



## Doctoral Thesis

# **Sedimentologische, geophysikalische und geochemische Untersuchungen zur Entstehung und Ablagerungsgeschichte des Luganersees (Schweiz)**

**Author(s):**

Niessen, Frank

**Publication Date:**

1987

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000471770> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 8354

**Sedimentologische, geophysikalische und  
geochemische Untersuchungen zur Entstehung und  
Ablagerungsgeschichte des Luganersees (Schweiz)**

**ABHANDLUNG**

zur Erlangung des Titels eines

**DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN**

der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH**

vorgelegt von

**Frank Niessen**

**Dipl. Geol. Universität Göttingen (BRD)**

geboren am 5.7.1954, Wilhelmshaven, Bundesrepublik Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

**Prof. K.J. HSÜ, Referent**

**Dr. K. KELTS, Korreferent**

**Prof. D. BERNOULLI, Korreferent**

1987

## Zusammenfassung

---

Die Beckenfüllung im Luganersee wurde mit Hilfe seismischer Methoden (air-gun) rekonstruiert. Die obersten 164m der Sedimentabfolge bilden einen Zyklus von glazialen Sedimenten (deformierte subglaziale Schlämme u. Tillite;  $v_p = 2,0$  km/sec) bis zu interglazialen laminierten Sedimenten des Holozäns. Unterhalb von 164m wird nicht der kristalline Felsgrund, sondern eine weitere Sedimentschicht ( $v_p = 2,6$  km/sec) unbekannter Mächtigkeit nachgewiesen. Der obere Teil der Füllung wird hauptsächlich dem Würmglazial und dessen Abschmelzphase zugeordnet, während der untere Teil wahrscheinlich auf marine Sedimente des Pliozäns zurückzuführen ist, die in einem tief eingeschnittenen Messinian Canyon abgelagert und von den pleistozänen Vereisungen nicht ausgeräumt wurden.

Die Rekonstruktion der spät- und postglazialen Ablagerungsgeschichte erfolgte anhand von Kolbenlot-Kernen. Die Abfolge wurde durch Pollen,  $^{14}C$  und Deklinations-Muster datiert. Ein generelles Merkmal ist die Dominanz allochthoner Klastika, häufig gebunden an mm-mächtigen Turbidite, sowie das Vorkommen von Sapropelen während des gesamten Holozäns (im Mittel 3% Corg).

Die rezente anthropogene Eutrophierung des Sees bildet die Basis zur Eichung von Boden-Sauerstoff- und Produktivitäts-Indikatoren. Es wird ein Modell zur Rekonstruktion der Paläoproduktivität entwickelt: Zunehmende Sauerstoff-Zehrung führt zu einem typischen Zyklus: Abwandern von bioturbierenden Würmern, Bildung von Lamination, Aussterben benthischer Ostrakoden. Steigende Primärproduktion korreliert mit der Zunahme von Calcit-, Opal- und Corg- sowie einem exponentiellen Anstieg der Algenfarbstoff-Akkumulations-Raten im Sediment.

Aufbau und Zusammensetzung der spät- und postglazialen Sedimente erlauben auf der Basis von Lithologie, Biofazies, Geochemie und Palynologie eine Gliederung in 6 Einheiten, die im wesentlichen durch Klimaschwankungen geprägt sind. Die älteste Einheit (L6; > 14'600 B.P.) enthält proglaziale laminierte Sedimente aus Gletscher-Schmelzwässern. Sie geht abrupt in eine Übergangszone (L5) mit zunehmenden Schüttungen aus dem lokalen Einzugsgebiet über. Die drastische Abnahme karbonatreicher Sedimente aus der Gletschermilch endet ca. 13'500 B.P. und spiegelt den endgültigen Eis-Rückzug aus dem Einzugsgebiet wider. Die erste Bewaldungsphase im Spätglazial (L4, ab Bölling) ist durch überwiegend oxische Bedingungen im Tiefenwasser und geringe Produktivitäten gekennzeichnet. Der Beginn des Holozäns führt zu einem Anstieg im Corg-Gehalt von 0,5 auf 3%. Ein Grossteil der organischen Substanzen ist zunächst allochthon, der Input korreliert mit der Einwanderung der Laubbäume. Während des Klima-Optimums (ca. 9'000 - 4'500 B.P.; maximale Ausbreitung des Eichenmischwaldes; L3) deuten laminierte Sedimente und eine geringe benthische Aktivität bei gleichzeitig niedrigen Opal- und Algenpigment-Fluxen auf einen nährstoffarmen See mit stagnierenden Bodenwasserbedingungen, was in Kombination mit minimalen Sedimentationsraten (0,4 mm/yr) für warme aber

nur mässig feuchte Klimabedingungen spricht. Ab dem Subboreal (L2) wird ein Übergang in homogenere Sedimente mit zunehmenden Resten bioturbierender Organismen festgestellt, was auf eine bessere O<sub>2</sub>-Versorgung des Seebodens hindeutet. Gleichzeitig signalisieren vermehrt autochthone Sedimente (mit Maximalwerten zwischen 3'600 und 2'600 B.P.) eine erhöhte Primärproduktion. Die deutliche Verbesserung der Wasserzirkulation, steigende Sedimentationsraten und nur geringe palynologische Hinweise auf neolithische Kultureinflüsse werden als Indizien gewertet, dass sich das Klima ab 4'500 B.P. abkühlte und feuchter wurde. Seit Beginn dieses Jahrhunderts wird der See zunehmend durch anthropogene Eutrophierung belastet (Sapropelle der Einheit L1; Diatomeen-Calcit-Laminae).

Die meisten Fazies-Änderungen vollzogen sich sprunghaft mit Übergangsphasen in der Grössenordnung von einigen 100 Jahren oder weniger. Die wichtigsten Wechsel wurden auf 14'600 B.P., 13'500 B.P., 10'500 B.P., 10'000 B.P. und 3'800 B.P. datiert. Die zeitliche Korrelation mit ähnlichen Veränderungen in anderen Alpen-Randseen ist gut, wobei eine ausgezeichnete Synchronität der Ereignisse vor allem im Vergleich mit der Abfolge aus dem Zürichsee zu beobachten ist. Die Daten liefern Indizien für ein eher sprunghaftes und nicht-graduelles Verhalten der Klima-Entwicklung im gesamten alpinen Raum.

Die Rekonstruktion der Fazies-Entwicklung ermöglicht das Studium geochemischer Prozesse. Das  $\delta^{13}\text{C}$  in Schalen limnischer Tiefwasser-Ostrakoden ist entscheidend durch die Redox-Verhältnisse im Wasser-Sediment-Grenzbereich geprägt und lässt, isoliert betrachtet, keine eindeutige Interpretation von Produktivitäts-Schwankungen im Oberflächenwasser zu. Es wird rekonstruiert, dass bei hohen bis geringen O<sub>2</sub>-Gehalten am Seeboden die Oxidation organischer Substanzen das Isotopensignal dominiert, während bei extrem niedrigen O<sub>2</sub>-Gehalten Methanbildung bereits direkt unter der Sedimentoberfläche beginnt, wodurch benthische Ostrakoden verstärkt in den Einflussbereich der isotopisch um 11‰ schwereren Porenwasser geraten. Relativ geringe Produktivitäts-Schwankungen im mittleren Holozän korrelieren mit negativen  $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursionen. Die heftige rezente Eutrophierung führt hingegen zu positiven  $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursionen.

Für 15 Proben der Einheiten L1 bis L6 wurden Messungen des kosmogenen Radioisotops <sup>10</sup>Be interpretiert. Maximalwerte ( $7 \times 10^8 \text{ A g}^{-1}$ ) wurden in der Jüngeren Dryas ermittelt, Minimalwerte ( $0,5 \times 10^8 \text{ A g}^{-1}$ ) in spätglazialen Schmelzwasser-Sedimenten. Der Fokussierungsfaktor gegenüber dem atmosphärischen Primärflux beträgt 6 - 24; das heisst, der grösste Teil des <sup>10</sup>Be gelangt durch das Einzugsgebiet in den See. Die Konzentration von <sup>10</sup>Be im Sediment wird durch ein Anheften an kleine Partikel und organische Substanzen im Einzugsgebiet sowie durch Verdünnung bei hohen detritischen Schüttungen geprägt. Primärflux-Schwankungen von <sup>10</sup>Be sind wegen der kaum isolierbaren Prozesse im Einzugsgebiet in klastischen Seen nicht auflösbar. Es deutet sich lediglich eine Tracer-Wirkung, basierend auf Verdünnungs-Effekten, in bezug auf die Höhe der Gesamt-Sedimentationsraten an.

## Summary

---

Origin and sedimentary history of Lake Lugano was investigated using seismic methods and sediment coring.

The structure of the upper part (164m thick) of the sedimentary fill was determined from air-gun records. A layer of laminated Holocene sediments overlies laminated and deformed proglacial muds which in turn overly subglacial muds and tills ( $v_p = 2.0$  km/sec) of the Würm glaciation. Below 164m subbottom the sonic velocity of 2.6 km/sec suggests a further sediment layer of unknown thickness on top of the igneous bedrock. That sediment layer is interpreted as the relict of a Pliocene possibly marine sedimentary infill deposited in a former Messinian canyon.

The upper 13 m of latest-Glacial and Holocene sediments were dated with radiocarbon, pollen spectra and magnetic declination patterns. The sequence comprises mainly allochthonous sediments, commonly with mm-thick silt turbidites. The Holocene is characterized by FeS-pigmented sediments with an average organic carbon content of 3 %.

The recent anthropogenic eutrophication of the lake served as an actualistic example for the study of the Holocene depositional environment in terms of productivity and bottom-water stagnation: Decreasing oxygen contents are characterized by reduced bioturbation, increased preservation of laminations and, finally elimination of benthic ostracods. Increasing productivity can be traced by a rise in sedimentary calcite- opal-, organic carbon- and algal-pigment accumulation rates.

Latest Glacial and Holocene sediments can be subdivided into 6 units on the basis of lithology, biofacies, geochemistry and palynology data. Changes were controlled mainly by climate. The oldest drilled unit (L6, older than 14'600 B.P., 11m subbottom) comprising laminated proglacial muds is overlain by a transition unit (L5) in which sedimentation rates decreased from 2 to 0.4 mm/yr. Deglaciation in the Lugano catchment ended after 13'500 B.P. and is documented by the rapid decrease of carbonate-rich sediments from glacial meltwaters and increase of sediments from local catchment runoff in unit L5. During the first latest Glacial forestation (unit L4, Bölling to Younger Dryas) the lake bottom waters were oxygenated, as indicated by preservation of iron hydroxides. A low input of algal remains suggests low productivities. The beginning of the Holocene (7-8m subbottom, unit L3) was marked by a rapid rise of mixed-oak forest which correlates with an increasing content of mainly allochthonous organic carbon from 0.5 to 3 % in the lake sediments. Low contents of sedimented algal pigments are taken as evidence for continuously low autochthonous input and oligotrophic conditions. The climate optimum between 9'000 and 4'500 B.P. is indicated by a maximum distribution of mixed-oak forests. The lake had stagnant bottom waters with low benthic activity resulting in laminated sediments. Low productivity and poor water circulation suggest warmer

temperatures than at present. A minimum sedimentation rate in unit L4 of 0.4 mm/yr indicates limited clastic input suggesting relatively low humidity. The beginning of unit L2 (about 4'400 B.P.) is marked by an increase in bioturbation, autochthonous sediment compounds such as opal, calcite, and algal pigments as well as bulk sedimentation rates up to 2.6 mm/yr. The sediments between 3'600 and 2'600 are similar to those deposited at the beginning of the present-day eutrophication (unit L1) which is an indication for an increased productivity in subboreal time. Since the pollen results show only little anthropogenic influences between 4'400 and 2'000 B.P., the rise in bottom-water oxygen despite higher productivities at the beginning of L2 is interpreted as a result of improved water circulation in a general cooler and more humid climate similar to that of today.

Most facies changes are sharp, indicating rapid changes in conditions. They were dated as 14'600 B.P., 13'500 B.P., 10'500 B.P., 10'000 B.P. and 3'800 B.P. There is a time correlation with similar patterns from other prealpine lake records, most precisely with the record of Lake Zürich. That suggests a predominance of stepwise rather than transitional changes in latest Glacial and Holocene climate in the whole Alpine region.

The reconstruction of the sedimentary history is used to study the imprint of environmental changes on geochemical processes. Stable carbon isotopes in benthic ostracod shells give no clear evidence for changes in productivity. The Holocene record shows, that carbon isotopes in ostracod shells shift negative with little increase in primary production by up to 2‰ and finally back positive under highly eutrophic conditions. At low productivity levels the  $\delta^{13}\text{C}$  in the lake-bottom boundary layer is interpreted as being dominated by oxidation of organic matter. At high productivity levels redox conditions in the boundary layer are low enough to allow fermentation processes just below the sediment/water interface. As a result, the  $\delta^{13}\text{C}$  in the boundary layer will be influenced and finally dominated by isotopically heavy pore-waters. The  $\delta^{13}\text{C}$ -difference between deep-water and pore-water is presently 11‰.

15 AMS-measurements of the cosmogenic radionuclid  $^{10}\text{Be}$  from units L2 to L6 are interpreted in terms of input processes and tracer potential of  $^{10}\text{Be}$  in lacustrine basins. The maximum content was determined at 10'000 B.P. ( $7 \times 10^8 \text{ A } ^{10}\text{Be g}^{-1}$ ), the minimum in proglacial muds ( $0.5 \times 10^8 \text{ a g}^{-1}$ ).  $^{10}\text{Be}$  is strongly focused compared to the atmospheric production rate by factors between 6 and 24 indicating a dominated input through the catchment. There is some correlation of  $^{10}\text{Be}$  with grain size and allochthonous organic matter and a negative correlation with sedimentation rates due to dilution effects with  $^{10}\text{Be}$  poor clastics. Since adsorption of  $^{10}\text{Be}$  to particles, trapping and reworking in the catchment is difficult to assess, the tracer potential in clastic lakes with high focusing effects is limited. An indication of possible changes in the production rate of  $^{10}\text{Be}$  can not be expected due to overprinting by secondary processes.  $^{10}\text{Be}$  could be used as rough measure for sedimentation rates in Quaternary sequences which have no age control.