungen ereignen sich am häufigsten im August, wenn die Algenblüte durch Winde Richtung Land gespült wird. Die Vergiftungen sind jedoch meistens nicht tödlich und ereignen sich hauptsächlich bei Tieren. Tiere, die an den Bakterien sterben, sind Warmblüter wie Hunde, Schafe und Enten. Wenn Menschen vergiftet werden, hat dies langfristige Folgen für ihr Nervensystem. Das Gift wird als Nodularin bezeichnet. Es kann einen Biomassenanteil von bis zu 1% der Cyanobakterien erreichen, wird jedoch nicht aktiv ausgeschieden.

Wenn jedoch Cyanobakterienzellen verschluckt werden, wird das Toxin bei der Verdauung freigesetzt. Außerdem kann beim Absterben einer Blüte auch Nodularin freigesetzt werden.

Das Gift ist jedoch nicht das Schlimmste an dem Bakterium. Die Sauerstoffversorgung der Ostsee leidet am Meisten unter den Cyanobakterien. Schon von Natur aus ist der Sauerstoffgehalt in der Ostsee nicht ausreichend. Für die Versorgung der Ostsee mit Salzwasser und Sauerstoff ist die Nordsee „zuständig“.

Aufgrund des langen Weges kommt jedoch nur ein geringer Teil in der Ostsee an. Beim Abbau der Blaualgenblüte am Boden schwindet dieser Sauerstoff noch mehr. Cyanobakterien sind zwar in der Lage, CO₂ aus der Luft aufzunehmen und Photosynthese zu betreiben, jedoch entziehen sie der Ostsee bei dem Abbau der Cyanobakterienblüte eine Menge an Sauerstoff. Zudem bleiben die giftigen Substanzen dem Ökosystem erhalten. Die Cyanobakterien verbrauchen nicht nur den Sauerstoff, sie legen sich auch noch wie „Leichtentücher“ auf am Boden lebende Tiere wie z. B. Muschelbänke und führen so zum Tod durch Ersticken der betroffenen Individuen. Eine noch größere Verbreitung des Blaualgent Teppichs in der Ostsee hätte eine Kettenreaktion zur Folge, welche das komplette Ökosystem der Ostsee lahm legen könnte. Schon jetzt sind fast alle tiefen Zonen der Ostsee aufgrund des niedrigen Sauerstoff- und Salzwassergehalts ökologisch tot.

Dies sind die negativen Aspekte des Bakteriums. Doch es hat auch deutlich positive Auswirkungen auf die globalen Verhältnisse und kann sich auch unterstützend auf unsere Gesundheit auswirken. Hierbei funktioniert das Cyanobakterium ähnlich wie Schlangengift. Auch wenn es hochgiftig ist, kann es, entsprechend präpariert, heilende Kräfte haben. Viele Experten, die sich mit dem Bakterium beschäftigen, sind der Meinung, dass es einen positiven Effekt auf das allgemeine Wohlbefinden hat und für ein gesünderes Nervensystem sorgt. Das aus dem Cyanobakterium gewonnene Nahrungsergänzungsmittel bezeichnen sie als AFA-Algen. Das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin steht jedoch der Behauptung einer medizinischen Wirkung sehr kritisch gegenüber. Einige Arten der Anabaena werden auch als natürlicher Dünger auf Reisfeldern eingesetzt. Dies ist aber immer noch nicht der positivste Aspekt der grünen Suppe. Wenn man sich Negativbilder des Cyanobakterienteppichs auf der Ostsee genauer anguckt, erkennt man, dass dieser Sonnenstrahlen äußerst effektiv reflektiert. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass Cyanobakterien sich auch positiv auf unsere Umwelt auswirken.

4 Ostsee

Die Ostsee gilt mit einer Gesamtfläche von ca. 415.000km², einem Wasservolumen von 21.700km³ und einer Durchschnittstiefe von 52m, wobei die tiefste Stelle in der Ostsee 459 m tief ist, als zweitgrößtes Binnenmeer und als größtes Brackwassermeer auf der Erde.

4.1 Wasseraustausch

Das Ostseewasser ist in einem beständigen Wasseraustausch mit der Nordsee und aus den umliegenden Flüssen erhält es eine Wasserzufuhr. Dieser Austausch und die Zufuhr von Süßwasser sind für die Ostsee wichtig und machen sie besonders von der Nordsee abhängig. Durch den Austausch erhält dieses Biotop Sauerstoff und Salz, um das Ökosystem aufrecht zu erhalten. Der Salzgehalt der Ostsee liegt zwischen 1,8 und 0,3 Prozent im Gegensatz zu der Nordsee, welche einen Salzgehalt von 3,5 Prozent hat. Der Salzgehalt ist in der Ostsee nicht überall konstant. Der Salzgehalt wird geringer, je mehr man sich im Osten befindet.

So beträgt der Salzgehalt an der Küste Schleswig-Holsteins ca. 1,8 - 1,5 Prozent, während zwischen Schweden und Finnland nur noch 0,5 - 0,3 Prozent gemessen werden. Diese Messungen leiten sich aus den Werten der Wasseroberfläche ab.

Das salzhaltige Nordseewasser wird durch die Strömungen der Gezeiten in die Meerengen, Kattegat und Skagerak, von Dänemark bis zur Ostsee transportiert. Dieses Wasserübergangsgebiet ist zu eng und flach, um ausreichend Meerwasser in die Ostsee zu befördern. Zudem kehrt das Wasser, welches durch Gezeiten hineinströmt, zurück in die Nordsee. So bleibt nur ein geringer Salzwasseranteil bestehen und dieser vermischt sich nur langsam mit dem Ostseewasser. Durch Flüsse und Niederschläge gibt es einen Zustrom von Süßwasser.

Niederschläge und das einströmende Nordseewasser werden zum Teil durch Verdunstung und ausströmendes Wasser wieder aus der Ostsee entnommen.

Das einströmende Süßwasser durch die umliegenden Flüsse bleibt zum größten Teil in der Ostsee. D.h. das Wasser wird immer süßer, aber es wird zu keinem Süßwassermeer, solange der Wasseraustausch zu der Nordsee bestehen bleibt.

4.2 Zirkulation

Das eingeströmte Nordseewasser ist durch den höheren Salzgehalt dichter und breitet sich, da Salzwasser schwerer ist als Süßwasser, in tieferen Wasserschichten aus. Durch das Flusswasser entsteht eine Oberflächenströmung, die leichter ist. Das Gewässer schichtet sich aufgrund des unterschiedlichen Salzgehalts. Diese Schichtung wird daher auch Halokline genannt. Das wirkt sich stark auf die Temperatur, die Dichte, den Salzgehalt und auf den Sauerstoffgehalt im Wasser aus.

Durch diese stark unterschiedliche Wasserschichtung gibt es wenig Vertikalzirkulation und der Lebensraum der Ostsee ist daher sehr sauerstoffarm.

In einem normalen Gewässer wird der Wasserkörper durch Dichteunterschiede (kaltes oder dichteres Wasser sinkt nach unten und warmes bzw. weniger dichtes Wasser steigt auf) durchmischt (Zirkulation), dabei werden der Sauerstoff und andere Nährstoffe gleichmäßig verteilt.

Bei einer Wasserschichtung, wie wir sie in der Ostsee haben, ist so eine Zirkulation teilweise nicht möglich. Bis ca. 60 m Tiefe ist das Wasser sauerstoffhaltiger, brackiger und hat einen geringeren Salzgehalt. Unterhalb dieser Tiefe ist das Wasser wesentlich salzhaltiger. Es entsteht zwischen diesen beiden Schichten eine Sperrschicht. Das kalte, dichte Tiefenwasser kann nicht mehr an der Zirkulation teilnehmen, es findet nur eine Teilzirkulation statt.

4.3 Lebensraum

Die Grenze oder Sperrschicht zwischen diesen beiden Wasserkörpern ist für den Sauerstoff nicht durchdringbar. Dagegen sinken abgestorbene Organe in tiefer gelegenes Wasser, die sich dort in großen Mengen sammeln und bei ihrer Zersetzung den Rest Sauerstoff aufbrauchen. Anaerobe Bakterien, die in diesen sauerstoffarmen Gebieten leben können, zersetzen die organischen Substanzen und setzen dabei Schwefelwasserstoff frei, welcher zum Beispiel Fischeier oder deren Larven abtötet.

Damit ist die Ostsee in vielen Gebieten so sauerstoffarm, dass die Flora und Fauna keine (von anaeroben Organismen abgesehen) Überlebenschancen haben. Diese Gebiete werden als Todeszonen bezeichnet. Ungefähr ein Fünftel der Böden der Ostsee gehört zu den Todeszonen, die aufgrund des steigenden Süßwassergehalts und des Eintrags von Phosphor- und Nitrogen aus der Landwirtschaft zunehmen. Diese durch den Menschen verursachte Anreicherung mit Nährstoffen führt zu vermehrtem Algenwachstum, dessen Zersetzung den Sauerstoffgehalt weiter sinken lässt und so die Ostsee stärker belastet (Eutrophierung).

4.4 Eutrophierung

Viele Bauern überdüngen ihre Anbauflächen aus wirtschaftlichen Interessen mit z.B. Phosphor und Nitrogen. Durch Niederschläge, werden diese Nährstoffe dann in die umliegenden Flüsse gespült. Diese geben die zusätzlichen Nährstoffe in die Ostsee.

4.5 Zusammenfassung

Die Ostsee ist ein Brackwassermeer, welches von dem Wasseraustausch mit der Nordsee lebt.

Durch die unterschiedlichen Wasserdichten von Süß- und Salzwasser bilden sich Schichten. Dadurch kann der Sauerstoff aus den oberliegenden Schichten nicht in die tiefer gelegenen Schichten gelangen, da eine Zirkulation im Wasser nur teilweise möglich ist.

In den tiefer gelegen Schichten wird der Sauerstoff aufgebraucht und die Fauna und Flora kann nicht in diesen Gebieten überleben, das sind dann die sogenannte Todeszonen.

Aufgrund dieser Lebensbedingungen ist die Ostsee gegenüber natürlichen und menschlichen Einflüsse sehr empfindlich.

In der Ostsee ist die Artenvielfalt sehr beschränkt. Durch das immer zufließende Süßwasser und der daraus folgenden Entsalzung können immer weniger Arten überleben. Außerdem bilden sich mehr Algen. Durch die Eutrophierung bekommen die Algen zusätzliche Nährstoffe, womit deren Wachstumsrate steigt. Durch die Algen wird der Sauerstoff verbraucht und so vergrößern sich die Todeszonen. Es wird voraussichtlich bei der Fortführung dieser jetzigen Situation kein „totales Aussterben“ der Arten und des Lebensraums geben, solange der Wasseraustausch mit der Nordsee bestehen bleibt, der immer wieder für eine neue Sauerstoffzufuhr sorgt.

Jedoch bilden sich Algentepiche, welche teilweise giftig sind. Diese werden dann in die Küstenregionen gespült, wo sie sowohl den Tieren als auch den Menschen schaden können.

5 Wasseroberflächentemperatur

5.1 Wie war das Klima im Ostseeraum und wie hat es sich entwickelt? (1990-2005)

Die Ostsee liegt in keinem einheitlichen Klimabereich. Die Wasseroberflächentemperatur der Ostsee ist regional stark unterschiedlich und von Jahreszeit und Längengrad abhängig. In den Aufzeichnungen der letzten 100 Jahre gab es viele wärmere Phasen, doch in den Jahren von 1990 bis 2005 gab es die sieben wärmsten Sommer der letzten 60 Jahre. Seit 1990 wurden Satellitenbilder zur Verfügung gestellt, um die Wasseroberflächentemperatur der gesamten Ostsee zu bestimmen.

Die Jahresmitteltemperatur betrug in den Jahren von 1990 bis 2005 rund 8 bis 9°C. 1990, 1999, 2002 und 2005 gehörten, in diesem Zeitabschnitt, zu den Jahren mit den wärmsten Jahresmitteltemperaturen. Die Temperaturen lagen in der Zeit zwischen 9 und 10 °C. 1996 war die Temperatur am niedrigsten, da es in der Zeit einen besonders kalten Winter gab. Dort hatte man einen Jahresmittelwert von 6,55°C messen können. Die Wasseroberflächentemperatur ist in den Jahren von 1990 bis 2005 um 0,8°C gestiegen. Dies kann man jedoch nicht mit Sicherheit auf den Klimawandel zurückführen, da der Zeitraum der Satellitenbeobachtung nicht lang genug ist.

5.2 Wie sind die aktuellen klimatischen Bedingungen im Ostseeraum?

Um das heutige Klima ermitteln zu können, haben wir Daten von 2008, 2009 und 2010 von jeweils Juni, Juli und August von der Internetseite http://www.waqss.de/waqss2_overview.html ausgewertet. Die Daten umfassen den Durchschnittswert der Wasseroberflächentemperatur. Im Jahre 2008 betrug die Durchschnittstemperatur vom Juni ca. 14,2°C, im Vergleich dazu hatte das Jahr 2009 um die 12,6°C und der Juni im Jahr 2010 hatte sogar nur eine Temperatur von 10,6°C. Damit ist der Juni 2010 am kältesten. Als nächstes haben wir den Juli der drei Jahre verglichen. 2008 lag der Durchschnitt der Wasseroberflächentemperatur bei ca. 18°C, dagegen hatte der Juli 2009 nur um die 17,5°C. Der wärmste Juli-Monat war im Jahr 2010, hier betrug die Durchschnittstemperatur ca. 18,9°C. Die letzten Daten stammen aus dem Monat August. 2008 hatten wir hier eine Wasseroberflächentemperatur von ca. 18,9°C, im Jahr 2009 sank die Temperatur auf ungefähr 18,5°C. Deutlich abheben tut sich der Monat im Jahr 2010, hier verzeichnete man einen Durchschnittswert von 19,5°C.

Abschließend kann man sagen, dass der Juni im Jahr 2010 zwar am kältesten war, sich jedoch der Juli und der August 2010 von den beiden anderen Jahren abhebt. Hier ist der Durchschnitt der Wasseroberflächentemperatur deutlich höher.

Die Wasseroberflächentemperatur wird also immer wärmer und bietet so günstige Bedingungen für die Cyanobakterien sich auszubreiten und zu vermehren. Das Auftreten der Cyanobakterien ist, wenn sich das Klima weiterhin so erwärmt wie jetzt, höchst wahrscheinlich.

5.3 Wie wird das Klima in der Zukunft aussehen?

Wenn wir von dem Szenario A1B ausgehen, das heißt dass Global Ökologie und Ökonomie ausbalanciert werden, wird sich die Temperatur der Ostsee zusammen mit dem Globalen Klima erhöhen.

Die Meeresoberflächentemperatur der südlichen Ostsee wird sich im Durchschnitt für die Sommermonate Juni, Juli und August von 2070-2100 gegenüber von 1970-2000 um etwa 2,5-3°C erhöhen.

Diese Erhöhung der Meeresoberflächentemperatur könnte dazu führen, dass die Cyanobakterien einen Wachstumsanstieg von bis zu 20% bekommen und es somit zu vermehrten Bakterienblüten kommen würde.

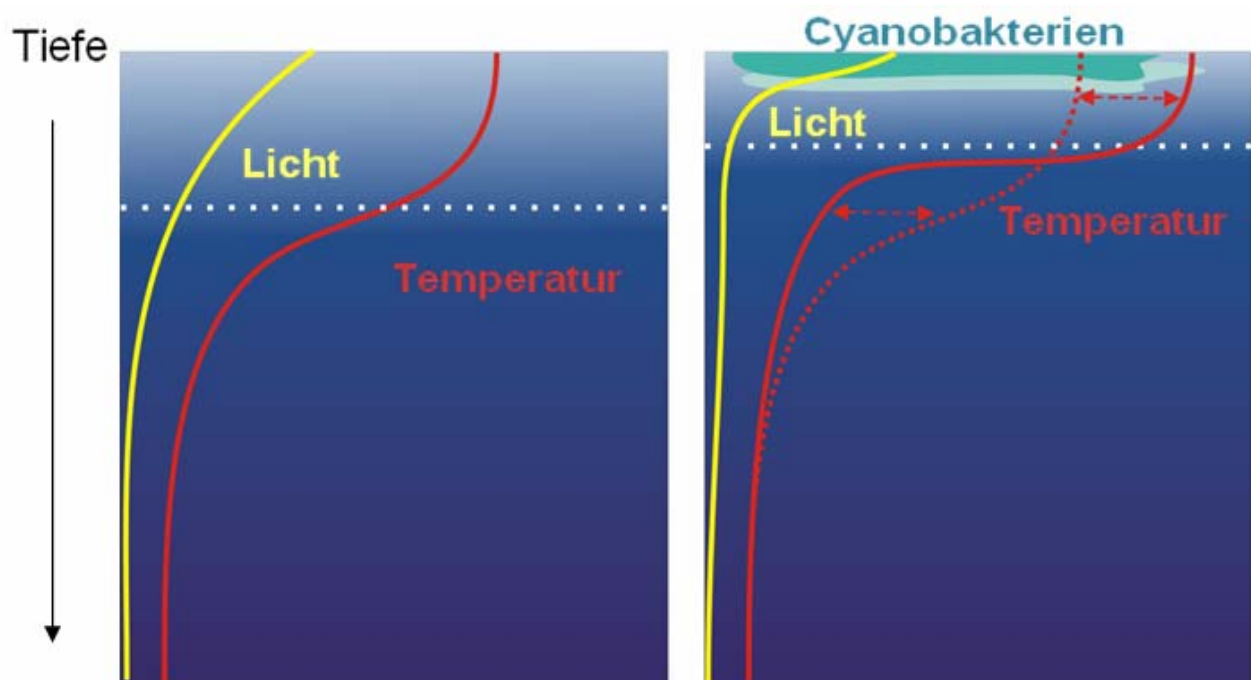


Abbildung 6: Lichtabsorption der Bakterien

(Bild zur Veröffentlichung freigegeben durch: Frau Inga Hense aus ihrer PowerPoint-Präsentation)

Wie in dieser Abbildung erkennbar, könnte sich durch einen Cyanobakterienteppich die Temperatur an der Meeresoberfläche noch weiter erhöhen und somit auch das Wachstum der Bakterien steigern. Dies liegt daran, dass die Cyanobakterien das Licht, das auf das Wasser trifft, zum Großteil absorbieren und in Wärme umwandeln. Dadurch verlagert sich die Temperatur des Wassers an die Oberfläche, da in tieferen Schichten sehr viel weniger Licht ankommt.

6 Warum gibt es mehr Cyanobakterien in der Ostsee?

Durch den Klimawandel, speziell den Temperaturanstieg, erhöht sich die Wachstumsrate der Cyanobakterien. Auch die restliche Flora wächst schneller und verbraucht schneller den Stickstoff im Wasser, wodurch ein Mangel an diesem entsteht. Sobald ein Mangel an Stickstoff besteht, kann die restliche Flora nicht mehr so gut wachsen. Dies ist notwendig, damit die Cyanobakterien wachsen können, da sie im Wachstum ansonsten nicht konkurrenzfähig sind. Da sie den Stickstoff aus der Luft nehmen, können sie sich ungehindert vermehren, sobald die restliche Flora nicht weiter wächst.

Sie bekommen also einen Vorteil, wenn es wärmer wird, da sie früher anfangen können sich zu vermehren und sich dann auch schneller vermehren.

Dass dieser Faktor sich auf die Vermehrung von Cyanobakterien auswirkt, davon kann man mit einiger Sicherheit ausgehen. Vor allem, da in den letzten Jahrzehnten das Auftreten von Cyanobakterienblüten zugenommen hat. Umstritten hingegen ist, ob die Überdüngung an Land auch schuld sein könnte, da hiermit Nährstoffe über die Flüsse in die Ostsee gelangen. Dies könnte ebenfalls bewirken, dass sich die Cyanobakterien besser vermehren können, als die übrige Flora.

7 Versuchsplanung: Cyanobakterien in der Ostsee

7.1 Leitfrage des Versuchs

Wachsen Cyanobakterien in warmem Wasser schneller, als in kaltem?

7.2 Hypothese

Die Fläschchen, welche erwärmt werden, haben eine größere Wachstumsrate der Cyanobakterien.

7.3 Material

- 2 Aquarien
- 12 desinfizierte Fläschchen mit Luftdurchlässigen Deckeln
- Künstlich hergestelltes Ostseewasser
- Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*)
- Pipetten, Deckgläschen, Objektträger mit Vertiefung
- Handschuhe
- Mikroskop mit USB-Anschluss
- Computer
- UV-Licht-Lampen
- 2 Aquarienheizung
- 2 Thermometer mit Halterung
- Luxmessgerät



Abbildung 7: Versuchsaufbau
(Quelle: eigenes Bild)

7.4 Versuchsaufbau

Zwei Aquarien werden in einem kühlen, abgedunkelten Raum aufgestellt und mit künstlichem Sonnenlicht, in Form von UV-Licht Neonröhren, bestrahlt. In beide Aquarien kommen je 6 kleine Flaschen mit der gleichen Menge an künstlichem Ostseewasser und Cyanobakterien. Die Aquarien werden mithilfe von Wasserheizungen auf unterschiedliche Temperaturen gebracht.

7.5 Versuchsdurchführung

Die Fläschchen müssen jede Woche kontrolliert werden. Zunächst werden die Fläschchen geschüttelt, um die Bakterien gleichmäßig zu verteilen. Dann wird jeweils mit der Pipette eine Probe entnommen und auf einen Objektträger mit Vertiefung gelegt. Jede Probe wird einzeln unter dem Mikroskop untersucht und fotografiert. Das Wachstum der Cyanobakterien wird durch ein Programm errechnet.

Die Temperatur des kälteren Aquariums wird auf 13°C gehalten, die des warmen auf 17°C, nach dem Beispiel von Arkona aus dem Zeitraum 2000 und 2099 nach dem Szenario A1B (Information aus einer Grafik von Ulf Gräwe, Leibniz-Institut für Ostseeforschung in Warnemünde, persl. Mitteilung,).

7.6 Versuchsauswertung



Abbildung 8: Die Schraubenbefestigung
(Quelle: eigenes Bild)

Als wir unseren Versuch starteten, wurde uns schon relativ früh bewusst, dass etwas nicht stimmt. Unsere These, dass die Cyanobakterien in dem wärmeren Becken schneller wachsen, wurde nicht bestätigt. Wir kamen jedoch zu dem Entschluss, dass dies nicht an einer falschen These lag. Wir berücksichtigten nicht, dass die Filter der Fläschchen, in denen sich die Cyanobakterien befanden, unterhalb der Wasseroberfläche aufbewahrt wurden. Damit konnte kein neuer Sauerstoff an die Präparate im Inneren der Flaschen gelangen. Damit brachten wir einen weiteren Faktor in unseren Versuch, den es in freiem Gewässer nicht gibt. Wenn Wasser mit Cyanobakterien vermischt ist und es keine Möglichkeit einer neuen Luftzufuhr gibt, kippt das Wasser im Inneren. Das bedeutet, dass die Nährstoffe ausgehen. In kälterem Wasser halten sich diese Nährstoffe jedoch länger. Dadurch hatten die Cyanobakterien in dem kälteren Becken eine bessere Wachstumsmöglichkeit. Leider hatten wir keine Zeit, unseren Versuchsaufbau nach dem Bemerkung unseres Fehlers noch einmal neu starten zu lassen. Also befestigten wir drei Schrauben jeweils an einer Flasche mit Hilfe von Klebeband, damit die Filter sich oberhalb des Wassers befanden und eine neue Möglichkeit der Luftzufuhr geschaffen war. Schon nach einer Woche war ein deutlicher Unterschied erkennbar. Auch wenn sich in dem kälteren Becken noch mehr Cyanobakterien befanden, wuchsen die Cyanobakterien im wärmeren Becken deutlich schneller. Dies liegt daran, dass die Anfangskonzentration

von Cyanobakterien im kälteren Becken auf Grund des nicht mit berechneten Faktors der Luft höher gewesen war. Außerdem wuchsen die Cyanobakterien nach dem Befestigen der Schrauben deutlich schneller, was unsere Vermutung bestätigte. Nach einer weiteren Woche wendete sich das Blatt und in dem wärmeren Becken ließ sich eine etwas höhere Konzentration an Cyanobakterien feststellen als in dem kälteren.

Fazit: Aus unserem Versuch lässt sich ableiten, dass Cyanobakterien bis zu einem gewissen Grad in wärmeren Gewässern schneller wachsen. Man muss jedoch den Faktor Luft mit einberechnen.

8 Fazit (Endauswertung)

In unserem Vortrag, in dem wir uns die Leitfrage: „Inwiefern hat die Vermehrung der Cyanobakterien mit dem Klimawandel zutun und wie weit wirkt sie sich auf die Fauna und Flora der Ostsee aus?“ stellen, kamen wir zu einem Ergebnis, welches wir nicht erwartet hätten. Wir kamen zu der Erkenntnis, dass Cyanobakterien sehr anpassungsfähig sind und ihnen deshalb ein Klimawandel nicht schaden könnte. Aufgrund unserer Recherchen und unseres Versuchs sehen wir uns jedoch in unserer Annahme bestätigt, dass es bei einem wärmeren Klima eine größere Cyanobakterienwachstumsrate geben würde. Der Sommer 2005 bestätigt dies zum Beispiel. Es war einer der heißesten Sommer seit Jahrhunderten und der Cyanobakterienteppich war dementsprechend groß. Wir wissen auch, dass dies keine Ausnahmeerscheinung war, sondern dass der Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Wachstum von Cyanobakterien weltweit anerkannt ist. Wir haben jedoch nicht die Mittel und die Möglichkeiten festzustellen, ob auch Düngemittel einen solchen Einfluss auf Cyanobakterien besitzen. Dies war jedoch relativ vorhersehbar für uns. Was uns wirklich überraschte waren die Auswirkungen auf die Fauna und Flora der Ostsee und unser globales Klima. Dass die Cyanobakterien giftig sind und sich schlecht auf die Ostsee auswirken, war uns schon bekannt. Dass sie jedoch das Ökosystem der Ostsee in einem solchen Ausmaß gefährden könnten, hätten wir nicht erwartet. Cyanobakterien sind für größere Todeszonen in der Tiefsee verantwortlich, da sie der Ostsee Sauerstoff entziehen. Sollten die Cyanobakterien noch weiter zunehmen, hätte dies katastrophale Auswirkungen auf die Ostsee. Eine noch weitere Seite der Bakterien fanden wir während unserer Arbeit heraus, nämlich dass sie sich im Falle eines Klimawandels positiv auf das globale Klima auswirken könnten. Natürlich hätte dies katastrophale Auswirkungen auf das Ökosystem in der Nähe der Cyanobakterien.

Wir hätten niemals erwartet, dass wir zu diesem Ergebnis kommen würden, nämlich dass Cyanobakterien nicht nur negativ zu bewerten sind. Ohne sie würde unsere Erde nicht existieren. Was mit der Frage: „Warum ist diese lästige grüne Suppe im Wasser, wenn es so schön warm wird?“ begann, wurde tiefgründiger und interessanter, als wir es am Anfang für möglich gehalten hätten. Alles in allem können wir also unsere Leitfrage: „Inwiefern hat die Vermehrung der Cyanobakterien mit dem Klimawandel zutun und wie weit wirkt sich das auf die Fauna und Flora der Ostsee aus?“, folgendermaßen beantworten: Die Vermehrung der Cyanobakterien hängt insofern mit dem Klimawandel zusammen, als dass bei steigender Temperatur auch die Wachstumsrate der Cyanobakterien ansteigen wird und diese die Strahlen der Sonne reflektieren können. Damit verringern sie die Erwärmung des Ostseewassers. Leider wirkt sich das Wachstum der Cyanobakterien selbst jedoch sehr negativ auf die Fauna und Flora der Ostsee aus. Bei einer noch höheren Konzentration von Cyanobakterien könnten diese das Ökosystem der Ostsee gefährden, da sie der Fauna und Flora der Ostsee den lebensnotwendigen Sauerstoff entziehen würden.

9 Anhang

9.1 Bildercollage

Wir begannen unseren Versuch am 16.02.11. An diesem Tag haben wir alles aufgebaut und den Versuch damit offiziell gestartet. Von da an haben wir jede Woche einmal mikroskopiert. Doch schon am Anfang stellten wir fest, dass es schwer werden wird, die Temperatur des kälteren Aquariums auf 13°C zu halten. Aufgrund des Lichts bzw. der Wärmestrahlung der Lampen stieg die Temperatur langsam auf etwa 15°C an. Die Temperatur des warmen Aquariums haben wir auf 19°C gebracht, um die Differenz von 5°C beizubehalten.

Zudem konnten wir die Entwicklung der Cyanobakterien nicht mit einem Programm durch die mit Cyanobakterien bedeckte Fläche berechnen, da entweder der fotografierte Bereich zu klein, oder das Wachstum der Cyanobakterien zu gering war. Deswegen haben wir die Bakterien bestmöglich gezählt und nach Augenmaß miteinander verglichen, was eine sehr ungenaue Methode ist.

Im Verlauf unseres Versuches stellten wir fest, dass die Temperatur aufgrund der höheren Umgebungstemperatur, durch den Frühling, im kälteren Aquarium weiter angestiegen ist.

Außerdem sank der Wasserstand in den Aquarien mit der Zeit, vor allem im warmen Aquarium, sodass die Fläschchen nicht immer gleich weit von dem Licht entfernt waren. Wir haben die Aquarien ab und zu mit gleichwarmem Wasser wieder aufgefüllt.

Am 21.04.11 beendeten wir unseren Versuch mit einer letzten Untersuchung der Cyanobakterien.



Abbildung 1: 16.02.11
(Quelle: eigenes Bild)



Abbildung 2: 25.02.11 (Probe A2)
(Quelle: eigenes Bild)



Abbildung 3: 04.03.11 (Probe A1)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 4: 11.03.11 (Probe A4)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 5: 18.03.11 (Probe A2)
(Quelle: eigenes Material)

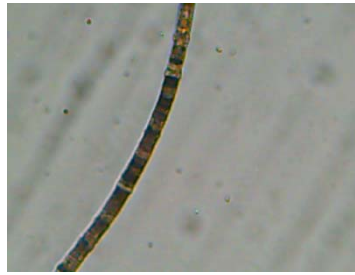


Abbildung 6: 18.03.11 (Probe B5)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 7: 25.03.11 (Probe A2)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 8: 25.03.11 (Probe B3)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 9: 01.04.11 (Probe A2)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 10: 01.04.11 (Probe B4)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 11: 08.04.11 (Probe A2)
(Quelle: eigenes Material)

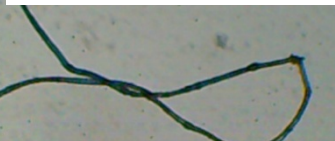


Abbildung 12: 08.04.11 (Probe B6)
(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 13: 15.04.11 (Probe A3)

(Quelle: eigenes Material)

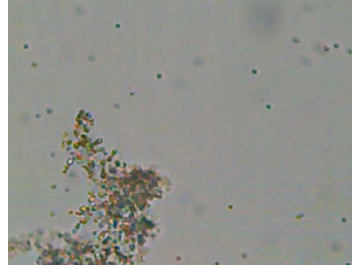


Abbildung 14: 15.04.11 (Probe B4)

(Quelle: eigenes Material)

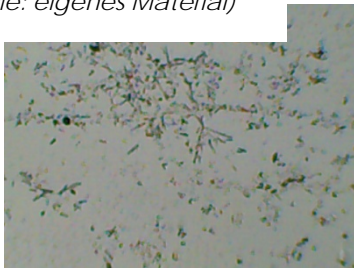


Abbildung 16: 21.04.11 (Probe A4)

(Quelle: eigenes Material)



Abbildung 17: 21.04.11 (Probe B3)

(Quelle: eigenes Material)

Die Proben A1-6 befanden sich im warmen Wasser. Und im kälteren Wasser befanden sich die Proben B1-6.

9.2 Vergleich eines Prokaryonten und Eukaryonten

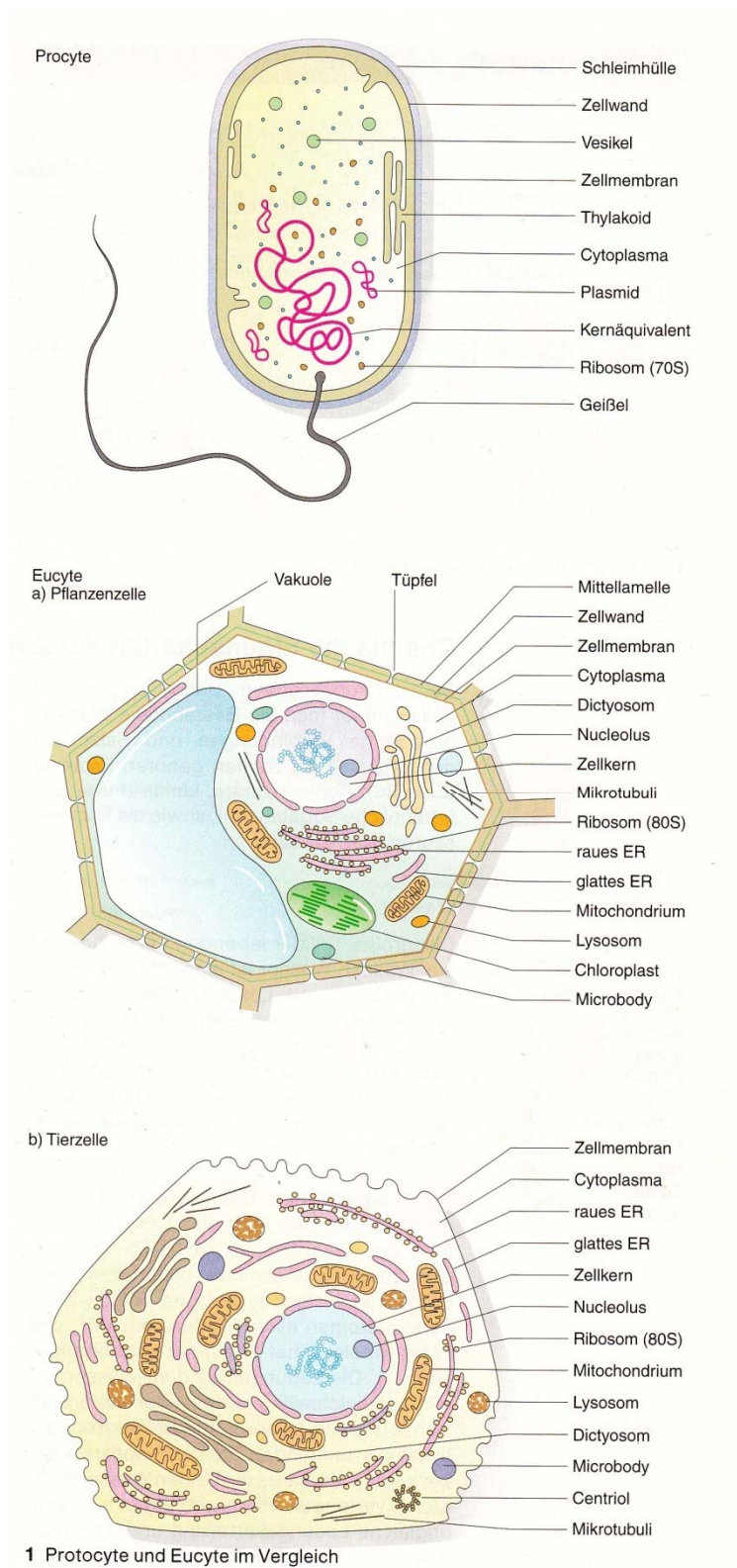


Abbildung 18: © Prof. Jürgen Wirth/Ernst Klett Verlag 2005
 (Bild zur Veröffentlichung freigegeben durch: © Prof. Jürgen Wirth/Ernst Klett Verlag 2005
 "NATURA Biologie für Gymnasien, Oberstufe" (ISBN 3-12-045300-5) 3 Grafiken S. 31.1 "Zellen im Vergleich")

10 Quellen

o Wissenschaftler

- Meeresbiologen
 - Prof. Dr. Inga Hense (Universität Hamburg)
 - o Giftalgen – Die Cyanophyceae *Nodularia spumigena*
 - Dipl. Biol. Jan Czerny (Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR))
 - Dieter Kasang (Max-Planck-Institut für Meteorologie)
 - Anastasia Tatarinova (Max-Planck-Institut für Meteorologie)
- Institutionen (E-Mail Kontakt)
 - Leibniz-Institut für Ostseeforschung
 - IFM-Geomar
- Dokumente
 - Stefan Nehring, Giftalgen- Die Cyanophyceae *Nodularia spumigena*, 1991
 - Andreas Weiss, Stickstoff-Fixierung und Abgabe des fixierten Stickstoffs unter erhöhtem CO₂-Konzentrationen, 2009
 - Miina Karjalainen, FATE AND EFFECTS OF NODULARIA SPUMIGENA AND ITS TOXIN, NODULARIN, IN BALTIC SEA PLANTONIC FOOD WEBS, 2005
 - H.-G. Hoppe, Blue-Green algae agglomeration in surface water: a micro biotope of high bacterial activity, 1981

o Internetquellen für Texte

- Uwe J. Splett (Mai 2010), Blaualgen oder Cyanobakterien, URL: <http://www.afizucht.de/html/blaualggen.html>
- Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, Mannheim und DUDEN PAETEC GmbH, Blaugrüne Bakterien (Cyanobakterien), URL: http://devserv.helliwood.de/sl_fullmobile_store/mobile_biologie/Blaugruene_Bakterien_Cyanobakterien.htm
- Gerhard Krüger (23.05.1998), Das Ökosystem der Ostsee und seine Gefährdung, URL: <http://www.ginkgo-web.de/facharbt/oekoost/ostseeoeko.htm>

- Springer- Verlag (15.04.2005), Cyanobakterien - Bindeglied zwischen Bakterien und Pflanzen, URL: <http://www.g-o.de/dossier-detail-218-5.html>
- Dr. Klaus von Bröckel (15.11.2010), Giftige Cyanobakterien in der Ostsee, URL: <http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=5053>
- Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (23.04.2011), Wird die Ostsee zum Süßwasser Meer?, URL: <http://www.io-warnemuende.de/wird-die-ostsee-zum-suesswassermeer.html>
- Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (23.04.2011), Die Entwicklung der Wasseroberflächentemperatur der Ostsee, URL: <http://www.io-warnemuende.de/die-entwicklung-der-wasseroberflaechentemperatur-der-ostsee.html>
- Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (23.04.2011), Auswertung von Satellitenaufnahmen in der Ostsee, URL: <http://www.io-warnemuende.de/satellitenaufnahmen.html>
- Dr.: Feistel, Rainer (20.04.2011), Faktenblatt zur Sauerstoffsituation am Boden der Ostsee, URL: <http://www.io-warnemuende.de/sauerstoff.html>
- N24 (21.04.2011), Riesiger Blaualgen-Teppich in der Ostsee, URL: http://www.n24.de/news/newsitem_6215484.html
- Schülerlexikon (20.04.2011), URL: <http://www.schuelerlexikon.de/SID/8433d0c1061730687fd966369860fd37/lexika/biologie/cont/cont0400/cont0421/full.htm>
- Sciexx (23.04.2011), Salzwasserstraße in der Ostsee entdeckt, URL: <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-3781-2005-11-07.html>
- t.Seilnacht (23.04.2011), Die Verschmutzung der Meere, URL: <http://www.seilnacht.com/Lexikon/Meere.htm>
- Spiegel (24.04.2011), Blaualgen-Alarm an der Ostsee, URL: <http://www.spiegel.de/reise/aktuell/a-260236.html>
- Spiegel (24.04.2011), Gigantischer Algenteppich bedeckt große Teile der Ostsee, URL: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,707721,00.html>
- UFT Uni Bremen (24.04.2011), Was sind Cyanobakterien, URL: <http://www.uft.uni-bremen.de/mm/Was%20sind%20Cyanos.htm>

- Ursprung.at (21.04.2011), Cyanobakterien, URL:
http://www.ursprung.at/ursprung/projekte_extern/cyanobakterien/de/index.php?seite=cyanobakterien
- Welt.de (20.04.2011), Entwarnung bei Blaualgenplage, URL:
<http://www.welt.de/wissenschaft/article8596660/Kleine-Entwarnung-bei-Blaualgen-Plage.html>
- Wiki-Bildungsserver (23.04.2011), Klimaszenarien, URL:
<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Klimaszenarien>
- Wikibooks (23.04.2011), Vermehrung, URL:
http://de.wikibooks.org/wiki/Cyanobakterien:_Merkmale_der_Cyanobakterien#Vermehrung
- Wikipedia (25.04.2011), Cyanobakterien, URL:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Cyanobakterien>
- Wikipedia (25.04.2011), Ostsee, URL:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Ostsee>
- Spektrum Akademischer Verlag (24.04.2011), Cyanobakterien, URL:
<http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/biok/2758>
- Brockmann Consult (29.04.2011), Chlorophyll Concentration, URL:
http://www.waqss.de/waqss2_overview.html
- Brockmann Consult (29.04.2011), Sea Surface Temperature, URL:
http://www.waqss.de/waqss2_overview.html?date=20110429¶m=sst

o Internetquellen für Bilder

- Abbildung 1: Christian Fischer at Wikipedia – Der freien Enzyklopädie; URL:
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:CyanobacterialNPool.jpg&filetimestamp=20070709203517>
- Abbildung 3 +4: Christina Esplund; URL:
<http://www.bom.hik.se/nesch/habs.html>
- Abbildung 5: Michael Plewka; URL:
<http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/Procarryo.Fungi/Procaryota1.html>,
<http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/TL1>.

o Weitere Quellen für Bilder

- Abbildung 6: PowerPoint-Präsentation von Frau Inga Hense
- Anhang - Abbildung 18:
© Prof. Jürgen Wirth/Ernst Klett Verlag 2005
"NATURA Biologie für Gymnasien, Oberstufe" (ISBN 3-12-045300-5) 3
Grafiken S. 31.1 "Zellen im Vergleich"

o Bücher

- Der JUGEND Brock Haus Band 1 (A-Gri) [Seite 33, 93, 95]und Band 2
(Pic-Z)
[Seite 30] Verlag: F.A. Brockhaus GmbH; Gesamtwerk ISBN: 3-7653-
0990-7
- Das Ravensburger SCHÜLER LEXIKON [Seite 72, 83] Verlag:
Ravensburg; ISBN: 3-473-35455-4
- Grundstudium Biologie Mikrobiologie/ Hrsg. Katharina Munk;
Verlag: Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg; ISBN: 3-
8274-0795-8