

# Modellierung der Reaktion von blüten-bildenden Cyanobakterien auf sich verändernde Umweltbedingungen

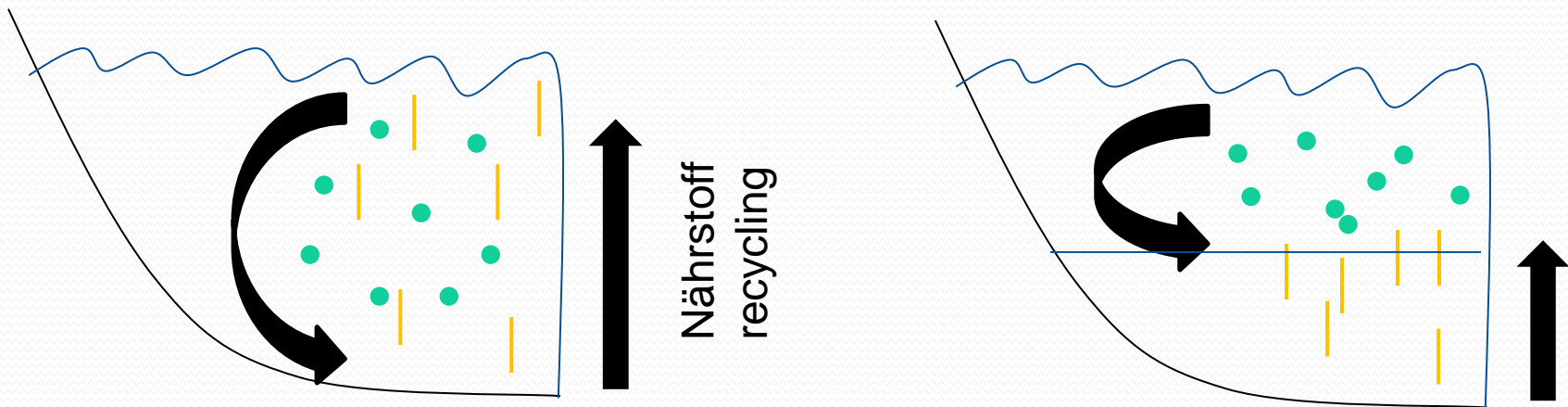
Philipp Trummer, Rainer Kurmayer

Austrian Academy of Sciences, Institute for Limnology,

Mondseestrasse 9, 5310 Mondsee

# Direkte und indirekte Effekte der Temperaturerwärmung auf das Phytoplankton

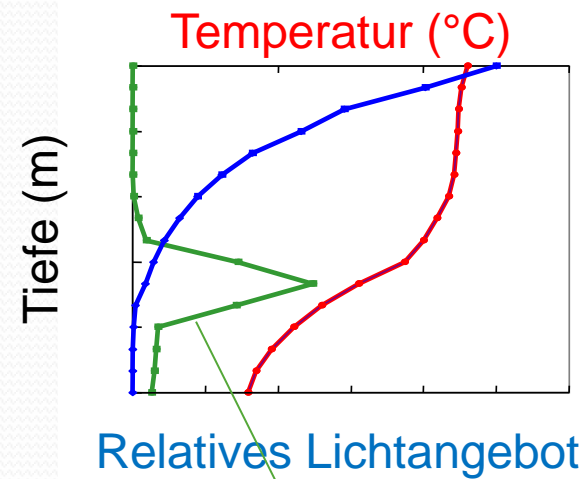
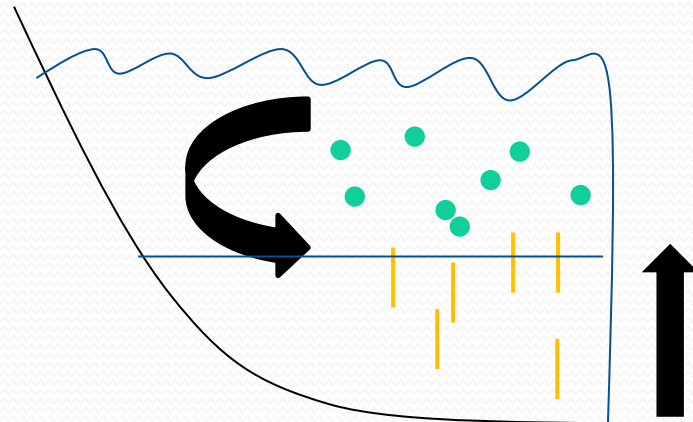
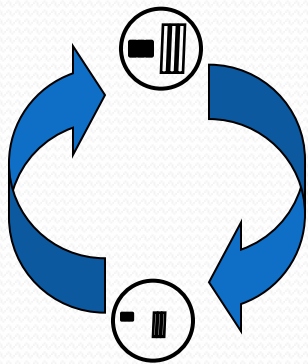
- 1) Direkte Temperatureffekte ( $\sim 3^{\circ}\text{C}$  bis 2050 bundesweit, ZAMG,  $\sim 2,0^{\circ}\text{C}$  bis 2050 an der Wasseroberfläche, Dokulil, 2009)
- 2) Indirekte Temperatureffekte (Durchmischung der Wassersäule = Nährstoffrecycling, Sinkverluste des Phytoplanktons)



Durchmischung der gesamten Wassersäule im Unterschied zur Teildurchmischung

# Blüten-bildende Cyanobakterien profitieren von einer physikalischen Schichtung der Wassersäule

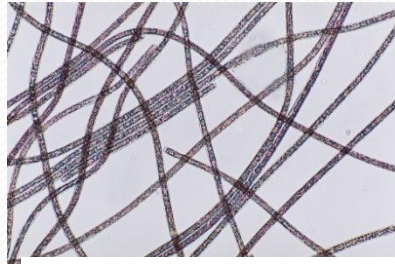
- 1) Durch reduzierte Sinkverluste
- 2) Durch besseres Nährstoffangebot



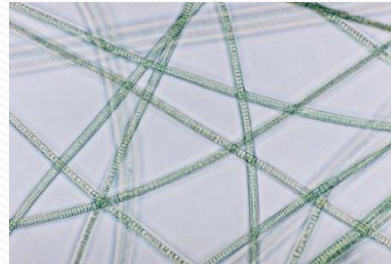
Aufsteigen und Absinken resultiert in Schwebevermögen

Häufigkeit  
 Cyanobakterien

# Filamentöse Cyanobakterien der Gatt. Planktothrix



*P. rubescens*



*P. agardhii*

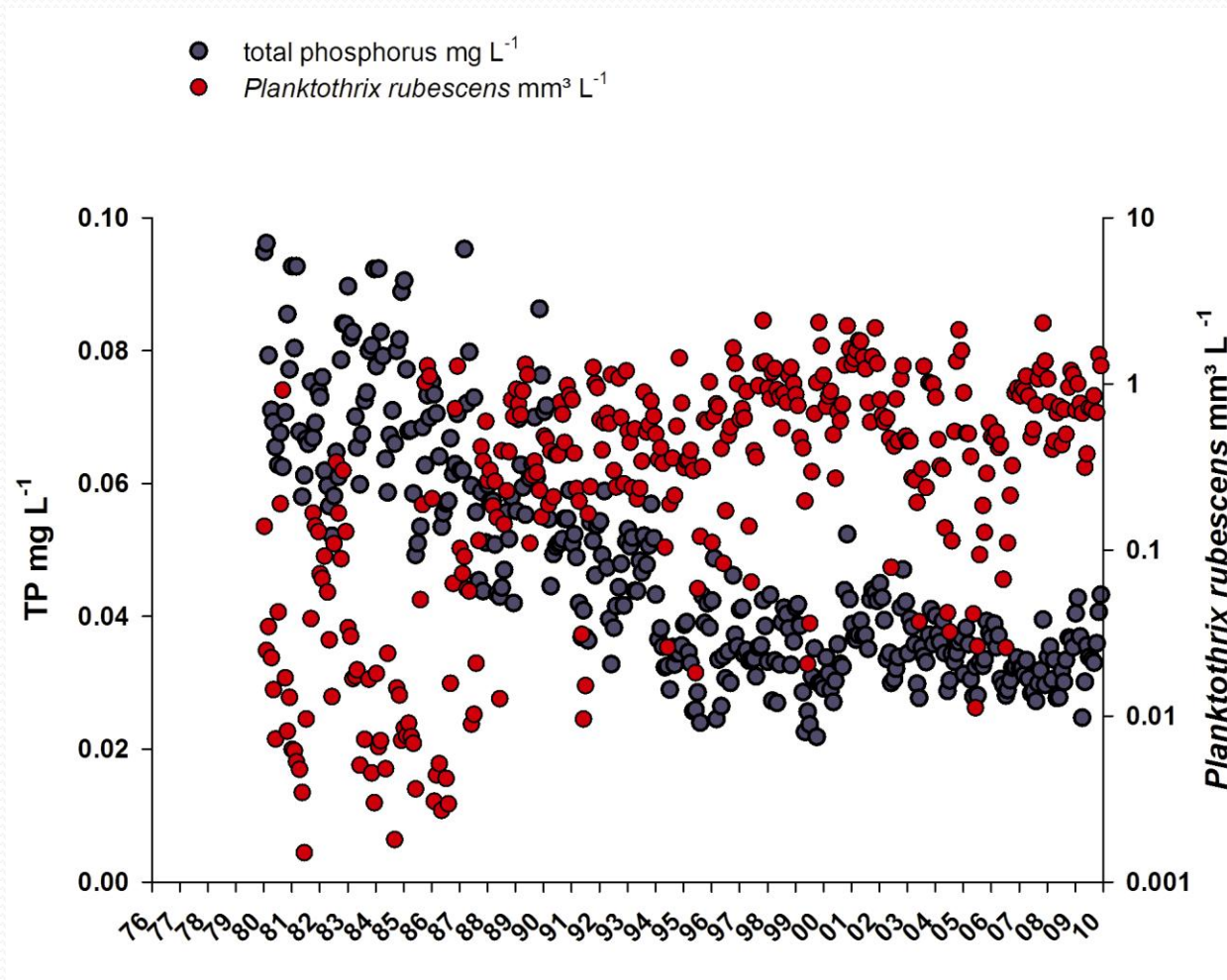
400x

	Ammersee DE	Irrsee AT	Mondsee AT	Schwarzensee AT	Wörthersee AT	Zürichsee CH	Jägerteich AT	Wannsee DE
Mean depth (m)	38	15	53	44	42	51	2	5.5
Secchi (m)	4.4	5.1	3.8	6.5	4.9	3.9	-	1.2
Chlorophyll a ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	5.1	2.8	4.3	0.9	9	9.5	55	47
Abundance	Dominant	Rare	Abundant	Rare		Dominant	Dominant	Rare
Pigmentation	red	red	red	red		red	red	green
							green	green

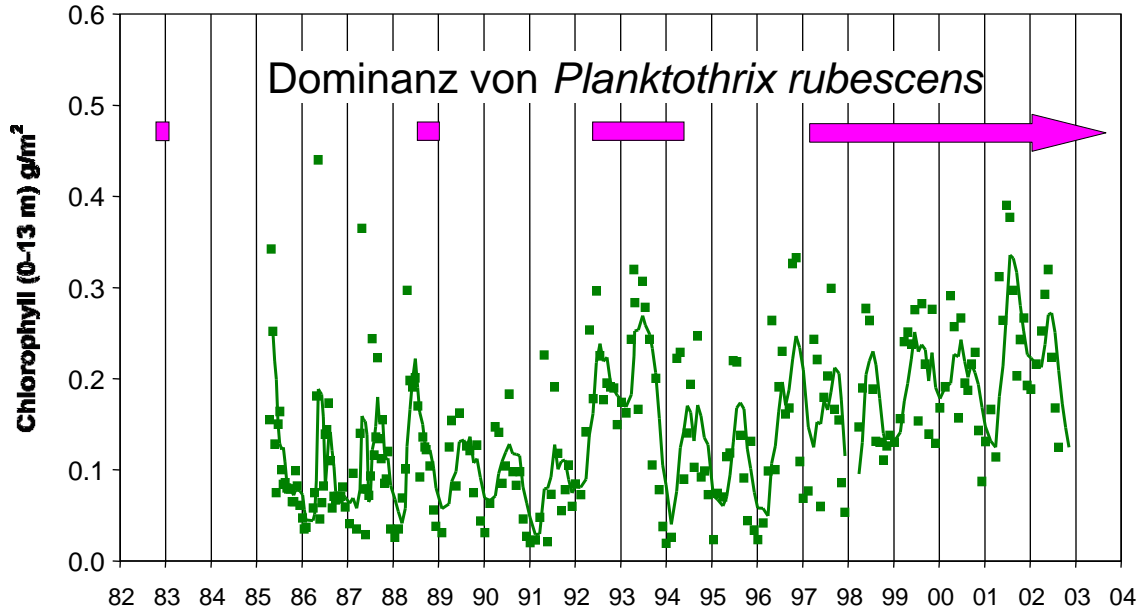
oligotrophic    mesotrophic    eutrophic

**Grosse ökologische Amplitude und Monopolisierung von Ressourcen**

# Historische Entwicklung von Cyanobakterien im Zürichsee



# Historische Entwicklung im Hallwilersee



Datenquelle: Arno Stöckli, Baudepartment, Kanton Aarau



Algenblüte, August 2006



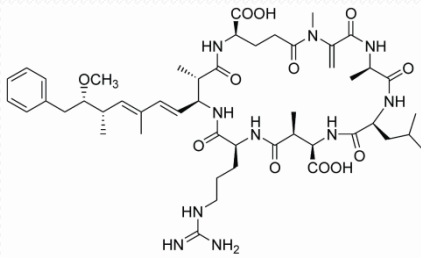
Uferzone, März 2007



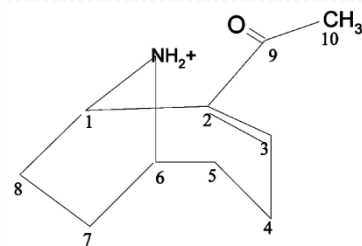
*Planktothrix rubescens*, 400x Vergrößerung

# Toxine die von Planktothrix produziert werden

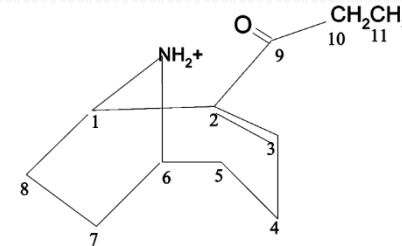
Toxin	Stoffklasse	Wirkung auf Säugetiere	Produzenten
Microcystine	Peptide	Hepatotoxine, Tumorpromotoren	Anabaena, Microcystis, Nostoc, Planktothrix
(Homo)anatoxin-a	Alkaloide	Neurotoxine	Anabaena, Oscillatoria, Phormidium, Planktothrix
Saxitoxine	Alkaloide	Neurotoxine	Anabaena, Lyngbya, Cylindrospermopsis, Planktothrix



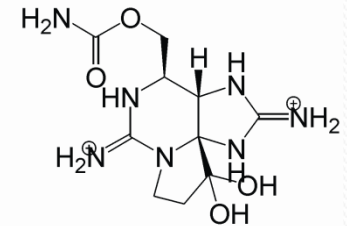
Microcystin



Anatoxin-a

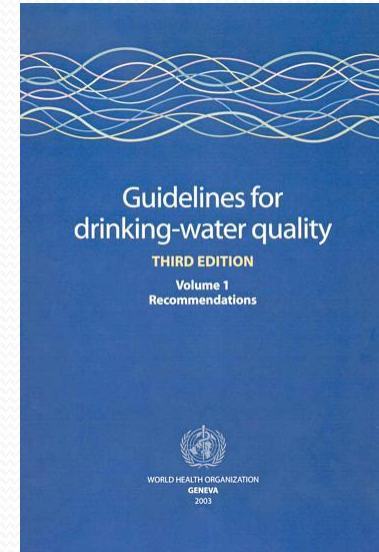
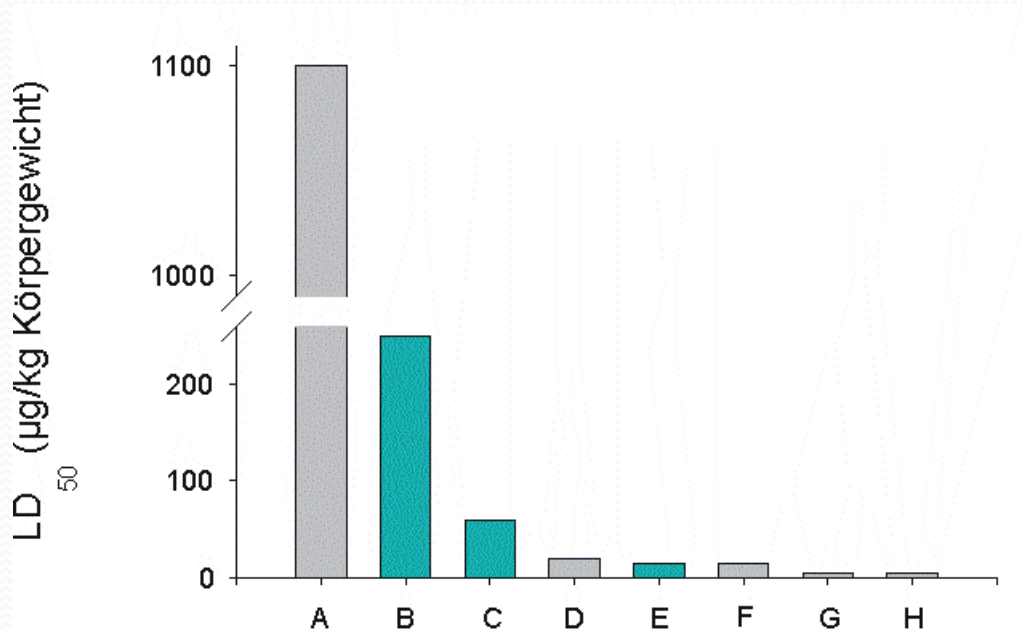


Homo Anatoxin-a



Saxitoxin

# Cyanobakterien Toxine im Vergleich



WHO Grenzwert für  
Trinkwasser (1 µg MC-LR L<sup>-1</sup>)

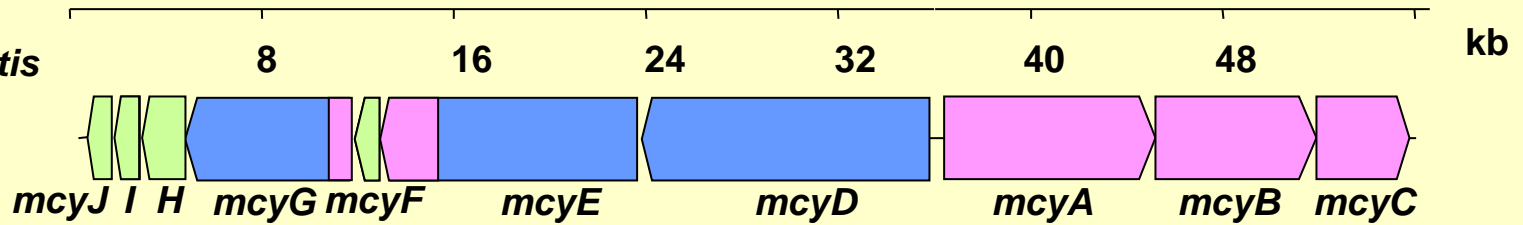
A= Muscarin (Fliegenpilz), B= Anatoxin, C= Microcystin, D=Kobragift, E= Aphantoxin, F= Saxitoxin, G= Batrachotoxin (Pfeilgift), H= Diptherietoxin (Diptheriebakterien)

Skulberg et al. 1984, Ambio 13:244

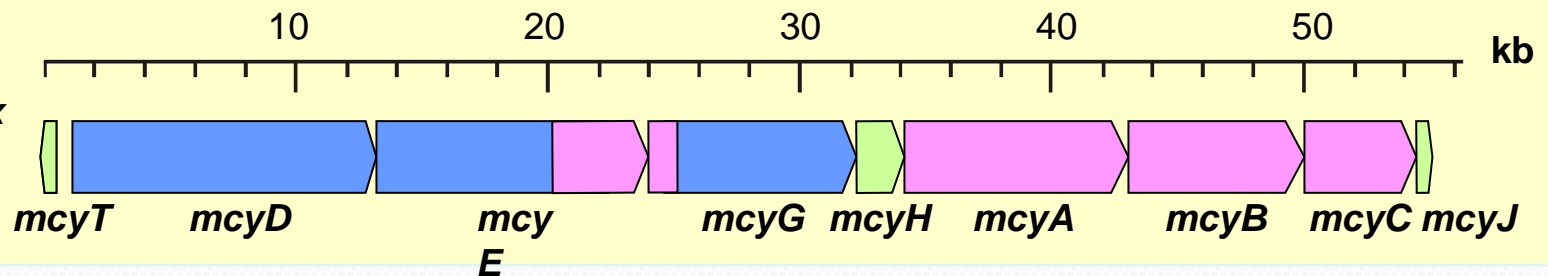


# Die genetische Basis der Microcystin Synthese

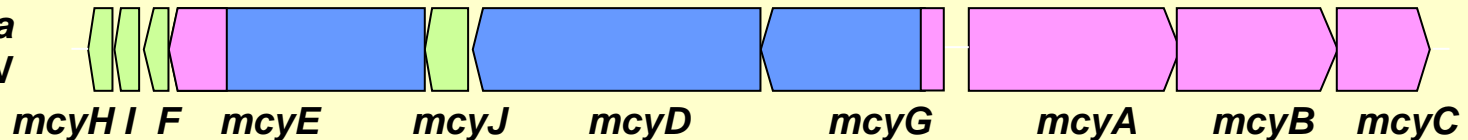
## *Microcystis* Section I



## *Planktothrix* Section III



## *Anabaena* Section IV



= Peptid Synthetase
  = Polyketide Synthase
  = Tailoring Enzymes

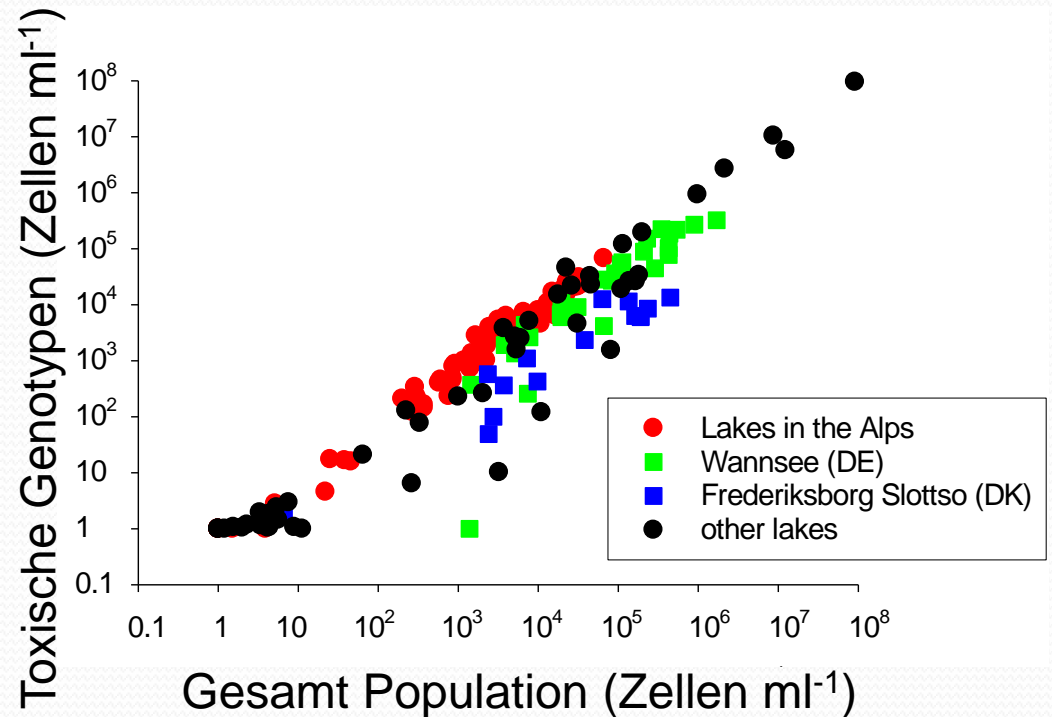
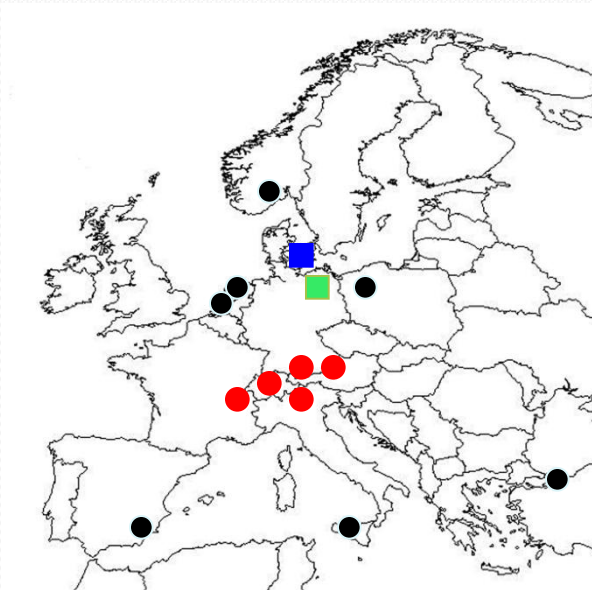
ca. 1% des Genoms

12. Österreichischer Klimatag

# Europäische Studie zur Abundanz toxischer Genotypen



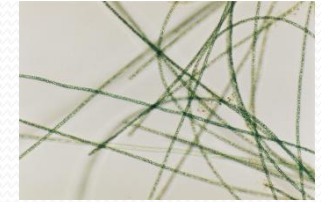
159 Proben aus 24 Gewässern mit *Planktothrix* (Austria, Germany, The Netherlands, Denmark and Norway )



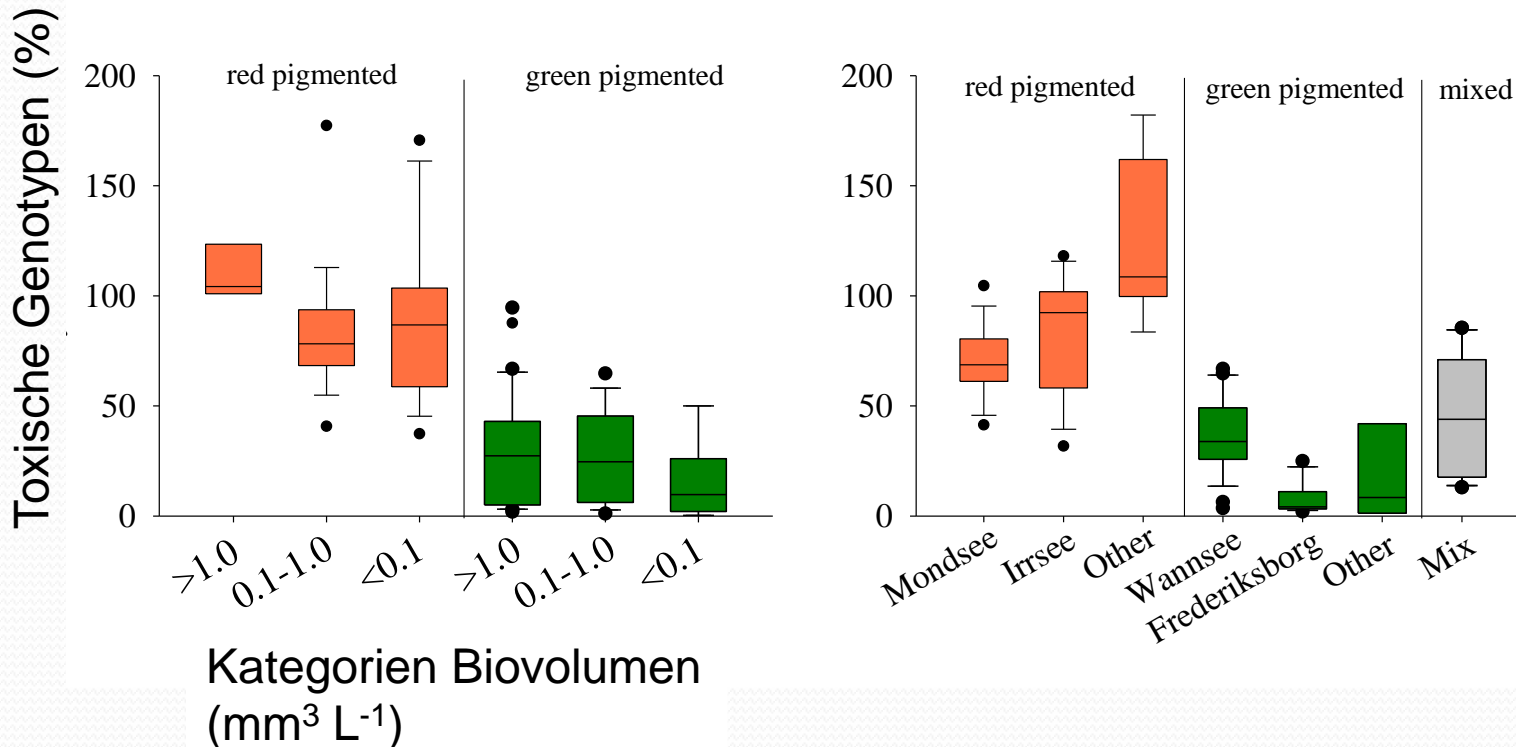
# Anteil toxischer Genotypen ist unabhängig von der Gesamtpopulation



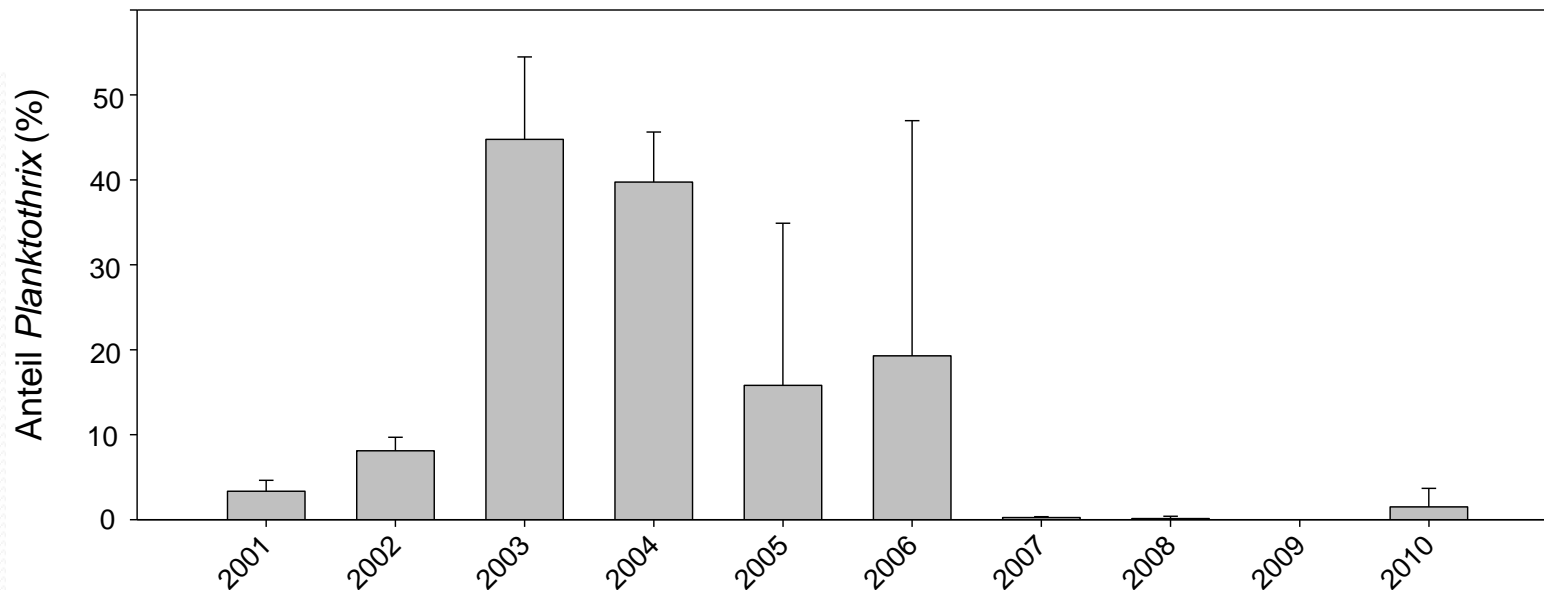
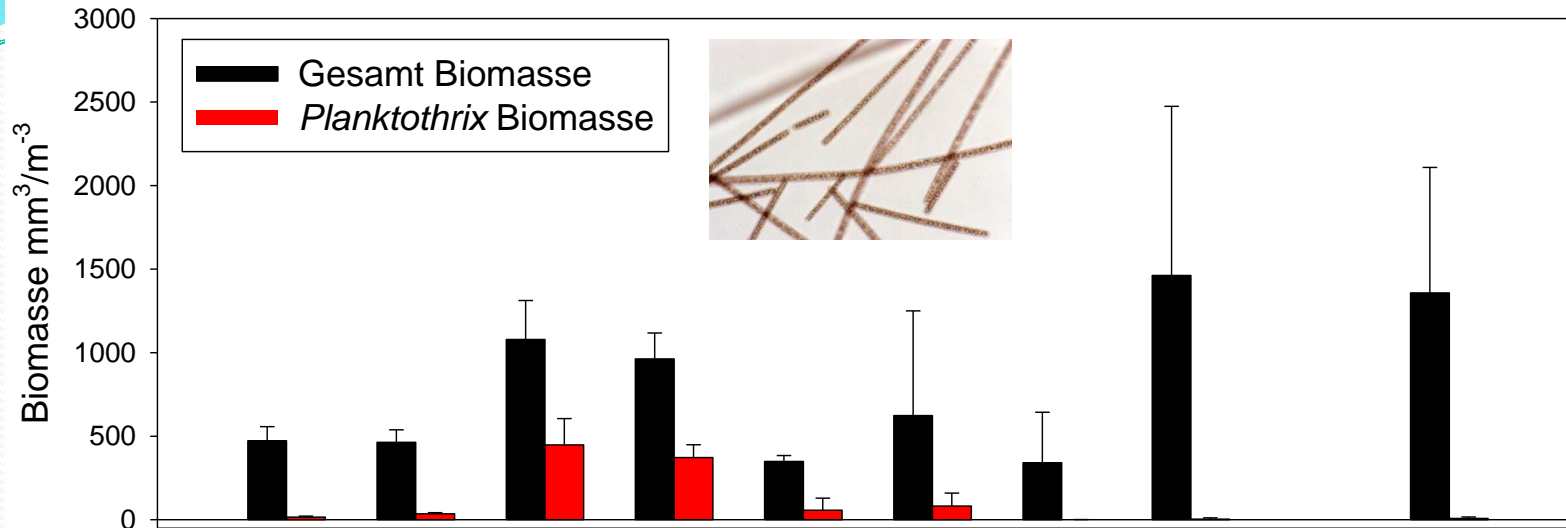
Rot pigmentiert



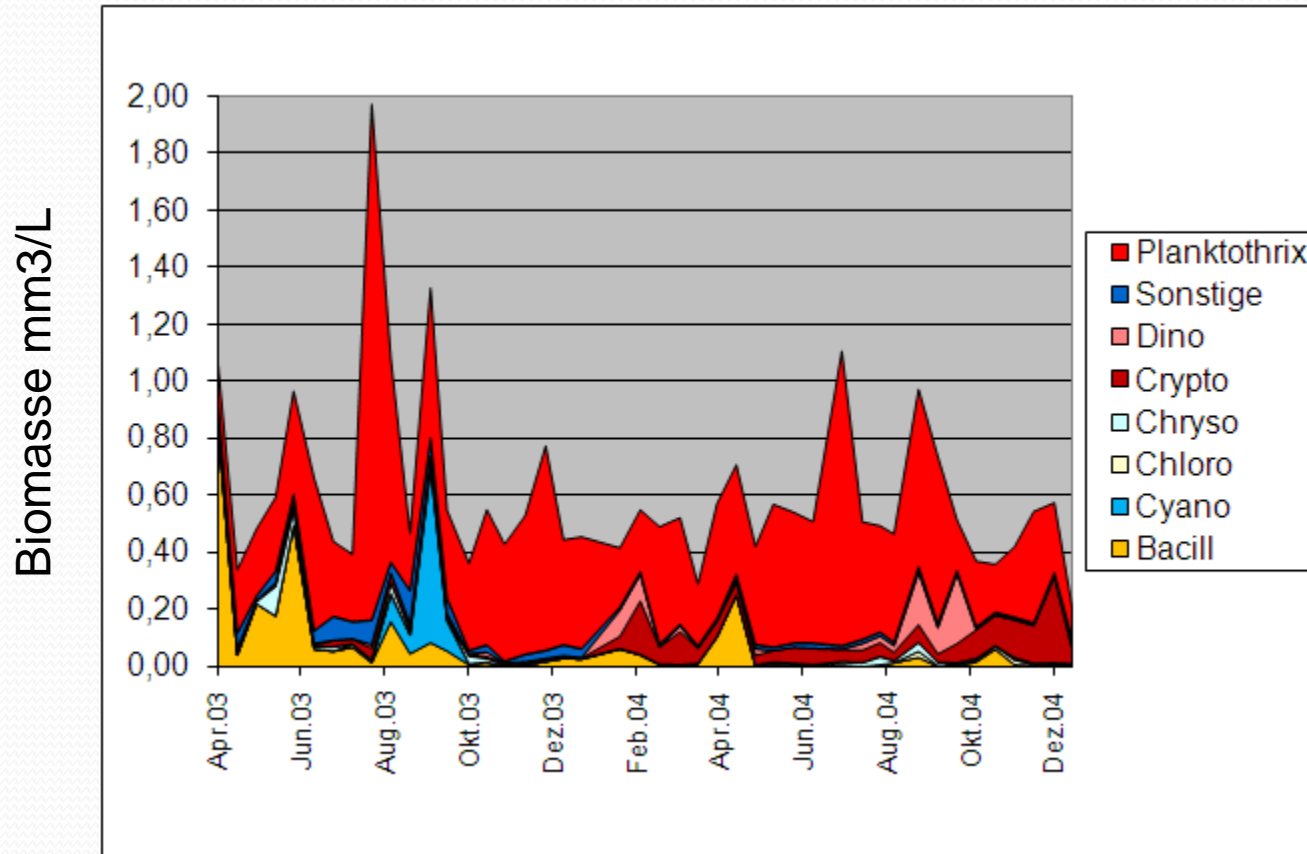
Grün pigmentiert



# Planktothrix Entwicklung im Mondsee

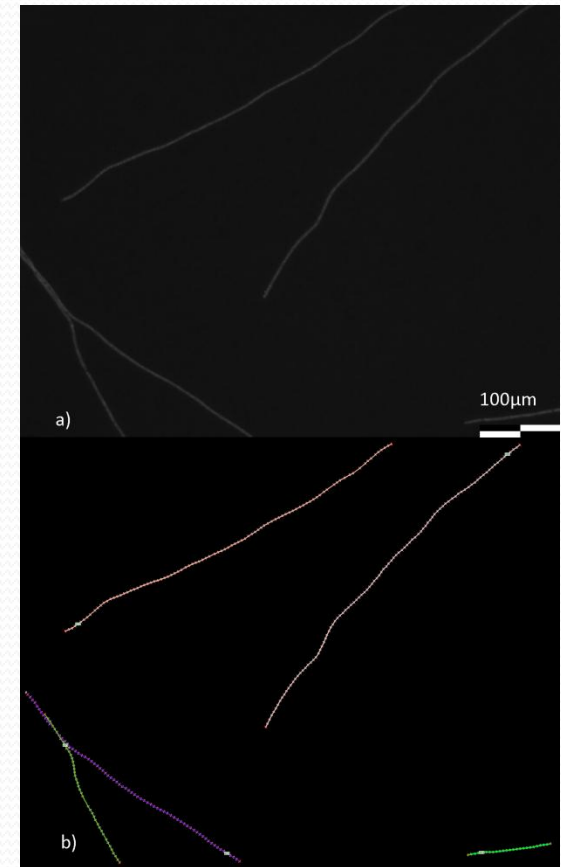


# Planktothrix im Mondsee 2003/2004

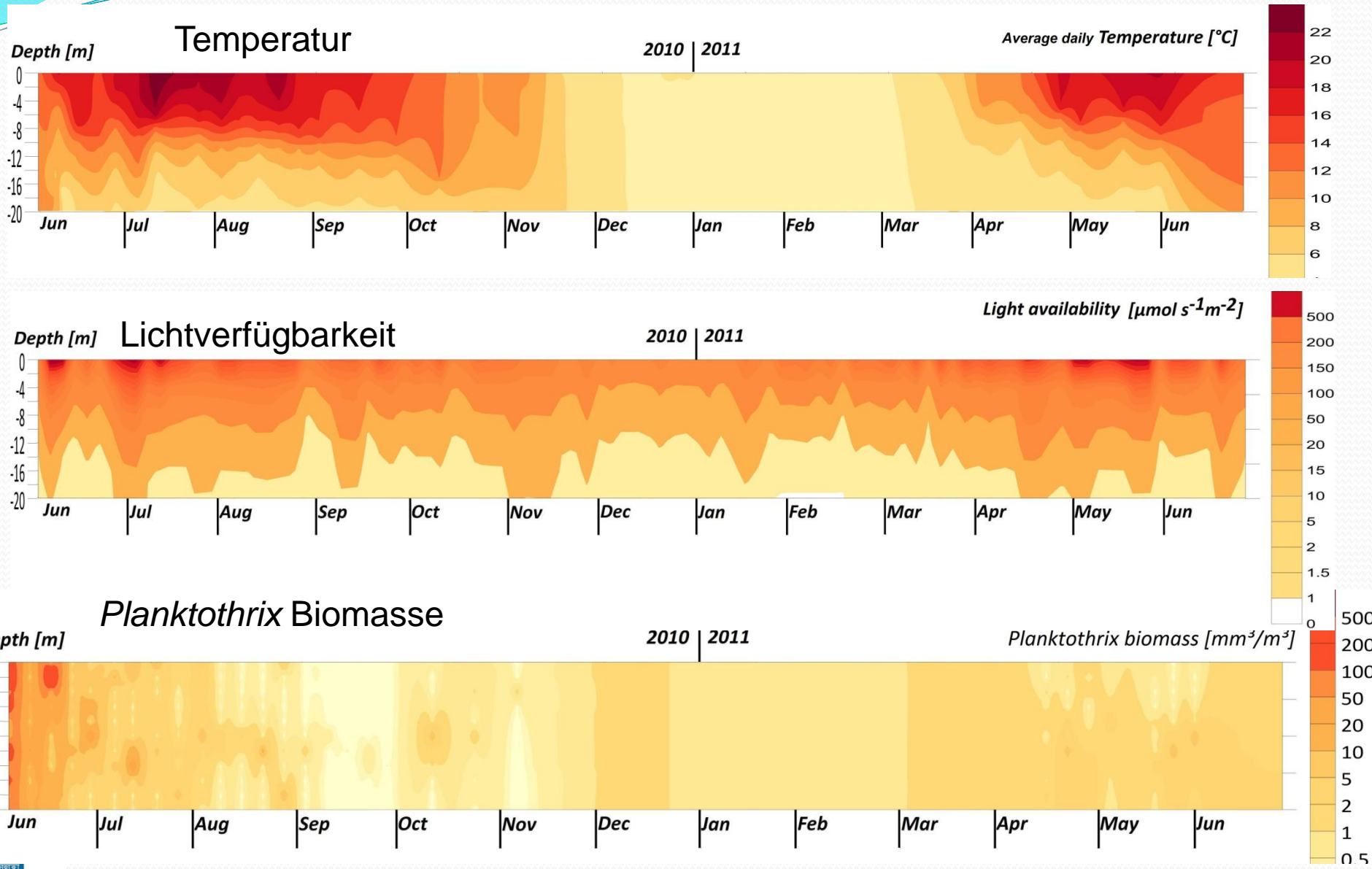


# Probenahme Mondsee 2010-2012

- 1) Wöchentliche bzw. 14-tägige Erfassung der Planktothrixdichte (Bildanalyse) in 2 m Tiefenstufen (0-20m)
- 2) Kontinuierliche bzw. wöchentlich Messung der physikalischen Parameter (Temperatur, Licht) und chemischen Parameter (TP)



# Saisonalität im Mondsee 2010-2011



# Modellierung der Wachstumsrate von *Planktothrix rubescens*

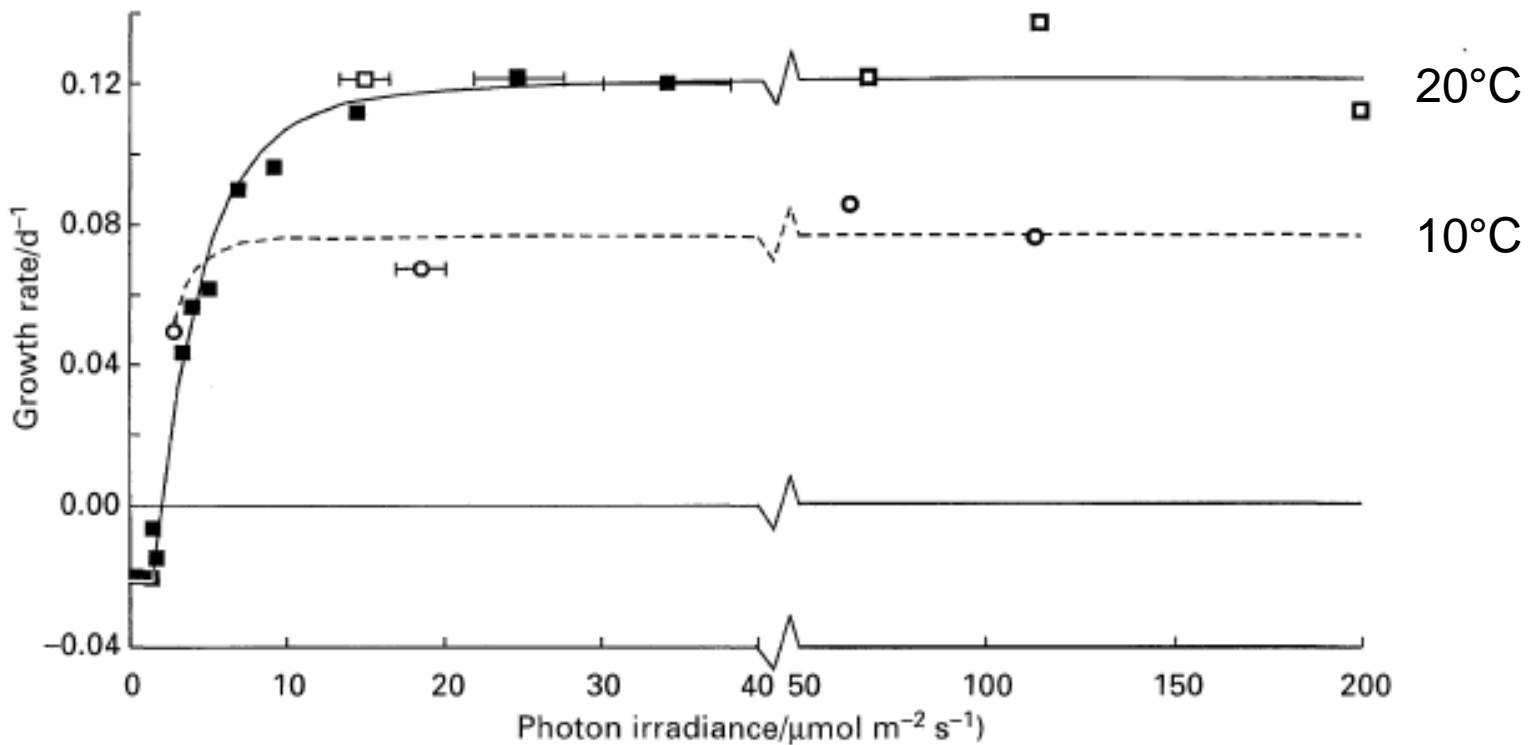
	Parameter	Symbol & Einheit	Herkunft
Physiol. Parameter	Max. Brutto Wachstumsrate	$\Phi_m$	Bestimmung im Labor
	Rate von $\Phi_m$ bei 10 C vs 20 C	$Q_{10}$	-“-
	Max Wachstumsrate	$\mu_{LM} [d^{-1}]$	-“-
	Wachstumsrate im Dunkeln	$\mu_D [d^{-1}]$	-“-
	Gradient von $\mu/I$	$\alpha_L d^{-1} (mmol m^{-2} s^{-1})^{-1}$	
Meteorolog. Parameter	Wind	[m/s]	ZAMG
	Global Strahlung	[W/m <sup>2</sup> ]	ZAMG
	Wasseremperatur	$\Theta [C]$	Temperaturmesskette
	Lichtextinktion	$I_0/I_z$	Lichtmessung
	Einstrahlung	$I [mmol m^{-2} s^{-1}]$	Berechnung
	Wasseroberfläche		
	Planktothrix dichte	$N [mm^3/m^3]$	Auszählung (Mikr.)

Bright & Walsby 2000, New Phytol. 146:301



# Bestimmung der Wachstumsrate von Planktothrix

Lichtabhängige Wachstumskurve für *Planktothrix rubescens* im Labor



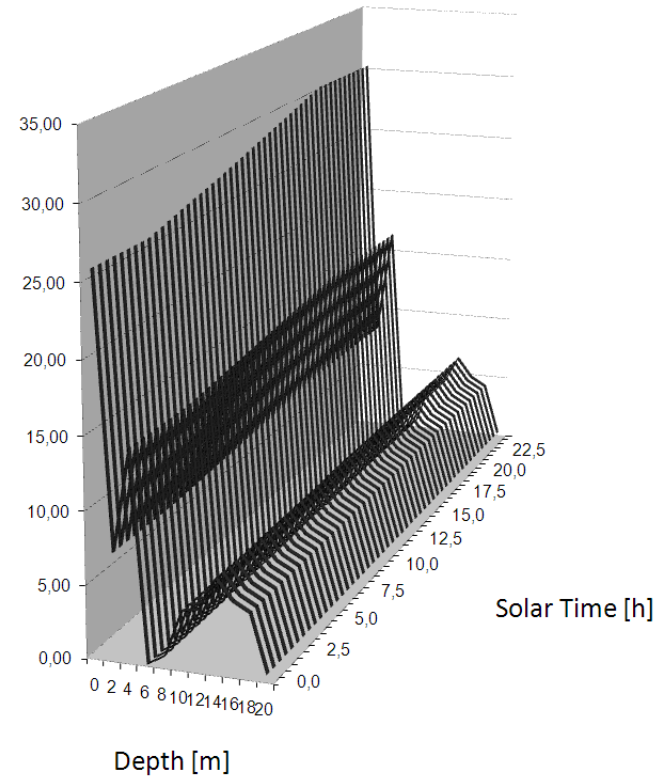
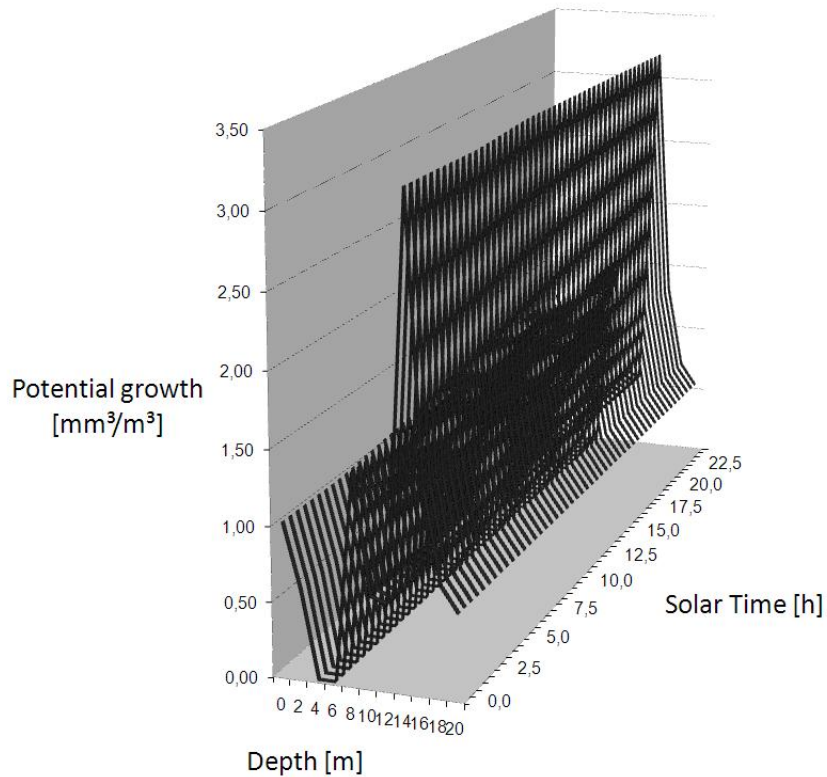
Bright & Walsby 2000, New Phytol. 146:301

12. Österreichischer Klimatag

# Berechnung des Integrals des Wachstums für einzelne Tage

18.6.2011 (6,2 mol m<sup>-2</sup>)

11.6.2011 (10,4 mol m<sup>-2</sup>)

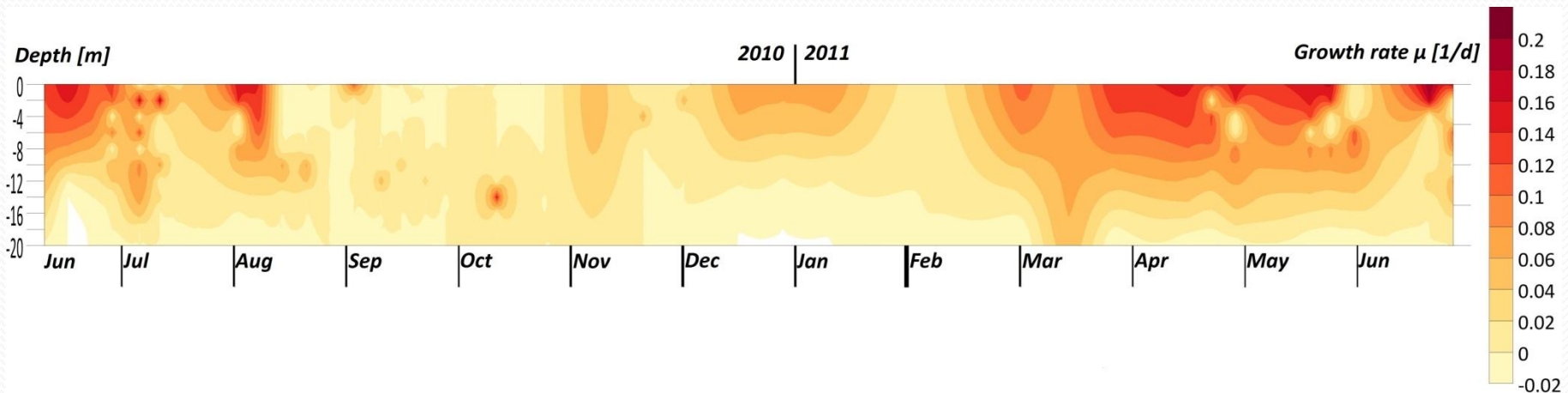


Zuwachs: 0,2 mm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup>

5,6 mm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup>

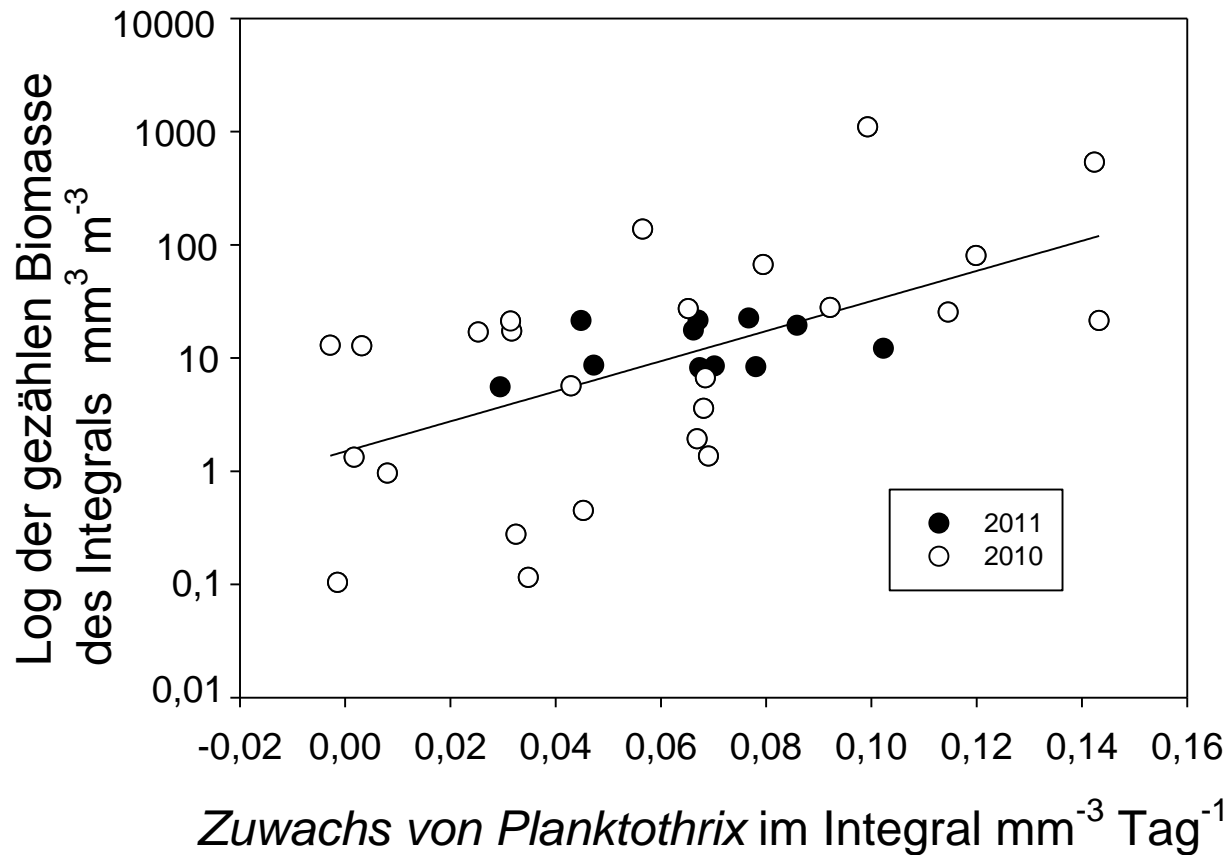
# Saisonalität in der Wachstumsrate von *Planktothrix* im Mondsee 2010-2011

$$N(t) = N_0 \mu^{(t-t_0)}$$



- 1) Nettozuwachs der Biomasse an der Wasseroberfläche
- 2) Nettozuwachs in den lichtreichen Monaten April, Mai, Juni, Juli

# Zusammenhang zwischen Biomasse und berechneter Wachstumsrate



# Zusammenfassung und Ausblick

- 1) Das Modell ermöglicht die Analyse des Zuwachses bzw. der Abnahme der Planktothrixbiomasse saisonal und zwischen den Jahren
- 2) Nicht erklärte Abnahmen bzw. Zunahmen können auf wichtige zusätzliche Einflussgrößen (Nährstoffe, Fressfeinde) aufmerksam machen
- 3) Letztlich ermöglicht ein derartiges Modell Vorhersagen der Planktothrixbiomasse entwicklung in Abhängigkeit sich verändernder physikalischer Bedingungen

# Acknowledgements

## Technische Assistenz:

Lieselotte Eisl  
Martina Hebein  
Johann Knoll  
Kurt Mayrhofer  
Harald Ployer

## Fachliche Beratung:

Anthony Walsby (Univ. of Bristol, UK)  
Martin Dokulil (ÖAW)

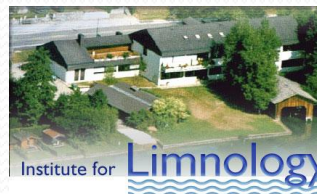
Projekt: RADICAL

**Risk Analysis of Direct and Indirect Climate effects on deep Austrian Lake Ecosystems (2010-2013)**



**FWF**

Der Wissenschaftsfonds.





# Cyanobacteria form blooms that may be toxic

**ASPEN**  
 Regional Health

## BLUE-GREEN ALGAE ADVISORY

Blue-green algae is commonly found in these waters. Some blue-green algae strains produce toxins which can kill domestic animals, waterfowl and other wildlife, and may pose a health hazard to humans.

If you see a blue-green algae bloom (scum on the lake surface or shore that looks similar to these photos) we recommend that you do not swim or wade in the lake and do not drink the water.

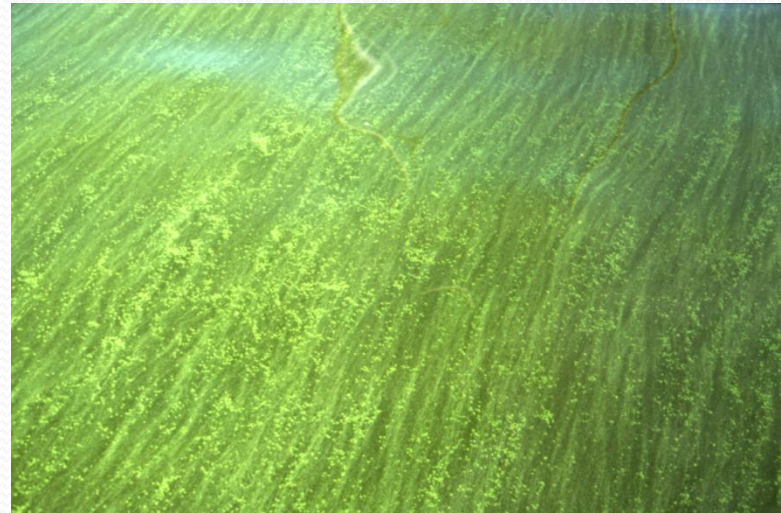
Toxicity in a lake is usually temporary, lasting only as long as the bloom or signs of the bloom persist.

For more information on blue-green algae, or to report a bloom contact your Public Health Inspector at:

Athabasca	675-2231	Hinton	865-2277	Smoky Lake	656-2030
Barrhead	674-3408	Jasper	852-4759	St. Paul	645-3396
Bonnyville	826-3381	Lac La Biche	823-4471	Westlock	349-3316
Cold Lake	598-4404	Oroonway	967-6844	Whitecourt	778-5555
Edson	723-4421	Slave Lake	805-3521		

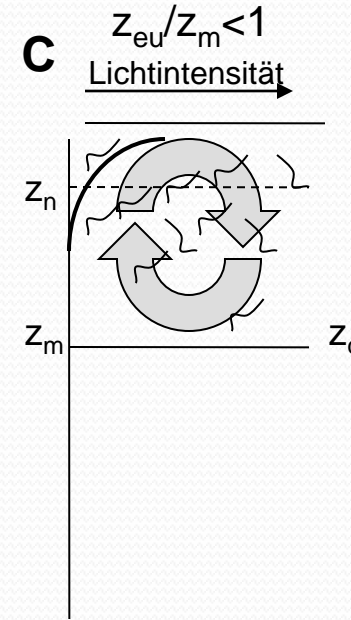
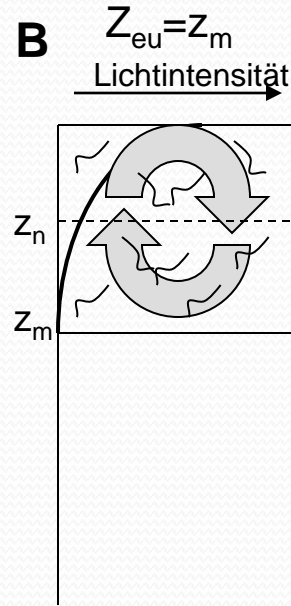
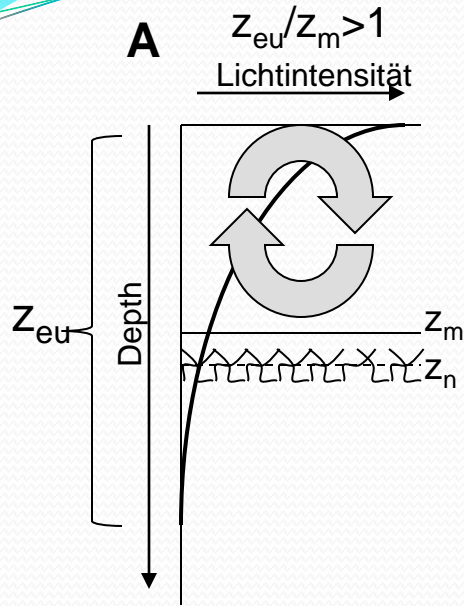


*Aphanizomenon* sp., Baptiste Lake (Alberta, Canada)



*Microcystis* sp., Lake Wannsee (Berlin, Germany)

# Modellierte Szenarien



$Q_v > Q_n$ , die Filamente sinken, da  $z_n > z_m$  ist, kommt es zu einer Einschichtung der Filamente in der Wassersäule (üblicherweise zwischen 10-15 m während des Sommers, wenn der See

$Q_v > Q_n$ , die Filamente sinken, weil  $z_n < z_m$  können die Filamente sich aber nicht einschichten, sondern werden von der Turbulenz erfasst und durchmischt (z.B. im Sommer unter schwachen Lichtbedingungen)

$Q_v = Q_n$ , die Filamente werden schwebend, die Durchmischungstiefe ist dann  $z_q$ . Die Filamente werden durchmischt, solange die Wassersäule turbulent ist, an windstillen Tagen kommt es jedoch zum Aufsteigen der Filamente und damit zur Wasserblüte

$z_q$  (Durchmischungstiefe) Tiefe des neutralen Schwebezustands,  $z_m$ , Durchmischungstiefe,  $Q_v$ , durchschnittliche Einstrahlung für ein Filament,  $Q_n$ , Einstrahlung für den neutralen Schwebezustand,  $z_q$ , Durchmischungstiefe bei



# Climate change and the development of toxic cyanobacterial blooms

