

Nachweis einer frühholozänen Seespiegelschwankungen im Pieterlenmoos am Jurasüdfuss

Autor(en): **Wegmüller, Samuel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **43 (1986)**

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-318517>

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.

SAMUEL WEGMÜLLER*

Nachweis einer frühholozänen Seespiegelschwankung im Pieterlenmoos am Jurasüdfuss

1. Einleitung

In den Jahren 1970/1971 liessen die Schweizerischen Bundesbahnen im Hinblick auf den Bau eines neuen Rangierbahnhofes in der zwischen Biel und Pieterlen gelegenen Ebene eine grössere Zahl von Sondierungen ausführen, mit denen die Baugrundverhältnisse abgeklärt werden sollten. Nach den Bohrplänen liegen die Bohrpunkte auf zwei Profillinien, die sich vom Längfeld bei Mett dem Büntenberg entlang bis zur SBB-Station Pieterlen erstrecken.

Bei diesen Bohrungen stiess man im Gebiet zwischen Allmänd (Schliessplatz) und Bahnstation Pieterlen teils auf ein Torflager, teils auch auf zwei, die in sandige oder siltige Ablagerungen des Beckens eingebettet waren. Leider hatten wir damals von diesen umfangreichen Sondierungen keine Kenntnis. Im Frühjahr 1976 wurden die Baugrundabklärungen durch einige weitere Bohrungen ergänzt; im Verlaufe dieser neuen Bohrkampagne wurde eine Rotationskernbohrung (Bohrung 1b) im Gebiet von Rosshüsli (Abb. 2) WSW der Bahnstation Pieterlen bis in die Tiefe von 23,50 m abgeteuft. Das Profil enthielt in 5,75 m bis 6,50 m Tiefe eine schwarzbraune Torfschicht. Ich hatte damals die Möglichkeit, den Bohrkernen Sedimentproben zu pollenanalytischen Untersuchungen zu entnehmen. Die in Aussicht genommenen Analysen interessierten aus verschiedenen Gründen: Einmal fehlte bisher aus dem zwischen Biel und Solothurn gelegenen Gebiet eine Untersuchung zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte, und es war zu erwarten, dass mit einem derart langen Profil diese Lücke geschlossen werden könnte. Dann sollte aber auch die palyno- und chronostratigraphische Stellung der in die minerogenen Sedimente eingebetteten Torfschicht geklärt werden. In diesem Zusammenhang war ebenfalls zu prüfen, inwieweit eine mit der Torfablagerung verbundene Seespiegelschwankung allenfalls mit bereits bekannten Schwankungen im Seeland (LÜDI 1935, ANTENEN 1936, AMMANN-MOSER 1975) korreliert werden könnte.

Der Bauabteilung der Schweizerischen Bundesbahnen sei an dieser Stelle für die Erlaubnis zur Entnahme der Sedimentproben gedankt. Frau lic. phil. nat. Eveline Venanzoni danke ich für die sorgfältige Aufbereitung des Untersu-

* Prof. Dr. Samuel Wegmüller, Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität Bern, Altenbergrain 21, 3013 Bern

chungsmaterials. Zu danken habe ich auch Prof. Dr. G. Lang, Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität Bern, der uns die Aufbereitung der Proben im Pollenlabor ermöglichte. Mein Dank geht ferner an Dr. Ch. Schlüchter, Institut für Grundbau und Bodenmechanik der ETH Zürich, der die Petrographie einiger Sedimentproben untersuchte und mir auch weitere Angaben zum untersuchten Proil vermittelte.

2. Geographie und Geologie

Das langgezogene, schmale Becken des Pieterlenmooses bildet die Fortsetzung der breiten Talung am Jurasüdfuss, in dem Neuenburger- und Bielersee liegen (Abb. 1). Parallel dazu erstreckt sich eine zweite Längswanne mit Murtensee, Grosse Moos und dem Tal der Alten Aare (GUTERSOHN 1968). Die beiden Tiefenzonen werden durch eine zentrale Molasse-Hügelzone mit Mt. Vuilly, Jolimont, Schaltenrain, Oberholz, Jäissberg und Büttenberg getrennt. Der Abfluss des Bielersees zur Alluvialebene der Alten Aare folgt nicht der in der Fortsetzung gelegenen Längstalung Biel-Pieterlen, sondern einem zwischen Jäissberg und Längholz bei Brügg geschaffenen Durchbruch.

Die Gegend des Seelandes ist glazial stark überprägt worden. Zur Zeit der maximalen Ausdehnung reichte der Solothurner Arm des würmeiszeitlichen Rhonegletschers bis in die Gegend von Wangen. Durch die gewaltigen Eismassen wurden die grossen Längswannen des Seelandes und damit auch das Becken des Pieterlenmooses ausgeräumt. Eine noch weit tiefere Auskolkung war bereits in der Mindel-Eiszeit oder im Frühriss erfolgt (SCHLÜCHTER 1979).

Beim Rückzug des würmeiszeitlichen Gletschers entstand nach FAVRE (1883) und BÄRTSCHI (1913) im Seeland ein vom Moränenstand im Raume von Solothurn bis zum Mormont bei La Sarraz reichender See, dessen Spiegel auf 448 m Höhe gelegen haben soll. Dieses Seeniveau wurde aus der Lage von Deltaresten am Neuenburgersee und von Schottern mit Deltastrukturen am Ostrand des Grossen Mooses abgeleitet. ZIMMERMANN (1963) konnte später die an den erwähnten Schottern ermittelten Befunde nicht bestätigen und er fand weder bei Wangen noch bei Solothurn Argumente für Endmoränenbarrieren, die eine Seespiegelhöhe von 448 m zugelassen hätten. Nach ZIMMERMANN lag das Niveau des von Solothurn bis Orbe und über Payerne hinaus reichenden Sees auf rund 429 m Höhe, also wesentlich unter dem ursprünglich angenommenen. Dieses Niveau entspricht dem mittleren Seespiegelstand des heutigen Bielersees. Zahlreiche Grundwasserbohrungen im Gebiet Aarmatt und Zuchwil-Unterfeld bei Solothurn bestätigen zudem den Befund von MÜHLBERG (1911), dass hier die Seeletten mit Schottern und Sanden des Emmeschuttkegels verzahnt sind, der Aufstau des Solothurner Sees somit in ursächlichem Zusammenhang mit der Schüttung des grossen Schuttfächers stehen könnte (ZIMMERMANN 1963). An dieser

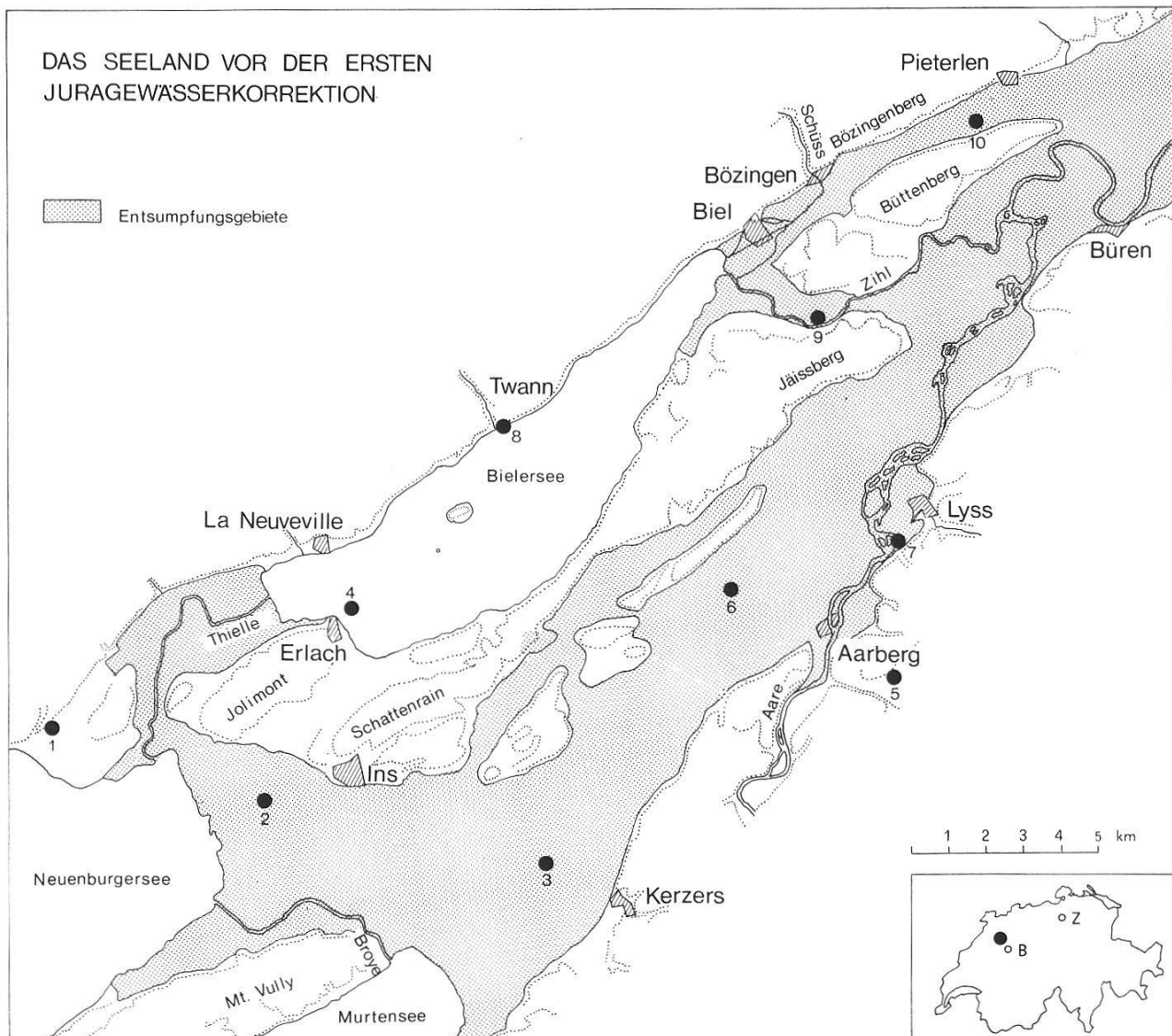


Abbildung 1: Das Seeland vor der ersten Juragewässerkorrektur, nach der Karte in FISCHER, H. (1963) gezeichnet. Schwarze Kreisflächen: Lage von Objekten, die pollenanalytisch untersucht worden sind. 1 Le Loclat (MATTHEY 1958, 1971) 2 und 3 Islerengebiet und Aarelauf im Grossen Moos (LÜDI 1935), 4 Heidenweg im Bielersee (AMMANN-MOSER 1975), 5 Lobsigensee (HÄNI 1964, AMMANN et al. 1985), 6 Gimmiz (HÄNI 1964, das Profil Mülifeld bei Aarberg wurde ausgeklammert), 7 Kappelen (HÄNI 1964), 8 Twann (AMMANN 1977, LIESE-KLEIBER 1977a), 9 Brüggenmoos (MOECKLI 1952), 10 Pieterlenmoos (WEGMÜLLER).

Stelle muss aber gleich darauf hingewiesen werden, dass im Seeland im Verlaufe des Postglazials Seespiegelstände aufgetreten sind, die über längere Zeitabschnitte wesentlich über dem Niveau von 429 m gelegen und eine Abdämmung in zumindest entsprechender Höhe vorausgesetzt haben (LÜDI 1935, ANTENEN 1936, MÜLLER 1973, AMMANN-MOSER 1975, 1982, LIESE-KLEIBER 1977b und FURGER 1977).

Mit der Bildung des grossen spätwürmeiszeitlichen Sees setzte zugleich auch dessen Zuschüttung durch die einmündenden Flüsse ein, die schliesslich zu den drei Restseen, Murten-, Neuenburger- und Bielersee führte. Für die Entwick-

lung des heutigen Landschaftsbildes des bernischen Seelandes waren vor allem die Akkumulationen durch die Alte Aare, die Broye sowie durch die Schüss von Bedeutung (Abb. 1). Die Alte Aare baute von Aarberg aus ihren grossen Schüttfächer auf, in den sie ihre Mäandersysteme in spätglazialer Zeit vorerst westwärts eintiefte und das Gebiet zum Neuenburgersee hin entwässerte (LÜDI 1935, WOHLFAHRT 1985). Im Älteren Atlantikum wurden diese Systeme aufgegeben und vom Jüngeren Atlantikum weg schüttete die Aare ihre Schuttmassen fächerartig in nördlicher und nordöstlicher Richtung bis zur Alten Zihl und in die Gegend des Häftlis (LÜDI 1935, HÄNI 1964, HANTKE 1980, WOHLFAHRT 1985).

In bezug auf unsere Untersuchung sind die Akkumulationsvorgänge im spätwürmeiszeitlichen See der Talung Biel-Pieterlen (Abb. 1) von Interesse. Die aus der Taubenlochschlucht austretende Schüss lagerte vorerst einen breit gefächerten Schuttkegel ab, der zur Abgliederung des nordöstlich gelegenen Beckens von jenem des Bielersees führte. Über lange Zeit führte die Schüss nun Deltamaterial, bestehend aus gelblichem Sand und Kalkgeröll aus dem Jura, dem «Pieterlensee» zu (ANTENEN 1936). Diese Sedimente lassen sich bis zu unserer im Gebiet von Rosshüsli gelegenen Bohrstelle verfolgen. Die Abgliederung und Aufschüttung des «Pieterlensees» stuft ANTENEN ins ausgehende Spätglazial und frühe Postglazial ein.

Später änderte die Schüss ihren Lauf und wandte sich dem Bieler Seebecken zu, ihr Delta nach Südwesten vortragend, wobei auch ein erster früher Vorstoss bis in die Gegend von Port erfolgte. Komplexe stratigraphische Verhältnisse liegen im Gebiet der Stadt Biel vor, wo eine Wechsellagerung von Deltaschichten aus Juramaterial und Seeböden (Überschwemmungshorizonte) festzustellen ist. Unter Beizug archäologischer Befunde und einzelner kurzer pollenanalytischer Sequenzen (LÜDI 1935) aus diesen Ablagerungen arbeitete ANTENEN (1936) eine sehr differenzierte Litho- und Chronostratigraphie des Holozäns dieser Gegend heraus. Die drei von ihm festgestellten Überschwemmungshorizonte liessen sich schon damals mit den von LÜDI (1935) im Grossen Moos ermittelten Seespiegelschwankungen in grossen Zügen korrelieren.

In bezug auf das Becken des ehemaligen «Pieterlensees» bleibt festzuhalten, dass die Auffüllung vorwiegend durch allochthones Material (MATTER und STURM 1982), das die Schüss aus dem Jura und kleinere Bäche vom Büthenberg herantransportiert haben, erfolgt ist. Der autochthone Anteil, bestehend aus biogen ausgefälltem Kalk untergetauchter Wasserpflanzen und pflanzlichen Resten aus Verlandungsgürteln, dürfte – sieht man von den im allgemeinen geringmächtigen Torflagen ab – gegenüber dem allochthonen bedeutend geringer sein.

3. Vegetation

Der nach SSE exponierte Steilhang des Bözingenberges wie auch der nach NNW gerichtete Hang des Büttlenberges – sie bilden die Talflanken längs des Pieterlenmooses – tragen ausgedehnte Waldungen. In der kollinen Stufe des Bözingenberges findet sich auf flachgründigen, leicht austrocknenden Böden über hartem Kalkfels der Flaumeichen-Buschwald (*Quercion pubescenti-petraeae*) ausgebildet, NE Bözingen in grössern Beständen, oberhalb Pieterlen dagegen nur kleinflächig auf Spezialstandorten.

In der submontanen Stufe ist der strauchreiche Seggen-Buchenwald (*Carici-Fagetum*) verbreitet, in der untern montanen Stufe der hochstämmige Zahnwurz-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum*), der nach der Höhe zu in den Tannen-Buchenwald (*Abieti-Fagetum*) übergeht (HEGG 1980).

Die artenreichen Halbtrockenrasen (*Mesobromion*) am warmen Jurafuss sind in den letzten Jahrzehnten teils wegen Überbauungen, teils auch wegen Düngung erheblich zurückgegangen. Bekannt ist die artenreiche Vegetation der Felsenheide von Pieterlen, die auf den trockenwarmen, waldfreien Steilhängen auftritt und heute unter Naturschutz steht. Zu erwähnen sind ferner die eindrucklichen Buchsbestände bei der Kirche von Pieterlen und deren näherer Umgebung.

Am Nordhang des Büttlenberges ist der Waldmeister-Buchenwald (*Asperulo-Fagetum*) verbreitet, an südexponierten Hängen auf nährstoffärmern Böden der Hainsimsen-Buchenwald (*Luzulo-Fagetum*).

Die Ebene des Pieterlenmooses ist vollständig melioriert worden. Wo nicht Ackerbau betrieben wird, sind weithin Fettwiesen (*Arrhenatheretum elatioris*) verbreitet.

4. Methodisches

4.1 Pollenaufbereitung und Untersuchung

Die Sedimentproben wurden im Labor des Systematisch-Geobotanischen Instituts der Universität Bern nach der in WELTEN (1982) beschriebenen Methode aufbereitet. Ziel der Aufbereitung ist, den fossilen Pollen zur Analyse so gut wie möglich vom Einbettungsmaterial zu trennen. Eine Beimischung einer definierten Menge fremder *Lycopodium*-Sporen zur Berechnung der Pollenkonzentration pro Volumeneinheit, wie dies heute üblich ist, war noch nicht möglich, weil wir zur Zeit der Aufbereitung am Institut nicht über die dazu erforderlichen Sporentabletten verfügten. Die Untersuchung der fossilen Pollenspektren erfolgte mit einem Leitz-Mikroskop des Typs Laborlux mit den Objektiven 1:24, 1:63 und 1:100. Als Objektive dienten zwei Periplane 10 x.

Der Erhaltungszustand des Pollens war mittelmässig bis gut. Der Pollengehalt der Proben von der Profilbasis (650 bis 680 cm) und insbesondere jener der Kalksande (80 bis 260 cm) war sehr niedrig. Vereinzelt mussten bis zu sechs Präparate durchgezählt werden, um eine zur Berechnung der prozentualen Anteile ausreichende Grundsumme zu erhalten. In der Regel wurden pro Horizont 400 bis 500 Pollen ausgezählt, in sehr pollenarmen Proben oft auch etwas weniger.

4.2 Berechnung der Anteile und Darstellung des Pollendiagramms (Abb. 3)

In die Grundsumme wurden alle gezählten Baum- und Nichtbaumpollen mit Ausnahme jener der *Cyperaceae* und der Wasserpflanzen einbezogen. Die Sporen wurden ebenfalls aus der Grundsumme ausgeschlossen. Die prozentualen Anteile der einzelnen Taxa wurden nach dieser Grundsumme bestimmt.

Bei der Darstellung der Ergebnisse im Pollendiagramm wurde mit Ausnahme der Werte der Farnsporen nur ein Massstab verwendet. Werte von 0,1 bis 0,3 Prozent wurden durch eine kleine schwarze Kreisfläche dargestellt.

Von besonderer Bedeutung ist das Hauptdiagramm, in dem von links nach rechts die prozentualen Anteile der das Vegetationsbild bestimmenden Baum- und Straucharten (BP) aufgetragen sind, von rechts nach links die Werte der Nichtbaumpollen (NBP) mit den Anteilen von *Artemisia*, der *Gramineae* und zahlreicher weiterer Krautarten, die unter dem Begriff *Varia* zusammengefasst worden sind.

Der Verlauf der Grenzlinie zwischen Baumpollen (BP) und Nichtbaumpollen (NBP) ist für die Interpretation der Ergebnisse von Bedeutung. Hohe NBP-Werte weisen, je nach Zusammensetzung des Artenspektrums, auf Waldlosigkeit während Zeitabschnitten klimatisch ungünstiger Verhältnisse hin oder auch auf ausgedehnte Waldrodungsphasen, hohe BP-Werte hingegen auf dichte Bewaldung.

Links des Hauptdiagrammes finden sich die Kurvenbilder der einzelnen Baum- und Straucharten aufgetragen und zwar in der Reihenfolge, in der sie im Verlaufe der vegetationsgeschichtlichen Entwicklung aufgetreten sind, ihre optimale Entfaltung erreicht haben und dann wieder zurückgegangen sind. Rechts des Hauptdiagramms sind die Anteile der NBP-Werte aufgetragen, wobei die einzelnen Taxa, soweit dies möglich war, zu Gruppen zusammengefasst worden sind.

Zur bessern Gliederung und Erfassung wurde das Diagramm anhand der Pollenspektren in einzelne Diagrammabschnitte (DA) unterteilt. Die äusserste Kolonne rechts vermittelt Hinweise zur zeitlichen Einstufung der vegetationsgeschichtlichen Abschnitte. Diese Zonierung, die im Prinzip auf ¹⁴C-Altersbestimmungen beruht aber gleichzeitig die Zonenbezeichnungen von BLYTT-SERNANDER beibehält, wurde von MANGERUD et al. 1974 vorgeschlagen und von

WELTEN (1982) für unser Gebiet übernommen. Die einzelnen Chronozonen umfassen die in Tabelle 1 aufgeführten Zeitabschnitte. Die angeführten Jahreszahlen sind als Radiokarbonjahre zu verstehen. B. P. bedeutet: before present (vor heute).

Tabelle 1: Übersicht über die Chronozonen (*Mangerud et. al. 1974, Welten 1982*).

	Chronozonen	Jahre B. P.
Postglazial Holozän	Jüngeres Subatlantikum	2 500
	Älteres Subatlantikum	
	Subboreal	5 000
	Jüngeres Atlantikum	8 000
	Älteres Atlantikum	
	Boreal	9 000
	Praeboreal	10 000
Spätglazial Spätwürm	Jüngere Dryaszeit	11 000
	Allerød-Interstadial	12 000
	Ältere Dryaszeit	13 000
	Bølling-Interstadial	
	Älteste Dryaszeit	

Bei unsern Untersuchungen musste die zeitliche Zuordnung der Diagrammabschnitte in Ermangelung von ^{14}C -Datierungen ausschliesslich durch Vergleich der Biozonen (Pollenzonen) und deren Abfolge mit solchen datierter Profile im weitem Umkreis (Lobsigensee: HÄNI 1964, AMMANN et al. 1985) vorgenommen werden. Zur zeitlichen Einstufung haben aber auch undatierte Diagramme aus dem Gebiet des Seelandes (MOECKLI 1952, MATTHEY 1958, 1971, AMMANN-MOSER 1975) wertvolle Anhaltspunkte geliefert.

5. Ergebnisse

Die Bohrstelle unseres Profils, für das wir die Bezeichnung «Pieterlenmoos» gewählt haben, liegt WSW der SBB-Station Pieterlen, in einer Entfernung von rund 1,5 km (Abb. 2). Die Koordinaten lauten 591.130/224.150. Die Profiloberkante liegt in 433,70 m Höhe. Die Probenentnahme erfolgte am 21. April 1976.

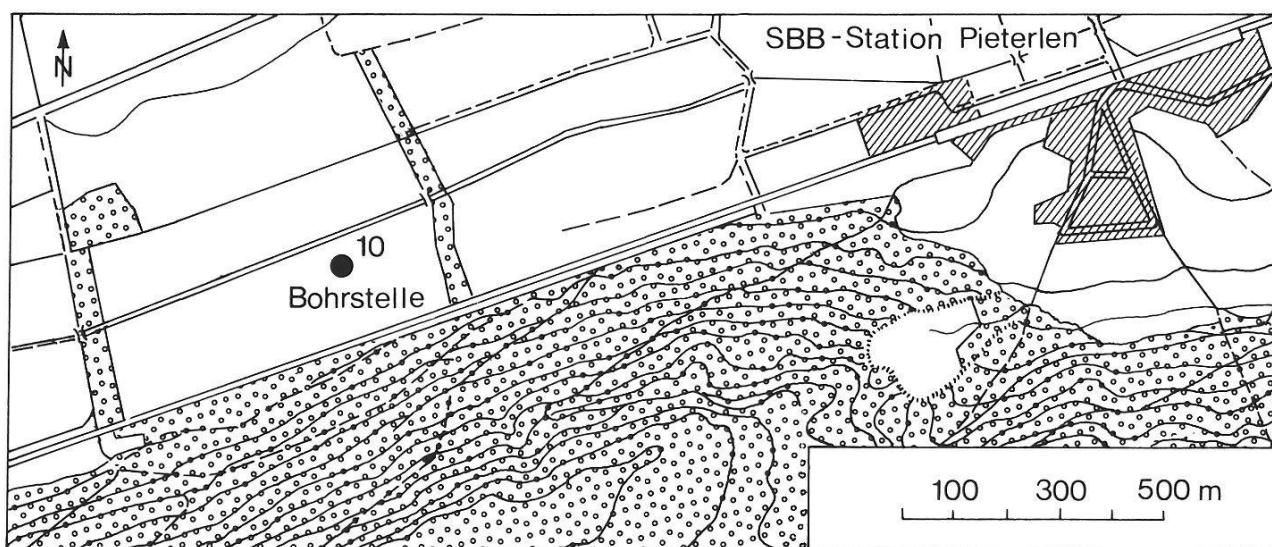


Abbildung 2: Lage des Bohrpunktes im Pieterlenmoos, nach Angaben von Dr. Ch. Schlüchter, ETH, Zürich.

5.1 Stratigraphie des Profils 1b «Pieterlenmoos»

0– 70 cm	humifizierter, stark zersetzter Torf
70– 114 cm	grauer Kalksand
114– 260 cm	ockerfarbener Kalksand, stellenweise mit viel Feinkies
260– 320 cm	grauschwarzer Silt, leicht sandig, mit organischen Resten
320– 470 cm	grauer Silt, leicht sandig, mit organischen Resten
470– 500 cm	leicht sandiger, grauer Silt, seekreideähnlich, mit organischen Resten
500– 520 cm	grauer, leicht sandiger Silt, mit organischen Resten
520– 575 cm	schwarzgrauer, leicht sandiger Silt, mit organischen Resten, von 560 cm weg allmählich in Torf übergehend
575– 650 cm	schwarzbrauner Cyperaceen-Torf
650– 670 cm	siltiger Sand mit organischen Resten
670– 730 cm	sandiger Feinkies mit wenig Silt
730– 820 cm	grauer Sand mit wenig Feinkies
820–1020 cm	sandiger Feinkies
1020–1100 cm	sandiger Silt, stellenweise mit wenig Feinkies
1100–1170 cm	Sand mit wenig Feinkies
1170–1800 cm	grauer, leicht toniger Silt mit wenig Sand, geschichtet
1800–1875 cm	siltiger Sand mit wenig Kies
1875–2030 cm	toniger Silt mit wenig Sand, beige, zwischen 1900–1960 cm grau
2030–2060 cm	grauer siltiger Sand mit wenig Kies
2060–2350 cm	toniger Silt mit wenig Sand, stellenweise feinkiesige Lagen, geschichtet, beige

Nach den Untersuchungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik der ETH Zürich sind die Sedimente vorwiegend in einem stehenden Gewässer abgelagert worden.

5.2 Vegetationsgeschichte

Das ganze Profil wurde vorerst in Probeabständen von 20 bis 30 cm pollenanalytisch untersucht; dabei erwiesen sich die Sedimente des Profilabschnittes von 700 bis 1020 cm als sehr pollenarm. Zudem war der Pollen schlecht erhalten. Demgegenüber wiesen die Sedimente des Profilabschnittes von 1020 bis 2350 cm eine höhere Pollenkonzentration auf, doch zeigten die Pollenspektren eine Zusammensetzung, die vorläufig noch schwierig zu deuten ist. Sicher ist in diesem Abschnitt mit grösseren Umlagerungen zu rechnen. Wir sehen daher von der Darstellung dieser Ergebnisse ab und beschränken uns im folgenden auf den Profilabschnitt von 30 bis 680 cm. Was die Problematik der Interpretation von Pollendiagrammen betrifft, sei auf die kritischen Anmerkungen in WELTEN (1982, S. 21–22) verwiesen.

Pollendiagramm Pieterlenmoos, Diagrammabschnitte (DA) 1–11, Abb. 3

DA 1: *Birken-Sanddorn-Wacholder-Phase*

Beträchtliche Birken-Anteile, erhöhte Werte von Sanddorn und Wacholder bei noch recht hohen NBP-Werten lassen auf eine offene, zwergstrauchreiche Birken-Parktundra schliessen, wie sie im Mittelland zur Zeit des Bølling-Interstadials weithin verbreitet war. Die drei Pollenspektren widerspiegeln allerdings nur eine kurze Phase aus dem klimatisch bereits recht günstigen Zeitabschnitt. Im Becken des Pieterlenmooses werden vorwiegend siltige Sande mit Feinkies abgelagert.

DA 2: *Kiefern-Phase mit Birken*

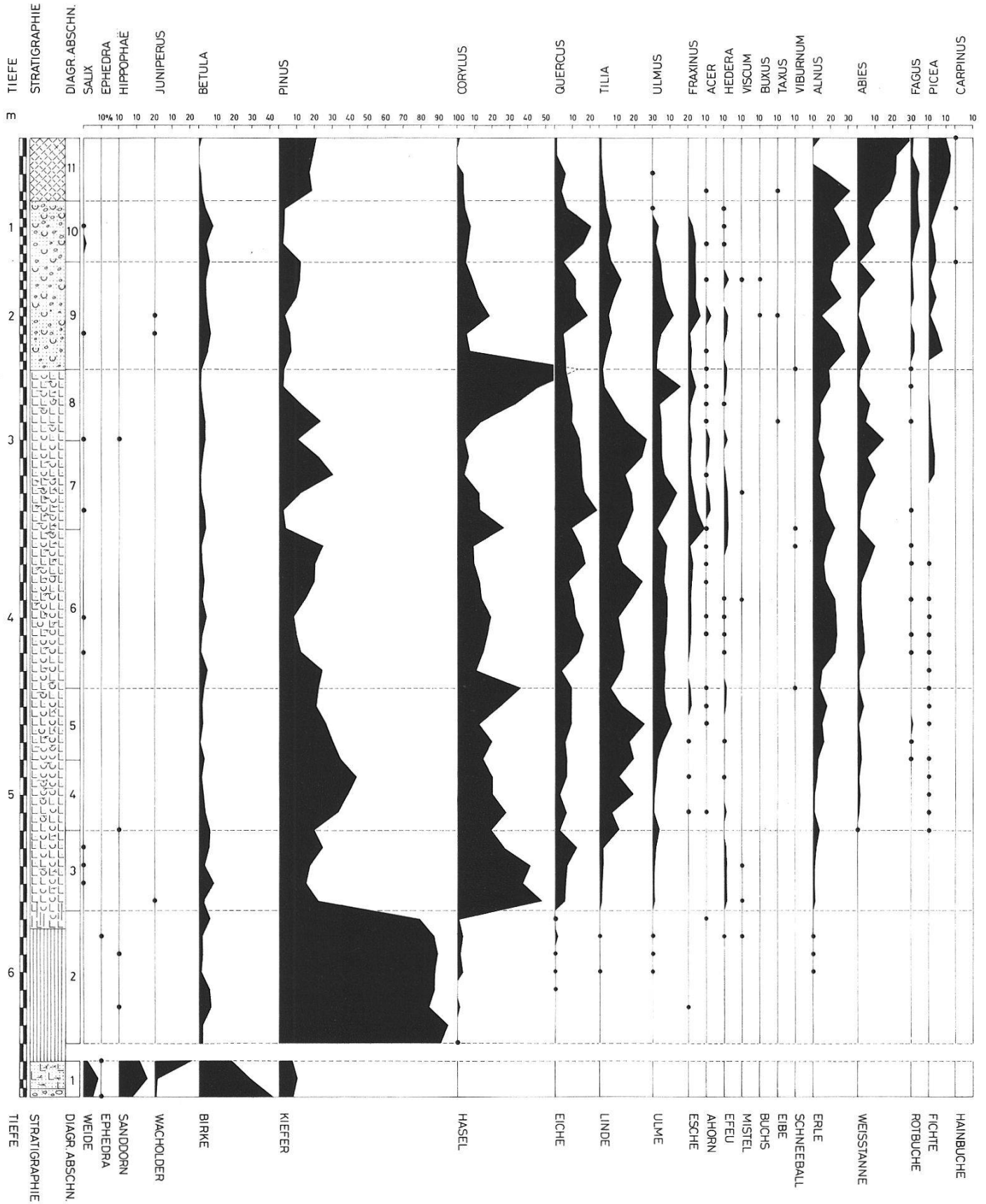
Zur Zeit der Ablagerung des schwarzbraunen Cyperaceen-Torfes herrschen am Jurahang sowie an den Hängen des Büttenberges ausgedehnte Kiefern-Wälder vor. Auf feuchtern Plätzen finden sich Birken-Bestände. Der Abschnitt ist aufgrund der Pollenspektren und der Diagrammlage ins Präboreal zu stellen. Es ist allerdings zu erwägen, ob durch die Pollenspektren in 650 bis 670 cm Tiefe nicht der klimatische Rückschlag der Jüngern Dryaszeit abgebildet sei, der in Diagrammen von Profilen tiefer Lagen meistens nur schwach abgehoben ist. Aufgrund der Zusammensetzung der Pollenspektren (Zwergsträucher, NBP) ist diese Zuordnung jedoch auszuschliessen.

Daraus folgt, dass zwischen den siltigen Sanden mit Feinkies im Liegenden (DA 1) und der Torfschicht (DA 2) eine bedeutende Schichtlücke (Hiatus) besteht, was auch aus der sprunghaft veränderten Zusammen-

PIETERLENMOOS

ROTATIONSKERNBOHRUNG HYDROGEO 29.3. - 22.4.1976. KOORD. 591.130 / 224.150, 433.5m

BAUM- UND STRAUCHPOLLEN



-  SANDIGER FEINKIES
-  SILTYGER SAND MIT WURZELRESTEN
-  SEGSENTORF
-  KALKHALTIGER SILT
-  KALKSAND MIT FEINKIES

HAUPTDIAGRAMM
Σ BP + Σ NBP = 100%

NICHTBAUMPOLLEN
PFLANZEN UNTERSCHIEDL. ÖKOLOGIE

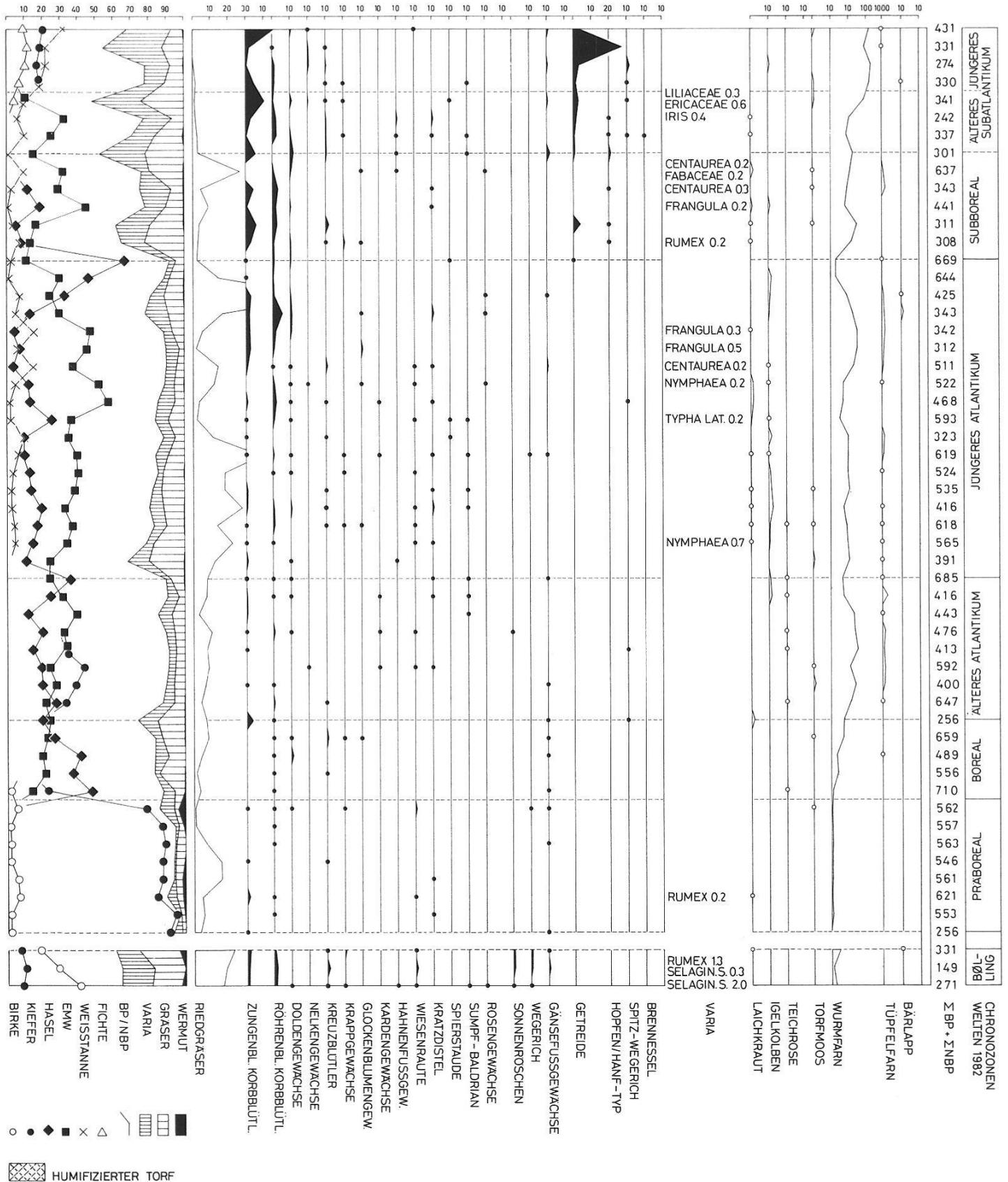
SIEDLUNGS-
ZEIGER

SPOREN
WASSER-
PFLANZEN

- BETULA
- PINUS
- ◆ CORYLUS
- EMW
- × ABIES
- △ PICEA
- ◁ BP/NBP
- ▨ VARIA
- ▩ POACEAE
- ▧ ARTEMISIA
- ▦ CYPERACEAE

- CICHOIACEAE
- ASTERACEAE
- APIACEAE
- CARYOPHYLLACEAE
- BRASSICACEAE
- RUBIACEAE
- CAMPANULACEAE
- DIPSACACEAE
- RANUNCULACEAE
- THALICTRUM
- CIRSIUM
- FILIPENDULA
- VALERIANA DIOECA
- ROSACEAE
- HELIANTHEMUM
- PLANTAGO SPEC.
- CHENOPODIACEAE
- CEREALIA
- HUMULUS/CANNABIS
- PLANTAGO LANC.
- URTICA

- VARIA
- POTAMOGETON
- SPARGANIUM
- NUPHAR
- SPHAGNUM
- DRYOPTERIS
- POLYPODIUM
- LYCOPODIUM
- Σ BP + Σ NBP
- CHRONOZONEN
WELTEN 1982



setzung des Pollenspektrums des untersuchten Horizontes in 640 cm Tiefe gegenüber den darunter liegenden hervorgeht. Dieser Hiatus umfasst die Perioden des Allerød-Interstadials und der Jüngern Dryaszeit, erstreckt sich also über einen Zeitraum von rund 2000 Jahren (12.000 B. P. bis 10.000 B. P.).

DA 3: *Hasel-Phase mit wärmeliebenden Laubbäumen*

Der Übergang vom Präboreal zum Boreal ist durch eine kräftige Ausbreitung der Hasel bei gleichzeitigem Rückgang der Kiefer gekennzeichnet. Von den Laubbäumen des Eichenmischwaldes (EMW) breiten sich vorerst die Eiche aus, am Ende des Abschnittes ebenfalls Linde und Ulme und erneut auch die Kiefer. In diesen Laubmischwaldbeständen tritt nun regelmässig die baumkletternde Form des Efeus auf und vereinzelt auch die Mistel. Beide belegen durch ihr Auftreten, dass die thermischen Verhältnisse der Gegend bereits recht günstig geworden sind (IVERSEN 1944). Der Wechsel von rein organogener zu minerogener Ablagerung zwischen 575 cm und 560 cm vollzieht sich nicht abrupt sondern kontinuierlich.

DA 4 und 5: *Eichenmischwald-Phase mit Kiefer und Hasel*

Im Seebecken hält die Ablagerung von leicht sandigem Silt an. Vorübergehend kommt es auch zur Ablagerung seekreideähnlicher Sedimente (470 bis 500 cm). Wenn auch zu Beginn dieser klimatisch recht günstigen Zeit sich der Kiefern-Vorstoss noch fortsetzt (DA 4), herrschen nun an den Talflanken doch weithin Eichenmischwälder mit recht hohen Linden(!) und Hasel-Anteilen vor (DA 5). Erstmals treten Erlen in den Niederungen stärker in Erscheinung. Geringe NBP-Anteile lassen auf dichten Waldschluss schliessen. Auffällig ist die kräftige Ausbreitung der Farne. Die Grenze Boreal/Atlantikum wurde dort angesetzt, wo die geschlossene Weisstannen-Kurve beginnt. Sie wurde somit gegenüber meiner frühern Publikation (WEGMÜLLER 1980, ohne Diagramm) leicht nach unten verschoben.

DA 6–8: *Eichenmischwald-Phase mit Weisstanne und Hasel*

Im Jüngern Atlantikum dominiert der Eichenmischwald weiterhin in der Gegend des Pieterlenmooses, wobei Eiche, Linde und Ulme ihre optimale Entfaltung erreichen. Die Weisstanne tritt nun stärker in Erscheinung, bleibt aber von untergeordneter Bedeutung. Der Pollen der Buche ist vorerst nur in Spuren nachzuweisen. Die Zunahme von Esche und Erle mag gegenüber dem vorangehenden Abschnitt auf feuchter gewordene Verhältnisse hinweisen. Es kann sich aber wie bei der zweimaligen starken Ausbreitung der Cyperaceen (DA 6 und 8) auch nur um eine lokale Erscheinung handeln. Die sehr starke Ausbreitung der Hasel (DA 8) am Schluss des Abschnittes dürfte mit menschlichen Eingriffen in die

Wälder (Rodungen) zu Beginn des Neolithikums in Zusammenhang stehen. Eine ähnliche Entwicklung in Verbindung mit Landnahme wies AMMANN (1985) auch am Lobsigensee nach.

DA 9 und 10: *Eichenmischwald-Weisstannen-Phase mit Siedlungszeigern*

Der klar abgehobene Wechsel von grauschwarzem Silt zu ockerfarbenem Kalksand mit Feinkies weist auf erheblich veränderte Sedimentationsverhältnisse im See hin. Vom Büttenberg aber auch vom Jura (Schüss) her wird grobkörniges Material geschüttet. Es fällt auf, dass dieser Wechsel dort eintritt, wo erste menschliche Eingriffe festzustellen sind, grössere Rodungen zu erhöhter Erosion und gesteigerter Flussaktivität geführt haben (FRENZEL 1979). Parallel zu diesem ausgeprägten Sedimentwechsel ändern auch die Pollenspektren. Mit grosser Wahrscheinlichkeit liegt in 260 cm Tiefe ein Hiatus vor. Die Interpretation der beiden Diagrammabschnitte ist insofern schwierig, als erhöhte Einschwemmungen wahrscheinlich zu leicht gestörten Sedimentationsverhältnissen geführt haben.

Die Pollenspektren beider Abschnitte, die wir dem Subboreal und dem Ältern Atlantikum zuordnen, sind durch erhöhte NBP-Werte und das sporadische Auftreten von Rodungszeigern gekennzeichnet. Der Eichenmischwald behält trotz des Rückgangs der einzelnen Baumarten weiterhin seine dominierende Stellung bei. Die erhöhten Erlen-Werte dürften auf feuchter gewordene Verhältnisse hinweisen.

Weisstanne und Fichte bleiben im Waldbild von untergeordneter Bedeutung. Sehr merkwürdig mutet an, dass die Buche, die im subborealen Abschnitt von Profilen des Mittellandes wie z. B. in jenen vom Lobsigensee (HÄNI 1964, AMMANN et al. 1985) eine bedeutende Stellung einnimmt, hier nur knapp in Erscheinung tritt. Die Grenze Subboreal/Älteres Atlantikum ziehen wir dort, wo die Hainbuche erstmals in Spuren nachzuweisen ist, die geschlossene Getreidekurve (*Triticum*) einsetzt (Hallstattzeit?) und die Weisstanne sich auszubreiten beginnt. In 80 cm Tiefe ist Roggen-Pollen (*Secale*) (Römerzeit?) erstmals nachzuweisen. Demgegenüber konnte der Pollen des Walnussbaumes (*Juglans*) nicht festgestellt werden.

DA 11: *Weisstanne-Kiefern-Fichten-Phase*

Über den ockerfarbigen Sanden, die während langer Zeit eingeschwemmt worden sind, bildet sich als Abschluss der Beckenfüllung ein Torf, der heute stark humifiziert ist. Die Pollenkurven zeigen einen ausgeglichenen Verlauf. Wohl als Folge massiver menschlicher Einflussnahme treten nun Weisstanne, Kiefer und Fichte verstärkt auf, während der Eichenmischwald rasch an Bedeutung verliert. Die starke Zunahme der Getreide-Anteile weist auf intensivierten Ackerbau hin (Mittelalter?).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Pollendiagramm «Pieterlenmoos» – vom untersten Profilabschnitt DA 1 abgesehen – die Grundzüge der vegetationsgeschichtlichen Entwicklung der Gegend vom Präboreal bis zum Jüngern Subatlantikum wiedergibt. Während des Präboreals herrschten Kiefernwälder und kleinere Birken-Bestände vor, im Boreal Hasel- und Eichenmischwaldbestände. Vom Ältern Atlantikum bis zum Jüngern Subatlantikum ist eine ausgeprägte Dominanz des Eichenmischwaldes nachzuweisen. Weiss-tanne, Fichte und Buche blieben in diesen Zeitabschnitten von untergeordneter Bedeutung. Die späte Ausbreitung von Weisstanne, Kiefer und Fichte im Jüngern Subatlantikum dürfte auf menschliche Einflussnahme zurückzuführen sein.

Vom Boreal weg bis zum Jüngern Subatlantikum überwiegt im Becken des Pieterlenmooses die Sedimentation allochthonen Materials (Silt, Sand) aus der näheren und weiteren Umgebung. Vom Subboreal weg ist eine intensivierete Ablagerung festzustellen, die mit grosser Wahrscheinlichkeit auf menschliche Einflussnahme (Rodungen, Landnahme) zurückzuführen ist. Torfe wurden im Verlaufe des Präboreals und des Jüngern Subatlantikums abgelagert.

5.3 Seespiegelschwankungen

Die in der Tiefe von 5,75 bis 6,50 m nachgewiesene Torfschicht (DA 2) des Profils «Pieterlenmoos» liegt auf 427,0 bis 427,75 m Meereshöhe, also rund 2 m unter dem heutigen Seespiegel (429 m) des Bielersees. Nach den vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen ist sie im Verlaufe des Präboreals (10.000 B. P. bis 9.000 B. P.) abgelagert worden. Zwischen den siltigen Sanden im Liegenden (DA 1) und der Torfschicht im Hangenden (DA 2) besteht, wie bereits dargelegt, ein Hiatus, der zumindest einen Zeitabschnitt von 2000 Jahren umfasst. Der Torf liegt direkt den siltigen Sanden auf. Im Liegenden des Torfes konnten keine Sedimente aus ufernahen Verlandungszonen (Seekreide, Kalkgyttja, Detritusgyttja) festgestellt werden. Der Torfablagerung muss eine Absenkung des Seespiegels vorausgegangen sein, und es ist nicht auszuschliessen, dass der Hiatus mit dieser Absenkung in ursächlichem Zusammenhang steht. Als Mindestmass für die Absenkung betrachten wir die Höhe der Basis der Torfschicht (427,0 m). Während der Torfbildung stieg der Seespiegel an. Über das Ausmass dieses Anstiegs können keine genauen Angaben gemacht werden, da die Torfschicht durch die nachfolgende Auflagerung von Silt und Sand gepresst worden ist. Am Ende des Präboreals (9.000 B. P.) wurde die Torfbildung durch Überflutung und Ablagerung von Silten, die sich durchs Boreal fortsetzten (DA 3), unterbrochen. Ein weiterer Anstieg des Seespiegels ist im Ältern Atlantikum (DA 4 und 5) erfolgt, finden sich doch in der Tiefe von 4,70 bis 5,0 m (428,5 bis 428,8 m ü. M.) seekreideähnliche Ablagerungen. Wir wissen zwar nicht, bei welcher mi-

nimalen Seetiefe Seekreide noch zur Ablagerung gelangt. Nach vorsichtigen Schätzungen dürfte der Seespiegel jedoch zumindest in 429,0 bis 429,5 m Höhe ü. M. gelegen haben.

MOECKLI veröffentlichte 1952 zwei Pollendiagramme von Profilen des SE Biel gelegenen Brüggmooses. In beiden findet sich – nach unserer Auffassung – die vegetationsgeschichtliche Entwicklung vom Allerød-Interstadial bis zum Beginn des Boreals wiedergegeben. Der im Profil «Pieterlenmoos» festgestellte Hiatus fehlt hier. Hingegen setzt in Übereinstimmung mit unsern Befunden im Präboreal Torfbildung ein (MOECKLI 1952, S. 37 und 39). Im Profil des Bohrpunktes II findet sich zu Beginn des Boreals ebenfalls eine Überlagerung des Torfes durch Tone. Leider fehlt bei beiden Profilen ein genaues Nivellement.

Nach LÜDI (1935) stand der Seespiegel des Neuenburgersees zu Beginn der Föhrenzeit (Allerød) auf einem tiefen Niveau. Hierauf stieg er an, und es kam bis zum Beginn der Haselzeit (Boreal) im östlichen Teil des Grossen Mooses zu ausgedehnter Torfbildung, hierauf soll zufolge einer Senkung des Seespiegels ein Stillstand eingetreten sein. Nach LÜDI ist am Ende der Haselzeit und zu Beginn der Eichenmischwaldzeit (Älteres Atlantikum) ein weiterer Seespiegelanstieg erfolgt, der zu erneuter Torfbildung geführt hat.

AMMANN-MOSER (1975) konnte am Heidenweg, an der bei der ersten Jura-gewässerkorrektur (1872–1874) trocken gefallen Landbrücke zwischen Er-lach und St. Petersinsel anhand von Reihenprofilen, die sie pollenanalytisch untersucht hat, eine grosse Schichtlücke feststellen. Der Hiatus setzt in den höher gelegenen Profilen im Allerød-Interstadial ein, in tiefern in der Jüngern Dryas-zeit. Der Wiederbeginn der Sedimentation erfolgte im tiefstgelegenen Profil am Ende des Jüngern Atlantikums, in den höher gelegenen etwas später. AMMANN-MOSER (1975) folgerte daraus, dass im ausklingenden Spätglazial eine massive Absenkung des Seespiegels erfolgt sei, am Ende des Jüngern Atlantikums und im Subboreal ein bedeutender Anstieg. LIESE-KLEIBER (1977b) stellte bei vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen in Yverdon in Übereinstimmung mit den Befunden von AMMANN-MOSER ebenfalls einen vom Präboreal bis ins Jüngere Atlantikum reichenden Hiatus fest. Sie betont jedoch, dass daraus nicht auf einen ausdauernden Sedimentationsstillstand geschlossen werden dürfe; vielmehr hätten mehrmalige Wechsel zwischen Akkumulation und Erosion im Zuge der Seespiegelschwankungen den grossen Hiatus an der Untersuchungsstelle verursacht.

Später hat AMMANN (1982) ihre Untersuchungen durch Analyse eines weitem Profils vom Heidenweg (13 A) sowie unter Einbezug von Befunden vom Nord-ufer des Bielersees (Twann 611/E und Tüscherz Bi 9) ergänzt. Sie kommt dabei zum Schluss, dass die markante Absenkung des Seespiegels am Bielersee wahr-scheinlich nicht im 9., sondern erst im 6. Jahrtausend v. Chr. erfolgt sei, und dies möglicherweise in Stufen (AMMANN 1982, S. 102, Abb. 2).

GAILLARD (1985) vermittelt eine vergleichende Übersicht zum Problem der postglazialen Seespiegelschwankungen in Skandinavien und Zentraleuropa. Ihren Ausführungen zufolge sollen in bezug auf das frühe Holozän insbesondere die Perioden von 10.000 bis 9.500 B. P. und 8.500 bis 8.000 B. P. durch tiefe Seespiegelstände gezeichnet gewesen sein.

5.4 Diskussion

Die Ergebnisse der bisherigen ausgedehnten Untersuchungen zeigen, dass das Problem der Seespiegelschwankungen im schweizerischen Seeland sehr komplex ist. Dies mag damit zusammenhängen, dass hier während des Spät- und Postglazials enorme Akkumulations- und Erosionsvorgänge stattgefunden haben. Die zahlreichen Seespiegelschwankungen sind wahrscheinlich in erster Linie auf diese Vorgänge zurückzuführen.

Unsere vegetationsgeschichtlichen und palynostratigraphischen Untersuchungen am Profil «Pieterlenmoos» zeigen in verschiedenen Bereichen Übereinstimmung mit Ergebnissen früherer Untersuchungen. Dem Zeitabschnitt des Präboreals ging eine Periode voraus, die durch tiefe Seespiegelstände gekennzeichnet war. Während des Präboreals hat im Gebiet des Seelandes bei steigendem Seespiegel eine ausgedehnte Torfbildung stattgefunden, die zu Beginn des Boreals ihren Abschluss fand. Im Ältern Atlantikum ist ein weiterer Seespiegelanstieg erfolgt. Für die Zeit des Boreals konnte bei unsern Untersuchungen hingegen keine Seespiegelabsenkung nachgewiesen werden, und es fehlen auch Anzeichen für einen sehr langen Hiatus, wie er im Gebiet des Heidenweges (AMMANN-MOSER 1975, AMMANN 1982) und in Yverdon (LIESE-KLEIBER 1977b) für das Postglazial nachgewiesen worden ist. Im Gegensatz dazu zeigt das Profil «Pieterlenmoos», von kleineren Hiaten abgesehen, die gesamte postglaziale Vegetationsgeschichte kontinuierlich auf. Dies legt den Schluss nahe, dass das Becken des Pieterlenmooses bereits im frühen Postglazial durch das Schüss-Delta vom Bielersee abgeschnürt worden ist und dann durch kontinuierliche Aufschüttung und abschliessende Torfbildung verlandete.

Zusammenfassung

Ein Profil aus dem im NE von Biel gelegenen Pieterlenmoos (Abb. 1 und 2) wurde pollenanalytisch untersucht. Das Pollendiagramm (Abb. 3) gibt die Grundzüge der postglazialen Vegetationsgeschichte der Gegend wieder. Im Verlaufe des Präboreals wurde bei steigendem Seespiegel eine Torfschicht abgelagert, deren Bildung zu Beginn des Boreals zum Stillstand kam. Die Korrelierung dieser frühholozänen Seespiegelschwankung mit den aus dem Gebiet bereits bekannten Schwankungen wird diskutiert.

Résumé

Le diagramme pollinique (Fig. 3) du Pieterlenmoos (Fig. 1 et 2) reflète les traits essentiels de l'histoire de la végétation postglaciaire de la région. Au cours du Préboréal, une couche de tourbe s'est déposée lors d'une montée du niveau du lac; la formation de cette tourbe a cessé au début du Boréal.

La variation du niveau du lac, datée du début de l'Holocène, est comparée à celles déjà connues de la région.

Literatur

- AMMANN-MOSER, B. (1975): Vegetationskundliche und pollenanalytische Untersuchungen auf dem Heidenweg im Bielersee. Beitr. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz 56.
- AMMANN, B. (1977): Pollenanalytische Untersuchungen in den nachneolithischen Sedimenten der Ufersiedlung Twann. In: Ammann, B., Furger, A. R., Joos, M., Liese-Kleiber, H. (1977): Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann. Staatl. Lehrmittelverlag Bern, Band 3, 79–85.
- Säkulare Seespiegelschwankungen: wo, wie, wann, warum? Mitt. Natf. Ges. Bern N. F. 39, 97–106.
- AMMANN, B. et al. (Autorengruppe) (1985): Lobsigensee – Late-Glacial and Holocene environments of a lake on the Central Swiss Plateau. Diss. Bot. 87, 127–170.
- ANTENEN, F. (1936): Geologie des Seelandes. Verlag der Heimatkundekommission, Biel.
- BÄRTSCHI, E. (1913): Das westschweizerische Mittelland. Versuch einer morphologischen Darstellung. Neue Denkschriften der Schweiz. Natf. Ges. 47 (2), 153–309.
- FAVRE, A. (1883): Sur l'ancien lac de Soleure. Arch. sc. phys. nat. X, 607 (Genève).
- FISCHER, H. (1963): Dr. med. Johann Rudolf Schneider, Retter des westschweizerischen Seelandes. Haupt, Bern.
- FRENZEL, B. (1979): L'homme comme facteur géologique en Europe. Bull. Ass. fr. pour l'étude du Quaternaire, 191–199.
- FURGER, A. R. (1977): Archäologischer Teil. In: Ammann, B., Furger, A. R., Joos, M., Liese-Kleiber, H. (1977): Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann. Staatl. Lehrmittelverlag Bern, Band 3, 11–35.
- GAILLARD, M. J. (1985): Postglacial palaeoclimatic changes in Scandinavia and central Europe. A tentative correlation based on studies of lake level fluctuations. Ecologia Mediterranea Tome XI (Fasc. 1), 159–175.
- GUTERSOHN, H. (1968): Mittelland, Geographie der Schweiz, Band III, Kümmerly und Frey, Bern.
- HÄNI, R. (1964): Pollenanalytische Untersuchungen zur geomorphologischen Entwicklung des bernischen Seelandes um und unterhalb Aarberg. Mitt. Natf. Ges. Bern N. F. 21, 75–97.
- HANTKE (1980): Eiszeitalter, Band 2. Ott Verlag, Thun.
- HEGG (1980): Die heutige Pflanzenwelt der Region Biel. In: Aerni, K.: Die Region Seeland. Jahrbuch der Geograph. Ges. v. Bern, 53/1977–79, 43–70.
- IVERSEN, J. (1944): *Viscum*, *Hedera* and *Ilex* as Climatic Indicators. Geol. Förh. 66, 463–483.
- LIESE-KLEIBER, H. (1977a): Der pollenanalytische Befund beim Einbaum. In: Ammann, B., Furger, A. R., Joos, M., Liese-Kleiber, H.: Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann. Staatl. Lehrmittelverlag Bern, Band 3, 41–48.
- (1977b): Pollenanalytische Untersuchungen der spätneolithischen Ufersiedlung Avenue des Sports in Yverdon am Neuenburgersee. Jahrb. Schweiz. Ges. Ur- und Frühgesch. 60, 7–41.
- LÜDI, W. (1935): Das grosse Moos im westschweizerischen Seeland und die Geschichte seiner Entstehung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, 11, Bern.

- MANGERUD, J., ANDERSON, S. T., BERGLUND, B. E. und DONNER, J. (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 7, 109–128.
- MATTER, A. und STURM, M. (1982): Sedimentologische Untersuchungen in den grossen Berner Seen: Briener-, Thuner- und Bielersee. *Mitt. Natf. Ges. Bern N. F.* 39, 59–73.
- MATTHEY, F. (1958): Contribution à l'étude de la végétation postglaciaire de l'étage inférieure du canton de Neuchâtel. *Bull. soc. neuch. sci. nat.* 87, 113–118.
- (1971): Contribution à l'étude de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation dans le Jura central. *Beitr. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz.* 53.
- MOECKLI, B. E. (1952): Beiträge zur Kenntnis der Vegetationsgeschichte der Umgebung von Bern unter besonderer Berücksichtigung der Späteiszeit. *Beitr. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz* 32.
- MÜHLBERG, F. (1910): Bemerkungen über den diluvialen See von Solothurn. *Eclogae Geol. Helv.* 11, 732–733.
- MÜLLER, R. (1973): Über die Wasserstände der Juraseen. In: Schwab, H.: Die Vergangenheit des Seelandes in neuem Licht. Freiburg.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1979): Übertiefte Talabschnitte im Berner Mittelland zwischen Alpen und Jura (Schweiz). – *Eiszeitalter und Gegenwart* 29, 101–113.
- WEGMÜLLER, S. (1980): Grundzüge der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte des Seelandes. In: Aerni, K.: Die Region Seeland. *Jahrbuch der Geograph. Ges. v. Bern*, 53/1977–79, 27–40.
- WELTEN, M. (1982): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis. *Denkschr. Natf. Ges.* 95, Birkhäuser, Basel.
- WOHLFAHRT, B. (1985): Stop 6: Frieswil/Frienisberg. Excursion Guide, INQUA Eurosiberian Subcommission for the Study of the Holocene, Symposium in Switzerland 24 June–1 July. *Systemat.-Geobot. Inst., Universität Bern*, S. 54.
- ZIMMERMANN, H. W. (1963): Die Eiszeit im westlichen zentralen Mittelland (Schweiz). *Mitt. Natf. Ges. Solothurn* 21, 3–143.