

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Zeitschrift:</b> | Eclogae Geologicae Helvetiae   |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerische Geologische Gesellschaft  |
| <b>Band:</b>        | 90 (1997)  |
| <b>Heft:</b>        | 1  |
| <b>Artikel:</b>     | Palynostratigraphische Untersuchungen an jungpleistozänen Ablagerungen von Kölliken (Schweizerisches Mittelland) |
| <b>Autor:</b>       | Wegmüller, Samuel  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-168149">https://doi.org/10.5169/seals-168149</a>                          |

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 28.01.2026

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

# Palynostratigraphische Untersuchungen an jungpleistozänen Ablagerungen von Kölliken (Schweizerisches Mittelland)

SAMUEL WEGMÜLLER<sup>1</sup>

*Key words:* Swiss plateau, Kölliken, palynostratigraphy, interstadial, Early Würm, Upper Pleistocene

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Gebiet der südwestlich von Aarau gelegenen Gemeinde Kölliken (Schweizerisches Mittelland) wurden verschiedene Kernbohrungen durchgeführt, um die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Untergrundes im Bereich der Sondermülldeponie abzuklären. Dabei zeigte die Bohrung KB 10 drei Schichten siltig organischer Ablagerungen, die pollenanalytisch untersucht wurden. Im Liegenden dieser Schichten fand sich umgelagerte Grundmoräne, im Hangenden ein lössartiger Gehängelehm. Anhand der Pollenspektren konnte ein von *Picea* und *Pinus* dominiertes Interstadial (Kölliken I) nachgewiesen werden, das ausserdem geringe Anteile von *Abies* enthielt. Von einem zweiten Interstadial (Kölliken II) war nur die Initialphase mit *Betula* und *Pinus* zu erfassen. Die bio- und chronostratigraphische Einstufung der beiden Interstadiale wird diskutiert. Sie sind wahrscheinlich dem Frühwürm zuzuordnen.

## ABSTRACT

In the area of the village Kölliken, which is situated southwest of Aarau (Swiss plateau), several corings were carried out in order to provide information about the geology and hydrogeology of a hazardous waste disposal site. Core KB 10 revealed three silty organic layers, which were studied by means of pollen analysis. The underlaying mineralogenic layer consists of reworked lodgment till, the overlaying layer is a loess-like loam. The pollen records revealed sequences of two interstadials. The first interstadial (Kölliken I) is dominated by *Picea* and *Pinus*, whereas *Abies* appears only in small amounts. From the second interstadial (Kölliken II) only the initial phase is recorded. This phase is characterized by the expansion of *Betula* and *Pinus*. The bio- and chronostratigraphic positions of both interstadials are discussed in detail; they most probably belong to the Early Würm.

## 1. Einleitung

Im Gebiet der Sondermülldeponie der Gemeinde Kölliken, Kt. Aargau, wurden im September 1986 unter der Leitung der Colombi Schmutz Dorthe AG (CSD) verschiedene Sondierbohrungen abgeteuft. Diese hatten zum Ziel, die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse der Deponie und deren Umgebung abzuklären. Im Verlaufe der Sondierungen stellte Dr. G. Schmid, Geologe, im Kern der Bohrung KB 10 (Koord. 643.861/241.868, 447.87 m ü.M.) drei Schichten siltig organischen Materials (Torf, Gyttja) fest. Von Prof. Dr. Ch. Schlüchter erhielt ich damals Kenntnis von diesem Profil und hatte Gelegenheit, den Bohrkernen Sedimentproben zu pollenanalytischen Untersuchungen zu entnehmen.

Später wurden im Gebiet der Gemeinde Kölliken noch weitere Sondierbohrungen durchgeführt. Nach Auskunft von Dr. H.-J. Moser, dem Nachfolger von Dr. G. Schmid, konnten in diesen Profilen jedoch keine grösseren Torflagen mehr festgestellt werden.

Die pollentalytischen Untersuchungen hatten zum Ziel, die vegetationsgeschichtliche Entwicklung der Gegend von Kölliken zur Zeit der Torfablagerungen so weit wie möglich

aufzuzeigen und ebenfalls Anhaltspunkte zur paläoklimatischen Entwicklung zu gewinnen. Zugleich sollte versucht werden, die Pollensequenzen bio- und chronostratigraphisch einzuordnen. Von <sup>14</sup>C-Anreicherungsdatierungen musste allerdings abgesehen werden, da die hierzu erforderlichen Mengen organischen Materials nicht zur Verfügung standen.

## 2. Das Untersuchungsgebiet

Die südlichste Kette des Faltenjuras (Fig. 1) zieht sich vom Born (719 m) über Säli (663 m) zum Engelberg (702 m). Der zwischen Aarburg und Olten bestehende Durchbruch durch die Malmkette wird von der Aare durchflossen. Nach Osten hin schliessen sich an die Jurakette die Hügelzüge des Farnhobel (508 m) und des Tann (502 m) an, die aus Schichten der Unteren Süßwassermolasse (Chattien – Aquitanien) gebildet werden. Die Ortschaft Kölliken liegt am Ostrand des Kölliker-tann und zugleich am Westrand des breiten Sohlentales, das vom Köllikerbach, der Uerke und der Suhre durchflossen wird.

<sup>1</sup> Zelgli 42, CH-3322 Mattstetten

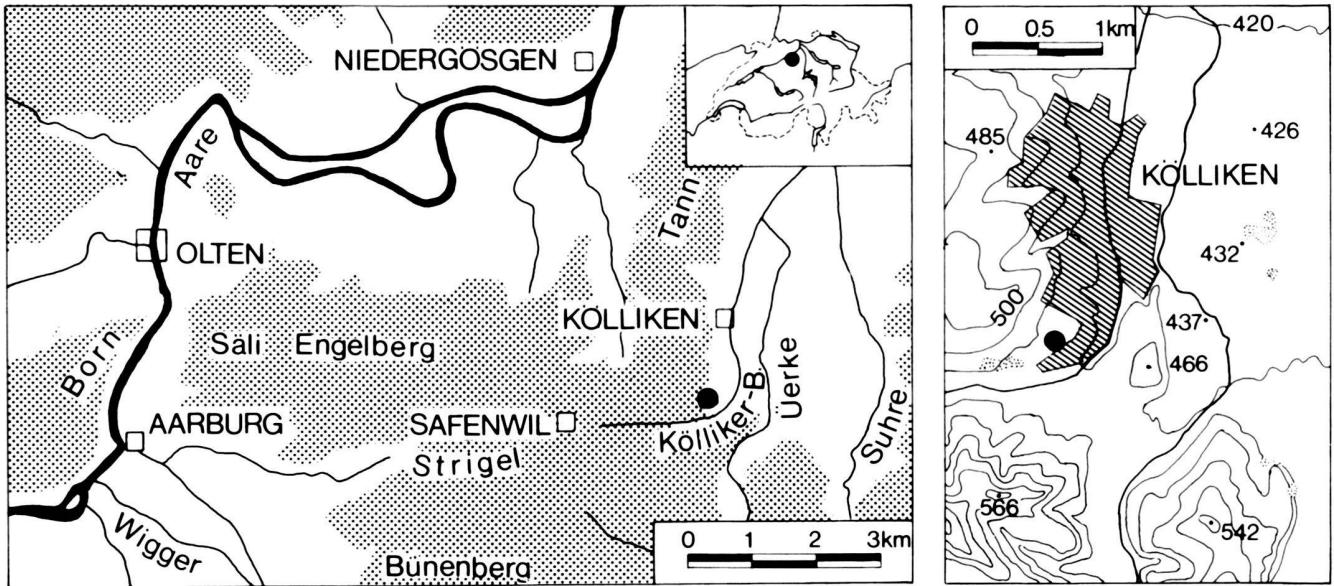


Fig. 1. Geographische Lage von Källiken. Schwarze Kreisfläche: Lage des pollenanalytisch untersuchten Profils. Flächen mit Raster: Gebiete oberhalb 450 m ü.M. Fein punktierte Flächen: Kiesgruben.

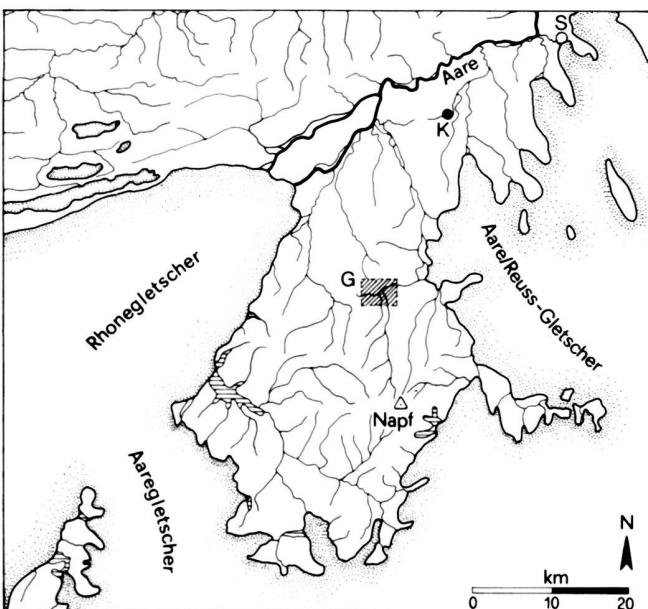


Fig. 2. Das zentrale Mittelland zur Zeit der maximalen Würmvergletscherung, gezeichnet nach der Karte von Imhof (1965). K: Profil Källiken, S: Profil Sulperg bei Wettingen (Welten 1981, 1982), G: Schieferkohlengebiet von Huttwil-Gondiswil-Ufhusen-Zell.

Der südlich des Höhenzuges Säli-Engelberg gelegene Übergang des Strigel (506 m) WSW Safenwil verbindet das Wiggertal mit dem Suhrental. Dieser breite Sattel wird durch Aquita-

nien-Schichten gebildet. Nach Süden schliessen sich die Molassehügel des Bünenberg (579 m), der Hochwacht (644 m) und weiter im Osten von Schorüti (512 m) an. Es handelt sich um Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse (Burdigalien).

Nach der Karte von Imhof (1965) blieb die Gegend während der letzten Eiszeit eisfrei (Fig. 2). Im Südwesten erreichte der würmeiszeitliche Rhonegletscher bei Oberbipp-Bannwil-Holzhäusern und Thunstetten seinen Maximalstand (Hantke 1980). Bedeutend näher kam der Suhrental-Lobus des Aare/Reuss-Gletschers, dessen markante innere und äussere Wallmoränen sich bei Staffelbach finden, nur 6 km von Källiken entfernt (Niggli 1913, Hantke 1968, 1980). Die Gegend von Källiken lag somit im periglazialen Bereich. Den Wallmoränen von Staffelbach vorgelagert findet sich die grosse Schotterebene des unteren Suhrentales.

Im Gegensatz zu den von S nach N verlaufenden Tälern der Wigger und der Suhre verläuft der von W nach E gerichtete Übergang Oftringen-Strigel/Safenwil-Källiken quer zu diesen Haupttalungen. Er ist nach Niggli (1913) während der «Grossen Eiszeit» (Riss) vom Rhonegletscher stark überformt worden. Risseiszeitliche Grundmoränen finden sich zwischen Aarburg und Strigel und dann auch im Gebiet westlich von Källiken. Ausserdem bedecken sie laut Mühlberg (1908) nach Nordosten hin die Molassehügel des Tann, des Ischlag und des westlich der Ortschaft Suhr gelegenen Gönnert. Das pollenanalytisch untersuchte Profil von Källiken liegt im Bereich risszeitlicher Ablagerungen.

In jüngster Zeit wird nun allerdings diese chronostratigraphische Zuordnung in Frage gestellt. Nach Schlüchter (1989) sowie Schlüchter et al. (1993) soll die Gleichsetzung der

«Grossen Eiszeit» mit der vorletzten Eiszeit (Riss) nicht mehr aufrecht zu erhalten sein. Vielmehr sei die «Grosse Eiszeit» vor den Holstein-Komplex sensu Welten (1982) einzustufen. Diese Schlussfolgerung zieht Schlüchter aus der Thalgut-Schichtreihe und auch aus den von Welten (1982, 1988) pollanalytisch bearbeiteten Profilen von Meikirch. Welten (1988) konnte zudem an Profilen der Talfalte von Kaltbrunn-Uznach-Eschenbach und der Linthebene nachweisen, dass die maximale Tiefenerosion im nördlichen Alpenvorland nicht in der Risseiszeit, sondern während der Mindel-Vergletscherung oder eines noch älteren glazialen Ereignisses erfolgt ist.

Im Zusammenhang mit dem Nachweis von Torflagern im Profil von Kölliken ist von Interesse, dass bereits beim Bau der Nationalbahn im Jahr 1874 auf der zwischen Wigger- und Suhrental gelegenen Wasserscheide bei Safenwil (Fig. 2) in einem Einschnitt ein ca. 15 cm mächtiges Torflager festgestellt worden ist (Mühlberg 1878, Niggli 1913). Außerdem wurden in den Jahren 1950 und 1951 beim Bau einer Bahnüberführung bei Safenwil in vier Baugruben ebenfalls Torflager aufgeschlossen, die von Müller (1952) pollanalytisch untersucht worden sind. Über die erzielten Ergebnisse und deren Bezug zum Profil Kölliken wird im Abschnitt 4.2.3 dieser Arbeit berichtet.

### 3. Untersuchungsmethoden

#### 3.1 Geländearbeit

Die Bohrung wurde im September 1986 von der Firma Gebrüder Meier AG, Brugg, ausgeführt. Die Bohrstelle liegt an der linken Flanke des vom Strigel herabführenden und ins Suhrental einmündenden Tales des Köllikerbaches (Koord. 643.861/241.868, 447.87 m ü.M.).

Die Sedimentproben wurden den Bohrkernen ( $\varnothing$  10 cm) im Feld in 2–10 cm Abständen entnommen und in Polyaethylen-Beutel eingeschlossen. Diese wurden im Kühlraum der Botanischen Institute der Universität Bern gelagert.

#### 3.2 Aufbereitung der Sedimentproben, mikroskopische Analyse und Diagrammgestaltung

Was die Aufbereitung der Sedimentproben, die pollanalytische Untersuchung und die Diagrammgestaltung betrifft, sei auf die Darstellung in Eclogae geol. Helv. 89/2, 793–795 (Wegmüller 1996) verwiesen.

## 4. Ergebnisse

#### 4.1 Lithostratigraphie

Die nachstehend aufgeführte und zum Teil leicht abgeänderte Lithostratigraphie des Profils der Sondierbohrung KB 10 beruht auf der Beschreibung von Dr. G. Schmid vom 26. Oktober 1986. Im Bereich «Verlandungshorizont» (4.00 m–8.90 m) wurden aufgrund der palynostratigraphischen Untersuchungen in Abweichung des Bohrprotokolls einige wenige Differenzierungen vorgenommen.

#### Übersicht

|               |                                      |
|---------------|--------------------------------------|
| 0.00– 1.00 m  | Auffüllung                           |
| 1.00– 4.00 m  | Gehängelehm, lössartig               |
| 4.00– 8.90 m  | Verlandungshorizont                  |
| 8.90–11.10 m  | umgelagerte Moräne                   |
| 11.10–12.75 m | evtl. ältere Deckenschotter          |
| ab 12.75 m    | verwitterte Untere Süsswassermolasse |

#### Lithostratigraphie

|               |   |
|---------------|---|
| 0.00– 1.00 m  | künstliche Auffüllung   |
| 1.00– 4.00 m  | brauner, lokal grau gefleckter, toniger Silt mit dünnen Feinsandlagen, vertikale Wurzelabdrücke, bindig, weich, kohlige Einlagerungen bei 2.60–2.73 m, ab 3.50 m Übergang der Farbe in Grautöne |
| 4.00– 4.75 m  | toniger Silt, grau, moderiger Geruch, festgelagert, trocken   |
| 4.75– 5.15 m  | dunkelbraune, siltige Gytta, festgelagert, trocken  |
| 5.15– 5.40 m  | grauer, toniger Silt  |
| 5.40– 5.70 m  | dunkelbrauner toniger Silt, festgelagert, mit vielen organischen Resten   |
| 5.70– 6.12 m  | dunkelbrauner, festgelagerter Torf, leicht siltig   |
| 6.12– 6.30 m  | dunkelbrauner, toniger Silt mit organischen Resten  |
| 6.30– 6.45 m  | tonig-siltiger Feinsand, leicht organisch, grau   |
| 6.45– 7.55 m  | siltiger Feinsand, grau, leicht bindig, feucht  |
| 7.55– 7.65 m  | brauner Torfhorizont, leicht siltig   |
| 7.65– 8.30 m  | siltiger Feinsand mit Tortschmitzen, grau, lokal bräunlich, trocken   |
| 8.30– 8.90 m  | toniger Silt mit viel Feinsand, organisch durchsetzt, graubräunlich, bindig   |
| 8.90– 9.80 m  | siltiger, grauer Sand mit wenig Kies (gut gerundete Quarzitgerölle), nass ab ~9.10 m, leicht bindig   |
| 9.80–11.10 m  | siltiger Sand mit reichlich Kies und Steinen, grau-grünlich, wasserführend  |
| 11.10–12.75 m | stark siltiger Kies mit wenigen Steinen, leicht bindig-kohäsionslos, wasserführend, graubeige   |

#### 4.2 Palynostratigraphie (Fig. 3)

|              |     |                         |
|--------------|-----|-------------------------|
| Abkürzungen: | PAZ | Pollen Assemblage Zones |
|              | BP  | Baumpollen              |
|              | NBP | Nichtbaumpollen         |

##### 4.2.1 PAZ: Pollen Assemblage Zones

|         |  |
|---------|--|
| Zone 1: | NBP-Picea-Zone mit <i>Betula</i> (7.55–7.65 m)   |
|         | Die NBP gehen von 40.9 auf 29.5% zurück. <i>Picea</i> ist mit 34–48% dominant über <i>Betula</i> (13.9%) und <i>Pinus</i> (13.2%). <i>Abies</i> tritt in Spuren in allen drei Spektren auf. Das NBP-Spektrum ist reich an Taxa. Hervorzuheben sind außerdem die hohen Cyperaceae- und <i>Sphagnum</i> -Anteile.  |
| Zone 2: | NBP-Pinus-Picea-Zone (6.12–6.30 m)   |
|         | Im Gegensatz zu Zone 1 verzeichnet Zone 2 sehr hohe NBP-Werte (39.6–72.6%). Das gleiche gilt für die Cyperaceae und für <i>Selaginella</i> . Die <i>Pinus</i> - und <i>Betula</i> -Anteile sind ziemlich konstant, hingegen schwanken die <i>Picea</i> -Werte erheblich. Innerhalb des reichen NBP-Spektrums treten insbesondere <i>Thalictrum</i> (11.7%) und die Cichorioideae (5.4%) sowie <i>Artemisia</i> (2.3%) hervor. Zonengrenze 2/3: <i>Picea</i> -Anstieg und Rückgang der NBP-Anteile. |
| Zone 3: | <i>Picea</i> - <i>Betula</i> -Zone mit <i>Pinus</i> (5.85–6.12 m)  |
|         | <i>Picea</i> -Dominanz (25.2–56.0%), <i>Betula</i> -Anstieg auf 24.5% und ziemlich konstante <i>Pinus</i> -Werte um ca. 10%. <i>Abies</i> tritt ebenfalls konstant auf, wenn auch mit niedrigen Werten (1.5%), ferner sind Spuren von <i>Corylus</i> und <i>Quercus</i> nachzuweisen. Erheblicher Rückgang der NBP auf 22.5%. Aus-   |

|             |   |
|-------------|---|
|             | serordentlich hohe Vertretung der <i>Sphagna</i> . Zonengrenze 3/4: NBP-Zunahme.<br><i>NBP-Picea-Pinus-Zone</i> (5.70–5.85 m)   |
| Zone 4:     | Die stark schwankenden <i>Picea</i> -Anteile gehen auf minimale Werte zurück. Demgegenüber steigen die <i>Pinus</i> -Werte auf 37.7% an. Die NBP-Werte (30.4–70.2%) unterliegen ebenfalls starken Schwankungen. Nur noch vereinzelte Spuren von <i>Corylus</i> und <i>Quercus</i> . Leichter Anstieg der Werte der Brassicaceae, der Caryophyllaceae, von <i>Thalictrum</i> , der Cichorioideae, Asteroideae und der Apiaceae.<br>Zonengrenze 4/5: starke Zunahme der NBP-Werte, Anstieg der <i>Artemisia</i> -Kurve.   |
| Zone 5:     | <i>NBP-Picea-Pinus-Zone</i> (5.54–5.70 m)<br>Starker Anstieg der NBP-Werte auf bis zu 83.8%. Zunahme der Anteile von Taxa der kaltzeitlichen Steppe wie <i>Artemisia</i> , <i>Thalictrum</i> und <i>Helianthemum</i> , der Chenopodiaceae, Cichorioideae, Asteroideae und der Brassicaceae. Bemerkenswert ist ferner das Einsetzen der geschlossenen Kurve von <i>Salix</i> , <i>Botrychium</i> und <i>Selaginella</i> sowie das punktuelle Auftreten des Pollens von <i>Ephedra distachya</i> und <i>E. fragilis</i> . Sodann ist auch ein erheblicher Anstieg der Cyperaceen-Anteile festzustellen. Über die gesamte Zone weg bleiben die <i>Pinus</i> - und <i>Betula</i> -Werte gedrückt.<br>Zonengrenze 5/6: Anstieg der <i>Betula</i> -Werte.<br><i>Betula-Pinus</i> -Subzone (5.48–5.54 m) |
| Subzone 6a: | Steiler Anstieg der <i>Betula</i> -Kurve auf 37.4% und nachfolgender Rückgang. Anstieg der <i>Pinus</i> -Kurve auf 25.7% und Rückgang der NBP-Werte auf 31.5%.  |
| Subzone 6b: | Zonengrenze 6a/6b: <i>Pinus</i> -Anstieg und NBP-Rückgang.<br><i>Pinus-Betula</i> -Subzone (5.40–5.48 m)<br>Die <i>Pinus</i> -Werte steigen fortgesetzt bis auf 69.1% an, während <i>Betula</i> auf 1.9% zurückfällt. Erneut Spuren von <i>Corylus</i> , <i>Quercus</i> und <i>Abies</i> und erstmals auch von <i>Ulmus</i> . Fast alle Taxa des NBP-Spektrums gehen auf minimale Anteile zurück, und einzelne verschwinden ganz.   |
| Zone 7:     | <i>Pinus-NBP-Zone</i> (4.80–5.10 m)<br><i>Pinus</i> ist mit durchschnittlich 29% dominant über <i>Betula</i> (6%) und <i>Picea</i> (1.9%). Die NBP weisen hohe Anteile (66.1%) auf. Im NBP-Spektrum sind nahezu alle Taxa vertreten, die bereits in Zone 5 nachgewiesen worden sind.  |

#### 4.2.2 Grundzüge der vegetationsgeschichtlichen Entwicklung (Fig. 3)

Die pollanalytisch untersuchten Abschnitte des Profils Kölliken vermittelten nur bruchstückhaft Einblick in die vegetationsgeschichtliche Entwicklung der im unteren Teil des Suhrrentales gelegenen Gegend. Die zweimalige Unterbrechung der Ablagerung organischen Materials in 5.10–5.40 m sowie in 6.30–7.55 m Tiefe durch mineralische Sedimente, die pollanalytisch nicht auswertbar waren, führt zur Dreiteilung des Pollenprofils.

Die sich über alle drei Profilabschnitte erstreckenden hohen Cyperaceen-Werte weisen auf Verlandungszonen hin, die zur Ablagerung pflanzlicher Reste und damit zur Torfbildung geführt haben. Am auslaufenden Hangfuss des Höhenzuges des Kölliker Tanns fanden sich offensichtlich kleinere Becken und Rinnen, die zwar zeitweise überflutet wurden, in denen sich in ruhigeren Phasen jedoch Verlandungsgürtel bilden konnten.

Die gesamte Pollensequenz ist durch wechselnde *Picea/Pinus*-Dominanzen und recht hohe Anteile der NBP charakterisiert. Unter den *Picea*-Pollen treten vereinzelt auch

auffallend kleine Typen auf, welche *Picea omoroides*, der Serbischen Fichte zuzuordnen sind. Pollen wärmeliebender Bäume des Eichenmischwaldes (*Quercus*, *Ulmus*) und auch von *Corylus* und *Carpinus* treten nur in Spuren auf. *Hedera*, *Viscum*, *Ilex* und *Buxus*, die als Indikatoren thermisch günstiger Verhältnisse zu werten sind, fehlen völlig. Daraus darf geschlossen werden, dass die gesamte Sequenz sicher nicht aus der klimatisch optimalen Phase einer Warmzeit (Interglazial), sondern aus einer kühlen, boreal getönten Periode mit drei kälteren Phasen stammt. Wenn auch die hohen Cyperaceen-Werte sowie die in den Zonen 1–4 auftretenden hohen *Sphagnum*-Anteile (Torfmoose) durch besondere lokale Verhältnisse bedingt sein können, ist nicht auszuschliessen, dass höhere Niederschlagsraten zu jener Zeit deren Ausbreitung begünstigt haben.

Die drei Pollenspektren von Zone 1 dürften einen sehr kurzen Ausschnitt eines Interstadials aufzeigen, das wir mit dem lokalen Namen «Suhr» bezeichnen. Die NBP-Werte sind zwar beträchtlich; die Dominanz von *Picea* wie auch das Auftreten von *Abies* weisen jedoch auf leicht günstigere Verhältnisse hin. Aus dieser Zeit stammt die unterste Torfschicht.

In Zone 2 liegt eine rückläufige und zum Teil waldlose Phase (Stadial) vor, die wir mit Tann I bezeichnen. Für offene Verhältnisse sprechen die sehr starke Zunahme der NBP, das reiche Spektrum an NBP-Taxa und dann auch die starke Zunahme von *Selaginella selaginoides*. Es kommt aber nicht zur Ausbildung einer kaltzeitlichen Steppe.

Die Spektren von Zone 3 widerspiegeln den klimatisch günstigsten Abschnitt des Pollenprofils. Es handelt sich um einen Ausschnitt eines durch *Picea* beherrschten Interstadials (Kölliken I) mit *Pinus* und mit wenig *Abies*. Im oberen Abschnitt tritt *Betula* stärker hervor. Die initiale *Pinus*-Phase dieses Interstadials dürfte allerdings fehlen. Wahrscheinlich liegt zwischen 6.15 m und 6.10 m Tiefe ein Hiatus vor. Einmal steigen hier die BP-Anteile sprunghaft an, zum andern findet sich in 6.12 m Tiefe ein Sedimentwechsel von tonigem Silt zu Torf abgezeichnet.

Zu geschlossenen Fichtenwäldern kam es in diesem interstadialen Abschnitt nicht. Die immer noch beträchtlichen NBP-Anteile wie auch das weiterhin konstante Auftreten einer Reihe von NBP-Taxa weisen auf nur lichte Waldbestände hin. Die Ablagerung der grössten Torfschicht des Profils erfolgte im Verlaufe dieses Interstadials.

Unstabile Verhältnisse liegen sodann in Zone 4 vor, was durch Dominanzwechsel zwischen *Picea* und *Pinus* und durch schwankende Anteile der NBP-Werte angezeigt wird. Es handelt sich um eine Übergangszone.

In Zone 5 (Tann II) liegt ein kaltzeitlicher Abschnitt (Stadial) vor. *Picea* geht auf minimale Anteile zurück, *Abies* verschwindet, hingegen vermögen *Pinus* und *Betula* ihre Anteile auf tieferem Stand zu halten. *Salix* tritt nunmehr stärker hervor, und die beiden *Ephedra*-Typen treten konstant auf. Eindrücklich ist die Zunahme der NBP. Für kaltzeitliche Verhältnisse spricht das Auftreten von *Artemisia*, *Thalictrum*, *Helianthemum* und der Chenopodiaceae sowie weiterer Taxa,

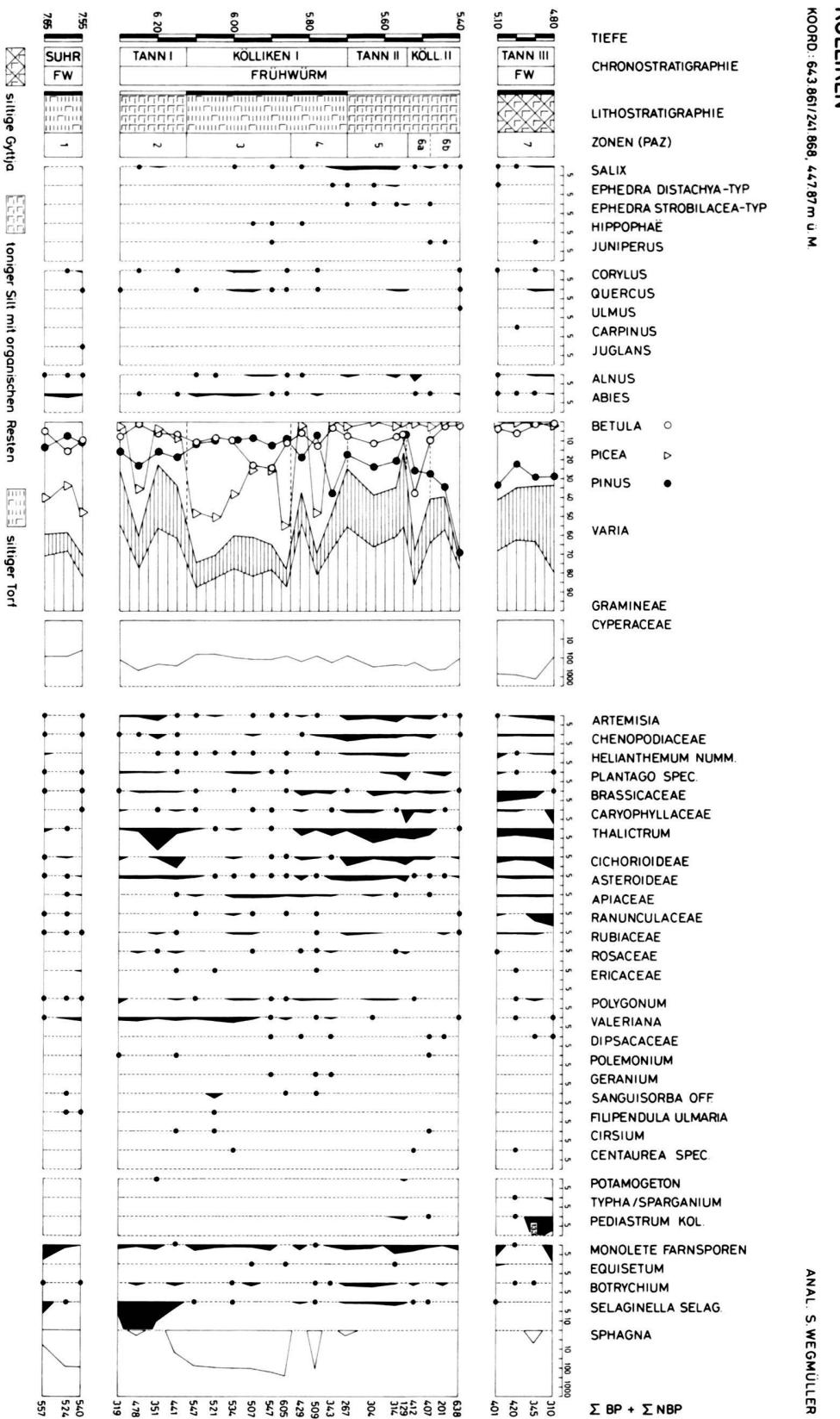


Fig. 3. Pollendiagramm des Profils Köllichen.

dann aber auch das erneute Einsetzen von *Botrychium* und *Selaginella selaginoides*. In der Gegend von Kölliken werden die Wälder durch diesen kaltzeitlichen Einbruch weitgehend vernichtet. Es ist ferner bezeichnend, dass zu Beginn dieser Kaltphase sich ein Sedimentwechsel von Torf zu tonigem Silt mit vielen organischen Resten abzeichnetet, was auf stärkere Erosion hinweist.

Die Spektren von Zone 6 zeigen die Initialphase eines weiteren Interstadials an (Kölliken II). Nach einem kräftigen *Betula*-Vorstoss (Zone 6a) kommt es zur kontinuierlichen Ausbreitung von *Pinus* (Zone 6b). Der Kiefernwald führt rasch zur Verdrängung der im vorangehenden Stadial verbreiteten Kraut- und Sporenarten.

Die Spektren der Zone 7 (Tann III) sind schwierig zu beurteilen. Sicher liegt eine klimatisch ungünstige Phase vor, während der zwar Gruppen von *Pinus* auf den Molasserücken vorhanden gewesen sind, die jedoch keine geschlossenen Bestände gebildet haben. Für eine verhältnismässig ruhige Sedimentation innerhalb des Beckens spricht die Ablagerung siltiger Gyttja mit darin eingelagerten *Pediasium*-Kolonien.

#### 4.2.3 Biostratigraphie und Chronostratigraphie

Es stellt sich nun die Frage der bio- und chronostratigraphischen Zuordnung der Pollensequenz von Kölliken. Da wir über keine radiometrischen Altersbestimmungen verfügen, muss eine Zuordnung nach palynostratigraphischen Kriterien versucht werden. Zum Vergleich sind hierzu pollenanalytisch untersuchte Profile angrenzender Regionen des Schweizerischen Mittellandes heranzuziehen. Für den Zeitraum der letzten 15000 Jahre stehen verschiedene <sup>14</sup>C-datierte Pollendiatigramme zur Verfügung, so vom Inkwilersee von Eicher (1990), vom Rotsee bei Luzern von Lotter (1987) sowie vom Wauwilermoos von Winter (1993) und Wegmüller (1976). Für die letzte Warmzeit (Riss/Würm-Interglazial) und das Frühwürm sind es die Profile Sulperg bei Wettingen von Welten (1982), die Profile aus dem Lütherthal von Küttel (1989) und das U/Th-datierte Profil Beerenmöslis aus dem Schieferkohlengebiet von Gondiswil/Ufhusen (Wegmüller 1992). Für das Mittelwürm beziehen wir uns auf die radiometrisch datierten Profile von Mutten-Signau von Welten (1982), das Profil Weierbach (Suhrental) von Welten (1982) und das datierte Profil von Gossau (Schlüchter et al. 1987). Was das Mittelpaläozän betrifft, liegen unter anderen folgende Referenzprofile vor: Meikirch bei Bern, Thal gut im Aaretal, Grandson-Vinaigre sowie das NW Uznach gelegene Profil Hirschland, die alle von Welten (1988) untersucht worden sind.

Eine Zuordnung der Sequenz von Kölliken zu einem postglazialen Abschnitt kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Wie bereits dargelegt, ist die ganze Sequenz durch wechselnde Dominanzen von *Picea* und *Pinus* gekennzeichnet. Es gibt kein Pollenprofil aus vergleichbaren Lagen der angrenzenden Gebiete, welches innerhalb einer spätholozänen *Picea*-Dominanz – *Picea* ist im Postglazial spät eingewandert – nicht noch erhebliche Anteile der Bäume des Eichenmischwaldes,

ferner von *Abies* und insbesondere auch von *Fagus* aufweist, was im Profil von Kölliken nicht der Fall ist. Ferner sind Zunahmen der NBP in diesem Zeitabschnitt häufig durch Kulturzeiger wie Getreidearten und Arten der Segetalflora begleitet, was hier nicht zutrifft.

Ein altpaläozänes Alter der Torfschichten von Kölliken kann ebenfalls ausgeschlossen werden, weil die Pollenspektren keine Spuren tertiärer Elemente aufweisen. Damit stellt sich die Frage der Einstufung entweder ins Mittel- oder ins Jungpaläozän. Bedauerlicherweise ergeben sich aus den geologischen Befunden keine den grossen Zeitrahmen einengende Anhaltspunkte. Zwar finden sich im Liegenden der Torflager Schichten umgelagerten Moränenmaterials, das mit grosser Wahrscheinlichkeit aus der «Grossen Eiszeit» stammt. Da deren bisherige zeitliche Zuordnung zur Risseiszeit jedoch von Schlächter (1989) verworfen und um mindestens zwei Zyklen zurückverlegt wird, bleibt deren exakte chronostratigraphische Einstufung zur Zeit noch offen. Damit ergibt sich auch kein chronostratigraphischer Bezugspunkt für die Torfe im Hangenden unseres Profils.

Nach pollenanalytischen Kriterien ist eine Einstufung der Sequenz von Kölliken in Früh- oder Spätphasen der beiden von Welten (1988) unterschiedenen Warmzeiten des Holstein-Komplexes nicht auszuschliessen. Die Vegetation dieser Früh- und Spätphasen war durch boreal getönte Koniferenwälder geprägt. Ebenso muss die Frage, ob die Kölliker-Sequenz den beiden frühen, durch *Picea* dominierten risseiszeitlichen Interstadialen der Meikirch Profile (Welten 1982, 1988) zuzuordnen sei, offen gelassen werden.

Eine Zuordnung in die Initialphasen des letzten Interglazials (Riss/Würm) kann aufgrund der beträchtlichen *Picea*-Anteile der Torflager von Kölliken ausgeschlossen werden; denn *Picea* breite sich in der letzten Warmzeit verhältnismässig spät aus (Welten 1982, Wegmüller 1992). Zu erwägen ist hingegen die Zuordnung zum Endabschnitt dieses Interglazials, der von *Picea* und schliesslich auch von *Pinus* dominiert worden ist und der durch starke Temperaturabnahme und auch durch zunehmende Niederschläge gekennzeichnet war. Von den Pollenspektren her ist die Einstufung in den Endabschnitt der letzten Warmzeit aber doch fraglich, weil der im Profil von Kölliken ausgeprägte Wechsel von kaltzeitlichen zu boreal getönten Perioden dagegen spricht.

Es bleibt somit zu diskutieren, ob diese Sequenz in Abschnitte des Früh- oder des Mittelwürm eingestuft werden kann. Im nördlichen Alpenvorland ist die vegetationsgeschichtliche Entwicklung des Frühwürm durch das Auftreten von drei bewaldeten Interstadialen charakterisiert (Welten 1982, Wegmüller 1992), die sowohl von der vorausgehenden Warmzeit (Riss/Würm) wie auch unter sich durch Kaltphasen (Stadiale) getrennt sind. In allen drei Interstadialen herrschten boreal getönte *Pinus/Picea*-Wälder vor. In den drei langen Profilen von Gondiswil/Ufhusen wurden diese mit den Lokalbezeichnungen Huttwil, Ufhusen und Dürnten (Wegmüller 1992) versehen. Nach den Untersuchungen von Grüger (1979) vom Samerberg ist das erste Frühwürm-Interstadium durch eine

klimatisch ungünstige Phase in zwei Thermomere geteilt. Diese liess sich auch in den Profilen von Gondiswil/Ufhusen (Huttwil I, II und III) und von Sulperg bei Wettingen nachweisen. Im zweiten Thermomer (Huttwil III) dieses Interstadials gelangte, im Gegensatz zum ersten (Huttwil I), *Abies* zu schwacher Ausbreitung. Im zweiten Interstatal (Ufhusen) kamen bei starker Dominanz von *Pinus* und *Picea* die mesophilen Gehölze *Quercus*, *Ulmus*, *Corylus* und *Alnus* zu sehr beschränkter Entfaltung. Das dritte Frühwürm-Interstatal, von Welten (1981) als Dürnten bezeichnet, ist durch eine initiale Phase von *Juniperus* und *Larix* charakterisiert. Es ist dadurch leicht kenntlich.

Für eine Zuordnung der Pollensequenz des Profils Kölliken zum Frühwürm kann die Dominanz von *Picea* und *Pinus* sprechen. Das Auftreten von *Picea omoricooides* spricht ebenfalls nicht gegen diese Einstufung, ist dieser Pollen doch in frühwürmzeitlichen Ablagerungen der Profile des Schieferkohlengebietes von Gondiswil/Ufhusen (Wegmüller 1992), vom Samerberg (Grüger 1979) und von Gossau (Schlüchter et al. 1987) nachgewiesen worden. Er tritt allerdings auch in cromer- und holsteinzeitlichen Sedimenten auf, und Grüger (1979) hat ihn ebenfalls in Seetonen der letzten Warmzeit vom Samerberg nachgewiesen. Die rückläufigen Perioden der Zonen 2, 5 und 7 des Profils Kölliken können als Stadiale aufgefasst werden, wie sie im Frühwürm auftreten. Die in Zonen 1, 3 und 4 sowie in Zone 6 nachgewiesenen Spektren entsprechen Ausschnitten von Interstadialen. Es ist möglich, dass das Interstatal Kölliken I (Zonen 3 und 4) mit dem schwachen, aber doch konstanten Auftreten von *Abies* dem 2. Thermomer (Huttwil III) des ersten Frühwürm-Interstadials entspricht. Im Pollendiagramm Kölliken sind allerdings die erhöhten NBP-Anteile dieses Abschnittes untypisch. Die Zuordnung der kurzen Phase von Zone 1 (Suhr) zu Huttwil I ist denkbar, eindeutig zu entscheiden ist es aber nicht. Zone 5 (Tann II) entspricht sicher einem kaltzeitlichen Abschnitt (Stadal), während in Zone 6 (Kölliken II) die Initialphase des nachfolgenden Interstadials (Ufhusen ? = 2. Frühwürm-Interstatal) abgebildet ist.

Müller (1952) hat über seine pollenanalytischen Untersuchungen an Torf- und Lehmschichten im Gebiet von Safenwil drei Pollendiagramme veröffentlicht. Da er bei der Darstellung der Diagramme den Nichtbaumpollen nicht berücksichtigt hat, fehlen allerdings wichtige Kriterien zum Nachweis rückläufiger Phasen, was den Vergleich mit dem Profil Kölliken erschwert. Zudem basieren seine Berechnungen der prozentualen Anteile der einzelnen Taxa im Vergleich zu heutigen Untersuchungen auf bedeutend kleineren Gesamtsummen. Die Diagramme Safenwil I und IV zeigen nach einer *Picea*-Dominanz einen kräftigen Anstieg der *Pinus*-Werte. Diese Sequenz kann aus einer Spätphase eines Interstadials stammen. Im Gegensatz zu diesen beiden Diagrammen fehlt dem 4.10 m langen Diagramm Safenwil II, das durch eine starke *Picea*-Dominanz geprägt ist, der anschliessende *Pinus*-Anstieg. In 810–835 cm Tiefe findet sich innerhalb der *Picea*-Sequenz eine rückläufige, von *Pinus* dominierte Phase, wie sie für das erste Frühwürm-Interstatal typisch ist. Sie teilt das In-

terstatal in zwei Thermomere. Interessant ist nun, dass Müller in zwei über der regressiven Phase liegenden Spektren *Abies* nachgewiesen hat, was für eine Zuordnung zum 2. Thermomer des ersten Frühwürm-Interstadials sprechen könnte. Damit ergibt sich zum Profil von Kölliken insofern ein Bezug, als das von *Picea* dominierte Interstatal Kölliken I (Zonen 3 und 4) ebenfalls *Abies* aufweist.

Eine Zuordnung der Torfschichten zu einem der Interstadiale des Mittelwürm ist nach den heutigen, noch sehr spärlichen Kenntnissen auszuschliessen. In den Profilen der bei Sigau gelegenen Muttenterrasse konnte Welten (1982) zwar zwei durch *Pinus* dominierte Interstadiale nachweisen, denen *Picea* weitgehend fehlt, was im Interstatal Kölliken I nicht der Fall ist. Im Profil von Gossau (Schlüchter et al. 1987) liegt im obersten Schieferkohlenlager ein ebenfalls durch Kiefern dominiertes kurzes Interstatal vor, das dem Mittelwürm zugerechnet wird. Von den beiden darunter liegenden Fichten-Interstadialen dürfte zumindest das ältere noch dem Frühwürm zuzuweisen sein.

## 5. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Korrelation isolierter von *Picea* und *Pinus* dominierten Pollensequenzen quartärer Ablagerungen stellt zur Zeit noch grosse Probleme. Auf diese Schwierigkeit haben bereits Lüdi (1953), Grüger (1979), Welten (1982), Gremmen (1982), Peschke (1983), Arn (1984) und auch Brun (1995) hingewiesen; denn derartigen Sequenzen fehlen charakteristische Merkmale, die eine sichere palynostratigraphische Zuordnung erlauben. Eine Einstufung ist in der Regel nur dann möglich, wenn von der gleichen oder einer benachbarten Lokalität eine längere Sequenz eines bestimmten Interglazials vorliegt und aufgrund der gegenseitigen Lagebeziehung eine Zuordnung vorgenommen werden kann (Wegmüller 1996). Das ist beim Profil Kölliken nicht der Fall.

Bemerkenswert ist nun aber, dass im Schieferkohlengebiet von Gondiswil/Ufhusen die Ablagerung des oberen Hauptflözes im jüngeren Abschnitt des ersten Frühwürm-Interstadials eingesetzt hat. Dies war übereinstimmend in allen drei der untersuchten Pollenprofile nachzuweisen, und es ist denkbar, dass die klimatischen Bedingungen zur Ablagerung von Torfen in Verlandungszonen über weite Gebiete des nördlichen Alpenvorlandes gerade zu diesem Zeitpunkt besonders günstig gewesen sind. So gesehen erscheint die zeitliche Einstufung der Kölliker-Torflager ins Frühwürm als durchaus möglich.

Ein Überblick über die bisher palynostratigraphisch bearbeiteten jungpleistozänen Kohlenflöze des nördlichen Alpenvorlandes zeigt, dass die weitaus meisten aus dem Frühwürm stammen und zwar aus Höhenlagen zwischen 500–650 m ü.M. Kölliken liegt etwas tiefer, doch kennt man auch frühwürmzeitliche Flözvorkommen aus tieferen Lagen, so z. B. jene aus dem Val du Bourget und des Grésivaudan der französischen Nordalpen in 250–340 m Höhe ü.M. (Gremmen 1982, Hannss 1982, Brun & Hannss 1987) sowie des Genfer-Beckens in

350–390 m Höhe ü.M. (Lüdi 1953). Die Häufung von Schieferkohlelagern in diesem Höhenbereich dürfte weniger den günstigen Aufschlussverhältnissen als vielmehr den besondern orographischen und klimatischen Bedingungen dieser Lagen zuzuschreiben sein.

Schieferkohlen aus dem letzten Interglazial (Riss/Würm) sind hingegen selten. Die drei Profile aus dem Gebiet von Gondiswil/Ufhusen (Wegmüller 1992) wie auch jene von Schweinbrunnen bei Huttwil (Wegmüller 1995) und von Sulpberg bei Wettingen (Welten 1981, 1982) bilden Ausnahmen.

Nach Lüdi (1953) liegen die meisten Fundstätten von Schieferkohlen im Gebiet heutiger mesophiler Laubwälder (Fagion-Gesellschaften), in tieferen Lagen mit dominanter Buche, in höheren luftfeuchten Lagen mit vorherrschender Weißtanne. Die Fundorte im Genfer Becken und in den Tieflagen der Südwestalpen liegen im Bereich der Eichen-Hainbuchenwälder (Quero-Carpinetum). Vergleichbare Waldgesellschaften finden sich ebenfalls in der weiteren Umgebung von Kölliken.

Abschliessend sei folgendes festgehalten: Mit Sicherheit lässt sich die Pollensequenz des Profils KB 10 von Kölliken chronostratigraphisch nicht zuordnen. Nach eingehender Überprüfung erscheint uns jedoch die Einstufung ins Frühwürm als die wahrscheinlichste. Dies bedeutet, dass im Frühwürm in der Umgebung von Kölliken ähnlich wie an weiteren Lokalitäten des nördlichen Alpenvorlandes unter interstadialen kühl-feuchten Bedingungen die Voraussetzungen zur Ablagerung von Torfen gegeben waren. Sowohl im Mittelwürm als auch im Spätwürm blieb die Gegend von Kölliken eisfrei. Durch die Überlagerung von lössartigem Gehängelehm blieben die Torflager von Kölliken vor Erosion geschützt.

## Verdankung

Herrn Prof. Dr. Ch. Schlüchter danke ich für den Hinweis auf das Bohrprofil Kölliken und auch für seine Anmerkungen zum Manuskript. Ebenso danke ich Herrn Dr. P. Hochuli für die Überprüfung des Manuskripts und für seine Hinweise. Herrn lic. phil. nat. R. Quillet sei für die sorgfältige Aufbereitung des fossilen Pollens herzlich gedankt. Herrn Prof. Dr. R. Hantke, Stäfa, danke ich für die Diskussion zu Problemen der Bio- und Chronostratigraphie. Herrn Dr. H. Moser, Colombi Schmutz Dorthe AG, Aarau, vermittelte mir ergänzende Angaben zur Bohrkampagne im Gebiet von Kölliken sowie präzisierende Anmerkungen zum geologischen Teil. Auch ihm sei hiermit bestens gedankt.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ARN, R. 1984: Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique. Thèse, Université de Lausanne.
- BRUN, A. 1995: Contribution palynologique à l'étude des sédiments du Pléistocène supérieur de la Cluse d'Annecy (Haute Savoie). Quaternaire 6, 3–12.
- BRUN, A. & HANSS, C. 1987: Die spätpleistozänen Schieferkohlen im SW des Lac d'Annecy (französische N-Alpen). N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1987, H. 3, 129–145.
- EICHER, U. 1990: Der Inkwilersee. Eine vegetationsgeschichtliche Studie. Jahrb. des Oberaargaus 1990, 83–132.
- GREMMEN, W.H.E. 1982: Palynological investigations of Late-Pleistocene deposits in southeastern France. Proefschrift, Rijksuniversiteit te Groningen.
- GRÜGER, E. 1979: Spättriss, Riss/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern – ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. Geologica Bavar. 80, 5–64.
- HANSS, C. 1982: Spätpleistozäne bis postglaziale Talverschüttungs- und Vergletscherungsphasen im Bereich des Sillon alpin der französischen Nordalpen. Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. d. Wissenschaft. 4, 1–213.
- HANTKE, R. 1968: Erdgeschichtliche Gliederung des mittleren und jüngeren Eiszeitalters im zentralen Mittelland. In: Ur- und frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz, Band I: Die Ältere und Mittlere Steinzeit. Schweiz. Ges. Ur- und Frühgeschichte, Basel, 7–26.
- 1980: Eiszeitalter, Bd. 2, Ott, Thun.
- IMHOF, E. 1965: Atlas der Schweiz, erste Lieferung, Tafel 6.
- KÜTTEL, M. 1989: Züge der jungpleistozänen Vegetations- und Landschaftsgeschichte der Zentralschweiz. Revue Paléobiol. 8, 525–614, mit Diagrammheft.
- LOTTER, A. 1988: Paläökologische und paläolimnologische Studie des Rotsees bei Luzern. Diss. Bot. 124, 1–187.
- LÜDI, W. 1953: Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich 27, 1–208.
- MÜHLBERG, F. 1878: Zweiter Bericht über die Untersuchung der erratischen Bildungen im Aargau. Mitt. Aarg. natf. Ges. 1, 1–99.
- 1908: Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Aarau 1 : 25 000. Geol. Karte Schweiz, Geolog. Komm. Schweiz. natf. Ges. 8, 1–94.
- MÜHLBERG, F. & NIGGLI, P. 1913: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Gebietes Roggen-Born-Boowald 1 : 25 000. Geol. Karte Schweiz. Geolog. Komm. Schweiz. natf. Ges. 13, 1–65.
- MÜLLER, P. 1952: Pollenanalytische Untersuchungen in eiszeitlichen Ablagerungen im «Sumpf» bei Safenwil (Aargau). Ber. geobot. Forschungsinst. Rübel Zürich 1951, 122–131.
- NIGGLI, P. 1913: Erläuterungen zur geologischen Karte von Zofingen 1 : 25 000. Geol. Komm. Schweiz. natf. Ges. 12, 1–61.
- PESCHKE, P. 1983: Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. Geologica Bavar. 84, 69–99.
- SCHLUCHTER, C. 1989: Thal gut: Ein umfassendes eiszeitstratigraphisches Referenzprofil im nördlichen Alpenvorland. Eclogae geol. Helv. 82, 277–284.
- SCHLUCHTER, C., MAISCH, M., SUTER, J., FITZE, P., KELLER, W.A., BURGA, C.A. & WYNISTORF, E. 1987: Das Schieferkohlen-Profil von Gossau (Kanton Zürich) und seine stratigraphische Stellung innerhalb der letzten Eiszeit. Vjschr. natf. Ges. Zürich 132/3, 135–174.
- SCHLUCHTER, C. & WOHLFAHRTH, B. 1993: 2.2 Geologie. In: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. Band 1, (Hsg. LE TENSORER, J.-M. & NIFFELER, U.), Verlag Schweiz. Ges. f. Ur- und Frühgeschichte, Basel, 47–65.
- WEGMÜLLER, S. 1976: Pollenanalytische Untersuchungen über die Siedlungsverhältnisse der frühneolithischen Station Egolzwil 5. In: Archaeologische Forschungen. Das jungsteinzeitliche Jäger-Bauerndorf von Egolzwil 5 im Wauwilermoos (Redaktion: WYSS, R.). Schweiz. Landesmuseum Zürich, 141–150.
- 1992: Vegetationsgeschichtliche und stratigraphische Untersuchungen an Schieferkohlen des nördlichen Alpenvorlandes. Denkschr. Schweiz. Akad. Naturw. 102, 1–82.
- 1995: Palynostratigraphische Untersuchungen an letztinterglazialen Schieferkohlen von Schweinbrunnen im nördlichen Napfvorland (Schweizerisches Mittelland). Eiszeitalter u. Gegenwart 45, 75–85.
- 1996: Palynostratigraphische Untersuchungen an Ligniten der im nördlichen Napfvorland gelegenen Zeller Schotter (Schweizerisches Mittelland). Eclogae geol. Helv. 89, 789–810.
- WELTEN, M. 1981: Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und die Korrelation der Frühwürm-Intertiale in Mittel- und Nordeuropa. Eiszeitalter u. Gegenwart 31, 187–202.

- 1982: Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngern Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 156, 1–174.
  - 1988: Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 162, 1–38.
- WINTER, M. 1993: Pollenanalytische Untersuchung im Wauwilermoos, Kt. Luzern, Schweiz. Diplomarbeit, Manuscript, Freiburg i. Br.

Manuscript received 29. September 1996  
Revised version accepted 3. December 1996

#### Geologische Karten

- Geologische Karte von Zofingen, Spezialkarte No. 65, aufgenommen von P. Niggli.  
Beitr. geol. Karte Schweiz, Schweiz. geol. Kommission 1912.
- Geologische Karte des Gebietes Roggen–Born–Boowald, Spezialkarte No. 67, aufgenommen von F. Mühlberg und P. Niggli. Beitr. geol. Karte Schweiz, Schweiz. geol. Kommission 1912.

Geologische Karte der Umgebung von Aarau, Spezialkarte No. 45, aufgenommen von F. Mühlberg. Beitr. geol. Karte Schweiz, Schweiz. geol. Komm. 1908.

