

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 82 (1989)
Heft: 1

Artikel: Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Luganersee (Südtessin, Schweiz)
Autor: Wick, Lucia
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-166376>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Luganersee (Südtessin, Schweiz)

Von LUCIA WICK¹⁾

ABSTRACT

The preliminary results of palynological investigation of a ¹⁴C-dated core from the southern basin of Lake Lugano (84 m waterdepth) are discussed based on percentage and influx data.

The pollen diagram shows the vegetation development from the Oldest Dryas (ca. 15,000 B.P.) to the beginning of the Subatlantic (ca. 2,200 B.P.)

As the Tessin/Adda-glacier retreated the investigated region was invaded by an open pioneer vegetation (PAZ L1). At about 14,500 B.P. *Juniperus*, *Hippophaë* and *Salix* shrubs began to expand and were finally replaced during the Bölling (13,000–12,000 B.P.) by birch and pine forests.

In the pollen diagram the birch trees are poorly represented – due to unexplained processes of flotation and/or sedimentation.

In the Allerød (12,000–11,000 B.P.) *Abies* and the species of the mixed oak forest immigrated, and *Quercus* already began to spread before the forests were opened due to a climatic deterioration during the Younger Dryas (11,000–10,000 B.P.).

After a climatically better period at the end of the Younger Dryas another cooling in the Preboreal (10,000–9,000 B.P.) seemed to slow down the expansion of the thermophilous woods. During the Boreal (9,000–8,000 B.P.) and the Atlantic (8,000–5,000 B.P.) deciduous forests, dominated by *Quercus*, were spreading in the lower altitudes, and the montane level was covered by fir forests.

At the beginning of the Subboreal (5,000–2,500 B.P.) *Abies* decreased and disappeared from the surroundings of Lake Lugano, while a beech mass expansion took place (PAZ L9 + L10). In the zone of the mixed oak forests *Alnus* became more and more significant, and from about 3,500 B.P. on to the early Subatlantic oak-alder forests with *Carpinus*, *Ostrya* and *Corylus* were dominant.

The first significant human impact on the vegetation can be proved by tracing deforestations towards the end of the Subboreal (PAZ L12, Bronze Age) and at the beginning of the Subatlantic (PAZ L13, Iron Age).

ZUSAMMENFASSUNG

Die ersten Ergebnisse der palynologischen Untersuchungen an einem ¹⁴C-datierten Bohrkern aus dem südlichen Becken des Luganersees (84 m Wassertiefe) werden anhand von Prozent- und Influxwerten diskutiert.

Der Luganersee liegt auf 271 m ü.M. am Alpensüdrand in der insubrischen Schweiz. Der geologische Untergrund wird hauptsächlich von Gneissen und Eruptivgesteinen gebildet, und die heutige Vegetation besteht aus kastanienreichen Edellaubmischwäldern in den unteren Regionen und Buchenwäldern in der montanen Stufe.

Das Pollendiagramm zeigt die Vegetationsentwicklung von der Ältesten Dryas (ca. 15 000 B.P.) bis zum Beginn des Subatlantikums (ca. 2200 B.P.).

Nach dem Rückzug des Gletschers wurde das Untersuchungsgebiet von einer offenen Pionier- und Steppenvegetation besiedelt (PAZ L1). Um etwa 14 500 B.P. begannen sich *Juniperus*-, *Hippophaë*- und *Salix*gebüsche auszubreiten (PAZ L2), die im Verlauf des Bölling (13 000–12 000 B.P.) von *Betula*- und *Pinus*wäldern verdrängt wurden.

¹⁾ Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität Bern, Altenbergrain 21, CH-3013 Bern.

Die schlechte Repräsentation der Birken im Pollendiagramm ist auf Flotations- und/oder Sedimentationsvorgänge zurückzuführen.

Im Allerød (12 000–11 000 B.P.) wanderten *Abies* und die Arten des Eichenmischwaldes ein, und *Quercus* begann sich noch auszubreiten, bevor sich die Wälder in der Jüngeren Dryas (11 000–10 000 B.P.) infolge einer Klimadepression auflichteten.

Nach einer klimatisch günstigeren Phase am Ende der Jüngeren Dryas scheint ein erneuter Temperaturrückgang im Präboreal (10 000–9000 B.P.) die Ausbreitung der wärmeliebenden Gehölze verzögert zu haben. Im Boreal (9000–8000 B.P.) und Atlantikum (8000–5000 B.P.) herrschten in den unteren Höhenlagen ausgedehnte, von *Quercus* dominierte Laubmischwälder, die in der montanen Stufe in einen Weisstannen-Gürtel übergingen. Zu Beginn des Subboreal (5000–2500 B.P.) ging *Abies* stark zurück und verschwand mit der Massenausbreitung der Buche (PAZ L9 + L10) fast endgültig aus dem Luganerseegebiet.

In der Edellaubmischwald-Stufe gewann *Alnus* zusehends an Bedeutung, und ab etwa 3500 B.P. bis ins frühe Subatlantikum (2500–2200 B.P.) bestimmten Eichen-Erlenwälder mit *Carpinus*, *Ostrya* und *Corylus* das Waldbild. Grössere menschliche Eingriffe in die Wälder sind erst gegen Ende des Subboreal (PAZ L12, Bronzezeit) und zu Beginn des Subatlantikum (PAZ L13, Eisenzeit) nachweisbar.

1. Einleitung

Im Rahmen von sedimentologischen, geochemischen und geophysikalischen Untersuchungen im Luganersee (NIESSEN 1987) wurden im Jahre 1983 vom Geologischen Institut der ETH Zürich eine Reihe von Kullenberg-Bohrungen durchgeführt.

Ziel der pollenanalytischen Untersuchungen war es, die Sedimentationsvorgänge im Luganerseebecken anhand des verhältnismässig ungestörten Standardprofils LG 83-17 in einen zeitlichen und vegetationsgeschichtlichen Zusammenhang zu stellen.

Die vorliegende Arbeit soll einen ersten Überblick über die spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung am Luganersee geben; im Rahmen von laufenden palynologischen Untersuchungen im Raume Luganersee-Comersee ist eine eingehende Bearbeitung des Profils LG 83-17 vorgesehen.

Die Proben wurden von Ch. Chondrogianni (Geolog. Inst. ETHZ) aufbereitet. Die Methoden folgen weitgehend den Richtlinien von BERGLUND & JASIEWICZOWA (1986).

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1 Geographie und Geologie

Der Luganersee (271 m ü.M.) liegt am Alpensüdrand in der insubrischen Schweiz, zwischen den grossen Alpenrandseen Lago Maggiore im Westen und Lago di Como im Osten. Der geologische Untergrund des 615 km² grossen Einzugsgebietes besteht aus herzynischen Gneissen (Insubrisches oder Seen-Gebirge) im Norden und permischen Eruptivgesteinen (Quarzporphyre, Porphyrite und Granophyre) im Süden, welche teilweise von mesozoischen Sedimentdecken aus Kalkgesteinen (Monte Generoso-Gruppe) und Dolomiten (Mte. S. Salvatore, Mte. S. Giorgio) überlagert werden.

Die Entstehung des Luganersees ist tektonisch bedingt und reicht, wie die des Comersees, mindestens bis ins jüngste Oligozän zurück (HANTKE 1983). Eistransfluenzen aus den Tälern des Lago Maggiore (Tessingletscher) und des Comersees (Mera/Adda-Gletscher) überprägten das Gebiet und übertieften das Seebecken bis 17 m unter das Meeresniveau. Im spätwürmzeitlichen Rückzugsstadium von Melide/Lecco wurde die Seemoräne von Melide geschüttet, welche den See in ein nördliches und ein südliches Becken unterteilt.

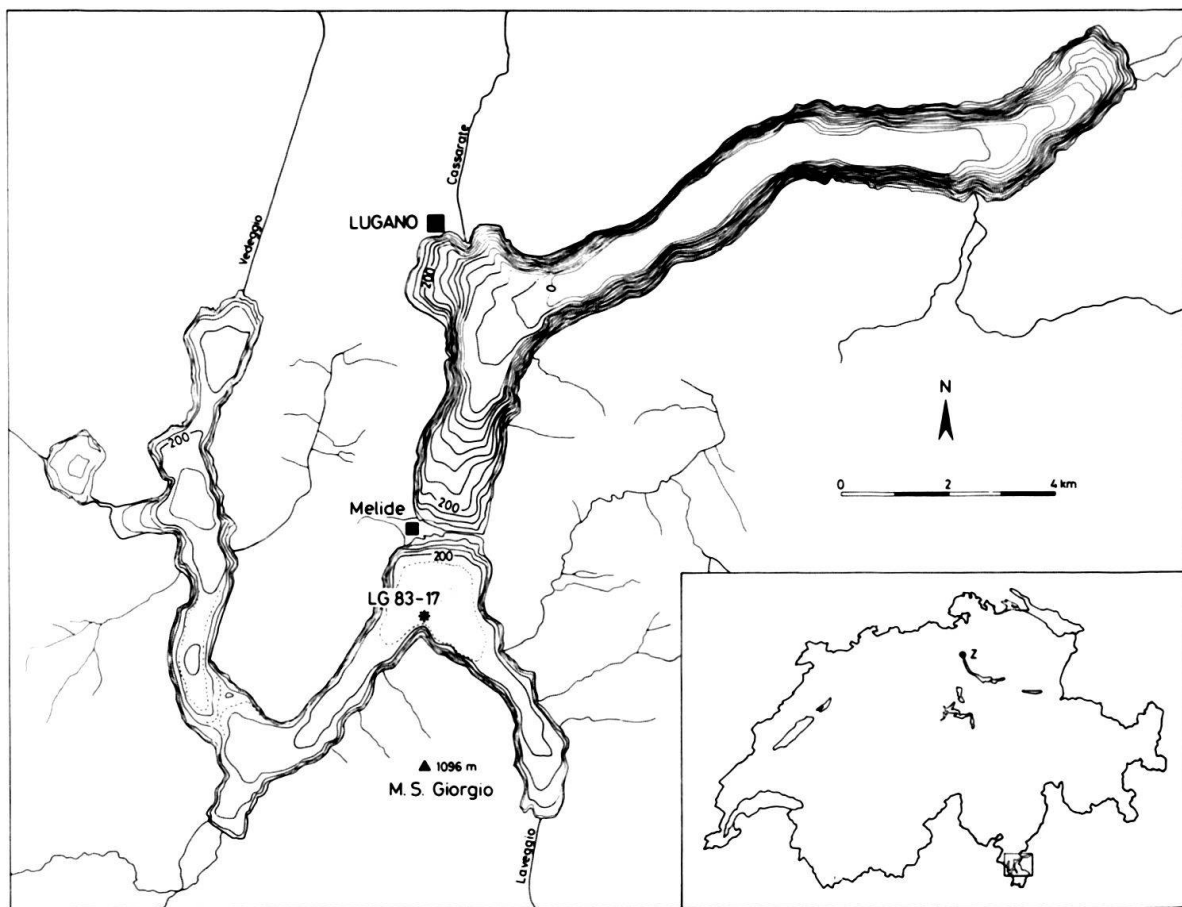


Fig. 1. Geographische Situation und Lage des Bohrpunktes.

Der Bohrkern LG 83-17 wurde im Becken von Melide nördlich des Monte San Giorgio bei 84 m Wassertiefe entnommen (Fig. 1).

2.2 Klima und Vegetation

Der Luganersee liegt in der insubrischen Region, welche sich durch sehr warme Sommer, milde Winter und hohe Niederschläge auszeichnet. In Lugano beträgt die mittlere Jahrestemperatur 11,4°C, und die jährliche Niederschlagsmenge wird mit 1701 mm angegeben, wobei im Frühling und Herbst deutliche Maxima auftreten.

Die Vegetation im Luganerseegebiet ist geprägt von ausgedehnten Kastanienbeständen. OBERDORFER (1964) unterscheidet einen artenarmen, azidophilen Kastanienmischwald mit *Quercus robur*, *Q. petraea* und *Betula pendula* (*Quercion roboris-petraeae*) auf flachgründigen Böden und den weiter verarbeiteten, arten- und krautreichen insubrischen Edellaubmischwald (*Salvio-Fraxinetum*, *Carpinion*) auf mesophileren, tiefgründigen Standorten, in welchen neben der dominierenden Edelkastanie auch *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Alnus glutinosa*, *Tilia cordata* und *Ulmus scabra* häufig vorkommen; die Strauchschicht wird meist von *Corylus* beherrscht, und als charak-

teristische Vertreter des Unterwuchses gelten *Aruncus silvester* und *Salvia glutinosa*. Auf Kalkgestein, vor allem im nordöstlichen Bereich des Untersuchungsgebietes, werden die insubrischen Kastanienwälder von submediterranen Waldgesellschaften (*Orno-Ostryon*) mit *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus* und *Quercus pubescens* abgelöst.

An die Kastanienwälder schliesst ab etwa 1000 m ü.M. ein Buchenwald-Gürtel an. Im Gegensatz zu den nördlicheren Tessiner Tälern fehlt *Abies alba* in der Buchenstufe des Luganerseegebietes völlig.

3. Datierung und Influxberechnungen

Die vorliegenden, unkalibrierten ^{14}C -Daten wurden nach der AMS-Methode (Accelerating Mass Spectrometry) am Institut für Mittelenergiephysik der ETH Zürich gemessen (WÖFLI, BONANI und Mitarbeiter). Verwendet wurden dabei ausschliesslich Pflanzenreste terrestrischen Ursprungs (NIESSEN 1987).

Der Polleninflux (Pollenkörner/cm² · Jahr) errechnet sich aus dem Produkt der Pollenkonzentrationen (PK/cm³, Methode mit Lycopodium-Tabletten nach STOCKMARR 1971) und der Sedimentationsraten (cm/Jahr; vgl. NIESSEN 1989). Über Interpretationsmöglichkeiten und Vergleichbarkeit von Influx-Werten geben BIRKS & BIRKS (1980) und dort zitierte Literatur Auskunft.

Grössere Influx-Schwankungen können zwar die natürliche Variationsbreite widerspiegeln, müssen aber zumindest teilweise darauf zurückgeführt werden, dass die Dichte der Datierungen zu gering ist, um alle Sedimentationsänderungen erfassen zu können. Soweit dies möglich war, wurden für die Influxberechnungen Daten aus dem etwa 20 km weiter südwestlich gelegenen Lago di Biandronno (SCHNEIDER 1978) auf den Luganersee übertragen (vgl. Kap. 6).

4. Sediment

Die Sedimente des Luganersees sind hauptsächlich allochthon: vorwiegend Sande, Silte und Ton im Spätglazial und Detritusgyttja mit wechselndem mineralischem Anteil im Postglazial. Eingehendere Angaben über Art und Zusammensetzung der Seeablagerungen, sowie über Sedimentationsverlauf und Sedimentationsraten finden sich bei NIESSEN (1987, 1989).

Da das südliche Luganerseebecken dank der Seemoräne von Melide gegen den hohen Sedimenteintrag der Hauptzuflüsse im Norden abgeschirmt wird, verlief die Sedimentation hier verhältnismässig ruhig – im Gegensatz zum nördlichen Becken, wo häufig Rutschungen und Turbidite auftreten.

5. Die lokalen Pollenzonen (Pollen Assemblage Zones, PAZ)

PAZ L1: *Artemisia-Poaceae-Juniperus*-Phase
964–938 cm

Die Pollenzone ist charakterisiert durch hohe Werte von Nichtbaumpollen (NAP, 67–82%), die von *Artemisia*, Poaceen und Chenopodiaceen dominiert werden. Baumpollen (AP): *Juniperus*, *Pinus* und thermophile Gehölze.

Influx: Sehr gering. AP: 33–85 PK/cm² · a; NAP: 147 PK/cm² · a.

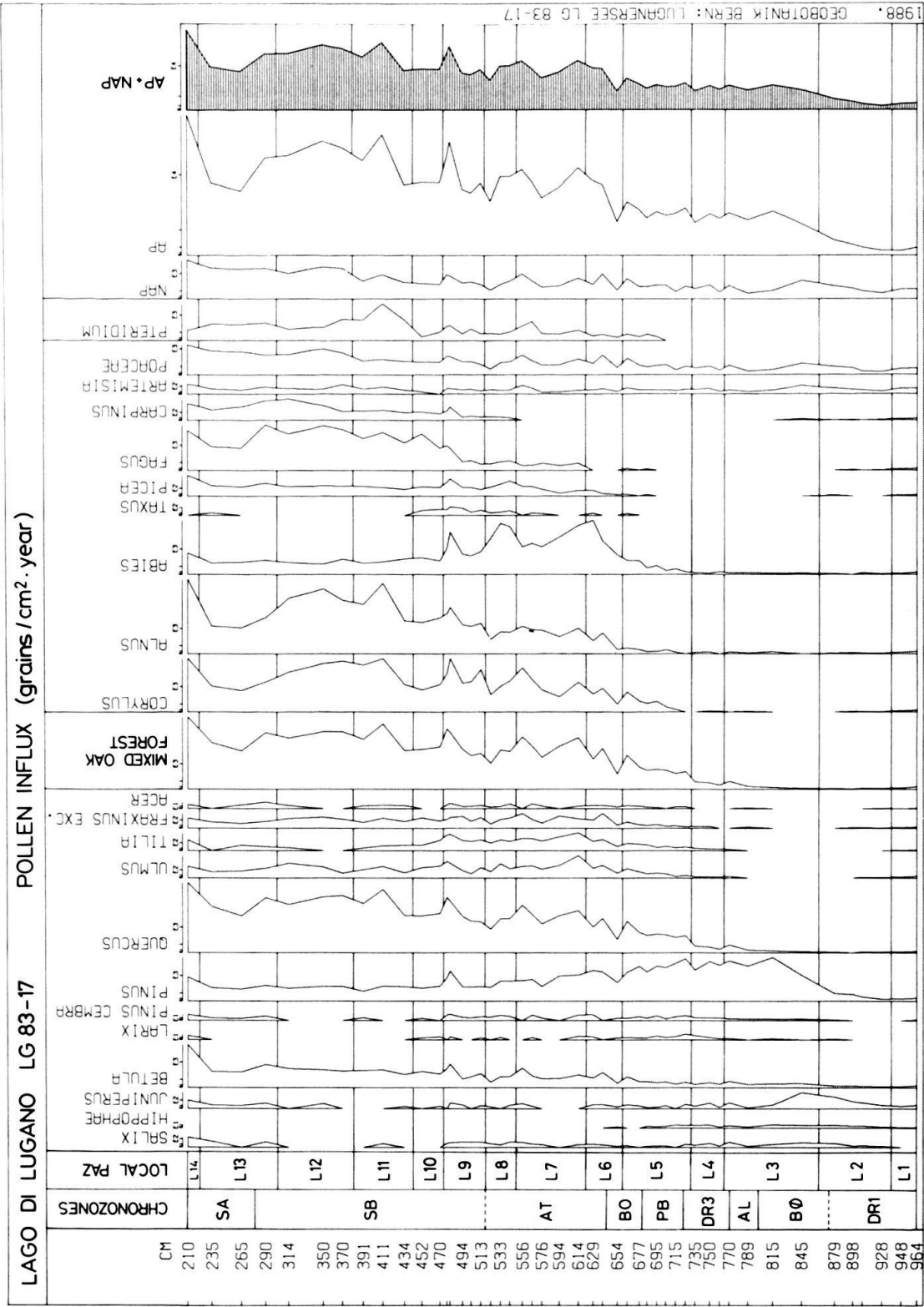


Fig. 2. Polleninflux Luganersee LG 83-17.

- PAZ L2: *Juniperus-Pinus-NAP-Phase*
 938–862 cm
Juniperus dominiert mit max. 35%, während die *Pinus*-Kurve langsam ansteigt. *Hippophaë* und *Salix* erreichen Höchstwerte. *Larix* und *Pinus cembra* sind mit wenigen Pollenkörnern vertreten.
 Influx: Im Gegensatz zu den Prozentwerten nimmt der NAP-Influx deutlich zu.
 AP: $33\text{--}338 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$; NAP: $47\text{--}261 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$.
- PAZ L3: *Pinus-Phase*
 862–765 cm
 Bei abfallenden *Juniperus*- und NAP-Werten steigt die *Pinus*-Kurve rasch auf 95% an. *Quercus* wird häufig, und die Funde von *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus* und *Acer* setzen ein.
 Influx: Der Polleninflux von *Pinus* verzehnfacht sich am Übergang PAZ L2/L3.
 AP: $1,5\text{--}3 \times 10^3 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$; NAP: $47\text{--}529 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$.
- PAZ L4: *Pinus-NAP-Phase*
 765–730 cm
 Die AP-Werte, dominiert von *Pinus*, fallen vorübergehend auf 90% zurück. *Larix*, *Pinus cembra* und *Tilia* werden häufiger, *Quercus* geht deutlich zurück. *Artemisia*, Poaceen, Chenopodiaceen, Brassicaceen und *Rumex* nehmen zu.
 Influx: Der Gesamtinflux geht gegenüber PAZ L3 um etwa ein Drittel zurück.
 AP: $1,6\text{--}2,6 \times 10^3 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$; NAP: $72\text{--}294 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$.
- PAZ L5: *Pinus-EMW-Phase*
 730–659 cm
 Während *Pinus* rasch zurückgeht, erreicht der EMW – dominiert von *Quercus* – Werte von 25–35%, die sich im weiteren Verlauf des Holozäns kaum mehr wesentlich ändern. *Abies* steigt gegen Ende der Pollenzone kräftig an. Weiter erscheinen nun auch *Corylus*, und mit geringen Werten, aber geschlossenen Kurven *Hedera*, *Quercus ilex*, *Alnus* und *Picea*. Der NAP-Anteil ist gegenüber PAZ L4 etwas erhöht (bis 13%).
 Influx: Verdoppelung des Gesamtinfluxes am Übergang L4/L5, dann leichter Rückgang.
 AP: $2,1\text{--}4,4 \times 10^3 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$; NAP: $0,9\text{--}6,4 \times 10^2 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$.
- PAZ L6: *Abies-EMW-Pinus-Pase*
 659–621,5 cm
Abies erreicht einen ersten Gipfel (50%), *Pinus* und *Quercus* gehen zurück. Die *Alnus*-Kurve steigt langsam an. Gegen Ende der Pollenzone gehen die NAP auf Werte um 5% zurück.
 Influx: stark schwankend. Der *Abies*-Influx verzehnfacht sich (max. $4,5 \times 10^3 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$).
 AP: $1,7\text{--}8,5 \times 10^3 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$; NAP: $1,2\text{--}9,7 \times 10^2 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$.
- PAZ L7: *EMW-Abies-Corylus-Phase*
 621,5–549,5 cm
Abies geht zurück, der EMW dominiert. *Ulmus*, *Tilia* und *Acer* erreichen ihr Optimum. Die *Corylus*-Kurve steigt gegen Ende der Pollenzone auf 25% an. Die geschlossene *Fagus*-Kurve setzt ein.
 Influx: Bedingt durch die starke Abnahme von EMW und *Abies* geht der Gesamtinflux vorübergehend um rund die Hälfte zurück.
 AP: $5,1\text{--}11,8 \times 10^3 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$; NAP: $2,3\text{--}9,7 \times 10^2 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$.
- PAZ L8: *Abies-EMW-Phase*
 549,5–518 cm
Abies dominiert (bis 45%). *Corylus*, EMW und *Alnus* sind weniger stark vertreten als in L7. *Carpinus* und *Ostrya* treten erstmals in Erscheinung.
 Influx: deutlich abnehmend.
 AP: $4,5\text{--}9,6 \times 10^3 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$; NAP: $1,3\text{--}4,9 \times 10^2 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$.

- PAZ L9: *Corylus*-EMW-*Alnus*-Phase
518–474 cm
Während *Abies* zu Beginn der Pollenzone auf Werte unter 15% abfällt, bildet *Corylus* einen Gipfel von 33%, gefolgt von einer Zunahme des EMW, in welchem *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus* und *Acer* allmählich an Bedeutung verlieren. *Alnus viridis*, *Taxus* und *Salix* werden häufiger, und die *Alnus*-Kurve steigt an. Die NAP, insbesondere die Poaceen und *Artemisia*, nehmen etwas zu.
Influx: Die Influxwerte fast aller AP und NAP nehmen zu.
AP: $6-20 \times 10^3$ PK/cm² · a; NAP: $3,4-9,1 \times 10^2$ PK/cm² · a.
- PAZ L10: *Fagus*-EMW-*Alnus*-Phase
474–443 cm
Fagus nimmt rasch zu und erreicht ihr relatives Maximum, gelangt aber nicht zur Dominanz. *Corylus* geht weiter zurück, während *Alnus* erneut leicht zunimmt.
Influx: Mit Ausnahme von *Fagus* gehen am Übergang L9/L10 alle Influxwerte mehr oder weniger stark zurück.
AP: um $8,2 \times 10^3$ PK/cm² · a; NAP: $3,3-3,9 \times 10^2$ PK/cm² · a.
- PAZ L11: *Alnus*-*Quercus*-*Corylus*-Phase
443–380,5 cm
Alnus und *Quercus* dominieren, *Corylus* wird häufiger, und *Fagus* verliert etwas an Bedeutung. Die Kurven von *Hedera*, *Taxus*, *Larix* und *Pinus cembra* brechen ab. Die *Pteridium*-Werte sind hoch.
Influx: Zunahme von *Quercus*, *Alnus* und *Corylus* und NAP (*Artemisia*, Chenopodiaceen, *Rumex*).
AP: $0,8-2,2 \times 10^3$ PK/cm² · a; NAP: $4,1-9 \times 10^2$ PK/cm² · a.
- PAZ L12: *Alnus*-*Quercus*-*Carpinus*-Phase
380,5–302 cm
Bei *Alnus*, *Quercus* und *Fagus* keine grosse Änderung, *Corylus* geht zurück. *Carpinus* erreicht Höchstwerte (5%). NAP (7%): neben ersten *Cerealia*-Pollen erhöhte Werte von *Plantago lanceolata*, *Rumex*, *Artemisia* und Poaceen. *Pteridium* geht zurück.
Influx: Hohe, gegen Ende der Pollenzone abfallende Werte von *Quercus*, *Alnus* und *Corylus*. Maximaler *Fagus*-Influx.
AP: $1,5-2 \times 10^4$ PK/cm² · a; NAP: $1-1,6 \times 10^3$ PK/cm² · a.
- PAZ L13: *Quercus*-*Fagus*-NAP-Phase
302–22,5 cm
Quercus dominiert, *Alnus* und *Fagus* gehen deutlich zurück, der NAP-Anteil nimmt zu: Poaceen, *Plantago lanceolata*, *Rumex*, Ericaceen und *Humulus/Cannabis*. *Cerealia*-Pollen treten in geringen Mengen auf. Das erste *Juglans*-Korn erscheint.
Influx: Der Gesamtinflux fällt auf einen Drittel der Höchstwerte in L12 zurück.
AP: $0,6-1,5 \times 10^4$ PK/cm² · a; NAP: um $1,4 \times 10^3$ PK/cm² · a.
- PAZ L14: *Quercus*-*Alnus*-Phase
22,5–210 cm
Die Pollenzone wurde nur mit einem Horizont erfasst. *Quercus* geht leicht zurück, *Alnus* und *Betula* zeigen steigende Tendenz.
Influx: Die Influxwerte aller wichtigen Gehölze nehmen deutlich zu. Die NAP-Kurve steigt ebenfalls an.
AP: 3×10^4 PK/cm² · a; NAP: $2,3 \times 10^3$ PK/cm² · a.

6. Diskussion

Das vorliegende Pollendiagramm wurde in Chronozonen nach MANGERUD et al. (1974), bzw. WELTEN (1982) unterteilt. Da sich die Vegetationsentwicklung am Alpensüdrand nur schwer mit der Abfolge nördlich der Alpen parallelisieren lässt, erscheint die Verwendung der FIRBAS-Zonen wenig sinnvoll.

6.1 Das Spätglazial

6.1.1 Älteste Dryas (–13 000 B.P.)

Der unterste Teil des Pollendiagrammes (PAZ L1, Älteste Dryas) erfasst gerade noch das Ende einer Phase mit offener Pioniervegetation, welche die vom Eis befreiten Rohböden besiedelte und neben Poaceen hauptsächlich aus *Artemisia*, Chenopodiaceen, *Ephedra*, *Helianthemum*, *Rumex* und Compositen bestand. Stellenweise hatten sich bereits *Juniperus* und *Hippophaë* angesiedelt. Der Anteil an Pollen thermophiler Gehölze ist auf Aufarbeitung und Umlagerung älterer Sedimente zurückzuführen, während die *Pinus*-Kurve als Fernflug aus der Poebene gedeutet werden kann.

Zusammensetzung und Struktur des Sedimentes (Silte und Sande aus Gletscherschüttungen) sowie hohe Sedimentationsraten lassen darauf schliessen, dass sich der Gletscher zu diesem Zeitpunkt noch nicht aus dem nördlichen Seebecken zurückgezogen hatte.

Am Beginn von PAZ L2 ist im Sediment ein Übergang von rein glazialen Sedimenten zu Erosionsmaterial aus dem Einzugsgebiet des Sees zu beobachten. Als Ursache dazu nennt NIESSEN (1989) eine Temperaturerhöhung, welche das Abschmelzen des Eises beschleunigte. Da die geomagnetischen Kurven von Luganer- und Zürichsee im Spätglazial weitgehend synchron verlaufen, kann der ungefähre Beginn dieser etwa 700 Jahre dauernden Phase mit einem ^{14}C -Datum aus dem Zürichsee festgelegt werden, nämlich $14\,600 \pm 250$ B.P. in 932,5 cm Tiefe (NIESSEN 1987, 1989). Dies ergibt eine zeitliche Übereinstimmung mit der von LEROI-GOURHAN (1964/65) als «Präbølling» bezeichneten Erwärmung zwischen 14 850 und 13 950 B.P., die auch in andern palynologischen Arbeiten erwähnt wird (BERTOLDI 1968, ZOLLER & KLEIBER 1971, DE BEAULIEU 1977, SCHNEIDER & TOBOLSKI 1985).

Die Erwärmung leitete im Luganerseegebiet eine mehr oder weniger kontinuierlich verlaufende Wiederbewaldung ein (PAZ L2): *Juniperus*, *Hippophaë* und *Salix* bildeten ausgedehnte Bestände, und auf den günstigeren Standorten begann sich die Kiefer anzusiedeln. Die steigenden NAP-Influxwerte lassen darauf schliessen, dass sich gleichzeitig auf den bis dahin noch vegetationsarmen oder -freien Flächen artenreiche Rasengesellschaften bildeten.

Aufgrund der geomagnetischen Ergebnisse (NIESSEN 1987, 1989) und eines ^{14}C -Datums aus dem Lago di Biandronno ($13\,290 \pm 100$ B.P., *Juniperus*-Gipfel; SCHNEIDER 1978) kann die obere Grenze von PAZ L2 auf etwa 13 000 B.P. datiert werden.

6.1.2 Bølling (13 000–12 000 B.P.) und Allerød (12 000–11 000 B.P.)

Die Ausbreitung der Kiefer im Bølling (PAZ L3 p.p.) bewirkte einen raschen Rückgang von *Juniperus* und heliophilen Krautpflanzen. Der *Pinus*-Influx von 2900 PK/cm² · a am Ende des Bølling ist mit den Werten vom Lobsigensee zur Zeit der dichtesten Bewaldung im Allerød vergleichbar (AMMANN 1984).

Eine Ältere Dryas im Sinne einer Klimaverschlechterung am Ende des Bølling lässt sich im vorliegenden Pollendiagramm nicht ausscheiden.

Im Allerød (PAZ L3 p.p.) wanderten die ersten wärmeliebenden Gehölze ein (*Abies*, *Alnus*, EMW-Arten), und *Quercus* begann sich auszubreiten, wie dies von andern Pollendiagrammen der Alpensüdseite bereits bekannt und teilweise auch datiert

ist. So wurde im Lago di Biandronno für den Beginn der *Quercus*-Ausbreitung ein Alter von $11\,630 \pm 110$ B.P. ermittelt, und in Trana konnten in den allerødzeitlichen Horizonten mit den höchsten EMW-Werten Aschepartikel aus der auf rund 11 000 B.P. datierten Eruption des Laacher See Vulkans nachgewiesen werden (SCHNEIDER 1978, VAN DEN BOGAARD 1983).

Betula weist im Bølling und Allerød mit einem relativen Anteil von weniger als 4% und einem maximalen Influx von $60 \text{ PK/cm}^2 \cdot \text{a}$ ungewöhnlich niedrige Werte auf. Da kein Zweifel daran besteht, dass die Birken in der Luganerseeegend einen wesentlichen Bestandteil der spätglazialen Wälder darstellten (LÜDI 1944, ZOLLER 1960, SCHNEIDER 1978), muss die Sedimentation der Birkenpollen irgendwie verhindert worden sein. Der Luganersee ist in dieser Beziehung kein Einzelfall; Birkenpollen sind auch in den spätglazialen Abschnitten aus dem Untergrund des Zürichsees (AMMANN, in KELTS 1979), des Zugersees (AMMANN, unpubl.) und des Greifensees (WICK 1988) deutlich untervertreten. Die Frage nach den genauen Ursachen dieses Phänomens und vor allem auch nach den Auswirkungen auf andere Pollentypen ist nicht einfach zu beantworten. Vorläufig müssen wir uns wohl mit der Tatsache abfinden, dass zumindest im Spätglazial in tieferen Seen Flotations- und Sedimentationsmechanismen spielten, die sich selektiv auf bestimmte Pollentypen auswirkten.

6.1.3 Jüngere Dryas (11 000–10 000 B.P.)

Die Klimaverschlechterung der Jüngeren Dryas hatte eine deutliche Auflichtung der *Pinus*- und *Quercus*bestände zur Folge (PAZ L4). *Larix* und *Pinus cembra*, die seit dem Bølling im Gebiet vorhanden waren, breiteten sich etwas aus, und lichtliebende Steppen Elemente wie *Artemisia*, *Ephedra* und Chenopodiaceen wurden häufiger.

6.2 Das Postglazial

6.2.1 Präboreal (10 000–9000 B.P.)

Dank einer raschen Klimaverbesserung begannen sich die Kiefern- und Eichenwälder am Übergang zum Präboreal (PAZ L5) wieder zu schliessen. Es scheint jedoch, als ob sich ein erneuter Klimarückschlag auf die Ausbreitung der wärmeliebenden Gehölze ausgewirkt hätte. Der nach einem deutlichen Anstieg an der Grenze von PAZ L4 zu L5 wieder rückläufige Baumpollen-Influx sowie die Zunahme von Poaceen und heliophilen Kräutern lassen auf eine Auflockerung der Wälder schliessen, die jedoch nicht das Ausmass der Jüngeren Dryas erreichte.

Die Frage nach einer präborealen Klimaschwankung wurde schon mehrfach diskutiert, vor allem auch im Zusammenhang mit palynologischen Untersuchungen auf der Alpensüdseite. Auf das Problem der Piottino-Schwankung (ZOLLER 1960) soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden (vgl. dazu LANG 1961, ZOLLER & KLEIBER 1971, KÜTTEL 1977), doch wurden auch an andern Lokalitäten regressive Phasen im Präboreal nachgewiesen, die von der Jüngeren Dryas klar abgetrennt sind (BEUG 1964, SCHNEIDER 1978). SCHNEIDER & TOBOLSKI (1985) beschreiben am Lago di Ganna eine ähnliche Situation mit abnehmenden EMW- und zunehmenden NAP-Werten (Ganna-Schwankung, PAZ G8b) und vermuten eine zeitliche Übereinstimmung mit der von BEHRE (1978) zwischen 10 000 und 9600 B.P.) datierten Jüngsten Dryas.

Leider stehen für den Übergangsbereich Spätglazial–Holozän die entsprechenden ^{14}C -Daten nicht zur Verfügung, die eine Parallelisierung der unter sich zum Teil recht unterschiedlichen Pollendiagramme der Alpensüdseite einerseits, und einen Bezug zu grossräumigen Klimaveränderungen andererseits ermöglichen könnten.

Im weiteren Verlauf des Präboreals dürften sich die klimatischen Verhältnisse im Luganerseegebiet kaum wesentlich verbessert haben. Dagegen weisen steigende Influxwerte, die Ausbreitung von EMW-Arten und *Abies* sowie die einsetzenden Kurven von *Hedera*, *Vitis* und *Fraxinus ornus* (oberes Ende von PAZ L5) auf eine markante Erwärmung an der Grenze zum Boreal hin.

6.2.2 Boreal (9000–8000 B.P.) und Atlantikum (8000–5000 B.P.)

Zu Beginn des Boreal (datiert mit 8980 ± 130 B.P.) breiteten sich von *Quercus* dominierte Laubmischwälder aus, die im weiteren Verlauf des Postglazials das Vegetationsbild der unteren Höhenlagen bestimmten. In zunehmendem Masse gewann auch die Erle an Bedeutung, und zwar beschränkte sie sich nicht nur auf Feuchtstandorte in See- und Flussnähe, sondern verbreitete sich auch auf besseren Böden (ZOLLER 1960). Über den Laubmischwäldern entstand in der montanen Stufe ein ausgedehnter Weiss-tannen-Gürtel.

Der zweigipflige Verlauf der *Abies*-Kurve mit einem (durch Trockenheit bedingten?) Minimum um etwa 6500–6200 B.P. ist bezeichnend für die insubrische Region. Der erste der beiden Gipfel (PAZ L6) ist auf 7750 ± 135 B.P. datiert, und für den raschen Rückgang nach dem zweiten Maximum (Grenze PAZ L8/L9, bzw. Atlantikum/Subboreal) ergibt sich durch Interpolation ein Alter von rund 5000 B.P. Am Lago di Biandronno, wo der Rückgang der Weisstanne wie am Luganersee mit der Ausbreitung von *Alnus viridis* zusammenfällt, ist der entsprechende Horizont mit dem ^{14}C -Datum 5270 ± 90 B.P. versehen (SCHNEIDER 1978).

6.2.3 Subboreal (5000–2500 B.P.) und Subatlantikum (2500–2200 B.P.)

Im frühen Subboreal traten im Waldbild des Luganerseegebietes grundlegende Veränderungen ein. Die Weisstanne ging am Ende des Atlantikum stark zurück, und nach einer etwa 700 Jahre dauernden Übergangsphase mit grösserer Beteiligung von *Corylus*, *Alnus* und *Quercus* (PAZ L9) begann sich die Buche auszubreiten (4325 ± 120 B.P.) und verdrängte die Tanne schliesslich völlig aus dem Gebiet.

Die im Vergleich zur Alpennordseite späte, aber umso wirkungsvollere Massenausbreitung der Buche ist schwer zu erklären (vgl. ZOLLER & KLEIBER 1967), zumal da sie spätestens um 7500 B.P. (PAZ L7) ins Untersuchungsgebiet eingewandert war und während rund dreitausend Jahren eine sehr untergeordnete Rolle spielte. Da sich *Abies* und *Fagus* in ihren ökologischen Ansprüchen sehr ähnlich sind, kann die von NIESSEN (1989) postulierte Klimaverschlechterung (Abkühlung und höhere Niederschläge) nicht allein dafür verantwortlich gemacht werden. Als möglicher Faktor muss auch der Einfluss des Menschen in Betracht gezogen werden, auch wenn wir über das Ausmass der neolithischen Rodungen noch recht wenig wissen. Am Lago di Biandronno (SCHNEIDER 1978) folgt auf den *Abies*-Rückgang eine ausgeprägte Siedlungsphase; im Luganersee fehlt im entsprechenden Abschnitt (PAZ L9), wie überhaupt im

Neolithikum, der Nachweis von *Cerealia*-Pollen, doch kann aus der starken Zunahme von *Corylus* und den höheren NAP-Werten (insbes. *Plantago lanceolata*, *Humulus/Cannabis*-Typ, Chenopodiaceen, *Artemisia*, Poaceen, und *Pteridium*) sowie aus grösseren Sedimentationsraten (z.T. durch erhöhte Niederschläge bedingt?) auf menschliche Rodungs- und Siedlungstätigkeit geschlossen werden.

Parallel zur Massenausbreitung der Buche traten im Subboreal auch Veränderungen in der Artenzusammensetzung des Eichenmischwaldgürtels ein: *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Acer* und *Hedera* verloren völlig an Bedeutung, während sich die Erlen weiter ausbreiteten. Ab etwa 3500 B.P. (PAZ L11) dominierten Eichen/Erlen-Wälder mit geringer Beteiligung von *Carpinus*, *Ostrya*, *Corylus* und *Betula*.

Gegen Ende des Subboreal (PAZ L12, Bronzezeit) verstärkten sich die menschlichen Eingriffe auf die Wälder. Die ersten *Cerealia*-Pollen und die Zunahme von *Plantago lanceolata*, *Rumex*, *Ericaceen*, *Artemisia*, Poaceen und *Juniperus* deuten auf grössere Rodungen zur Acker- und Weidlandgewinnung hin. In welchem Masse die Wälder dabei geschädigt wurden, ist schwer abzuschätzen, denn bei der Interpretation der verhältnismässig hohen Influxwerte in PAZ L12 muss mitberücksichtigt werden, dass die Pollenproduktion in lockeren Beständen wesentlich höher sein kann als in geschlossenen Wäldern. Beachtliche Ausmasse dürften hingegen die (eisenzeitlichen) Rodungen zu Beginn des Subatlantikums (PAZ L13) erreicht haben, von denen alle wichtigen Baumarten betroffen wurden. Die relative Begünstigung der Eiche spricht dafür, dass zu dieser Zeit neben dem Ackerbau auch die Waldweide eine wichtige Wirtschaftsform darstellte.

Nach dieser Kulturphase konnten sich die Wälder nochmals regenerieren (PAZ L13/L14, 2300–2200 B.P.), bevor die von den Römern eingeführte Edelkastanie das Waldbild in der Eichenmischwaldstufe endgültig veränderte (vgl. ZOLLER 1960).

Verdankungen

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. F. Niessen, der mir die Sedimentproben und die Ergebnisse seiner Untersuchungen zur Verfügung stellte, und Frau Ch. Chondrogianni für die Aufbereitung der Proben. Frau Dr. B. Ammann und Herrn Prof. G. Lang sei für ihre Diskussionsbeiträge und aufbauende Kritik herzlich gedankt.

LITERATURVERZEICHNIS

- AMMANN, B. 1984: Prozepte, Konzentrationen und Durchschnitts-Influx der Pollenzonen im Spätglazial vom Lobsigensee. Diss. Bot. 72 (Festschrift Welten), 11–44.
- BEAULIEU, J.L. de 1977: Contribution pollénanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Alpes Méridionales Françaises. Thèse, Marseille III.
- BEHRE, K.E. 1978: Die Klimaschwankungen im europäischen Präboreal. Petermanns Geogr. Mitt. 2, 97–102.
- BERGLUND, B.E., & RALSKA-JASIEWICZOWA, M. 1986: Pollen analysis and pollen diagrams. In: B.E. Berglund (Ed.) Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. John Wiley, Chichester, 455–479.
- BERTOLDI, R. 1968: Ricerche polliniche sullo sviluppo della vegetazione tardiglaciale e postglaciale nella regione del Lago di Garda. St. Trent. Sc. Nat., sez. B 45, 87–162.
- BEUG, H.-J. 1964: Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Gardaseegebiet unter besonderer Berücksichtigung der mediterranen Arten. Flora 154, 401–444.
- BIRKS, H.B.J., & BIRKS, H.H. 1988: Quaternary Palaeoecology. London.
- BOGAARD, P. van den 1983: Die Eruption des Laacher See Vulkans. Diss. Univ. Bochum.
- HANTKE, R. 1983: Eiszeitalter. Band 3. Ott, Thun.

- KELTS, K. 1979: Geological and sedimentary evolution of Lakes Zurich and Zug, Switzerland. Diss. ETH Zürich Nr. 4146.
- KÜTTEL, M. 1977: Pollenanalytische und geochronologische Untersuchungen zur Piottino-Schwankung (Jüngere Dryas). *Boreas* 6, 259–274.
- LANG, G. 1961: Die spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung im Umkreis der Alpen. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 12, 9–17.
- LEROI-GOURHAN, A. & A. 1964/65: Chronologie des Grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne). *Gallia préhistoire* 8, 1–64.
- LÜDI, W. 1944: Die Waldgeschichte des südlichen Tessin seit dem Rückzug der Gletscher. *Ber. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 1943, 12–71.
- MANGERUD, J., ANDERSEN, S.T., BERGLUND, B.E., & DONNER, J. 1974: Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 3, 109–128.
- NIESSEN, F. 1987: Sedimentologische, geophysikalische und geochemische Untersuchungen zur Entstehung und Ablagerungsgeschichte des Luganersees. Diss. ETHZ Nr. 8354.
- 1989: The latest glacial and Holocene sedimentary evolution of southern perialpine Lake Lugano – implications for Alpine palaeo-climate and deglaciation. (in prep.)
- OBERDORFER, E. 1964: Der insubrische Vegetationskomplex, seine Struktur und Abgrenzung gegen die submediterrane Vegetation in Oberitalien und in der Schweiz. *Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschl.* 23/2, 141–187.
- SCHNEIDER, R.E. 1978: Pollenanalytische Untersuchungen zur Kenntnis der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Südrand der Alpen zwischen Turin und Varese (Italien). *Bot. Jb. Syst.* 100, 26–109.
- SCHNEIDER, R., & TOBOLSKI, K. 1985: Lago di Gana – Late-glacial and Holocene environments of a lake in the southern Alps. In: G. Lang (Ed.) *Swiss lake and mire environments during the last 15,000 years*. Diss. Bot. 87, 229–271.
- STOCKMARR, J. 1971: Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13, 615–621.
- WELTEN, M. 1982: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis. *Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.* 95.
- WICK, L. 1988: Palynologische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Greifensee bei Zürich (Mittelland). Diplomarb. Univ. Bern.
- ZOLLER, H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. *Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.* 83, 45–156.
- ZOLLER, H., & KLEIBER, H. 1967: Über die postglaziale Einwanderung und Ausbreitung der Rotbuche (*Fagus silvatica* L.) am südlichen Alpenrand. *Bauhinia* 3/3, 255–264.
- 1971: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in der montanen und subalpinen Stufe der Tessintäler. *Verhandl. Naturf. Ges. Basel* 81, 90–154.

Manuskript eingegangen am 11. Juli 1988

Revision angenommen am 27. November 1988

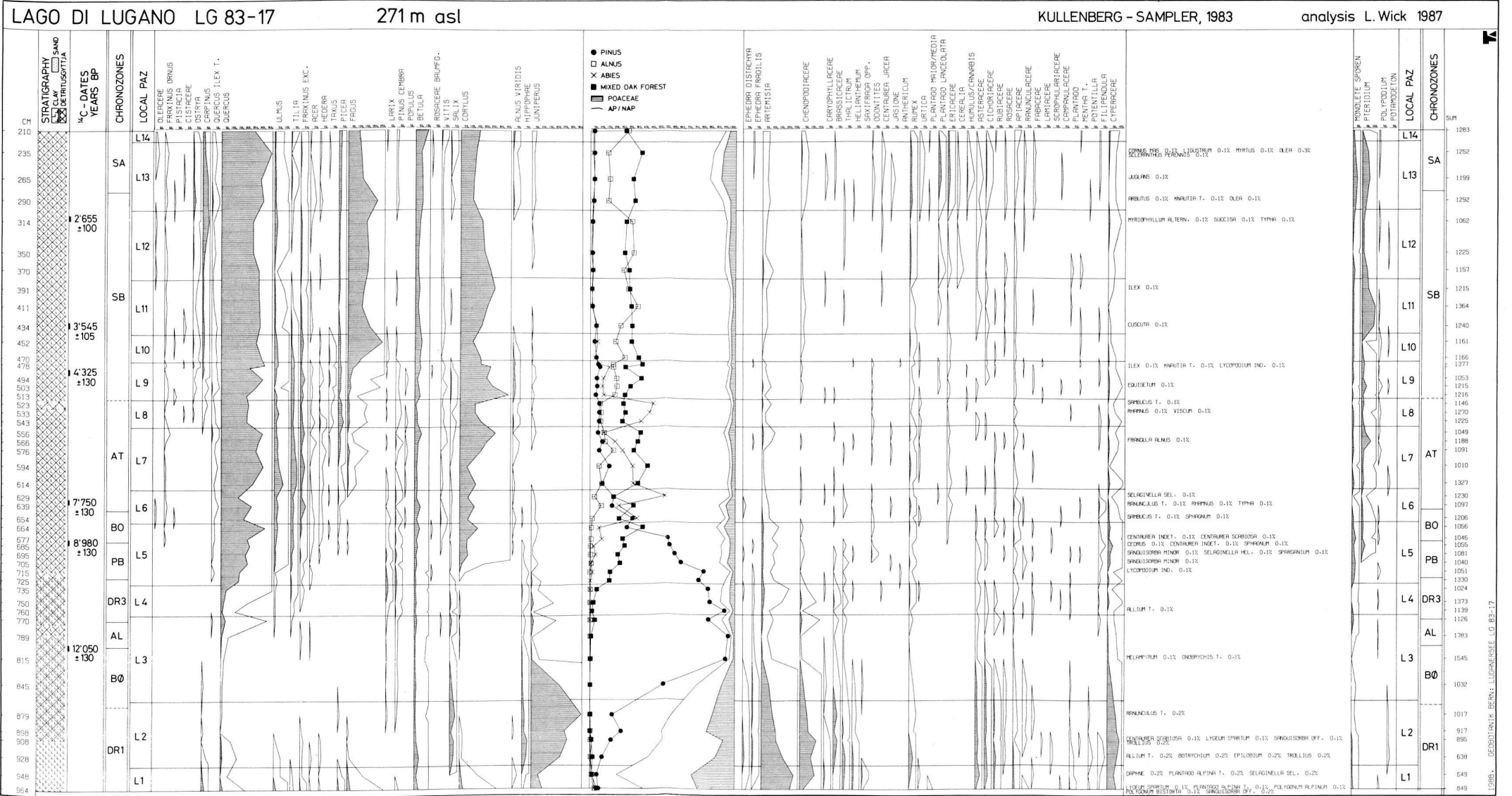


Fig. 3. Prozentdiagramm Luganersee LG 83-17.