

UDK 561.581.5:551.791:551.794(497.12)=30

Beiträge zur Paläolimnologie des Bled-Sees in Slowenien (Jugoslawien) und zur Vegetations- und Klimaentwicklung der Umgebung

**Prispevki k paleolimnologiji Blejskega jezera v Sloveniji
in razvoju okoliške vegetacije ter klime**

**Contributions to paleolimnology of the Bled Lake, Slovenia,
and to evolution of adjoining vegetation and climate**

Ekkehard Schultze

Institut für Limnologie, Österreichische Akademie der Wissenschaften,
A-5310 Gaisberg 116, Österreich

Auszug

Die spät- und frühpostglazialen Abschnitte eines 675 cm langen Bohrkernes aus dem Ostbecken des Blejsko jezera wurden pollenanalytisch und pigmentanalytisch untersucht und mit Ergebnissen aus ähnlichen Profilen in Kärnten verglichen.

Kratka vsebina

V 675 cm dolgem jedru kasnoglacialnih do zgodnjepostglacialnih sedimentov z vzhodnega dela Blejskega jezera sta bila raziskana pelod in pigment ter opravljena primerjava podatkov s podobnimi profili na Koroškem.

Abstract

In a 675 cm long core of late glacial to early postglacial sediments from the east part of the Bled Lake pollen and pigment were investigated and results compared with data from similar profiles in Carinthia (Austria).

Einleitung

Nach dem Studium einiger meromiktischer Seen in Kärnten, ergab sich die Gelegenheit vergleichsweise einen Bohrkern aus dem etwa 50 km südlich des Klagenfurter Beckens liegenden Bled-See (Blejsko jezero — Veldeesersee) zu gewinnen.

Neben der Fragestellung der Vegetationsentwicklung stand auch die Erforschung der See-Entwicklung im Vordergrund. Die kleinen Kärntner Seen (Längsee, Klopeiner See, Kleinsee) erreichten ihren meromiktischen Zustand am Ende des Pleistozäns ziemlich parallel mit der Klimabesserung (Alleröd, Präboreal), in einem Fall (Jeserzer-See) noch etwas früher (Bölling 1 b).

Daher war es interessant, den Grund und den Zeitpunkt des Eintritts meromiktischer Bedingungen im Bled-See kennen zu lernen.

In sedimentologischer Hinsicht lagen Untersuchungen von Molnar et al. (1978). Sie beschränkten sich allerdings auf die jüngsten Abschnitte des Seesediments. So konnte eine sinnvolle Ergänzung dieser Studien durch ein Langprofil (675 cm) erreicht werden.

Geologische Situation

Das Becken des Bled-Sees ist der westlichste Teil des Radovljica-Beckens, welches mit fluviatilen Sedimenten verfüllt ist. Es wurde in mehreren Schüben von den Gletschern der Eiszeiten vorgeformt. Die Endmoräne des Würmgletschers liegt nordöstlich Radovljica (Radmannsdorf) etwa 6 km östlich des Seebeckens. Zum Bled-See zu sind noch 3—4 Wälle ausgebildet, deren letzter den See im Nordosten umschliesst (vergl. Sifrer 1969).

Einige Inselberge ragen aus den pleistozänen Sedimenten heraus. Der imposanteste ist der »Grad« mit einer klippenähnlichen Südwand bestehend aus mittelpermischen Klippenkalk und Breccie. Die kleine Insel im See besteht aus anisichem Dolomit (A. Grimšičar 1955). In einem schmalen Band treten untertriassische mergelige Schiefer am Nordrand des Zaka hervor. An einigen Stellen findet man pleistozäne kalkige Ablagerungen limnischen Ursprungs (Šercelj 1970) in Verbindung mit sandigkonglomeratischen Ablagerungen. Der See hat kaum oberflächliche Zuflüsse, verschiedene menschliche Eingriffe haben den Abfluss erhöht. Der wichtigste Zufluss ist der Mišca-Bach der Pleistozänsedimente nördlich des Sees durchschneidet. Der Solznik-Bach, der weniger lang und voluminös ist, wird hauptsächlich durch Schmelz- und Regenwasser gespeist und hat den Charakter einer Torrente. Den einzigen Abfluss stellt die Jezernica (Seebach) im Süden dar.

Physiographische Daten des Bled-Sees (Löffler 1983)

Länge	14°5'30" E
Breite	46°22' N
Höhe	457 m NN
A _E	2,966 km ²
A _E (+ Mišca)	7,502 km ²
A	1,438 km ²
z _{max} (Westbecken)	30,2 m
z _{max} (Ostbecken)	25,0 m
\bar{z}	17,9 m
V	25,7 mio m ³
Erneuerungszeit	2—3 Jahre (vor Einleitung aus der Rečica)

Material

1982 wurde ein Bohrkern von 675 cm Länge aus dem Ostbecken bei einer Tiefe von 24,5 m abgeteuft. Als Gerät wurde ein modifiziertes Livingstone-Kolbenlot (Kullenberg-Lot) mit 250 cm Länge und 36 mm Kammerdicke verwendet (Schultze 1975). Parallel zur Untersuchung von tierischen Rückständen und einiger Diatomeen (Löffler 1983) wurden Proben von 1 cm³ Volumen pollenanalytisch und solche von 2–3 g Nassgewicht auf Carotinoide chromatographisch (Züllig 1982) untersucht.

Das Sediment beginnt mit sandig-tonigen Wechsellagen (675–635 cm) gefolgt von laminierten Torfmoos-Schluff-Lagen (— 600 cm) und Detritus-Gyttja (— 200 cm). Dann folgen laminierte Sedimente mit starkem Auftreten von *Synedra ulna biceps* V. Schönf. (Löffler 1983) bis zu einer Tiefe von 140 cm. Der hangende Abschnitt ist wieder mehr oder weniger homogen und wasserreich.

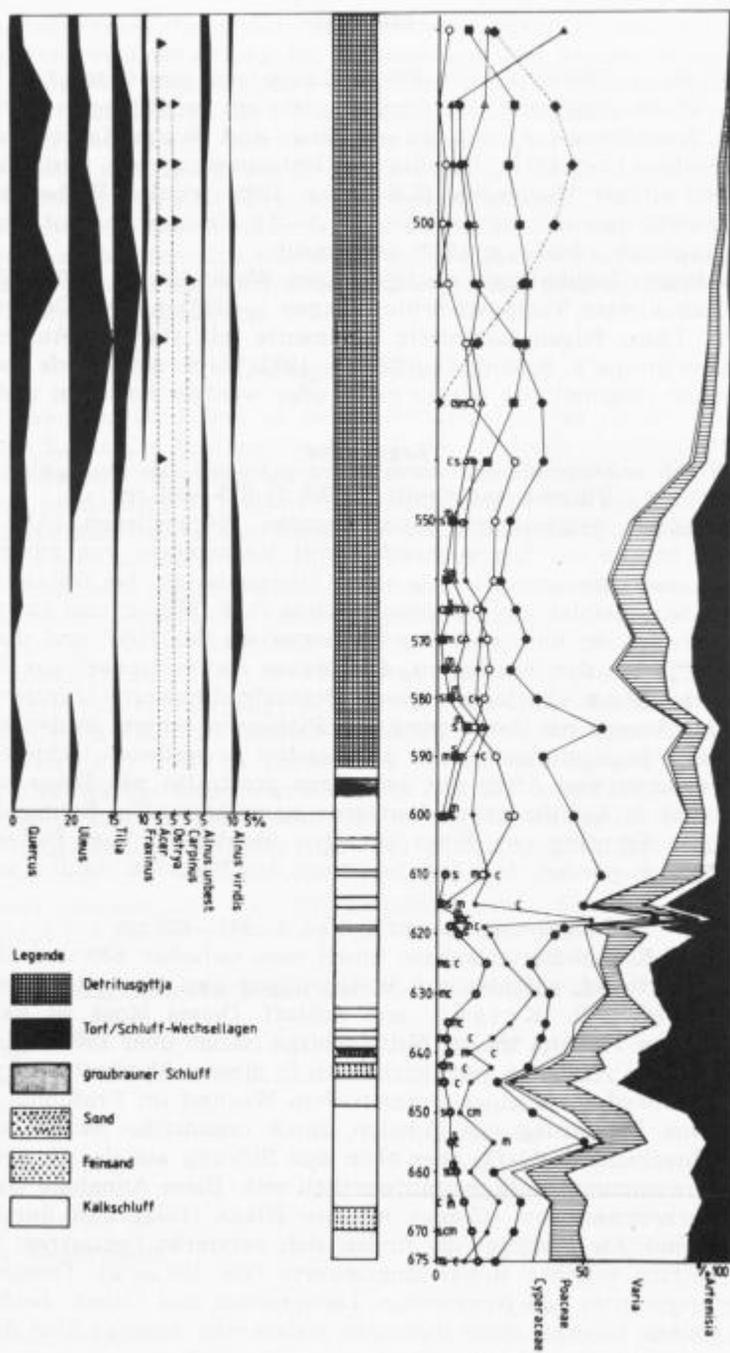
Ergebnisse

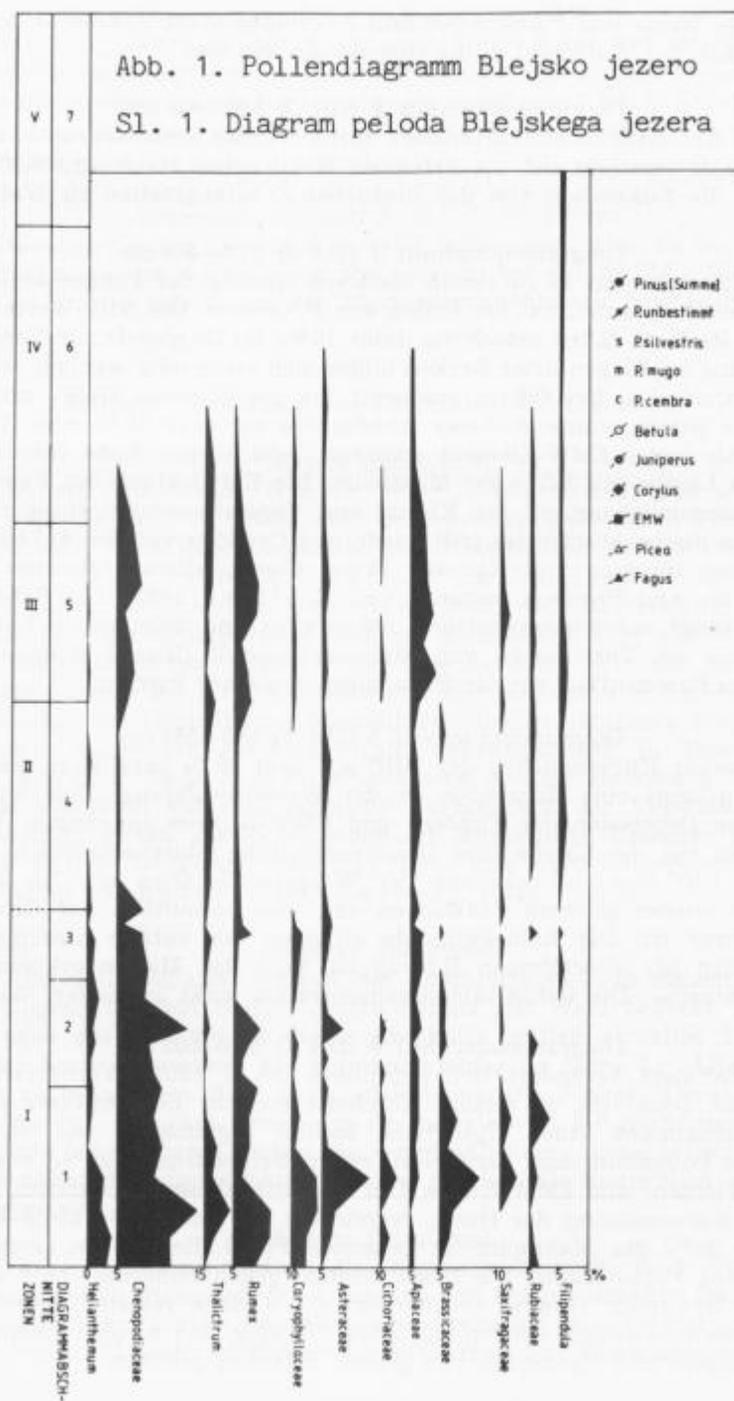
Diagrammabschnitt 1 (DA 1) 675–645 cm

Der Basiscore beginnt mit sandig-tonigen Wechsellagen (Abb. 1). Bei 675 cm war bereits ein See vorhanden, mit Vorkommen von ausschliesslich *Daphnia* sp. und Chironomiden. Als erster Ostracode tritt bei 660 cm *Cytherisa lacustris* Sars gefolgt von *Candona candida* O. F. Müller und *Limnocythere sanctipatricii* Bra. & Rob. auf. Das Vorherrschen der NBP und die geringe Pollendichte lassen den Schluss zu, dass dieses Sedimentpaket zur Zeit einer offenen Pionierphase abgelagert wurde. Strauchpollenwerte (*Juniperus* 15 ‰) zeigen jedoch bereits ein Vorkommen von Pioniersträuchern. In den klimatisch und edaphisch begünstigten, relativ früh eisfrei gewordenen Gebieten ist mit einem Vorkommen von Arten aus der »Grex prostrata« wie *Pinus mugo*, *Betula nana* und *B. humilis* sowie *Juniperus* zu rechnen. Die Baumpollenwerte werden durch Fernflug von *Pinus silvestris* überlagert. Vom Pollenbild her kann geschlossen werden, dass das Gebiet um den Bled-See waldlos war.

Diagrammabschnitt 2 (DA 2) 645–625 cm

Nach einer Konsolidierungsphase findet man zwischen 630 und 620 cm ein laminiertes Torfband, gebildet von Wechsellagen aus gepresstem *Campylium elodes* Broth (det. R. Krisai) und Schluff. Dieses Moos ist kalkliebend und kommt vom Tiefland bis ins Mittelgebirge (selten über 1500 m) in flachen Tümpeln vor. Das Ausfallen von Ostrakoden in diesem Abschnitt führt Löffler (1983) entweder auf einen dramatischen Wechsel im Profundal des Sees oder auf eine Zerstörung der Schalen durch organische Säuren oder CO₂ zurück. Wahrscheinlich dürfte aber eher eine Störung aus der Umgebung des Sees (Einschwemmung) dafür verantwortlich sein. Diese Annahme wird durch enormes Vorkommen von »*Coccus nivalis*« Klaus (1977) und durch relativ geringe Pollendichte bestätigt. Es finden sich verstärkt Pediatren. Pigmentanalysen zeigten erhöhte Rohcarotinoidwerte (bis 100 µg/g). Dominant sind »Grünalgenpigmente« wie Neoxanthin, Loroxanthin und Lutein. Leider haben aber alle grünen Pflanzen diese Pigmente, sodass eine Aussage über die Phytoplanktonentwicklung nicht zulässig ist.





Erhöhte Werte von *Pinus mugo* und *P. cembra* sowie *Juniperus* zeigen ein Heranrücken der Waldfront in die Gegend um den See.

Diagrammabschnitt 3 (DA 3) 625—615 cm

Dieser Abschnitt ist charakterisiert durch erhöhte *Pinus*-Werte. *P. silvestris* tritt erstmals verstärkt auf, die *Artemisia*-Werte gehen stark zurück. Zu dieser Zeit tritt die Sukzession von der Sträucher-Krautvegetation zu Waldvegetation ein.

Diagrammabschnitt 4 (DA 4) 615—580 cm

Bei 615 cm kommt es zu einem massiven Anstieg der Föhren und Birkenwerte. Den Hauptanteil hat der Pollen von *P. cembra*. Die NBP-Werte nehmen ebenfalls stark ab, fallen jedoch nie unter 15 %. Im Gegensatz zur Vegetationsentwicklung im Klagenfurter Becken bilden sich mehr oder weniger »offenere« Waldbestände aus. Bei 600 cm erscheint die geschlossene EMW- und *Picea*-Kurve die jedoch während dieses Abschnittes nie über 10 % bzw. 15 % ansteigen. Als erstes EMW-Element erscheint *Tilia*. Gegen Ende von DA 4 erreicht die Lärche mit 5,2 % ihr Maximum. Die Entwicklung der Fauna ist in engem Zusammenhang mit der Klima- und Vegetationsentwicklung zu sehen. Zu Beginn dieses Abschnittes tritt wiederum *Candona* auf. Bei 610 cm kommt es zu einer Invasion von *Bosmina*. Auch *Campylodiscus hibernica noricus* (Ehr.) Grun. und *Pisidium* kommen vor (Löffler 1983). Die Rohcarotinoide menge steigt auf durchschnittlich 120 µg/g an und zeigt neben Lutein und Neoxanthin ein Vorkommen von Myxoxanthophyll (Blaualgenpigment) und später von Fucoxanthin, ein für Braunalgen typisches Pigment.

Diagrammabschnitt 5 (DA 5) 580—550 cm

Ein starker Kurvenanstieg der NBP auf über 40 % parallel zu einem Birkenanstieg zeigt eine Regression in der Waldentwicklung. Dies wird auch durch eine Depression der Fichten- und EMW-Kurven angedeutet. Während dieser Zeit hat die Lärche ihre Hauptverbreitung (durchschnittlich 3—4 %). Offenbar tritt eine Auflockerung der Waldgesellschaften ein. Im Sediment herrschen wieder grössere Fraktionen vor, was vermutlich auf Erosion zurückzuführen ist. Die Rohcarotinoide erlangen nur extrem niedrige Werte. Ein Zeichen für allochthonen Eintrag ist auch das Massenvorkommen von »*Coccus nivalis*«. Die Rohcarotinoidekonzentration sinkt auf unter 70 µg/g.

Diagrammabschnitt 6 (DA 6) 550—500 cm

Das Sediment verändert sich gegenüber DA 4 kaum. Vorherrschend ist graubraune Tongyttja. In diesem Abschnitt erreicht *Limnocythere* das Verbreitungsmaximum. Auch *Cytherissa* kommt regelmässig vor (Löffler 1983). Das Pollenbild zeigt parallel zu einem *Betula*-Gipfel (25 %) ein Ansteigen der Fichten- und EMW-Kurve. Um die Mitte dieses Abschnittes, zugleich mit dem Kurvenanstieg der Hasel, verzeichnet der Pollen der EMW-Elemente mit über 30 % das Maximum im gesamten Profil. Bei 510 cm erscheint die geschlossene *Fagus*-Kurve. Die Hasel erreicht gegen Ende des DA 6 mit über 45 % ihr Maximum. »*Coccus nivalis*«, im DA 5 stark vertreten, verschwindet. Die Rohcarotinoide steigen auf über 100 µg/g und werden hauptsächlich aus Blaualgen- und Pigmenten von grünen Pflanzen gebildet.

Diagrammabschnitt 7 (DA 7) 500—470 cm

Der DA 7 ist gekennzeichnet durch einen Wechsel von den mesophytischen Gehölzen wie EMW und Hasel in Richtung Klimax-Gesellschaft. Dieser Wechsel ist ausgedrückt durch einen Niedergang der Hasel- und EMW-Kurve und die Massenausbreitung von *Fagus*. Die NBP-Kurve sinkt auf unter 3 ‰, *Artemisia* verschwindet ganz.

Diagrammabschnitt 8 (DA 8) ab 470 cm

Die Buche dominiert das Waldbild, NBP fallen unter 2 ‰. Zu Beginn dieses DA tritt *Abies* in das Waldbild ein und erreicht bei 450 cm 12 ‰. Die klimatischen Verhältnisse haben sich von trockenkontinental zu feucht-illyrisch gewandelt.

Zeitliche Einstufung und Diskussion der Ergebnisse*Älteres Spätglazial*

Das »Ältere Spätglazial« (Fritz 1973, Schultze 1979 b) umfasst die Diagrammabschnitte 1—3. Diese Zeit ist gekennzeichnet durch Fehlen einer Waldvegetation. Nach Ergebnissen aus dem Klagenfurter Becken (Wörthersee, Jeserzer See, Schultze 1979 a, b) reicht das Ältere Spätglazial biostratigraphisch bis zur beginnenden Wiederbewaldung. Radiokarbondatierungen ergaben für die obere Grenze des Älteren Spätglazials ein Alter von 13.500 a.B.P. Dominierend sind kräuterreiche Poaceengesellschaften. Um die Mitte dieser Abschnitte (Grenze DA 2 : DA 3) schreitet die Sukzession in Richtung Waldvegetation fort. Im benachbarten Klagenfurter-Becken ist dieser Diagrammteil durch einen markanten *Juniperus*-Gipfel gekennzeichnet, in Slowenien erreichten bereits *P. mugo* und *P. cembra* eine gewisse Bedeutung. An dieser Stelle ist wiederum auf eine deutliche Vorzeitigkeit der Vegetation in den Südalpen hinzuweisen, die sicher edaphisch klimatische Ursachen hat. Auch die Nähe zu den Refugialgebieten mag dabei eine nicht untergeordnete Rolle spielen (vergl. Schultze 1984, Sercelj 1972).

Jüngeres Spätglazial

Das Jüngere Spätglazial umfasst die Abschnitte 4—5. In diesem Zeitraum ist die Gegend um den Blejsko jezero bereits mit Wald bedeckt. Nach den Erfahrungen aus Kärnten ist dieser Abschnitt zeitlich zwischen 14.000 und 10.300 vor heute anzusetzen. Ein Klimarückschlag im Sinne Ic (Ältere Dryas) ist nicht zu beobachten. Sehr stark scheint aber die Jüngere Dryas (III) ausgebildet zu sein, was ihre Ursache in der bereits weit fortgeschrittenen Waldentwicklung haben könnte, sodass die »empfindlichere« mesophytische Vegetation gegenüber Klimaschwankungen eher reagiert als kaltzeitlich angepasste Pioniervegetation.

Älteres Postglazial

Das ältere Postglazial umfasst die Diagrammabschnitte 6—8. Vegetationsgeschichtlich stellt diese Zeit den Übergang von der pleistozänen Pflanzenwelt, wo hauptsächlich Föhren- und Birkengesellschaften das Vegetationsbild dominieren, über EMW-Hasel-Fichten-Gesellschaften zur Klimaxgesellschaft mit

Buchen-Tannendominanz dar. Auch im älteren Postglazial ist das frühe Auftreten von mesophytischen Gehölzen (bereits im jüngeren Spätglazial) markant.

Das von Šercelj (1972) festgestellte, frühere Auftreten der EMW-Gesellschaften gegenüber der Hasel (also ähnlich wie im Riss-Würm Interglazial) ist inzwischen für alle südlich des Alpenhauptkammes in der collinen und submontanen Stufe liegenden Profile hinlänglich bewiesen (Fritz 1973, Schultze 1984, Bortenschlager 1976, Schmidt 1965).

Dank

Dank schuldet der Verfasser: Herrn Prof. Dr. H. Löffler, Frau Dr. Senekovič für die Möglichkeit ein Profil aus dem Blejsko jezero zu gewinnen. Den Herrn M. Bobek und R. Niederreiter für die tatkräftige Mithilfe bei der Bohrung. Herrn Prof. Dr. A. Šercelj und Frau M. Culiberg sowie den Herren Prof. Dr. Šifrer und Doz. Dr. Vrhovšek für zahlreiche Diskussionen und Führungen bei Exkursionen in Slowenien; Herrn K. Mayer für die Ausführung der Zeichnungen und Frau I. Gradl für die bewährte Schreibebeit, nicht zuletzt den Herren Prof. Neal (GB) und Prof. Šercelj für die Übersetzung der Zusammenfassung.

Zusammenfassung

Paläolimnologische Untersuchungen von Bohrkernen aus dem Blejsko jezero haben folgendes ergeben:

1. Die See- und Vegetationsentwicklung verläuft ähnlich wie im Klagenfurter Becken.

1.2. Das Pollenspektrum wird dominiert von *Artemisia* und zahlreichen anderen Kräutern. Es herrscht Waldlosigkeit. Dieser Abschnitt (Älteres Spätglazial) reicht zeitlich bis ca. 13.800 B.P.*

Als erste Faunenelemente erscheinen *Daphnia* sp. (Cladoceren), Chironomiden und dann Ostracoden (*Cytherissa lacustris* Sars gefolgt von *Candona candida* O. F. Müller und *Limnocythere sanctipatricii* Bra. & Rob.).

1.3. Im Jüngeren Spätglazial (13.800—10.300 B.P.) kommt es zur Massenausbreitung von *Bosmina* (Cladocera) und zum Erstauftreten von *Pisidium* sp. (Mollusca) und *Campylodiscus hibernica noricus* (Ehr.) Grun. (Diatomeae). Gleichzeitig findet ein Sedimentwechsel von anorganogenem Sand und Schluff zur organogenen Gytta statt. Zu diesem Zeitpunkt beginnt die Wiederbewaldung.

Das Ende des Jüngeren Spätglazials wird durch einen Klimarückschlag (Jüngere Dryas, III) dokumentiert.

1.4. Der Pollenabschnitt im Präboreal (IV) wird durch EMW-Hasel-Gesellschaften dominiert. *Limnocythere* erreicht ihre Hauptverbreitung. *Cytherissa* ist ebenfalls präsent.

1.5. Gegen Ende des Präboreals beginnt die Buchendominanz.

2. Pigmentanalysen (Carotinoide) zeigen enge Parallelität zu den oben genannten Ergebnissen.

* B.P. = Before Present, bezogen auf 1950.

Prispevki k paleolimnologiji Blejskega jezera v Sloveniji in razvoju okoliške vegetacije ter klime

Povzetek

Paleolimnološke raziskave vrtine iz Blejskega jezera so dale naslednje rezultate:

1. Razvoj jezera in vegetacije je podoben kot v Celovški kotlini.

1.2. V pelodnem spektru dominirajo *Artemisia* in številne druge zelne rastline, gozdne vegetacije ni. Odsek (Starejši kasni glacial) obsega čas do ca. 13.800 let pred sedanostjo. Kot prvi favnistični elementi nastopajo *Daphnia* sp. (Cladocera), Chironomidae in potem še Ostracoda (*Cytherissa lacustris* Sars), za njimi pa se pojavita *Candona candida* D. F. Müller in *Limnocythere sanctipatricii* Bra. & Rob.

1.3. V mlajšem odseku kasnega glaciala (13.800—10.800) je množično razširjena *Bosmina* (Cladocera), prvič pa se pojavita *Pisidium* sp. (Mollusca) in *Campylodiscus hibernica noricus* (Ehr.) Grun. (Diatomeae). V tem času se sedimentacija sprevrže iz anorganogenega peska in puste gline v organogeno gyttjo. Hkrati se začne razvijati gozd. Konec mlajšega odseka kasnega glaciala karakterizira poslabšanje podnebja (Mlajši Dryas, III).

1.4. Pelodni odsek v preborealu (IV) predstavljajo združbe QM (*Quercetum mixtum*) in leske (*Corylus avellana*). *Limnocythere* doseže največjo razširjenost. *Cytherissa* je prav tako še prisotna.

1.5. Ob koncu preboreala se že začenja prevlada bukve.

2. Pigmentna analiza (karotinoidov) kaže ozko povezanost z zgoraj navedenimi ugotovitvami.

Contributions to paleolimnology of the Bled Lake, Slovenia, and to evolution of adjoining vegetation and climate

Summary

Paleolimnological examination of several cores from Lake Bled has established the following:

1. The development of the lake and the vegetation is quite similar to those of the Klagenfurter Basin of Carinthia, Austria.

1.2. The pollen spectrum is dominated by *Artemisia* and several other herbaceous plants. There is no forest vegetation. This interval (Older Late Glacial) lasted until c. 13.800 B.P.

The first faunal elements occurring in the lake are cladocerans (*Daphnia* sp.), chironomids, ostracods (*Cytherissa lacustris* Sars followed by *Candona candida* D. F. Müller and *Limnocythere sanctipatricii* Bra. & Rob.).

1.3. During the Younger Late Glacial (13.800—10.300 B.P.) there was an explosion of *Bosmina* (Cladocera) and for the first time *Pisidium* sp. (Mollusca) and *Campylodiscus hibernica noricus* (Ehr.) Grun. (Diatom) occur. At the same time there was a change in sediment from inorganic sand-clay layers to organic clay-gyttja. Parallel with these changes reafforestation starts. The end of the

Younger Late Glacial interval is marked by a climatic deterioration (Younger Dryas, III).

1.4. The pollen spectrum in Preboreal (IV) is dominated by EMW (*Quercetum mixtum*) associations and by Hazel (*Corylus avellana*). *Limnocythere* attains its maximum abundance. *Cytherissa* is still present.

1.5. Towards the end of the Preboreal, pollen of *Fagus sylvatica* starts to become predominant.

2. Analyses of plant pigments (carotinoids) give results similar to those above.

Literatur

Bortenschlager, I. 1976, Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols II. Kufstein — Kitzbühel — Pass Thurn. Ber. nat. med. Ver. Innsbruck, 63, 105—137, Innsbruck.

Fritz, A. 1973, Die Bedeutung des Längseemoeres für die Vegetations- und Klimageschichte des Klagenfurter Beckens (Ostalpen). Carinthia II, 163/83, 277—293, Klagenfurt.

Grimšičar, A. 1955, Zapiski o geologiji Bleda (Notes on the geology of Bled). Geologija, 3, 220—225, Ljubljana.

Klaus, W. 1977, »Coccus nivalis«. Ein häufiges Microfossil des Spätglazials und frühen Postglazials. Linzer biol. Beitr. II 9/1, 81—84, Linz.

Löffler, H. 1983, The paleolimnology of Lake Bled. Zusammenfassungen XXII Kongress d. internat. Verein. f. Limnologie, VII/1983, 211, Bordeaux.

Molnar, F. M., Rothe, P., Förstner, U., Štern, J., Ogorelec, B., Šercelj, A. & Culiberg, M. 1978, Lakes Bled and Bohinj. Geologija, 21/1, 93—164, Ljubljana.

Schmidt, H. 1965, Palynologische Untersuchungen an drei Mooren in Kärnten (Mit pollen- und sporenmorphologischem Anhang). Diss. phil. Fak., Universität Innsbruck, Innsbruck.

Schultze, E. 1975, Pollenanalytische Untersuchungen an zwei Profilen aus dem Goggaussee in den Wimitzer Bergen in Kärnten. In: H. Löffler 1975: Arbeitsbericht der limnologischen Exkursion Goggaussee 1974. Carinthia II, 165/85, 168—176, Klagenfurt.

Schultze, E. 1979 a, Pollenanalytische Untersuchungen eines Seeböhrkernes aus dem Profundal des Wörthersees (Westbecken) in Kärnten. Linzer biol. Beitr. 11/1, 1—19, Linz.

Schultze, E. 1979 b, Ein Beitrag zur Vegetationsgeschichte Kärntens. Das Pollendiagramm Jeserzer (Saisser) See. Carinthia II, 169/89, 359—366, Klagenfurt.

Schultze, E. 1984, Neue Erkenntnisse zur spät- und frühpostglazialen Vegetations- und Klimaentwicklung im Klagenfurter Becken. Carinthia II im Druck.

Šercelj, A. 1970, Würmska vegetacija in klima v Sloveniji. Razprave SAZU 13/7, 211—249, Ljubljana.

Šercelj, A. 1972, Verschiebung und Inversion der postglazialen Waldphasen am südöstlichen Rand der Alpen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 85/1—4, 123—128, Berlin.

Šifrer, M. 1969, Kvartarni razvoj dobrav na Gorenjskem. Geogr. zbornik, XI, 101—220, Ljubljana.

Züllig, H. 1982, Untersuchungen über die Stratigraphie von Carotinoiden in den geschichteten Sedimenten von 10 Schweizer Seen zur Erkundung früherer Phytoplankton-Entfaltungen. Schweiz. Z. Hydrol., 44/1, 1—98, Zürich.