Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut Rübel (Zürich)

Band: 5 (1928)

Artikel: Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer Mooren und ihre Florengeschichtliche Deutung

Autor: Keller, Paul

Kapitel: Die postglazialen Vegetations- und Klimaänderungen

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-306914

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: 11.07.2025

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

DIE POSTGLAZIALEN VEGETATIONS- UND KLIMAÄNDERUNGEN.

Die Vegetationsänderungen.

Bei der Behandlung der einzelnen Mooruntersuchungen und den Zusammenfassungen der Moore des Mittellandes (S. 58, 76), der Voralpen (S. 100) und des Jura (S. 121) wurde gezeigt, wie aus den Pollendiagrammen die postglaziale Waldgeschichte rekonstruiert werden kann. Wir können nun versuchen, diese Waldentwicklung zusammenfassend zu behandeln unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse an Mooren benachbarter Gebiete. Es handelt sich dabei um die vorzüglichen Arbeiten von Stark (1924, 1925) an Schwarzwaldhochmooren und Mooren des badischen Bodenseegebietes, solche von Bertsch (1924 bis 1926) an schwäbischen und Allgäuer Mooren und einzelne Diagramme von Ruoff in Gams (1924). Aus der Schweiz liegen erst drei Untersuchungen vor, zwei an Juramooren von Spinner (1925) und ein Diagramm vom Hallwilersee, von Troll ausgearbeitet, von Härry (1925) publiziert. Diese letztern Ergebnisse bedürfen aber einer eingehenderen Kritik. Zum Vergleich der Resultate aus den Voralpenmooren dienen die vorzüglichen Untersuchungen von Rudolph-Firbas (1924, 1926) aus dem Erzgebirge und dem Riesengebirge, sowie diejenigen von Firbas (1923) aus den Ostalpen.

Es zeigt sich dabei, dass sich ganz übereinstimmende Veränderungen des Waldbildes im Verlaufe der Entwicklung vollzogen haben. Natürlich können wir in diese Behandlung jene Baumarten nicht einbeziehen, die durch die Pollenanalyse nicht erfasst werden können. Das sind von den häufigeren Laubhölzern der heutigen Flora der schweizerischen Wälder: *Populus*, *Acer*, *Fraxinus*, und von den Nadelhölzern: *Juniperus*, *Taxus* und *Larix*, sowie die Mehrzahl der Sträucher mit Ausnahme von *Corylus* und *Salix*.

Durch den Vergleich der Untersuchungsergebnisse an prähistorischen Fundstätten wird versucht, eine ungefähre Datierung der einzelnen Epochen zu erreichen. Die Resultate der Pflanzengeographen können wir mit den pollenanalytischen Untersuchungen in Einklang bringen und damit einen weitern Beitrag zur Kenntnis des Postglazials liefern. Die geringe Zahl der untersuchten Moore erlaubt mir noch nicht, irgendwelche sichere Schlüsse zu ziehen, es ist erst der vorläufige Entwurf einer postglazialen Waldgeschichte der Schweizermoore.

Viele früher gezogenen Schlüsse werden sich in diesem Abschnitt unvermeidlich wiederholen. Sie stellen nun aber ein Gesamtergebnis dar, das in der Tabelle 20 vergleichend zusammengestellt ist.

1. Die Birkenzeit.

Alle untersuchten Moore des Mittellandes liegen innerhalb der Jungmoränen, waren also während der letzten Eiszeit von den Gletschern bedeckt. In den Längstälern des Kettenjura waren es zahlreiche Lokalgletscher, die die Täler bis zu einer Höhe von über 1000 m ausfüllten. Die zu besprechende Vegetationsentwicklung ist also postglazial. Das würde sich aus den Diagrammen allein schon ergeben, die in keiner Periode ein Heruntersinken der Arten unter ihre heutige Verbreitungsgrenze zeigen, keinen plötzlichen Unterbruch im Verlauf der einzelnen Kurven, was zu erwarten gewesen wäre, wenn die Moorbildung über die Eiszeit oder nur bis ins letzte Interglazial zurückreichen würde.

Nach dem Rückzug der Gletscher erfolgte die langsame Vegetationsbesiedelung der eisfrei gewordenen Gebiete. Der Rückzug geschah nach Penck-Brückner (1910) nicht regelmässig, sondern war von Perioden unterbrochen, in denen die Gletscher ihren Stand nicht änderten oder wieder vorrückten, wie verschiedene Anzeichen lehren. Diese Rückzugsstadien hatten eine erneute Depression der Schneegrenze zur Folge, im Bühlstadium um 900 m, im Gschnitz- und Daunstadium um 600 m bezw. 300 m. Es ist nun die Aufgabe der Untersuchung, zu prüfen, in welchem Stadium oder Interstadial die Moorbildung begonnen hat und in wieweit die Rückzugsstadien auf die Vegetationsverhältnisse eingewirkt haben.

Die fossilen Zeugen der ersten Besiedlung liefern uns die «Dryastone», die geschichteten plastischen Tone aus feinstem Korn, die

zahlreiche Blättchen, Stiele, Samen, und in ihren obersten Lagen auch Pollenkörner enthalten. Waldbäume fehlen in diesen Ablagerungen noch vollständig. Wir haben eine hochnordische Tundrenflora. Die Funde der Dryastone des schweizerischen Mittellandes sind schon hinlänglich beschrieben worden, ich verweise auf die Angaben von Schröter (1883, 1904), Neuweiler (1901), Brockmann (1910, 1919) u. a. Die arktisch-alpinen Elemente der Dryasflora sind heute aus der Ebene verschwunden. Der unterste Pollenniederschlag stammt von der Birke und verschiedenen Weiden. Da in den Mooren mit Dryastonen (Krutzelried, Niederwil, Wauwil usw.) die ersten makroskopischen Birkenreste zur Zwergbirke *(B. nana)* gehören, wie ihre Bestimmung mit Sicherheit ergeben hat, so dürfen wir wohl annehmen, dass auch in den benachbarten Mooren diese die erste Leit-Holzart war, der sich die zahlreichen Salices beigesellten. Hier setzt unsere Untersuchung ein: Eine arktisch-alpine Vegetation aus Zwerg-Sträuchern besiedelte die Moränen und Alluvionen in der Umgebung der grossen Gletscher, deren direkter Einfluss sich noch durch zeitweise Ueberschwemmungen kundgab. Mit der wachsenden Entfernung der Gletscher wuchs dann die Einwanderungsmöglichkeit für die Waldbäume, für *B. pubescens* und vor allem für die Föhre, deren Pollen bald zu verzeichnen ist.

Im Voralpengebiet beginnt die Besiedlung der eisfrei gewordenen Gebiete ebenfalls durch *B. nana*, wovon ein fossiler Fund aus dem Hochmoor von Einsiedeln (Schröter 1904 S. 373) uns Zeuge ist.

Die makroskopischen Reste aus den untersten Torfschichten von Les Ponts—Les Emposieux im Jura wurden als solche von der Zwergbirke bestimmt (Schröter 1904, S. 373), sodass also die ersten Birkenprozente der Diagramme der Juramoore auch von *B. nana* herrühren werden. Auffällig ist, dass Spinner (1925) in seinen Untersuchungen an den Mooren der Brévine im Jura fast keinen Birkenpollen gefunden hat (nur 0,2—1%), während doch Schröter (1904, S. 452, 453) zahlreichen Betulapollen verzeichnet in jedem der Aufschlüsse aus obigem Moor. Zudem hat sich die Zwergbirke auf diesem Moor bis heute in zahlreichen Exemplaren als Glazialrelikt erhalten, sodass also in jedem Pollenspektrum *Betula* zu erwarten wäre.

Durch den ganzen Entwicklungsgang der Moore hindurch hat sich die Zwergbirke auf einzelnen Mooren bis heute halten können, so im Gebiet von Einsiedeln, von Schwarzenegg-Heimenschwand ob

TABELLE 20. — Die postglaziale Waldgeschichte der Schweiz mit Berücksichtigung benachbarter Gebiete.

Perioden nach Blytt-Sernander	Chronologie der Kulturperioden	Stationen	Moore des Mittellandes	Moore Süd-Deutschlands (nach Bertsch, Ruoff, Stark)	Moore der Voralpen	Moore der Ostalpen und des Erzgebirges (nach Firbas, Rudolph-Firbas)	Moore des Jura	Moore des Schwarzwaldes (nach Stark)	Pflanzengeographische Ergebnisse (inkl. Pflanzenfunde)	Klima-Aenderungen
	Historische Zeit			Sekund. Kiefernanstieg			Sekund. Kiefernanstieg	Sekund. Kiefernanstieg		Abnahme der Feuchtigkeit ↓ / Zunahme der Trockenheit ↑
Gegenwart	Eisenzeit: La Tène, Hallstatt		Ausbreitung der Fichte	Ausbreitung der Fichte	Ausbreitung der Fichte		Ausbreitung der Fichte	Ausbreitung der Fichte	Ausbreitung der Fichte zur Römerzeit nach Neuweiler	
				Tannenzeit						
Subatlantisch	Bronze: IV, III, II, I	„Riesi"-Hallwilersee Schmiedmoos-Thierachern; Robenhausen III; „Weiher" II Moosseedorf, Niederwil II	Tannenzeit Einwanderung der Fichte		Tannenzeit	Buchen-Tannenzeit	Tannenzeit	Tannenzeit		*Tanne - Buche*
				Buchenzeit						Zunahme der Feuchtigkeit ↑ / Zunahme der Trockenheit ↓
Subboreal	Neolithikum: Spät-N.	Burgæschi, Wauwil; Robenhausen I, II; Weiher I, Niederwil I, II	Buchenzeit		Buchenzeit	(Tannen)-Buchen-Fichtenzeit	Buchenzeit	Buchenzeit	Einwanderung der Buchenbegleiter, aber nicht in die zentralalpinen Föhrentäler	
	Neolithikum: Voll-N.		Einwanderung der Tanne Eichenmischwaldzeit Einwanderung der Buche	Einwanderung der Tanne Eichenmischwaldzeit Einwanderung der Buche	Einwanderung der Buche Tannenzeit Einwanderung der Tanne Fichtenzeit	Eichenmischwald-Fichtenzeit	Tannenzeit Einwanderung der Fichte „ „ Buche, Erle	Tannenzeit Eichenmischwaldzeit	Einwanderung des atlant. Florenelementes Laubwald nach Neuweiler: 86,4 % Laubbäume 13,6 % Nadelhölzer Zerstückelung der Areale der xeroth. Pflanzenkolonien	Zunahme der Feuchtigkeit ↑ / Zunahme der Trockenheit ↓
Atlantisch	Neolithikum: Früh-N.									Max. Wärme *Eiche*
Boreal	Campignien-Kjökkenmöddinger	Moosbühl-Bern	Haselzeit Einwanderung des Eichenmischwaldes	Haselzeit Einwanderung des Eichenmischwaldes	Haselzeit Einwanderung der Fichte	Hasel-Kiefernzeit	Haselzeit Einwanderung der Tanne	Haselzeit		Max. Kontinentalität *Hasel*
	Azilien									
Subarktisch	Magdalénien: Spät-M.		Einwanderung der Hasel Kiefernzeit	Einwanderung der Hasel Kiefernzeit	Einwanderung der Hasel Kiefernzeit	Kiefernzeit	Kiefernzeit Einwanderung der Hasel	Kiefernzeit	Hauptausbreitung der xerothermen Pflanzenkolonien Einwanderung des xerothermen Florenelementes in die Zentralalpentäler	Max. Trockenheit *Kiefer*
	Magdalénien: Hoch-M.		Einwanderung der Kiefer Birkenzeit	Einwanderung der Kiefer Birkenzeit	Birkenzeit		Einwanderung der Kiefer Birkenzeit		Einwanderung der Waldkiefer aus den eiszeitlichen Refugien: St. Jakob bei Basel, Nordostfrankreich etc.	
	Magdalénien: Früh-M.		Dryasflora	Dryasflora					Funde von Betula nana Funde in den Dryastonen Einwanderung der Steppenpflanzen	
	Solutréen								Eiszeitliche Refugien	

Thun, auf den Freiburger Mooren und am häufigsten auf den Hochmooren des Jura. Die übrigen Elemente der Dryasformation sind in die alpine Region gewandert.

Im weitern Verlauf der Birkenzeit ist keine Trennung der einzelnen Birkenarten möglich. Es ist wohl anzunehmen, dass die kriechenden Zwergbirken von den aufrechten baumförmigen Birken zurückgedrängt wurden. Die zahlreichen Birkenfunde aus den untersten Torflagern lassen sich nicht näher als Betula spec. bestimmen (siehe bei Schröter 1904). In diese von lichten Birkengruppen besiedelte Landschaft wanderte die Föhre ein. Fehlte sie dem unmittelbar benachbarten Gebiet der Gletscher, so war sie in einer gewissen Distanz vorhanden. Die Terrasse von St. Jakob an der Birs bei Basel lieferte als Funde Reste von Sträuchern *(Corylus avellana, Salix aurita, S. cinerea, Frangula alnus, Cornus sanguinea, Ligustrum vulgare, Viburnum lantana)* und vor allem zahlreiche Reste der Waldföhre *(Pinus silvestris), neben Vaccinium vitis idaea,* welche die Gegend heute verlassen haben (nach Gutzwiller 1895). Hier haben wir also zweifellos ein eiszeitliches Refugium, von dem aus die Föhre das Mittelland wieder erobert hat. Wir finden sie ebenfalls in einigen Quartär-Ablagerungen in Nordostfrankreich in zahlreichen Resten *(P. silvestris),* was um so interessanter ist, da dort die Waldföhre heute fehlt (nach Fliche in Braun-Blanquet 1923).

Ganz übereinstimmende Zusammensetzung der untersten Pollenspektren fand Stark (1925) an den Mooren des Bodenseegebietes. Als erste Phase der Entwicklung konstatierte er eine Birkenperiode mit 95—57% Betula, die restlichen Prozente stammen von der Föhre, daneben finden sich noch geringe Weidenwerte. Bertsch (1924, 1926) fand als erste Strauchvegetation *Betula nana* und *Salix reticulata,* in die dann die Bergkiefer *(P. montana)* einwanderte. Die Weissbirke soll dann die beiden gemeinsam mit der sich ebenfalls einstellenden Waldkiefer verdrängt haben. Die Untersuchungen von Ruoff in Gams (1924) ergaben ebenfalls eine Birkenzeit als ersten Entwicklungsabschnitt mit 65% Betula in den untersten Spektren.

In Polen fanden Lilpop und Szafer (1922) in den basalen Schichten der Torfmoore ebenfalls eine Dryasflora. Die Besiedlung der nach dem Rückzug der Gletscher eisfrei gewordenen Gebiete erfolgte durch eine carpatho-arktische Flora, der die Waldbäume anfänglich noch vollständig fehlen.

Alle diese Ergebnisse stützen aufs neue die Ansicht von Nathorst, entgegen der von Brockmann-Jerosch, der noch annimmt, die Waldbäume seien bis an den Gletscherrand vorgedrungen. An der Spitze der Gletscher bedeckte eine baumlose Tundra weite Flächen, in welche die von den Gletschern zurückgedrängten Waldbäume ihre langsame Wiedereinwanderung vollzogen, wie dies unsere Diagramme deutlich zeigen.

Ueber das Alter der Birkenperiode geben einige zoologische Funde Anhaltspunkte. Im Torflager von Niederwenigen (Kt. Zürich) fanden sich zahlreiche Mammutreste *(Elephas primigenius)*. Diese Fundstelle liegt zwar schon ausserhalb der innern Jungmoränen der Alpen (Linthgletschermoränen des Killwangerstadiums), aber über dessen Schottern, sodass diese Funde doch als postglazial angesehen werden dürfen. Diese Funde sind aber andererseits die Leitfossilien der Solutréen- und Frühmagdalénien-Stationen (z. B. Kesslerloch). Zu ihnen gesellt sich noch der sibirische Lemming *(Myodes obensis)*, der im Hochmagdalénien vom Halsbandlemming *(M. torquatus)* abgelöst wird. Letzterer kommt heute nur noch im hohen Norden im Dryasgestrüpp vor, sodass wir, wie schon bei der Behandlung der Dryasfunde im Krutzelried (S. 58) erwähnt wurde, die Dryasflora dem ausklingenden Solutréen und dem Frühmagdalénien gleichsetzen dürfen. Die Birkenzeit fällt dann in das Hochmagdalénien mit ihrer Fauna aus Tundra-Nagern, dem Halsbandlemming, dem Ren, usw., während das Mammut zum grössten Teil schon ausgestorben ist. In dem obengenannten Torflager wurden neben den zoologischen auch botanische Fossilien gefunden. Neuweiler (1919) bestimmte unter anderen solche der Föhre und zahlreicher Wasserpflanzen. Die kleinen Holzstückchen, die er als *Pinus* spec. bestimmte, beweisen noch nicht, dass die Kiefer bis an den Gletscherrand vorkam. Sie können auch von den Tieren hergebracht oder aber von den Refugien der Voralpen durch den Gletscher ins Tal hinuntergeschafft worden sein.

Auf die pflanzlichen Funde der berühmten Magdalénienkulturen im Schaffhauser Becken (Kesslerloch bei Thayngen, Schweizersbild bei Schaffhausen) kann nicht eingetreten werden. Sie wurden in einer wenig würdigen Weise durchwühlt und ausgebeutet, die einzelnen Schichten wurden miteinander vermengt und mit ihnen die Artefakte und Holzresten. Die Höhle (Kesslerloch) ist vom frühen

Magdalénien bis zu Anfang des Néolithikums besiedelt gewesen (nach Mandach) und wir sind leider nicht in der Lage, die aufgefundenen Holzresten *(Picea, Corylus, Alnus)* einer bestimmten Epoche einwandfrei zuteilen zu können. Selbst die Datierung der Knochenreste bedarf grösster Vorsicht.

In den Diluvialtonen des badischen Rheintales fand Stark (1912) neben Mollusken, Insekten und Moosen, *Salix retusa* und *S. reticulata* zahlreiche Mammutreste. Das Mammut ist hier also in einer typischen Dryasflora gefunden worden, in der nur Dryas fehlt, wohl zufolge der Kalkarmut. Wir finden hier eine weitere Stütze der Ansicht, dass die Dryasflora dem Uebergang Solutréen-Magdalénien entspricht. Bertsch führt diese Funde an, ohne jedoch den Autor Stark (1912) zu erwähnen.

2. Die Kiefernzeit.

Die Kiefer, die am Ende der Birkenperiode eingewandert ist, gewinnt nun bald eine starke Ausbreitung. Der Uebergang von der Birken- zu der Kiefernzeit vollzieht sich schrittweise, wie aus den Zählprotokollen und Diagrammen ersichtlich ist. Die Birkenprozente werden vom Anteil der Föhre überholt, ihre Werte sinken unter 10% in einzelnen Pollenspektren. Von andern Baumarten kommen erst die Unterholzgewächse *Corylus* und *Salix* vor. Als gemeinsamer Zug mag hervorgehoben werden, dass Tanne, Fichte und Buche noch völlig fehlen. Nur in zwei Mooren, den westlich gelegenen Tellenmoos und Burgäschisee ist der Eichenmischwald durch 3% Tilia vertreten. Wie aus allen Diagrammen hervorgeht, hat die Kiefer die unbedingte Vorherrschaft gehabt. Ihr Pollen stammt nicht ausschliesslich aus der Umgebung, sie kam auf dem Moore selbst vor, wie die in den basalen Schichten der Torfmoore gefundenen Reste beweisen. Schröter (1904, S. 371) erwähnt aus dem Lebertorf vom Krutzelried *Pinus*reste mit Birke und völliges Fehlen von Fichte, *Pinus*holz ferner aus den untersten Torfschichten von Les Ponts im Jura, vom Stauffenmoos ob Thun und vom Rüdiswiler-Moos, das ich aber nicht untersuchte. Den Pollen der Kiefer fand er ebenfalls sehr häufig.

Eine Frage von grosser Bedeutung ist nun die, um welche Kiefernart es sich in dieser Periode handelt. Eine sichere Unterscheidung

der Bergföhre von der Waldföhre ist nur möglich, wenn uns fossile Nadeln erhalten sind, das Holz und die Zapfen gestatten keine eindeutige Unterscheidung. Die Unterschiede der Pollenkörner der beiden Arten sind geringe, es kann sich bei der mikroskopischen Durchsicht nur um die Feststellung handeln, ob die Bergföhre auch ihren Pollen hinterlassen hat. Genaue Trennung auf statistischer Grundlage zufolge der kleinen Unterschiede in der Maschenweite der Luftsäcke der Pollenkörner, die aber erst bei 1200facher Vergrösserung sichtbar werden, lässt sich nicht durchführen. Stark (1927)*) erwähnt eine Trennungsmöglichkeit auf Grund statistischer Grössenmessungen. Dafür sind aber stets über 1000 Pollen nötig, so dass solche Untersuchungen wohl nur für Stichproben in Frage kommen können, nicht aber für durchgehende Pollenanalysen.

Im vorigen Abschnitt haben wir gesehen, wie sich in Ablagerungen eisfreier Gebiete (St. Jakob bei Basel) und in verschiedenen quartären Lagerstätten in Nordost-Frankreich zahlreiche Reste der Waldföhre *(Pinus silvestris)* finden. Wir können wohl mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dass die Waldföhre von diesen eiszeitlichen Refugien wieder ins Mittelland eingewandert ist und dort langsam die Vorherrschaft in der Baumvegetation von der Birke übernommen hat. Ob es schon eine zusammenhängende Walddecke gab, ist noch sehr fraglich. Es ist wahrscheinlich, dass es erst einzelne Kiefergruppen und -horste gab, aber noch keine eigentlichen Wälder. Die Hauptmenge des Kiefernanteils der untern Pollenspektren rührt im Mittelland von der Waldföhre her.

Wie verhält es sich nun im Jura, der diesen Ueberdauerungszentren sehr nahe lag und zugänglich war? Die Täler des Jura waren während der letzten Eiszeit bis zu einer maximalen Höhe von 1000 m von den Gletschern erfüllt. Es gab aber noch Täler, in denen der Eisrand tiefer lag. So reichte der Rhonegletscher im Val de Ruz bis le Vaquier, 900 m. Die Ketten des Jura ragten dort also noch um 350—400 m über das Eis empor. In diesen Höhen gab es sicher eisfreie Stellen, an denen sich die zurückgedrängten Coniferen halten konnten. Nach dem Rückzug der Gletscher drang dann die Bergföhre wieder in die Talböden vor und verdrängte dort die Birke, die sich

*) Stark P. 1927. Ueber die Zugehörigkeit des Kiefernpollens in den verschiedenen Horizonten der Bodenseemoore. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XLV, Heft 1.

zuerst eingestellt hatte. Auf den hochgelegenen Juramooren war die Bergföhre wohl vor der Waldföhre herrschend, die aus den tiefern Lagen, den eiszeitlichen Ueberdauerungszentren einwandern musste und einen weitern Weg zurückzulegen hatte. Der Anteil der Bergkiefer wurde dann von der gemeinen Kiefer überflügelt, erstere konnte sich aber in ihrer var. *uncinata* durch den ganzen Entwicklungsgang hindurch bis heute halten. Jetzt bildet sie vielfach auf den Mooren ein Endstadium der Vegetation, je nach dem Standort, das «Pinetum».

Aehnliche Verhältnisse müssen auch in den Schweizer-Voralpen geherrscht haben. Während der letzten Vergletscherung, der Würm-Eiszeit, stand der Gletscherrand im Voralpengebiet verschieden hoch. So im Gebiet des Hochtales von Einsiedeln bei ungefähr 1300 m, an den Hängen der Schwyzerberge, der Mythen und des Rigi reichte der Reussgletscher bis 1200 m, an der Rigihochfluh wohl bis 1300 m. Daneben erfüllten noch zahlreiche Lokalgletscher die Täler, doch nicht über eine Höhe von 1300 m hinaus. Die Berge in diesem Gebiet ragten also noch beträchtlich über den Eisrand hinaus. An ihren Hängen gab es wohl geschützte schneefreie Stellen, die zum Refugium der zurückgedrängten Nadelhölzer wurden. Als das Hochplateau von Einsiedeln und das Tal von Altmatt-Rothenturm eisfrei geworden waren, wanderte die anspruchslose Bergföhre, die noch heute als Legföhre bis 2400 m ansteigt, in die von der Vegetation erst spärlich besiedelten Gebiete ein. Die einzelnen Birkengruppen als einzige Waldbäume setzten der Einwanderung keinen Widerstand entgegen. In diesen beiden Moorgebieten war auch *P. montana* die erste Kiefernart auf den Mooren und in deren Umgebung. Aus dem Mittelland wanderte dann die Waldkiefer ein und verdrängte die kleinere Bergkiefer. Letztere ist uns in ihrer var. *uncinata* bis heute erhalten geblieben. Die kleinen «Kuscheln», wie diese Bergföhren genannt werden, bilden einen besonderen Schmuck der Moore.

In den Mooren auf dem Zugerberg setzt unsere Untersuchung erst später ein. Doch erwähnt Neuweiler (1901) aus den untersten Torfschichten des damals noch intakten Moores grosse Mengen von *Betula*-Holz und Pollen von *Pinus*. Wie in den benachbarten Mooren von Einsiedeln und Altmatt, so wird auch hier die Bergkiefer in die Birkengruppen eingewandert sein und sich ausgedehnt haben, bis sie von der sich vom Mittelland her ausbreitenden ge-

meinen Kiefer abgelöst wurde. Heute sind uns die zahlreichen Hakenföhren *(P. uncinata)* Zeuge der einst viel mächtigeren Ausbreitung.

An der Westseite des Pilatus erreichte der Gletscherrand die Höhe von 1100 m, während er an der Ostseite wohl bis 1300 m reichte. Die Untersuchung des hochgelegenen Pilatusmoores, die einer späteren Arbeit vorbehalten sein muss, wird uns zeigen, ob wir auch in dieser Gebirgsgruppe ein eiszeitliches Ueberdauerungszentrum der letzten Vergletscherung für die Coniferen haben.

In der Umgebung des Moorgebietes von Schwarzenegg-Heimenschwand ob Thun lag die Schneegrenze zur letzten Eiszeit bei ca. 1250—1500 m. Der Aaregletscher reichte ob Thun bis 1250 m, am Beatenberg bis 1300 m, während das Brienzerrothorn bis 1550—1600 m vom Eise umgeben war. Alle diese Gebirgsketten ragten also noch beträchtlich, gleich «Nunatakkern» nach Penck, über den maximalen Gletscherrand hinaus. Wir können daher zu der Annahme neigen, es habe in diesen Voralpen-Massiven sicher noch schneefreie Plätze gegeben, an denen die Nadelbäume die letzte Gletscherzeit überdauern konnten. An geschützten Stellen sind die klimatischen und edaphischen Bedingungen für eine Ueberdauerung möglicherweise günstig gewesen, wahrscheinlich nicht ungünstiger als an der Krüppelgrenze von heute in den Alpen, die in Graubünden nach den Aufzeichnungen von Braun-Blanquet (mündl. Mitteilung) für *Abies* über 1800 m, für *Picea* und *Pinus* über 2000 m liegt. Ein besonders günstiges westliches Refugium während der Eiszeit war wohl das Napfland, wo bereits eine Reliktenflora und -fauna nachgewiesen worden ist. Der erste Waldbesiedler im Gebiete von Schwarzenegg-Heimenschwand war auch die Birke, deren Einwanderungsmöglichkeit eine schnellere als die der Kiefer ist. Dann erfolgte die Ausbreitung der Bergföhre, deren Varietät, die Haken- oder Sumpfföhre sich auch hier bis heute erhalten konnte. Die sich später einstellende Waldföhre verdrängte dann erstere.

Der Anstieg der Kiefernkurve ist in allen Diagrammen ein steiler, fast plötzlicher, die Ausbreitung muss eine rasche gewesen sein, zufolge der noch ganz geringen Konkurrenz der Waldbäume. Zu gleichen Ergebnissen haben die Untersuchungen in den benachbarten Gebieten geführt. Stark (1925) fand durchgehend eine reine Kiefernperiode, die Pollenspektren verzeichnen 67—95% *Pinus*, der

Rest gehört zu *Betula*, während im Unterholz *Corylus* und *Salix* mit geringen Werten vertreten sind. Im Schwarzwald fand derselbe (1924) ebenfalls eine deutliche Kiefernperiode mit 90% *Pinus* und 10% *Betula*. Der weitere Verlauf dieser Schwarzwaldhochmoore deckt sich ganz mit dem unserer Juramoore. Die Resultate von Bertsch an zahlreichen oberschwäbischen Mooren, diejenigen von Ruoff an bayerischen Mooren schliessen sich übereinstimmend an. In den Ostalpen wie im Erzgebirge setzt die Moorbildung zur Kiefernzeit ein, wie die ausführlichen Untersuchungen von Rudolph-Firbas gezeigt haben. Nachweisbar sind an Waldbäumen nur die Kiefer, Birke und Weide. Unter ihnen hat die Kiefer die unbedingte Vorherrschaft. Frühzeitig stellt sich dann die Hasel ein, gefolgt von der Fichte. Aus den Randpartien der Karpathen liegen uns die Ergebnisse von Lilpop-Szafer (1922) vor. In diesen Mooren folgte auf die Tundrenflora mit der Zwergbirke die Waldflora mit Lärche und Arve. Während der maximalen Ausbreitung der Gletscher konnten sich die Nadelhölzer in den Refugien der Ostkarpathen halten, während die Bäume mit hohen klimatischen Ansprüchen weiter nach Süden gedrängt wurden.

Ueber die Datierung der Kiefernperiode im postglazialen Zeitschema geben uns einige zoologische Funde Auskunft. In der «Mammutflora von Borna» fand Weber Borkenreste von *P. silvestris*, deren Bestimmung sicher ist. Die Kiefernzeit ist also noch Magdalénien, wenn auch ausklingendes. In den quaternären Kiesen von Clérey an der Seine fand Fliche (in Braun-Blanquet 1923) Föhrenreste mit dem Mammut vergesellschaftet, er setzt diese ebenfalls ins Ende-Magdalénien. Jetzt wird uns auch der Fund von Niederweningen (Kt. Zürich) klar, in dessen Torflager Neuweiler (1919) zahlreiche Holzstückchen der Waldföhre neben Mammutresten fand.

Einen Anhaltspunkt bezüglich der Rückzugsstadien besitzen wir aus der Umgebung von Einsiedeln. Die geologische Untersuchung ergibt, dass der Linthgletscher noch im «Bühlstadium» das Moorgebiet berührte, und dass in der Umgebung von Einsiedeln während der Stadien mancherlei Flussverlegungen eingetreten sind. Gams (1923) nimmt an, dass die Moorbildung hier nicht gleich nach dem Rückzug der Gletscher eingesetzt hat, dass aber schon früher Wälder bestanden haben, was er aus dem Vorkommen der reichlichen Holzresten unter der Lehmschicht schliesst. Die Holzresten be-

stimmte Neuweiler (1901) als *Betula*, *Picea*, *Abies*, *Pinus* und bemerkte, sie seien geradezu in Nestern vorhanden. Betrachten wir das Diagramm von Einsiedeln (Abb. 17), so erkennen wir, dass die Zusammensetzung einer derartigen Waldflora gut dem Schluss der Fichtenzeit oder dem Anfang der Tannenzeit entspricht. Die Bildung der Lehmschicht kann nicht vor das Bühlstadium angesetzt werden, wie die Zusammensetzung der Holzresten deutlich zeigt. Die ganze Entwicklung der einzelnen Baumkurven ist eine kontinuierliche, wir finden keinen Unterbruch, wie er zu erwarten gewesen wäre, wenn ein Rückzugsstadium die Moorbildung unterbrochen hätte. Sicher ist, dass der Anfang der Moorentwicklung in die Zeit nach dem Bühlstadium fällt, das in der Umgebung des Moores seine deutlichen Spuren hinterlassen hat. Hinsichtlich der beiden andern Rückzugsstadien «Gschnitz und Daun» können wir nichts anderes aussagen, als dass sie das postglaziale Waldbild nicht beeinflusst haben, ihre Wirkungen haben keine tiefgreifenden Veränderungen der Vegetation hervorgerufen.

Eine weitere Stütze dieser Ansicht liefert uns das 990 m hoch gelegene Moor von Lischgads im Prättigau (Kt. Graubünden). Die Besprechung der pollenanalytischen Ergebnisse muss einer spätern Arbeit über die alpinen Moore vorbehalten sein, hier sei nur erwähnt, dass auch dieses Moor zu Anfang der Entwicklung eine Kiefernperiode erkennen lässt. Diese kann erst nach dem Bühlvorstoss eingesetzt haben, da der Scheitel des Bühlgletschers im Churer Rheintal ungefähr bis 1500—1600 m hinaufreichte, und somit an der Mündung des Prättigaus in das Rheintal nicht viel niedriger gewesen sein kann. Der Gschnitzgletscher machte bei Ems Halt, während die letzte Rückzugsphase, das Daunstadium, auf die Talhintergründe beschränkt blieb. Diese Tatsachen haben schon lange Braun-Blanquet (1916, 1917) zur Annahme geführt, die Einwanderung der xerothermen Pflanzenkolonien in die Föhrenregionen Graubündens und in die zentralalpinen Föhrentäler überhaupt in die Zeit nach dem Bühlvorstoss zu verlegen, eine Ansicht, die Bertsch (1926, S. 24 und 25) übernommen hat. Brauns Ansicht von der Einwanderung der wärmeliebenden Arten zu dieser früh-postglazialen Zeit, wo weder dichte Wälder noch monotone Grasfluren die Einwanderungsstrassen versperrten, erhält hier eine neue Stütze. In der durchgehend zu verfolgenden Kiefernzeit wird die Haupteinwanderung des

xerothermen Florenelementes stattgefunden haben. Zu dieser Ansicht kämen wir auch durch die Betrachtung der pollenanalytischen Resultate allein. Die Föhrenwälder der schweizerischen zentralalpinen Täler sind durch das Vorkommen zahlreicher Arten sarmatischer und mediterraner Abstammung floristisch gekennzeichnet. Ich erwähne aus der Liste von Braun-Blanquet (1916, 1917):

Stipa capillata L.	*Linum tenuifolium L.*
Astragalus exscapus L.	*Festuca vallesiaca Gaud.*
Astragalus monspessulanus L.	*Anemone montana Hoppe*
Astragalus vesicarius L.	*Onosma spec.*
Achillea tomentosa L.	

Die Ausgänge dieser Föhrentäler sind oft von Buchenwäldern eingenommen, in denen aber diese Föhrenbegleiter völlig fehlen. Die Einwanderung dieser Florenelemente muss also vor derjenigen der Buche stattgefunden haben. Da diese aber zur Zeit der Eichenmischwälder unmöglich war, zufolge der damals herrschenden Feuchtigkeit, wie wir im folgenden Abschnitt der Klimaänderungen erläutern werden, so bleibt uns nur die eine Erklärung: die xerothermen Arten sind zur Kiefernzeit in die zentralalpinen Föhrentäler eingewandert.

3. Die Haselzeit.

Die Hasel gewinnt nun an Ausbreitung, sie überholt die Kiefer und leitet in die Haselzeit ein. Diese Ausbreitung muss rasch vor sich gegangen sein, wie der steile Anstieg der Haselkurve durchwegs zeigt, der zu dem ausgesprochenen Haselmaximum führt. In diesem Spektrum übertrifft die Menge des Haselpollens vielfach die Gesamtsumme aller übrigen Waldbäume. Nur in den höhern Lagen von 900—1000 m in den Voralpen und im Jura ist ihr Anteil ein etwas geringerer. Wir müssen zufolge dieser Massenverbreitung der Hasel annehmen, dass diese anfänglich als Unterholz in die Kiefernbestände, oder besser gesagt Kieferngruppen eingetreten war, grösstenteils dann aber reine Bestände gebildet haben muss. Ihre maximalen Anteile erreicht sie im Mittelland mit 130—157%, in den Voralpen mit 77—107%, während im Jura der Kulminationspunkt der Haselkurve bei 83—85% liegt.

Die makroskopischen Funde der Hasel: Nüsse und Staudenreste gehören nach Schröter (1904, S. 372) zu den ziemlich häufigen

Bestandteilen des Torfs der untern Schichten, in den Mooren des Mittellandes, wie in den Voralpen. Sämtliche Fundorte subfossiler Haselnüsse liegen innerhalb der jetzigen Verbreitungsgrenze. Ein Zurückweichen der Hasel von ehemals höhern Fundorten ist also weder nach den makroskopischen noch nach den pollenanalytischen Befunden zu konstatieren. Die Ausbreitung der Hasel dagegen war damals eine weit mächtigere, auch in den höhern Lagen, als es heute der Fall ist.

Hinsichtlich des eiszeitlichen Refugiums des Haselstrauches sind wir durch die Funde von St. Jakob an der Birs bei Basel unterrichtet, wo Gutzwiller (1895) zahlreiche fossile *Corylus*-Reste fand. Von hier wanderte sie in das Mittelland einerseits und in den Jura andrerseits ein. Von den Mooren des Mittellandes eroberte sie das Gebiet der Voralpen und erreichte noch in Höhen von über 1000 m eine recht beträchtliche Ausbreitung. Da sich der Haselstrauch zufolge seiner frühen Blüh-Fähigkeit sehr schnell ausbreiten kann, im Gegensatz zu den erst spät zur Blüte gelangenden Waldbäumen, so können wir in den einzelnen Mooren fast keine Verschiedenheit im ersten Auftreten der Hasel erwarten und konstatieren.

Während der Haselperiode wandern in das Mittelland die Bäume des Eichenmischwaldes ein. Die einzelnen Zählprotokolle geben über die Einwanderungsfolge der drei Komponenten: Linde, Eiche, Ulme, Auskunft. In den meisten Mooren ist es die Linde, die zuerst auftritt, in einigen mehr östlich gelegenen Mooren notiert man von den drei Baumarten erstmals die Ulme. Als gemeinsamen Zug können wir hervorheben, dass die Eiche erst nach der Linde bezw. Ulme die Vorherrschaft im Waldbild erhält. Die Haselbestände setzen der Einwanderung des Eichenmischwaldes keinen grossen Widerstand entgegen, und so geschieht seine Ausbreitung rapid. Vereinzelt notieren wir schon das erste Auftreten der Buche, sowie der Fichte und der Tanne, die beiden letzteren aber nur in den den Voralpen benachbarten Mooren.

In den Voralpen liegen die Verhältnisse anders. Hier ist es die Fichte, die in die Haselbüsche einwandert und zur Zeit ihrer grössten Ausbreitung mit 14—21% vertreten ist. Ihr folgt langsam die Tanne nach, der Eichenmischwald hingegen ist mit nur 0,5—14% vertreten. Die Erle verzeichnet einen Anteil von bis 15%. Das Verhalten der Fichte ist nun höchst wichtig. Sie tritt in den Voralpen

lange vor ihrem ersten Erscheinen im Mittelland auf, wo sie erst in subrezenten Spektren beträchtlichere Werte zu verzeichnen hat. Wir sind hier zu der Annahme gezwungen, dass sich die Fichte und auch die Tanne, wie sich noch zeigen wird, in Refugien der Voralpen während der letzten Eiszeit halten konnten, oder aber von Süden und Osten her über die Alpenpässe eingewandert sind. Was im vorigen Abschnitt für die Bergkiefer vorausgesetzt wurde, erhält hier eine Stütze. Ueber der Gletscherdecke der letzten Vereisung muss es an geschützten Stellen schneefreie Plätze gegeben haben, die den zurückgedrängten Tannen und Fichten zu Ueberdauerungszentren wurden. Die Höhen der möglichen Refugien liegen für alle Nadelbäume innerhalb ihrer jetzigen Verbreitungsgrenzen. Aus pflanzengeographischen Erwägungen hat Braun-Blanquet (1913) die Möglichkeit des Ueberdauerns wenigstens der letzten Vereisung für eine Reihe heute durch das abgeschiedene Vorkommen starker Kolonien charakterisierter seltener Alpenpflanzen angenommen. Die pollenanalytischen Befunde zwingen uns zu der gleichen Annahme für die Nadelhölzer *(Pinus montana, Picea, Abies)*. Nach dem Rückzug der Würm-Gletscher haben dann diese Bäume ihre Areale wiedererobert, und zwar entspricht ihr Auftreten dem Mass ihrer klimatischen Ansprüche.

Im Jura liegen die Verhältnisse analog für die Tanne. Zur Zeit der grössten Ausbreitung des Haselstrauches ist die Tanne im Waldbild schon mit 14—29% vertreten, und zwar ist ihr Anteil umso grösser, je höher das Moor gelegen ist. Hierin haben wir eine neue Stütze der Ansicht der eiszeitlichen Refugien während der Würm-Vereisung über dem maximalen Eisrand auch im Jura. Hier sind es die Bergföhre und Tanne gewesen, die überdauerten, die Wiederbesiedlung geschah von den höchst- zu den tiefergelegenen Mooren. Die Fichte wanderte von Nordwesten ein, wie wir später sehen werden. Der Eichenmischwald ist mit 4—10% in der Zählung, wobei die grössten Werte in den tief gelegenen Mooren zu verzeichnen sind, worin sich uns die Einwanderung dieser Laubbäume aus dem Mittelland bzw. der Rheinebene in die Längsfurchen des Jura wiederspiegelt.

Eine Periode reiner Haselwälder hat auch Stark (1925) für die badischen Bodenseemoore gefunden mit maximal 101—140% *Corylus*. Die schwäbischen Moore zeigen ebenfalls die Haselzeit, doch ist das

Corylus-Maximum nicht so markant, da Bertsch die Haselwerte nicht nach dem Vorbilde der Schweden und der deutschen Forscher gesondert berechnet, sondern mit in die Waldbaumpollensumme einbezieht. Zum Vergleich ist stets eine Umrechnung nötig, diese hat auch Haselwerte bis über 150% ergeben. Im Erzgebirge ist nach Rudolph-Firbas auch eine Zeit der Massenausbreitung der Hasel, deren Pollenspektren über 110% *Corylus* verzeichnen, zu konstatieren gewesen. In den Schwarzwaldmooren übertrifft die Hasel die Kiefer wohl noch nach Stark, doch ist wie in unseren Juramooren der Anteil des Haselstrauches geringer, entsprechend der beträchtlicheren Höhe. In den Mooren der «Brévine» im Schweizer Jura konnte Spinner keine vermehrte Ausbreitung der Hasel verfolgen, was sehr merkwürdig ist.

Ueber das Alter der Haselphase gibt uns die Untersuchung der Silexfundstelle «Moosbühl» bei Moosseedorf (Kt. Bern) einigen Aufschluss. Am Südrand des ehemaligen Sumpfgebietes um den Moossee herum findet sich in 530 m Meereshöhe der «Moosbühl». Schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden dort «Steinaltertümer» gefunden (siehe Gummel, König, Nussbaum). Vor einigen Jahren wurde diese Station aufs neue durchforscht und eine beträchtliche Zahl Feuerstein-Artefakte, mehrere Tonscherben, einige Knochen- und Kohlenreste sind zum Vorschein gekommen. Die aufgefundenen Silexe sind älter als die benachbarten Pfahlbauten. Sie werden nach Viollier (nach brieflicher Mitteilung) ins Campignien verlegt, das den nordischen «Kjökkenmöddingern» gleichgesetzt wird. Diese Station ist insofern von grosser Wichtigkeit, da sie erstmals den auffallenden Hiatus überbrückt, der im schweizerischen Mittelland das Neolithikum von den Magdalénien-Kulturen (Palaeolithikum) trennt.

Ich habe in der Nähe der Fundstelle einige Proben gesammelt und pollenanalytisch untersucht. Die Proben sind stark sandig und die mikroskopische Durchsicht gestaltet sich höchst langwierig. Trotz der ziemlichen Pollenarmut lässt sich die Zuteilung der Proben in den Entwicklungsgang der Moore des Mittellandes doch feststellen. Die Probe aus der grob-kiesigen Schicht (40 cm) ergibt ein deutliches Vorherrschen der Hasel, neben wenigen Kiefern- und nur zwei Lindenpollen. Wir haben das Corylusmaximum. Die Probe aus der Kulturschicht (30 cm) ergibt wohl noch die Dominanz der Hasel,

doch verzeichnen die Lindenpollen schon grössere Werte, neben vereinzelten Kiefernpollen. Die Kulturschicht fällt somit in die ausklingende Haselzeit. Dadurch erhalten wir die erste einigermassen sichere Datierung des postglazialen Waldbildes. Die Waldfauna im Birstal, die Sarasin (1918) ins Azilien verlegt, fällt somit in das Ende der Kiefernzeit und die beginnende Ausbreitung des Haselstrauches.

Durch diese Datierungsmöglichkeit erhalten wir auch den ersten sichern Anschluss an die Chronologie für Skandinavien. Da das Campignien zufolge seiner Leitartefakte den Kjökkenmöddingern gleichgesetzt wird, so können wir auch das dieser Epoche entsprechende Stadium der Florentwicklung in Nordeuropa vergleichen. Nach Jessen (siehe in Gams-Nordhagen 1923) fällt die Epoche in die beginnende Eichenzeit, also genau wie im schweizerischen Mittelland, die den Anfang des Atlantikums ausmacht. Die Annahme verschiedener Forscher, unsere Eichenzeit als atlantisch im Sinne des Blytt-Sernander'schen Systems anzusehen, stimmt also zeitlich, der Klimacharakter der Gebiete ist dagegen kein übereinstimmender, wie wir im Abschnitt der Klimaänderungen sehen werden.

In der Haselzeit werden die xerothermen Arten ihre Hauptausbreitung erlangt haben, sie werden bis zu ihren heutigen Fundstellen vorgedrungen sein. Die einwandernden Laubbäume versperrten dann den Weg für eine weitere Ausdehnung, so wurden ihre Areale in der folgenden Perioden zerstückelt, bis im Verlauf der Entwicklung die heutigen isolierten Pflanzenkolonien abgeschieden waren.

4. Die Eichenmischwald- bezw. Fichten-Tannenzeit.

Im weitern Verlauf der Entwicklung konstatieren wir nun, dass die Hasel fast ebenso rasch zurückgeht wie ihr Anteil angewachsen ist, und dass an ihre Stelle der Eichenmischwald tritt. Dieser überholt die Hasel und behauptet während einer längern Entwicklungsperiode die Führung im Waldbild. Die Hasel verzeichnet anfänglich noch beträchtliche Werte, es ist wohl anzunehmen, dass der Haselstrauch als wesentlicher Bestandteil im Unterholz der Eichenmischwald-Vegetation noch einige Zeit fortbestanden haben muss. In der Mehrzahl der untersuchten Moore ist es die Linde, die von den drei Komponenten zuerst die grössten Prozente zu verzeichnen hat, um dann von der Ulme gefolgt zu werden. Nur in einigen Mooren war es die

Ulme, die den Eichenmischwald eingeleitet hat. Uebereinstimmend ist hervorzuheben, dass die Eiche erst in der zweiten Hälfte dieser Periode dominiert. Neu erscheinen die ersten Spuren der Buche, Fichte und Tanne. Der Eichenmischwald macht uns mit einem Waldbild bekannt, das gegenwärtig in unserm Gebiet und auch in den benachbarten Gegenden, wie alle Autoren der bisher publizierten pollenanalytischen Ergebnisse hervorheben, keinerlei Analogien findet. Ein Laubwald, in dem die Eiche, die Ulme und Linde in gleicher oder gar überwiegender Menge beigesellt sind, finden wir im schweizerischen Mittelland heute nicht mehr.

So liegen die Verhältnisse im schweizerischen Mittelland. Sie ändern sich je höher wir steigen und den Voralpen näher rücken. Die Moore der «obern Stufe» des Mittellandes zeigen, wie bei der letzten Besprechung schon hervorgehoben wurde, die Kombination der beiden Entwicklungstypen. In den Voralpen erfolgt nach der Vorherrschaft der Hasel die starke Ausbreitung der Fichte. Sie erobert sich die Vorherrschaft und schwächt den Haselanteil beträchtlich. Anfänglich wird der Haselstrauch noch ein wesentlicher Bestandteil der Untervegetation der Fichtenwälder gewesen sein. Die makroskopischen Funde, die Schröter (1904) anführt, unterstützen diese Ansicht. Er findet zahlreiche Fichtenreste, so z. B. in den Mooren von Einsiedeln über dem Untergrund «Stubben» von *Picea*, im Hochmoor von Altmatt 60 cm über dem Glaziallehm verkohlte Wurzelstöcke, auf dem hintern Geissboden auf dem Zugerberg ebenfalls Fichten-Holzreste, wie im Hochmoor Wachseldorn bei Heimenschwand, im Tellenmoos bei Escholzmatt, wo Fichtennadeln mit vereinzelten Haselnüssen gefunden wurden. Der Eichenmischwald ist in den Voralpenmooren mit nur geringen Prozenten vertreten, nur im Stauffenmoos erreicht er 13%, wo schon Schröter (1904, S. 375) das häufige Auftreten von Pollenkörnern der Linde konstatiert hat. Aus diesen geringen Werten können wir noch nicht schliessen, ob wirklich die Laubbäume in diesen Höhen (900 bis 1000 m) wuchsen, oder ob ihr vorhandener Blütenstaub durch den Wind aus den tiefern Lagen heraufgeweht wurde.

Die Tanne, die während der Vorherrschaft der Fichte einwandert, gewinnt nun an Boden, überholt den Fichtenanteil und führt in die folgende Phase über, die Tannenzeit. Dieser Periode entspricht im Mittelland immer noch der Eichenmischwald, in dem die Tanne

erst später auftritt. Der Einwanderungsweg in die Voralpenmoore war also von den eiszeitlichen Überdauerungszentren hinab in die Fichtenwälder der Voralpen. Hier haben wir eine neue Stütze der Annahme der Ansicht, dass die Tanne nicht vom Mittelland her in die Voralpen einwanderte, da sie in letzeren viel früher auftrat als in den Mooren des Mittellandes. In dieser Phase wandert die Buche in die Voralpen ein, mit einer deutlichen Verspätung gegenüber dem Mittelland, worin sich ihr Einwanderungsweg von der Ebene in die höhern Lagen auswirkt.

Im Jura verdrängt die Tanne die reinen Haselbestände durch ihre mächtige Ausbreitung. Der Eichenmischwald ist mit 5—13% vertreten, also sehr spärlich in den ausgedehnten Tannenforsten. Es sind in der Mehrzahl Lindenpollen, die ihn ausmachen, worauf schon Schröter (1904, S. 375) aufmerksam machte, und die frühe Einwanderung der Linde erkannte. Interessant ist es nun, die Einwanderung der Fichte zu verfolgen. Die grössten Werte und das früheste Auftreten konstatieren wir im tiefst gelegenen Moor von Bellelay (935 m), während ihr Anteil geringer wird und das Auftreten immer später erfolgt, je höher wir steigen, und je tiefer wir in die abgeschlossenen Längstäler eindringen. Hier liegt offenbar eine Einwanderung der Fichte von Nordwesten her vor. Es ist wohl anzunehmen, dass die Vogesen ein eiszeitliches Refugium für die Fichte darstellten. Die Untersuchungen der dortigen Torfmoore, die Erdtman besuchte, werden hierüber den Aufschluss geben können. Die Einwanderung der Buche aber erfolgt von Westen her, indem ihre Werte von SW-NO von 11—2% abnehmen, eine Tatsache, die sich mit den Ergebnissen des Mittellandes deckt, wo sich ebenfalls eine Einwanderung der Buche von Westen her erkennen lässt.

Hinsichtlich der Eichenmischwaldperiode sind wir in der Lage, ihre genaue Datierung im postglazialen Zeitschema anzugeben, da die Kulturschichten der neolithischen Stationen in diese Periode fallen. Durch den Vergleich der Resultate, die Neuweiler in unermüdlicher genauester Kleinarbeit durch Bestimmung der Holzproben erhalten hat, werden die pollenanalytischen Ergebnisse in mancher Beziehung vervollständigt. Die paläofloristische Untersuchungsmethode, die die Bestimmung möglichst vieler Reste vergangener Floren bezweckt, beruht wie die Pollenanalyse auf statistischer Grundlage. Die Resultate der beiden Wege können sich nun aufs

beste ergänzen, indem die Holzstatistik uns Auskunft gibt über das Vorhandensein derjenigen Bäume, die durch die Pollenanalyse nicht erfasst werden können *(Fraxinus, Populus, Taxus)*, andererseits aber gibt das Diagramm der pollenanalytischen Untersuchung das Bild der natürlichen Waldzusammensetzung (mit den nötigen Kautelen bezügl. der verschiedenen Pollenproduktion), das auf holzstatistischer Grundlage zufolge des selektiven Einflusses des Menschen kein ursprüngliches ist.

Die ältesten neolitischen Fundstätten sind Robenhausen, Weiher bei Thayngen und Niederwil bei Frauenfeld, sie gehören in das Voll-Neolithikum. Ihre Pollenspektren zeigen die Einwanderung der Tanne in die zweite Hälfte der Eichenmischwaldzeit. Auf eine zahlenmässige Datierung muss ich verzichten, da hierfür doch die Anhaltspunkte fehlen, obwohl Reinerth eine solche durchführt. Vergleichen wir mit diesem Ergebnis die Verhältnisse in den Voralpen und dem Jura, so finden wir, dass einerseits die Einwanderung der Buche in die Tannenwälder der Voralpen erst im Vollneolithikum stattfand und andrerseits gehört die zweite Hälfte der Tannenzeit der Juramoore in den Höhepunkt der Steinzeit. Damit stimmen die Resultate von Neuweiler (1925) überein, der vom Pfahlbau Weiher neben der reichlich vertretenen Esche vor allem Eichenreste bestimmt hat, dann folgen der Reihenfolge ihrer Häufigkeit entsprechend: Erle, Weide, Birke, Ahorn, Linde, Tanne. Die Esche, die durch die Pollenanalyse nur ganz sporadisch erfasst wird, muss also doch noch das Waldbild wesentlich beeinflusst haben, ohne aber diesem ein besonderes Gepräge verliehen zu haben; denn die Ausbreitung der Eiche war eine zu mächtige, als dass die schlanke Esche diese hätte verdrängen können.

Einen ganz übereinstimmenden Entwicklungsgang kennen wir von den Bodenseemooren, wo Stark (1925) eine Eichenmischwaldperiode herausschälen konnte, in der letzterer mit 79—82% vertreten ist und der Haselanteil auf 71% gesunken ist. Linde und Ulme wandern zuerst ein, um dann von der Eiche überholt zu werden. Buche, Fichte und Tanne sind in ihren ersten Spuren vertreten. In den schwäbischen Mooren konstatiert Bertsch ebenfalls das Auftreten der Eiche nach Ulme und Linde, die zusammen bis 51% des Pollenspektrums ausmachen. Im Erzgebirge und in den Ostalpen erfolgt genau der gleiche Entwicklungsgang, wie in unsern Voralpenmooren. Ru-

dolph-Firbas konnten nach der Ausbreitung der Hasel durchgehend eine Fichtenzeit verfolgen, in der der Eichenmischwald eine nur untergeordnete Rolle spielt. Im Erzgebirge wird diese dann von der Tanne abgelöst. Die Untersuchung der vollneolithischen Station am Kommerer See bei Brüx in Nordböhmen ergibt nach Rudolph (1926) die Eichenzeit während der Kulturperiode und die Fichtenzeit im Gebirge.

Die Diagramme aus dem Jura von Spinner stimmen in ihrem weitern Verlauf völlig mit unsern überein, wie diejenigen aus dem Schwarzwald von Stark, der eine ausgesprochene Tannenperiode mit 82% *Abies* nachweisen konnte. Während dieser Zeit wandert nach der Fichte auch die Buche ein, die zur nächsten Phase überleitet.

5. Die Buchenzeit.

Der fünfte Abschnitt der Waldentwicklung ist charakterisiert durch die beginnende Ausbreitung der Buche auf Kosten des Eichenmischwaldes bezw. der Tanne in den Voralpen und im Jura. Der anspruchsvolle Baum fand günstige Verhältnisse vor, und konnte sich daher rasch ausbreiten. Die Buche wurde der herrschende Baum des Waldes. Ihre Dominanz ist jedoch keine so markante mehr, wie die der führenden Waldbäume in den früheren Perioden. Einerseits ist die relative Waldarmut der ersten Entwicklungsabschnitte verschwunden und andrerseits ist die Pollenproduktion der Buche geringer als die der Nadelhölzer, wie sich im Pollenspektrum deutlich auswirkt. Da im Schatten der Buchen andere Bäume kaum gedeihen können, und da ihr Anteil am Gesamtpollenniederschlag doch ein sehr beträchtlicher ist, so müssen wir wohl annehmen, dass reine Buchenforste bestanden haben, dass aber ausserdem noch bedeutende Eichenmischwälder und vor allem sich ausdehnende Tannenforste vorkamen.

In den Voralpenmooren herrscht die Buche vor mit 30—41%, während die Tanne zurückgedrängt wurde und nur noch 12—30% verzeichnet. Berücksichtigen wir die geringe Transportfähigkeit des Buchenpollens und die Ueberlegenheit der Tanne bezügl. der Produktion des Blütenstaubes, so erkennen wir aus dem Verhalten der Buchenkurve in den Diagrammen, dass auch in den Voralpen die Buche eine grossartige Verbreitung besessen haben muss, die zu ihrer heu-

tigen Verbreitung in keinem Verhältnis steht. Die Buche bildet heute in diesen Höhenlagen nicht mehr die Bestände, die sie zur Buchenzeit gehabt haben muss.

In den Juramooren übertrifft die Buche nur in den beiden tiefstgelegenen Mooren den Anteil der Tanne, in den höher gelegenen Mooren sind die Anteile einander fast gleich. Ziehen wir die oben erwähnten Tatsachen auch hier in Betracht, so erkennen wir für den Jura ebenfalls eine markante Buchenperiode, in der die Buche eine weit allgemeinere Ausbreitung hatte, als es heute im Jura der Fall ist.

Ein ganz besonderes Interesse gewinnt die Buchenzeit durch die Möglichkeit ihrer genauen Datierung. Viele unserer trefflich untersuchten neolithischen Pfahlbauten fallen in diese Periode. In den Höhepunkt der Buchenausbreitung fallen die Kulturschichten von Wauwil und vom Burgäschisee. Die archäologischen Funde ergaben die Zuteilung zum späten Neolithikum. Wir finden somit für das Mittelland folgende wichtige Feststellung: Während des Früh- und Voll-Neolithikums gab der Eichenmischwald dem Landschaftsbild das Gepräge und während der jüngern Steinzeit herrschte die Buche vor.

Neuweiler (1924) kommt durch die Untersuchung einer stattlichen Zahl von prähistorischen Hölzern zur folgenden Ansicht: «Vom Neolithikum bis zur Römerzeit behaupteten in dem Laubwalde die noch heute beliebtesten und geschätztesten Hölzer die Herrschaft. Eiche, Buche, Esche, Erle herrschten bei Weitem vor. Hainbuche, Ahorne, Hasel waren in reichlicher Menge beigemischt. Ebenso durchsetzten ihn Birken, Weiden, Pappeln, Kirschbaum, Apfelbaum, Ulme. Ausserhalb des Waldes gediehen noch andere Bäume, wie Linden, Nussbaum und Kastanie, welche bereits im Neolithikum der Schweiz nachgewiesen und als autochthon anzusehen sind. Sie sind spontan eingewandert, nur eine weitere Kulturausbreitung und Bedeutung erlangten sie als Fruchtbäume des Menschen».

Das Bild, das auf die Zusammensetzung der vom Pfahlbauer benutzen Hölzer begründet ist, stimmt also mit dem durch die Pollenanalyse erhaltenen gut überein. Unter den hauptsächlichsten Waldbildnern ist es nur die Esche, die durch die Pollenanalyse vernachlässigt wird. Ihr Holz war mit den primitiven Werkzeugen der Pfahl-

bauer leicht zu bearbeiten, es ist gut denkbar, dass diese die Esche vor allen andern Bäumen aussuchten als das bevorzugteste Nutzholz. Damit ist aber noch nicht erwiesen, ob die Esche *(Fraxinus excelsior)* an der Zusammensetzung des neolithischen Waldbildes in wesentlicher Weise beteiligt war. Wir müssen wohl den selektiven Einfluss der Steinzeitmenschen berücksichtigen. Von den Nadelhölzern waren nach Neuweiler (1925) die Weisstanne der herrschende Vertreter, während nach der geringen Menge der Holzreste der Fichte dieser Waldbaum von der jüngern Steinzeit an nur selten vorkam. Die Ergebnisse der Holzuntersuchung stimmen mit denjenigen auf pollenanalytischem Wege erhaltenen vollständig überein.

Aus 1850 untersuchten Holzproben berechnet Neuweiler (1925) den prozentualen Anteil der Laubhölzer am prähistorischen Waldbild während des Neolithikums mit 86%, der Rest besteht vorwiegend aus der Weisstanne. Aus den Pollenspektren der Kulturschichten voll-neolithischer Stationen ergibt sich ein Anteil der Laubbäume *(Corylus* wird dazu gerechnet, um die genaue Vergleichung mit den Resultaten des obigen Autors zu ermöglichen) am Gesamtpollenniederschlag von ebenfalls 86%. Die Zusammensetzung der Pollenspektren der Uebergangsstationen vom Neolithikum zur Bronzezeit ergibt 85% Laubbäume. Die Uebereinstimmung mit den Resultaten Neuweilers ist eine ganz überraschende. Obwohl in den Pollenspektren die Esche nicht enthalten ist, die nach Neuweiler im Prähistorikum zu den häufigsten Waldbäumen gehörte, so stimmen die Resultate der Holzstatistik mit den Pollenbefunden hervorragend überein. Da an der Richtigkeit der pollenanalytischen Ergebnisse (wenn sie mit der nötigen Vorsicht gedeutet werden), heute kaum jemand noch zweifelt, können wir aus den obigen Tatsachen schliessen, dass der Esche nicht die bedeutende Rolle in der Zusammensetzung des prähistorischen Waldes zukommt, die ihr bisher beigemessen worden ist.

In den Bodenseemooren treten nach Stark die Erle und die Buche in die günstigste Phase ihrer Entwicklung, während der Eichenmischwald zurücktritt. Bertsch konstatiert durchgehend in seinen schwäbischen Mooren eine Buchenperiode, die den Eichenmischwald verdrängt. Diese ist dort aber etwas jünger. Während im Mittelland zum Ende des Neolithikums der Buchenwald herrschte, bedeckte in Oberschwaben noch ganz der Eichenmischwald die Ge-

gend. Die Spät-Bronzezeit fällt in die Ausbreitung der Buche, wie die Untersuchung der bronzezeitlichen Kulturschicht von der Wasserburg bei Buchau nach Bertsch (1926) ergeben hat. Wir haben hier einen weitern Anhaltspunkt für den Einwanderungsweg der Buche von Westen her.

Das Auftreten und die Ausbreitung der Buche im Erzgebirge spricht nach Rudolph-Firbas (1923) ebenfalls für ihre Einwanderung von Westen. Auf die Buchen-Fichtenzeit bei anfangs noch andauernder Fichtenvorherrschaft folgt die Buchen-Tannenzeit, wie in unsern Voralpenmooren. Während dieser Periode kam der Buche im Erzgebirge ebenfalls ein grösserer Anteil an der Waldzusammensetzung zu, als es heute der Fall ist.

Im Schwarzwald konstatierte Stark eine Tannen-Buchen-Periode, wobei der Anteil der Buche nahe an den der Tanne reicht. Der Entwicklungsgang ist ganz übereinstimmend mit dem der Juramoore, wie auch Spinner nachweisen konnte. Die Ausbreitung der Fichte erfolgt im Schwarzwald früher, zur Zeit des grössten Buchenanteils verzeichnet die Fichte schon 24%. Dadurch wird unsere Annahme der Einwanderung dieses Nadelbaumes von N in die Juramoore bestärkt.

6. Die Buchen-Tannen-Fichten-Zeit.

Bis zur Buchenperiode gestaltete sich der Entwicklungsgang in den verschiedenen Mooren des Mittellandes, der Voralpen und des Jura recht einheitlich, von da ab ist aber keine so weitgehende Uebereinstimmung im Verlauf der Baumkurven mehr zu erkennen. Die Konkurrenz der Waldbäume ist nun die grösste, es kämpfen Buche, Tanne und Fichte um die Vorherrschaft im Waldbild. Diese ist, je nach den einzelnen Standorten eine verschiedene. Da zudem die obersten Teile der Moorprofile ein rasches Moorwachstum zu verzeichnen haben, so sind die Beobachtungen nicht so zahlreich, wie in den früheren Etappen, und der geringen Pollenfrequenz zufolge sind die Ergebnisse nur mit einiger Vorsicht zu deuten.

Als einheitliche, gemeinsame Züge erkennen wir für das Mittelland: der Buchenanteil sinkt, an seine Stelle tritt die Tanne. In einigen Mooren überholt der Eichenmischwald die Buche, doch ist seine Zunahme sehr gering, so dass wir sagen können, er hält sich auf gleicher Höhe. Dasselbe gilt für die Kiefer, die Birke, die Erle

und die Hasel. Die Fichte, die in diesen Mooren meist erst zur Buchenperiode eingewandert ist, arbeitet sich nun beträchtlich empor, und überholt in einzelnen obersten Spektren die Tanne. Damit schliesst die Waldentwicklung ab, wir sind in das rezente Waldbild eingetreten. Da viele Moore schon oberflächlich abgebaut oder kultiviert worden sind, so fehlen uns meist diese obersten Spektren. Die Beobachtungen von Schröter (1904) bezüglich des Vorkommens der Tanne im Torf der Moore stimmen ganz mit unsern überein. Er fand ihre Reste nur in den peripherischen Schichten.

In den Voralpen tritt die Tanne an Stelle der Buche, von der letztere die Vorherrschaft übernommen hatte. Die Fichte, die während der Tannen- und Buchenzeit zurückgedrängt wurde und stellenweise nur noch mit 10% im Pollenspektrum vertreten war, erlangt wieder stärkere Ausbreitung. Fichte und Tanne verzeichnen in den obersten Proben einen einander fast gleichkommenden Anteil, bis sich zuletzt die Fichte die Dominanz erringt, was wir auch im heutigen Waldbild erkennen.

Im Jura können wir einen ganz entsprechenden obersten Verlauf der Baumkurven verfolgen. Ausschlaggebend ist die Tanne, die nach der Buche wieder der wesentlichste Bestandteil des Waldbildes ist. Ihr am nächsten kommt die Fichte, die sich zu beträchtlichen Werten aufarbeitet. Die obersten Proben verzeichnen einen starken Anstieg der Kiefernkurve, in dem sich das Endstadium der Entwicklung einzelnen Moore uns wiederspiegelt. Damit haben wir auch hier einen kontinuierlichen Uebergang in das gegenwärtige Waldbild.

Die Datierung dieser Epoche ist uns durch die beiden Bronzestationen «Riesi» am Hallwilersee und Schmiedmoos bei Thierachern gegeben. Auf Grund der reichen archäologischen Funde wurden diese der jüngsten Bronzezeit (Bronze IV) und dem Uebergang zur Eisenzeit zugeteilt. Das rekonstruierte Waldbild, das den Kulturschichten entspricht, ist ein ausgesprochenes Tannenspektrum. Die Tannenzeit, die die Vorherrschaft der Buche übernimmt, fällt also in die Zeit der Bronze und in die beginnende Eisenzeit. Einen weiteren wichtigen Anhaltspunkt der Chronologie gibt uns Neuweiler (1924). Er schreibt über die Fichte *(Picea excelsa* L.): «Zur Römerzeit, vielleicht schon etwas früher, stieg sie aus ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet herunter. Es sind weniger klimatische Faktoren,

als vielmehr die menschliche Einwirkung, welche dazumal schon einen tief greifenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Wälder ausübte. Ihre jetzige Verbreitung erlangte sie nach den grossen Rodungen im Mittelalter und verdankt sie der Nachwirkung derselben und der direkten Bevorzugung durch den Menschen.»

Dieses Ergebnis, zu dem Neuweiler auf Grund seiner Holzuntersuchungen gelangt ist, gibt sich in unsern Pollenspektren im Anstieg der Fichtenkurve deutlich zu erkennen. Die Ausbreitung der Fichte fällt somit in die Römerzeit, wodurch wir die Datierung der einzelnen Epochen bis in die historische Zeit durchführen können. Wir haben hier einen neuen Beweis dafür, wie sich Holz- und Pollenuntersuchungen ergänzen und mit der Zeit ein der Wirklichkeit immer näher kommendes Bild des prähistorischen Waldes geben können.

In den benachbarten Bodenseemooren fand Stark als letzte Entwicklungsphase eine Buchen-Tannenperiode mit starker Ausbreitung der Fichte. In einem einzigen Moor war ein sekundärer Kiefernanstieg zu erkennen. «Hier gelangen vielleicht allerjüngste schon durch kulturelle Einflüsse bedingte Entwicklungsverschiebungen zum Wort.» (1925, S. 107.) In den schwäbischen Mooren fällt nach Bertsch die Spätbronzezeit noch in die Buchenperiode, während zu dieser Epoche bei uns schon die Tanne vorherrschte. Dann erfolgte auch in diesem Gebiete die Ausbreitung der Tanne und zuletzt der Anstieg der Fichtenkurve. Sehr schöne Kongruenz mit diesen Verhältnissen fand Ruoff (in Gams, 1924) am Federsee, wo eine sekundäre Kiefernausbreitung den Fichten- und Tannenanstieg übertrifft.

In den Erzgebirgsmooren arbeitet sich nach Rudolph-Firbas nach der Buchen-Tannenzeit die Fichtenperiode heraus als Uebergang in das gegenwärtige Vegetationsbild, wobei die Moorkiefer die Moore von Neuem zu bewalden beginnt. Wir haben in diesen Mooren einen mit unsern Voralpenmooren in allen Teilen übereinstimmenden Entwicklungsverlauf.

Das Schlussglied in den Schwarzwaldmooren bildet nach Stark die Buchen-Tannen-Fichten-Periode mit einem sekundären Kiefernanstieg. In der Reihe der verschiedenen Entwicklungsphasen entspricht also jede einzelne denjenigen unserer Juramoore.

Die Klimaänderungen.

Die Möglichkeit postglazialer Klimaschwankungen wird heute nicht mehr angezweifelt. Für Skandinavien wurde auf Grund geologischer wie florengeschichtlicher Entwicklungsphasen ein allgemeingültiges Schema, die Perioden nach Blytt-Sernander, aufgestellt. Diese wurden von zahlreichen deutschen Forschern übernommen, und vielfach wird das System in Mitteleuropa nicht nur zur Erklärung der einzelnen Klima- und Vegetationsperioden, sondern auch zur Altersbestimmung herangezogen, es ist ein chronologisches Schema geworden, wodurch eine grosse Unklarheit entstanden ist. Es ist nun unsere Aufgabe, zu untersuchen, in welchem Masse auch in den Schweizermooren gleichlaufend Klimaänderungen zu beobachten sind, und inwieweit man diese den schwedischen Perioden parallelisieren kann. Dabei müssen wir beherzigen, was v. Post (1926, S. 34) sagt: «Auch aus diesem Forschungsgebiet muss die Schablone verbannt sein. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Klimawechselungen in verschiedenen Gebieten verschieden verlaufen sind und verschiedenartig gewirkt haben».

Die Behandlung der klimatischen Ansprüche der einzelnen Entwicklungsperioden bezieht sich nicht auf den Vergleich mit unsern heutigen klimatischen Verhältnissen, sondern nur auf die jeweils vorangegangenen Phasen. Wir sind noch lange nicht in der Lage, die verschiedenen Waldphasen mit unsern gegenwärtigen zu vergleichen, eine eventuelle Wärme-Zu- oder Abnahme lässt sich nur gegenüber der direkt vorausgegangenen Periode diskutieren.

Während der letzten, der Würm-Vereisung, herrschte zweifellos ein kalt-trockenes Klima. An pflanzlichen Funden haben wir nach Braun-Blanquet (1923) die kälte- und trockenheitertragenden Koniferen, die Birke und die Erle. Die Laubhölzer, die zur Interglazialzeit dominierten, fehlen gänzlich mit Ausnahme der anspruchslosen Birke und Erle. Auf den Rückzug der Gletscher folgte wohl anfänglich noch ein rauhes kalt-trockenes Klima, dem die Dryasfunde und das Auftreten von *Betula nana* entsprechen mögen. Es herrschte eine Tundrenflora- und -fauna, wie dies von Nathorst (1892) angenommen wird. Dann folgte der langsame Uebergang zur anfänglich trocken-warmen Postglazialzeit, deren erster Waldbildner die Birke war. Sie war der nächst vorkommende Baum, der sich demzufolge in der Umgebung der sich bildenden Moore und auf den mächtigen

Schuttflächen zuerst einstellen konnte, eine Erscheinung, die wir auf den Schutthalden in den Alpen vielfach verfolgen können. Die frühe Blühfähigkeit und die grosse Flugfähigkeit der Samen begünstigten ihre Ausbreitung gegenüber der sich ebenfalls einstellenden Kiefer. Aus den *Betula*funden allein lässt sich kein bestimmter Schluss hinsichtlich der Natur des früh-postglazialen Klimas ziehen. Da helfen uns die reichen zoologischen Funde, die Mandach (in Braun-Blanquet 1923) untersucht hat. In den paläolithischen Siedlungen des Schaffhauser Beckens, vor allem in der «Bsetzi» bei Thayngen fand er eine Steppenfauna. Wir dürfen wohl annehmen, dass im Früh-Magdalénien gegenüber der der ausklingenden Eiszeit unmittelbar folgenden Periode (Tundrenflora) eine Wärmezunahme erfolgt ist, während die Trockenheit fortgedauert hat. Dies mag den Uebergang von der Tundra zur Steppe bewirkt haben.

Es ist wahrscheinlich, dass in dieser Epoche eine Haupteinwanderung der östlichen Steppenpflanzen in das schweizerische Mittelland erfolgte. Sie haben sich in einzelnen Kolonien, sogenannten «Steppeninseln», erhalten können, so an den Molasse- und Deckenschotterhängen des Thurgaus und im westlichen Bodensee-Gebiet, in Süddeutschland an den trockenen Südhängen der Alb und der erloschenen Hegauvulkane, sowie um den Ueberlingersee herum. Ich erwähne von den Relikten, die sich in unserem Gebiet noch behaupten konnten nur *Cytisus nigricans*, *Potentilla canescens*, *P. micrantha*, *Thesium linophyllum*, *Anemone pulsatilla*.

Die Besiedlung der eisfrei gewordenen Gebiete in Nordeuropa erfolgte ebenfalls durch die Birke und die Kiefer, es ist die subarktische Periode im Blytt-Sernander'schen System. Ob wir aber diese Periode unserer Birkenzeit ohne weiteres gleichsetzen können, dafür haben wir noch keine Anhaltspunkte. Die zahlenmässige Datierung grenzt ganz ans Phantasiehafte, sodass wir unbedingt davon absehen müssen. Die Ansichten über die Dauer des Postglazials in der Schweiz sind sehr verschieden und gründen sich auf den Zuwachs von Fluss-Deltas, die aber eine ganz unzulässige Schätzung ermöglichen.

In der raschen Ausbreitung der Kiefer wirkt sich wohl eine Zunahme der Trockenheit gegenüber der Birkenperiode aus. Die Kiefer finden wir sowohl im kalt-trockenen Klima der Eiszeit wie zur warm-trockenen Postglazialzeit. Wir können also hinsichtlich des

Temperaturverlaufes im Uebergang von der Birken- zur Kiefernzeit und der nachfolgenden Haselphase nichts bestimmtes aussagen. Die Trockenheit dieser Periode scheint dagegen sehr wahrscheinlich. Im vorigen Abschnitt der Vegetationsänderungen haben wir die Einwanderung der xerothermen Elemente unserer Flora in die Kiefernzeit verlegt, zufolge ihres streng begrenzten, isolierten Auftretens in den zentralalpinen Föhrentälern. Mit Berücksichtigung der klimatischen Seite, der Annahme einer etwas ausgesprocheneren Trockenheit gegenüber der vorangegangenen Periode gewinnt diese Ansicht sehr an Boden. Die Einwanderung der xerothermen Arten ins Wallis und in die inneren Alpentäler, sowie des sarmatischen Florenelementes ins Unterengadin wurde durch das Klima der Kiefernzeit begünstigt. Auf Grund der pollenanalytischen Ergebnisse kommt man zum gleichen Resultat wie Braun-Blanquet (1917, S. 28) durch die Betrachtung pflanzengeographischer Erscheinungen: « Das damalige Klima dieser Gebiete (Föhrenbezirk der Zentralalpentäler) war wahrscheinlich etwas kontinentaler, braucht aber nicht wärmer gewesen zu sein als das heutige. »

Die grossartige Ausbreitung der Hasel, die auf die Kiefernzeit folgt, dokumentiert wohl den Höhepunkt der Kontinentalität des Klimas. In den Anfang dieser Haselperiode müssen wir die grösste Entfaltung der wärme- und trockenheitsliebenden Arten unserer Flora setzen. Wir dürfen aber kaum von einer « xerothermen Periode » im Sinne Briquets (1900) sprechen, der eine grössere Wärme gegenüber heute für diese Phase angenommen hat. Eine ganz geringe Zunahme an Trockenheit bewirkt oft schon sehr beträchtliche Veränderungen in der floristischen Zusammensetzung des betreffenden Gebietes.

Zu der gleichen Auffassung kommt Firbas (1927), der die Verbreitungs-Periode der pontischen Steppenpflanzen in Nordböhmen auch an die Spitze der postglazialen Waldentwicklung stellt. Stark (1925) führt den starken Anstieg der Haselkurve auf kontinentalen Charakter mit bemerkbarem Temperaturanstieg zurück. Reine Haselwälder, wie wir sie aus dem kontinentalen Osten kennen, haben damals auch bei uns bestanden. Für das Erzgebirge erkannten Rudolph-Firbas (1923), dass « die Haselzeit des Erzgebirges mit Wahrscheinlichkeit auf ein postglaziales Temperaturoptimum deutet », da die Haselgrenze damals höher lag. Inwieweit sich nun dieses

Klima der Haselzeit mit der borealen Periode von Skandinavien in Einklang bringen lässt, darüber können wir heute noch nichts sicheres aussagen.

Mit der Einwanderung der Laubbäume (Linde, Ulme, Eiche, Erle) in die Haselwälder und Kiefernforste des Mittellandes, wie der Voralpen und des Jura geht eine Veränderung des Klimas parallel, die wohl auf eine Zunahme der Feuchtigkeit zurückzuführen ist. Mit der maximalen Ausdehnung der Eichenwälder erreicht dann die Wärme ihren Höhepunkt. Ob es aber wärmer war als in der vorausgegangenen trockenen Haselperiode, darüber haben wir keine Anhaltspunkte. Wir können nur annehmen, dass das Klima zur Eichenmischwaldzeit warm und feucht war. Ein Trockenheitsmaximum ist ausgeschlossen, da die Vegetation wie zur Interglazialzeit eine durchaus mesophile Laubwaldgesellschaft ist. Als Zeugen einer wärmeliebenden Vegetation zur Eichenzeit haben wir Samenfunde aus der neolithischen Station Robenhausen, die von Heer (1866) und Neuweiler (1905) bestimmt wurden. Sie fanden folgende bemerkenswerte Pflanzen: *Silene* aff. *cretica* eine mediterrane Art, ein Kulturbegleiter (Unkraut), der der heutigen Schweizerflora fehlt, *Medicago minima* fehlt der dortigen Gegend und kommt erst an den trockenen Hängen, im Xerobrometum von Nord-Zürich vor (mit unter 100 cm jährlicher Niederschlagsmenge), *Prunus Mahaleb*, die Weichselkirsche, die heute nur im trocken-warmen Schaffhauser-Becken und in der Föhnzone am Walensee ihre nächsten natürlichen Standorte hat, *Trapa natans*, die heute der ganzen Nordschweiz fehlt, aber zur Eichenmischwaldzeit massenhaft vorkam, wie die reichen Funde an neolithischen Stationen beweisen. Aehnliche Funde wurden auch im Federseebecken gemacht (siehe Gams-Nordhagen 1923).

Firbas (1926) nennt das Voraneilen der Hasel, Ulme, Linde und Eiche vor der Buche und Tanne den « ariden Einwanderungstypus », der in allen Mooren am Nordrand der Alpen zu verfolgen ist. Da aber andrerseits von « aridem » Klima für Gegenden mit unter 200 mm jährlicher Regenmenge und grösserer Verdunstung als Niederschlagsmenge (nach Wiegner 1926, S. 48) gesprochen wird, so glaube ich, ist dieser Ausdruck zu vermeiden, da er zu stark die Trockenheit betont, die gegenüber der vorangegangenen Kiefernzeit zurückgegangen ist.

Ob wir nun die Eichenmischwaldzeit des Mittellandes, die Fichtenperiode der Voralpen und den Höhepunkt der Tannenzeit im Jura der atlantischen Periode im Blytt-Serander'schen System anreihen können, dafür liegen uns noch nicht genügend sichere Anhaltspunkte vor. Die Station Moosbühl bei Moosseedorf, die den Ausgang der Haselzeit im Pollenspektrum zeigt und von den Archaeologen auf Grund der reichen Silexfunde ins Campignien verlegt wird, gibt uns eine Vergleichungsmöglichkeit. Das Campignien wird den Kjökkenmöddingern in Skandinavien gleichgesetzt, die in den Anfang der atlantischen Periode fallen. Wir haben somit ein Anzeichen, dass die beiden Perioden wohl zeitlich einander entsprechen können, ob aber die gleichen Klimaverhältnisse geherrscht haben, ist noch eine offene Frage.

Sicher ist, dass der Schwemmtorf Neuweilers im Krutzelried nicht subboreal ist, wie Gams-Nordhagen (1923, S. 110) annehmen, und was Firbas (1926, S. 568) bestreitet. Da er in die Zeit der grössten Ausdehnung der Eichenmischwälder fällt, ist er wahrscheinlich frühatlantisch.

Die auf die Eichenzeit einsetzende Ausbreitung der Buche deutet wahrscheinlich auf ein Ungünstigerwerden des Klimas hin, auf eine mögliche Zunahme der Feuchtigkeit. Herrschte zur Eichenmischwaldzeit ein mehr kontinentales Klima, so dürfte zur Buchenzeit mit der beginnenden Einwanderung der Tanne dagegen eine Verschlechterung des Klimas namentlich im Sinne zunehmender Feuchtigkeit einsetzen. In die Eichen-Buchenzeit fällt nach Braun-Blanquet (1923) die Einwanderung des atlantischen Florenelementes. Die Einstrahlung atlantischer Arten nach Mittel- und Süddeutschland und in das Mittelmeergebiet ist durch einen auffallenden Hiatus getrennt, der die Alpen und das schweizerische Mittelland, sowie die schwäbische Hochebene umfasst. Grössere Ausbreitung in der Schweiz haben an Arten atlantischen Ursprungs nach obigem Autor nur *Ilex*, *Tamus*, *Calluna*, *Potentilla sterilis*, *Primula acaulis*, *Lysimachia nemorum*. Im schweizerischen Mittelland waren die klimatischen und edaphischen Bedingungen für die atlantische Einstrahlung wenig günstig. Gams (1924) verlegt die Einwanderung der Eibe in die Eichenmischwaldzeit, wie die der Tanne. Erstere hätte dann somit als Baum mit ozeanischen Ansprüchen in der Buchenzeit ihre grösste

Ausbreitung gehabt. Damit stimmen die Funde Neuweilers aus den spät-neolithischen Stationen gut überein, aus denen er eine beträchtliche Verbreitung der Eibe rekonstruiert hat.

Den Anstieg der Tannenkurve in den Diagrammen und das Wachstum des jüngern Moostorfes in den Moorprofilen können wir wohl als eine Folge zunehmender Feuchtigkeit deuten, die der « postglazialen Klimaverschlechterung » entsprechen mag. Inwieweit aber damit eine Hochwasserkatastrophe verbunden war (vergl. Gams-Nordhagen 1923), die die Pfahlbauer zum Verlassen ihrer Wohnstätten zwang, das entgeht unseren Ergebnissen. Diese «Postglaziale Klimaverschlechterung », die so oft zitiert wird, speziell in urgeschichtlichen Arbeiten (vergl. König 1926), drückt sich in den pollenanalytischen Resultaten nicht so katastrophal aus, als oft angenommen wird. Eine geringe Zunahme der Luftfeuchtigkeit kann schon bedeutende Aenderungen im Waldbild hervorgerufen und kann die Ausbreitung der Buche und Tanne begünstigt haben.

In Skandinavien folgt auf das maritime Klima der atlantischen Zeit die subboreale, trocken-warme Periode. Diese wird nun in Mitteleuropa nach Stark (1925) dem Tannenmaximum, nach Spinner (1925) der grössten Ausbreitung der Buche gleichgesetzt. Von einem subborealen Klima in schwedischem Sinne (also trocken-warm) können wir zweifellos nicht reden, da diese Zeit der Verbreitung feuchtigkeitsliebender Bäume entspricht. Die Zeitzuteilung stimmt indessen mit unserer Chronologie, da diese Periode in die jüngere Steinzeit und den Uebergang zur Bronzezeit fällt, der Klimacharakter scheint nicht der gleiche gewesen zu sein.

An das Ende der Bronzezeit wurde bis jetzt allgemein eine katastrophale Klimaverschlechterung gesetzt mit starken Niederschlägen, Anstieg der Alpenrandseen, Wachstum der Moore, Bildung neuer Seen, es ist der Beginn der subatlantischen Zeit im Blytt-Sernanderschen System nach Gams-Nordhagen (1923). Wäre nun eine solche wirklich vorhanden gewesen, hätte eine plötzliche Aenderung stattgefunden, so müssten sich deren Spuren sicher auch im Pollenspektrum erhalten haben, was aber nirgends der Fall ist. Eine maximale Ausbreitung der Fichte, die einen solchen Temperaturumschwung andeuten könnte, ist keineswegs vorhanden, im Gegenteil, die Fichte beginnt sich in der subatlantischen Zeit erst langsam aus-

zubreiten. Wie weit der Mensch bei dieser Ausbreitung die Hand im Spiel hat, lässt sich nicht genau ermessen.

Die skandinavische Eisenzeit fällt in die subatlantische Periode von Blytt-Sernander, in der Schweiz fällt die Eisenzeit mit der Ausbreitung der Fichte in den Buchen-Tannenwäldern zusammen. Stark (1924, 1925) setzt die Buchen-Tannen-Fichten-Periode, Bertsch (1926) die ältere Hallstattzeit, Spinner (1925) die Ausbreitung der Fichte der nordischen subatlantischen Klimaperiode gleich. Auch hier sehen wir, dass die Zeitzuteilung wohl gerechtfertigt ist, dass aber von einer generellen Uebereinstimmung des Klimas in verschiedenen Gebieten nicht gesprochen werden kann. Für eine Zunahme der Trockenheit in neuerer Zeit gegenüber der zunehmenden Feuchtigkeit im nordischen Subatlantikum sprechen folgende pflanzengeographische Tatsachen:

Wir konstatieren nach Braun-Blanquet (1923) ein deutliches Zurückweichen der atlantischen Arten an ihrer östlichen Verbreitungsgrenze. Für die Schweiz erwähnt derselbe an atlantischen Arten, die heute zu den seltensten Schweizerpflanzen gehören: *Anarrhinum bellidifolium*, am Ende des 18. Jahrhunderts noch an zahlreichen Stellen gesammelt, heute nur noch an einer einzigen Fundstelle bekannt, *Pilularia globulifera*, von einer einzigen Stelle im Berner Jura bekannt, *Sarothamnus scoparius*, der auf der Nordseite der Alpen zur Seltenheit geworden ist, *Digitalis purpurea*, nur noch auf französischem Gebiet im Jura, bei uns als Gartenflüchtling. Der gleiche Rückgang des atlantischen Florenelementes ist auch aus Deutschland bekannt. Wir können diese Erscheinung auf klimatische Ursachen zurückführen. Seit der maximalen Ausbreitung der Buche und der Tanne nimmt die Feuchtigkeit ab, während die Trockenheit bis heute im Zunehmen begriffen ist. Diese Ansicht wird noch durch zwei Beobachtungen gestärkt, die wir in den Pollendiagrammen machen können. Die frostempfindliche Tanne ist im Zurückgehen begriffen, was wir allerdings nur in den Untersuchungen verfolgen können, in denen das ungestörte, vollständige Moorprofil erhalten war. Die Buche ist ebenfalls im Abnehmen, wobei aber die menschlichen Einflüsse nicht ausser Acht zu lassen sind, die auch ihren Anteil an der Erscheinung haben.

Diese Tatsachen stehen nun allerdings im Widerspruch mit der Annahme einer allgemeinen Klimaverschlechterung am Ende der Bronzezeit, sie stützen aber die folgenden floristischen Beobachtungen, deren Ursachen wohl auch klimatischer Natur sind. Braun-Blanquet (1913) hat auf das allgemein zu verfolgende Aufwärtswandern von Blütenpflanzen in die nivale Stufe aufmerksam gemacht. Er konnte durch die Aufzeichnungen verschiedener Botaniker eine Bereicherung der Gipfelfluren in den letzten Jahrhunderten nachgewiesen werden, die heute noch andauert. Er schreibt S. 331: « Wenn irgendwo, so müsste eine (heutige) Verschlechterung des Klimas und damit der Vegetationsbedingungen wohl zuerst an den äussersten Grenzen der Vegetation, in der Nivalstufe, bemerkbar werden. Wie wir indes gesehen, hat manche Art ihre äusserste klimatische Grenze noch nicht erreicht, und bei vielen Arten besteht sogar eine deutliche Neigung, ihr Areal nach oben auszudehnen. Diese Tatsachen sind mit einer Klimaverschlechterung in historischer Zeit im Sinne des Kälterwerdens nicht vereinbar. »

Eine andere Erscheinung ist das erneute Vordringen gegen Norden gewisser Compositen, Leguminosen, Gramineen mediterranen Ursprungs. Auch sind die sarmatischen und mediterranen Arten heute in steter Ausbreitung begriffen, wie die Untersuchungen von Christ, Nægeli, Braun-Blanquet, Kelhofer, u. a. gezeigt haben. In den Pollenspektren konstatieren wir die Ausbreitung der Fichte. Im Mittelland ist diese nicht so ausgeprägt, da die obersten Schichten der Moorprofile meist vernichtet sind. In den Voralpen und im Jura dagegen ist der Anstieg der Picea-Kurve sehr deutlich. Dieser ist zwar, wie schon erwähnt wurde, sehr wohl auch dem menschlichen Einfluss zuzuschreiben, soweit es die Moore des Mittellandes betrifft. In den Voralpenmooren dagegen dürfte die Ursache klimatischer Natur sein. Wir finden die grösste Ausbreitung der Fichte einerseits in der durch Trockenheit ausgezeichneten Fichten-Tannen-Periode der Voralpen und des Jura und andererseits in den rezenten Pollenspektren. Darin ist, wie es deutlich scheint, auch die wachsende Trockenheit angedeutet, die wir durch die obigen pflanzengeographischen Tatsachen zu stützen versucht haben.

Die Ursachen der einzelnen Perioden der postglazialen Waldgeschichte wurden schon auf Sukzessionen zurückgeführt. Auf die Lichtarten: die Kiefer und die Komponenten des Eichenmischwaldes

(Linde, Eiche, Ulme) folgten die Schattenarten: Buche und Tanne, das ist durchwegs zu konstatieren, dass aber nun Sukzession die einzelnen Phasen bewirkt haben konnte, dagegen spricht der schöne Synchronismus in allen untersuchten Mooren. Es gab sicher klimatische Unterschiede in den einzelnen Phasen, inwieweit diese aber von den heutigen klimatischen Bedingungen verschieden waren, das entgeht noch unsern bisherigen Ergebnissen.