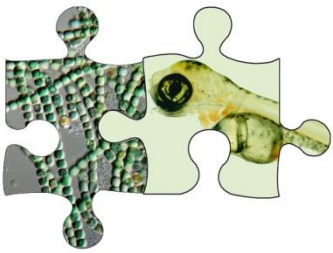


# Modellierung der Auswirkung veränderlicher Umweltbedingungen auf das Algenwachstum

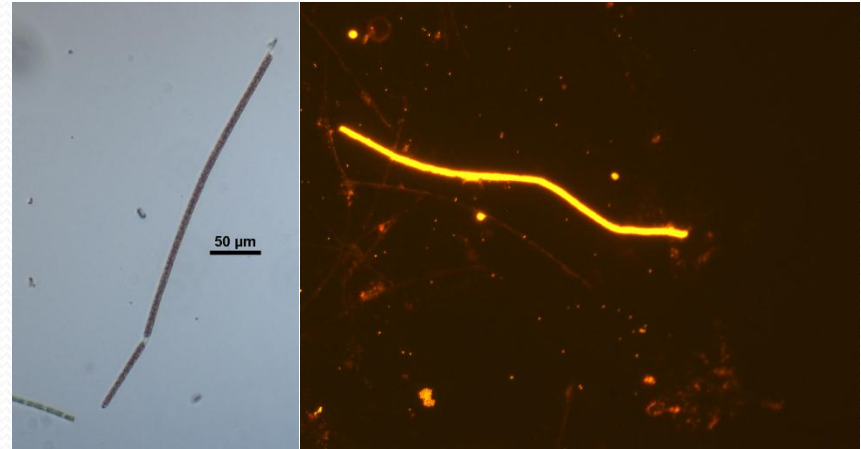
Philipp Trummer, Rainer Kurmayer,  
Institut für Limnologie der ÖAW, Mondsee



SIL Tagung Pörschach



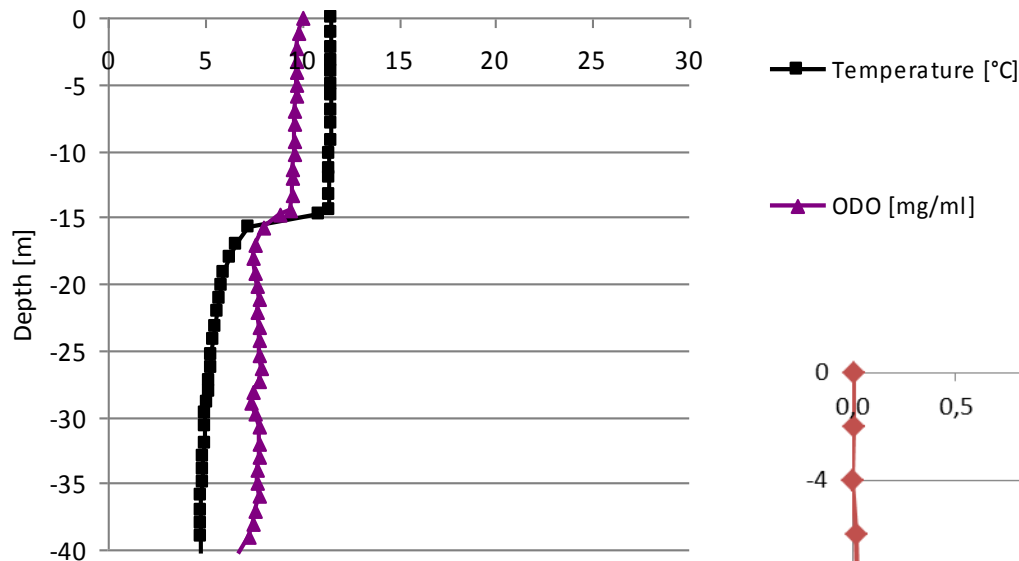
## *Planktothrix* (Oscillatoriaceae) in tiefen Voralpenseen



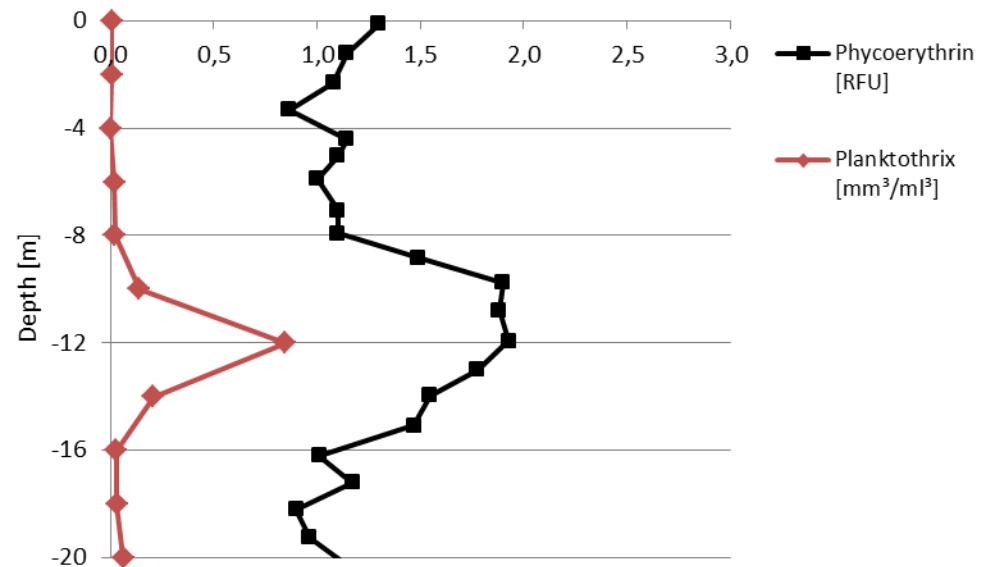
### *Planktothrix rubescens*

- Filamentbildendes Cyanobakterium
- Pigment Phycoerythrin als Anpassung an niedrige Lichtverfügbarkeit
- Gasvesikel erlauben Einschichtung im Metalimnion und Blütenbildung an der Gewässeroberfläche
- Mögliche Umweltgefährdung durch toxische Sekundärmetaboliten wie das Heptapeptid Microcystin

# Einschichtung von Planktothrix in der Wassersäule



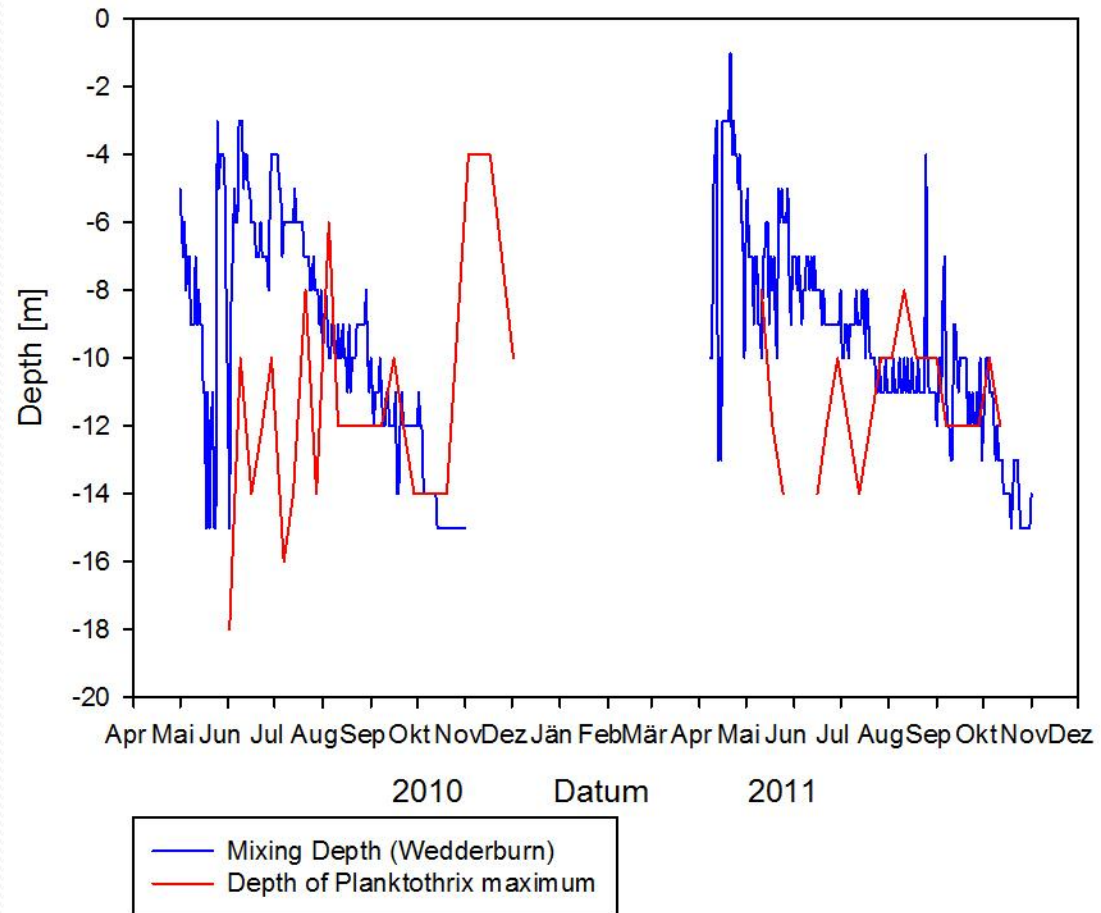
Eingeschichtete  
*Planktothrix*-Population  
am 14.09.11



# Einschichtung von Planktothrix in der Wassersäule

Mixing Depth: Tiefe der  
Winddurchmischung

Planktothrixmaxima  
zeigen in den  
Sommermonaten eine  
Einschichtung in der  
Wassersäule unterhalb der  
Durchmischungstiefe.



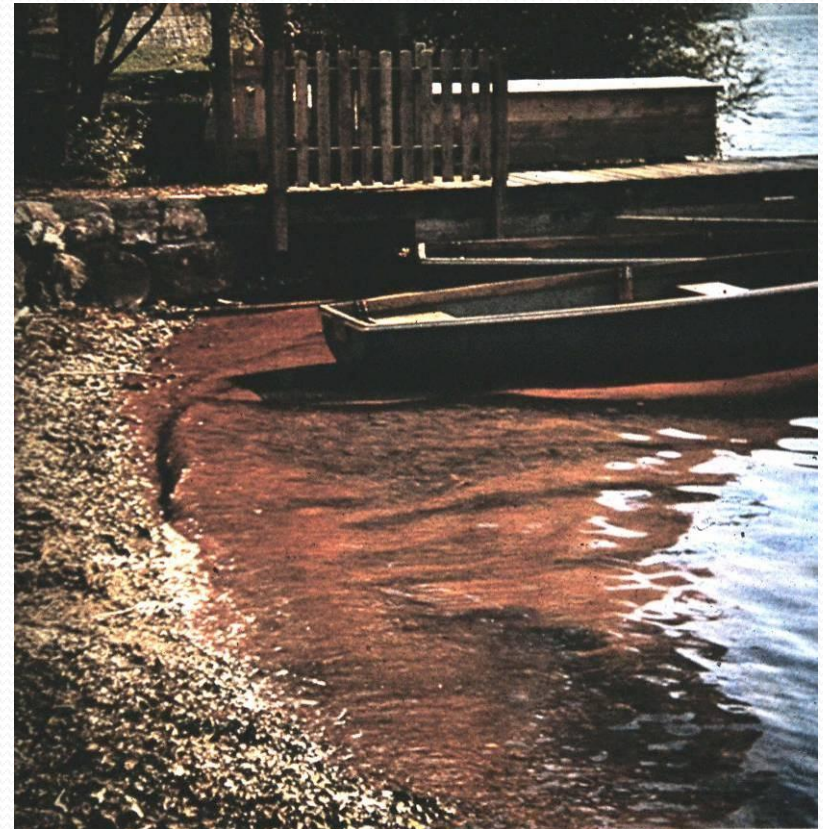


# Effekte von Algenblüten

- + ) schädlich (Toxine)
- + ) Verlust der Biodiversität, irreversible Veränderung des Ökosystems

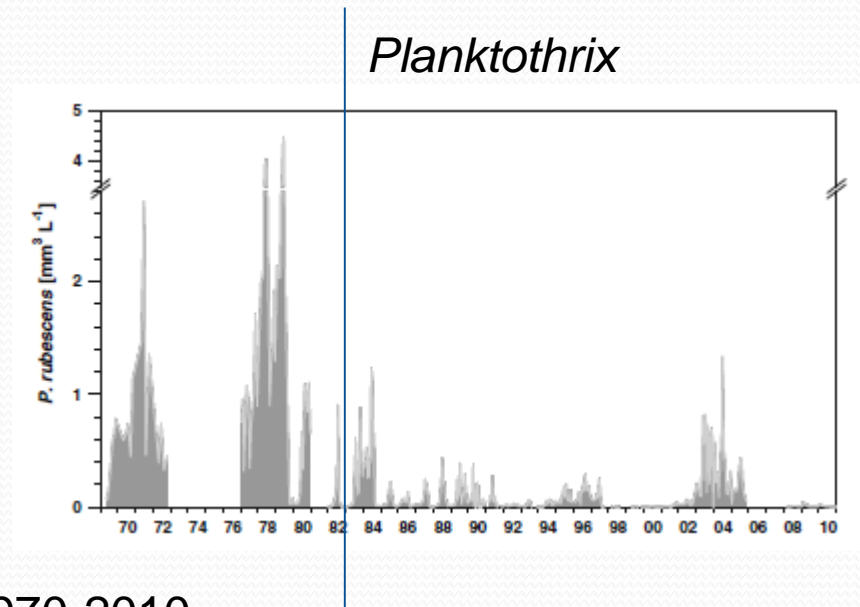
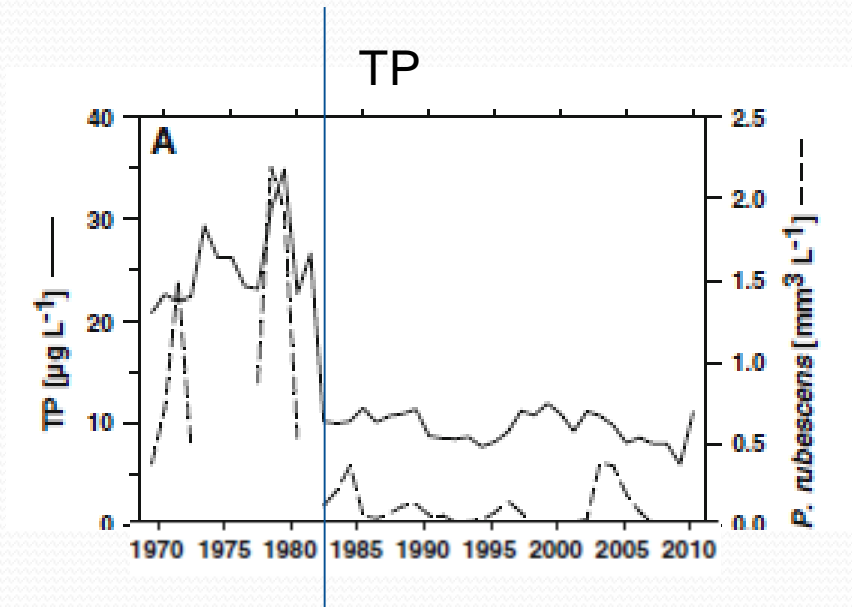
## Kosten

- + ) unmittelbar (monitoring, Wasseraufbereitung, Alternativen)
- + ) Langzeitkosten (Verringerung des Eintrags der Nährstoffe)
- + ) Reduktion des Erholungswertes



Mondsee, *P. rubescens* bloom, shoreline near Scharfling, approx. 1973;  
Foto: © A. Jagsch (BAW Scharfling)

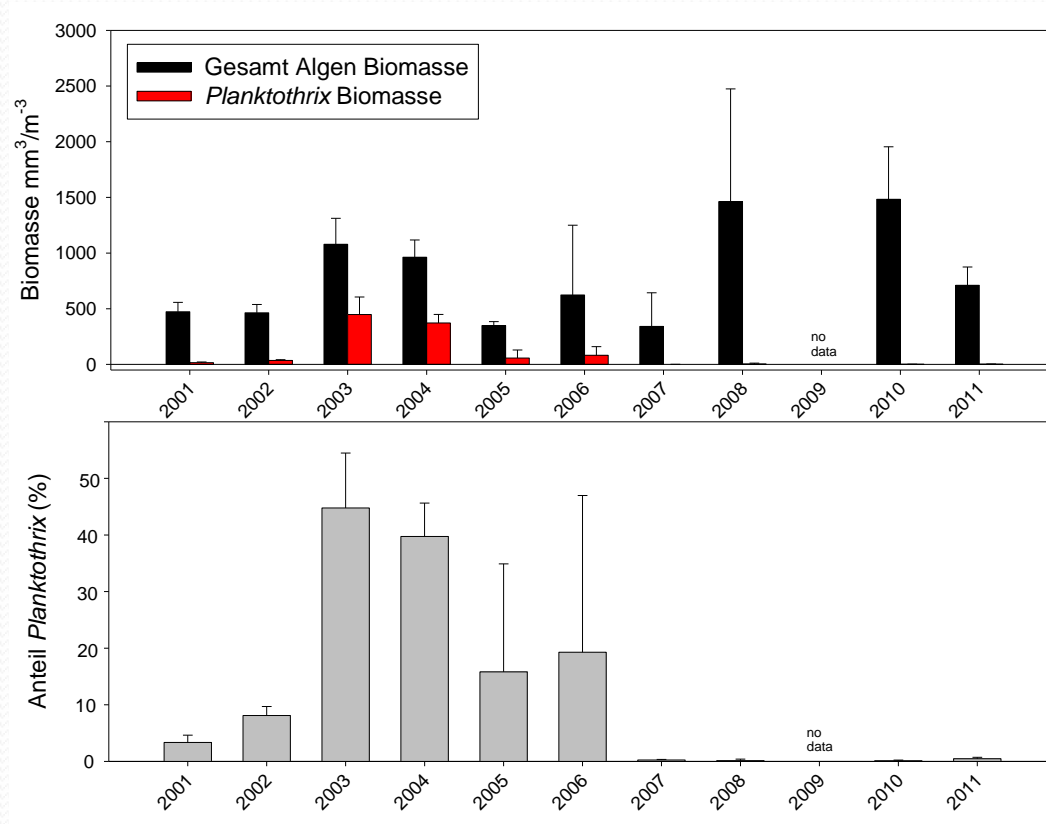
# Langzeit Algenwachstum am Mondsee



Years 1970-2010

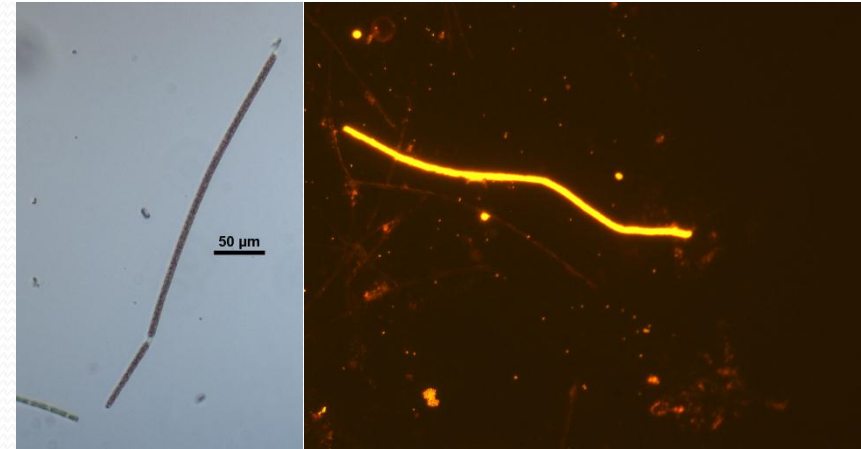
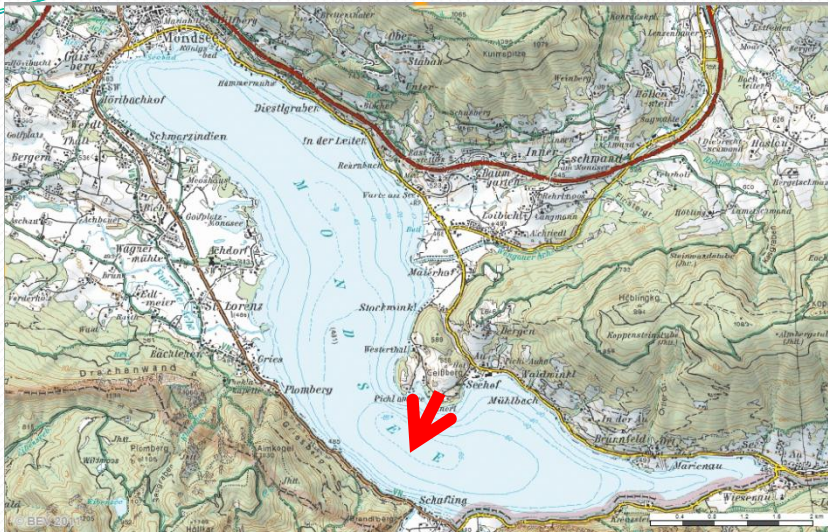
Seit 1983 gibt es zwischen Total Phosphor gehalt und *Planktothrix* biovolume keine Korrelation, dh. Es sind Faktoren wie Licht und Temperatur, die entscheidend sind

# Entwicklung von Planktothrix in den letzten 10 Jahren



Trotz gleichbleibenden TP Gehalt variiert die Planktothrixbiomasse beträchtlich, andere Faktoren wie Temperatur und Lichtklima müssen das Wachstum beeinflussen

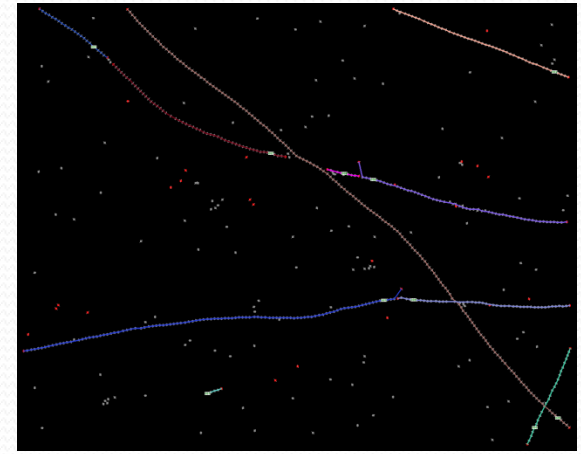
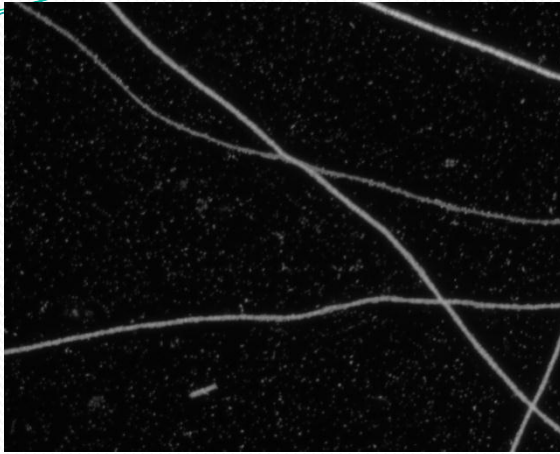
# Probenahme



- Probenahme am tiefsten Punkt des Sees im Zeitraum von Frühjahr 2010 bis Frühjahr 2011
- Während der Schichtungsperiode Probenahme in 2m - Tiefenstufen von 0-20m
- Bestimmung von Secchitiefe und Attenuation
- Bestimmung von Phytoplanktonzusammensetzung, Totalphosphor und Chlorophyllgehalt im Labor



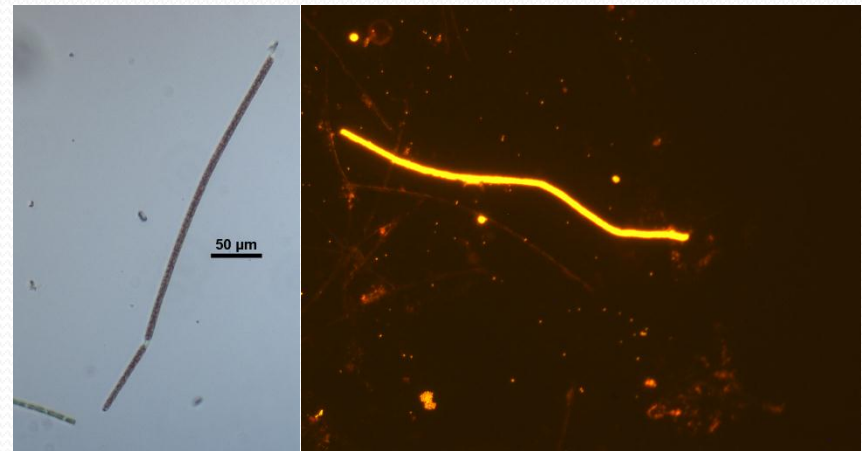
## Dichtebestimmung



- Zählung der autofluoreszenten Filamente mit Epifluoreszenzmikroskop (Zeiss)
- Zählung und Vermessung der Filamente je nach Planktothrixdichte händisch (NIS-Elements) oder mit einem semiautomatischen Zählprogramm (Planktotriquant)



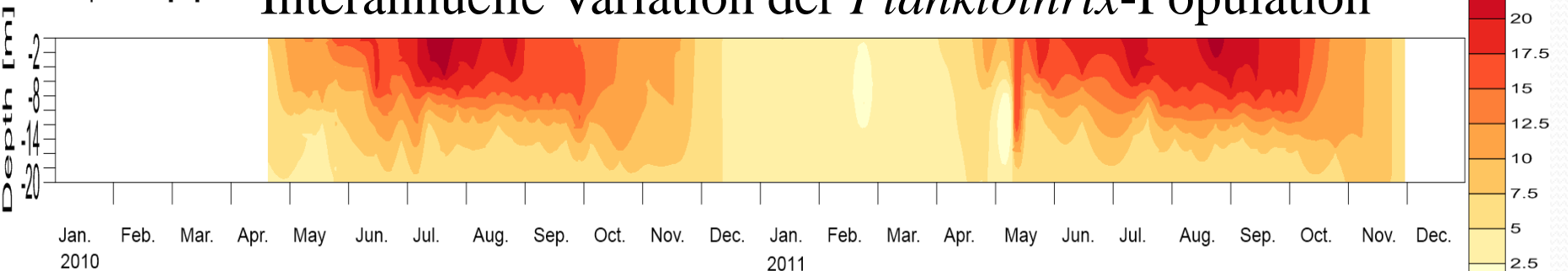
## Temperatur- und Wetterdaten



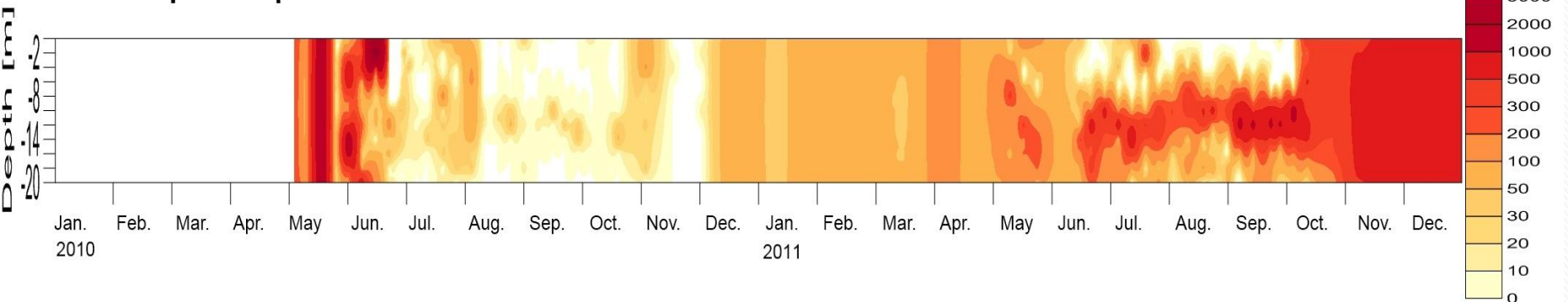
- Stündliche Messung der Wassertemperatur durch Messkette
- Kontinuierliche Messung der Globalstrahlung und Wind durch Messstation des ZAMG alle 10 Minuten

Temperature [°C]

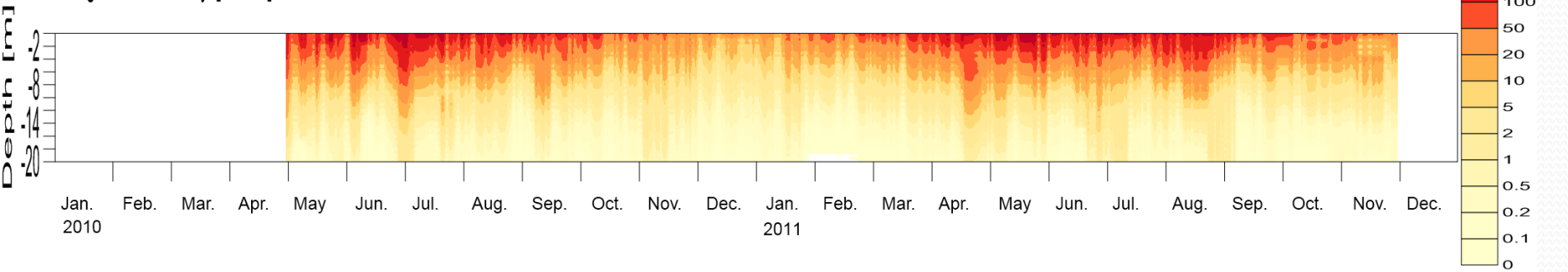
# Interannuelle Variation der *Planktothrix*-Population



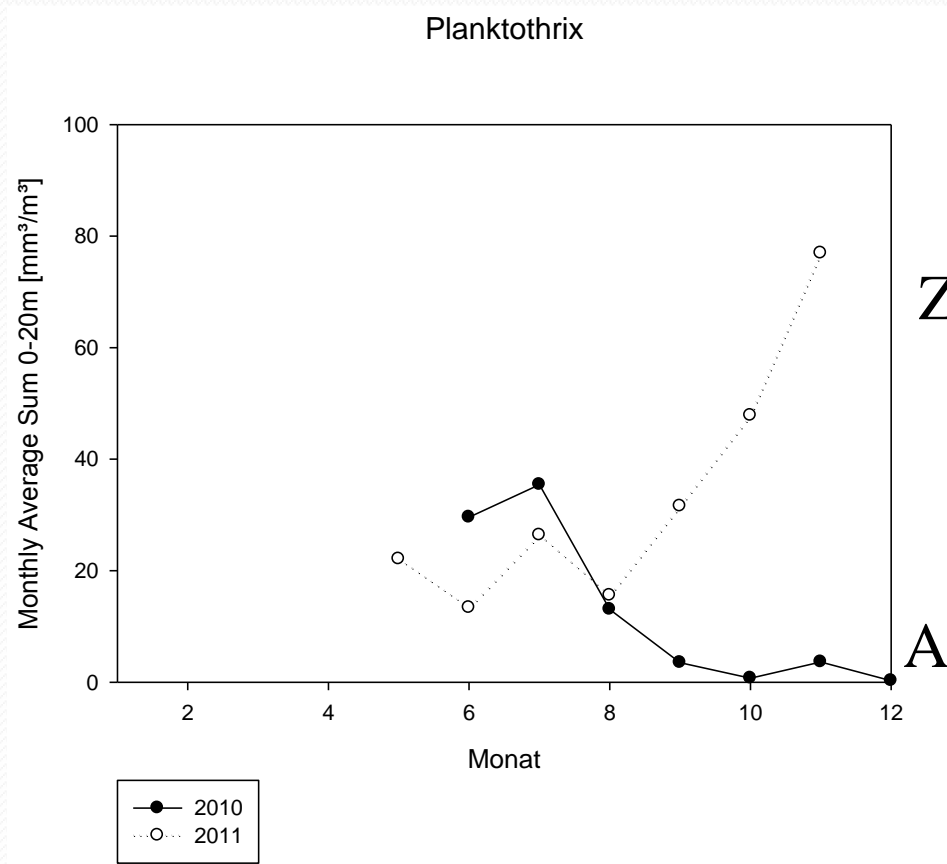
*Planktothrix* [Filaments/L]



Light Availability [W/m²]



# Planktothrixentwicklung im Mondsee 2010 - 2011



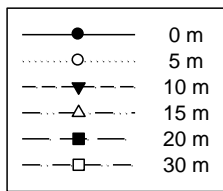
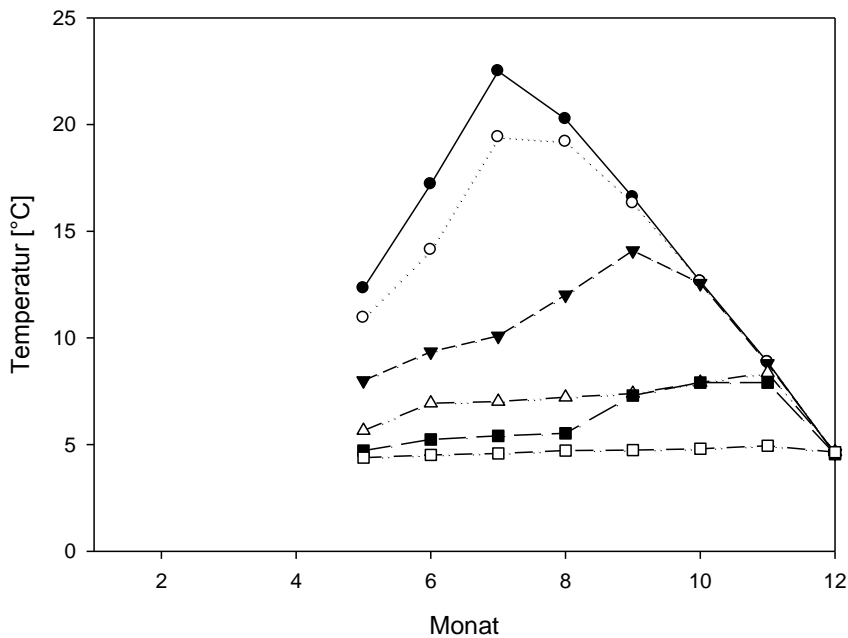
Zunahme im Jahr 2011

Abnahme im Jahr 2010

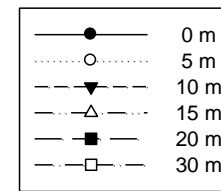
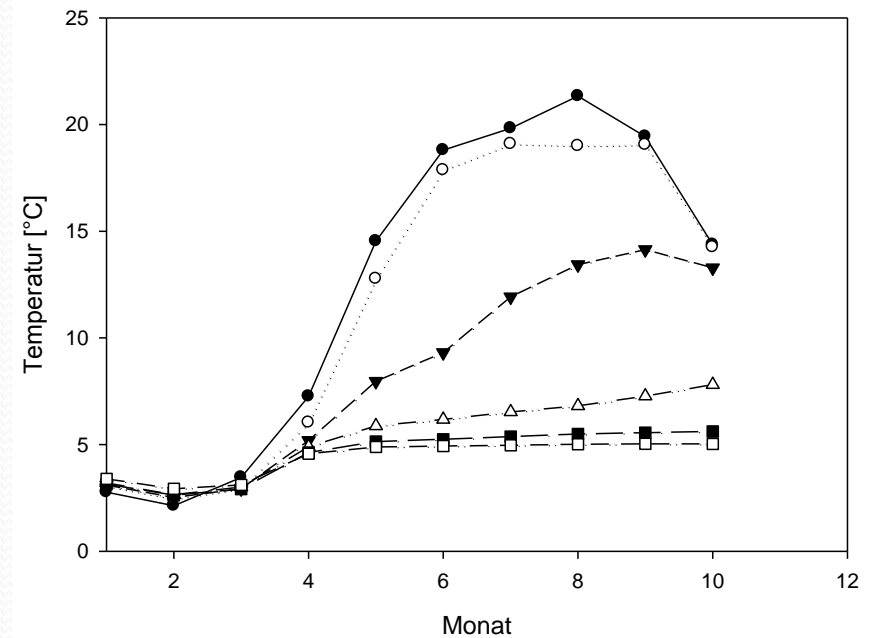


# Graduelle Unterschiede in der Temperatur 2010, 2011

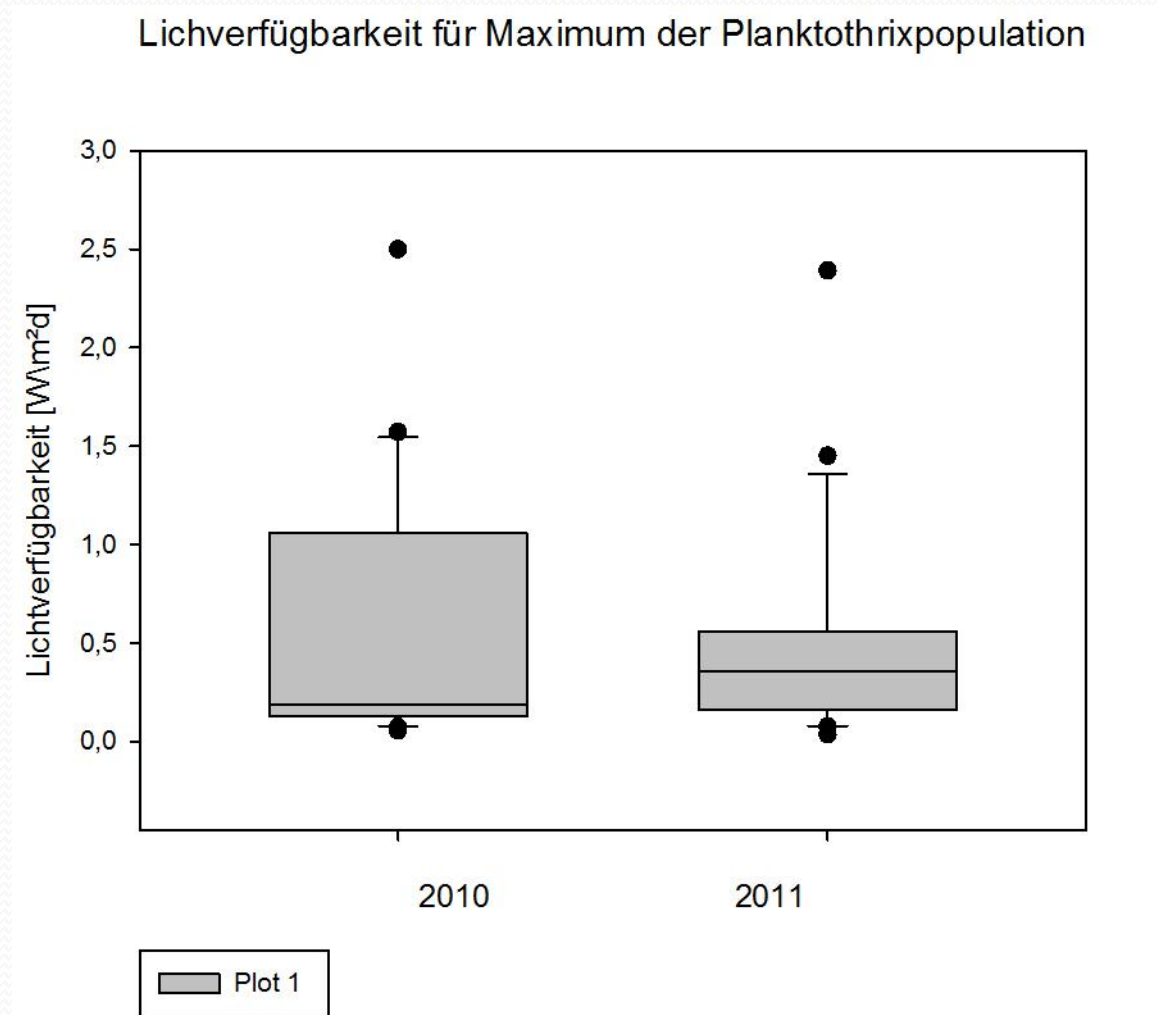
2010



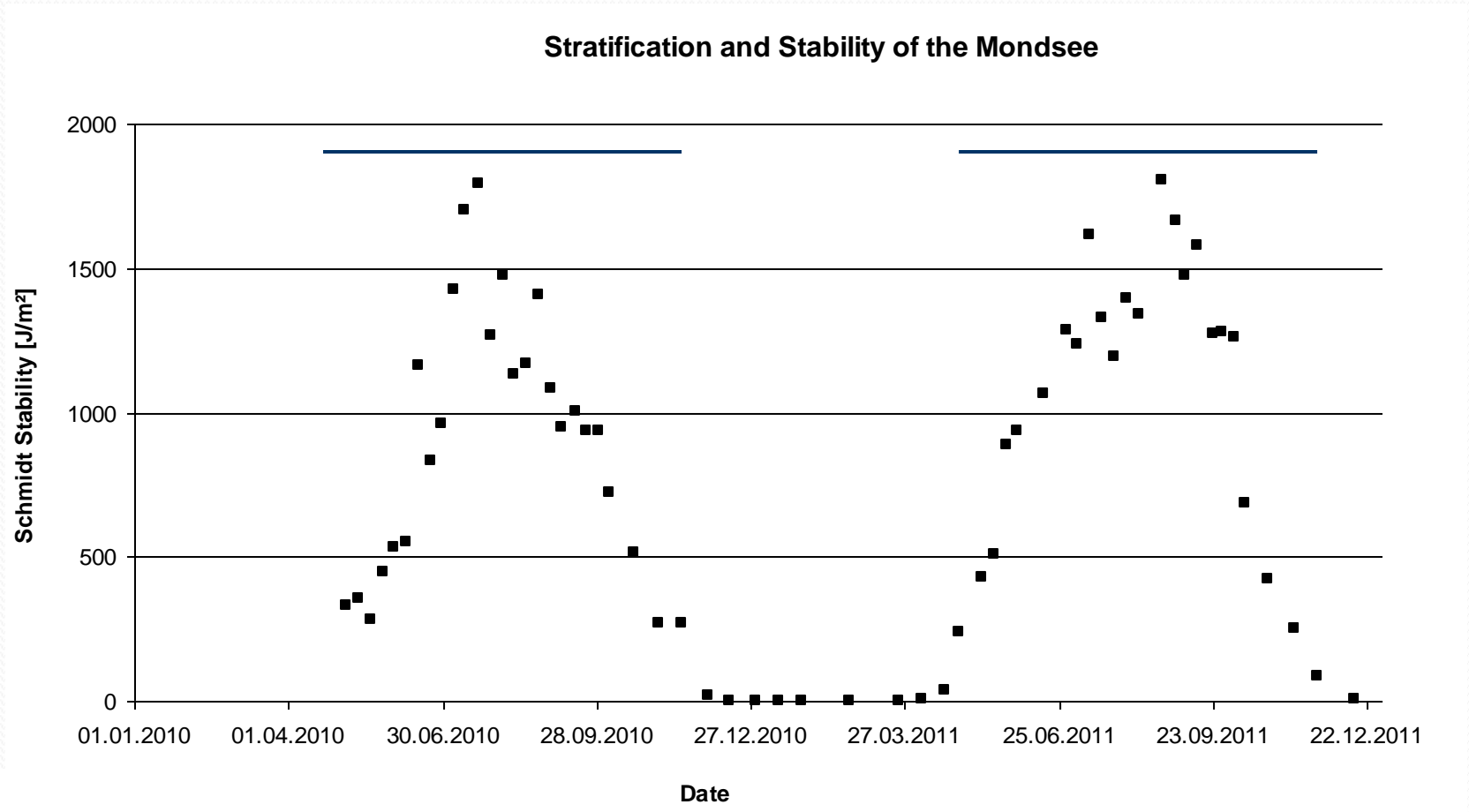
2011



# Graduelle Unterschiede in der Lichtverfügbarkeit 2010, 2011



# Schmidt'sche Stabilität



## Modellierung des *Planktothrix*-Wachstums

- Modell des Planktothrixwachstums schließt physikalische und physiologische Parameter ein
- Von Bright & Walsby für den Zürichsee entwickelt (Bright & Walsby 2000, New Phytol. 146:301)
- Berechnung des theoretisch möglichen Wachstums in 10-min Schritten für 11 Tiefenstufen von 0-20m



# Modellparameter

- Physikalische Parameter

- Windgeschwindigkeit
- Globalstrahlung
- Wassertemperatur
- Lichtattenuation

- Physiologische Parameter (Nach Literaturwerten)

- Maximale Wachstumsrate
- Wachstumsraten bei verschiedener Lichtverfügbarkeit
- $Q_{10}$

# Berechnung der Wachstumsraten

Die Wachstumsrate wird in 10-Min-Schritten von 0-20m berechnet:

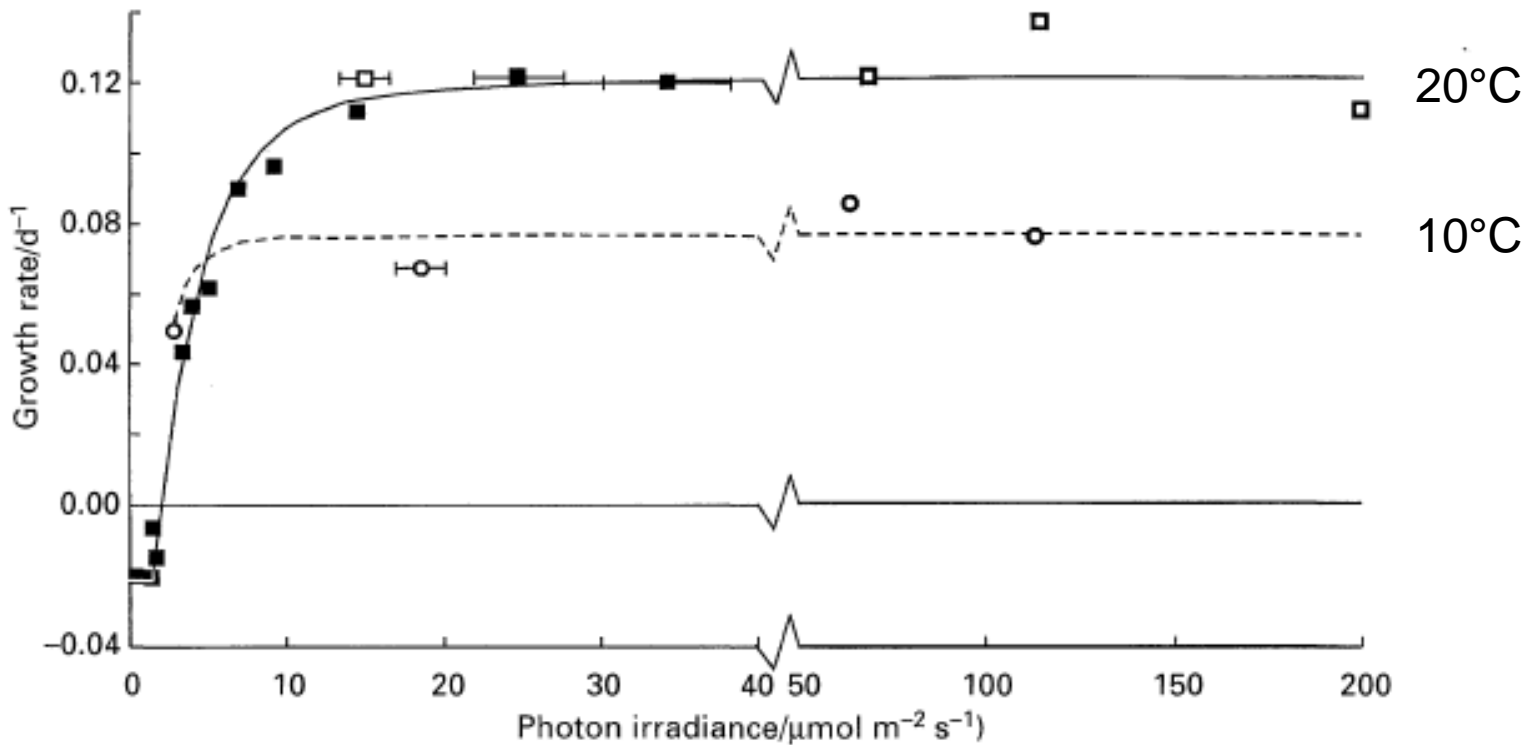
$$N_2 = N_1 e^{\mu t}$$

$$\mu_{L\Theta} = [(\phi_{Lm\Theta'} Q_{10}^{(\Theta - \Theta' / 10)})([\alpha_L (I - I_n)]) / \{[\phi_{Lm\Theta'} Q_{10}^{(\Theta - \Theta' / 10)}]^2 + \alpha_L^2 (I - I_n)^2\}^{0.5}) + \mu_D]$$

$N_i$	Population density [mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]
$\mu$	Growth rate [d <sup>-1</sup> ]
$\mu_D$	Growth rate in darkness (negative) [d <sup>-1</sup> ]
$t$	Time interval [d]
$I$	Irradiance [μmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]
$I_n$	Neutral Irradiance [μmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]
$\Theta$	Temperature [°C]
$\Theta'$	Reference Temperature [°C]
$Q_{10}$	Temperature factor
$\alpha_L$	Growth/Light gradient [(d μmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup> ]
$\Phi_{Lm}$	Maximal growth rate (light) [d <sup>-1</sup> ]

# Bestimmung der Wachstumsrate von *Planktothrix*

Lichtabhängige Wachstumskurve für *Planktothrix rubescens* im Labor

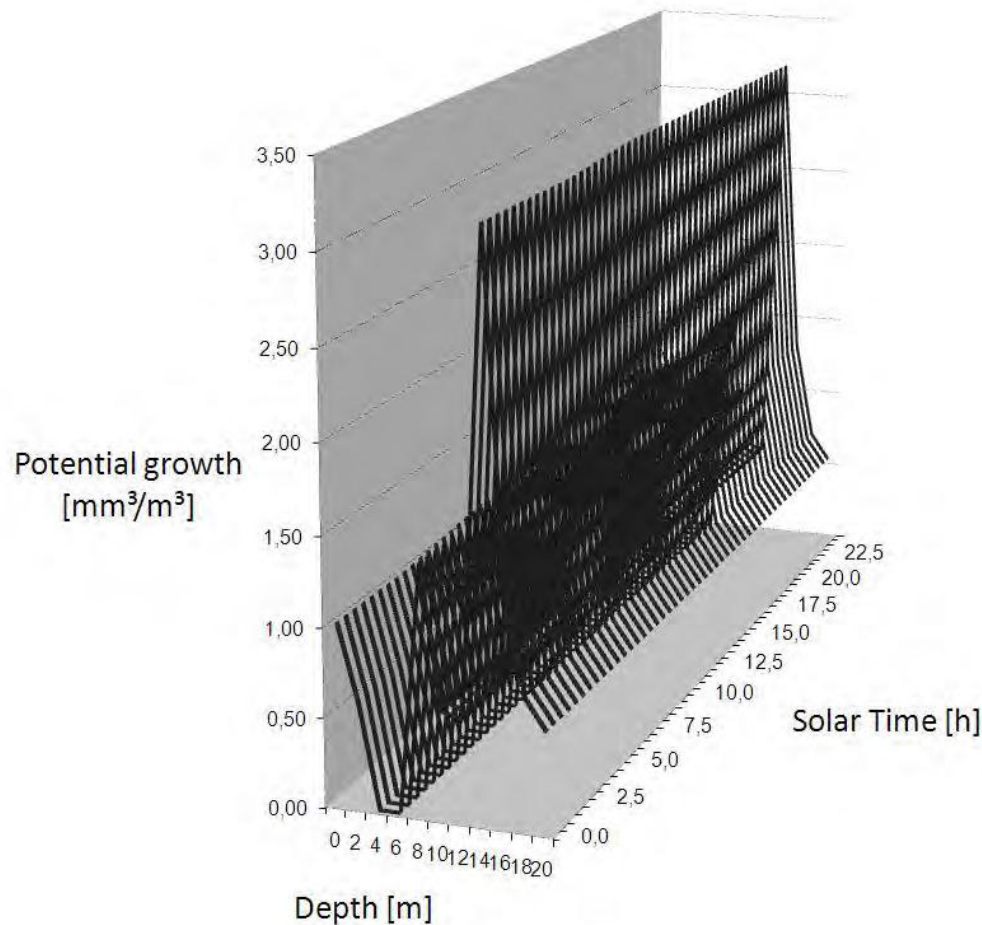


Bright & Walsby 2000, New Phytol. 146:301

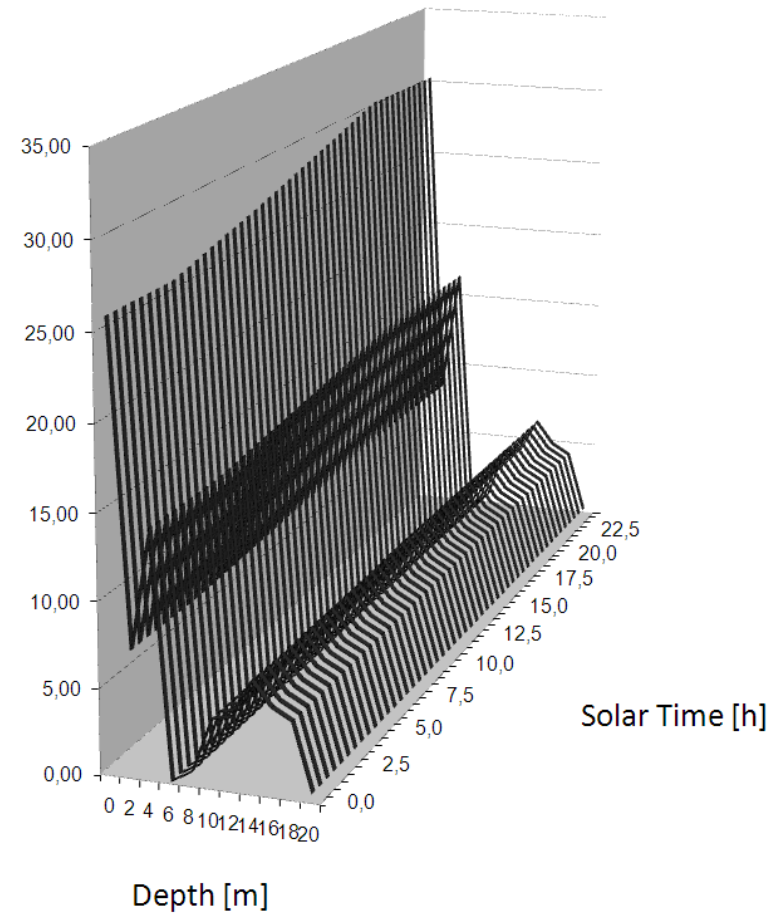
SIL Tagung Pörschach

# Beispiel für zwei Sommertage

18.06.11

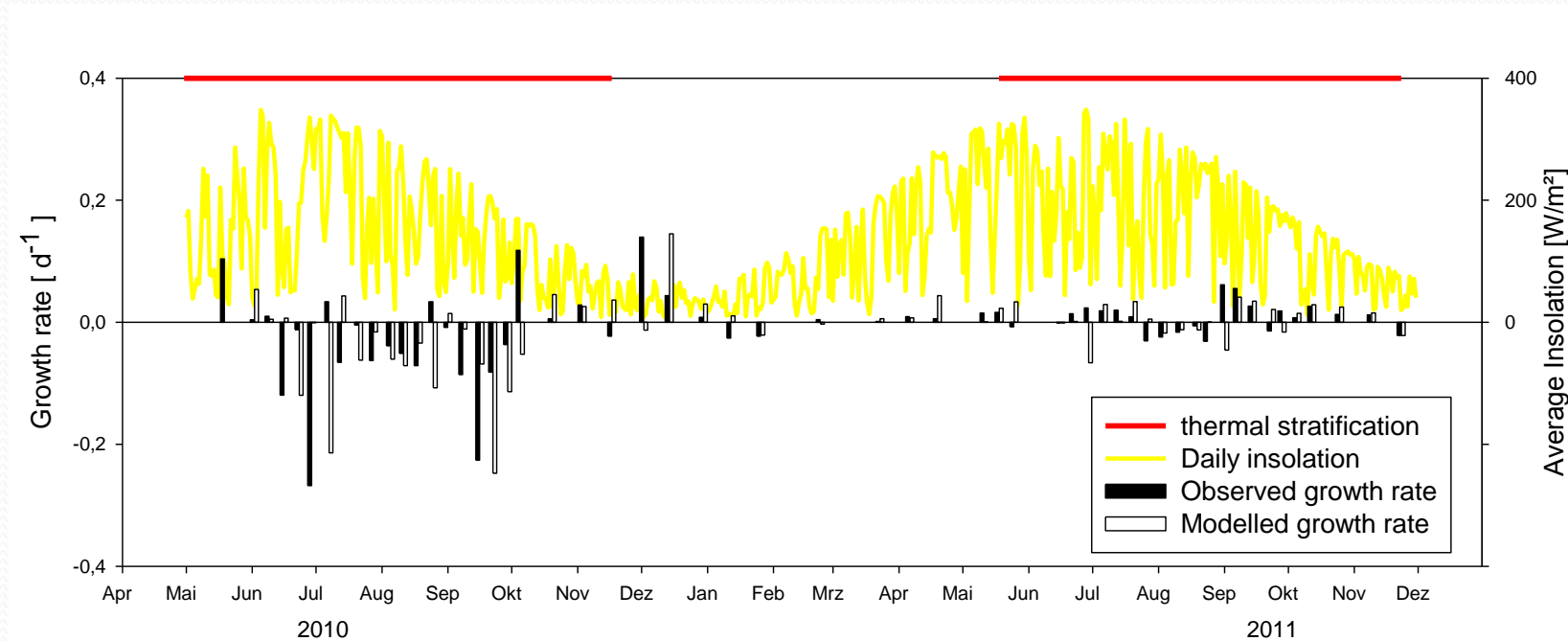


11.06.11



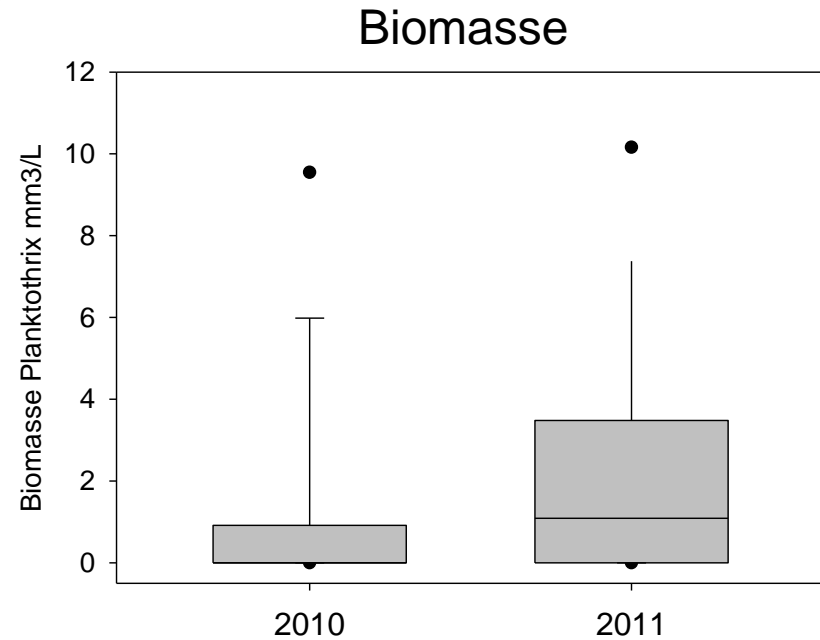
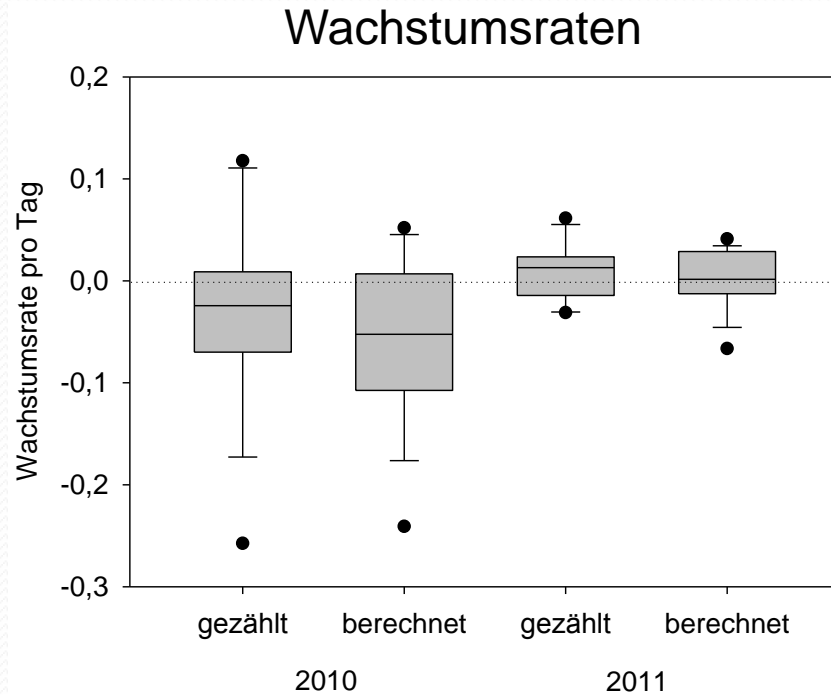


# Gegenüberstellung beobachtete und berechnete Wachstumsraten



Wachstumsraten im Sommer 2011 > im Sommer 2010

# Jährliche Wachstumsraten von *Planktothrix*





Dank an:  
Rainer Kurmayer  
Anthony Walsby  
ZAMG Österreich  
BAW Scharfling und Land OÖ (Temperaturprojekt Mondsee)  
Die Kollegen des Instituts für Limnologie Mondsee