

# Modelierung der Reaktion von blütenbildenden Cyanobakterien auf sich verändernde Umweltbedingungen

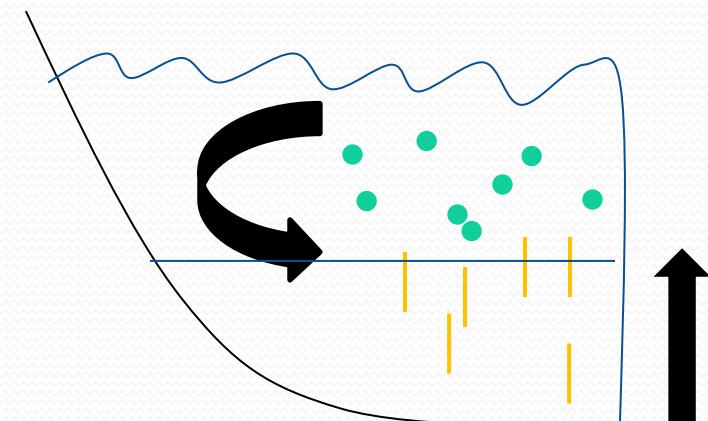
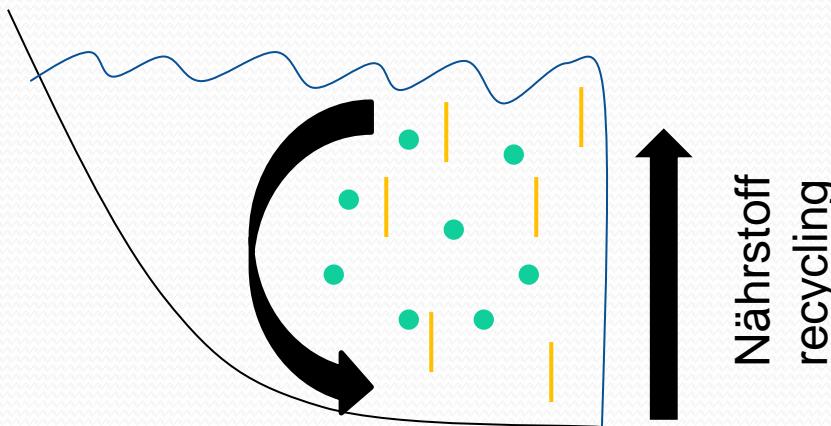
Philipp Trummer, Rainer Kurmayer

Austrian Academy of Sciences, Institute for Limnology,

Mondseestrasse 9, 5310 Mondsee

# Direkte und indirekte Effekte der Temperaturerwärmung auf das Phytoplankton

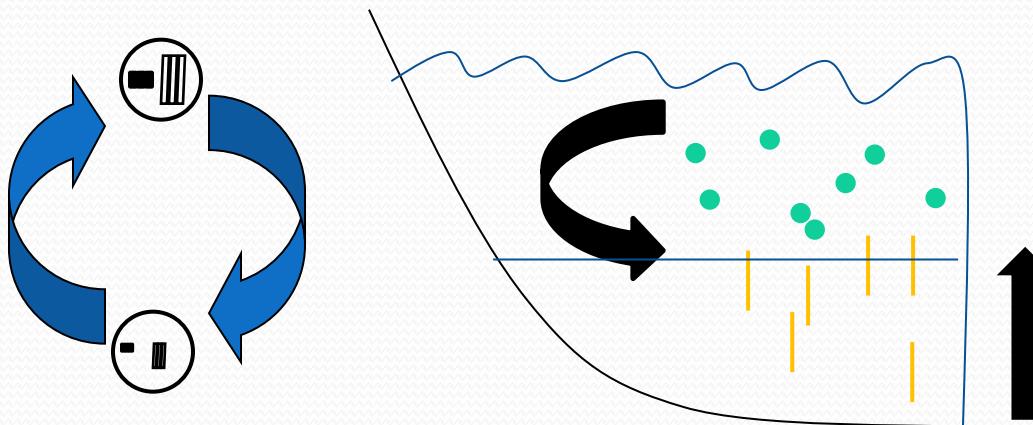
- 1) Direkte Temperatureffekte (~ 3°C bis 2050 bundesweit, ZAMG, ~2,0°C bis 2050 an der Wasseroberfläche, Dokulil, 2009)
- 2) Indirekte Temperatureffekte (Durchmischung der Wassersäule = Nährstoffrecycling, Sinkverluste des Phytoplanktons)



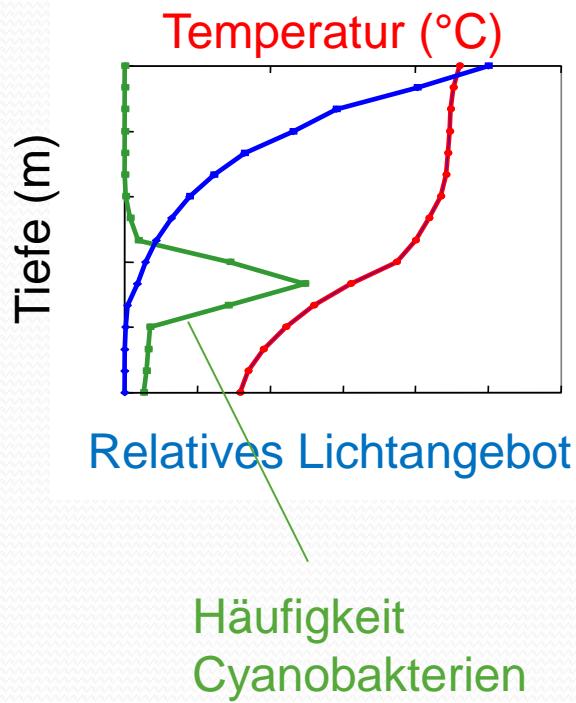
Durchmischung der gesamten Wassersäule im Unterschied zur Teildurchmischung

# Blütenbildende Cyanobakterien profitieren von einer physikalischen Schichtung der Wassersäule

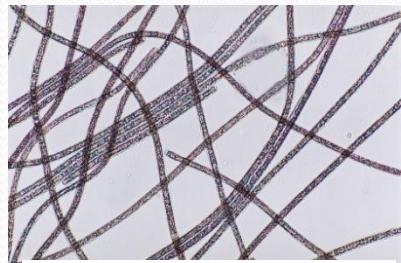
- 1) Durch reduzierte Sinkverluste
- 2) Durch besseres Nährstoffangebot



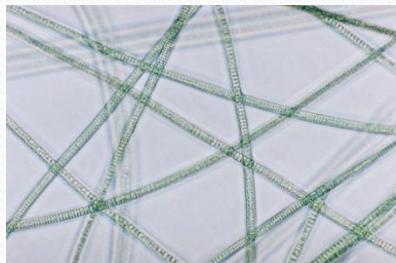
Aufsteigen und Absinken resultiert in Schwebevermögen



# Filamentöse Cyanobakterien der Gatt. Planktothrix



*P. rubescens*



*P. agardhii*

400x

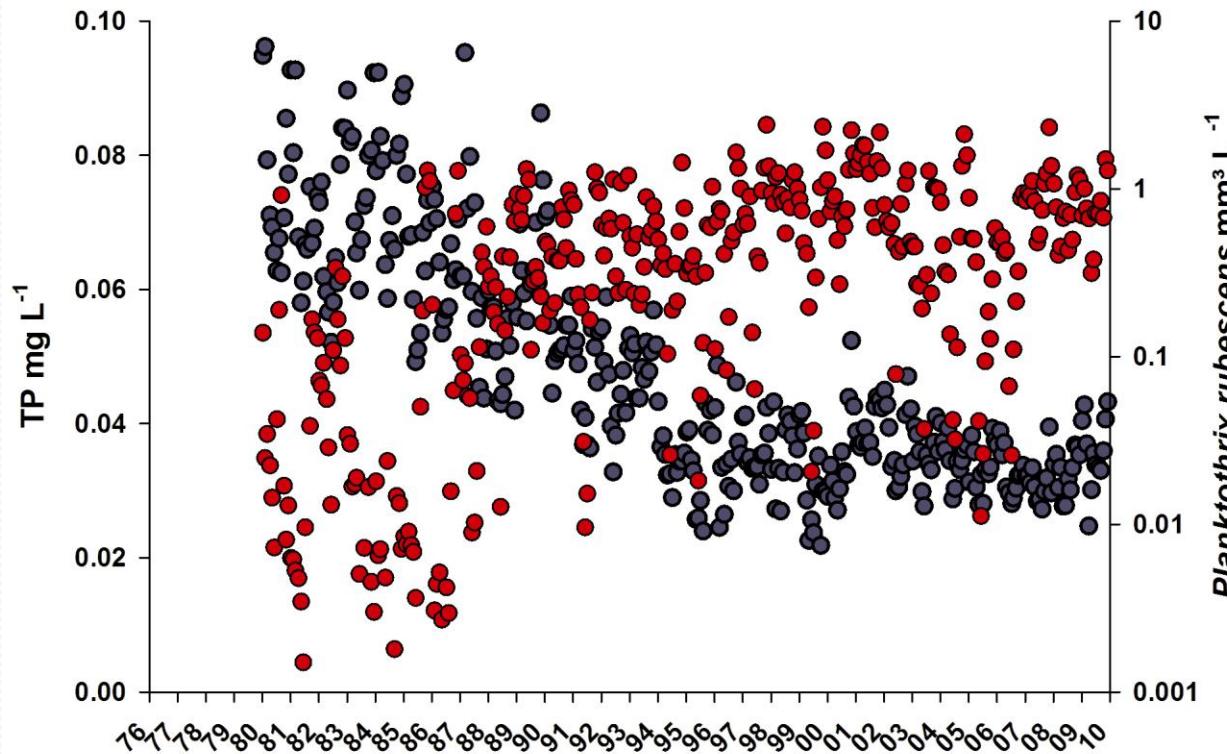
	Ammersee DE	Irrsee AT	Mondsee AT	Schwarzensee AT	Wörthersee AT	Zürichsee CH	Jägerteich AT	Wannsee DE
Mean depth (m)	38	15	53	44	42	51	2	5.5
Secchi (m)	4.4	5.1	3.8	6.5	4.9	3.9	-	1.2
Chlorophyll a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	5.1	2.8	4.3	0.9	9	9.5	55	47
Abundance Pigmentation	Dominant red	Rare red	Abundant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

oligotrophic mesotrophic eutrophic

Grosse ökologische Amplitude und Monopolisierung von Ressourcen

# Historische Entwicklung von Cyanobakterien im Zürichsee

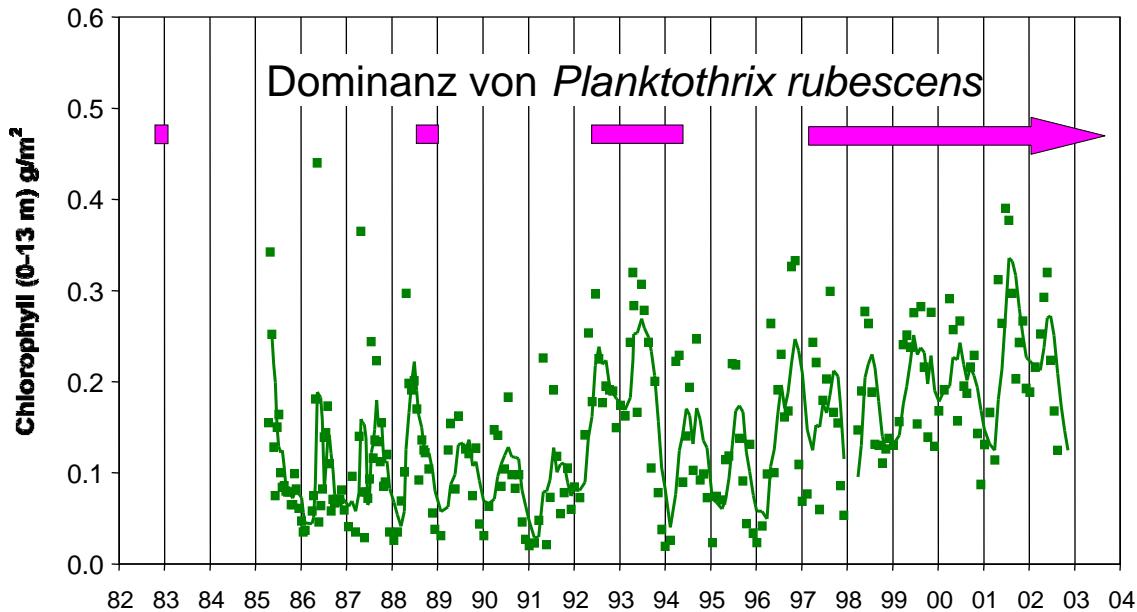
- total phosphorus  $\text{mg L}^{-1}$
- *Planktothrix rubescens*  $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$



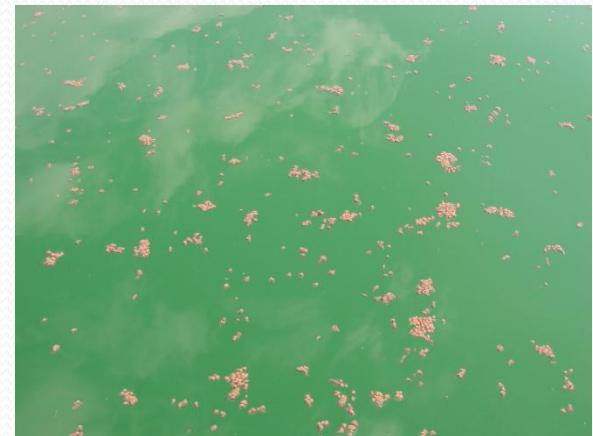
12. Österreichischer Klimatag

Datenquelle: W梓 Zürich

# Historische Entwicklung im Hallwilersee



Datenquelle: Arno Stöckli, Baudepartment, Kanton Aarau



Algenblüte, August 2006



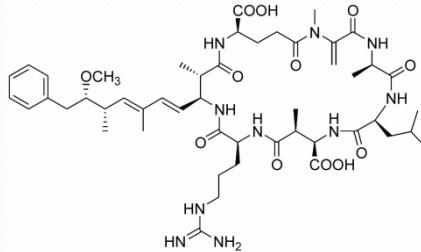
Uferzone, März 2007



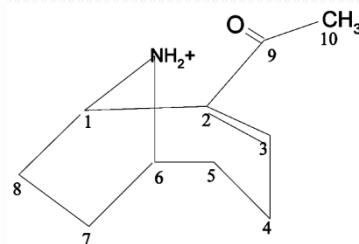
*Planktothrix rubescens*, 400x Vergrösserung

# Toxine die von **Planktothrix** produziert werden

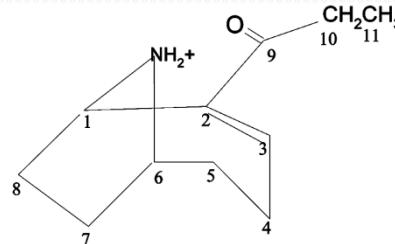
Toxin	Stoffklasse	Wirkung auf Säugetiere	Produzenten
Microcystine	Peptide	Hepatotoxine, Tumorpromotoren	Anabaena, Microcystis, Nostoc, Planktothrix
(Homo)anatoxin-a	Alkaloide	Neurotoxine	Anabaena, Oscillatoria, Phormidium, Planktothrix
Saxitoxine	Alkaloide	Neurotoxine	Anabaena, Lyngbya, Cylindrospermopsis,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



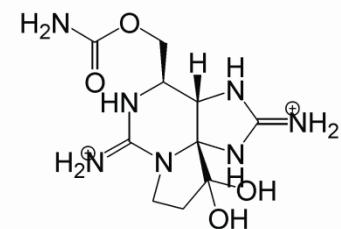
Microcystin



Anatoxin-a

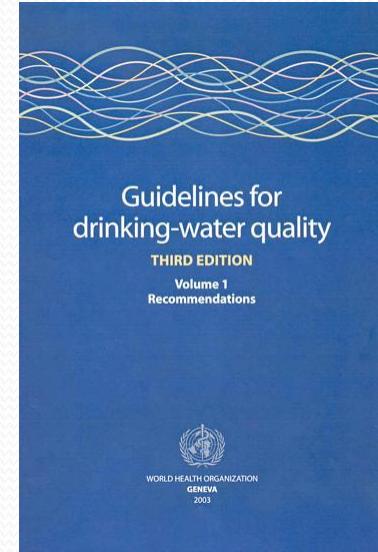
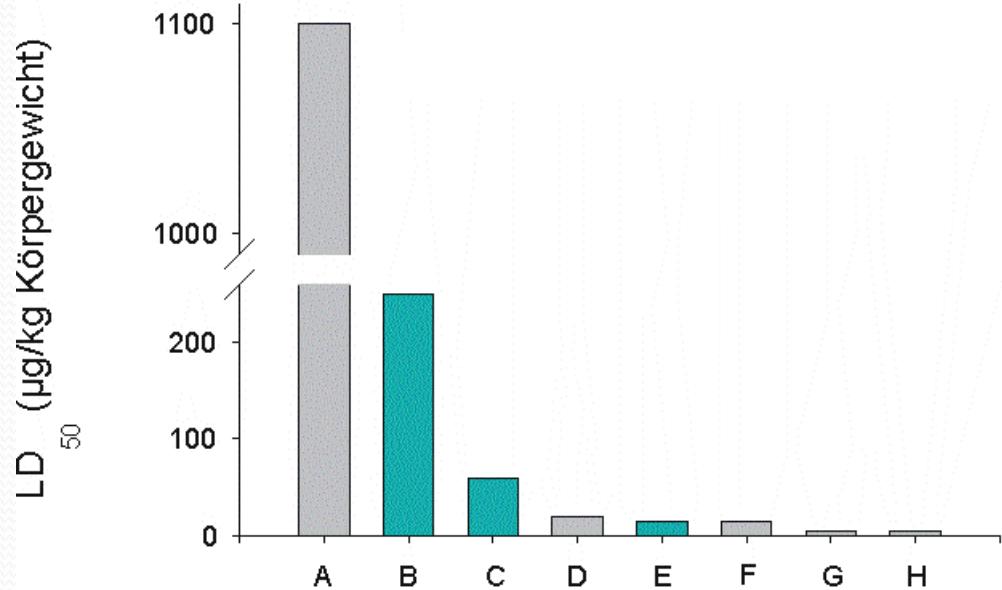


Homo Anatoxin-a



Saxitoxin

# Cyanobakterien Toxine im Vergleich



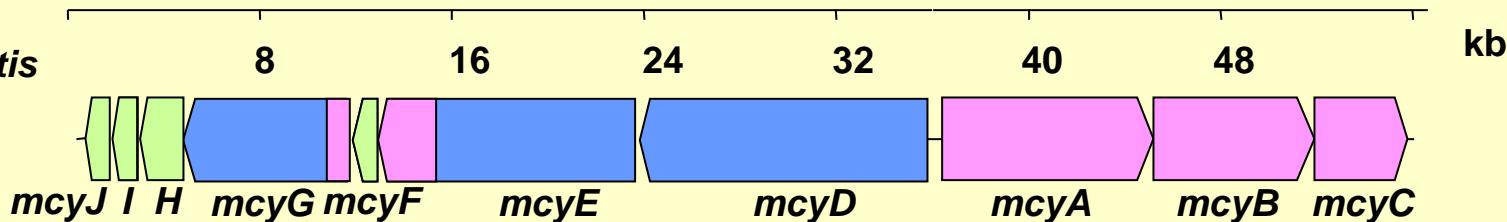
WHO Grenzwert für  
 Trinkwasser ( $1 \mu\text{g MC-LR L}^{-1}$ )

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

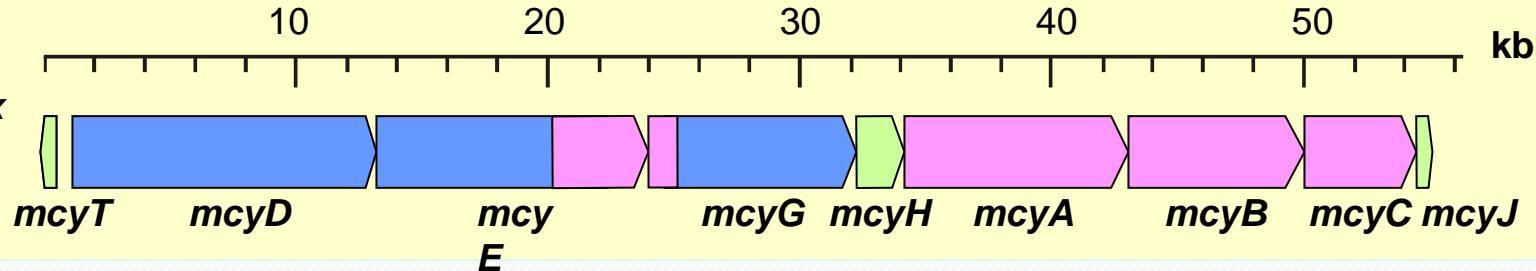
Skulberg et al. 1984, Ambio 13:244

# Die genetische Basis der Microcystin Synthese

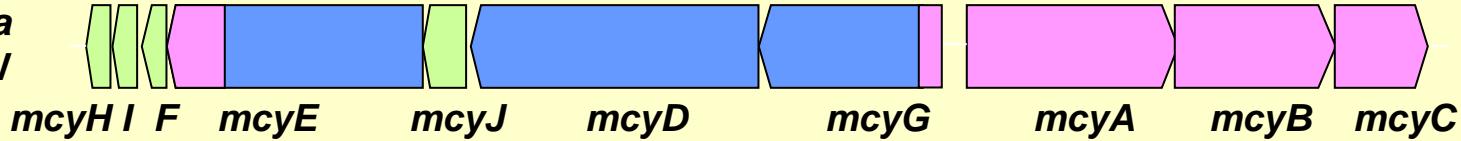
*Microcystis*  
Section I



*Planktothrix*  
Section III



*Anabaena*  
Section IV



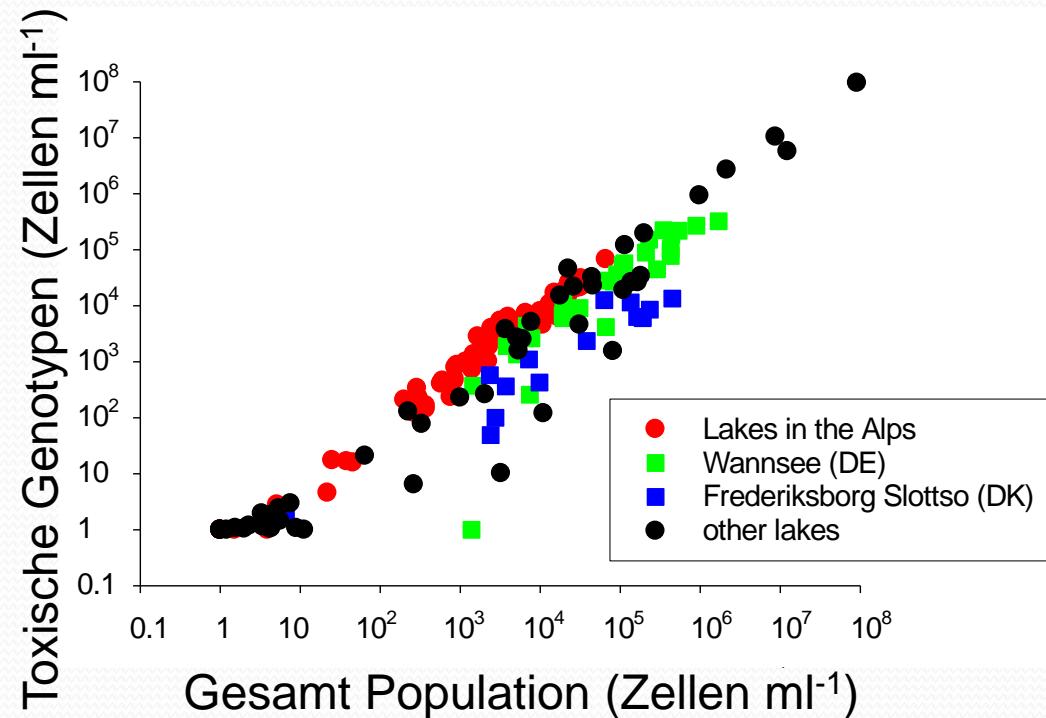
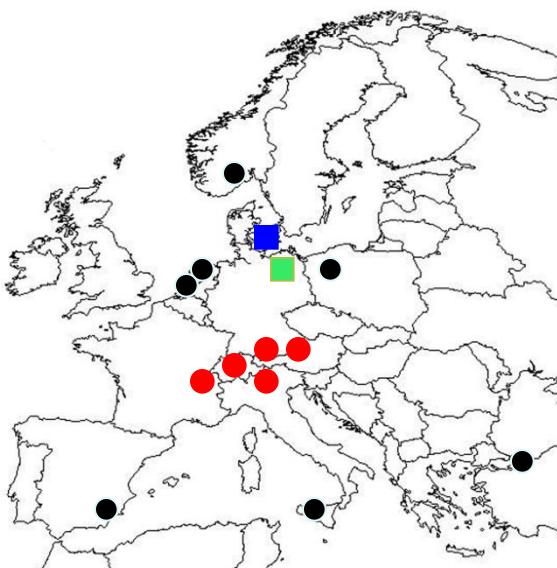
■ = Peptid Synthetase   ■ = Polyketide Synthase   ■ = Tailoring Enzymes

ca. 1% des Genoms

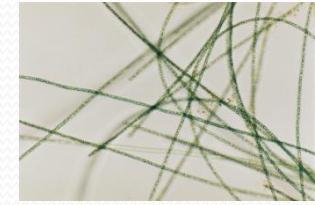
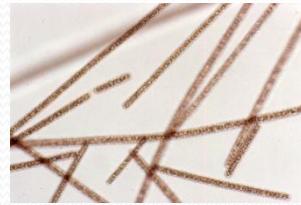
12. Österreichischer Klimatag

# Europäische Studie zur Abundanz toxischer Genotypen

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

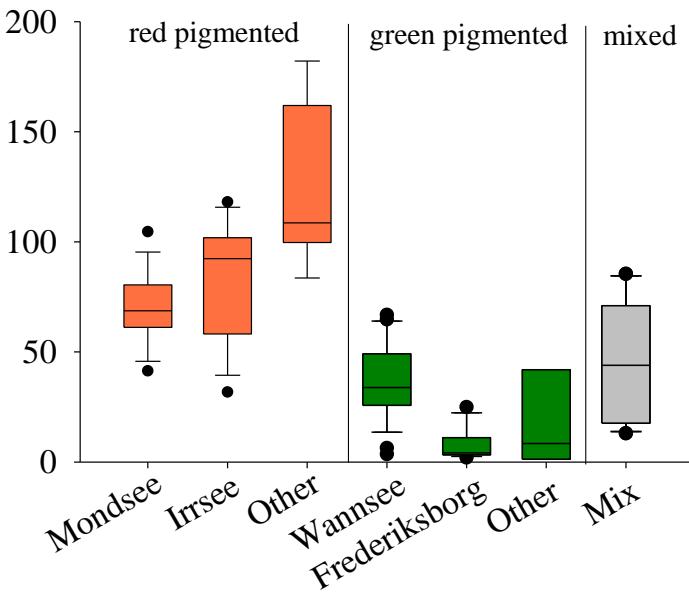
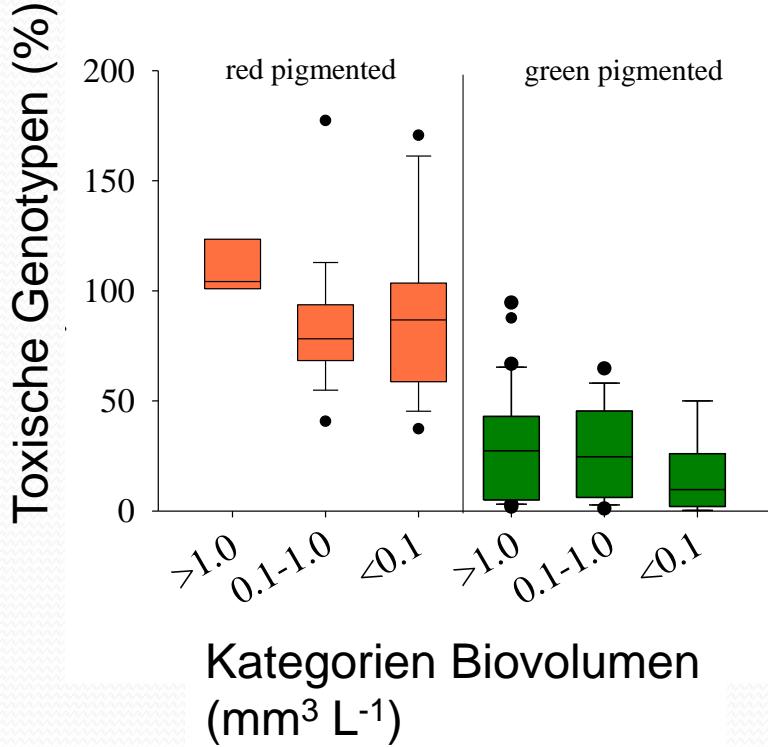


# Anteil toxischer Genotypen ist unabhängig von der Gesamtpopulation

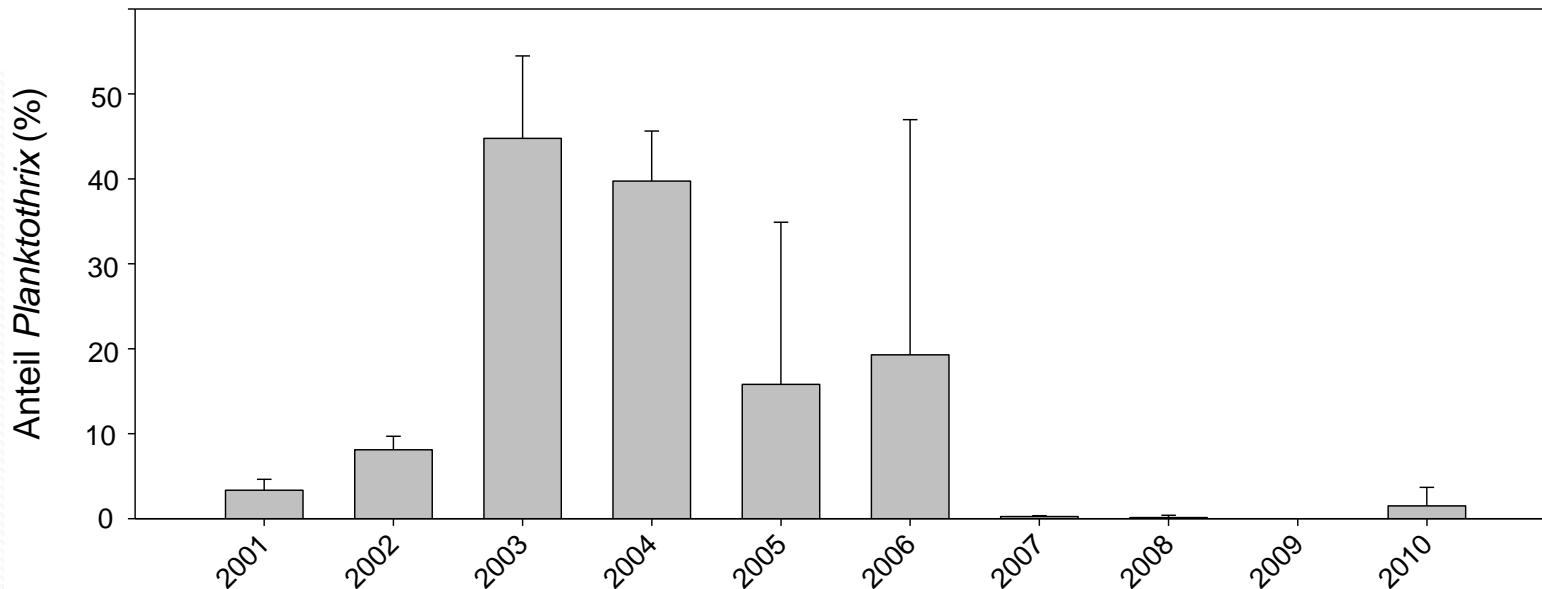
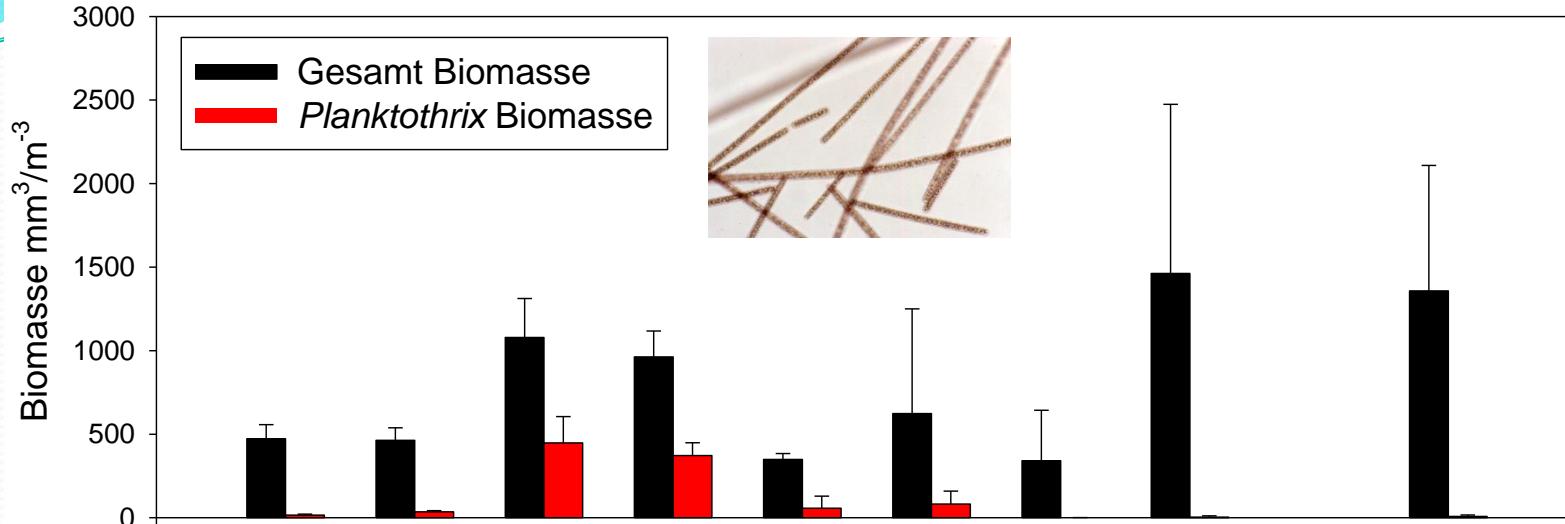


Rot pigmentiert

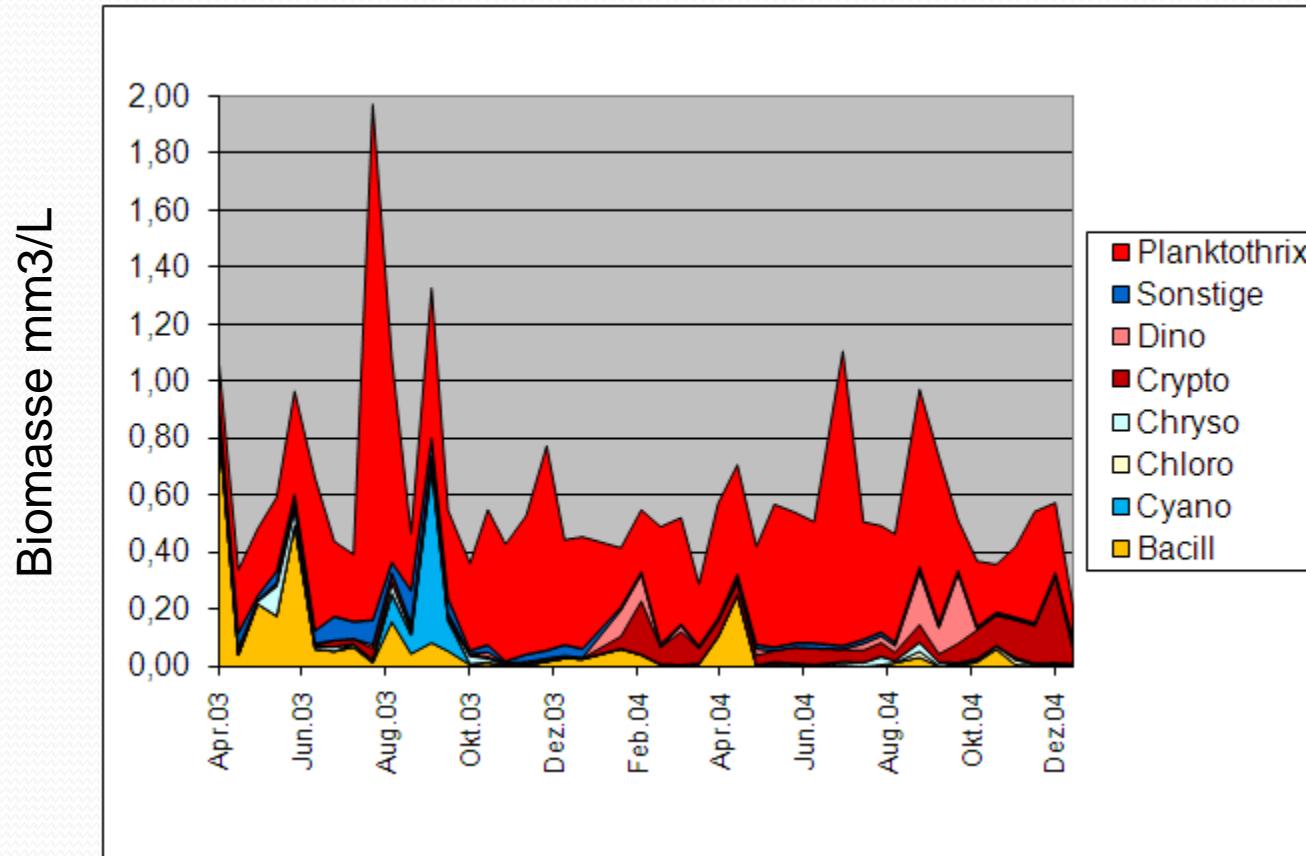
Grün pigmentiert



# Planktothrix Entwicklung im Mondsee

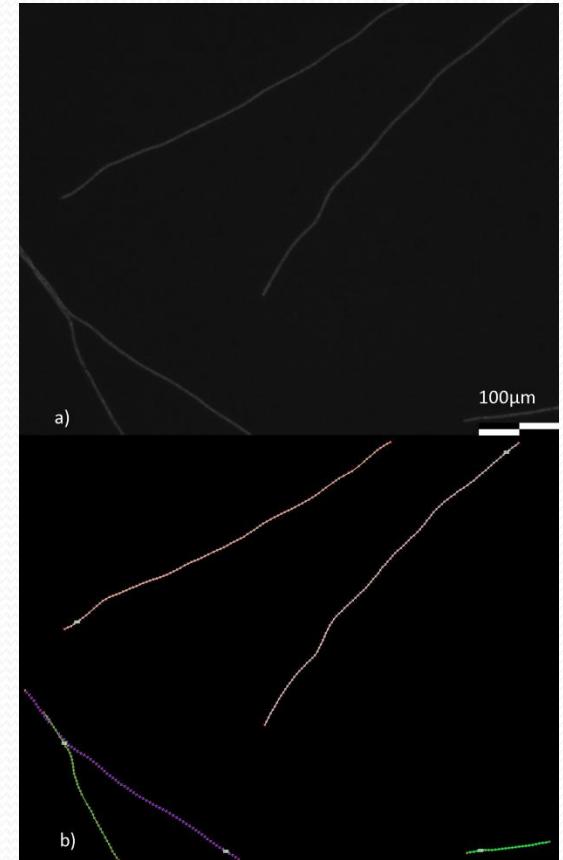
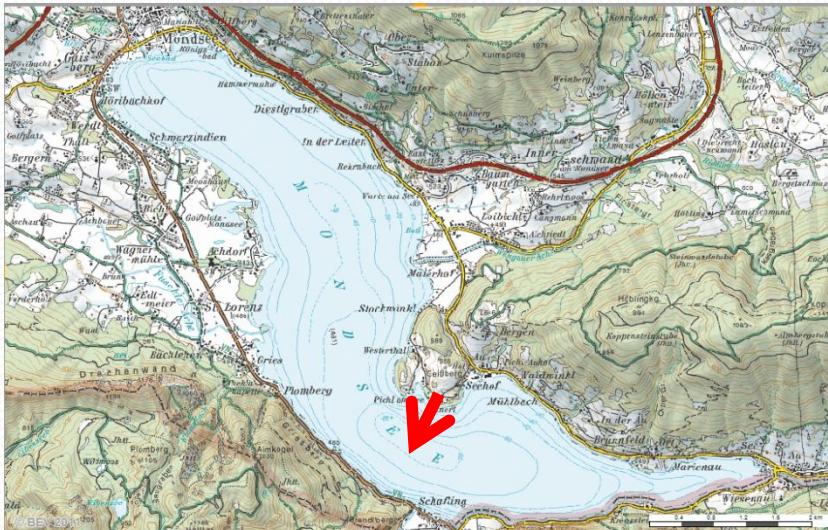


# Planktothrix im Mondsee 2003/2004

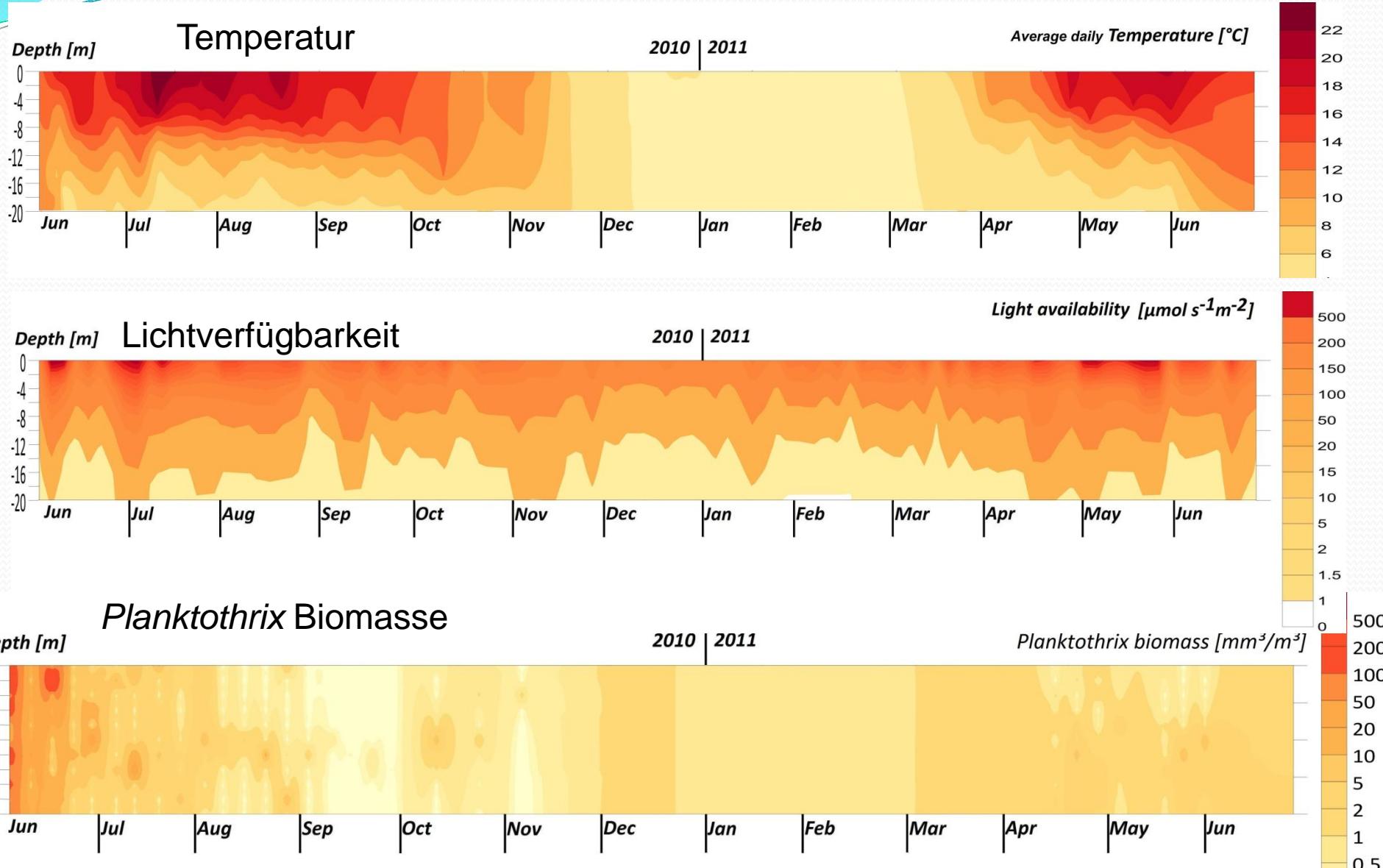


# Probenahme Mondsee 2010-2012

- 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

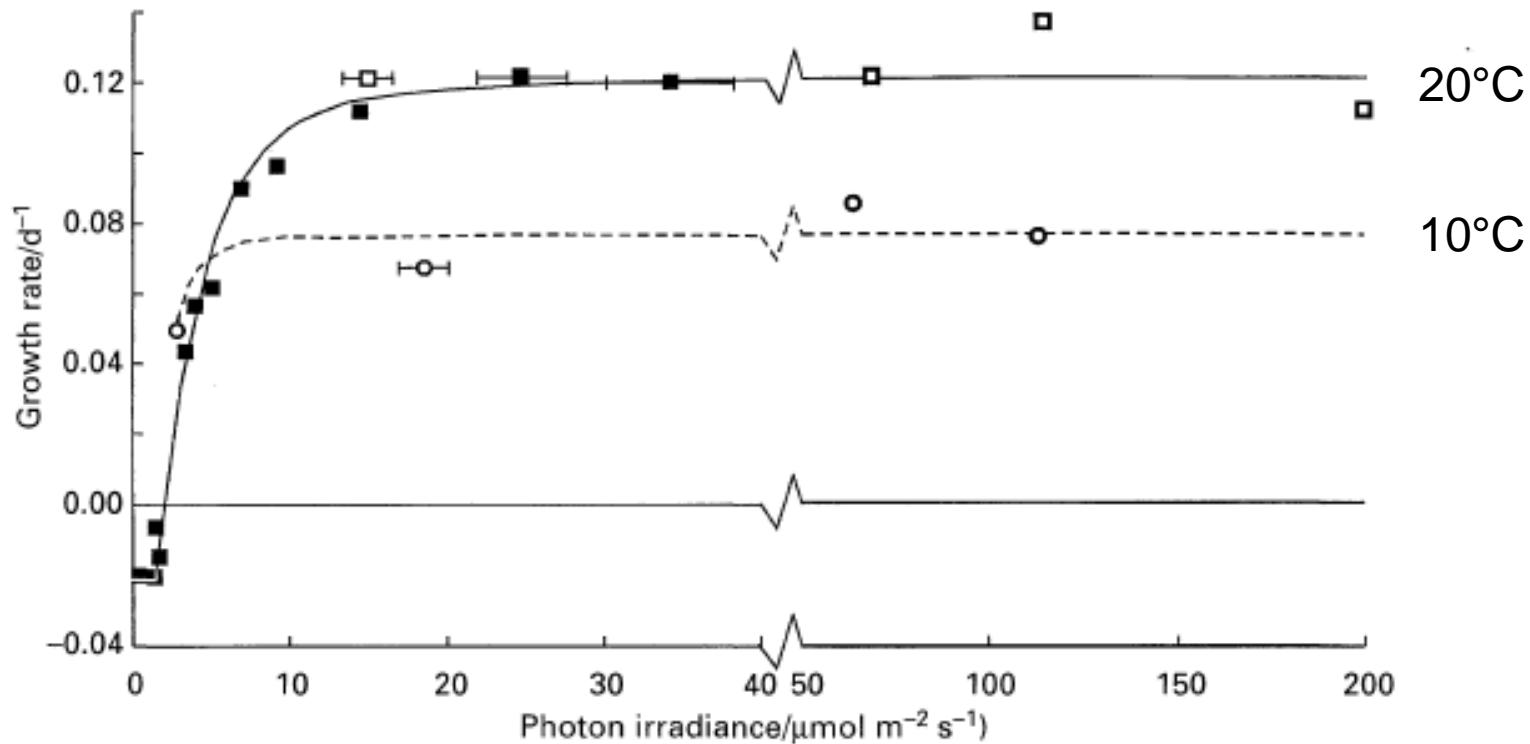


# Modellierung der Wachstumsrate von *Planktothrix rubescens*

	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 $\mu/I$	$\alpha_L d^{-1} (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$	
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	$I [\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}]$	Berechnung
	Wasseroberfläche		
	Planktothrix dichte	N [mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	Auszählung (Mikr.)
			Bright & Walsby 2000, New Phytol. 146:301

# Bestimmung der Wachstumsrate von Planktothrix

Lichtabhängige Wachstumskurve für *Planktothrix rubescens* im Labor

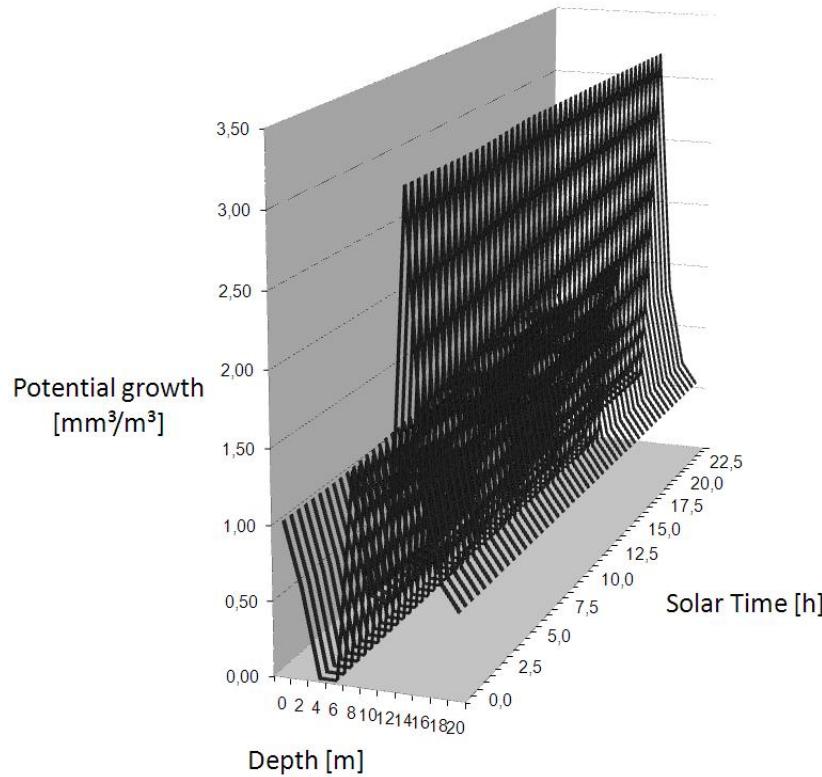


Bright & Walsby 2000, New Phytol. 146:301

12. Österreichischer Klimatag

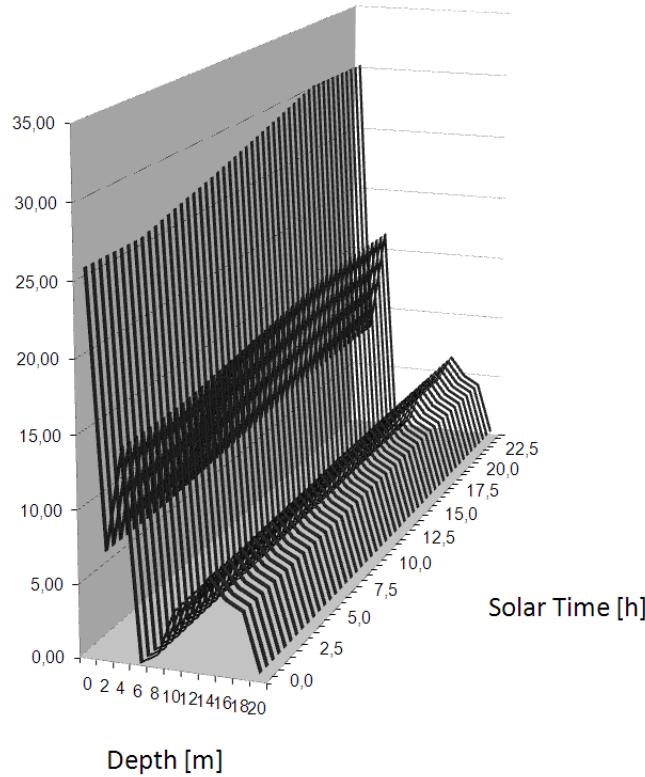
# Berechnung des Integrals des Wachstums für einzelne Tage

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



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

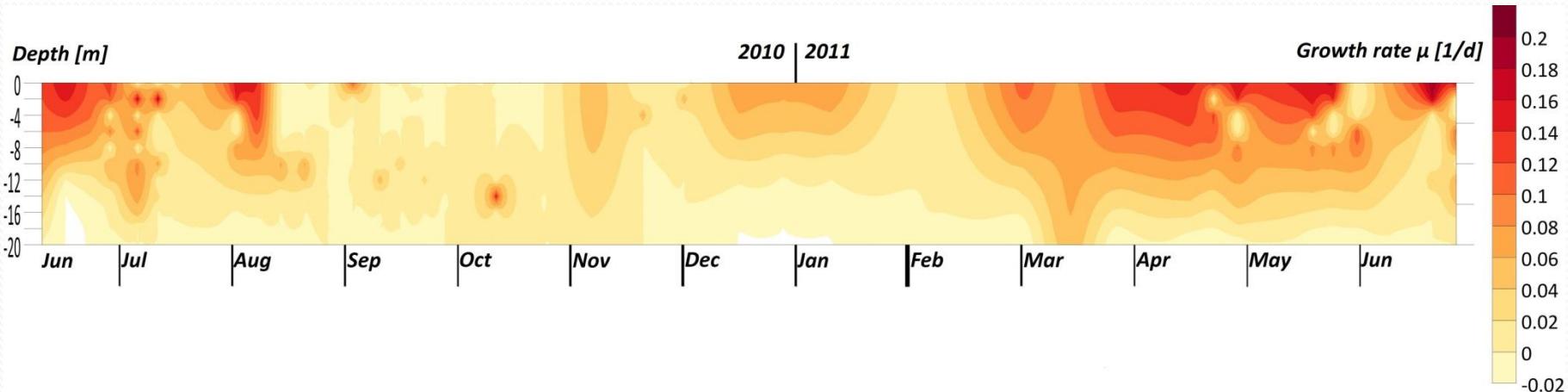
11.6.2011 (10,4 mol m<sup>-2</sup>)



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

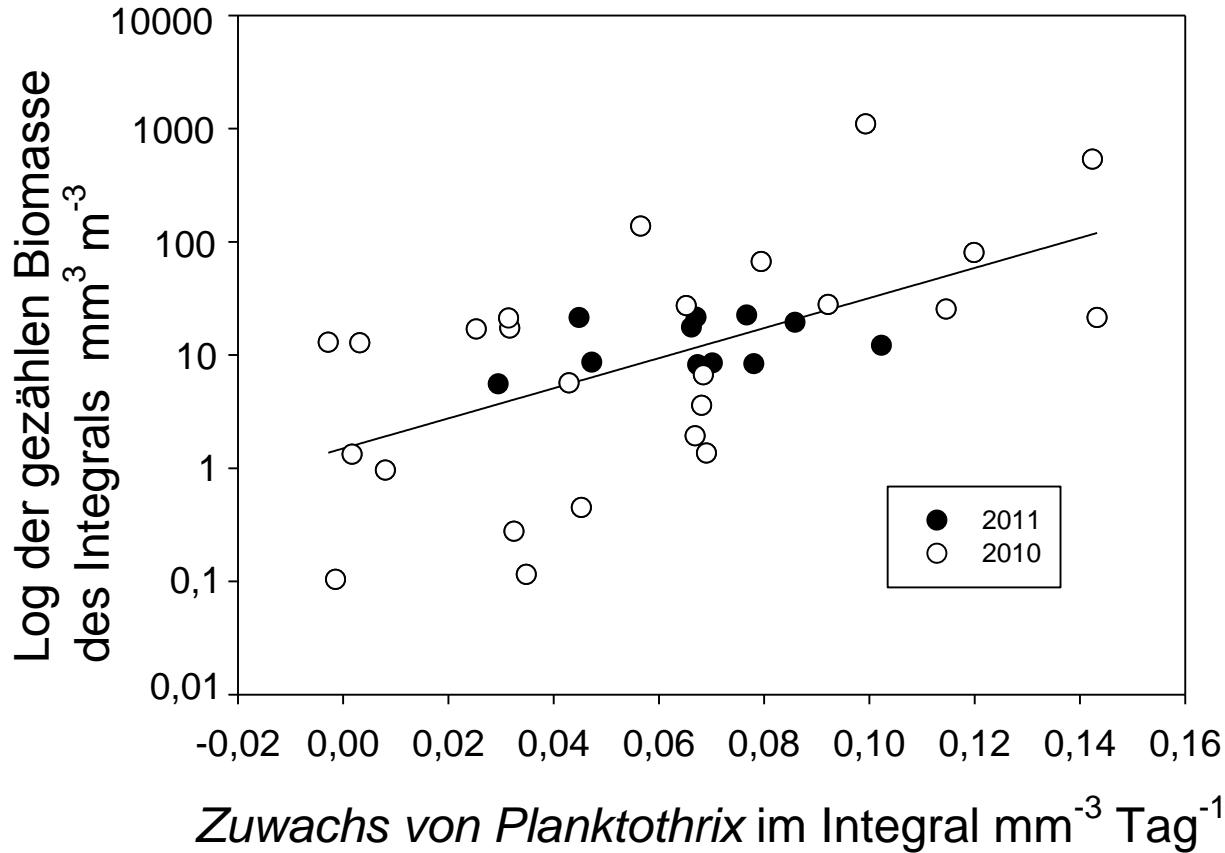
# Saisonalität in der Wachstumsrate von *Planktothrix* im Mondsee 2010-2011

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



- 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)

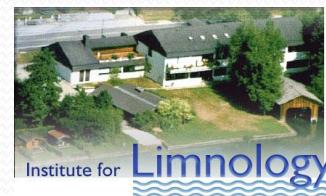


## Projekt: RADICAL

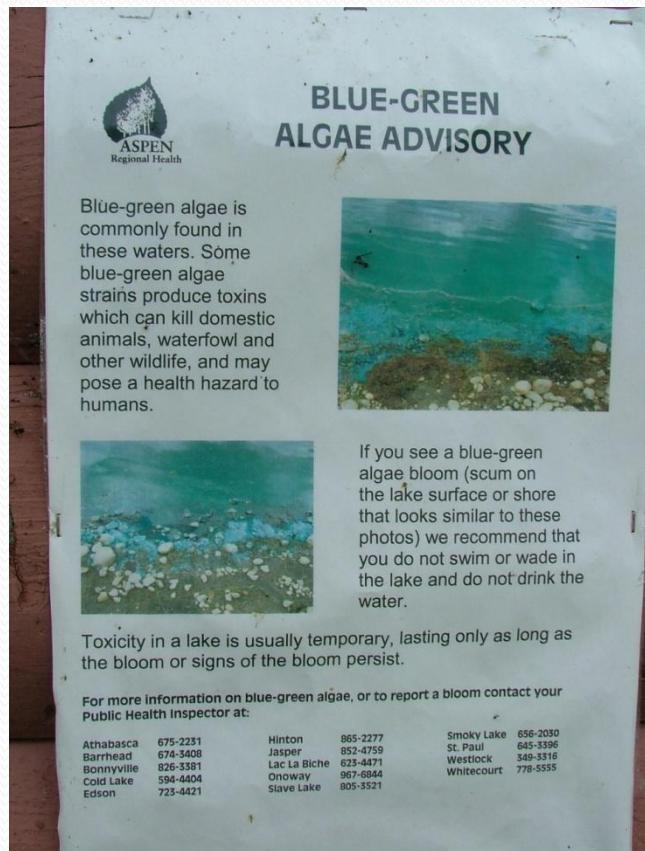
Risk Analysis of Direct and Indirect Climate effects on deep Austrian Lake Ecosystems (2010-2013)



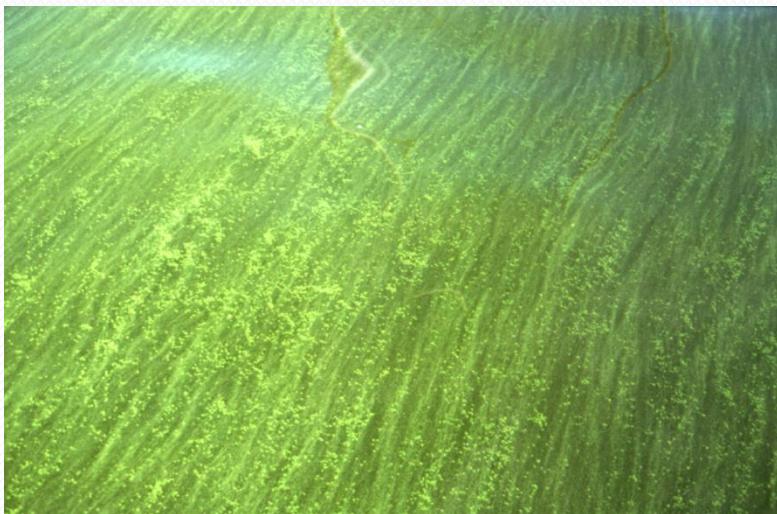
Der Wissenschaftsfonds.



# Cyanobacteria form blooms that may be toxic

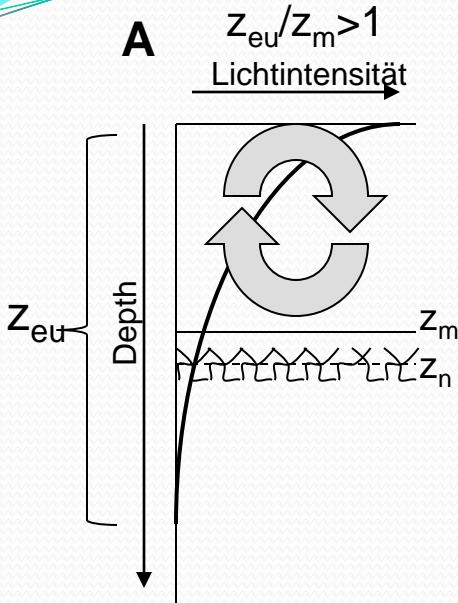


*Aphanizomenon* sp., Baptiste Lake (Alberta, Canada)

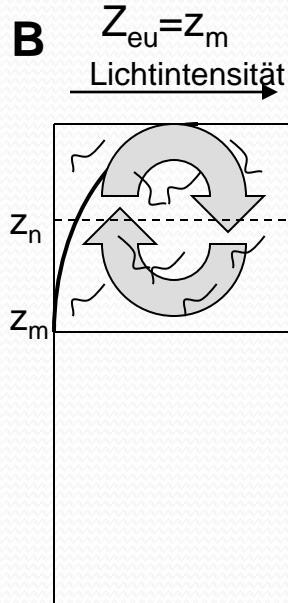


*Microcystis* sp., Lake Wannsee (Berlin, Germany)

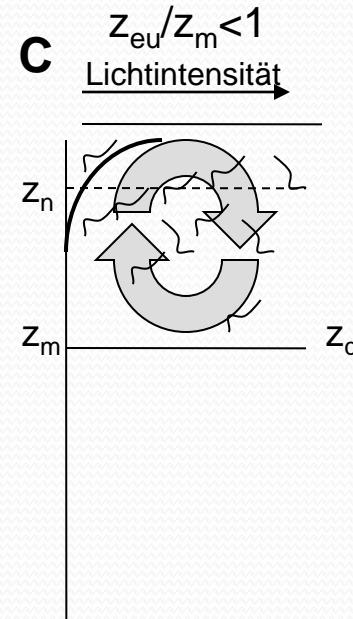
## Modellierte Szenarien



$Q_v > Q_n$ , 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 zugeschichtet) Einstrahlung für ein Filament,  $Q_n$ , Einstrahlung für den neutralen Schwebezustand  $Q_v$  der  $Q_v = Q_n$



$Q_v > Q_n$ , 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

# Climate change and the development of toxic cyanobacterial blooms

