

ANDRÉ F. LOTTER & ADAM HÖLZER

Spätglaziale Umweltverhältnisse im Südschwarzwald: Erste Ergebnisse paläolimnologischer und paläoökologischer Untersuchungen an Seesedimenten des Hirschenmoores

Kurzfassung

Limnische Sedimente aus dem Hirschenmoor, Südschwarzwald, wurden bezüglich Pollen, Diatomeen und Geochemie untersucht. Die untersuchten Ablagerungen, welche einen Teil des Böllings, das Alleröd und einen Teil der Jüngeren Dryas umfassen, lassen Rückschlüsse auf die spätglazialen Umweltverhältnisse im Untersuchungsgebiet zu: Die terrestrische Vegetation entwickelte sich von einem lichten Birkenwald zu einem Kiefern-Birkenwald, der durch den klimatischen Rückschlag der Jüngeren Dryas aufgelichtet wurde. Die aquatische Flora bestand aus oligotrophenten Wasserpflanzen, alkaliphilen und zirkumneutralen Diatomeen sowie Chrysophyceae und Chlorophyceae. Die Laacher See Tephra ist sowohl stratigraphisch wie auch geochemisch gut nachweisbar, jedoch entspricht ihre stratigraphische Lage nicht dem wirklichen Zeitpunkt ihrer Ablagerung. Nach der Ablagerung der Tephraschicht läßt sich eine leichte Absenkung der mittels Index B berechneten pH-Werte feststellen, deren Ursache entweder mit der Vulkaneruption oder mit der Pedogenese im Einzugsgebiet des ehemaligen Sees in Verbindung gebracht werden kann. Die klimatische Abkühlung während der Jüngeren Dryas zeichnet sich in allen untersuchten Parametern gut ab.

Abstract

Late-glacial environment in the southern Black Forest: First results of paleolimnological and paleoecological studies on lake sediments of the Hirschenmoor.

A Late-Glacial limnic sediment core from Hirschenmoor, southern Black Forest (FRG), has been analyzed for pollen, diatoms and geochemistry. The profile includes part of the Bölling, the Alleröd, and part of the Younger Dryas. The investigation allowed a reconstruction of the Late-Glacial environments at the site. The development of the terrestrial vegetation went from a sparse birch forest to a more dense pine-birch forest which was eventually partially cleared during the climatic cooling of the Younger Dryas. The lake was colonized by oligotrophic aquatics as well as by alkaliphilous and circumneutral diatoms, Chrysophytes and Chlorophytes. The tephra of Laach has been well evidenced stratigraphically and geochemically. However, its actual stratigraphic position does not correspond to the time of its deposition. A slight decrease of the diatom-inferred pH-values after the deposition of the tephra-layer was observed. Its cause may either be linked to the volcano eruption or to pedogenesis. The climatic cooling of the Younger Dryas is well evidenced by all investigated parameters.

Autoren

Dr. ANDRÉ, F. LOTTER, Geobotanisches Institut Universität Bern, Altenbergrain 21, CH-3013 Bern

Dr. ADAM, HÖLZER, Landessammlungen für Naturkunde, Postfach 3949, D-7500 Karlsruhe.

1. Einleitung

Vergangene Umweltverhältnisse in limnischen und terrestrischen Ökosystemen können mit Hilfe von verschiedenen paläolimnologischen und paläoökologischen Methoden rekonstruiert werden. Die Untersuchung von Umweltarchiven, wie z. B. von See- und Moorablagerungen, erlangt dabei besondere Bedeutung. Diese Sedimente speichern kontinuierlich diverse Umweltparameter, welche wichtige Informationen, z. B. über Vegetation, Klima, menschlichen Einfluß auf die Umwelt usw., beinhalten.

Das Spätglazial beginnt mit dem Rückzug der lokalen Gletscher, also vor etwa 16000 bis 14000 Jahren, und geht nach dem letzten großen Klimarückschlag, vor etwa 10000 Jahren, ins Postglazial (= Holozän) über. Dieser, aus quartärgeologischer Sicht relativ kurze Zeitabschnitt, ist besonders interessant, da sich in ihm großräumige Umweltveränderungen abspielen, wie z. B. die Wiederbesiedlung vorher eisbedeckter Gebiete mit Pflanzen und Tieren.

Im Gebiet des Schwarzwaldes hat vor allem die Pollenanalyse als Mittel zur Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte eine lange Tradition (STARK 1912, BROCHE 1929, LANG 1952, 1954, 1967, 1971). Dagegen sind aus diesem Gebiet nur wenige Untersuchungen vorhanden, welche neben den Pollen noch weitere subfossile Informationsträger (z. B. pflanzliche Großreste, Algen, Geochemie) in See- und Moorablagerungen zur Rekonstruktion vergangener Umweltverhältnisse berücksichtigen (OBERDORFER 1931, HÖLZER & SCHLOSS 1981, HÖLZER & HÖLZER 1987, 1988 a, b).

Die vorliegende Arbeit soll einen Schritt in Richtung der Erforschung von spätglazialen Umweltverhältnissen im Südschwarzwald darstellen. Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen sind weitere multidisziplinäre Untersuchungen an anderen Lokalitäten des Südschwarzwaldes in Bearbeitung.

2. Untersuchungsgebiet

Das Hirschenmoor liegt im südlichen Schwarzwald, etwa 20 km östlich von Freiburg (Abb. 1) in einer Höhe von 962 m über NN (MTB 8014 – 34322/53090). Zur Zeit des Maximalstandes der Würmvergletscherung war das Untersuchungsgebiet vom Eis bedeckt. Es befindet sich noch hinter der Moräne des Titiseestadiums (LIEHL, 1981). Der geologische Untergrund wird von Pa-

ragneisen gebildet, deren Mineralgehalt in weiten Grenzen variiert.

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge im Gebiet liegt bei rund 1300 mm und die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt etwa 5° C, bei einer mittleren Julitemperatur von ca. 14° C und einer mittleren Januartemperatur von ca. -2° C.

Die heutige Mooroberfläche umfaßt etwa 12 ha. Das Moor zeichnet sich durch eine vorzüglich ausgebildete, nasse und mehr oder weniger ombrotrophe Zentralfläche aus (DIERSSEN, 1984), die von einem breiten Spirkengürtel umgeben ist. In den Randbereichen ist das Moor gestört, die alten Entwässerungsgräben sind jedoch weitgehend zugewachsen.

BROCHE (1929), von dem auch das erste Pollendiagramm aus dem Hirschenmoor stammt, gibt für die Randbereiche dieses Verlandungsmoors eine Mächtigkeit von 8 m an, eigene Sondierungen im Zentrum ergaben jedoch Tiefen von über 10 m.

3. Methodik

Im Herbst 1987 wurden im zentralen Teil des Hirschenmoors zwei Sedimentprofile von je 50 cm Länge und 5 cm Durchmesser mit einem russischen Torfbohrer gestochen.

Die Stratigraphie der Ablagerungen wurde nach TROELS-SMITH (1955) beschrieben und nach Entfernung der äußersten 5 mm, welche erfahrungsgemäß von jüngerem Sedimentmaterial verunreinigt sein können, wurden die Bohrkern im Labor für die verschiedenen Analysen beprobt.

Der Gesamtgehalt an organischer Substanz (Abb. 3) wurde mittels Gewichtsverlust durch Verbrennung des Sediments bei 550° C berechnet.

Für die Pollenanalyse wurde ca. 1 cm³ des bergfeuchten Sediments entnommen und aufbereitet (vgl. LOTTER 1988). Pro Probe wurden mindestens 600 Baumpollen ausgezählt. Die auf Ta-

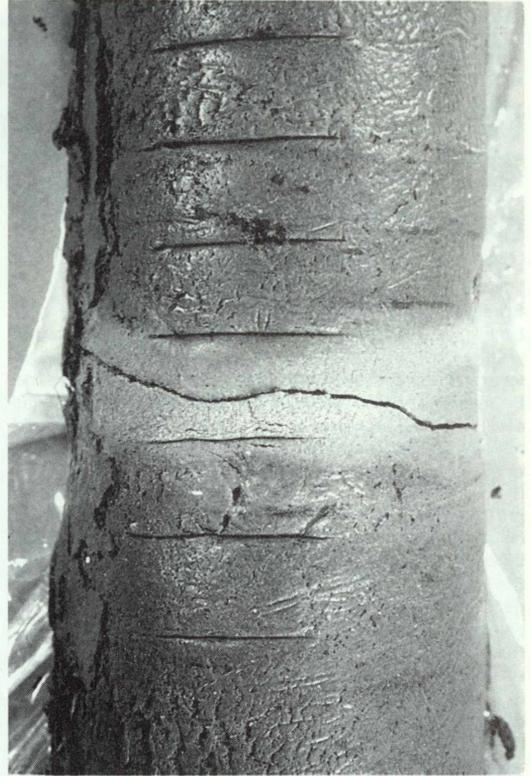


Abbildung 2. Laacher-See-Tephra in einem Bohrkern aus dem Hirschenmoor. Foto: V. GRIENER

fel 1 (Beilage) dargestellten Kurven wurden auf der Basis „100% = \sum Baumpollen + \sum Nichtbaumpollen“ berechnet; aus dieser Summe ausgeschlossen wurden die Pollen und Sporen der Farne, Moose, Wasserpflanzen und die Algen. Das Pollendiagramm wurde in Bio- oder Pollenzonen nach FIRBAS (1949, 1954) und in Chronozonen nach MANGERUD et al. (1974) und WELTEN (1982) resp. LOTTER & ZBINDEN (1989) unterteilt. Für die Diatomeenanalyse wurde 0,5 cm³ Sediment entnommen, nach BATTARBEE (1986) mit 30% H₂O₂ und 10% HCl aufbereitet und pro Probe mindestens 350 Valven gezählt. Die Berechnungsgrundlage (100%) der auf Tafel 1 dargestellten Kurven bildet die Summe aller Diatomeen; ausgeschlossen wurden hier die Chrysophyceae-Zysten und *Malomonas*-Schuppen. Als Bestimmungsliteratur wurden KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) sowie die PIRLA-Photos (CAMBURN et al. 1984–1986) verwendet.

Für die Geochemie wurde der zweite Bohrkern in Scheiben von 1 cm aufgeschnitten, bei 105° C getrocknet und dann in einem Achatmörser staubfein gemahlen. Verascht wurde bei 550° C. Titan wurde nach saurem Aufschluß mit Kaliumdisulfat mit Tiron photometrisch bestimmt. Ein weiteres Aliquot wurde mit NaOH eingeschmolzen und dann Silizium photometrisch mit Ammoniumheptamolybdat gemessen. Das amorphe Silizium wurde ebenso nach Auszug mit 0,5 N NaOH (BLACK 1965) bestimmt. Die Bestimmung des Stickstoffs erfolgte nach Aufschluß mit einer modifizierten Indophenolblaumethode (ALLEN 1974). Der NaOH-Auszug (0,1 N) ist auf 1 g trockenen Torf pro Liter bezogen.

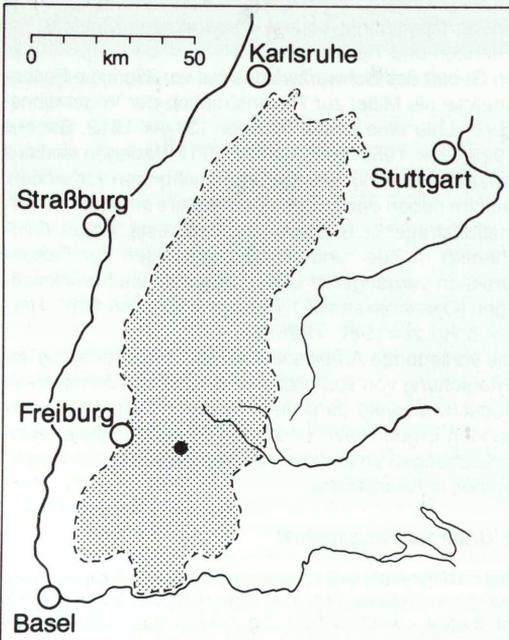


Abbildung 1. Lage des Untersuchungsgebietes. Punktiert: Schwarzwald. Zeichn.: F. WEICK

Die Bestimmung der restlichen Elemente erfolgte in einem $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ -Aufschluß. Dabei kamen zur Anwendung: Polarographie und Inversvoltmetrie (Polarograph E 626 mit Elektrode E 623 von Metrohm) für Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Co und Mo; Flammen-AAS (SP9 von Philips) für Na, K, Ca, Mg, Li, Mn, Rb und Fe; Graphitrohr-AAS (SP9 mit PU9095 von Philips) für Cr; Hydridsystem (ML 75 von Berghof) für As; Spektralphotometrie für Al mit Aluminium und P mit Ammoniumheptamolydat.

Die Werte für das Geochemiediagramm wurden mit einem PC (Zenith) berechnet und einem HP 7570 Plotter gezeichnet. Im Diagramm (Tafel 2, Beilage) findet sich neben den schraffierten Kurven z. T. noch die zehnfache Überhöhung der entsprechenden Werte.

Herr P. THOMAS, Karlsruhe, entwickelte das Plottprogramm, mit welchem die Geochemie gezeichnet wurde. Frau M. KUMMER besorgte die Reinzeichnungen der Pollen- und Diatomeendiagramme. Die Diatomeenanalysen konnten bei Dr. R. W. BATTARBEE am Palaeoecology Research Unit des UCL in London durchgeführt werden. Dieser Auslandsaufenthalt des ersten Autors wurde finanziell vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützt. Den genannten Personen und Institutionen gilt unser Dank.

4. Ergebnisse

4.1 Stratigraphie und Sedimentzusammensetzung

Das analysierte Profil Hi-1 weist die folgende, nach TROELS-SMITH (1955) beschriebene Schichtfolge auf:

880–904 cm As3, Ld1, Tongyttja

904–910 cm Ld4, As+, Lso+, Feindetritusgyttja (leicht tonig und diatomeenhaltig)

910–910.5 cm Ga4, Laacher-See-Tephra (Abb. 2)

910.5–920 cm Ld4, As+, Lso+, Feindetritusgyttja (leicht tonig und diatomeenhaltig)

920–930 cm As2, Ld2, tonige Feindetritusgyttja

Die Kurve des organischen Sedimentanteils (Abb. 3) bestätigt die obige Feldbeschreibung des Sediments recht gut. Das Sediment ist karbonatfrei und zeigte keine Reaktion bei Behandlung mit HCl. Damit kann angenommen werden, daß die restlichen Gewichtsprozentanteile des mineralischen Sedimentanteils widerspiegeln. Bei 910 cm befindet sich die markante Ablagerung der vulkanischen Asche des Laacher Vulkans (Abb. 2), welche in verschiedenen limnischen Sedimenten des Schwarzwalds eindeutig nachgewiesen wurde (VAN DEN BOGAARD 1983). Sie ist deutlich gekennzeichnet durch einen starken Rückgang des organischen Anteils. Die Tephra manifestiert sich aber auch unter und über der optisch wahrnehmbaren Ascheschicht durch eine Zunahme des mineralischen Sedimentgehalts im Bereich zwischen 911,5 und 909,5 cm.

4.2 Pollenanalyse (Tafel 1, Beilage)

Die Pollenanalyse zeigt, daß die analysierten Proben alle spätglazialen Alters sind. Die Einteilung des Profils in FIRBAS-Pollenzonen (1949, 1954), welche von uns abschließend als regionale Biozonen verwendet werden (vgl. LOTTER 1988, AMMANN & LOTTER 1989), erfolgte aufgrund von Vergleichen mit anderen Diagrammen aus

dem Südschwarzwald (LANG 1952, 1954, 1967, 1971). Aufgrund der Dominanz der Birke im Pollenspektrum sowie der noch niedrigen *Pinus*-Werte stellen wir die Sedimente zwischen 925–922 cm in die Bölling s. l. (Ib/c) Pollenzone. Die Ausscheidung einer Älteren Dryas (Ic), wie dies oftmals in dieser Höhenlage aufgrund von palynologischen und stratigraphischen Befunden möglich scheint, läßt sich an diesem Profil trotz der hohen Anteile der Kräuterpollen (v. a. *Artemisia*) nicht durchführen.

Der Übergang zur Alleröd (II) Biozone wird durch die abnehmenden NBP-Werte und die Zunahme von *Pinus* charakterisiert. Mehrere Funde von Spaltöffnungen der Kiefer bestätigen ihr Vorhandensein in der unmittelbaren Umgebung des Hirschenmoores. Das Alleröd (II) wird durch *Pinus*-Pollen dominiert (vgl. auch LANG 1963), bei einer Subdominanz von *Betula*. Der Sedimentwechsel von toniger Gytja zu Feindetritusgyttja bei 920 cm deutet auf grundlegende Veränderungen im Einzugsgebiet des ehemaligen Sees.

Mit dem erneuten Anstieg der NBP (v. a. *Artemisia*) und

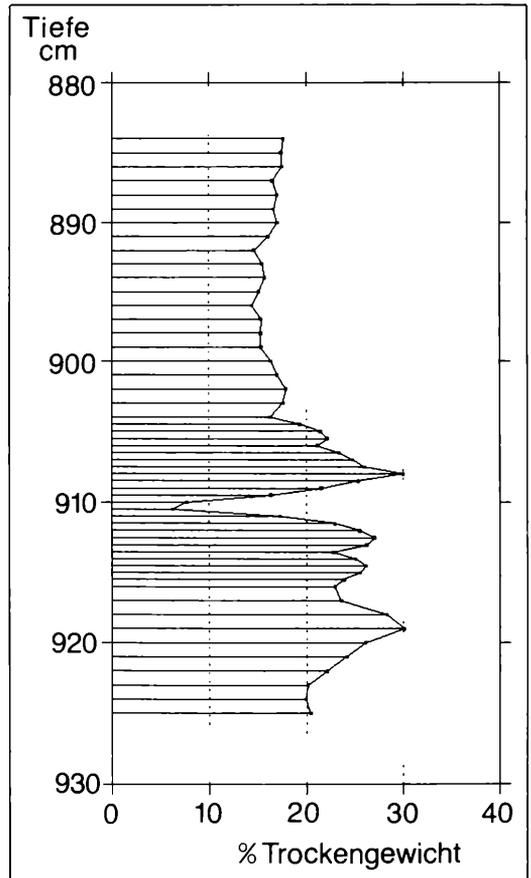


Abbildung 3. Organischer Sedimentgehalt im Profil Hirschenmoor Hi-1.

von *Juniperus* beginnt die Jüngere Dryas (III) Biozone. Sowohl die *Pinus*- wie auch die *Betula*-Werte gehen etwas zurück. Der erneute Sedimentwechsel zu einer Tongyttja bei 904 cm fällt mit dem Wechsel in den Pollenspektren zusammen.

4.3 Chronozonierung

Basierend auf den genannten litho- und biostratigraphischen Ergebnissen haben wir versucht, eine Chronozonierung nach MANGERUD et al. (1974) und LOTTER & ZBINDEN (1989) vorzunehmen. Aufgrund des Fehlens von ^{14}C -Daten aus dem Hirschenmoor wie auch aus dem Südschwarzwald insgesamt können wir das Ende der Bölling (BØ) Chronozone um 12000 B. P. nicht eindeutig festlegen. In Anlehnung an pollenanalytische Untersuchungen vom Urseemoor und vom Horbacher Moor (LANG 1963, 1967, 1971) setzen wir vorläufig den Beginn der Alleröd (AL) Chronozone mit dem Anstieg der *Pinus*-Kurve und dem Rückgang der *Betula*-Werte gleich.

Der Beginn der Jüngeren Dryas (DR3) Chronozone um 11000 B. P. ist mit der Lage der Laacher-See-Tephra bei 910 cm Tiefe gegeben. Dieser spätglaziale Leithorizont wurde mehrfach und in verschiedenen Regionen Mitteleuropas ^{14}C -datiert und (hartwasserfehlerfreie) Beschleunigerdaten an Pflanzenresten terrestrischer Herkunft (LOTTER 1988, AMMANN & LOTTER 1989) bestätigen das Alter von rund 11000 ^{14}C -Jahren vor heute. Aufgrund unserer Ergebnisse (vgl. hierzu Diskussion über Laacher Tephra) bedarf diese Grenzziehung jedoch noch eingehender Überprüfung. Das Ende der Jüngeren Dryas (DR3) wurde im vorliegenden Profil nicht erfaßt.

4.4 Diatomeenanalyse (Tafel 1, Beilage, Abb. 4)

Das erarbeitete Diatomeendiagramm wurde in verschiedene Biozonen, sogenannte Diatom Assemblage Zones (DAZ) unterteilt. Diese Diatomeen-Zonen umfassen Sedimentschichten mit ähnlichem (qualitativem und quantitativem) Gehalt an subfossilen Kieselalgen.

DAZ 1 925-919 cm: *Fragilaria construens* – *Achnanthes minutissima* Zone mit *F. brevistriata*, *Navicula minima*, *A. lanceolata*, *A. levanderi*

DAZ 2 919-904 cm: *Achnanthes minutissima* – *Achnanthes levanderi* Zone

DAZ 2a 919-910.25 cm: *Navicula minima* – *Navicula laterostrata* Subzone mit *F. brevistriata*, *N. seminulum*, *Aulacosira italica* var. *valida*

DAZ 2b 910.25-907.25 cm: *Fragilaria brevistriata* – *F. construens* Subzone mit *F. brevistriata*, *A. italica* var. *valida*

DAZ 2c 907.25-904 cm: *Nitzschia romana* – *Fragilaria construens* Subzone mit *A. italica* var. *valida*, *F. brevistriata*, *Cymbella microcephala*

DAZ 3 904-885 cm: *Fragilaria construens* – *Achnanthes levanderi* Zone mit *Achnanthes minutissima*, *Nitzschia romana*, *F. brevistriata*, *C. microcephala*
Anhand der ausgezählten Diatomeenproben wurde ver-

sucht, den Verlauf der pH-Werte im spätglazialen Hirschenmoor-See zu rekonstruieren. Die einzelnen Arten wurden hierfür in pH-Klassen eingeteilt (HUSTEDT 1937–1939, CHOLNOKY 1968) entsprechend gruppiert sowie kumulativ aufsummiert. Mittels Index B (RENBORG & HELLBERG 1982) wurde dann der mutmaßliche pH-Wert für die einzelnen Proben berechnet (Abb. 4). Die Standardabweichung beträgt hierbei ± 0.3 pH-Einheiten und wurde bei der graphischen Darstellung mitberücksichtigt.

Eine weitere ökologische Gliederung wurde wie folgt vorgenommen (vgl. Tafel 1, oben): Die subfossile Diatomeenflora des Profils wurde nach Lebensformen in planktische und periphytische Diatomeen gegliedert. Das Plankton umfaßt alle frei im Epilimnion schwebenden Kieselalgen, während der Begriff Periphyton alle an ein Substrat gebundenen Diatomeen beinhaltet (VOLLENWEIDER 1969). Zu den planktischen Diatomeen gehören im vorliegenden Profil nur die folgenden Arten: *Cyclotella comta*, *Cyclotella stelligera*, *Tabellaria flocculosa*, *Aulacosira italica* var. *valida* (= *Melosira italica* var. *valida*, SIMONSEN 1979), und *Aulacosira islandica* ssp. *helvetica* (= *Melosira islandica* ssp. *helvetica*, SIMONSEN 1979). Den Hauptanteil bilden die periphytischen Arten und unter diesen vor allem Vertreter der Gattung *Fragilaria*.

4.5 Geochemie (Tafel 2, Beilage)

Das Chemiediagramm wurde aufgrund der Parameter NaOH-Extrakt, amorphes Silizium und Stickstoff in drei Diagrammabschnitte eingeteilt. Diese Parameter sind eng an den organischen Anteil des Sediments gekoppelt und spiegeln damit die Produktionsverhältnisse im See und in seiner Umgebung wider. Einen zu diesen Parametern spiegelbildlichen Verlauf zeigen die Parameter Asche, Silizium, Titan, Lithium, Kalium, Magnesium, Aluminium und Eisen. Sie repräsentieren die mineralischen Einschwemmungen und sind damit Zeiger für offene Vegetationsverhältnisse. In Abschnitt 2 ist der organische Anteil höher als in darüber- und darunterliegenden Abschnitten. Er ist damit der Firbas-Zone II (vgl. Pollendiagramm Tafel 1, Beilage) gleichzusetzen. Aufgrund niedriger Extinktionswerte des NaOH-Extraktes und niedrigerer Stickstoffgehalte sowie leicht erhöhter Siliziumwerte im Bereich der Proben 916–919 läßt sich dieser Diagrammabschnitt nochmals unterteilen.

Der Diagrammabschnitt 2 wird durch die Laacher-See-Tephra nur kurzzeitig unterbrochen. Mit der Tephra kommt viel anorganisches Material in das Sediment, die Kurven laufen danach aber mit gleichem Trend weiter. Besonders deutlich zeigt der Anstieg der Na-Konzentration die Lage der Tephraschicht, was vor allem durch den niedrigen Hintergrund an Natrium erleichtert wird. Bei den anderen Elementen, z. B. beim Magnesium, Eisen oder Kupfer, findet hingegen ein Rückgang ihres Gehaltes statt. Die Geochemie ermöglicht damit mit relativ einfachen Mitteln den Nachweis der Laacher-See-Tephra (HOLZER in Vorb.), was vor allem dort interessant

sein dürfte, wo diese Tepherschicht optisch nur sehr schwierig erkennbar ist, wie z. B. in den Randbereichen ihrer Verbreitung (VAN DEN BOGAARD 1983).

5. Diskussion

Die Abfolge im Pollendiagramm (Tafel 1, Beilage) läßt sich gut mit den Diagrammen aus dem benachbarten Dreherhofmoor (LANG 1952) sowie mit denjenigen aus dem Erlenbruckmoor (LANG 1952), Urseemoor (LANG 1971) und Horbacher Moor (LANG 1954), alle in vergleichbarer Höhenlage, korrelieren.

Für das Bölling (Ib/c) nehmen wir eine Vegetation bestehend aus Birken-Beständen an. Die hohen Pollenwerte heliophiler Kräuter deuten jedoch darauf hin, daß diese Birken sehr locker gestanden haben, mit einem ausgedehnten krautigen Unterwuchs. Aufgrund der Befunde vom Urseemoor (LANG 1971) nehmen wir an, daß die *Betula*-Pollen hauptsächlich der Baumbirke zuzuordnen sind. Der hohe mineralische Sedimentanteil (Abb. 3) läßt auf eine beträchtliche Bodenerosion schließen, die wohl durch einen lückigen Vegetationsschluß gefördert wurde.

Bei den Wasserpflanzen sind Laichkräuter (*Potamogeton* spp.) und vor allem *Myriophyllum alterniflorum* charakteristisch für diesen Zeitabschnitt, wobei letztere Art auf ein oligotrophes und kalkfreies Gewässer schließen läßt. Das subfossile Auftreten von *Pediastrum* spp. zeigt, daß neben den Diatomeen auch schon Grünalgen den See besiedelten. Aufgrund der sehr niedrigen Plankton-Anteile der Kieselalgen ist anzunehmen, daß diese Chlorophyceen wahrscheinlich das Phytoplankton zusammen mit Chrysophyceen dominierten.

Die neutralen pH-Werte (Abb. 4) während des Bölling (Ib/c) koinzidieren mit den erhöhten Werten des mineralischen Sedimentanteils und weisen auf eine gute Pufferung des Gewässers hin, wofür auch die Ca- und vor allem die Mg-Werte (Tafel 2, Beilage) sprechen.

Das Alleröd (II) wird gekennzeichnet durch die Einwanderung und die zunehmende Ausbreitung der Kiefer. Damit verbunden nimmt der Anteil der heliophilen Kräuter ab und es machen sich vor allem Hochstauden (*Filipendula ulmaria*, *Sanguisorba officinalis*, Apiaceae) bemerkbar. Das Waldbild mag von lockeren Kiefern-Birkenwäldern geprägt gewesen sein, wobei aufgrund des hohen organischen Sedimentanteils (Abb. 3) auf einen dichteren Vegetationsschluß und damit auch auf weniger Bodenerosion als im Bölling (Ib/c) geschlossen werden kann.

Der See wird immer noch von Laichkräutern und *Myriophyllum alterniflorum* besiedelt, wobei im zweiten Teil des Alleröd (II) *Isoëtes echinospora* (= *I. tenella*) neu hinzukommt. Die Ausbreitung dieser oligotraphenten, submers in Ufernähe wachsenden Wasserpflanze wurde in Mitteleuropa verschiedentlich bereits im Verlauf des Alleröd beobachtet (LANG 1955, WELTEN 1967).

Zusammen mit dem Sedimentwechsel von minerogenen zu organogenen Ablagerungen macht sich einer-

seits eine Zunahme der planktischen Kieselalgen bemerkbar (Tafel 1, Beilage), welche auf bessere klimatische Verhältnisse und eventuell auf ein leicht erhöhtes Nährstoffangebot schließen läßt. Andererseits nimmt gleichzeitig auch der Anteil der azidophilen Diatomeen zu, wobei diese Koinzidenz hauptsächlich in der höheren Abundanz der planktischen und azidophilen *Aulacosira italica* var. *valida* zu suchen ist. Die ermittelten pH-Werte liegen im allgemeinen unter 7 und somit etwas tiefer als im Bölling (Ib/c). In DAZ 2c fallen sie sogar bis auf etwa 6,7 ab. Sie widerspiegeln die Abnahme im Pufferungsvermögen des Wassers, das höchstwahrscheinlich durch eine Abnahme der Alkalinität im Zusammenhang mit der fortschreitenden Pedogenese bedingt sein kann.

Die optisch gut erkennbare Schicht der Laacher-See-Tephra (Abb. 2), die nach einigen Tagen bis maximal Wochen dauernden Eruptionen (VAN DEN BOGAARD 1983, VAN DEN BOGAARD & SCHMINKE 1985) des Laacher Vulkans in weiten Teilen Zentraleuropas abgelagert wurde, befindet sich im Hirschenmoor im obersten Drittel der al-

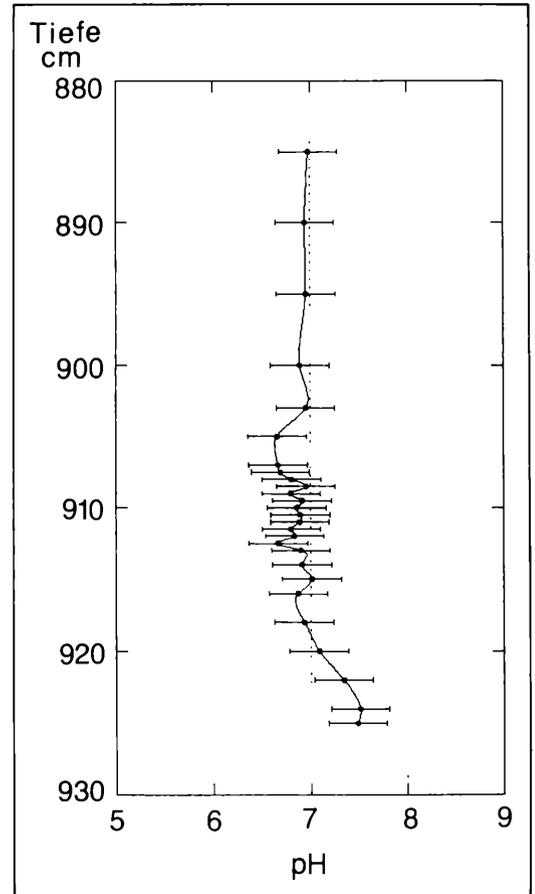


Abbildung 4. Spätglaziale pH-Entwicklung im Hirschenmoor, berechnet nach Index B (RENBERG & HELLBERG 1982).

lerödzeitlichen Sedimente. Die Verwischung über etwa 3 cm (vgl. Tafel 2, Beilage) kann erklärt werden mit Bioturbation oder aber durch das Einsinken der schwereren Glaspartikel in das lockere Oberflächensediment, wie dies bei der rezenten Tephraablagerung des Mt. St. Helens Vulkans beobachtet wurde (EDMONDSON 1984, ANDERSON et al. 1984). Für dieses Einsinken der Tephrapartikel in das weiche Oberflächensediment spricht auch, daß die relativ schweren Elemente wie Zn, Ni, Co usw. ein Maximum unterhalb der sichtbaren Tephraschicht haben. Eine Sortierung, bei welcher die leichteren Glaspartikel, die oft sogar Gaseinschlüsse aufweisen, weniger tief einsanken als die Schwermetalle, ist deshalb gut vorstellbar, und ähnliche Verhältnisse lassen sich auch an anderen Lokalitäten feststellen (HÖLZER in Vorb.). Die Lage der Laacher-See-Tephra im Sediment entspricht somit nicht unbedingt dem Zeitpunkt der Eruption, und es ist mit einer dadurch bedingten zeitlichen Unschärfe von einigen Jahrhunderten zu rechnen. Damit würde sich auch der Umstand erklären, daß die Tephraschicht im Hirschenmoor und oft auch in anderen organischen Sedimenten des Schwarzwaldes vielfach in der Mitte der allerödzeitlichen Ablagerungen gefunden wird, währenddem sie in karbonatreichen Sedimenten Süddeutschlands und im Schweizer Mittelland, ins letzte Viertel des Alleröds (II) zu liegen kommt. Interessant ist nun festzustellen, ob sich dieser Vulkanausbruch auf die verschiedenen Ökosysteme ausgewirkt hat. Aufgrund von vegetationsgeschichtlichen Befunden aus verschiedenen Gebieten Zentraleuropas sowie aus anderen paläoökologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit Tephraschichten in Seesedimenten (EDMONDSON 1984) kann angenommen werden, daß die terrestrische Vegetation, insbesondere die allerödzeitlichen Kiefernwälder wenn überhaupt, so nur sehr kurzfristig beeinträchtigt wurden. Es liegen nur wenige Untersuchungen über die Reaktion aquatischer Ökosysteme auf Vulkanausbrüche vor (WISSMAR et al. 1982a, b, BAROSS et al. 1982, EDMONDSON & LITT 1984). Generell kann aber angenommen werden, daß litorale und benthische Organismen durch die Bedeckung mit der Tephraschicht mehr Probleme hatten als planktische Arten. Diese Annahme läßt sich mit den vorliegenden Resultaten jedoch nicht erhärten (vgl. Tafel 1, oben).

Im Grönlandeis konnte eine enge Korrelation zwischen dem Vorkommen von saurem Eis und europäischen Vulkanausbrüchen in historischer Zeit nachgewiesen werden (STOTHERS & RAMPINO 1983), wobei vor allem die Schwefelemission für die Versauerung des Eises verantwortlich gemacht wird. Beim Ausbruch des Laacher Vulkans, der sich bis anhin trotz guter Korrelationsmöglichkeiten mittels Sauerstoffisotope (Gerzenseeschwankung, vgl. EICHER 1979) nicht im Grönlandeis hat nachweisen lassen, muß es sich deshalb wahrscheinlich um eine schwefelarme Eruption gehandelt haben, welche hauptsächlich vulkanische Asche in die Atmosphäre gefördert hat.

Geht man davon aus, daß die Tephra in das Oberflächensediment einsank, so stellt sich die Frage, wo sie im Profil ursprünglich abgelagert wurde. An dieser Stelle müßte man daher nach ihren Auswirkungen suchen. Betrachtet man das amorphe Silizium (Tafel 2, Beilage), so finden sich direkt über der Tephraschicht zwei Proben (909, 908 cm) mit leicht erhöhten Werten. Das Verhältnis von Gesamt-Si zu amorphem Si wird relativ niedrig. Die durch die Tephra zusätzlich in den See gelangten feinen Silikate wirkten sich unter Umständen fördernd auf die Diatomeenentwicklung aus, was in einer größeren Zahl von Diatomeen-Schalen resultiert haben könnte. Die Zunahme muß nicht sehr hoch ausfallen, da Diatomeenschalen auch wieder aufgelöst werden können (JORGENSEN 1955). Dieses amorphe Si-Maximum entspricht auch einem Gipfel der P-Kurve. Geht man noch ein wenig nach oben, so findet sich eine kleine Zunahme der Na-Werte bei den Proben 905 und 906 cm, was ebenso durch Teile der Tephra bedingt sein könnte. Vorläufig nehmen wir deshalb an, daß diese Tephralage ursprünglich im Bereich zwischen 906 bis 909 cm abgelagert wurde; für genauere Aussagen sind jedoch weitere Untersuchungen nötig (LOTTER et al. in Vorb.). Die Wechsel in der Diatomeenflora am Übergang von DAZ 2b zu 2c (Tafel 1, oben), welche sich vor allem in einer Abnahme der alkaliphilen Arten äußern, müssen nicht unbedingt mit der Vulkaneruption in Zusammenhang stehen. Obwohl dieser Wechsel und die damit verbundene leichte Absenkung der berechneten pH-Werte genau in jenem Bereich liegen, wo wir die Eruption annehmen können, ist es ebenso denkbar, daß die Abnahme der Alkaliphilen zugunsten der Zirkumneutralen die fortschreitende Bodenreife unter den *Pinus-Betula*-Wäldern im Einzugsgebiet des ehemaligen Hirschenmoor-Sees widerspiegelt. Der hohe organische Sedimentanteil könnte hauptsächlich allochthonen Ursprungs sein. Die dadurch zusätzlich in den See gelangten Phytostoffe förderten in der Folge die Entwicklung des Phytoplankton (v. a. Chrysophyceen und *Pediastrum*). Einen interessanten Verlauf in diesem Bereich zeigt die P-Kurve. Vielleicht ist dies ein Ergebnis des Tephraeintrages. P-Konzentrationen in Seesedimenten unterliegen jedoch vielen Veränderungen und sind deshalb sehr schwer zu interpretieren. Ein Maximum des Phosphors findet sich auch in den Diagrammen bei HÖLZER & HÖLZER (1987). Allerdings hat die P-Kurve dort zwei Gipfel, einen direkt beim Natrium-Gipfel und einen weiteren, etwas flacheren, wenige Zentimeter darüber. Die Jüngere Dryas (III) ist gekennzeichnet durch eine Abkühlung des Klimas. Dies hatte eine Absenkung der Waldgrenze zur Folge, welche sich am Hirschenmoor durch die Auflockerung der Kiefernwälder abzeichnet. Heliophile Sträucher (z. B. *Juniperus*, *Salix* spp.) wie auch Kräuter (*Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum*, Chenopodiaceae) breiten sich dank dem größeren Lichtangebot wieder stärker aus. Die Birke spielt keine bedeutende Rolle mehr im Waldbild. Die Bodenerosion setzt aufgrund der aufgelockerten Vegetationsbedek-

kung nochmals sehr stark ein und spiegelt sich in einer beträchtlichen Zunahme des mineralischen Sedimentanteils (Abb. 3) sowie in der Zunahme der Einschwemmungszeiger wie z. B. Al, K, Mg, Fe (Tafel 2, Beilage). Mit dieser Zunahme der erosiven Einwaschung von allochthonem mineralischem Material ändert sich auch die Diatomeenflora nochmals grundlegend. Der Anteil der planktischen Diatomeen nimmt stark ab (Tafel 1, oben) zugunsten von *Pediastrum* und der Chrysophyceen. Die alkaliphilen Arten nehmen ebenfalls wieder zu und deuten auf ein höheres Pufferungsvermögen des Wassers, wohl als Folge der erhöhten mineralischen Einschwemmung (vgl. Kurven von Ca und Mg, Tafel 2, Beilage).

Es ist ferner gut vorstellbar, daß dieser klimatische Rückschlag nicht nur in einer starken Auflichtung der Vegetation, sondern auch in einer längeren Eisbedeckung des ehemaligen Sees resultierte. Da das Eis zuerst randlich auftaut, werden litorale Arten (v. a. *Fragilaria* spp.) stark gefördert und planktische Diatomeen durch das noch vorhandene Eis über den offenen Wasserflächen in ihrer Blüte inhibiert (SMOL 1983). Obwohl der geologische Untergrund des Schwarzwaldes vor allem aus Urgestein besteht, finden sich in klimatisch kühleren Phasen des Spätglazials im Hirschenmoor viele alkaliphile Diatomeen (Tafel 1, oben). Die Dominanz von alkaliphilem Periphyton, hauptsächlich von *Fragilaria*-Arten, scheint jedoch charakteristisch zu sein für die frühe Entwicklungsgeschichte sehr vieler Seen (EVANS 1970, HAWORTH 1976, 1985, MARCINIAK 1979, 1988), sogar in Gebieten, deren Geologie nicht aus basischem Karbonat, sondern aus saurem Urgestein besteht. Der Grund hierfür kann in einem Konkurrenzvorteil dieser Arten während kalten Perioden liegen (SMOL 1983).

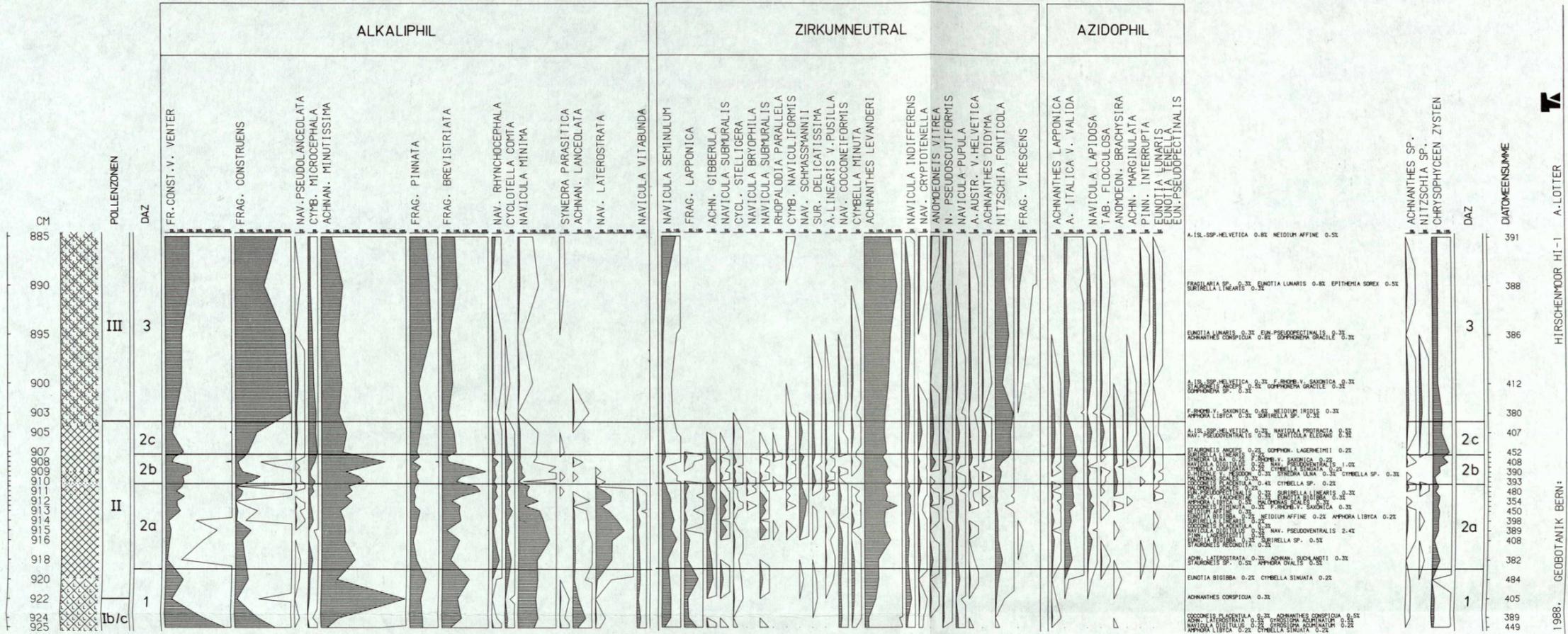
6. Literatur

- ALLEN, S. E. (Ed.) (1974): Chemical Analysis of Ecological Materials. – 1. Aufl.: 565 S.; Oxford.
- AMMAN, B. & LOTTER, A. F. (1989): Late-Glacial radiocarbon and palynostratigraphy on the Swiss Plateau. – *Boreas*, **18**; Oslo.
- ANDERSON, R. Y. NUHFER, E. B. & DEAN, W. E. (1984): Sinking of volcanic ash in uncompact sediment in Williams Lake, Washington. – *Science*, **225**: 505–508; Washington.
- BAROSS, J. A., DAHM, C. N., WARD, A. K., LILLEY, M. D. & SEDELL, J. R. (1982): Initial microbiological response in lakes to the Mt. St. Helens eruption. – *Nature*, **296**: 49–52; London.
- BATTARBEE, R. W. (1986): Diatom analysis. – In: BERGLUND, B. E. (Ed.): Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology: 527–57a, Chichester, (J. Wiley & Sons).
- BLACK, C. A. (Ed.) (1965): Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Properties, including Statistics of Measurements and Sampling: 770 Sp. Madison.
- BOGAARD, P. VAN DEN (1983): Die Eruption des Laacher See Vulkans. – 3: 485; Dissertation; Bochum.
- BOGAARD, P. VAN DEN & SCHMINKE, H.-U. (1985): Laacher See Pephra: a widespread isochronous late Quaternary tephra layer in central and northern Europe. – *Geol. Am. Bull.*, **96**: 1554–1571; Rochester.
- BROCHE W. (1929): Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des südlichen Schwarzwaldes und der Baar. – *Ber. Naturf. Ges. Freiburg*, **29**: 1–243; Freiburg.
- CAMBURN, K. E., KINGSTON, J. C. & CHARLES, D. F. (eds.) (1984–1986): PIRLA Diatom Iconograph. – PIRLA unpublished Report Series, **3**; Kingston, Canada.
- CHOLNOKY, B. J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen. – 699 S.; Lehre (Cramer).
- EDMONDSON, W. T. (1984): Volcanic ash in lakes. – *Northwest Environmental J.*, **1**: 139–150; Seattle.
- EDMONDSON, W. T. & LITT, A. H. (1984): Mt. St. Helens ash in the lakes in the lower Grand Coulee, Washington State. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **22**: 510–512; Stuttgart.
- EICHER, U. (1979): Die $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ - und $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopenverhältnisse in spätglazialen Süßwasserkarbonaten und ihr Zusammenhang mit den Ergebnissen der Pollenanalyse. – 203 S., Dissertation; Bern.
- EVANS, G. H. (1970): Pollen and diatom analyses of late-Quaternary deposits in the Blelham basin, north Lancashire. *New Phytol.*, **69**: 821–874; Cambridge.
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Vol., **1**: 480 S.; Jena (Fischer).
- FIRBAS, F. (1954): Die Synchronisierung der mitteleuropäischen Pollendiagramme. – *Danm. Geol. Unders.* II, **80**: 12–21, Kopenhagen.
- HAWORTH, E. Y. (1976): Two Late-Glacial (Late Devensian) diatom assemblages from northern Scotland. – *New Phytol.*, **77**: 227–256; Cambridge.
- HAWORTH, E. Y. (1985): The highly nervous system of the English lakes: aquatic ecosystem sensitivity to external changes, as demonstrated by diatoms. – *FBA Annual Report*, **53**: 60–79.
- HÖLZER, A. & HÖLZER, A. (1987): Paläoökologische Moor-Untersuchungen an der Hornisgrinde (Nordschwarzwald). – *Carolinaea*, **45**: 43–50; Karlsruhe.
- HÖLZER, A. & HÖLZER, A. (1988a): Untersuchungen zur jüngeren Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Blindenseemoor (Mittlerer Schwarzwald). – *Carolinaea*, **46**: 23–30; Karlsruhe.
- HÖLZER, A. & HÖLZER, A. (1988b): Untersuchungen zur jüngeren Vegetations- und Siedlungsgeschichte in der Seemisse am Ruhestein (Nordschwarzwald). – *Telma*, **18**: 157–174; Hannover.
- HÖLZER, A. & SCHLOSS, S. (1981): Paläoökologische Studien an der Hornisgrinde (Nordschwarzwald) auf der Grundlage von chemischen Analysen, Pollen- und Großrestuntersuchungen. – *Telma*, **11**: 17–30; Hannover.
- HUSTEDT, F. (1937–1939): Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra. – *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, **15** & **16**; Stuttgart.
- JORGENSEN, E. G. (1955): Solubility of the silica in diatoms. – *Physiologia Pl.*, **8**: 846–851; Kopenhagen.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. – In: ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (Eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, **2/1**: 876 S.; Stuttgart (G. Fischer).
- LANG, G. (1952): Zur späteiszeitlichen Vegetations- und Florensgeschichte Südwestdeutschlands. – *Flora*, **139**: 243–294, Jena.
- LANG, G. (1954): Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. I. Der Hotzenwald im Südschwarzwald. – *Beitr. naturk. Forsch. Südwestdtl.*, **13**: 3–42; Karlsruhe.
- LANG, G. (1955): Über spätquartäre Funde von *Isoëtes* und *Najas flexilis* im Schwarzwald. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **68**:

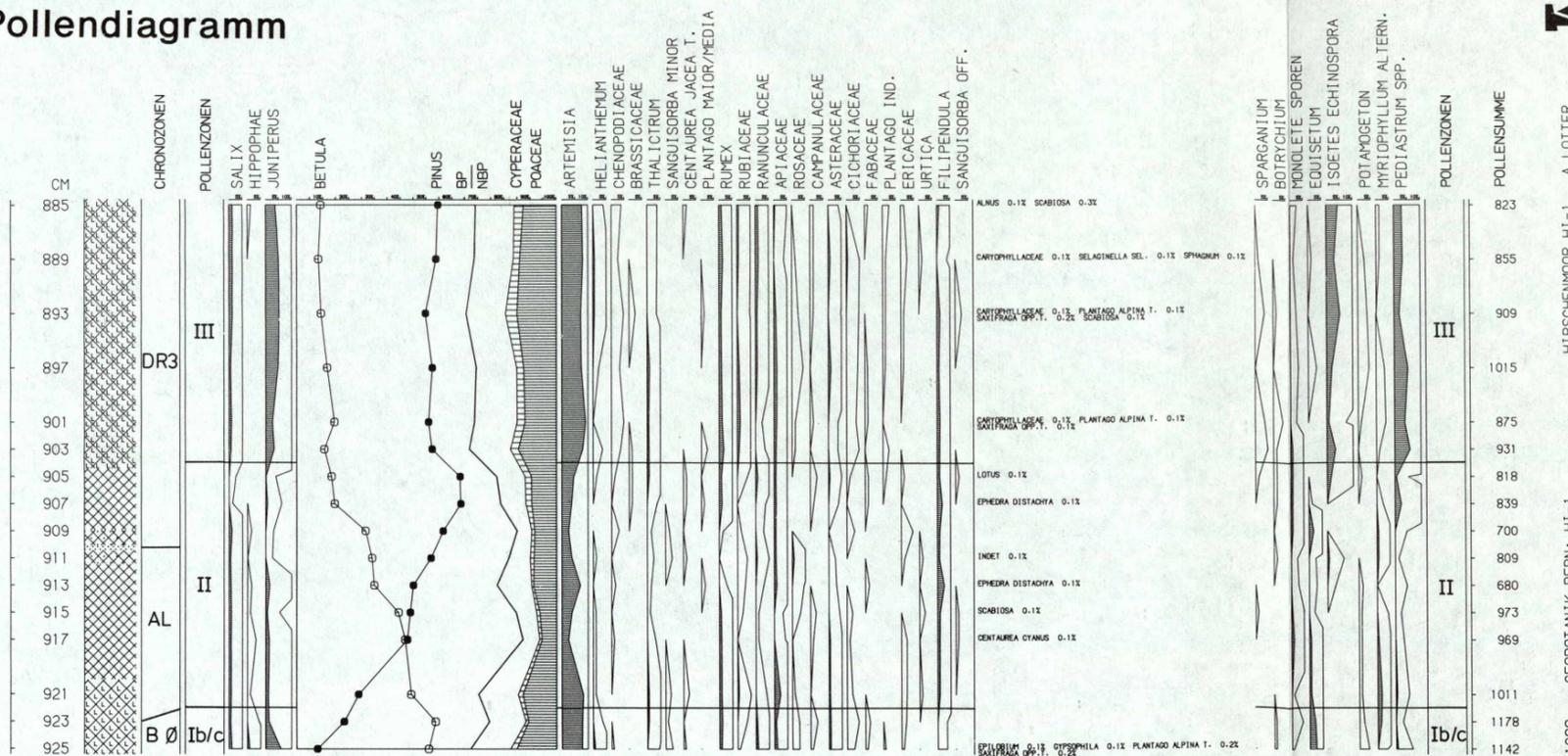
- 24–27; Jena.
- LANG, G. (1963): Chronologische Probleme der späteiszeitlichen Vegetationsentwicklung in Südwestdeutschland und im französischen Zentralmassiv. – *Pollen et Spores*, **5**: 129–142; Paris.
- LANG, G. (1967): Über die Geschichte von Pflanzengesellschaften auf Grund quartärbotanischer Untersuchungen. – In: TÜXEN, R. (Ed.): *Pflanzensoziologie und Palynologie. Bericht über das Internat. Symposium in Stolzenau/Weser 1962 der Internat.* – Verein. Vegetationskunde: 24–37; Den Haag.
- LANG, G. (1971): Die Vegetationsgeschichte der Wutachschlucht und ihrer Umgebung. – In: *Die Wutach. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs*, **6**: 323–349; Karlsruhe.
- LIEHL, E. (1981): Landschaftsgeschichte des Feldberggebietes – Altlandschaft – Eiszeit – Verwitterung und Abtragung heute. – In: *Der Feldberg im Schwarzwald. Subalpine Insel im Mittelgebirge. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs*, **12**: 13–147; Karlsruhe.
- LOTTER, A. (1988): Paläoökologische und paläolimnologische Studie des Rotsees bei Luzern. Pollen-, großrest-, diatomeen- und sedimentanalytische Untersuchungen. – *Diss. Bot.*, **124**: 1–187; Berlin, Stuttgart.
- LOTTER, A. F. & ZBINDEN, H. (1989): Late-Glacial pollen analysis, oxygen-isotope record, and radiocarbon stratigraphy from Rotsee (Lucerne), Central Swiss Plateau. – *Ecologiae geol. Helv.*, **82/1**; Basel.
- MARCINIAK, B. (1979): Dominant diatoms from Late Glacial and Holocene lacustrine sediments in northern Poland. – *Nova Hedwigia Beih.*, **64**: 411–426; Lehre.
- MARCINIAK, B. (1988): Diatoms in bottom sediments of Lake Hobschen, Simplon, Switzerland. Preliminary report. – In: LANG, G. & SCHLÜCHTER, C. (Eds.): *Lake, mire and river environments during the last 15 000 years*: 31–39; Rotterdam (Balkema).
- MANGERUD, J., ANDERSEN, S. T., BERGLUND, B. E. & DONNER, J. J. (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. – *Boreas*, **3**, 109–128; Oslo.
- OBERDORFER, E. (1931): Die postglaziale Klima- und Vegetationsgeschichte des Schluchsees (Schwarzwald). – *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, **31**: 1–85; Freiburg.
- RENNBERG, I. & HELLBERG, T. (1982): The pH history of lakes in south-western Sweden, as calculated from the subfossil diatom flora of the sediments. – **11**: 30–33; Stockholm.
- SIMONSEN, R. (1979): The diatom system: ideas on phylogeny. – *Bacillaria*, **2**: 9–71; Stuttgart.
- SMOL, J. P. (1983): Paleophycology of a high arctic lake near Cape Herschel, Ellesmere Island. *Can. J. Bot.*, **61**: 2195–2204; Ottawa.
- STARK, P. (1912): Beiträge zur Kenntnis der eiszeitlichen Flora und Fauna Badens. – *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, **19**: 1–120; Freiburg.
- TROELS-SMITH, J. (1955): Characterization of unconsolidated sediments. – *Danm. Geol. Unders. IV*, **3/10**; Kopenhagen.
- VOLLENWEIDER, R. A. (Ed.) (1969): *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments.* – IBP Handbook, **12**; Oxford.
- WELTEN, M. (1967): Ein Brachsenkraut, *Isoëtes setacea* LAM., fossil im schweizerischen Molasseland. *Bot. Jb.*, **86**: 527–536; Stuttgart.
- WELTEN, M. (1982): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern–Wallis. *Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.*, **95**, 1–104; Zürich.
- WISSMAR, R. C., DEVOL, A. H., NEVISSI, A. E. & SEDELL, J. R. (1982 a): Chemical changes of lakes within the Mount St. Helens blast zone. – *Science*, **216**: 175–178; Washington.
- WISSMAR, R. C., DEVOL, A. H., STALEY, J. T. & SEDELL, J. R. (1982 b): Biological response of lakes in the Mount St. Helens blast zone. *Science*, **216**: 178–181; Washington.

Hirschenmoor (962 m)

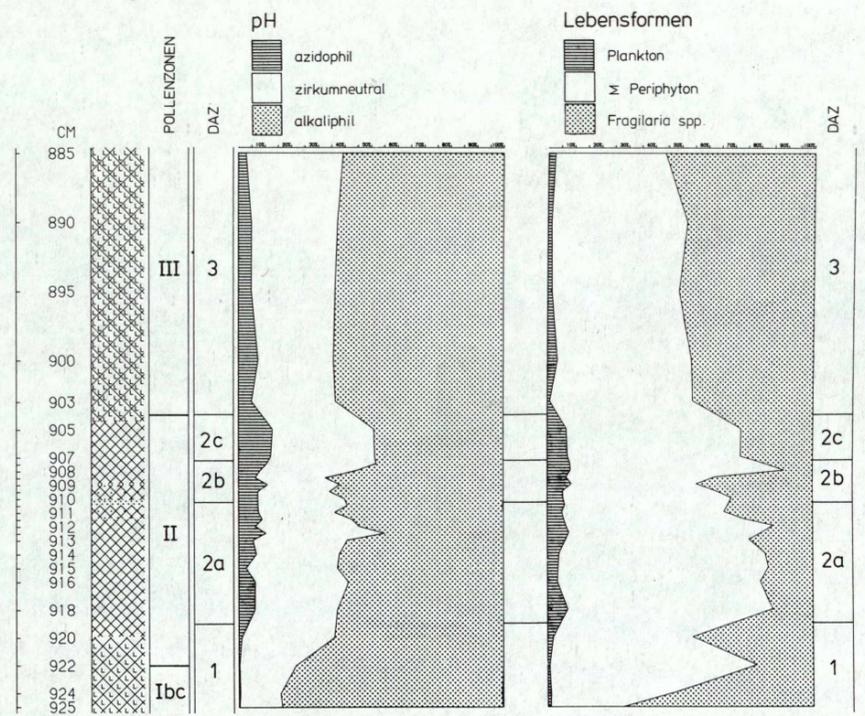
Diatomeendiagramm



Pollendiagramm



Gruppierung der Diatomeen nach pH-Werten und Lebensformen

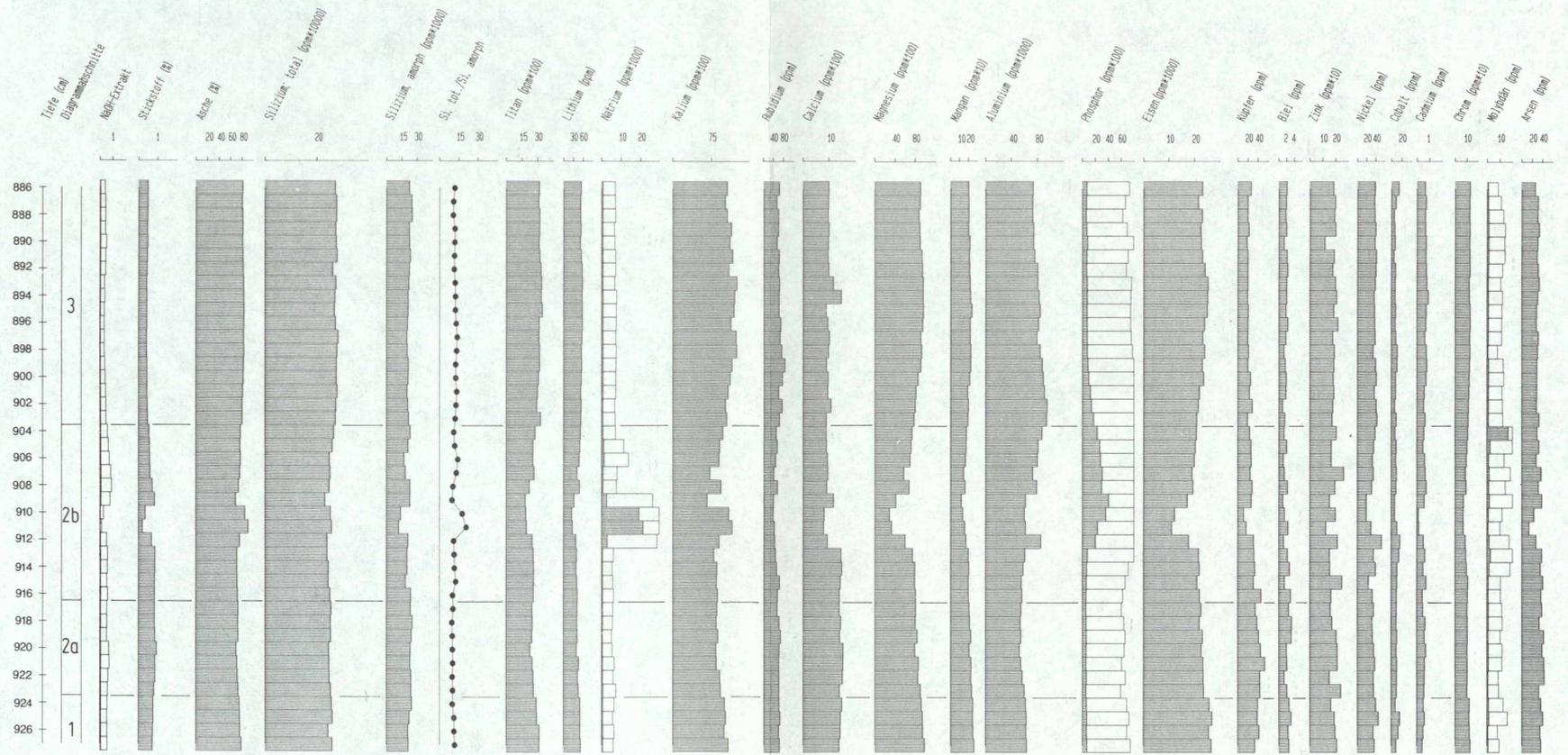


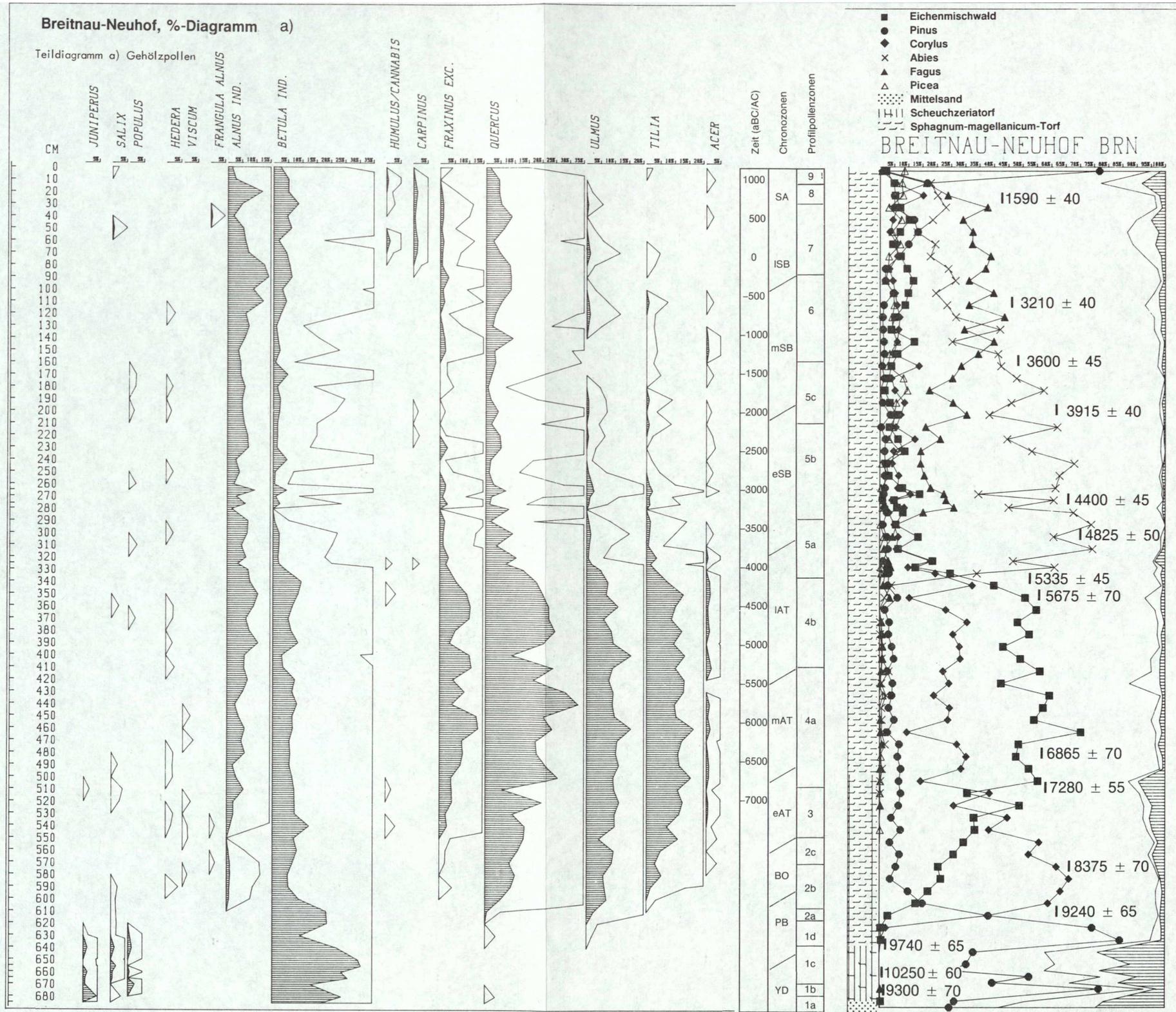
Hirschenmoor (962 m)

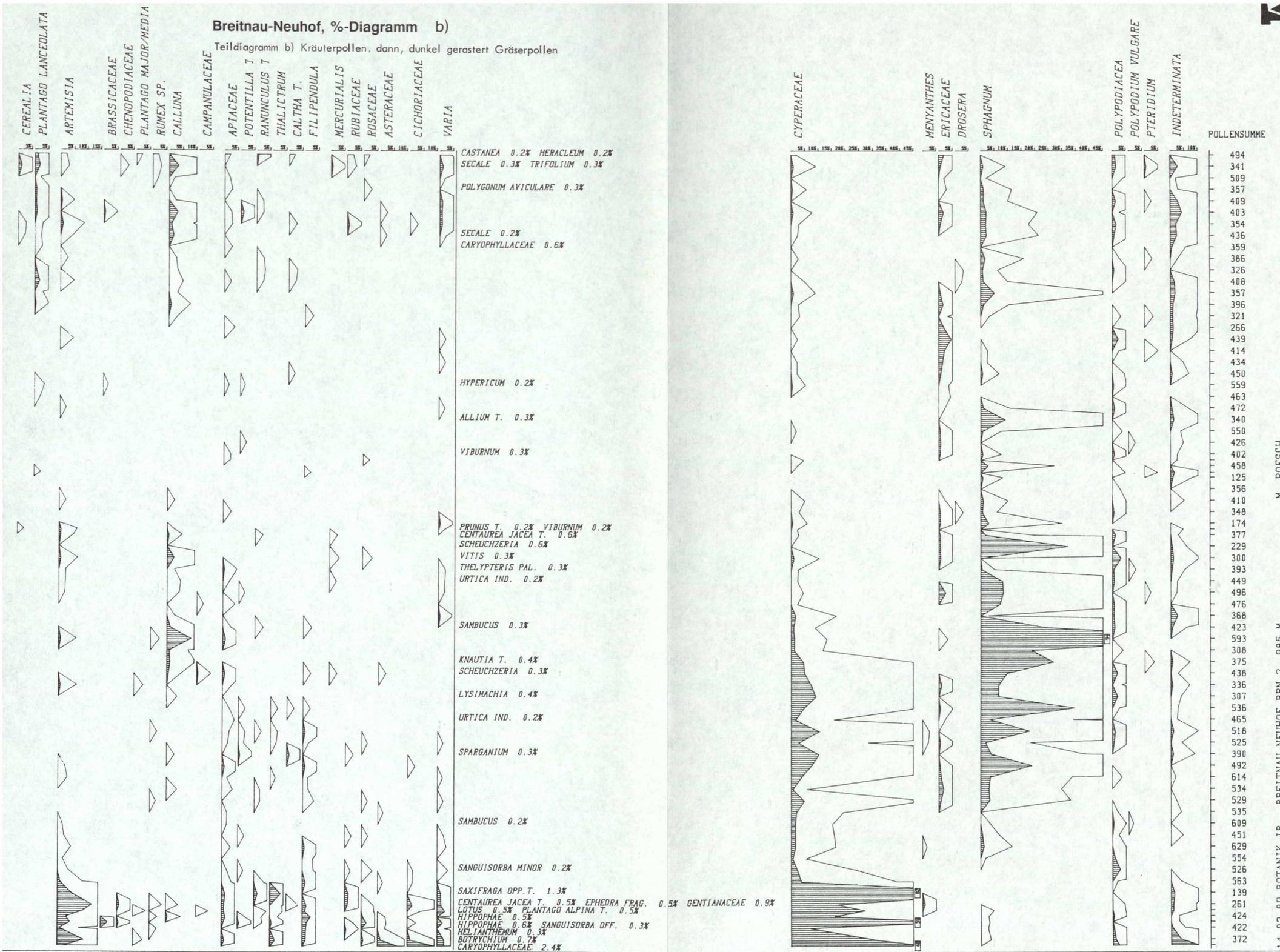
Chemische Analysen

Werte auf Trockengewicht bezogen

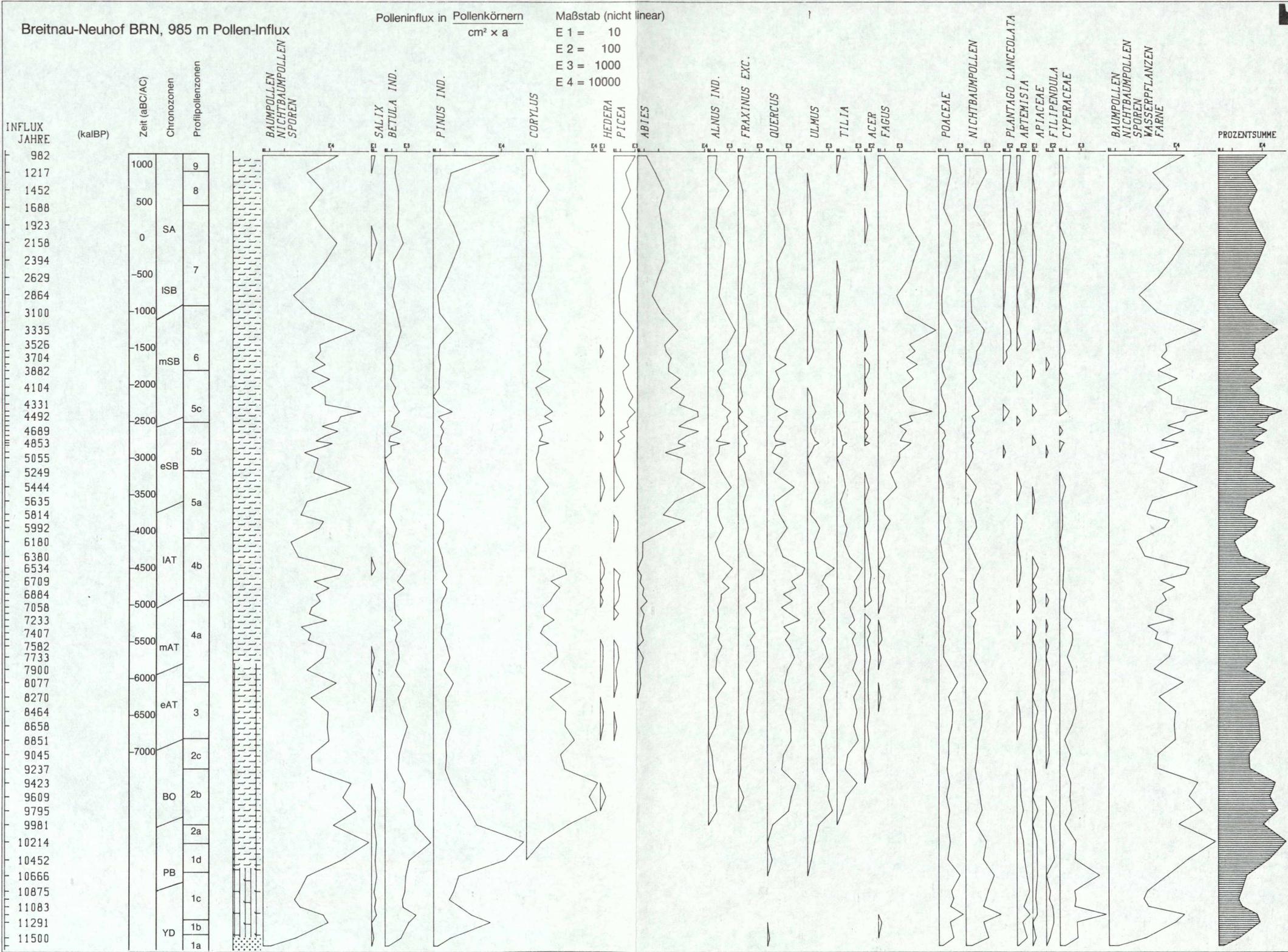
Beilage zu LOTTER & HÖLZER: Hirschenmoor, Paläoökologie – carolinea, 47 (1989), Tafel 2







Beilage zu Rösch: Breitnau-Neuhof, Vegetationsgeschichte – carolinea, 47 (1989), Tafel 4 (Abb. 3)



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Lotter Andre F., Hölzer Adam

Artikel/Article: [Spätglaziale Umweltverhältnisse im Südschwarzwald: Erste Ergebnisse paläolimnologischer und paläo-ökologischer Untersuchungen an Seesedimenten des Hirschenmoores 7-14](#)