

Die wärmezeitliche Verbreitung von Haselstrauch, Eichenmischwald, Fichte und Weisstanne in den Alpenländern

Von Heinrich Zoller

Manuskript eingegangen am 28. April 1960

DOI: <https://doi.org/10.12685/bauhinia.2116>

I. Einleitung

In weiten Gebieten Nord- und Mitteleuropas haben die postglazialen Moor- und Seeablagerungen eine Fülle von Mikrofossilien, Früchten und Hölzern geliefert, aus denen man mit Sicherheit schliessen muss, dass viele Wasser- und Sumpfpflanzen oder ganze Pflanzengesellschaften, Vegetationsstufen und Sedimentationstypen in vorhistorischer Zeit viel weiter polwärts verbreitet waren als heute und dementsprechend in den Gebirgen grössere Höhen erreicht haben. Selbst wenn man diese Funde, insbesondere auch die überraschend grossen Mengen von Hasel- und Edellaubholzpollen in mittelskandinavischen oder montan-subalpinen Mooren mit äusserster Kritik beurteilt, so lassen sie sich nur durch die Annahme erklären, das Klima sei während mehrerer Jahrtausende (von ca. 6000 bis ca. 1000 v. Chr.) deutlich wärmer gewesen als in subrezenten oder rezenten Zeit. Da diese Verteilung der Fossilien während langer Zeitperioden von Mittelschweden bis in die schweizerischen Nordalpen zu beobachten ist, so scheint deshalb zu folgen, dass es sich bei der postglazialen Wärmezeit um eine regionale Erscheinung handle, die auf allgemeinen, tiefgreifenden Ursachen beruht.

Seit im Jahre 1949 F. Firbas einen zusammenfassenden Gesamtüberblick der Waldgeschichte Mitteleuropas veröffentlicht hat, besteht die Möglichkeit, die wärmezeitliche Verbreitung der oben genannten Baumgattungen in einfachen Pollenniederschlagskarten klar zu erkennen. Jedoch konnten die südlich angrenzenden Gebiete von Savoyen, der Schweiz, von Norditalien und Oesterreich aus verschiedenen Gründen nicht berücksichtigt werden. Nun weist aber die wärmezeitliche Verteilung der mesothermen Waldbäume in den Alpenländern so zahlreiche Besonderheiten auf, dass es höchst wünschenswert erscheint, diese Lücke auszufüllen, auch wenn die Verhältnisse noch längst nicht erschöpfend untersucht worden sind.

Den eigentlichen Anlass zur vorliegenden Studie bilden jedoch mehrere pollenanalytische Befunde von der Südabdachung der Alpen, die unmissverständlich daraufhinweisen, dass das Phänomen der wärmezeitlichen Haselausbreitung bis gegen die heutige Waldgrenze und die subalpinen Ulmen-, Linden- und Ahornvorkommen nicht nur auf klimatische Gründe zurückgeführt werden können.

Schon F. Lona (1941, 1944, 1947) hat an mehreren hochgelegenen Mooren der Trientiner Alpen nachgewiesen, dass in einer Höhe von 1000 m und mehr die Hasel und die Eichenmischwälder nie eine dominierende Rolle im Pollenniederschlag gespielt haben (wärmezeitliche Höchstwerte in 1000–1500 m Meereshöhe: Hasel in % des gesamten Baumpollenniederschlags bis ca. 10 %; Anteil des Eichenmischwaldes am Baumpollenniederschlag bis ca. 15 %, ausnahmsweise bis 25 %).

Es war eine der Hauptaufgaben meiner pollenanalytischen Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz (vgl. H. Zoller, 1960), diese wichtigen und noch viel zu wenig beachteten Befunde weiter westlich, im Einzugsgebiet des Tessins, auf ihren regionalen Charakter hin nachzuprüfen. Obwohl man gerade in den klimatisch begünstigten Südalpen bis in grosse Höhen ausserordentliche Spitzenwerte der betreffenden Pollentypen erwarten müsste, wenn man die entsprechenden Maxima in der subalpinen Stufe der nördlichen Voralpen und der deutschen Mittelgebirge vorwiegend mit klimatischen Faktoren erklärt, stimmt der Pollenniederschlag der Hasel und der Edellaubhölzer in ähnlicher Höhenlage der Leventina und des unteren Misox völlig mit den Resultaten von Lona überein (wärmezeitliche Höchstwerte in 1000–1500 m Meereshöhe: Hasel in % des gesamten Baumpollenniederschlags bis ca. 10%; Anteil des Eichenmischwaldes am Baumpollenniederschlag bis ca. 10%).

Aus diesen Ergebnissen und den subrezenten und rezenten Prozentsätzen der betreffenden Arten, die sich in ähnlicher Grössenordnung bewegen, kann man nur schliessen, dass die obere Grenze der mesothermen Eichenmischwälder und Haselgebüsche in den südlichen Alpentälern nie wesentlich grössere Höhenlagen erreicht hat als heute (vgl. auch H. Zoller 1958). Man kann die Bedeutung dieser Tatsache nur dann richtig einschätzen, wenn man sich gleichzeitig in Erinnerung ruft, dass im Schwarzwald, im Schweizer Jura und in den nördlichen Kalkalpen von Savoyen bis zum Bodensee die entsprechenden Pollenmengen oft fünf bis zehnmal so gross sind als im Tessintal oder in den Gebirgen nördlich des Gardasees (z. B. Urnerboden, ca. 1300 m; wärmezeitliche Höchstwerte: Hasel in % des gesamten Baumpollenniederschlags bis ca. 80 %; Anteil des Eichenmischwaldes am Baumpollenniederschlag bis ca. 60 %, vgl. A. Hoffmann, 1957).

Diese Verschiedenheiten lassen sich keineswegs befriedigend erklären, wenn man eine allgemeine Klimaverbesserung während der Wärmezeit annimmt, die es dem Eichenmischwald und der Hasel ermöglicht haben soll, zeitweise bis hoch in die subalpine Stufe vorzudringen. Wie schon erwähnt, müssten in diesem Falle die mesothermen Laubwälder auch in den Südalpen bis in grosse Höhen aufgestiegen sein. Auch der Einwand, die hohen Werte der Hasel- und Edellaubholzpollen seien auf Weittransport aus den Tieflagen zurückzuführen, versagt völlig; denn es ist schwer verständlich, weshalb der Blütenstaub des Haselstrauches, der Ulmen, Linden und Eichen nur auf der Alpennordseite bis gegen die Waldgrenze verweht worden ist, dagegen auf der Südseite nicht, obwohl sich auch dort zusammenhängende Laubmischwälder im Vorland und an den unteren Hängen der Talflanken ausgebreitet haben.

Eine einleuchtende Erklärung dieser auffallenden Verschiedenheiten scheint möglich, wenn man versucht die Ausbreitung von Hasel und Eichenmischwäldern in der Alpenkette im Zusammenhang mit der Fichte und Weissstanne

zu betrachten. Dabei konnte ich 1960 für die insubrische Schweiz zeigen, dass das klimatische Problem der wärmezeitlichen Obergrenze mesothermer Edellaubwälder weitgehend in einen historischen Fragenkomplex ausmündet, und sich die unregelmässige Rückwanderung der Nadelhölzer als wichtige Ursache herausstellt, da sie nördlich und südlich des Alpenkammes im Boreal und älteren Atlantikum (ca. 6500–4000 v. Chr.) zu völlig abweichenden Konkurrenzverhältnissen geführt hat. In der gleichen Arbeit habe ich kurz angedeutet, dass ausser dem Wettbewerb auch die Vorgänge der Bodenbildung an den grossen Differenzen mitbeteiligt waren.

In den beiden Pollenniederschlagskarten (vgl. Tafel 3 und 4) sind die wärmezeitlichen Werte von Fichte (*Picea abies*), Weissanne (*Abies alba*), Föhren (*Pinus* als Gattung), Hasel (*Corylus avellana*) und Eichenmischwald (*Quercetum mixtum*, bestehend aus *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* und *Acer*) für das gesamte Alpengebiet und das nördliche und südliche Alpenvorland und einige benachbarte Mittelgebirge dargestellt. Tafel 3 enthält die Verteilung während der frühen Wärmezeit (Boreal, Pollenzone V) und Tafel 4 im älteren Teil der mittleren Wärmezeit (älteres Atlantikum, Pollenzone VI, vgl. F. Firbas 1949). Für die hier zur Diskussion stehenden Probleme sind die Abschnitte der späten Wärmezeit von geringer Bedeutung, weshalb sie in diesem Rahmen unberücksichtigt blieben.

Die beiden Karten bieten die Möglichkeit, die komplizierten Ursachen der grossen Ausbreitung anspruchsvoller Laubwälder zur Wärmezeit unter regionalen, weiträumigen Gesichtspunkten zu beurteilen. Wenn ich im weiteren als bestimmenden Faktor den Wettbewerb zwischen Lichtholz- und Schattenholzarten stark in den Vordergrund rücke, so bedeutet das nicht, dass klimatische Schwankungen keinen entscheidenden Einfluss auf diese Erscheinungen ausgeübt haben. Der Vergleich zwischen den verschiedenen Gebieten soll aber veranschaulichen, dass sich die wärmezeitliche Kulmination der Haselgebüsche und Edellaubgehölze nicht als einfache Funktion des Klimas verstehen lässt, und dass man bei Schlüssen von Fossilfunden auf wesentlich bessere Klimaverhältnisse vorsichtig sein muss.

II. Grundlagen der Pollenniederschlagskarten

Bevor wir versuchen, die Ursachen der wärmezeitlichen Verteilung von *Corylus* und *Quercetum mixtum* im Alpengebiet an Hand der vorliegenden Übersichten (vgl. Tafel 3 und 4) eingehend zu erörtern, ist es notwendig, die Grundlagen der beiden Pollenniederschlagskarten kurz zu besprechen. Zur kartographischen Darstellung der Blütenstaubsedimentation stehen vor allem zwei Wege offen. So kann man mit Hilfe der gesamten pollenanalytischen Literatur die Linien gleichen Pollenniederschlages für die einzelnen Holzgewächse konstruieren, wie das F. Firbas (1949) für sechs verschiedene nacheiszeitliche Perioden getan hat. Die Zuverlässigkeit dieser anschaulichen Darstellung wird allerdings durch mehrere subjektive Momente mitbestimmt, die auch bei grösster Sorgfalt nicht völlig ausgeschaltet werden können; denn der Wert dieser Karten ist weitgehend abhängig von der Dichte der untersuchten Sedimente, von der sta-

tistischen Genauigkeit der Diagramme und von der Möglichkeit einer annähernd richtigen Datierung sowie von der Auswahl der verwendeten Bohrprofile.

Da sich die Alpenländer in jeder Hinsicht als besonders vielgestaltig erweisen, ist es beim heutigen Stand der Untersuchungen ohne schwerwiegende Extrapolationen unmöglich, Isopollen-Linien zu zeichnen. Deshalb sah ich mich gezwungen, auf diese Methode zu verzichten, umsomehr, als es für die hier zu besprechenden Belange vorteilhaft erscheint, an den einzelnen Punkten den gesamten Pollenniederschlag von Hasel, Eichenmischwald, Föhre, Fichte und Weisstanne gleichzeitig aufzuzeichnen.

So findet man für fünfzig ausgewählte Diagramme die verschiedenen Komponenten des Pollenniederschlages als Teilstücke von Säulen eingetragen, deren Gesamthöhe einer Waldbaumpollensumme von 100 % entspricht. Unmittelbar neben den Säulen ist die Menge der eingewehten Haselpollen besonders dargestellt, da ihr Anteil am Blütenstaubspektrum nicht in die Baumpollensumme einbezogen worden ist. Die Häufigkeit des Haselpollens ist in allen Fällen in % der gesamten Waldbaumpollensumme ausgedrückt, wobei wiederum die Gesamthöhe der Hauptsäulen gleich 100 % gesetzt wurde.

In den einzelnen Teilstücken sind gewöhnlich die Durchschnittswerte mehrerer Horizonte angegeben. Wenn die Kurven in den entsprechenden Diagrammabschnitten stark ansteigen oder abfallen, ist dies in der Aufzählung der verwendeten Profile besonders vermerkt. In den Fällen, in denen die Spitzenwerte der Hasel die durchschnittliche Menge stark übertreffen, sind die Maxima auf den Karten eingetragen worden.

Die Wahl der Bohrpunkte wurde nach folgenden Grundsätzen vorgenommen: möglichst regelmässige Verteilung über das ganze Gebiet, möglichst vollständige und breite Entwicklung sämtlicher Zeitabschnitte, möglichst geringe Werte von Erle und Birke in den frühen Teilen der Wärmezeit und möglichst grosse Zuverlässigkeit der Zählungen.

Nicht berücksichtigt wurden bei der Auswahl der Diagramme die Zentralalpen (Wallis, mittleres Graubünden, Engadin, Brenner Gegend, Hohe Tauern usw.), die auch in tieferen Lagen von weniger als 1000 m meist nur geringe Hasel- und Edellaubholzwerte aufweisen und sich auf diese Weise als laubwaldarme Gebiete von den Aussenketten und vom nördlichen und südlichen Alpenvorland besonders abheben liessen. Dagegen versuchte ich, soweit es die bisherigen Untersuchungen schon erlauben, Moore aus verschiedenen Höhenlagen aufzunehmen und die Ergebnisse der montan-subalpinen Ablagerungen besonders hervorzuheben, da gerade der Anstieg von Hasel und Eichenmischwald bis in beträchtliche Meereshöhe für unsere Probleme von grösster Wichtigkeit ist.

Eine grundlegende Voraussetzung für Pollenniederschlagskarten genau umschriebener Zeitabschnitte wird immer die richtige Datierung und Deutung der einzelnen Diagramme bleiben. Dass dabei nur mehr oder weniger vollständige Profile in Frage kommen, in denen auch die wärmezeitlichen Perioden gut entwickelt sind, muss als selbstverständlich betrachtet werden. Seit der vegetationsgeschichtlichen Forschung die Möglichkeit zu absoluten Altersangaben offen steht, dürften die Schwierigkeiten der richtigen Deutung bald mehr und mehr dahinfallen. Auch im Alpengebiet wurden schon wesentliche Fortschritte in dieser Hinsicht erzielt.

In den Profilen von Savoyen bis ins Salzachgebiet wurde nach den bisherigen Erfahrungen angenommen, dass sich die Hasel erstmals zwischen 6500 und 5500 v. Chr. stärker ausgebreitet hat (frühe Wärmezeit, Boreal, Pollenzone V), und dass das anschliessende Maximum der Edellaubhölzer bei absteigender Haselkurve von 5500 bis gegen 4000 v. Chr. gedauert hat (älterer Teil der mittleren Wärmezeit, älteres Atlantikum, Pollenzone VI).

In der Mehrzahl der Fälle dürften sich die zeitlichen Schwankungen dieser Phänomene, wie sie sich aus weiteren C₁₄-Bestimmungen ergeben werden, innerhalb der eben abgegrenzten Zeiträume bewegen, auch wenn man den Haselgipfel nicht überall als simultane Erscheinung deuten darf.

Viel schwieriger ist es, die entsprechenden Perioden in den Diagrammen der Südalpen und des oberitalienischen Alpenvorlandes aufzufinden, da hier die in Mitteleuropa ziemlich regelmässig auftretende Abfolge der Dominanzen fehlt, der Haselgipfel oft ganz aussetzt und die Weissstanne schon in der zweiten Hälfte des Präboreals eingewandert ist (vgl. H. Zoller, 1960)¹. Als zuverlässige Stütze stehen aber schon mehrere C₁₄-Datierungen aus dem Tessingebiet zur Verfügung, welche auch die zeitliche Einstufung ähnlicher Abschnitte in Diagrammen von Piemont, der Lombardei und aus dem Etschtal wesentlich erleichtern. Immerhin dürfte das Ausmass der nachträglichen Korrekturen den Rahmen der eben angegebenen Zeiträume in einigen Fällen auch überschreiten. Dass die wichtigsten Folgerungen aus den beigegeführten Karten dadurch nicht ernstlich beeinträchtigt werden können, ist aus dem Verlauf der Kurven dieser Profile (vgl. F. Lona, 1941, 1944, 1947 und P. Keller, 1931) klar ersichtlich. Bei allen Diagrammen, für welche die Datierung mit wesentlichen Unsicherheiten belastet sind, wurde dies zudem bei der Aufzählung der Bohrpunkte hinzugefügt, mit Angabe der Tiefen aus welchen die Durchschnittswerte für die betreffenden Pollenzonen berechnet worden sind.

Dass nur solche Diagramme für die beiden Übersichtskarten in Frage kamen, in welchen während der Pollenzonen V und VI die Werte der Birken und Erlen möglichst gering bleiben, ist leicht zu begreifen, wenn man bedenkt, dass die hohe Pollenproduktion dieser Arten, welche oft in nächster Nähe der Bohrstellen gedeihen, die regionalen Verhältnisse weitgehend zu übertönen vermag. Es ist allgemein bekannt, dass auch die Föhrenpollen vielfach aus den Mooren selber stammen; doch können die Föhrenwerte nicht in gleicher Weise ausgeschaltet werden, da sie in weiten Teilen der Alpen während der Pollenzone V noch allgemein als Ausdruck der regionalen Wälder aufgefasst werden müssen.

Was endlich die Zuverlässigkeit der Zählungen anbelangt, so besitzt man auf der Alpennordseite und in den benachbarten Mittelgebirgen genügend genaue Diagramme. Auch über die französischen Alpen geben mehrere so vollständige Profile Auskunft, dass eine erste zusammenfassende Übersicht möglich erscheint. Grössere Lücken sind wiederum auf der Südseite der Alpen zu verzeichnen, besonders im italienischen Alpenvorland, wo man noch weitgehend auf die alten Untersuchungen von P. Keller (1931) angewiesen ist.

¹ Der Verfasser sah sich deshalb gezwungen, für diese Gebiete besondere Pollenzonen einzuführen. Es sei aber ausdrücklich vermerkt, dass sich alle Angaben dieser Arbeit auf die von F. Firbas verwendeten Zonen beziehen.

Ausgewertete Bohrprofile

1. Vallon de Clapouze, nordöstlich Mont Pelat in den Meeralpen; 2110 m ü. M. (J. Becker, 1952, Bohrung 94). Pollenzone V: 325-300 cm; Pollenzone VI: 300-225 cm.
2. Saint-Etienne-en-Dévoluy, südlich des Durance-Tales; 1460 m ü. M. (J. Becker, 1952, Bohrung 81). Pollenzone V: 325-250 cm; Pollenzone VI: 250-200 cm.
3. Alpe de Venose im Vénéon-Tal westlich der Meije; 1644 m ü. M. (J. Becker, 1952, Bohrung 70). Pollenzone V: 275-250 cm; Pollenzone VI: 225-200 cm; *Corylus* und Eichenmischwald stark absteigend.
4. Col Luitel bei Vaulnaveys-le-Haut im Romanche-Tal östlich Vizille; 1235 m ü. M. (J. Becker, 1952, Bohrung 58). Pollenzone V: ± 275 cm; Pollenzone VI: 250-225 cm; *Corylus* stark absteigend.
5. Chirens südöstlich Lac de Paladre, nordöstlich vom Knie der Isère unterhalb Grenoble; 460 m ü. M. (J. Becker, 1952, Bohrung 30). In Pollenzone V wurde für *Corylus* der Maximalwert eingetragen. Für Pollenzone VI wurden abweichend von der Datierung durch J. Becker die Werte aus 200-175 cm Tiefe berechnet.
6. Plateau des Glières bei Petit-Bornand südlich Bonneville; 1389 m ü. M. (J. Becker, 1952, Bohrung 19). Pollenzone V: 450-400 cm; Pollenzone VI: 375-350 cm.
7. Roseire d'Aval bei Saint-Paul östlich Evian am Südufer des Genfersees; 890 m ü. M. (J. Becker, 1952, Bohrung 1). Pollenzone V: 325-300 m; Pollenzone VI, 300-250 cm; für *Corylus* sind die maximalen Werte eingetragen.
8. Sur Dzeu bei Anzeindaz in den Waadtländer Alpen; 1990 m ü. M. (P. u. M. Villaret-v. Rochow, 1958).
9. Etang de la Gruyère zwischen Saignelégier und Tramelan im Berner Jura; 1000 m ü. M. (M. Joray, 1942, Bohrung 13). Für *Corylus* wurde in Pollenzone V der Maximalwert eingetragen. Pollenzone V: *Corylus* stark ansteigend.
10. Sewensee im Dollertal, Südvogesen; 500 m ü. M. (Grünig in Firbas und Mitarbeiter, 1948). Pollenzone V: *Corylus* und EMW stark ansteigend, *Pinus* stark absteigend, für *Corylus* wurde der Maximalwert eingetragen; Pollenzone VI: *Corylus* stark absteigend.
11. Grafenmatte im Feldberggebiet, Schwarzwald; 1360 m ü. M. (W. Broche, 1929). Die Pollenzonen V und VI sind schwierig zu trennen, weshalb für beide Zeiträume ungefähr die gleichen Werte angegeben wurden; für *Corylus* ist in Zone V der Maximalwert eingetragen; *Pinus* stark abfallend.
12. Kilchmoos beim Bruchpass im Simmental, Berner Oberland; 1500 m ü. M. (M. Welten, 1952).
13. Mälchlistallseeli in der Niesenkette, Berner Oberland; 2000 m ü. M. (M. Welten, 1952).
14. Faulenseemoos bei Spiez, Berner Oberland; 590 m ü. M. (M. Welten, 1944).
15. Wauwilermoos westlich Sursee, Kt. Luzern; 505 m ü. M. (H. Härr, 1940). Für *Corylus* wurden in den Pollenzonen V und VI die Maximalwerte eingetragen.
16. Baldeggensee, Kt. Luzern; 463 m ü. M. (H. Härr, 1945). Für *Corylus* wurde in Pollenzone V der Maximalwert eingetragen.
17. Sumpf bei Zug; 415 m ü. M. (W. Lüdi und P. Studer, 1959). Für *Corylus* wurden in den Pollenzonen V und VI die Maximalwerte eingetragen.
18. Zürichsee, Seegrund zwischen Herrliberg und Oberrieden; Seespiegel 406 m ü. M. (W. Lüdi 1957).
19. Oberalppass im Gotthardgebiet; 2040 m ü. M. (W. Lüdi, 1954). Die Pollenzonen V und VI sind schwierig zu trennen, weshalb für beide Zeiträume ungefähr die gleichen Werte angegeben werden mussten (180-170 cm).
20. Erbsalp ob Elm, Kt. Glarus; 1690 m ü. M. (A. Hoffmann, 1957). Pollenzone V: Eichenmischwald stark ansteigend, *Pinus* stark abfallend, für *Corylus* wurde der Maximalwert eingetragen; Pollenzone VI: Eichenmischwald stark ansteigend, *Pinus* stark abfallend, für den Eichenmischwald wurde der Maximalwert eingetragen.
21. Braunwald, Kt. Glarus; 1580 m ü. M. (A. Hoffmann, 1957). Pollenzone V: Eichenmischwald stark ansteigend, *Pinus* stark abfallend, für *Corylus* wurde der Maximalwert eingetragen; Pollenzone VI: Eichenmischwald stark ansteigend, *Pinus* stark abfallend, für den Eichenmischwald wurde der Maximalwert angegeben.
22. Bocken ob Näfels, Kt. Glarus; 1300 m ü. M. (A. Hoffmann, 1946). Pollenzone V: Für *Corylus* wurde der Maximalwert eingetragen; Pollenzone VI: Für den Eichenmischwald wurde der Maximalwert angegeben.
23. Radolfzell am Untersee, Bodenseegebiet; 396 m ü. M. (I. Müller, 1947). In den Pollenzonen V und VI wurden für *Corylus* die Maximalwerte eingetragen.
24. Reichermoos bei Waldburg nahe Ravensburg; 680 m ü. M. (K. Bertsch, 1924). In den Pollenzonen V und VI wurden für *Corylus* die Maximalwerte eingetragen. Pollenzone VI: *Corylus* stark abfallend.

25. Riedboden bei Dalaas am Arlberg; 1870 m ü. M. (F. Firbas, 1925/26). Pollenzone V: 208-150 cm, für *Corylus* wurde der Maximalwert eingetragen; Pollenzone VI: 140-40 cm.
26. Freschhütte im Silbertal ob Schruns, Vorarlberg; 1550 m ü. M. (R. Harder u. A. Lorenz, 1929). Pollenzone V: oberes Profil, 160-150 cm; Pollenzone VI: oberes Profil, 120-110 cm.
27. Premer Filze bei Lechbruck im Allgäu; 745 m ü. M. (H. Paul und S. Ruoff, 1932). In Pollenzone V wurde für *Corylus* der Maximalwert eingetragen.
28. Seehaupt im Isargebiet südwestlich München; 595 m ü. M. (H. Paul und S. Ruoff, 1932).
29. Achensee nördlich Jenbach, Nordtirol; 930 m ü. M. (R. v. Sarnthein, 1940). Ausnahmsweise findet sich in Profil IV ein kurz andauernder *Corylus*-Gipfel von 95%.
30. Zell bei Kufstein, Nordtirol; 490 m ü. M. (R. v. Sarnthein, 1948). In Pollenzone V wurden für *Corylus* und EMW die Maximalwerte eingetragen.
31. Schwarzsee bei Kitzbühel; 780 m ü. M. (R. v. Sarnthein, 1948).
32. Filzmoos am Pass Thurn zwischen Kitzbühel und Pinzgau; 1273 m ü. M. (R. v. Sarnthein, 1948). In Pollenzone V ist für *Corylus* der Maximalwert eingetragen.
33. Alpenvorland zwischen Inn und Salzach, Durchschnittsdiagramm aus zehn vollständigen Profilen; ca. 400-600 m ü. M. (H. Paul und S. Ruoff, 1927). In Pollenzone V ist für *Corylus* der Maximalwert eingetragen.
34. Hasenmoor und Egelseemoor im Salzburger Flachgau, östlich und nordöstlich von Salzburg; ca. 700-800 m ü. M. (E. v. Lürzer, 1956). In den Pollenzonen V und VI sind für *Corylus* die Maximalwerte eingetragen. Pollenzone VI: *Corylus* rasch abfallend. Es handelt sich in beiden Zonen um die Durchschnittswerte aus zwei Profilen.
35. Untersee bei Lunz im Ybbstal, Österreichische Alpen; 608 m ü. M. (H. Gams, 1927). Es handelt sich in beiden Zonen um die Durchschnittswerte aus zwei Profilen.
36. Lago Grande d'Arvigliana westlich Torino; 352 m ü. M. (P. Keller, 1931). Pollenzone V: 280-250 cm; Pollenzone VI: 250-180 cm.
37. Ronchesse-Montalto Dora bei Ivrea; 280 m ü. M. (P. Keller, 1931). Pollenzone V: 230-200 cm; Pollenzone VI: 190-150 cm.
38. Alice superiore bei Ivrea; 650 m ü. M. (P. Keller, 1931). Die Pollenzonen V und VI sind schwierig zu trennen, weshalb für beide Zeiträume ungefähr die gleichen Werte angegeben werden mussten. Der Beginn der *Abies*-reichen Phase dürfte noch in die Pollenzone IV zurückreichen.
39. Monte Mottarone südlich Pallanza am Lago Maggiore; 930 m ü. M. (P. Keller 1931). Das Diagramm reicht wahrscheinlich nur bis in die Pollenzone VI zurück (130-120 cm).
40. Brabbia bei Varese; 245 m ü. M. (P. Keller, 1931). Pollenzone V: 420-370 cm; Pollenzone VI: 370-300 cm.
41. Lago di Ganna bei Varese; 432 m ü. M. (P. Keller, 1931). Pollenzone V: \pm 400 cm; für *Corylus* wurde der Maximalwert eingetragen; Pollenzone VI: \pm 350 cm.
42. Pian di Signano ob Grono im unteren Misox; 1540 m ü. M. (H. Zoller, 1958, 1960). Die Ablagerungen reichen nur bis an den Beginn von Pollenzone VI zurück.
43. Bedrina bei Dalpe ob Faido, Kt. Tessin; 1235 m ü. M. (H. Zoller, 1960).
44. Gardasee, Südende; Durchschnitt aus mehreren Profilen; ca. 100-250 m ü. M. (P. Keller, 1931).
45. Folgaria östlich Rovereto in den Vizentiner Alpen; 1170 m ü. M. (F. Lona, 1947). Pollenzone V: 640-500 m; unter diesem Abschnitt liegt eine offensichtliche Sedimentationslücke. In dieser findet sich in Ergänzungsprofilen eine ältere, kurze *Pinus*-EMW-Zeit mit Werten von Eichenmischwald bis 25% und von *Corylus* bis 10%.
46. Miola di Pinè nordöstlich Trento; 980 m ü. M. (F. Lona, 1941). Pollenzone V: 280-240 m; Pollenzone VI: 240-180 cm.
47. Lago di Valda im Anterivo-Tal; 1370 m ü. M. (F. Lona und A. Torriani, 1944). Pollenzone V: 400-320 cm; Pollenzone VI: 320-250 m.
48. Köllbleggwiesen südlich vom Rosengarten ost-südöstlich Bozen; 1700 m ü. M. (O. Fischer und A. Lorenz, 1931). Pollenzone V: 190-170 cm; Pollenzone VI: 170-140 cm.
49. Grüner Bühl auf der Seiser Alpe im Grödnertal ostnordöstlich Bozen; 2000 m ü. M. (O. Fischer und A. Lorenz, 1931). Pollenzone V: 150-120 cm; Pollenzone VI: 120-80 cm.
50. Langes Moos und Faakersee nahe Klagenfurt, Kärnten; ca. 500-700 m ü. M. (R. v. Sarnthein, 1947). In Pollenzone V wurde für *Corylus* der Maximalwert eingetragen. Es handelt sich in beiden Zonen um die Durchschnittswerte aus zwei Profilen.

III. Die wärmezeitliche Ausbreitung der Haselgebüsch und Laubmischwälder in den Alpen

Wenn wir nun mit Hilfe der beiden Pollenniederschlagskarten (Tafel 3 und 4) eine Gesamtschau über das Verbreitungsmaximum von *Corylus* und *Quercetum mixtum* im Boreal und Atlantikum zu gewinnen suchen, so fallen sofort die grossen Unterschiede ihrer Häufigkeit in den einzelnen Teilen der Alpen auf. Obwohl die bisher publizierten Diagramme nur eine sehr grobe Darstellung ermöglichen, lassen sich nach dem Auftreten von Hasel und Edellaubhölzern während der Pollenzonen V und VI zwanglos drei verschiedene Regionen der Blütenstaubsedimentation feststellen. Als viertes Gebiet treten noch die stets laubholzarmen zentralalpinen Täler hinzu, welche in unserem Zusammenhang nur kurz gestreift werden sollen.

a) Als erste Region können wir den gesamten nordwestlichen Alpenrand von den Savoyer Alpen bis zum Bodensee abgrenzen. Sehr ähnliche Verhältnisse weisen auch das schweizerische Mittelland und die nordwestlich und nördlich anschliessenden Mittelgebirge (Jura, Vogesen und Schwarzwald) auf.

Besonders charakteristisch sind die unwahrscheinlich hohen Haselwerte, die während der Pollenzone V in den Niederungen fast ausnahmslos über 100 % der Waldbaumpollensumme betragen. In zahlreichen Mooren wurden auch Spitzenwerte von 200 % oder 300 % gezählt, und M. Welten (1944) stellte im Faulenseemoos bei Spiez sogar Maxima bis zu 500 % fest. Immerhin kann sich die Menge der *Corylus*-Pollen gebietsweise auch in sehr bescheidenem Rahmen bewegen, erreicht sie doch in einem Profil aus dem Zürichsee (vgl. W. Lüdi, 1957) kaum 30 %.

Schon F. Firbas hat 1949 gezeigt, dass die Haselwerte in den östlichen Mittelgebirgen (Böhmer Wald bis Lausitzergebirge) mit steigender Meereshöhe bis in mittlere Berglagen zunehmen und das Maximum der eingewehten *Corylus*-Pollen nicht in den Tieflagen sondern ungefähr in 800-1000 m liegt. Diese Verteilung lässt sich bis jetzt in der Schweiz nur in vereinzelten Gebieten nachweisen, z. B. oberer Zürichsee (vgl. W. Lüdi, 1957 und W. Höhn, 1958), doch betragen die maximalen Prozente im Berner Jura selbst in 1000 m noch über 200 %. In der subalpinen Stufe gehen die Ausschläge merklich zurück, können aber immer noch gegen 100 % der Waldbaumpollensumme erreichen. Am Oberalppass wurden von W. Lüdi (1954) in 2040 m noch *Corylus*-Anteile von ca. 80 % festgestellt. Dabei ist zu bedenken, dass diese Ablagerungen über der heutigen Waldgrenze liegen, dass aber während des Haselgipfels die Nichtbaumpollenprozente sehr niedrig waren, weshalb es kaum möglich ist, diese Phänomene nur als Weittransport zu erklären.

Die bisherigen Untersuchungen aus den nordwestlichen Kalkalpen scheinen zu beweisen, dass das Massenvorkommen der Hasel seine Kulmination erst erreicht hat, als die Edellaubhölzer schon sehr häufig waren. Meistens steigen die beiden Kurven gleichzeitig stark an, und vielfach ist der absolute Höhepunkt der *Corylus*-Werte nach dem steilen Aufstieg der Eichenmischwaldkurve eingetreten. Es ist kaum möglich, mit Hilfe der Pollendiagramme nachzuweisen, dass die Hasel im Boreal in ausgedehnten Reinbeständen vorgekommen ist, zumal auch die Pollenproduktion von *Corylus* viel grösser ist als diejenige des

gesamten Eichenmischwaldes. Immerhin wird man in den Gebirgen auf Schutthalden, an Steilhängen und in Runsen vielfach mit grösseren Haselgebüschsen zu rechnen haben.

In ihrer Gesamtheit betragen die Eichenmischwald-Anteile in den Tieflagen des ganzen Gebietes über längere Zeiträume 60–80 % der Waldbaumpollensumme. Wiederum muss auffallen, dass diese Werte mit zunehmender Meereshöhe äusserst langsam zurückgehen. Noch in 1500 m sind Maxima der Edellaubhölzer von 60 % keine Seltenheit (vgl. J. Becker, 1952, M. Welten, 1952, A. Hoffmann, 1957). Nach P. Villaret (mdl.) können in den Waadtländer Alpen sogar in 2000 m Meereshöhe noch Werte von ca. 80 % auftreten.

Dass so hohe Anteile nicht nur durch Weittransport erklärt werden dürfen, wurde mit Untersuchungen der rezenten Blütenstaubsedimentation vielfach nachgewiesen (vgl. V. Vareschi, 1940, M. Welten, 1950, 1952, H. Zoller, 1958), weshalb man mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen muss, dass während der Pollenzonen V und VI in den nördlichen Aussenketten des Alpenbogens, von der Isère bis zur Iller ausgedehnte Laubmischwälder die regionale Vegetation beherrschten und zugleich weit in die jetzige subalpine Stufe hinaufreichten. Allerdings dürfte es schwierig sein, die Obergrenze dieser wärmezeitlichen Edellaubvegetation allein an Hand der Pollendiagramme genauer zu bestimmen, so dass es besonders wichtig erscheint, diese Vorkommen auch mit Grossresten zu belegen.

Der Begriff des *Quercetum mixtum*, wie er bisher in den Pollendiagrammen angewendet worden ist, enthält oekologisch sehr verschiedene Komponenten. Das zeigt sich besonders, wenn man die Zusammensetzung des Eichenmischwaldes in Abhängigkeit von der Meereshöhe verfolgt. Ebenso können die Anteile der einzelnen Gattungen auch in den Tieflagen grösseren Schwankungen unterworfen sein. So heben sich z. B. das Bodenseegebiet und schwäbische Alpenvorland als relativ Eichen-reiche Gegenden vom schweizerischen Mittelland und von Savoyen ab, wo in ähnlicher Höhenlage meistens die Ulmen am häufigsten vertreten sind.

Ganz allgemein lässt sich aber feststellen, dass die Eichen nur in der Hügelsstufe überall ansehnliche Werte erreichen, dass diese aber im Gebirge rasch abnehmen, und die wärmezeitlichen Pollenspektren der montan-subalpinen Moore stets von den Ulmen und Linden beherrscht werden. Diese Befunde scheinen daraufhinzuweisen, dass auch während der Eichenmischwaldzeit eine bestimmte, vertikale Gliederung der Vegetation bestanden hat, mit Eichenmischwäldern in der Ebene und Ulmen-Lindenwäldern in den Berglagen.

Leider ist man noch sehr schlecht unterrichtet, wie gross die Eschen- und Ahorn-Anteile an diesen montan-subalpinen Laubgehölzen waren. Immerhin wurden in jüngster Zeit mehrere Anzeichen dafür bekannt, dass die Ahorne (vermutlich *Acer pseudoplatanus*) in höheren Lagen eine bedeutende Rolle gespielt haben. Ausser den fossilen Ahornhölzern, welche R. v. Sarnthein (1936) im Bereich der rezenten Waldgrenze des Gschnitztales bestimmt hat, war es dem Verfasser möglich, über längere Zeiträume zusammenhängende Ahornvorkommen in Cadagno Fuori im Val Piora (1920 m) festzustellen (vgl. H. Zoller, 1960) und besonders schöne, durchgehende Ahornkurven wurden von P. Villaret (mdl.) in subalpinen Mooren der Waadtländer Alpen gefunden, deren Bedeutung nur richtig verstanden werden kann, wenn man

sich vergegenwärtigt, dass in vielen Ahorn-reichen Gegenden der Niederungen bisher überhaupt nur sehr vereinzelte *Acer*-Pollen angetroffen worden sind.

Die zeitliche Dauer der Hasel- und Eichenmischwald-Kulmination im nord-westlichen Alpengebiet kann heute mit einiger Sicherheit abgegrenzt werden. So ist nach mehreren C₁₄-Datierungen der boreale Haselanstieg im Alpengebiet auf rund 6000 v. Chr. zu legen, während das Ende der EMW-Dominanz in der montan-subalpinen Region ungefähr bei 4000 v. Chr. anzusetzen ist (vgl. M. Welten und H. Oeschger, 1957, M. Welten 1958).

Wenn man zum Schluss noch den gesamten Waldbaumpollenniederschlag in den Nordwestalpen und im schweizerischen Mittelland während der Pollen-zonen V und VI berücksichtigt, so zeigt sich, dass ausser dem Eichenmischwald nur der Blütenstaub von *Pinus* nennenswerte Anteile an den Spektren erlangt. Leider lässt sich mit einiger Zuverlässigkeit nur der Arvenpollen von den übrigen Arten unterscheiden. Es ist nach den bisherigen Ergebnissen wahr-scheinlich, dass im Boreal und Atlantikum *Pinus cembra* über den Ulmen-Lindenwäldern bis in die äusseren Kalkketten gereicht hat, was von P. und M. Villaret (mdl.) auch durch Nadelfunde in Anzeindaz erhärtet worden ist.

b) Als zweite Region mit deutlich abweichender Pollensedimentation können wir den gesamten nordöstlichen Alpenrand vom Allgäu bis zu den oesterreichischen Alpen abgrenzen. Ähnliche Verhältnisse weisen das bayrische Alpenvorland von der Iller bis zur Salzach und die nördlich der Donau anschliessenden Mittelgebirge (Bayrischer Wald und Böhmer Wald) auf.² Ver-glichen mit den Pollenspektren westlich und südwestlich vom Bodensee bleiben vor allem die prozentualen Anteile des Haselstrauches ausgesprochen niedrig und betragen auch in den Niederungen meist weniger als 100 %, vielfach sogar weniger als 50 % der Waldbaumpollensumme. Zwar fehlen auch hier Spitzen von mehr als 100 % nicht völlig, doch sind diese selten und meistens von kurzer Dauer und in auffälliger Weise auf bestimmte, klimatisch begünstigte Föhnzüge beschränkt, wie z. B. das Innthal zwischen Kufstein und Rosenheim. In der montan-subalpinen Stufe sind die Werte entsprechend geringer, aber zwischen 1000–1500 m noch immer erkennbar (vgl. z. B. R. v. Sarnthein, 1948). Sie können sich aber keineswegs mit den imposanten Ausschlägen messen, die schon wenig weiter westlich in den St. Galler- und Glarner Alpen (vgl. A. Hoffmann 1957) noch bis in 1600 m festgestellt worden sind.

In ihrer Gesamtheit sind auch die Eichenmischwald-Anteile in den Tieflagen des ganzen Gebietes wesentlich geringer als am nordwestlichen Alpenrand und betragen nur selten über 50 %, meistens sogar weniger als 40 % der Waldbaum-pollensumme. Zwar sind die Prozente auch in der montan-subalpinen Stufe zwischen 1000–2000 m gegenüber der Nachwärmezeit überall deutlich erhöht, doch muss wiederum auffallen, dass die grosse Häufigkeit der Eichenmisch-waldpollen, die in den Schweizer Alpen noch in 1500 m öfters beobachtet wurde, nirgends erreicht wird.

Die Zusammensetzung des *Quercetum mixtum* ist ähnlichen Schwankungen unterworfen wie zwischen Savoyen und dem Bodensee. Zunächst zeigen die Diagramme, dass sich das relativ Eichen-reiche Gebiet vom Bodensee und

² Leider war es dem Verfasser nicht möglich, in der kurzen Zeit die notwendige Literatur über das Traungebiet beizubringen.

Oberschwaben nach Osten bis zur Isar fortsetzt, während zwischen Inn und Salzach die Ulmen wiederum häufiger sind. Aus den mir zugänglichen Profilen scheint hervorzugehen, dass auch im nordöstlichen Teile der Alpenländer die Eichen während der Pollenzonen V und VI in den Niederungen ziemlich häufig vorkamen, dagegen im Gebirge, wie in der nördlichen Schweiz, die Ulmen und Linden tonangebend waren.

Über die zeitliche Dauer der Hasel- und Eichenmischwald-Kulmination östlich des Bodensees sind mir noch keine C₁₄-Datierungen bekannt geworden, doch dürfte der boreale Haselanstieg im ganzen Alpengebiet in die Zeit zwischen 6500–5500 v. Chr. fallen.

Jedenfalls haben in den bayrischen und oesterreichischen Alpen *Corylus* und die Edellaubhölzer nie eine so uneingeschränkte Vorherrschaft in der regionalen Vegetation erlangt wie im Rhein- und Rhonegebiet. Es ist deshalb wichtig, im Anschluss an die Laubholzanteile auch die übrigen Komponenten der Pollenspektren zu berücksichtigen. Offensichtlich ist der Sektor der Nadelhölzer in allen Diagrammen vom Allgäu an ostwärts anders zusammengesetzt, denn in der grossen Mehrzahl der Bohrungen wurde schon in Pollenzone V ausser den Föhren auch die Fichte mit ansehnlichen Werten registriert, welche in vielen Profilen 20–30 % betragen und in Pollenzone VI auch auf mehr als 50 % ansteigen können. Meistens ist *Picea excelsa* ungefähr gleichzeitig mit *Corylus* und den Laubmischwaldarten aufgetreten, doch haben sich die letzteren überall rascher ausgebreitet.

Auf diese Weise ist in den Nordostalpen und deren Vorland eine Region der gemischten Nadelwälder entstanden, ähnlich wie sie noch heute im Baltikum und Mittelrussland ausgebildet ist. Anfänglich waren die Laubhölzer noch wesentlich häufiger als die Fichte, was deutlich aus den Spektren hervorgeht, wenn man die grosse Pollenproduktion von *Picea* berücksichtigt. Ziemlich bald wurden aber die Edellaubgewächse von der Rottanne überflügelt, ein Prozess, der sich besonders in den Berglagen schon in der Pollenzone VI vollzogen haben dürfte. Leider geben die Pollendiagramme bisher keine Auskunft, ob die Fichten in diesen wärmezeitlichen Wäldern mehr oder weniger regelmässig eingestreut waren oder ob Nadel- und Laubholzbestände einander je nach den wechselnden Standortbedingungen abgelöst haben.

c) Als dritte Region mit deutlich gekennzeichnete Pollensedimentation können wir endlich den südlichen Alpenrand von der Dora Riparia bis nach Friaul abgrenzen. Im gleichen Zusammenhang muss auch das südliche Vorland von Piemont bis Venetien in die Betrachtung einbezogen werden. Stärkere Abweichungen findet man in den Meeralpen und in Kärnten, beides für die Vegetationsgeschichte äusserst wichtige Gebiete, über die man aber noch ungenügend orientiert ist.

Die wärmezeitlichen Ablagerungen der Südalpen und Oberitaliens sind vor allem dadurch ausgezeichnet, dass der boreale Haselgipfel im Gegensatz zum gesamten nördlichen Alpenvorland mehr oder weniger ausfällt. Zwar finden sich in manchen Diagrammen (vgl. besonders P. Keller, 1931) unbedeutende Ausschläge von *Corylus*, die aber nur ausnahmsweise bis gegen 50 % der Waldbaumpollensumme reichen und sich in der montan-subalpinen Stufe stets unter 20 % halten. In manchen Diagrammen aus dem Kt. Tessin sind die kulturbedingten Maxima während der vor- und frühgeschichtlichen Besiedlung in der

Nachwärmzeit sogar ebenso hoch oder höher als im Boreal und Atlantikum (vgl. H. Zoller, 1960).

Auch das *Quercetum mixtum* weicht wesentlich ab, obwohl sämtliche Profile der Tieflagen mehr oder weniger vom Eichenmischwald beherrscht werden. Die relativ niedrigen Werte (40–60 %) nehmen aber mit steigender Höhenlage schon in 800–1000 m Meereshöhe sprunghaft ab, und mit Erstaunen stellt man fest, dass im Tessintal und an der Etsch schon in mittleren Höhenlagen (1000–1500 m) die Werte der Edellaubhölzer nicht annähernd an die auffallenden Dominanzen in den nördlichen Kalkketten heranreichen und 25 % der Waldbaumpollensumme nur ausnahmsweise erreichen. In der Mehrzahl der montan-subalpinen Profile spielen die Arten des Eichenmischwaldes während der Pollenzonen V und VI südlich vom Gotthard und Brenner eine völlig untergeordnete Rolle und ihre Gesamtkurve bewegt sich gewöhnlich nicht über 10–15 %.

Auch die Zusammensetzung des wärmezeitlichen *Quercetum mixtum* ist nicht die gleiche wie in den Nordalpen. So herrschen in den Tieflagen unter 500 m die laubwerfenden *Quercus*-Arten vor, während *Ulmus* und *Tilia*, aber auch *Ostrya* nur sehr geringe Prozentsätze aufweisen (vgl. P. Keller, 1931, W. Lüdi, 1944). Immerhin fanden sich bei meinen eigenen Analysen am Lago d'Origlio in 420 m schon beträchtliche Ulmen- und Linden-Anteile, und in den höhergelegenen Mooren bilden diese während der Pollenzonen V und VI überall den Hauptbestandteil im EMW-Sektor, weshalb man doch auf eine ziemlich einheitliche Höhengliederung der Laubmischwälder im ganzen Alpengebiet schliessen kann.

Zweifellos haben in den Südalpen *Corylus* und die Edellaubhölzer nie eine so unumstrittene Bedeutung in der regionalen Vegetation der Wärmezeit erlangt wie am nordwestlichen Alpenrand, im schweizerischen Mittelland oder in den anschliessenden Mittelgebirgen. Es ist deshalb besonders wichtig, noch den übrigen Teil der Waldbaumpollenspektren einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Im Gegensatz zum nordöstlichen Teil der Alpenländer, wo die Nadelhölzer (Föhren und Fichte) im Boreal und Atlantikum eine wesentliche Rolle im restlichen Pollenniederschlag spielen, bleiben auf der Alpensüdseite ihre Werte wenigstens in der Ebene sehr gering. Hier sind es vor allem die Erlen (wohl vorwiegend *Alnus glutinosa*), deren beträchtliche Blütenstaubsedimentation die Pollenspektren modifiziert, und welche vielfach aus den Auen- und Bruchwäldern der Flussniederungen und Ufergebiete der Seen stammen. Mindestens in der insubrischen Schweiz sind aber die hohen Erlenwerte so allgemein, dass sie zu einem grossen Teil auch aus der regionalen Vegetation eingeweht worden sein müssen (vgl. H. Zoller, 1960) und deshalb nicht aus den Profilen ausgeschlossen werden konnten.

Besonders in den Tessintälern und in den Trientiner Alpen nehmen mit steigender Meereshöhe die Anteile der Nadelhölzer rasch zu und beherrschen von ungefähr 1000–1200 m an aufwärts den Blütenstaubregen. Seit es gelungen ist, mit einer C₁₄-Datierung zu belegen, dass die Weissstanne schon in der zweiten Hälfte des Präboreals bis in die Leventina vorgedrungen war (vgl. H. Zoller, 1960), muss man schliessen, dass während der Pollenzonen V und VI in der insubrischen Schweiz und mit grosser Wahrscheinlichkeit auch in den äusseren Ketten von Piemont ein ausgedehnter *Abies*-Gürtel über den Laubmischwäldern bestanden hat, welcher erst nach 4000 v. Chr. von der Fichte zerstört worden ist.

Dass sich *Abies* am Ende der Vorwärmezeit von Südwesten her dem Alpensüdrand entlang rasch ausgebreitet hat und vielfach in den tieferen Vorbergen zwischen ca. 500–1000 m den Edellaubhölzern sogar vorausgeeilt ist, kann man in mehreren Diagrammen von P. Keller (1931) mit grosser Deutlichkeit ablesen, besonders eindrücklich in den Profilen Nr. 38, 39 und 41 (vgl. S. 195). Selbst noch weiter östlich am Lago di Annone südlich der Gabelung des Lago di Como folgt auf die *Pinus*-Periode eine Weisstannenphase, die später von einer Eichenmischwaldzeit abgelöst wird, was man nur so deuten kann, das die Weisstannenwälder im Boreal in höhere Lagen verdrängt worden sind. Dabei hat aber der Vorstoss der Edellaubgehölze die Grenze von 1000 m nie wesentlich überschritten.

Während der beiden Pollenzonen V und VI nehmen mit steigender Höhenlage im Nadelwaldsektor der Spektren auch die Werte von *Pinus* zu und gelangen in 1800–2000 m zur völligen Vorherrschaft. Vielfach handelt es sich um Pollen des *Pinus cembra*-Typ, und mit Holzfunden konnte gezeigt werden, dass über den *Abies*-Wäldern *Pinus cembra* vom Gotthard bis gegen Bellinzona sehr verbreitet war (vgl. H. Zoller 1960).

Die Untersuchungen von F. Lona (1941, 1944, 1947) machen es wahrscheinlich, dass die Fichte westlich bis zum Gardasee vorzudringen vermochte, bevor die Weisstanne vom Piemont her das Etschtal erreicht hat. Es wurde schon mehrfach darauf hingewiesen, dass man im Alpenbogen in west-östlicher Richtung zwei verschiedene Gebiete zu unterscheiden hat, ein westliches, in dem *Abies* vor *Picea* eingewandert ist, und ein östliches, in welches zuerst die Fichte vorgerückt ist. Man kann unter Berücksichtigung der Arbeiten von F. Lona, A. Hoffmann, 1957 und H. Zoller, 1960 die Grenzlinie zwischen beiden Teilen vorläufig von den St. Galler Alpen südostwärts durch Mittelbünden zu den Bergamasker- oder Adamello-Alpen ziehen.

Abschliessend scheint es mir bedeutsam, noch kurz die Verhältnisse in Kärnten zu erwähnen. R. v. Sarnthein (1947) hat festgestellt, dass in einer Höhenlage von nur 500–700 m der Blütenstaub von Nadelhölzern während der Pollenzonen V und VI stets viel häufiger auftritt als die Eichenmischwaldpollen. Ferner betragen die *Corylus*-Maxima nur 30 % der Waldbaumpollensumme. Namentlich in Zone VI beherrscht die Fichte mit ca. 60 % den Pollenniederschlag so vollständig, dass sich schon R. v. Sarnthein veranlasst sah, diese Erscheinung besonders hervorzuheben. Selbst wenn man berücksichtigt, dass die Pollenproduktion bei der Fichte grösser ist als bei den Edellaubgewächsen, so müssen im Vergleich zu den hohen Hasel- und Eichenmischwald-Anteilen in weiten Gebieten der Alpen die niedrigen Werte mesothermer Laubhölzer in Kärnten überraschen, besonders in Anbetracht der relativ geringen Entfernung von den eiszeitlichen Refugien im Balkan. Jedenfalls mahnen sie zur Vorsicht, wenn man aus Fossilfunden thermophiler Arten weitgehende Schlüsse über das Ausmass des wärmezeitlichen Klimaoptimums ziehen will.

IV. Die Ursachen der verschiedenen, wärmezeitlichen Waldgebiete in den Alpenländern

Unsere Gesamtschau über die Blütenstaubsedimentation während der Pollenzonen V und VI hat gezeigt, dass man in den Alpen schon im Boreal und

Atlantikum mehrere, sehr verschiedene Waldgebiete unterscheiden kann, und dass die einzelnen Holzgewächse sehr unregelmässig verbreitet waren. So ist auch das Ausmass der wärmezeitlichen Kulmination von Haselgebüsch und Edellaubwäldern gebietsweise sehr unterschiedlich und sicher von einem vielschichtigen Faktorenkomplex abhängig.

Als wichtigste Gruppe von Faktoren wurden bisher die klimatischen Bedingungen angesehen, da in grossen Gebieten die relativ anspruchsvollen Arten der Eichenmischwälder weit über ihre heutigen thermischen Verbreitungsgrenzen hinaus durch Fossilfunde belegt worden sind. Ausserdem wurden gerade im Alpengebiet zahlreiche andere Indizien für ein postglaziales Wärmeoptimum gefunden, wie fossile Hölzer und Moornachstum über der heutigen Baumgrenze oder von nachwärmezeitlichen Gletschervorstössen überfahrene Moore usw. (vgl. besonders H. Gams, 1942).

Eine der interessantesten Berechnungen über das Ausmass der borealatlantischen Klimaverbesserung hat J. Iversen (1944) am Beispiel von *Hedera*, *Viscum* und *Ilex* in Dänemark durchgeführt, wobei er eine thermische Erhöhung von mindestens 1,5–2° während der Sommermonate zur Erklärung als notwendig erachtet.

Andererseits kann man diesen Feststellungen entgegenhalten, dass die alpine Waldgrenze im Mittelalter durch die Alpweidenrodung beträchtlich erniedrigt worden ist (vgl. M. Welten, 1952; H. Zoller, 1960), so dass man aus fossilen Hölzern in der rezenten unteren alpinen Stufe nicht unbedingt auf wesentlich günstigere Klimaperioden in vorhistorischer Zeit schliessen kann. Viel beweiskräftiger sind die Spuren fossiler Verlandungsvorgänge und von Moornachstum oberhalb der Waldgrenze. Es sei aber daraufhingewiesen, dass in jüngster Zeit auch wichtige Belege gefunden worden sind, die zeigen, dass noch im Boreal und Atlantikum verschiedene kurzfristige Klimarückschläge vorgekommen sind (vgl. H. Zoller, 1960).

So können wir zwar mit Fossilfunden ableiten, dass die Waldgrenze in vorhistorischer Zeit einmal 200–400 m höher gelegen hat als heute. Über die Dauer dieser Lage, über die Oszillationen und den Zeitpunkt des Maximums wissen wir aber nur sehr wenig, und keinesfalls ist es sicher, dass die höchste Waldgrenzenlage in den Alpen mit dem Optimum der Eichenmischwälder im Boreal und Atlantikum zusammenfällt (vgl. z. B. M. Welten, 1958 und H. Zoller, 1960). Ich verzichte deshalb auf alle Versuche, den Betrag der Temperaturerhöhung zu bestimmen, der für die Ausbreitung von *Corylus* und *Quercetum mixtum* in die subalpine Stufe der nordwestlichen Kalkalpen notwendig gewesen ist.

Wie könnte man mit einer solchen Berechnung auch erklären, dass am Oberalppass in 2040 m zeitweise 80 % *Corylus*-Pollen eingeweht wurden, während nur 20 km weiter südlich, im ganzen Boreal und Atlantikum (zwischen 6500 und 3200 v. Chr., C₁₄-Datierungen!) im Val Piora, in ähnlicher Höhenlage die Haselwerte nie über 5 % betragen (vgl. H. Zoller, 1960, Profil V).

Man ist in solchen Fällen geneigt, neben den allgemein klimatischen Faktoren die lokalen Verhältnisse, insbesondere auch die edaphischen Bedingungen zur Erklärung heranzuziehen. So liegen die bisher untersuchten montan-subalpinen Moore aus der insubrischen Schweiz in einem zusammenhängenden Silikatgebiet, während die hohen Hasel- und Eichenmischwald-Maxima nördlich

des Gotthards fast ausnahmslos in ausgesprochen kalkreichen Gegenden auftreten. Man könnte deshalb vermuten, dass die Laubmischwaldvegetation auf den relativ nährstoffarmen Böden der Tessintäler stark behindert wurde, während sie auf den mineralkräftigen Unterlagen der nördlichen Ketten stark gefördert worden ist.

Eine solche Deutung erscheint zunächst bestechend, versagt aber schon beim Vergleich vom Val Piora mit dem Oberalppass, da die Silikatgesteine im Umkreis beider Bohrpunkte vorherrschen. Bei einem weiträumigen Vergleich können die edaphischen Argumente noch weniger genügen; denn es gibt eindruckliche Beispiele von Si-Gebieten mit starker Entwicklung des Haselgipfels und hohen EMW-Werten bis in montan-subalpine Höhenlagen. Man muss in dieser Hinsicht nur die Werte von Dalpe in der Leventina (1235 m, Nr. 43, S. 195) und von der Grafenmatte im Feldberggebiet (1360 m, Nr. 11, S. 194) einander gegenüberstellen. Zudem hat schon F. Lona (1947) nachgewiesen, dass während der Pollenzonen V und VI die Hasel und Laubmischwälder auch in reinen Kalkgebirgen der Südalpen nicht sehr hoch vorzudringen vermochten (vgl. Nr. 45 aus den Vizentiner Alpen östlich des Gardasees).

Beide Pollenniederschlagskarten zeigen dagegen sehr überzeugend, dass man die ungleiche Verbreitung von *Corylus* und *Quercetum mixtum* nur verstehen kann, wenn man neben den klimatischen und edaphischen Bedingungen auch die Ausbreitung und Konkurrenzkraft von Fichte und Weisstanne und deren Rolle als Gegenspieler der Laubmischwald-Kulmination gebührend berücksichtigt. Es ist heute sicher, dass im Alpengebiet die grösste Ausdehnung der Hasel und Edellaubhölzer dort eingetreten ist, wo die schattenspendenden Nadelbäume zuletzt eingetroffen sind. So hat von Südwesten her die Weisstanne erst zwischen 4500–4000 v. Chr. (vgl. M. Welten, 1958) das savoyisch-schweizerische Waldgebiet erreicht, während von Osten her die Fichte eher noch später, zwischen 4000–3000 v. Chr. eingewandert ist. Dass sich der Fichtenvorstoss von Osten nach Westen stark verzögert hat, zeigen besonders schön einige Profile aus dem Walenseegebiet und den Flumserbergen, wo beide Arten ungefähr gleichzeitig, aber erst nach dem Hasel-EMW-Gipfel häufiger geworden sind (vgl. A. Hoffmann, 1957), während östlich der Iller *Picea* schon in den Pollenzonen V und VI sehr beträchtliche Anteile am Blütenstaubregen erreicht und demnach mindestens seit ca. 6000 v. Chr. die Zusammensetzung der Wälder in den nordöstlichen Gegenden der Alpen wesentlich beeinflusst hat.

Es ist schwierig, diese Unterschiede nur aus den klimatischen Verschiedenheiten am nördlichen Alpenrand zu erklären, besonders seit man weiss, dass die Weisstanne schon vor 7000 v. Chr. die insubrischen Alpentäler erreicht hat (vgl. H. Zoller, 1960). Gerade aus diesem Befund wird deutlich sichtbar, weshalb das imposante *Corylus*- und Edellaub-Maximum der nördlichen Schweizer Alpen in den von Schattenholzarten früh beeinflussten Gebieten der bayrischen und oesterreichischen Alpen nur in sehr abgeschwächtem Masse und in der montan-subalpinen Stufe der Südalpen überhaupt nicht auftritt.

Von Savoyen bis ins Bodenseegebiet verdrängten die Hasel und die Eichenmischwaldarten eine sozusagen reine Kiefern-Birkenvegetation, in welcher sie sich als lichtliebende Spezies unbehindert auszubreiten vermochten. Während auf der Nordabdachung der Schweizer Alpen im Boreal und Atlantikum die

Hasel, Ulmen und Linden ohne ernstlichen Konkurrenzkampf bis in die subalpine Stufe gelangen konnten, sahen sie sich in den Ostalpen von Anfang an dem Wettbewerb von *Picea* gegenüber. Am Alpensüdrand, westlich des Gardasees, wurde ihnen von *Abies* trotz günstiger Umweltsbedingungen der Weg in die subalpine Stufe immer abgeriegelt.

Aus mehreren Diagrammen von P. Keller (1931) kann man zwar ablesen, dass während der frühen Wärmezeit die *Abies*-Wälder in 500–1000 m Meereshöhe auf der Alpensüdseite vom *Quercetum mixtum* verdrängt worden sind und die Obergrenze der mesothermen Laubwälder bald bis in die heutige Lage emporgestiegen ist. Aber die Edellaubgehölze konnten in vertikaler Richtung ihr rezentcs Areal nie wesentlich überschreiten, wie aus der völligen Vorherrschaft von Nadelholzpollen in den Mooren zwischen 1000 und 1500 m hervorgeht. Es fällt deshalb schwer, die subalpinen Linden-Ulmenwälder der Nordwestalpen in erster Linie auf eine bedeutende Klimaverbesserung zurückzuführen. Das soll allerdings nicht heissen, dass diese Laubvegetation nur als Ergebnis des mangelnden Wettbewerbes zu verstehen ist, doch wird man das Ausmass der klimatischen Schwankung nicht überschätzen dürfen.

In allen Profilen, die im Alpengebiet intensiv auf Nichtbaumpollen abgesehen worden sind (vgl. M. Welten, 1952, P. und M. Villaret, 1958, H. Zoller, 1958, 1960) wird deutlich sichtbar, dass während der Pollenzonen V und VI die Hochstaudenfluren offenbar viel weiter verbreitet waren als heute. Sowohl in den *Abies*-reichen südlichen Bündner- und Tessintälern als auch in den EMW-beherrschten Berner- und Waadtländer Alpen beobachtet man den Pollenniederschlag aus neutrophilen, krautreichen Waldgesellschaften, mit Körnern von *Veratrum album*, *Lilium martagon*, *Polygonum bistorta*, *Geranium*, *Heracleum*, *Pulmonaria*, *Valeriana*, *Knautia* und verschiedenen *Compositae*.

Das weist auf eine noch sehr günstige Nährstoffbilanz der Böden hin, die bestimmt den Anstieg von Edellaubgewächsen und *Corylus* bis in hohe Berglagen im Boreal und Atlantikum begünstigt hat. Relikte solch hochgelegener Edellaubwälder mit boreal-subalpinem Hochstaudenunterwuchs sind in vielen Alpentälern bis in die rezente Zeit erhalten geblieben, so z. B. die prächtigen *Acer pseudoplatanus*-Wälder im hinteren Linthtal und Sernftal (vgl. H. Wirz, 1958) und anderwärts, deren Zusammensetzung stark an die wärmezeitlichen Pollenspektren erinnert. Nach dem Einzug von Tanne und Fichte wurden sie mehr und mehr auf ganz bestimmte, wasserzügige und nährstoffreiche Standorte zurückgedrängt, an denen sich die im ganzen Postglazial fortschreitende Bodenauswaschung infolge der nachschaffenden Eigenschaften nicht auswirken konnte.

Es wurde an Hand der insubrischen Moore schon eingehend dargestellt, wie sehr die Rückwanderung von *Abies* von der Lage ihrer eiszeitlichen Refugien abhängt und wie sehr sich bei der Bildung ihres postglazialen Areales die Alpen als hemmende Barriere ausgewirkt haben (vgl. H. Zoller, 1960). Wenn man das frühwärmezeitliche Optimum von *Abies* in den südlichen Alpenketten berücksichtigt, so wird man auch den Wechsel von Linden-Ulmenwäldern zu Weisstannenwäldern in den nordwestlichen Kalkalpen nicht als einfache Funktion der Klimaverhältnisse verstehen können.

Zunächst muss man feststellen, dass ohne Zweifel die Rückwanderung von *Abies* aus historischen Gründen sehr unregelmässig war. Das ermöglichte den Eichenmischwäldern auf der schweizerischen Alpennordseite die relativ günstigen klimatischen und edaphischen Bedingungen während der Pollenzonen V und VI in besonderem Masse auszunutzen. Dagegen eroberte im gleichen Zeitraum *Picea* von Osten her den ganzen oesterreichischen und bayrischen Teil des Alpenbogens bis gegen den Bodensee hin, wodurch die Edellaubvegetation in diesem Waldgebiet sicher entscheidend beeinträchtigt wurde. Noch viel auffallender ist die Einwirkung von *Abies* in der subalpinen Stufe der insubrischen Schweiz, welche *Corylus* und *Quercetum mixtum* stets von den höheren Lagen abhielt, obwohl die Hasel und die Eichenmischwaldarten schon sehr früh eingetroffen sind (spätestens in der zweiten Hälfte des Präboreal, vgl. H. Zoller, 1960).

Sobald aber *Abies* die nördlichen Schweizer Alpen gegen Ende von Zone VI erreicht hatte, verschob sich auch hier das Gleichgewicht im Wettbewerb zu ungunsten der Laubhölzer, ohne dass das Klima wesentlich feuchter und kühler zu werden brauchte.

Jedenfalls war die wärmezeitliche Klimaverbesserung nie so gross, dass die insubrischen Eichenmischwälder oberhalb 1000–1200 m die Weissstanne ernsthaft zu gefährden vermochten. Im Gegenteil entspricht die vertikale Verbreitung der Edellaubgehölze stets ungefähr der rezenten, was vielleicht mit den besonders hohen Niederschlägen in den Tessintälern zusammenhängt, die *Abies* im Wettbewerb beträchtlich begünstigt haben konnten.

Seit den Untersuchungen von J. Iversen (1944) liegen aber auch gute Gründe vor, eine Erhöhung der Sommertemperaturen von 1,5–2° im Boreal und Atlantikum für sicher zu halten. In diesem Falle muss man jedoch annehmen, dieser bedeutende Betrag habe es den Eichenmischwäldern nicht einmal in den trockeneren und klimatisch sehr günstigen Trientiner- und Vizentiner Alpen ermöglicht, über ihrer rezenten Obergrenze gegen die Konkurrenz von *Picea* und *Abies* aufzukommen.

Unter Berücksichtigung aller Tatsachen wird es deutlich, dass an der Hasel- und Eichenmischwald-Kulmination zahlreiche Faktoren beteiligt waren, ausser den relativ günstigen Klimabedingungen auch die allgemein bessere Nährstoffbilanz der Böden, ferner in hohem Masse die ungleichmässige Rückwanderung der Nadelhölzer und die damit verbundenen Wechsel der gegenseitigen Konkurrenzverhältnisse.

Literatur

- Becker, J.: Etude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes Françaises. Mém. du service de la carte géol. d'Alsace et de Lorraine, No. 11, 1952.
Bertsch, K.: Paläobotanische Untersuchungen im Reichermoos. Jahresb. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg, 80, 1924.
Broche, W.: Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des südlichen Schwarzwalds und der Baar. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 29, 1929.
Firbas, F.: Über einige hochgelegene Moore Vorarlbergs und ihre Stellung in der regionalen Waldgeschichte Mitteleuropas. Ztschr. f. Botanik, 18, 1925/26.

- Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas. I. Bd. Jena, 1949.
- Grünig, G., Weischedel, I. und Worzel, G.: Beiträge zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Vogesen. *Bibl. Bot.*, 121, 1948.
- Fischer, O. und Lorenz, A.: Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren der Südostalpen. *Ztschr. f. Botanik* 24, 1931.
- Gams, H.: Die Geschichte der Lunzer Seen, Moore und Wälder. *Intern. Revue d. ges. Hydrob. und Hydrogr.*, XVIII, 5/6, 1927.
- Die Höhengrenzen der Verlandung und des Moorwachstums in den Alpen. *Abh. Naturw. Ver. Bremen*, 32, 1942.
- Harder, R. und Lorenz, A.: Pollenanalytische Untersuchungen an alpinen Mooren. *Ztschr. f. Botanik* 21, 1929.
- Härri, H.: Stratigraphie und Waldgeschichte des Wauwilermooses. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 17, 1940.
- Die Waldgeschichte des Baldeggerseegebietes und ihre Verknüpfung mit den prähistorischen Siedlungen. *Ber. Geob. Inst. Rübel f. d. Jahr 1944*, Zürich 1945.
- Hoffmann, A.: La Tourbière de Bocken. *Ber. Geob. Inst. Rübel f. d. Jahr 1945*, Zürich 1946.
- Evolution postglaciaire de la forêt et des tourbières dans les Alpes glaronnaises. *Ebenda f. d. Jahr 1956*, Zürich 1957.
- Höhn, W.: Beitrag zur Geschichte der Moore und Wälder der ehemaligen Herrschaft Wädenswil. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 33, *Festschr. Werner Lüdi*, 1958.
- Joray, M.: L'Etang de la Gruyère. *Mat. pour le levé geob. de la Suisse*, 25, 1942.
- Iversen, J.: *Viscum, Hedera and Ilex as Climate Indicators*. *Geol. Fören. Förh. Stockholm*, 66, 1944.
- Keller, P.: Die postglaziale Entwicklungsgeschichte der Wälder von Norditalien. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 9, 1931.
- Lona, F.: Analisi polliniche di due torbiere del Trentino. *Rivista della Soc. di Studi per la Venezia Tridentina*, XXII, 1941.
- La torbiera di Folgaria (Trento): suo significato per la storia della vegetazione e del clima postglaciale nel versante meridionale delle alpi. *Nuov. giorn. bot. ital.*, Nuov. Ser. LIII, 1947.
- und A. Torriani: Osservazioni sulla diffusione postglaciale dell'abete nel versante meridionale delle alpi. *Nuov. giorn. bot. ital.*, Nuov. Ser. LI, 1944.
- Lüdi, W.: Die Waldgeschichte des südlichen Tessins seit dem Rückzug der Gletscher. *Ber. Geob. Inst. Rübel f. d. Jahr 1943*, Zürich 1944.
- Eine wärmezeitliche Senkung der Waldgrenze am Oberalppass (Schweiz). *Vegetatio V/VI*, 1954.
- Ein Pollendiagramm aus dem Untergrund des Zürichsees. *Schweiz. Ztschr. f. Hydrobiol.*, Vol. XIX, 1957.
- und P. Studer: Ein Pollendiagramm aus der bronzezeitlichen Station «Sumpf» am Zugersee (Schweiz). *Ber. Geob. Inst. Rübel f. d. Jahr 1958*, Zürich 1959.
- Lürzer, E. v.: Die postglaziale Waldgeschichte des Salzburger Vorlandes. *Mittg. d. Ges. f. Salzburger Landeskunde*, 96, 1956.

- Müller, Inge: Der pollenanalytische Nachweis der menschlichen Besiedlung im Federsee- und Bodenseegebiet. *Planta*, 35, 1947.
- Paul, H. und Ruoff, S.: Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. I. Teil. Moore im ausserralpinen Gebiet der diluvialen Salzach-, Chiemsee- und Inngletscher. *Ber. Bayr. Bot. Ges.* XIX, 1927. II. Teil. Moore in den Gebieten der Isar-, Allgäu- und Rheinvorlandgletscher, ebenda, XX, 1932.
- Sarnthein, R. v.: Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. I. Brennergegend und Eisacktal, *Beih. Bot. Centralbl.*, 55B, 1936. II. Seen der Nordtiroler Kalkalpen, *Beih. Bot. Centralbl.*, 60B, 1940. III. Kitzbüheler Alpen und unteres Inntal. *Oesterr. Bot. Ztschr.*, 95, 1948.
- Pollenanalytische Untersuchungen in Kärnten. *Carinthia* II. *Mittg. Naturw. Ver. f. Kärnten*, 136, 1947.
- Vareschi, V.: Pollenniederschlag in den Hochalpen. *Ztschr. f. d. ges. Naturwiss.*, 3/4, 1940.
- Villaret-v. Rochow, P. und M.: Das Pollendiagramm eines Waldgrenzmoores in den Waadtländer Alpen. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 33, *Festschr. Werner Lüdi*, 1958.
- Welten, M.: Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 21, 1944.
- Beobachtungen über den rezenten Pollenniederschlag in alpinen Vegetation. *Ber. Geob. Inst. Rübel f. d. Jahr 1949*, Zürich 1950.
- Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 26, 1952.
- Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner Alpen und -Voralpen und des Walliser Haupttales. *Verh. der IV. INQUA 1957*. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 34, 1958.
- und Oeschger H.: Erste Ergebnisse von C₁₄-Altersbestimmungen zur Vegetationsgeschichte der Schweiz. *Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Neuenburg 1957*.
- Wirz, H.: Beiträge zur Kenntnis der Flora und der Vegetation des hinteren Linthtales und des Tödigebietes. *Mittg. Naturf. Ges. d. Kt. Glarus*, X, 1958.
- Zoller, H.: Pollenanalytische Untersuchungen im unteren Misox mit den ersten Radiocarbon-Datierungen in der Südschweiz. *Verh. der IV. INQUA 1957*. *Veröff. Geob. Inst. Rübel*, 34, 1958.
- Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. *Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.*, LXXXIII, 2, 1960.

Man vergleiche die Tafeln 3 und 4.



Tafel 3 Der Pollenniederschlag in den Alpenländern während der frühen Wärmezeit (Boreal, Pollenzone V).

Tafel 4 Der Pollenniederschlag in den Alpenländern während der mittleren Wärmezeit (älteres Atlantikum, Pollenzone VI).

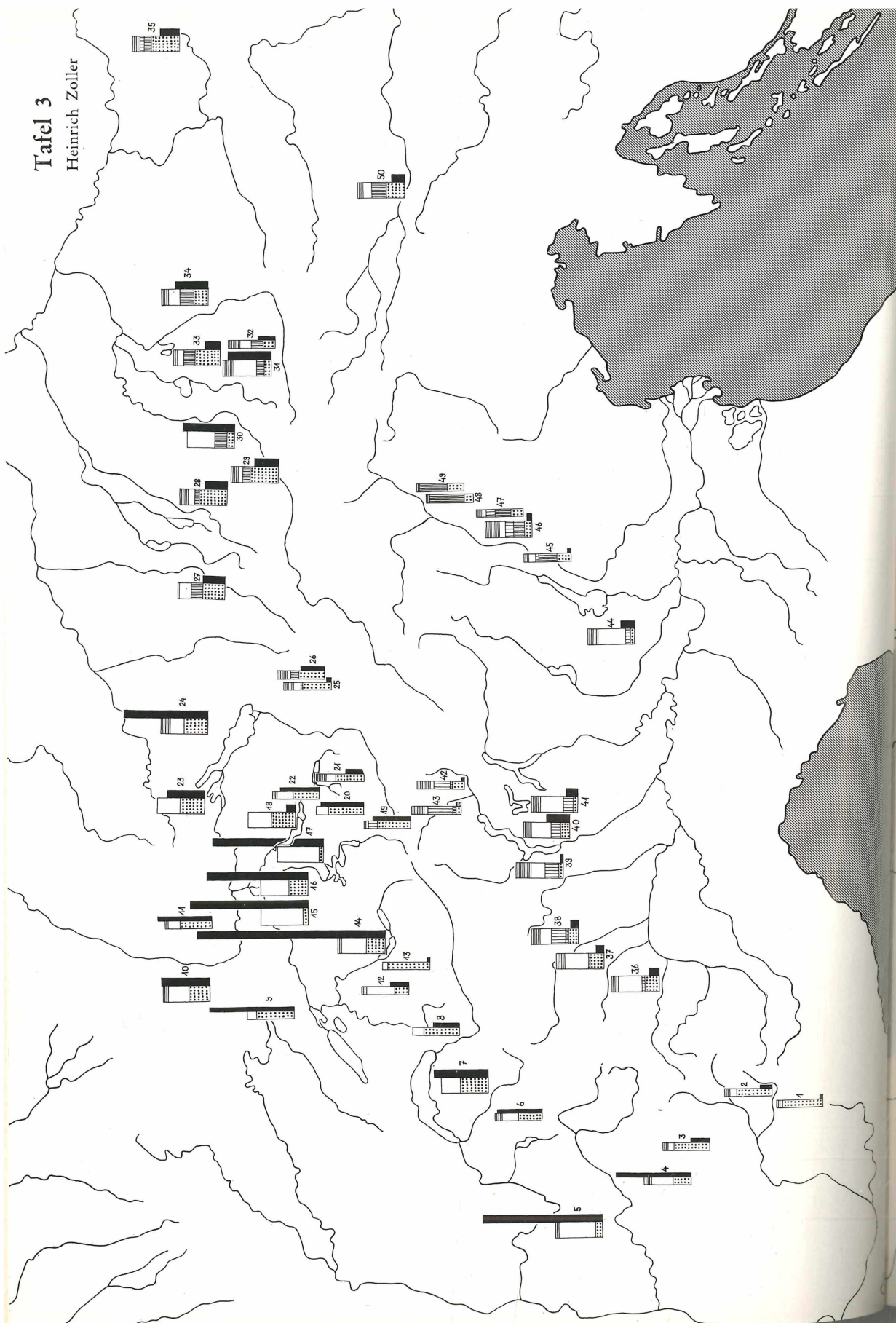
Die Nummern entsprechen der Liste der ausgewerteten Bohrprofile (vgl. S. 203/204).

Erklärung zu den Tafeln 3 und 4
(vgl. auch Text S. 201 ff.).

breite Säulen	Baumpollen = 100%, Bohrpunkte unterhalb 1000 m Meereshöhe
schmale Säulen	Baumpollen = 100%, Bohrpunkte über 1000 m Meereshöhe
schmale, schwarze Säulen	<i>Corylus</i> (Hasel) in % der Baumpollen
weiss	EMW (Eichenmischwald)
punktiert	<i>Pinus</i> (Föhren)
eng senkrecht schraffiert	<i>Picea</i> (Fichte)
weit senkrecht schraffiert	<i>Abies</i> (Weisstanne)
eng wagrecht schraffiert	übrige Baumarten (besonders Birken und Erlen)

Tafel 3

Heinrich Zoller



Tafel 4

Heinrich Zoller

