

Palynostratigraphische Untersuchungen an letztinterglazialen Schieferkohlen von Schweinbrunnen im nördlichen Napfvorland (Schweizerisches Mittelland)

SAMUEL WEGMÜLLER*

Riss/Würm interglacial, vegetation history, paleoclimatic changes, lignite, Swiss Plateau

Kurzfassung: Auf der südwestlich des Städtchens Huttwil (Schweizerisches Mittelland) gelegenen Terrasse von Schweinbrunnen wurde mit einer Rotationskernbohrung ein 11,60 m langes Profil mit Schieferkohleflözen gewonnen und pollenanalytisch untersucht. Dabei wurde ein nahezu vollständiges Interglazial erfaßt, das aufgrund palynostratigraphischer Befunde dem letzten Interglazial (Riss/Würm) zuzuordnen ist. Zwei fragmentarische Sequenzen aus Sedimenten im Hangenden der Schieferkohlen zeigen kurze Ausschnitte aus *Pinus/Picea*-Interstadialen. Die Ablagerung der Schieferkohlen setzte kurz nach dem Beginn der *Abies*-Phase ein und kam am Ende des Interglazials zum Stillstand. Die frühen Phasen des Interglazials waren durch starke Erosions- und Akkumulationsvorgänge gekennzeichnet. Größere Abtragungsvorgänge fanden ebenfalls während der *Abies*-Phase und am Übergang zur nachfolgenden Kaltzeit (Würm) statt.

[Palynostratigraphic investigations on lignites deposited during the last interglacial period in the area situated north of the Napf mountain (Swiss Plateau)]

Abstract: In the lignite area of Schweinbrunnen situated southwest to the small town of Huttwil (Swiss Plateau) a coring was carried out. The 11,60 m long core was studied by means of pollen analysis in order to provide information about the vegetation history, the paleoclimatic changes and the lignite deposition during this period. The pollen sequence covers the vegetation history of a nearly complete interglacial period, which corresponds to the Riss/Würm interglacial. Two fragmentary sequences from sediments above the lignites reveal parts of *Pinus/Picea* interstadials. The deposition of lignites started shortly after the expansion of *Abies* and ceased at the end of the interglacial. The early phases of the last interglacial period were characterized by strong erosion and accumulation. Phases of erosion took also place during the *Abies* period and during the transition from the interglacial to the glacial period.

1 Einleitung

Das zwischen den Bächen Langete und Wigger gelegene nördliche Vorland des Napfmassivs (Schwei-

zerisches Mittelland) blieb nach Ansicht der Geologen während der letzten Eiszeit unvergletschert, was in der glazialmorphologischen Karte „Die Schweiz zur letzten Eiszeit“ von IMHOF (1965: Tafel 6) klar zum Ausdruck kommt. Im NW stieß der würmzeitliche Solothurner Arm des Rhonegletschers bis in die Gegend von Oberbipp, Bannwil und Thunstetten vor, während im NE der Suhrental-Lobus des Aare/Reussgletschers bis in die Gegend von Staffelbach und ins Becken des Wauwilermooses reichte. Den geologischen Sockel des nördlichen Napfvorlandes bilden Schichten der Oberen Meeres- und der Oberen Süßwassermolasse. Das Landschaftsbild ist durch leicht gewellte Plateaurücken und breite Sohlentäler gekennzeichnet. Auf den Plateaus liegt risszeitliche Grundmoräne, deren Böden tief entkalkt sind (MEYER 1949: 204, 205).

Der Umstand, daß dieses Gebiet während der letzten Eiszeit von den Gletschern nicht überfahren worden ist, dürfte mit ein Grund sein, warum hier letztinterglaziale und interstadiale Ablagerungen besser erhalten geblieben sind als im glazialen Bereich.

In der Randtalung des Napfmassivs, die sich von Ramsei über Sumiswald, Weier, Huttwil und Willisau bis Wolhusen erstreckt, finden sich zwischen Huttwil und Zell (Abb. 1) die größten Schieferkohlevorkommen, die bisher im Gebiet der Schweiz festgestellt worden sind. Sie liegen bei der Haltestelle Gondiswil in 618 - 641 m Höhe und steigen in den Talflanken bis auf 660 m Höhe an (GERBER 1923). Die Flöze erreichen im Durchschnitt eine Mächtigkeit von 3,0 - 4,5 m. Sie wurden in den Jahren 1917 - 1920 und dann wiederum von 1940 - 1946 wegen der kriegsbedingten Brennstoffknappheit intensiv abgebaut.

Im Zuge der zweiten Abbauperiode führte LÜDI (1953: 44-67) erstmals pollenanalytische Untersuchungen an einzelnen Flözen durch. Später nahm der Autor der vorliegenden Arbeit die palynostratigraphischen Untersuchungen an den Ligniten erneut auf (WEGMÜLLER 1992). Anhand der Analyse von drei Profilen (Gondiswil-Mühle, Gondiswil-Seilern

*) Anschrift des Verfassers: Prof. em. Dr. S. WEGMÜLLER, Zelgli 42, CH-3322 Mattstetten, Schweiz
(früher Systematisch-Geobot. Institut, Universität Bern)

und Beerenmösli) gelang es, drei sehr lange vegetationsgeschichtliche Sequenzen nachzuweisen, die den Zeitraum vom Spätziss über das Riss/Würm-Interglazial und drei Frühwürm-Interstadiale bis zum Mittelwürm umfassen.

Nun wurden bereits während der ersten Abbauperiode (1917 - 1920) zum Zwecke der Abklärung wei-

terer abbauwürdiger Flöze auch im Gebiet von Huttwil - Dürrenroth - Hüserenmoos, das im nordwestlichen Teil dieser Randtalung liegt, Probesondierungen durchgeführt. Dabei zeitigten allerdings nur die im Gebiet von Schweinbrunnen (Abb. 1) ausgeführten Sondierungen größere Lignitvorkommen.

Es lag nun nahe, die palynostratigraphischen Unter-

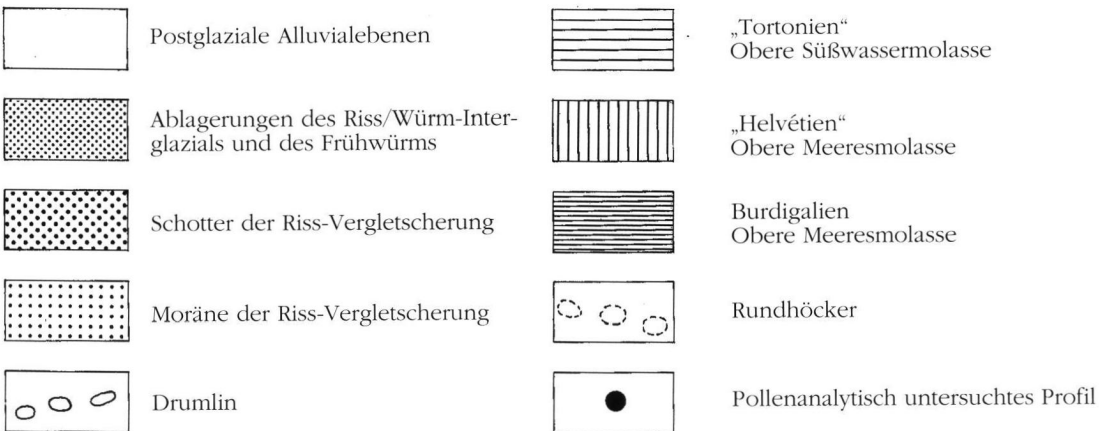
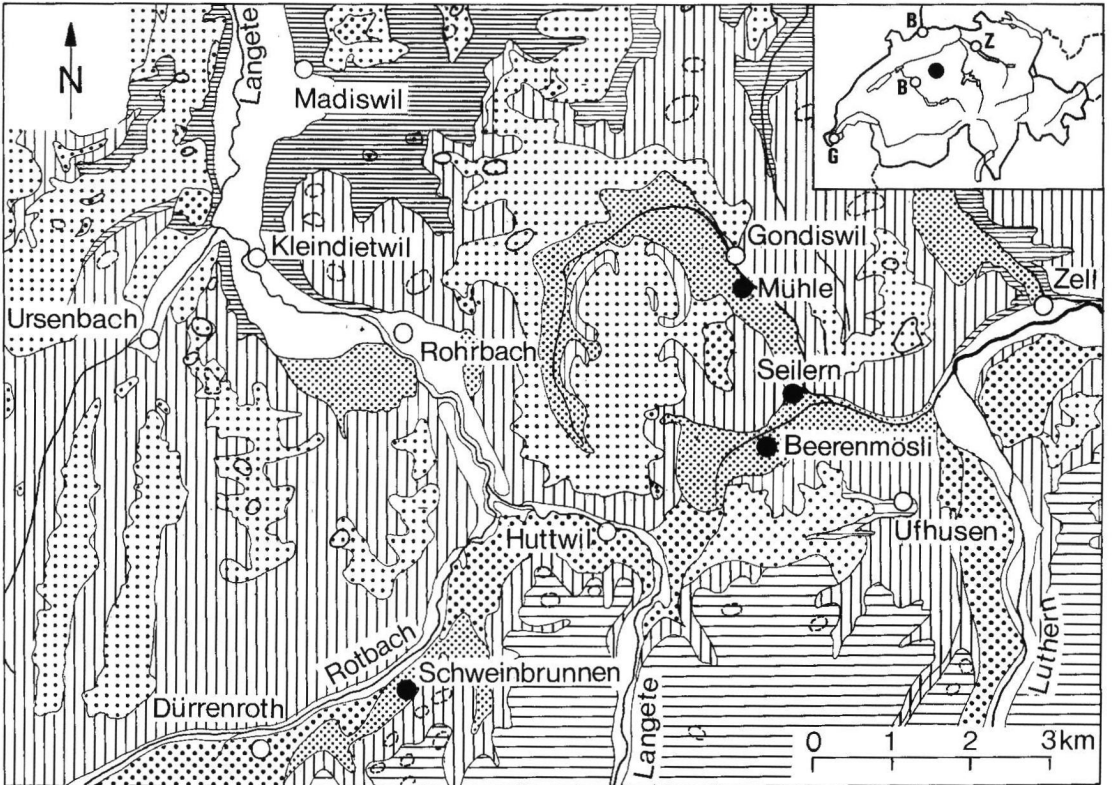


Abb. 1: Geologische Übersicht des nördlichen Napfvorlandes (Schweizerisches Mittelland), nach GERBER & WANNER (1984), leicht verändert.

Fig. 1: Geological map of the region located north of the Napf mountain (Swiss Plateau), after GERBER & WANNER (1984), slightly modified.

suchungen auch auf diese Ablagerungen auszudehnen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die Biostratigraphie dieser Lignite zu klären und sie zeitlich einzustufen. Ferner stellte sich die Frage, unter welchen paläoklimatischen Bedingungen diese Lignite abgelagert worden sind.

Der Schweizerische Nationalfonds hat die Untersuchungen durch Übernahme der Kosten für die Rotationskernbohrung und die Gewährung einer Teilassistenz für Laborarbeiten unterstützt (NF-Projekt Nr. 3.311-82), was an dieser Stelle bestens verdankt sei. Zu danken ist aber auch Herrn K. Steffen, Landwirt in Schweinbrunnen, der die Erlaubnis gab, auf seinem Grundstück eine Rotationskernbohrung auszuführen. Frau K. Studer, Bern, sei für die sorgfältige Aufbereitung der Sedimentproben ebenfalls bestens gedankt.

2 Das Untersuchungsgebiet

2.1 Geologie und Glazialmorphologie

Die zwischen Dürrenroth und Huttwil gelegenen Häusergruppen von Schweinbrunnen finden sich auf der sanft geneigten Terrasse am rechten Talhang des Rotbaches, der sich unterhalb Huttwil mit der Langete vereinigt (Abb. 1). Nach den geologischen Karten von GERBER (1923) sowie GERBER & WANNER (1984) liegt Huttwil (642 m) auf einem großen Schotterkörper, der sich vom Rotbach bei Fiechten bis zu der nordöstlich von Huttwil gelegenen Schwelle (Pt. 668.2) erstreckt. Nach Südwesten hin schließen sich großflächig siltig sandige Ablagerungen an, die im Gebiet von Schweinbrunnen in 5 - 7 m Tiefe Kohlenflöze aufweisen. Das weiter westlich gelegene Dorf Dürrenroth (698 m) liegt auf einer höheren Terrasse eines großen Schotterkörpers. Nach der geomorphologischen Karte von HANTKE (1968: 9, Abb. 1) handelt es sich bei den Schottern von Dürrenroth um spätrisszeitliche Hochterrassenschotter. Die tiefer gelegenen Ablagerungen von Schweinbrunnen und Huttwil sollen hingegen dem „Höheren Akkumulationsniveau der Niederterrassenschotter“ entsprechen und dem Frühwürm zuzuordnen sein. GERBER & WANNER (1984) stufen die gesamte Serie der genannten Ablagerungen in die vorletzte Eiszeit (Riss) ein.

Schließlich seien noch die südöstlich von Schweinbrunnen reihenartig angeordneten Molasse-Rundhöcker (Abb. 1) erwähnt, die das Landschaftsbild nachhaltig prägen. In der Gegend von Dürrenroth und Schweinbrunnen liegt die eine Reihe in rund 730 m, die zweite in 786 m Höhe ü. M.; ihre Höhenlage nimmt gegen Osten hin leicht ab. Sie sind gegen Süden durch kleine Sättel vom ansteigenden Napfbergland getrennt. HANTKE (1968: 10) vertritt die Ansicht, daß diese Sattelleihen Überreste alter randglazialer Schmelzwasserrinnen darstellen, die später nach Norden durchbrochen seien.

2.2 Klima

Was die klimatischen Verhältnisse der Gegend von Huttwil - Dürrenroth betrifft, sei auf die zusammenfassende Darstellung über das Napfvorland in WEGMÜLLER (1992: 16-18) verwiesen. Die durchschnittliche Jahrestemperatur des Untersuchungsgebietes dürfte knapp über 7° C liegen. Huttwil (642 m) kommt auf einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 1090 mm, ein Mittel, das auch für das Untersuchungsgebiet zutreffen dürfte. Die Niederschläge verteilen sich über das ganze Jahr, doch zeichnet sich von Mai bis September ein deutlicher Anstieg ab. Die Sommermonate sind daher etwas kühler und humider als in den nördlich gelegenen Gebieten. Im Herbst tritt in den tiefer gelegenen Abschnitten des Langete- und Wiggerntales verbreitet Nebel auf. Demgegenüber sind Lagen oberhalb 600 m häufig nebelfrei und damit thermisch begünstigt, was sich auf die Vegetation günstig auswirkt. Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß das Untersuchungsgebiet eine kühl-feuchte Klimatönung aufweist.

Auf einen besonderen Aspekt des Napfvorlandes sei noch hingewiesen. Im Sommer gehen über der Nordseite des Napfberglandes oft heftige und langanhaltende Gewitter nieder, welche die Bäche Langete und Luthern stark anschwellen lassen. Die Sohlentäler des nördlichen Napfvorlandes mit verhältnismäßig geringem Gefälle vermögen dann die riesigen Wassermassen des großen Einzugsgebietes nicht abzuleiten, so daß es in beiden Tälern immer wieder zu verheerenden Überschwemmungen kommt. Wir erwähnen diesen charakteristischen klimatischen Grundzug des Gebiets insofern auch deshalb, weil das besondere hydrologische Regime im Vorland des Napfmassivs auch in früheren Zeiten durch intensive Erosion und Akkumulation verbunden mit Aufstau wesentlich zur Vernässung, Verlandung und damit auch zur Torfbildung im Bereich der pleistozänen Randtalung des Napfs beigetragen hat.

2.3 Vegetation

Das gesamte Gebiet wird landwirtschaftlich intensiv genutzt (Ackerbau und Viehzucht). Die Wälder sind auf unproduktive Flächen zurückgedrängt worden. Sie finden sich an extrem steilen Hängen, auf den Kuppen der Rundhöcker und dann auch auf stark versauerten staunassen Böden von Terrassen. Auf letzteren stockt großflächig der Peitschenmoos-Fichten-Tannenwald, das Bazzanio-Abietetum. Nach MEYER (1949: 204, 205) tritt diese Waldgesellschaft vor allem auf Böden risszeitlicher Ablagerungen auf. Es handelt sich um sehr produktive Weißtannenwälder, in denen die Buche höchstens im Unterwuchs aufzukommen vermag. Diese Wälder sind durch Ar-

SCHWEINBRUNNEN 663m ü M. Koord 628600/216175

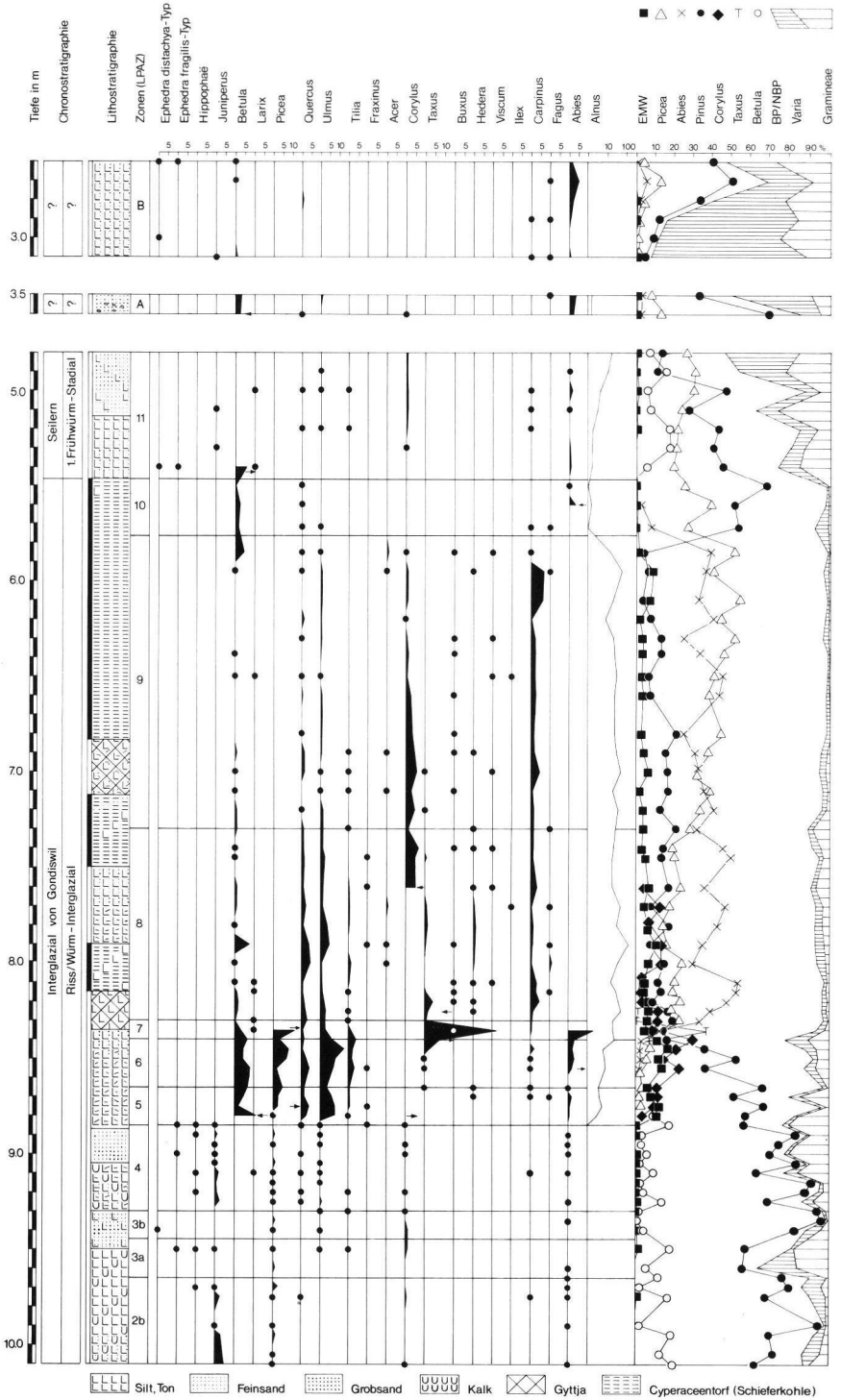
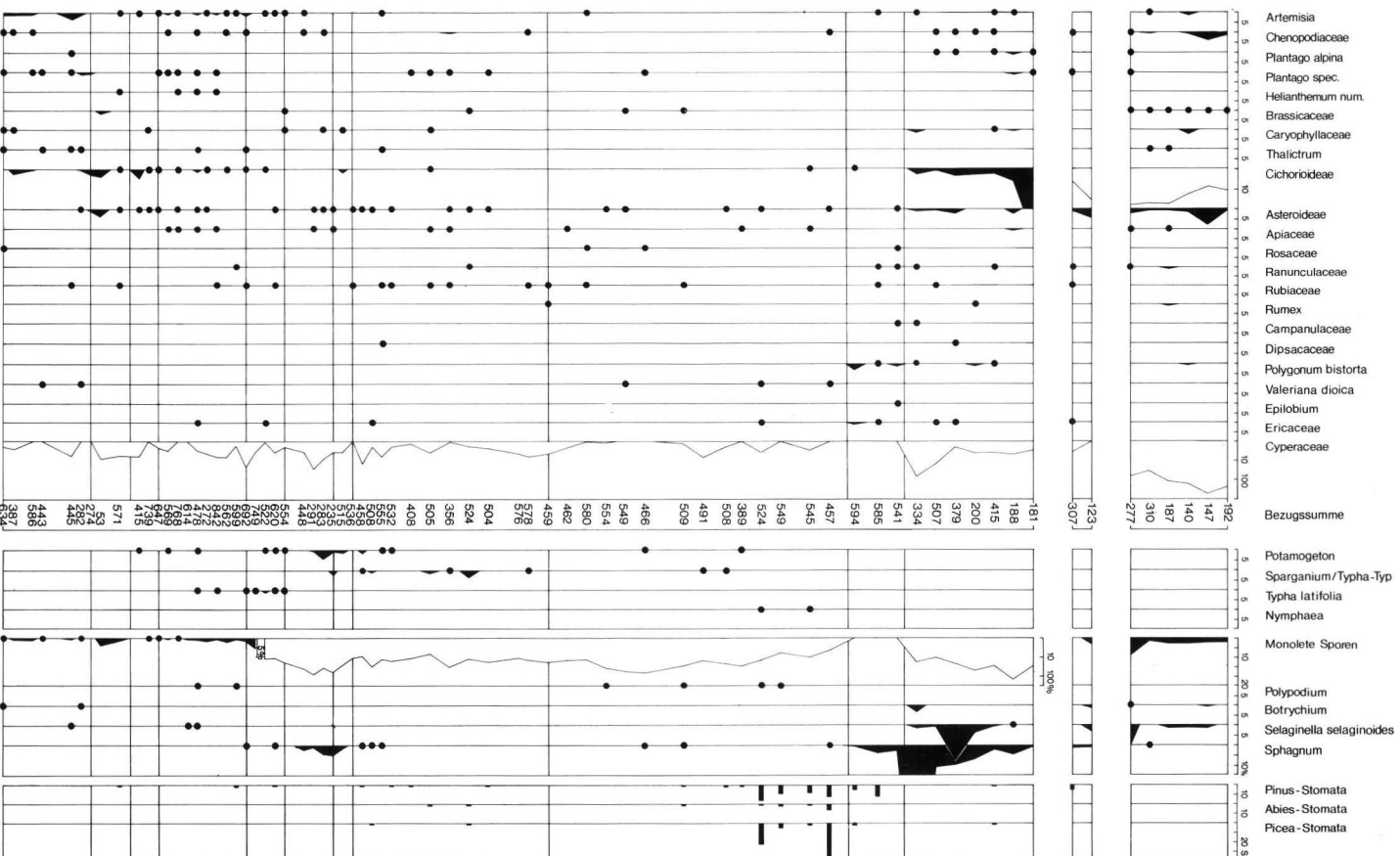


Abb. 2: Pollendiagramm. Vegetationsgeschichtliche Entwicklung und Schieferkohlenablagerung im letzten Interglazial.
 Fig. 2: Pollendiagramm. Vegetation history of the last interglacial period and lignite deposition during this time.

anal. S. Wegmüller



tenarmut und ebenso durch großflächig ausgebildete Torfmoos-Decken gekennzeichnet. Im Untersuchungsgebiet ist diese Waldgesellschaft in dem zwischen Schweinbrunnen und Huttwil gelegenen Huttwilwald ausgebildet, dann aber auch in dem südwestlich von Dürrenroth gelegenen Rotwald. Beide liegen auf großen Terrassen des Rotbachtals. Im Untersuchungsgebiet stocken im weitem auf trockeneren südexponierten Hängen Restbestände des Waldsimen-Buchenwaldes (Luzulo-Fagetum), an nordexponierten Hängen Bestände des Waldhirschen-Buchenwaldes (Milio-Fagetum). In Lagen oberhalb 800 m Höhe sind im Bergland des Napf-Massivs artenreiche Buchen-Tannenwälder (Abieti-Fagetum) verbreitet.

3 Untersuchungsmethoden

3.1 Rotationskernbohrung

Zur Abklärung der Lage der Bohrstelle konnten wir auf der Schweizerischen Geologischen Dokumentationsstelle in Bern Einsicht nehmen in die Bohrpläne der im September 1917 und im Mai 1918 durch G. WEINMANN im Gebiet von Schweinbrunnen vorgenommenen Sondierungen (GERBER 1923: 50). In 9 Bohrungen wurden damals in einer Tiefe von 5 - 7 m Flöze von bis zu 2 m Mächtigkeit festgestellt, die zwischen Sand und Lehm eingebettet waren. Das produktive Areal hat einen Durchmesser von rund 200 m.

Die für die pollenanalytischen Untersuchungen geplante Rotationskernbohrung wurde am 28. Februar 1985 durch die Firma Stump, Bern, ausgeführt. Die Bohrstelle liegt in 663 m Höhe auf der Westseite des Huttwilwaldes. Die Koordinaten lauten: 628'600/216'175 (Schweiz. Landeskarte 1 : 25'000, Blatt 1148 Sumiswald). Die Bohrung wurde bis auf die Tiefe von 11,60 m abgeteuft. Die erwähnten Schieferkohlenflöze wurden erfaßt, hingegen wurde der Molassefels nicht erreicht. Die Bohrkern (Ø 10 cm) wurden in Kisten verpackt und in die Lageräume der Bernischen Botanischen Institute übergeführt. Hier erfolgte die Probenentnahme.

3.2 Aufbereitung der Sedimentproben und mikroskopische Analyse

Die Aufbereitung der Sedimentproben erfolgte am Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität Bern nach der hier gebräuchlichen Methode (HCl, KOH, HF, HCl, Acetolyse, KOH, Glycerin), die in WEGMÜLLER (1992: 30) ausführlich beschrieben ist.

Die mikroskopische Analyse des fossilen Pollens erwies sich insofern als schwierig, als dessen Erhaltungszustand zum Teil schlecht war. Die Sediment-

proben aus den Profilabschnitten 1010 - 1160 cm, 360 - 480 cm, 180 - 260 cm und 0 - 175 cm erwiesen sich als nahezu pollenleer. Sehr pollenarm waren die Proben in 960 cm, 490 cm, 480 cm, 350 cm sowie in 260 - 310 cm Tiefe.

Bei der Analyse wurde angestrebt, pro Probe mindestens 500 Baumpollen auszuzählen. Bei pollenarmen Präparaten wurde diese Summe trotz Auszählung von bis zu 5 Präparaten nicht erreicht. Zur Analyse stand die umfangreiche Vergleichssammlung rezenten Pollens des Instituts zur Verfügung.

Die Bezugssumme zur Berechnung der prozentualen Anteile der einzelnen Taxa umfaßt die Summe der Baum- und Strauchpollen (BP), aber ohne *Alnus*, und des Nichtbaumpollens (NBP) ohne den Pollen der Cyperaceen und der Wasserpflanzen. Die Sporen der Moos- und Farnpflanzen sind ebenfalls nicht in der Bezugssumme enthalten. Die Anteile der ausgeschlossenen Taxa beziehen sich auf die Grundsumme (100 %).

3.3 Diagrammgestaltung (Abb. 2)

An der Wiedergabe eines Hauptdiagrammes wurde grundsätzlich festgehalten. Einmal kann darin das Verhältnis BP/NBP klar zum Ausdruck gebracht werden, zum andern lassen sich Anteile und Kurvenverlauf der einzelnen Baum- und Straucharten vergleichend besser erfassen als bei der Darstellung isolierter Silhouettenkurven. Zur Entlastung des Hauptdiagrammes und aus Gründen der besseren Übersicht wurden Kurven von Baum- und Straucharten mit geringen Werten herausgenommen und im Nebendiagramm aufgeführt. Links des Hauptdiagrammes wurden die Anteile der Baum- und Strauchpollen, rechts jene der Krautpflanzen sowie der Wasser- und Sporenpflanzen dargestellt. Daran anschließend findet sich die graphische Darstellung der Zahlen festgestellter Spaltöffnungen (Stomata) der Koniferen.

Grundsätzlich suchten wir mit zwei Maßstäben auszukommen. Die schwarzen Silhouettenkurven wurden im Maßstab des Hauptdiagrammes gezeichnet. Werte von 0,1 - 0,5 % wurden durch kleine schwarze Kreisflächen dargestellt. Für *Alnus*, die Cyperaceen und auch zum Teil für die Cichorioideae und die monoleten Sporen von Farnpflanzen mußte aus Platzgründen der logarithmische Maßstab verwendet werden. Hier wurden die Werte durch weiße Silhouettenkurven dargestellt.

Das Pollendiagramm wurde in sogenannte „Local Pollen Assemblage Zones“ (LPAZ) unterteilt (CUSHING 1967). Wir brauchen dafür die Abkürzung „Zonen“ (Z) und verstehen darunter Diagrammabschnitte, deren Pollen- und Sporengehalt sich von jenem benachbarter Zonen deutlich abhebt. Da sich die Zonen des Pollendiagrammes von Schweinbrun-

nen mit jenen der drei erwähnten Profile aus dem Schieferkohlengebiet von Gondiswil/Ufhusen korrelieren lassen, verwenden wir für die im Profil Schweinbrunnen ausgeschiedenen Zonen die gleiche Numerierung, was den Vergleich erleichtert.

4 Ergebnisse

4.1 Lithostratigraphie

Das Profil Schweinbrunnen zeigt folgende Lithostratigraphie:

- 0 - 40 cm Braunerde
- 40 - 65 cm tonhaltige Braunerde
- 65 - 130 cm brauner siltiger Ton mit Rostflecken
- 130 - 140 cm braungrauer siltiger Ton mit Kies, Ø 4 cm
- 140 - 177 cm grauer siltiger Ton
- 177 - 244 cm kompakter, grauer siltiger Ton, feucht
- 244 - 260 cm grauer siltiger Ton mit Kies
- 260 - 330 cm grauer toniger Silt, sandig, mit zersetzten Pflanzenresten
- 330 - 347 cm grauer toniger Sand mit kleinen Kieselsteinen
- 347 - 357 cm rostfarbener Feinsand mit einzelnen Kieselsteinen
- 357 - 455 cm sandiger Kies mit siltigen Zwischenlagen
- 455 - 490 cm ockerfarbener toniger Feinsand
- 490 - 513 cm grauer toniger siltiger Feinsand
- 513 - 546 cm grauer sandiger Silt
- 546 - 683 cm schwarzbrauner Cyperaceen-Torf (Schieferkohle)
- 683 - 712 cm schwarze Tongyttja, leicht sandig
- 712 - 750 cm schwarzbrauner Cyperaceen-Torf (Schieferkohle)
- 750 - 790 cm schwarzgrauer Silt mit Fein- und Grobsand und Resten von Cyperaceen
- 790 - 815 cm Cyperaceen-Torf (Schieferkohle), siltig
- 815 - 835 cm schwarze Tongyttja, leicht siltig
- 835 - 887 cm schwarzbrauner Silt mit viel Detritus, gegen oben sandig
- 887 - 905 cm grauer Fein- und Grobsand
- 905 - 930 cm grauer sandiger Silt, kalkhaltig, mit organischen Resten
- 930 - 950 cm grauer siltiger Fein- und Grobsand
- 950 - 1059 cm hellgrauer kalkhaltiger Silt, von 994 cm Tiefe weg sandig
- 1059 - 1063 cm grauer Sand
- 1063 - 1160 cm gelblicher Silt

Die Schieferkohlen treten im Profil von Schweinbrunnen zwischen 546 cm und 815 cm Tiefe in drei Flözen auf. Diese nehmen nach oben an Mächtigkeit zu. Der Übergang von minerogener zu organogener Ablagerung ist keineswegs abrupt. An der Basis lei-

ten Silte mit reichlich angeschwemmtem organischem Material zu Tongyttja und diese zu den Ligniten über. Scharf begrenzt ist hingegen der Übergang von den Torfen des obersten Flözes zum sandigen Silt in 546 cm Tiefe. Dieser Sedimentwechsel fällt mit einem drastischen Wandel im Aufbau der Vegetationsdecke zusammen.

4.2 Vegetationsgeschichtliche Entwicklung und Biostratigraphie

Das Pollendiagramm kann in Anlehnung an die drei Standarddiagramme aus dem Schieferkohlengebiet von Gondiswil/Ufhusen in die nachfolgend aufgeführten Zonen (LPAZ) untergliedert werden.

- Abkürzungen: BP Baum- und Strauchpollen
 NBP Nichtbaumpollen
 EMW Eichenmischwald (*Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Acer* und *Carpinus*)
 Z Zone (LPAZ)

Z 2b: *Pinus-Betula-Juniperus*-Zone (965-1010 cm)

Pinus ist in Ausbreitung begriffen (95 %), *Betula* weist schwankende Werte (2 - 19 %) auf, während *Juniperus* (4 %) rückläufig ist. *Picea* tritt in ersten Spuren auf.

Grenze Z 2b/3a: *Pinus*-Rückgang, Anstieg der Gramineen-Werte.

Z 3a: *Pinus-Betula-NBP*-Zone (945 - 965 cm)

Pinus fällt unter 60 % zurück, bleibt aber dominant, *Betula* erreicht 19 %. Vereinzelt sind Pollenkörner von *Ephedra*, *Hippophaë* und *Juniperus* festzustellen. *Corylus* tritt erstmals stärker hervor. Die NBP verzeichnen eine starke Zunahme, insbesondere die Gramineen (19 %). Das Pollenspektrum aus 960 cm Tiefe ist zufolge der niedrigen Pollenfrequenz wenig aussagekräftig.

Grenze Z 3a/3b: *Pinus*-Anstieg, NBP-Rückgang.

Z 3b: *Pinus-Betula*-Zone (930 - 945 cm)

Erneuter *Pinus*-Anstieg bis zu 98 % bei gleichzeitigem *Betula*-Rückgang auf 1 %. Ferner lassen sich erste Spuren von *Corylus* feststellen.

Grenze Z 3b/4: NBP-Zunahme und Einsetzen der geschlossenen EMW-Kurve.

Z 4: *Pinus-Betula-NBP*-Zone mit EMW (885 - 930 cm)

Pinus bleibt mit stark schwankenden Werten (58 - 94 %) dominant. Der EMW weist erstmals eine geschlossene Kurve auf. Die *Betula*-Werte steigen am

Schluß dieser Phase auf 18 % an. *Juniperus* tritt wiederum stärker in Erscheinung. Bemerkenswert ist ebenfalls das erneute Auftreten des *Ephedra*- und *Hippophaë*-Pollens. Für eine unstabilisierte Phase sprechen ebenfalls die stark schwankenden NBP-Werte und das wiederum reichere NBP-Spektrum. Grenze Z 4/5: Anstieg der EMW- und der *Alnus*-Kurve.

Z 5: *Pinus*-EMW-*Corylus*-Zone mit *Alnus*
(865 - 885 cm)

Die EMW-Kurve steigt auf 13 % an, jene von *Corylus* auf 11 %, und auch *Alnus* sowie *Picea* verzeichnen eine Zunahme. Die nach wie vor starke Dominanz von *Pinus* drückt in den Pollenspektren auf die prozentualen Anteile der übrigen Waldbäume. Die Spuren von Arten der kaltzeitlichen Steppe (*Ephedra*, *Hippophaë* und *Juniperus*) setzen aus. Demgegenüber treten Wasserpflanzen (*Potamogeton* und *Typha latifolia*) in Erscheinung.

Grenze Z 5/6: *Pinus*-Rückgang, *Corylus*-Anstieg.

Z 6: *Pinus*-*Corylus*-EMW-*Alnus*-Zone mit *Picea*
(840 - 865 cm)

Während die *Pinus*-Werte kontinuierlich zurückgehen, steigen jene von *Corylus* auf 30 % an. Die EMW-Anteile nehmen bis zu 17 % zu, und auch die Kurven von *Picea* und *Abies* steigen leicht an. Für eine erhebliche Vernässung spricht die Ausbreitung von *Alnus*, der *Cyperaceae*, von *Potamogeton* und der *Sphagna*. Bemerkenswert ist ferner die starke Zunahme der monoleten Farnsporen.

Grenze Z 6/7: Rückgang von *Corylus* und *Pinus*, Anstieg von *Taxus*.

Z 7: *Taxus*-*Abies*-*Corylus*-*Alnus*-Zone
(830 - 840 cm)

Die *Taxus*-Werte steigen auf 37 % an, gleichzeitig gehen die Werte des EMW und von *Corylus* zurück, während jene von *Picea* und insbesondere von *Abies* fortgesetzt zunehmen.

Grenze Z 7/8: Anstieg der *Abies*- und *Picea*-Kurve, Rückgang der *Taxus*-Werte.

Z 8: *Abies*-*Picea*-*Corylus*-*Alnus*-Zone mit *Carpinus*
(730 - 830 cm)

Abies dominiert mit Werten von bis zu 53 % den gesamten Profilabschnitt, *Picea* ist subdominant (15 - 34 %). *Carpinus* setzt mit der *Abies*-Ausbreitung ein, wird aber in den Wäldern nie bestandbildend (4,5 %). Maximale Werte erreicht *Alnus*. Typisch ist ebenfalls der starke Rückgang der NBP-Werte bis 3 %. Das Auftreten des Pollens wärmeliebender Taxa wie *Buxus*, *Hedera*, *Viscum* und *Ilex* spricht für thermisch günstige Verhältnisse.

Grenze Z 8/9: *Picea*-Anstieg zur Dominanz, NBP-Rückgang.

Z 9: *Picea*-*Abies*-*Carpinus*-*Alnus*-Zone
(578 - 730 cm)

Picea dominiert mit Werten von 32 - 54 %, *Abies* ist subdominant, während die Anteile von *Pinus* fortgesetzt zurückgehen. Hervorzuheben ist die verhältnismäßig hohe Zahl der Stomata-Funde der Nadelhölzer. Im oberen Abschnitt der Zone zeichnet sich nochmals eine Ausbreitung von *Carpinus* (7 %) ab. Über die ganze Zone weg ist *Alnus* stark vertreten. Die Anteile von *Quercus*, *Ulmus* und *Tilia* wie auch von *Corylus* gehen auf minimale Werte zurück, ebenso jene der NBP.

Grenze Z 9/10: Anstieg der *Pinus*-Kurve, Rückgang von *Picea*, *Abies*, *Carpinus* und *Alnus*.

Z 10: *Pinus*-*Picea*-Zone
(546 - 578 cm)

Während die *Pinus*-Werte auf 69 % ansteigen (vorangehender Hiatus?), fallen jene von *Picea* auf 26 % zurück. *Betula* setzt erneut mit geschlossener Kurve ein. Im oberen Abschnitt dieser Zone verzeichnen die *Sphagnum*-Werte einen massiven Anstieg.

Grenze Zone 10/11: *Pinus*-Rückgang und Anstieg der NBP-Werte.

Z 11: NBP-*Pinus*-*Picea*-*Betula*-Zone
(480 - 546 cm)

Diese Zone ist durch die kräftige Zunahme der NBP-Werte (53 %) und der Cyperaceen-Anteile gekennzeichnet. Auffallend ist ebenfalls die Ausbreitung der *Sphagna* (Vernässung?) und von *Selaginella* (Auflichtung?). Das NBP-Spektrum ist wiederum reicher geworden, wobei vor allem die Arten der Cichorioideae hervortreten. Bezeichnend ist auch das Wiederauftreten der beiden *Ephedra*-Taxa und von *Hippophaë* sowie von Taxa des kaltzeitlichen Spektrums wie *Artemisia*, *Chenopodiaceae* und *Plantago alpina*.

Betula verzeichnet einen Anstieg auf 19 %, *Picea* weist ziemlich konstante Werte auf, während *Pinus* auf 13 % zurückfällt. Die erneute Ausbreitung von *Alnus* fügt sich nicht in dieses Artengefüge ein und es stellt sich die Frage, ob nicht sekundäre Umlagerung aus der Umgebung vorliegt.

Da die beiden fragmentarischen Sequenzen im Hangenden zur Zeit biostratigraphisch nicht sicher eingestuft werden können, werden sie im folgenden in Abweichung von der Numerierung mit den Abkürzungen Z A und Z B bezeichnet.

Z A: NBP-*Pinus*-*Picea*-Zone
(350 - 360 cm)

Die NBP-Werte steigen in dieser Zone stark an (Cichorioideae!). *Pinus* ist rückläufig. *Betula* ist mit niedrigen Anteilen (3 %) vertreten; in den Spektren finden sich aber auch *Abies*- und *Alnus*-Pollen.

Z B: NBP-*Pinus-Picea*-Zone mit *Abies*
(260 - 310 cm)

Die hohen NBP-Anteile fallen von 92 % auf 30 % zurück. *Pinus* verzeichnet einen Anstieg auf 51 %, *Picea* auf 13 % und *Abies* auf 5 %. Hervorzuheben sind die außerordentlich hohen Anteile der Cichorioideae und der Cyperaceae.

Die Pollensequenzen des Profils Schweinbrunnen zeigen die vegetationsgeschichtliche Entwicklung eines nahezu vollständigen Interglazials auf. Das Diagramm setzt mit einer Phase fortschreitender Bewaldung mit Kiefern und Baumbirken ein (Z 2b). Die Bestände sind aber noch offen, gelangen doch im Becken vorwiegend sandige Silte zur Ablagerung, die aus Einschwemmungen stammen. Auf diese Bewaldungsphase folgt ein klimatisch rückläufiger Abschnitt (Z 3a) mit starker Auflichtung der Kiefernwälder. Die Erosion nimmt zu, und an Stelle von Ton und Silt gelangen am Ende der Phase Fein- und Grobsand zur Ablagerung. Anschließend breiten sich die Kiefernbestände wiederum aus, und es kommt vorübergehend zu einem dichteren Waldschluß (Z 3b). Trotzdem hält die Sandeinschwemmung aus der Umgebung weiter an. Der nachfolgende Zeitabschnitt (Z 4) führt erneut zu sehr instabilen Verhältnissen. Der Kiefernwald lichtet sich wiederum stark, Baumbirken breiten sich phasenweise aus, und auf den offenen Schuttfluren siedeln sich erneut Sträucher und Krautpflanzen des kaltezeitlichen Spektrums an. Andererseits dürften in der weiteren Umgebung verschiedene thermisch anspruchsvollere Laubbäume und Sträucher eingewandert sein. Der gesamte Abschnitt ist durch erhöhte Erosions- und Akkumulationsvorgänge gekennzeichnet, kommt es doch nach einer Phase mit Silt- und Toneinlagerung zu erheblicher Einschwemmung von Grob- und Feinsand.

Der Übergang zum klimatischen Optimum des Interglazials wird im Sediment durch den Wechsel von Sandschichten zu schwarzgrauem Silt mit viel organischem Material angezeigt. Vorerst gelangt der Eichenmischwald (Z 5) zu begrenzter Ausbreitung, darauf folgt eine Hasel-Phase (Z 6). Gleichzeitig beginnen sich Fichte, Weißtanne und dann auch Erlen auszubreiten. Beide Phasen sind aber, ähnlich wie im Profil Gondiswil-Mühle (WEGMÜLLER 1992), durch die weiterhin anhaltende Dominanz der Kiefer überdeckt. Die Hasel-Phase wird sodann von der Eibenphase (Z 7) abgelöst, die zweigeteilt ist. In deren Verlauf setzt sich ein Sedimentwechsel von Silt zu Tongyttja durch. Hierauf breitet sich die Weißtanne (Z 8) kräftig aus, begleitet von der Fichte. Gleichzeitig wandert die Hainbuche ins Gebiet ein, wird aber nicht bestandbildend. Das vermehrte Auftreten von *Buxus*, *Hedera* und *Viscum* spricht für thermisch günstige Verhältnisse. Mit der Ausbreitung der Weißtanne hat sich die Vegetationsdecke soweit ge-

festigt, daß nun die Einschwemmungen aussetzen und es für kürzere Zeit zur Ablagerung von Cyperaceen-Torf (1. Schieferkohlenflöz) kommt. Die kräftige Ausbreitung der Erlen weist auf stärkere Vernässung und Ausweitung der Feuchtgebiete hin, ebenso die Ausbreitung der Wasserpflanzen. Im Verlaufe der Weißtannen-Phase kommt es zufolge verstärkter Einschwemmung siltig sandigen Materials zum Unterbruch der Torfablagerung. Diese Einschwemmung in einer Zeit geschlossener Nadelwälder und konsolidierter Waldböden dürfte auf massiv erhöhten Niederschlagsmengen beruhen. Später setzt die Bildung des zweiten Flözes ein, wobei sich in diesem Abschnitt bereits eine stärkere Ausbreitung der Fichte abzeichnet.

Im Zuge der Abkühlung tritt die Fichte nun stärker hervor (Z 9). In den Weißtannen-Fichten-Wäldern kommt es zum dichten Schluß (minimale NBP-Werte!). Trotzdem zeichnet sich in 683-712 cm Tiefe nochmals ein Unterbruch in der Torfablagerung ab. Im Zuge der Verschlechterung der klimatischen Verhältnisse am Ende des Interglazials gewinnt die Kiefer die Vorherrschaft über die Fichte, während die Weißtanne stark zurückgeht und die wärmeliebenden Laubbäume des EMW weitgehend verschwinden (Z 10).

Die Frühphase der anschließenden Kaltzeit ist gekennzeichnet durch den drastischen Rückgang der Kiefer, das erneute Auftreten der Baumbirken, die Ausbreitung von Krautpflanzen und das Auftreten von Arten des kaltezeitlichen Spektrums (Z 11). Die Torfablagerung (3. Flöz) setzt aus, und es gelangen erneut sandige Silte, später Fein- und Grobsand und schließlich Kies zur Ablagerung.

Die beiden fragmentarischen Sequenzen (A und B) im Hangenden des Interglazials dürften kurze Abschnitte aus Kiefern-Fichten-Interstadialen des Glazials darstellen.

Die vegetationsgeschichtliche Entwicklung, wie sie aus den Pollensequenzen des Profils Schweinbrunnen hervorgeht, entspricht der typischen Abfolge klimatischer Abschnitte einer Warmzeit. Auf eine Aufwärmperiode (Z 2b - 4) folgt eine Periode des klimatischen Optimums (Z 5 - 8), gefolgt von einer Periode der Abkühlung (Z 9 und 10), die zu einer Kaltzeit überleitet. Die im Pollendiagramm ausgeschiedenen Zonen entsprechen jenen, die in den drei aus dem Schieferkohlengebiet von Gondiswil/Uffhusen stammenden Profilen (WEGMÜLLER 1992) erfaßt worden sind. Als charakteristische Grundzüge sind hervorzuheben: die relativ späte Ausbreitung der Fichte, trotz früher Einwanderung, die zweiteilige Eibenphase knapp nach der Hasel-Phase, das nur spurenhafte Auftreten der Rotbuche, die kräftige Ausbreitung der Weißtanne, begleitet von einer sehr begrenzten Hainbuchen-Einwanderung sowie die ebenfalls kräftige Ausbreitung der Fichte und später

der Kiefer in der Abkühlphase. EMW- und Hasel-Phase heben sich wegen der hohen Kiefern-Werte schwächer ab als in den Profilen Beerenmösli und Gondiswil-Seilern.

Aufgrund der biostratigraphischen Kriterien ist die nachgewiesene Warmzeit von Schweinbrunnen dem Interglazial von Gondiswil (WEGMÜLLER 1992) zuzuordnen. Bei den beiden kurzen Sequenzen A und B dürfte es sich um kurze Ausschnitte aus Kiefern/Fichten-Interstadialen des nachfolgenden Frühglazials handeln.

4.3 Chronostratigraphie

Das Interglazial von Gondiswil, das bisher in drei Profilen des nördlichen Napfvorlandes nachgewiesen worden ist, wurde aufgrund biostratigraphischer Analysen dem letzten Interglazial (Riss/Würm-Interglazial) zugeordnet (WEGMÜLLER 1992: 46-50). Sieben U/Th-Altersbestimmungen an interglazialen Schieferkohlen des Profils Beerenmösli (unteres Flöz), ausgeführt von HENNIG & GEYH in Hannover, ergaben ein mittleres korrigiertes U/Th-Alter von $115,7 \pm 4,8$ ka (briefliche Mitteilung vom 8.6.1988). Dies liegt im Bereich der Datierung eemzeitlicher Ablagerungen.

Die Schieferkohlen von Schweinbrunnen sind ebenfalls in diesen zeitlichen Rahmen einzuordnen.

Sande und Silte im Liegenden der interglazialen Sequenz von Schweinbrunnen sind ins Spättriss einzustufen, während Sand- und Kiesschicht im Hangenden (Z 11) der Frühphase des ersten kaltzeitlichen Stadials der Würmeiszeit (Seilern) entsprechen dürften, immer vorausgesetzt, daß keine Hiäten vorliegen.

Die zeitliche Zuordnung der Zonen A und B muß vorläufig offen bleiben. Es ist außerordentlich schwierig, kurze Pollensequenzen, die wenig charakteristische Merkmale zeigen, genauer zuzuordnen. Am naheliegendsten ist deren Einstufung in eines der boreal getönten, von *Pinus* und *Picea* dominierten Frühwürm-Interstadiale.

Gegen die Zuordnung der nachgewiesenen Warmzeit zum Riss/Würm-Interglazial könnten die hohen *Alnus*-Werte wie auch die geringe Vertretung von *Carpinus* sprechen und eine Zuordnung zu einer vorangehenden Warmzeit nahelegen. Hierzu ist anzumerken, daß größere Schieferkohlenlager in feucht-nassen Uferzonen entstanden sind, welche Erlenbruchwäldern günstige Bedingungen zur Ausbreitung geboten haben, was durch eine starke Vertretung in den Pollenspektren markiert wird. Was die niedrigen *Carpinus*-Werte betrifft, muß erwähnt werden, daß das Untersuchungsgebiet in der submontanen Stufe liegt, wo *Carpinus* während der letzten Warmzeit nie bestandbildend gewesen ist und gegen die starke Konkurrenz der Weißtanne

nicht aufzukommen vermochte. In einer vergleichenden Darstellung hat GRÜGER (GRÜGER & SCHREINER 1993: 106, Abb. 5) gezeigt, daß sich *Carpinus* im letzten Interglazial nur dort festsetzen und ausbreiten konnte, wo *Abies* erst zu einem späteren Zeitpunkt aufgetreten ist. Dies war in der submontanen Stufe am Alpennordrand nicht der Fall.

Abschließend bleibt festzuhalten, daß sich die im Profil Schweinbrunnen festgestellte Abfolge von Vegetationszuständen der letzten Warmzeit nicht nur mit jenen der drei Profile von Gondiswil/Ufhusen korrelieren lassen, sondern auch mit den letztinterglazialen Sequenzen von Profilen des nördlichen Alpenvorlandes, wie Sulperg-Wettingen von WELTEN (1982), Samerberg von GRÜGER (1979) und Mondsee von KLAUS (1975).

4.4 Flößbildung und paläoklimatische Entwicklung

Die Schieferkohlenflöze von Schweinbrunnen sind aus Cyperaceentorfen hervorgegangen, die in einer großen vernähten Mulde der Terrasse abgelagert worden sind. Die Ablagerung erfolgte in verhältnismäßig ruhigen Phasen. Unterbrüche traten in Störphasen verstärkter Erosion und Akkumulation ein.

Der Beginn der Ablagerung von Detritusmaterial setzt mit der Ausbreitung der EMW-Bestände ein (Z 5). Im Zuge der *Taxus*-Dominanz kommt es zur Ablagerung von Gyttya (Z 7). Die Ablagerung des untersten und kleinsten Flözes fällt in die Zeit der stärksten Ausbreitung der Weißtanne (Z 8) und dürfte sich unter warm-humiden Bedingungen vollzogen haben. Im Verlaufe der *Abies*-Phase wird die Torfbildung zufolge starker Ton- und Silteinschwemmungen abrupt unterbrochen. Diese Unterbrechung wurde ebenfalls in den Profilen Beerenmösli und Gondiswil-Seilern festgestellt (WEGMÜLLER 1992: 68, Tabelle IV); es handelt sich offensichtlich um eine für das nördliche Napfvorland typische interglaziale Erosionsphase.

Die Ablagerung des zweiten Flözes erfolgte noch während der Zeit der Weißtannen-Dominanz (Z 8). Nach einem kürzeren Unterbruch setzte die Bildung des größten Flözes ein (Z 9 und 10). Diese fällt in die Abkühlungsphase der Warmzeit und endet abrupt mit dem Beginn der letzten Kaltzeit.

Damit ergibt sich im Gebiet von Schweinbrunnen eine zum Schieferkohlengebiet von Gondiswil/Ufhusen vergleichbare Entwicklung. In dem zwischen Huttwil und Zell gelegenen Abschnitt der Randtaltung setzt die Ablagerung des unteren Hauptflözes knapp vor der Eichenmischwaldphase der letzten Warmzeit ein (Z 5) und kommt zu Beginn der letzten Kaltzeit (Z 11) zum Stillstand. Das heißt, daß sich im Verlaufe der letzten Warmzeit im nördlichen Napfvorland gebietsübergreifend und weitgehend zeit-

gleich klimatische und hydrologische Verhältnisse eingestellt haben, welche die verstärkte Ablagerung organischen Materials aus Verlandungszyklen begünstigen.

Eine synchrone Entwicklung zeichnet sich aber auch bezüglich der Störphasen ab. Sowohl im Gebiet von Schweinbrunnen wie auch in jenem von Gondiswil/Ufhusen sind die Frühphasen des Interglazials durch erhebliche Erosions- und Akkumulationsvorgänge gekennzeichnet. Das gleiche gilt für die Störphase innerhalb der *Abies*-Phase. Ebenso ist der Übergang zum anschließenden Glazial durch markante Schüttungsvorgänge charakterisiert.

Die meisten der bisher am nördlichen und südwestlichen Alpenrand nachgewiesenen Schieferkohlevorkommen stammen nicht aus dem letzten Interglazial, sondern aus Frühwürm-Interstadialen (LÜDI 1953, WELTEN 1982, 1988, PESCHKE 1983a, 1983b, GREMMEN 1982, HANSS & PESCHKE 1992). Im Gegensatz dazu sind bisher nur wenige letztinterglaziale Flöze nachgewiesen worden. Schieferkohlenprofile mit längeren letztinterglazialen Pollensequenzen fanden sich in Oberbayern in Herrnhäusern (PESCHKE 1983b), im Schweizerischen Mittelland in Sulperg-Wettingen (WELTEN 1982: Diagramm 44) und Niederweningen (WELTEN 1988: Diagramme 19 und 20) sowie im Gebiet von Gondiswil/Ufhusen (WEGMÜLLER 1992: Diagramme Gondiswil-Seilern, Gondiswil-Mühle und Beerenmösl). In den nördlichen französischen Alpen sind es das Profil Ruisseau des Combes von GREMMEN (1982) sowie Profile aus den oberhalb Le Fromaget gelegenen Ligniten, in denen spät-eemzeitliche Sequenzen nachgewiesen worden sind (HANSS & PESCHKE 1992). Nach den pollenanalytischen Untersuchungen von REICH (1953: 392, 393) dürften mit großer Wahrscheinlichkeit die im Profil I erfaßten Schieferkohlen von Grossweil im Bayerischen Alpenvorland ebenfalls aus der letzten Warmzeit stammen.

Das Profil Schweinbrunnen fügt sich als weiteres in den Rahmen der letztinterglazialen Schieferkohlenprofile ein. Damit wird erneut belegt, welche Bedeutung dem nördlichen Napfvorland für die Stratigraphie des Jüngeren Quartärs zukommt. Die Ablagerungen von Schweinbrunnen geben nicht nur Aufschluß über den eindrucklichen Wandel der Vegetationsdecke und über die klimatischen Veränderungen im letzten Interglazial, sie vermitteln auch einen Bezugspunkt zur zeitlichen Einstufung jungpleistozäner Sedimente dieser Region.

5 Schriftenverzeichnis

CUSHING, E. J. (1967): Late-Wisconsin pollen stratigraphy and the glacial sequence in Minnesota. - In: CUSHING, E. J. & WRIGHT, H. E.: Quaternary Paleogeology: 59-88, 7 Fig.; New Haven and London (Yale University Press).
 GERBER, E. (1923): Die diluvialen Schieferkohlen (Torflager) von Gondiswil-Zell. - In: BAUMBERGER, E., GERBER,

E., JEANNET, A. & WEBER, J.: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. - Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. **8**: 30-66, 30 Abb., 2 Tab., 1 geolog. Karte; Zürich (Aschmann & Scheller).
 - & WANNER, J. (1984): Geologischer Atlas der Schweiz, 1 : 25'000, Blatt: 1128, Langenthal; Wabern-Bern (Bundesamt für Landestopographie).
 GREMMEN, W. H. E. (1982): Palynological investigations of Late Pleistocene deposits in southeastern France. - Proefschrift, 94 S., 14 Abb., 12 Diagramme; Groningen (Rijksuniversiteit te Groningen).
 GRÜGER, E. (1979): Spät-riss, Riss/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern - ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. - Geologica Bavarica, **80**: 5-64, 3 Abb., 6 Tab., 3 Beilagen; München.
 - & SCHREINER, A. (1993): Riss/Würm- und würmzeitliche Ablagerungen im Würzacher Becken (Rheingletschergebiet. - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **189**, 1-3: 81-117, 5 Abb., 2 Tabellen; Stuttgart.
 HANSS, C. & PESCHKE, P. (1992): Die Banquette des Val du Bourget (franz. Nordalpen): Gelöste und ungelöste Probleme der jungpleistozänen Klima- und Reliefentwicklung. - Eiszeitalter u. Gegenwart, **42**: 94-114, 8 Abb., 2 Tab.; Hannover.
 HANTKE, R. (1968): Erdgeschichtliche Gliederung des mittleren und jüngeren Eiszeitalters im zentralen Mittelland. - In: DRACK, R.: Archäologie der Schweiz, Band I: Die Ältere und Mittlere Steinzeit: 7-26, 11 Abb.; Basel (Verlag Schweiz. Ges. für Ur- und Frühgeschichte).
 IMHOF, E. (1965): Atlas der Schweiz. Erste Lieferung (1-86 Tafeln): Tafel 6; Wabern-Bern (Verlag Eidg. Landestopographie).
 KLAUS, W. (1975): Das Mondsee-Interglazial, ein neuer Florenfundpunkt der Ostalpen. - Jb. d. oberösterr. Musealvereines, **120**, 1. Abh.: 315-344, 5 Abb., 5 Fototafeln; Linz.
 LÜDI, W. (1953): Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. - Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich, **27**: 208 S., 21 Abb., 7 Tab.; Bern (Huber).
 MEYER, P. (1949): Das „Mastigobryeto-Piceetum abietetosum“ im schweizerischen Mittelland und seine forstlich-waldbauliche Bedeutung. - Vegetatio, **1**: 203-216, 9 Abb., 1 Assoziationstabelle; Utrecht.
 PESCHKE, P. (1983a): Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. - Geologica Bavarica, **84**: 69-99, 8 Abb., 1 Beilage; München.
 - (1983b): Pollenanalysen der Schieferkohlen von Herrnhäusern (Wolfratshausener Becken/Obb.) - ein Beitrag zum Problem interglazialer Ablagerungen in Oberbayern. - Geologica Bavarica, **84**: 107-121, 3 Abb.; München.
 REICH, H. (1953): Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Großweil-Ohlstadt und Pfefferbichel im Bayerischen Alpenvorland. - Flora, **140**: 386-443, 8 Abb., 2 Tab.; Jena.
 WEGMÜLLER, S. (1992): Vegetationsgeschichtliche und stratigraphische Untersuchungen an Schieferkohlen des nördlichen Alpenvorlandes. - Denkschr. Schweiz. Akad. Naturwissenschaft., Band **102**, 82 S., 17 Abb., 4 Tabellen, 3 Pollendiagramme; Basel (Birkhäuser).
 WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. - Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N. F., **156**: 174 S., 17 Abb., 8 Tab. und Diagrammheft mit 44 Diagrammen; Bern (Stämpfli).
 - (1988): Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). - Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N. F., **162**: 40 S., 10 Abb., 20 Diagramme; Bern (Stämpfli).

Manuskript eingegangen am 14.9.1994