

***Lyngbya*-Blüten: Literaturstudie**

Taxonomische Probleme, Vorkommen, Toxine



Bericht

Dokument Nr. 1365-B-01
Datum Entwurf: 11.11.2014
Datum Endfassung:

Impressum

Auftraggeber: Amt für Umwelt des Kantons Thurgau (AFU), Bahnhofstrasse 55,
8510 Frauenfeld, Tel. 058 345 51 51

Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Projektleitung: Dr. Joachim Hürlimann

Mitarbeiter: Lukas Taxböck

Zitiervorschlag: AQUAPLUS 2014: Lyngbya-Blüten: Literaturstudie. Taxonomische Probleme, Vorkommen, Toxine. Im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kanton Thurgau, Frauenfeld. 8 S.

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Ausgangslage	1
2	Taxonomische Probleme	1
3	Massenvorkommen	5
4	Ursachen / Umweltvariablen	5
5	Toxine	6
6	Diskussion	7
7	Literaturverzeichnis	8

1 Ausgangslage

Seit einigen Jahren werden im Hüttwilersee Blüten der Blaualge *Lyngbya hieronymusii* beobachtet. Im Rahmen des vorliegenden Kurzberichtes sollen im Zusammenhang mit diesen Massenvorkommen aufgetauchte Fragen beantwortet werden: 1) Gibt es taxonomische Bestimmungsprobleme um *Lyngbya hieronymusii*? Wo wurden schon *Lyngbya*-Blüten beobachtet? Welche Umweltfaktoren beeinflussen Massenvorkommen von *Lyngbya*? Gibt es problematische Toxine innerhalb der Gattung *Lyngbya*?

Die Literaturrecherche wurde innerhalb wissenschaftlicher Fachzeitschriften, der gängigen Standardwerke der Limnologie und Bestimmungsliteratur der Blaualgen geführt. Die vorhandene Literatur, vor allem die Menge an wissenschaftlichen Publikationen, ist sehr umfangreich. Dieser Kurzberichtes beschränkt sich daher auf die Begutachtung von Übersichtsarbeiten und einzelne darin erwähnte Fachaufsätze und die Beantwortung der gestellten Fragen.

2 Taxonomische Probleme um *Lyngbya hieronymusii*, *L. robusta* und *L. birgei*

Die Blaualgengattungen *Lyngbya*, *Phormidium* und *Oscillatoria* gehören alle zu der Ordnung der Oscillatoriales. Die Familien Phormidiaceae, mit der Gattung *Phormidium*, und die Oscillatoriaceae, mit den Gattungen *Lyngbya* und *Oscillatoria*, werden in der *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales* (Komarek et al. 2005) auf Grund der unterschiedlichen Masse und Zellform unterschieden und sollten nicht zu verwechseln sein:

„Trichomes mainly 4 to 12 µm wide (rarely outside this range); cells always mainly isodiametric or ± slightly longer or shorter than wide; thylakoids arranged ± radially in cells“

--> **Phormidiaceae (Gattung *Phormidium*)**

„Trichomes 6 to 20 (up to 80) µm wide: cells always (usually distinctly) shorter than wide; thylakoids arranged ± over the whole cell volume“

--> **Oscillatoriaceae (Gattung *Oscillatoria*, *Lyngbya*)**

Die im Hüttwilersee vorkommende Blaualgenart wurde als *Lyngbya hieronymusii* bestimmt, die Breite der vorliegenden Art ist jedoch mit > 15 µm für *L. hieronymusii* zu breit. Möglicherweise handelt es sich um die breitere Varietät *Lyngbya hieronymusii* var. *robusta*. Als Standardwerk für die Bestimmung der Blaualgenflora gilt die *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota Teile 1-3*. Im Band 2: *Oscillatoriales* werden für Europa *Lyngbya hieronymusii* und *L. crassivagi-*

nata (= *Planktothrix crassivaginata*) aufgeführt. Als nicht europäische Form werden *Lyngbya hieronymusii* var. *robusta* (Indien und Südamerika) und *Lyngbya birgei* (Nordamerika, evtl. Argentinien) erwähnt. Die Varietät *Lyngbya hieronymusii* var. *robusta* wurde 2007 als eigenständige Art *Lyngbya robusta* beschrieben und wurde auch in Nordamerika nachgewiesen. Unter Umständen ist die Art weiter verbreitet als bisher angenommen oder die verschiedenen Stämme lassen sich morphologisch nicht trennen. Die 4 planktischen Formen *L. hieronymusii*, *L. robusta*, *L. birgei*, *L. crassivaginata* wurden 2013 in eine neue Gattung *Limnoraphis* überführt (Komarek et al. 2013). Diese neue Gattung *Limnoraphis* wird durch molekulare Untersuchungen gestützt, morphologisch lässt sich die Gattung auf Grund folgender Hauptmerkmale abgrenzen: Verteilung der Aerotope (Gasvesikel) ist innerhalb der einzelnen Filamente unregelmässig; oft unregelmässiges Ändern der Farbe, mit dunklen Segmenten; die relativ hohen Anteile an Xanthophyllen und β -Carotinoiden sowie die geringen Anteile an Phycobilinen verursachen die unüblichen gelb-braun gefärbten makroskopischen Matten. Im Rahmen dieses Berichtes wird weiterhin der Einfachheit halber nur der Name *Lyngbya robusta* gebraucht, auch wenn *Lyngbya hieronymusii* var. *robusta* oder *Limnoraphis robusta* gemeint ist.

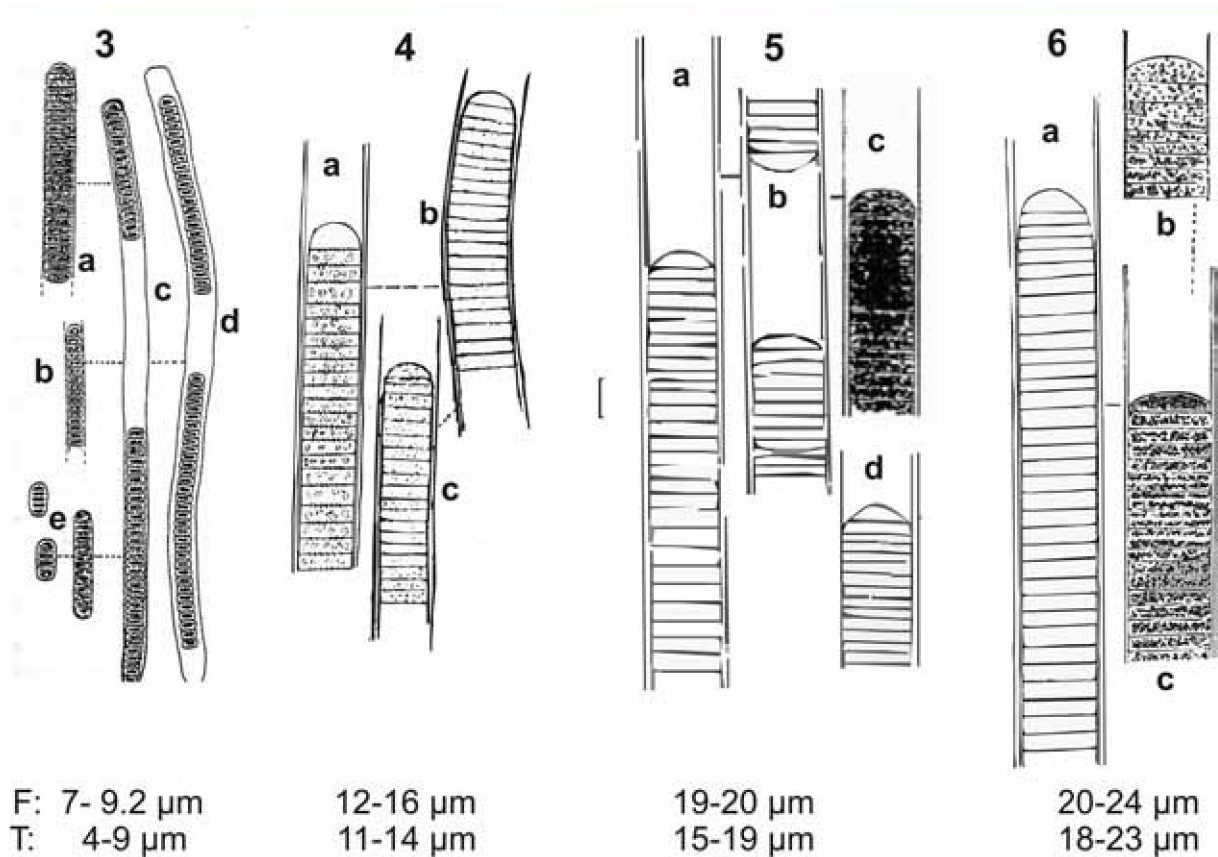
Tabelle 1: Aus Komarek et al. 2007, Vergleich der morphologischen Charakteristika der *Lyngbya hieronymusii* ähnlichen Taxa.

<i>Lyngbya</i> (planktic)	Width of filaments (μm)	Sheaths	Width of trichomes (μm)	Cell length (μm)	Constrictions at cross-walls
<i>hieronymusii</i> Lemm. 1905 (orig. description)	12-14	fine, homogeneous	11-13	2.5-4	-
<i>hieronymusii</i> var. <i>hieronymusii</i> (after Suda et al. 1998)	-	firm, thin, colourless	12.6-14	1.7-2.6	-
<i>hieronymusii</i> f. <i>robusta</i> Parakutty 1940	26.4-33*	-	15-17*	3-3.5	-
Brazilian populations = <i>L. robusta</i>	17-28*	thick, colourless	14.5-19(21)*	2.6-5.1	-
<i>hieronymusii</i> var. <i>crassivaginata</i> Ghose 1927	15-20	thick, hyaline	11-14	up to 10*	-

* Dimensions, distinctly separating *L. robusta* from the typical *L. hieronymusii*.



Abb. 2: Bilder einer Massenentwicklung von *L. robusta* im Atitlansee, Guatemala. (Aus Komarek et al. 2013)



Figs 3–6. Morphology of planktic *Lyngbya* (= *Limnoraphis*) species with gas vesicles within cells and with dimensions (widths) of filaments (F) and trichomes (T): (3) *L. cryptovaginata* after ŠKORBATOV in STARMACH 1966; (4) *L. hieronymusii* after PRESCOTT 1962 and LEMMERMANN 1905; (5) *L. robusta* after KOMÁREK & KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ 2007; (6) *L. birgei* after PRESCOTT 1962 and G.M. SMITH 1920.

Abb. 3: Vergleich der Breite der vier *Lyngbya* (= *Limnoraphis*)-Arten (aus Komarek et al. 2013). F=Breite des Filamentes, d.h. der Zellen inkl. der Scheiden. T=Breite der Trichome, d.h. nur der Zellen. Taxa von links nach rechts: *L. cryptovaginata*, *L. hieronymusii*, *L. robusta*, *L. birgei*.

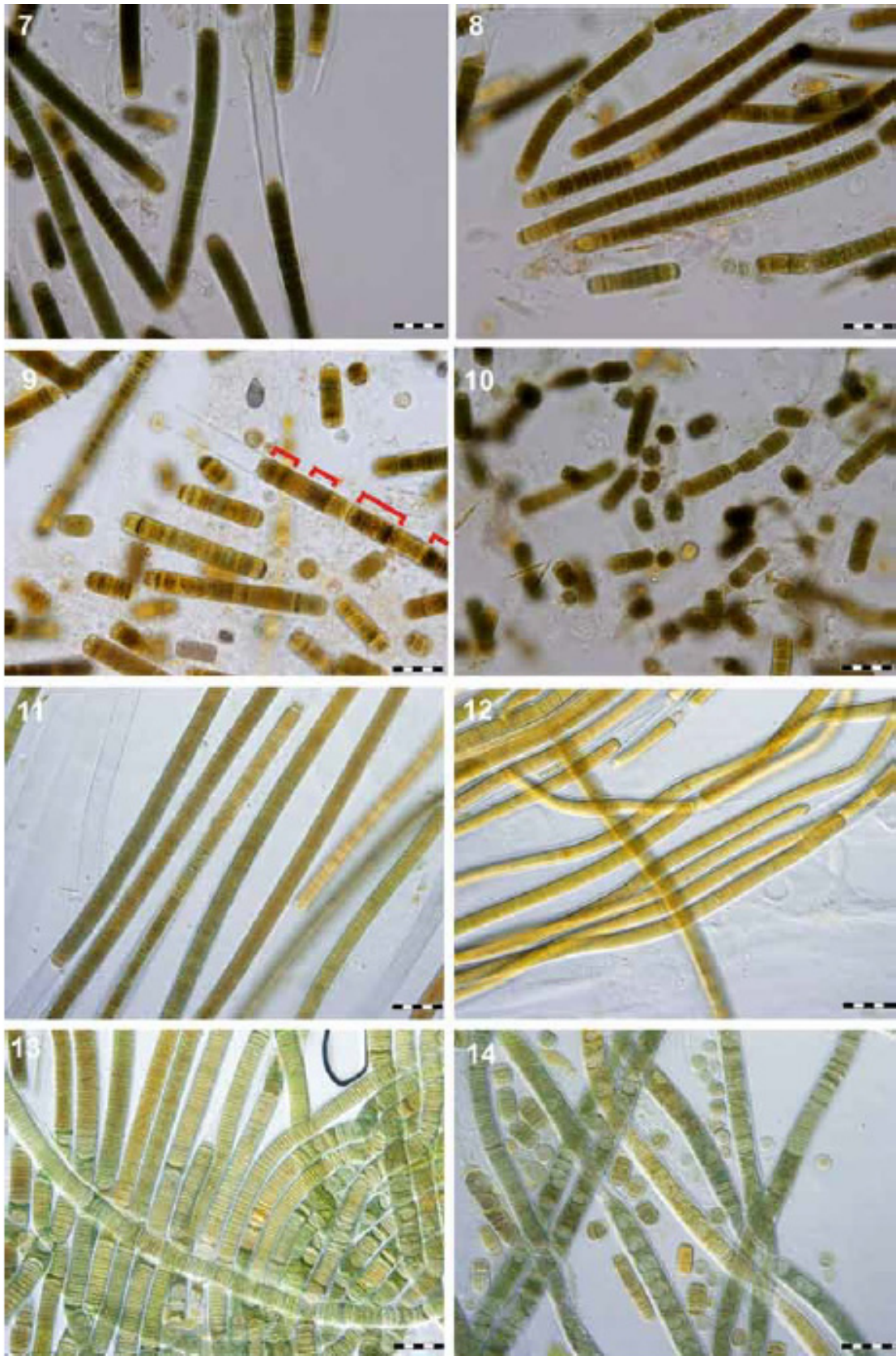


Abb. 4: Bilder von *L. robusta*; Massstabsbalken = 50 µm (Aus Komarek et al. 2013)

3 Wo wurden *L. robusta* Blüten beobachtet?

Die erste nachgewiesene Blüte von *Lyngbya robusta* wurde im Dezember 2008 und Oktober 2009 im Atitlansee in Guatemala beobachtet (Reymankova et al. 2011). Auf Grund der morphologischen Merkmale wurden die „Atitlan-Population“ *L. robusta* zugeordnet. Der Atitlansee ist 137 km² gross und während der maximalen Entwicklung der Blüte waren 40% der Fläche des Sees von Algenmatten bedeckt. In diesen Matten wurden die Toxine Cylindrospermopsin und Saxitoxin nachgewiesen.

Über weitere Massenvorkommen von *Lyngbya robusta* wurde aus Californien und Brasilien berichtet (Mioni et al. 2011).

4 Ursachen / Umweltvariablen

Lyngbya ist eine diazotrophe Blaualgengattung (sie kann N₂ fixieren) (Reymankova et al. 2011). In Gewässern können Massentwicklungen von Blaualgen und Grünalgen beobachtet werden. Kleine N:P Verhältnisse fördern Cyanobakterien während grössere N:P Verhältnisse die Grünalgen fördern. Cyanobakterien brauchen höhere Temperaturen, um sich gegenüber Grünalgen durchsetzen zu können. Sommer (1994) gibt beispielsweise Werte für Umweltbedingungen von > 20° C und N:P < 15:1, unter denen sich die Blaualgen gegen andere Planktonarten durchsetzen können.

Viele Blaualgengattungen sind konkurrenzstark, wenn die tatsächlichen Mengen von N und P gering sind, in dem sie unter nährstoffarmen Bedingungen N- und P-Quellen erschliessen, die anderen Planktern verschlossen bleiben. Bei der untersuchten Massentwicklungen von *Lyngbya robusta* im Clear Lake, Californien wurden im Vergleich zur Vergangenheit erhöhte Oberflächentemperaturen des Wassers und sehr geringe Konzentrationen von Nitrit und Nitrat gemessen (Mioni et al. 2011).

Über die Wirkung erhöhter CO₂ Konzentration im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel ist wenig bekannt, obwohl es Hinweise für einige Cyanobakteriengattungen gibt, dass tiefe CO₂ Konzentration Massentwicklungen fördern können (O'Neil et al. 2012). Die beobachteten Blüten bei erhöhten Temperaturen lassen jedoch den Rückschluss zu, dass bei einer generellen Temperaturerhöhung die Wahrscheinlichkeit für Massentwicklungen steigt.

5 Toxine

Während der Massenentwicklung im Hüttwilersee wurden Microcystin LR und Microcystin RR nachgewiesen. Seit 2013 werden die Cyanobakterienproben auch auf Saxitoxin und Lyngbyatoxin untersucht, da diese bekannte Toxine aus der Gattung *Lyngbya* s.l. sind. Diese wurden jedoch im Jahre 2014 nicht nachgewiesen, bzw. lagen unter der Nachweisgrenze. Auf genetischer Ebene konnten in Blüten von *Lyngbya* keine „tox-Gene“ nachgewiesen werden (Komarek et al. 2013).

Microcystin

Es sind über 90 Isoformen von Microcystin bekannt, die als Lebergifte gelten. Relativ kleine Dosen von 50 – 70 µg pro kg Körpergewicht wurden bei Tieren als sofort zum Tod führend bestimmt. Es sind aber auch letale Unfälle bei Menschen bekannt. Die beiden Microcystine LR und RR gehören zu den bestuntersuchten Microcystinen. Offenbar führen kleine Veränderungen der Basenabfolge in der DNA zu Epimeren oder strukturellen Isomeren zu einer veränderten Giftigkeit der Microcystine (Harada et al. 1990).

Saxitoxin

Bekannt sind 57 verschiedene Formen von Saxitoxinen, die von Dinoflagellaten (marine Arten) und verschiedenen Blaualgengattungen aus dem Süßwasser produziert werden (z.B. *Lyngbya*, *Anabaena*, *Planktothrix*). Saxitoxine werden als „paralytic shellfish toxin“ bezeichnet, es handelt sich um Neurotoxine, die unterschiedlichen Formen sind dabei mehr oder weniger giftig (Neilan et al. 2013).

In verschiedenen Studien wurden die Saxitoxinproduktion in Abhängigkeit von Nährstoffen untersucht, die Resultate sind jedoch uneinheitlich und Vergleiche daher schwierig.

Saxitoxinproduzierende Cyanobakterien werden oft in Gewässern mit erhöhter Leitfähigkeit gefunden. *Cylindrospermopsis raciborskii* reichert beispielsweise Toxine linear mit den NaCl-Konzentration an. Generell gibt es aber nur wenige Studien, die die Toxinproduktionen der verschiedenen Blaualgengattungen untersuchen. Studien an kultivierten *C. raciborskii* und *Raphidiopsis* sp. liefern aber Hinweise, dass Temperatur, Lichtverfügbarkeit, Konzentration von Salz und Nährstoffen die Produktion von Saxitoxinen beeinflussen können.

Lyngbyatoxin-A

Aus der marinen Art *Lyngbya majuscula* wurde Lyngbyatoxin A 1979 beschrieben. Bei Lyngbyatoxin A handelt es sich um eine Substanz, die nahe mit Teleocidin B verwandt ist. Diese Substanz ist giftig und bekannt aus verschiedenen Gruppen von Streptomyceten. *Lyngbya majuscula* ist beispielsweise aus Hawaii bekannt unter dem Namen „swimmer's itch“ und verantwortlich für schwere Fälle von Dermatitis. Mittlerweile wurden die weiteren Formen Lyngbyatoxin B und C beschrieben (auch aus *L. majuscula*)

6 Diskussion

Die im Hüttwilersee für die Blüten verantwortliche Blaualge wurde als *Limnospira hieronymusii* (= *Lyngbya hieronymusii*) bestimmt. Die gemessene Breite von $> 15 \mu\text{m}$ passt jedoch nicht zu dieser Diagnose. Nach der Bestimmungsliteratur *Süsswasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota* hätte die Bestimmung wohl zur breiteren Varietät *Lyngbya hieronymusii* var. *robusta* geführt. Diese Art wurde gemäss der Bestimmungsliteratur bis anhin jedoch nur in Indien (evtl. eine andere Art) und Südamerika nachgewiesen. Aus neueren Untersuchungen ist die breitere Varietät jedoch auch in Nordamerika nachgewiesen worden. Die Probleme der morphologischen Bestimmungen bei Cyanobakterien wegen ihrer hohen phänotypischen Plastizität sind bekannt (zb. Kurobe et al. 2013). Es ist deshalb gut möglich, dass es sich bei der im Hüttwilersee gefunden ursprünglich als *L. hieronymusii* bestimmten Art um eine bis anhin unbekannte Art handelt, die sich mit rein morphologischen Merkmalen nicht eindeutig bestimmen lässt. Die durch ein externes Labor gemessenen Konzentrationen der potentiell von *Lyngbya* bekannten Toxine Saxitoxin und Lyngbyatoxin A lagen unterhalb der Nachweisgrenze.

7 Literatur

- Harada, K., Matsuura, K., Suzuki, M., Watanabe, M.F., Oishi, S., Dahlem, A.M., Beasley V.R., Carmichel, W.W. (1990). Isolation and characterization of the minor components associated with microcystins LR and RR in the cyanobacterium (blue-green algae). *Toxicon* 28(1): 55-64.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (2005). Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2* (Eds. Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G., Schagerl, L.). Elsevier, München. S. 759.
- Komárek, J., Komárková, J. (2007). Several rare freshwater planktic Cyanobacteria (Cyanoprokaryotes) from reservoirs in South America. *Hoehnea* 34(1): 49-58.
- Komárek, J., Eliška Zapomělová, E., Šmarda, J., Kopecký, J., Rejmánková, E., Woodhouse, N.B., Komárková, J. (2013). Polyphasic evaluation of *Limnorphis robusta*, a water-bloom forming cyanobacterium from Lake Atitlán, Guatemala, with a description of *Limnorphis* gen. nov. *Fottea* 13(1): 39-52.
- Kurobe, T., Baxa, D.V., Mioni, C.E., Kudela, R.M., Smythe, T.R., Waller, S., Chapman, A.D., Teh, S.J. (2013). Identification of harmful cyanobacteria in the Sacramento-San Joaquin Delta and Clear Lake, California by DNA barcoding. *SpringerPlus* 2: 491-502.
- Mioni, C., Kudela, R., Baxa, D., Sullivan, M. (2011). Harmful cyanobacteria blooms and their toxins in Clear Lake and the Sacramento-San Joaquin Delta (California). 10-058-150. *Surface Water Ambient Monitoring Program (SWAMP). Report.* Central Valley Regional Water Quality Control Board. S. 110.
- Neilan, B.A., Pearson, L.A., Muenchhoff, J., Moffitt, M.C., Dittmann, E. (2013). Environmental conditions that influence toxin biosynthesis in cyanobacteria. *Environmental Microbiology* 15(5): 1239-1253.
- O'Neil, J.M., Davis, T.M., Buford, M.A., Gobler, C.J. (2012). The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14: 313-334.
- Rejmánková, E., Komárek, J., Dix, M., Komárková, J., Girón, N. (2011). Cyanobacterial blooms in Lake Atitlán, Guatemala. *Limnologia* 41: 296– 302.
- Sommer, U. (1994). *Planktologie*. Springer Verlag, Berlin. S. 274.

Zusätzliche Literatur, als PDF dem Bericht beigelegt:

- A review of current knowledge: Cyanobacterial toxins (Cyanotoxins) in Water
- Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management.