

Palynostratigraphische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der nordwestlichen Kalkvoralpen

Autor(en): **Wegmüller, Samuel / Lotter, André F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Botanica Helvetica**

Band (Jahr): **100 (1990)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-69711>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Palynostratigraphische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der nordwestlichen Kalkvoralpen

Samuel Wegmüller und André F. Lotter

Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität Bern, Altenbergrain 21, CH-3013 Bern,
Schweiz

Manuskript angenommen am 23. Januar 1990

Abstract

Wegmüller S. and Lotter A. F. 1990. Palynostratigraphic investigations of the late-glacial and holocene vegetation history of the northwestern calcareous Swiss Prealps. Bot. Helv. 100: 37–73.

Two mires in the montane and subalpine belt of the Bernese Oberland (Switzerland) were studied: Aegelsee at 995 m a.s.l., and Schwarzmoos at 1770 m a.s.l.

The present vegetation of both mires was mapped (Figs. 4, and 10) and the lithostratigraphy was investigated by means of several corings (Figs. 5, 6, 11, and 12): minerogenic limnic deposition began already before Bölling. The onset of organic sedimentation at Aegelsee started during Boreal (ca 9000 B.P.) whereas at Schwarzmoos it took place at the transition from Atlantic to Subboreal (5000 B.P.).

The main features of the vegetation history at both elevations are summarized in Tab. 3. Reforestation at Aegelsee occurred at about 12,700 B.P. by *Juniperus-Hippophaë* stands which were replaced by tree birch around 12,500 B.P. A regressive phase in vegetation development occurring before 12,000 B.P. has been evidenced. The expansion of *Pinus* started at 12,000 B.P. and the occurrence of the Laacher See Tephra-layer allowed a precise location of the transition from the Alleröd to the Younger Dryas chronozone (11,000 B.P.). During the Younger Dryas the timberline was situated above Aegelsee.

Schwarzmoos and its surroundings were above timberline during the whole Late-Glacial: a sparse pioneer vegetation with a *Juniperus* and *Salix* scrub grew on open soils.

At Aegelsee the species of the Quercetum mixtum as well as *Corylus* spread during Boreal. The migration and spread of *Abies* occurred between 6600 and 6300 B.P. whereas *Picea* spread at 5000 B.P.

At Schwarzmoos an increase in birch is observed during Preboreal. At the onset of the Boreal, species-rich alpine meadows expanded and were eventually displaced by the expanding spruce-forest at the end of the Younger Atlantic. The migration of *Pinus cembra* together with *Larix* is evidenced at about 8500 B.P.

The migration of *Picea* into the subalpine belt took place at 5500 B.P. (first traces at 6500 B.P.). Its spread at 5000 B.P. is evidenced by the abundance of its macrofossils. As a consequence the timberline rose above Schwarzmoos, and until the Younger Subat-

lantic (1000 B.P.) the vegetation of the subalpine region was characterized by *Picea* forests and on exposed places by *Pinus mugo* stands.

At Aegelsee first traces of anthropogenic indicators in the pollen diagrams were detected between 5400 and 5000 B.P. after the spread of *Picea*. Forest clearing occurred also during the late Bronze Age and especially during the Middle Ages. In the subalpine belt the important clearings for pastures took place during the Younger Subatlantic.

Key words: Late-Glacial and Holocene vegetation, chronostratigraphy, human impact, timberline fluctuations, Swiss Alps

1. Einleitung

Die vorliegende Studie aus dem Nidersimmental schließt an die vegetationsgeschichtlichen Arbeiten von Welten (1952, 1982), Küttel (1974, 1979) und Lotter (1985) wie auch an neuere ökologische Untersuchungen (Müller und Wegmüller 1982, Wegmüller, J. und Wegmüller, S. 1985, Lienhard 1987) an. Ziel der vorliegenden Arbeit war, anhand stratigraphischer und pollenanalytischer Untersuchungen je eines Moores aus der montanen und subalpinen Stufe des Turnen/Pfaffen-Massivs die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte dieses Talabschnittes möglichst umfassend nachzuweisen und palynostratigraphisch zu gliedern. Unser besonderes Interesse galt dabei der Moorge-
nese, den Problemen der paläoklimatischen Schwankungen und der Waldgrenzverschiebung sowie Fragen der menschlichen Einflußnahme. Ferner sollte mit der vorliegenden Untersuchung ein Beitrag zur Schließung der Lücke in der vegetationsgeschichtlichen Forschung im montanen und subalpinen Bereich (Lang 1985 a, 1985 b: IGCP-Projekt 158 b) geleistet werden.

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1 Geologie und Geographie

Unser Untersuchungsgebiet (Abb. 1) liegt auf der rechten Talseite des Nidersimmentals (Berner Oberland). Die nördliche Begrenzung bildet der zwischen Weissenburg (742 m) und Erlenbach (681 m) gelegene Talgrund, die südliche folgt einer Linie, die von der Alp Tärfeten (1846,6 m) über das Turnen/Pfaffen-Massiv (2079,2 m) zur Alp Tschuggen (1407 m) führt. Im untern Teil der Talflanke bilden mesozoische Flysche, Mergel und Radiolarite der Simmendecke den geologischen Untergrund. Dagegen bestehen die hochaufragenden Felsen des Turnen/Pfaffen-Massivs aus Malmkalken der Klippendecke.

Eine Eigentümlichkeit dieses Massivs stellen die drei „Körbe“ dar, sehr große, tief eingesenkte karstartige Einschnitte. Weitere Versackungen, in denen sich Moore gebildet haben, sind im Gebiet nicht selten. Ausführliche Darstellungen zur Geologie des Gebietes finden sich in den Arbeiten von Genge (1955), Rabowski (1912, 1920), Tschachtli (1941) und Nicol (1956).

2.2 Klima

Bedingt durch das unterschiedliche Relief ist das lokale Klima im Untersuchungsgebiet stark von der jeweiligen Meereshöhe und Exposition abhängig. So erreichen die mittleren Jahresniederschläge im kollinen und montanen Bereich 1300–1400 mm und im

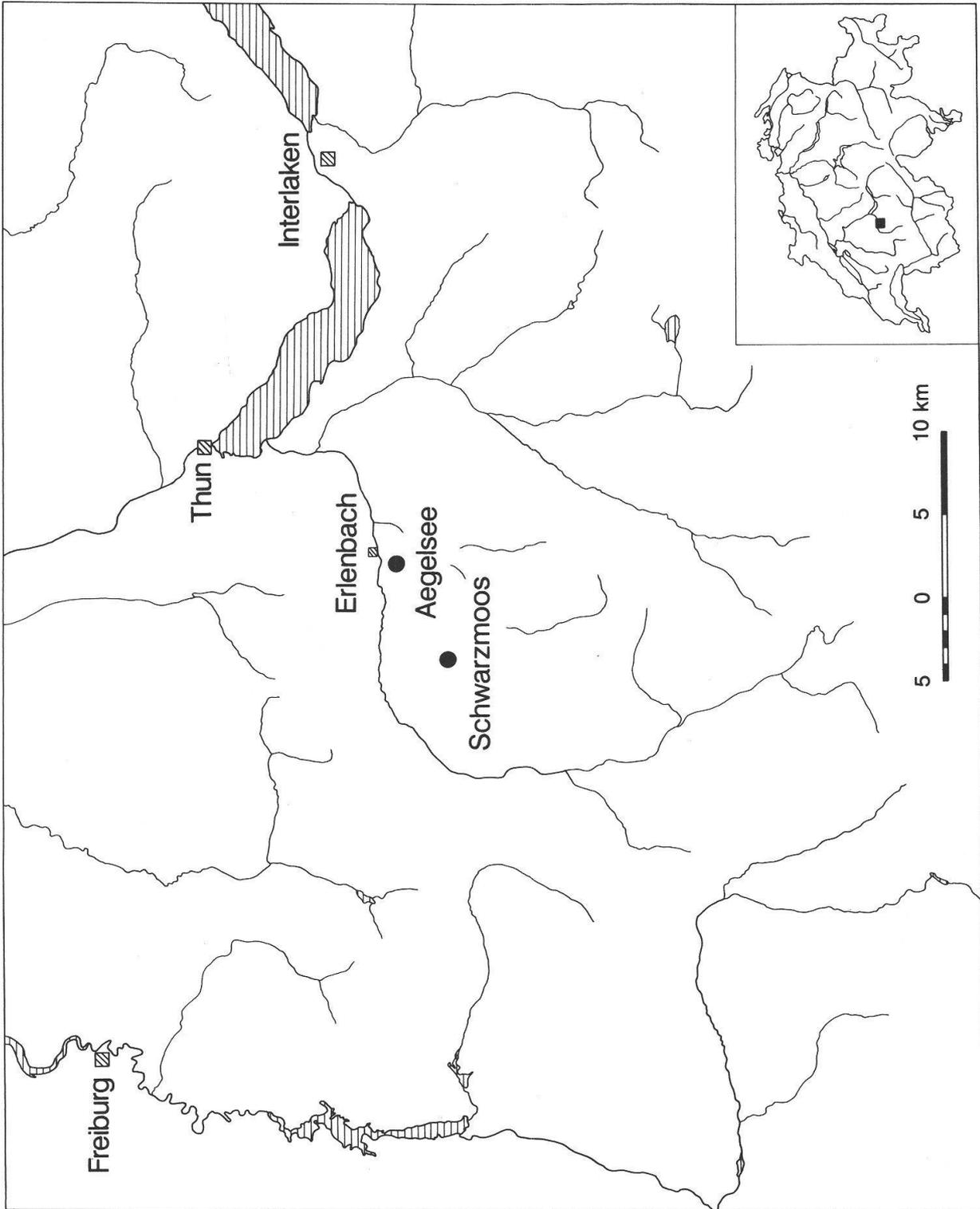


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes.

subalpinen Bereich zwischen 1400–1600 mm. Die Niederschläge fallen besonders in den Monaten Mai bis August. Die Jahresmitteltemperatur beträgt in der kollinen Stufe zwischen 7–9°C, in der montanen Stufe 5–7°C und in der subalpinen Stufe 0–5°C. Die Januarmittelwerte für die Temperatur bewegen sich zwischen –2°C und –5°C in den tieferen Lagen und zwischen –5°C bis –10°C in den höheren Lagen des Untersuchungsgebietes. Die Julimittelwerte steigen in der kollinen Stufe auf 15–18°C, in der montanen Stufe auf 10–15°C und in der subalpinen Stufe auf 5–10°C (Imhof 1965, Walter und Lieth 1964).

2.3 Aktuelle Vegetation und Höhenstufen

Die beiden Talflanken des W-E gerichteten Niedersimmentals weisen in der montanen Stufe zwei unterschiedlich strukturierte Waldtypen auf (Abb. 2 und 3). Dominieren auf der südexponierten Talseite warm-trockene Fichtenwälder, herrschen auf der humiden nordexponierten Seite optimal entwickelte Weißtannenwälder vor. Ein weiterer für das Vegetationsbild charakteristischer Grundzug liegt darin, daß die Buche talaufwärts nicht mehr bestandbildend auftritt, obwohl dies von der Höhenlage her durchaus möglich wäre. Wahrscheinlich stellen Spätfröste im Frühjahr wie auch längere sommerliche Trockenperioden, bedingt durch die abschirmende Wirkung der Stockhornkette, für die Buche begrenzende Faktoren dar. In der subalpinen Stufe verwischen sich infolge der höhern Niederschläge und der tiefern Temperaturen die durch die unterschiedliche Exposition bedingten Gegensätze.

In unserem Untersuchungsgebiet zeichnet sich folgende Höhenstufung ab (Abb. 2 und 3): Vom Talgrund weg erstrecken sich, soweit nicht durch Wiesen (Arrhenatherion, Trisetion) und Weiden (Festuco-Cynosurion) unterbrochen, ausgedehnte Weißtannenwälder mit wenig Buchen (Abieti-Fagetum) bis in 1000–1200 m Höhe, wo sie in luftfeuchten Lagen in hochstaudenreiche Weißtannenwälder mit Fichten (Adenostylo-Abietetum) übergehen. In 1400–1500 m Höhe werden diese durch subalpine Fichtenwälder (Vaccinio-Piceion) abgelöst. Auf humusarmen Kalkrippen stocken Bestände der aufrechten Bergföhre (Erico-Pinion). Die Waldgrenze liegt, soweit nicht durch Weiderodung heruntergesetzt, im Gebiet des Turnen/Pfaffen-Massivs in rund 1850 m, die durch Fichten oder Bergföhren gebildete Baumgrenze in rund 2000 m Höhe. Arve (*Pinus cembra*) und Lärche (*Larix decidua*) sind im Gebiet selten.

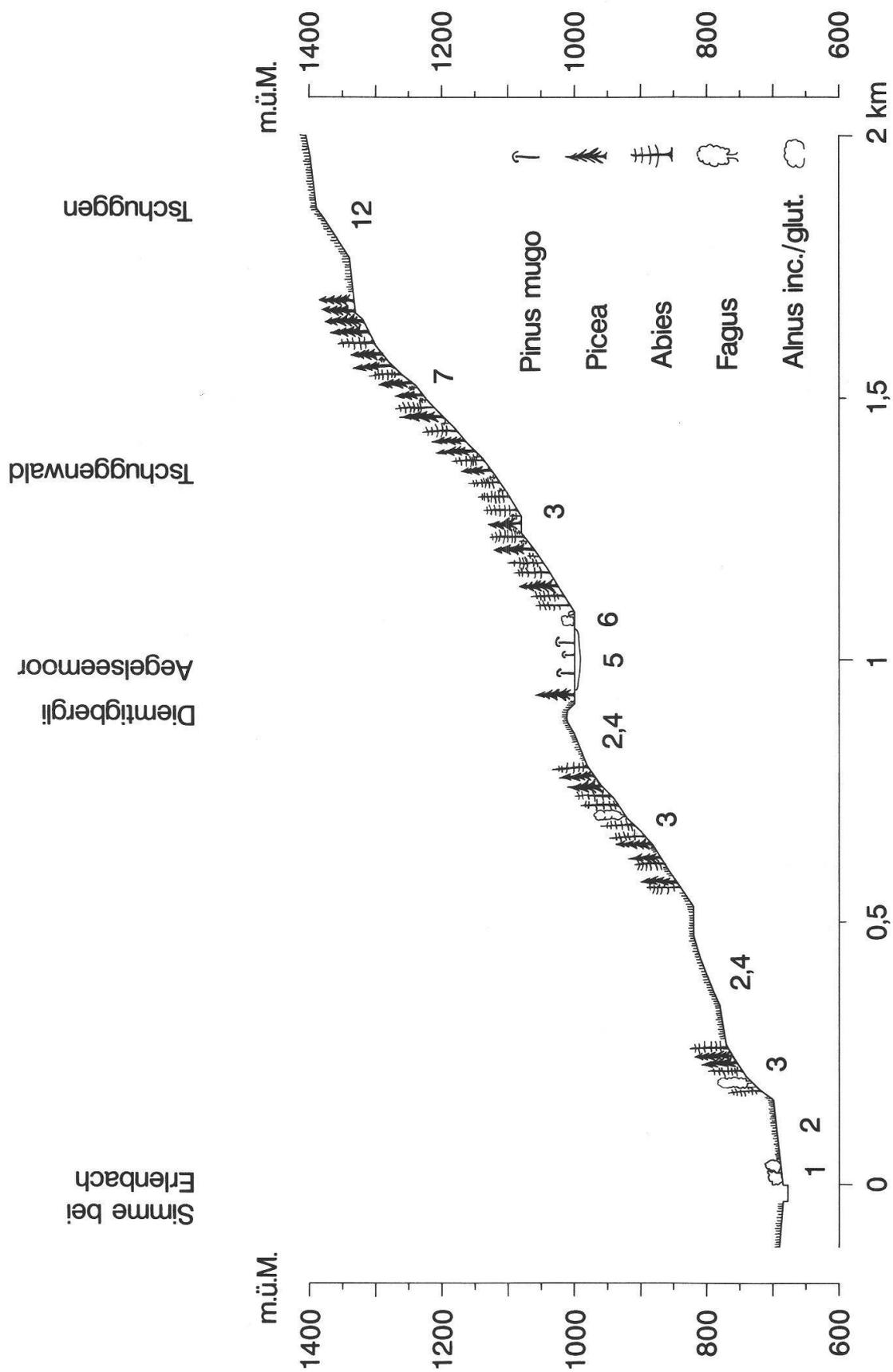
Blaugrashalden (Seslerio-semperviretum), Rostseggenhalden (Caricetum ferrugineae), Milchkrautweiden (Crepido-Festucetum) und häufig auch degradierte Weiden (Sieversio-Nardetum) bilden je nach geologischer Unterlage, dem Grad der Bodenentwicklung, nach Exposition, Lokalklima und Bewirtschaftung die Vegetationsdecke zwischen Waldgrenze und Gipfel des Turnen/Pfaffen-Massivs.

2.4 Lage der untersuchten Objekte

2.4.1 Aegelsee

Das Aegelsee-Moor (mittlere Koord. 608 200/166 400, LK 1:25 000 Blatt 1227) liegt nahe der Vereinigungsstelle von Simmen- und Diemtigtal auf der Terrasse des Diemtigbergli, in einer Höhe von etwa 995 m ü. M. (Abb. 1). Das Restmoor sowie der in den 50er

Abb. 2. Vegetationsprofil: Simme bei Erlenbach i.S. – Tschuggenalp, mit Aegelseemoor. Legende: 1 Alnetum incanae; 2 Arrhenatherion elatioris; 3 Abieti-Fagetum; 4 Polygono-Trisetion; 5 Pino mugo-Sphagnetum; 6 Alnion glutinosae; 7 Adenostylo-Abietetum; 12 montane Weiden.



Jahren durch Ausbaggerung vergrößerte Aegelsee bilden zusammen ein 10,16 ha umfassendes Naturschutzgebiet, welches 1977 geschaffen wurde (Schmalz 1978). Das Restmoor erstreckt sich auf einer Länge von etwa 800 m in einer 100 bis 150 m breiten, von West nach Ost verlaufenden, flachen Längsmulde, die nordwärts durch einen Riegel mit würmzeitlicher Moränenbedeckung und südwärts durch den steil ansteigenden Hang des Tschuggenwaldes begrenzt ist (Abb. 2).

Geologisch betrachtet liegt das Untersuchungsgebiet im Bereich von Kalken und Schiefen der Simmendecke. Charakteristisch für das Gebiet des Diemtigberglis ist das Auftreten von zahlreichen triasischen Gipstrichtern. Die ganze Terrasse des Diemtigberglis, wie auch die vermoorte Mulde erhalten keine natürlichen oberflächlichen Zuflüsse, jedoch finden sich in den Streuwiesen im östlichen Teil des Naturschutzgebietes einige kleinere Grundwasseraustritte.

Die natürliche Vegetation im Untersuchungsgebiet bestünde aus Buchen–Tannen Mischwäldern (Abieti–Fagetum). Durch die menschliche Einflußnahme auf die Vegetation ist das Gebiet jedoch vielfach waldfrei und wird hauptsächlich mit Mähwiesen und als Weideland für die Viehzucht landwirtschaftlich genutzt (Abb. 2).

2.4.2 Schwarzmoos

Das Schwarzmoos (Koord. 603 150/163 750, LK 1:25 000 Blatt 1227) liegt WSW des Turnen-Massivs (2072,2 m) in einer großen, kesselartigen Versackung der Alp Hintertärfeten (Abb. 1). Das von mehreren Quellaustritten des östlichen Steilhanges gespiesene Flachmoor entwässert sich westwärts über einen Riegel zum Tal des Chlosterbaches.

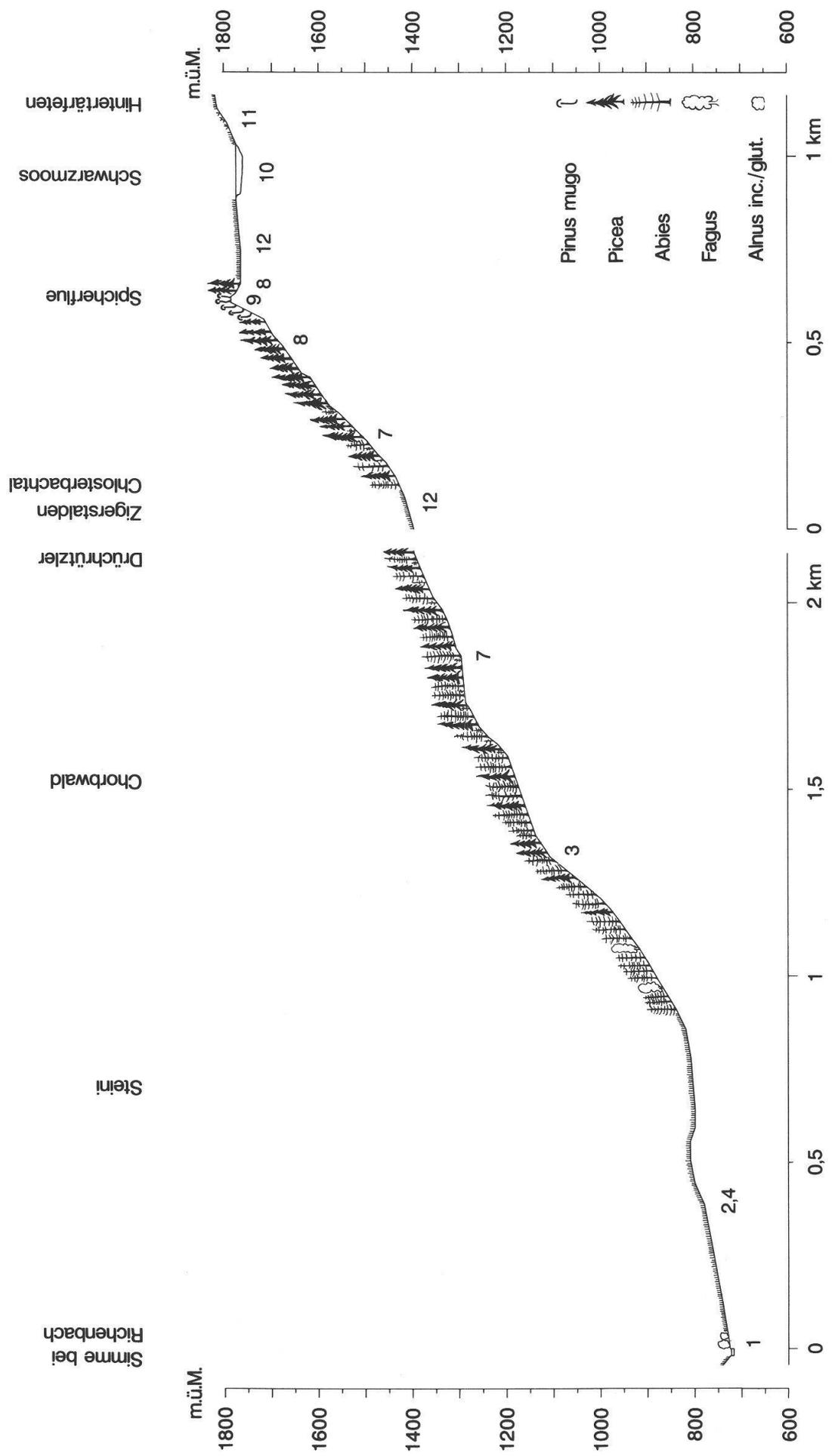
Nach Genge (1955) stieß ein kleiner Gletscher des Massivs während der letzten Eiszeit über die Mulde des Schwarzmooses in das Chlosterbach-Tal vor. Moränenwälle, die einer ausgedehnten Oszillation dieses Gletschers zu Beginn des Bühl 1 entsprechen sollen, finden sich am Zigerstalden. Ein letzter Eislappen soll im Bühl 3 noch in der Mulde des Schwarzmooses gelegen haben. Über die Lage des Moores innerhalb der Vegetationsstufen orientiert Abb. 3. Es liegt knapp unterhalb der heutigen potentiellen Waldgrenze. In der weiteren Umgebung des Moores sind die Wälder durch Weiderodungen weitgehend zerstört worden. Größere Bestände der aufrechten Bergföhre (*Pinus mugo*) finden sich an der NW des Schwarzmooses gelegenen Spicherflue (1801 m). Im NE steigt ein kleiner, sehr lichter Fichtenbestand am Osthang des Turnen bis in 2000 m Höhe auf, und im SW erstrecken sich auf der N-Seite des Tärfteten-Kammes ausgedehnte Grünerlen-Bestände (*Alnetum viridis*).

3. Material und Methoden

Die beiden Untersuchungsobjekte wurden im Verlauf des Spätsommers 1986 vermessen und nivelliert. Eine Reihe von Stratigraphiebohrungen mit einem Hillerbohrer und einem russischen Torfstecher wurden daraufhin entlang von eingemessenen Längs- und Quertransekten durchgeführt. Zwischen 1988 und 1989 wurden beide Objekte vegetationskundlich kartiert.

An ausgewählten Stellen wurden Sedimentbohrungen mit einem nach Merkt und Streif (1970) modifizierten Livingstone-Kolbenbohrer niedergebracht. Die Sedimentproben dieser Bohrungen

Abb. 3. Vegetationsprofile: Simme bei Richenbach – Drüchrützler und Zigerstalden-Hintertärfeten mit Schwarzmoos. Legende: 1 *Alnetum incanae*; 2 *Arrhenatherion elatioris*; 3 *Abieti-Fagetum*; 4 *Polygono-Trisetion*; 7 *Adenostylo-Abietetum*; 8 *Vaccinio-Piceion*; 9 *Erico-Pinion*; 10 *Caricetum davalliana*; 11 *Caricetum ferruginea*; 12 montane und subalpine Weiden.



wurden nach der in Lotter (1985) beschriebenen Methode für die Pollenanalyse aufbereitet. Es wurde darauf geachtet, pro Präparat wenn möglich mindestens 500 Baumpollen (BP) auszuzählen. Als Pollensumme (100%) wurde im allgemeinen die Summe BP+NBP genommen; Pollen von Wasserpflanzen und Sporen wurden generell aus der Summe ausgeschlossen. Der Ausschluß lokaler ferntransportierter Pollen aus der Bezugssumme wird bei der Diskussion der einzelnen Diagramme speziell im Text erwähnt (cf. 4.1.4 und 4.2.4). Die aus der Pollenanalyse resultierenden Resultate wurden mit dem Computerprogramm POLPROF von Tranquillini (1988) graphisch dargestellt und mittels des ZONATION Programms (Birks und Gordon 1985) in lokale "pollen assemblage zones" (PAZ, Biozonen im Sinne des Stratigraphischen Codes, Hedberg 1972) eingeteilt. Es wurde dann versucht, diese PAZ den für das Schweizer Gebiet angepaßten Firbas-Pollenzonen (Firbas 1949, 1954, Welten 1982) zuzuordnen. Die Einteilung in Chronozonen (Mangerud et al. 1974, Ammann und Lotter 1989, Lotter und Zbinden 1989) wurden aufgrund der zur Verfügung stehenden ^{14}C -Daten sowie mittels Vergleichen mit andern datierten Profilen (Heeb und Welten 1972, Welten 1982, Lotter 1988, Ammann und Lotter 1989) vorgenommen. Alle in diesem Beitrag verwendeten Altersangaben beziehen sich auf konventionelle ^{14}C -Jahre B.P. (= vor 1950, Stuiver und Polach 1977).

Für die Makrorestanalyse wurden 250 cm³ des Sediments mit verdünnter KOH (ca. 5%) während 24 h vorbehandelt, dann durch ein Sieb (315 µm) gespült und schließlich unter einer Binokularlupe nach Pflanzenresten durchmustert.

4. Ergebnisse

4.1 Aegelsee

4.1.1 Vegetationskarte

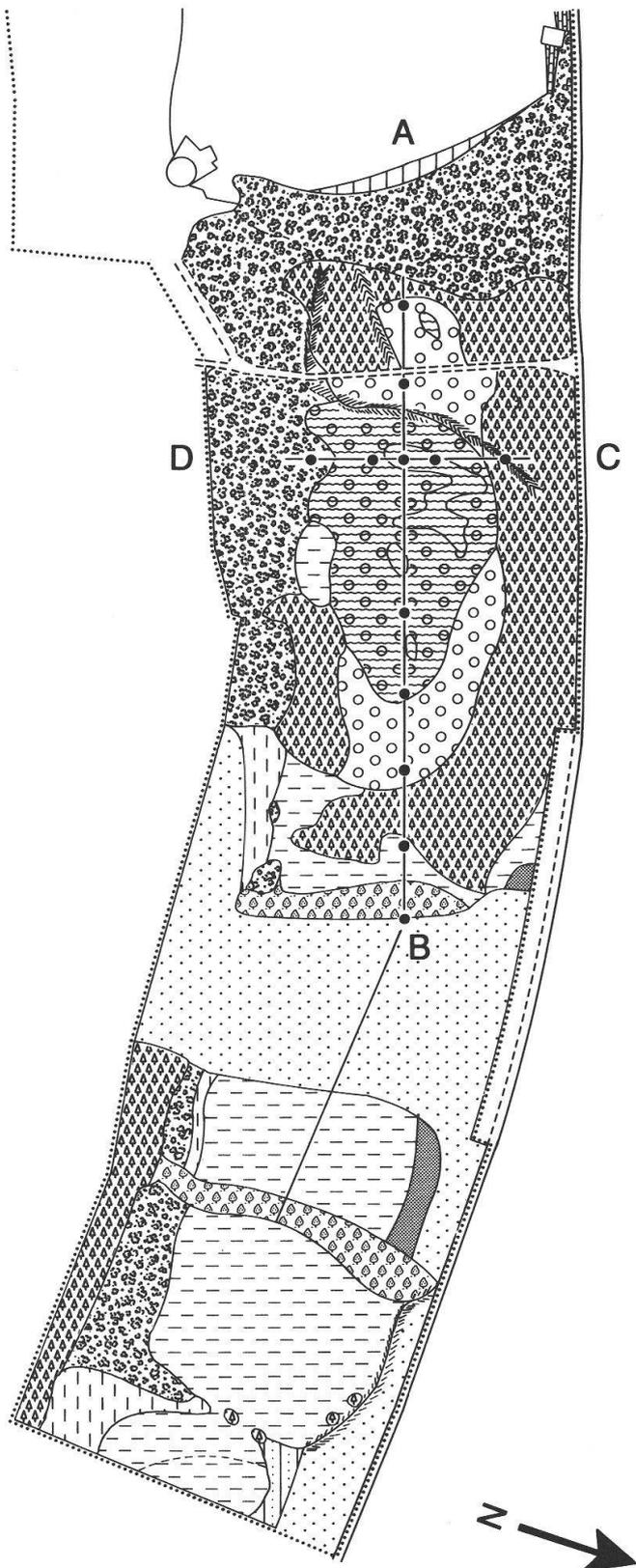
Mit dem massiven Eingriff durch den Bau des Ausgleichsbeckens und durch die Anlage von zahlreichen Gräben im Restmoor (vgl. Abb. 4) wurde die Hydrologie des gesamten Torfkörpers nachhaltig gestört und der Wasserspiegel des Moores erheblich abgesenkt (Schmalz 1978). Diese Austrocknung wirkte sich seither stark auf die Hochmoorvegetation des Gebietes aus. Die pflanzensoziologische Kartierung des Naturschutzgebietes Aegelseemoor lieferte 12 verschiedene Vegetationseinheiten (siehe Lotter und Fischer 1990), welche in Abb. 4 dargestellt sind. Von botanischem Interesse sind vor allem die leider nur noch kleinflächig erhaltenen Hochmoor-Gesellschaften (*Sphagnetum magellanicum*) und das Bergföhren-Hochmoor (*Pino mugo*-*Sphagnetum*) im zentralen Bereich sowie die Kleinseggenrieder (*Caricetum davallianae*) im Flachmoorbereich am östlichen Ende des Naturschutzgebietes.

4.1.2 Stratigraphie des Aegelseemoores

Die Stratigraphiebohrungen entlang dem Längs- (A–B in Abb. 4 und 5) und Quertransekt (C–D in Abb. 4 und 6) zeigten deutlich das Ausmaß des ehemaligen Aegelsees. Leider konnte der Transekt nicht wie geplant bis in das Flachmoorgebiet im östlichen

Abb. 4. Vegetationskarte des Naturschutzgebietes Aegelseemoor. Legende: 1 Hochmoor-Gesellschaft (*Sphagnetum magellanicum*); 2 Bergföhren-Hochmoor (*Pino mugo*-*Sphagnetum*); 3 Torfmoos-Bergföhren-Birkenwald; 4 Kleinseggenrieder (*Caricetum davallianae*); 5 Großseggenried (*Caricetum elatae*); 6 Großseggenried mit Hochstauden (*Magnocaricion*); 7 *Betonica*-Pfeifengras-Gesellschaft (*Molinion*); 8 Hochstaudenried (*Filipendulion*); 9 Weiden-Birken-Erlen-Gebüsch (*Alnion glutinosae*); 10 Hecken (*Prunion spinosae*, *Berberidion vulgaris*); 11 Fichtenwald (*Piceetum subalpinum*); 12 Fettwiese; 13 Grenze des Naturschutzgebietes; 14 Entwässerungsgräben; 15 Transekte mit Bohrpunkten.

-  1
-  2
-  3
-  4
-  5
-  6
-  7
-  8
-  9
-  10
-  11
-  12
-  13
-  14
-  15



Bereich verlängert werden, da aufgeschüttetes Aushubmaterial aus dem Ausgleichbecken weitere Bohrungen verunmöglicht. Trotzdem ergibt sich ein gutes Bild bezüglich der Genese des heutigen Restmoores: Nach dem Rückzug des Simmengletschers, am Ende der letzten Eiszeit, sammelte sich in der Mulde zwischen dem Hang des Tschuggenwaldes im Süden und den glazialen Ablagerungen im Norden das Schmelzwasser. Durch die Sedimentation von feinen mineralischen Partikeln wurde die Mulde mit einer mehrere Meter mächtigen glazialen Tonschicht ausgekleidet und wasserundurchlässig abgedichtet; die Basis dieser Tonschicht wurde mit keiner unserer Bohrungen erreicht. Auf diese Tonschicht folgen karbonatreiche, limnische Sedimente (Seekreide, Kalkgyttja), welche auf bessere Vegetationsbedeckung und damit verbunden weniger Bodenerosion im Einzugsgebiet des Sees hindeuten. Diese Seekreideablagerungen von unterschiedlicher Mächtigkeit enthalten die Laacher See Tephra (LST), eine vulkanische Ascheschicht aus einer der letzten Eruptionen des Laacher Vulkans in der Eifel (BRD). Diese Tephra-schicht stellt einen ausgezeichneten Leithorizont dar. Ihre Ablagerung wurde verschiedentlich auf rund 11 000 B.P. datiert (Wegmüller und Welten 1973, Van den Bogaard und Schminke 1985). Über der Seekreide folgt ein Verlandungssediment mit zunehmendem organischem Gehalt: Meistens folgt auf eine Feindetritusgyttja ein grobdetritusreicher, stark zersetzter Niedermoortorf und später ein Cyperaceen-Moostorf, der mehrfach mit Holz- und Reiserlagen durchsetzt ist. Im obersten Bereich mancher zentraler Profile (AE-3 bis AE-5) findet sich dann ein Übergang zu einem schwach zersetzten *Sphagnum*-Torf.

Durch eine pollenanalytische Datierung der Sedimentübergänge kann der zeitliche Verlauf der Verlandung des Sees zurückverfolgt werden: Sie ging von Ost nach West vor sich, wobei der Übergang von limnischen zu telmatischen/terrestrischen Ablagerungen bei den Profilen AE-6 bis AE-9 ins Präboreal zu liegen kommt. Die Profile AE-5 und AE-4 verlandeten im Verlauf des Boreals und AE-3 bis AE-1 zu Beginn des Atlantikums. Diese sukzessive Verkleinerung der Wasserfläche deutet auf eine natürliche Verlandung hin; abrupte Wasserspiegeländerungen im frühen Holozän, wie sie oft aufgrund von sedimentologischen Befunden in Seen des Mittellandes postuliert werden, konnten hier nicht nachgewiesen werden.

4.1.3 Stratigraphie der pollenanalytisch untersuchten Profile

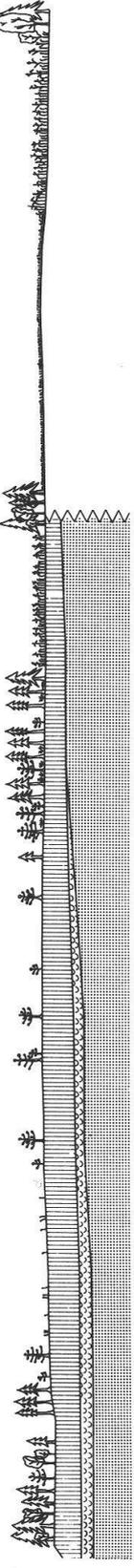
Profil AE-1

649	–668	cm	Kalkgyttja
668	–700,5	cm	kalkige Tongyttja
700,5	–702,2	cm	Seekreide/Kalkgyttja
702,2	–702,4	cm	LST
702,4	–706	cm	Seekreide/Kalkgyttja
706	–707	cm	Feindetritusgyttja
707	–727	cm	Seekreide/Kalkgyttja
727	–729,5	cm	kalkige Tongyttja
729,5	–741	cm	Seekreide/Kalkgyttja
741	–747,5	cm	tonige Kalkgyttja
747,5	–751	cm	Tongyttja
751	–	cm	Ton

Abb. 5. Längstranspekt 1:1 und 1:10 durch das Aegelseemoor von SW (A) nach NE (B). Stratigraphie: 1 Cyperaceen-Moos-Torf; 2 Seekreide/Kalkgyttja; 3 Laacher See Tephra; 4 Glazialton.

A

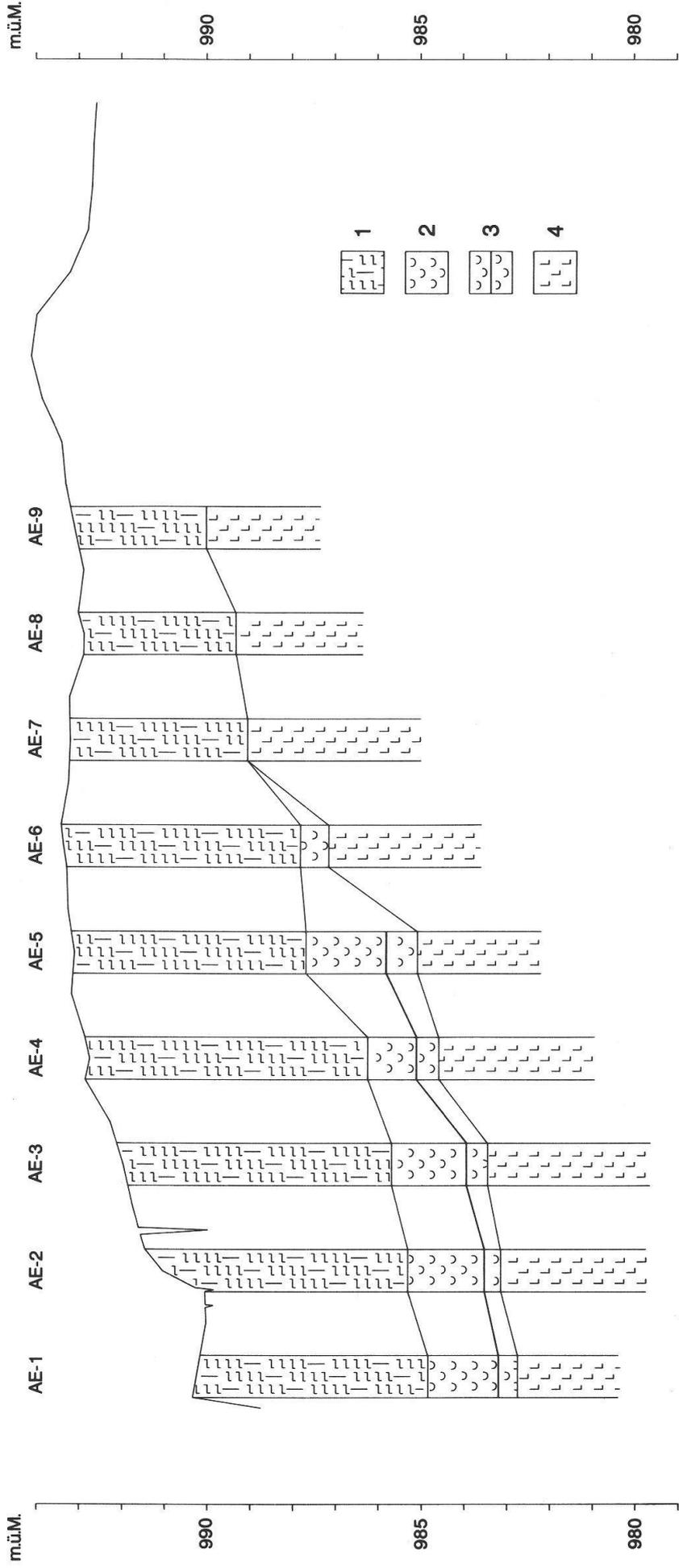
m.ü.M.
990
980



B

m.ü.M.
990
980

m.ü.M.



Profil AE-3

0	–390	cm	Moostorf mit Cyperaceae und <i>Sphagnum</i>
390	–445	cm	Cyperaceae-Moostorf mit viel Holz
445	–575	cm	Cyperaceae-Moostorf mit <i>Phragmites</i>
575	–591	cm	Cyperaceae-Moostorf mit Holz
591	–629	cm	Cyperaceae-Moostorf
629	–650	cm	Grobdetritusgyttja gemischt mit Cyperaceae-Torf
650	–659	cm	Feindetritusgyttja
659	–725	cm	kalkige Feindetritusgyttja
725	–763	cm	Kalkgyttja
763	–785	cm	kalkige Tongyttja
785	–801,3	cm	Seekreide/Kalkgyttja
801,3	–801,5	cm	LST
801,5	–807	cm	Seekreide/Kalkgyttja
807	–808	cm	Feindetritusgyttja
808	–833	cm	Seekreide/Kalkgyttja
833	–836,6	cm	kalkige Tongyttja
836,5	–852,5	cm	Kalkgyttja
852,5	–858	cm	Tongyttja
858	–	cm	Ton z. T. sandig

4.1.4 Lokale Pollen Assemblage Zones (PAZ)

In Profil AE-1, welches kontinuierlich zentimeterweise analysiert wurde, sind nur die Sporen sowie die Pollen von Wasserpflanzen aus der Bezugssumme ausgeschlossen worden. Im Hauptdiagramm wurden unter den NBP die Poaceae (enge Schraffur) und die Cyperaceae (weite Schraffur) aufsummiert. In Profil AE-3 hingegen wurden zusätzlich die Cyperaceae sowie *Filipendula* aus der Bezugssumme ausgeschlossen. Im Hauptdiagramm sind nur die Poaceae unter den NBP aufsummiert.

Die Zonation mittels numerischen Methoden (Birks und Gordon 1985) ergab für die Pollendiagramme vom Aegelsee 12 lokale PAZ, die sich zumeist noch in Unterzonen aufgliedern. Die Zonen wurden nach der dominanten Baumpollenart benannt und von unten nach oben durchnummeriert. Die Abkürzung A steht für die untersuchte Lokalität Aegelsee. Die spätglazialen und frühholozänen PAZ beider Profile lassen sich ohne weiteres korrelieren.

A-1 *Juniperus*-Poaceae-Zone

AE-1: bis 746,5 cm

Juniperus ansteigend, Poaceae, Cyperaceae, *Artemisia*

Obere Grenze: *Juniperus* > 50%

Alter: > 12 700 B. P.

A-2 *Juniperus*-Poaceae-*Hippophaë*-Zone

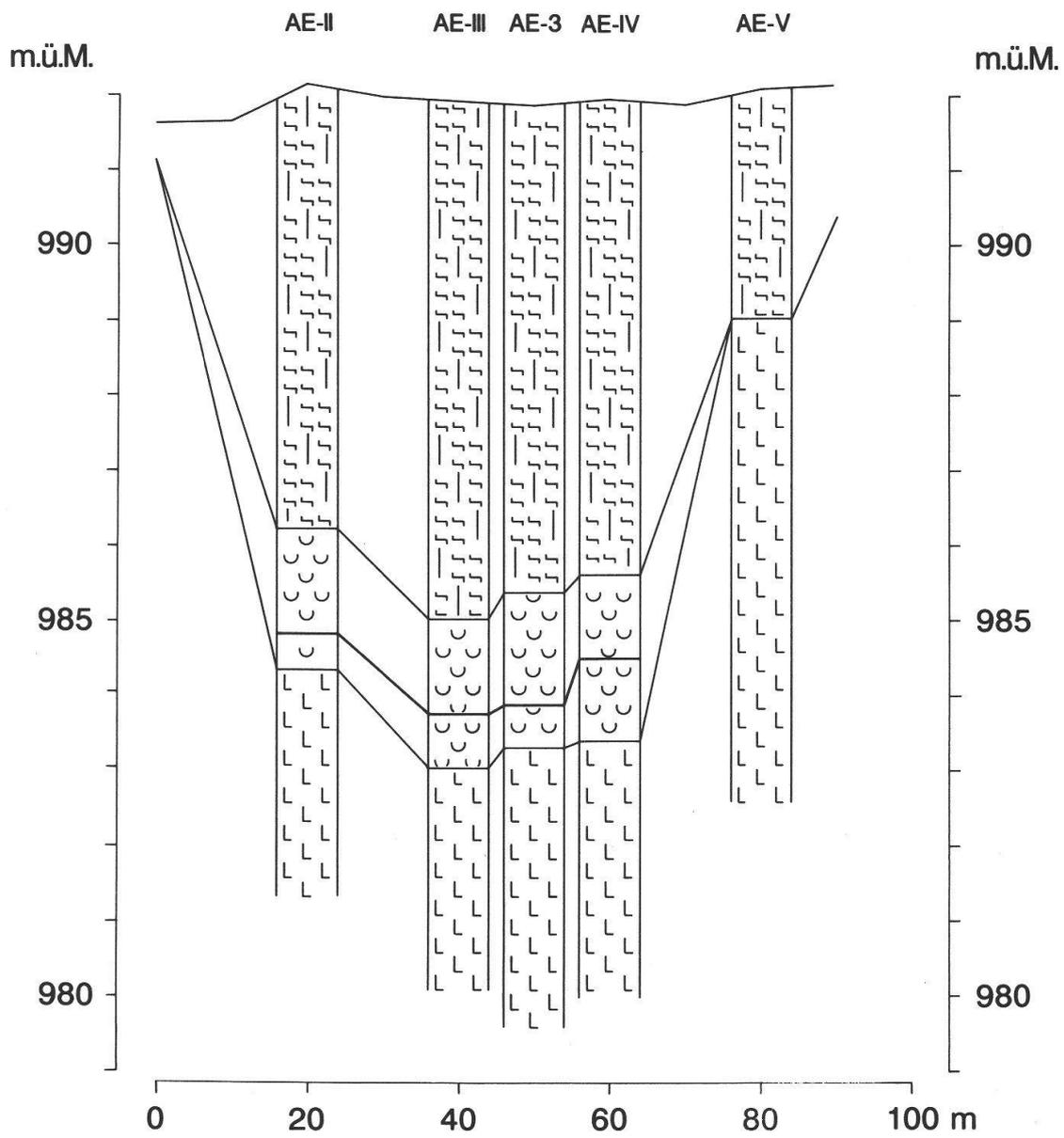
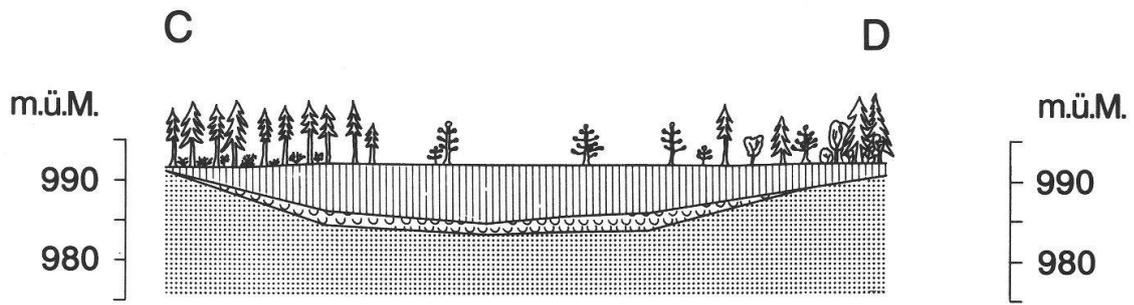
AE-1: 746,5–739,5 cm; AE-3: bis 851,75 cm

Erster *Betula* Gipfel (zw. 10–15%), *Juniperus* Maximum (70–75%), *Hippophaë* Gipfel (5–7%)

Obere Grenze: *Juniperus* < 50%, *Betula* > 20%

Alter: 12 700–12 500 B.P.

Abb. 6. Quertransekt 1:1 und 1:10 durch das Aegelseemoor von NW (C) nach SE (D). Stratigraphie: 1 Cyperaceen-Moos-Torf; 2 Seekreide/Kalkgyttja; 3 Laacher See Tephra; 4 Glazialton.



A-3 *Betula-Juniperus-Zone*A-3a *Salix-Subzone*

AE-1: 739,5–730,5 cm; AE-3: 851,75–835,75 cm

Betula Maximum (55–60%), *Juniperus* fällt (40–50%), langgezogener *Salix* Gipfel (4–5%), gleichzeitige Zunahme von *Artemisia* (4–7%) und *Thalictrum* (bis 2%). *Hippophaë* <1–2%Obere Grenze: Anstieg der NBP (v.a. *Poaceae*), Abfall von *Betula*

Alter: 12 500–12 200 B.P.

A-3b *NBP-Pinus-Subzone*

AE-1: 730,5–726,5 cm; AE-3: 835,75–826,25 cm

langsamer Anstieg von *Pinus*, Gipfel der NBP (40–45%) mit *Poaceae* (18–25%), *Artemisia* (7–9%). *Salix* <2%Obere Grenze: *Pinus* Anstieg >25%

Alter: 12 200–12 000 B.P.

A-4 *Pinus Zone*A-4a *Betula-Juniperus-Subzone*

AE-1: 726,5–719,5 cm; AE-3: 826,25–821,25 cm

Betula fällt auf 15%, *Pinus* steigt stark an, *Juniperus* fällt weiter abObere Grenze: Ende *Betula* Abfall bei 15%, *Pinus* >60%

Alter: 12 000–11 800 B.P.

A-4b *Betula-Subzone*

AE-1: 719,5–702,5 cm; AE-3: 821,25–798,75 cm

Pinus dominiert (um 70%), *Betula* zwischen 10–15%, *Juniperus* zwischen 2–3%Obere Grenze: *Betula* <15%, *Juniperus* >2%

Alter: 11 800–11 000 B.P.

A-4c *Juniperus-Betula-Subzone*

AE-1: 702,5–699,5 cm; AE-3: 798,75–793,75 cm

Betula fällt endgültig ab, *Pinus* Gipfel (um 80%)Obere Grenze: *Artemisia* >3%, *Pinus* <75%

Alter: 11 000–10 800 B.P.

A-5 *Pinus-NBP-Juniperus-Zone*A-5a *Poaceae-Artemisia-Subzone*

AE-1: 699,5–683,5 cm; AE-3: 793,75–778,75 cm

Anstieg von *Juniperus* und NBP (v.a. *Poaceae* und *Artemisia* >5%). Erste *Quercus* Körner. Antagonismus zwischen *Pinus* und *Artemisia*: zwei *Pinus*-Depressionen und ein *Pinus* GipfelObere Grenze: *Pinus* Anstieg, *Rumex* Rückgang <0,5%

Alter: 10 800–10 400 B.P.

A-5b *Pinus-Subzone*

AE-1: 683,5–668,5 cm; AE-3: 778,75–763,75 cm

Höhere *Pinus* Werte, niedrigere *Artemisia* Werte als in PAZ A-5aObere Grenze: NBP (*Artemisia*) Rückgang

Alter: 10 400–10 000 (?) B.P.

A-6 *Pinus-Betula-Zone*A-6a *Juniperus-Subzone*

AE-1: 668,5–661,5 cm; AE-3: 763,75–753,75 cm

Betula Gipfel (18%), *Pinus* Depression und Wiederanstieg, empirische *Corylus*-KurveObere Grenze: *Betula* >20%, *Pinus* <70%

Alter: 10 000 (?)–9900 B.P.

- A-6b *Corylus*-Subzone
 AE-1: 661,5–654,5 cm; AE-3: 753,75–741,25 cm
Betula Anstieg, Gipfel (30–35%) und Abfall, *Pinus* Abfall und Wiederanstieg.
 Empirische Kurven von *Ulmus* und *Quercus*. Letzter *Pinus* Gipfel (70–75%)
 Obere Grenze: *Ulmus* >3%, *Corylus* >4%
 Alter: 9900–9750 B.P.
- A-7 *Pinus-Corylus*-Zone
- A-7a *Ulmus*-Subzone
 AE-1: 654,5–650,5 cm; AE-3: 741,25–732,5 cm
Pinus und *Betula* Rückgang, Anstieg von EMW und *Corylus*
 Obere Grenze: *Pinus* <55%, *Corylus* >15%
 Alter: 9750–9600 B.P.
- A-7b EMW-Subzone
 AE-1: 650,5–(649 cm); AE-3: 732,5–705 cm
 Abfall von *Pinus*, Anstieg von *Corylus* und EMW (v.a. *Ulmus*), erste *Fraxinus*
 Körner
 Obere Grenze: *Quercus* Anstieg (abs. Grenze), *Pinus* <25%
 Alter: 9600–9300 B.P.
- A-8 *Corylus*-EMW-Zone
- A-8a *Pinus*-Subzone
 AE-3: 705–665 cm
Quercus >10–12%, weiterer *Corylus* und EMW Anstieg
 Obere Grenze: *Pinus* <15%
 Alter: 9300–8800 B.P.
- A-8b *Ulmus-Quercus*-Subzone
 AE-3: 665–635 cm
Corylus Gipfel
 Obere Grenze: Anstieg von *Alnus* und *Fraxinus*, *Corylus* Abfall
 Alter: 8800–8400 B.P.
- A-9 EMW-Zone
- A-9a *Corylus-Alnus*-Subzone
 AE-3: 635–585 cm
 Anstieg Poaceae, erste *Abies*-Pollen
 Obere Grenze: *Tilia* >10% (EMW Anstieg)
 Alter: 8400–7700 B.P.
- A-9b *Corylus-Alnus-Pinus*-Subzone
 AE-3: 585–535 cm
Abies >1%, *Tilia* Gipfel (20%), dann *Ulmus* Gipfel (22%), viel Poaceae, *Pinus*
 Zunahme auf 15%
 Obere Grenze: *Fraxinus* >5%
 Alter: 7700–7000 B.P.
- A-9c *Alnus-Corylus-Abies*-Subzone
 AE-3: 535–495 cm
 Beginn *Abies* Anstieg, *Alnus* Gipfel (30%), *Fraxinus* Gipfel (12%).
 Erste *Picea*-Pollen
 Obere Grenze: *Abies* Anstieg >25%, Abfall von *Quercus* und *Alnus*
 Alter: 7000–6500 B.P.
- A-9d *Abies-Corylus-Alnus*-Subzone
 AE-3: 495–475 cm
Abies Steilanstieg, EMW um 30%. Erste *Fagus*-Pollen
 Obere Grenze: erster EMW Abfall (*Ulmus*, *Tilia*)
 Alter: 6500–6300 B.P.

A-10 *Abies*-ZoneA-10a EMW-*Alnus*-Subzone

AE-3: 475–445 cm

weiterer *Abies* Anstieg, *Picea*-Kurve geschlossenObere Grenze: zweiter EMW Abfall (*Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus*)

Alter: 6300–6000 B.P.

A-10b *Alnus*-EMW-Subzone

AE-3: 445–365 cm

Fagus-Kurve geschlossen, >1%

Obere Grenze: NBP Anstieg (Poaceae, Apiaceae, Caryophyllaceae)

Alter: 6000–5500 B.P.

A-10c *Alnus*-NBP-Subzone

AE-3: 365–315 cm

erste Cerealia, langsamer *Picea* AnstiegObere Grenze: *Picea* >10%, NBP Abfall

Alter: 5500–5000 B.P.

A-11 *Abies-Picea*-ZoneA-11a *Alnus-Fagus*-Subzone

AE-3: 315–175 cm

Picea Maximum (bis 30%), langsamer Abfall der NBP (Poaceae), langsamer Anstieg von *Fagus* bis 10%. *Tilia* <1%, Cerealia-Kurve geschlossenObere Grenze: Abfall von *Picea* nach Maximum

Alter: 5000–3300 B.P.

A-11b *Alnus-Fagus*-NBP-Subzone

AE-3: 175–125 cm

Fagus Rückgang gleichzeitig mit *Quercus* Gipfel (5%). *Ulmus* <1%, *Alnus* Anstieg (15%). Langsamer *Abies* Abfall. Cerealia, *Rumex* und *Plantago lanceolata* >1%, Zunahme NBP (Poaceae) >20%Obere Grenze: *Fagus* >10%, *Picea* >25%, NBP Abfall

Alter: 3000–3000 B.P.

A-11c *Alnus-Fagus-Fraxinus*-Subzone

AE-3: 125–85 cm

Fraxinus Gipfel (3%), *Fagus* <10–15%, *Abies* Anstieg von 15 auf 30%Obere Grenze: *Fagus* >15%

Alter: 3300–2100 B.P.

A-12 *Abies-Picea-Fagus*-ZoneA-12a *Alnus-Quercus*-Subzone

AE-3: 85–10 cm

Fagus Gipfel und Maximum (20%), *Picea* Gipfel (25–30%), Ericaceae AnstiegObere Grenze: NBP und *Pinus* Anstieg, *Abies* Abfall

Alter: 2100–200 B.P.

A-12b *Pinus*-Subzone

AE-3: 10–0 cm

Starke Zunahme von *Pinus* und NBP

Alter: 200 B.P.–heute (= –30 B.P.)

4.1.5 Chronologie und Chronostratigraphie

Tabelle 1 gibt Aufschluß über die ¹⁴C-Datierungen, welche uns vom Aegelsee zur Verfügung stehen.

Tab. 1. ^{14}C -Datierungen am Aegelsee

Profil	Lab. Nr.	Material	Tiefe cm	Alter ^{14}C Jahre B.P.
AE-3	B-5181	Torf	110–120	2940 \pm 90
AE-3	B-5016	Torf	135–145	3070 \pm 40
AE-3	B-5182	Torf	165–175	3240 \pm 70
AE-3	B-5270	Torf	221–229	4130 \pm 80
AE-3	B-5017	Torf	305–315	(5520 \pm 70)
AE-3	B-5018	Torf	355–365	5430 \pm 40
AE-3	B-5271	Torf	441–449	(6290 \pm 70)
AE-3	B-5183	Torf	465–478	6270 \pm 70
AE-3	B-5019	Torf	490–499	6530 \pm 60
AE-3	B-5184	Torf	565–575	7540 \pm 50
W1950	B-50	Torf	144 (\approx 70)	1790 \pm 145
W1950	B-53	Torf	695 (\approx 310)	4920 \pm 155

Die in Tab. 1 und 2 aufgelisteten ^{14}C -Altersbestimmungen wurden, mit Ausnahme der AMS-Datierung (Tab. 2), im Radiokarbonlabor des Physikalischen Instituts der Universität Bern (Prof. H. Oeschger) durchgeführt.

Ein Hartwasserfehler, wie er im Karbonatgebiet bei limnischen Sedimenten (Gyttja) zu erwarten ist (vgl. Lotter 1988, Ammann und Lotter 1989), sollte bei den vorliegenden Daten aufgrund des Probenmaterials keine Rolle spielen. Dennoch ergeben sich zwei Inversionen in der Datierungsreihe. Aufgrund der Alter-Tiefe Beziehung (Abb. 7.) scheinen die Proben B-5017 und B-5271 aus dem Rahmen zu fallen und wurden deshalb für die chronostratigraphische Interpretation der Resultate nicht berücksichtigt.

Mittels Korrelation des vorliegenden Diagramms mit demjenigen von Welten (1952, 1982) konnten die beiden Proben B-50 und B-53 pollenstratigraphisch zugeordnet werden (Tab. 1 und Abb. 9).

Die in Tabelle 1 aufgelisteten Radiokarbondaten bilden die Grundlage für die Alter-Tiefe Beziehung in Profil AE-3 und damit auch für die Einteilung des Diagramms in Chronozonen nach Mangerud et al. (1974). Ferner konnten mit Hilfe dieser Kurve (Abb. 7) die Alter der verschiedenen PAZ abgeschätzt werden. Da wir über keine Daten aus den spätglazialen Ablagerungen des Aegelsees verfügen, wurde auf entsprechende Datierungen der im folgenden Abschnitt aufgeführten Lokalitäten zurückgegriffen.

Anmerkungen zur Chronostratigraphie des Spätglazials:

Tiefe	Alter	Bemerkung
762,5 cm	10 000 B.P.	Ende der Jüngerer Dryas Biozone (III sensu Firbas 1949), korrelierbar mit der <i>Artemisia</i> -Kurve sowie mit dem letzten großen Sprung der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve (Lotter und Eicher, in Vorb.), welcher im Grönlandeis auf 10 720 \pm 150 Kalenderjahre vor heute datiert wurde (Hammer et al. 1986). Dieses Ereignis wird häufig auf 10 000 Radiokarbonjahre B.P. datiert (z. B. Wachsel-dorn, Welten 1982); in diesem Zeitbereich gibt es jedoch Probleme mit der ^{14}C -Datierung (Oeschger et al. 1980, Lotter 1988, Ammann und Lotter 1989, Lotter und Zbinden 1989), so daß dieses Datum kritisch beurteilt werden muß.

- 801 cm 11 000 B.P. LST, vielfach auf 11 000 B.P. datiert (Wegmüller und Welten 1973, van den Bogaard und Schminke 1985, Ammann und Lotter 1989).
- 825 cm 12 000 B.P. Steilanstieg der *Pinus*-Kurve und damit Beginn des Alleröd (II sensu Firbas 1949), auf rund 12 000 B.P. datiert (Wachseldorn, Welten 1982, Lotter 1988, Ammann und Lotter 1989, Lotter und Zbinden 1989).
- 860 cm 12 700 B.P. *Juniperus*-Maximum (Wachseldorn, Welten 1982, Oeschger et al. 1985, Lotter 1988, Ammann und Lotter 1989, Lotter und Zbinden 1989). Auch dieses Datum sollte aufgrund von Schwierigkeiten in der ¹⁴C-Datierung kritisch betrachtet werden (Lotter 1988, Ammann und Lotter 1989, Lotter und Zbinden 1989).

Unter Einbezug dieser Daten wurde der spätglaziale Teil der Diagramme den entsprechenden Chronozonen zugeordnet (Abb. 8 und 9).

4.1.6 Grundzüge der vegetationsgeschichtlichen Entwicklung

Die spätglaziale und frühholozäne vegetationsgeschichtliche Abfolge am Aegelsee ist sehr gut mit jener des Schweizer Mittellandes vergleichbar (vgl. Welten 1982, Ammann und Tobolski 1983, Gaillard 1984, Lotter 1985, 1988, Zoller 1987): So fallen die untersten, pollenanalytisch datierbaren Proben (PAZ A-1) in den Beginn der Bölling Biozone (Ib sensu Firbas 1949, 1954). Trotz Probenmengen von 5–6 cm³ und der Anwendung von Anreicherungsverfahren konnten in den basalen Glazialtonen keine ausreichenden Pollensummen ausgezählt werden. Ein während der Erweiterung und Ausbaggerung des Aegelsees an einer Stichwand entnommenes und von Welten bearbeitetes, jedoch leider unpubliziertes Pollenprofil beginnt ebenfalls erst zu Beginn des Bölling (Ib) und zeigt eine vergleichbare Abfolge der Pollenspektren wie jene der von uns neu erarbeiteten Profile. Aufgrund von anderen Untersuchungen im Simmental (Chutti, Saanenmöser, Welten 1952, 1982) wissen wir jedoch, daß das Untersuchungsgebiet bereits vor 12 700 B.P. eisfrei war. Die Bölling-Biozone (Ib) umfaßt am Aegelsee die lokalen PAZ A-1, A-2 und A-3a. Die Vegetationsentwicklung ist gekennzeichnet durch eine Abfolge von lockeren Wacholder-Beständen mit Sanddorn, die dann etwa ab 12 500 B.P. von der Baumbirke sukzessive verdrängt wird. Ein Vergleich mit den Diagrammen vom Wachseldornmoos (Heeb und Welten 1972, Welten 1982) deutet darauf hin, daß der hohe böllingzeitliche *Juniperus*-Anteil charakteristisch für die montane Höhenstufe ist.

Die lokale PAZ A-3b umfaßt mit der erneuten Zunahme der Kräuter eine regressive Phase der Vegetationsentwicklung, welche wir der Älteren Dryas (Ic sensu Firbas 1949, 1954) zuordnen. Im Schweizer Mittelland ist diese zu Beginn der *Pinus*-Ausbreitung selten ausgeprägt entwickelt (Welten 1982, Rösch 1983, Gaillard 1984, Ammann 1985), hingegen stellt man sie mit zunehmender Meereshöhe fest, so z. B. in den Vogesen (Schloss 1979) oder im Jura (Wegmüller 1966). Da diese Schwankung, deren Ursache als klimatisch betrachtet wird, jedoch älter ist als 12 000 B.P. (vgl. ¹⁴C-Datierungen am Lobsigensee, Ammann und Lotter 1989), scheint eine Parallelisierung mit der Älteren Dryas (DR2 sensu Mangerud et al. 1974, 12 000–11 800 B.P.) im fennoskandischen Raum nicht möglich.

Ab 12 000 B.P. breitet sich *Pinus* am Aegelsee aus, wobei man annehmen kann, daß es sich hauptsächlich um *Pinus silvestris* handelt hat. Die Absolutberechnung zeigt, daß die Birke im Alleröd (II sensu Firbas 1949) bis A-4c nur prozentual zurückgeht und somit im Vegetationsbild neben der Föhre weiterhin eine Rolle gespielt hat.

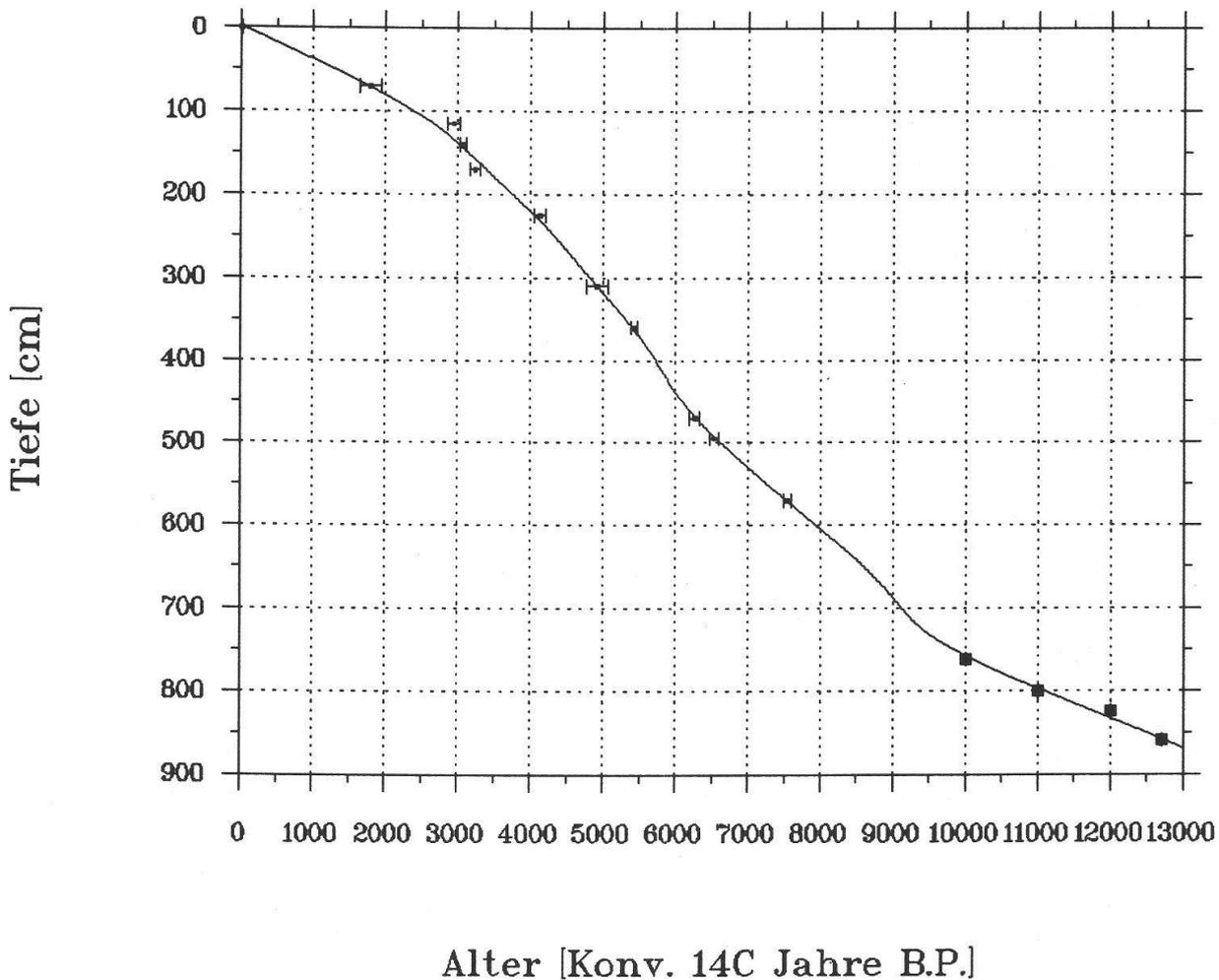


Abb. 7. Alter-Tiefe Beziehung in Profil AE-3.

Die Jüngere Dryas (III sensu Firbas 1949) umfaßt die lokale PAZ A-5 und läßt sich mittels Sauerstoffisotopenanalyse eindeutig nachweisen (Lotter und Eicher in Vorb.). Sie ist gekennzeichnet durch die erneute Zunahme der Kräuter: Der erhöhte Anteil der heliophilen Taxa (*Juniperus*, *Artemisia*) in Verbindung mit dem höheren mineralischen Sedimentanteil deutet auf eine Auflockerung der Bewaldungsdichte und damit verbunden auf eine höhere Bodenerosion. Die abnehmenden Pollenkonzentrationen der BP, bei ungefähr gleichbleibenden NBP-Konzentrationen zeigen, daß sich die Waldgrenze während des klimatischen Rückschlags immer noch über dem Aegelsee befunden hat.

Die Präboreal-Biozone (IV) wird durch die lokale PAZ A-6 gebildet, in der sowohl die relativen, wie auch die absoluten Anteile der Föhre und Birke wieder stark zunehmen. Die Abnahme der Heliophilen deutet auf einen langsam dichter werdenden Vegetations-schluß.

Das Boreal (V) umfaßt die lokalen PAZ A-7 und A-8, während denen die Hasel und die Arten des Eichenmischwaldes einwandern und sich ausbreiten, und der Anteil der

Föhre sukzessive zurückgeht. Im EMW sind vor allem die Ulme und ab A-8 auch die Eiche sowie die Linde und der Ahorn von Bedeutung.

Am Übergang zum Älteren Atlantikum (VI) verlanden weite Teile des ehemaligen Aegelsees (vgl. Abb. 5). In Profil AE-3 macht sich dies vor allem durch eine markante Zunahme der relativen Werte von *Alnus* sowie der Poaceae und Cyperaceae bemerkbar, welche den Vegetationsaspekt im Uferbereich dominierten. Im Verlauf von A-9 breitet sich der EMW weiter aus, wobei jetzt an frischeren Standorten die Esche hinzukommt. Die niedrigen Werte der Weißtanne, welche als Fernflug gedeutet werden, weisen auf deren langsames Einwandern, vermutlich aus den westlichen Alpen, hin (Wegmüller 1977). Um 6600 B.P. wandert dann, mit dem Beginn des Jüngeren Atlantikums (VII, A-10) die Weißtanne ein und breitet sich bis 6300 B.P. im Untersuchungsgebiet in der Folge rasch aus. Das von Welten (1982) an Gyttya erhaltene Datum von 6850 B.P. für die Weißtannenausbreitung scheint uns, vermutlich aufgrund eines Hartwasserfehlers, um rund 500 Jahre zu alt.

Die Arten des EMW waren bezüglich der Lichtkonkurrenz der schattentoleranten Weißtanne unterlegen und ihr Anteil ging folglich langsam zurück. Im Verlauf von A-10c finden sich die ersten Spuren menschlicher Aktivität im Pollendiagramm: Die starke Zunahme der Kräuter, vor allem von Poaceae, Caryophyllaceae und Apiaceae deutet auf eine Auflichtung der Weißtannenwälder im Gebiet des Aegelsees hin. Der Beginn der geschlossenen Cerealia-Kurve mit gleichzeitigem Auftreten von *Rumex*, *Plantago lanceolata* und *Urtica* legt den Schluß nahe, daß es sich bei dieser Zunahme der NBP um das Resultat von Rodungen handeln kann. Falls dies zutrifft, haben wir in dieser Höhenlage auf dem Diemtigbergli eine zwischen 5400 und 5000 B.P. datierte, sehr frühe Kulturphase, die jedoch archäologisch nicht belegt ist.

Um etwa 5000 B.P. erfolgte die Einwanderung von *Picea*, die sich dann im Verlauf des Subboreals (VIII, A-11a) am Aegelsee ausbreitete und zusammen mit der Weißtanne das Waldbild prägte. Die Ausbreitung der Fichte könnte durch die menschliche Aktivität im Untersuchungsgebiet gefördert worden sein, wie dies bereits Markgraf (1970) für verschiedene Schweizer Lokalitäten postuliert hat.

Die Buche, welche fast gleichzeitig ins Untersuchungsgebiet einwanderte, vermochte sich im Simmental auf dieser Höhenlage nicht durchzusetzen und spielte somit im Waldbild eine untergeordnete Rolle, welche sie bis heute beibehielt (vgl. 2.3).

Zu Beginn des Subatlantikums (IX, A-12b) nimmt der Anteil der Kräuter wieder stark zu, währenddessen die Anteile der Weißtanne und der Fichte sowie der Buche gleichzeitig abnehmen. Aufgrund des vermehrten Auftretens von Kulturzeigern (Cerealia, *Plantago lanceolata*, *Rumex*) kann hier mit einer weiteren, größeren Rodungsphase gerechnet werden, welche laut den ¹⁴C-Daten der späten Bronzezeit und der Eisenzeit zuzurechnen wäre. Die Bewaldung scheint aber dann in A-11c wieder dichter geworden zu sein, wobei die Buche nun einen etwas höheren Anteil ausmachte. Erst im Verlauf der historischen Zeit nehmen die Kulturzeiger wieder zu, diesmal jedoch in sehr starkem Ausmaß.

4.2 Schwarzmoos

4.2.1 Vegetationskarte

Das ausgedehnte Flachmoor weist von W nach E eine Länge von 100 m, von N nach S von 90 m auf. Die Vegetationskarte (Abb. 10) gibt Aufschluß über die Verbreitung der einzelnen Pflanzengesellschaften.

Flächenmäßig nimmt das Caricetum davallianae den größten Anteil des Kalk-Flachmoores ein. Die stete Zufuhr mineralreichen Wassers von den angrenzenden Steilhängen führt auf dem sanft geneigten Moor zur großflächigen Entwicklung dieser artenreichen Gesellschaft. Besonders reizvoll ist der Aspekt in der zweiten Julihälfte, wenn der Moorenzian (*Swertia perennis*) blüht und sich ein grauvioletter Schimmer über das Schwarzmoos legt. In der südwestlichen Moorpartie haben sich auf saurer Torfunterlage kleine Flächen des Caricetum fuscae entwickelt.

Das Moor ist von einem Rinnensystem durchzogen, bedingt durch Quellwasserausstritte aus dem östlichen und nördlichen Steilhang. In den Rinnen mit stärkerem Wasserdurchlauf findet sich die Gesellschaft des Caricetum rostrato-vesicariae. Wo die Rinnen sich verbreitern und verästeln und der Lauf des Wassers sich verlangsamt, stellen sich *Triglochin palustris* und *Eleocharis pauciflora* ein, oft leicht durchsetzt mit *Carex limosa*. Braun-Blanquet (1971) ordnet diese Gruppierung als *Eleocharis*-Variante dem Caricetum limosae zu. Struktur und Ökologie dieser Gesellschaft sollten näher untersucht werden. Am Rande tiefer Rinnen mit langsam strömendem Wasser finden sich Schwinggrasen (Caricetum limosae) mit reicher Entfaltung von *Carex limosa* und *Menyanthes trifoliata* aber ohne *Scheuchzeria palustris*. Diese vor allem in den Alpen in Lagen von 1450–2050 m auftretende Pflanzengesellschaft ist nach Zimmerli (1988, 1989) heute stark gefährdet.

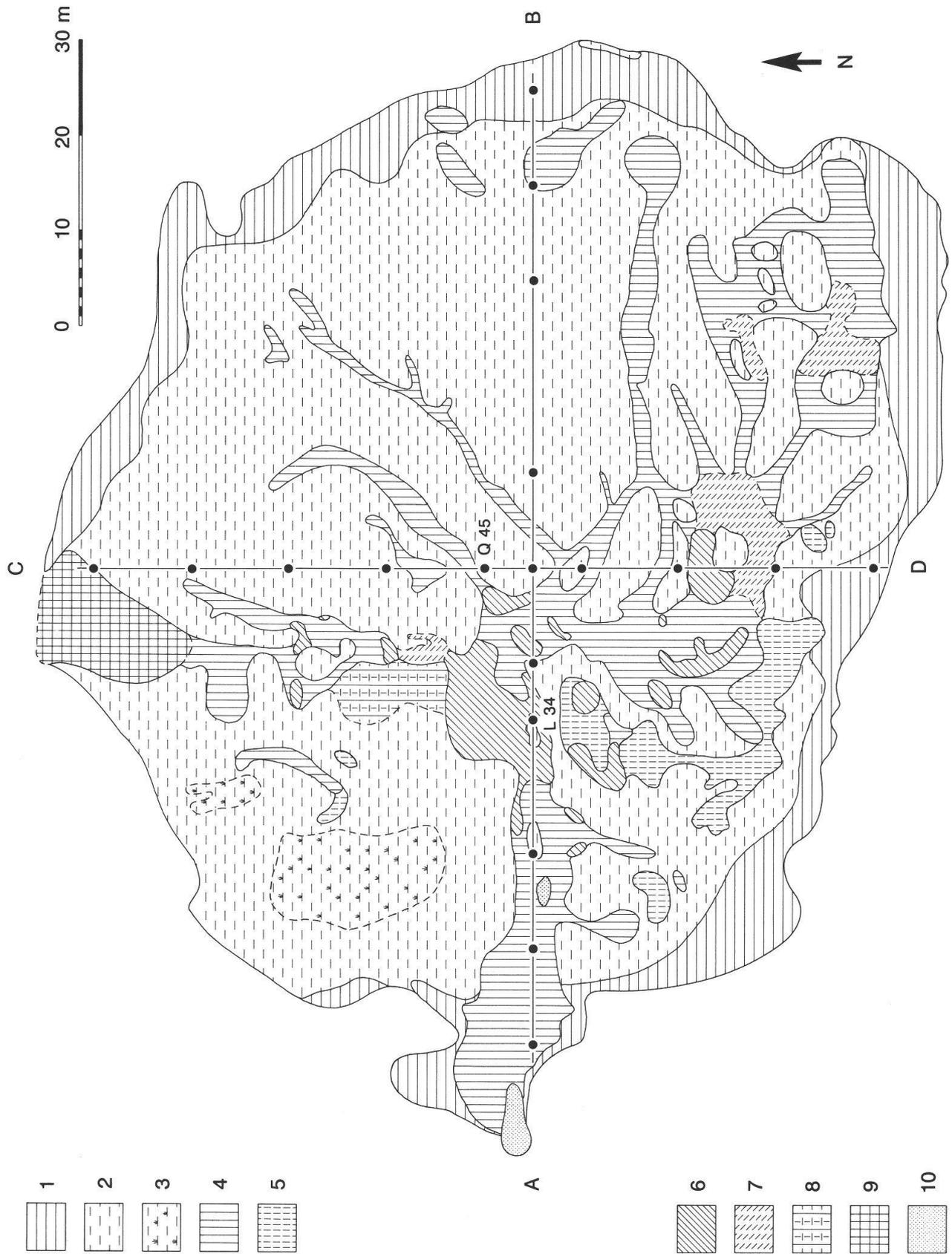
Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß das Schwarzmoos aufgrund der vielfältigen ökologischen Standortbedingungen ein sehr differenziertes Vegetationsmosaik aufweist. Da durch den intensiven Weidegang (Trittbelastung und Viehdung) einzelne Gesellschaften gefährdet sind, sollte das Moor unter Schutz gestellt werden.

4.2.2 Stratigraphie des Schwarzmooses

Die entlang eines Längs- (A–B) und Quertransektes (C–D, vgl. Abb. 10) ausgeführten Sondierungen vermitteln Aufschluß über die Stratigraphie des Schwarzmooses (Abb. 11 und 12). Die größte Tiefe mit 11,0 wurde bei der im westlichen Teil des Moores durchgeführten Bohrung L-34 erreicht. Angesichts der Höhenlage des Moores handelt es sich um ein außergewöhnlich langes Profil. Ablagerungen vom Ende des Pleniglazials wurden nur in dieser und in der benachbarten Bohrung L-20 erfaßt. Der Übergang zum Bölling-Interstadial ist durch einen Sedimentwechsel von kiesigen Sanden zu Tongyttja markiert.

In den Profilen L-34 und L-40 liegt der Übergang Spätglazial/Holozän in 860 cm Tiefe ab Profiloberkante, im Profil L-20 in rund 800 cm Tiefe. Er zeichnet sich im Sediment durch einen Wechsel von Tongyttja zu toniger Kalkgyttja ab. In den Profilen Q-55 und Q-65 wurde der Übergang knapp verfehlt. Demgegenüber liegt er in den Profilen Q-15 und Q-25 der nördlichen Moorpartie in nur rund 362 cm bzw. 500 cm Tiefe.

In den Profilen folgt über der tonigen Kalkgyttjaschicht eine geringmächtige Schicht von Feindetritusgyttja, die zum Torf überleitet. Sie ist ins frühe Subboreal einzustufen und fällt in die Zeit der Fichtenausbreitung oder der daran anschließenden Fichten-Dominanz. Es handelt sich um einen Zeitabschnitt, in welchem sich durch den dichteren Waldschluß auf Hintertärfeten eine wesentliche Stabilisierung eingestellt hat und die Einschwemmungen in die Mulde des Schwarzmooses auf ein Minimum zurückgegangen sind. Die darauf folgende Torfbildung setzt im mittleren Subboreal ein und hält bis ins Jüngere Subatlantikum an.



4.2.3 Stratigraphie der pollenanalytisch untersuchten Profile

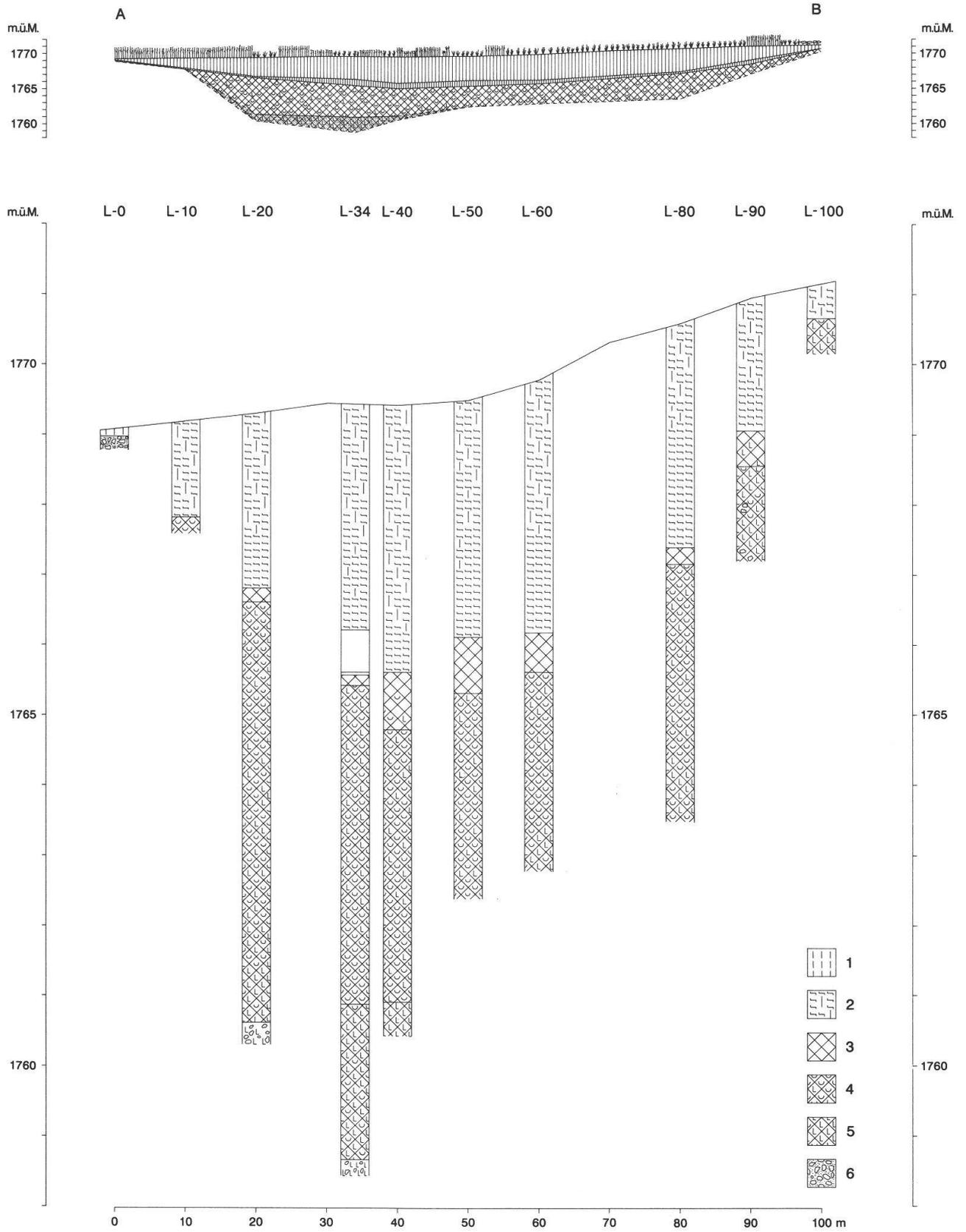
Profil L-34

0– 190 cm	Hypnaceen/Cyperaceen-Torf
190– 320 cm	Hypnaceen-Torf mit wenig Cyperaceen-Resten
320– 380 cm	Sedimentlücke
380– 382 cm	hellgraue Kalkgyttja
382– 398 cm	dunkelbraune Gyttja
398– 420 cm	graue, leicht tonhaltige Kalkgyttja
420– 448 cm	hellgraue, leicht tonhaltige Kalkgyttja
448– 515 cm	dunkelgraue, leicht tonhaltige Kalkgyttja
515– 562 cm	dunkelgraubraune tonhaltige Kalkgyttja
562– 678 cm	graue tonhaltige Kalkgyttja
678– 690 cm	dunkelbraune Kalkgyttja, tonhaltig
690– 777 cm	dunkelgraue, gebänderte Kalkgyttja, tonhaltig
777– 825 cm	braune, stark tonhaltige Kalkgyttja
825– 840 cm	dunkelbraune, tonhaltige Kalkgyttja
840– 855 cm	hellgraue Kalkgyttja, leicht tonhaltig
855– 951 cm	dunkelgraubraune Tongyttja
951– 958 cm	tonhaltiger Feinsand
958– 998 cm	dunkelgraue, gebänderte Tongyttja
998–1000 cm	tonhaltiger Feinsand
1000–1075 cm	dunkelgraue Tongyttja
1075–1100 cm	tonhaltiger Sand mit Steinchen

Profil Q-45

0– 30 cm	Cyperaceen-Torf mit Moosresten
30– 50 cm	Cyperaceen/Hypnaceen-Torf
50– 53 cm	hellgraue, tonhaltige Kalkeinschwemmung
53– 110 cm	Cyperaceen-Torf mit Moosresten
110– 155 cm	Cyperaceen/Hypnaceen-Torf
155– 205 cm	Hypnaceen-Torf mit Cyperaceen-Resten
205– 225 cm	Cyperaceen/Hypnaceen-Torf
225– 270 cm	Hypnaceen-Torf, mit einzelnen Cyperaceen-Resten
270– 280 cm	Hypnaceen-Torf
280– 310 cm	Hypnaceen-Torf mit Cyperaceen-Resten
310– 350 cm	Hypnaceen-Torf
350– 410 cm	dunkelbraune Gyttja, nach unten zunehmend kalkhaltig
410– 413 cm	gelblichbraune Kalkgyttja
413– 507 cm	hellgraue, tonhaltige Kalkgyttja
507– 516 cm	braungraue tonhaltige Kalkgyttja
516– 558 cm	braungraue, gebänderte Kalkgyttja, tonhaltig
558– 590 cm	graue, tonhaltige Kalkgyttja
590– 640 cm	graue, sandige Tone

←
Abb. 10. Vegetationskarte des Schwarzmooses. Legende: 1 Calthion; 2 Caricetum davallianae; 3 Caricetum davallianae trichophoretosum; 4 Caricetum rostrato-vesicariae; 5 Caricetum fuscae; 6 Caricetum limosae; 7 Eleocharis-Variante des Caricetum limosae; 8 Übergangsgesellschaft Magnocaricion/Caricetum davallianae; 9 anthropogen beeinflusstes Magnocaricion; 10 offene Wasserstellen.



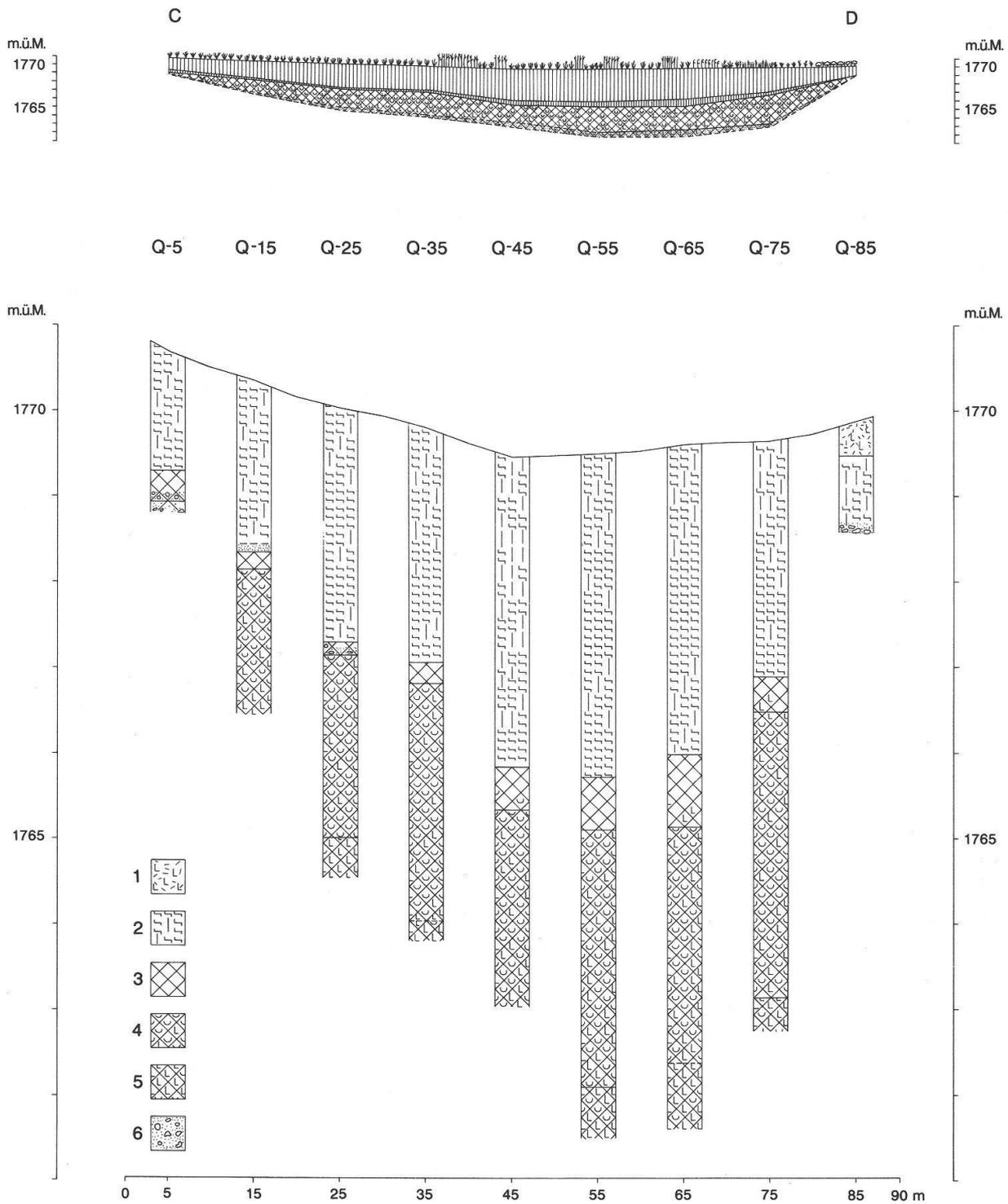


Abb. 12. Quertransekt C–D durch das Schwarzmooos (Abb. 10). Q-45: pollenanalytisch untersuchtes Profil (Abb. 14). 1 tonig-humoser Boden; 2 Cyperaceen/Hypnaceen-Torf; 3 Gyttja; 4 Kalkgyttja; 5 Tongyttja; 6 Sand und Kies.

←
Abb. 11. Längstransekt A–B durch das Schwarzmooos (Abb. 10). L-34: pollenanalytisch untersuchtes Profil (Abb. 13). 1 Cyperaceen-Torf; 2 Hypnaceen/Cyperaceen-Torf; 3 Feindetritusgyttja; 4 Kalkgyttja; 5 Tongyttja; 6 Sand und Kies.

4.2.4 Berechnung der Grundsumme bei Profilen im subalpin/alpinen Grenzbereich

Bevor auf die Unterteilung der Pollendiagramme in PAZ und deren Auswertung eingegangen werden kann, ist es angezeigt, kurz auf prinzipielle Aspekte der Berechnung und Darstellung hinzuweisen. Die Interpretation von Pollenprofilen aus dem Bereich der Waldgrenze bietet erhebliche Schwierigkeiten, stößt man doch hier vielfach an die Grenzen der Methode. Einer der Gründe liegt darin, daß in den Spektren Pollen von wärmeliebenden Gehölzen auftreten, die auf der betreffenden Höhenstufe selbst zur Zeit des postglazialen klimatischen Optimums nie vorgekommen sind. Der Pollen muß somit aus dem Fernflug von Beständen tieferer Lagen stammen. Eine weitere Erfahrung zeigt, daß der ferntransportierte Pollen in Pollenspektren von Profilen der alpinen Stufe anteilmäßig umso stärker in Erscheinung tritt, je geringer die Pollenproduktion aus der Umgebung des untersuchten Objekts ausfällt; das heißt, daß derartige Pollenspektren ein Vegetationsbild vermitteln, das der Realität bei weitem nicht entspricht (Markgraf 1980).

Mit diesem Problem haben sich bei Untersuchungen von Profilen aus dem Gebiet der Schweizer Alpen Welten (1950, 1952, 1982), Markgraf (1969), Kleiber (1974), Küttel (1974, 1979), Heitz (1975), Burga (1980, 1987) und Zoller (1987) eingehend auseinandergesetzt. Markgraf (1969) und Welten (1982, Profil Wallbach I) unternahmen dabei den interessanten Versuch, durch Ausschluß des Fernflugpollens aus der Grundsumme ein realistischeres Bild der Vegetationsentwicklung auf den betreffenden Höhenstufen zu erhalten und damit das Problem einer Lösung näher zu bringen. Lang und Tobolski (1985) zeigten außerdem am Beispiel des Hobschensees (Simplonpass, 2017 m), welcher hoher Aussagewert den pflanzlichen Makroresten bei der Interpretation von Diagrammen aus der alpinen Stufe zukommt. Im Falle der vorliegenden Profile aus dem Schwarzmoos entschloß sich der Bearbeiter ebenfalls zu einem modifizierten Vorgehen. Bei der Berechnung wurden, in Abweichung zu jener der Profile vom Aegelsee, die Anteile der wärmeliebenden Gehölze des EMW, von *Corylus*, *Fagus*, *Alnus non viridis* sowie von *Carpinus* und *Juglans* aus der Grundsumme ausgeschlossen. Sie umfaßt somit nur die Anteile von *Pinus silvestris/mugo*, *P. cembra*, *Larix*, *Betula*, *Abies*, *Juniperus*, *Salix* und *Alnus viridis* sowie die NBP ohne die Anteile der Cyperaceen und Hydrophyten. Die Anteile der ausgeschlossenen Taxa wurden ebenfalls in Prozenten der Grundsumme berechnet. Wir sind uns dabei bewußt, daß auch dieses Vorgehen Mängel aufweist und nur zu einer ersten Annäherung führen kann. So war es bei *Pinus* nicht möglich, den *Pinus silvestris*-Pollen vom *Pinus mugo*-Pollen zu trennen. Daher konnte der Pollen der Wald-Föhre, die in dieser Höhenlage kaum je vorgekommen ist, nicht ausgeschlossen werden. Die *Abies*-Anteile beließen wir in der Grundsumme. Zwar trat die Weißtanne nach den vorliegenden Ergebnissen in dieser Höhenlage kaum bestandbildend auf, doch dürfte sie im Verlaufe des Postglazials über die heutige obere Verbreitungsgrenze hinaus angestiegen sein.

4.2.5 Pollen Assemblage Zones (PAZ)

Insgesamt wurden in den beiden Profilen aus dem Schwarzmoos 11 lokale PAZ unterschieden (Abb. 13 und 14). Bei der Bezeichnung der einzelnen Zonen räumten wir den Pollenanflug aus dem Nahbereich des Moores Priorität ein. Die beiden sich überlappenden Profile L-34 und Q-45 ließen sich aufgrund der PAZ palynostratigraphisch ohne weiteres korrelieren.

- S-1 *Poaceae-Artemisia-Zone*
 L-34: 1095–1075 cm
 Hohe *Poaceae*- und erhebliche *Artemisia*-Werte, reiches NBP-Spektrum, Spuren von *Ephedra*, *Salix* und *Juniperus*
 Obere Grenze: *Juniperus*- und *Betula*-Anstieg
 Alter: älter als 12 700 B.P.
- S-2 *Juniperus-Betula-Artemisia-Zone*
 L-34: 1075–1055 cm
 Begrenzter *Juniperus*- und *Betula*-Anstieg, starke Zunahme von *Artemisia*
 Obere Grenze: *Pinus*-Anstieg, einsetzender NBP-Rückgang
 Alter: ca. 12 700–12 000 B.P.
- S-3 *Pinus-Zone*
 S-3a L-34: 1055–1045 cm
 Anstieg der *Pinus*-Werte, Rückgang der NBP
 S-3b L-34: 1045–985 cm
 Absolute Dominanz von *Pinus*, niedrige NBP-Werte. Das NBP-Spektrum bleibt typenreich. Anstieg der Pollenkonzentration
 Obere Grenze: Anstieg der NBP-Werte
 Alter: 12 000–10 800 B.P.
- S-4 *Pinus-Poaceae-Artemisia-Zone*
 L-34: 985–865 cm
 Rückgang der *Pinus*-Werte, Anstieg der *Poaceae*, erneutes Auftreten von *Juniperus*, *Salix* und *Ephedra*. Abnahme der Pollenkonzentration. Subzonen S-4a und S-4c reicher an *Artemisia* und *Juniperus* als Subzonen S-4b und S-4d
 Obere Grenze: *Betula* Anstieg
 Alter: 10 800–10 000 ? B.P.
- S-5 *Pinus-Betula-Zone*
 S-5a L-34: 865–845 cm
 Anstieg der *Betula*-Kurve, Rückgang der NBP
 S-5b L-34 845–835 cm
 NBP-Anstieg, *Pinus*-Rückgang, *Betula*-Anstieg. Beginnender Anstieg der Kurven wärmeliebender Gehölze
 Obere Grenze: Anstieg der EMW- und *Corylus*-Werte
 Alter: 10 000?–9 000 B.P.
- S-6 *NBP-Pinus-Betula-Zone*
 S-6a L-34: 835–810 cm
 NBP-Werte (*Poaceae*, *Apiaceae*, *Cichoriaceae*) sehr hoch, *Betula*- und *Pinus*-Werte konstant. *Corylus* erreicht Maximum, EMW stark ansteigend
 S-6b L-34: 810–770 cm
 NBP-Werte weiter ansteigend. Einsetzen der geschlossenen Kurven von *Pinus cembra*, *Abies* und *Alnus viridis*
 Obere Grenze: *Abies*-Anstieg, *Corylus*-Rückgang
 Alter: 9 000–7 500 B.P.

- S-7 NBP-*Pinus-Betula-Abies*-Zone
Hohe NBP-Anteile, Anstieg von *Pinus cembra* und *Abies*, leichter Rückgang von *Betula*
- S-7a L-34: 770–740 cm
Leichter *Fraxinus*-Anstieg, Rückgang von *Corylus*
- S-7b L-34: 740–700 cm
Einsetzen der geschlossenen *Fagus*-Kurve
Obere Grenze: NBP-Rückgang und Anstieg zur *Abies*-Dominanz
Alter: 7500–6500 B.P.
- S-8 NBP-*Abies-Pinus-Picea*-Zone
Abies dominant, *Pinus* subdominant, hohe NBP-Werte, gegen das Zonenende *Picea*-Anstieg und NBP-Abnahme
- S-8a L-34: 700–630 cm
Rückgang der NBP, Anstieg von *Abies* und *Pinus*. Einsetzen der geschlossenen *Picea*-Kurve. Anstieg von *Fagus* und *Acer*
- S-8b L-34: 630–560 cm; Q-45: 640–585 cm
Anstieg der NBP, artenreiches Spektrum. Rückgang von *Abies* und *Pinus non cembra*. Leichter Anstieg von *Ulmus*, *Corylus* und *Fagus*
- S-8c L-34: 560–485 cm; Q-45: 585–515 cm
Rückgang der NBP, erneute Zunahme von *Abies*. *Pinus cembra* erreicht das Maximum. Fortgesetzter Anstieg der *Picea*-Kurve
- S-8d L-34: 485–455 cm; Q-45: 515–490 cm
Rückgang und Zunahme der NBP, *Abies*-Dominanz, *Picea* subdominant
Rückgang von *Pinus cembra*
- S-8e L-34: 455–417 cm; Q-45: 490–455 cm
Kodominanz von *Abies* und *Picea* bei schwankenden NBP-Werten
Rückgang des EMW
Obere Grenze: Anstieg von *Picea* zur Dominanz, Ulmen-Abfall
Alter: 6500–5000 B.P.
- S-9 *Picea-Pinus-Abies*-Zone
- S-9a L-34: 417–380 cm; Q-45: 455–410 cm
Picea-Anstieg zur Dominanz, starker Rückgang der NBP-Werte, minimale *Pinus cembra*-Anteile
- S-9b Q-45: 410–325 cm
Absolute *Picea*-Dominanz, NBP-Werte minimal
- S-9c Q-45: 325–220 cm
Erhöhte NBP-Anteile (Poaceae, Apiaceae), *Picea* dominant, *Abies* und *Pinus*-Werte ziemlich konstant, leichtes Hervortreten von *Fagus*
- S-9d Q-45: 220–110 cm
Picea-Dominanz, NBP-Werte niedrig, stärkere Zunahme von *Alnus viridis*. Am Zonenende deutliche *Quercus*-Zunahme und erste *Carpinus*-Spur
Obere Grenze: Einsetzen der geschlossenen *Carpinus*-Kurve
Alter: 5000–ca. 2000 B.P.
- S-10 *Picea-Pinus-Abies-Carpinus*-Zone
Q-45: 110–35 cm
Picea-Dominanz, NBP-Werte leicht schwankend. *Alnus viridis* ziemlich konstant, *Pinus* gegen den Schluß der Zone ansteigend. Spuren von *Juglans* und von Getreide
Obere Grenze: NBP-Anstieg
Alter: ca. 2000–ca. 1000 B.P.

S-11 NBP-*Picea-Pinus*-Zone

Q-45: 35–0 cm

Starke Zunahme der NBP-Werte, markanter *Picea*-Rückgang und *Pinus*-Vorstoß, Auftreten von Kulturzeigern

Alter: ca. 1000 B.P.–Gegenwart.

4.2.6 Datierungen

Zur zeitlichen Einstufung der lokalen PAZ standen uns folgende radiometrische Daten zur Verfügung:

Tab. 2. ^{14}C -Datierungen an den Schwarzmoos-Profilen

Profil	Lab. Nr.	Material	Tiefe cm	Alter ^{14}C Jahre B.P.
Q-45	B-5198	Torf	92– 100	1620 \pm 40
Q-45	B-5199	Torf	192– 200	3080 \pm 40
Q-45	B-5200	Torf	330– 338	3650 \pm 40
L-34	B-5201	Kalkgyttja	825– 840	9660 \pm 60
L-34	UZ-2517/ETH-5714	Tongyttja	1069,5–1070,5	15165 \pm 120 AMS *

* Die für die Altersbestimmung erforderliche Präparierung und Aufbereitung der Probe UZ-2517/ETH-5714 erfolgte im Radiokarbonlabor des Geographischen Institutes der Universität Zürich (GIUZ). Die anschließende Datierung wurde mittels der AMS-Technik (accelerator mass spectrometry) auf dem Tandem-Beschleuniger des IMP (Institut für Mittelenergiephysik) der ETH-Hönggerberg durchgeführt.

Die AMS-Datierung für den Bölling-Beginn des Profils L-34 fiel mit 15 165 \pm 120 B.P. wesentlich zu alt aus. Die datierte Tongyttja dürfte zum Teil umgelagertes Material enthalten haben. Ferner ist ein Hartwasserfehler nicht auszuschließen. Wahrscheinlich fiel im gleichen Profil die Datierung des Boreal-Beginns (B-5201) mit 9660 \pm 60 B.P. ebenfalls etwas zu alt aus (Kalkgyttja!).

Datierte palynostratigraphische Bezugspunkte der Aegelsee-Profile, die sich in unseren Pollensequenzen im Pollenfernflug klar abzeichnen, wurden ebenfalls zur chronostratigraphischen Einstufung herangezogen (Daten in Klammern). Vergleiche ermöglichten auch die beiden ebenfalls aus dem Simmental stammenden Profile Untere Bunschleralp SE Boltigen (1680 m) und Wallbach bei Lenk (1885 m) von Welten (1982) sowie die von Küttel (1974, 1979) bearbeiteten Profile Obergurbs (1910 m) aus dem Diemtigtal und Kühdungel (1800 m) aus dem Lauenental.

4.2.7 Grundzüge der vegetationsgeschichtlichen Entwicklung

Der Nachweis des pleniglazialen Endabschnittes (S-1) im Profil L-34 belegt, daß die Mulde des Schwarzmooses bereits vor dem Beginn des Bölling-Interstadials, d.h. vor 12 700 B.P., eisfrei geworden ist. Die von Genge (1955) beschriebene Serie von Moränenständen in der Gegend des Zigerstaldens muß demzufolge älter sein. Der Nachweis von vorböllingzeitlichen Sedimenten gelang ebenfalls Welten (1982) im Profil von der Unteren Bunschleralp (1680 m), nicht aber Küttel (1974, 1979) in den Obergurbs-Profilen (1910 m).

Die hohen NBP-Werte der Basisspektren im Profil L-34, unter denen Poaceae, Apiaceae, Asteraceae und Cichoriaceae sowie *Artemisia* und *Thalictrum* hervortreten, weisen diesen Abschnitt als vollständig waldlos aus. Auf den Rohschuttböden stellt sich nach dem Eisrückzug eine noch sehr offene Pioniervegetation ein.

Mit dem Einsetzen thermisch günstigerer Bedingungen im Bölling-Interstadial (S-2) kommt es in der alpinen Landschaft von Hintertärfeten vereinzelt zur Ausbildung sehr lichter *Juniperus-Salix*-Bestände mit viel *Artemisia*. Die Zunahme der *Betula*-Werte dürfte wahrscheinlich auf Fernflug aus tiefern Lagen zurückzuführen sein, was sicher auch für den Anstieg der *Pinus*-Werte am Ende des Interstadials gilt. Das artenreichere NBP-Spektrum läßt auf eine Konsolidierung der Vegetationsdecke der angrenzenden Steilhänge schließen. Dies wird ebenfalls durch den Sedimentwechsel von tonhaltigen Sanden zu Tongyttja in 1075 cm Tiefe angedeutet.

Die starke Zunahme der *Pinus*-Werte im Abschnitt des Alleröd-Interstadials (S-3a, S-3b), die für die Zeit von 12 000–11 000 B.P. eine intensive Bewaldung dieser Höhenlage vortäuscht, ist auf den stark angestiegenen Fernflug aus tieferen Lagen zurückzuführen. Trotz der hohen *Pinus*-Anteile ließen sich in diesem Abschnitt weder *Pinus*-Stomata noch *Pinus*-Holzreste nachweisen! Sicher war die Pollenproduktion der Pioniervegetation der angrenzenden Steilhänge noch gering, was rechnerisch ebenfalls zu einer Überhöhung der Fernflug-Anteile beiträgt. Andererseits darf nicht übersehen werden, daß bereits in diesem Abschnitt Pollen von *Larix* und *Pinus cembra* in Spuren festzustellen waren und sich in 1040 cm Tiefe ein kleines *Larix/Picea*-Holzstück fand. Wohl mögen vereinzelt *Pinus cembra*, *P. mugo* und auch *Larix* in diesem thermisch bereits günstigen Interstadial in diese Hochlagen vorgestoßen sein, doch kam es nicht zur Bewaldung. Für offene Verhältnisse spricht das weiterhin artenreiche NBP-Spektrum.

Küttel (1974, 1979) schloß für den gleichen Zeitabschnitt eine Bewaldung des Kars von Obergurbs ebenfalls aus, während Welten (1982) für die Untere Bunschleralp aufgrund der hohen *Pinus*-Werte auf dichtere Föhren-Bestände schloß, allerdings ohne Nachweis entsprechender Makroreste.

Der klimatische Rückschlag der Jüngern Dryaszeit (S-4) findet sich im Profil L-34 recht deutlich, wenn auch des ferntransportierten *Pinus*-Pollens wegen in abgeschwächter Form abgehoben. In der Zeit von 11 000–10 000 B.P. herrschen unter kalt-trockenen Bedingungen auf Hintertärfeten weithin lückige Pionierrasen vor mit viel *Artemisia*, *Plantago alpina*, *Selaginella selaginoides*, *Botrychium lunaria* und mit Vertretern der Poaceae, Chenopodiaceae, Apiaceae und Cichoriaceae. Ebenso finden sich kleinere Gruppen von *Juniperus* und *Salix*. Ob *Ephedra* in dieser Höhenlage aufgetreten ist oder ob der Pollen ebenfalls aus dem Fernflug stammt, ist nicht zu entscheiden. Unbestritten ist, daß die Waldgrenze in diesem klimatisch ungünstigen Zeitabschnitt eine wesentliche Absenkung erfahren hat.

Im Zuge der klimatischen Besserung folgt im Präboreal (S-5) – der Zeitabschnitt findet sich im Profil L-34 wie in vielen andern verhältnismäßig knapp abgebildet – auf eine kurze *Juniperus*-Phase ein markanter Birken-Vorstoß, der sich wahrscheinlich bis in die weitere Umgebung des Schwarzmoooses erstreckt hat. Gegen das Ende dieses Zeitabschnittes zeichnet sich im *Pinus*-Fernflug ein markanter Rückgang ab, bedingt durch die zunehmende Konkurrenzierung der *Pinus silvestris*-Wälder der montanen Stufe durch den vorrückenden EMW, dessen Ausbreitung sich wie jene von *Corylus* auch im Fernflug klar abhebt.

In den vorherrschenden Pionierrasen auf Hintertärfeten beginnt sich im Verlauf des Präboreals ein Wandel abzuzeichnen: Elemente des spätglazialen Spektrums wie die Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, sowie *Thalictrum* und der *Saxifraga*

oppositifolia-Typ setzen zumindest vorübergehend aus. Demgegenüber erscheinen in Spuren Elemente von Hochstaudenfluren (*Filipendula*, *Geranium*) und im weiteren Verlauf setzen Apiaceae und Cichoriaceae zu verstärkter Ausbreitung an.

Während sich im Boreal (S-6) in der montanen Stufe *Corylus* und EMW voll entfalten, stößt *Pinus cembra* kontinuierlich in die Höhenlage des Schwarzmooses vor und bildet hier mit *Betula* und wohl auch mit *Pinus mugo* sowie mit vereinzelt Lärchen kleine, sehr lichte Bestände. Von Bewaldung kann hier angesichts der hohen NBP-Werte nicht gesprochen werden, entwickelt sich doch in diesem Zeitabschnitt, der von rund 9000–8000 B.P. gedauert hat, eine reiche alpine Krautflur, an deren Zusammensetzung Poaceae, Apiaceae, Campanulaceae und Cichoriaceae sehr stark beteiligt sind und in der *Lilium martagon* schon früh auftritt. Bemerkenswert ist das Aussetzen von *Plantago alpina* und von *Selaginella selaginoides*. Ähnliche Entwicklungen finden sich auch in den Profilen Untere Bunschleralp, Wallbach I, Obergurbs und insbesondere auch im Profil Kühdungel abgebildet.

Interessant ist ferner die einsetzende reichere Entwicklung der Wasser- und Ufervegetation, gekennzeichnet durch die sprunghafte Zunahme von *Pediastrum*, die ersten Makroreste von *Potamogeton*, die stärkere Ausbreitung der Cyperaceen und das Hervortreten von *Equisetum*.

Während des langen Zeitabschnittes (8000–5000 B.P.) des Ältern und Jüngern Atlantikums (S-7, S-8) erfährt das alpine Vegetationsbild auf Hintertärfeten, vom Endabschnitt abgesehen, nur wenige Veränderungen. Sehr artenreiche alpine Krautfluren herrschen zwischen den kleinen Gruppen von Arven, Bergföhren und Lärchen vor. *Betula* geht langsam zurück. Zweimal kommt es zu einem markanten Anstieg des Weißtannengürtels, nämlich um 6300 B.P. und um rund 5800 B.P. Beide Vorstöße sind von einer Ausbreitung von *Acer pseudoplatanus* begleitet. Nach dem in 660 cm Tiefe festgestellten Holzrest von *Abies* dürfte die Weißtanne vereinzelt bis in diese Höhenlage vorgestoßen sein. Im subborealen Abschnitt ist ihr Vorkommen ebenfalls durch einige spärliche Makroreste belegt.

Von besonderem Interesse ist sodann die um rund 5500 B.P. einsetzende Einwanderung und Ausbreitung von *Picea abies* (S-8d), die im weiteren Verlauf zur kontinuierlichen Verdrängung von Arve und Lärche und schließlich zum Rückgang der artenreichen alpinen Krautflur führt. Das Auftreten der Fichte ist im Profil L-34 ab 470 cm Tiefe, im Profil Q-45 ab 500 cm Tiefe fortgesetzt durch zahlreiche Makroreste (Nadeln, Holz, Samenflügel) und auch durch Stomata eindrücklich belegt. Im gleichen Zeitbereich sind vereinzelt auch Makroreste von *Pinus* nachzuweisen.

Unsere Untersuchung führt damit zum interessanten Schluß, daß die geschlossene Bewaldung dieser Hochlagen erst an der Wende vom Jüngeren Atlantikum zum Subboreal erfolgt ist, und zwar durch die Fichte, während die Bergföhre die edaphisch schwierigern Standorte besiedelt hat. Diese Entwicklung konnte in beiden von uns untersuchten Profilen (L-34 und Q-45) in der gleichen palynostratigraphischen Position nachgewiesen und durch Makroreste belegt werden. Eine vergleichbare Entwicklung wies Welten (1982) im Profil Wallbach I nach.

In den randlichen Bereichen des Moores setzt in dieser Zeit über den minerogenen Sedimenten die Ablagerung reiner Gyttya ein; im zentralen Teil des Moores erfolgt dieser Übergang etwas später.

Vom Beginn des Subboreal weg bis zum Ende des Ältern Subatlantikums um rund 1000 B.P. herrscht nun in dieser Höhenlage *Picea* unumschränkt vor. *Pinus cembra* und *Larix* dürften durch die Fichte in höhere Lagen verdrängt worden sein. Vereinzelt mag

Abies knapp Fuß gefaßt haben. Für einen dichtern Waldschluß sprechen die niedrigen NBP-Werte (S-9b).

Eine etwas reichere NBP-Phase zeichnet sich in der Zone S-9c ab. Sie weist eine deutliche Ausbreitung von *Alnus viridis* auf und dürfte einen kühleren und wohl auch niederschlagsreicheren Abschnitt anzeigen. Eine stärkere *Alnus viridis*-Entwicklung liegt auch in den Zonen S-9d und S-10 vor. Anzeichen kleiner Rodungen finden sich im Profil Q-45 in 150 cm, 110 cm und 80 cm Tiefe. Relative Zeitmarken vermitteln die ersten Spuren von *Carpinus* (ca. 2300 B.P.) und von *Juglans* (ca. 2000 B.P.).

Verhältnismäßig spät setzt auf Hintertärfeten die große Alpweiderodung ein (S-11), von der in erster Linie die Fichte betroffen ist. Diese Rodung fällt in die Zeit nach 1000 B.P., also ins Mittelalter. Kennzeichnende Merkmale sind die starke Zunahme der NBP, der Poaceae, Chenopodiaceae, der Rosaceae und Cichoriaceae sowie das verstärkte Hervortreten von *Plantago alpina*, *P. montana* und von *Urtica*.

5. Diskussion

An den beiden untersuchten Lokalitäten wurde anhand pollenanalytischer Untersuchungen die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte der montanen und subalpinen Stufe des Nordersimmentals erfaßt (Tab. 3).

Im folgenden seien vier Gesichtspunkte hervorgehoben, denen bei weiteren Untersuchungen besondere Beachtung geschenkt werden sollte:

1. Im Verlauf der letzten Jahre wurde die Existenz einer rückläufigen Phase zwischen Bölling- und Alleröd-Interstadial verschiedentlich diskutiert und vereinzelt auch in Frage gestellt (Welten 1982, Bortenschlager 1984a, 1984b, Gaillard 1984, Ammann 1984). Die untersuchten Profile des Aegelsees zeigen an dieser palynostratigraphisch klar abgehobenen Stelle eine deutliche regressive Phase (Ic sensu Firbas 1949, 1954). Die paläoklimatischen und ökologischen Verhältnisse dieses Abschnittes sind durch vertiefte und multidisziplinäre Untersuchungen weiter zu klären.
2. Das weitgehende Fehlen von Gehölz-Makroresten im gesamten spätglazialen Abschnitt des Schwarzmoos-Profiles L-34 läßt den Schluß auf Waldlosigkeit zu. Die Pollenspektren der Gehölze vermitteln ein absolut unrealistisches Vegetationsbild. Die Grenze des geschlossenen Föhren-Waldes lag im klimatisch schon recht günstigen Alleröd-Interstadial unter 1800 m. Die Lage der Waldgrenze müßte an tiefer gelegenen Objekten anhand pollenanalytischer Untersuchungen in Verbindung mit Makrorest-Analysen geklärt werden.
3. Die Ausbreitung artenreicher Krautfluren auf 1800 m Höhe am Ende des Präboreal und im Boreal stellt eine bisher wenig beachtete Erscheinung dar. Sie ist Ausdruck für die eingetretene klimatische Besserung und auch für einen bestimmten Grad der Bodenreifung. Warum es im Verlauf des Atlantikums unter klimatisch sehr günstigen Verhältnissen nicht zu einem dichtern Schluß der Arven-Lärchen-Bergföhren-Bestände und zur Verdrängung der hochwüchsigen Krautfluren kam, ist nicht bekannt.
4. Die Bewaldung der Lagen um 1800 m Höhe vollzog sich am Übergang vom Atlantikum zum Subboreal durch die Fichte. Es ist schwierig, Gründe für diesen auch durch zahlreiche Makroreste nachgewiesenen späten Anstieg der Waldgrenze anzugeben. Die kleinen Arven-, Lärchen- und Bergföhren-Bestände bildeten für die Fichte keine wesentliche Konkurrenz. Bodenbildung und Bodenreifung dürften als begrenzender Faktor außer Betracht fallen. Anzeichen menschlicher Einflußnahme, welche die Ausbreitung der Fichte eingeleitet haben könnte (Markgraf 1970), waren nicht nachzuweisen.

Tab. 3. Grundzüge der Vegetationsgeschichte der montanen und subalpinen Stufe im Niedersimmental

Jahre B. P.	Chronozonen	PAZ	Montane Stufe Aegelsee 995 m ü. M. Profile AE-1 und AE-3	Subalpine Stufe Schwarzmoos 1770 m ü. M. Profile L-34 und Q-45	PAZ	Chronozonen
1000	SA	A-12	Kulturlandschaft, Weiden, starke mittelalterliche Rodungen	Tiefgreifende mittelalterliche Weiderodungen. Markanter Rückgang der subalpinen Fichtenwälder	S-11	SA
2000			Weißtannen-Fichten-Buchen-Wald	Subalpine Fichtenwälder; auf Kalkrippen Bergföhren-Bestände. Erneute Ausbreitung von Grünerlen. Spuren von Weiderodungen	S-10	
3000	SB	A-11	Spätbronzezeitliche Rodungen	Subalpine Fichtenwälder. Rückgang der Grünerlen. Spuren erster Weiderodungen	S-9	SB
4000			Weißtannen-Fichten-Wald mit Buche	Subalpine Fichtenwälder; vereinzelt Arve, Lärche und Weißtanne. Auf exponierten Standorten Bergföhren-Bestände		
5000	AT	A-10	Ausbreitung der Fichte; Anzeichen neolithischer Landnahme	Ausbreitung der Fichte; Rückgang der Verdrängung von Arve, Lärche und Birke artenreichen Krautfluren	S-8	AT
6000			Weißtannen-Wälder und Laubmischwälder (EMW)	Zweiphasiger Weißtannen-Vorstoß		
7000	BO	A-9	Ulm-Linden-Eichen-Wälder; auf feuchten Standorten Esche und Erle	Einwanderung der Weißtanne in der montanen Stufe	S-7	BO
8000			Ulm-Linden-Eichen-Wälder mit Hasel	Lichte Arven-, Lärchen- und Bergföhren-Bestände mit Birken	Artenreiche alpine Krautfluren	
9000	PB	A-8	Föhren-Birken-Wald	Einwanderung von Arve und Lärche	S-6	PB
10 000				Ausbreitung artenreicher Krautfluren	S-5	
11 000	DR 3	A-5	Aufgelockerter Föhrenwald mit Wacholder und Krautvegetation	Offene Pionierv egetation mit Wacholder und Weiden. Vereinzelte Lärchen und Bergföhren (?), unbewaldet	S-4	DR 3
12 000	AL	A-4	Föhren-Birken-Wald	Artenreiche Pionierrasen; vereinzelt Arve, Lärche und Bergföhre (?); waldfrei	S-3	AL
13 000	BØ	A-3b	Aufgelockerter Birkenwald mit Krautvegetation	Pionierv egetation auf Rohschuttböden. Vereinzelt Wacholder- und Weidengebüsch. Erste Konsolidierung der Steilhänge durch die Vegetation	S-2	BØ
		A-3a	Birken-Wacholder-V egetation mit Weide			
14 000	DR 1	A-2	Wacholder-Sanddorn-Zwergbirken-Gebüsch; Steppenrasen	Offene Pionierv egetation auf Rohschuttböden	S-1	DR 1
		A-1				

So stellt sich die Frage, ob nicht die klimatische Trendwende am Übergang vom Atlantikum zum Subboreal die kräftige Ausbreitung der Fichte ausgelöst und begünstigt hat.

6. Zusammenfassung

Im Nordersimmental (Berner Oberland) wurde je ein Moor der montanen (Aegelsee, 995 m ü. M.) und der subalpinen Stufe (Schwarzmoos, 1770 m ü. M.) palynostratigraphisch untersucht.

Zwei Vegetationskarten (Abb. 4 und 10) vermitteln Aufschluß über die aktuelle Vegetation beider Moore. Anhand zahlreicher Sondierungen wurde die Stratigraphie der Beckenfüllungen geklärt (Abb. 5 und 6, Abb. 11 und 12). Beide Mulden wurden bereits vor dem Beginn des Bölling-Interstadials eisfrei. Im Aegelsee setzten die organischen Ablagerungen im Boreal ein, im Schwarzmoos im Übergang vom Jüngern Atlantikum zum Subboreal (5000 B.P.).

Über die Grundzüge der vegetationsgeschichtlichen Entwicklung auf beiden Höhenstufen orientiert die Tabelle 3. Am Aegelsee setzte die spätglaziale Wiederbewaldung um 12 700 B.P. mit *Juniperus-Hippophaë*-Beständen ein, die ab 12 500 B.P. von Baumbirken abgelöst wurden. Innerhalb des Bölling-Interstadials ließ sich eine klimatisch regressive Phase nachweisen, die zeitlich vor 12 000 B.P. einzustufen ist. Von 12 000 B.P. an breitete sich *Pinus (silvestris)* aus. Der Nachweis einer dünnen Schicht der Laacher See Tephra ermöglichte eine genaue zeitliche Abgrenzung des Alleröd-Interstadials von der Jüngern Dryaszeit (11 000 B.P.). Während der Jüngern Dryaszeit lag die Waldgrenze oberhalb des Aegelsees. Die Umgebung des Schwarzmooses blieb während des gesamten Spätglazials unbewaldet. Weithin herrschte auf den Rohschuttböden eine offene Pioniervegetation mit vereinzelt *Juniperus*- und *Salix*-Gebüsch vor.

Am Aegelsee folgte auf die präborealen Föhren-Birken-Wälder im Boreal die EMW/*Corylus* Ausbreitung. Die Einwanderung und Ausbreitung von *Abies* setzte zwischen 6600 und 6300 B.P. ein, jene von *Picea* zwischen 5400 und 5000 B.P. Der präboreale Birkenvorstoß dürfte sich bis in die Umgebung des Schwarzmooses ausgewirkt haben. Zu Beginn des Boreals kam es hier zur Ausbreitung artenreicher Krautfluren, die erst am Ende des Jüngern Atlantikums durch den vorrückenden Fichtenwald verdrängt wurden. Um rund 8500 B.P. setzte die Einwanderung von *Pinus cembra* und bald darauf auch jene von *Larix decidua* ein.

Die Einwanderung von *Picea* setzte in der subalpinen Stufe um rund 5500 B.P. ein (erste Spuren um 6500 B.P.); eine sehr kräftige Ausbreitung, die durch zahlreiche Makroreste belegt ist, erfolgte um 5000 B.P. Gleichzeitig stieg die Waldgrenze über das Schwarzmoor hinaus an. Von diesem Zeitpunkt weg herrschten in der subalpinen Stufe der Gegend bis zum Beginn des Jüngern Subatlantikums (1000 B.P.) Fichtenwälder und an exponierten Stellen Bergföhren-Bestände vor.

Erste Anzeichen der Landnahme zeichnen sich am Aegelsee für die Zeit von 5400–5000 B.P. (*Picea*-Anstieg!) ab; weitere Rodungen erfolgten in der späten Bronzezeit und dann sehr einschneidende im Mittelalter. In der subalpinen Stufe setzten die großen Weiderodungen im Jüngern Subatlantikum ein.

Wir danken all jenen, die uns bei den Arbeiten an diesem Projekt unterstützt haben: B. Brogli, B. Steck-Blaser, J. Fischer, I. Hofmann, J. Lüthy, A. Neuenschwander, K. Ruch, J. Wegmüller, H. Oeschger, T. Riesen, M. Möll, W. A. Keller, W. Wölflin und W. Schoch. Dieses Projekt wurde vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützt (NF-Projekt Nr. 3.406-0.86).

7. Literatur

- Ammann B. 1984. Prozenze, Konzentrationen und Durchschnittsinflux der Pollenzonen im Spätglazial vom Lobsigensee. Studien zum Spät-Quartär des Lobsigensees 10. In: Lang, G. (ed.), Festschrift Max Welten. Diss. Bot. 72: 11–44.
- Ammann B. 1985. Introduction and palynology: vegetational history and core correlation at Lobsigensee (Swiss Plateau). In: Lang, G. (ed.), Swiss lake and mire environments during the last 15,000 years. Diss. Bot. 87: 127–134.
- Ammann B. and Tobolski K. 1983. Vegetational development during the late-Würm at Lobsigensee (Swiss Plateau). Studies in the Late Quaternary of Lobsigensee 1. Rev. Paléobiol. 2: 163–180.
- Ammann B. and Lotter A. F. 1989. Late-Glacial radiocarbon- and palynostratigraphy on the Swiss Plateau. Boreas 18: 109–126.
- Birks H. J. B. and Gordon A. D. 1985. Numerical methods in Quaternary pollen analysis. Academic Press, London. 317 S.
- Bogaard P. van den und Schminke H.-U. 1985. Laacher See Tephra: a widespread isochronous late Quaternary tephra layer in central and northern Europe. Geol. Soc. Am. Bull. 96: 1554–1571.
- Bortenschlager S. 1984a. Die Vegetationsentwicklung im Spätglazial: Das Moor beim Lanser See III, ein Typpprofil für die Ostalpen. In: Lang, G. (ed.) Festschrift Max Welten. Diss. Bot. 72: 71–79.
- Bortenschlager S. 1984b. Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. Ber. Nat.-Med. Verein Innsbruck 71: 19–56.
- Braun-Blanquet J. 1971. Übersicht der Pflanzengesellschaften der rätschen Alpen im Rahmen ihrer Gesamtverbreitung. III. Teil: Flachmoorgesellschaften (Scheuchzerio-Caricetea fuscae). Veröff. Geobot. Inst. ETH Rübel Zürich 46: 1–70.
- Burga C. A. 1980. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schams und des San Bernardino-Paßgebietes (Graubünden-Schweiz). Diss. Bot. 56: 1–194.
- Burga C. A. 1987. Gletscher- und Vegetationsgeschichte der Südrätischen Alpen seit der Späteiszeit. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 101: 1–164.
- Firbas F. 1949. Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Vol. 1, Jena: Fischer, 480 S.
- Firbas F. 1954. Die Synchronisierung der mitteleuropäischen Pollendiagramme. Danm. Geol. Unders. II, 80: 12–21.
- Gaillard M.-J. 1984. Etude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation du Moyen-Pays Romand (Suisse). Diss. Bot. 77: 1–322.
- Genge E. 1955. Über eiszeitliche Ablagerungen im untern Simmental. Mitt. Naturf. Ges. Bern. N. F. 12: 23–58.
- Hammer C. U., Clausen H. B. and Tauber H. 1986. Ice-core dating of the Pleistocene/Holocene boundary applied to a calibration of the ^{14}C time scale. Radiocarbon 28/2A: 284–291.
- Hedberg H. D. 1972. Summary of an international guide to stratigraphic classification, terminology, and usage. Boreas 1: 213–239.
- Heeb K. und Welten M. 1972. Moore und Vegetationsgeschichte der Schwarzenegg und des Molassevorlandes zwischen dem Aaretal unterhalb Thun und dem obern Emmental. Mitt. Naturf. Ges. Bern N.F. 29: 3–54.
- Heitz C. 1975. Vegetationsentwicklung und Waldgrenzschwankungen des Spät- und Postglazials im Oberhalbstein (Graubünden/Schweiz) mit besonderer Berücksichtigung der Fichteneinwanderung. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 55: 1–63.
- Imhof E. 1965. Atlas der Schweiz. 1. Lieferung.
- Kleiber H. 1974. Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Oberengadin. Bot. Jb. Syst. 94: 1–53.
- Küttel M. 1974. Zum alpinen Spät- und frühen Postglazial: Das Profil Obergurbs (1910 m) im Diemtigtal, Berner Oberland, Schweiz. Z. Gletscherk. Glazialgeol. 10: 207–216.
- Küttel M. 1979. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte und zum Gletscher-rückzug in den westlichen Schweizer Alpen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 89: 9–62.
- Lang G. 1985a. Palynological research in Switzerland 1925–1985. In: Lang, G. (ed.) Swiss lake and mire environments during the last 15,000 years. Diss. Bot. 87: 11–82.

- Lang G. 1985b. Palynologic and stratigraphic investigations of Swiss lake and mire deposits. In: Lang, G. (ed.) Swiss lake and mire environments during the last 15,000 years. Diss. Bot. 87: 107–114.
- Lang G. und Tobolski K. 1985. Hobschensee – Late-Glacial and Holocene environment of a lake near the timberline. In: Lang, G. (ed.) Swiss lake and mire environments during the last 15,000 years. Diss. Bot. 87: 209–228.
- Lienhard L. 1987. Die Vegetation des Naturschutzgebietes „Stockenflue“ (Niedersimmental). Lizentiatsarbeit, Manuskript. Bern, 88 S.
- Lotter A. 1985. Amsoldingensee – Late-Glacial and Holocene environments of a lake at the southern edge of the Swiss Plateau. In: Lang, G. (ed.) Swiss lake and mire environments during the last 15,000 years. Diss. Bot. 87: 185–208.
- Lotter A. 1988. Paläoökologische und paläolimnologische Studie des Rotsees bei Luzern. Pollen-, großrest-, diatomeen- und sedimentanalytische Untersuchungen. Diss. Bot. 124: 1–187.
- Lotter A. F. and Zbinden H. 1989. Late-Glacial pollen analysis, oxygen-isotope record, and radiocarbon stratigraphy from Rotsee (Lucerne), Central Swiss Plateau. *Eclogae Geol. Helv.* 82: 191–202.
- Lotter A. F. und Fischer J. 1990. Die Vegetation und Flora im Gebiet des Aegelsees (Berner Oberland) im Wandel der Zeit: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Mitt. Naturf. Ges. Bern N.F. 47 (im Druck).
- Mangerud J., Andersen S. T., Berglund B. E. and Donner J. J. 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 3: 109–128.
- Markgraf V. 1969. Moorkundliche und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an einem Moorsee an der Waldgrenze im Wallis. *Bot. Jb. Syst.* 89: 1–63.
- Markgraf V. 1970. Palaeohistory of spruce in Switzerland. *Nature* 228: 249–251.
- Markgraf V. 1980. Pollen dispersal in a mountain area. *Grana* 19: 127–146.
- Merkt J. und Streif H. J. 1970. Stechrohr-Bohrgeräte für limnische und marine Lockersedimente. *Geol. Jb.* 88: 137–148.
- Müller H. und Wegmüller S. 1982. *Satureja grandiflora* (L.). Scheele im Simmental – Vorposten oder Relikt? Mitt. Naturf. Ges. Bern N.F. 39: 131–149.
- Nicol G. 1956. Geologie der östlichen Stockhornkette (Berner Oberland). Mitt. Naturf. Ges. Bern N. F. 13: 151–244.
- Oeschger H., Welten M., Eicher U., Möll M., Riesen T., Siegenthaler U. und Wegmüller S. 1980. ^{14}C and other parameters during the Younger Dryas cold phase. *Radiocarbon* 22: 299–310.
- Oeschger H., Andrée M., Moell M., Riesen T., Siegenthaler U., Ammann B., Tobolski K., Bonani G., Hofmann H. J., Morenzoni E., Nessi M., Suter M. and Wölfli W. 1985. Radiocarbon chronology at Lobsigensee. Comparison of materials and methods. In: Lang, G. (ed.) Swiss lake and mire environments during the last 15,000 years. Diss. Bot. 87: 135–139.
- Rabowski F. 1912. Simmental et Diemtigtal 1: 50 000. Carte spéc. 69.
- Rabowski F. 1920. Les préalpes entre le Simmental et le Diemtigtal. Mat. carte géol. Suisse N.S. 35: 1–130.
- Rösch M. 1983. Geschichte der Nussbaumer Seen (Kanton Thurgau) und ihrer Umgebung seit dem Ausgang der letzten Eiszeit aufgrund quartärbotanischer, stratigraphischer und sedimentologischer Untersuchungen. Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 45: 1–110.
- Schloss S. 1979. Pollenanalytische und stratigraphische Untersuchungen im Sewensee. Ein Beitrag zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der Südvogesen. Diss. Bot. 52: 1–138.
- Schmalz K. L. 1978. Das Naturschutzgebiet Aegelsee-Moor auf dem Bergli, Gemeinde Diemtigen. Mitt. Naturf. Ges. Bern N.F. 35: 174–185.
- Stuiver M. and Polach H. A. 1977. Discussion: reporting of ^{14}C -data. *Radiocarbon* 19: 355–363.
- Tranquillini A. 1988. POLPROF ein Programm zum computergesteuerten Zeichnen von Pollenprofilen. Ber. Nat.-Med. Verein Innsbruck Suppl. 2: 27–34.
- Tschachtli B. S. 1941. Über Flysch und Couches rouges in den Decken der östlichen Préalpes romandes (Simmental-Saanen). Diss. phil. II, Bern. 79 S.
- Walter H. und Lieth H. 1964. Klimadiagramm Weltatlas. 2. Lieferung. Jena.

- Wegmüller J. und Wegmüller S. 1985. Ökologische Untersuchungen an Zwergfichtenbeständen im Gebiet des Turnen (Niedersimmental). Mitt. Naturf. Ges. Bern N.F. 42: 87–104.
- Wegmüller S. 1966. Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Jura. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 48: 1–143.
- Wegmüller S. 1977. Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné). Haupt, Bern: 185 S.
- Wegmüller S. und Welten M. 1973. Spätglaziale Bimstufungen des Laacher Vulkanismus im Gebiet der westlichen Schweiz und der Dauphiné (F). Eclogae Geol. Helv. 66: 533–541.
- Welten M. 1950. Die Alpweiderodung im Pollendiagramm. Ber. Geobot. Inst. Rübel Zürich 1949: 57–67.
- Welten M. 1952. Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich 26: 1–135.
- Welten M. 1982. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern – Wallis. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 95: 1–104.
- Zimmerli S. 1988. Vegetation und Standort von Schwinggrasen in der Schweiz. Veröff. Geobot. Inst. ETH Rübel Zürich 102: 1–105.
- Zimmerli S. 1989. Das Inventar der Schwinggrasen der Schweiz. Ber. Geobot. Inst. ETH Rübel Zürich 55: 51–68.
- Zoller H. 1987. Zur Geschichte der Vegetation im Spätglazial und Holozän der Schweiz. Mitt. Naturf. Ges. Luzern 29: 123–149.