



# Seesedimente als Archive von Umweltveränderungen

Monica Tolotti



Fondazione Edmund Mach – S. Michele all'Adige

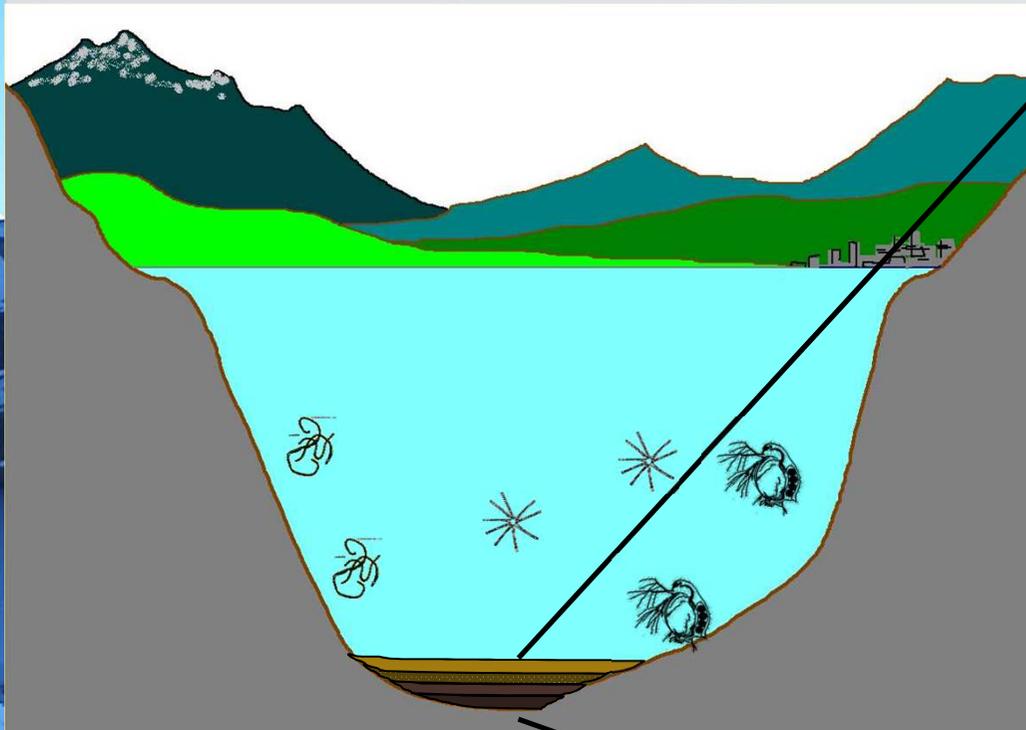
## Überblick

- Wozu und wie untersucht man die Seesedimente?
- Ziele und Methodik von PERMAQUA im Bereich Seesedimente (WP5)
- Ergebnisse von PERMAQUA



## Warum untersucht man die Seesedimente?

Um die historische Entwicklung der Seen zu rekonstruieren (= *Paläolimnologie*)



Physikalische, chemische und biologische Ereignisse in Seen hinterlassen Reste und Signale, die Tag für Tag auf den Seeboden sinken und dann langsam Seesedimente bilden.

Die Untersuchung von Seesedimenten stellt den Zugang zum historischen Archiv von Seen dar.

# Wie untersucht man die Seesedimente?

Sedimentkorer



Kernbeprobung



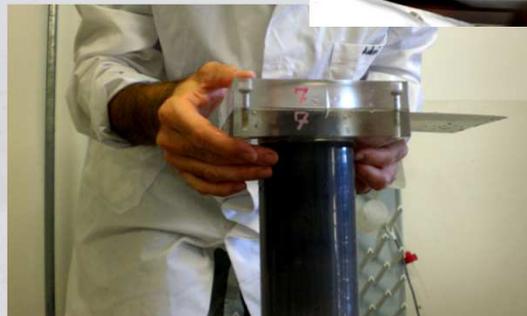
Kerntrophäe!



Extrusion



Ausschneiden  
und Beprobung



Vermessungen  
und Laboranalysen

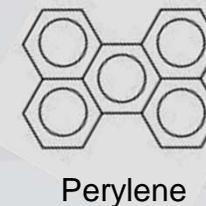
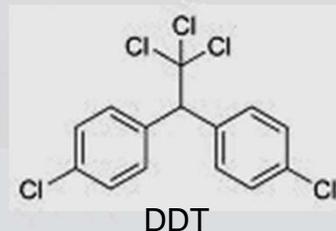
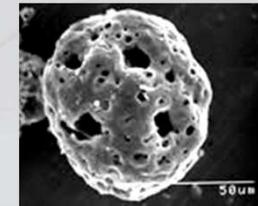
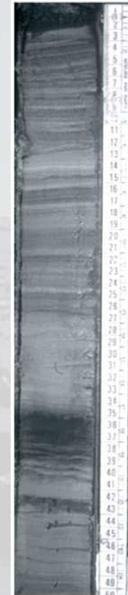
# Paläolimnologie - ein multidisziplinäres Verfahren (I)

Die Paläolimnologie untersucht zahlreiche “proxies”

= synthetische Indikatoren für limnologische Verhältnisse und Prozesse

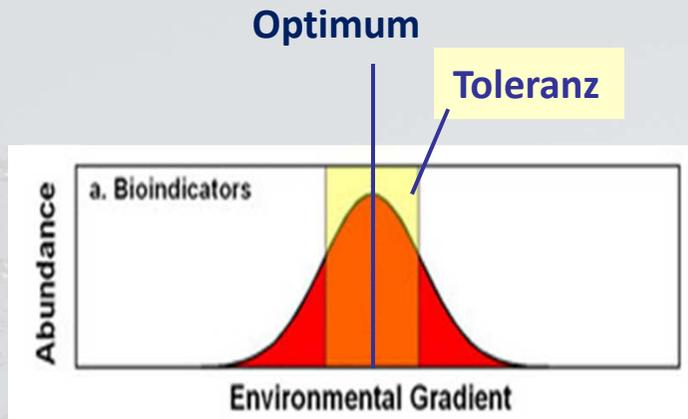
## Geochemische Indikatoren

- Visuelles Aussehen, Granulometrie, Dichte: *Hydrologie*
- Wasser- und organischer Gehalt, S, N, P: *chemische und trophische Entwicklung*
- Radionuklide ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ),  $^{14}\text{C}$ : *Altersdatierung*
- SCPs (Spheroidal Carbonaceous Particles) : *indikatoren für fossile Brennstoffe*
- Schwermetalle (Ni, Cr, Zn), schwer abbaubare Substanzen (zB. PCBs, PAHs):  
*landwirtschaftliche und industrielle Belastung*
- S, C, N stabile Isotope: *Versauerung, Eutrophierung, Nahrungsnetze*





# Rekonstruktion der vergangenen chemischen Bedingungen



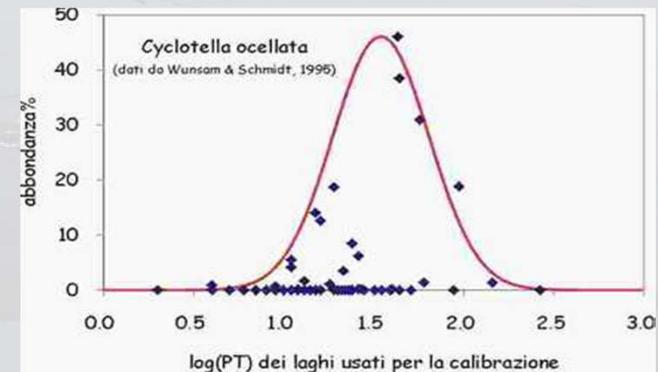
Jeder Organismus kann sich innerhalb von bestimmten **Bereichen von Umweltfaktoren** (z.B. Temperatur, pH, Nährstoffe) entwickeln und vermehren.

Die Gesamtheit dieser Bereiche stellt die **ökologische Nische** des Organismus dar.

**Optimum** = Wert, bei welchem der Organismus am besten wachsen kann (die größte Abundanz erreicht)

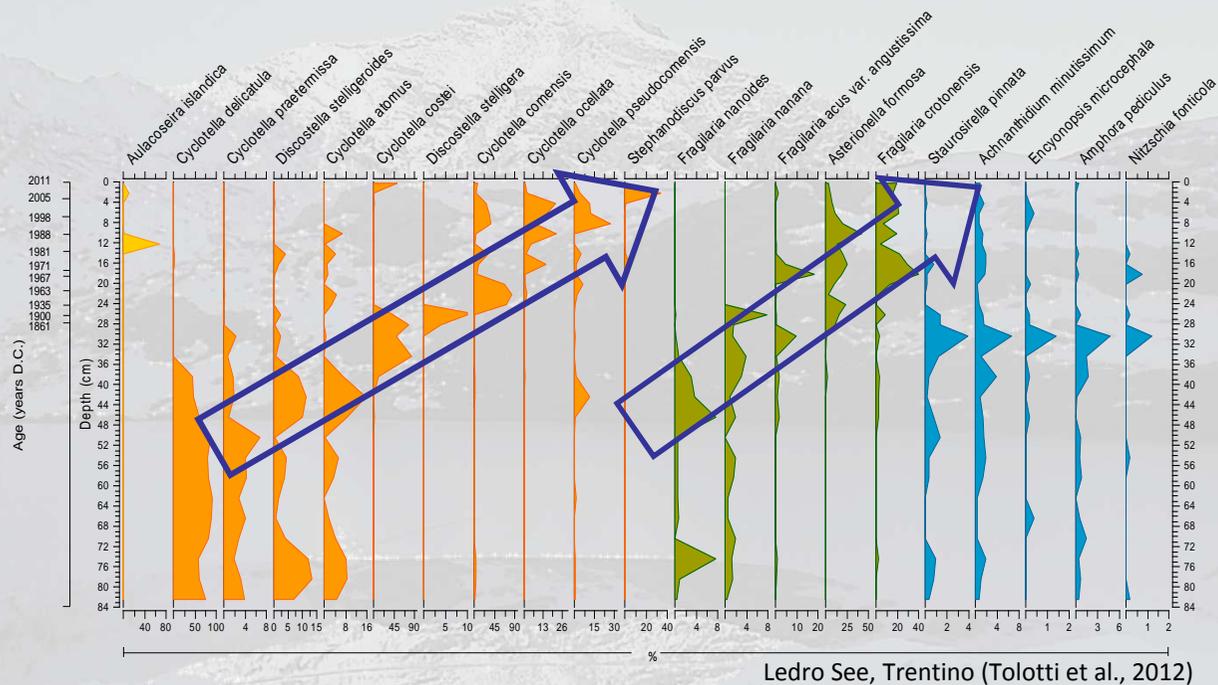
**Toleranz** = suboptimale Werte, in denen der Organismus noch große Abundanz erreichen kann. Tolerante Arten haben breitere Toleranzbereiche (gelb)

Optimum und Toleranz der verschiedenen Arten können durch **ökologische Untersuchungen** verschiedener Gewässer bestimmt werden



# Rekonstruktion der vergangenen chemischen Bedingungen

Umweltveränderungen → Veränderungen in der Zusammensetzung und Abundanz der Arten



Die statistische Kombination von Abundanz, Optimum und Toleranz aller Arten in einer Probestelle ergibt eine **Schätzung** der **vergangenen Werten** für pH, Nährstoffgehalt oder Wassertemperatur

## *Wozu dient die Paläolimnologie ?*

Sie ist nicht (nur) eine akademische Übung, um die Neugier auf die historische Seegeschichte zu stillen ...

*Je weiter man zurückblicken kann, desto weiter wird man vorausschauen.*

Wiston Churchill (1874-1965)



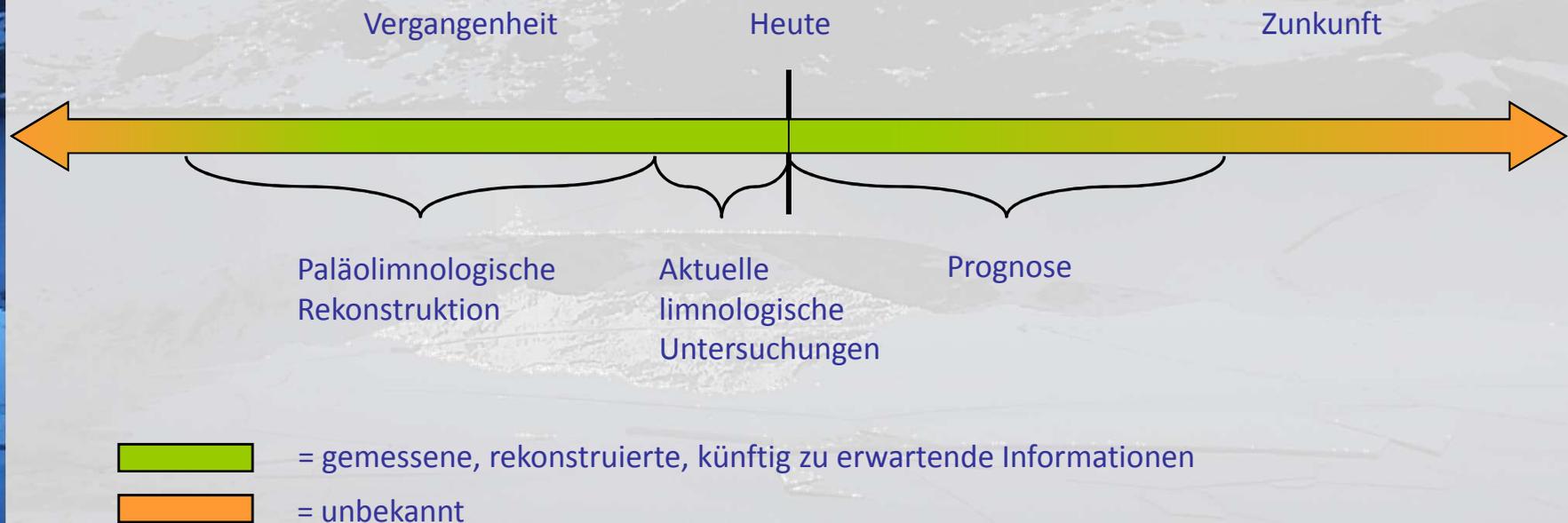
*Wenn man nicht weiß, wohin man geht, sollte man zumindest wissen, woher man kommt.*

Sererer Sprichwort (Senegal)



## Wozu dient die Paläolimnologie ?

**Hauptziel:** Erkenntnisse über die langfristige ökologische Entwicklung von Seen in Verbindung mit lokalen und globalen Veränderungen zu **erweitern**, um diese Informationen für die **Prognose** zukünftiger Entwicklung einsetzen zu können



## Paläolimnologie - Klassische Anwendungen

Zahlreiche europäische Seen erfuhren eine Eutrophierung (Nährstoffbelastung und Zunahme der Produktivität) nach dem 2. Weltkrieg, insbesondere von 1960 bis 1970 (Schindler et al., 2006)

### Rekonstruktion der langfristigen Entwicklung der Nährstoffe in Seen

- ✓ Bestimmung der **Referenzbedingungen** und der **Sanierungsziele**  
(Qualitätsniveau nach WFD EU/60 2000)
- ✓ Bestimmung der **Sensitivität** von Seen im Zusammenhang mit künftiger Nährstoffbelastung (scenarios)
- ✓ Entwicklung von Anpassungsstrategien zur **Erhaltung** der ökologischen Funktionsfähigkeit und Nutzung durch den Menschen

#### Wichtige Effekte:

- Zunahme der Algenbiomasse
- Toxische Algenblüten
- Abnahme der Sichttiefe (Tourismus)
- Abnahme des Sauerstoffgehalts (Abbau von Algenbiomasse)
- Fischsterben, Verlust von Biodiversität



## Paläolimnologie in Hochgebirgsseen

- optimale Studienobjekte für die Untersuchung der Effekte des Klimawandels



- geringe Kenntnisse (bessere Qualität als viele Niederungsseen)
- kaum saisonale und langfristige Studien (Logistik und Klima)
- nicht so unbelastete Systeme

a) der direkte menschliche Einfluss ist gering

b) einfachere Nahrungsnetze, Prozesse und Dynamik



a) diffuse menschliche Belastung (atmosphärische Verschmutzung)

b) sehr sensitiv gegenüber dem Klimawandel (globale Erwärmung, Schmelzen der Gletscher und des Permafrost )

c) zunehmende Rolle als Wasserresource (Wasserkraftwerke, künstliche Beschneidung, Trinkwasser)

Sedimentstudien



die Lücken schließen  
eine Vorstellung der möglichen künftigen Entwicklung

## Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ziele

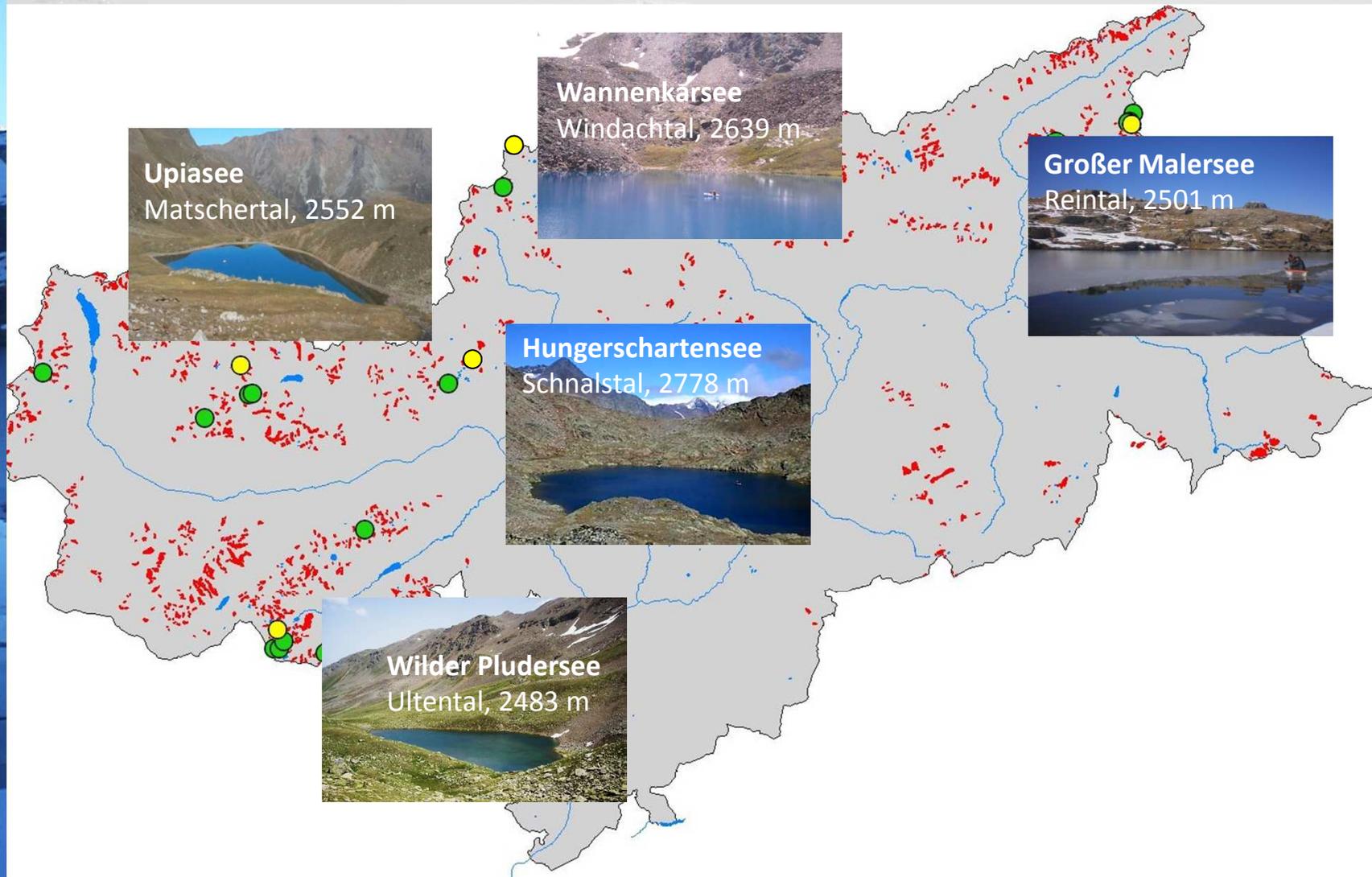
- Dokumentation der **ökologischen Entwicklung** von Seen in Permafrostgebieten seit Ende der kleinen Eiszeit (nach ~1850 A.D.)
- Untersuchung von direkten und indirekten **Effekten des Klimawandels** auf biologische Gemeinschaften in von Permafrost beeinflussten Hochgebirgsseen
- **Seit wann** sind diese Effekte offensichtlich? Kann man sie **quantifizieren**?
- Vergleichende Untersuchungen von Vertikalkernen aus Blockgletschern und Moorsedimenten



## Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Methodik

5 Hochgebirgsseen in Permafrostgebieten von Nord- und Südtirol (●)

Sedimentkerne zwischen Spätsommer und Herbst 2012 und 2013 entnommen



## Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Methodik

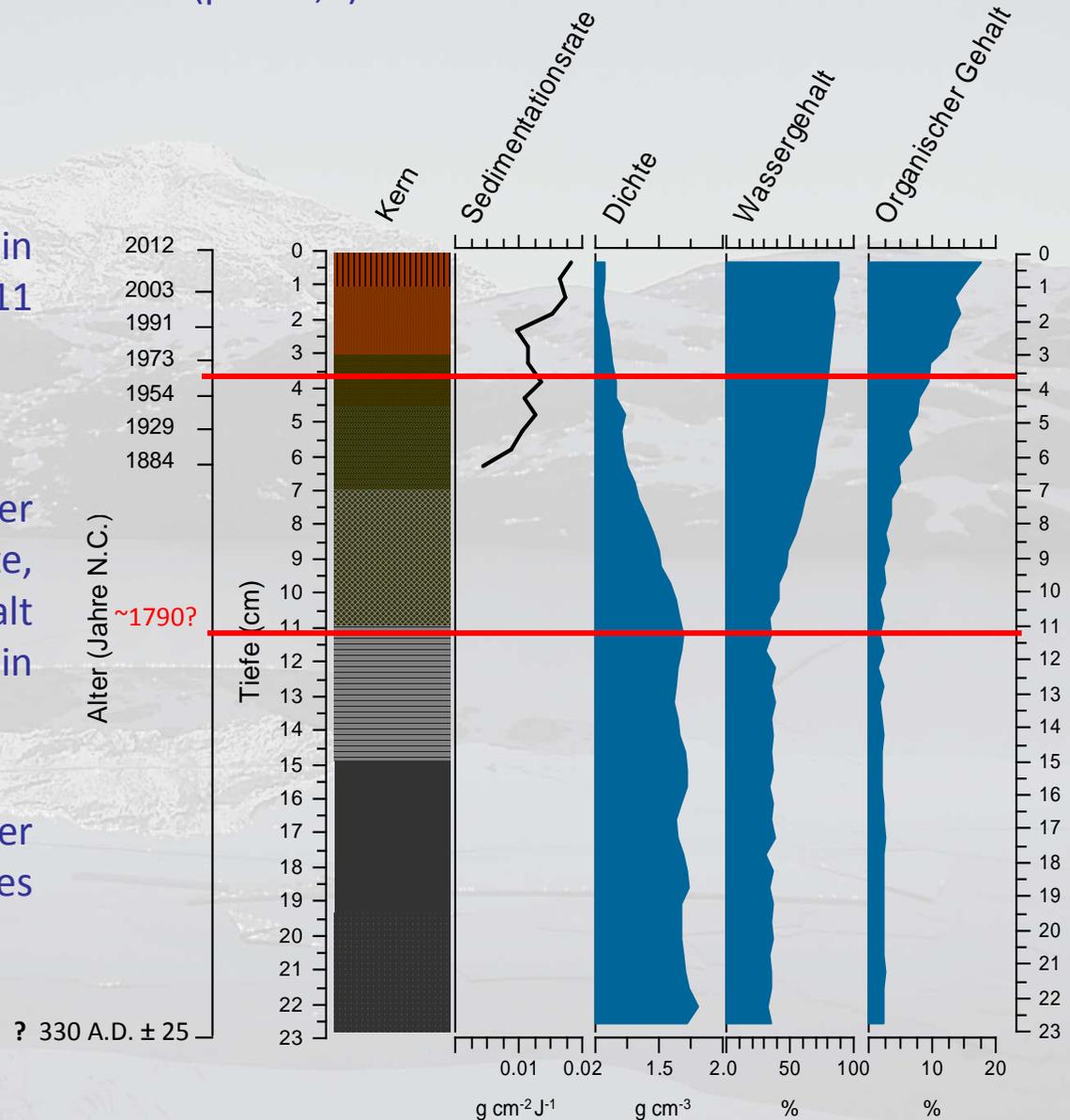
- *Altersdatierung durch* Radionuklide ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ )
- Visuelles Aussehen und Dichte
- Wasser- und organischer Gehalt: *chemische und trophische Entwicklung*
- Spurenelemente und Schwermetalle (Ni, Cr, Zn): *atmosphärische Belastung, Auswirkung des Klimawandels auf Permafrost*
- *Diatomeen als:*
  - a) Indikatoren von historischen Umweltveränderungen
  - b) Rekonstruktion von Wasser-pH (Abschmelzen des Permafrosts)
  - c) Rekonstruktion von *Gesamtphosphor* als Indikator der Seetrophie



# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

## 1) Zirkumneutrale Seen: **Großer Malersee** (pH ~7,2)

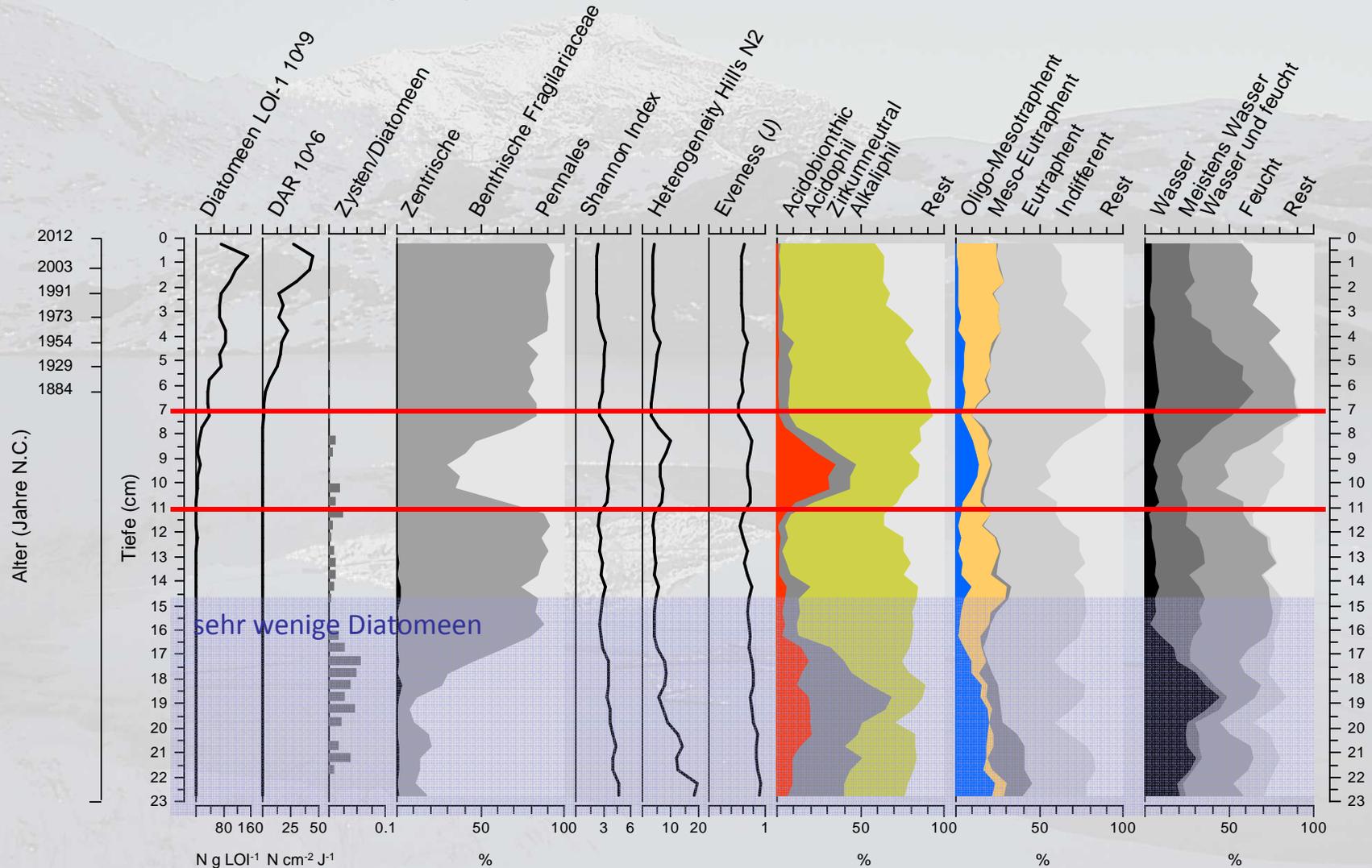
- Sehr stabile Bedingungen in den tieferen Schichten bis 11 cm Tiefe  $^{14}\text{C}$  Datierung!
- Deutliche Veränderungen der Textur, Abnahme der Dichte, Zunahme von Wassergehalt und organischem Gehalt in den letzten ~200 Jahren.
- Kein deutliches Signal der üblichen Effekte des Wirtschaftsbooms (1960-1970)



# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

## 1) Großer Malersee: Diatomeen

- Zunahme der alkaliphilen, meso-eutraphenten Arten und Abnahme der säureliebenden und oligotraphenten Arten in den letzten ~150 Jahren.

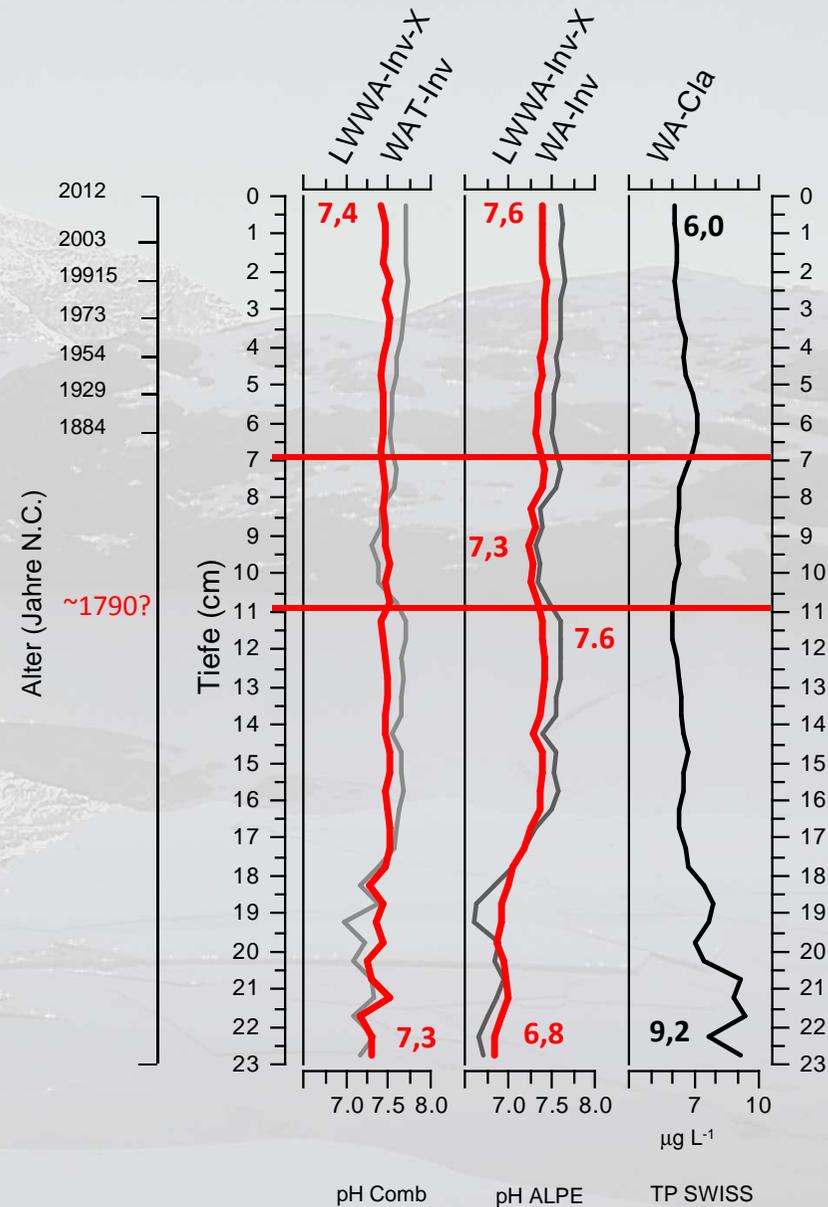


# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

## 1) Großer Malersee: Rekonstruktion

aktueller pH: 7,2  
aktueller GP: 2-4  $\mu\text{g L}^{-1}$

- Durchgehende **Zunahme** des pH und Abnahme des Gesamtphosphors in den tieferen Schichten (Mittelalter) bis 11 cm Tiefe = ?  $^{14}\text{C}$  Datierung!
- Leichte Versauerung zwischen 11 und 7 cm Tiefe:  
**Belastung bei Gletscherschmelze?**
- Sehr stabile Bedingungen seit Ende des 19. Jahrhunderts:  
**keine Permafrosteinflüsse**



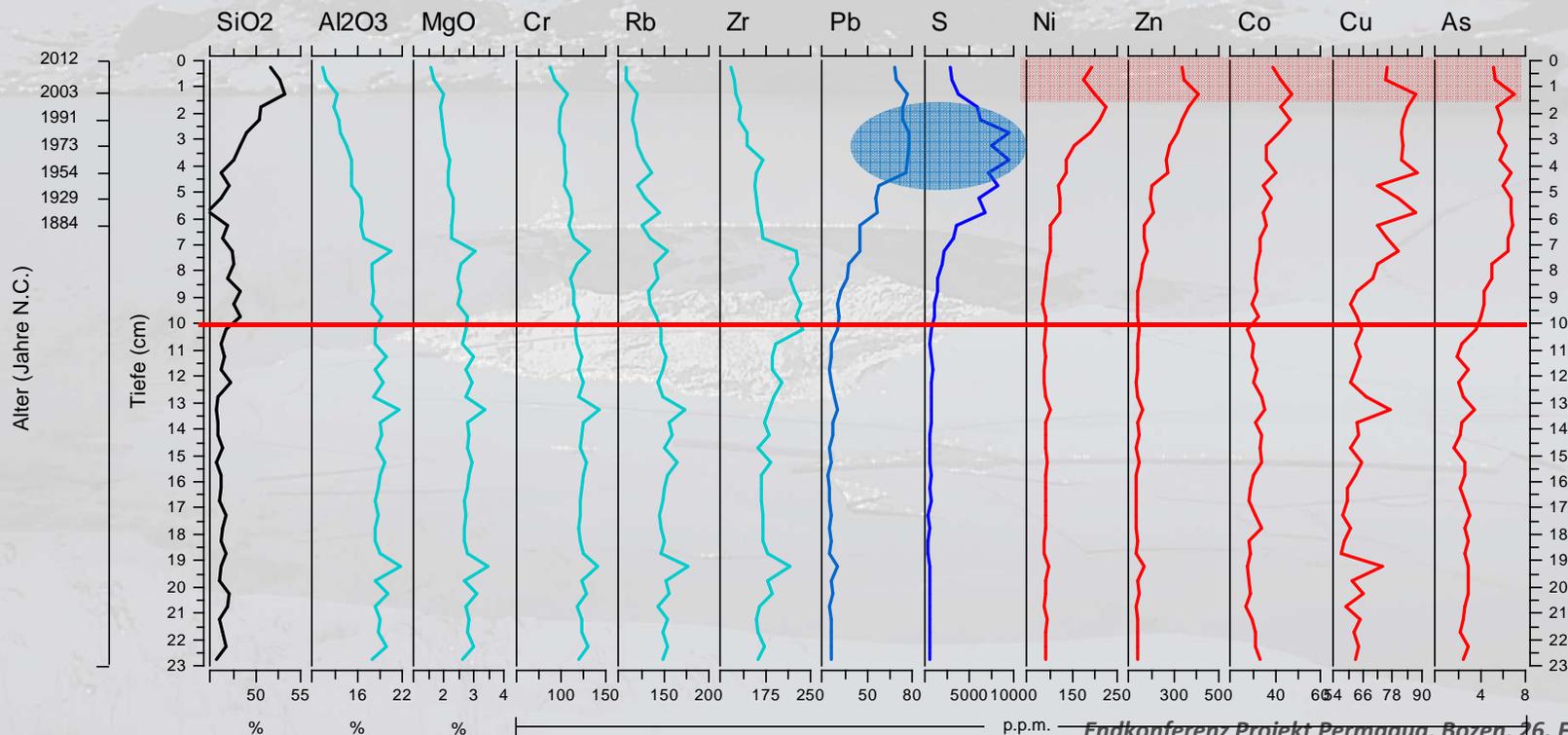
# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

## 1) Großer Malersee: Schwermetalle und Spurenelemente

Die Interpretation ist durch die **Kombination** von geologischen, chemischen und biologischen Prozessen erschwert (z.B.  $\text{SiO}_2$ )

- Ab 11 cm Tiefe: - durchnehmende Abnahme der Elemente, die mit der **Geologie** vom Einzugsgebiet verbunden sind (abnehmende **Verwitterung**).
  - Zunahme der **atmosphärischen Belastung**: Pb, S, Schwermetalle
  - ausgeprägte Zunahme der Schwermetalle (**Permafrosteinfluss**)

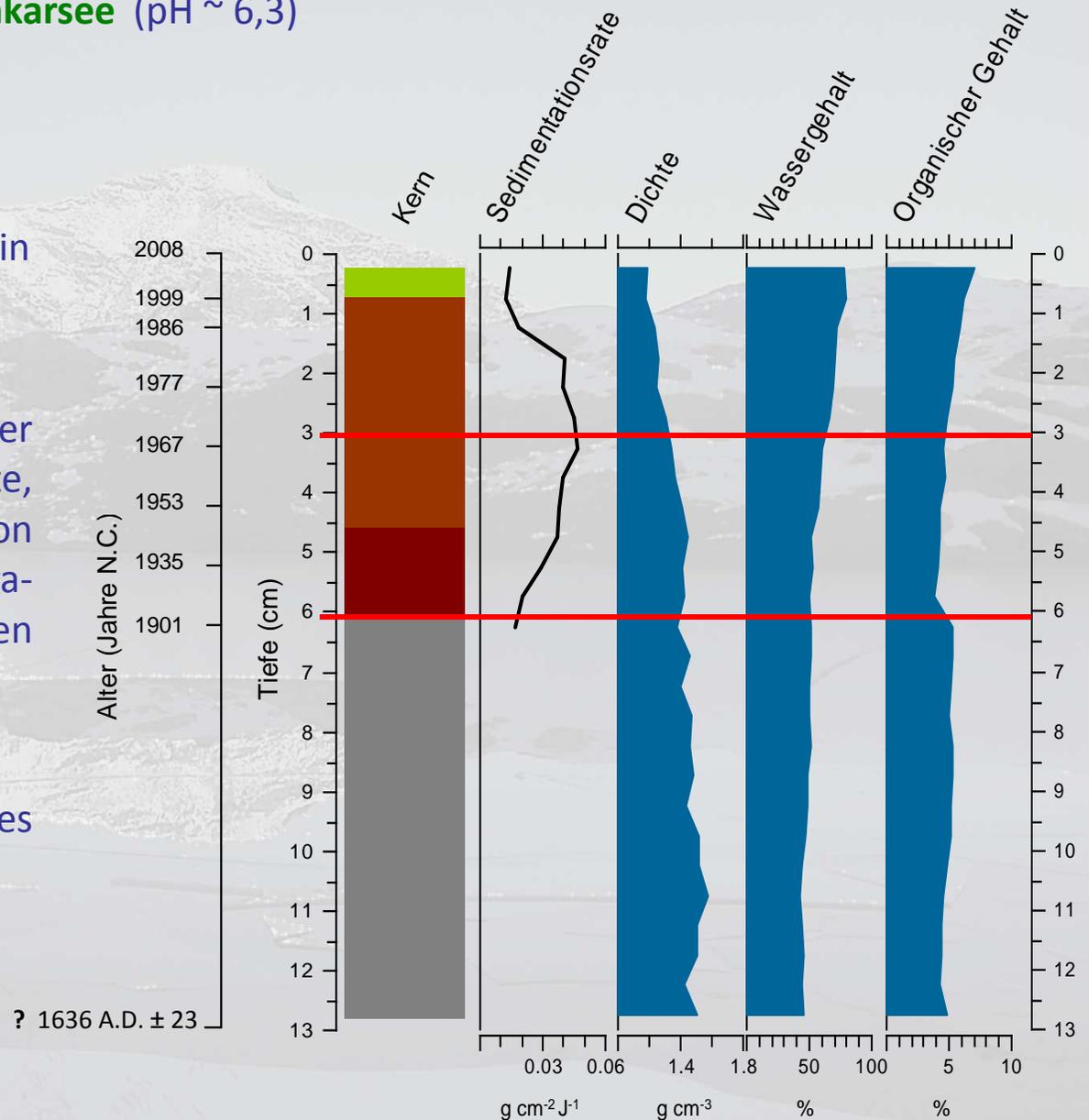
Max: 1970er    Max: seit Anfang der 2000er



# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

## 2) Leicht saure Seen : Wannenkarsee (pH ~ 6,3)

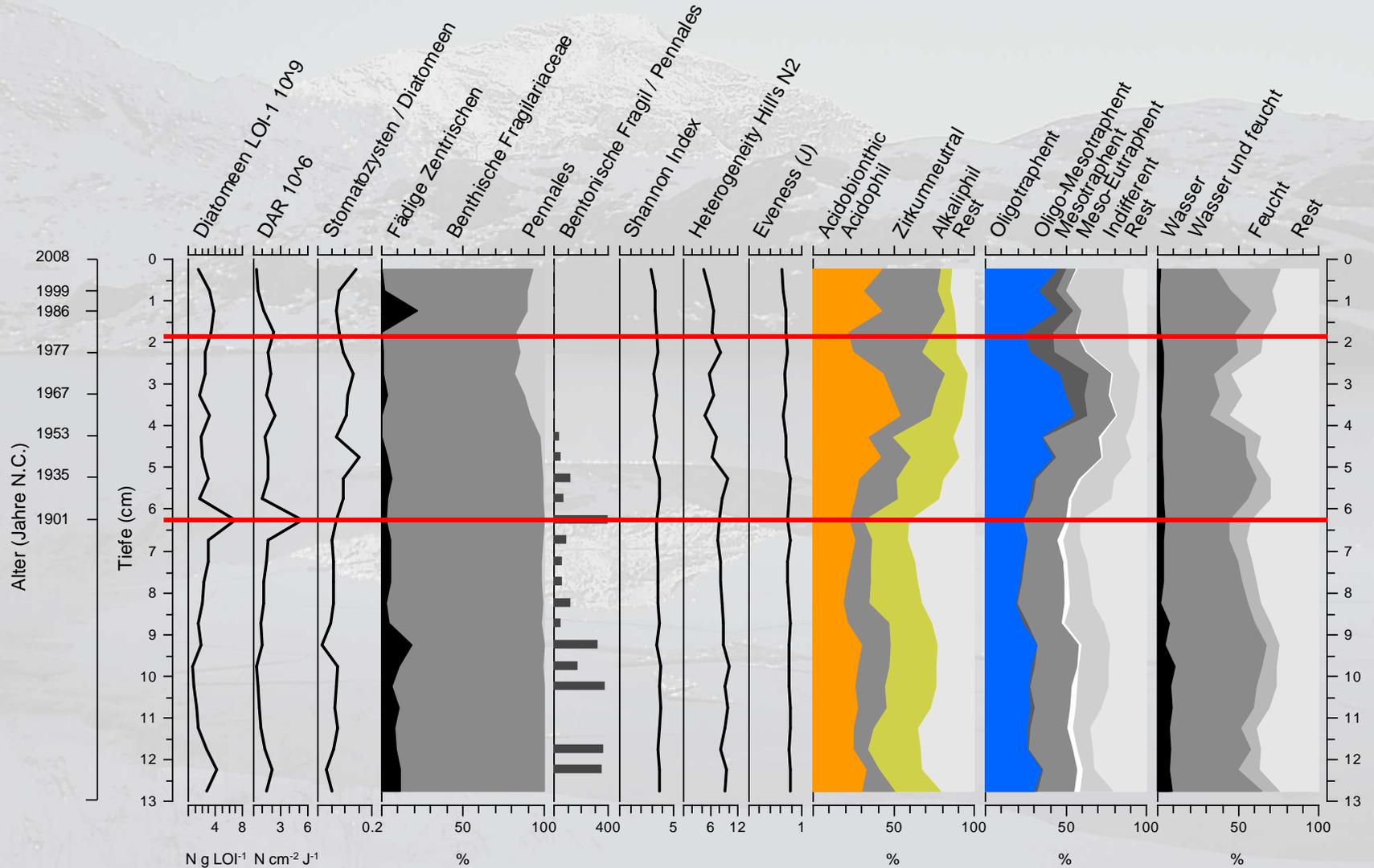
- Sehr stabile Bedingungen in den tieferen Schichten
- Deutliche Veränderungen der Textur, Abnahme der Dichte, leichte Zunahme von Wassergehalt und organischem Gehalt in den letzten ~100 Jahren.
- Kein deutliches Signal des Wirtschaftsbooms (1960-1970)



# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

## 1) Wannenkarsee: Diatomeen

- Zunahme der säureliebenden und oligotraphenten Arten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, und seit Anfang der 1980er Jahre.



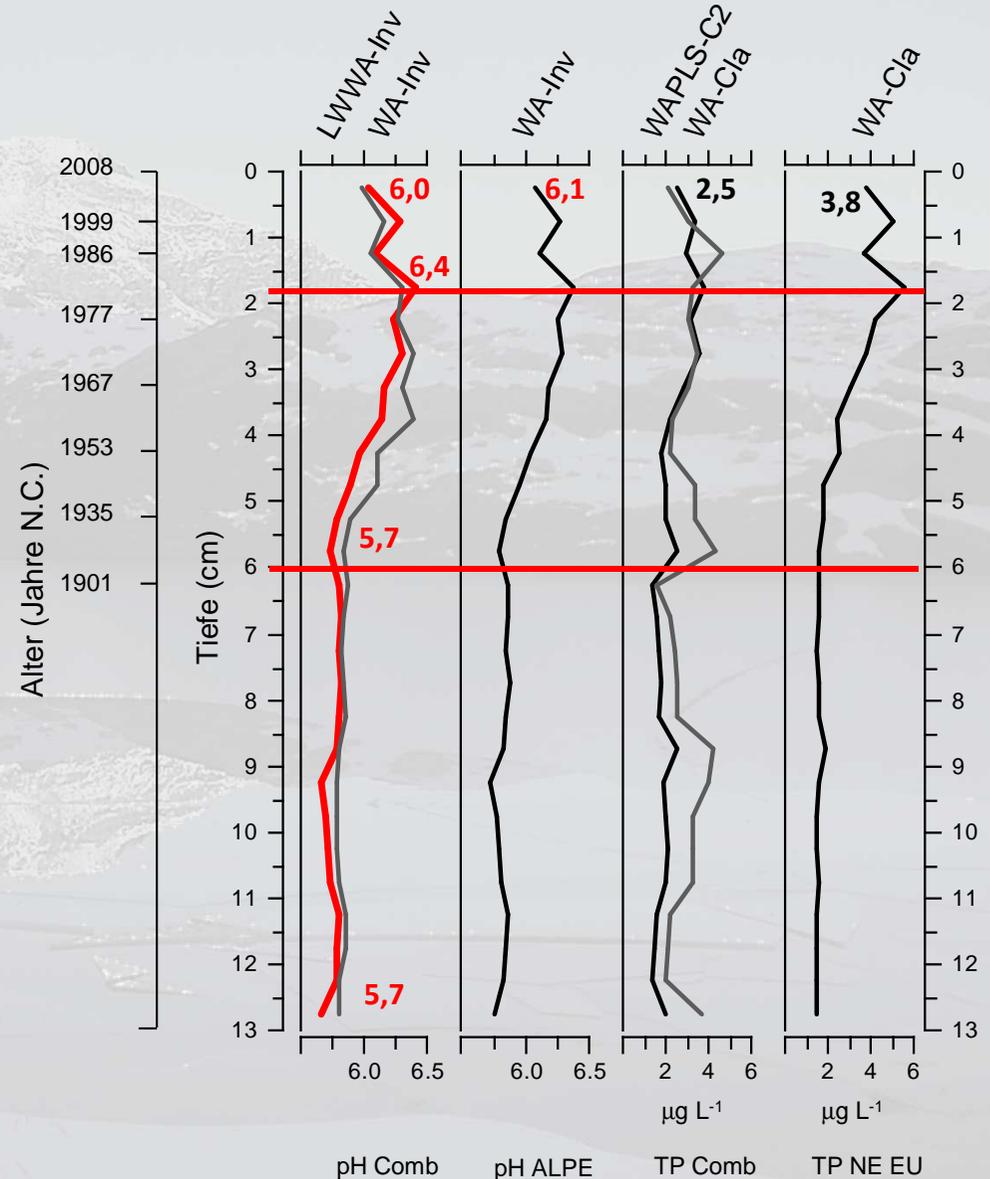
# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

## 1) Wannenkarsee: Rekonstruktion

aktueller pH: 6,3

aktueller GP: 1-2  $\mu\text{g L}^{-1}$

- Sehr stabile Werte bis Anfang des 20. Jahrhunderts: **sauer** und sehr **oligotroph**
- Deutliche **Zunahme des pH** (und des Gesamtphosphors) im Laufe des 20. Jahrhunderts:  
**Effekt des mildereren Klimas**
- Leichte Versauerung seit den 1980er Jahren:  
**Permafrosteinfluss!**



# Sedimentstudie im Projekt PERMAQUA: Ergebnisse

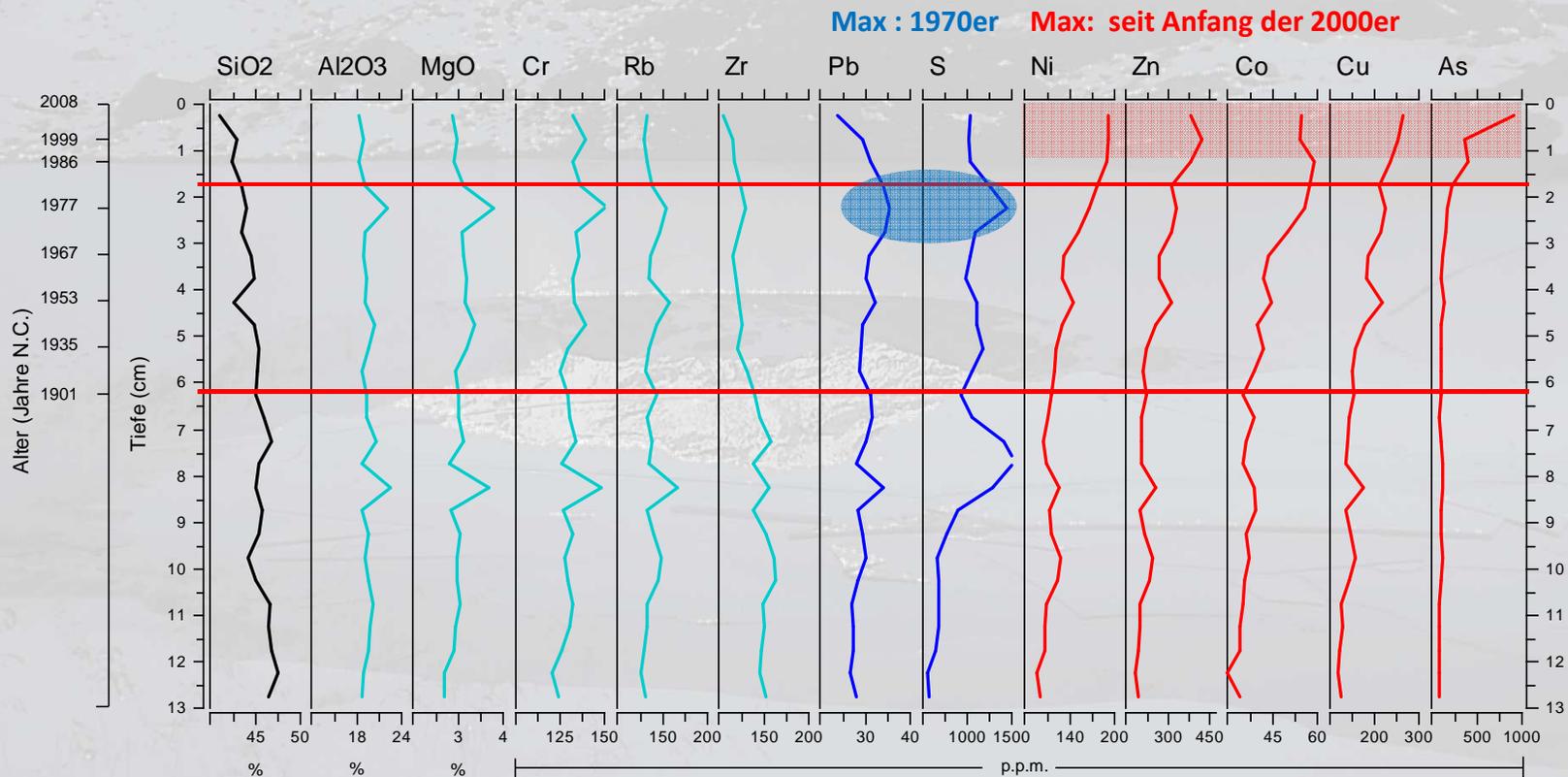
## 1) Wannenkarsee: Schwermetalle und Spurenelemente

Unterschiedliches Bild im Vergleich zum Großer Malersee: z.B. Abnahme vom  $\text{SiO}_2$ , **sehr geringe atmosphärische Belastung (Pb, S)**

Seit 1900: - Zunahme der Schwermetalle (**Permafrosteinfluss**)

Seit den 1980er: - ausgeprägte Zunahme der Schwermetalle

- leichte Abnahme der Elemente, die mit der Verwitterung verbunden sind



## **Schlussfolgerungen und Ausblick**

- Die Sedimentuntersuchung wirft einen Blick in die ökologische Entwicklung der fünf Projektseen während der **letzten Jahrhunderte** bis (vermutlich) Jahrtausende.
- Alle untersuchten Seen zeigen eine deutliche stratigrafische **Veränderung**, die die Übergangsperiode zwischen dem Maximum der Kleinen Eiszeit (um 1850) und dem **Anfang des 20. Jahrhunderts** markiert.
- Dank dem sehr geringen menschlichen Einfluss auf die Untersuchungsgebiete sind die üblichen Veränderungen seit dem **Wirtschaftsboom** zwischen 1960 und 1970 **nicht erkennbar**.
- Die **Schwermetalle** nehmen in allen untersuchten Seen während der letzten ca. 200 Jahren durchgehend zu, aber sie erreichen die **höchsten Werte in den 2000er Jahren**.
- Vermutliche Effekte dieser rezenten Veränderungen sind nur in **wenig gepufferten Seen** erkennbar (Wannenkarsee).
- Die ökologische Antwort der untersuchten Seen ist sehr variabel (jeder See ist ein Individuum), sodass noch keine Generalisierung der Ergebnisse möglich ist. Weitere Untersuchungen sind erforderlich!

## ***Dank***

- EU-Interreg-Projekt PERMAQUA
- **Bertha Thaler, Andreas Scapin, Danilo Tait, Renate Alber, Bigit Lösch**, Biologisches Labor, Leifers.
- **Ulrike Nickus, Mathias Hirnsperger**, Institut für Meteorologie und Geophysik,  
**Hansjörg Thies**, Institut für Geologie, Universität Innsbruck.
- **Manuela Milan, Adriano Boscaini, Margherita Obrelli,**  
**Michele Zannoni**, Fondazione E. Mach, S. Michele all'Adige.
- Ensis Ltd, University College London, UK

***Danke für Ihre Aufmerksamkeit !***