

Über die Datierung pleistozäner Ablagerungen mit Hilfe von Pollenanalysen

Autor(en): **Grüger, Eberhard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **89 (1996)**

Heft 3

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-167930>

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.

Über die Datierung pleistozäner Ablagerungen mit Hilfe von Pollenanalysen

EBERHARD GRÜGER¹

Key words: Pollen analysis, pleistocene, dating, correlation

Schlüsselworte: Pollenanalyse, Pleistozän, Datierung, Korrelation

ZUSAMMENFASSUNG

Warmzeiten können sich hinsichtlich ihrer Vegetation in unterschiedlicher Weise voneinander unterscheiden: Einwanderungs- und Ausbreitungsfolge, Artenspektrum sowie die zeitweilige Vergesellschaftung der Arten können differieren. Aus Übereinstimmungen ergeben sich in der Regel Anhaltspunkte für eine Altersbestimmung durch Korrelation mit den Befunden von bereits datierten Vorkommen. Je größer die Entfernungen sind, über die hin korreliert wird, umso unähnlicher werden die pollenanalytischen Befunde sein und umso wichtiger ist die Überprüfung der Korrelation. Diese kann nur dann richtig sein, wenn sich alte und neue Befunde zu einem pflanzengeographisch sinnvollen Bild zusammenfügen lassen. Die Vegetationsentwicklung am Beginn (Pionierphase) und am Ende der mittel- und spätpleistozänen Warmzeiten entbehrt in der Regel unterscheidender Merkmale. Diese Abschnitte sind deshalb für Korrelationen ungeeignet. Zahlreiche pollenmorphologisch unterscheidbare Arten starben in Mitteleuropa – nacheinander – im Verlaufe des frühen und mittleren Pleistozäns aus. Auch daraus können sich Hinweise auf das Alter pollenführender Sedimente ergeben.

ABSTRACT

The vegetation of interglacial periods can differ in several respects. Species composition, sequence of immigration and spreading of the species and their temporary associations may be different. Correspondence of data allows the correlation of the newly studied deposits with other profiles, and also dating if one of them was dated before. With increasing distances between sites, vegetational differences will increase, too, and correlations will become more difficult. The result of a correlation can be correct only if old and new data yield a pattern of vegetation distribution not conflicting with plant geographical principles. The pioneer phases of the middle and late pleistocene warm periods are not suitable for correlations due to lack of distinguishing characteristics as are their end phases. The gradual impoverishment of the Middle European flora, which originally was rich in species, during the early and middle Pleistocene can also add to the dating of pollen bearing sediments.

1. Einführung

Für die Alterbestimmung von Sedimenten stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Eine davon ist die Pollenanalyse. Mit ihrer Hilfe werden Pollenspektren gewonnen, die ein in bestimmter Weise verzerrtes Abbild der Vegetation darstellen, welche zur Ablagerungszeit der Sedimente in der Umgebung des späteren Untersuchungspunktes

¹ Universität Göttingen, Institut für Palynologie und Quartärwissenschaften, Wilhelm-Weber-Str. 2, D-37073 Göttingen

vorhanden war. Pollenanalysen ermöglichen die Rekonstruktion früherer Vegetation und deren Veränderungen. Sind ein Vegetationstyp oder eine Abfolge von Änderungen der Vegetation als charakteristisch für einen bestimmten Zeitabschnitt erkannt, dann können Sedimente einer anderen Lokalität mit einem vergleichbaren pollenanalytischen Befund demselben Zeitabschnitt zugeordnet und damit oftmals auch datiert werden. Letztlich wird also überprüft, ob rekonstruierte Vegetationsabfolgen miteinander korrelieren. Dabei dürfen sich die Befunde, die miteinander verglichen werden, sogar erheblich voneinander unterscheiden; sie müssen sich aber widerspruchsfrei zu einem pflanzengeographisch sinnvollen Bild der Vegetationsgliederung zusammenfügen. Nur dann kann die Korrelierung richtig sein.

Der folgende Beitrag, die überarbeitete Fassung eines im September 1995 anlässlich der 175. Jahrestagung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften in St. Gallen gehaltenen Vortrages, soll die Bedeutung des großräumigen Vergleichs vegetationsgeschichtlicher Befunde für die Zuordnung pleistozäner Ablagerungen zu bestimmten Warmzeiten deutlich machen.

2. Die Verarmung der Flora während des Quartärs als Datierungshilfe

Das Quartär ist eine lange Folge kalter und warmer Zeitabschnitte, von denen die jüngsten die bekannten Kaltzeiten und Warmzeiten darstellen (Zagwijn 1985). Diese Folge ist nirgendwo auf dem Festland lückenlos belegt, sondern mußte aus zahlreichen, Einzelbefunden rekonstruiert werden. Da die der Rekonstruktion zugrunde gelegten Befunde oftmals nicht botanischer Art sind oder nur kurze Zeitspannen repräsentieren, ist auch der Ablauf der Vegetationsentwicklung nur unvollständig bekannt. Es ist jedoch sicher, daß die am Ende des Tertiärs noch sehr artenreiche mitteleuropäische Flora infolge der immer ungünstiger werdenden kaltzeitlichen Klimabedingungen im Quartär zunehmend an Arten verarmte, denn nach den Kaltzeiten gelang es immer weniger Arten, sich von den Refugien in Südeuropa in die Gebiete nördlich der Alpen auszubreiten. Die Abnahme der Artenzahl, die bereits im Tertiär einsetzte, ist beträchtlich. Von mehr als 40 Taxa, deren Vorkommen in Nordwesteuropa während des Oberen Pliozäns (Reuver) durch Makroreste belegt ist, starben mindesten 30 bis zum Beginn des Holozäns aus (Hammen et al. 1971, Tab. 1; Lang 1994, Tab. 5.7–1). Die Arten verschwanden sukzessive aus Nordwesteuropa: Nachweise von *Tsuga* (Hemlocktanne), *Carya* (Hickory), *Castanea* (Edelkastanie) und *Juglans* (Walnuß) sind in Nordwesteuropa auf frühpleistozäne Ablagerungen beschränkt. *Eucommia*, eine heute nur noch in Ostasien vorkommende Baumart, wuchs hier zum letzten Male während der ersten der zum Cromer-Komplex gerechneten Warmzeiten. Der Wasserfarn *Azolla filiculoides* ist noch in Sedimenten der auf das Holstein-Interglazial folgenden Dömnitz- oder Wacken-Warmzeit nachweisbar, während *Brasenia* ein Seerosengewächs, und *Dulichium*, eine Cyperacee, erst am Ende des letzten Interglazials, des Eems, ausstarben. Es leuchtet ein, daß das Zusammenspiel von Erkenntnissen über das Vorkommen und Fehlen von Arten eine Einengung der Datierungsmöglichkeiten auf eine oder wenige Warmzeiten erlauben kann.

Das Vorkommen einer Art ist durch Makroreste leicht zu belegen; bei Pollenfunden stellt sich jedoch immer die Frage nach der Beweiskraft vor allem geringer Pollenmengen. Dies gilt in besonderem Maße für windblütige Arten und immer dann, wenn mit Umlagerung älterer pollenführender Sedimente zu rechnen ist. Einzelnachweisen «aus-

OSTERHOLZ bei Elze 130 m

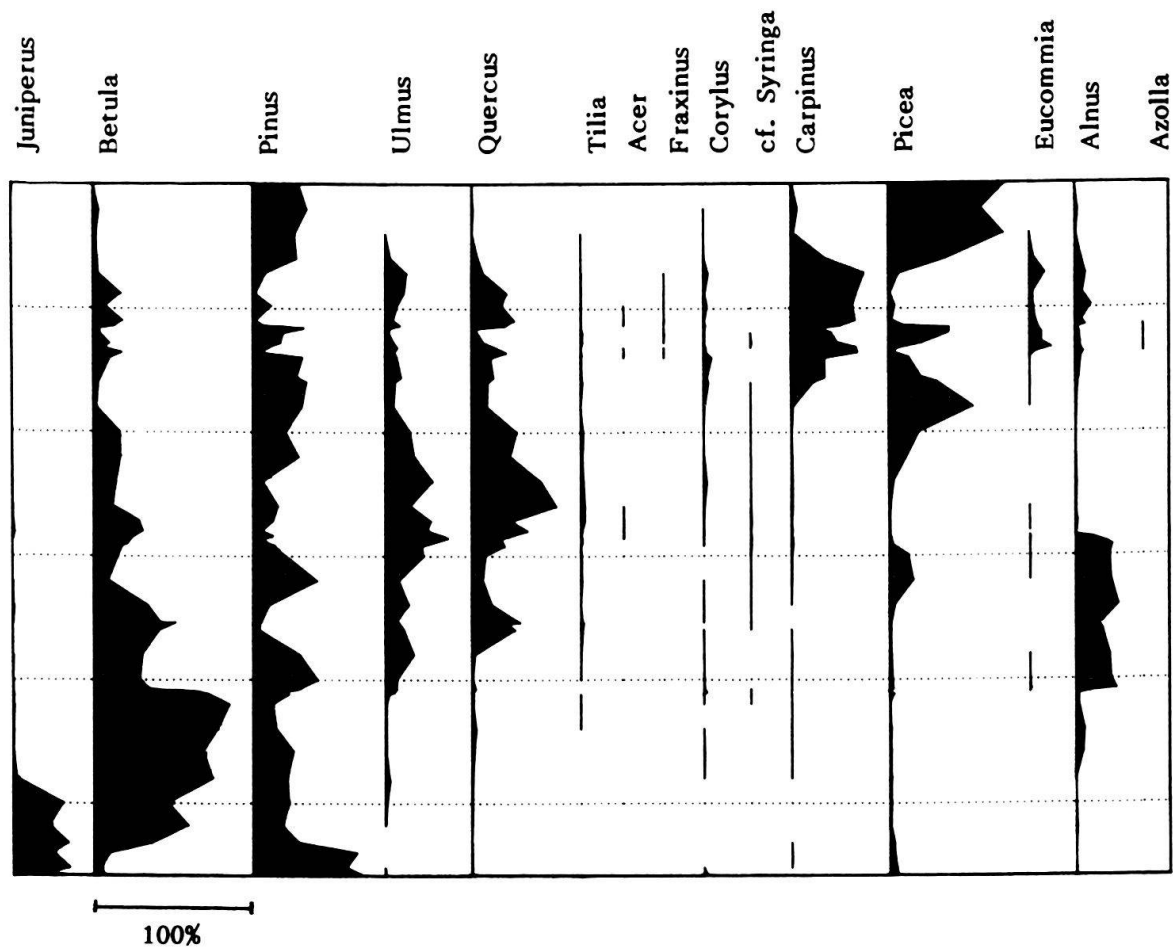


Fig. 1. Stark vereinfachtes Pollendiagramm vom Osterholz bei Elze (südlich Hannover). Alle Kurven sind im selben Maßstab gezeichnet. Die im vollständigen Diagramm (Grüger 1967) enthaltenen, vermutlich durch Rutschungen bedingten Wiederholungen wurden fortgelassen. Die waagerechten, punktierten Linien sind Halbmeternmarken.

gestorbener» Arten in jüngeren Sedimenten wird deshalb im folgenden keine Bedeutung beigemessen.

Als Beispiel für die Datierung von Sedimenten mittels einer pollenanalytisch nachgewiesenen, heute in Europa nicht mehr vorkommenden Art seien die Befunde vom Osterholz bei Elze (25 km südlich von Hannover, Grüger 1967) genannt. Das Profil umfaßt nahezu eine ganze Warmzeit (Fig. 1). Der weitaus größte Teil des Pollens stammt von Gattungen, die heute noch im Gebiet vorkommen. Es gibt vereinzelt Nachweise von *Myrica* und *Abies*, die heute im Gebiet fehlen, aber zur Flora des nördlichen Deutschland zählen. Als Exoten sind nur *Eucommia*, cf. *Syringa* sect. *Ligustrina* (Flieder), *Tsuga* (1 Pollenkorn) und *Azolla filiculoides* zu nennen. Von ihnen erlangte lediglich *Eucommia* einige Bedeutung und zwar in der Hainbuchenzeit. Das gemeinsame Vorkommen von *Carpinus* (Hainbuche) und *Eucommia* gilt als charakteristisch für das Cromer-1-Interglazial der Niederlande (im Sinne von Zagwijn 1985). Da der Pollenflora vom Osterholz überdies

frühpleistozäne Taxa völlig fehlen, ist die Zuordnung dieses Profils zum Cromer-1-Interglazial, das bereits zum Mittelpleistozän gerechnet werden kann, unumstritten. Den jüngeren nordwesteuropäischen Interglazialen hat *Eucommia* offenbar gefehlt.

Als zweites Beispiel sei das Profil Samerberg 2 vom Nordrand der bayerischen Alpen bei Rosenheim (Grüger 1983) genannt. Es umfaßt warm- und kaltzeitliche Sedimente, an warmzeitlichen Abschnitten allerdings wenig mehr als die Tannenzeit eines Interglazials und, darauf folgend, ein Interstadial. Als Besonderheit der Tannenzeit sind außer der bedeutenden, lang anhaltenden Beteiligung des Buchsbaums (*Buxus*) an der Waldvegetation vor allem das zeitweilige, gemeinsame Vorkommen von *Fagus* (Rotbuche) und *Pterocarya* (Flügelnuß) hervorzuheben. *Fagus* erreicht Werte von 28%, *Pterocarya* solche von 12%. Von der Rotbuche wurden sogar Blätter gefunden.

Das gemeinsame Auftreten von Tannen-, Buchsbaum-, Rotbuchen- und Flügelnußpollen ist seit längerem von zahlreichen Untersuchungspunkten im norddeutschen Tiefland und den angrenzenden Gebieten bis hin nach England und Polen bekannt. Jedoch erreicht keine der genannten Arten hier die vom Samerberg bekannte Bedeutung. Während *Abies* selbst in England noch ansehnliche Werte erreicht und auch in Dänemark nicht fehlte, ist Pollen von *Fagus* und *Buxus* oftmals so selten und in so geringer Menge nachgewiesen, daß an der Anwesenheit der beiden Gehölzarten in weiten Teilen dieser Region gezweifelt werden muß. Die Pollenfunde belegen aber, daß es anderswo, aus ökologischen Gründen am wahrscheinlichsten weiter im Süden, Bestände dieser Arten gab, von denen aus der Pollen nach Norden transportiert wurde. Es sei noch angemerkt, daß Pollen von *Pterocarya* durchwegs häufiger gefunden wurde als der von *Fagus* und *Buxus*. Von *Pterocarya* gibt es in den Niederlanden sogar Makroreste (Zagwijn 1978).

Anders als beim Beispiel Osterholz und den (in Ostwestrichtung) nur wenig mehr als 200 km voneinander entfernt liegenden Vergleichspunkten, sind beim Vergleich vegetationsgeschichtlicher Befunde aus dem Alpenvorland, z. B. vom Samerberg, mit solchen aus Norddeutschland Unterschiede zu erwarten. Auch heute ist ja die Vegetation beider Gebiete nicht gleich. Tanne und Fichte, die in den Bergwäldern weiter im Süden verbreitet sind, fehlen im norddeutschen Tiefland. Die Nordgrenze des Fichtenareals verläuft über den Harz, die Tanne bleibt weiter im Süden zurück. Entsprechend gering sind die Anteile dieser beiden Nadelbaumarten in nacheiszeitlichen Proben aus Norddeutschland. Vergleichbares ist für die Interglaziale zu erwarten. Deshalb ist es aus pflanzengeographischer Sicht möglich, das Profil Samerberg 2 derselben Warmzeit zuzuordnen, der auch die Vorkommen mit der charakteristischen Vergesellschaftung von *Abies* und *Pterocarya* und *Fagus* angehören, d. h. der Holsteinwarmzeit im Sinne von Cepek & Erd (1975) oder Linke & Hallik (1993). Dies geschieht freilich unter der Voraussetzung, daß ähnliche Verhältnisse während des Pleistozäns nicht mehrfach aufgetreten sind.

Ganz ähnliche Befunde sind aus der Schweiz (Welten 1988), den Westalpen (Beaulieu et al. 1994) und dem Zentralmassiv (Reille & Beaulieu 1995) bekannt geworden, aus Gebieten, in denen die Rotbuche auch während jüngerer Waldzeiten als der Holsteinwarmzeit, z. B. im Eem und Frühlwürm, eine gewisse, in Frankreich zeitweise sogar große Bedeutung erlangte. Die Flügelnuß fehlte jedoch diesen jüngeren Waldzeiten mit *Fagus*.

Folgt man der Datierung der als holsteinzeitlich angesehenen Profile, in denen das gleichzeitige Vorkommen von *Abies*, *Fagus*, *Pterocarya*, *Buxus* usw. belegt ist, dann ergibt sich für dieses Interglazial ein pflanzengeographisch in sich stimmiges Bild. Das hol-

steinzeitliche Tannenareal reichte offensichtlich über Mitteleuropa hinaus bis nach England und Frankreich. Die nördlichen Verbreitungsgrenzen von Rotbuche, Buchsbaum und Flügelnuß lagen vermutlich nahe dem Nordrand der Mittelgebirge. Das Areal von *Pterocarya*, einer Baumart der Auenwälder, erstreckte sich wahrscheinlich etwas weiter nach Norden als die der anderen Arten. Höhengrenzen können aus Mangel an Daten noch für keine der Arten angegeben werden.

Es ist klar, daß es auch holsteinzeitliche Profile ohne die genannte Gehölzartenkombination geben muß. Diese können aber nur von Untersuchungspunkten stammen, die vom gemeinsamen Verbreitungsgebiet dieser Gehölze weit entfernt waren. Solche Vorkommen können nicht auf die beschriebene Weise mit anderen korreliert und so gegebenenfalls datiert werden. Für die Vorkommen mit der charakteristischen «holsteinzeitlichen» Gehölzartenvergesellschaftung kann jedoch mit einem hohen Grad an Wahrscheinlichkeit Gleichaltrigkeit angenommen werden. Über die Stellung dieser Warmzeit im Pleistozän wird damit allerdings nichts ausgesagt.

3. Über die Korrelierbarkeit unvollständiger Profile

Das Profil vom Osterholz wäre pollenanalytisch nicht datierbar, wenn es vor Beginn der *Carpinus-Eucommia*-Phase endete. Damit stellt sich die Frage, ob bestimmte Ausschnitte aus einer Vegetationsabfolge für eine Korrelierung besser geeignet sind als andere und wie umfangreich sie sein müssen, damit sie noch als Abschnitte einer bestimmten Warmzeit erkannt werden können.

Der Ablauf der postglazialen Waldentwicklung in Mitteleuropa kann in drei Abschnitte unterteilt werden. Die Wiederbewaldung begann mit der Besiedlung der noch unentwickelten Böden durch «Pioniere» wie Sanddorn, Wacholder, Birke und Kiefer («Pionierphase»). Danach breiteten sich die thermisch anspruchsvolleren Laubgehölze Hasel, Eiche, Ulme, Linde, Esche, Ahorn u. a. aus. Da die beteiligten Arten – wie die genannten «Pioniere» – Lichthölzer sind, wird dieser Zeitabschnitt manchmal als «Lichtholzphase» bezeichnet. Dann kamen Schatthölzer wie Rotbuche, Hainbuche, Tanne und Fichte zur Ausbreitung. Wir leben in dieser «Schattholzphase».

Diese Gliederung gilt nicht nur für die Warmzeit, in der wir leben, sondern auch für die sechs (oder mehr?) Warmzeiten interglazialen Charakters, die derzeit in dem Zeitabschnitt vom Beginn des Mittelpleistozäns vor etwa 0.7 Millionen Jahren bis zum sog. Postglazial unterschieden werden (Warmzeiten des Cromer-Komplexes, Holstein- und Eem-Warmzeit). Bei den Interglazialen tritt noch ein weiterer, letzter waldzeitlicher Abschnitt hinzu, der durch die Wiederausbreitung der thermisch relativ anspruchslosen Gehölze der «Pionierphase» am Ende des Interglazials gekennzeichnet ist.

Auf die Interstadiale, die klimatisch günstigeren Abschnitte der Kaltzeiten, ist diese Gliederung nur bedingt anwendbar. Allzu unterschiedlich ist die Höhe der jeweils erreichten Vegetationsentwicklung während der einzelnen Interstadiale. Während es in besonders günstigen Fällen, z. B. während der Frühwürm-Interstadiale, in manchen Gegenden zur Bildung von Fichtenwäldern kam, ging die Entwicklung andernorts und/oder zu anderer Zeit nicht über das Pionierstadium hinaus.

Für die Korrelierung von Interglazialen und Interstadialen sind deshalb Abfolgen, die mit der Pionierphase enden oder mit der Endphase eines Interglazials beginnen, aus Mangel an charakteristischen Merkmalen ungeeignet. Entsprechendes gilt für Profile, die

– wie zahlreiche Schieferkohlevorkommen des Alpenvorlands – in einer Schattholzphase mit Fichtendominanz beginnen. Solche Profile sind in der Regel pollenanalytisch nicht zu datieren, denn Fichtenwälder gab es in Mitteleuropa am Ende mehrerer Interglaziale und Interstadiale.

Die Interglaziale unterscheiden sich voneinander vor allem im Arteninventar der Licht- und der Schattholzphasen sowie in der Reihenfolge, in der diese Arten einwanderten und sich ausbreiteten. Einige Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Letztes Interglazial und Postglazial unterscheiden sich in Mitteleuropa u. a. durch das Verhalten der Hasel, die sich im Eem (= Riß/Würm-Interglazial) erst «nach» der Ausbreitung der Eichen durchsetzen konnte, während das postglaziale Haselmaximum «vor» dem Anstieg der Eichenkurve zu Höchstwerten liegt.

Mitteleuropa ist seit mehreren tausend Jahren Rotbuchegebiet. *Fagus* bildet hier auf den besseren Böden ausgedehnte Wälder, in denen die Art dominiert. Entsprechend hoch sind die *Fagus*-Anteile in postglazialen Sedimenten. Letztinterglaziale Profile dagegen enthalten allenfalls in ihren jüngsten Sedimenten einzelne Pollenkörner von *Fagus*, eine Tatsache, welche die Bedeutungslosigkeit dieser Baumart während der letzten Warmzeit im Gebiet nördlich der Alpen beweist. Weiter im Süden muß die Rotbuche damals von größerer Bedeutung gewesen sein. Für Kärnten ist dies bereits belegt (Fritz 1992). Nördlich der Alpen war ihr Platz während des letzten Interglazials von der Hainbuche besetzt, die damals in den tieferen Lagen die Hauptbaumart der Wälder gewesen sein muß, ähnlich wie heute die Rotbuche. Die Hainbuche fehlte und fehlt den postglazialen Wäldern zwar nicht, doch blieb die Art während des Postglazials im westlichen Europa immer nur von untergeordneter Bedeutung.

Tanne und Fichte waren im letzten Interglazial bis nach Jütland verbreitet, im Postglazial erreichten beide Arten das nordwesteuropäische Tiefland jedoch nicht.

Diese Beispiele zeigen, welcher Art die Merkmale sind, die zur Unterscheidung warmzeitlicher Vegetationsabfolgen und damit zur Korrelierung von Profilen dienen können. In der Regel müssen längere Abschnitte der Vegetationsentwicklung bekannt sein, wenn die Korrelierung gelingen soll.

4. Korrelationen trotz regionaler Unterschiede der Vegetationsentwicklung

Mit Recht gelten Korrelierungen dann als sicher, wenn ihnen übereinstimmende vegetationsgeschichtliche Befunde zugrunde liegen. Voraussetzung dafür ist aber, daß die Vegetationsentwicklung in einem größeren Gebiet einen vergleichbaren Verlauf nahm. Ein gutes Beispiel dafür stellen die eemzeitlichen Profile aus den Tieflandsgebieten Nordwest- und Osteuropas dar, deren Pollendiagramme einander so ähnlich sind, daß trotz der großen Ausdehnung des Gebietes für dieses eine einheitliche Vegetationsentwicklung angenommen werden kann.

Darf aus diesem Befund geschlossen werden, daß Pollendiagramme von Untersuchungspunkten in den Mittelgebirgen oder im Alpenvorland solchen aus der norddeutschen Tiefebene entsprechen müssen oder ist vielmehr zu erwarten, daß sich Pollendiagramme aus den verschiedenen Regionen Mitteleuropas schon deswegen voneinander unterscheiden, weil die einzelnen Baumarten aus unterschiedlichen Richtungen und auf verschiedenen Wegen eingewandert sind? In den höheren Gebirgen mag die Höhenstufung der Vegetation zusätzlich zu Unterschieden in den Pollendiagrammen beitragen.

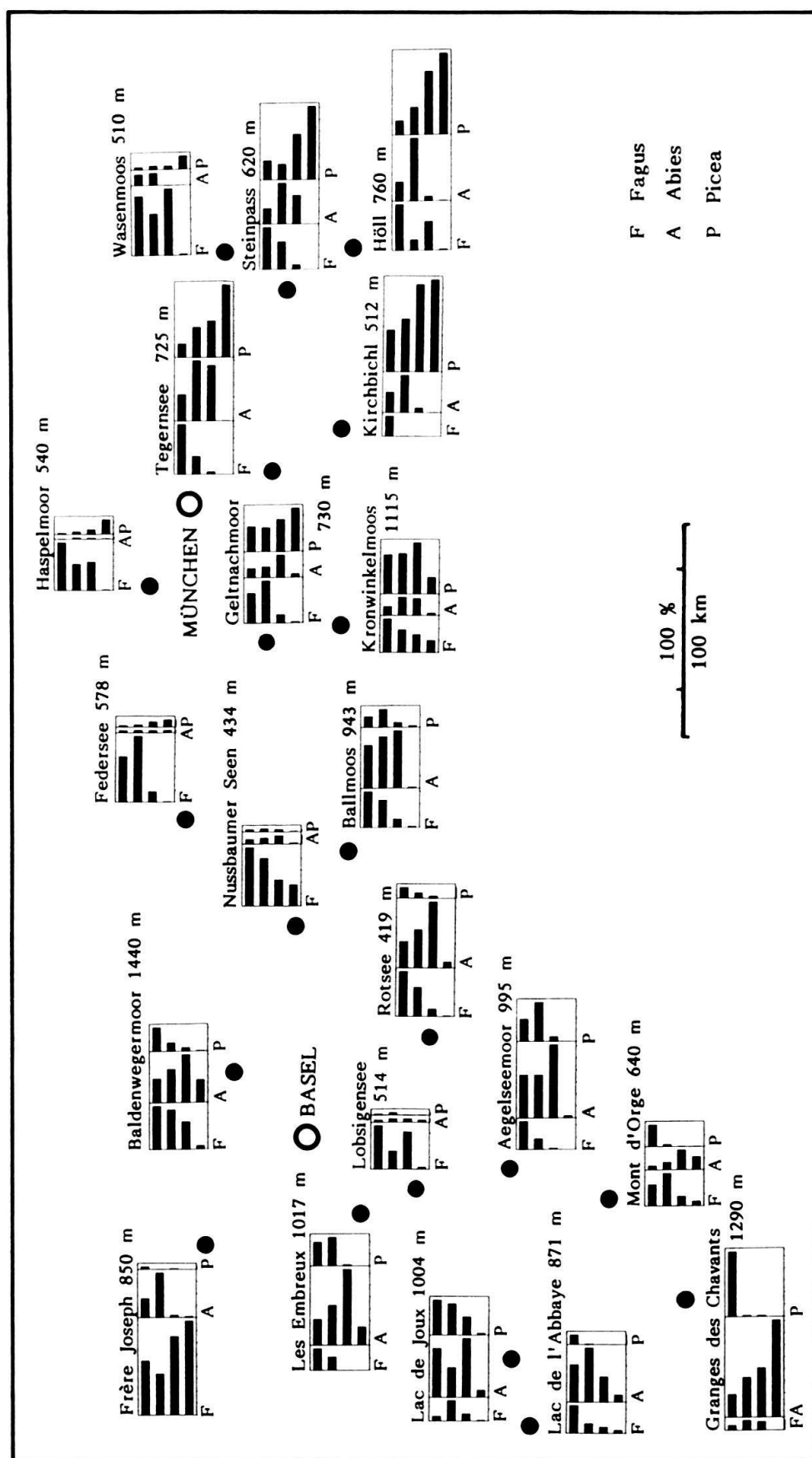


Fig. 2. Pollenanalytische Daten zur postglazialen Verbreitung von Rotbuche (*Fagus*), Tanne (*Abies*) und Fichte (*Picea*) im westlichen Alpenvorland. Dargestellt sind in der Regel die (allenfalls zufällig zeitgleichen) Höchstwerte, welche die genannten Baumarten an den Untersuchungspunkten Aegelsee (S. Wegmüller & Lotter 1990), Baldenwegemoor (Lang 1973), Ballmoos (H. P. Wegmüller 1976), Federsee (Liese-Kleiber 1993), Frère Joseph (Woillard 1975), Geltnachmoor (Küster 1988), Granges de Chavants (Beaulieu et al. 1993), Haspelmoor (Voigt 1989), Höll (Schantl-Heuberger 1994), Kirchbichl (Wahlmüller 1985), Kronwinkelmoos (Bludau 1985), Lac de Joux (S. Wegmüller 1966), Lac de l'Abbaye (S. Wegmüller 1966), Les Embreux (Hubschmid & Lang 1985), Lobsigensee (Ammann 1989), Mont d'Orge (Welten 1982a), Nussbaumer Seen (Rösch 1983), Rotsee (Lotter 1988), Steinpass (Lüninghoner 1994), Tegernsee (Lüninghoner 1994) und Wasenmoos (Krisai 1975) erreichen.

Zur Klärung dieser Frage soll Figur 2 dienen. Sie veranschaulicht, in welcher Reihenfolge Rotbuche (*Fagus* F), Tanne (*Abies* A) und Fichte (*Picea* P) während des Postglazials entlang des nördlichen Alpenrandes zu größerer Bedeutung gelangten. In kleinen Pollendiagrammen mit jeweils vier Pollenspektren sind Prozentwerte dargestellt, welche diese drei Baumarten nacheinander an den durch Punkte gekennzeichneten Untersuchungsorten erreichten. Wenn sinnvoll wurden die Höchstwerte dargestellt. Die zeitliche Stellung spielte bei der Auswahl der Pollenspektren keine Rolle. Keines der Pollenspektren ist jedoch älter als das ausgehende Boreal oder jünger als das frühe Subatlantikum, so daß die vier Spektren sich allenfalls auf den Zeitabschnitt zwischen ca. 7500 bis ca. 2000 B.P. verteilen.

Die Abbildung zeigt nicht nur, wie unterschiedlich die Anteile sind, welche Fichte, Tanne und Rotbuche – offensichtlich in Abhängigkeit von der Meereshöhe und der Nähe des Untersuchungspunktes zu den Alpen – erreichten, sondern auch, daß diese drei Baumarten im Alpenvorland in unterschiedlicher Reihenfolge zu größerer Bedeutung gelangten. Die genannten Unterschiede geben Aufschluß über die Einwanderungs- und Ausbreitungsrouten der genannten Baumarten. Man stellt fest, daß die Fichte, aus Refugien im Osten kommend, das östliche Alpenvorland vor der Tanne und der Rotbuche erreichte und sich von hier in westlicher Richtung ausbreitete. Tanne und Rotbuche wanderten sowohl aus dem Westen als auch aus dem Osten zu. Das hat zur Folge, daß sich die «postglazialen» Pollendiagramme aus dem Alpenvorland stark voneinander unterscheiden. Die Unterschiede sind so groß, daß man diese Profile nicht miteinander korrelieren würde, wäre nicht offenkundig, daß sie alle während des Postglazials entstanden.

Dies sollte bedacht werden, wenn zu prüfen ist, ob pleistozäne Profile, deren Pollendiagramme voneinander in wichtigen Merkmalen abweichen, zeitgleich sein können, denn mit unterschiedlichen Einwanderungswegen und Ausbreitungsrichtungen ist im Alpenvorland gewiß nicht nur während des Postglazials, sondern auch während der verschiedenen pleistozänen Warmzeiten zu rechnen.

Die in Figur 3 verzeichneten Pleistozänprofile des nördlichen und westlichen Alpenvorlandes sollen als Beispiel für die Anwendung dieser Erkenntnis dienen. Wie in Figur 2 sind hier vier Pollenspektren dargestellt, die so ausgewählt wurden, daß die Ausbreitungsgeschichte von Hainbuche (*Carpinus*), Tanne (*Abies*) und Fichte (*Picea*) deutlich wird. Die westlichen Vorkommen zeichnen sich ausnahmslos durch zeitweilige Hainbuchendominanz bei gleichzeitiger Bedeutungslosigkeit der Tanne aus. Weiter östlich dagegen – ausgenommen Gebiete geringer Meereshöhe wie bei Zeifen – erlangte *Carpinus* nie eine größere Bedeutung. Hier dominierte die Tanne trotz Anwesenheit der Hainbuche.

Die in Figur 3 verzeichneten Profile wurden ursprünglich der letzten Warmzeit zugeordnet, nicht zuletzt deshalb, weil die geologischen Gegebenheiten in allen Fällen die Annahme eines riß/würm-zeitlichen Alters nahelegen. Wegen der genannten Unterschiede wurde jedoch auch vorgeschlagen, die östlichen und die westlichen Vorkommen verschiedenen Interglazialzeiten zuzuweisen. Dies machte u. a. die Einführung einer bis dahin unbekannten, zusätzlichen Warmzeit nötig.

Die festgestellten Unterschiede können jedoch auch in folgender Weise erklärt werden: die Tanne konnte sich im Westen gegen die hier vor ihr eingewanderte und zur Vorherrschaft gelangte Hainbuche offensichtlich nicht durchsetzen. Im Osten dagegen gelang der Hainbuche die Massenausbreitung nur in der Gegend des tiefgelegenen Zeifens. Die Unterschiede wären also Ausdruck unterschiedlicher Ausbreitungsrichtungen von

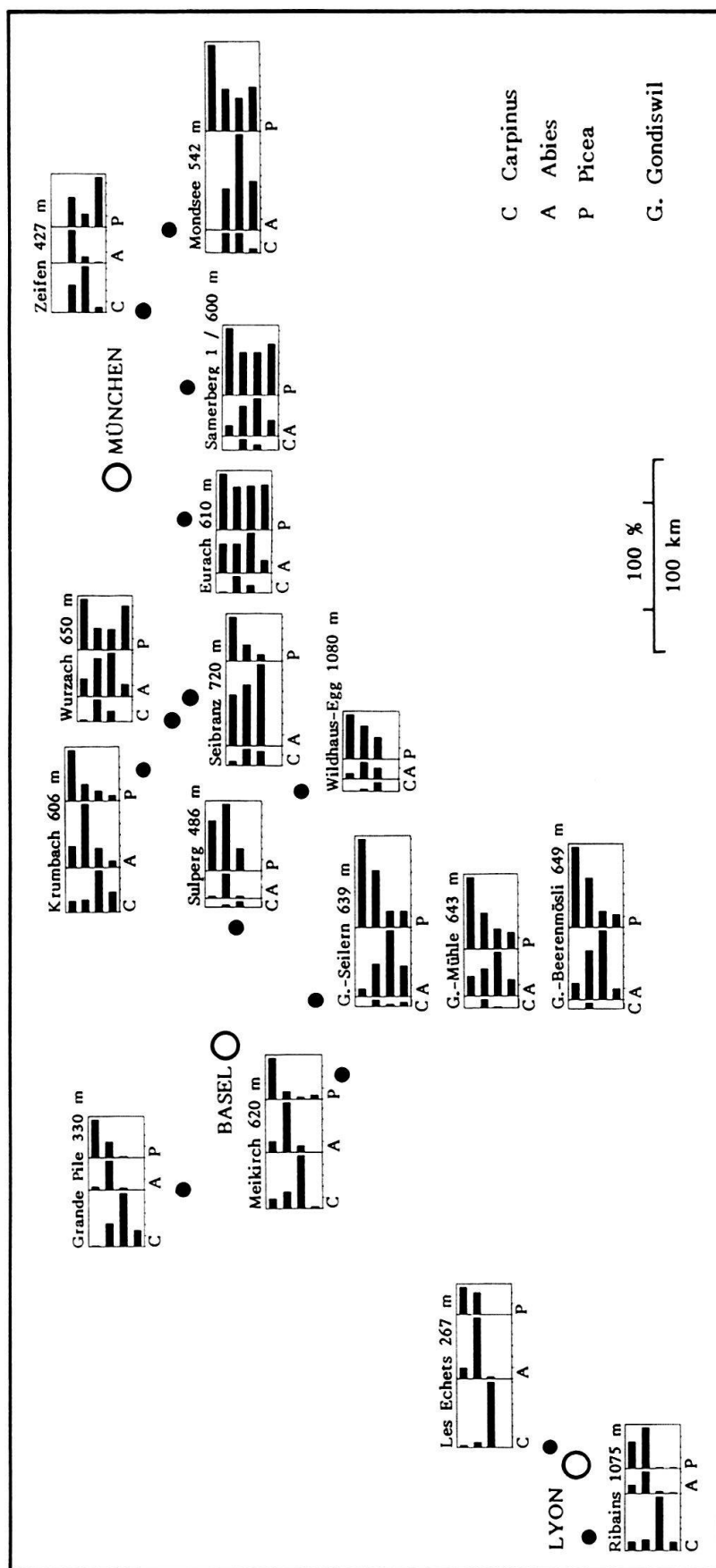


Fig. 3. Pollenanalytische Daten zur riß/würmzeitlichen Verbreitung von Hainbuche (*Carpinus*), Tanne (*Abies*) und Fichte (*Picea*) im nördlichen und westlichen Alpenvorland. Dargestellt sind die Höchstwerte, welche die genannten Baumarten an den Untersuchungspunkten Eurach (Beug 1979), Gondiswil (S. Wegmüller 1992), Grande Pile (Woillard 1975), Krumbach (Frenzel 1978, Frenzel & Bludau 1987), Les Echets (Beaulieu & Reille 1984), Meikirch (Welten 1982b), Mondsee (Klaus 1987), Ribains (Reille & Beaulieu 1990), Samerberg (Grüger 1979), Seibranz (Urban 1978), Sulperg (=Sulzberg; Welten 1982b), Wildhaus-Egg (Welten 1988), Wurzbach (Grüger & Schreiner 1993) und Zeifen (Jung et al. 1972) erreichen (nach Grüger & Schreiner 1993, verändert).

Tanne und Hainbuche sowie Folgen des Konkurrenzkampfes zwischen den beiden Baumarten, dessen Ausgang maßgeblich von den örtlichen Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen abhing. Die Einfachheit dieser ökologisch sinnvollen Erklärung spricht für sich. Alle Vorkommen gehören der gleichen Warmzeit an. Die geologischen Befunde, die biostratigraphische Gliederung der hangenden Schichten und physikalische Altersbestimmungen stützen diese Aussage (Gröger 1995).

Der Einheitlichkeit der letztinterglazialen Vegetationsentwicklung in den nördlichen Tieflandsgebieten stehen somit ausgeprägte Unterschiede im Alpenvorland gegenüber. Dies ist sicherlich dadurch bedingt, daß sich die Baumarten erst nach Umgehung (oder z. T. auch Überquerung) der Alpen, die nur auf wenigen Routen möglich war, «in breiter Front» nach Norden ausbreiten konnten.

Ein weiteres Beispiel: die Ausbildung der Vegetation während des 1. Interstadials der letzten Kaltzeit (Brörup-Interstadial) war in den verschiedenen Regionen Europas sehr unterschiedlich, offenbar weil der Temperaturgradient damals steiler war. Große Unterschiede zwischen Pollendiagrammen zeitgleicher Profile sind also zu erwarten. Trotzdem können etliche dieser Diagramme miteinander korreliert werden. Dies ist möglich, weil sie Veränderungen widerspiegeln, die auf einen Klimarückschlag hinweisen. Seine Auswirkungen kommen in den schweizerischen Gondiswil-Diagrammen im Abschnitt Huttwil II des Huttwil-Interstadials deutlich zum Ausdruck (Wegmüller 1992). In Grande Pile handelt es sich um den St. Germain-Ib genannten Zeitabschnitt (Woillard 1975). Dieser Klimarückschlag ist in Mittel- und Osteuropa ebenso nachweisbar wie in Südeuropa (Follieri et al. 1988). Eine Zusammenstellung der wichtigsten Untersuchungspunkte ist bei Gröger & Schreiner (1993) zu finden. Ihre Zahl liegt derzeit bei 20.

Der Nachweis dieser Klimaänderung kann Gleichaltrigkeit der betreffenden Profile bedeuten. Diese kann nur dann gegeben sein, wenn sich die palynologischen Befunde zu einem in sich widerspruchsfreien Bild der damaligen Vegetation zusammenfügen. Dies bleibt zu prüfen.

Bevor die Klimaverschlechterung einsetzte, gab es im östlichen Frankreich schon Wälder mit Eichen, Hainbuchen und anderen sommergrünen Laubbaumarten. Entlang des Alpennordrandes waren Fichtenwälder verbreitet. Das östliche Europa war Kieferngebiet, Nordwesteuropa lag noch im Bereich von Birkenwäldern. Der Klimarückschlag führte entlang der Alpen – von Frankreich bis Österreich – zur Wiederausbreitung von *Pinus* auf Kosten von *Picea*. In Osteuropa gewann die Birke wieder an Bedeutung, in Schleswig-Holstein *Juniperus* (Wacholder) und *Artemisia* (Beifuß). Das Bild der Vegetationsgliederung Mitteleuropas, das sich für die Zeit der Klimaverschlechterung, aber auch für die vorhergehende und die nachfolgende Periode ergibt, ist aus pflanzengeographischer Sicht offensichtlich sinnvoll und widerspruchsfrei. Deshalb dürfen die entsprechenden Profilabschnitte miteinander korreliert werden. Es ist jedoch möglich, daß der Klimarückschlag nicht in allen Profilen aus dieser Zeit nachweisbar ist. Davon wird im folgenden noch zu sprechen sein.

Befunde, die sich nicht in das Bild einer pflanzengeographisch sinnvollen, großräumigen Vegetationsgliederung einfügen, sprechen gegen die Gleichaltrigkeit der betreffenden Sedimente. So konnte z. B. Woillard's ursprüngliche Korrelierung des Ognon-I-Interstadials von Grande Pile mit dem Brörup-Interstadial schon deshalb nicht zutreffen, weil sie implizierte, daß es damals am klimatisch begünstigten Südwestrand der Vogesen eine deutlich anspruchslosere Vegetation gegeben hätte als in Norddeutschland.

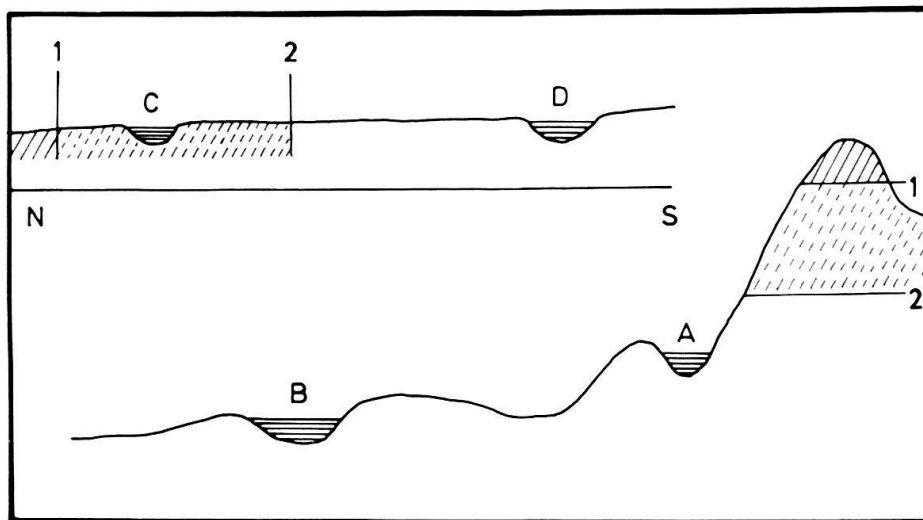


Fig. 4. Schnitte durch ein Tieflandsgebiet und durch das Vorland eines Gebirges mit Lage der Waldgrenze (oder einer anderen Arealgrenze) vor (1) und während (2) einer Klimaverschlechterung. Die Abbildung soll deutlich machen, daß die Klimaänderung in Pollenspektren von den Punkten A und C deutlicher zum Ausdruck kommen muß als an den Lokalitäten B und D.

Wie bereits angedeutet, gibt es auch Pollendiagramme von Sedimenten des ersten Frühlärm-Interstadials, welche keinen oder nur einen schwachen Rückschlag in der Entwicklung der Vegetation zu erkennen geben. Wenn deren Zuordnung zum Brörup-Interstadial stimmen soll, muß dieser Befund erklärbar sein. Dies kann gelingen, wenn die Lage des jeweiligen Untersuchungspunktes zu den Gebieten, in denen es zu größeren Veränderungen der Vegetation kam, berücksichtigt wird.

In Figur 4 sind Schnitte durch ein Tieflandsgebiet und durch den nördlichen Randbereich eines hohen Gebirges dargestellt. Die mit 1 und 2 bezeichneten Linien kennzeichnen verschiedene Positionen der nördlichen bzw. der alpinen Waldgrenze oder der Arealgrenzen von einzelnen pollenanalytisch nachweisbaren Arten. Die Abbildung macht deutlich, daß eine Absenkung der Waldgrenze in den Sedimenten eines nahe am Alpenrand (Punkt A) oder in den Alpen gelegenen Sees auch dann deutlich registriert werden wird, wenn die Waldgrenze nicht auf seine Höhe (Position 2) absinkt, denn die Entfernung zwischen dem See und der Zone mit alpiner Vegetation wird in der Regel so gering sein, daß deren Pollen reichlich bis zum Punkt A gelangen kann. Es kommt hinzu, daß die alpine Vegetation nicht nur näher an den See heranrückt, sondern daß sie aufgrund des Reliefs dann auch eine größere Fläche einnehmen wird. In weiterer Entfernung von hohen Gebirgen (Punkt B), in Gegenden, die trotz der Klimaverschlechterung Waldgebiet bleiben, kann sich der Pollen der sich ausdehnenden alpinen Zone jedoch weiterhin nur im Fernfluganteil bemerkbar machen, so daß hier die Klimaänderung in Pollendiagrammen kaum zum Ausdruck kommen kann. Ein Beispiel für derartige Verhältnisse sind die Profile vom Samerberg am Alpenrand (Grüger 1979) und aus dem Wurzacher Becken (Grüger & Schreiner 1993).

In Pollendiagrammen aus Tieflandsgebieten wird sich eine Klimaverschlechterung dann besonders deutlich abzeichnen, wenn es dabei zur Verlagerung der Waldgrenze

oder der Arealgrenzen bestimmter, pollenanalytisch nachweisbarer Arten bis zu einem Punkt südlich der späteren Untersuchungsstelle kommt, wenn also Arealgrenzen über den Untersuchungspunkt hinwegwandern (Punkt C, Position 2). Rückt die Südgrenze des Areals einer vom Klimarückschlag betroffenen Art lediglich näher an das Untersuchungsgebiet heran (Punkt D, Position 2), dann hängt es hauptsächlich von der Entfernung zwischen den Arealen der betroffenen Arten und dem späteren Untersuchungspunkt ab, ob ausreichend Pollen von dort nach hier gelangen kann. Wenn beispielsweise ein See in der norddeutschen Tiefebene während des gesamten Brörup-Interstadials im Verbreitungsgebiet der Birken lag, ist die Wahrscheinlichkeit, in seinen Sedimenten die Klimaänderung pollenanalytisch nachweisen zu können, nicht groß. Die Zuordnung seiner Sedimente zum Brörup-Interstadial muß dann auf andere Weise erfolgen.

5. Schlußbemerkungen

Dank der großen Zahl von Pollendiagrammen ist die postglaziale Entwicklung der Vegetation Mitteleuropas heute gut bekannt. Die zahlreichen Datierungen, die hierzu durchgeführt werden konnten, haben es möglich gemacht, die Vegetationsverhältnisse während einzelner Zeitscheiben darzustellen und Details der Vegetationsentwicklung zu erkennen. Der umgekehrte Weg, nämlich von einer großräumigen Vegetationszonierung und ihren möglichen Veränderungen ausgehend zu einer Altersbestimmung von Sedimenten zu gelangen, ist für das Pleistozän deshalb von Interesse, weil auf diese Weise weit voneinander entfernte Profile möglicherweise miteinander korreliert werden können. Im vorstehenden Kapitel wurde ein Beispiel dafür gegeben. Wenn jedoch, wie im Falle der älteren Warmzeiten, nur sehr wenige pollenanalytisch untersuchte Profile bekannt sind, wird man sich darauf beschränken müssen zu prüfen, ob die wenigen, zerstreuten Befunde zusammen ein sinnvolles Bild der damaligen Vegetationszonierung ergeben. Wenn dies nicht der Fall ist, können die verglichenen Profile nicht zeitgleich sein. Abschließend sei angemerkt, daß selbstverständlich immer auch die anderen Methoden der Quartärforschung, die zu Altersbestimmungen führen können, angewandt werden sollten, nicht nur die Pollenanalyse, von deren Kontrollfunktion nach Möglichkeit aber immer Gebrauch gemacht werden sollte.

LITERATURVERZEICHNIS

- AMMANN, B. 1989: Late-Quaternary palynology at Lobsigensee. Regional vegetation history and local lake development. *Diss. Bot.* 137, 1–157.
- BEAULIEU, J.-L. DE, & REILLE, M. 1984: A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echets, near Lyon, France. *Boreas* 13, 111–132.
- BEAULIEU, J.-L. DE, KOSTENZER, J. & REICH, K. 1993: Dynamique forestière holocène dans la haute vallée de l'Arve (Haute Savoie) et migrations de *Abies* et *Picea* dans les Alpes occidentales. *Diss. Bot.* 196, 387–398.
- BEAULIEU, J.-L. DE, EICHER, U. & MONTJUVENT, G. 1994: Reconstruction of Middle Pleistocene palaeoenvironments based on pollen and stable isotope investigations at Val-de-Lans, Isère, France. *Vegetation History and Archaeobotany* 3, 127–142.
- BEUG, H.-J. 1979: Vegetationsgeschichtlich-pollenanalytische Untersuchungen am Riß/Würm-Interglazial von Eurach am Starnberger See/Obb. *Geol. Bavarica* 80, 91–106.
- BLUDAU, W. 1985: Zur Paläoökologie des Ammergebirges im Spät- und Postglazial. Schäuble Verlag, Rheinfelden.

- CEPEK, A. G. & ERD, K. 1975: Das Holstein-Interglazial im Raum Neuruppin – ein neues pollenstratigraphisches Richtprofil und seine quartärgeologische Bedeutung. *Z. geol. Wiss.* 9, 1151–1178.
- FOLLIERI, M., MAGRI, D. & SADORI, L. 1988: 250 000-year pollen record from Valle di Castiglione (Roma). *Pollen et Spores* 30, 329–356.
- FRENZEL, B. 1978: Das Problem der Riß/Würm-Warmzeit im deutschen Alpenvorland. In: *Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24 «Quaternary glaciations in the northern hemisphere»*, (Ed. by FRENZEL, B.), 103–114.
- FRENZEL, B. & BLUDAU, W. 1987: On the duration of the interglacial to glacial transition at the end of the Eemian interglacial (Deep sea stage 5 E): Botanical and sedimentological evidence. In: *Abrupt climatic changes*, (Ed. by BERGER, W. H. & LABEYRIE, L. D.) 151–162.
- FRITZ, A. 1992: *Fagus*-reiche Waldbestände im Riß/Würm-Interglazial des südöstlichen Alpenraumes. *Carinthia II* 182/102, 597–610.
- GRÜGER, E. 1967: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an cromerzeitlichen Ablagerungen im nördlichen Randgebiet der deutschen Mittelgebirge. *Eiszeitalter und Gegenwart* 18, 204–235.
- 1979: Spätriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern – ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. *Geol. Bavarica* 80, 5–64.
- 1983: Untersuchungen zur Gliederung und Vegetationsgeschichte des Mittelpleistozäns am Samerberg in Oberbayern. *Geol. Bavarica* 84, 21–40.
- 1995: Correlation of Middle-European Late-Pleistocene pollen sequences of the Pfefferbichl and Zeifen types. *Meded. Rijks Geol. Dienst* 52, 97–104.
- GRÜGER, E. & SCHREINER, A. 1993: Riß/Würm- und würmzeitliche Ablagerungen im Wurzacher Becken (Rheingletschergebiet). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 189, 81–117.
- HAMMEN, T. VAN DER, WIJMSTRA, T. A. & ZAGWIJN, W. H. 1971: The floral record of the Late Cenozoic of Europe. – In: *The Late Cenozoic glacial ages*. (Ed. by TUREKIAN, K. K.), Yale University Press, New Haven, 391–424.
- HUBSCHMID, F. & LANG, G. 1985: Les Embreux – Holocene environments of a mire in the Swiss Jura mountains. *Diss. Bot.* 87, 115–125.
- JUNG, W., BEUG, H.-J. & DEHM, R. 1972: Das Riß/Würm-Interglazial von Zeifen. *Landkreis Laufen a. d. Salzach. Bayer. Akad. Wiss., Math.-Nat. Kl., Abh. N. F.* 151, 1–131.
- KLAUS, W. 1987: Das Mondsee-Profil: R/W-Interglazial und vier Würm-Interstadiale in einer geschlossenen Schichtfolge. *Mitt. Komm. Quartärforschung Österr. Akad. Wiss.* 7, 3–18.
- KRISAI, R. 1975: Die Ufervegetation der Trumer Seen (Salzburg). *Diss. Bot.* 29, 1–197.
- KÜSTER, H. 1988: Vom Werden einer Kulturlandschaft – Vegetationsgeschichtliche Studien am Auerberg (Südbayern). *Quellen und Forschungen zur prähistorischen und provinzialrömischen Archäologie* 3, 1–163.
- LANG, G. 1973: Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. IV. Das Baldenwegermoor und das einstige Waldbild am Feldberg. *Beitr. naturk. Forsch. SüdwDtl.* 32, 31–51.
- 1994: *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- LIESE-KLEIBER, H. 1993: Pollenanalysen zur Geschichte der Siedlungslandschaft des Federsees vom Neolithikum bis ins ausgehende Mittelalter. *Diss. Bot.* 196, 347–368.
- LINKE, G. & HALLIK, R. 1993: Die pollenanalytischen Ergebnisse der Bohrungen Hamburg-Dockenhuden (qho 4), Wedel (qho 2) und Hamburg-Billbrook. *Geol. Jb. A* 134, 169–184.
- LOTTER, A. 1988: Paläoökologische und paläolimnologische Studie des Rotsees bei Luzern. *Diss. Bot.* 124, 1–187.
- LÜNINGHÖNER, M. 1994: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an Sedimenten des Tegernsees. Unveröff. Diplomarbeit, Fachbereich Biologie, Univ. Göttingen.
- REILLE, M. & BEAULIEU, J.-L. DE 1990: Pollen analysis of a long pleistocene continental sequence in a Velay maar (Massif Central, France). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 80, 35–48.
- 1995: Long Pleistocene pollen records from the Praclaux crater, south-central France. *Quat. Res.* 44, 205–215.
- RÖSCH, M. 1983: Geschichte der Nussbaumer Seen (Kanton Thurgau) und ihrer Umgebung seit dem Ausgang der letzten Eiszeit aufgrund quartärbotanischer, stratigraphischer und sedimentologischer Untersuchungen. *Mitt. Thurg. Natf. Ges.* 45, 1–110.
- SCHANTL-HEUBERGER, H. 1994: Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Geschichte der Vegetation im Saalach- und Salzachtal (Salzburg/Austria). *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck* 81, 61–84.

- URBAN, B. 1978: Pollenanalytische Untersuchungen am Interglazial von Seibranz-Fischweiher bei Bad Wurzach (Schwäbisches Alpenvorland). In: Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24 «Quaternary glaciations in the northern hemisphere», (Ed. by FRENZEL, B.) 94–102.
- VOIGT, R. 1989: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in der Reischenau und am Haspelmoor (Bayern). Unveröff. Diplomarbeit, Fachbereich Biologie, Univ. Göttingen.
- WAHLMÜLLER, N. 1985: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols V: Nordtiroler Kalkalpen. Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 72, 101–144.
- WEGMÜLLER, H. P. 1976: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den Thuralpen und im Fanengebiet (Kantone Appenzell, St. Gallen, Graubünden/Schweiz). Bot. Jahrb. Syst. 97, 226–307.
- WEGMÜLLER, S. 1966: Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Jura. Beitr. z. geobot. Landesaufnahme der Schweiz 48, 1–142.
- 1992: Vegetationsgeschichtliche und stratigraphische Untersuchungen an Schieferkohlen des nördlichen Alpenvorlandes. Denkschr. Schweiz. Akad. Naturwiss. 102, 1–82.
- WEGMÜLLER, F. & LOTTER, A. 1990: Palynostratigraphische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der nordwestlichen Kalkvorlagen. Bot. Helvetica 100, 37–73.
- WELTEN, M. 1982a: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern – Wallis. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. 95, 1–104.
- 1982b: Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, N. F. 156, 1–174.
- 1988: Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). Beitr. z. geol. Karte der Schweiz 162, 1–40.
- WOILLARD, G. 1975: Recherches palynologiques sur le Pleistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines. Acta Geogr. Lovaniensia 14, 1–118.
- ZAGWIJN, W. H. 1978: A macroflora of Holsteinian age from the northern part of the Netherlands. Rev. Palaeobot. Palynology 26, 243–248.
- 1985: An outline of the Quaternary stratigraphy of the Netherlands. Geol. en Mijnbouw 64, 17–24.

Manuskript eingegangen 26. Februar 1996

Revidierte Fassung angenommen 5. August 1996