

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
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: 01.04.2026

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

**Veröffentlichungen
des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich**

26. Heft

**Über die spät- und postglaziale
Vegetationsgeschichte
des Simmentals**

sowie die frühgeschichtliche und historische Wald- und Weiderodung
auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen

von

MAX WELTEN

Spiez

Schenkung
A. GAUMANN



VERLAG HANS HUBER, BERN

1952

Alle Rechte vorbehalten

Copyright by Verlag Hans Huber, Bern 1952

In der Schweiz gedruckt — Imprimé en Suisse — Printed in Switzerland

Druck: Walter Fischer, Bern

Inhaltsübersicht

	Seite
Vorwort	5
Geographischer und vegetationskundlicher Überblick	7
Methodisches	12
Das Spätglazial und das Finiglazial (Präboreal)	23
a) Würmeiszeit und Rückzugsstadien	23
b) Leitgedanken	25
c) Einzelergebnisse	28
d) Diskussion der Ergebnisse	59
Die Eichenmischwaldzeit im Simmental	77
Die späte Wärmezeit (das Subboreal, Zone VIII) und die Nachwärmezeit (das Subatlantikum, Zonen IX/X)	92
Abgrenzung und Parallelisation	92
Subboreal	98
Subatlantikum	101
Pollendiagramm Egelsee: Rückblick und Ausblick	115
Graphische Zusammenfassung	122
Gesamtdarstellung der postglazialen Waldgeschichte des Simmentals .	128
Zitierte Literatur	133
 Verzeichnis der Abbildungen	 4
Erklärung der Zonengliederung	19 u. 95
Erklärung der Materialsignaturen	20

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1	Simmental, Lageskizze der untersuchten Seen und Moore . . .	8
2	Vielbringen (565 m) Spätglazial	29
3	Chutti bei Boltigen (925 m) Spätglazial	36
4	Chrome bei Boltigen (990 m) Spätglazial	39
5	Regenmoos (1260 m) Spätglazial	42/43
6	Bruchpaß (Jaunpaß) (1500 m) Spätglazial	48/49
7	Untere Bunschleren (1680 m) Spätglazial	51
8	Mächlistallseeli (2000 m) Spätglazial	54
9	Sewlenboden (2120 m) Postglazial	58
10	Kilchmoos (Bruchpaß) (1500 m) EMW, Subboreal	78
11	Untere Bunschleren (1680 m) EMW	79
12	Obere Bunschleren (1790 m) EMW	80
	Mächlistallsee (2000 m) EMW	80
13	Spiezerbucht (560 m) Zonen IX—X	107
14	Bruchpaß Jaunpaß) (1500 m) VIII—X	110
15	Mettenbergmoos (1770 m) V—X	112
16	Obergurbs (1915 m) IV—X	113
17	Mächlistallseeli (2000 m) VIII—X	114
18	Egelsee (1000 m) IV—X, eingeheftet bei	117
19/23	Höhendiagramme für 15 Termine des Spät- und Postglazials, eingeheftet bei	125
24	Höhen-Zeit-Diagramm für das ganze Spät- und Postglazial	129

Vorwort

Die ersten Untersuchungen zu vorstehender Arbeit gehen auf achtzehn Jahre zurück. Die pollenanalytische Forschung hatte damals einen enthusiastischen Siegeslauf durch alle Länder genommen. Die ersten extensiven Untersuchungen waren auch in der Schweiz durchgeführt. Ein Überblick war gewonnen. Über den ersten Erfolgen waren die ersten Schwierigkeiten aufgetaucht. Je mehr man untersuchte, desto deutlicher wurden sie.

Mir ging es nicht besser. Ich hatte mir vorgenommen, die geschichtliche Entwicklung der Vegetationsverhältnisse meiner engern Heimat, des Simmentals und Saanenlandes, aufzuklären. Erkenntnisse und Entdeckungen und Schwierigkeiten wurden immer größer. Die Anstrengungen wurden verdoppelt. Vorerst wurde anhand eines besonders günstigen Objekts, das aus dem Netz der Untersuchungen ausgesondert wurde, am Faulenseemoos bei Spiez, eine möglichst umfassende Grundlage geschaffen. Es boten sich hierauf Möglichkeiten der Anwendung und praktischen Erprobung der Ergebnisse durch Teilnahme am Versuch zur Datierung archäologischer Funde: Pfahlbau Burgäschisee, prähistorische Höhlen Chilchli und Ranggiloeh und einige kleinere Untersuchungen.

Die Einsicht in Erfahrungen und Schwierigkeiten wuchs. Das Ausland, besonders der Norden, hatte verfeinerte Methoden und neue Anschauungen entwickelt. Die Grundlagenforschung, ohne die man es eine Zeitlang machen zu können vermeinte, mußte gepflegt werden. Ich beschäftigte mich mit dem für mich brennendsten Problem des Zusammenhangs zwischen Pollennieder-schlag und Vegetation an der Waldgrenze. Ich trat an die Untersuchung des menschlichen Kultureinflusses im Pollendiagramm heran, indem ich die Rodung der simmentalischen Vorweide Bruchgehrenallmend pollenanalytisch verfolgte.

Schließlich war ich aber soweit, daß ich mein großes altes Untersuchungsmaterial nur noch als Voruntersuchung betrachten konnte: es war in jeglicher Beziehung überholungsbedürftig. Diese Erkenntnis war umso schwieriger einzugestehen, als jede neu durcharbeitende Probe infolge verfeinerter Methoden und erhöhten Anforderungen drei- und viermal mehr Arbeit erforderte.

Der einzigartige Vorteil des großen Voruntersuchungsmaterials war und bleibt der, die inbezug auf Diagrammausdehnung, Pollenerhaltung und Ortslage günstigen Beispiele auslesen und in den besonders interessierenden Abschnitten nachuntersuchen zu können. Zugleich war es von Anfang an klar, wo neue Bohrungen versucht werden mußten.

Diese Nachuntersuchung umfaßt heute noch nicht alle wichtigen Objekte. Sie ist aber soweit gefördert, daß ein erster zusammenfassender Überblick nahe liegt und zweckmäßig ist. Bei der Kompliziertheit und Vielfalt der Probleme ist an eine baldige abschließende Darstellung nicht zu denken, anderseits ein Marschhalt zur Besinnung über Standort und Ziel der Forschung angezeigt.

Vorstehende Zusammenfassung wurde im Oktober 1950 in ihrer ersten Fassung der philosophischen Fakultät II der Universität Bern als Lösung einer entsprechenden Preisaufgabe eingereicht und von dieser genehmigt. Sie wurde durch meinen verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. W. Rytz, begutachtet und empfohlen. Ihm danke ich auch an dieser Stelle für sein Wohlwollen und sein stetiges Interesse an den Untersuchungen.

Weitere Förderung durfte ich im Frühjahr 1951 durch einen Studienaufenthalt im Moorklaboratorium des Nationalmuseums in Kopenhagen bei J. Troels-Smith und dessen Mitarbeiter Svend Jørgensen erfahren. Von besonderem Wert für die vorliegende Arbeit war mir die ausführliche Diskussion der Ergebnisse mit den Herren J. Troels-Smith, Staatsgeolog Dr. J. Iversen und Prof. Dr. F. Firbas, wertvoll aber auch der Kontakt mit einigen schwedischen Pollenanalytikern und Botanikern. Ihnen allen danke ich auch an dieser Stelle für ihr Interesse.

Nach teilweiser Umarbeitung und Erweiterung wurde vorstehende Arbeit 1951 der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern als Habilitationsschrift eingereicht. Dem *Geobotanischen Forschungsinstitut Rübel* in Zürich, speziell seinem Direktor, Herrn Dr. W. Lüdi, danke ich für die stete wohlwollende Unterstützung und die Publikation in der Reihe der «Veröffentlichungen», der *Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Hochschule Bern* für einen namhaften Beitrag an die Druckkosten.

Geographischer und vegetationskundlicher Überblick

Das Simmental ist ein rund 60 km langes Tal im Gebiet der Nordwestabdachung des Alpenbogens, im westlichen Berner Oberland. Es erstreckt sich vom Thunersee (560 m Meereshöhe) hinauf zu den Hochalpen (Wildstrubel und Wildhorn, ca. 3250 m). Seine obere Hälfte, das Obersimmental, ist ein ausgesprochen Nord-Süd gerichtetes Quertal, die untere Hälfte, das Nidersimmental, ein West-Ost gerichtetes Längstal. In der Talenge bei Wimmis mündet es in das NW-SO gerichtete Quertal des Thunersees.

Die Hauptzüge des geologisch-tektonischen Aufbaus sind folgende: Der Hauptteil des Tales, der untere und mittlere Teil, liegt im Gebiet der Klippendecke (Préalpes médianes, ostalpine Decken.) Die südöstliche Begrenzung wird durch die penninische Niesendecke gebildet. Nur ein kleiner südlichster Talabschnitt (der Talabschluß) wird durch die Kalkhochalpen der helvetischen Decken (Wildhorn- und Plainemorte-Decke und Sattelzone) gebildet. Der Klippendecke überlagert sind die interessanten Fragmente der Hornfluh- und der Simmendecke.

Die Gesteinsunterlage ist in den steilern Gebirgsbildungen im allgemeinen **k a l k r e i c h**. Triasischer Gips findet sich im untern Talabschnitt und gegen den Thunersee häufig. Reine Malmkalke bilden vielfach die steilen Bergformen. Relativ tonreiche Kreidekalke sind aber auch recht verbreitet (bes. Obere Kreide). Besonders weit verbreitet sind in Mulden und weichen Bergformen tonige und oft kalkarme **F l y s c h g e s t e i n e** des Oligocäns. Stark verbreitet sind sie in der Niesenkette, obwohl häufig durch kalkreichere Schichten unterbrochen (Eocän). Das reichliche Vorkommen von Flysch darf wohl als Grundvoraussetzung für die Bildung der zahlreichen Sümpfchen und Moore des Simmentales betrachtet werden, handle es sich dabei um tektonisch bedingte Mulden oder Grundwasseraustritte oder um die wesentlich abdichtenden Bestandteile von Grundmoränenmaterial und beckenbildenden End- und Seitenmoränen oder um spät- und postglaziales Ablationsmaterial, das zu Abdichtungen führte. Von besonderer Bedeutung für die Vegetation ist die Überkleisterung aller Berg-

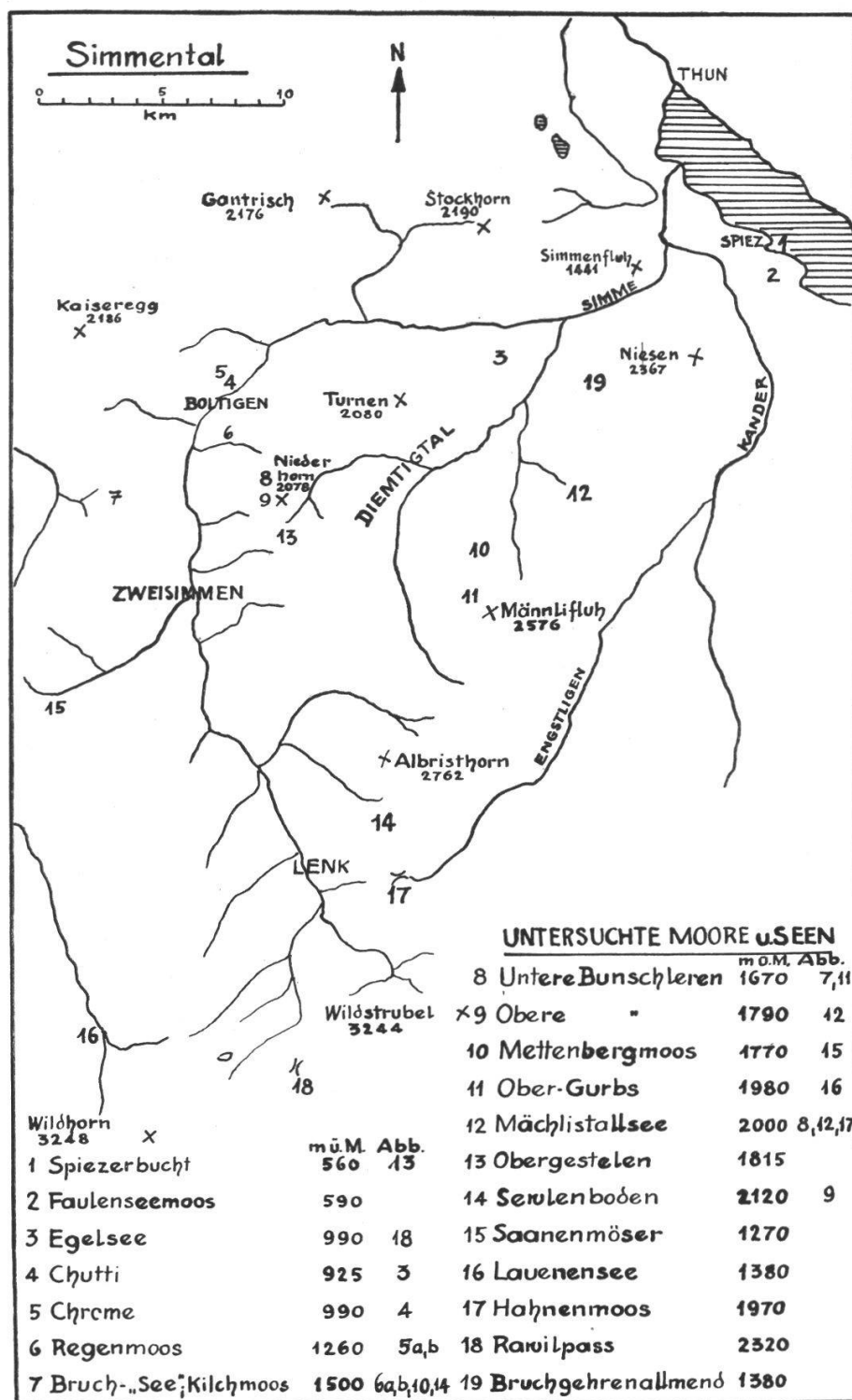


Abb. 1. Das Simmental. Lageskizze der untersuchten Seen und Moore. Das in Abb. 2 dargestellte Vielbringen liegt 20 km NNW von Thun. Faulenseemoos nach Welten, 1944; Bruchgehrenallmend nach Welten, 1950b; die übrigen Objekte ohne Abbildungsnummer nicht publiziert.

hänge bis auf 1200 m (Thunerseegebiet) und 1500 m (mittleres Simmental) hinauf mit *Moränenmaterial*, das die petrographischen Unterschiede der Gesteinsunterlage oft verwischt.

Klimatisch ist das Simmental charakterisiert durch seine geographische Breitenlage: um $46\frac{1}{2}$ Grad nördlicher Breite. Das Gesamtklima wird wesentlich beeinflusst durch die häufigen und regenbringenden Westwinde einerseits, durch die kontinentalen Ostwinde und Nordostwinde anderseits. Zur Kennzeichnung des Wärmeklimas seien folgende Daten aus der zusammenfassenden Übersicht von *Brockmann-Jerosch* (1928) wiedergegeben:

	Mittelland		Oberland			
	400-500 m	600 m	1000 m	1400 m	1800 m	2200 m
Januarmittel	—1,5°	—2,3°	—3,5°	—4,5°	—5,5°	—6,5°
Jahresmittel	8,5°	7,7°	6,0°	4,3°	2,5°	0,7°
Julimittel	18,2°	17,7°	15,3°	13,0°	10,5°	8,2°

Die jährlichen Niederschläge betragen im Thunerseegebiet ca. 100 cm, in den Tallagen bis an die Lenk hinauf 110 bis 140 cm, in den Berglagen der Voralpenregion innerhalb der Randketten wohl kaum über 200 cm, einzig in der Hochalpenregion bis über 300 cm.

Untersucht man die Ozeanität unseres Gebietes auf Grund der Temperaturdifferenz Januar—Juli, so stellt es sich in die Mitte der Reihe, die man von den atlantischen Küsten bis ins russische Binnenland findet. Dabei sind aber die Höhen dank der winterlichen Temperaturumkehr wesentlich ozeanischer als die Tallagen. Betrachtet man den Ozeanitätswinkel, wie ihn *Gams* (1927) verwendet, so erscheint in bezug auf die Niederschläge das tiefergelegene Gebiet als ozeanischer (Ozeanitätswinkel um 60°), die höhergelegenen Tal- und Berglagen als kontinentaler (Ozeanitätswinkel um 40 — 50°). (Das Simmental liegt etwas im Regenschatten der Waadtländer- und Freiburger-Voralpen). Innerhalb unseres Gebietes sind also besonders die höher gelegenen Tallagen (bes. das Obersimmental in Talbodennähe) als kontinentaler zu bezeichnen, während die untern Teile und die höhern Berglagen ein mittleres Übergangsklima aufweisen.

Die Vegetation zeigt folgende Stufengliederung:

560 m (Thunersee) — 1200 oder 1300 m	Buchenwälder und Buchen-Tannen-Mischwälder
1200/1300 m — 1700/1900 m	Tannen-Fichten-Mischwälder, nach oben reine Fichtenwälder
1700/1900 m — 2600/2800 m	alpine Zwergstrauch- u. Rasenstufe
über 2600/2800 m	Fels- u. Schneeregion

Die *B u c h e n s t u f e* ist nur im Thunersee- nahen Gebiet vor der Porte gut entwickelt und reicht im Niedersimmental typisch bis Diemtigen und Latterbach. In den obern Tallagen fehlt sie vielfach, wohl als Folge des kontinentaleren Klimacharakters (Kaltluftstauerscheinungen), oder ist auf besonders günstig gelegene Standorte beschränkt. In den untersten Teilen der Buchenstufe sind Übergänge zu Eichen-, Ahorn-, Linden-, Ulmen-Beständen in Südlagen häufig. Für die ozeanische Tönung des Klimas spricht das Vorkommen von *Ilex* und *Taxus* bis auf Höhen von 1200 m hinauf, beide allerdings nicht häufig; eine ähnliche Höhenverbreitung weist *Hedera* auf, kommt sie doch nach Maurer (1904) im Klusgebiet von Boltigen noch bei 1250 m blühend vor. In nächster Nähe des Thunersees sind heute wieder wie seit Jahrhunderten ausgedehnte Weinberge (Spiez). Hier gedeiht auch der *Nußbaum* vorzüglich, sporadisch und oft durch Fröste geschädigt bis 1000 m (in einem Fall, Spitalnacki ob Erlenbach 1425 m).

Besonders auf tiefgründigeren und tonreichen Moränenböden sind den Buchenbeständen stets viele Tannen (*Abies*) beigemischt, auf vermagerten oder nassen Böden Fichten (*Picea*). Fragmente von typischem *Pinus silvestris*-Wald finden sich auf südexponierten Hängen auf Kalkunterlage in der Gegend von Spiez in 600 bis 700 m Höhe, am Taleingang bei Wimmis auf der Burgfluh und der Simmenfluh um 1000 m Höhe.

Die subalpine *F i c h t e n s t u f e* weist im untern Teil bis 1500 oder 1600 m hinauf oft starke Tannenbeimischung auf. Der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) ist den Beständen bis ca. 1500 m spärlich, höher oben etwa als Strauch beigemischt. *Ulmus campestris* und mehr noch *Ulmus scabra* steigen heute bis gegen 1400 m in Einzelexemplaren. *Tilia cordata* und *Quercus petraea*

und *Q. Robur* steigen nur wenig über die Buchenwaldstufe empor (etwa wie die Buche, die vereinzelt auf 1400—1500 m steigt, ihre Hauptverbreitungsgrenze aber bei 1200 m hat).

Die Waldgrenze wird fast überall im Simmental durch die Fichte gebildet. Ihr sind auf Felsstandorten und vorzugsweise auf Kalkunterlage meist *aufrechte Bergföhren* beigemischt, ohne allerdings, vielleicht vom Spillgertengebiet abgesehen, nennenswerte Bestände zu bilden. Dort finden sich bei 1800 m die wenigen *Legföhren* des Simmentals in SW-Exposition. Mehrfach stehen Einzelbäume der Arve (*Pinus cembra*) als Relikte einer einst üppigeren Verbreitung an und wenig über der Waldgenze, so besonders im Spillgertengebiet und gegen die Kalkhochalpen zu. Dort stehen übrigens auch die einzigen natürlichen *Lärchen*-Vorkommen.

In der alpinen Stufe ist der Zwergstrauchgürtel meistens schlecht entwickelt oder durch Nutzung zerstört. *Vaccinium Myrtillus* und *Alnus viridis* haben ihre Hauptverbreitung in der obern subalpinen Stufe; die reifen Böden, die *Rhododendron ferrugineum* liebt, sind von geringer Ausdehnung. Die Trockenrasengesellschaften der alpinen Stufe sind vom Typus der vielfach beschriebenen *Seslerieto-sempervireta* und sind sehr artenreich, artenarm dagegen die Gesellschaft des *Caricetum ferruginae* auf schattig-feuchten Hängen.

Pflanzengeographisch ist die Stockhornkette und darin besonders die Boltigerklus bekannt durch verschiedene seltene Arten, die teilweise als Einstrahlungen aus ihrem südwestlichen Verbreitungsgebiet aufgefaßt werden müssen. Es sind dies:

Asplenium fontanum, *Juniperus sabina*, *Stipa pennata*, *Saponaria ocymoides*, *Arabis nova*, *pauciflora*, *serpyllifolia*, *turrita*, *Alyssum calycinum*, *Aethionema saxatile*, *Sedum rupestre*, *Trifolium rubens*, *T. ochroleucum*, *Coronilla vaginalis*, *Astragalus depressus*, *Geranium sanguineum*, *Daphne alpina*, *Seseli libanotis*, *Trinia glauca*, *Peucedanum austriacum*, *Calamintha grandiflora*, *Veronica spicata*, *Orobanche vulgaris*, *laserpitii*, *maior*, *alsatica*, *Hieracium tomentosum* und andere Hieracien.

Über die Pflanzenwelt des Simmentals finden sich etwas ausführlichere Angaben in meinem entsprechenden Abschnitt in der Heimatkunde des Simmentals (Welten, 1938), sowie in der dort

aufgeführten Literatur. Im Zusammenhang mit den Fragen der Wald- und Weiderodung wird es interessant sein, sich den tiefgreifenden Einfluß des Menschen auf die natürliche Vegetation recht lebhaft vor die Augen zu halten:

Ohne den menschlichen Einfluß wären im Nidersimmental vier Fünftel des Bodens bewaldet, im Obersimmental zwei Drittel; der Rest stellte alpine Matten und Fels- und Schneefluren dar. Heute ist die Bewaldung nur noch 20%, resp. 13%. Knapp 16% des Bodens stehen im Simmental unter Ackerkultur, der weitaus größte Teil ist Weideland (im Nidersimmental 44%, im Obersimmental 51% der gesamten Fläche). Alles Kulturland und der allergrößte Teil des Weidelandes sind dem Walde aus dem Leibe herausgeschnitten:

Nidersimmental			Obersimmental	
ursprünglich	heute		ursprünglich	heute
18%	18%	unproduktives Land	23%	23%
3	3	alpine Weiden («Berg»*)	10	10
	41	subalpine «Weide»* und Mähwiesen		41
	17	Acker- und Gartenbau		13
79	21	Wald	67	13

* Der Simmentaler kennt diese zwei unterscheidenden Ausdrücke.

Das Simmental kennzeichnet sich in diesen Zahlen als ausgesprochenes Viehzuchtgebiet. Über die prähistorischen und historischen Rodungs- und Kulturphasen unserer Alpengebiete wissen wir heute noch recht wenig. Die historische Vegetationsforschung findet in dieser Hinsicht zusammen mit der Urgeschichte ein großes und dankbares Forschungsgebiet.

Methodisches

Von der Wahl der Untersuchungsobjekte hängen vielfach die Ergebnisse einer Untersuchung ab. Pollenanalytischen Untersuchungen stehen im allgemeinen nicht unbegrenzte Untersuchungsobjekte zur Verfügung. Deshalb ist es gut, wenn man in

einem Gebiet arbeiten kann, das in dieser Beziehung vorteilhaft ist. Solcher Art scheint das Simmental nun wirklich zu sein. Weder das Kandertal, noch das anschließende engere Oberland haben so viele gute Moore und verlandete Seen wie gerade das Simmental. Trotzdem treten sie physiognomisch im Landschaftsbild selten stark in Erscheinung, weil das Relief bewegt und die einzelnen Objekte nicht ausgedehnt sind. Mehrere gute Objekte sind auf der Karte überhaupt nicht verzeichnet, und ich bin überzeugt, daß in meinem Gebiet, das ich doch vegetationskundlich im Maßstab 1:50 000 kartiert habe, noch Entdeckungen zu machen sein dürften.

Ich ging, wie ich im Vorwort andeutete, nun so vor, daß ich anfänglich so viele gut scheinende Objekte, wie nur möglich, extensiv untersuchte. Fast alle guten Objekte sind schon bei dieser Voruntersuchung zwei-, drei- und viermal aufgesucht worden, um lokale Besonderheiten des Diagrammverlaufs und solche der Sedimentation abzuklären, und um jeweils möglichst umfassende Diagrammabschnitte zu erhalten. Es würde zu einer schwerfälligen und zur Hauptsache nutzlosen Dokumentierung führen, wenn man alle diese Voruntersuchungen wiedergeben wollte. Aus ihnen sind freilich nach anfänglich recht planlosem Untersuchen mit der Zeit Fragen über Fragen aufgetaucht, die auf den Fortgang der Untersuchungen entscheidenden Einfluß gewannen und oft zum planmäßigen Aufsuchen neuer Objekte führten. Freilich: von der nur schon im Felde geleisteten Arbeit wissen damit nur meine Angehörigen. Meiner Frau und meinen Söhnen sei darum für ihre Mithilfe auch hier ein besonderer Dank vorausgeschickt.

Aufschlüsse waren praktisch nirgends zu erhalten. Alle Bohrungen wurden mit dem schwedischen Kammerbohrer ausgeführt, für dessen Überlassung ich dem Botanischen Institut der Universität Bern (in frühern Jahren) und dem Geobotanischen Institut Rübel in Zürich zu besonderem Dank verpflichtet bin.

Für die Hauptuntersuchung, die hier vorgelegt wird, wurden außer einigen Ergänzungsprofilen die gut und zuverlässig befundenen Proben der Voruntersuchung nochmals untersucht. Dabei erfolgte die Aufbereitung nunmehr durch *Acetolyse*, auch dann, wenn eine Salzsäure- oder Flußsäurevorbehandlung

nach Assarson und Granlund nötig war. Die Pollen werden dadurch nochmals angereichert und sind für die Analyse besonders geeignet. Die Untersuchung erfolgte stets in Glyzerin nach vorgängigem kurzem Aufkochen darin.

Bei der Analyse wurden im Gegensatz zu früher auch im Postglazial alle Baumpollen und Nichtbaumpollen gezählt. Beim fortschreitenden Ausbau der Pollenmorphologie und der systematischen Pollenanalyse ist es von besonderer Wichtigkeit, anzugeben, welche Arten ein bestimmter Beobachter unterscheidet im Moment der Untersuchung. So läßt sich das Fehlen bestimmter Arten und die Bedeutung gewisser unterschiedener Typen erst richtig einschätzen. Der Wert einer solchen Liste hängt freilich von der Wissenschaftlichkeit eines Untersuchers ab, speziell von seinem Temperament und seiner Selbstkritik, oft auch von der Möglichkeit, seine Methoden und Ansichten mit denen anderer zu vergleichen. Zuverlässig unterschieden wurden in vorstehender Untersuchung :

Corylus Avellana.

Alnus als Gattung; nach dem heutigen überwiegenden Vorkommen und gemäß dem Fehlen von *Alnus* im Spätglazial und Präboreal, handelt es sich in tiefern Lagen wohl stets um *Alnus incana*, in Hochlagen aber wohl immer um *Alnus viridis* (für diese letzte sprechen mehrfache Mittelwertbestimmungen, die Werte zwischen 20 und 22 μ ergaben).

Betula als Gattung; im Spätglazial wurden mehrfach trotz Vorbehandlung mit Flußsäure, jedoch bei Nachbehandlung durch Acetolyse, Messungen durchgeführt zur Abtrennung von *Betula nana*; dabei wurden Werte zwischen 18 und 20,5 μ als zu *B. nana* gehörig betrachtet, was vielfach durch die zarten Porenbildungen morphologisch gestützt wurde. Größere Pollen wurden als von baumförmigen Birken stammend betrachtet (solche von 22,5/23 μ als *B. pendula* Roth = *B. verrucosa* Ehrh., solche von 25/27 μ als *B. pubescens* Ehrh.)

Pinus als Gattung; relativ zuverlässig lassen sich die großen Pollen von *P. cembra* mit den abstehenden und halbkugeligen Luftsäcken unterscheiden, wenn sie in Mehrzahl auftreten (sie haben meist auch einen leicht gelblichen Ton); am Mächlistallseeli auf 2000 m Höhe konnte bei einer Voruntersuchung in KOH + Glycerin für *P. cembra* ein Mittelwert von 81 μ (62—100 μ), für *P. mugo* Turra ein solcher von 70 μ (52—86 μ auf Grund einer morphologischen Pollentrennung ermittelt werden; für die variationsstatistische Artentrennung ließe sich daraus die Faustregel ableiten, daß ungefähr doppelt so viele Cembra-Pollen vorkommen, als Pollen den Cembra-Mittelwert überschreiten; verwendet wurde diese Regel aber nur innerhalb dieses Diagramms, wo größere Mengen von *P. cembra* auftraten.

Die Unterscheidung von *P. mugo* und *P. silvestris* wurde nur in gewissen Fällen auf Grund morphologischer Merkmale durchzuführen versucht; variationsstatistische Unterscheidung wurde als zeitraubend und unsicher nicht weiter verfolgt; das Merkmal der Größe und speziell das-

jenige der Luftsackform wurden aber bei der Bestimmung nach dem Hauptmerkmal, der Felderung der Luftsäcke, bewußt und unbewußt stets mitberücksichtigt; gut geschlossene Felderung mit relativ wenig tief reichenden und $\pm$ zentral gerichteten Wandskulpturen wurde als zu *P. silvestris* gehörig betrachtet, eine relativ offene Felderung mit allmählichen Übergängen von feinsten Kleinfelderung zu mittlern und dann großen Feldern, die meist zur Kleinfelderung diskordant liegen, also einer relativ unregelmäßigen, tiefen, verzweigten und schiefen Anordnung der Skulpturelemente entspricht, wurde *P. mugo* zugerechnet. — Diese Unterscheidung ist, wie Versuche, die mit Herrn *G. Lang*, Ravensburg/Göttingen, zusammen durchgeführt wurden, zum mindesten für gewisse Rassen unsicher und bedarf weiterer Untersuchungen. Besonderes Augenmerk muß deshalb auf die Gewinnung von makroskopischen Funden gerichtet werden, was bei Bohrungen aber schwierig ist. Man wird also zur Abklärung dieser Fragen weitere Untersuchungen abwarten müssen. —

Quercus als Gattung; die Möglichkeit zuverlässiger Unterscheidung der Arten wird fast von allen Pollenanalytikern bezweifelt.

Tilia als Gattung; die Unterscheidung der beiden Arten wird in Zukunft bei Anwendung von Immersion bei der Analyse vielleicht gelingen.

Ulmus als Gattung; die Möglichkeit der Unterscheidung der Arten wird bestritten.

Fraxinus excelsior; eine Verwechslung mit *Potamogeton*, das ich in diesen Untersuchungen noch nicht genügend kannte, ist für einzelne Pollenkörner in limnischen Sedimenten nicht auszuschließen, ist aber im Ganzen nicht anzunehmen.

Acer pseudoplatanus; in Berglagen dürfte es sich ausnahmslos um diese Art handeln; in tiefern Lagen könnte es sich um *A. platanoides* oder *A. campestre* handeln, obwohl der Bergahorn hier auch verbreitet ist.

Fagus silvatica.

Carpinus betulus (kommt in unsern Gegenden nur äußerst selten natürlich vor).

Albies alba.

Picea abies.

Juglans regia.

Salix als Gattung; eine Artunterscheidung ist trotz neuen daraufgerichteten Untersuchungen nur für wenige Arten möglich; sie wurde hier nirgends versucht.

Hippophaë rhamnoides.

Ilex aquifolium; die Bestimmung einzelner Körner mag etwas unsicher sein.

Hedera Helix.

Cyperaceen als Familie.

Gramineen als Familie; die Abgrenzung der *Cerealia* wurde versucht; für die über 50 μ großen Körner wird sie zutreffen (bes. Weizen und Roggen), für die Körner von 38—50 μ besteht immer die Möglichkeit der Verwechslung mit *Elymus* oder *Glyceria*, solange nicht Untersuchung bei stärkster Vergrößerung durchgeführt wird; die Körner unter 38 μ dürften aber zum größten Teil Wildgräsern zugehören.

Der *Ligulifloren-Typ* der Compositen.

Der *Tubuliflorentyp* der Compositen.

Artemisia als Gattung; die Artunterscheidung scheint trotz daraufgerichteter Anstrengungen schwierig oder unmöglich.

Centaurea cyanus L.

Centaurea als Gattung: die übrigen Arten.

Caryophyllaceae als Familie.

Chenopodiaceae als Familie.

Umbelliferen als Familie; die ganz großen Körner mögen zu *Heracleum* und *Angelica* gehören.

Plantago lanceolata, *P. alpina*, *P. media* und *P. maior*.

Plantago montana; die Bestimmung dieser Art mag etwas unsicher sein.

Ericaceen als Familie: relativ zuverlässig mögen der *Calluna*- und der *Vaccinium*-Typ ausgeschieden sein.

Helianthemum alpestre (Jacq.) DC.; die Bestimmung dieser von mir im Faulenseemoos 1944 zuerst nachgewiesenen, spätglazial so wichtigen Art scheint nach Verifikationen in Kopenhagen gesichert.

Helianthemum nummularium.

Viscum album.

Cannabis sativa; diese Art wird hier meines Wissens aus der Spiezerbucht zum erstenmal fossil nachgewiesen; die Pollenkörner konnten im Frühjahr 1951 im Moorklaboratorium des Nationalmuseums in Kopenhagen bei J. Troels-Smith verifiziert werden. Es liegt weder eine Verwechslung mit *Humulus* noch mit *Urtica* vor.

Urtica als Gattung; es wird sich meist um *U. dioica* handeln.

Rumex als Gattung.

Drosera rotundifolia und *D. intermedia*.

Campanula als Gattung.

Valeriana als Gattung.

Nymphaea als Gattung; die Artunterscheidung ist unsicher.

Nuphar als Gattung; die Artunterscheidung ist unsicher.

Typha latifolia; die gefundenen Pollentetraden dürften dieser Art zuzurechnen sein.

Epilobium als Gattung.

Galium als Gattung.

Linnaea borealis; für die Bestimmung stand leider kein rezent Material zur Verfügung, nur die Abb. und Beschreibung in Erdtman 1943.

Thalictrum als Gattung; in den meisten Spätglazialprofilen ist nicht darauf gefahndet worden; es dürfte häufiger sein.

Scabiosa als Gattung.

Geranium als Gattung.

Cruciferen als Familie.

Castanea sativa Miller.

Populus tremula; wenige Körner im Profil Egelsee, sonst nicht beachtet und wohl zum Variapollen gerechnet.

Ligustrum vulgare.

Alle übrigen Pollentypen wurden als Variapollen notiert und als Nichtbaumpollen NBP aufgezeichnet.

Die mikroskopische Analyse erfolgte bei der Vergrößerung 200 für die Zählungen; für Bestimmungen und genauere Kontrollen wurde Vergrößerung 620 bei der numerischen Apertur 0,85 verwendet, nicht aber Immersion, was beim Ausbau der morphologischen Analyse in Zukunft unbedingt erforderlich sein wird. Wesentliche Fortschritte der Palynologie werden nur durch verfeinerte Mikrotechnik zu erreichen sein.

Bei der Darstellung der Resultate bediente ich mich der Grundsätze, die ich in meinen neueren Arbeiten verwendet und z.T. selbständig entwickelt hatte. Alle Pollen werden (mit geringen Ausnahmen) stets in die Pollensumme 100% eingerechnet. In neuester Zeit wird diese Forderung auch von J. Iversen (mündl.) erhoben. Vom Moment an, wo man die Pollen der Wasserpflanzen zuverlässig kennt, werden diese allerdings zweckmäßig aus der Pollensumme ausgeschlossen werden. Das konnte hier noch nicht durchgeführt werden.

Die Darstellung der erhaltenen Ergebnisse in Diagrammform wird durch den Ausbau der Disziplin zu einem Problem. Das klassische von Post'sche Diagramm genügt den Anforderungen längst nicht mehr. Mit dem vielfach verwendeten Silhouettendiagramm kann ich mich nicht befreunden, weil die alte Übersichtlichkeit und Einheit so ganz verloren geht. Wenn die Silhouetten aus darstellungstechnischen Gründen dann noch in verschiedensten Maßstäben gehalten werden, so zerfällt das Ganze in eine Wiedergabe der Einzelergebnisse. Ich habe durch folgende Ordnung eine Übersicht über die Hauptzüge der Entwicklung zu erhalten gesucht: Das Zentrum der Darstellung nimmt ein klassisches 100%-Diagramm ein, in das nur soviel hineingenommen wird, als klar übersehen werden kann. Daß man dabei die wichtigeren Arten in erster Linie berücksichtigt, ist selbstverständlich. Wenn eine Art unwichtig wird, kann sie auch im Verlauf des Diagramms herausgenommen werden. Es ist zweckmäßig, bei diesem Herausnehmen die Gehölze links vom Hauptdiagramm mit ihren klassischen Zeichen als Strichkurve (nicht als Silhouette) und im Maßstab des Hauptdiagramms zu zeichnen, wodurch schon äußerlich der Gehölzcharakter und die Zugehörigkeit zum weissen Teil des Hauptdiagramms betont wird. Weiter nach links können organisch die ergänzenden Spezialkurven für die Gehölze Platz finden, wie Zusammensetzung des Eichenmischwaldes, Betula-Analysen, Pinus-Analysen, makroskopische Funde, die von Gehölzen stammen (P in meinen Tiefenspalten bedeutet: Vorkommen von Pinus-Spaltöffnungen). Der Nichtbaumpollenanteil NBP im Hauptdiagramm wird zweckmäßigerweise geschwärzt, wodurch er augenfällig seine Entstehung aus den schwarzen Silhouettenkurven der Kräuterpollen rechts vom Hauptdia-

gramm kundgibt. Diese sollten nach Möglichkeit ebenfalls im gleichen Maßstab gehalten werden, da nur auf diese Weise die Hauptzüge anschaulich wiedergegeben werden können. Mindestens eine Maßabänderung wird freilich bei statistisch genügend gesicherten Spezialuntersuchungen zur Wiedergabe von Feinheiten notwendig werden; diese sollten dann aber am rechten Rand der NBP-Silhouetten und wohlbezeichnet Platz finden (ebenfalls dort Angaben über interessante Einzelfunde von Krautpflanzenpollen, evtl. makroskopische Funde).

In langen und ausführlichen Diagrammen werden zwar immer wieder Arten von sehr geringer Vertretung und untergeordneter Bedeutung auftreten, für die die graphische Darstellung sich nicht lohnt oder nichtssagend bleibt. Wenn man sie nicht ganz weglassen will, so ist vielleicht eine mehr tabellarische Darstellung durch Prozent- oder Promillezahlen naheliegend, wie ich sie in meinen postglazialen Diagrammen mehrfach angewendet habe. Ihre Vertretung kann so bei Bedarf sehr genau und leicht und an der richtigen Diagrammstelle nachgesehen werden, besser als beim Aufführen in einer Spezialtabelle.

Angaben über G e f ä ß k r y p t o g a m e n s p o r e n finden ihren natürlichen Platz rechts neben den NBP; solange sie nicht zu den NBP gezählt sind, sollten sie nicht als Silhouettenkurven, sondern als Strichkurven gezeichnet werden.

Nach rechts außen habe ich in den meisten meiner Diagramme die P o l l e n f r e q u e n z k u r v e oder doch eine Kolonne mit den entsprechenden Zahlen für die pro Quadratzentimeter Präparat gefundenen Pollen (Baumpollen + NBP) angeführt (aus der Zahl der durchgezählten Zeilen multipliziert mit der Zeilenfläche). Diese Größe hängt zwar zur Hauptsache von der Pollensedimentation, der Wachstumsgeschwindigkeit des Sediments und von der Aufbereitungs- und Präparatherstellungsart ab, ist also nicht leicht zu werten. Bei gleichbleibender Sedimentart und gleicher Aufbereitung durch den gleichen Untersucher werden die Zahlen aber doch eben ein relatives Maß für den jährlichen Pollenanflug darstellen, wie ich das am Faulenseemoos zeigen konnte (W e l t e n 1944, S. 181). Mindestens für das Spätglazial hat die Pollenfrequenz (PF) immer noch eine gewisse Bedeutung. Dann freilich, wenn man

pollendichtes Material verdünnt, um nicht zu viel Pollen im Gesichtsfeld zu haben, ist die Zahl sinnlos geworden.

Die Zahl der ausgezählten Pollen ist überall als letzte Zahlenkolonne eingetragen. Sie ist als Ausdruck für die Abschätzung der statistischen Zuverlässigkeit eines beliebigen Teilergebnisses unbedingt erforderlich. Es ist wertvoll, daß dieses statistische Problem in neuerer Zeit durch Faegri und Ottestad (1949) mathematisch dargestellt worden ist. Einige Warnungen vor einseitig mathematischer Betrachtung des Zuverlässigkeitsproblems habe ich bereits angebracht (Welten 1950b, S. 61/62).

Am Schluß meiner Diagramme erfolgt die an schweizerischen Diagrammen wohl zum erstenmal durchgehend versuchte Zonengliederung nach dem Vorbild Nordeuropas. Dabei stütze ich mich auf die zusammenfassende und sichtende Darstellung von Firbas (1949), auf die Arbeiten von Iversen und auf Darstellungen, die am pollenstatistischen Kolloquium der IX. Internationalen Pflanzengeographischen Exkursion in Dublin gegeben wurden. Die Zonennummern bedeuten nach der ältern Blytt-Sernanderschen Einteilung:

I = Ältere Dryaszeit oder ältere Tundrenzeit	}	Spätglazial = subarktische Zeit
II = Alleröd		
III = Jüngere Dryaszeit oder jüngere Tundrenzeit		
IV = Präboreal oder Finiglazial	}	Postglazial
V = Boreal = frühe Wärmezeit		
VI+VII = Atlantikum = mittlere Wärmezeit		
VIII = Subboreal = späte Wärmezeit		
IX+X = Subatlantikum = Nachwärmezeit		

Die abweichenden Verhältnisse und die große Distanz vom nordeuropäischen und norddeutschen Raum bringen es mit sich, daß sicher noch nicht alle Zonengrenzen richtig erkannt und eingetragen sind. Die im Hauptdiagramm mehrfach eingetragenen Buchstaben C mit nachfolgender Nummer stellen Parallelisierungsmarken dar nach den auf S. 95 entwickelten Grundsätzen.

Auf eine ausführlichere Beschreibung der Lokalitäten (Lage: Abb. 1) an denen gebohrt wurde, auf die Vegetationsdarstellung wie sie sich heute darbietet, muß ich im Rahmen dieser Arbeit verzichten, obwohl natürlich vielfach soziologisches Material gesammelt wurde und z. T. zur Identifizierung des rezenten Pollenniederschlags Verwendung fand. Ich verzichte ebenfalls in dieser mehr zusammenfassenden Arbeit aus meinem Untersuchungsgebiet auf

eine detaillierte Wiedergabe der Bohrprotokolle; um so mehr wird das möglich sein, als doch die wichtigsten Angaben über die Sedimentverhältnisse in der ersten Kolonne am linken Diagrammrand dargestellt sind. Die Signaturen sind der Darstellung L ü d i s (1939) entnommen und bedeuten (ebenso W e l t e n 1944, Abb. 1):

schiefe Kreuzschraffierung = Gytta (Mudde) (strukturlose Sinkstoffe organischer Natur);
ebenso, doch mit unterbrochenen Linien = Dy (strukturierte Sinkstoffe);
waagrechte, oben offene Halbkreisen = Seekreide;
normal stehende Kreuzchen = kalkfreier Ton;
Kreisen = Mergel, kalkhaltiger und oft feinsandiger Ton;
Punkte = Sand;
schwarze Polygone = Steine;
kurze waagrechte Striche = Flachmoortorf (Radizellen- u. Hypnumtorf etc.);
Wellenlinien = Hochmoortorf;
verzweigte Astzeichnungen = Holzfunde.

Auf eine methodisch wichtige Grundvoraussetzung für die Durchführung und Zuverlässigkeit von Pollenanalysen im Alpengebiet sei schon hier hingewiesen, obwohl sie aus zahlreichen Tatsachen dieser Arbeit als Ergebnis hervorgeht. Es handelt sich um das Problem des Ferntransports im morphologisch vielgestaltigen Bergland und um die wichtige Frage, ob der Ferntransport von Pollen nicht so intensiv ist, daß er das Bild des Lokalpollens vollständig verwischt.

Beim Betrachten der Vegetationskarte des Alpengebiets, wo die einzelnen Einheiten der Vergesellschaftungen infolge der starken Bindung an gewisse Höhenstufen so ungemein stark ineinandergreifen, liegt der Gedanke an eine heillose Vermischung des produzierten Pollens nahe. Solange nicht gegenteilige Beobachtungen vorliegen, wird man leicht die Möglichkeit sinnvoller Pollenanalyse in den Alpen bezweifeln. Es sei darum schon hier auf solche Beobachtungen hingewiesen:

1. Die bis auf ca. 1270 m hinauf nachgewiesene Birkenzeit, die ein Land voll Birken mit bekannt reichlicher Pollenproduktion gesehen hat, ist schon bei 1380 und 1500 m Höhe trotz vorhandener Wasserablagerungen kaum mehr angedeutet; magere Gipfelchen von 10% und höher oben noch viel weniger mögen dem Ferntransport zugeschrieben werden, entstammen aber sicher z. T. noch den Vorposten des Birkenwaldes über der Waldgrenze. Bei 1800 m und 2000 m sind kaum noch Einzelpollen der Birke aufzufinden.

2. Von Hippophaë, das im Hippophaë-Gipfel vor der Birkenzeit bis auf Höhen von 1000 m 30—50% des Gesamtpollens ausmacht, ist oberhalb 1400 m nur mehr mit Mühe eine Spur zu finden.

3. Das Flachmoor «Untere Bunschleren» liegt auf 1680 m Höhe offen gegen Westen, aus dem die Hauptwinde kommen. Für das weite, flache Sattelgebiet des Bruchpasses (1500 m), direkt westlich davon, und zwar in nur 6 km Entfernung, aber auch für das nur 2,5 km entfernte Regenmoos in nordwestlicher Richtung in 1270 m Höhe ist eine dominante EMW-Zeit mit gut 40% Ulmen-, Linden- und Eichenpollen nachgewiesen. In der Untern Bunschleren bleibt der EMW-Pollen mit 10% bis höchstens 20% stets weit unter dem dort dominierenden Pinuspollen.

4. Die Hasel, die in der Haselzeit im Alpenvorland mehrere hundert Prozent Pollen (bezogen auf die übrigen Gehölzpollen) produzierte, selbst noch in 1100 m Höhe 100%, ist bei 1500 m kaum mehr mit 30%, bei 1800 m Höhe mit meist kaum über 15% vertreten.

5. Die obere Bunschleren ist in einem kleinen Tälchen ohne irgend ein orographisches Hindernis 700 m südlicher und nur 110 m höher gelegen als die untere Bunschleren. Für beide liegen vollständige eichenmischwaldzeitliche Diagramme vor (Abb. 11 u. 12). Während das Diagramm der untern Bunschleren 30 bis über 40% zeitweise neben und über Pinus dominierende Hasel aufweist, erreicht diese an der obern Bunschleren höchstens 12% als Unterholz. Umgekehrt sind auffallenderweise im tonigen Seesediment der obern Bunschleren die Kräuterpollen zwei- bis dreimal mächtiger als im tonigen Radizellentorf der untern Lokalität.

6. Trotzdem die Tanne (Abies) in der zweiten Hälfte der Zone VII sämtliche Talhänge von 800 bis 2000 m Höhe in dichtem Stand als alleinige Dominante überzog, vermochte Abiespollen zusammen mit dem örtlichen Pinuspollen auf Sewlenboden in 2120 m Höhe, also an der offenbaren Waldgrenze, in tonigem Seesediment die Krautpollen nicht unter 25 bis 40% herabzudrücken (wobei es ja noch wahrscheinlich ist, daß einzelne Exemplare von Abies in nächster Nähe standen).

7. Ich habe in meiner Untersuchung über den rezenten Pollen niederschlag in alpiner Vegetation (Welten 1950 a) gezeigt, wie

sich die örtlichen Vegetationsverhältnisse an der Waldgrenze in bester Weise im Pollenspektrum spiegeln.

8. Diese Beobachtung bestätigt an fossilem Material die zusammenfassende Abbildung 13 schlagend: Die Pollenspektren ändern mit der Höhe meist recht unvermittelt, und die Waldgrenze zeichnet sich ausgezeichnet durch Zunahme der Kräuterpollen ab.

Wir fassen zusammen: *Solange eine Landschaft in Einzelbäumen oder Sträuchern oder Krautgesellschaften überhaupt ein eigenes Gepräge und eigene Pollenproduktion besitzt, ist der Fernflugpollen in unsern bewaldeten Gebirgsgegenden nicht imstande, die örtliche Pollenproduktion stark oder gar bis zur Unkenntlichkeit zu verdecken.*

Anders ist es natürlich mit Lokalitäten, die selbst keinen oder sehr wenig Pollen erzeugen. Ich habe in der unter Punkt 7 genannten Publikation auf diesen Fall hingewiesen. Als methodisch in vielen Fällen verwendbares Kennzeichen habe ich auf die Pollenarmut der Sedimente hingewiesen. Heute kann, gerade an Hand der erwähnten Abb. 13, eine weitere wichtige Methode der Erkennung solcher Verhältnisse aufgezeigt werden: Die Spektren der drei Diagramme, die oberhalb der Krautpollenmaxima liegen, stellen solche vorwiegend durch Fernflug entstandene Spektren in Gebieten mit Pioniervegetation dar. Sie sind als solche sogleich zu erkennen, wenn man für die entsprechenden Zeiten die Spektren tiefer liegender Lokalitäten und damit die Waldgrenze kennen gelernt hat.

Auch gegenüber gemäßigten Spekulationen mit dem Pollenfernflug sei festgestellt, daß entgegen meiner eigenen Erwartung die schönen Buchenzeiten des niedrigeren Voralpenlandes sich in den Diagrammen höherer Lagen meist verzweifelt schlecht abzeichnen, so gerne man diese Spuren zu Parallelisationszwecken verwenden möchte. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei allerdings betont, daß der Pollenfernflug durch diese Feststellungen weder geleugnet, noch in seiner Bedeutung herabgesetzt werden soll.

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 Schlußvereinsung 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 Bühlund 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

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 übergehenlassen 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 Gyttsja, 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-Simmeletscher 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.

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-

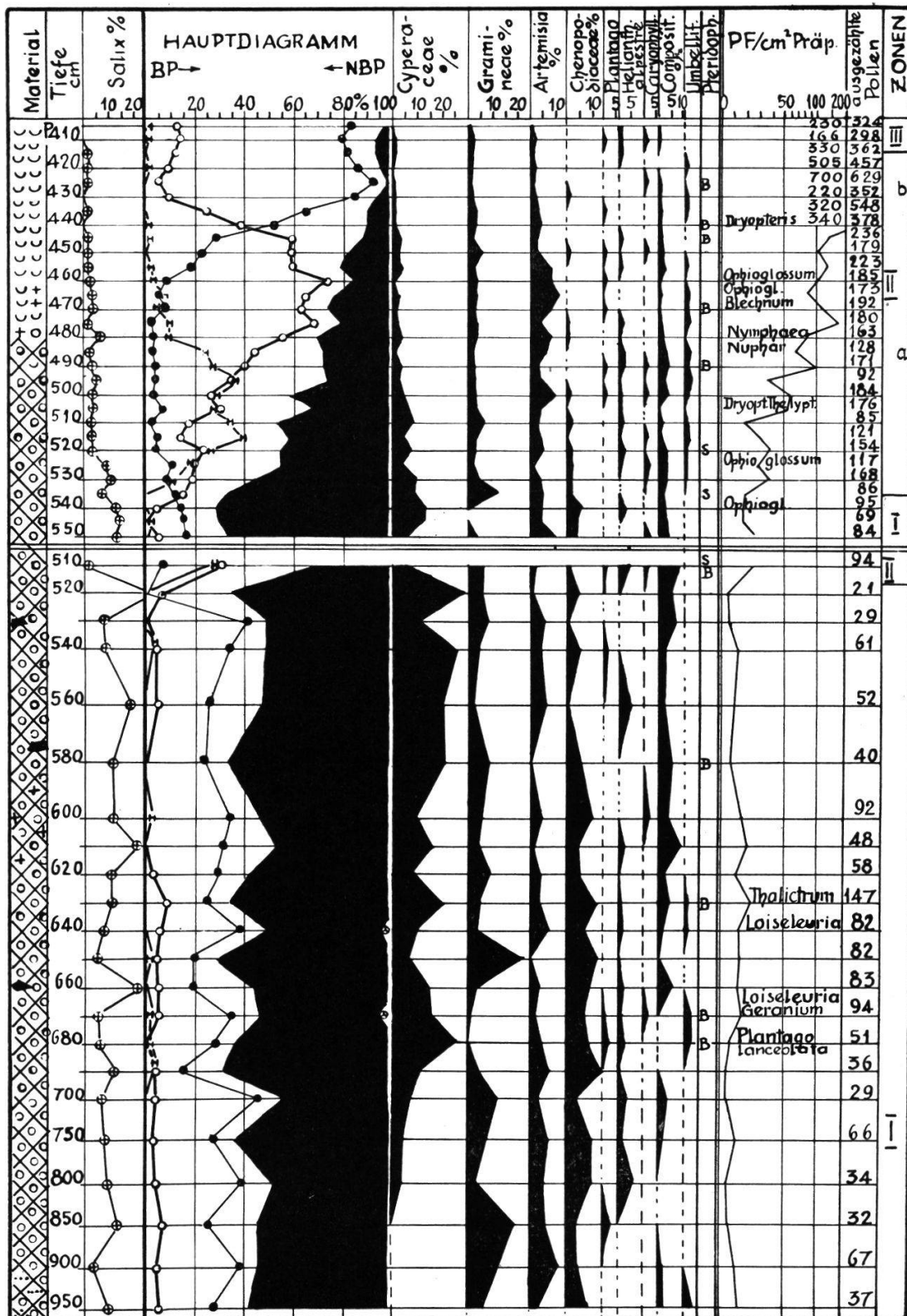


Abb. 4. Chrome, Taubental ob Boltigen (990 m) (in nächster Nähe des vorigen). Moräne nicht ganz erbohrt! Text S. 38.

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

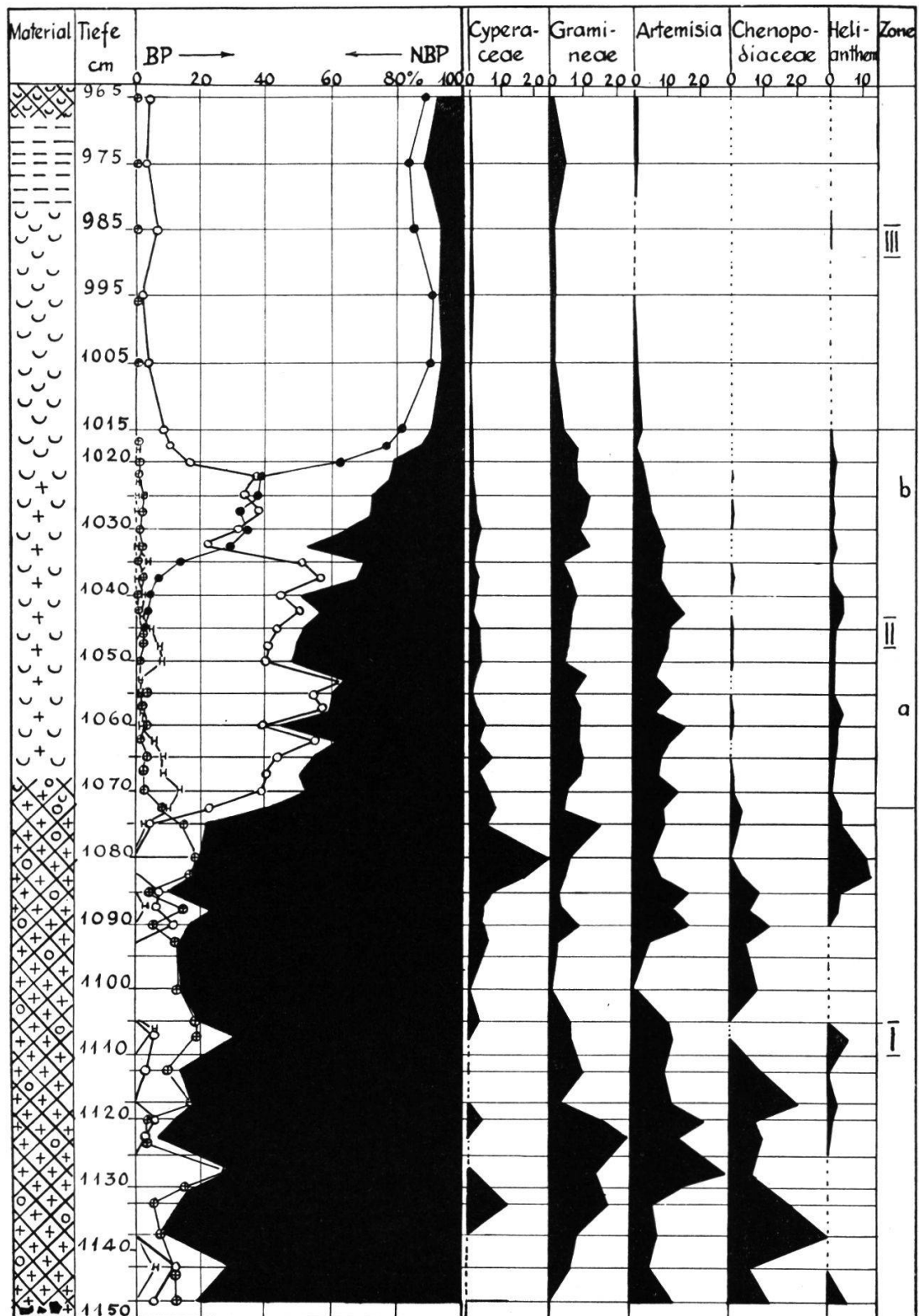


Abb. 5b. Regenmoos (1260 m); wie links, jedoch im ältern Spätglazial die wahrscheinlich ferntransportierten oder sekundären Pinus-Pollen eliminiert (vergl. S. 73 und 123).

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-

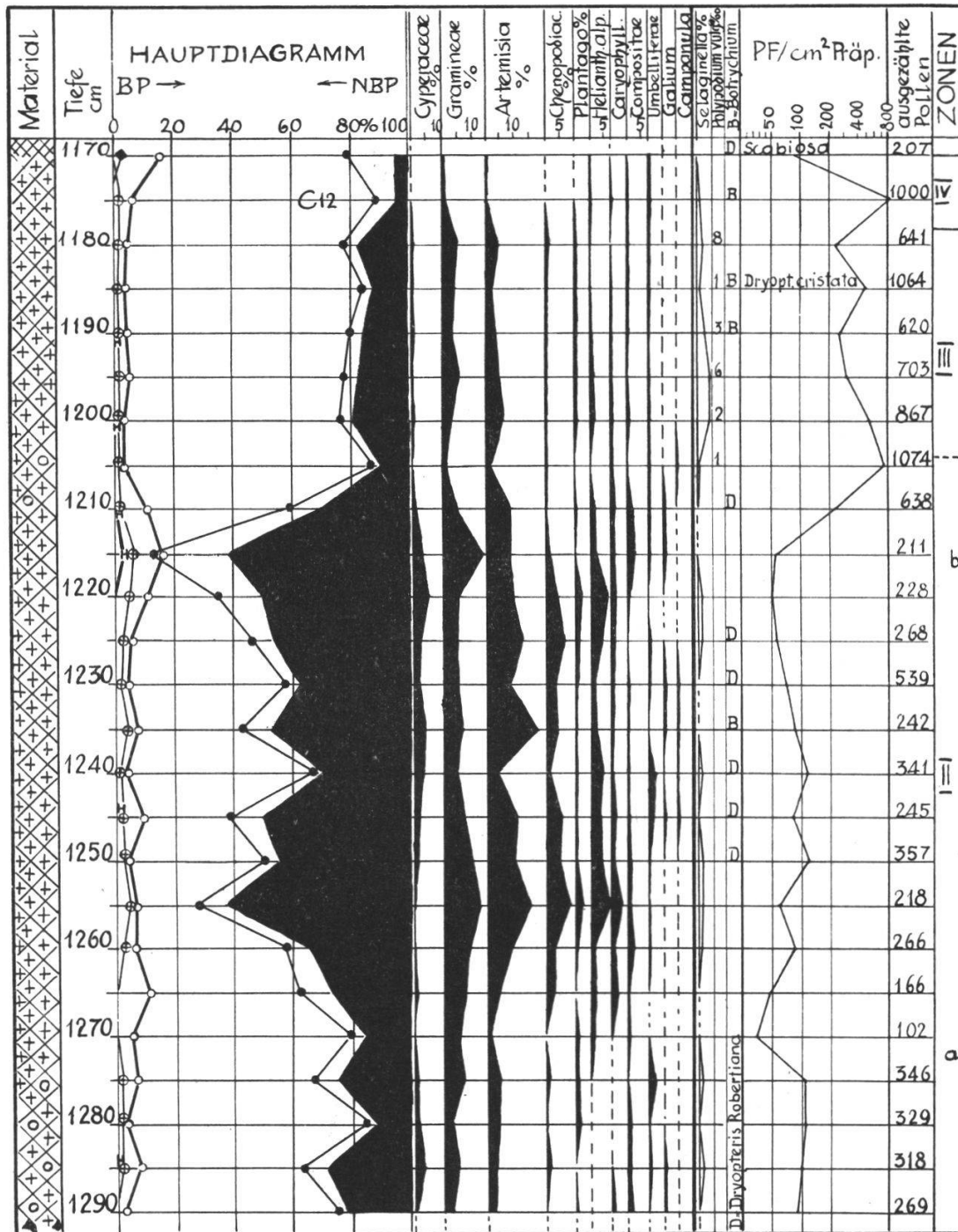


Abb. 6a. Bruchpaß (= Jaunpaß), «See» (1500 m). Text S. 46.

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-

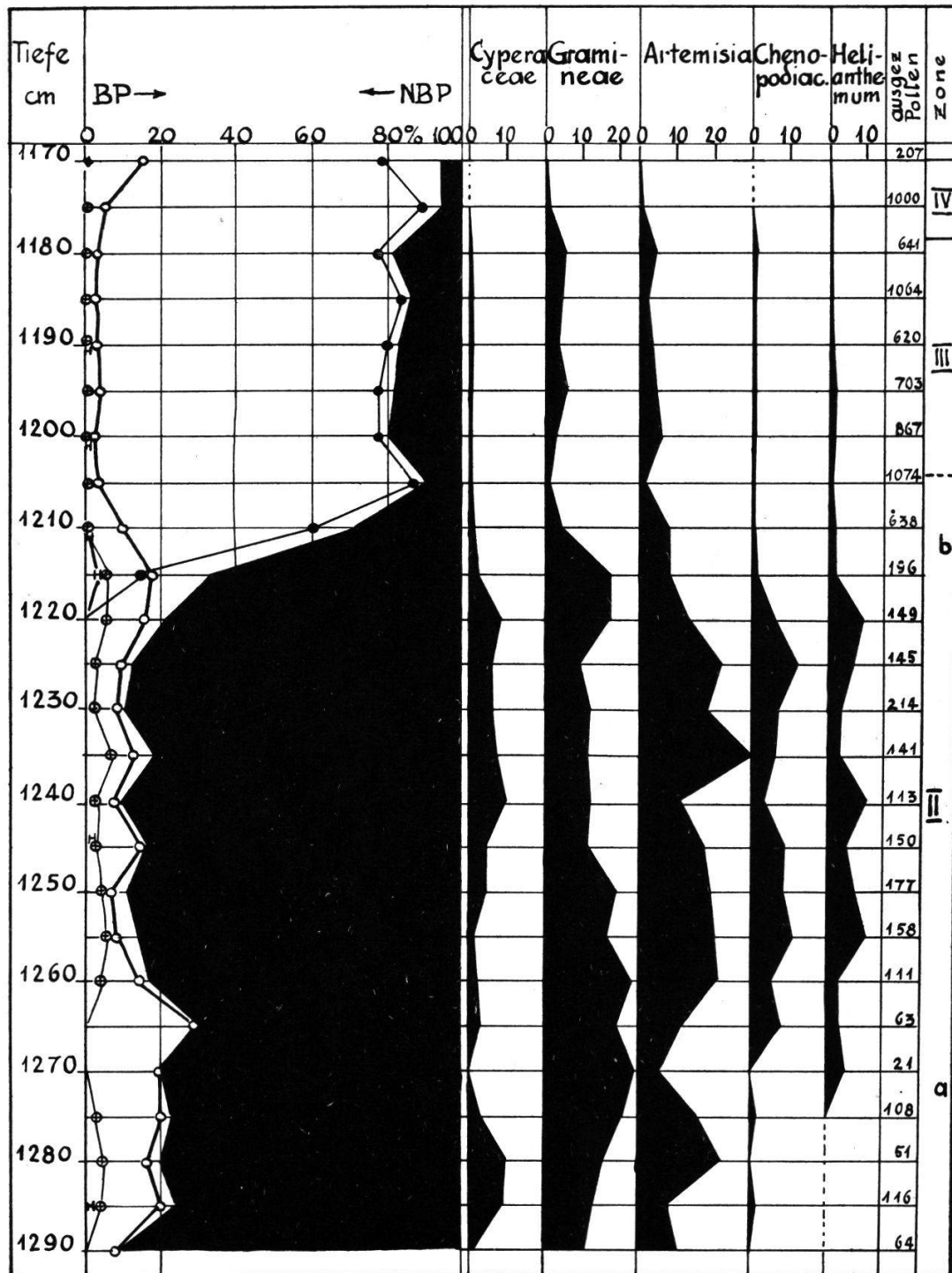


Abb. 6b. Bruchpaß (1500 m); wie links, jedoch im ältern Abschnitt ohne die wahrscheinlich ferntransportierten oder sekundären Pinus-Pollen (vergl. S. 73 und 123).

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 Bühltoteis (wenn nicht gar Würm II-Toteis) überhaupt noch nicht als Mulde. Erst die allerödzeitliche Aufwärmung verminderte das Toteis 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-

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

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.

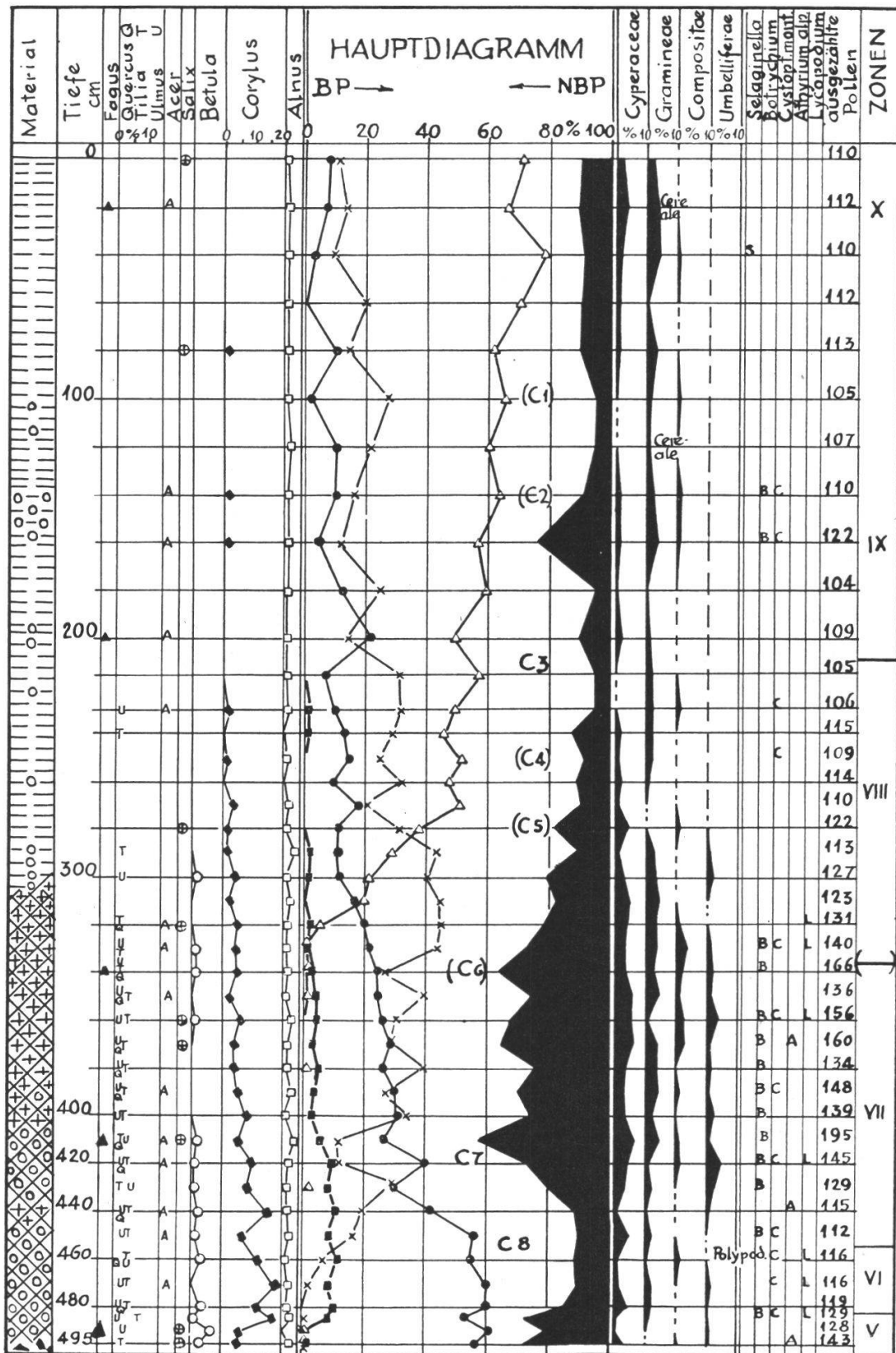


Abb. 9 Sewlenboden an der Niesenkette in der Gemeinde Lenk (2120 m).
Text S. 57.

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 Gytta, die Allerödgytta (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 Allerödgytta *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 Gytjabildung 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. Schrö-
ter (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 Pollen-
spektren ausgezeichnet ab. Die Wahrscheinlichkeit für eine gute
Repräsentation im Pollendiagramm ist also offenbar nicht eng ge-
koppelt mit dem bestäubungsbiologischen Merkmal der Wind-
blütigkeit, sondern vielleicht mehr mit dem blütenmorphologischen
Merkmal der Windexponiertheit der Antheren und dem blüten-
physiologischen Merkmal der Pollenverkittung, abgesehen vom
Merkmal der Pollenproduktion. Wir lehnen deshalb eine einseitige
Auslese der Windblütler zur Bildung der Pollensumme ab. Umge-
kehrt kann man ja auch auf die mengenmäßige Bedeutungslosig-
keit und das statistisch sporadische Vorkommen von Windblütler-
pollen 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 Pol-
lensumme 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 unbe-
kannte Pollen in der Abschätzung der Verhältnisse eines Spek-
trums recht große Bedeutung erhalten. Wir möchten deshalb, auch
angesichts der ungleichen Pollenkenntnis der einzelnen Unter-
sucher, wünschen, daß in Zukunft alle Pollen in die Grundpollen-
summe aufgenommen werden (abgesehen vom Wasserpollen). Das
bedeutet nicht, daß nicht in Ausnahmefällen, beim Auftreten eines
als Störung empfundenen unbekannten Pollens in ganz ungewohn-
ter Menge aus methodischen Gründen anstelle des übernormalen
Wertes ein Normalwert eingesetzt und eine entsprechende Be-
merkung angebracht werden dürfte oder sollte. Ähnlicher Auffas-
sung 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., Firbas 1949, Abb. 52, S. 376), dagegen nicht im Schwarzwald und weiter östlich.

Unsere Gegenden, der Schwarzwald, das sächsische Schwarzerdegebiet (H. Müller, nach Firbas 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. Firbas (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 Iversen und Faegri (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 andererseits (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 Kiefernaustrbreitung 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 gotiglazialen 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

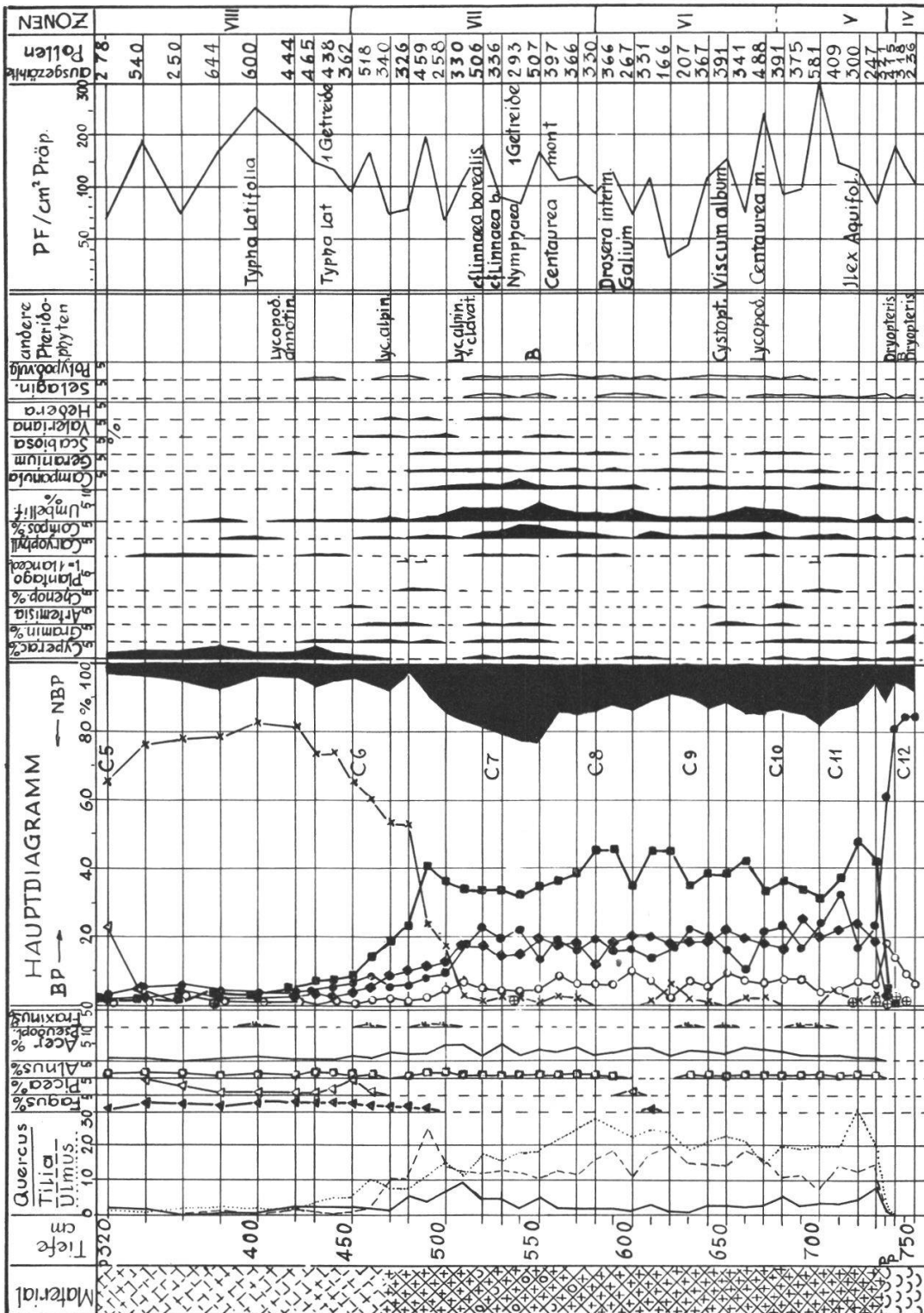


Abb. 10. Kilchmoos hart neben dem Bruchpaß (1500 m). Text S. 77/91.

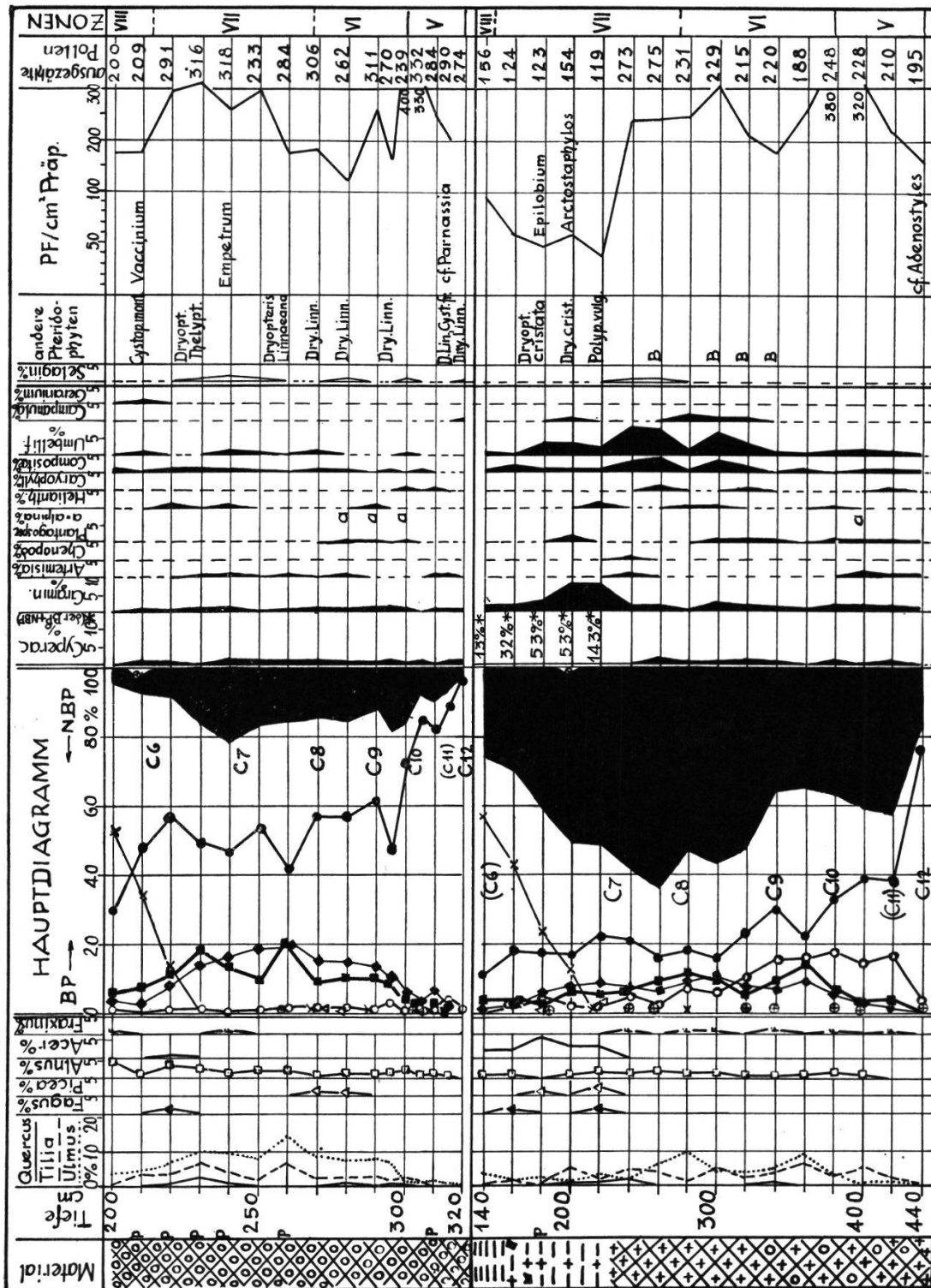


Abb. 12. Oben: Mächtlistallsee (2000 m), hinten im aufgefüllten Seeboden; Fortsetzung zu Abb. 8. --
Unten: Obere Bunschlaren unter dem Niederhorn bei Boltigen (1790 m). (Die Cyperaceenwerte von
140—220 cm sind außerhalb der Pollensumme berechnet.) Text S. 77/91.

damit vereinigen könnte. Die obere Grenze wird (wir halten uns an Firbas 1949), dort gelegt, wo die Phase der explosionsartigen Ausbreitung der Hasel zu Ende geht. In Nordeuropa wird die Grenze durch die Überschneidung der absteigenden Föhre mit der aufsteigenden Erle und der aufsteigenden Eichenmischwaldkurve (Eiche, Linde, Ulme) festgelegt, die im allgemeinen von einem Haselminimum begleitet ist, eben jenem Abstieg vom ersten Ausbreitungsmaximum. Wir legen die Grenze auf Grund eines Vergleiches mit den tiefern Diagrammen hart nach dem kleinen, aber wohlausgeprägten Pinusgipfel, der fast regelmäßig bald nach dem allgemeinen Kiefernabstieg auftritt. Wir meinen den Punkt 1310 cm Burgäschisee, 1257 cm Faulenseemoos (1944, Abb. 15), 675 cm Kilchmoos (Abb. 10), 300 cm untere Bunschleren (Abb. 11), ca. 390 cm obere Bunschleren (Abb. 12) und 305 cm Mächlistall (Abb. 12). Wir haben nach unsern Untersuchungen in Faulensee dort die Jahreszahl 4700 v. Chr. hingesetzt, korrigieren sie heute rein gefühlsmäßig auf 5500 v. Chr., in der begründeten Annahme, daß uns gerade in diesen untersten EMW-Teilen rund 1200 Jahres-schichten infolge ungeheuer dünner Ausbildung der Jahresschichten entwischt sind. Schon die nächste Zonengrenze stimmt aber offenbar sehr gut mit dem als gültig angenommenen Wert überein (die Grenze VI/VII um 4000 v. Chr.).

Das Atlantikum oder die mittlere Wärmezeit umfaßt den Hauptteil der Eichenmischwaldzeit, greift aber am Ende in unsere Buchen- und Tannenwaldzeiten hinein. Wir teilen sie nach dem Vorbild aus dem Norden in zwei Hälften ein, die Zonen VI und VII. Der EMW erreicht am Ende des Abschnittes VI seinen Höchststand, also eine gewisse Reife der Entwicklung, obwohl einzelne EMW-Werte früher und später hie und da fast dieselbe Höhe erreichen. Pinus hat mit mehrfachen Schwankungen seit dem Präboreal hier einen gewissen Tiefstand erreicht, der aber infolge seiner Flachheit häufig nicht für die Zoneneinteilung verwendet werden kann. Die Eiche ist im oberen Teil der Zone VI gewöhnlich besonders schwach vertreten. Die Linde und in untern Berglagen besonders die Ulme weisen hier die Höchststände ihrer Entwicklung auf. Der Beginn ihres Absinkens kann als Grenze VI/VII gelten. Diese Grenze kennzeichnet sich bei uns häufig auch noch dadurch, daß die in VI sporadisch aufgetretene

Tanne eine niedere, jedoch zusammenhängende Kurve zu bilden beginnt als Zeichen dafür, daß sie zu einem festen Bestandteil unserer Wälder geworden ist. Die Zone VI umfaßt bei uns also die Zeit der reinen Linden-Ulmenwälder, die bis über 1500 m hinauf etwas Eichen, überall wenig Eschen, in höhern Berglagen wohl bis etwa 1600 m hinauf aber auch den Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*, der in dieser Höhenlage bei uns wohl allein in Frage kommt) aufweisen. (Der Bergahorn erscheint schon mit den ersten Hasel- und EMW-Spuren im frühen Boreal, vielleicht auch die Esche, wie wenn die sechs Gehölze als treue Wandergesellen durch die Länder gezogen wären.) Die Zone VI (früheres Atlantikum) umfaßt die Zeit etwa zwischen 5500 und 4000 v. Chr. und dürfte noch zur Hauptsache ins Mesolithikum fallen.

Mit der Zone VII (späteres Atlantikum) gelangen wir in eine Zeit, die in unsern Gegenden durch wichtige und letzte große *Baumwanderungen* charakterisiert ist. Die ganz vereinzelte, punktförmige Besiedlung unserer Gegenden durch Tannen dürfte zwar schon in Zone VI (erste Spuren schon in Zone V) erfolgt sein. Um so mehr ist die Zone VII die eigentliche Zeit der Ausbreitung der Tannen. Sie breitet sich bei uns relativ früh aus: sie ist von Westen her zugewandert. Fast gleichzeitig, jedoch viel spärlicher, erscheinen bei uns die ersten Spuren der Fichte von Osten her. Wir glauben, daß sie erst in der obern Hälfte der Zone VII bei uns heimisch wurde: wir finden sie mit wenigen Prozenten ganz am Ende der Zone VII häufig, in den nordwestlichen Teilen unseres Gebietes aber hie und da mit 10—30% in einem ganz kurzen Vorstoß, jedoch nur in subalpinen Berglagen. Offenbar handelt es sich dabei um die westlichen Ausläufer jener Fichtenphase, die K e l l e r (1928) als charakteristisch für die «obere Stufe des Mittelandes» am Beginn der Tannenzeit hingestellt hatte. Schließlich bedeutet die Zone VII aber auch die Zeit des Erscheinens der Buche (wohl von Südosten und Südwesten) (eindrücklich z. B. in R y t z, 1937). Die Buche spielt nur in den Diagrammen vor der Porte (bei Wimmis) eine Rolle. Ihre Verbreitung erstreckt sich, wohl aus klimatischen Gründen (Sommertrockenheit?, Fröste?) auch heute nicht weit ins Simmental hinauf. Das Fehlen von guten Moor- und Seeablagerungen zwischen 700 und 1000 m Höhe hat leider bis jetzt nicht erlaubt, die Entwicklung dieser Vorgeschichte zu unter-

suchen. Am Egelsee (Abb. 18) ist sie in Zone VII durchwegs mit 3—10% vertreten, also der Tanne spärlich beigemischt.

Das Auffinden der Z o n e n g r e n z e VII/VIII bietet im Diagramm aus Berglagen große Schwierigkeiten. In Dänemark wird der Ulmus- und Hedera-Abfall und Fraxinus- und Quercusanstieg als Grenze gewählt. Im Übergangsgebiet sind Getreidepollen aus den Kulturen des Neolithikums nicht selten. Im mittleren und südlichen Deutschland fällt ungefähr an diese Grenze die Entstehung der Buchenwälder; bei uns dürfte diese Erscheinung etwas früher liegen. Wir werden bei uns, mehr als bis dahin, das Augenmerk auf den Wechsel von eigentlichen atlantischen Elementen zu mehr kontinentalen richten müssen. Ich konnte das bis jetzt noch nicht ausgiebig durchführen; ich stütze mich für die Grenzziehung, soweit typischer EMW ausgebildet ist, auf das Kriterium der Dänen. Dabei ergibt der Ulmusabfall und Dominanzbeginn der Eiche in Faulensee die Zeit um 2500 v. Chr., in Burgäschi, das nach andern Gesichtspunkten mit Faulensee parallelisiert worden war, 2800 v. Chr. Da die Grenze VII/VIII, Atlantikum/Subboreal, im Norden ungefähr auf das Jahr 2700 v. Chr. gelegt wird, macht es den Anschein, daß dieses Kriterium auch bei uns angewendet werden darf. Wir können diese Feststellung aber auch an eigenen Ergebnissen vom Egelsee (990 m, Abb. 18) und vom Kilchmoos (1500 m, Abb. 10) verifizieren: Hier konnte in Zone VII *Hedera* nachgewiesen werden (im Regenmoos 1270 m mehrfach schon in Zone VI). Trotz eifrigem Suchen blieb aber *Hedera* weiter oben unauffindbar. Das mag natürlich, so gut wie der Ulmus-Abfall von der Bewaldung der Gegend durch dichtschießende Tannen herrühren. Daß aber der dichtere Schluß gerade hier und bei der frühen Anwesenheit der Tanne (vergl. Abb. 18, Egelsee) nicht schon viel früher erfolgte, spricht dafür, daß das Ereignis zur Hauptsache klimatisch bedingt ist. Daß in dieser Gegend auch *Polypodium vulgare* aufhört, regelmäßig nachweisbar zu sein, mag auch klimatisch mitbedingt sein (wenn schon *Polypodium* für den EMW charakteristisch sein mag; dagegen sei an das häufige Vorkommen der Pflanzen und Sporen im heutigen ozeanischen Irland erinnert). Schließlich sei auch auf die stratigraphische Grenze bei 470 cm Kilchmoos und 818 cm Egelsee aufmerksam gemacht, die für einen Wechsel im Niederschlagsklima spricht. Unscheinbar, aber offenbar typisch sind auch die Getreide-

pollenfunde in der Zone VII: sie werden Zeugen früh- oder alt-neolithischer Kultur darstellen. Die *Fagus*-Ferntransportpollen sprechen als Zeugen der ersten Buchenzeit des Alpenvorlandes ebenfalls für richtige Diagrammlage.

Nachdem wir die allgemein anerkannten Prinzipien der Zoneneinteilung des Boreals und Atlantikums angewendet haben, können wir nun auf einige Hauptzüge des in vielen Fällen eben recht eintönigen Kurvenbildes hinweisen, die dann als lokale Merkmale gelegentlich die Zonierung unterstützen oder doch verifizieren helfen.

In gut entwickelten Diagrammen weist jeder der drei Abschnitte V—VII je zwei kleine Kieferngipfel auf. Ungefähr am Schluß jedes zweiten legen wir die Zonengrenzen. Dabei ist der Gipfel 1 oft so nah am Abstiegsast der Kiefernzeit, daß er nur einen Halt im Abstieg darstellt. Der Grenzgipfel 2 nach der eigentlichen Haselzeit scheint meistens wohlausgeprägt zu sein. Die zwei *Pinus*-Gipfel der Zone VI sind oft schlecht ausgebildet; sie stellen auch in typischen Fällen (wie untere Bunschleren Abb. 11) niedere Erhebungen dar, besonders der Grenzgipfel 4. Mächtig entwickelt ist meist der *Pinus*-Gipfel 5 in der Mitte der Zone VII; mit seinem Abbau fällt eine Phase der starken Entwicklung von *Abies*- und *Fagus*-Vorstößen zusammen, eines *Picea*vorstosses dort, wo die Fichte besonders zusagende Bedingungen fand (sofern sie überhaupt in einer Gegend war). Der Grenzvorstoß 6 der Kiefer stellt für längere Zeit den letzten positiven Ausschlag von Bedeutung dar. Es macht den Anschein, daß diese Vorstöße kontinentaleren Phasen des Klimas entsprechen. Von den dazwischenliegenden ozeanischen Phasen scheinen besonders die Phasen 2/3 (Zonengrenze V/VI) und 5/6, am wenigsten 3/4 eigentlich ozeanischen Charakter getragen zu haben.

Um die vielgestaltigen Verhältnisse der Boreals und Atlantikums in verschiedener Höhenlage anschaulich darlegen zu können, haben wir in Abb. 22 drei Momentaufnahmen auf folgender Grundlage dargestellt:

Von besonderem Interesse ist im Boreal die Zeit des Haselgipfels. Für die EMW-Zeit wurde als typische Phase der Übergang VI/VII gewählt. Für die bewegte Schlußphase der Zone VII mußte mangels fehlender Klimaparallelisationen nicht ein bestimmter Zeitpunkt, sondern ein längerer Abschnitt zur Darstellung verwen-

det werden: für das letzte Drittel der Zone VII wurden Mittelwerte gerechnet und aufgetragen.

Für die drei so definierten Abschnitte wurden den rund zwanzig zur Verfügung stehenden Diagrammen die einzelnen Pollenprozentente entnommen und als Funktion der Meereshöhe des Diagramms aufgetragen. Das gibt theoretisch sofort ein Diagramm der Abhängigkeit der Pollenwerte von der Höhe, in Wirklichkeit vorerst aber ein Streudiagramm. Es ist ganz verständlich, daß die Pollenprozentente verschiedener Lokalitäten derselben Meereshöhe infolge örtlicher klimatischer, edaphischer, biotischer Unterschiede nur in groben Zügen übereinstimmen. Deshalb mußten in das Streudiagramm die mittleren Prozentlinien gefühlsmäßig eingezogen werden. (Daraus resultiert, daß an verschiedenen Stellen die Summe der einzelnen Pollenwerte nicht genau 100% ergeben. Das ändert am Gesamtverlauf wenig und eine Korrektur müßte oft als Zwang empfunden werden, weil man im Einzelfall nicht leicht entscheiden kann, welche Kurve zu korrigieren wäre.) Man kann aus der Abb. 22 also nunmehr herauslesen, wie die Prozentwerte der einzelnen Pollensorten nach der Höhe zu- oder abnehmen.

Es sei betont, daß es sich um Pollenprozentwerte, nicht um wirkliche Baumvorkommen im Gelände handelt. Damit taucht die alte Frage nach dem Ferntransport in waldfreien Gebieten auf. Wir suchen sie dadurch zu entscheiden, daß wir die in die Pollensumme eingerechneten NBP ebenfalls zur Darstellung bringen. Dann muß sich die Lage der Waldgrenze durch eine Vermehrung der NBP kenntlich machen. Über die Bedeutung des Rückgangs der NBP in größerer Höhe und die neuerliche BP-Zunahme im Pollenbild ist genügend diskutiert worden (vgl. Welten 1950a, und die dort erwähnte Literatur): es handelt sich um Rasen- und Pioniervegetation mit schwacher eigener Pollenproduktion und reichlichem Fernflugpollen.

Es sei noch betont, daß die in der Abb. 22 verwendeten Pollen-Signaturen keineswegs spezielle Eintragungen bestimmter Lokalitäten darstellen, sondern lediglich der Markierung dienen.

Das Boreal stellt einen Zeitabschnitt dar, der in seiner typischen Phase in tiefen Lagen bis etwa 1000 oder 1100 m hinauf eigentliche Haselwälder zeigte. (Wir rechnen die Hasel immer in

die 100%-Summe; eine gesonderte Behandlung ist ganz besonders auch bei Einbeziehung der NBP nicht zu begründen und würde EMW vortäuschen, wo doch wahrscheinlich Haselhaine standen; vgl. auch Firbas 1949, S. 151/152 und Fries 1951, S. 200.) In der Höhenlage von 1200—1600 m scheint die Hasel, vielleicht zufolge weniger dichten Bestandesschlusses, andern Waldbäumen etwas Raum gegönnt zu haben: Je nach edaphischen und lokalklimatischen Verhältnissen handelte es sich um lichtere Kiefernwälder oder um (Eichen-), Linden und besonders Ulmenwälder mit etwas Bergahorn und Eschenbeimischung und mit Haseln als reichlichem Unterholz. Der bei 1500 m gezeichnete und durch das Diagramm Kilchmoos (Abb. 10) so eindrücklich belegte EMW-Vorstoß dürfte als lokalklimatisch (evtl. auch wanderungsgeschichtlich!) bedingte Erscheinung aufzufassen sein. Schon in dieser Höhenlage, bes. aber um 1600—1800 m dürfte die Erle (nach den Pollengrößen scheinbar nicht nur die Grünerle, sondern auch die Grauerle) beigemischt gewesen sein und schließlich zusammen mit Birken, Haseln und Bergföhren die Kampfzone des Waldes und einen eigentlichen Strauchgürtel gebildet haben. Die eigentliche Waldgrenze dürfte zwischen 1550 und 1700 m gelegen haben.

Das ältere Atlantikum (VI und VI/VII) zeigt bis in Höhen von 1500—1600 m durchwegs einen Ulmen-Linden-Mischwald mit Haselunterholz und wenigen Eichen. Oberhalb etwa 1100 m hat wohl die Föhre stets die felsigeren Partien des Gebiets eingenommen, die tiefgründigeren der Linde, der Ulme und dem Bergahorn überlassend. Die EMW-Komponenten dürften gegenüber Zone V etwas höher hinaufreichen; besonders war es aber offenbar die Hasel, die, in den untern Lagen zum Unterholz zurückgedrängt, in Höhen von 1700 m bis gegen 2000 m hinauf sich nun reichlicher entwickelte, ohne freilich zusammenzuschließen (NBP!) Unter dem Einfluß eines offenbar wärmeren Klimas hat sie in dieser Höhenlage Birke und Erle verdrängt (z. T. wohl etwas höher gedrängt) und bildete mit der Bergföhre und der Arve eine interessante Waldgrenzenformation (wie sie heute in ozeanischen westeuropäischen Gebieten etwa anzutreffen ist und durch unsere kalkreichen Böden gefördert wurde). An eine bloße Verwehung aus tiefern Lagen kann hier nicht gedacht werden, da sonst die EMW-Pollen ebenfalls im Maße tieferer Lagen vertreten sein müßten.

Wir müssen es vorläufig als Tatsache hinnehmen, daß die Waldgrenze um die Mitte der EMW-Zeit nicht viel höher als um 1650—1800 m gelegen haben dürfte. Die eigentlichen subalpinen waldbildenden Nadelhölzer der Tanne und Fichte fehlten eben noch. Dessenungeachtet können wir feststellen, daß eine Laubwaldgrenze bei rund 1700 m gegenüber heute eine Waldgrenzenerhöhung um mindestens 400—500 m darstellte (heutige Buchengrenze bei 1200—1300 m). Ferner dürfte die Erhöhung der Grenze des Haupthaselvorkommens von etwa 1400—1600 m von heute auf 1900—2100 m in der mittleren EMW-Zeit ebenfalls für eine Hebung der Vegetationsgrenzen um ca. 500 m sprechen. Maurer (1904) erwähnt als höchstes Vorkommen von Hedera (blühend!) in der klimatisch ungemein günstigen Boltigenklus ein Exemplar bei 1250 m; wenn wir Hedera auf den viel windoffeneren Höhen des Bruchpasses bei 1500 m mehrfach festgestellt haben, so spricht das im selben Sinne. Schließlich ist aber das Vorhandensein eines geschlossenen Ulmen-Lindenwaldes bis auf 1600 m gebührend zu bewerten. Wenn schon heute oberste seltene Vorkommen 1400 m Höhe erreichen (diese Maximalvorkommen sind übrigens für unsern Vergleich von beschränktem Wert), so muß doch die Erhöhung der Grenze der Massenverbreitung auf diese Höhe als ganz besondere Erscheinung auffallen. Bei Anwendung einer thermischen Höhenstufe von 1 Grad auf 140 m Höhe (Sommer!) schließen wir auf eine Erhöhung der Sommertemperatur um etwa 3—4 Grad. Wenn man berücksichtigen will, daß eine erhöhte Wintertemperatur wahrscheinlich zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode geführt hat und so auch mittelbar die Vegetationsgrenzen hat heben helfen, so reduziert sich dieser Wert vielleicht auf 3 Grad (vergl. die ähnlichen Angaben in Firbas 1949, S. 289 und S. 192). Milde Winter und warme Sommer mögen also jenen Zeiten des Spät-Mesolithikums und Früh-Neolithikums eigen gewesen sein. Die Wanderung der Tanne mag in dieser günstigen Zeit durch das Klima gefördert, durch den dichten Schluß der Bodenvegetation der üppigen und mehrschichtigen Wälder aber auch wieder stark gehemmt worden sein. Erwähnenswert ist auch das Vorkommen von Menyanthes-Samen auf dem Hahnenmoos bei 2020 m mehrfach vom Ende der Zone V an aufwärts durch das Atlantikum (heutige Höchstgrenze nach Schröter (1926, S. 9) bis wenig

über die subalpine Zone). Für ein frühzeitiges Aufwärmen spricht auch die Feststellung von *Ligustrum vulgare* in Zone V auf 1260 m auf dem Regenmoos.

Pflanzengeographisch interessant ist diese Vielschichtigkeit und die starke Verkrautung der Wälder von etwa 1000 m an aufwärts. Das Diagramm Kilchmoos (Abb. 10), aber auch Stücke von EMW-Diagrammen vom Regenmoos (1270 m) und vom Egelsee (100 m) geben ein bewegtes Bild dessen, was in jener Zeit in dieser Höhe wuchs und wohl in der angrenzenden subalpinen Parkzone auch wandern konnte. Ursprünglicher und noch aufregender ist diese Mannigfaltigkeit bei der Analyse von Proben dieser Zeit, wo man sich so oft des Eindrucks nicht erwehren kann, daß wir noch herzlich wenig wissen. Um so mächtiger und aussichtsreicher ist die Weiterarbeit auf diesem Gebiet: Untersuchen! Ich zweifle schon heute nicht daran, daß das Atlantikum die Zeit der Wanderung und Vollblüte der thermophilen Bergflora der Stockhornkette (und insbesondere der Boltigergegend) war. Die artemisienreichen Zeiten des Spätglazials (vergl. Firbas 1948), und die lichten Föhrenwälder des Präboreals mögen in der Ausbreitung dieser Florenelemente eine wichtige Rolle gespielt haben; die kulminierende Wärmezeit 6000—3000 v. Chr. stellt offenbar ein goldenes Zeitalter dar, von dem die anspruchsvolleren Thermophilen unserer Tage uns nur noch einen Abglanz vermitteln.

Das jüngere Atlantikum (VII und besonders der Endabschnitt) zeigt ein sich allmählich, jedoch intensiv veränderndes Bild. Die vereinzelt Tannenvorkommen, die sich überall bis in Höhen um 1700 m eingeschlichen hatten, begannen zur Hauptsache im kontinentaleren Kieferngipfelabschnitt 5 eine Ausbreitung, die in der Zeit von einigen hundert Jahren zur völligen Dominanz in unsern Bergwäldern führte, während die wohl etwas später zugewanderte Buche die Standorte der tiefern Lagen vorläufig bis etwa 800 m Höhe eroberte und vielerorts gegen die Ansprüche der Tanne lange Zeit halten konnte. (Klima noch nicht kontinental genug? Niederschlagsverhältnisse?) So wurde im letzten Drittel der Zone VII (Abb. 10) in Höhen zwischen 800 und 1700 m die Tanne

rasch zum beherrschenden Waldbaum. Die Hasel als Unterholz und die Verkrautung nahmen stark ab, ein Zeichen, daß sich die Wälder dichter schlossen. In Höhen um 1200 bis 1800 m (vielleicht noch etwas höher) hatte die Fichte klimatische Förderung erfahren und an einigen Orten (Saanenmöser, Pillon, Hahnenmoosgegend, Bruchgegend) zwischen den Kieferngipfeln 5 und 6 den Versuch einer Besiedlung der Gegend unternommen. Sie wurde aber überall von der Tanne wieder unterdrückt, dürfte aber gerade in dieser Zeit, ums Jahr 3000 v. Chr., ihre Ausbreitung im Tälergewirr der Alpen vervollständigt haben. Die Eichenmischwälder hielten in Höhen zwischen 800 und 1400 m am längsten aus, änderten zwar etwas ihre Zusammensetzung: die kontinentalere Eiche erreichte 5—8% der Pollensumme, die Linde dominierte vorübergehend über die Ulme, der Bergahorn erreichte ähnliche Werte wie die Eiche.

Über der sich ausbreitenden Tanne scheint sich im letzten Drittel der Zone VII ein ausgesprochener Bergföhren-Arve ngürtel zwischen 1700 und 1950—2000 m Höhe entwickelt zu haben. Jedenfalls treten in dieser Zone zu jener Zeit die Birken, Erlen und Haseln stark zurück und dominiert Pinuspollen sehr deutlich. Die Anwesenheit von 8—10% Hasel in diesen höchsten Lagen läßt zwar den Schluß zu, daß die Hasel in Höhen um 1800—2000 m noch reichlich vorkam, ja, daß sie vielleicht über 2000 m hinaus als hochgeschobenes Relikt jener EMW-zeitlichen Strauchformation der obern subalpinen Stufe vegetierte. Daneben haben unsere Untersuchungen, bes. an der Niesenkette, eine starke Beteiligung der Arve, ja im letzten Drittel von VII (und später) häufig eine Dominanz der Arve gegenüber der Bergföhre ergeben, die vom Standpunkt der Verbreitung der Arve in unsern Berglagen aus von besonderem Interesse ist.

Es stimmt mit unseren Darlegungen überein und bildet eine schöne Bestätigung, daß gerade in diesem Moment, am Ende der Zone VII, die ersten makroskopischen Funde (Astholz) der Bergföhre und der Arve auf Mächlistall (Profil Mitte) auftreten. (Vergl. jedoch den kleinen Fund in Abb. 8 am Ende des Präboreals!) Die starke Verkrautung um 1800—2000 m macht zwar wahrscheinlich, daß diese Bestände licht, ja angesichts der starken Pollenproduktion der Kiefern sehr licht waren. Hätten wir nicht Holzfunde, so

wäre ihr Vorkommen auf 2000 m Höhe unsicher. Aus der deutlichen Zunahme des Abiespollens über 2000 m (Fernflug aus der Tiefe) schließen wir auf rasche Abnahme des Pinusvorkommens über 2000 m. Es ist in diesem Zusammenhang von besonderem Interesse, daß diese Phase auf Mächlistall (und Sewlenboden) eine starke Zunahme von *Selaginella* (und *Botrychium*) aufweist, was für das Initialstadium des Waldes nach Untersuchungen am rezenten Pollenniederschlag (Welten 1950a) typisch zu sein scheint. Um eine reiche und thermophile Krautgesellschaft handelt es sich hier aber nicht etwa, sondern um eine arme alpine Rasenflur. (Hier tritt z. B. auch nur *Plantago alpina* auf, während zur Zeit der kulminierenden Wärme um 1500, ja 1700 m mehrfach *Plantago lanceolata* festgestellt wurde — was auch für sich im Zusammenhang mit der spätern Verwendung als Kulturzeiger interessant ist. —)

Die Waldgrenze mag also im letzten Abschnitt des Atlantikums zwischen 1700 und 1900 m gelegen haben mit einer vielleicht 200 m höheren Baumgrenze. Damit ist erwiesen, daß die Kulmination der Wärmezeit in der mittleren EMW-Zeit zwar die größten Hebungen der Vegetationsgrenzen, doch erst die abklingende Wärmezeit die höchsten Waldgrenzen brachte. Wären Bergföhren und Arven nicht als Glazialrelikte im Gebiet gewesen, so könnte man die merkwürdige Tatsache nur aus dem Fehlen subalpiner Baumarten im Florenbestand verstehen. Ihre Anwesenheit und die Tatsache, daß heute die Bäume gerade in unserem Gebiet an der oberen Waldgrenze dichte Bestände bilden können (Spillgertengebiet, Arve spärlicher), verlangt eine andere Erklärung. Wir wollen noch einmal feststellen, daß die Pinusbestände der Abschnitte V und VI (und z. T. VII) oberhalb 1500 m zufolge ihres starken NBP-Gehalts bei ihrer von Natur aus starken Pollenproduktion und speziell auch im Vergleich mit den NBP-Werten der Kiefernzeit und den spätern Waldgrenzenverhältnissen als licht, als nicht zusammenschließend bezeichnet werden müssen, daß uns also rückblickend eine andere Deutung der Verhältnisse unmöglich erscheint. Wir sehen auch in Abb. 11, daß die Kiefer auf der untern Bunschleren bei 1680 m während der ganzen EMW-Zeit anläßlich ihrer schon erwähnten Vorstöße die NBP jeweils reduzierte (nie unter 17%), jedoch be-

reits an der nur 110 m höher gelegenen und nur 600 m entfernten Lokalität der oberen Bunschleren (Abb. 12) sozusagen keinen Einfluß mehr hatte. Das beweist einmal die tiefe Lage der Kiefer zur EMW-Zeit, im Zusammenhang mit der intensiven Beimischung von EMW-und Haselpollen aber auch das Fehlen eines eigentlichen Kieferngürtels von gewisser Ausdehnung an der obern Waldgrenze. Wir können deshalb nicht umhin, die Erscheinung klimatisch zu verstehen: Die relativ hohe Ozeanität des Klimas hat die Grenze des Kiefernwaldes gegenüber heute (wo sie auf 1800—2000 m Höhe liegt) heruntergedrückt und eine Vermischung der montanen und subalpinen Elemente gebracht, wie sie uns in ozeanischen Gebieten in noch viel extremerer Verbindung entgegentritt. Die Ozeanität des Atlantikums hat die scharfe Ausprägung von Klimastufen unmöglich (resp. für die Pflanzenwelt unnötig) gemacht.

Eine aufmerksame Würdigung der Kurvenbilder der Abb. 22 läßt erkennen, daß das mittlere Bild langgezogene Kurven mit einem einzigen abrupten Übergang zeigt, demjenigen der Waldgrenze des Eichenmischwaldes bei 1600 m. Doch reicht diese Waldgrenze, als Auflösungszone des Waldes aufgefaßt, über 500 m hinunter. Dagegen zeigt das linke Bild für das Ende VII schon alle Züge scharfer Gliederung in eine Buchen-, eine Tannen- und eine Föhrenstufe. Recht ausgeglichen und mit geringer Schwerpunktbildung bietet sich auch das rechte Bild für Zone V.

Auch der Umstand der Vegetationsgrenzenverwischung ist ein wanderungsgeschichtlich und pflanzengeographisch wichtiges Ergebnis. Dieses Fehlen einer Zonierung ist mehrfach aufgefallen und meist mit dem Hinaufrücken der EMW-Stufe über die höchsten Erhebungen der Mittelgebirge erklärt worden. Da nun Untersuchungen aus höhern Gebirgslagen vorliegen, bietet sich eine andere, ebenfalls plausible Erklärungsmöglichkeit, die ohne weiteres auch den Namen «Atlantikum» rechtfertigt: die Ozeanität des Klimas.

Wenn wir die wahrscheinlich höhere Winterwärme des Atlantikums mit der Ozeanität des Allgemeinklimas kombinieren, besteht die Möglichkeit, daß die oben errechnete mögliche Temperaturerhöhung der Sommermonate sich nochmals um einen gewissen

Betrag erniedrigt, so daß man zuverlässig nur mit 2—3° Temperatursteigerung rechnet.

Zum Schluß sei noch kurz auf die Stratigraphie der atlantischen Ablagerungen eingegangen. Die Zone V weist bis 1000 oder 1200 m in den Lagen der dichten Bewaldung Gyttja oder Seekreide (oder Flachmoortorf) auf, von 1200 bis 1700 m (in den Lagen der lichten Bewaldung) findet sich mehrfach Cyperaceentorf (Hahnenmoos 2020 m, mit Menyanthes) darüber (vereinzelt in tiefern Seen auch darunter) sind nur tonige Sedimente festzustellen (als Folge geringer Bewachsung und des Abschmelzens von Tot-eis?). Im Atlantikum, bes. gegen dessen Ende zu können in tiefern Lagen Übergänge zu Sphagnumtorf vorkommen, während die Bildung von Hypnum- und Cyperaceentorf auf 2000 m ansteigt. (Teilweise dauert aber eine tonige Ablagerung in offenbar vegetationsarmem Wasser noch bis 1400 m hinunter an.)

Die späte Wärmezeit (das Subboreal, Zone VIII) und die Nachwärmezeit (das Subatlantikum, Zonen IX/X)

Behandelten wir im ersten Teil die subarktischen Kiefern- und Birken-Tundren und die daraus hervorgegangenen Wälder, im zweiten Teil den ozeanisch-thermophilen Eichenmischwald, so müssen wir im dritten Teil die Entwicklung und Veränderung unserer mesophilen Laub- und Nadelwälder der Zeit von ca. 2600 v. Chr. bis heute betrachten. Dieser Zeitabschnitt weist in unsern Gegenden keine nennenswerten Wanderungen von Bäumen auf; sie sind (etwa abgesehen von Kultur- und Fruchtbäumen) alle da und dem Einfluß des Klimas und der Menschen ausgesetzt.

Wir sind gewohnt, zwei Klimaabschnitte zu unterscheiden, den aktuellen, den man etwa ums Jahr 600—400 v. Chr. beginnen läßt (zwischen dem feuchten Hallstatt- und dem trockeneren Latène-Abschnitt der Eisenzeit) und den man Subatlantikum nennt, und den Abschnitt der späteren Wärmezeit, das Subboreal (2600 bis 400 v. Chr.).

Die Grenze der beiden Abschnitte ist sehr schwer genau festzulegen. Die Verknüpfung mit der Vorgeschichte, die Firbas 1949, als sicherstes Vorgehen bezeichnet, ist in unserem Fall un-

möglich, weil bei uns jegliche Funde aus höhergelegenen Mooren fehlen und die wenigen Datierungen des Alpenvorlandes für diese Zeit ganz unzuverlässig sind. Das Durchschnittsdiagramm von R y t z (1930) berücksichtigt die eisenzeitlichen Schichten nicht, dasjenige in R y t z (1949, Abb. 21) vom Federsee ist in den fraglichen Teilen des Diagramms nicht zu parallelisieren. Auch das von L ü d i (1935, S. 162) aufgestellte Schema läßt uns an dieser Stelle im Stich. Alle Merkmale, die F i r b a s 1949, S. 50/51, nennt, sind für unsere speziellen Vegetationsverhältnisse unbrauchbar oder haben doch nur orientierende Bedeutung.

Deshalb bleibt uns nichts anderes übrig, als das Problem selbstständig anzupacken. Vielleicht die beste Vorarbeit für seine Lösung haben wir durch Aufstellung der Jahresschichtenchronologie in Faulensee (W e l t e n 1944) geleistet. Gestützt auf diese, besonders in den jüngeren Abschnitten nicht ernstlich angezweifelte Ergebnisse bleibt unsere Aufgabe, die Diagramme mit Faulensee zu parallelisieren. Das ist angesichts des völligen Zurücktretens der Buche im Simmental und der ungewöhnlich buchenreichen Abschnitte von Faulensee keine leicht zu lösende Aufgabe. Wären die von mir unterschiedenen vier Buchenzeiten in den Zwischenzeiten ausgesprochen buchenarm, so wären entsprechende Ferntransportspuren in Bergmooren einer Parallelisation dienlich. Die bloße Ausbildung von Buchenmischwaldphasen in den Zwischenzeiten verwischt aber dieses Kennzeichen, das in Wirklichkeit nun trotzdem hie und da verwendbar ist, sofern nicht selektive Pollenzerstörung neue Schwierigkeiten geschaffen hat.

Besser als auf dieses Merkmal wird man sich bei der Parallelisation auf den allgemeinen Kurvenverlauf stützen. Dabei muß man allerdings noch Rücksicht nehmen auf die vermuteten Kultureinflüsse, die in diesen Abschnitten durch die gefundenen Getreidepollen und den jeweils entsprechenden unruhigen Kurvenverlauf gesichert erscheinen. (Das Neolithikum ist jedenfalls noch ziemlich ungestört, nicht so die Bronzezeit, die mit der üblichen Festlegung auf 1900—800 v. Chr. ganz ins Subboreal fällt.) Am besten wird es deshalb sein, die Periodizität des Klimas, so wie sie sich im wechselnden Waldbild darstellt, zum Vergleich heranzuziehen. Dabei nehmen wir an, es sei genügend gesichert, daß die Reihe Föhre — Fichte — Tanne — Buche einer Änderung des Klimacharakters

von kontinental zu ozeanisch entspreche. In Tiefenlagen handelt es sich entsprechend um Tanne-Buche-Variationen, in Mittellagen um Fichte-Tanne-Variationen, an der Waldgrenze und wahrscheinlich in extrem kontinentalen Alpentälern um Föhre-Fichte-Variationen. (Im Gegensatz zur einseitigen Betonung des Temperaturfaktors, die mich in meiner Faulenseemoosarbeit veranlaßte, wenigstens die zweite und dritte Buchenzeit als trockenwarme Phasen anzusprechen, möchte ich heute, in der Annahme eines ausgeglichenen an Stelle eines trockenen Niederschlagsklimas, die Buchenphasen als ozeanisch getönt betrachten.)

Das Wechselspiel von ozeanischen und kontinentalen Klimaphasen gehört zum Allgemeingut unserer heutigen Auffassung der historischen Klimaentwicklung. Die Moor-geologie hat ja der Klimakunde durch die sog. Rekurrenzflächen (Austrocknungsflächen mit nachfolgender Wiederbelebung des Moornachwuchses) wesentliche Beweise dafür geliefert. Granlund (1932) hat auf Grund historischer und prähistorischer Funde folgende Rekurrenzflächen näherungsweise datiert: RY V 2300 v. Chr., RY IV 1200 v. Chr., RY III 500 v. Chr., RY II 400 n. Chr., RY I 1200 n. Chr. Für viele Moore wird die Gegenwart ebenfalls eine Abbauphase darstellen (also etwa RY 0!). Wir haben selbst im Abschnitt über die EMW-Zeit auf sehr ähnliche Schwankungen für die Zeit von 6700—2700 v. Chr. aufmerksam gemacht. Im nördlichen Mitteleuropa entspricht RY III, als Grenzhorizont bezeichnet, dem Übergang Subboreal/Subatlantikum.

Conway (1948) hat, auf Grund umfassender und vorsichtiger Betrachtungen von Posts, die Ansicht geäußert, daß die Klimaentwicklung der Vorzeit sich möglicherweise auf Grund groß-, mittel- und kleinperiodischer Ursachenkomplexe schematisieren und überschauen und dann vielleicht einmal als Mittel absoluter Datierungen verwenden lasse. Im nordwestlichen Europa sind dahinzielende Untersuchungen im Gange. Conway hält eine rund 900-jährige Periode für mittelperiodische Erscheinungen auf Grund der Rekurrenzflächenzahlen für wahrscheinlich. Diese mittlere Periodizität würde sich der großen Periodizität des Klimas (z. B. zunehmende, kulminierende und abnehmende Wärmezeit) überlagern und wäre selbst noch von kleinperiodischen Schwankungen überlagert. Daß durch diese Interferenzen betonte und undeutliche

Klimawechsel entstehen, ist leicht einzusehen; um so schwieriger ist ihr Nachweis.

Es ist also keine leere Spekulation, wenn wir den Versuch unternehmen, jene eben besprochenen Wechsel mittlerer Periodenlänge als Parallelisationsschlüssel zu verwenden. Man verlegt sich dann bei dieser Art der Koordinierung nicht auf ein einzelnes Merkmal, sondern setzt gewisse Grenzen immer nur mit dem Blick auf die frühere und spätere Entwicklung fest, ein Vorgehen, das man ja bei jeder Parallelisation, wenigstens zur Kontrolle, unwillkürlich durchführt. Dagegen wird man ja nichts einzuwenden haben.

Wir begeben uns nun bewußt auf unsichern Boden und betrachten die Annahme als Arbeitshypothese, daß jede aus ozeanischer und kontinentaler Hälfte bestehende Phase eine Periodendauer von 700 Jahren habe. Wir wollen den kontinentalen Teil mit dem Buchstaben C bezeichnen und die Phasen von der Gegenwart ausgehend numerieren. Wir setzen für die rezente Kontinentalitätsphase die Nummer Null, um möglichste Anpassung an Granlunds System der Rekurrenzflächen zu erhalten. Wir datieren im Hinblick auf die spätere Reihe

- C 0 = 1700 n. Chr. und fahren dann fort:
- C 1 = 1000 n. Chr. (= RY I 1200 n. Chr.; entsprechend der kontinentalen Phase heißer Sommer nach der 4. Buchenzeit).
- C 2 = 300 n. Chr. (= RY II 400 n. Chr.; entsprechend Faulenseemoos 3. Buchenmischwaldzeit Bu-Fi-Ta).
- C 3 = 400 v. Chr. (= RY III 400 v. Chr.; entsprechend Faulensee 2. Buchenmischwaldzeit Bu-Fi-Ta; Zone VIII/IX).
- C 4 = 1100 v. Chr. (= RY IV 1200 v. Chr.; entsprechend dem Ende der 3. Buchenmischwaldzeit Bu-Ta-Fi in Faulensee).
- C 5 = 1800 v. Chr. (ohne Entsprechung; Fichtenanstieg führt zum Abbau der Tannenzeit in Faulensee und andern Orten).
- C 6 = 2500 v. Chr. (= RY V 2300 v. Chr.; Ulmus-Abfall, Ende des Atlantikums, Zone VII/VIII).
- C 7 = 3200 v. Chr. (kiefernreiche Ausbreitungsphase der Tanne und Buche).
- C 8 = 3900 v. Chr. (leicht kiefernreiche Grenze Zonen VI/VII; um diese Zeit eine RY von Granlund vermutet).
- C 9 = 4600 v. Chr. (kiefernreichere Zwischenphase in Zone VI).
- C 10 = 5300 v. Chr. (scharfer Kiefern Gipfel, Zonengrenze V/VI).
- C 11 = 6000 v. Chr. (kleiner Kiefern nachgipfel in Zone V).
- C 12 = 6700 v. Chr. (letzter Kiefern hochstand in IV oder ungefähr Zonengrenze IV/V).
- C 13 = 7400 v. Chr. (Ende III, NBP-reiche Phase der Kiefernzeit).
- C 14 = 8100 v. Chr. (eine Schwankung in der Schlußvereisung).

- C 15 = 8800 v. Chr. (obere kieferreiche Hälfte des Alleröds).
C 16 = 9500 v. Chr. (Hippophaë-Hauptgipfel).
C 17 = 10200 v. Chr. (Bölling Oscillation hart vor dem Alleröd) usw.

Das Wichtige an dieser Reihe ist nun freilich vorläufig nicht die Datierung. Sie zeigt aber, daß sich mit der C-Reihe sehr wohl einfache, lineare, chronologische Vorstellungen verbinden lassen. Auf die wohl mehrmals zufällige Übereinstimmung mit Florins (1944) Hauptundulationen von 1300—1400 Jahren Dauer sei hingewiesen, an Hand dieser Arbeit aber auch die Kompliziertheit der Vorgänge. Wichtiger ist momentan, daß sie zahlreichen, ja, den meisten Diagrammpunkten gerecht wird. Im übrigen sind die C unsern Diagrammen als harmlose (und vereinzelt vielleicht falsch gewählte) Parallelisationsmarken beigeschrieben, die immerhin auf Grund unseres dem Norden in den älteren Teilen etwas angepaßten Chronologiesystems chronologisch verstanden werden können.

Wir wollen nun an Hand unserer Profile noch die Charakteristika der Kontinentalphasen im Diagrammverlauf herausheben, damit die durchgeführten Parallelisationen begründet und verifizierbar erscheinen (in der Reihenfolge der Phasen mit gut umschriebenen Merkmalen: sämtliche Pollen in die Pollensumme 100% eingeschlossen):

C 6 entspricht dem schon besprochenen Zonenwechsel VII/VIII und kann dort nachgesehen werden (vergl. Firbas 1949, S. 143).

C 5 ist die erste Kontinentalphase nach C 6, bei uns nach dem Hochstand der Tannenzeit; im Simmental entspricht ihr der jähe Fichtenaufstieg, der damit auf den Beginn der Bronzezeit datiert wird.

C 1 ist die Kontinentalphase im frühern Mittelalter, die im allgemeinen die Hauptrodungsphase darstellt und eine ganz kulturbedingte Diagrammzone einleitet (Firbas, Zone X). Sie liegt in Faulensee am Ende (also kurz nach) der vierten Buchenzeit, im Simmental meist als Endkuppe der massivsten Fichtenerhebung des Diagramms, wie sie von C 1 und C 2 zusammen (bei schwacher oder fehlender ozeanischer Depression) gebildet wird.

C 2 leitet die große frühmittelalterliche Zone dichter Wälder ein. Sie dürfte in Faulensee nach der dritten Buchenzeit stehen (die vielleicht etwas früher angesetzt werden müßte). Die etwas abweichende Ausprägung der 4. Buchenzeit in Faulensee in klimatischer Hinsicht ist bemerkenswert. (Vergl. auch C 1). Überdies liegt C 2 am Ende einer in hohen Lagen nahe der Waldgrenze häufig zu beobachtenden Erlenphase von einzigartiger Mächtigkeit.

C 3 liegt vor dem Aufstieg der Erlenkurve zur genannten Erlenphase, im allgemeinen auch dort, wo die Tanne den zweiten Abstieg durchgeführt hat (1. Abstieg: von der Tannenzeit; dritter Abstieg in der Kulturzone X). Mit dieser Zurückdrängung der Tanne aus höhern Stufen und der Ausbreitung üppiger Grünerlenbestände in der Höhe (die wohl als

klimate Waldgrenzende Depression zu werten ist, da auch die NBP-Werte hierauf meistens zunehmen) bekommt die Grenze Subboreal/Subatlantikum das erwartete klimatische Gepräge. In Tieflagen liegt C 3 zwischen der 2. und 3. Buchenzeit. In der Mitte der wohlentwickelten, wahrscheinlich warmen Phase der La Tène- und Römerzeit erscheint häufig eine kurze kontinentale Zwischenphase eingeschaltet (Fichtengipfelchen). Handelt es sich um die von Nilsson (1935) erwähnte weitere Rekurrenzfläche ums Jahr 0?

C 4 liegt vor der 2. Buchenzeit; in mittleren Berglagen bezeichnet sie das Ende des nur durch schwache Tannensteigerung gekennzeichneten Abschnittes, wo Tanne und Fichte sich mit sehr ähnlichen Werten fast die Waage halten. In ähnlicher Weise schlecht gegliedert ist der Abschnitt C 5/C 4 der langen ersten Buchenmischwaldzeit auch in Faulensee. In höhern Lagen ist C 4 als Fichtengipfel (Kieferngipfel?) wenig charakterisiert.

C 0 stellt die subrezente Kiefern- und Fichtenzunahme dar, über deren klimatische Bedingtheit freilich zufolge von Kulturmaßnahmen Zweifel bestehen können. Immerhin kann geltend gemacht werden, daß um diese Zeit die Gletschervorstöße des 17. Jahrhunderts zu Ende gegangen sind, auch daß im 19. Jahrhundert neue Gletschervorstöße festgestellt wurden.

Über den Grenzhorizont und typische Rekurrenzflächen liegen aus unserem Gebiet fast keine Beobachtungen vor. Der Umstand, daß alle Profile durch Bohrung, nicht an Stichwänden wie im Norden und in England und Irland gewonnen wurden, läßt zwar noch fast alle Möglichkeiten offen. Die bewegte Topographie unseres Geländes hat zwar wahrscheinlich die Entwicklung oft gestört und jene Übergangsstadien zurücktreten lassen. Eine vielversprechende Beobachtung ist allerdings auf den Saanenmösern (1270 m) gelungen: dort fallen die Kontinentalphasen C 5, C 4, C 3 auf Hypnum- (und Radizellen-) Torfschichten, C 2 auf den Austrocknungshorizont der Oberfläche, die ozeanischen Zwischenphasen auf Sphagnumtorfe mit nach oben jeweils ansteigender (Sumpf-?) Föhre. Genaue Untersuchung der Torfzusammensetzung dürfte also auch bei uns gute Ergebnisse zeitigen. (Weitere Beobachtungen am Hahnenmoos 1970 m. Ähnlich Gams in Schmid 1923.)

Nachdem wir nun eine Einteilungsbasis gewonnen haben, wollen wir anhand der Diagramme die Verhältnisse der einzelnen Abschnitte durchgehen. Zuvor ist die erfreuliche Feststellung zu machen, daß unsere Alpenmoore gerade im Subboreal und Subatlantikum ihr stärkstes Torfwachstum aufweisen. Ja, wir haben den Eindruck gewonnen, daß viele ihr Wachstum erst unter dem Einfluß alpwirtschaftlicher (und touristischer) Einflüsse eingestellt haben, einige aber heute noch im Wachstum begriffen sind. Zu den letzten zählen wir das Moos auf

dem Bruchpaß (1500 m) (mit seinen fast 12 m erreichenden organischen Ablagerungen, wovon gegen 10 m Hypnum- und Sphagnumschlenkentorfe), die rund 5 ha große Sumpffläche auf dem obern Gurbs (1915 m) in einem Seitentälchen des hintern Diemtigtals (mit freilich «nur» ca. 2 m Hypnum- und Radizellentorf) und wohl (?) auch das kleine, aber schöne Moos auf Sewlenboden (2120 m) an der Niesenkette in der Gemeinde Lenk (das als höchstgelegenes Torfmoor der Gegend mit 3 m, teilweise leicht tonigem Hypnum-Radizellentorf ein Unikum darstellt, zwar in der Meereshöhe, kaum aber in der Torfmächtigkeit von ost- und zentralalpinen Moorbildungen übertroffen wird). Als vorläufig noch oder doch bis vor kurzem noch wachsende Seesedimente sind zu erwähnen diejenigen des Mächlistallseelis (2000 m) an der Niesenkette (mit 2—4 m mächtigen Ablagerungen aus den Zonen VIII und IX/X) und des Mettenbergmooses (1770 m) im Gebiet Kirel-Twirienhorn (das noch nicht lange verlandete, resp. trockengelegt wurde, und mindestens 9 m gyttjareiche und tonige Sedimente aufweist). Die Beispiele können leicht noch vermehrt werden, dürften uns auch noch nicht einmal alle bekannt sein.

Das Subboreal (rund 2500—400 v. Chr.) zerfällt in unsern Diagrammen in die Tannenphase C6/C5 (2500—1800 v. Chr.), die wohl das mittlere und jüngere Neolithikum umfaßt, und eine Mischwaldphase aus Buchen und Tannen in Tieflagen, aus Tannen und Fichten in mittlern und höhern Lagen (C5/C3, 1800—400 v. Chr.), entsprechend der Bronzezeit und der älteren Eisenzeit. Das Subboreal ist nach Untersuchungen von Sarnthein in den Ostalpen und von Firbas und Mitarbeitern (z. B. Firbas und Losert 1949) die Zeit der höchsten postglazialen Waldgrenzen.

Unsere Profile oberer Gurbs (1915 m, Abb. 16), Mächlistall (2000 m, Abb. 17) und Sewlenboden (2120 m, Abb. 9) zeigen übereinstimmend im Abschnitt der Tannenzeit anfänglich noch recht hohe NBP-Prozente von 15 bis gegen 40%. Dabei sind die Föhrenprozente noch ziemlich hoch. Wir schließen daraus auf Fehlen dichten Waldes in Höhen über 2000 m bei Vorhandensein eines (schon am Schluß des Atlantikums nachgewiesenen) Bergföhren-Arven-Gürtels offenen Charakters. Die hohe Vertretung des Tannenpollens innerhalb der Kampfzone der Föhren läßt zwar vermuten, daß die Tanne bis hart unter diese Höhe aufgestiegen ist

und dort den geschlossenen Bergwald gebildet hat. Einen überwältigenden und eintönigen Eindruck müssen diese Tannenwälder dem Neolithiker gemacht haben, reichten sie doch vom Talgrund hinter der Porte bei 650 m bis gegen 2000 m hinauf. Auch der Egelsee (990 m, Abb. 18) im vordersten Teil des Tales weist nur schwache Andeutungen des Eindringens der Buche hinter die Porte auf. Nirgends, auch nicht an den erwähnten Standorten früher Fichtengipfel im Abschnitt C7 konnten Fichteninseln oder merkliche Beteiligung am Aufbau des Waldes oder gar ein Fichtengürtel nachgewiesen werden. Nur die Gegenden vor der Porte weisen in diesem offenbar noch ozeanischeren Abschnitt C6/C5 zeitweise reiche Buchenwälder (bis 65% Buche) mit etwas Tanne und EMW-Komponenten auf.

In der Kontinentalphase C5 wucherte der Tannenwald, stark von Buche untermischt, bis weit in die schweizerische Hochebene hinaus, um schließlich fast überall zu einer wohl kurzen Dominanz zu gelangen. Nach der Höhe zu drang er wahrscheinlich auf 2100 m vor, was am minimalen NBP-Prozent jener Zeit (10—20%) abgelesen werden kann, jedoch auch aus dem starken Dominieren des Abiespollens über den Kiefernpollen hervorgeht: der Bergföhren-Arvenkampfgürtel ist zweifellos um diese Zeit höher hinauf gerückt, wir vermuten, vorsichtig geschätzt, auf ca. 2200—2400 m. Vom Tiefland bis in die höchsten Höhen konstatieren wir in der Phase C5 ein deutliches, nach oben zunehmendes Vorkommen und Gedeihen von Fichten, die in der Höhe der Waldgrenze besonders günstige Ausbreitungsbedingungen fanden und die Tanne in kurzem Kampf verdrängten. In mittleren Höhenlagen (um 1100 bis 1500 m) hielten sich fortan Tanne und Fichte für längere Zeit die Waage. In den Wäldern unter 700 m Meereshöhe bildete von etwa 1800 v. Chr. an die Fichte einen spärlichen Besiedler magerer und versauernder Böden (also etwa der heutigen Vertretung in Buchenmischwaldgebieten entsprechend). An der obern Waldgrenze wurde der bisherige breite Kampfgürtel von der Fichte um den günstigeren Teil geschmälert, den sie als Gebirgsbaum für sich in Anspruch nahm und mit dichtem Baumbestand ausfüllte. Der weitere Rückgang des NBP-Prozents in der Phase C5/C4 (frühe und mittlere Bronzezeit) ist auf die Einschiebung des Fichtengürtels zurückzuführen, nicht mehr auf eine eigentliche Klimabesserung (oder Kon-

tinentalisierung). Freilich erscheint die Waldgrenze in unserem Sinn (als Ende geschlossenen Waldes) durch das Erscheinen des gebirgshärteren Baumes erhöht: Sewlenboden (2120 m) scheint ganz im Waldgürtel gelegen zu haben und ist parallel dazu von C5 an zur Torfbildung übergegangen. Im Hahnenmoos (1970 m) setzte bald auch die Bildung von Sphagnumtorf ein. Wir rechnen damit, daß die Fichtenwaldgrenze in der Bronzezeit auf 2200 (—2300) m gelegen haben kann, stellenweise, wie der klimatisch ungünstig gelegene obere Gurbs zeigt, bei knapp 2000 m. In voller Übereinstimmung damit stehen die Erwägungen Lüd is (1921, S. 82) auf Grund soziologischer Studien im Lauterbrunnental. Leider gelang es mir nicht, Profile aus größerer Höhe beizubringen. Eine Bohrung am Rawilpaß bei 2320 m Höhe ergab 4 m Ton seit dem ozeanischeren Abschnitt C3/C2 und geriet dann (typischerweise!) auf Grobmaterial. Wahrscheinlich müssen wir solchen Mösern, die G a m s (1947) als Naßfelder bezeichnet, vermehrte Aufmerksamkeit schenken (das hat sich auch in den Ostalpen gelohnt).

Mit der Wende C5 geht dem Simmental ein Vegetationsbild besonderer Eigenart verloren, das sich dem Neolithiker zwischen etwa 3000 und 1800 v. Chr. bot: Ein breiter und nach oben lockerer Arven-Weißtannen-Mischgürtel, der sich vermutlich über mehrere hundert Meter Höhe erstreckte, nach unten in Tannenwald, nach oben in Arvenbestände übergang und auf schlechtern Böden und Felsgräten von der Bergföhre durchsetzt war. (Das starke heutige Tiefsteigen der Arve bis auf 1400, ja vereinzelt im Diemtigtal auf 1300 m hinunter unterstützt die Vorstellung eines breiten Mischgürtels.) Ausgehend von einem relativ starken Anteil an den lichten Föhrenwäldern des Präboreals (ich halte ein Überdauern der Eiszeit in günstigen Tief- und Hügellagen für wahrscheinlich), spielte die *Arve* über Jahrtausende in unseren ozeanischen Voralpengebieten die Rolle eines bescheidenen Waldgrenzenbaumes. Mit dem Ende des Atlantikums und dem Subboreal war ihre Zeit angebrochen, die man für die Berglagen um 1700—2200 m wohl als *Arvenzeit* bezeichnen könnte. Seit etwa 1100 v. Chr. spielte die Arve im Simmental nie mehr eine so wichtige Rolle. Der Hauptrückgang der Arve geht also in die Bronzezeit, evtl. in die Hallstatt-

zeit zurück und steht mit der Ausbreitung der Fichte in ursächlichem Zusammenhang. In der Eisenzeit mögen waldgrenzenerniedrigende Einflüsse eines atlantischen Klimas weitere Schädigungen und Arealeinengungen gebracht haben. Der Mensch der Kulturzone X hat mit seinem schonungslosen Nutzungsanspruch einen letzten Vernichtungsstreich geführt: Wir stellen heute an unserer Waldgrenze nur noch 1—3% Arvenpollen fest, so wenig, daß man bei der Schwierigkeit der Unterscheidung einzelner *Pinus cembra*-Körner keine Sicherheit über das wirkliche Vorkommen erhalten könnte, wären nicht im Gebiete der Spillgerten, im hintern Simmental und in der westlichen Stockhornkette noch heute Einzelarven und kleinste Bestände auffindbar. Die Klagen Kastrofers (1818) über die Schäden an der oberen Waldgrenze seien hier in Erinnerung gerufen.

Als Kennzeichen der besonders günstigen Klimaverhältnisse des spätern Atlantikums (VII) und des Subboreals (VIII) sei das Auftreten von *Nymphaea* und *Nuphar* und von *Typha latifolia* im «See» auf dem Bruchpaß (1500) erwähnt (pollenanalytisch nachgewiesen).

Das Subboreal scheint in seinem letzten Abschnitt C4/C3 in eine ozeanischere Phase übergegangen zu sein. Vor der Porte ist eine rund 300 Jahre dauernde Zeit der Buchendominanz nachzuweisen (2. Buchenzeit von Faulensee, auch in Burgäschli). In höhern Lagen ist ein erstes leichtes Ansteigen der Grünerle festzustellen, in allen Profilen aus Waldgrenzennähe eine NBP-Zunahme. Eine Waldgrenzenerniedrigung größeren Ausmaßes ist in Entwicklung begriffen.

Mit dem Subatlantikum (Zone IX als früherer Abschnitt von 400 v. Chr. bis ca. 1000 n. Chr.) geraten wir in einen am Anfang offenbar feuchtern und kühleren Abschnitt mit vermehrter Einschwemmung von Ton in Faulensee, auf Sewlenboden und anderwärts. Es ist die durch Vernässung und erneutes Torfwachstum bekannte Zeit nach dem Grenzhorizont. Aario (1944) hat für diese Periode oder kurz davor in den Ostalpen einen kleinen Gletschervorstoß (vom Ausmaß der Vorstöße um 1850 n. Chr.) nachgewiesen, dem im Diagramm ein leichtes Zurückweichen der Fichte und Ansteigen der Grünerle parallel ging, und der zwischen 600 v. Chr. und das Jahr 0 fallen soll.

Wir stellen an der Waldgrenze mehrfach eine sehr starke NBP-Zunahme fest und eine starke Grünerlenzunahme (oft 20—30%) in der unteren Bunschleren (1680 m), am Pillon (1700 m), im Mettenbergmoos (1770 m), auf dem Hahnenmoos (1970 m), im obern Gurbs (1980 m), auf Mächlistall (2000 m), dagegen nicht mehr auf Sewlenboden (2120 m); der Bruchpaß (1500 m) zeigt nur eine schwache Erlenvertretung und eine nicht nennenswerte Erlenzunahme. Wir müssen daraus schließen, daß sich mit dem Beginn des Subatlantikums für einen Zeitabschnitt von mehreren hundert Jahren an der obern Waldgrenze unseres Gebietes zwischen 1600 und 2000 m eine gewaltige Grünerleninvasion entwickelt hat. Eine solche hatte sich im flachern Voralpengebiet der Waadtländer- und Saanerberglandschaft schon im Atlantikum (Zone VI und besonders am Ende von VII) gebildet (und zwar interessanterweise am Ende von VII als Begleiter des erwähnten Fichtenvorstosses, was zu beweisen scheint, daß die Fichte dem Simmental, das die Grünerle hatte, jedoch ohne Massenentfaltung, nur deshalb fehlte, weil die Niederschläge einen untern Schwellenwert nicht überschritten).

Eine ähnliche Erlenphase ist aus Bergmooren mehrfach bezeugt: Lüdi 1932 hat sie an der Grimsel festgestellt, Hoffmann 1946 im Kanton Glarus, Keller 1935 in ähnlicher Diagrammlage im Wallis.

Gleichzeitig sinkt der Tannenanteil auf dem Bruchpaß von 30% auf 20% (als Mittel über längere Zeit und unabhängig von kleinern Schwankungen betrachtet), auf den Saanenmösern (1270 m) von 25% auf 15%, im Regenmoos (1260 m) von 40% auf 35%; am Egelsee ist eine Erniedrigung erst in dem Moment festzustellen, wo die Buche mit rund 15% Anteil aufzutreten beginnt und die Fichte stärker hervortritt. Im Gebiet vor der Porte trifft anfänglich die Tanne stärker und zum erstenmal die Fichte mit fast 40% Anteil auf. (Wir dürfen dabei freilich nicht vergessen, daß bereits die Rodungstätigkeit der La-Tène-Bevölkerung und der römischen Eroberer eingesetzt und ganz gehörige Umstellungen im Waldbestand bewirkt hat.) Dann setzt aber eine kleinere Buchendominanz ein, die der eigentlichen Grünerlenphase hoher Lagen entsprechen dürfte (3. Buchenzeit von Faulensee; wir setzen uns über eine kleine chronologische Unstimmigkeit an dieser Stelle hinweg.)

Man muß sich allerdings fragen, ob die NBP-Zunahme an der obern Waldgrenze nicht auch auf Rodungen durch die Helvetier zur Römerzeit beruhe. Das ist nicht ohne weiteres anzunehmen, obwohl die Alpwirtschaft sicher eine gewisse Höhe erreicht hatte. Ein Diagramm aus der Spiezerbucht des Thunersees scheint für diesen Abschnitt (Abb. 13; 370 cm Tiefe), nur geringe Waldlichtung aufzuzeigen. Das regelmäßige Auftreten von Getreidepollen und von *Plantago lanceolata* spricht aber doch für Anwesenheit von Kultur- und Weideland. Trotzdem sind folgende Tatsachen bei Annahme rein klimatischer Bedingtheit der Erlenphase völlig unerklärlich: Warum ist die NBP-Zunahme auf Sewlenboden auf die einzige Probe bei 160 cm beschränkt? (Toneinschwemmung mit leicht veränderter Ortsvegetation?) Warum zeigt das Mettenbergmoos ein so unglaublich bewegtes Diagramm im Gebiet der Erlenphase? Warum geht das NBP-Prozent in dieser Zeit am Bruch in die Höhe, während die Erlen eine entsprechende Korrelationsbewegung etwas später ausführen?

Wir halten dafür, daß wir um die Annahme menschlicher Rodung in diesem Abschnitt doch nicht herumkommen. Die abrupten Wechsel im Mettenbergmoos (Abb. 15) können nur künstlich entstanden sein. Wie sollte es zu erklären sein, daß jedem der vier Erlengipfel ein Kompositengipfelchen vorangeht? Wieso treten an den Stellen der Erlengipfel auch fast stets Birkengipfelchen und Weidenspuren auf, vielfach auch Haselspuren? Warum treten in der Wiederbewaldungsphase von 620—570 cm gerade Ericaceenpollen und Selaginellasporen reichlicher auf, wenn sie nicht als Zeichen gelichteten und verheidenden Fichtenwaldes (mit Gräsern und Kompositen und Umbelliferen) aufzufassen wären? Und woher sollte dieser kurzdauernde Einfluß kommen? Wieso geht innerhalb eines prozentual wenig zurückgehenden Fichtenwaldes die Tanne so jämmerlich zurück, daß sie für die kurze intensive Erlenphase von 660—540 cm plötzlich Werte um rund 5% belegt, vorher und nachher aber solche um 20%? Doch wohl nur zufolge von plötzlichen Schädigungen und Entzug der guten Böden. Wenn wir diese Tatsachen mit den Ergebnissen einer unbestreitbaren Weiderodung vergleichen, die wir an der Bruchgehrenallmend (1380 m) untersuchten, so schwinden alle Zweifel (Welten 1950b).

Iversen (1941 und 1949) und andere (einige weitere Litera-

turangaben in meiner soeben erwähnten kleinen Mitteilung) haben die Ausprägung und den offenbaren Hergang urgeschichtlicher Rodungen in Dänemark aufgezeigt. Es handelte sich, bevor die große Entwaldung der letzten zwei oder drei Jahrtausende kam, immer nur um vorübergehende Lichtung der Wälder mit sofort nachfolgender Wiederbewaldung, die durch eine starke Vertretung von Birken, Erlen und Haseln eingeleitet wurde. Über diese Wirtschaftsweise schreibt D e n g l e r (cit. nach I v e r s e n 1947): «Die ersten zarten Anschläge boten neben den Bodenkräutern und Gräsern eine willkommene Weidegelegenheit für das Vieh. Es entstand der oft verbissene, struppige und buschige Weide-Niederwald, in dem sich die Weichholzarten Birke, Aspe, Salweide, Hasel stark vordrängen, in dem aber doch hie und da wieder einige Stangen emporwachsen, den lichtbedürftigeren Ausschlag der Weichhölzer dann unterdrücken und zum Weidewechsel mit jüngern Schlägen zwingen. Man kann diese niedrigste Entwicklungsstufe des Wirtschaftswaldes noch heute in unaufgeschlossenen Gebieten Südeuropas in den Siedlungen am Außenrande des Urwaldes verfolgen, z. B. in den rumänischen Karpaten, in Bosnien und anderswo. Eine Menge von geschichtlichen Nachrichten und Überlieferungen deutet darauf hin, daß der Laubniederwald mit Viehweide auch bei uns eine der ältesten Entwicklungsstufen gewesen ist.»

Gerade in diesem Charakter der sich mehrmals wiederholenden Rodungen, Verstrauchungen und Wiederbewaldungen unterscheidet sich diese erste große subatlantische Weiderodung von der spätern, intensivern frühmittelalterlichen, wie ich sie für Bruchgehrenallmend verfolgt habe und wie sie gleich noch, für den letzten Abschnitt des Subatlantikums, die Zone X, zu besprechen ist.

Ein ganz ähnlicher Unterschied im Wirtschaftsbetrieb der früh- und spätschatlantischen Zeit tritt uns aus dem Diagramm Abb. 11 aus dem Faulensee entgegen. Gerade die Eisen- und Römerzeit weisen ein sinnverwirrendes Auf und Ab der Hasel- und Erlenkurven (z. T. von Birkengipfeln begleitet) auf, daß an eine Parallele mit unsern Erscheinungen der großen subatlantischen Erlenphase unwillkürlich gedacht werden muß. Nur noch vereinzelt findet sich dann diese Erscheinung im historischen Abschnitt

seit etwa dem Jahr 1200. Der Unterschied der beiden Abschnitte und Wirtschaftsformen kennzeichnet sich noch auffällig in der geringen Höhe der NBP-Werte im frühen, ihrer riesigen Höhe im späten Abschnitt. Der Unterschied springt besonders stark auch im Diagramm aus der Spiezerbucht (Abb. 13) in die Augen.

Wir stehen nicht an, die ähnlich unruhigen Diagrammverhältnisse in der Bronzezeit des Faulenseemooses dem Kultureinfluß zuzuschreiben (wie wir das schon 1944 vermuteten, doch heute besser begründen können). Eine durchgehende Nachuntersuchung dieser Abschnitte unter diesen Gesichtspunkten ist fällig und verspricht wertvolle Aufschlüsse. Ja, das weite Zurückweichen erster Anfänge der Erlenphase in der subalpinen Stufe in das Subboreal läßt die Möglichkeit offen, daß erste Anfänge der beschriebenen urgeschichtlichen Wirtschaftsweise in die Bronzezeit zurückweichen. Untersuchen!

Fast wie eine Verifikation der dargelegten Auffassung sieht es aus, daß die Diagramme in der geschichtlich ruhigeren Zeit des Frühmittelalters im Abschnitt C 2/C 1 plötzlich überall einen ruhigeren Gang mit geringem NBP-Prozent aufweisen. In der Spiezerbucht und im Faulenseemoos ist es die eindruckliche vierte Buchenzeit (die vielleicht etwas früher datiert werden dürfte), im Simmental hinter der Porte der hohe und breite Fichtenberg, der meist von einem entsprechenden Tannenrücken begleitet ist (die untersten Lagen mit reicher Buchenbeimischung). Dieser auffällige Fichtengipfel aller bis in jüngere Zeit reichenden Diagramme aus Berglagen ist also das Ergebnis eines Großversuchs: was stellen sich für Waldverhältnisse ein, wenn der bisherige Weidelichtungsbetrieb (der Bronze- und Eisenzeit, also von über 2000 Jahren) aufhört und bei extensiver Weidenutzung und Viehhaltung der Wald wieder sich selbst überlassen wird? Freilich werden klimatische Einflüsse (Temperaturrückgang?) diese Entwicklung gefördert, ja bedingt haben.

Zusammenfassend können wir sagen, daß der ältere Abschnitt des Subatlantikums gegenüber der späten Wärmezeit deutliche Zeugnisse eines ozeanischen und wohl etwas kühleren Klimas aufweist: eine erlenreiche Phase in den höhern Berglagen; darunter und darüber ausgeprägte Fichtenzunahme; letzter starker Arvenrückgang auf 2— 10% des Gesamtpollens (vergl. Lüdi 1945,

S. 221). In diese Zeit dürften aber auch die ersten(?) intensiven Einflüsse einer Waldweidewirtschaft fallen, die durch periodisches Schlagen und Wiederaufwachsenlassen von Wald kräuterreiche und buschige Weideplätze schuf. Es ist damit wahrscheinlich gemacht, daß spätestens im frühen Subatlantikum der Mensch nachhaltigen Einfluß auf den Gebirgswald und seine Entwicklung gewann, daß er durch seine Viehhaltung, bzw. seine Waldweidewirtschaft den Rückgang der Tanne und die Zunahme der Fichte wesentlich gefördert und teilweise direkt bedingt hat. Ähnlich steht es um die Waldgrenze: Wohl hat sie durch die Ausbildung der Erlenbestände einen klimatischen Rückgang um vielleicht 300 m auf 1900 m herunter zu verzeichnen. Mehrfach dürfte sie aber auch schon durch die intensivierete Nutzung der natürlichen alpinen Weideflächen Schaden genommen haben. Weitere Untersuchungen über alle Höhenstufen müssen das Fortschreiten der Rodungen im Tal und am Berghang verfolgen, bevor sich einigermaßen ein Bild von der Lebensweise des helvetischen Alpenvolkes zeichnen läßt. Ein nachhaltiger Einfluß der Römer ist für das ganze Simmental durch historische Funde sichergestellt. Den Einfluß auf die Vegetation wird die Pollenanalyse klären helfen.

Der letzte Abschnitt des Subatlantikums (Zone X) setzt in der ruhigeren Buchenphase im Vorland (der vierten Buchenzeit, rund um das Jahr 1000 n. Chr.), der Phase hoher Fichtenprozente in Berglagen ein (im Abschnitt C 2/C 1). Wo vorhanden, kann das *Carpinus*-Vorkommen zur Festlegung von C 1 verwendet werden (wie z. B. am Bruchpaß, wo es sich um eine Einblasung aus dem westschweizerischen Vorland handeln dürfte; ähnlich die frühmittelalterlichen *Iuglans*-Spuren).

Das Diagramm aus der Spiezerbucht (560 m, unter einer Mittelwasserschicht von rund 150 cm erbohrt) (Abb. 13) zeigt nach einer ersten, wohl frühmittelalterlichen Neubesiedlungsphase bei 240 cm Tiefe plötzlich eine gewaltige NBP-Zunahme. Das legt den Gedanken nahe, daß die Gründung (oder doch Neugründung) von Spiez mit einer großen Waldrodung begann. Das Ende der vierten Buchenzeit dürfte also in Spiez künstlich bedingt sein. Die plötzliche Haselzunahme und das Birkengipfelchen dürfte im Sinne von Iversen die Rodungsphase kennzeichnen. Früh, vor der Hauptrodung, setzt die Getreidekurve ein, gleich auch, mit

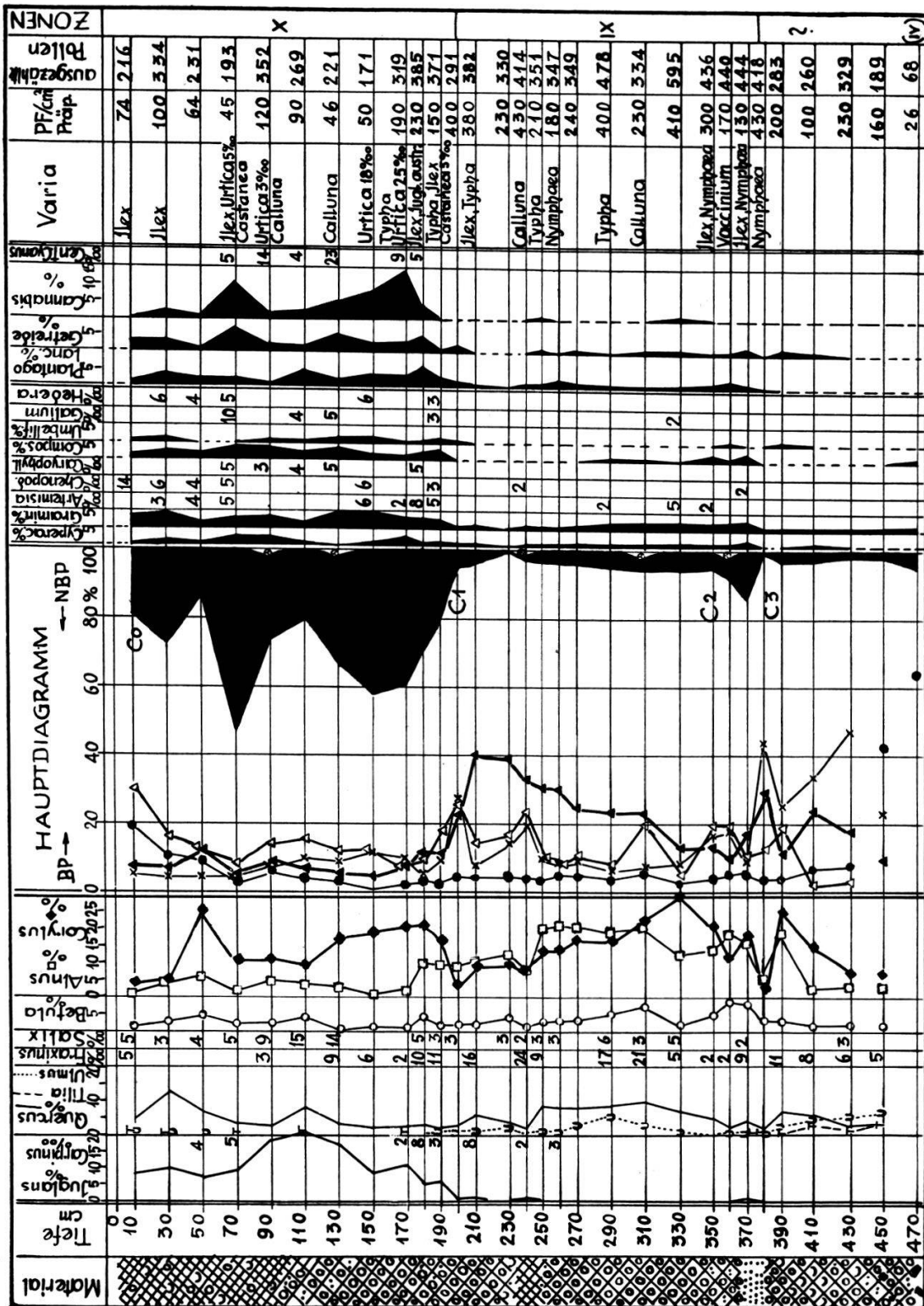


Abb. 13. Spiezerbucht des Thunersees (560 m). Bohrung unter 1,5 m Wasser. Text S. 106.

der Hauptrodung verstärkt, die Kurve von *Plantago lanceolata*, jenes Kulturzeigers (Matten!). Zweimal (bei 180 und bei 110 cm) erreicht hier der Spitzwegerich (ohne *Plantago maior* und *media* von 0,5—1,5%) die maximalen Werte von 4% (40 Promille), wie sie Iversen in Dänemark feststellte. (Bei der Angabe in Müller 1947, S. 81, handelt es sich um einen Druckfehler).

Damit ist der Beweis erbracht, daß der Spitzwegerichpollen auch in unsern Gegenden als Kulturzeuge verwendet werden darf und kann. Anders als in Dänemark ist freilich der Umstand, daß sein Erscheinen in unserem Land nicht auf den Neolithiker zurückzuführen ist. *Plantago lanceolata* tritt schon in der EMW-Zeit und wahrscheinlich auch schon um die Allerödzeit auf. Deshalb darf nur ein gehäuftes Vorkommen im Sinn der nordischen Untersuchungen gewertet werden (wie das I. Müller 1947, im Bodenseegebiet fand).

Sehr interessant ist, daß in allen Proben zwischen 170 cm und 70 cm (150 cm ausgenommen) die Kornblume (*Centaurea cyanus*) als Getreideunkraut nachgewiesen werden konnte.

Von ganz besonderem Interesse aber ist der hier meines Wissens erstmalig gelungene Nachweis des Hanfes (*Cannabis*). in Spuren wohl etwa seit der Völkerwanderungszeit (kurz nach der Römerzeit) (die späte Zuwanderung aus dem Osten ist erwiesen!), in überwältigenden Mengen (bis zu 10 und 13% aller Pollen) in Zone X. Der Vergleich mit rezentem Material von *Cannabis* und *Urtica* hat ergeben, daß eine Verwechslung mit dem sonst ähnlichen, jedoch deutlich kleineren Nesselpollen ausgeschlossen ist. Sein Mittelwert, fossil, bei Flußsäure-Vorbehandlung mit nachfolgender Acetolyse betrug (für 36 Messungen) 27,2 Tausendstelmillimeter mit einer Schwankung zwischen 23 und 32 Tausendstelmillimeter (Hauptwerte 25—30 μ). (*Urtica* nach Erdtman 1943, für *U. dioica* 15—17 μ , für *U. urens* 14 μ). Auch *Humulus* ist auszuschließen, da *Cannabis* größeren Hof und kleinern Porus besitzt.

Wie in Faulensee, so ist dieser Abschnitt in der Spiezerbucht aber besonders gekennzeichnet durch reichliches Walnußpollenvorkommen (*Juglans* bis 21% aller Pollen). Diese Pollenart tritt bei 130—90 cm Tiefe recht eigentlich in Konkurrenz mit den NBP, ein deutliches Zeichen dafür, wie stark im Kulturgebiet

der übriggebliebene Waldbaumpollen zurücktritt. (Er macht noch etwa die Hälfte aller Pollen aus.)

Das Diagramm aus der Spiezerbucht des Thunersees reicht leider nicht ganz bis zur Gegenwart (nur bis ca. zum Jahre 1750 von Faulensee), weil eine Deckschicht vor Jahren beim Buchtausbau ausgebaggert wurde. Nach unten scheint bei der Sandschicht um 370/380 cm eine Störung vorzuliegen: wahrscheinlich fehlt hier ein Stück zufolge einer vorübergehenden Seespiegelsenkung des Thunersees. Diese Verhältnisse sollen in tieferem Wasser später untersucht werden.

Ein ebenso ausführliches, wenn auch viel weniger abwechslungsreiches Bild bietet das Diagramm vom Bruchpaß (1500 m, Abb. 14). Der Abschnitt der Zone X ist auch hier durch Spuren von *Carpinus* in 400 cm Tiefe und durch anfänglich recht sporadisches, schließlich aber konstantes *Iuglans*-Vorkommen gut abzugrenzen. (Er zeigt bei 420 cm überdies deutlich den Abfall des Fagusprozents von der vierten Buchenzeit.) Das erste *Iuglans*-Vorkommen geht hier wie in Spiez bis an den Abfall des vermehrten Eichenvorkommens des mittleren Subatlantikums zurück (wo sich auch ein kleines Fichtenzwischengipfelchen findet).

Schon für diese Zeit (520 cm) und kurz nachher (440 cm) ist eine deutliche NBP-Zunahme auf 15% festzustellen. Da sie entsprechende Spuren (bis 1%) von *Plantago lanceolata* aufweist, darf wohl Gewinnung von Weideland auf der Bruchpaßhöhe vermutet werden (auch Kompositen- und Ericaceen-Spuren). Die NBP-Zunahme erscheint zwar geringfügig, muß aber an den aktuellen Verhältnissen gemessen werden: der heute nur noch einen Viertel bis zu einem Drittel des urbaren Landes bedeckende Wald liefert 75—80% Baumpollen und der Rest 20—25% NBP. (Dabei ist allerdings zu sagen, daß die Hälfte des Moorrandes direkt von Fichtenwald umsäumt ist und es zufolge einer felsigeren Partie auf dieser Seite sicher auch immer war.) War die andere Seite des «Sees» früher noch etwas mehr bewaldet, so ist es eigentlich eher verwunderlich, daß der Pollenniederschlag durch Rodungen noch so stark beeinflußt wird, um so mehr als die sanften Hänge und die tiefe Lage sehr zum Roden anreizen, während höhere Lagen wohl länger Wald trugen und Pollen

spendeten. Wir halten darum eine weitgehende Weiderodung für das früheste Mittelalter für erwiesen.

Ich halte es sogar für wahrscheinlich, daß die kleinen NBP-Zunahmen bei 620 cm und bei 740 cm Rodungen der späten Eisenzeit und Römerzeit darstellen (bei 740 cm fand sich ein Kornpollen), diejenige bei 940 cm einen bronzezeitlichen Einfluß. (Ob das einzelne Iuglanskorn bei 1020 cm einer bronzezeitlichen Einführung des Baumes entspricht, ist vorläufig nicht zu entscheiden; es mag auch eine Verunreinigung darstellen.)

Merkwürdigerweise setzen die großen endgültigen Weiderodungen auf dem Bruchpaß (gemessen am Carpinus- und Iuglans-Vorkommen) spät ein. Wenn man eine angenäherte Zuwachspportionalität voraussetzt, so kann man abschätzen, daß die Hauptrodung um etwa 1300 eingesetzt und um 1500 beendet ist. (Die erste bernische Forstverordnung stammt von 1592!) Es ist interessant, daß die Getreidepollen zwischen diesen Daten am Anfang der stark absinkenden NBP-Kurve bei 140 cm einsetzen, während die Geschichte berichtet, daß seit dem Jahr 1328 die Rede von Kornzehnten ist (Tschumi 1938). *Plantago lanceolata* erreicht auch hier (60 cm) 4,2% aller Pollen.

Der Bau der Bruchstraße um 1874 zeichnet sich bei 30 cm Tiefe durch leichte Staubverunreinigung und das höchste *Artemisia*-Vorkommen dieses Abschnittes aus (0,6%; sonst höchstens 0,2%). Der moderne Straßen- und Autoverkehr hat auch alle höhern Proben stark verstaubt. Auf den seither noch erfolgten Anstieg des Piceaprozentes und das zu allerletzt auf 5,5% aufschnellende *Galium*-Prozent als mögliche Zeugen vermehrter Trockenheit und Wärme der letzten Jahre sei nur kurz hingewiesen.

Die entsprechenden Abschnitte der Zone X führen in den Diagrammen vom Mettenbergmoos (1470 m, Abb. 15), vom obern Gurbs (1980 m, Abb. 16) und von Mächlistallsee (2000 m, Abb. 17) übereinstimmend das Merkmal eines auf 40 bis 60% angewachsenen NBP-Prozents. Wir gewinnen aus den Diagrammen höherer Lagen den Eindruck, daß der Übergang zur offenen Weide z. T. früher einsetzt als am Bruch (also vielleicht um 1000 oder 1200 n. Chr.; relativ ausgedehnte Abschnitte, die zwar vielleicht durch vermehrte Einschwemmung aus der offenen Weide gestreckt sind).

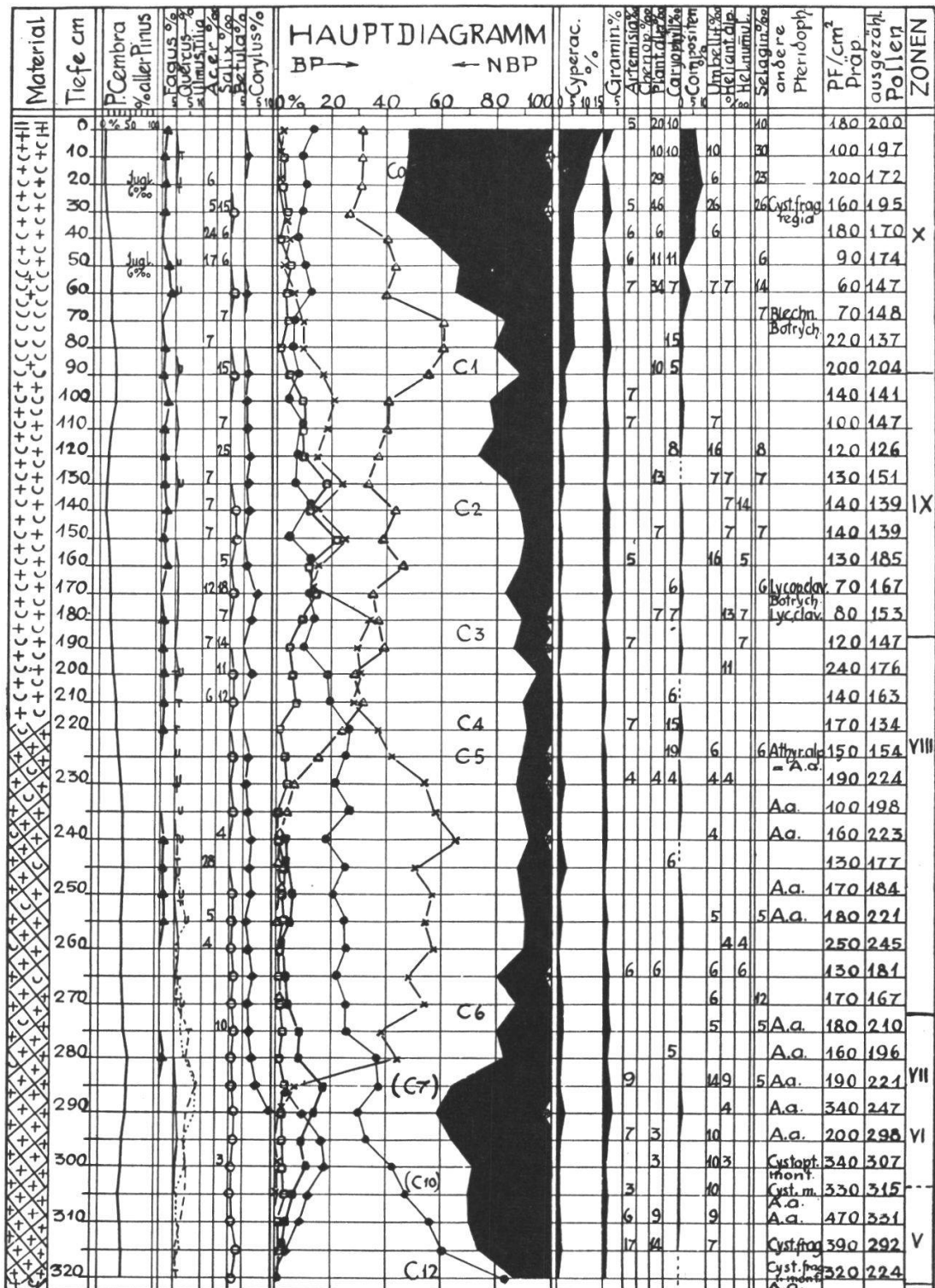


Abb. 15. Mettenbergmoos im hintern Diemtigtal (Kirel-Twirienhorn)
(1770 m). Text S. 111.

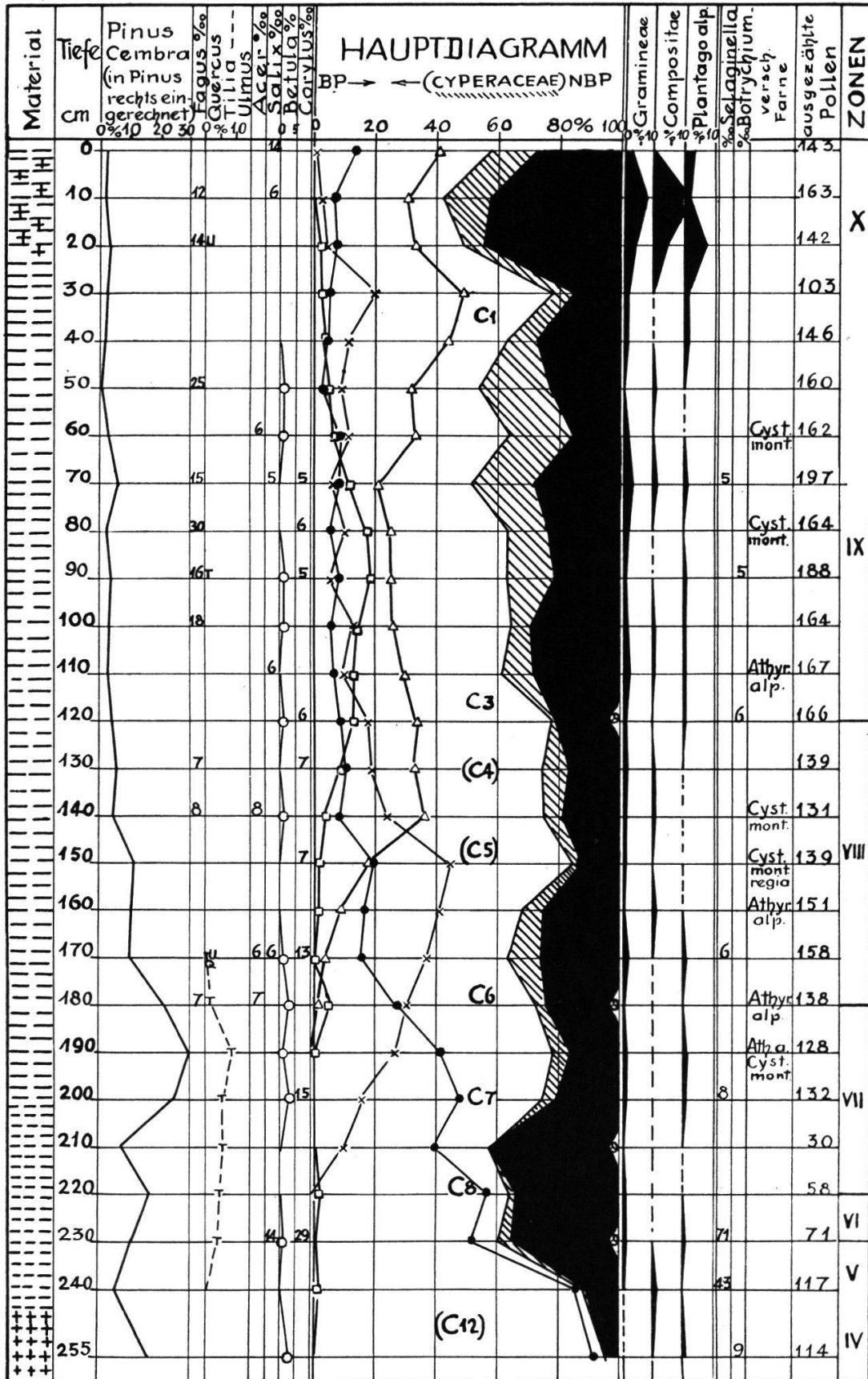


Abb. 16. Obergurbs im Diemtigtal (1915 m). Text S. 111.

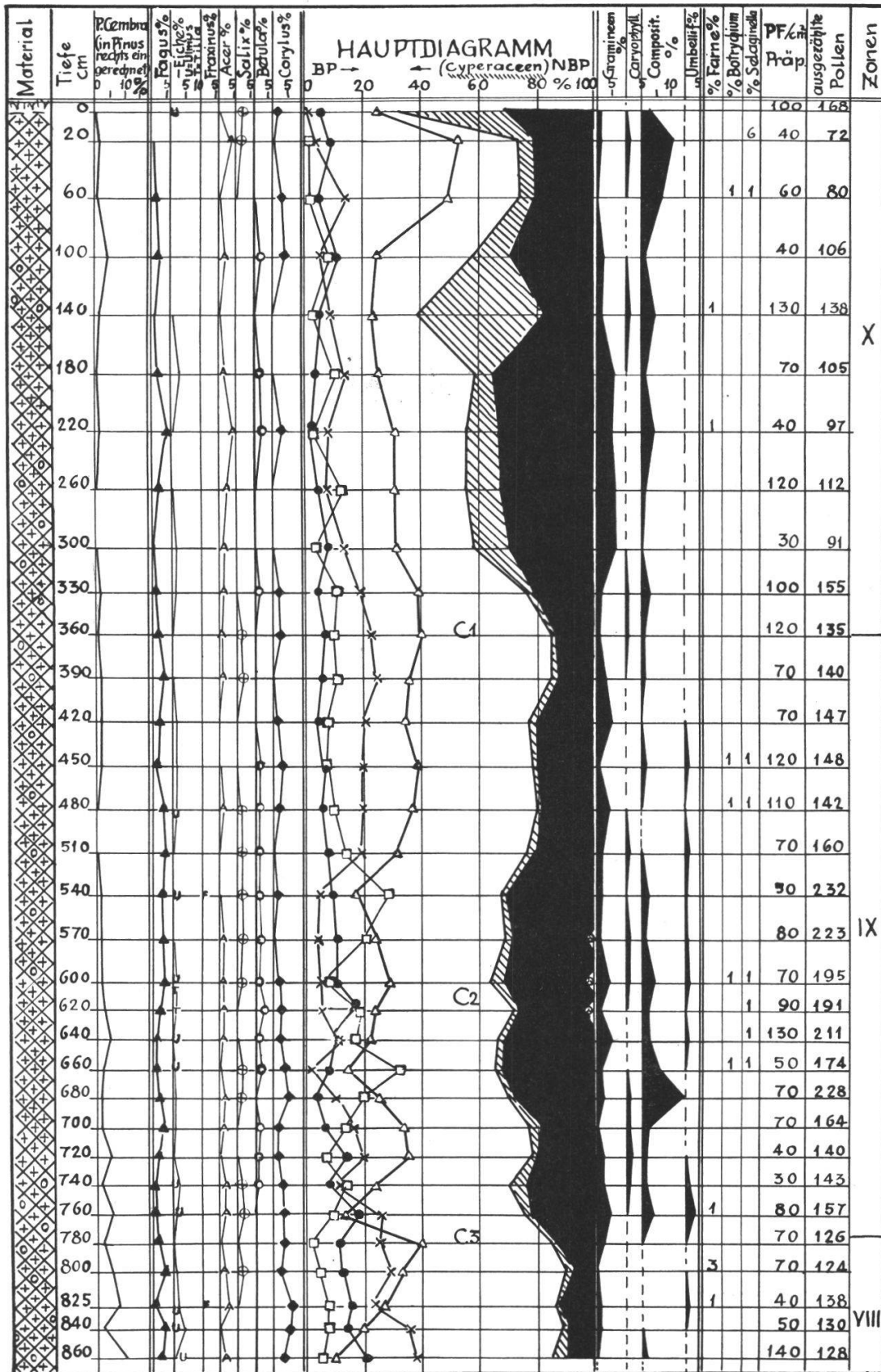


Abb. 17. Mächlistallseeli an der Niesenkette (2000 m), vorn im offenen Wasser (0 cm bedeutet 30 cm unter Wasser). Fortsetzung zu Abb. 8, unten.
Text S. 111.

Pollendiagramm Egelsee: Rückblick und Ausblick

Zum Schluß sei nun noch anhand des ausführlichsten und bestuntersuchten Diagramms auf die vielerlei Anwendungsmöglichkeiten der Pollenanalyse hingewiesen. Betrachten wir Abb. 18, das Diagramm vom Egelsee ob Diemtigen, aus einer Höhe von 1000 m Höhe. Die Umgebung des See- und Mooregebiets ist Nordlage. Die südwärts anschließenden Hänge tragen heute üppigen Tannen- und Fichtenwald. Gegen Norden zieht sich ein heute durch Waldstreifen (teilweise mit etwas Buche) unterbrochenes Wiesen- und Weidegebiet ziemlich steil etwa 300 m gegen die Talsohle hinunter. Eine prächtige Würm I-Seitenmoräne hat das Mooregebiet gegen die Nordseite abgedämmt. Nach Osten schließt sich eine schöne Wiesenterrasse direkt an das Moor an. Die Unterlage weist triasischen Gips auf und zeigt auch in der Umgebung einige Einsturztrichter. Die Hauptmulde dürfte also aus mit Glaziallehm abgedichteten Gipstrichtern bestehen und deshalb so ungewöhnlich tief sein. Das Profil Abb. 18 weist z. B. fast 10 m organische Ablagerungen auf. Durchgehen wir nun einige Möglichkeiten, die derartige Untersuchungen bieten.

1. **Moorgeologisch-stratigraphische Ergebnisse:** In der ältern Dryaszeit wurden in der Mulde, vielleicht über Toteis, braungraue Tone abgelagert. Mit der spätweidenzeitlichen Klimabesserung stellten sich blaugraue, typische Seemergel ein. Mit dem Beginn des Alleröds hörte die tonige Einschwemmung gänzlich auf, und bildeten sich im alten Klarsee des Diemtigbergglis organische Seekreiden (kleine Wasserorganismen und höhere Wasserpflanzen, die durch weitergehende Untersuchungen der Algen und Wasserpflanzenpollen nachweisbar sind). Aus diesem oligotrophen Gewässer bildete sich mit dem Beginn der Wärmezeit ein eutrophes: 80 cm wunderbarer Lebermudde (Dy) bilden das Ergebnis 4000jähriger Sedimentation; *Typha latifolia* — und *Nymphaea*-Pollen sprechen für die Anwesenheit eines Rohrkolben- und Seerosengürtels, sicher im Verein mit üppiger Algenvegetation. In 880 cm Tiefe geht die Algengyttja in eine Detritusgyttja des eigentlichen Seerosen- und Rohrkolbengürtels über; im obersten Teil gegen 820 cm hinauf gesellt sich schließlich die gelbe Seerose hinzu, die auch mit seichtem Wasser vor-

lieb nimmt. Bei 820 cm Tiefe stellt sich Hypnaceentorf ein und deutet damit an, daß dieser Seeteil im späten Neolithikum verlandete. Seerosen und Rohrkolbenpollen hören so gut wie gleichzeitig und ganz plötzlich auf. In 620 cm Tiefe gesellen sich den Hypnaceen Sphagnumblätter und -stengel bei: es bilden sich Übergangsvereine zum Hochmoor. Am Ende des Subboreals (um 300 v. Chr. stellt sich eine neue starke Vernässung ein: über 1,5 m sind *Chara*-Früchte nachweisbar (Armleuchtergewächse, Algen). Von 220 cm an aufwärts geht nun das inzwischen wieder trockener gewordene Übergangsmoor in ein typisches Hochmoor über, in dem sich bei 140 cm sogar *Drosera* pollenanalytisch nachweisen läßt. Es scheint, daß das Hochmoor bei 80 cm einen Stillstandskomplex darstellte und seither wieder zu neuer üppiger Sphagnumproduktion übergegangen ist. Ganz zuletzt scheint sich die Verheidung durch Ericaceen zurückzubilden. Die Moorstratigraphie kann durch weitere, auch makroskopische Materialanalysen noch sehr viel gewinnen (Samen- und Holzfunde). Sie lehrt uns die normale Lagerfolge der Seeverlandung; durch die Feststellung von Unregelmäßigkeiten kann sie aber klimatische Änderungen, Seespiegeländerungen, Flußverlegungen oder Bodenbewegungen nachweisen, die sich vielfach pollenanalytisch datieren lassen.

2. Geologische Senkungserscheinungen: Eine unerklärliche Erscheinung unseres Profils ist die Tatsache, daß die Torfbildung rund 8 m unter dem heutigen Seespiegel beginnt. An verspätetes Toteisabschmelzen wird man kaum denken können, da doch im Regenmoos auf 1260 m Höhe in ganz ähnlicher Situation solche Erscheinungen für die jüngere Dryaszeit nachgewiesen werden konnten. Undichtigkeiten der obern Muldenränder könnten für einen frühern Tiefstand des Seeleins als Ursache angenommen werden, sind aber recht unwahrscheinlich; wären die Muldenränder schon in 8 m Tiefe undicht gewesen, so wären sie es nach oben wohl noch mehr; sie würden dann nicht einen Aufstau bis zum Überlauf ermöglichen. Deshalb liegt es sehr nahe, angesichts der weitem, westwärts anschließenden Gipstrichter, eine Senkung oder gar mehrere oder dauernde Senkungen für die ganze (spät-? und) postglaziale Zeit anzunehmen. Durch die Verfolgung der Ablagerungen nach den Kesselrändern und der Ent-

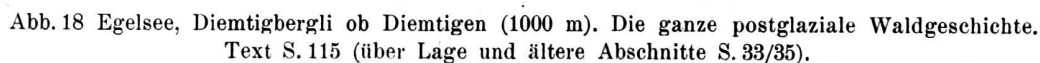


Abb.18 Egelsee, Diemtigbergli ob Diemtigen (1000 m). Die ganze postglaziale Waldgeschichte.
Text S. 115 (über Lage und ältere Abschnitte S.33/35).

wicklungsgeschichte des heutigen schwarzen Egelseeins wird sich darüber Klarheit gewinnen lassen; und zwar ist dabei nicht so sehr die Stratigraphie für sich, sondern besonders die pollenanalytisch datierte Stratigraphie von ausschlaggebender Bedeutung. Angesichts des Planes, das ganze Becken auszubaggern und in ein Kraftwerkstaubecken umzuwandeln, muß auf die Notwendigkeit der Ablärung solcher Fragen dringend hingewiesen werden.

3. Waldgeschichte: Die Entwicklung unseres Waldes hat von jeher natur- und heimatkundlich und historisch gerichtete Menschen interessiert. Bei möglichst dichter Lage der Untersuchungsobjekte läßt sich auch in unserem bewegten Bergland eine lokal zutreffende Geschichte unseres Waldes ermitteln. Durch ihre mannigfachen Beziehungen zu Geschichte und Geographie, zu Geologie und Klimageschichte, zu Vegetationsgeschichte und Waldbau und zur allgemeinen Kulturgeschichte ist die Waldgeschichte zu einem Grundpfeiler für das Verständnis vieler spätquartärer Erscheinungen geworden. In den tiefsten Schichten des Egelsees finden sich Ablagerungen, die über die spärlichen Tundren der Würm II- und der Bühlzeit Auskunft geben, über Schlußvereisung und die spätglazialen und präborealen Birken- und Kiefernwälder des jüngsten Paläolithikums und des frühen Mesolithikums. In unserer Abb. 18 erkennen wir, daß am Egelsee der boreale Haselwald stark von Föhren und Ulmen, Birken und Weiden durchsetzt war, daß der frühatlantische Eichenmischwald zur Hauptsache aus Ulmen und Eschen und erst in zweiter Linie aus Eichen und Linden bestand; auch enthielt er wohl rund zehnmal mehr Bergahorne als heute und häufig Misteln und an die Bäume hinaufkletternde Epheupflanzen. Das Neolithikum war am Egelsee eine Tannenzeit, die neben der Tanne merkwürdig viel Ulme, Esche, Buche, Hasel und Erle, dazu aber reichlich Epheu und Stechpalmen (*Ilex*) aufwies. Spätneolithikum und Bronzezeit sahen dichte Tannenforste mit zunehmender Fichte; Esche und Bergahorn scheinen fast verschwunden zu sein im Waldbild; Eiche, Linde und Ulme spielen eine sehr untergeordnete Rolle. In der spätern Bronze und in der Hallstattzeit verschwindet die Linde fast ganz, und Tanne und Fichte bilden Mischwälder, wobei die Tanne aber immer noch dominiert; Stechpalmen und Epheu

sind fast ganz aus den Wäldern verschwunden. In der La Tène- und Römerzeit sind die Wälder Tannen-Fichten-Mischwälder mit ordentlich Buche und viel Erle; ganz vereinzelt scheint die Weibuche eingewandert zu sein; Ulmen sind selten. Zur Zeit der Alemannen beginnt die Fichte mehr und mehr zu dominieren und die Buche tritt reichlicher auf, jetzt erst an sonnigeren Stellen und auf Kalkböden kleine Bestände bildend. Im obersten Abschnitt, wohl entsprechend der Entwicklung unserer schweizerischen Staats- und Kulturverhältnisse setzen gewaltige Rodungen den Anteil der Tanne auf geringe Prozentwerte herunter, während allerorten Fichten und Föhren (diese nicht nur auf dem Moos) die Oberhand gewinnen.

4. Die historische Pflanzengeographie: In pflanzengeographischen Lehrbüchern findet man etwa die Äußerung, daß heute und in unsern Gegenden das Studium der Pflanzengeographie im Speziellen das Studium der Folgen des Unheils und Vereisungen darstelle. Wir möchten hier nur auf einige Punkte und Ansätze hinweisen: Die Frage der eiszeitlichen Refugien der Alpenpflanzen und der anspruchsvolleren Arten ist ein Problem der nahen Zukunft. Die spätglazialen Steppen werden pflanzengeographisch gewürdigt sein. Auf die relative Lage der Waldgrenze in der Zeit der kulminierenden Wärme und die atlantische Zonendurchmischung haben wir bereits aufmerksam gemacht: sie dürften wesentlich zum Verständnis der heutigen floristischen Verhältnisse unserer Gegenden beitragen. Egehende Untersuchungen werden auch die große Bedeutung des Menschen, seiner Wanderungen und Gepflogenheiten für die heutige Verbreitung der Arten aufzeigen.

5. In der Glazialgeologie wird die Pollenanalyse mehr und mehr ein wichtiges Hilfsmittel werden; sie ist schon heute auf dem Punkt angelangt, wo die Entscheidung über die Zugehörigkeit von Moränen zu entsprechenden Rückzugsstadien in den Möglichkeiten der nächsten Zukunft gehört.

Den paläobotanischen Methoden dürfte die Hauptaufgabe zu fallen in der Untersuchung des Charakters der Auswirkungen der Interglaziale und Interstadiale.

6. Die Klimageschichte wird sich vor allem auf paläobotanische Ergebnisse stützen müssen, sei es, daß sie direkt auf

wertbar sind, sei es, daß Ergebnisse anderer Methoden auf ihre Widerspruchslosigkeit geprüft werden sollen.

Es sei in diesem Zusammenhang auf die Schwankungen der Waldgrenze verwiesen, wie sie in dieser Publikation aufgezeigt und am Schluß rekapituliert werden.

Nicht weniger wichtig ist die Analyse der Sedimente in Verbindung mit pollenanalytischen Zeitbestimmungen. In meiner Faulenseearbeit ist darüber mehr zu finden .

Unser Egelseeprofil zeigt, daß mit dem Ausbau der Pollenanalyse wichtige neue Aufschlüsse zu erwarten sind. Es ist z. B. außerordentlich eindrucklich, wie in der Tiefe 820 cm mit der Verlandung folgende ursächlich davon unabhängige Ereignisse zusammenfallen: Ende der Ulmendominanz, Ende der starken Eschenbeimischung, starkes Schwinden der Ahorne, dichter Schluß und Einförmigwerden des Tannenwaldes, Verschwinden von Hedera, auch von Ilex und Viscum, Verschwinden von Polypodium vulgare aus dem Walde und, was besonders zu denken gibt, außerordentlich scharfer Rückgang der Wiesenpflanzen, z. T. auch der typischen Kulturpollen. Nachdem in diesem Abschnitt VII über fast anderthalb Jahrtausende beinahe konstante Vegetationsverhältnisse geherrscht hatten, ist dieser Wechsel bei floristisch unverändertem Reaktionsmaterial der Pflanzenwelt nur auf Aufgabe menschlicher Kultur oder auf eine Klimaänderung oder auf beide zurückzuführen. Mindestens die Verlandung, aber auch das Höherrücken der Waldgrenze um diese Zeit sprechen für eine Kontinentalisierung des Klimas. Der Umstand, daß anspruchsvollere Arten, wie Hedera und Ilex, auch Polypodium vulgare so stark zurückgehen, ja verschwinden, nach Ergebnissen aus höhergelegenen Mooren aber auch nicht etwa höher gestiegen sind, läßt nicht auf Zunahme der Sommertemperaturen, sondern eher auf Abnahme der Wintertemperaturen schließen. Das Höhersteigen der Waldgrenze wäre zwar mit einer Temperatursteigerung der Vegetationsperiode vereinbar; doch mag eine Abnahme der Niederschläge und der Bewölkung die gleiche Wirkung gehabt haben. Und für eine Niederschlagsabnahme sprechen eben die Verlandungen um diese Zeit. Eine Abnahme der Sommerwärme kommt aber deshalb nicht ohne weiteres in Frage, weil in höhern Lagen gerade jetzt die Torfbildung kräftiger wird. Jedenfalls scheint

der alten Bezeichnung Blytt und Sernanders «Atlantiku (Zone VII insbesondere) und «Subboreal» (Zone VIII, ob Schlußabschnitt) eine klimatisch richtige Charakterisierung Grunde zu liegen.

In ähnlicher Weise sprechen Vernässung (Sedimente), Erle Birken- und Weidenzunahme in Zone IX für Zunahme, evtl. gleichmäßigere Verteilung der Niederschläge, das Sinken der Wa Grenze und die starke Ausdehnung der Fichte aber wohl auch für eine Abnahme der Sommer-, evtl. auch der Wintertemperatur.

In dieser Hinsicht sei auf die schöne Untersuchung Iversen (1944) über *Viscum*, *Hedera* und *Ilex* verwiesen.

7. Urgeschichtliche Besiedlung und Kulture
Am Egelsee wurden zum erstenmal in unserem Gebiet große Pollenmengen ausgezählt, um einen ersten Überblick über NBP-Verhältnisse zu erhalten. Das Hauptdiagramm zeigt, daß Atlantikum unsere Wälder stark verkrautet waren. Mit dem Ende des Neolithikums verschwand diese Verkrautung fast schlagartig und fast vollständig, blieb in der Bronzezeit niedrig, begann aber um die Römerzeit wieder stärker zu werden, um dann ungefähr mit dem Jahr 1200 plötzlich gewaltig anzusteigen. Dieser letzte Anstieg ist so stark, daß wir die Erscheinung hier zweifellos als Waldrodung im großen Maßstab betrachten müssen. Wenn wir sichern Wiesenzeiger unter den NBP herausheben (s. Diagramm Abb. 18), so wird interessanterweise der Wiesenpollenanteil im Neolithikum demjenigen der Römer-Alemannenzeit überlegen und erreicht fast die Höhe der heutigen Wiesenpollenproduktion. Das bedeutet doch wohl, daß die Neolithiker hier in 1000 m Höhe nicht geringe Mengen von Viehfutter fanden, resp. durch Kulturmaßnahmen zu gewinnen verstanden. Es ist wohl denkbar, daß der starke Ulmenrückgang bei 910 cm bereits künstlich ausgelöst wurde; die nachfolgende Haselzunahme könnte als Verstrauchung gerodeter Flächen gedeutet werden. Jedenfalls muß als ganz merkwürdige und unerklärliche Erscheinung die abwartend niedrige Lage der *Abies*-Kurve über 1500 Jahre beachtet werden. Wir haben sie vorhin klimatisch zu deuten versucht, können aber aber des Eindrucks nicht erwehren, daß sie künstlich mitbedingt ist. Dafür sprechen auch die zwar noch recht spärlichen eigentlichen Kulturpollen der letzten Silhouettenkurve. Wir deuten

spärliche Vorkommen von Getreidepollen (vollkommen gesichert sind die Funde nur gegen das Ende des Neolithikums) für wenig ausgedehnte Getreidekultur, das spärliche Vorkommen von *Plantago lanceolata* aber sogar für Fehlen eigentlicher offener Wiesenflächen im heutigen Sinn. Es liegt nahe, anzunehmen, daß eine intensive Waldweide- oder Laubwiesenkultur geübt wurde, wie das neuerdings Troels-Smith (mündlich) in Burgäschi und bei Wauwil für dieselbe Zeit nachgewiesen hat.

Die Bronzezeit scheint im Egelseegebiet keine nennenswerten Kulturspuren zurückgelassen zu haben; es wird sich hier, wie auch in der nachfolgenden Eisenzeit um einen gewissen Tiefstand der Kultur gehandelt haben. Erst die Römerzeit bringt wieder reichliche und untrügliche Kulturspuren: Juglans, Getreide, *Plantago lanceolata*, also Fruchtbaum-, Acker- und Wiesenkultur. Unter den Alemannen nehmen Getreidebau und Viehzucht wohl vorerst noch einen Aufschwung, gehen dann aber im frühesten Mittelalter eher zurück (besonders der Getreidebau). Das letzte Jahrtausend zeigt dann die reiche Zunahme der Kultur, wie wir sie schon aus dem Spiezerbuchtpprofil kennengelernt haben. Merkwürdigerweise fällt der stärkere Anbau des *Nußbaumes* auf die Zeit kurz vor den großen Waldrodungen und hört dann mit diesen beinahe auf; wohl auch ein Zeichen einer Kulturmstellung.

Es ist außerordentlich verlockend, durch Verfeinerung der Methoden den Spuren der Ureinwohner unserer Heimat nachzuspüren.

Im Zusammenhang damit ist das Problem der Einführung unserer Kulturpflanzen in bezug auf Zeit und Herkunft von besonderem Interesse. Aber auch die Frage nach der Entstehung und Bildung unserer kulturbedingten Pflanzengesellschaften der Wiesen, der Äcker, der Hecken und der Ruderalplätze liegt im Aufgabenbereich der Pollenanalyse.

Erhalten wir darum unsere Archive der Natur sorgfältig, und betrachten wir geduldig und ehrfürchtig die mannigfachen Spuren der Vergangenheit! Über den Weg und das letzte Ziel dieser Bemühung schreibt der große dänische Denker und Naturforscher C. Raunkiaer (1934) schön und treffend: «Natürlicherweise erfordern solche Studien, falls sie die bisherige Kenntnis vorwärts bringen sollen, bedeutende Arbeit und viel stille Geduld;

aber wir sind gewiß, daß diejenigen, die sich zu dieser Arbeit rufen fühlen und ihre Freizeit auf diese Studien verwenden, reichlich belohnt werden durch die Wunder der Beobachtungen und das innere Glück der Erkenntnis, die die Natur denen schenkt, die sich ehrfürchtig um sie bemühen.»

Graphische Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung stützt sich auf zahlreiche Pendeldiagramme aus den westlichen Berner Voralpen- und Alpengegenden. Die wiedergegebenen Diagramme sind eine Auswahl von Objekten, die aus meinem ältern unpublizierten Untersuchungsmaterial ausgewählt und nach modernen Grundsätzen nachuntersucht wurden.

Das Hauptziel der Untersuchung lag in der Erforschung der Wald- und Vegetationsverhältnisse in Abhängigkeit von Zeit und Meereshöhe. Diese Abhängigkeit von zwei Variablen bedingt natürlich eine große Zahl von Einzeluntersuchungen, die aus geologischen Gründen nicht jede Alpengegend in genügendem Maße erlaubt. Das Simmental ist mit seinen vielen Flyschböden besonders geeignet. Wir sind uns bewußt, daß große weitere Forschungsarbeit geleistet werden muß, um das Bild, das sich zeichnet, zuverlässiger und schärfer hervortreten zu lassen. Wir wissen aber auch, daß es sich um den ersten so ausgedehnten und auf ein engeres Gebiet beschränkten Versuch handelt, und müssen darum gewisse Unsicherheiten in Kauf nehmen.

Die Darstellung der Abhängigkeit der Vegetationsverhältnisse von Zeit und Höhe muß notwendig zu fruchtlosen Wiederholungen führen und eignet sich besonders schlecht zu einer Zusammenfassung in Worten. Wir ziehen deshalb vor, für die zeitliche Entwicklung jeder Gegend auf die im Text besprochenen Diagramme zu verweisen, für die Entwicklung nach der Höhe aber die Höhendigramme Abb. 19—23 zusammenfassend zu betrachten.

Abb. 19 gibt die weidenzeitlichen Verhältnisse wieder. Wir kennen an den gewaltigen schwarzen NBP-Flächen die Waldlosigkeit unserer Gegenden. Das mittlere Diagramm zeigt aber eine klimatische Begünstigung des Baumwuchses, die die NBP

doch so stark zurückdrängt wie jeweils in Abb. 20 und 23 an den Waldgrenzen. Da der Baumbestand aber nach allgemein anerkannter Auffassung lichter war, als wir es heute in geschlossenen Wäldern beobachten können, und da sich bei ca. 900 m Höhe ein typisches Knie in der NBP-Kurve zeigt, wie es sonst an der Waldgrenze zu beobachten ist, darf man von einem subarktisch lichten Birkenwald mit Baumgrenzenhöhen um 800—900 m sprechen; der Ausdruck Parktundra ist sicher für unsere Gegenden geeignet.

Nach unsern Untersuchungen (Welten 1950) und Erfahrungen an Abb. 20 ist der jäh aufsteigende BP-Ast oberhalb des NBP-Knies der Waldgrenze als Fernflug zu deuten. Wir können also jetzt auf Grund der Abb. 19, also auf Grund der Tatsache, daß die Kiefernpollen in größeren Höhenlagen im Spätglazial stets viel stärker vertreten sind als in Tieflagen, unsere auf S. 73 geäußerte Vermutung dahin präzisieren, daß wahrscheinlich unsere spätglazialen Kiefernpollen Fernflugpollen darstellen. Dagegen besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür, daß unser Tiefland bis gegen 600 m hinauf Einzelexemplare und vielleicht an begünstigten Stellen Gruppen von Kiefern aufwies. Methodisch ergibt sich daraus die Forderung, mindestens die Spätglazialdiagramme höherer Lagen durch Eliminierung des Kiefernpollens zu korrigieren, wie es Iversen 1936, für die Sekundärpollen getan hat. Wir haben das nur für Abb. 5 und 6 getan. Es ist aber klar, daß durch die Eliminierung von Pinus in jenen Diagrammen der NBP-Anteil gewaltig zunimmt, im Grenzgebiet der Bäume die klimatischen Schwankungen aber als Wechselspiel Birke-Weide contra NBP deutlicher zu Tage treten müssen. Diesen Verhältnissen kann später bei Vorliegen einer großen Anzahl von Untersuchungen aus 600—1200 m Höhe nachgegangen und Rechnung getragen werden.

Auf den wesentlichen Unterschied der Diagramme für die ältern und jüngern Abschnitte der ältern Dryaszeit sei noch hingewiesen. Die älteren Abschnitte erscheinen sozusagen baumfrei, die jüngern haben selbst gegen 700 m Höhe hinauf den Baumwuchs nicht völlig verloren. Doch erkennen wir, wie problematisch es heute ist und vielleicht immer sein wird, in der ältern Dryaszeit von Wald- oder auch nur von Baumgrenze sprechen zu

wollen. Die Vorstellung einer praktisch baumlosen Tundra den Beginn der ältern Tundrenzeit, einer gebüscharmen Tundra mit ganz vereinzelt und niedrigen Bäumen für die obere Schicht wird der Wirklichkeit in unseren Gegenden unter 700 m Höhe nahe kommen.

Die Abb. 20 gibt die Verhältnisse in der Birkenzeit (Abb. II a) wieder. Die Höhenkurve rechts stammt aus dem Hippophäe-Abschnitt in seiner jeweils besten Entwicklung an einer Örtlichkeit. Sie zeigt, wie sich reiche Birken-Sanddornbestände mit hohem NBP-Anteil bis ca. 1200 m hinauf erstreckten; sie müssen nun subarktisch licht gewesen sein. Hippophäe hatte sein Massenzentrum in 900—1100 m Höhe. Die Kiefer scheint immer noch fast ganz gefehlt zu haben; wir betrachten den steil aufsteigenden Ast unbedingt als Fernflugwirkung. Das Ansteigen von Sanddorn (Insektenblütler!) dagegen muß als stärkere, ja vielleicht so starke Verstrauchung durch Weiden in Baumgrenznähe und etwas darüber gedeutet werden (wie im mittlern und linken Höhendigramm).

Das mittlere Höhendigramm erfaßt das Optimum der Birkenentwicklung nach dem Hippophäe-Abschnitt und vor dem Klimarückschlag. Wir sehen, daß in Lagen bis um 1000 m Höhe reine Birkenwald zu dichtem Schluß gelangt ist (so dicht als bei der lichtbedürftigen Birke möglich ist; starke Pollenproduktion!), und daß die Waldgrenze um 1300 m, die Baumgrenze vielleicht bei 1500 m lag. Hippophäe spielt in den Wäldern um bis 1200 m noch eine untergeordnete Rolle, ist aber dem aufsteigenden Wald nicht etwa vorangeschritten, was entweder der Entwicklung des Großklimas oder aber dem Lokalklima höherer Breiten zuzuschreiben sein wird.

Die birkenzeitliche Klimadepression ist im linken Höhendigramm zum Ausdruck gebracht. Wir vermuten, daß die Waldgrenze hier vielleicht nicht wesentlich unter 1200 m sank, die Baumgrenze aber wohl kaum über 1300 m lag. Bezeichnend ist, daß gerade in diesem Moment die Kiefer sich allerorten ausbreiten beginnt. Wir müssen also wohl an eine gewisse Kontinuität der Entwicklung des Klimas denken.

Überraschend ist die Entwicklung, wie sie nun Abb. 21 zeigt. Mit dem rechten Höhendigramm haben wir das erste Kiefern-

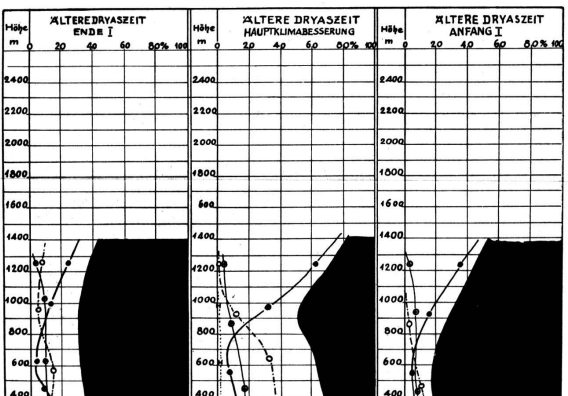
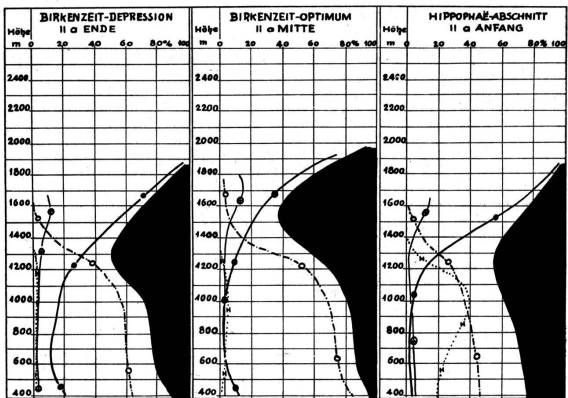
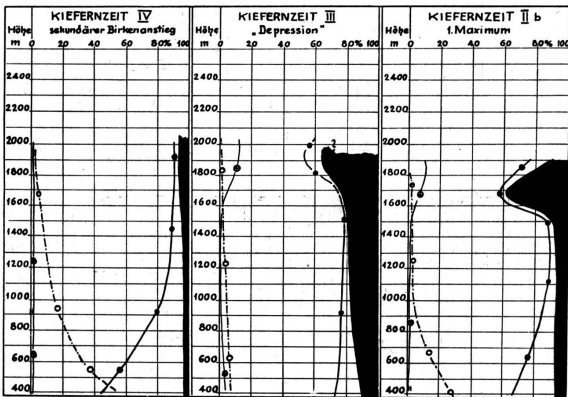
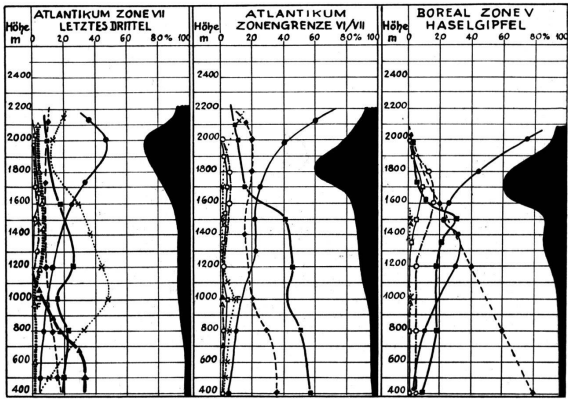
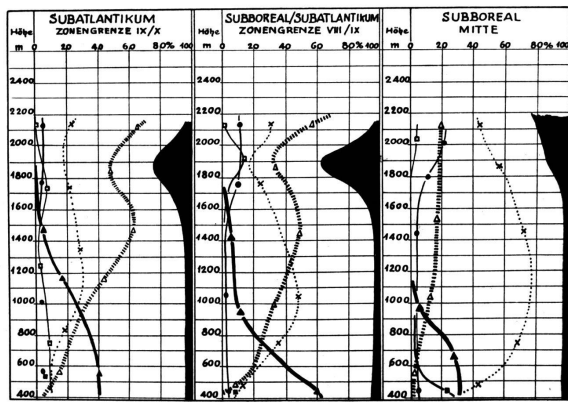


Abb. 19–23. Die Abhängigkeit der Pollenprozentage von der Höhe während der ganzen Spätglazial- und Postglazialzeit. Text S. 122–128.

optimum Alleröd II b erfaßt. Dazu, wie auch zum mittleren Höhendia-
gramm muß bemerkt werden, daß vorläufig die guten Dia-
gramme aus 1700—2000 m Höhe noch in zu geringer Zahl vor-
liegen, um zuverlässige Kurven einzuzeichnen. Dessenungeachtet
sind die angedeuteten Kurvenverläufe wahrscheinlich richtig, da
in den tiefern Beispielen nirgends NBP-Maxima auftreten, wie sie
für die Waldgrenze kennzeichnend sind. Die Kiefer hat die Birke
in ihrer Bedeutung stark herabgedrückt. Sie selbst bildet bis ge-
gen 1600 oder 1700 m hinauf dichte (NBP-arme) Föhrenwälder
(dabei ist allerdings an ihre starke Pollenproduktion zu denken!)
Für die Richtigkeit dieser Waldgrenzlage spricht der Anstieg der
Salix-Kurven um 1700 m.

Der Abschnitt der mittlern Kieferngrenze III (mittl. Höhen-
diagramm) mit seiner vieldiskutierten Klimadepression scheint Be-
waldung bis auf dieselbe Höhe hinauf anzuzeigen, hingegen eine
starke NBP-Zunahme. Diese wiegt um so mehr, als die Kiefer als
guter Pollenproduzent bekannt ist; der Kiefernwald muß bis ins
Tiefland um 500 m intensiv geschädigt worden sein. Auffällig ist
das vollständige Zurücktreten der Birke im ganzen Lande. Ob es
sich bei diesen NBP-Zunahmen nur um klimatische Einflüsse oder
um Nebenerscheinungen intensiven Toteisabschmelzens oder um
«natürliche» Überalterungserscheinungen des Föhrenwaldes oder
um Insektenschäden gehandelt hat, können wir heute nicht sagen.
Dagegen scheint es mir nach dem Höhendia-gramm
und Abb. 24 ausgeschlossen, daß die jüngere
Dryaszeit etwa einen vernichtenden Einfluß auf
unsere Bergwälder gehabt hat; sie schädigte
sie bloß empfindlich.

Das zweite Optimum der Föhrenwälder (IV) zeigt im linken
Höhendia-gramm der Abb. 21 wieder eine intensive Birkenzunahme
(sekundärer Birkenanstieg) in den untern Lagen, in merklichen
Werten etwa bis 1700 m Höhe. Das NBP-Prozent ist abermals auf
minimale Werte abgesunken und zwar bis in Höhen von 2000 m.
Da ich keine Diagramme aus dieser Zeit aus größeren Höhen be-
sitze, ist die Lage der Waldgrenze nicht festzustellen; sie liegt
jedenfalls über 2000 m, mindestens auf ca. 2200 m Höhe.

Als Rätsel muß man vorläufig die Waldgrenzendepression be-
zeichnen, die sich im Übergang vom Abschnitt IV zum Haselgipfel

vollzieht (Abb. 22); rechtes Höhendigramm). Schon der Umstand, daß die Hasel die Föhre, in größerer Höhe offenbar sogar die Bergföhre fast völlig verdrängt, ist merkwürdig genug. Erst oberhalb 1000 m spielt die Föhre noch eine gewisse Rolle, um 1300 bis gegen 1700 m offenbar die Rolle eines spärlich auftretenden Gebirgsbaumes der Waldgrenze. Es ist nicht anders zu denken, als daß unter dem dichten Schattendach der Hasel die Föhrenverjüngung fast ausblieb. (Ein imponantes Beispiel des Konkurrenzkampfes von Pflanzen!). Ob sich das Rätsel der Waldgrenzenerniedrigung vielleicht auch dadurch löst? Es wäre ja denkbar, daß schlecht fruktifizierende Haselsträucher in die Höhen der kiefernzeitlichen Waldgrenze aufgestiegen wären, dort die besseren Keimplätze besiedelt und verschattet und so die Föhre dezimiert hätten, dabei aber selbst wenig Pollen produzierten und damit dem lokalen NBP gehölzfeindlicher Standorte volle Entwicklung im Pollendiagramm ermöglichten. Wieso nimmt aber das NBP-Prozent schon in Höhen über 1200 m stark zu? Wir kommen um die Annahme einer wesentlichen Änderung des Klimacharakters kaum herum. Es ist auch auffällig, daß diese Zeit in größern Höhen (1800—2100 m) meist nur ganz dünne Schichtdicken von stark tonigem oder ausschließlich tonigem Charakter bildete. Wenn wir die mächtig einwandernden wärme liebenden Holzarten mitberücksichtigen, so dürfen wir vielleicht an ein warmtrockenes Klima denken oder doch an ein Ozeanischerwerden der Niederschläge. Es hängt wohl mit der Jungwuchshemmung durch die Haselwälder zusammen, daß die Ulme in Höhen um 1500 m früher als im Vorland dominant wird, dort nämlich, wo die Hasel nicht mehr geschlossen auftritt. In ähnlicher Weise dürfte ungefähr diese Höhenlage für andere Baumarten und viele Kräuter ein bevorzugter Ausbreitungsgürtel gewesen sein. Die Waldgrenze scheint also damals um 1600 m, die Baumgrenze um 1800 m gelegen zu haben. Birken, Haseln, Erlen und Bergföhren (mit Arven) mögen damals die Waldgrenze gebildet haben; unterhalb eines schmalen Ulmen-Linden-Gürtels dehnten sich geschlossene Haselwälder mit einzelnen Ulmen, Eichen, Linden, Ahornen und Eschen.

Die mittlere Darstellung der Abb. 22 zeigt ein Höhersteigen der Waldgrenze im mittlern Atlantikum an (auf ca. 1700 bis

1800 m); die Baumgrenze mag aber bei 2100 m gelegen haben (Föhren und Haseln. In Höhen um 800 bis 1100 m scheint die Tanne (*Abies*) zuerst eingewandert und eine erste geringe Ausbreitung erreicht zu haben (z. T. auch die Esche).

Im letzten Drittel von Zone VII des Atlantikums wandert in den tiefern Lagen die Buche ein (obere Grenze 700—1000 m), während in Höhen zwischen ca. 800 und 1700 m die Tanne den EMW verdrängt. In Höhen über 1100 m wandert jetzt die Fichte (*Picea*) ein, ohne vorläufig eine nennenswerte Rolle zu spielen. Dagegen scheint sich oberhalb 1700 m bis gegen 2000 m ein Arven-Bergföhren-Gürtel ausgebildet zu haben. Damit scheint zum erstenmal im Postglazial eine ausgesprochene Zonengliederung nach der Höhe gebildet worden zu sein.

Diese Zonengliederung wurde aber (Abb. 23) im frühen Subboreal durch eine Massenentwicklung der Tanne wieder vorübergehend verwischt. Abgesehen von den tiefsten Tieflagen unter 500 m dominierte die Tanne wohl bis gegen oder wenig über 2200 m hinauf. Eine überwältigende und eigentlich recht unverständliche Erscheinung, wenn man an die klimatischen Unterschiede der Meereshöhen von 500 m und 2200 m denkt! In der Mitte des Subboreals begann aber die Fichte ihre Position zu stärken und zwar in besonderem Maße in den oberen Lagen.

Mit der Klimaverschlechterung des Subatlantikums (mittleres Höhendiaagramm Abb. 23) rückt die Waldgrenze wieder in die Höhenlage herunter, aus der unsere obersten Untersuchungen stammen; sie liegt bei 1800—1900 m. Die Fichte erreicht an der oberen Waldgrenze die Alleinherrschaft; der Arven-Bergföhrengürtel des Endatlantikums ist fast spurlos verschwunden. Dagegen hat sich an der Waldgrenze die Erle (wohl die Grünerle) mächtig entwickelt (Erlenpollenwerte von 10—20% sprechen nach meinen Beobachtungen an rezentem Material für typische Grünerlenzone: Welten 1950). In den tiefern Lagen unter 1000 m breitet sich die Buche wieder mehr aus und dominiert wohl bis 800 m. Typische Anzeichen eines feuchtern und wohl kühler werdenden Klimas.

Das letzte Höhendiaagramm (Abb. 23, links) ungefähr ums Jahr 1000 n. Chr.) läßt die Herausbildung der heutigen Höhenzonengliederung erkennen: Die Fichte macht in den höhern La-

gen große Fortschritte und drängt die Tanne zurück. Die Buche rückt nach oben vor und hilft ebenfalls, die Tanne zurückzudrängen; da sie weniger Pollen produziert als Fichte und Tanne, dürfen wir wohl sagen, daß sie bis 1100 oder 1200 m hinauf dominiert. Dort hat auch die Tanne noch ihre stärkste Vertretung. Die Waldgrenze ist in dieser Zeit ungefähr stabil geblieben und scheint sich auch seither nicht mehr wesentlich verändert zu haben, wenn wir von Eingriffen der intensivierten Alpwirtschaft absehen.

Kurz nach der Zeit dieses letzten Höhendigramms setzten die großen Rodungen des Mittelalters ein, das Urbarisieren des Landes. Infolge des Mangels an einer großen Zahl noch wachsender Ablagerungen kann das Höhendigramm der Jetztzeit nicht gezeichnet werden; es wird aber einmal möglich werden. Wenn wir die Profile durchgehen, die Anhaltspunkte dafür liefern, so läßt sich das Bild errahnen: Mächtige schwarze NBP-Flächen sprechen eindrucklich von den ausgedehnten Kultursteppen des heutigen Menschen. Sie werden in den untern Lagen einerseits und nahe der zerstückten Waldgrenze anderseits ihren Schwerpunkt haben. Neuartige und fremdartige Pollen, Kulturpollen, finden sich unter den Baum- und Krautpollen.

Der Mensch ist der Natur in den Arm gefallen, ist selbst zur umbildenden Macht geworden. Wir forschen hungrig nach den Kräften, die ihr Gesicht so oft und gründlich wandelten.

Eine letzte zusammenfassende

Gesamtdarstellung der postglazialen Waldgeschichte des Simmentals

wurde schließlich in Abb. 24 versucht. Die Höhe über Meer wurde als Ordinate, die Zeit als Abszisse aufgetragen. Die Zeit ist, den verschiedenen Chronologiesystemen entsprechend, in fünf verschiedenen Maßstäben aufgetragen: über der Figur stehen die Blytt-Sernanderschen Klimaperioden und die urgeschichtlichen Epochen, unter der Figur stehen meine S. 95 besprochenen (700-jährigen) C-Phasen; darunter sind die Pollenzonen nach Firbas (1949) angegeben und zu unterst die angenäherte absolute Chro-

nologie nach meinen Untersuchungen in Faulensee (mit einer leichten Angleichung an die nordische Chronologie, vergl. Seite 76/81).

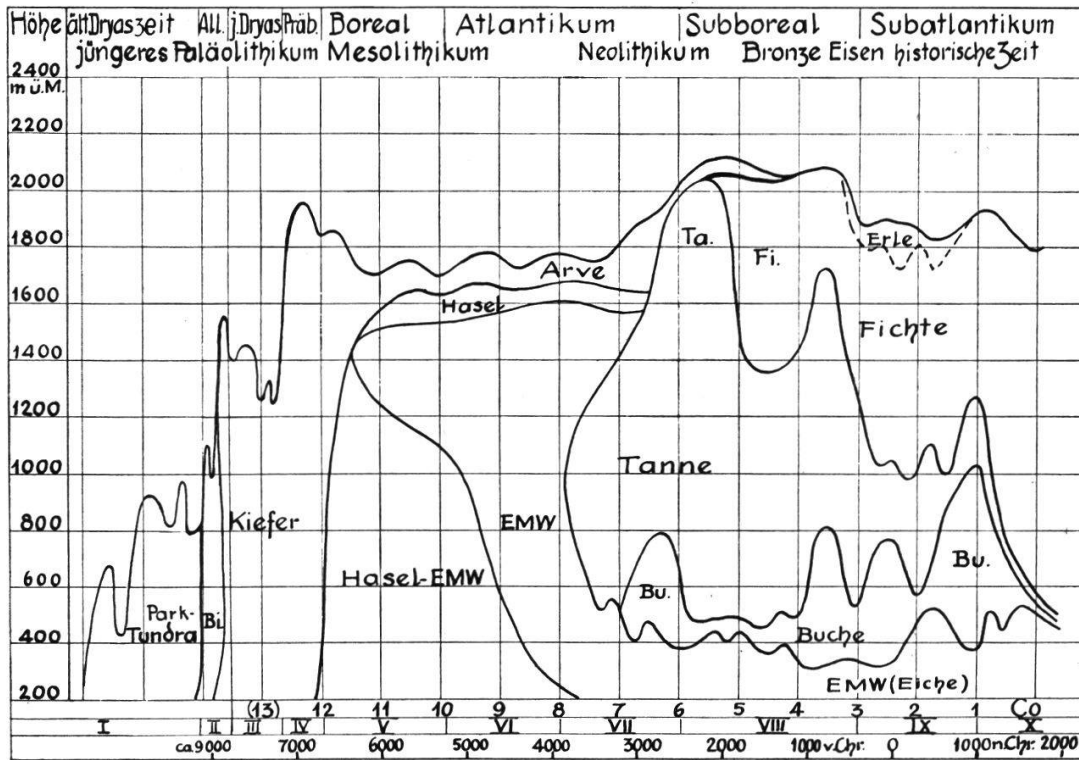


Abb. 24. Die dominierenden Holzarten im Simmental und im bernischen Mittelland in allen Höhenstufen durch die ganze Spätglazial- und Postglazialzeit. Text S. 128 (und Bem. über die Chronologie S. 76/81).

Im Höhen-Zeit-Diagramm wurden auf Grund unserer Pollendiagramme jeweils die Gebiete ausgeschieden, in denen eine bestimmte Baumart stärker vertreten war als irgend eine andere. Dabei wurden nicht etwa nur absolute Dominanzen mit 50 und mehr Prozent berücksichtigt; jede Höhenlage bekam für jeden Zeitpunkt diejenige Baumart zugeschrieben, die jeweils die höchsten Prozentwerte aufwies. Die Darstellung zeigt also die Gebiete und Zeiten, in denen eine Holzart stärker vertreten war als irgend eine andere. Man beachte, daß es sich um die relative Dominanz des niedergeschlagenen Pollens handelt und nur näherungsweise um das wirkliche Waldbild. (Ein absolutes wirkliches Waldbild gibt es zwar überhaupt nicht; schon die übliche Waldstatistik gibt Stammzahlen- und Holzmassenverhältnisse nebeneinander an.)

Aus dieser Art der Darstellung erkennt man die Gebiete der relativen Dominanzen einer Baumart, nicht aber, wann und wo und wie stark sie sonst aufgetreten ist, auch nicht, ob sie im Dominanzgebiet allein geschlossene Wälder gebildet hat, oder ob ihr andere Holzarten wesentlich beigemischt waren. Man darf die Darstellung auch nicht verwenden in der Frage des ersten Auftretens einer Baumart. Sobald noch mehr und detailliertere Diagramme zur Verfügung ständen, könnten Isopollen-Kurvendarstellungen für jede Holzart in dasselbe Koordinatennetz eingetragen werden und dann auf obige Fragen erst erschöpfend Aufschluß geben. Wir verzichten vorläufig auf diesen Versuch, da mit der Verfeinerung der Darstellung die lokalen und individuellen Verhältnisse jedes Profils stärker in Erscheinung treten.

Als obere Holzartengrenzen wurden jene Nichtbaumpollen-maxima verwendet die in den eben besprochenen Höhendigrammen die üppigste Entwicklung der alpinen Krautgesellschaften darstellen. Die obere Grenzlinie dürfte also etwa die Lage der Kampfzone des Alpenwaldes wiedergeben. Mehrfach wurden Einzeldiagramme zur Ergänzung der Linie beigezogen. Diese darf nur als Ausdruck vorliegender Untersuchungen verstanden werden und bedarf weiterer und spezialisierter Arbeit, insbesondere über die Lage und Höhe der Maxima und Minima.

Die Darstellung spricht eigentlich für sich. Einige Punkte seien herausgehoben:

a. Der Spätglazial-Präboreal-Abschnitt mag als schematische Darstellung des Problems über die Lage des Alleröds in unsern Voralpengebieten betrachtet werden. Wir legen Alleröd nach unserer ausgiebigen Diskussion S. 59/77 an den Übergang Birkenzeit-Kiefernzeit.

b. Die Bildung des Birkenwaldes als einer Verdichtung der arktischen Einzelgehölze der Tundra scheint naheliegend. Die Birkenphase Alleröd IIa ist klimatisch wesentlich ungünstiger als die Phase IIb.

c. Die imposante Ausdehnung des Kiefernwaldes nach der Höhe zu erfordert weitere Untersuchungen über die Möglichkeit der Zonengliederung mit Waldföhre als Waldbildner der tiefen

Lagen und Bergföhre-Arve gegen oben, evtl. auch einer Unterteilung in senkrechter Richtung, d. h. zeitlich.

d. Die Lage des Eintreffens von Hasel und EMW ist leicht asynchron angenommen. Die Suche nach Kriterien zur Klärung dieser Frage ist wünschenswert.

e. In der EMW-Zeit fällt auf, daß offenbar hohe Haselprozente und lange Haseldominanzen den tiefsten Lagen zukommen, während die subalpinen Lagen die Hasel nur als Unterholz von Ulmenbeständen mit Linde und etwas Ahorn und Eiche kennen. Andererseits scheint die Hasel im Boreal und Atlantikum als Strauch des alpinen Kampfgürtels eine gewisse Rolle gespielt zu haben. Das verstärkt den Eindruck, daß sie auch in tiefern Lagen als Kennzeichen der besondern klimatischen Verhältnisse des Boreals zu werten ist, während weder die Einwanderungsfolge, noch autökologische Verhältnisse wesentlich mitspielten.

f. Die sorgfältige Verfolgung der Zusammensetzung des EMW mit Höhe und Zeit sei einer spätern Untersuchung vorbehalten.

g. Der Einbruch des subalpinen Gebirgsbaumes der Tanne (*Abies*) in mittlern Höhenlagen um 1000 m Höhe ist eindrucklich. Daraus erklärt sich die gelegentliche Tannendominanz vor der ersten Buchenzeit.

h. Die verspätete, aber dann so intensive Ausbreitung der Tanne nach der Höhe zu im Subboreal spricht für eine wesentliche Klimabesserung. Bemerkenswert ist ihr Eindringen in das frühere Arvengebiet und die Vermischung mit der Arve.

i. Pflanzengeographisch interessant ist die Überleitung des EMW in die heutigen Eichengürtel tieferer Lagen. Diese Verhältnisse lassen eine getrennte Darstellung der EMW-Komponenten als dringend wünschbar erscheinen.

k. Sehr instruktiv ist das Verhalten der Buchen. Ihre Vorstöße nach der Höhe und gleichzeitig nach der Tiefe sind für die klimatische Auswertung besonders wertvoll.

l. Die Konfiguration des Buchengebietes läßt die mannigfach abweichenden Untersuchungsergebnisse aus wenig verschiedenen Höhenlagen verständlich erscheinen.

m. Die Begründung der Fichtenherrschaft in unsern Gegenden erfolgte zur Zeit des Waldgrenzenmaximums im Subboreal. Eine gewisse Kontinentalisierung ist für diese Zeit wahrscheinlich und

ist mit Schuld an der Waldgrenzenerhöhung, was die Auswertung der Waldgrenzenlinie für die Ermittlung des Wärmeklimas erschwert.

n. Die erste und zweite Buchenzeit von Faulensee und die entsprechenden zwei Tannenvorstösse der höhern Lagen scheinen zusammen mit der dazwischenliegenden Fichtenfestsetzung in Hochlagen Ausdruck einer kontinuierlichen klimatischen Maximumkurve zu sein (mit symmetrisch an- und absteigendem Ast).

o. Mit C3 stellt sich die subatlantische Klimaverschlechterung eindrucklich ein. Die Fichte bricht um 400—600 m tiefer in die Täler und damit in die obere Hügelregion herab. Die Baumgrenze scheint sich nur um 2—300 m gesenkt zu haben. Ausgedehnte Grünerlenbestände bilden jetzt das Charakteristikum des Kampfgürtels. Von da ab ist mit der Möglichkeit intensiver Beeinflussung der Baumgrenze und der Waldzusammensetzung durch die Bewirtschaftung zu rechnen.

p. Trotzdem scheint eine deutliche Klimabesserung ums Jahr 1000 n. Chr. die Buche im Simmental erstmalig auf 1000 m Höhe gebracht zu haben, während gleichzeitig die Tanne nach oben wieder etwas Gebiet zurückgewann.

q. Es ist wahrscheinlich, daß die erste Abstiegsbewegung der Buchen- und der Tannenkurve nach C1 klimatisch mitbedingt ist. Die Endentwicklung der Kurven nach der Gegenwart zu, besonders die starke Fichtenausbreitung nach der Tiefe zu dürfte durch die wirtschaftlichen Maßnahmen des Menschen beeinflußt worden sein.

Wir hoffen, daß diese interessanten Verhältnisse durch verbreiterte Pollenkenntnis und intensivere Untersuchung nicht nur hier, sondern auch anderwärts in den Alpen mehr und mehr aufgeklärt werden können.

Zitierte Literatur

- Aario, L.: Waldgrenzen und subrezente Pollenspektren in Petsamo Lappland. Helsinki 1940.
- Ein nacheiszeitlicher Gletschervorstoß in Oberfernau in den Stubaialpen. *Acta Geogr. (Soc. Geogr. Fenniae)* 9, 1944.
- Arnold, J. R. and Libby, W. F.: Radiocarbon Dates. *Science* 113, 1951, S. 111—120.
- Beck, P.: Studien über das Quartärklima im Lichte astronomischer Berechnungen. *Eclogae geol. Helveticae* 30, 1937, und 31, 1938.
- Brockmann-Jerosch, H.: Die Vegetation der Schweiz. *Beitr. z. Geobot. Landesaufnahme* 12, dritte Lieferung, 1928.
- Conway, V. M.: Von Post's Work on Climatic Rhythms. *New Phytologist* 47, 1948.
- Donner, J.: Pollen-analytical Studies of Late-Glacial Deposits in Finland. *Comptes Rendus Soc. géol. Finlande* 24, 1951.
- Erdtman, G.: An Introduction to Pollenanalysis. Waltham, Mass., 1943.
- Faegri, K.: Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegen I. Bergens Museum Arbok 1935.
- Faegri, K. und Ottestad, P.: Statistical Problems in Pollen Analysis. Universitet i Bergen Arbok 1948.
- Firbas, F.: Über das Verhalten von *Artemisia* in einigen Pollendiagrammen. *Biolog. Zentralbl.* 67, 1948.
- Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Jena 1949.
- Firbas, F. und Losert, H.: Untersuchung über die Entstehung der heutigen Waldstufen in den Sudeten. *Planta* 36, 1949.
- Firbas, F.: Die quartäre Vegetationsentwicklung zwischen den Alpen und der Nord- und Ostsee. *Erdkunde*, Bd. V, 1951.
- Florin Sten: Havstrandens förskjutningar och bebyggelseutvecklingen i östra Mellansverige under senkvartär tid. (mit deutscher Zusammenfassung). *Geol. Fören Stockholm Förhandl.* 66, 1944.
- Fries M.: Pollenanalytiska Vittnesbörd om senkvartär Vegetationsutveckling, särskilt Skogshistoria, i nordvästra Götaland. *Acta Phyt. Suec.* 29, 1951.
- Gams, H.: Von den Follatères zur Dent de Morcles. *Beitr. Geobot. Landesaufnahme* 15, 1927.
- Die Fortschritte der alpinen Moorforschung von 1932 bis 1946. *Österr. Bot. Zeitschr.* 94, 1947.
- Genge, E.: Zur Geomorphologie des Simmentals. *Geogr. Helvetica* 3, 1948.
- Eiszeitliche Ablagerungen im Diemtigtal. *Mitt. Naturf. Ges. Bern* 6, 1949.
- Granlund, E.: De Svenska Högmossarnas Geologi. Stockholm 1932.
- Groß, H.: Nachweis der Allerödschwankung im süd- und ostbaltischen Gebiet. *Beih. Bot. Centralbl.* 57, 1937.
- Härri, H.: Stratigraphie und Waldgeschichte des Wauwilermooses. *Veröff. Geobot. Institut Rübel* 17, 1940.
- Hoffmann-Grobéty, A.: La tourbière de Bocken, Canton de Glaris. *Ber. Geobot. Inst. Rübel* 1945, 1946.
- Iversen, J.: Sekundäres Pollen als Fehlerquelle. *Danmarks Geol. Unders.* 2, 1936.
- Landoccupation in Danmarks Stone Age. *Danmarks Geol. Unders.* II, 66, 1941.

- En pollenanalytisk Tidfaestelse af Ferskvandslagene ved Norre Lyngby. Medd. Dansk. Geol. Foren. 10, 1942.
- *Viscum, Hedera and Ilex as Climatic Indicators.* Geol. Fören. Förh. Stockholm 66, 1944.
- *Plantevaekst, Dyreliv, og Klima i det senglaziale Danmark.* Geol. Fören. Stockholm Förh. 69, 1947.
- *The Influence of Prehistoric Man on Vegetation.* Danmarks Geol. Unders. IV, 3, 1949.
- Iversen, J. und Faegri, K.: *Textbook of Modern Pollen Analysis.* Copenhagen 1950.
- Jessen, K.: *Studies in Late Quaternary Deposits and Flora-History of Ireland.* Proc. Roy. Irish Acad. 52, Dublin 1949.
- Kasthofer, K.: *Bemerkungen über die Wälder und Alpen des Bernischen Hochgebirges.* Aarau 1818.
- Keller, P.: *Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizermooren und ihre florensgeschichtliche Deutung.* Veröff. Geobot. Inst. Rübel 5, 1928.
- *Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des Wallis.* Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich 80, 1935.
- Lüdi, W.: *Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession.* Beitr. Geobot. Landesaufnahme 9, 1921.
- *Die Waldgeschichte der Grimsel.* Beih. Bot. Centralbl. 49, 1932.
- *Das Große Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung.* Veröff. Geobot. Inst. Rübel 11, 1935.
- *Die Signaturen für Sedimente und Torfe.* Ber. Geobot. Inst. Rübel 1938, 1939.
- *Bergföhrenwälder und Moore in den Voralpen zwischen der Waldemme und der Sarneraa.* Verh. Naturf. Ges. Basel 56, 1945.
- Maurer, J.: *Verzeichnis der Flora des Klusgebietes in der Stockhornkette.* In: Gempeler D.: *Heimatkunde des Simmentales.* Bern 1904.
- Müller, I.: *Der pollenanalytische Nachweis der menschlichen Besiedlung im Federsee- und Bodenseegebiet.* Planta 35, 1947.
- Nilsson, T.: *Die pollenanalytische Zonengliederung der spät- und postglazialen Bildungen Schonens.* Geol. Fören. Stockholm Förh. 57, 1935.
- Nußbaum, F.: *Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebiets.* Jahresber. Geogr. Ges. Bern 20, 1905/06.
- Overbeck, F.: *Ein spätglaziales Profil von Huxfeld bei Bremen.* Planta 37, 1949.
- Raunkiaer, C.: *Exkursionsflora (Danmark).* Kopenhagen 1934.
- Rytz, W.: *Neue Wege in der prähistorischen Forschung mit besonderer Berücksichtigung der Pollenanalyse.* Mitt. Antiquar. Ges. Zürich 30, 1930.
- *Pollenanalyse eines Torfmoores in der Schoßhalde bei Bern.* Mitt. Naturf. Ges. Bern 1937.
- *Botanische Probleme aus dem Pfahlbau Burgäschisee Ost.* Jahrb. f. solothurn. Gesch. 20, 1947.
- *Die Pflanzenwelt. Botanische Wege und Ziele in der Urgeschichtsforschung der Schweiz.* In: Tschumi, O.: *Urgeschichte der Schweiz I.* Frauenfeld 1949.
- Sarnthein, R.: *Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroleralpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung.* I: Beih. Bot. Centralbl. 55, 1936. II: Beih. Bot. Centralbl. 60, 1940. III: Österr. Bot. Zeitschr. 95, 1948.
- Sauramo, M.: *Das dritte Scharnier in der fennoskandischen Landhebung.* Soc. Scient. Fennica 27 B, 1949.
- Schmid, E.: *Vegetationsstudien in den Urner Reußtälern.* Ansbach 1923.

- Schröter, C.: Das Pflanzenleben der Alpen, Zürich 1926.
- Staub, W.: Rückzugsstadien des würmeiszeitlichen Rhonegletschers im Gebiet zwischen Neuenburgersee und Genfersee. Mitt. Naturf. Ges. Bern 5, 1948.
- Die drei Hauptstadien des Rhonegletschers im schweizerischen Mittelland zur letzten Eiszeit. Ber. Geobot. Inst. Rübel 1949, 1950.
- Steinberg, K.: Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Untereichsfeldes. Hercynia 3, 1944.
- Tschumi, O.: Die Ur- und Frühgeschichte des Simmentals. In: Simmentaler Heimatbuch, Bern 1938.
- Welten, M.: Die Pflanzenwelt (des Simmentals). In: Simmentaler Heimatbuch, Bern 1938.
- Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. Veröff. Geobot. Inst. Rübel 21, 1944.
- Pollenprofil Burgäschisee, ein Standarddiagramm aus dem solothurnisch-bernischen Mittelland. Ber. Geobot. Inst. Rübel 1946, 1947.
- Beobachtungen über den rezenten Pollenniederschlag in alpiner Vegetation. Ber. Geobot. Inst. Rübel 1949, 1950 a.
- Die Alpweiderodung im Pollendiagramm. Ber. Geobot. Inst. Rübel 1949, 1950 b.