

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Institut Rübel (Zürich)
Band: 26 (1952)

Artikel: Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals
Autor: Welten, Max
Kapitel: Das Spätglazial und das Finiglazial (Präboreal)
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307752>

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: 21.01.2026

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

Das Spätglazial und das Finiglazial (Präboreal)

(Abschnitte I—IV)

a) Würmeiszeit und Rückzugsstadien

Bevor die Ergebnisse unserer Untersuchungen dargelegt werden, sei versucht, die Verhältnisse der Eiszeit, soweit sie auf unsere Gegend Bezug haben, zu skizzieren. Wir stützen uns dabei auf allgemeine Anschauungen und die Arbeiten von Beck (z. B. 1937, 1938), Staub (1948), Nußbaum (1906), Genge (1948, 1949).

Der Hauptvorstoß der Würmeiszeit (bei uns Würm I) brachte den Rhonegletscher nach Walliswil-Wangen a. d. Aare (unterhalb Solothurn), den Aaregletscher mit seiner Stirn bei Bern an den Rhonegletscher in der Höhe der Gurtenmoränen oder nach neuen Untersuchungen noch etwas höher (Gurtenstadium), den Simmegletscher an der Porte bei Wimmis an und auf den Kandergletscher und von da als linke Flanke des Aaregletschers das Gürbetal hinunter gegen Bern.

Die Spiezerschwankung oder das Interstadial Würm I/Würm II gilt als kräftige, aber wahrscheinlich kurze Rückzugsbewegung, die den Rhonegletscher ins Genferseebecken (oder Rhonetal?) zurückbrachte, den Aaregletscher nach Spiez (also in den untersten Teil unseres engeren Untersuchungsgebietes), den Simmegletscher wohl weit hinauf ins Obersimmental. Weite Gegenden unseres Untersuchungsgebiets, selbst die untern Tallagen, waren damals eisfrei.

Der zweite Vorstoß der Würmeiszeit (Würm II) ließ den Rhonegletscher bis Solothurn, den Aaregletscher bis Bern (Bernstadium, Schoßhaldenstadium, evtl. auch Muri-Stadium) vorrücken, den Simmegletscher aber nur noch bis Weißenburg (zuoberst im Niedersimmental), während der Diemtigtalgletscher zum Simmental hinaus reichte. Während des Würm II-Stadiums war also das Simmental zwischen Weißenburg und Oey eisfrei. Die Depression der Schneegrenze betrug wie bei Würm I ca. 1200 m.

Welche Tiefe der Rückzug des Interstadials Würm II/Würm III erreicht hat, wissen wir nicht. Es ist wohl möglich,

ja wahrscheinlich, daß das Abschmelzen zwar bedeutend, der Rückzug der Hauptgletscher aber unbedeutend war.

Der dritte Vorstoß der Würmgletscher ist in seinem Charakter sehr umstritten. Die Bezeichnung Würm III nach Penck und Brückner ist zwar fallen gelassen, zum Teil heute aber wieder aufgenommen worden. Staub bezeichnet das Rhonegletscherstadium von Moudon etwa als Würm III. Andererseits stehen wohl die ältesten der Rückzugsstadien, «Bühl», z. T. solchen Würm III-Stadien nahe. Wir stellen nach dem heutigen Stand der Erkenntnis fest: Den zwei Haupt-Würmstadien folgten Rückzüge und wieder Vorstöße mittleren Ausmasses, die bald als Würm III, bald als Bühl, bald als Spätwürm bezeichnet werden. In diesen Bereich fallen die Gletscherstände des Rhonegletschers bei Moudon und bei Palézieux, wohl auch im Genferseebecken, diejenigen des Aaregletschers bei Jaberg-Wichtrach, Thun, derjenige des Simnegletschers an der Garstatt (hart unter Zweisimmen) und des Diemtigtalgletschers bei Oey. Die mittlere Schneegrenzensenkung betrug 900 m, schwankt aber stark (700—1000 m).

Das Interstadium, das diese älteren Stadien von den jüngeren trennt, soll einen starken Gletscherrückzug aufweisen und anspruchsvollere Vegetation gesehen haben. Wir identifizieren heute dieses Interstadium mit dem sog. Alleröd des Nordens. Wir werden diesen Abschnitt ausführlich betrachten.

Als letzten wesentlichen Vorstoß bezeichnen wir heute das Stadium Schlern-Gschnitz, das man vielfach als Schlußvereisung der eigentlichen Würmeiszeit gegenüberstellt. Dieser selbständige Charakter wird zwar von vielen angezweifelt. Wir müssen auch darüber durch Tatsachen Näheres zu erfahren versuchen. Die Moränen des Gschnitzstadiums liegen für den Rhonegletscher nach Beck (1937) am oberen Ende des Genfersees, nach Staub (mündlich) zwischen Siders und Leuk, diejenigen des Aaregletschers nach Beck bei Brienz, resp. Ringgenberg-Interlaken am Brienzersee, nach älteren Quellen bei Innertkirchen. Der Simnegletscher stand zu jener Zeit in der Gegend von Lenk zuhinterst im Haupttal, der Diemtigtalgletscher (Filderichgletscher) auf dem Mittelberg zuhinterst im Tal. Für das Gschnitzstadium gilt, daß die Hauptgletscher in der Mehrzahl ihre dominante Stellung infolge viel kleineren Nährgebietes eingebüßt haben und daß die

Gschnitzvergletscherung in zahlreichen Kleingletschern bestand bei einer mittleren Schneegrenzendepression von 600 m.

Als *Daunstadium* bezeichnen wir einen möglicherweise jüngeren Gletschervorstoß mit einer Schneegrenzendepression von ca. 300 m, der sich entsprechend nur in hohen Lagen geltend machte. Nach Beck findet sich die Stirn des Rhonegletschers bei Martigny, die des Aaregletschers bei Innertkirchen, nach andern bedeutend höher oben. Der Aletschgletscher soll in diesem Stadium das Haupttal der Rhone erreicht haben.

Es sei im allgemeinen noch ausdrücklich betont, daß eine solche Darstellung der glaziologischen Verhältnisse noch immer stark im Schematischen steckt und noch vieler unvoreingenommener Prüfung bedarf. So sind z. B. die Autoren des Saane- und des Diemtigtalgebietes der Auffassung, daß mindestens drei Bühlstadien mit immer kleinerer Schneegrenzendepression nachzuweisen sind, und daß diese den Endmoränenlagen und den Schneegrenzendepressionen nach fast gleitend in diejenigen des Gschnitzstadiums übergehen (daß sich also Bühl und Gschnitz bloß zeitlich und in nur geringem Maße klimatisch unterscheiden lassen).

b) Leitgedanken

Auf der Suche nach der Verknüpfung der Pollendiagramme mit den glaziologischen Erscheinungen waren folgende Leitgedanken maßgebend:

1. *An jeder beliebigen Lokalität unseres Untersuchungsgebietes müssen sich die tiefgreifenden Einflüsse der klimatischen Depressionen der Gletschervorstöße nachweisen lassen*, falls die Untersuchungen nach der Tiefe genügend ausgedehnt und sorgfältig durchgeführt werden. — Uns dienten als Aufschlüsse stets nur Bohrungen mit dem schwedischen Kammerbohrer. Man darf in diesem Falle nie vergessen, daß jede Bohrung im allgemeinen sofort aufhört, wo sich starke Widerstände einstellen. Mächtige Grobsandlagen kann man von Steinwiderständen beim Bohren unterscheiden. Bei Steinwiderständen kann man aber nie direkt entscheiden, ob es sich um eine zufällige Einschwemmung oder um fluviatile Geschiebe oder um Moräne handelt. Oft läßt sich durch angestrengtes Bohren ein Widerstand überwinden; oft entscheidet eine

zweite Bohrung über den Charakter des Hindernisses; oft auch ergibt erst der Vergleich mit den Diagrammen anderer Oertlichkeiten einige Auskunft; endgültig kann aber auch so nicht über die Frage, ob Geschiebe oder Moräne, entschieden werden. Unsere Überlegung sagt uns freilich, daß bei Objekten, die nach der Orographie des Geländes und den heutigen Wasserlaufverhältnissen nicht im Laufe eines größeren Gerinnes liegen (bei starkem Wasserzufluß auch in genügender Entfernung vom Einlauf) mächtige Einschwemmungen nur als Folge des Abschmelzens von Eis oder Höhersteigens der Schneegrenze und entsprechenden Erscheinungen des Tauens auftreten können. In solchen Fällen steht dann das erreichte Geschiebe der entsprechenden Glazialerscheinung zeitlich nahe und kann praktisch als ihr Ausdruck gewertet werden. (Diese Abschmelz-, Tau-, und Abschwemmungserscheinungen in vegetationslosem Gebiet haben indessen auf dem Gebiete der Geländeformung große Bedeutung.)

In bezug auf die «Sorgfalt» der Untersuchung sei vorausgeschickt, daß diese wesentlich von der Bohrtechnik und Probeentnahme, von der Aufbereitungsarbeit und -methode, vom Stand der Pollenkenntnis und von der Ausdauer in der mikroskopischen Untersuchung abhängt. In diesem Zusammenhang darf auf die oft ungeheure Zähigkeit alpiner Spätglazial- und Finiglazialschichten hingewiesen werden, die die Verunreinigungen von oben herunter stark reduziert (es sei denn, daß infolge zu großer Zähigkeit nur kleine Stücke einer 50 cm-Kanne durch stets neues Einfahren heraufgeholt werden müssen, wodurch die Verunreinigungsmöglichkeit wieder erhöht wird.) Was die Aufbereitung und Analyse betrifft, haben wir in den letzten Jahren Fortschritte erzielt und glauben, auf dem heutigen Stand der Forschung anderwärts angelangt zu sein, wissen aber genau, daß schon die nächsten Jahre Fortschritte erzielen werden und versuchen müssen.

2. *Bei der Untersuchung von Profilen vom Vorland durch die Täler und die Voralpenregionen hinauf bis in die heutige alpine Region müssen die Pollendiagramme der spätglazialen Klimabesserung entsprechend immer später einsetzen.* Bei Vorliegen einer genügenden Zahl guter Untersuchungen muß der Zusammenhang mit den Rückzugsstadien der Vergletscherung alsdann in die Augen springen.

Im ersten Moment erscheint die Frage, ob ein Objekt im Bereich der Vergletscherung oder im Bereich sommerlicher Ausaperung gelegen habe, ausschlaggebend. Sie steht aus verschiedenen Gründen nicht im Vordergrund: Einmal liegt die große Mehrzahl unserer Objekte überhaupt nur im Vergletscherungsgebiet selbst. Das rührt daher, daß die meisten Objekte ihre Entstehung Moränenwällen verdanken oder aber der Abdichtung einer schon vorhandenen Mulde durch glaziale Feintone. Dann aber scheint das glaziale Klima eine so tiefgreifende Verschlechterung der Vegetationsbedingungen gebracht zu haben, daß von einem Gürtel anspruchsvollerer Vegetation zwischen Hauptgletscher und Schneegrenze nichts zu finden ist. Diese Aperzone fehlte im inneren Simmental im Würm I ganz, da sich z. B. am Bruchpaß die Gletscherhöhe auf 1470 m, im mittleren Diemtigtal auf 1300—1400 m nachweisen läßt, während die entsprechend reduzierte Schneegrenze (1200 m unter 2700—2650 m) auf 1400—1500 m gelegen haben dürfte. Die sonnigen Apergebiete stellten also nivale Schutt- und Felsfluren dar. Daran muß man denken, wenn man die Möglichkeit des Überdauerns gewisser Pflanzenarten im Alpeninnern in Erwägung ziehen will. Am Alpenrande bei Thun lag diese Vegetationszone zwischen 1100 und 1300 m und hatte doch wohl nur den Charakter dürftiger alpiner Vegetation. Ob zu dieser Zeit die eisfreien Gebiete unter 1100 m im Vorland subalpine Vegetation mit dem Charakter ärmsten Alpenwaldes trugen, ist heute noch nicht sicher entschieden, aber bereits recht unwahrscheinlich. Zur Zeit der Würm II- und Bühl-Stadien im weitesten Sinn, mag eine wohlentwickelte alpine Vegetation diese Aperzone eingenommen haben. Soweit Talgletscher vorhanden waren, stand aber auch nur das Gebiet zwischen 1200/1300 m und 1500/1700 m zur Verfügung, während die vallekularen Wanderwege im Alpenvorland noch gesperrt waren. Schließlich wird die Bedeutung dieser Vegetationszone noch wesentlich dadurch eingeengt, daß sie zu einem guten Teile aus Felsstandorten und Steilhalden bestand, die unter dem glazialen Wärme- und Niederschlagsklima ungewöhnlich litt. Diese Verhältnisse haben auch in eis- und schneefreien Mulden und Tümpeln wenig oder so schotterreiche Sedimente bedingt, daß sich solche Objekte bei unserer heutigen Handbohrmethode im Alpengebiet kaum von eisbedeckten Objekten unterscheiden.

Überlegung und Erfahrung lehren, daß nur eine größere Zahl von untersuchten Objekten Klarheit verschaffen kann. Es bestehen doch lokale Einbettungsdifferenzen für Sedimente und für Pollen, Zufälligkeiten und Störungen bei noch so sorgfältiger Wahl des Bohrpunktes, individuelle Verschiedenheiten im Verhalten und Abschmelzen jedes Gletschers, örtliche Besonderheiten (z. B. Toteisbildungen, die in den Alpen bis in die Postglazialzeit hinein bestimmenden Einfluß auf die Ablagerungen in Mulden gehabt haben dürften.)

c) Einzelergebnisse

Vielbringen (Abb. 2)

Diese Lokalität liegt außerhalb unseres engern Untersuchungsgebietes im Aaretal zwischen Rubigen, Muri und Worb auf 565 m Meereshöhe hart vor den bekannten Aaregletschermoränen des Muristadiums. Das Gebiet wurde also nach dem Schoßhaldenstadium der Würm II-Vergletscherung eisfrei. Die große Nähe der Moränen des Muristadiums dürfte massive Einschwemmungen bedingt haben, die heute einen deutlichen Bohrwiderstand darstellen. Ein solcher wurde beim Bohren auf 5,5 m Tiefe noch nicht erreicht, ist nach dem Pollendiagramm aber bald zu erwarten. Auf die Übereinstimmung der Ergebnisse mit Faulensee wurde schon 1944 hingewiesen (Welten 1944, S. 85).

Die Mergelgyttjen von 550—470 cm sind fast pollenleer. Föhrenpollen ist als einziger Gehölzpollen zu finden. Unter den NBP überwiegt *Artemisia*; daneben sind Cyperaceen, Chenopodiaceen und *Helianthemum alpestre* vertreten. Wir betrachten die Föhrenpollen dieses Abschnittes als nicht ortseigen und schreiben sie besonders dem Fernflug aus dem unvereisten Vorfeld des Mittellandes zu, wenn sie nicht sogar zur Hauptsache als Sekundärpollen zu betrachten sind. Die Gegend von Vielbringen trug Pioniergesellschaften und magere alpine Rasen, an Ufern wohl erste Flachmooranflüge.

Im Abschnitt 470—320 cm ist die Mergelgyttja pollenreicher. Im untern Teil nehmen die Krautpollen stark zu, nicht nur absolut, sondern auch an Artenzahl: Gräser, Kompositen, Caryophyllaceen; *Plantago* erscheint, zuerst in den Arten *montana* und

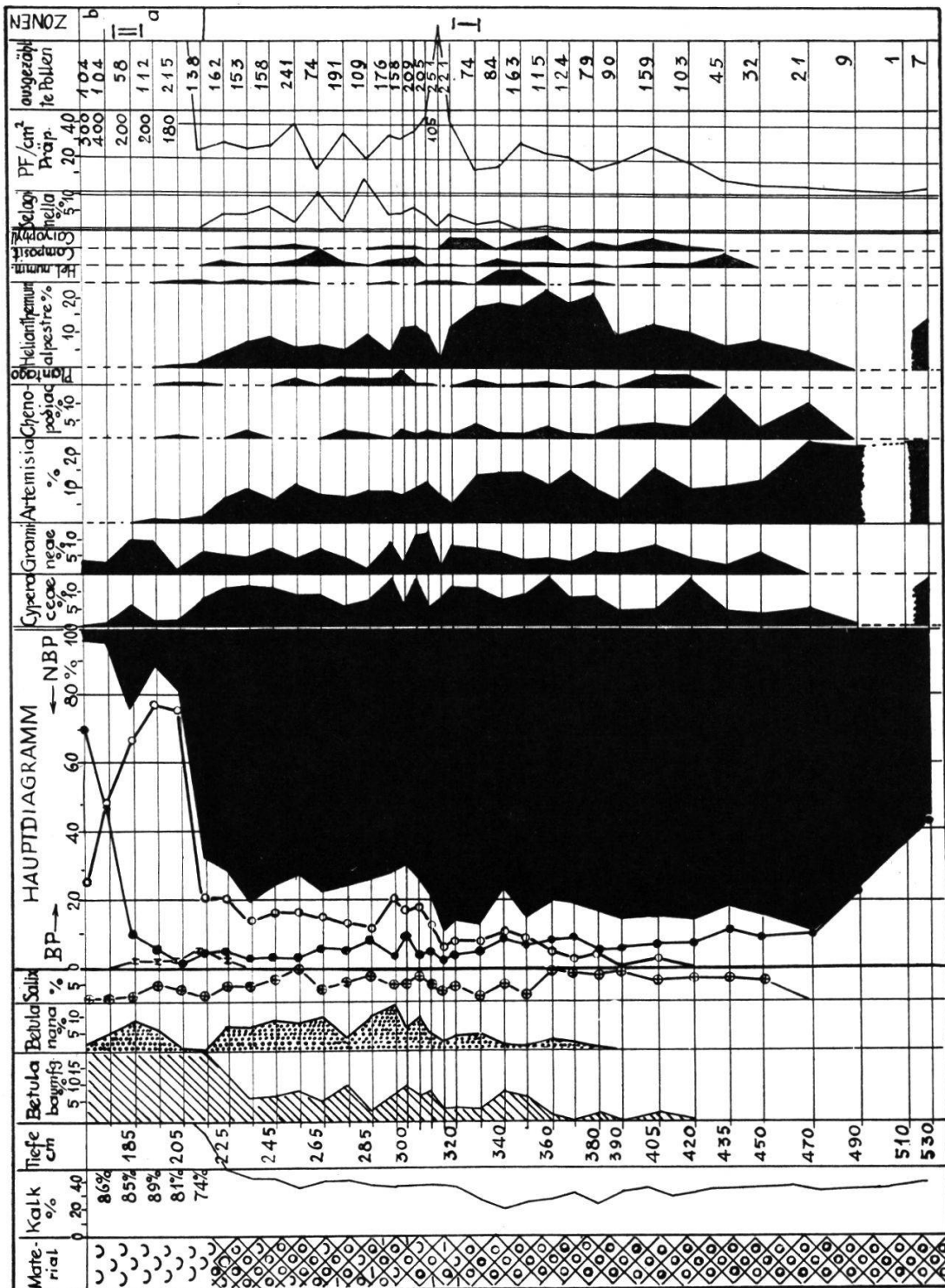


Abb. 2. Vielbringen (565 m), hart außerhalb der Moräne des Muristadiums des Aaregletschers. Text S. 28.

alpina, ab 350 cm in den Arten *lanceolata* (?) und *montana*. Einen besondern Aufschwung nimmt *Helianthemum alpestre*, dem sich im oberen Teil auch *Hel. nummularium* beigesellt. Früh schon stellen sich Weiden ein (Artzugehörigkeit unbekannt, jedenfalls im oberen Teil Strauchweiden), später Zwergbirken und wohl ab 360 cm die ersten ortseigenen Baumbirken.

Um 360 cm Tiefe erkennen wir am Rückgang der (Pionier-?) Weiden, am Anstieg der baumförmigen Birken (Einwanderung?), am Auftreten von *Helianthemum nummularium* und *Selaginella selaginoides*, sowie an der erhöhten Pollenfrequenz eine leichte Klimabesserungsphase des frühen Spätglazials (in bezug auf die Wertung von *Selaginella* vergl. Welten 1950a). Gleich darauf macht sich um 330 cm eine Depression geltend (Baumbirkenrückgang, NBP-Zunahme, Pollenfrequenzabnahme).

In einer Tiefe von 320 cm verändert sich die Vegetation ziemlich sprunghaft: die Baumpollenfrequenz verdoppelt sich absolut und relativ, Cyperaceen und Gramineen erreichen mehrfach besondere Tiefstände, *Artemisia* und *Chenopodiaceen* gehen auf zwei Drittel ihres Prozentwertes zurück, *Helianthemum alpestre* auf einen Drittel, *Helianthemum nummularium* und *Caryophyllaceen* verschwinden fast, Kompositen und *Plantago* (worunter jetzt *P. lanceolata* u. *P. media* und *Selaginella* sind stärker vertreten, Kalkgehalt und Pollenfrequenz nehmen stark zu, die Detritusbestandteile des Sediments werden auffällig zahlreich. Es handelt sich offensichtlich um eine kräuterreiche Parktundra. Deren immer noch zahlreiche Pionierarten sind vermutlich mit dem verstärkten Toteisabschmelzen in Zusammenhang zu bringen.

Oberhalb 270 cm wird die Entwicklung zweimal wieder leicht rückläufig. Kalkgehalt, Detritusbestandteile, *Plantago* gehen zurück, Cyperaceen und Gramineen, aber auch *Artemisia*, die beiden *Helianthemum*-Arten und die Kompositen nehmen zu. Die NBP-Frequenz zeigt zwei neuerliche Maxima, wovon das zweite intensiver ist. Wir betrachten den Abschnitt 270—215 cm als Abschnitt der Stagnation und teilweisen Rückbildung der Parktundra.

Mit 215 cm beginnt ein überstürzter Anstieg der Pollenfrequenz des BP-Prozents (Baumbirken! dagegen Rückgang der Zwergbirken und Weiden), des Kalkgehalts des Sediments (zu

Seekreide). Gleichzeitig gipfelt mit nur niedrigem Gipfel von 5% *Hippophaë*. Der Birkenwald hat von der Gegend Besitz ergriffen. Die knappe Entwicklung läßt eine dichtere Probeentnahme als wünschenswert erscheinen. In den paar Proben kommt immerhin zum Ausdruck, daß die sowieso noch nicht ganz geschlossene Waldformation bei 185 cm eine Lichtung wohl infolge eines klimatischen Rückschlages erfährt; selbst Pollenfrequenz und Kalkgehalt gehen zurück und *Betula nana* tritt wieder hervor.

Von 175 cm an breitet sich die Föhre rasch aus und führt zur Kiefernzeit mit einem ausgesprochenen Kulminationspunkt der Pollenfrequenz und des BP-Prozents ganz am Anfang (wie es ähnlich schon aus dem Faulenseemoos beschrieben wurde: Welten 1944).

Unsere ältern, nicht so intensiven Untersuchungen ergeben eine mächtige Kiefernzeit im Seekreideabschnitt von 185 bis 35 cm. Darin sinkt die Birke mit kleinem Nachgipfel bei 150 cm allmählich bis auf 1% bei 100 cm ab, um von da an sogleich wieder zum sekundären Birkenanstieg bei 50 cm mit dem beachtlichen Prozent von 22% anzusteigen. Schon bei 80 cm findet sich ein kleines Haselvorgipfelchen von 5%, während der eigentliche Haselanstieg erst in der Gyttya bei 30 cm erfolgt (begleitet von den ersten EMW-Spuren). Die Kalkgehaltsbestimmungen wurden leider nach oben nicht weitergeführt, weil die Seekreide durchgehend rein weiß war; einzig bei 120 cm wurde im Analysenprotokoll die Anmerkung »mit einer Spur Ton« angebracht.

Die obern Teile sind fast auf dem ganzen Moor durch Abtorfung, Ausebnung und Kulturmaßnahmen vernichtet.

Wir halten den Beweis nicht für erbracht, jedoch die Vermutung für berechtigt, hart unter unsern tiefsten Proben befänden sich Ablagerungen aus dem Ende der Würm II-Vergletscherung (Muri-Stadium). Wenn man mit unsern Lokalgeologen Bühl und Gschnitz fast gleitend ineinander übergehen lassen und sie nur zeitlich trennen will, so bietet der Diagrammabschnitt von 400 bis ca. 100 cm den geeigneten Rahmen dafür, und es läge dann auf der Hand, das Interstadium kurz oberhalb 210 cm zu suchen. Die darüberliegende Depression um 150 cm Tiefe entspräche dann der sog. Schlußvereisung. Wir vermuten deßhalb um 200 cm das Inter-

stadial, dem im Norden Alleröd entspricht. (Diese Parallelisation muß uns noch eingehend beschäftigen.)

Burgäschisee (465 m)

Nur zur Vervollständigung des Bildes aus dem Alpenvorland sei auf dieses bereits publizierte Diagramm verwiesen (Weltens 1947). Es ist freilich nicht so ausführlich untersucht und dargestellt worden, wie es heute wünschenswert erscheint. Da das Gebiet vor den maximalen Würm II-Moränen des Rhonegletschers liegt, dürfte das Diagramm im Vergleich mit Vielbringen noch etwas weiter zurückreichen. Die dem Alleröd entsprechende Klimabesserung sehen wir in 2 m Tiefe ausführlicher und als typische Gytta-Phase im Profil Burgmoos bei 1530 cm Tiefe. Die relativ knappe Entwicklung der folgenden Klimadepression muß später diskutiert werden.

Auf die in der genannten Publikation geäußerte Vermutung, die scheinbare Klimabesserungsphase am Grund des Profils bei 13 m könnte dem nordischen Alleröd entsprechen, muß hier noch kurz eingetreten werden. Ich nannte die Schwankung neutral Burgäsch-Schwankung. Ich bin heute, durch Iversen (mündlich und schriftlich) und Firbas (mdl. u. Firbas 1949, S. 76) überzeugt, der Auffassung, daß die anspruchsvolleren jener Pollen an dieser Stelle sekundär sind, halte es aber immer noch nicht für ausgeschlossen, daß sie aus einem kurz vorher beendigten Interstadial stammen, wofür in diesem Fall am ehesten die Spiezer-Schwankung in Frage käme. Der Frage sollte durch Tiefbohrung weitere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Es könnte sich ja durchaus auch nur um umgelagerte Riß/Würm-interglaziale Pollen handeln.

Faulenseemoos (590 m)

Als tiefstgelegenes spätglaziales Profil des Simmentals sei noch kurz das schon genannte von Faulensee erwähnt. Es wird gegenwärtig durch Nachuntersuchung auf die Höhe der Zeit gebracht. Ich unterschied dort einen ältesten und wohl der ersten lokalen Eisentblößung entsprechenden Kiefern-Weiden-Abschnitt, dann einen relativ kurzen Helianthemum-Weiden-Abschnitt und schließlich den Birken-Weiden-Abschnitt. Man erkennt aus den Diagram-

men unschwer die Lage eines ersten Klimabesserungsabschnittes (Profil XII um 1395 cm mit Hippophaë-Spur; Profil XI um 1350 cm; Profil X um 470 cm; Profil VIII um 350 cm); das Alleröd dürfte mit dem Hippophaë-Gipfel beginnen.

Da Faulensee hinter den beiden Stadien von Jaberg und Thun liegt, die nach Beck in den Bühlbereich fallen dürften, ist das Eisfreiwerden im Alleröd zu erwarten, wie es ähnlich schon Gams (schriftl.) erwähnte. Der Nachweis scheint heute erbracht (siehe später), daß Faulensee früher eisfrei wurde, womit erwiesen ist, daß auch Stadien oberhalb Spiez zu Bühl zu rechnen sind (z. B. Interlaken).

Was die Birken- und Kiefernzeit betrifft, sei ausdrücklich auf die Arbeit über das Faulenseemoos verwiesen, wo die klimatischen Schwankungen dieser Abschnitte ausführlich besprochen und belegt sind.

Egelsee ob Diemtigen (990 m)

Niesen und Simmenfluh bilden zusammen mit der Burgfluh hinter Wimmis den bekannten engen Talausgang, der den Namen Porte trägt. Als erstes schönes und ungemein günstig gelegenes Moorgebiet hinter der Porte treffen wir an der Vereinigungsstelle des Simmen- und Diemtigtals auf der Terrasse des Diemtigbergli den Egelsee mit einem mehrere hundert Meter langen Hochmoorgebiet, das heute zur Hauptsache von Sumpfföhren bewachsen ist. Es liegt in einer Gipstrichterzone hinter einer großen Würm I-Seitenmoräne des Simmengletschers. In bezug auf den Simmegletscher liegt also das Seelein ähnlich, wie der Burgäschisee in bezug auf den Rhonegletscher. Sehr nah kamen dem Egelsee allerdings der Würm II-Gletscher des Diemtigtals und der bis Oey reichende Bühlgletscher.

Die ganze langgestreckte Mulde zwischen See und Diemtigbergli-Terrasse erreicht rund 700 m Länge und meist ca. 100 m Breite (im seenahen Drittel 150 m). Gut die Hälfte vom See an gerechnet stellt eine Mulde (Gipstrichter?, Senkungsgebiet?) dar, mit 7—8 m Gytja, Flachmoortorf und Hochmoortorf. Gegen den See hin findet sich eine Schwelle mit rund 4 m Torftiefe. Der schwarze Egelsee dürfte ein Einsturztrichter sein, dem westwärts noch weitere trockene Trichter folgen.

In der mittleren Hauptmulde wurde eine Bohrung ausgeführt, die die kiefern- und birkenzeitliche Seekreide zwischen 713 und 766 cm Tiefe feststellte. Die Bohrung konnte in den weidenzeitlichen Schichten ohne allzugroße Schwierigkeiten (irgendein nennenswerter Zufluß zum Seegebiet fehlt!) bis 1175 getrieben werden, wo ein undurchdringlicher Steinwiderstand Halt gebot. Als Novum wurde hier bei 860 cm ein ausgesprochener Farbwechsel konstatiert, indem der kalkreiche untere Mergel braungraue Färbung zeigte, der kalkärmere obere Mergel aber die typische blaugraue Seemergelfärbung. Wir vermuten, daß entweder Toteis- und Bodenfrosterscheinungen den untern Teil so beeinflussten, daß er zeitweiligen Luftzutritt hatte, bzw. nur Teile des Jahres unter Wasser lag, oder daß plötzliche (?) Senkungs- oder Einsturzercheinungen die Bohrstelle dauernd unter Wasser brachten. Möglicherweise sind beide Ursachen gleichzeitig an der Arbeit gewesen, so z. B. daß Tieftauen und Abschmelzen von Toteismassen (in einer Klimabesserungsphase) zu unterirdischen Auswaschungen und daherigen Senkungen führten. Diesen Farbwechsel habe ich nur noch einmal beobachtet, auf Obergestelen in 1815 m Höhe am Beginn der Kiefernzeit, also ebenfalls anläßlich einer ausgeprägten Klimabesserung. Birken- und Kiefernzeit liegen in einer nur 50 cm mächtigen, fast reinen Seekreideschicht.

Leider hat sich das vielversprechende Material als heillos pollenarm (1—3 Pollen/cm²) und stark verunreinigt durch verschleppten oder sekundären Pollen erwiesen. Ich muß deshalb vorläufig auf eine ausführliche Darstellung verzichten und nur folgende Punkte festhalten: Der Diagrammverlauf ist demjenigen von Burgäschli ungemein ähnlich, wenn man gewisse Gegebenheiten des alpinen Standorts berücksichtigt. Die klimatisch günstigere Partie unterhalb der Birkenzeit ist gekennzeichnet durch höheres NBP-Prozent mit besonderem Maximum um den Farbumschlag bei 860 cm. Die klimatisch ungünstigeren Partien hart unter dem Farbumschlag und am Grund zeigen betonte Kieferndominanz, die wohl von Fernflug und Sekundärpollen herrührt. Die Birke verhält sich verblüffend ähnlich wie im Burgäschli, nur ist sie in den oberen Teilen viel schwächer vertreten als dort. In der regressiven Phase zwischen Farbumschlag und Birkenzeit steigen die für längere Zeit fast verschwundenen Gramineen- und Cyperaceen-Pollen wie-

der auf 20% des Gesamtpollens an. Die Klimabesserungsphase beim Farbumschlag zeigt einige Ericaceen-Tetraden, vermutlich von *Arctostaphylos*.

Chutti (929 m) bei Boltigen (Abb. 3).

Nördlich vom Dorfe Boltigen (ebene Talstufe auf 820 m Höhe) steigen Dorffluh und Kuttlerenwald als steile und zur Hauptsache bewaldete Kalkflühe auf rund 1000 m Meereshöhe an. Dahinter befindet sich ein kleines, fast schluchtartiges Tälchen von 100 bis 200 m Breite. Darin befindet sich ein kleines z. T. fichtenbestandenes Flachmoor, das Chutti. Gleich dahinter steigt das Gelände abermals steil und felsig an und senkt sich unterhalb des Dörfchens Adlemsried nochmals leicht zu einem langgezogenen Tälchen, das seine Fortsetzung im Taubental findet. In dieser oberen Senke liegt das gleich nachher zu besprechende Flachmoor Chrome (990 m ü. M.). Diese beiden Moore gehören zu den tiefstgelegenen innert der Porte und haben deshalb besonderes Interesse. Nach der geltenden Ansicht der Geologen wurden beide vom Würm II-Simme-gletscher überfahren, waren aber zur Zeit der Bühlstadien eisfrei.

Das Chutti bildet heute ein ca. 250 m langes und an der breitesten Stelle ca. 50 m breites Flachmoor, das im Hauptteil Fichten-Birken-Eschenwald trägt. Gegen Süden wird es von der 90 m hohen Fluh des Kuttlerenwaldes überragt, die durch Verwitterung die Südhälfte des Moores je und je mit Blöcken übersäte. Die dritte hier durchgeführte Bohrung zeigte folgenden stratigraphischen Aufbau: 650 cm Steinschrot-Widerstand. 650—578 cm grau-blaue Mergelgyttja (650—630 cm kalkreicher als weiter oben). 578—550 cm Seekreide mit gelegentlichen Übergängen zu Kalkgyttja (deshalb auch mehrfache Jahresschichtung, doch nie über weitere Strecken); darin eingeschlossen 568—563 cm dunkle Gyttjazwischenschicht. 550—511 cm grauweiße Seekreide mit wenig Ton und 2 Steinchen bei 538 und 525 cm. 511—509 cm rötliche Seekreide. 509 bis ca. 500 cm Gyttja-Sumpfdy. Darüber wässriger Walddorf, der gegen die Oberfläche stellenweise in Hypnum- und Radizellentorf, ganz selten in Sphagnumtorf übergeht; auch dieser weist aber bis zu oberst immer wieder gelegentlich Holz auf.

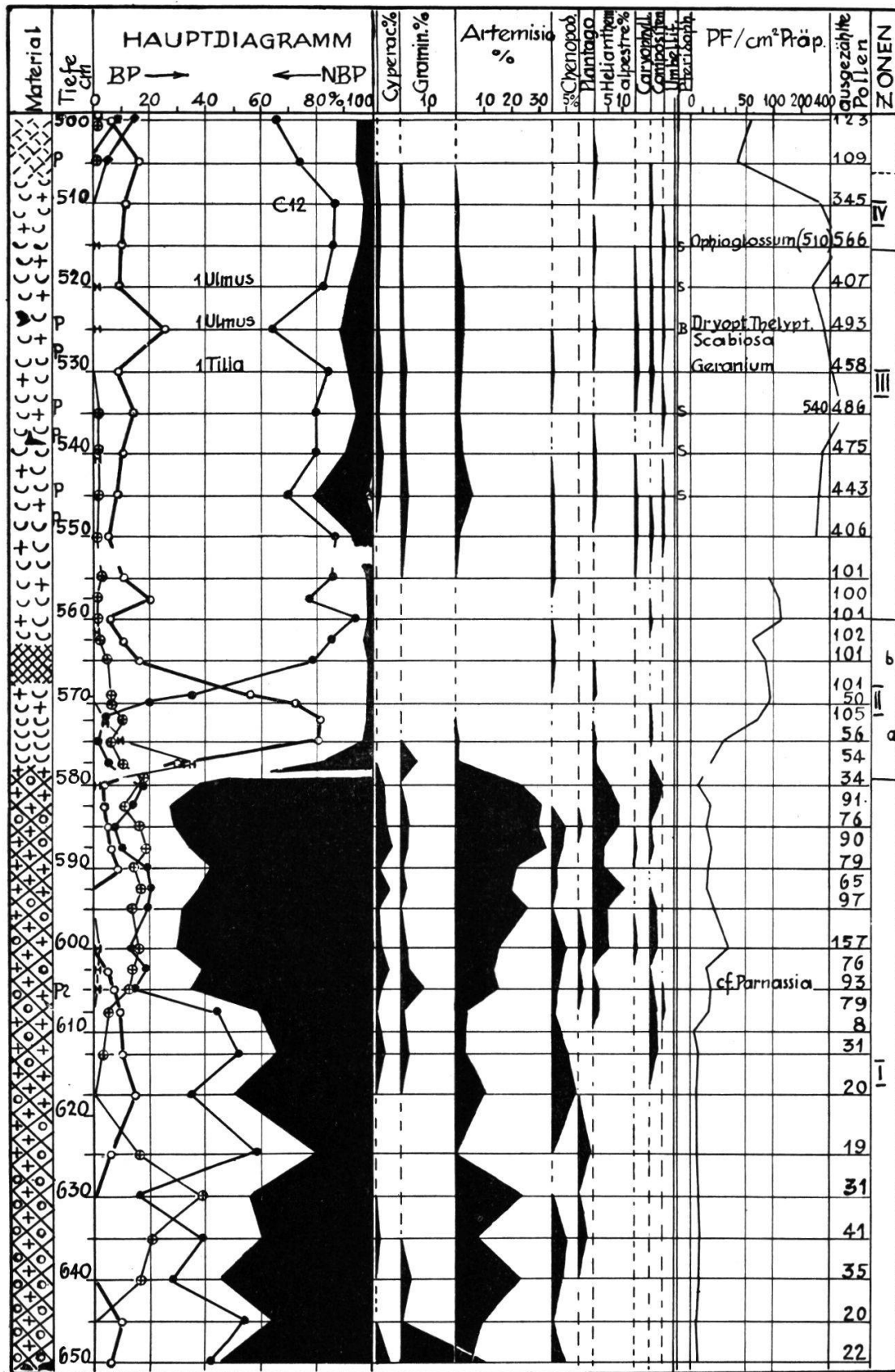


Abb. 3. Chutti bei Boltigen (925 m); zur Zeit des Würm II-Stadiums eisbedeckt, in den Bühlstadien eisfrei. (Der Abschnitt 555—577 cm entstammt einer ältern Untersuchung mit einfacherer Aufbereitungsart und eher extensiver Untersuchung; vergl. Abb 4). Text S. 35.

Der spätglaziale Abschnitt kennzeichnet sich wieder durch hohe NBP-Prozente; sie sind auffallenderweise nicht so hoch wie im Spätglazial von Vielbringen. In der Mitte dieses Spätglazialabschnittes liegt zwischen 605 und 600 cm eine Zone mit zahlreichen deutlichen Zeichen einer Klimabesserung. Darüber sind die NBP stärker vertreten, indem dort Gramineen und Cyperaceen, ganz besonders aber Artemisien eine wichtige Rolle spielen. *Helianthemum alpestre* und Kompositen spielen nur im jüngsten Teil dieses Spätglazialabschnittes eine Rolle. *Betula* zeigt im mittlern klimatisch offenbar günstigeren Abschnitt die stärkste Vertretung des Spätglazialabschnittes (610—625 cm vermutlich sekundär oder Fernflug), *Salix* erhält eben hier einen Entwicklungsstoß. Nur noch einmal am Grunde und einmal gegen das obere Ende erscheinen nennenswerte *Betula*-Spuren. Das Ende des günstigeren Mittelabschnittes ergab eine *Pinus*-Schließzelle (?) und einige *Hippophaë*-Spuren, auch *Umbelliferen*-pollen und cf. *Parnassia*.

Auffällig ist hier, daß die Pollenfrequenz die klimatische Entwicklung zuverlässiger anzuzeigen scheint, als die BP-Kurve. Wir werden der Erscheinung noch mehr begegnen. Um so wichtiger ist in solchen Fällen eine intensive qualitative Analyse. Die Zukunft findet darin noch große und lohnende Aufgaben.

Der Abschnitt 577,5—555 cm entstammt einer älteren Untersuchung aus dem Jahre 1943, bei der die Aufbereitung einfacher gehalten worden war (PF geringer!) und den NBP geringere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Er ist typisch entwickelt, ist aber hier nur als Verbindungsstück gedacht und ist im folgenden Diagramm vom Chrome ausführlich zu finden.

Die Kiefernzeit zeigt die bekannte typische Depression der Walddichte in der Mittelpartie 550—520 cm. Auch die Doppelgipflichkeit der Depression ist typisch. *Artemisia* hat, wie das Diagramm Chrome zeigt, nie ganz ausgesetzt, steigt aber auf einige Prozent an. Ähnlich tun es fast alle Kräuter. Selbst *Selaginella* tritt sporadisch auf, einmal *Botrychium lunaria*. Bei 525 cm findet sich ein sonst nirgends so ausgeprägter *Betula*-Gipfel; man braucht diesem keine so große Bedeutung zuzumessen, da *Betula* auch heute in dem geschützten, warmen, jedoch schattigfeuchten Tälchen besonders zusagende Wuchsorte findet. Die in diesem Depressionsgebiet auftretenden *Pinus* (?) -Schließzellen sind schwer

zu deuten: Falls sie wirklich von *Pinus* stammen, halten wir ihr Vorkommen in einem klimatischen Depressionsgebiet entschieden als Schädigungserscheinung durch Trockenheit, Toteisabschmelzen, Stürme oder torrentielle Niederschläge, Hagel, Schneebruch. Diese Schäden führten, wie das NBP-Prozent angibt, nicht etwa zu einer Vernichtung des Föhrenwaldes, hingegen zu einer Lichtung. Das Vorkommen von *Selaginella* spricht auch dafür, nicht für das Eintreten alpiner Verhältnisse; *Selaginella* kann man auch heute mitten im Fichtenwaldgebiet auf Lichtungen um 1200—1300 m antreffen.

Die Zunahme der Vitalität des Föhrenwaldes zwischen 520 und 510 cm kommt im Diagramm klar zum Ausdruck. (Über *Pinus silvestris* vgl. Chrome.) Wenn auch das Absinken der Pollenfrequenz bei 505 cm zur Hauptsache durch den Materialwechsel bedingt ist, so deuten doch der sekundäre Birkengipfel, die *Pinus*-Schließzellen und der Haselanstieg auf einen beginnenden Abbau des Föhrenwaldes. Eine kurz dauernde Klimadepression vor dem Beginn der postglazialen Wärmezeit ist möglich, hier aber nicht nachweisbar.

Die Deutung, die wir der Entwicklung geben, ist folgende: 650—578 cm älteres Spätglazial, 578—560 cm Alleröd. Die jüngere Dryas findet sich um 560—515 cm. Ende Bühl (der Bühlgletscher war in nur 5 km Distanz!) findet sich bei 578 cm. Das Präboreal beginnt bei ca. 515 cm.

Chrome (990 m) bei Taubental (Boltigen) (Abb. 4).

Zum erstenmal greift hier die Mergeleinschwemmung über die übliche Grenze des frühen Spätglazials (*Hippophaë*anstieg) hinaus, andeutend, daß subglaziale Verhältnisse bis ans Ende des *Hippophaë*-Abschnittes gereicht haben (relativ offene Vegetation). Der ältere spätglaziale Abschnitt ist mit rund 450 cm mächtiger entwickelt als anderswo, wohl entsprechend der Orographie des Geländes (weite, z. T. flache, z. T. steile Einhänge gegen Adlemsried). Die Bohrung mußte bei 950 cm in sandigem Material abgebrochen werden und enthält daher nur das Ende des untersten Abschnittes im Diagramm Chutti.

Die Erscheinung der relativen Verschwommenheit des Spätglazialabschnittes muß am Schluß der Besprechung der Einzeldiagramme behandelt werden. Erhöhte Pollenfrequenz, Reichhaltig-

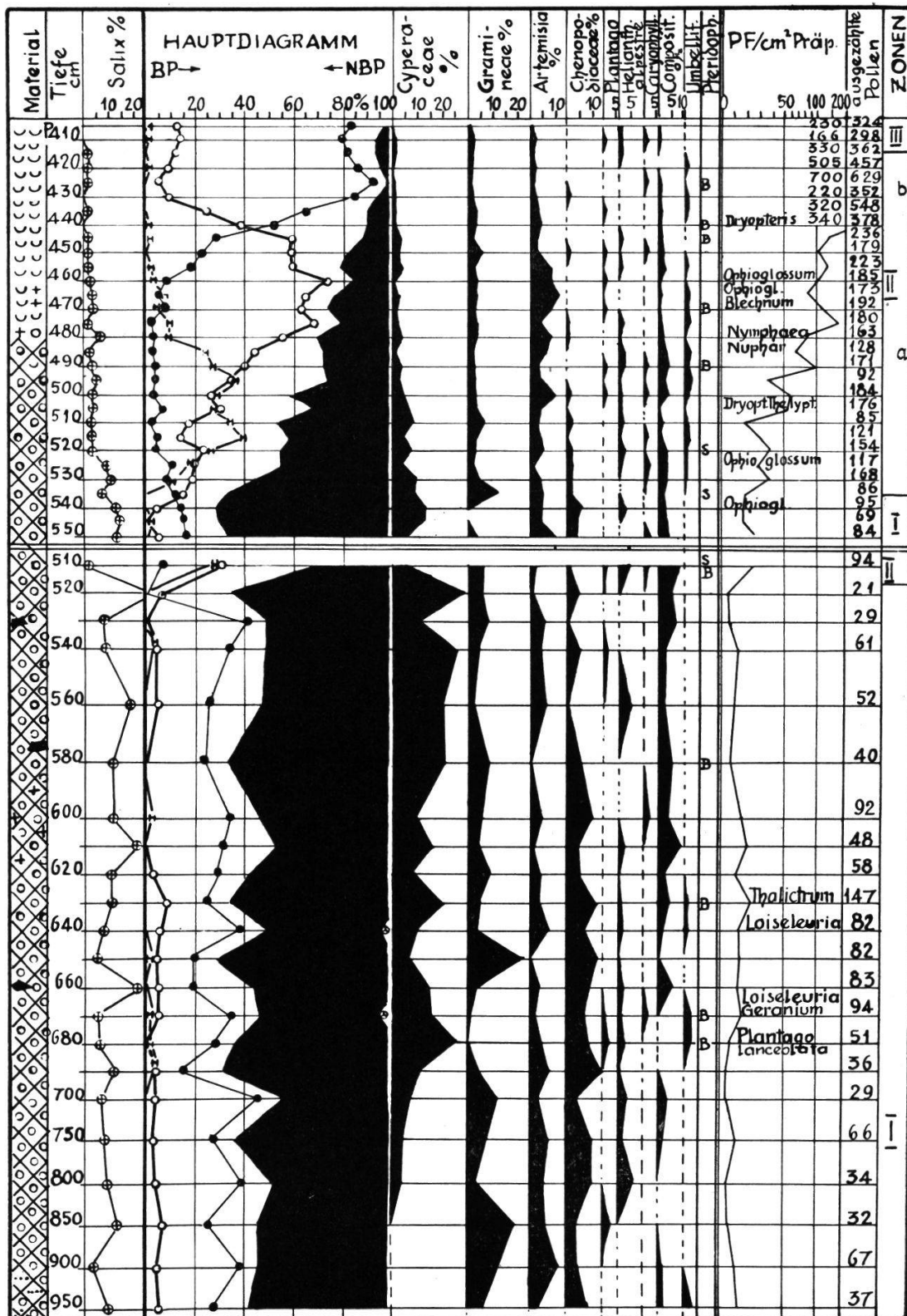


Abb. 4. Chrome, Taubental ob Boltigen (990 m) (in nächster Nähe des vorigen). Moräne nicht ganz erbohrt! Text S. 38.

keit der Krautpollen und Hippophaë lassen aber doch einen günstigen Klimaabschnitt zwischen etwa 700 cm und 630 cm deutlich zu Tage treten (*Plantago lanceolata*, *Geranium* und *Thalictrum* seien besonders erwähnt.)

Besonderes Interesse weckt hier der Hippophaë-Birken-Abschnitt. Deutlicher als anderswo erkennen wir, daß er die Bedeutung eines Übergangsabschnittes hat vom frühen Spätglazial zum ersten Klimakulminationspunkt im Alleröd. In mustergültiger Weise verdrängt Sanddorngebüsch zuerst das subarktische Weidengebüsch. Alsdann arbeiten sich darin die Großbirken (Zwergbirken scheinen keine nennenswerte Rolle gespielt zu haben) herauf und bilden lichte Bestände, während der Sanddorn zurückgeht. Schließlich arbeiten sich die Föhren empor. Erst jetzt ist der Wald dicht und krautarm geworden. Nur allmählich gehen also die spätglazialen Rasen in dieser Höhe in Gebüsch und Parkformation über. Für einen bemerkenswerten Stand der Klimabesserung sprechen die Seerosenpollen bei 485 und 480 cm.

Obwohl über die Pinus-Analyse heute noch nichts Abschließendes gesagt werden kann, sei erwähnt, daß es den Anschein macht, daß zwischen 450 und 430 cm *Pinus silvestris* überwiegt, darunter und darüber aber *Pinus montana*. Es scheint also, daß im Laufe der allerödzeitlichen Klimabesserung die Waldföhre ins Gebiet eingewandert, dann aber bald einmal mengenmäßig durch die Besiedlung höherer Berglagen durch die *Bergföhre* im Pollenniederschlag (vielleicht im Chrome selbst nicht) überflügelt worden ist. Im Verlauf der Klimadepression der mittleren Kiefernzeit scheint nach den Analysen im Chutti der Waldföhrenanteil unter einen Fünftel gesunken zu sein. Im präborealen Klimaanstieg (IV) scheint die Waldföhre wieder über einen Drittel der Pinuspollen zu liefern.

Regenmoos (1260 m) bei Boltigen (Abb. 5).

Auf der rechten Talseite südl. Boltigen liegt oberhalb eines großen steilen Tannen-Fichtenwaldgebietes auf alter Terrassenfläche hinter der Fürerenfluh das kleine Hochmoor des Regenmooses. Die Gegend gehört zufolge der guten Besonnung auf der Berglehne, die den Wendepunkt des Simmentals aus der Nord-Süd-Richtung in die (Süd)-West bis (Nord)-Ost-Richtung darstellt

zu den klimatisch begünstigten Stellen (*Calamintha grandiflora* und *Ilex aquifolium* in nächster Nähe). Ein eigentlicher Zufluß fehlt; der Abfluß geht südöstlich nach dem Goldbach. Der östliche Teil ist ein gut entwickeltes Hochmoor, der westliche geht in Flachmoor und Waldmoor (Fichten) über. Die ca. 180 m lange Mulde weist in den mittlern Teilen 6—8 m Wald- und Flachmoortorf auf, im östlichen Teil auch etwas Hochmoortorf. Es scheint eine Eigentümlichkeit dieses Moores zu sein, daß es von Zeit zu Zeit von massiven Mergel-, ja sogar Kieseinschwemmungen übertragen wurde, die gelegentlich undurchdringliche Bohrwiderstände darstellen. So sind solche Einschwemmungen in der Tannenzeit und kurz darauf, besonders massiv aber in der älteren EMW-Zeit, festzustellen. Es ist dann um so verwunderlicher, daß unterhalb dieser, etwa bei 750—800 cm liegenden Hauptstörungsschicht (die wegen ihrer Streuung über längere Zeit nicht als einmaliges Ereignis aufgefaßt werden kann) das Präboreal und das Spätglazial auf einer weiteren Strecke von 3,5 m (bis 1150 cm) hemmungslos durchbohrt werden können.

Das ältere Spätglazial zeigt kalkarme Mergelgyttia, die nur im Niveau um 1130 cm einige Steinchen aufweist. Es ist gerade dieser Abschnitt, der durch erhöhte Pollenfrequenz und Reichhaltigkeit des NBP auffällt. *Selaginella* ist so stark vertreten wie erst wieder zu Beginn des Präboreals (IV); *Artemisia*, *Chenopodiaceen*, *Gramineen* sprechen wohl für Pionierrasen. Wie aber sind die drei Feststellungen von *Pinus*-Schließzellen bei 1130, 1120, 1112,5 cm zu deuten? Können wir annehmen, *Pinus montana* habe in der Gegend vegetiert? War *Juniperus* reichlich vertreten? Wir wissen es nicht.

Der nachfolgende Abschnitt 1105—1072 cm weist die übliche Dreiteilung auf: NBP=reich — NBP=ärmer — NBP=reich. Dabei ist aber der erste NBP-reiche Teil ungewöhnlich breit und tief, so daß man zuerst auch daran denken könnte, die Haupt-Klimabesserung des ältern Spätglazials hier zu suchen, um so mehr als zuoberst ebenfalls eine Hippophaëspur auftaucht. Dagegen ist einzuwenden, daß auch anderwärts an dieser Stelle Hippophaëspuren auftreten, daß die PF um 1120 cm eben doch viel deutlicher reagiert, und daß die Verlegung nach 1087 cm unerklärlich nah an die allerödzeitlichen Schichten heranzuführte. Man darf bei

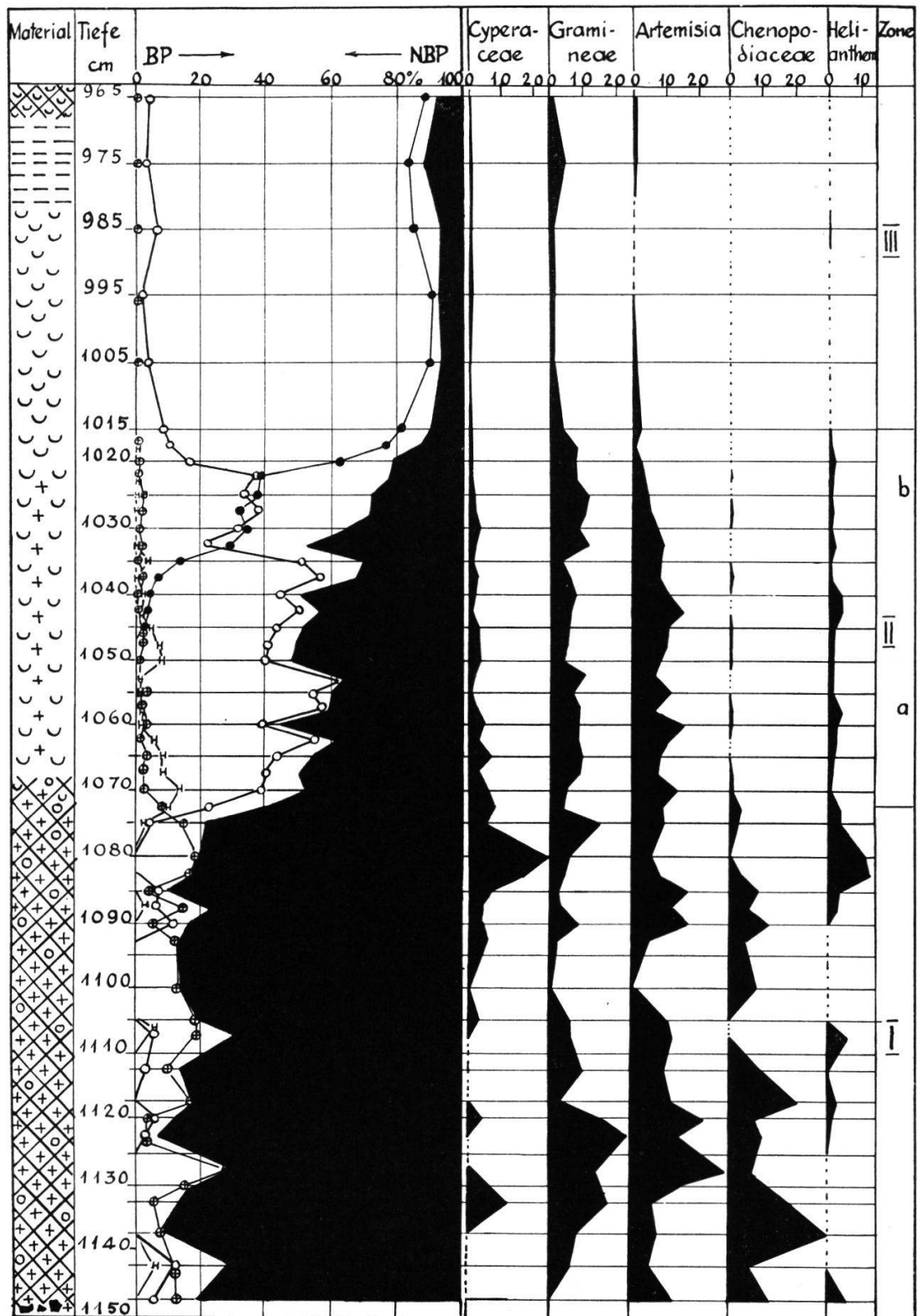


Abb. 5b. Regenmoos (1260 m); wie links, jedoch im ältern Spätglazial die wahrscheinlich ferntransportierten oder sekundären *Pinus*-Pollen eliminiert (vergl. S. 73 und 123).

der Betrachtung des Diagramms nicht vergessen, daß die prächtig entwickelte Kiefernzeit in der Abbildung (830—1015 cm) in viermal kleinerem Maßstab gezeichnet ist.

Beim Vergleich des schönen birkenzeitlichen Abschnittes von Regenmoos und Chrome fällt die stärkere Kiefernpollenvertretung an der 300 m höher gelegenen Lokalität während des Sanddornabschnittes auf und dann auch offenbar am Schluß der Birkenzeit (Chrome 455/445 cm, Regenmoos 1032/1022 cm). Das erste Vorkommen ließe sich leicht als stärkere Ferntransporteinwirkung in der Höhe hinstellen bei größerer Kräutervitalität im Tal. Das zweite Vorkommnis, daß bei zunehmender Bewaldung die höhergelegene Lokalität früher vom Föhrenwald beherrscht wird, verlangt eine andere Deutung. Sie ist wohl dahin zu geben, daß mit zunehmender Höhe die Birke im Abschnitt der Birkenzeit an Bedeutung verliert, die Bergföhre (nach meinen Analysen handelt es sich hier um diese, evtl. vereinzelt um die Arve) dagegen an Bedeutung zunimmt. Die kritische Höhe liegt offenbar bei 1200 bis 1300 m. Vom Lauenensee in 1380 m Höhe weiß ich, daß in der Birkenzeit die Birke nie über 15% stieg, die Bergföhre nie unter 45% sank. Wir haben damit in der Birkenzeit im Regenmoos Waldgrenzenverhältnisse. Es ist verwunderlich, wie gut die hier vorliegenden Verhältnisse mit den Bedingungen für Waldgrenzen übereinstimmen, die ich (Welten 1950a, S. 54/57) an rezentem Material in den letzten Jahren ableiten konnte. Bei der Betrachtung der Reichhaltigkeit an NBP, Farnen und Ericaceen scheint es sogar eine durchaus erlaubte Konstruktion, wenn wir in der Birkenzeit des Regenmooses alpine Zwergstrauchheide hart an der oberen Waldgrenze erkennen. Die Waldgrenze lag also im mittleren Simmental (und offenbar auch im Saanenland) in der Birkenzeit (also im Alleröd) bei rund 1250 m Höhe.

In der Kiefernzeit steigt die Waldgrenze offenbar über das Regenmoos hinaus, fällt dann aber im mittleren Depressionsabschnitt wieder zurück. Die 15—20% NBP mit ihrer Reichhaltigkeit und das reichliche Selaginellavorkommen sprechen für eine empfindliche Lichtung, jedoch noch keineswegs für Waldgrenzenverhältnisse. Erwähnenswert ist, daß Pinus-Spaltöffnungen in diesem Diagramm nun ausgerechnet in den Abschnitten III Anfang

und IV auftreten, statt wie im Chutti im Endabschnitt von Zone III.

Besonders interessant ist die Stratigraphie des kiefernzeitlichen Abschnittes vom Regenmoos. Besonders orographische und klimatische Verhältnisse haben bei 982—969 cm zur Bildung von Flachmoortorf geführt. Es ist dieses das einzige Beispiel so frühen Torfvorkommens, das mir aus meinem ganzen Gebiet bekannt geworden ist. Es ist ja typisch, daß es mit der Bewaldung der Gegend zusammenfällt. Aber es ist ebenso paradox, wenn man an die ungeheure Tiefe von fast 10 m denkt. Es scheint mir sehr nahelegend, anzunehmen, die Mulde habe seit der Würm II-Verletscherung (oder gar Würm I) Toteis enthalten; das flache darüber stehende Seelein sei in III zur Verlandung übergegangen, weil damals das Tieftauen zufolge der Klimadepression der Schlußvereisung einen Stillstand erfahren hatte: Es bildete sich Seekreide und schließlich Verlandungstorf. Das Tieftauen belebte sich in der jüngern Dryaszeit wieder: Es bildete sich wieder Seekreide über dem abgesunkenen Verlandungstorf, die aber infolge der Bodenbewegungen in erhöhtem Maße mit Ton beschickt wurde (Kalkgehalt im ersten Anfange nur 25%!). (Diese Erscheinung ist wohl vielerorts für den Tonreichtum, ja auch für die gelegentlichen Grobkieseinschwemmungen dieses Abschnitts verantwortlich. Sie zeugt dann eher für das gute Klima des Endabschnitts von III als für das schlechte des Anfangsabschnitts). Mit Erreichung einer gewissen günstigen Verlandungstiefe, zugleich auch mit abermaligem Besserwerden des Klimas, stellte sich bei 840 cm die zweite Verlandung ein. Die Wärmesteigerung der EMW-Zeit wurde aber dem Seebecken abermals zum Verhängnis: Beschleunigtes Abschmelzen führte zu überstürztem Absinken des Seegrundes. Dadurch entstanden Steilufer, Rutschungen bei Regengüssen und in der Zeit der Schneeschmelze Übertragungen größerer Seeboden- und Moor-teile mit Erde und Steinen. Verständlich erscheint aus diesen Tatsachen auch das verbreitete Auftreten von Bruchwaldtorf in der Eichenmischwaldzeit: Die mineralischen Überschlickungen und teilweise massiven Übertragungen erlaubten Gebüsch und Bäumen ein Vordringen auf die Moorböden; das weitere Absinken des Bodens führte aber zu Überflutungen, zur Einbettung von Holz, teilweise zu raschem Hypnaceenwachstum.

Ähnlich findet sich nur wenig randlicher in 7 m Tiefe abermals eine Einschwemmungszone, vermutlich hart nach der Tannenzeit. Diese ist wohl mit Tieftauerscheinungen nicht ohne weiteres in Verbindung zu bringen.

Bruchpaß, «See» (1500 m) (Abb. 6).

Auf der Höhe des Bruchpaßsees oder Jaunpasses, der von Boltigen (resp. Weißenbach) aus zwischen Bäderhorn und Hundsrück über einen flachen Flyschrücken hinüber das Simmental mit dem Jauntälchen und dem Greyerzerland verbindet, findet sich ein ca. 300 m langes und 150 m breites Moor, das als sehr nasses und zeitweise überflutetes Gebiet den Namen «See» trägt. Es stellt das schönste der heute noch wachsenden Moore dieser Höhenlage weit und breit dar. Es weist über 10 m wässerigen Hypnaceen- und Sphagnumtorf auf, darunter noch weitere 1,5 m postglaziale Gytja mit Übergängen zu Hypnaceentorf. Die Wärmezeit beginnt bei 1170 cm mit Gytja. Spätglazial und Präboreal sind verhältnismäßig wenig mächtig, dafür pollenreich; sie weisen 120 cm fast vollkommen gleichmäßige Tongyttja auf, die nur am Grund und im Abschnitt IIb eine schwache Kalkbeimengung aufweist. Einen nennenswerten Zufluß gibt es nicht. Das Gebiet wurde nach Nußbaum (1905/06) vom Würmgletscher nicht überfahren, indem er nur auf der Höhe von 1470 m vorbeizog. Dagegen lag es mit 1500 m Höhe in den Hauptwürmstadien I und II an der Schneegrenze selbst. Die Gegend des Hundsrück (2046 m) soll aber in der Bühl- und Gschnitzzeit kleine Lokalgletscherchen getragen haben.

Das Profil ist durch das starke Zurücktreten der Birkenzeit und das Fehlen stratigraphischer Unterschiede schwerer zu gliedern als die vorhergehenden. Beginnen wir deshalb oben! 1170 bis 1207 cm stellen die Kiefernzeit dar. Sie zeigt in der Pollenfrequenz wie in der Bewaldungsdichte klar die klimatisch günstigeren Abschnitte IV und IIb. Sie zeugen für eine vollständige und dichte Bewaldung der Bruchgegend durch Bergföhren (und wenige Prozente von Arven). Der Abschnitt IIb mag nach der morphologischen Analyse der Pollenkörner bis gegen einen Fünftel *Pinus silvestris*-Pollen (wohl als Fernflugpollen) aufweisen.

Der Abschnitt der Klimadepression III zeigt eine besonders

schwache Ausprägung des Rückschlages. Wohl sinkt die Pollenzahl etwas und zeigen die reichlichen Selaginellasporen eine gewisse Lichtung des Waldes an. Für fast alle dargestellten Kräuter läßt sich aber auch einmal folgende Beschreibung ihres Verhaltens geben: Sie nehmen von ihrem Kulminationspunkt im ältern Spätglazial aus gegen das Postglazial hinauf gleichmäßig ab, entsprechend der zunehmenden Walddichte und erfahren nur im Abschnitt IIb eine vorübergehende stärkere Verdrängung durch den Wald. Aus dieser Auffassung heraus erklärt sich dann zwanglos das durchgehende Auftreten des subalpinen *Polypodium vulgare* vom Abschnitt IIb durch den ganzen Abschnitt III hinauf.

Rascher und intensiver als in tiefer gelegenen Diagrammen sinkt im Abschnitt IIa die Pollenfrequenz nach unten, andeutend, daß die baumfeindlichen klimatischen Verhältnisse in der Höhe bis hart vor den Abschnitt IIb angehalten haben. Vereinzelte Birken, vielleicht auch einzelne Sanddorngebüsche mögen im Abschnitt der Aufwärmung den sich ausbreitenden Bergföhren beigemischt gewesen sein. (Wir lassen damit Bruchsee 1215 cm ungefähr Regenmoos 1030 cm entsprechen.) Ein geschlossener Birken-gürtel ist aber jedenfalls dem «ansteigenden» Föhrenwald nicht vorangegangen. Wir ziehen daraus den Schluß, daß auch unsere Birkenzeit der tiefern Lagen nicht eigentlich als erster heranrückender Waldgürtel aufzufassen ist, sondern als klimatisch bedingte Formation, die sich aus den Relikten der Eiszeit auf Grund der spärlichen übriggebliebenen Möglichkeiten aufbaute. Wir glauben sogar nicht fehlzugehen, wenn wir annehmen, die Birkenzeit hätte sich als eigentliche Waldzeit in erster Linie in jenen Gebieten entwickelt, in denen die Birke die Eiszeit überdauerte.

Wir halten dafür, daß der ganze Abschnitt 1210—1290 cm unserem ersten Haupt-Klimabesserungsabschnitt, dem Alleröd, entspricht. Es sind verschiedene Momente, die dafür sprechen: Einmal wird der schmale Birkengipfel um 1215 cm kaum einer Zusammenziehung der ganzen Birkenzeit, wie sie z. B. das Regenmoos zeigt, entsprechen. Dann ist aber darauf hinzuweisen, daß eine geschlossene Birkenkurve von 5—10% durch den ganzen Ab-

schnitt hindurchgeht, was schon auf 1260 m (Regenmoos) und 990 m (Chrome), ja 925 m (Chutti) erst vom Ende der ältern Dryaszeit an der Fall ist. Ferner behält durch den ganzen Abschnitt die Pollenfrequenz so hohe Werte, wie sie bei unserer Auf-

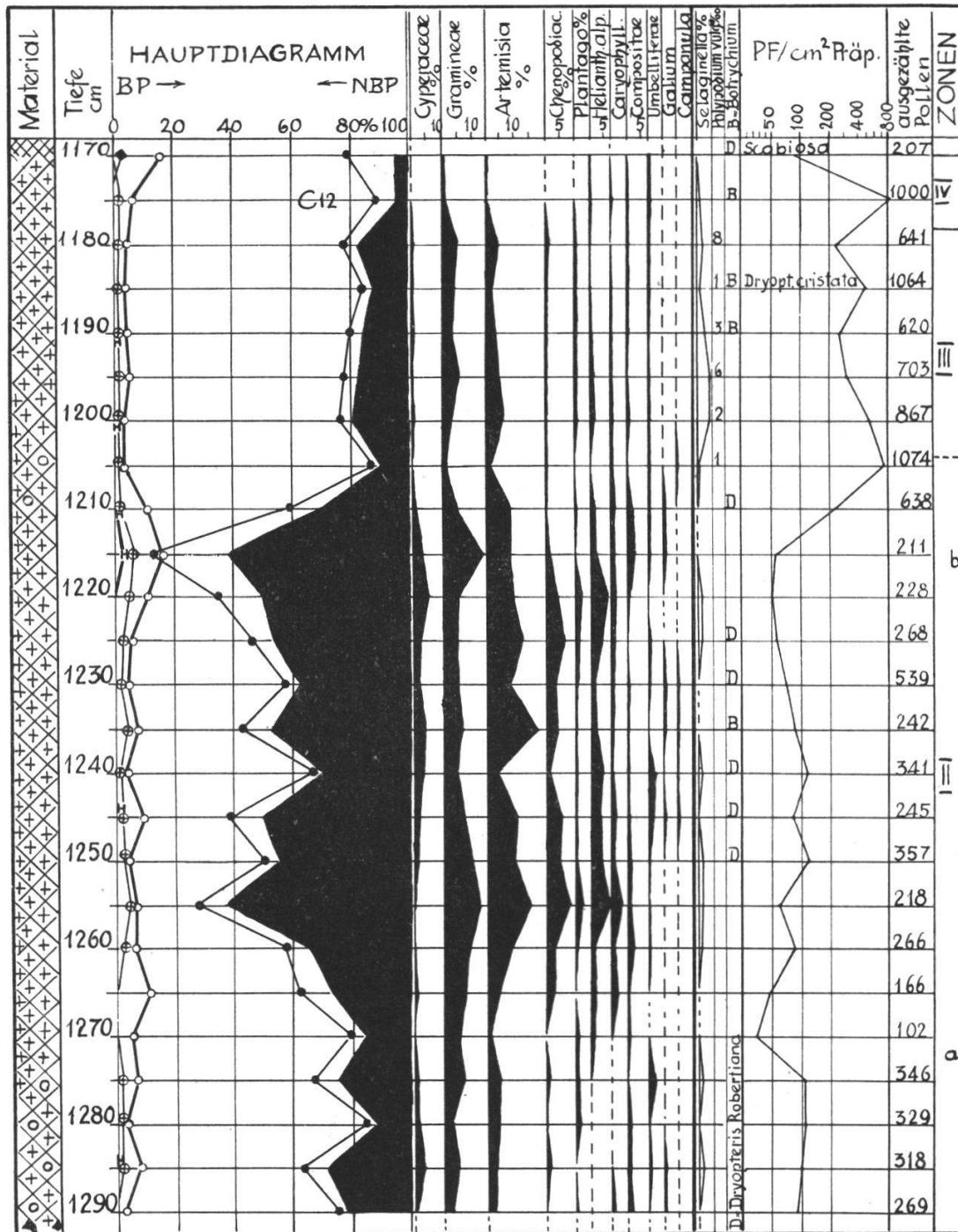


Abb. 6a. Bruchpaß (= Jaunpaß), «See» (1500 m). Text S. 46.

bereitungsart bisher nur dem Postglazial eigen waren. Schließlich spricht aber auch der Gang der Kiefernkurve für Übereinstimmung mit dem Abschnitt 1080/1030 cm des Regenmooses. Die Darstel-

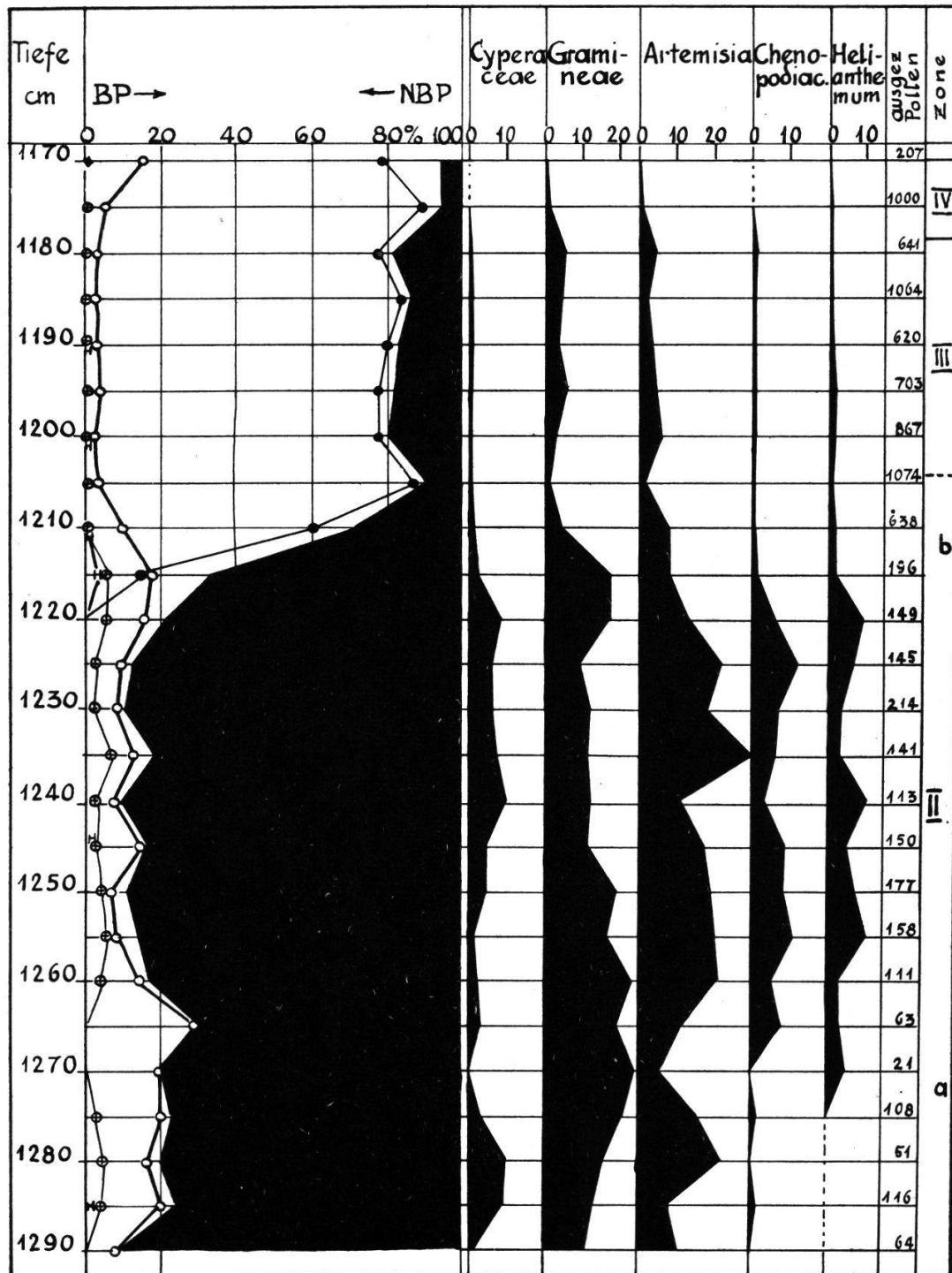


Abb. 6b. Bruchpaß (1500 m); wie links, jedoch im ältern Abschnitt ohne die wahrscheinlich ferntransportierten oder sekundären Pinus-Pollen (vergl. S. 73 und 123).

lung Abb. 6b, wo sekundärer oder Fernflug-Pinus-Pollen ausgeschlossen sind, gibt uns über unsere Deutung völlige Gewißheit (vergl. S. 73).

Die starken NBP-Prozente der Zone IIa sprechen für völlige Waldlosigkeit, ja, die Verhältnisse von 1290 bis 1260 cm sogar für typische Pioniervegetation. Die Föhren erreichen offenbar erst am Ende der Zone IIb die Höhe des Bruchs (1500 m). Eine starke Beimengung von Birken ist in der Phase der Baumgrenzenhebung nach den Verhältnissen um 1215 cm sehr wahrscheinlich, nicht aber ein eigentlicher und ausgedehnter Birkengürtel.

Untere Bunschleren (1670 m) (Abb. 7).

Das kleine Flachmoorgebiet auf der untern Bunschleralp unter dem Niederhorn bei Boltigen hat sich ebenfalls als besonders wertvoll erwiesen. Es liegt in der Luftlinie nur gut 2,5 km südöstlich des Regenmooses, 6 km östlich des Bruchpasses und 4 km südlich von Chrome und Chutti und ist von keinem dieser Moore durch Bergkämme getrennt. Es kann also sehr gut mit diesen verglichen werden. Das südöstlich davon ansteigende Niederhorngebiet erreicht eine Höhe von 2080 m. Das Gebiet ist leider in bezug auf Gletscherrückzugsstadien noch nicht näher untersucht. Jedenfalls dürfte es bei seiner Nordexposition im Bühl am untern Ende der Nivalregion gelegen haben und wohl gar von einem Lokalgletscherchen bedeckt gewesen sein. Im Gschnitz dürften die obersten Hänge des Niederhorns in Nordexposition bis gegen 1900 m herunter dauernden Schnee getragen haben. Dementsprechend war das Objekt entweder ein hochalpiner Schuttsee oder bestand zufolge von Bühltoeis (wenn nicht gar Würm II-Toeis) überhaupt noch nicht als Mulde. Erst die allerödzeitliche Aufwärmung verminderte das Toeis und führte zur Hebung der Vegetationsgrenzen der alpinen Stufe in diese Höhe von 1670 m.

Das Diagramm zeigt Ton- und Mergelgyttja bis in die frühe EMW-Zeit hinein in der großen Mächtigkeit von fast 2¹/₂ m (der gleiche Abschnitt ist auf dem Bruchpaß halb so mächtig). Darüber folgen 3 m Hypnum- und Radizellentorf, der durch den größten Teil der EMW-Zeit hinauf tonig ist. Diese Verhältnisse sind wohl zwanglos aus der Tatsache zu verstehen, daß die Mulde von einem kleinen Bach durchzogen wird. Die leichten Sandein-

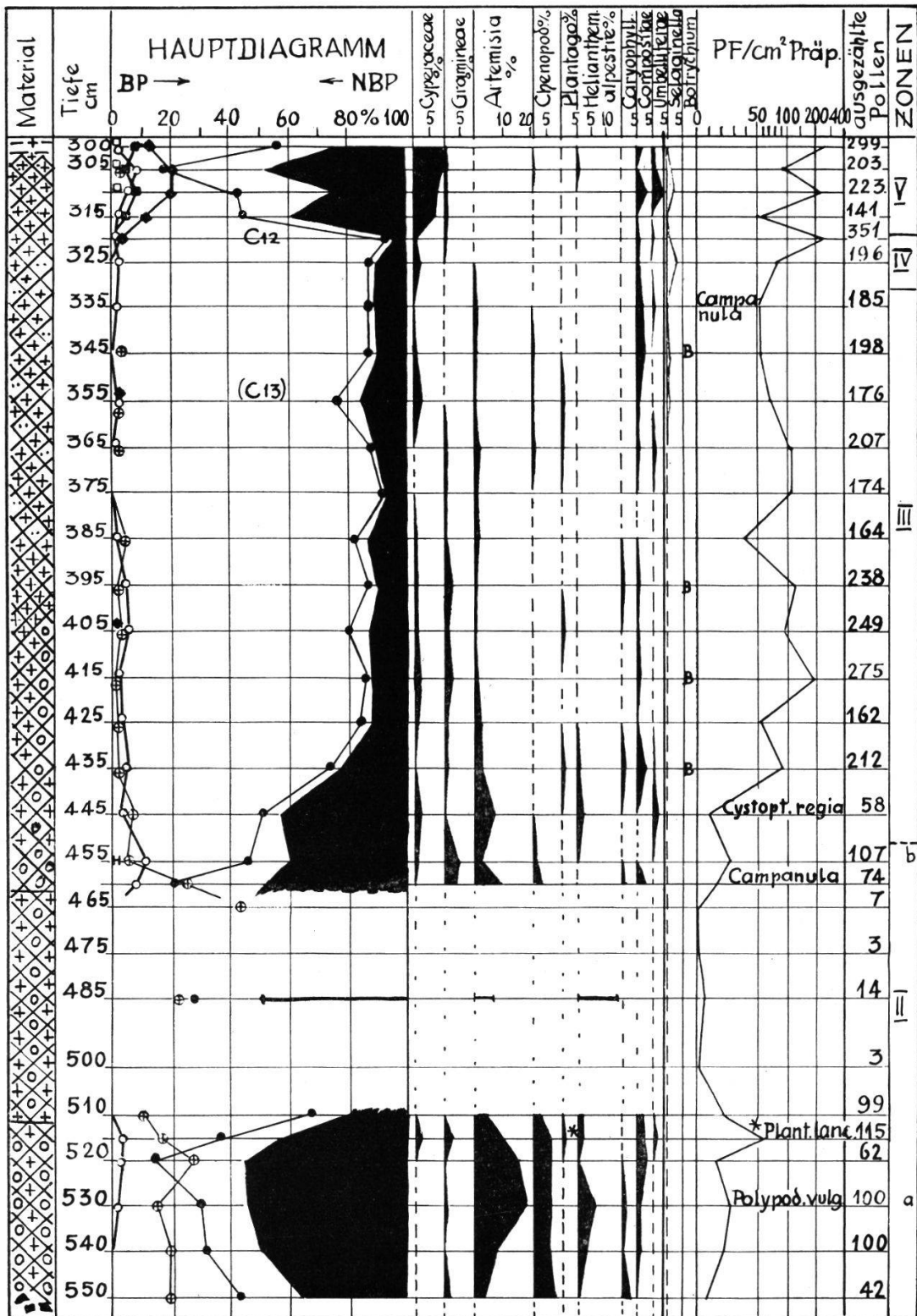


Abb. 7. Untere Bunschleren, unter dem Niederhorn bei Boltigen (1680 m)
Text S. 50.

schwemmungen zwischen 385 und 325 cm Tiefe sind die Folge vermehrter Wasserführung und Sandschüttung (Toteisabschmelzen?), z. T. freilich auch einfach die Folge der Auffüllung des Beckens und Untiefwerdens des Wassers (Verlandung kurz darüber).

Die aus den geographisch-topographischen Verhältnissen gezogenen Schlüsse finden sich im Pollendiagramm durchaus bestätigt: Beim Vergleich der Untern Bunschleren mit dem Bruchpaß erscheint die Parallelisation von Bunschleren 460 cm mit Bruch 1215 cm zuverlässig. Der pollenarme Abschnitt 1215/1240 cm auf dem Bruch ist auf der Bunschleren so pollenarm, daß die Kurven nicht durchgezeichnet werden konnten. Dagegen ist der NBP-reiche Abschnitt um 520 cm wohl demjenigen um 1250 cm auf dem Bruch gleichzusetzen und wahrscheinlich gleichzeitig mit dem günstigen Stadium der Zone IIa um 1055 cm im Regenmoos. Offenbar liegt innerhalb der Birkenphase am Übergang IIa/IIb eine in höhern Lagen sehr deutliche Klimadepression.

Während der Bruch (1500 m) im Abschnitt II durch eine niedere, jedoch durchgehende Birkenkurve ein vereinzelt Vorkommen von Birken in dieser Höhe wahrscheinlich macht, scheint es nach den Befunden auf der Bunschleren (1670 m) wenigstens in Nordlagen und wenigstens in Wassernähe reichliche Weiden gegeben zu haben. Die Anwesenheit von Strauchweiden scheint mir wahrscheinlich, da die Salixwerte gerade in den günstigeren Phasen und vor der Bewaldung kulminieren.

Das Vorkommen von reichlich *Artemisia* (bis 18% des Gesamtpollens) in dieser Höhenlage der alpinen Stufe erweckt Staunen. Offenbar ist jene spätglaziale Artemisienheide des Vorlandes in Höhen um 1000 bis gegen 2000 m hinauf gestiegen und hat hier im Alleröd den letzten Akt ihres Daseins in unsern Gegenden gespielt. Der Kiefernwald und die Klimaverhältnisse der Zonen III/IV vernichteten diese Gesellschaft.

Relativ langsam steigen im Abschnitt IIb die Pollenfrequenz und das Baumpollenprozent an. Von 435 cm an aufwärts haben wir es scheinbar mit krautreichem, aber zusammenschließendem Bergföhrenwald zu tun. Die Depression des Klimas in der mittlern Kiefernzeit beginnt etwa bei 435 cm evtl. bei 415 cm, kann aber

nicht als starke Lichtung des Waldes gedeutet werden (um so weniger als die Mulde wohl Schwemmland mit Cyperaceen und Chenopodiaceen aufwies). Wir könnten also annehmen, daß die Waldgrenze über 1700 m gelegen hat. Eine völlig andere Deutung der Verhältnisse liegt aber näher: Die relativ geringe Pollenfrequenz der Zone III und der gewaltige Anstieg der NBP in Zone V lassen vermuten (im Gegensatz zum Bruchpaß), daß die Höhen um 1700 m, besonders in Nordlagen, in Zone III waldfrei waren. Wir befänden uns auf 1700 m somit auf einer Höhe, wo Alleröd und Boreal reiche alpine Krautgesellschaften, die jüngere Dryas dagegen arme Pioniererrasen sahen. (Wir deuten vorläufig den kalkreicheren Abschnitt 460/455 cm als Alleröd IIb, 445 cm als NBP-reichere Regressionsphase.)

Mächlistallseeli (2000 m) (Abb. 8).

Das rund 150 m lange Seelein liegt in einer prächtigen, nach Westen geöffneten Karnische der Niesenkette zwischen Ochsenstock (2268 m) im Norden, Mägesserenhorn (2347 m) im Osten und Schmälhorn (2311 m) im Süden. Es ist der Auffüllungs- und Verlandungsrest einer fast 500 m langen und ca. 200 m breiten Mulde, die am vorderen (West-) Rand von mächtiger Wallmoräne abgeschlossen ist. Unter ihr liegt in abermals steilrandigem Zirkus die mittlere Mächlistallalp (1828 m) und noch eine Stufe tiefer die untere Mächlistallalp (1627 m und das Bödeli 1520 m). Die auf diesem Bödeli liegenden Endmoränen stammen vom Mächlistallgletscher (die Seitenmoränen des Hauptgletschers im Diemtigtal, des Kirelgletschers, liegen nach Genge 1949, S. 141, bei 1370 m). Sie entsprechen nach demselben Verfasser einer Schneegrenzdepression von 690 m und werden entsprechend dem Gschnitzstadium zugerechnet. Die Endmoräne auf der Karschwelle vor dem Seelein kann mit einer ihr entsprechenden Schneegrenze von etwa 2150 m (heute 2700 m) und einer Depression von 550 m nicht wohl dem Daun angehören, sondern muß ein späteres Gschnitzstadium bezeichnen. Für den Gschnitzgletscher stellte also die ganze obere Karmulde von Mächlistall Firnmulde dar. Erst mit dem allerletzten Ende des Gschnitzstadiums und wohl nach

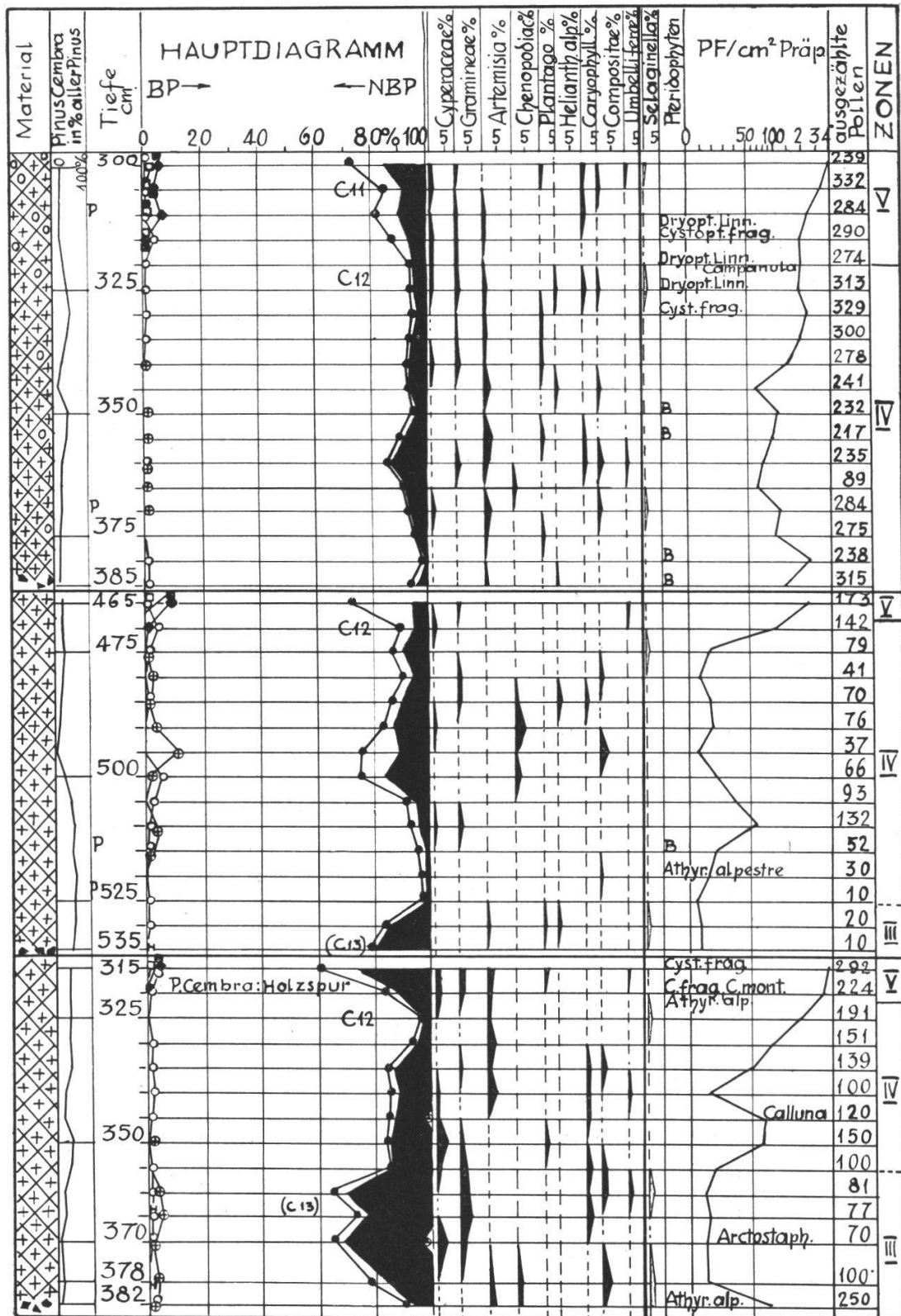


Abb. 8. Mächlallstallseeli an der Niesenkette (2000 m). Oben: hinten (bergwärts) im aufgefüllten Seeboden. — Mitte: in der Mitte des aufgefüllten Seebodens. — Unten: vorn im heutigen Seelein. Das ganze Gebiet vom Gschnitz-Gletscher bedeckt, im Daun eisfrei. Text S. 53 (Jüngere Abschnitte Abb. 12 und 17.)

Wegschmelzen einer beträchtlichen Toteismasse konnte normale Sedimentation einsetzen.

Hier wurden drei Bohrungen durchgeführt. Die letzte (zuoberst in der Abb. 8) im hintersten Teil der Sumpfebene zeigte nur zuoberst eine dünne Flachmoortorfschicht, darunter Mergelgyttja mit wechselndem Kalkgehalt, in der Tiefe fast reine Tongyttja, bei 385 cm Steinschrotwiderstand. Die erste (Mitte der Abb. 8) wurde der Mitte der Sumpfebene entnommen; sie ergab nur 25 cm tonigen Torf, dann 40 cm Seekreide, zur Hauptsache aber Mergelgyttja mit oft seekreidigem Einschlag bis 465 cm und dann noch reine Tongyttja bis 535 cm. Die dritte Bohrung wurde im Magnocaricetum-Bestand am vordern Seerand bei 30 cm Wassertiefe entnommen; sie ergab tonige Seekreide bis 220 cm, seekreidige Tongyttja bis 320 cm und reine Tongyttja bis 385 cm. Auch in den zwei letzten Bohrungen wurde der Schottergrund erreicht und die Bohrung deshalb abgebrochen.

Ältere spätglaziale Abschnitte fehlen diesen drei Diagrammen sinngemäß. Sie bestehen durchwegs aus kiefernzeitlichen Spektren. Über die Zonierung ist hier nicht leicht zu entscheiden. Wir halten zunächst fest, daß die zwei untern Diagramme, die sonnigeren Teilen entstammen und vom kleinen Bacheinlauf weiter entfernt ausgehoben wurden, paradoxerweise über weite Abschnitte sehr pollenarm sind. Sie sind nicht etwa rascher gewachsen wie die Schichtmächtigkeiten zeigen. Die Lage und ein Wachstumsmaßstab, den wir der anschließenden EMW-Zeit entnehmen, klären die Verhältnisse auf. Es fällt auf, daß die zwei untern Profile ungleichmäßig kurzentwickelte EMW-Zeit-Abschnitte aufweisen; die Zahlen sind folgende:

| | EMW | Kiefernzeit |
|-----------------------|-------|-------------|
| Profil hinten im Moos | 90 cm | 70 cm |
| Profil in der Mitte | 30 cm | 70 cm |
| Profil vorn im See | 31 cm | 67 cm |

Wir leiten daraus ab, daß die zwei untern Profile langsam wuchsen, das Profil hinten im Moor rasch. Wahrscheinlich ist hinten im Moor das Toteis an der schattigen Stelle hinter dem steilen südlichen Karrand des Schmählihorns zuletzt verschwunden (auch heute bleibt Lawinenschnee unweit dieser Stelle oft weit in den Sommer hinein erhalten, wenn Reste davon ihn nicht sogar

überdauern, wie es vorkommt.) Die Sedimentation war bis zu diesem Zeitpunkt gestört, um so mehr als gerade dort das entwässernde Bächlein des obern Karteils (auch eines obern kleinen Kars) in die große Mulde einmündet. Dieser hintere Teil der Sumpfebene hat das heutige Niveau, wie die Untersuchung ergab, entsprechend auch am frühesten erreicht, viel früher als das genau gleich tiefe Seeprofil. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse betrachten wir den ganzen Kiefernabschnitt des obersten Diagramms als Äquivalent des pollenreichen Endabschnittes der zwei unteren Diagramme. Überdies darf man vielleicht die beiden Abschnitte um 535 cm Mitte und um 365 cm unten als entsprechend betrachten, wenn man die hohen NBP-Zahlen, das Vorkommen von *Hippophaë*-Spuren und das Vorkommen von *Selaginella*, auch die starke Pollenfrequenzdepression, als kennzeichnende Merkmale würdigt. Es besteht Grund zur Annahme, daß wir in diesem Abschnitt die Endphase der jüngern Dryaszeit III abgebildet finden. Die genannten Merkmale finden sich zu dieser Zeit auch in Diagrammen tieferer Lagen. Daß Mächlistall in jener Zeit stärkerer Aufwärmung und intensiven Toteisabschmelzens und Tieftauens eisfrei geworden wäre, ließe sich gut verstehen.

Diese Zonierung läßt sich übrigens auch durch den Ausschluß anderer Möglichkeiten begründen, soweit es sich nicht um Einzelheiten der Einstufung handelt. Die drei Diagramme zeigen nämlich eine relativ knappe Entwicklung der Kiefernzeit und dürften deshalb verkürzt sein. Das untere Ende dieser Kiefernzeit (am besten im untersten Diagramm) kann nicht dem Alleröd entsprechen, da der doch zweifellos klimatisch günstigen NBP-Phase eine konsequente Pollenfrequenzdepression entspricht, was den Erfahrungen auf dem Bruchpaß und auf Bunschleren widerspricht. Andererseits liegt das Eisfreiwerden in überzeugender Weise wesentlich vor dem Beginn der postglazialen Wärmezeit, spätestens am Anfang der Präboreals.

Wir schließen daraus, daß der Beweis erbracht ist, daß das vom Lokalgeologen *Genge* als Gschnitz bezeichnete Gletscherstadium mit einer Schneegrenzendepression von 690, resp. 550 m, im Pollendiagramm zwischen das Alleröd und das Präboreal fällt, also mit großer Wahrscheinlichkeit das

glaziologische Hauptereignis der jüngern Dryaszeit darstellt.

Ob das Daunstadium in engem Zusammenhang mit dem Gschnitz ebenfalls vor den Beginn des Diagramms Mächlistall fällt, oder ob es im Präboreal dieser Diagramme zu suchen ist, wollen wir dahingestellt sein lassen, obwohl für die letzte Annahme Gründe vorgebracht werden könnten. Weitere und detailliertere Untersuchungen müssen darüber entscheiden, da mit der Möglichkeit weiterer kleine Endvorstöße (Eggesenstadium) gerechnet werden muß. Auch die vom Lokalgeologen festgestellte Auftrennung in zwei Gschnitzstadien, resp. Gschnitz und Schlern, muß im Auge behalten werden.

Wenn auch die Abgrenzung des Arvenpollens von den zwei anderen Arten einige Schwierigkeiten macht und ungenau bleibt, so wurde sie hier doch versucht. (S. Abb. linker Rand). Es macht den Anschein, daß sie in klimatisch bessern Zeiten stärker hervortrat und schließlich sogar auf 2000 m erschien (Holzspur 320 cm unten). (Eine unbestimmte Holzspur im obersten Diagramm auf 350 cm Tiefe.)

Sewlenboden (2120 m) Abb. 9).

Das höchstgelegene Torfmoor meines Gebietes fand ich abermals in einer Karnische der Niesenkette südlich des Albristhorns in der Gemeinde Lenk im Obersimmental zwischen Sewlenhorn (2530 m) und Tierberg (2371 m). Die oberen Hänge werden also Daunvergletscherung getragen haben. Das darunterliegende Moränengebiet, das unser Moor enthält, dürfte sogar durch den Daungletscher geschaffen worden sein.

Zwei sorgfältige Bohrungen kamen nicht unter den Anfang der EMW-Zeit hinunter. Unsere bisherige Annahme scheint damit bestätigt: Daun ist wahrscheinlich im Abschnitt IV zu suchen. Wir halten freilich dafür, daß weitere derartige Bestätigungen notwendig sind, um abschließend über die Lage des Daunstadiums im Pollendiagramm zu urteilen. Es ist durchaus möglich, daß abklingende Wellen des Daunvorstoßes über den Abschnitt IV hinausreichen. Jedenfalls ließe sich der sekundäre Birkenanstieg in Tieflagen als ozeanischere Phase auffassen.

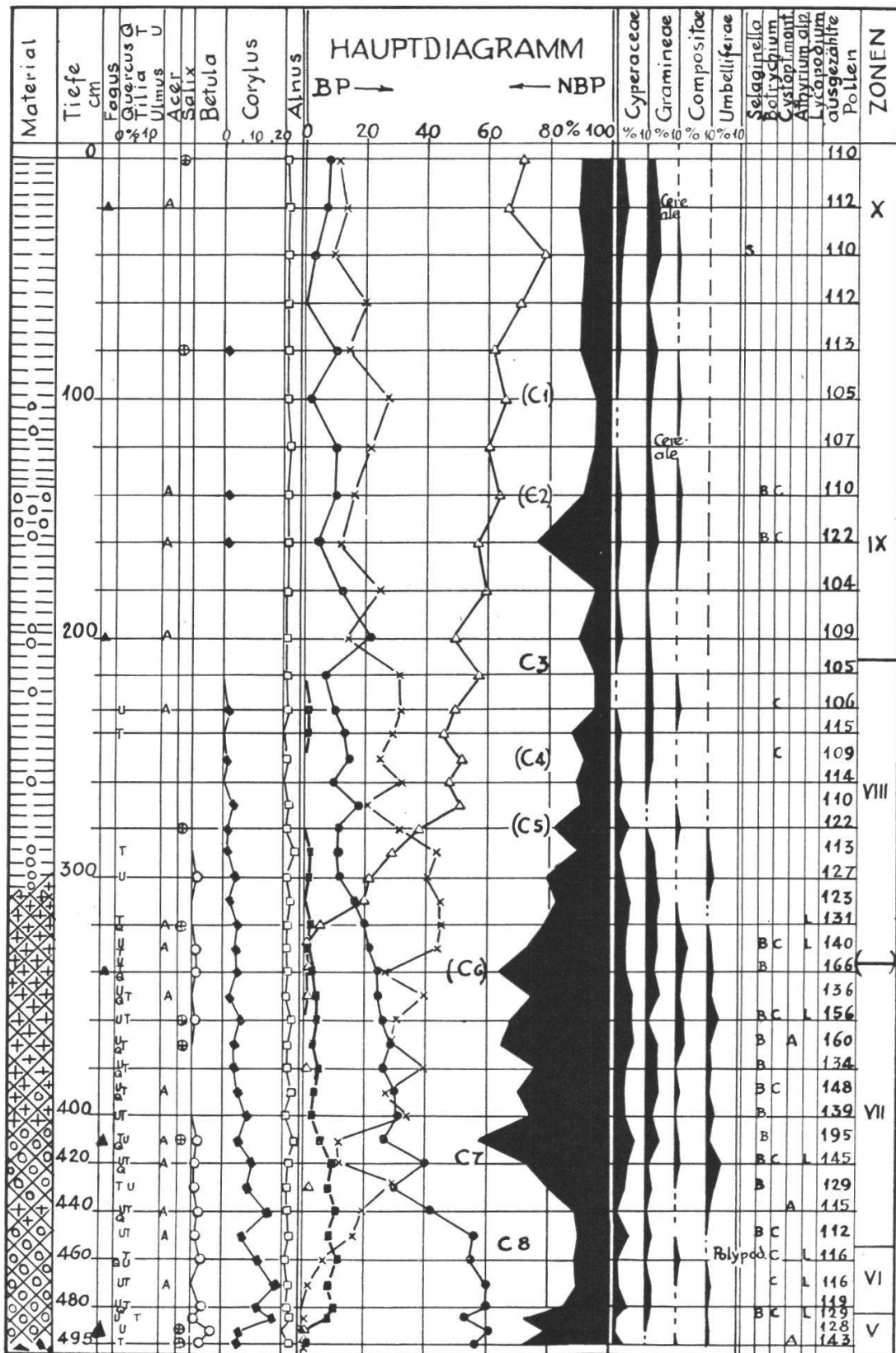


Abb. 9 Sewlenboden an der Niesenkette in der Gemeinde Lenk (2120 m).
Text S. 57.

d) Diskussion der Ergebnisse

(Für die Zusammenfassung der Ergebnisse siehe auch S. 122).

Die bei der Darstellung der Einzelergebnisse bis jetzt ohne nähere Begründung gegebenen Angaben über die Stufeneinteilung sind das Ergebnis erweiterter und wesentlich verbesserter Untersuchungen, die als spezielle Spätglazialbearbeitung den Rahmen vorstehender Untersuchungen sprengen würden. Diese wurden stark befruchtet durch die rege Diskussion der bisherigen Ergebnisse und Ansichten mit *Firbas* und seinen Mitarbeitern *G. Lang* und *H. Müller*, im Frühjahr 1951. Nicht minder förderlich waren der eingehenden Bearbeitung des Spätglazials der Kontakt mit *Iversen* und *Troels-Smith*. Ihnen allen sei auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

Die Diskussion um die Lage des Alleröds in der Schweiz beginnen wir zweckmäßig mit einer Darlegung der Verhältnisse im Norden: (z. T. nach *Iversen*, 1947).

Hartz und *Milthers* stellten 1910 das Postulat auf eine klimatisch günstige Zeit im Spätglazial, das Alleröd, auf. Eine typische stratigraphische Ausprägung war von Schonen bis nach Westschleswig in vielen Einzelbeispielen nachgewiesen. Sie besteht in folgendem: Zwischen einer untern und einer obern teilweise sandigen Tonschicht erscheint recht unvermittelt eine oft tonfreie Gytjtja, die Allerödgyttja (in der Ziegelei von Alleröd auf Seeland besonders typisch und schon früh bekannt). *Nathorst* hat im Ton arktisch-alpine Pflanzen und Tiere nachgewiesen, wie *Dryas octopetala*, *Salix polaris*, *Saxifraga oppositifolia* (und das Rentier), in der Allerödgyttja *Betula pubescens*, *Populus tremula* (und Biber, Braunbär, Elch). Es handelte sich also sicher um eine Entwicklung der Vegetation von baumfreier Tundra zu arktischen Birkengehölzen, gefolgt von einem Rückschlag zur Tundra.

Im Verlauf der weitem Untersuchungen sind ähnliche und z. T. abweichende Lagerfolgen festgestellt worden, die erst durch die pollenanalytische Untersuchung erkannt werden konnten. An offenbar klimatisch und orographisch begünstigten Stellen (mehr im Süden) kann die Gytjtjabildung schon in der ältern Dryaszeit einsetzen und ohne Wechsel bis ins Postglazial reichen;

sie kann aber auch im Alleröd einsetzen und durch die jüngere Dryaszeit durchgehen, offenbar andeutend, daß die jüngere Dryas klimatisch günstiger war als die ältere. Im entgegengesetzten Extremfall, an klimatisch ungünstigen Örtlichkeiten, besonders im Norden Dänemarks, in Schweden und Finnland, kann die Gytjtjabildung ganz unterbleiben und die tonige Ablagerung durch das ganze Spätglazial durchgehen (höchstens mit einer Korngrößenverkleinerung im Alleröd). Besonders interessant sind die Fälle, wo in der ersten Hälfte des Alleröds eine Tongytjtja und erst in der zweiten Hälfte eine reine Gytjtja abgelagert wurde: wir erkennen daraus, daß die erste Hälfte klimatisch noch weniger günstig war als die zweite. In günstigen Fällen ist in der Mitte des Alleröds sogar ein Klimarückschlag durch eine tonreiche Zwischenschicht feststellbar.

Schon H a r t z (1912) hat bei der Erklärung dieser stratigraphischen Verhältnisse außer Klimaschwankungen die Einflüsse des Toteisabschmelzens zu Hilfe genommen. Eine gelegentlich torfige Initialphase der Allerödygtjtja sei als terrestrische Verlandungsphase über einem Toteisklumpen entstanden, der ursprünglich die muldenförmige Vertiefung des spätern Seeleins ausfüllte. Durch das Wegschmelzen in der günstigeren Allerödzeit sei dann offenes Wasser mit teilweise höherer Wasservegetation entstanden.

Wir möchten schon hier die Frage an die Untersucher des nordischen Alleröds richten, bis zu welchem Grad der jüngere Dryaston als Folge starken Toteisabschmelzens, also günstiger Klimaentwicklung aufgefaßt werden könnte, oder ob man darin nur die Folge einer Bodenentblößung durch Vegetationslichtung erkennen dürfe. Der Umstand, daß die nördlicheren Diagramme in der jüngern Dryas stärker tonig ausgeprägt sind, könnte auch als gegenüber dem Süden verspätetes Toteisabschmelzen aufgefaßt werden, das seinen Grund mehr im spätern Eisfreiwerden des Nordens hat als in einer scharfen Gradation des Eiszeitklimas auf kurze Distanz. Die Verschiebung der Toteisabschmelz- und Solinfluktionserscheinungen in einen gegenüber dem Süden spätern Zeitpunkt wäre dann auch für die karge Entwicklung der Allerödvegetation, die unvollständige Einwanderung anspruchsvollerer Arten, das

Fehlen des Vegetationsschlusses und damit für die starke Rückschlagsempfindlichkeit in der jüngern Dryas verantwortlich zu machen.

Das Alleröd ist in dieser Ausprägung im dänisch-norddeutschen - baltischen - niederländischen - englischen - südirischen Raum nachweisbar. In Südschweden und Finnland sind in günstigeren Fällen magere Entwicklungen derselben Art gefunden worden.

Die pollenanalytische Untersuchung der nordischen Spätglazialentwicklung hat zuerst ungeahnte Schwierigkeiten bereitet. Ausgerechnet die tonigen Sedimente zeigten massenhaft Pinuspollen und Spuren wärmeliebender Bäume; der Sinn der Vegetationsentwicklung schien geradezu entgegengesetzt zu den klassischen Feststellungen und stratigraphischen Befunden. Es ist das Hauptverdienst Iversens, den Nachweis geführt zu haben, daß es sich bei jenem Baumpollen des Tons um Sekundärpollen handeln müsse; er hat denn auch eine Methode zur rechnerischen Elimination des Sekundärpollens angegeben und erfolgreich angewendet (Iversen 1936).

Wenn wir die pollenanalytischen Ergebnisse aus dem nordischen Spätglazial darstellen wollen, so stoßen wir gleich auf gewisse Unterschiede in der Deutung der Ergebnisse. Übereinstimmend ist die Tatsache einer sehr deutlichen Zunahme der Baumpollenzahl im Alleröd, sowohl absolut als relativ zu den NBP. Ferner stimmen alle Beobachtungen darin überein, daß es sich stets um einen gewissen Zusammenschluß der in der Gegend schon länger vorhandenen Birken zu Beständen handelt, wenn nicht allzu extreme Lagen betrachtet werden, wo die Birke bis dahin nicht gelangt war. Wesentlich verschieden fallen die Ergebnisse in bezug auf die Föhre (im Norden die Waldföhre) aus. In den baltischen Ländern, in Norddeutschland und im südlichsten Teil Dänemarks scheinen die Föhren im zweiten Teil des Alleröds eingewandert oder doch sich erst jetzt stark ausgebreitet zu haben. Dasjenige, worin die Autoren voneinander abweichen, besteht in der Wertung des Verhältnisses der Baumpollen zu den Nichtbaumpollen. In dieser Angelegenheit müssen einige prinzipielle Bemerkungen eingefügt werden.

Über allen Diskussionen über Berechnungsart und Deutung der

gefundenen Ergebnisse der spätglazialen Pollenanalysen steht an Wichtigkeit eine verbreiterte und durch Vertiefung gesicherte Pollenkenntnis. Man kann in dieser Beziehung ältere Arbeiten nicht vorsichtig genug auswerten. In engem Zusammenhang damit steht die Forderung nach der Auszählung größerer Pollenmengen zur Hebung der statistischen Zuverlässigkeit der Angaben. Sind diese beiden Forderungen in angemessener Weise erfüllt, kann man vorerst in freier Weise in die Fülle der Probleme der Darstellung und Deutung der Ergebnisse hineingreifen. Im Streben nach einer möglichst allgemeingültigen und aufschlußreichen Darstellungsart wird man die Frage nach sekundären und lokalen Einflüssen sorgfältig erörtern. Die sekundären Pollen lernen wir mit der Ausweitung der pollenanalytischen Untersuchungen immer besser erfassen und eliminieren. In bezug auf die Abschätzung und allfällige Ausschaltung lokaler Einflüsse sind wir noch kaum über die Forderung des Ausschlusses des Wasserpollens hinausgekommen. Fehlende oder doch unvollständige Kenntnis der Pollenkörner der höhern Wasserpflanzen hat bis jetzt auch uns gehindert, dieses Postulat zu erfüllen. Es ist eine schwache Entschuldigung, wenn wir darauf hinweisen, daß Wasserpollen gewöhnlich im Pollenspektrum nicht stark hervortreten; eine nicht viel stärkere besteht im Hinweis, daß die limnologischen Entwicklungen in ähnlichen Lagen ähnlich verliefen. Es sei aber betont, daß vielleicht nicht einmal die Elimination des Wasserpollens als eines Störbestandteils die Hauptsache an ihrer Erfassung ist, daß vielmehr die Hoffnung besteht, in der Wasserpollenanalyse ein wichtiges Hilfsmittel der Analyse der Vegetations- und Klimaentwicklung zu erhalten. Die z. T. weltweite Verbreitung mancher Arten kommt der Forderung nach vergleichbaren Gesichtspunkten sehr entgegen.

Schwieriger werden die Probleme der Behandlung der übrigen Pollenarten. Die Idee Iversens (1947), nur die windblütigen Arten in die Pollensumme einzurechnen, beruht zwar auf der richtigen Erkenntnis, daß es im Pollendiagramm mengenmäßig vorwiegend die windblütigen Arten sind, die als Indikatoren für die Rekonstruktion der Paläo-Phytocoenosen im Vordergrund stehen. Rein äußerlich ist dieser Ausscheidung entgegen zu halten, daß es in vielen Fällen unsicher ist, ob eine

Pflanze windblütig oder insektenblütig ist: so stellt z. B. Schröter (1926) *Plantago alpina* und die alpinen Artemisien zu den Insektenblütlern. *Helianthemum alpestre* und *Tilia* werden nicht zu den Windblütlern gerechnet und zeichnen sich in den Pollenspektren ausgezeichnet ab. Die Wahrscheinlichkeit für eine gute Repräsentation im Pollendiagramm ist also offenbar nicht eng gekoppelt mit dem bestäubungsbiologischen Merkmal der Windblütigkeit, sondern vielleicht mehr mit dem blütenmorphologischen Merkmal der Windexponiertheit der Antheren und dem blütenphysiologischen Merkmal der Pollenverkittung, abgesehen vom Merkmal der Pollenproduktion. Wir lehnen deshalb eine einseitige Auslese der Windblütler zur Bildung der Pollensumme ab. Umgekehrt kann man ja auch auf die mengenmäßige Bedeutungslosigkeit und das statistisch sporadische Vorkommen von Windblütlerpollen hinweisen: In neuester Zeit sind im Spätglazial in Dänemark und Deutschland, aber auch bei uns, *Ephedra*-Pollen in Spuren von der Größenordnung von Promillen nachgewiesen worden. Der große indikatorische Wert dieser Funde, nicht die Windblütigkeit, läßt keinen Zweifel darüber aufkommen, daß *Ephedra* in die Pollensumme einzurechnen ist. Das scheint mir die Auffassung zu stützen, daß alle Arten mit einigem indikatorischen Wert in die Pollensumme einzurechnen sind. Man kann sich dann noch darüber streiten, ob die sog. Variapollen oder, besser gesagt, die unbekannten, evtl. die als unwichtig betrachteten Pollenkörner, Indikatorwert besitzen. Es muß einem doppelt schwer fallen, das zu verneinen. Jedenfalls kann der unbekannte Pollen in der Abschätzung der Verhältnisse eines Spektrums recht große Bedeutung erhalten. Wir möchten deshalb, auch angesichts der ungleichen Pollenkenntnis der einzelnen Untersucher, wünschen, daß in Zukunft alle Pollen in die Grundpollensumme aufgenommen werden (abgesehen vom Wasserpollen). Das bedeutet nicht, daß nicht in Ausnahmefällen, beim Auftreten eines als Störung empfundenen unbekannten Pollens in ganz ungewohnter Menge aus methodischen Gründen anstelle des übernormalen Wertes ein Normalwert eingesetzt und eine entsprechende Bemerkung angebracht werden dürfte oder sollte. Ähnlicher Auffassung ist heute auch Iversen (mündlich).

Weniger grundsätzlicher als praktischer Art sind die Beschrän-

kungen, die Firbas in neuern Arbeiten (1949, 1951) bei der Einbeziehung in die Pollensumme vornimmt. Er geht in der Beschränkung gelegentlich bis auf die Summe der Cyperaceen und Gramineen und Ericaceen und Empetraceen. Da die zwei letzten Familien nur in Nordwesteuropa im jüngern Spätglazial Bedeutung erlangen, kommt die angegebene Auslese für Mitteleuropa auf die alleinige Berücksichtigung der Gräser und Riedgräser hinaus. Darin kann wohl nur ein praktischer Grund erblickt werden: ältere und neuere Diagramme und die Diagramme verschiedener Untersucher sind in diesen zwei Pollenarten am ehesten zuverlässig und vergleichbar (für gewisse Formen der Cyperaceen trifft aber auch das nur teilweise zu). Gegen diese Notmaßnahme zur Gewinnung vorläufiger verallgemeinerter Resultate ist nichts einzuwenden, wenn sie nicht etwa als Wegweiser für weitere Untersuchungen aufgefaßt wird. Gegenüber einer solchen Wertung (die nicht im Sinne von Firbas wäre) muß denn doch betont werden, wie viel Unsicherheit im indikatorischen Wert gerade der Cyperaceen und der Gramineen liegt. Die Cyperaceen haben ihren Schwerpunkt am Wasser, die Gramineen eher auf dem trockenen Land. Es wäre deshalb sehr oft kein Schade, wenn man die Cyperaceen als lokalste Pollenproduzenten ähnlich den Wasserpollen aus der Pollensumme ausschlösse. Nur die Unkenntnis des Pollens und die Möglichkeit, daß wesentliche Cyperaceen-Anteile von Trockenland-Cyperaceen stammen, daß in ozeanischeren Gegenden die hygrophilen Cyperaceen auch die «trockeneren» Böden überziehen könnten, hindert uns daran. Etwas weniger problematisch ist die Wertung der Gramineen. Doch wissen wir ja genau, daß *Glyceria* teilweise zu den Wasserpflanzen gestellt werden könnte, und daß *Phragmites* entweder ebendahin gestellt oder als lokaler Verlander ausgeschlossen werden sollte. Die Lösung dieses Problems muß durch sorgfältige morphologische Analyse des Gramineenpollens versucht werden.

In ähnlicher Weise hat auch der Ausschluß von *Artemisia* (Firbas 1951) den praktischen Sinn, das sehr ungleiche Vorkommen von *Artemisia* in verschiedenen Landschaften Europas zu eliminieren. Diese Maßnahme scheint mir gefährlich; mit ebensolchem Recht könnte man auch *Empetrum* in Nordwesteuropa ausschließen. Es ist sehr fraglich, ob man durch den Ausschluß wich-

tiger Bestandteile der Pollenflora vergleichbare Reste der Vegetation erhält. Die Maßnahme ist jedenfalls mit aller Kritik anzuwenden. Freilich muß man sich stets bewußt sein, daß schon unsere Pollenzählungen eine engere Auslese bedeuten, womit aber weitere Ausschaltungen nicht etwa zu rechtfertigen sind.

Jede Diskussion um die Bildung der Pollensumme ist wertvoll, weil sie das Bewußtsein für das Problemvolle der relativen Pollenwerte weckt. Für das Verständnis der Spätglazialprofile muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden. Überdies darf auch nicht vergessen werden, daß bei allen ältern Diagrammen und auch noch bei einigen jüngern die Möglichkeit besteht, daß ein gewisser Prozentsatz der NBP übersehen oder weggelassen und ein Teil unsicher bestimmt worden ist. (Das ist kein Vorwurf, sondern eine in der Entwicklungsphase einer Wissenschaft normale Erscheinung.)

Erst im vollen Bewußtsein dieser Verhältnisse kann man an die Deutung der Spätglazialdiagramme herantreten. Der Grad der Vertrautheit mit den Wechselbeziehungen von Vegetation und Pollenniederschlag spielt eine wichtige Rolle bei diesem Prozeß und bringt heute noch stark persönliche Züge in die Beurteilung. Das darf uns nicht hindern, uns zu äußern.

Wir stützen uns auf Firbas 1949 und 1951, Steinberg 1944, Iversen 1947, Overbeck 1949, Brorson-Christensen 1949, Donner 1951, Lang (z.T. in Firbas 1951, z.T. mündlich) und Jessen 1949. Wir stellen in allen ausgesprochen atlantischen Gebieten, aber auch im nördlichen Dänemark und in Südschweden im Alleröd ein so eindeutig hohes NBP-Prozent fest bei schwacher Birkenzunahme, daß kein Zweifel darüber besteht, daß es sich um ein Tundrastadium mit spärlichsten Birkeneinsprenglingen gehandelt hat. Diese Orte liegen im Gebiet der 15—17° Juliisothermen.

Umstrittener ist die Wertung der Ergebnisse der angrenzenden Gebiete: Onegasee, südliche Ostseeländer, Nord- und Nordwestdeutschland, Westdeutschland. Diese Gebiete liegen im Bereich der heutigen 17—19° Juliisothermen. Hier sind im allgemeinen (vielleicht das Onega-Gebiet noch unsicher) die NBP-Prozente im Durchschnitt während der Allerödzeit zwischen 20 und 35% (vom Gesamtpollen). Aario (1940) berichtet aus Finnisch-Lapland:

«Nach dem Petsamo-Material scheint schon ein Anstieg des NBP-Prozents auf 30» — (auf die BP berechnet, also ca. 23% des Gesamtpollens) — «zum Ausweis der Waldlosigkeit zu genügen, sofern von der genannten Menge höchstens die Hälfte auf nur einen Pollentypus entfällt.» Meine Untersuchungen an der alpinen Waldgrenze (Welten 1950) ergaben: «Artenreiche Krautvegetation mit einem NBP-Prozentsatz von über 35% deutet auf waldfreie Rasengesellschaften.» (Prozente auf den Gesamtpollen bezogen). Kombiniert man die beiden Angaben und vergleicht sie mit den Verhältnissen im Alleröd, so muß man wenigstens zugestehen, daß die Berechtigung, von einer dichten Allerödbewaldung zu sprechen, nicht über alle Zweifel erhaben ist. Wir sind der Auffassung, daß in großen Teilen der genannten Gebiete die erste Hälfte des Alleröds als gut entwickelte Parktundra und erst die optimalen Abschnitte der zweiten Hälfte in günstigeren Lagen als Phasen lichten Waldes aufzufassen sind, z. T. mit einwandernder Kiefer.

Gehen wir weiter südlich und vielleicht auch östlich (etwa in unsern Breiten), so finden wir, trotz der in größerer Meereshöhe nicht immer höhern Julitemperaturen, Allerödabschnitte mit nur 5—20% NBP (im ersten Teil gelegentlich etwas mehr, im zweiten Teil auch etwa weniger). Hier ist für den ersten Teil eine lichte, für den zweiten Teil eine dichte Bewaldung sehr wahrscheinlich. Die Einwanderung, resp. Massenausbreitung der Kiefer scheint hier und besonders gegen Osten etwas früher einzusetzen (vergl. Kolbermoor, Firbas 1949, Abb. 50, S. 375).

Ähnlich wie für das Alleröd läßt sich für den ersten Überblick eine entsprechende Dreiteilung des mittel-nordeuropäischen Untersuchungsgebiets für die Zeit der jüngern Dryas (Zone III) durchführen.

Die nördlichsten und extrem ozeanischen Gebiete weisen NBP-Prozente von meist und z. T. weit über 70% auf. Reine Tundra ist wahrscheinlich; doch ist das Vegetieren vereinzelter Birken an geschützten Standorten nicht völlig ausgeschlossen.

Die südlichen und südwestlichen Gebiete der Ostsee, Deutschlands Westgebiete und die Niederlande weisen in der Jüngern Dryas NBP-Werte zwischen 35 und 70% auf (sehr oft um 50%

herum). Das entspricht ungefähr den Verhältnissen, die im Alleröd in den nördlichsten Allerödgebieten geherrscht hatten: Tundra mit häufigen Birken- und mehrfachen Kiefern-vorkommen. Diese Verhältnisse scheinen bis an den Südfuß der Vogesen geherrscht zu haben (Sewensee, 500 m ü. M., F i r b a s 1949, Abb. 52, S. 376), dagegen nicht im Schwarzwald und weiter östlich.

Unsere Gegenden, der Schwarzwald, das sächsische Schwarzerdegebiet (H. M ü l l e r, nach F i r b a s 1951, S. 9) und das weiter südlich und östlich gelegene Gebiet (mit Ausnahmen) weist in der jüngern Dryaszeit nur 10—25% NBP auf. Nach unsern bisherigen Erfahrungen muß es als Waldgebiet mit leichten Lichtungen, besonders gegen das Ende der Dryaszeit zu, aufgefaßt werden. Diese besondere Ausprägung der jüngern Spätglazialzeit ist es, die die Parallelisierung auch des Alleröds mit dem Norden bisher so erschwert hat. Es macht den Anschein, als ob die Klimaverschlechterung der jüngern Spätglazialzeit (wenigstens bei uns) nicht das Ausmaß erreicht hätte, das man ihr, vom Norden aus gesehen, zuschreibt. F i r b a s (z. B. 1949) hat auf die Möglichkeit hingewiesen, daß der Klimarückschlag durch Massenausbreitung der Bergföhre (*Pinus mugo*) verdeckt sei. Wir möchten einen solchen Einfluß nicht verneinen, möchten aber darauf hinweisen, daß die Bergföhre offenbar der Art nach, besonders aber auch unter schlechten subalpin-alpinen Verhältnissen weniger Pollen erzeugt als die Waldföhre und so ein Überhandnehmen der Krautvegetation nicht so stark verdecken sollte. Ganz besonders scheint uns aber gegen diese Annahme zu sprechen, daß in unsern Gegenden heute die Bergföhre die Waldgrenze nur in Einzel-exemplaren und nur an günstigen Standorten etwas überschreitet. Es handelt sich dabei allerdings bei uns um die aufrechte Bergföhre. Daß die niederliegenden östlichen Rassen je eine größere Bedeutung in unsern Gegenden hatten, ist nicht erwiesen.

Es scheint sich mir bei der andersartigen Ausprägung der jüngern Dryas bei uns eher um Vorgänge und Verhältnisse zu handeln, wie sie I v e r s e n und F a e g r i (1950, S. 89) schematisch skizzieren: Im eigentlichen Verbreitungsgebiet der Föhrenwälder (von der Allerödzeit her) vermochte eine Klimadepression vom Ausmaß der jüngern Dryaszeit den Föhrenwald nicht

mehr zu verdrängen, während im Vorpostengebiet der Föhren starke Rückschläge ausgelöst wurden. Gleichzeitig akzentuierte wohl der Umstand die klimatische Wirkung, daß das Klima der Zonen II und III im Norden um die Schwellenwertlage der Birken und Föhren schwankte. Man kann unserer Auffassung, scheinbar mit gleichem Recht, entgegenhalten, wir hätten eine übertriebene Verflachungstendenz. Es liegt aber in beiden Auffassungen ein Kern von Wahrheit. Wir müssen uns vielleicht von der unbewiesenen Voraussetzung losmachen, die Klimaschwankungen hätten im Norden und bei uns ähnliche Beträge erreicht. Die ersten probeweisen Berechnungen von Firbas (1949, S. 287 u. S. 304/5) über Klimawerte im Alleröd und in der jüngern Dryaszeit scheinen ganz in diese Richtung zu weisen. Es sind aber offenbar noch andere Klimawerte als die Juliisothermen für das Verständnis der Vegetationsverbreitung im Spätglazial heranzuziehen, z. B. Ozeanitätsschwankungen, Länge der Vegetationsperiode.

Im Zeitraum der ältern Dryaszeit (Zone I) erweist sich die für das Alleröd und die jüngere Dryas vorgenommene Gebietsteilung in den Hauptzügen ebenfalls als brauchbar. Wir wollen den Abschnitt, der durch seine Erstreckung vom letzten Hauptwürmrückzug bis zum Alleröd alle andern Abschnitte an Dauer übertrifft, in ganz grober erster Sichtung mit Firbas in die zwei Teile a und b zerlegen. Teil a betrifft die \pm hochglaziale Zeit und ist pollenanalytisch gekennzeichnet durch fast fehlenden Gehölzpollen (abgesehen von Sekundärpollen!) und deshalb 80 bis 90% meist übersteigende NBP-Prozente. Teil b fällt in den Bühlbereich der Alpen (eine genauere Zuordnung scheint in absehbarer Zeit möglich) und zeigt erste reichlichere Gehölzverdichtungen von Zwergbirken, Baumbirken, Sanddorn (*Hippophaë*), *Populus*-spuren und oft reichlich *Juniperus* bei einem NBP-Wert um 50 bis 80%.

Dem extrem ozeanischen Gebiet und demjenigen der gotiglazialen Eisbedeckung scheinen die beiden Abschnitte a und b völlig zu fehlen. Doch schon Gebiete im Rückzugsbereich der gotiglazialen Eisbedeckung, wie Bölling Sö in Mitteljütland (Iversen 1947) und Nebbe Mosse in Südschonen (Brorson-Christensen 1949) weisen kurze Endabschnitte der Zone Ib auf: Gerade

hier liegt der kleine Birkengipfel vor dem Alleröd, den Iversen, Bölling Oszillation nennt. Daran schließen die Gebiete um die südliche Ostsee und in Nord- und Westdeutschland, wo größere Teile von Abschnitt Ib oder der ganze Abschnitt zu finden sind. Es handelt sich um folgende Objekte: Akkerup Mosse auf Fünen (Iversen 1947), Huxfeld bei Bremen (Overbeck 1949), Meiendorf und Stellmoor bei Hamburg (Schütrumpf 1936 und 1943, nach Firbas 1949, Abb. 104/5), Dannenberg, Grussendorf, Menturren und Gumbinnen in Ostpreußen (Groß, nach Firbas 1949, Abb. 112, 118, 141, 146), Luttersee (Steinberg 1944, auch Firbas 1949, Abb. 8), Ascherslebener See in Sachsen (H. Müller in Firbas 1951, S. 9). Sewensee und Urbis in den Südvogesen (Grünig, Oberdorfer in Firbas 1949, Abb. 52 und 54), dazu manche Diagramme Sarntheins aus den Ostalpen. Es versteht sich von selbst, daß bei allen genannten Örtlichkeiten, die außerhalb der würmzeitlichen Vergletscherung lagen, der Abschnitt Ia ebenfalls auffindbar sein muß. Doch ist es wohl auch für die Wertung des glazialen Klimas jener Gegenden bedeutungsvoll, daß man diese Zone Ia bei der bisherigen Intensität der Untersuchung nicht gefunden oder nicht für untersuchungswürdig oder nicht für untersuchbar gehalten hat. Erst in südlicheren und kontinentalern Gegenden ist Zone Ia bis heute in ordentlicher Entwicklung aufgefunden und untersucht worden. Wir nennen als Beispiele: Federsee unter 170 cm (Firbas 1935 und 1949, Abb. 40), Schleinsee unter 4 m, ebenfalls im östlichen Bodenseegebiet (Lang in Firbas 1951, S. 7), Kolbermoor, wohl erst unter 200 cm (Firbas 1935 aus 1949, Abb. 50), Lissa-Hrabanov in Innerböhmen, möglicherweise unter 140 cm (Losert 1940, aus Firbas 1949, Abb. 97/98), Burgäschisee im schweizerischen Mittelland unter 7,5 oder 9,7 m (Welten 1947), Vielbringen bei Bern, unter 380 cm (in vorliegender Arbeit, Abb. 2), evtl. auch Faulenseemoos, z. B. Profil XI unter 1370 cm (Welten 1944, S. 64).

Aus dieser Übersicht scheint zu folgen, daß Aussicht dafür besteht, daß sich auch das Glazial Mitteleuropas mit der Zeit pollenanalytisch wird erfassen und gliedern lassen.

Wir haben damit die Hauptpunkte der spätglazialen Vegeta-

tions- und Klimaentwicklung in Mittel- und Nordeuropa dargestellt. Wir sind uns bewußt, daß wir manche Erscheinung unserer nordalpinen Gegenden bereits in die gegebene Darstellung einbezogen haben. Deshalb ist das bisher Gesagte als integrierender Bestandteil der folgenden Darstellung unserer speziellen alpinen Verhältnisse aufzufassen.

Der einzige Versuch, die speziellen alpinen Verhältnisse auf Grund eines umfangreichen Materials mit den Spätglazialzonen des Nordens zu parallelisieren, stammt von Sarnthein. Seine Untersuchungen im östlichen Alpengebiet zählen zu den sorgfältigsten aus dem Alpengebiet. Sie zeigen im entsprechenden Abschnitt ganz ähnliche Verhältnisse wie bei uns: Eine pollenarme und NBP-reiche ältere Spätglazialzeit mit oft unglaublichen Mengen von Pollen von wärmeliebenden Arten; dann ein Ansteigen der Pollenfrequenz und ein Rückgang des NBP-Wertes. Eine kurze Birkenzeit stellt sich ein (z. B. am Schwarzsee, Sarnthein 1948, S. 24, um 11,7 m, mit einem deutlichen Hippophaë-Gipfelchen als Einleitung!) mit einem typischen stratigraphischen Wechsel wie bei uns. Darauf folgt eine Kiefernzeit und dann der sekundäre Birkenanstieg als Überleitung zur EMW-Zeit. Der einzige wesentliche Unterschied gegenüber unsern Ergebnissen besteht in der großen Zahl Wärmeliebender in der Weidenzeit und in deren Deutung. Auch wir finden gelegentlich Spektren mit einzelnen Pollen wärmeliebender Arten; ja, das Spätglazialdiagramm vom Egelsee publizieren wir deshalb nicht, weil es durchwegs große Mengen dieser Pollen aufweist. Da wir aber zahlreiche gute Profile haben, die nur Spuren oder überhaupt nicht ein einziges entsprechendes Pollenkorn enthalten, müssen wir annehmen, es handle sich stets um Verunreinigung, resp. Sekundärpollen. Sarnthein baut nun aber gerade darauf seine Stufeneinteilung und muß dementsprechend den pollenärmsten Abschnitt als Interstadial mit einem Klimacharakter hinstellen, der die Verhältnisse im Alleröd bei weitem übertrifft. Trotzdem wird er mit Alleröd gleichgesetzt. Wo notgedrungen die jüngere Dryas hingelangt, kann man sich vorstellen: die pollenreiche Birken- und Kiefernzeit bis zum sekundären Birkenanstieg wird zum Äquivalent der Schlußvereisung (mit stratigraphisch anspruchsvollerem Sediment als zuvor). Wir lehnen deshalb bei aller Anerkennung

der Untersuchungsergebnisse Sarntheins dessen Schlüsse und Einteilung ab.

Die Mittel, nach denen wir die Parallelisation der Spätglazialstadien mit dem Norden sichern können, sind folgende:

- aa) stratigraphische Übereinstimmung und Ähnlichkeiten,
- bb) Ähnlichkeit der Vegetations- und Klimarhythmik,
- cc) Auswertung der Entwicklungstendenz, die im Raum zwischen nordischer und alpiner Vereisung auftritt,
- dd) evtl. Auswertung von Synchronhorizonten, die vulkanische Aschen bieten,
- ee) evtl. Radiocarbonatierungen.

aa) Die Stratigraphie des Spätglazials schien längere Zeit völlig von der nordischen abzuweichen, einmal darin, daß typische Allerödgyttja fehlte, dann aber auch darin, daß der Klimarückschlag der jüngern Dryas sich nicht oder nur mangelhaft abzeichnete. Die nordostschweizerischen Moore zeigen (Keller 1928, auch Lüdi 1951) mehrfach Gyttjen, die mit dem Beginn der Birkenzeit einsetzen und scheinbar ohne wesentliche Änderung durch die Kiefernzeit hindurch bis in die ältere oder gar jüngere EMW-Zeit hinaufreichen. Sehr viele Objekte, besonders aber die mittel- (und west-?)schweizerischen und diejenigen höherer Lagen zeigen vom Hippophaë-Abschnitt bis gegen den Beginn der EMW-Zeit mehr oder weniger reine Seekreiden, allerdings mit etwas schwankendem Gehalt an organischem Material einerseits, an Ton anderseits (z. B. Faulensee, Profil XI/XII (Welten 1944)). Das darunter liegende weidenzeitliche Stück ist meistens eine bald mehr Ton, bald mehr Kalk enthaltende Mergelgyttja. Das fast völlige Fehlen typischer Rückschlagserscheinungen seit der Bewaldung unserer Gegenden hat uns zuerst den Gedanken nahe gelegt, Alleröd und jüngere Dryas könnten nur in der Weidenzeit liegen. Dagegen sprechen nun aber folgende neuern Befunde: Das Burgmoos (Welten 1947) zeigt in der Birken- und ältesten Kiefernzeit eine typische Gyttjazwischenlage von ca. 12 cm Dicke; Chutti im Simmental (diese Publikation Abb. 3) zeigt im Moment des Kiefernanstiegs 5 cm Gyttja; ganz neuerdings haben wir im Murifeld bei Bern ein Profil erbohrt und untersucht, das vom Hippophaë-Gipfel bis hinauf in den Beginn der Kiefernzeit 25 cm

Gyttja über der Tongyttja der Weidenzeit ergab, nach oben scharf in leicht tonhaltige Kalkgyttja übergehend; ein ebenfalls ähnliches, noch nicht untersuchtes Profil stammt aus dem freiburgischen Mittelland. Diesen vier Beispielen typischer, vorübergehender und mit dem Spätglazial zweifellos in Berührung stehender Gyttjavorkommen scheint sich auf den ersten Blick das Torfvorkommen anzureihen, das wir auf Regenmoos (1260 m, Abb. 6 dieser Arbeit) im Simmental in der Kiefernzeit bei 975 cm Tiefe gefunden haben. Die in Abb. 6 angewandte maßstäbliche Verkürzung der Kiefernzeit auf den vierten Teil der Schichtmächtigkeiten des untern Spätglazials leistet der Täuschung Vorschub. Es scheint uns bei sorgfältigem Vergleich wahrscheinlich, daß es sich um eine Bildung der mittlern oder jüngern Abschnitte der Zone III handelt. Wir haben auf gleicher Höhe auf den Saanenmösern (1270 m) eine dünne Gyttjalage zwischen Seekreide hart vor dem Beginn des sekundären Birkenanstiegs festgestellt.

Da bis jetzt in den weidenzeitlichen Abschnitten nie und nirgends ausgesprochene Seekreidebildungen (nur geringere Kalkgehaltsschwankungen, vergl. Faulensee, [Welten 1944], oder hievor Vielbringen, Abb. 2), noch viel weniger reine Gyttjen gefunden worden sind, halten wir heute den Schluß für gesichert, daß Alleröd aus stratigraphischen Gründen nicht vor unserer Birkenzeit liegen kann. Wir parallelisieren aber überdies auf Grund unserer obgenannten Gyttjavorkommen unsere Birkenzeit und die erste Kiefernauubreitung mit dem nordischen Alleröd.

Das eingangs erwähnte Durchgehen von Gyttja oder Seekreide vom Hippophaë-Gipfel durch die ganze Kiefernzeit hinauf erfordert noch eine Bemerkung: Die geradezu identische Erscheinung beschreibt Iversen 1947, S. 68, im zweiten Profil der Abb. 1 aus südlichen Teilen Dänemarks. Mit einiger Wahrscheinlichkeit läßt sich die Erscheinung darauf zurückführen, daß an solchen Örtlichkeiten das Toteisabschmelzen früher vor sich gegangen war oder aber nur so langsam erfolgte, daß keine abrupten Wassertiefenwechsel und keine starken Störungen des Uferprofils mehr eintraten. Als Kriterium für die Richtigkeit dieser Auffassung könnte vielleicht folgendes dienen: Wenn in einem Gebiet beide

Arten der stratigraphischen Ausprägung der Kiefernzeit vorkommen, so muß das Profil mit stärkern Toneinschwemmungen in Zone III mehr Pionierpflanzenpollen aufweisen als reine Gytjtja- oder Seekreideprofile (Voraussetzung ist freilich, daß der Ton nicht aus einem größern Wasserlauf stammt). Ob es sich bei den stratigraphisch rückläufigen Entwicklungen der Zone III um die Auswirkungen warmer toteisschmelzender Unterabschnitte oder um die Auswirkungen eines vegetationslichtenden kühlen stadialen Klimas handelt, sicher geht aus der kontinuierlichen Bildung von Seekreide oder Gytjtja in vielen Profilen hervor, daß, in unsern Gegenden zumindest, die jüngere Dryaszeit keinem stadialen Rückschlag großen Ausmaßes entspricht. Dafür spricht auch die Verbreitung fast reiner Seekreiden oder Kalkgyttjen durch Zone III hindurch bis in Höhen von ca. 1300 m hinauf, nicht weniger hoch, als entsprechende Allerödbildungen festzustellen sind.

bb) Im Suchen nach der am besten übereinstimmenden Vegetations- und Klimarhythmik geben uns unsere neuesten Untersuchungen ebenfalls eindeutigen Aufschluß. Die Durcharbeitung der nach obigen Befunden allerödzeitlichen Gytjtjen und reinen Seekreiden hat ergeben, daß die Kiefernpollen im ersten Wiederbewaldungsabschnitt des Sanddorns und der Birken so spärlich werden oder gar vollkommen fehlen, daß wir die Behauptung für annähernd bewiesen erachten, daß die Kiefer unsern Gegenden im ältern Spätglazial so gut wie vollkommen fehlte. Schon die Tatsache der geringen Kiefernpollenwerte im schweizerischen Mittelland (Vielbringen Abb. 2; das schon erwähnte Muri-feld zeigt für den Hauptteil der Zone I Werte um 5%, dagegen in den ältesten Abschnitten ein Ansteigen!), der hohen Kiefernpollenwerte in größern Höhenlagen (z. B. Regenmoos Abb. 6) kann keiner einheimischen Kiefernverbreitung entsprechen: wir halten unsere Kiefernpollen des ältern Spätglazials für Ferntransport- und Sekundärpollen. Dagegen kann für den Birkenpollen geradezu das Gegenteil als bewiesen gelten: Mit der Klimabesserung der ältern Dryaszeit nehmen die Birken immer zu; sie fehlen in den ältern Abschnitten und in den Diagrammen höherer Lagen beinahe und gehen mit den Pollenfre-

quenzschwankungen gleichsinnig, während die Kiefernpollen dann am geringsten vertreten sind, wenn die Pollenfrequenz positiv ausschlägt.

Diese Erkenntnis führt erst zur richtigen Deutung der pollenanalytischen Ergebnisse und des Verhältnisses der Baumpollen zu den NBP. In Abb. 5b und 6b sind die spätglazialen Abschnitte danach umgerechnet und umgezeichnet. (Gleichzeitig ist, abweichend von Abb. 6a, das ganze Profil im gleichen Tiefenmaßstab gezeichnet. Dadurch wird deutlich, daß der Hypnumtorf bei 975 cm nicht gut dem jüngern Alleröd entsprechen kann). Die Ähnlichkeit der schwarzen NBP-Flächen mit derjenigen von Diagrammen aus tiefern Lagen springt nun in die Augen; Vielbringen, Abb. 2, ist infolge der geringen Pinusprocente recht gut zu vergleichen.

Auf Grund der auf diese Weise vereinheitlichten Pollendiagramme zeichnen sich zwar in unserer Weidenzeit (Welten 1944), in neuern Untersuchungen immer deutlicher gewisse Vegetationsschwankungen und Klimarhythmen ab, die ihrerseits den Gedanken an eine Zuordnung zu bestimmten interstadialen Schwankungen sehr nahe legen, die aber durchaus von so geringer Intensität sind, daß an eine Zuordnung zu der im Norden doch relativ wohlentwickelten und leicht erfaßbaren Allerödschwankung nicht mehr im Ernst gedacht werden kann. Die erste intensive spätglaziale Klimabesserung, die sich bei uns nicht nur stratigraphisch, sondern und insbesondere pollenanalytisch durch eine starke Gehölzzunahme und teilweise Bewaldung auffällig heraushebt, liegt am Beginn unserer Birkenzeit. Der erste Birkenanstieg unserer Gegenden kann im allgemeinen als ältere Hälfte IIa des Alleröds betrachtet werden.

Im Moment einer leichten Klimadepression, die sich oft (nicht immer deutlich) durch NBP-Zunahme, ja sogar durch eine Regeneration der Hippophaë-Strauchphase auszeichnet, scheint in unsern alpennahen Gegenden die Föhre (Pinus) einzuwandern. Dadurch ergeben sich reizvolle Differenzierungen im Pollenbild der jüngern Hälfte des Alleröds, zugleich aber auch Schwierigkeiten der Abgrenzung nach oben. Jedenfalls scheinen die wohlentwickelten Birkenzeitabschnitte von Profilen aus höherer Lage ein

verspätetes Einwandern der Föhre aus dem Vorland anzudeuten. Nur sorgfältigste Untersuchungen und enge Probeentnahme werden hier Klarheit verschaffen können. Diese Verhältnisse erschweren die Abgrenzung des Alleröds nach oben so sehr, daß wir vorläufig, auf Grund eines Vergleichs mit den stratigraphisch klareren Fällen, die Grenze kurz nach dem Baumpollenmaximum und dem altkiefernzeitlichen Pollenfrequenzmaximum legen. Von irgendeinem abrupten Wechsel kann aber keinesfalls gesprochen werden.

Firbas hat ursprünglich in seiner Waldgeschichte Mitteleuropas (1949) die Birkennachgipfel in der frühen Kiefernzeit wie wir in Faulensee (Welten 1944) als Ausdruck stadialer Rückschläge aufgefaßt. Neuerdings scheint er das Hauptgewicht mehr auf die stärkste kiefernzeitliche NBP-Entwicklung zu legen (Firbas 1951), die gewöhnlich knapp vor dem als Präboreal aufgefaßten sekundären Birkenanstieg liegt. Das ergäbe für unsere Gegenden einen merkwürdig allmählichen Übergang vom Alleröd zu der meist hieher gerechneten Schlußvereisung und umgekehrt einen recht abrupten Abschluß der Stadialphase. Darüber ist wohl noch nicht endgültig zu entscheiden. Wir möchten nur darauf hinweisen, daß man jene NBP-reiche Phase der Kiefernzeit auch als warmkontinentale Schlußphase des schlußeiszeitlichen Vereisungszyklus auffassen kann. Das spricht dann völlig für die Einbeziehung in die Zone III und ließe die Schlußeiszeit auf die doch offenbar ozeanischeren Birkenphasen fallen.

In analoger Weise ließe sich auch das Alleröd mit seinem Birken-Kiefern-Dominanzwechsel als warmgetönter Vereisungszyklus auffassen mit einer ersten ozeanischeren und einer zweiten kontinentalen Phase. Die Ansicht ist ja schon etwa geäußert worden, die Birkenzeit entspreche einem Stadial. Und unsere Diagramme, z. B. gerade Abb. 6b vom 1270 m hoch gelegenen Regenmoos, sprechen stark für eine solche Möglichkeit. Jedenfalls wäre unser erster als Alleröd aufgefaßter birkenzeitlicher Abschnitt der Diagramme aus höhern Lagenpollenanalytisch eher einem Stadial zuzuordnen als irgend ein kiefernzeitlicher Abschnitt. Es muß der weitem Forschung überlassen bleiben, zu entscheiden, ob

die letzten Bühphasen in die Birkenzeit hineinreichen (was nicht unwahrscheinlich ist), oder ob die ersten Phasen der Schlußvereisung bereits in das Alleröd fallen, oder ob bei genauerer Untersuchung Bühl und Schlußvereisung überhaupt gleitend durch das Alleröd hindurch ineinander übergehen. Es sei in diesem Zusammenhang daran erinnert, daß ja auch im Norden die genaue Zuordnung zu gotiglazialem Eisrückzug und Halt an den fennoskandischen Endmoränen nicht erfolgt ist. Wir haben vorläufig die kiefernzeitlichen Diagramme höherer Lagen so eingestuft, als ob das Gschnitzstadium der Geologen auf Mächlistall an der Niesenkette in der ältern Kiefernzeit lokalisiert wäre (Abb. 9). Es bleibt aber vorläufig eine nicht ganz zuverlässig zu entscheidende Frage, wo die alpinen Waldgrenzen in der Kiefernzeit lagen, was bei der Betrachtung der Abb. 24 zu bedenken ist, wo eine Auffassungsmöglichkeit dargestellt ist.

cc) und dd). Unsere Lokalisierung des Alleröds steht in harmonischer Übereinstimmung mit den neuesten Ergebnissen von G. Lang (mündlich) aus dem Schwarzwald und dem Bodenseegebiet. Lang ist es gelungen, im ersten Kiefernanstieg nach der ähnlich wie bei uns entwickelten Birkenzeit in einem Schwarzwaldprofil vulkanische Asche nachzuweisen, die ähnlich wie in der Gegend von Göttingen und Sachsen als Leitmarke für das Alleröd aufgefaßt wird. Dadurch wird die Verbindung vom Norden zu den Alpen wesentlich gesichert, so daß an den großen Zügen unserer Festlegung kaum mehr zu zweifeln ist.

ee) Radiocarbon datierungen sind das Nächstliegende, was zur Verifikation, aber auch zum Ausbau der chronologischen Verhältnisse des Spätglazials getan werden kann. Wir entnehmen Arnold und Libby (1951) die Angaben, daß das Alleröd von Wallensen (Göttingen) auf das Jahr 11044 ± 500 vor heute datiert wird, dasjenige von Darlington in England auf 10851 ± 630 und dasjenige von Knocknaran in Irland auf 11310 ± 720 . Wir haben uns nach diesen neuesten Datierungen, die zwar noch nicht völlig durchgeprüft sind, das Alleröd um das Jahr 9000 vor Chr. zu denken. Die fennoskandischen geochronologischen Datierungen leiden nach Sauramo (1949) im Gebiet des Finiglazials an Defekten, die noch nicht völlig übersehbar sind; entgegen frühern Festlegungen schreibt Sauramo (S. 24): «Der Übergang vom Finigla-

zial zum Postglazial muß also bedeutend länger als ein gutes Jahrtausend sein.» Unsere geochronologischen Zählungen in Faulensee (Welten 1944) scheinen sich für die ältern Abschnitte wesentlich zu knapp zu erweisen. Offenbar sind, besonders in der Gytja der ältern EMW-Zeit, Schichten ausgefallen oder infolge ihrer Feinheit übersehen worden: Der Haselanstieg wird heute \pm übereinstimmend mit 6700 v. Chr. angegeben (statt mit 5000). Zählen wir unsere frühern 1700 Jahre bis zum Hippophaëgipfel hinzu, so erhalten wir als provisorischen Wert für das Alleröd 8400 v. Chr., was nach den Erfahrungen offenbar ein Minimum ist, jedoch weitere geochronologische Untersuchungen nicht wertlos erscheinen läßt. Wir verweisen auch auf S. 95 ff.

Die Eichenmischwaldzeit im Simmental

(Boreal und Atlantikum, Abschnitt V und VI/VII)

Zur Illustration unserer vergleichenden Betrachtung geben wir fünf wichtige Diagramme wieder, diejenigen des Egelsees bei Diemtigen (990 m, Abb. 18), des Kilchmooses auf dem Bruch oder Jaunpaß (1500 m, Abb. 10) hart neben dem schon erwähnten Objekt «See», der untern Bunschleren (1670 m, Abb. 11), der obern Bunschleren (1790 m, Abb. 12, unterer Teil) und des hintern Endes der Sumpfebene von Mächlistall (2000 m, Abb. 12 oberer Teil). Als Ausgangspunkt diene die Abb. 11 und 15 meiner Faulenseearbeit (Welten 1944) und als Beispiel für die schweizerische Hochebene das Diagramm von Burgäschi (Welten 1947). Zahlreiche andere unserer Diagramme aus dem Untersuchungsgebiet und einigen Nachbargebieten wurden mitverarbeitet, können aber hier nicht einzeln wiedergegeben und durchgegangen werden.

Das Boreal umfaßt einen ganz im Mesolithikum liegenden Zeitabschnitt in der zunehmenden Wärmezeit, etwa von 6700 bis 5500 v. Chr.; es wird als frühe Wärmezeit bezeichnet (Zone V), etwa auch als Haselzeit. Die untere Grenze liegt dort, wo die Hasel- und Eichenmischwaldkurven aufzusteigen beginnen. Diese Grenze verschiebt sich definitionsgemäß etwas mit dem Erscheinen dieser ersten wärmeliebenden Arten, so daß man, wenigstens bei uns, gut den präborealen Endabschnitt als Ganzes