

Zeitschrift:	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber:	Schweizerischer Forstverein
Band:	115 (1964)
Heft:	11
Artikel:	Zur postglazialen Ausbreitungsgeschichte der Weisstanne (<i>Abies alba</i> Mill.) in der Schweiz
Autor:	Zoller, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-765541

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.01.2026

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

Zur postglazialen Ausbreitungsgeschichte der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in der Schweiz

Von *H. Zoller*

(aus der Botanischen Anstalt der Universität Basel)

Einleitung

Bei der pollenanalytischen Untersuchung eines 66 m mächtigen Talbodenprofils aus dem Val Frisal südlich unter dem Kistenpaß (Vorderrheintal) ergaben sich für die Ausbreitungsgeschichte der Weißtanne so wesentliche, neue Tatsachen, daß es angezeigt erscheint, diese in einem kleinen Beitrag bekanntzugeben, auch wenn das erwähnte Material noch längst nicht vollständig durchgearbeitet ist.*

In jüngster Zeit wurden die historischen Aspekte der Tannenverbreitung besonders von H. Mayer (1961, 1962) und von H. Langer (1963) erneut diskutiert, vor allem im Hinblick auf die Verhältnisse im benachbarten Süddeutschland. Die hier vorgelegte Studie soll in erster Linie dazu dienen, die von K. Bertsch (1935, 1940, 1953) stammende und von H. Langer erneut aufgenommene Hypothese, die Linde habe schon während der frühen Wärmezeit (Boreal, etwa 6500 bis 5500 v. Chr.) von Süden her über die bündnerischen Pässe die Alpen überschritten, anhand einiger wichtiger C14-Datierungen besser abzuklären.

Es liegt in der Natur des Problems, daß dabei auch die benachbarten Gegenden in Betracht gezogen werden müssen, so daß in der vorliegenden Publikation gleichzeitig die Geschichte des Weißtannenareals in der gesamten Schweiz dargestellt werden soll, wenigstens so weit es die noch sehr unvollständigen Kenntnisse der Pollenanalyse erlauben.

* Im Zusammenhang mit dem Projekt eines Speicherbeckens wurden im Val Frisal mehrere Bohrungen ausgeführt, die bis in den felsigen Talgrund reichen und demnach die ganze postglaziale Auffüllung und die Grundmoräne umfassen. Herrn Dr. C. Schindler, Geotechnisches Büro Dr. A. von Moos in Zürich, bin ich für die Möglichkeit, in Abständen von 30 cm eine vollständige Probeserie zu entnehmen, zu großem Dank verpflichtet. Auch für die Mitteilung zweier C14-Datierungen sei ihm an dieser Stelle mein bester Dank ausgesprochen. Das dazu notwendige Material wurde von Herrn Professor J. Cadisch, Bern, geliefert und die übrigen Holzproben von Herrn S. Schweingruber, Rüderswil, bestimmt.

Rezentes Areal

Die natürliche Verbreitung der Weißtanne ist schon so oft kartographisch dargestellt worden, daß es sich erübrigt, in diesem Zusammenhang näher auf die geographischen Grenzen einzugehen (vgl. z. B. J. Mattfeld, 1926, H. Meusel, 1943, K. Rubner, 1953).

Dagegen scheint es für die Ausbreitung während der verschiedenen Waldperioden der Nacheiszeit wichtig, ihre Standortansprüche kurz zu charakterisieren. Mit Ausnahme des Gebietes zwischen Elbe und Bug, wo die Tanne auch in das tiefgelegene Vorland der Gebirge herabsteigt, bevorzugt sie fast überall die hochmontane Stufe. Ihr Optimum liegt besonders in den Gebieten, die sich durch reichliche Niederschläge, ausgeglichene Temperaturverhältnisse und oft durch große Nebelhäufigkeit auszeichnen. Mit beachtenswerten Mengen erscheint sie nach R. Kuoch (1954) nur in Klimax- oder klimaxnahen Pflanzengesellschaften und ist weniger als irgend eine andere Hauptbaumart Pionierbaum.

Als begrenzende Faktoren des Weißtannenareals sind in der Schweiz vor allem die folgenden Ursachen maßgebend: Nach oben hin dürfte ihre Verbreitung durch Mangel an Sommerwärme und besonders auch durch die Konkurrenz der Rottanne eingeschränkt werden, nach unten dagegen ist ihr durch die Sommertrockenheit eine Grenze gesetzt. Empfindlichkeit gegen Winter- und Spätfröste sowie gegen große Temperaturextreme gestatten ihr nur an besonders geeigneten Stellen die kontinentalen Zentralalpentäler zu besiedeln, in welchen sie in weiten Gebieten sogar völlig fehlt (südliche Täler des Wallis, Engadin).

Ausbreitungsgeschichte

1. Eiszeitliche Refugien

Es bestehen heute kaum mehr Zweifel, daß der eisfreie Korridor zwischen der alpinen und nordeuropäischen Vergletscherung von einer baumfreien Löß- und Frostbodenvegetation bedeckt war. Selbst im südlichen Alpenvorland herrschte noch im ausgehenden Würmglazial eine entsprechende waldlose Kältesteppe, in der das Vorkommen der Weißtanne aus ökologischen Gründen ausgeschlossen erscheint (vgl. F. Lona, 1957, H. Zoller, 1960a, H. Beug, 1964).

Unserer einheimischen Weißtanne, *Abies alba*, stehen in den Gebirgen des Mittelmeerraumes mehrere, nur in engbegrenzten, weit auseinanderliegenden Arealen gedeihende Spezies gegenüber (*Abies cilicica*, *Nordmanniana* und *Bornmülleriana* in Kleinasien; *Abies cephalonica* und *Borisii regis* im Balkan; *Abies nebrodensis* in Sizilien; *Abies Pinsapo* in Süds Spanien). Die sehr disjunkte Verteilung dieser Spezies weist auf ein hohes Alter der Gattung in Europa hin, das auch durch Fossilfunde, die bis in das Pliozän zurückgehen, paläontologisch belegt ist. Aus dieser Konfiguration der Sippen und aus dem heutigen Areal von *Abies alba* ist anzunehmen,

daß die glazialen Rückzugsgebiete, soweit sie für Mitteleuropa in Frage kommen, auf der iberischen Halbinsel, in Italien und im Balkan gelegen waren.

Über das iberische Refugium wissen wir zurzeit noch nichts, und ebenso wenig bestehen über das eiszeitliche Vorkommen der Weißtanne auf der Balkanhalbinsel sichere paläontologische Belege. Etwas besser unterrichtet sind wir dagegen über das glaziale Vorkommen von *Abies alba* auf der Apenninen-Halbinsel. Reste großer, glazialer Tannenwälder wurden 1936 von E. Tongiorgi in den pontinischen Sümpfen entdeckt. Da das Alter der Ablagerungen jedoch nicht näher bekannt ist, läßt sich nur sagen, daß im jüngeren Quartär die Tanne südlich von Rom zeitweise auf dem Niveau des heutigen Meeresspiegels gedieh.

In den eiszeitlichen Ablagerungen am Lago Massaciuccoli bei Pisa, deren Alter von F. Firbas 1958 mit $\pm 16\,000$ v. Chr. angegeben worden ist und nach der C14-Methode mindestens teilweise dem ausgehenden Würm-Pleniglazial entsprechen, tritt in einer von *Pinus* und *Picea* beherrschten Kaltphase lediglich Pollen von *Abies* auf, dessen Anteil am Spektrum im Mittel nur 1,5 % beträgt (vgl. auch M. Marchetti und E. Tongiorgi, 1936). In den glazialen Floren von Forli südlich Ravenna wurde in den Horizonten, die einer eiszeitlichen Kaltphase entsprechen, bisher nicht einmal der Pollen der Weißtanne nachgewiesen (vgl. F. Firbas und P. Zangheri, 1934, 1954). Aus den von *Pinus* beherrschten Proben geht hervor, daß mindestens zeitweise der subarktische Charakter der Vegetation bis an den Südrand der Po-Ebene gereicht hat.

2. Späteiszeit (*Tardiglazial*, etwa 14 000 bis 8300 v. Chr.)

Noch nach der Wiederbewaldung unseres Gebietes im Alleröd-Interglazial sind nördlich und südlich der Alpen die *Abies*-Pollen äußerst selten, so daß man mit einer Entfernung der damaligen Nordgrenze von mehreren hundert Kilometern rechnen muß. Die relativ hohen Werte, die W. Lüdi (1944) in den spätglazialen Ablagerungen am Muzzanersee bei Lugano gefunden hat, dürften auf Pollen an sekundärer Lagerstätte zurückgehen, denn sowohl am Origliosee (vgl. H. Zoller, 1960a) und selbst am Ledrosee (vgl. H. Beug, 1964) sind die spätglazialen Diagrammschnitte praktisch frei von *Abies*-Pollen. Besonders bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß im nördlichen Vorland der Pyrenäen *Abies* im ganzen Spätglazial und selbst im Präboreal anscheinend ebenfalls gefehlt hat (vgl. H. De Vries, F. Florschütz und J. Menéndez-Amor, 1960). Genaueres über die Nordgrenze von *Abies* während der Rückzugsphase der Gletscher ist jedoch noch nicht bekannt.

3. Vorwärmzeit (*Präboreal*, etwa 8300 bis 6500 v. Chr.)

Im Moor von *Bedrina bei Dalpe ob Faido* ist in 1235 m Meereshöhe der Nachweis gelungen, daß in dieser postglazialen Waldperiode *Abies alba*

schon in die insubrischen Täler eingewandert ist. Eine C14-Datierung von Abies-Holz aus den Torfen, in denen die Pollenkurve der Weißtanne rasch ansteigt und wenig später zur Dominanz gelangt, ergab ± 7600 v. Chr. (vgl. H. Zoller, 1960a). Auch in den von P. Keller (1931) veröffentlichten Diagrammen von Piemont und aus der Lombardei wird der Abies-Pollen in den höhergelegenen Mooren unmittelbar nach der spät- und finiglazialen Kiefernzeit häufig, während er in den alpenferneren Gegenden viel seltener auftritt oder beinahe fehlt und somit die Föhrenvegetation der ausgehenden Eiszeit in den Tieflagen der Po-Ebene von Eichenmischwäldern und Schwarzerlenbeständen abgelöst wurde. Ich habe daraus geschlossen, daß die Weißtanne vom Apennin her, längs der piemontesischen Alpenrandketten, in der Montanstufe, schon im Präboreal die Tessintäler und sogar den Südfuß des Gotthards erreicht hat.

Auch wenn dieser Eroberungszug im einzelnen pollenanalytisch noch näher zu erfassen bleibt, kann doch kein Zweifel bestehen, daß die Weißtanne von Südwesten her die insubrische Schweiz besiedelt hat. Dies bestätigten neuerdings die Untersuchungen von H. Beug (1964), aus denen eindeutig hervorgeht, daß die Weißtanne im Gardaseegebiet sehr viel später und nach der Fichte eingewandert ist, wahrscheinlich erst im Atlantikum, nach 5000 v. Chr., wobei allerdings nicht zu übersehen ist, daß Beug aus Gründen der Sedimentation (Kalkgyttja) keine Möglichkeit hatte, die Abfolge der Waldperioden am Ledrosee mit Hilfe von C14-Bestimmungen zu datieren. Wenn man sich die relativ engen, ökologischen Ansprüche von Abies vor Augen hält, ist man geneigt, die Ursache, daß sich der Vorstoß nach Osten hin, am Alpensüdrand, so sehr verzögert hat, in der Zunahme der Kontinentalität des Klimas in gleicher Richtung zu suchen.

Nur mehr am Rande sei bemerkt, daß am Ostfuß der Alpen ebenfalls Anzeichen für einen frühen Vorstoß von Abies nach Norden vorliegen (vgl. F. Firbas, 1923, H. Gams, 1927). Jedenfalls erreicht sie die Lunzer Seen in Niederösterreich nach Gams schon vor dem borealen *Corylus*-Maximum. Wie weiter unten noch gezeigt wird, bleibt jedoch dieser östliche Wanderweg für die Schweiz praktisch bedeutungslos (vgl. Seiten 690/691).

Die historischen Aspekte der präborealen Einwanderung von *Abies alba* in den insubrischen Tälern können nur richtig erfaßt werden, wenn man sich bewußt ist, daß nach 7600 v. Chr. am nordwestlichen, schweizerischen Alpenrand sich die spät- und finiglaziale Kiefern-Birken-Vegetation noch während nahezu weiterer 1000 Jahre behauptet hat. Daß die anspruchs-vollen Holzarten schon in der Vorwärmezeit im Tessin dominant geworden sind, wird man vor allem durch die klimatische Begünstigung der südlichen Alpentäler zu erklären suchen. Ich habe schon 1960 anhand verschiedener meteorologischer Meßreihen gezeigt, daß diese Vorzüge des Klimas sich in der montan-subalpinen Stufe, über 1000 m, deutlich abschwächen. Ein thermisches Gefälle von weniger als 1 bis 1,5 Grad in den Sommermonaten und annähernd ähnliche Wintertemperaturen vermögen die grundsätzlichen

Verschiedenheiten der präborealen Vegetation im Reußtal und in der Leventina nur unbefriedigend zu erklären, auch wenn klimatische Faktoren daran beteiligt gewesen sind.

Niemand wird bezweifeln, daß die insubrischen Alpentäler hinsichtlich der Glazialrefugien eine wesentlich günstigere Lage einnehmen als die ganze Alpennordseite, so daß besonders für das präboreale Vorkommen der Weißtanne im Tessin sicher auch historische Gesichtspunkte maßgebend waren. Einmal im insubrischen Seengebiet angelangt, fand *Abies alba* kaum ernsthafte Hindernisse, weiter aufwärts in die nach Süden mündenden Täler vorzustoßen und mindestens bis gegen 1300 m Meereshöhe die ältere Kiefern-Birken-Vegetation zu verdrängen. Im Hintergrund dieser Täler stellten sich aber die höheren Alpenketten als unüberschreitbare Schranke entgegen, und die nördlichen Gebiete blieben unbesiedelt, selbst wenn die klimatischen Bedingungen für die Weißtanne schon gegeben waren.

4. Frühe Wärmezeit (*Boreal*, etwa 6500 bis 5500 v. Chr.)

Es ist allgemein bekannt, daß in dieser Periode am Alpennordhang, im Mittelland und im Jura die spät- und finiglazialen Kiefern-Birken-Wälder durch die Hasel und den Eichenmischwald abgelöst wurden. Aus den Pollendiagrammen von P. und M. Villaret-von Rochow (1958), M. Welten (1952), A. Hoffmann-Grobéty (1957) und P. Keller (1928, 1930) ist zu schließen, daß die Hasel-Eichenmischwald-Vegetation gegen Ende dieses Zeitabschnittes in den Waadtländer, Berner, Glarner und St. Galler Alpen sowie im Prättigau schon weit in die heutige hochmontane Stufe hinaufgereicht hat, was nur bei Temperaturen zu verstehen ist, die deutlich höher lagen als heute. Gleichzeitig dominierte in der Leventina in 1000 bis 1500 m andauernd die Weißtanne. Ich habe daraus den Schluß gezogen, daß in erster Linie *Abies alba*, als schattenfeste Art, die Ausbreitung von *Corylus*, *Ulmus*, *Quercus* und *Tilia* in die höheren Berglagen des Tessins aus Gründen der Konkurrenz verhindert hat (vgl. H. Zoller, 1960a, 1960b).

Anderseits geht aus den Untersuchungen im *Val Frisal* mit großer Sicherheit hervor, daß die Weißtanne spätestens gegen Ende der frühen Wärmezeit ins Vorderrheintal eingewandert ist (vgl. die umstehende Tabelle). Eine C14-Datierung von verschiedenen Hölzern, die sich im betreffenden Bohrprofil zwischen 33,95 m und 35 m Tiefe befanden, ergab 5420 v. Chr. ± 150 Jahre. Die entsprechenden Sedimente fallen somit in die Wende vom Boreal zum Atlantikum. Der unterste Horizont der Tabelle ist deutlich älter, wahrscheinlich nicht viel jünger als 6000 v. Chr. Aus den bisher analysierten Pollenspektren über und unter dieser Altersbestimmung ergeben sich teilweise so hohe Prozentsätze von *Abies-Pollen* (Maximum 24%), daß das Vorkommen der Weißtanne während dieser Periode, im Vorderrheintal und speziell im Bündner Oberland, kaum mehr bezweifelt werden kann, um so mehr, als in 37,1 m auch zwei Nadelbruchstücke gefunden wurden.

Leider fehlt unter den ziemlich spärlichen Holzfunden zwischen 31,95 m

Der Pollenniederschlag einiger Bohrproben von der Wende Boreal/Atlantikum im obersten Talbecken des Val Frisal.

Tiefe	38,3 m	37,1 m	35,9 m	35,0 m	34,7 m	35,0—33,95 m	32,3 m	31,7 m	29,5 m
Pinus	34	30	19	36	28,5	C 14	33	29,5	33,5
Abies	19	24	13,5	4,5	1	5420 v. Chr.	14,5	15	6
Picea	7	6	32	2	1	± 150 J.	2	2	1
Larix	1,5	2,5	0,5	Sp.	Sp.		0,5	Sp.	Sp.
Betula	2	3	1	4,5	5,5		6	8	5
Alnus*	4,5	5	9	3,5	4,5		6	6,5	4,5
Quercus	1,5	1	1,5	2,5	2,5		1,5	1	2
Ulmus	4	6	2	6	7,5		5,5	7,5	4
Tilia	1,5	1	0,5	2,5	2,5		1,5	1,5	1,5
Acer	Sp.	Sp.	0	0	Sp.		Sp.	Sp.	Sp.
EMW tot.	7	8	3,5	10	12,5		8,5	10	7,5
Ostrya	Sp.	Sp.	0,5	0,5	0,5		Sp.	1	1
BP tot.	* 75 %	78,5 %	79 %	61 %	53,5 %		70,5 %	72 %	58,5 %
Corylus	8	7	6	17,5	23,5		8,5	10,5	12,5
Alnus vir.	0	0	1,5	0	Sp.		0,5	0,5	Sp.
Salix	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.		0,5	0,5	0
StP tot.	8 %	7 %	7,5 %	17,5 %	23,5 %		9,5 %	11,5 %	12,5 %
NBP tot.	17 %	14,5 %	13,5 %	21,5 %	23 %		20 %	16,5 %	29 %
Pollensumme	658	602	571	634	642		695	586	701

Berechnungssumme = Summe der pro Horizont gezählten Pollensumme (BP + StP + NBP). Analysiert wurden sämtliche Proben bis auf etwa 500 Gehölzpollen. Höhenkote der Oberfläche = 1870 m Stratigraphie: 0—43,3 m karbonatreicher Silt; 43,3 m—58,3 m Grundmoräne; 58,3 m—66,5 m Eozän.

* *Alnus glutinosa* und *incana*

EMW = Eichenmischwald
BP = Baumpollen
StP = Strauchpollen
NBP = Nichtbaumpollen
tot. = total

und 38,65 m Abies. Der größte Teil der Hölzer wurde von F. Schweingruber als *Pinus Cembra* bestimmt, die auch im Pollenniederschlag sehr stark vertreten ist. Eine Probe gehört zu *Salix*, eine weitere in 35,45 m zu *Betula*, deren Anteil am Pollenniederschlag verglichen mit Abies in 35,0 m und 35,9 m sehr gering ist. Jedenfalls schließen diese Befunde keineswegs aus, daß Abies in ziemlicher Nähe der Bohrstelle vorgekommen ist.

So belaufen sich nach F. Firbas, 1949, an der Nordgrenze von Abies, am Fuße der deutschen Mittelgebirge, die nachwärmezeitlichen Werte des Weißtannenpollens im Mittel nur auf etwa 10% und sinken schon in einer Entfernung von 10 km außerhalb des rezenten Areals auf etwa 2,5% ab. Auch wenn man die Pollenverwehung in jenen Gebieten nicht ohne weiteres auf die alpinen Verhältnisse übertragen darf, so ist es doch äußerst unwahrscheinlich, daß die Subdominanz von Abies in den betreffenden Blütenstaubspektren vom Val Frisal auf Ferntransport aus den südlichen Alpentälern beruht (vgl. besonders 38,3 m; 37,1 m; 32,3 m; 31,7 m).

Aus der nebenstehenden Übersicht geht ferner hervor, daß die Weißtanne vor dem *Corylus*-Maximum in 34,7 m Tiefe häufiger geworden ist und zwischen dem Haselgipfel und dem Resultat der C14-Datierung eine gute, zeitliche Übereinstimmung besteht. Damit ist aber auch die Möglichkeit ausgeschlossen, daß die Weißtanne das Vorderrheintal vom nordwestlichen Alpenrand her erreicht hat, wo sie um diese Zeit höchstens sporadisch aufgetreten ist (vgl. Seite 689).

Es stellt sich deshalb die Frage, über welche Paßfurchen Abies von den insubrischen Tälern nach dem westlichen Graubünden gelangt ist. Bei der Diskussion dieses Problems fallen die folgenden Einschnitte in Betracht: Malojapapäss (1809 m); Julierpäss (2284 m); Septimerpäss (2310 m); Splügenpäss (2113 m); Bernhardinpäss (2065 m); Lukmanierpäss (1916 m); Gotthardpäss (2108 m); Oberalppäss (2044 m). Für das Oberengadin, wo Abies heute fehlt, nimmt P. Keller (1930) eine wärmezeitliche Einwanderung dem Inn entlang talaufwärts an, doch könnten die zusammenhängenden Kurven während seiner Fichtenperiode auch auf Fernflug aus den Abies-Vorkommen in den südlichen Tälern (Bergell, Puschlav) beruhen, da sie 10% der Baumpollen nur in wenigen Horizonten erreichen. Pollenanalytische Untersuchungen im Gebiete des Septimer- und Splügenpasses fehlen bis heute noch vollständig. Dagegen hat P. Keller (1930) die Moore auf der Südseite des Bernhardinpasses bearbeitet, bezweifelt jedoch ausdrücklich, daß die Weißtanne vom Misox in das Hinterrheintal gelangt sei. Dessenungeachtet führt K. Bertsch (1953) als Stütze seines Alpen-Allgäu-Wanderweges der Weißtanne gerade Kellers Diagramm von Savossa bei San Bernardino an, in welchem Abies erst deutlich nach der Fichte auftritt. Es ist deshalb verständlich, daß die Vorstellung von Bertsch, Abies habe schon in der frühen Wärmezeit die Alpen überquert, bisher als sehr hypothetisch erscheinen mußte, auch wenn sie heute durch die Ergebnisse im Val Frisal pollenanalytisch bestätigt worden ist.

Obwohl Blütenstaub der Weißtanne reichlich auftritt, gibt das von W. Lüdi (1954) veröffentlichte Diagramm vom Oberalppaß noch keine sichere Auskunft darüber, ob Abies auch von der Leventina her via Gotthard- und Oberalppaß ins Vorderrheintal eingedrungen ist, da die analysierten Torfe erst mit dem *Corylus*-Gipfel beginnen und somit die untersten, Abies-Pollen enthaltenden Horizonte im Val Frisal sehr wahrscheinlich älter sind. Immerhin steht fest, daß die Tanne auch dort im Pollenniederschlag relativ stark vertreten ist.

Aus dem frühen Erscheinen der Weißtanne im Bündner Oberland möchte der Verfasser schließen, daß für einen borealen Vorstoß von den Süd-alpen in das Einzugsgebiet des Rheins vor allem der *Lukmanierpaß* in Frage kommt, der als relativ niedriger Übergang vom insubrischen Val Blenio direkt nach Disentis im Vorderrheintal führt. Die zahlreichen Moore, besonders südlich des Passes, bieten günstige Gelegenheit, diese Frage endgültig abzuklären.

Auch wenn alle diese Einzelheiten noch nicht völlig feststehen, so erscheint durch die Befunde aus dem Val Frisal die Tatsache gesichert, daß Abies im Boreal von Süden her die Alpen überschritten hat und vor der Wende zum Atlantikum in das bündnerische Rheintal vorgedrungen ist. Daß die frühe Ausbreitung von Abies im Allgäu mit diesem Phänomen zusammenhängen könnte, liegt auf der Hand, muß aber in den Moor- und Seeablagerungen von Obersaxen, Flims, Lantsch und vor allem im unteren Prättigau und in den St. Galler Alpen noch mit C14-Datierungen besser belegt werden.

5. Älterer Teil der mittleren Wärmezeit (älteres Atlantikum, etwa 5500 bis 4000 v. Chr.)

Im älteren Atlantikum erreichte die Höhenverbreitung des Eichenmischwaldes in der ganzen nördlichen Schweiz ihr Maximum, während in den Südtälern Abies weiterhin in der montan-subalpinen Stufe den Anstieg der Edellaubhölzer als schattenspendende Art gehemmt hat (vgl. H. Zoller, 1960b). Belege dafür konnten außer auf der Bedrina bei Dalpe und bei Gribbio in der Leventina auch auf *Pian di Signano ob Grono* (1540 m) gefunden werden, wo eine C14-Datierung von Abies-Holz ein Alter von ± 4890 v. Chr. ergab (vgl. H. Zoller, 1958, 1960a).

Auffallend sind in jenem Profil die eigentümlichen Alternanzen zwischen dominierenden Abies- und Pinus-Pollen (vgl. H. Zoller, 1958, 1960a). Ich habe diese Kieferndominanzen als kurzfristige Klimaosillationen gedeutet, die als vorübergehende Kälterückschläge die günstige Phase zeitweise unterbrochen haben, und 1960 vorläufig als «Misoxerschwankungen» bezeichnet. Es sei schon an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß entsprechende Alternanzen sich auch in den Proben von Frisal abzeichnen (vgl. Tabelle Seite 686). Ein erster deutlicher Abies-Gipfel findet sich in 38,3 m und 37,1 m. In

35,9 m ist *Abies* reichlich; ihr Rückgang dürfte in dieser Profillage durch einen ersten *Picea*-Vorstoß bedingt sein, der zugleich beweist, daß die Fichte von Osten her gegen Ende des Boreals schon bis ins Rheingebiet vorgerückt ist. In 35,0 m sinken die Werte der beiden Tannen stark ab, in 34,7 m finden sich nur noch Spuren von *Abies* und *Picea*. Später aber folgt ein neuer, kräftiger Anstieg von *Abies* zur Subdominanz mit 14,5% in 32,3 m und 15% in 31,7 m, während die Werte weiter oben in 29,5 m nur mehr 6% betragen. Es wäre allerdings verfrüht, auf Grund der wenigen Proben, die bisher auf statistisch auswertbare Pollensummen ausgezählt worden sind, diese Erscheinung schon jetzt mit den «Misoxerschwankungen» zu parallelisieren.

6. Jüngerer Teil der mittleren Wärmezeit (jüngeres Atlantikum, etwa 4000 bis 2500 v. Chr.)

Schon im älteren Atlantikum beginnen in den Nordalpen, wenn auch meistens mit sehr geringen Werten, die zusammenhängenden Pollenkurven von *Abies*. Nach M. Welten (1958) gelangt die Art in den Berner Alpen jedoch erst um 4000 v. Chr. zur Dominanz. Leider fehlen bis heute noch absolute Angaben über die Zeit, in welcher sich *Abies* in den französischen Alpen ausgebreitet hat. Nach J. Becker (1952) wissen wir nur, daß sie auch dort erst nach einer längeren Hasel-Eichenmischwald-Zeit, jedenfalls nicht früher als im Atlantikum, häufiger geworden ist. Weshalb der Vorstoß längs des westlichen Alpenrandes soviel später erfolgt ist als auf der piemontesischen Seite, läßt sich beim jetzigen Stand der Kenntnisse kaum endgültig beantworten. Der Hinweis auf einige, allerdings noch vorwiegend hypothetische Gesichtspunkte muß deshalb zur Erklärung dieser Tatsache genügen.

Entgegen der Annahmen von K. Bertsch (1935, 1940), nach denen der Westteil des rezenten Tannenareals vom iberischen Refugium aus besiedelt worden ist, mehren sich die Ergebnisse, die dafür sprechen, daß sich *Abies alba* im westlichen Teil des Alpenbogens allein von der Apenninen-Halbinsel her ausgebreitet hat. Es wurde schon im Abschnitt über das Spätglazial erwähnt, daß am Nordfuß der Pyrenäen bei Lourdes in nur 420 m Meereshöhe die Tanne fehlte und auch im Präboreal nicht aufgetreten ist (vgl. Seite 683). Freilich darf man die Ergebnisse dieser vereinzelten Untersuchung noch nicht verallgemeinern. Mit Recht haben dagegen G. Lang und W. Trautmann (1960) aus dem späten Auftreten der Weißtanne im französischen Zentralmassiv (vgl. auch Seite 691) geschlossen, daß es den Anschein hat, daß sie sich von den Alpen her im Verlauf der mittleren Wärmezeit in die westlichen und nordwestlichen Rändgebiete ihres heutigen Vorkommens ausgebreitet hat. Es ist nicht zu bestreiten, daß unter der Vorstellung, die Refugien auf der iberischen Halbinsel hätten bei der Rückwanderung der Tanne keine Rolle gespielt, leichter verständlich wird, daß sie in Piemont viel rascher nach Norden vorgedrungen ist als auf der französischen Seite der Alpen.

Nur wenig später, etwa um 3500 v. Chr., breitet sich die Tanne, wahrscheinlich von den Westalpen her, nach S. Wegmüller im südwestlichen Jura aus, und ebenfalls im jüngeren Atlantikum, schon kurz nach 4000 v. Chr., stößt sie in der Nebelstufe am Südhang der Berner Alpen, rhonetal-aufwärts, ins Wallis vor, wie M. Welten (1958) nachgewiesen hat, weit über ihr heutiges Areal hinaus, bis ins Aletschgebiet oberhalb Brig, wo sie sich heute in den Pollenspektren kaum mehr feststellen läßt.

Aus den Diagrammen von A. Hoffmann-Grobéty (1957) geht hervor, daß die Tanne ostwärts bis ins Linthtal noch vor der Fichte erschienen ist, dagegen am Walensee und in den Flumserbergen erst ungefähr gleichzeitig oder etwas später. In diesem Zusammenhang erscheint es besonders wünschenswert, eindeutig abzuklären, ob der boreale Vorstoß von *Abies* ins Vorderrheintal noch vor der Einwanderung der Fichte nordwärts bis gegen den Bodensee oder ins Allgäu gereicht hat. Nach den Untersuchungen von A. Hoffmann befinden sich die Glarner und St. Galler Alpen in der Übergangszone zwischen einer charakteristischen westalpinen und ostalpinen Waldfolge. Im Osten tritt *Picea* sehr früh auf und gelangt spätestens in der Eichenmischwaldperiode zur Dominanz oder doch zu beträchtlicher Bedeutung (spätglaziale bis wärmezeitliche Baumfolge überwiegend: *Pinus* — *Corylus* — EMW — *Picea*). Im Westen dagegen löst *Abies* die Edellaubwälder ab (spätglaziale bis wärmezeitliche Baumfolge meist: *Pinus* — *Corylus* — EMW — *Abies*).

Auf die waldbaulichen Aspekte dieser Verschiedenheiten östlich und westlich einer Linie, die in großen Zügen von den St. Galler Alpen südwärts in das Vorderrheingebiet und nach dem östlichen Tessin zu ziehen ist (vgl. W. Lüdi, 1955, H. Zoller, 1960a), hat vor kurzem H. Mayer (1962) hingewiesen. Westlich dieser Grenze konnte sich *Abies* in den mittleren Gebirgshöhen rasch gegen die lichtliebenden Gehölze durchsetzen, in den insubrischen Tälern im Präboreal gegen Föhren und Birken, in den Nordalpen im Atlantikum gegen den Eichenmischwald. Östlich des Rheingebietes hingegen stand sie von Anfang an in strengem Wettbewerb mit der Halbschattenart *Picea Abies*.

Soviel wir aus den bisherigen Pollendiagrammen herauszulesen vermögen, erfolgte wahrscheinlich die Ausbreitung von *Abies* in den Westalpen beinahe explosionsartig, da sie mit Leichtigkeit in den konkurrenzschwächeren Edellaubwäldern eindringen konnte. Am nordöstlichen Alpenrand hat sich ihr Vorstoß in westlicher Richtung erheblich verzögert. Es wurde schon auf Seite 684 erwähnt, daß die Tanne am Lunzersee in Niederösterreich noch vor dem *Corylus*-Gipfel ankam (spätestens im frühen Boreal) und sich dort wahrscheinlich im älteren Atlantikum zwischen 5500 und 4000 v. Chr. etwas stärker verbreitet hat (vgl. H. Gams, 1927). Weiter westlich, in den Chiemgauer Alpen, findet sich *Abies* erst reichlicher im jüngeren Atlantikum und erreicht ihr Maximum im Subboreal, nach 3000

v. Chr., erlangt jedoch nie die Bedeutung, welche sie im jüngeren Atlantikum in den Berner Alpen besessen hat (vgl. H. Mayer, 1961, 1962).

Die Verschiedenheiten dürften auf klimatische Ursachen zurückgehen, vielleicht auf die größere Kontinentalität im Osten, die ein anderes Gleichgewicht in den Konkurrenzverhältnissen zwischen Weiß- und Rottanne bedingt hat und auch das Ausbreitungsvermögen der beiden Arten wesentlich beeinflußte. Es ist offensichtlich, daß sich die Fichte von ihren östlichen, glazialen Rückzugsgebieten in Mittelrußland, im pannonischen Gebiet oder in den illyrischen Gebirgen relativ rasch gegen die westlich anschließenden Räume ausgebreitet hat. Anderseits geht aus den reichlichen Funden von Zapfen und Hölzern in dem berühmten Torflager bei Pisa hervor, daß die Rottanne sicher auch auf der Apenninen-Halbinsel die letzte Glazialzeit überdauert hat (vgl. M. Marchetti und E. Tongiorgi, 1936). Erstaunlich ist nur, daß bisher nicht die geringsten Anhaltspunkte vorliegen, daß die Fichte von hier aus nach den westlichen Alpen gelangt ist, wo überall *Abies* zuerst auftrat, im Tessin ungefähr 4000 Jahre vor der Rottanne (vgl. Seiten 683/684). Dagegen wurde im Osten spätestens seit der frühen Wärmezeit das Ausbreitungsvermögen der Weißtanne entscheidend von der rasch vorrückenden Fichte gehemmt. Keinesfalls darf man demnach diese Verschiedenheiten aus der abweichenden Lage der Glazialrefugien ableiten.

Auch wenn es beinahe ausgeschlossen erscheint, nachträglich diese Differenzen ursächlich zu erklären, so bleibt die Tatsache bestehen, daß zu beiden Seiten der Schweizer Alpen die Weißtanne in der montan-subalpinen Stufe zwischen 4000 und 3000 v. Chr. eine unumschränkte Vormachtstellung entfaltet hat. Nach unten scheint ihr Areal an die Eichenmischwälder begrenzt zu haben, die sie in den Tieflagen nicht zu verdrängen vermochte, nach oben sehr oft an Arvenwälder, die heute auf die Zentralalpen beschränkt sind, so daß dieser eigentümliche Kontakt längst zerstört worden ist (vgl. M. Welten, 1958, H. Zoller, 1960a).

Gegen Ende dieser Periode rückt von Osten her die Fichte in breiter Front weiter westwärts vor, so daß die Tanne vor allem in den höheren Lagen sukzessive zurückgedrängt wird. So gelangt *Picea* im Nordtessin und unteren Misox schon kurz nach 3500 v. Chr. zur Dominanz, im Berner Oberland nach M. Welten (1958) etwas später, um 3000 v. Chr. S. Wegmüller hat sie um diese Zeit auch schon im südwestlichen Schweizer Jura nachgewiesen.

Anderseits hat sich die Tanne im ausgehenden jüngeren Atlantikum weit nach Norden und Westen ausgebreitet. Zwischen 3000 und 2500 v. Chr. überflügelt sie nach G. Lang (1955) im Schwarzwald den Eichenmischwald, wohin sie wahrscheinlich aus dem Schweizer Jura gelangt ist. Ungefähr gleichzeitig schnellen ihre Pollenkurven in den von G. Lang und W. Trautmann (1960) veröffentlichten Diagrammen aus der Auvergne empor. Da der Blütenstaub der Weißtanne in den weiter südwestlich gelegenen Monts d'Aubrac ebenfalls spät und zudem nur mit sehr geringen

Werten auftritt, darf man wohl mit großer Wahrscheinlichkeit folgern, daß *Abies* von den Westalpen her über die Rhonefurche ins französische Zentralmassiv eingewandert ist. Nach F. Firbas (1949) hat die Massenausbreitung von *Abies* in den Vogesen wahrscheinlich ebenfalls gegen Ende der mittleren Wärmezeit, wenn nicht erst in der späten Wärmezeit (Subboreal) begonnen.

Das Vordringen von *Abies* in den Schwarzwald, in die Vogesen und die zentralfranzösischen Mittelgebirge setzt gegen Ende des Atlantikums ein nicht zu warmes, aber ozeanisches, feuchtes Klima voraus, denn man muß sich dabei vergegenwärtigen, daß besonders im Falle der Rhone-Saône-Niederungen, welche die Alpen und den Jura von den westlich anschließenden varistischen Massiven trennen, ein weites Gebiet zu überqueren war, in dem die Weißtanne heute vermutlich aus Gründen zu hoher Sommerwärme und Sommertrockenheit fehlt.

Im schweizerischen Mittelland läßt sich recht gut nachweisen, daß *Abies* in dieser Periode auch in den tieferen Teilen reichlicher auftritt, zum Beispiel Burgäschisee (M. Welten, 1947, 1955), Wauwilermoos (H. Härry, 1940) und Weiher bei Thayngen (W. Lüdi, 1951). Die zuletzt genannten Untersuchungen stammen sogar aus einem Gebiet, das unbestritten innerhalb des rezenten Klimaxbereiches der Eichen-Hagebuchen-Wälder liegt. Dabei ist nicht zu übersehen, daß im ausgehenden Atlantikum die Konkurrenzverhältnisse für *Abies* in den niedrigen Gegenden durch das Auftreten der Buche, spätestens von 3000 v. Chr. an, wesentlich verschärft wurden.

7. Späte Wärmezeit (Subboreal, etwa 2500 bis 800 v. Chr.)

Nachdem sich Fichte und Buche im ausgehenden Atlantikum in der Schweiz stärker ausgebreitet haben, erscheint das Areal der Tanne durch den Wettbewerb mit diesen beiden Bäumen im Vergleich zum Höchststand zwischen 4000 und 3000 v. Chr. besonders in den Alpen beträchtlich eingeschränkt. Zwar vermag sich *Abies alba* in den insubrischen Tälern, namentlich im unteren Misox, auffallend gut gegen die Fichte zu behaupten (vgl. H. Zoller, 1958, 1960a). Auch im Nordtessin findet sie sich in mittleren Lagen von 1000 bis 1500 m stets in Subdominanz.

Nach H. Beug (1964) breitete sich die Rotbuche am Ledrosee, kurz bevor die bronzezeitlichen Pfahlbauten errichtet worden sind, frühestens 2000 v. Chr., stärker aus. Wann *Fagus silvatica* in die insubrischen Täler eingewandert ist, wissen wir noch nicht genau. Es ist jedoch damit zu rechnen, daß *Abies* im jüngeren Subboreal selbst auf den silikatischen, nadelbaumfördernden Unterlagen von der Rotbuche scharf konkurreniert worden ist. Darauf weisen zum Beispiel meine noch unpublizierten Analysen aus dem Moor von La Segna zwischen dem Valle Onsernone und dem Centovalli hin, wo schon vor der römischen Edelkastanienkultur die Tanne in etwa 1170 m Meereshöhe deutlich gegenüber der Rotbuche zurückgeht, dagegen die Fichte nur spärlich auftritt.

Über das Verhalten der Tanne während der späten Wärmezeit in den bündnerischen Tälern läßt sich aus den Diagrammen von P. Keller (1930) nicht allzuviel aussagen. Nach M. Welten (1958) scheint sie dagegen auf der Südabdachung der Berner Alpen im Rückgang begriffen.

Besser unterrichtet sind wir über ihre subboreale Verbreitung in der nördlichen Schweiz. Während der späten Wärmezeit wird die obere Höhengrenze der Tanne nach M. Welten (1952, 1958) beträchtlich herabgedrückt, wobei allmählich die mächtige, rezente, subalpine Fichtenwaldstufe in den Nordalpen entstanden ist. Ob diese bedeutenden Umwälzungen auf klimatischen Ursachen beruhen, ist schwer zu entscheiden. Wenn man mit M. Welten (1958) und H. Zoller (1960a) annimmt, daß die Waldgrenze im Subboreal in den Alpen ihren Höchststand erreicht hat, wofür nach den bisherigen Ergebnissen manche Anhaltspunkte bestehen, liegt es nahe, die Einschränkung des Weißtannenareals nach unten auf den Wettbewerb mit der Fichte zurückzuführen, in welchem *Abies* infolge der engeren ökologischen Amplitude in bezug auf die Bodenverhältnisse mit der Zeit unterliegen mußte.

Interessant ist in dieser Hinsicht ein Vergleich mit der montan-subalpinen Stufe der insubrischen Täler. Seit dem Boreal vermochte sich dort die Tanne in Waldgrenznähe zu halten. In den trockeneren Teilen des Nordtessins wurde sie, wie diesseits der Alpen, zwar von der Fichte im jüngeren Atlantikum und Subboreal mehr und mehr in die mittleren Berglagen zurückgedrängt. Im sehr ozeanischen Südtessin vermochte sich dagegen die kontinentale Fichte bis heute nur in viel geringerem Maße durchzusetzen (vgl. H. Zoller, 1960a). Deshalb ist dort auch der frühlwärmzeitliche Kontakt der Weißtanne zur Vegetation der oberen subalpinen Stufe im Alpenrosen-Weißtannenwald mit Lärche (*Rhododendro-Abietetum*) bis in die Jetztzeit erhalten geblieben, während dieser Kontakt auf der Alpennordseite durch die Fichte während des Subboreals sozusagen völlig zerstört worden ist. Reste dieser eigentümlichen Mischwälder finden sich an der Alpen-Nordabdachung zum Beispiel noch bei Champex (vgl. R. Kuoch, 1954). Wenn Kuoch bemerkt, daß nur in dieser Assoziation *Abies alba* als Pionierbaum auftritt, so wird damit die eben erwähnte Vorstellung bekräftigt, denn überall, wo die Fichte die älteren *Abies*-Wälder zu unterwandern vermochte, hat sie die Rolle, initiale Böden zu besiedeln, rasch übernommen, was sich ohne Zweifel unter den instabilen Verhältnissen im Gebirge, neben andern Faktoren, in einschneidender Weise auf die Tanne ausgewirkt hat.

Auch wenn es heute nach den Untersuchungen von S. Wegmüller sicher ist, daß im Jura die Fichte schon im Subboreal vorhanden war, so vermochte sie die Tanne infolge der vorherrschenden Humuskarbonatböden und Rendzinen nur an lokal begrenzten Stellen mit Erfolg zu verdrängen (Blockschutt, Torfböden usw.). Immerhin scheinen die pollanalytischen Untersuchungen anzudeuten, daß der Fichte vielleicht doch eine größere

Rolle im natürlichen Aufbau der Wälder des Juras zukommt, als das in den jüngeren pflanzensoziologischen Arbeiten angenommen wurde.

In der unteren Montanstufe hatte sich die Tanne seit dem ausgehenden Atlantikum mit der Rotbuche auseinanderzusetzen. So finden sich in manchen Diagrammen andauernde Alternanzen zwischen den beiden Arten, so besonders im Faulenseemoos bei Spiez, aber auch am Burgäschisee (vgl. M. Welten, 1944, 1947), die im einzelnen schwer zu deuten sind. Die pollenanalytischen Ergebnisse scheinen jedoch zu belegen, daß schon im Subboreal das Verhältnis der beiden Arten im Fagion-Verband stark von der Verteilung der laubbaumfördernden und nadelbaumfördernden Unterlagen abhängig war. In den kalkarmen Flysch- und Molassegebieten bleibt in den mittleren Berglagen der Anteil von Abies am Pollenniederschlag stets besonders hoch (zum Beispiel nach P. Müller, 1949, im Eigental, westlich Luzern, nach W. Lüdi, 1939, und W. Höhn, 1958, im Sihltal). Daß Abies schon im Verlaufe des Subboreals selbst im tieferen Mittelland gebietsweise in den nadelbaumfördernden Rißmoränegebieten eine bedeutende Rolle gespielt hat, zeigen die Untersuchungen über die Genese des Querco-Abietetum im Raume von Zofingen (vgl. H. Zoller, 1962).

Am Ende der Wärmezeit scheint somit das große Tannenmaximum des jüngeren Atlantikums schon auf die obere Montanstufe eingedämmt, wo Abies noch heute ihre maximale Konkurrenz- und Verjüngungskraft entfaltet.

8. Nachwärmezeit (*Subatlantikum, etwa 800 v. Chr. bis heute*)

Es gibt kaum gesicherte Beweise, daß sich das Tannenareal aus klimatischen Gründen seit dem Subboreal noch wesentlich verschoben hat. Einzig in den Entlebucher Alpen setzte nach 800 v. Chr. eine starke Vermoorung ein, die weite Gebiete erfaßt hat und wohl mit der zunehmenden Humidität und der Abnahme der Temperatur in dieser Zeit zusammenhängt (vgl. W. Lüdi, 1962). In der Folge entstanden Deckenmoore, in denen die Bergföhre zur Dominanz gelangte, so daß die Pollenkurven von Abies sofort absinken, deutlicher als die Anteile von *Picea*, die sich besonders in den Moorwäldern (*Sphagno-Piceetum*) wesentlich besser zu halten vermochte.

Der empfindliche Rückgang der Weißtanne, besonders in der zweiten Hälfte des Subatlantikums, beruht dagegen überall in erster Linie auf wirtschaftlichen Einflüssen, wobei gegenüber der Tanne seit langem die Fichte, gebietsweise auch die Waldföhre begünstigt wurde, während die Buche allgemein vernachlässigt blieb oder zurückgedrängt worden ist. Es bestehen bisher nur wenige Punkte, an denen die Zeitspanne dieser kulturbedingten Einbuße des Tannenareals genauer bestimmt werden kann. So fällt die bedeutende Abnahme von Tanne und Buche im Simmental wahrscheinlich in die hochmittelalterliche Rodungsperiode. Allerdings glaubt M. Welten (1952), daß dieser Rückgang von Tanne und Buche auch klimatisch mitbedingt war.

Eine kurze, letzte Tannendominanz kann auf der *Bedrina bei Dalpe* in der *Leventina* anhand einer C14-Datierung recht genau mit 700 bis 800 n. Chr. angegeben werden (vgl. H. Zoller, 1960a). Später bleiben die Tannenwerte außerordentlich niedrig und verharren stets unter 2%. Besonders schön läßt sich der mittelalterliche Tannenabfall auf *Pian die Signano im unteren Misox* verfolgen. Dort ist die Tanne im älteren Teil der Nachwärmezeit mit Prozentwerten von 20 bis 25% noch während einer längeren Periode dominant. Im gleichen Horizont, der nach einer weiteren C14-Datierung ins Hochmittelalter fällt (± 1070 n. Chr.), geht die Tanne schlagartig zurück. Gleichzeitig steigen die Pollenkurven sämtlicher Kulturzeiger steil empor, und die Fichte übernimmt die erste Stelle, die sie bis in die rezente Zeit unumstritten beibehält. Mindestens hier ist der Verlust der Tanne mit großer Sicherheit schon während der hochmittelalterlichen Rodungsperiode eingetreten und steht eindeutig im Zusammenhang mit einer waldbaulichen Förderung der Fichte. Wie wenig die Weißtanne zum Beispiel im Vorderrheintal geschätzt war, ist bei P. K. Hager (1916) nachzulesen. Wenn R. Kuoch (1954) für die Flyschgebiete der nördlichen Voralpen zum Schluß kommt, der Schachtelhalm-Tannenwald bilde dort die bedeutendste Klimaxgesellschaft der oberen Montanstufe, obwohl heute die Weißtanne im Vergleich zur Fichte im Landschaftsbild sehr zurücktritt, so stimmt dies vollkommen mit den pollanalytischen Befunden aus jenen Gegenden überein, wo *Picea*-Pollen in den jüngsten Torfen der meisten Moore nach einer längeren *Abies*-Phase überwiegt (vgl. W. Lüdi, 1939, W. Höhn, 1958).

Durch Waldweide, Raubwirtschaft, grobe Schlagführung usw. wurde die Fichte in größtem Maßstabe begünstigt und Weißtanne und Buche seit dem Hochmittelalter systematisch zurückgedrängt oder ausgemerzt. Damit ist nicht gesagt, daß keine natürlichen Faktoren die kulturbedingte Fichtenausbreitung erleichtert haben. Zunehmende Humidität und geringere Wärme haben in der Nachwärmezeit den Auslaugungsprozeß in den Böden gesteigert, so daß in der Folge viele Wuchsarten von *Abies* mehr und mehr vernäßten oder versauerten und sich mancherorts mächtige Mörhumusdecken bildeten, was alles zusammen die Fichte gegenüber der Weißtanne auch ohne Zutun des Menschen gefördert hat. Es ist jedoch nicht zu vergessen, daß in vielen Gegenden diese Vorgänge schon im ausgehenden Atlantikum und Subboreal eingesetzt haben, so zum Beispiel in den insubrischen Tälern, wo farnreiche Hochstauden-Tannenwälder schon gegen Ende der mittleren Wärmezeit von Heidelbeer-Fichtenwäldern abgelöst wurden (vgl. H. Zoller, 1960a, 1960b, 1961).

So sehr die Fichte in unserem Gebiete durch den Menschen gefördert worden ist, erreicht *Abies alba* in den Schweizer Alpen noch heute einen größeren Anteil am Bestandesaufbau der Tannen-Buchen-Wälder als in den Ostalpen, worauf vor kurzem H. Mayer (1961, 1962) hingewiesen hat. Offenbar scheinen die grundlegenden Unterschiede der Tannenausbreitung in den Ost- und Westalpen, die besonders im jüngeren Atlantikum, zwischen

4000 und 3000 v. Chr., am auffälligsten waren, noch bis in die Jetztzeit nachzuwirken.

Die Einwanderungsgeschichte von *Abies* führt fast zwangsläufig zur Annahme, daß sich im Osten und im Westen des Areals ökologisch differente Rassen herausgebildet haben, deren Ansprüche nicht gleichwertig sind und die sich möglicherweise im Wettbewerb mit der Fichte verschieden verhalten. Aus dem subarktischen Charakter des Spätglazials im nördlichen Jugoslawien, am Südrand der Alpen, in der Po-Ebene und im französischen Vorland der Pyrenäen geht deutlich hervor, daß die glazialen Refugien von *Abies alba* während langer Zeiträume völlig isoliert waren. Selbst die postglaziale Rückbildung des Areals erfolgte auf verschiedenen Wegen, wobei es scheint, daß in den Alpen die westlichen und östlichen Tannenpopulationen wahrscheinlich bis gegen die späte Wärmezeit voneinander getrennt waren. Inwiefern neben klimatischen und edaphischen Ursachen und neben den Konkurrenzverhältnissen diese genetischen Unterschiede am abweichen den Bestandesaufbau vergleichbarer Tannen-Buchen-Wälder in den Ost- und Westalpen verantwortlich sind, können nur eingehende Provenienzversuche mit beiden Arten (*Abies* und *Picea*) besser abklären, wobei auch die Aspekte der wechselvollen, jungquartären Ausbreitungsgeschichte zu berücksichtigen sind.

Zusammenfassung

Von den glazialen Refugien der Apenninen-Halbinsel aus gelangte die Tanne, wahrscheinlich den piemontesischen Alpenrandketten entlang, schon 7500 v. Chr., im Präboreal in die Tessintäler.

Ein zweiter, selbständiger Vorstoß aus balkanischen Rückzugsgebieten, deren Lage noch nicht bekannt ist, brachte die Tanne ebenfalls schon vor dem borealen *Corylus*-Gipfel bis nach Niederösterreich.

Nach 6000 v. Chr. überschritt die Tanne aus dem insubrischen Gebiet die Alpen und erreichte das Vorderrheintal kurz vor der Wende vom Boreal zum Atlantikum.

Vermutlich erfolgte die Einwanderung von *Abies* in die französischen Westalpen ebenfalls von den apenninischen Refugialzentren aus, jedoch sicher viel später als am piemontesischen Alpenrand. Die Ausbreitungswelle erreichte von Südwesten her die Berner Alpen erst 4000 v. Chr., den südwestlichen Jura 3500 v. Chr., Schwarzwald und Auvergne zwischen 3000 und 2500 v. Chr., die Vogesen wahrscheinlich etwas später.

In den Ostalpen wurde die Weißtanne von der Fichte schon spätestens seit der frühen Wärmezeit gehemmt. In der Schweiz erlebte sie dagegen im jüngeren Atlantikum einen charakteristischen Höhepunkt zu beiden Seiten der Alpen.

Der mächtige *Abies*-Gürtel des jüngeren Atlantikums wurde gegen Ende der mittleren Wärmezeit besonders in der subalpinen Stufe mehr und mehr

beeinträchtigt, in den insubrischen Täler seit etwa 3500 v. Chr., im Berner Oberland seit 3000 v. Chr. Ungefähr gleichzeitig erwuchs der Tanne in den tieferen Lagen in der Buche ein scharfer Konkurrent.

In der späten Wärmezeit schränkte die Fichte das Tannenareal weiter ein. Als dominierender Bestandesbildner vermochte *Abies* zuletzt nur in der oberen Montanstufe sich zu halten, besonders in der Umgebung der oberitalienischen Seen und in den Flysch- und Molassegebieten am Nordrand der Alpen, auf nadelbaumfördernder Unterlage, wo die Buche schon immer zurücktrat.

Einen erneuten Rückgang erlitt *Abies* in der Nachwärmezeit, besonders von der mittelalterlichen Rodungsperiode an, seit welcher die Fichte bis in die Jetzzeit durch waldbauliche Eingriffe in gewaltigem Ausmaß gefördert worden ist.

Résumé

L'histoire de l'expansion postglaciaire du sapin blanc (*Abies alba* Mill.) en Suisse

A partir de refuges situés à l'époque glaciaire dans les Apennins, le sapin blanc atteignit vers l'an 7500 av. J.-C. déjà, à l'époque préboréale, les vallées du Tessin en remontant probablement le long de la dernière chaîne alpine en bordure du Piémont.

Une deuxième poussée indépendante introduisit le sapin également en Basse-Autriche avant la culmination de l'époque boréale du noisetier, en provenance de réduits balkaniques dont la situation n'est actuellement pas encore connue.

Vers l'an 6000 av. J.-C., le sapin des régions insubriennes passa les Alpes et atteignit la vallée du Rhin antérieur peu avant la transition de l'époque boréale à l'époque atlantique.

Il est probable que la colonisation des Alpes occidentales françaises par le sapin se fit aussi à partir des refuges des Apennins, cependant certainement bien plus tard que la colonisation de la bordure piémontaise des Alpes. A partir du sud-ouest, la vague d'expansion atteignit les Alpes bernoises seulement vers l'an 4000 av. J.-C., le sud-ouest du Jura vers l'an 3500 av. J.-C., la Forêt-Noire et l'Auvergne vers l'an 3000 à 2500 av. J.-C., les Vosges probablement un peu plus tard.

Dans les Alpes orientales, le sapin blanc fut gêné par l'épicéa depuis, au plus tard, la première période de climat chaud. En Suisse en revanche, le sapin atteignit un apogée caractéristique sur les deux versants des Alpes au début de l'époque atlantique.

La puissante zone de sapin de la première période de l'époque atlantique fut de plus en plus réduite, en particulier à l'étage subalpin, vers la fin de la période moyenne de climat chaud, dans les vallées insubriennes environ depuis l'an 3500 av. J.-C., dans l'Oberland bernois depuis l'an 3000 av. J.-C. C'est à peu près à cette époque que, dans les régions inférieures, le hêtre se manifesta comme un concurrent sérieux du sapin.

Au cours de la dernière période de climat chaud, l'épicéa réduisit encore la zone d'expansion du sapin. Finalement, le sapin blanc ne réussit plus à se maintenir comme élément dominant du peuplement forestier qu'à l'étage montagnard,

en particulier dans les environs des lacs de la Haute-Italie et dans les régions de flysch et de molasse sur le versant nord des Alpes, sur des sous-sols favorisant les essences résineuses et où le hêtre s'efface depuis toujours.

La zone d'expansion du sapin blanc subit une nouvelle diminution au cours des temps historiques, en particulier à partir des périodes de défrichement du Moyen Age, et du fait que, dès cette époque et jusqu'à nos jours, l'épicéa fut puissamment favorisé par des interventions sylvicoles.

Traduction Farron

Literatur

Becker J. (1952): Etude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes françaises. Mém. du service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine, Strasbourg.

Bertsch K. (1935): Der deutsche Wald im Wandel der Zeiten, Tübingen.

(1940), (1953): Geschichte des deutschen Waldes, 1. u. 3. Aufl. Jena.

Beug H. (1964): Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Gardaseegebiet unter besonderer Berücksichtigung der mediterranen Arten. *Flora*, 154.

De Vries H., Florschütz F. und Menéndez Ámor J. (1960): Un diagramme pollinique simplifié d'une couche de «Gyttja» située à Poueyferré près de Lourdes (Pyrénées françaises centrales), daté par la méthode du Radio-Carbone. Koninkl. Nederl. Akad. v. Wetensch., Proceedings, Series B, 63, 4.

Firbas F. (1923): Pollenanalytische Untersuchung einiger Moore der Ostalpen. *Lotos*, 71. (1949): Waldgeschichte Mitteleuropas, Bd. 1. Jena.

(1958): Floren- und Vegetationsgeschichte seit dem Ende des Tertiärs. *Fortschr. d. Botanik*, 20.

Firbas F. und Zangheri P. (1934): Eine glaziale Flora von Forli, südlich Ravenna. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 12.

(1954): Über neue Funde pflanzenführender Ablagerungen in der südlichen Po-Ebene bei Forli. Nachr. Akad. Wissensch. Göttingen, 2b, Biol.-Physiol.-Chem. Abt., 2.

Gams H. (1927): Die Geschichte der Lunzer Seen, Moore und Wälder. Intern. Rev. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, 18.

Hager P. K. (1916): Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal. Verbr. wildw. Holzarten i. d. Schweiz, 3.

Härri H. (1940): Stratigraphie und Waldgeschichte des Wauwilermooses und ihre Verknüpfung mit den vorgeschiedlichen Siedlungen. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 17.

Hoffmann-Grobéty A. (1957): Evolution postglaciaire de la forêt et des tourbières dans les Alpes glaronaises. Ber. Geobot. Inst. Rübel f. d. Jahr 1956.

Höhn W. (1958): Beitrag zur Geschichte der Moore und Wälder der ehemaligen Herrschaft Wädenswil. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, Festschrift *W. Lüdi*, 33.

Keller P. (1928): Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer Mooren und ihre floren geschichtliche Deutung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 3.

(1930): Postglaziale Waldperioden in den Zentralalpen Graubündens. Beih. Bot. Centralbl., 46, 2.

(1931): Die postglaziale Geschichte der Wälder in Norditalien. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 9.

Kuoch R. (1954): Wälder in den Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. Mittg. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, 30.

Lang G. (1955): Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetations geschichte des Schwarzwaldes II. Das absolute Alter der Tannenzeit im Südschwarzwald. Beitr. z. naturkundl. Forschung in Südwestdeutschland, 14, 1.

Lang G. und *Trautmann W.* (1960): Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Auvergne (Französisches Zentralmassiv). Flora, 150.

Langer H. (1963): Einwanderung und Ausbreitung der Weißtanne in Süddeutschland. Forstw. Centralbl., 82.

Lona F. (1957): I depositi lacustri Euganei. Mem. di Biogeogr. Adriatica, 5.

Lüdi W. (1939): Die Geschichte der Moore des Sihltales bei Einsiedeln. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 15.

(1944): Die Waldgeschichte des südlichen Tessins seit dem Rückzug der Gletscher. Ber. Geobot. Inst. Rübel in Zürich f. d. Jahr 1943.

(1951): Ein Pollendiagramm aus der neolithischen Moorsiedlung Weiher bei Thayngen (Kt. Schaffhausen). Ber. Geobot. Inst. Rübel in Zürich f. d. Jahr 1950.

(1954): Eine wärmezeitliche Senkung der Waldgrenze am Oberalppaß. Schweiz. Vegetatio, 5–6.

(1955): Die Vegetationsentwicklung seit dem Rückzug der Gletscher in den mittleren Alpen und ihrem nördlichen Vorland. Ber. Geobot. Inst. Rübel in Zürich f. d. Jahr 1954.

(1962): Beitrag zur Waldgeschichte der südlichen Entlebucheralpen. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Festschrift F. Firbas, 37.

Marchetti M. und *Tongiorgi E.* (1936): Una torba glaciale del lago Massaciuccoli (Versilia). Nuovo Giorn. Bot. Ital., 43.

Mattfeld J. (1926): Die europäischen Abies-Arten. Die Pflanzenareale 1, 2.

Mayer H. (1961): Montane Wälder am Nordabfall der mittleren Ostalpen. Vegetations gefälle in tannenreichen Waldgesellschaften von den Chiemgauer und Kitzbüheler Alpen zu den nördlichen Hohen Tauern/Zillertaler Alpen. Habilitationsschrift Universität München.

(1962): Waldbauliche Aspekte der Entstehung des nordalpinen Tannen-Buchen-Waldes (Abieti-Fagetum), Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen 1961, 7.

Meusel H. (1943): Vergleichende Arealkunde, Berlin.

Müller P. (1949): Die Geschichte der Moore und Wälder am Pilatus. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 24.

Rubner K. (1953): Grundlagen des Waldbaues. Radebeul u. Berlin.

Tongiorgi E. (1936): Documenti per la storia della vegetazione della Toscana e del Lazio. Nuovo Giorn. Bot. Ital., 43.

Villaret- von Rochow P. u. M. (1958): Das Pollendiagramm eines Waldgrenzmoores in den Waadtländer Alpen. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, Festschrift W. Lüdi, 33.

Wegmüller S.: Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Jura. Diss. Univ. Bern (wird erscheinen in Beitr. z. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz).

Welten M. (1944): Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 21.

(1947): Pollenprofil Burgäschisee, ein Standarddiagramm aus dem solothurnisch-bernerischen Mittelland. Ber. Geobot. Inst. Rübel in Zürich f. d. Jahr 1946.

(1952): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 26.

(1955): Pollenanalytische Untersuchungen über die neolithischen Siedlungsverhältnisse am Burgäschisee. Das Pfahlbauproblem. Monogr. zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, 11.

(1958): Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner Alpen und Voralpen und des Walliser Haupttales. Verh. 4. intern. Tagung d. Quartärbotaniker. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 34.

Zoller H. (1958): Pollenanalytische Untersuchungen im unteren Misox mit den ersten Radiocarbon-Datierungen in der Südschweiz. Verh. 4. intern. Tagung d. Quartärbotaniker. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 34.

(1960a): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 83, 2.

(1960b): Die wärmezeitliche Verbreitung von Haselstrauch, Eichenmischwald, Fichte und Weißtanne in den Alpenländern. Bauhinia 1, 3.

(1961): Die kulturbedingte Entwicklung der insubrischen Kastanienregion seit den Anfängen des Ackerbaues im Neolithikum. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, 32.

(1962): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung tiefgelegener Weißtannenwälder im Schweizerischen Mittelland. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Festschrift F. Firbas, 37.

Der Schmuck unserer Erde

Wildtiere, Vögel, Wälder und Pflanzen bilden den natürlichen Schmuck unserer Erde. Es ist unsere Pflicht, diesen Schmuck zu hüten und vor mutwilliger oder gedankenloser Zerstörung zu bewahren.

Sammlung des Vereins zur Förderung des WORLD
WILDLIFE FUND, Zürich, Löwenstraße 1
Postcheckkonto VIII 5895