Pollenanalytische Untersuchungen alpiner Bodenprofile : historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften

Autor(en): **Welten, Max**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich**

Band (Jahr): **33 (1958)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-308035

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Pollenanalytische Untersuchung alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften

MAX WELTEN

I. Bisherige Ansichten und Erfahrungen über die Möglichkeit von Pollenanalysen in Böden

Auf der ganzen Welt sind zahllose Diagramme über die Veränderung der Pollenflora mit der Zeit aufgenommen worden, die aus Torfen, Seekreiden, Seelehmen stammen. Kiesig-sandig-lehmige Flußanschwemmungen hat man mit einigem Erfolg in die Untersuchung einbezogen.

Oberflächliche Torfschichten ohne Zuwachs und vorübergehend trokkenliegende Uferpartien wiesen dagegen meist so schlechte Pollenerhaltung auf, daß die Untersuchung im Vergleich mit derjenigen von Wassersedimenten mühsamer und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse herabgesetzt erschienen. Man gewann so die Überzeugung, daß nur Wassersedimente untersuchungswürdig seien.

Solche Erfahrungen dürfen uns nicht hindern, den Versuch zu unternehmen, die mikropäläontologische Methode der Pollenanalyse auf Feucht- und sogar Trockenböden, nicht allein auf Moor- und Unterwasserböden anzuwenden.

Vorerst lag es nahe, Trockentorf, besser gesagt R o h h u m u s pollenanalytisch zu untersuchen, da er wie echter Torf durch stetige Auflage von Pflanzenmaterial entsteht.

WERTH u. BAAS (1936) erkannten, daß Rohhumus mehr ein Bild der Entwicklung des Ortsbestandes wiedergebe als Moorprofile, glaubten aber, daß alle Rohhumusbildungen einem ältern, für deren Bildung günstigeren Klimaabschnitt entstammten. FIRBAS u. BROIHAN (1936) wiesen im Bergland des Hils nach, daß die oberste Rohhumusschicht noch unter den letzten aufgeforsteten ein bis zwei Buchengenerationen gewachsen war, daß Rohhumus also auch in jüngster Zeit gebildet wird. TRAUTMANN (1952) hat zahlreiche Rohhumusprofile auf ihre Entstehung und Zuverlässigkeit untersucht: eine gewisse Infiltrationsauslese mag im Rohhumus vorkommen, spielt nach seinen Ergebnissen jedoch in schluffreichen und humosen Böden kaum eine Rolle.

MOTHES, ARNOLD u. REDMANN (1937, cit. in SELLE 1940) führten einen Infiltrationsversuch in einer Sandsäule durch und fanden, daß Eichenpollen tiefer eingeschwemmt wurde als der größere Kiefernpollen. Die Übertragbarkeit dieses Ergebnisses auf natürliche Böden ist aber fraglich. In einem stark podsolierten, fast eben gelegenen Waldbodenprofil bei Bern, das rund 20% Kies, 55—85% Grobsand und 10—25% Feinsand und nur 5—25% an feinern Komponenten enthält, konnten wir einen Weißtannengipfel bei 50—60 cm Tiefe, einen Buchengipfel bei 20 cm Tiefe und einen Kieferngipfel bei 5 cm Tiefe nachweisen, was gegen die Möglichkeit der Erklärung der Entstehung dieser Verhältnisse durch Infiltrationsauslese spricht, aber auch gegen wesentliche Infiltration überhaupt. Für geringe oder gar nur zufällige Durchlässigkeit von Bodenscheiben für aufgeschwemmte *Lycopodium*-Sporen sprach schon 1898 ein Versuch BRUCHMANNS;

6 und 8 cm dicke Erdscheiben hatten keine einzige Spore durchgelassen, dünnere kleine Mengen.

Weniger naheliegend war es, Pollen in Mineralböden zu suchen, weil ein Aufwachsen des Bodens mit der Zeit meist als unwahrscheinlich betrachtet wird. Am ehesten sind es noch die geschichteten Böden, die den Gedanken an sukzessiven Auftrag aufkommen ließen. Daher hat man verhältnismäßig früh das Problem der Entstehungsweise und Entstehungszeit der Ortstein- und Bleichsandschichten auf pollenanalytischem Weg zu lösen versucht.

Beijerinck (1934), danach auch Benrath u. Jonas (1936) hielten auf Grund des Polleninhalts den Ortstein für eine arktische Bildung, den Bleichsand für eine jüngere Sedimentationsschicht. Vor allem die letztgenannten hatten gute Pollendiagramme aus Bleichsand-Ortsteinböden erhalten. Mit der Entwicklung der bodenkundlichen Erkenntnisse setzte sich jedoch die Auffassung durch, daß die Ortstein- und Bleichsandschichten Produkte eines einheitlichen Podsolierungsvorganges seien und nicht verschiedenen Zeiten entstammten. Die Entstehung der nahezu normalen Diagramme blieb aber ungeklärt.

Selle (1940) glaubte nachweisen zu können, daß die Infiltrationsauslese «sehr wahrscheinlich dafür verantwortlich sei, daß die Bleichsanddiagramme in großen Zügen mit den Moordiagrammen übereinstimmen». Diese Bestätigung der Übereinstimmung ist wertvoll. Seine Einwände gegen ein sukzessives Aufwachsen der untersuchten Böden halten wir nicht für beweisend. Daß z. B. die erdigen Böden in der EMW-Zeit zwei- bis viermal soviel Lindenpollen aufweisen als die Moore, spricht nicht gegen Bodenauftrag. Angaben Zanders (1937) aus der Letzlingerheide bei Magdeburg und Ergebnisse Kochs (1929) aus dem Münsterland sprechen für die Möglichkeit stellenweise dominierender Lindenprozente; der moornahe Wald kann ja gut mehr *Quercus robur* und *Ulmus* aufgewiesen haben als die trockeneren Standorte; Florschuetz (1941) weist auf die Möglichkeit einer Zwischendünenvegetation von Linden hin, wie sie Sukatschew aus Samara beschreibe. — Das spärliche Auftreten von Kiefernpollen in der Tiefe kann auf starkem Bodenauftrag in der Kiefernzeit oder auf Pollenzerstörung infolge ungünstiger Einbettungsverhältnisse beruhen und ist nicht als Hinweis auf Unmöglichkeit der Infiltration großen Pollens aus der jüngsten Kiefernaufforstungsphase zu deuten. — Und: Entgegen der Behauptung der tiefen Infiltration kleinen Pollens findet man in Selles Diagrammen solche mit recht gleichmäßiger Verteilung der Birke oder solche, wo die Erle oberhalb der Birke zur Dominanz gelangt, obwohl beide ähnlich verschleppt werden dürften. — Ferner: Daß die Sandprofile gegenüber den Moorprofilen allein hohe Ericaceenprozente aufweisen, kann sicher nicht zugunsten der Infiltrationshypothese ausgewertet werden. — Florschuetz (1941) hat mit guten Gründen gegen die Betrachtungsweise Selles Stellung genommen; er betrachtet die Profile als durch Bodenauftrag (Wind und Wasser) entstanden.

In jüngerer Zeit sind mehrfach auch ungeschichtete Böden pollenanalytisch untersucht und als Auftragsböden gedeutet worden, wobei festgestellt wurde, daß der Infiltrationsbetrag wahrscheinlich nur in der relativ lockern Oberschicht meßbare, jedoch geringe Beträge erreicht (Welten 1944, 1947, 1953, Profile aus Höhlensedimenten und Aufschüttungsböden vor den Höhlen. Welten 1956, Profile aus relativ trockenen Böden Spaniens. Welten 1958, im Druck, Profil aus dem pannonischen Becken am Neusiedlersee). In England hat Dimbleby (1957; auch einige frühere Arbeiten) zahlreiche Waldböden untersucht. Er vertritt die Auffassung, daß der gesamte Pollenniederschlag, ob es sich um großen oder kleinen Pollen handelt, mit der Zeit langsam und stetig tiefer in den Boden hinein verschwemmt werde. Wir werden im

letzten Abschnitt auf diese Auffassung zurückkommen. Wir legen be sondern Wert auf seine Feststellung, daß sich säkulare Vegetationsänderungen am Pollenbild des Bodens ablesen lassen.

Wir können unsere einleitenden Bemerkungen nicht abschließen ohne einen Hinweis auf die Pollenerhaltung in terrestrischen Böden. Pollenkorrosion ist in Mineralböden in geringem oder hohem Grade fast stets vorhanden. Das verlangt vom Untersucher besondere Übung und nie erlahmende kritische Einstellung. Er soll alles registrieren, was vorkommt, jedoch nur unter bestimmten Namen, wo kein Zweifel möglich ist. Ob die Analyse genügend zuverlässig ist, muß in besonderem Maße dem Takt und der Einsicht des Forschers überlassen werden.

So halten wir dafür, daß einer allgemeinen Pollenanalyse des Bodens prizipiell nichts im Wege steht, um so weniger, je mehr man in Zustand und Dynamik des Bodens Einblick gewinnt, daß aber die Pollenerhaltung den beschränkenden Faktor der Auswertung ihrer Ergebnisse darstellt.

II. Ausgeführte Untersuchungen und Ergebnisse

Es lag nahe, die ersten ausführlichen Versuche der Pollenanalyse von Böden in einem Gebiet vorzunehmen, wo gleichzeitig Wassersedimente vorhanden und die Böden durch Kulturen wenig gestört sind, wo auch eine relativ hohe Niederschlagsmenge und eine niedrige Temperatur von vornherein bessere Erhaltung des Pollens versprach. Die Bedingungen schienen mir im Gebiet des Alpengartens Schynige Platte bei Interlaken auf einer Meereshöhe von 1900—2000 m erfüllt. Die Niederschläge betragen nach Lüdi (1948) 1460 mm/Jahr. Diese Stelle bot sich auch deshalb an, weil der Alpengarten durch die eingehende soziologische Bearbeitung Lüdis (1948) und durch dessen ausgedehnte alpwirtschaftlich-ökologische Versuche gute Voraussetzungen und besonderes Interesse bot.

Vegetationsverhältnisse: Die untersuchten Bodenprofile liegen alle an und hart über der heutigen Waldgrenze, die eine Fichtengrenze ist. Einzelne kleinere Fichten, die selten fruktifizieren, reichen ins Gebiet herauf. Die ursprüngliche Klimaxgesellschaft dieser Höhenlage ist nach Lüdi das «Rhodoreto-Vaccinietum mit etwas Oberwuchs von *Picea abies* oder vielleicht auch von *Pinus cembra*». Die sehr unreifen Geländeformen haben aber sicher nur strichweise Klimaxgesellschaft getragen. Die Alpweidenutzung im ganzen Gebiet hat manche Züge der ehemaligen Vegetationsverteilung nivelliert, andere durch Hemmung der natürlichen Sukzessionsvorgänge betont. So finden wir heute neben nacktem Fels und Geröllhalden steile Sonnhalden mit dem Seslerieto-Semperviretum, steile Schattenhalden mit dem Caricetum ferrugineae, flachere Weiderasen (frisches Crepideto-Festucetum rubrae oder saures Sieversii-Nardetum), flache Hochstauden und besonders Lägerfluren, *Alnus viridis*-Gesträuch in Steilrunsen und an Schattenhängen, Dryadetum octopetalae auf Kalkfels, Empetreto-Vaccinietum auf isolierten Erhebungen mit mächtigen Rohhumuslagern.

Lage der Profile: Profil IV ist einem nassen *Carex fusca-Eriophorum scheuchzeri*-Bestand auf Oberbergalp, ca. 1 km nordöstlich der Station Schynige Platte entnommen. Profil III stammt aus der kleinen Alpweidemulde südöstlich der Station. Die sechs übrigen Profile sind am flach südöstlich geneigten Hang 200—300 m östlich der Station entnommen. Ihre Lage, Vegetation und Bodenverhältnisse sind der Abb. 1 zu entnehmen. Die Profillinie liegt in einer Fallinie hart westlich der Versuchsweide LÜDIS, nach oben und unten beträchtlich darüber hinausreichend.

Zeiten der Probeentnahme: Am 29. Juli 1953 wurden die Profile I—IV entnommen, am 7. September 1954 die Profile V—VIII.

Art der Probeentnahme: Einzig Profil IV auf Oberbergalp wurde mit dem Hiller-Bohrer entnommen. Alle andern Profile wurden durch Grabung eröffnet, wodurch die Probeentnahme einwandfreier erfolgen und das Bodenprofil besser eingesehen werden konnte. Die meisten Böden hätten übrigens wegen ihrer Zähigkeit und ihres Skelettgehalts eine Handbohrung nicht erlaubt.

Bodenprofilskizzen sind allen Einzeldarstellungen der Profilergebnisse in Abb. 2—5 am linken Rand dem Tiefenmaßstab vorangestellt. Die Zeichenerklärung findet sich am rechten Rand der Abb. 2. Die Zeichen stimmen im wesentlichen überein mit denjenigen, die BRAUN-BLANQUET, PALLMANN u. BACH (1954) auf S. 169 und in ihren Profilskizzen von Böden aus dem schweizerischen Nationalpark verwenden. Die Zeichengebung ist in der Bodenkunde leider völlig anders als in der Torf- und Wassersedimentkunde der Pollenanalytiker.

Die pH-Werte wurden bei Profil III u. IV kolorimetrisch, bei allen übrigen Profilen elektrometrisch mit der Glaselektrode mit Aufschwemmung in der fünffachen Menge destillierten Wassers und fast durchwegs am frischen Material bestimmt.

An den Profilen V, VI und VIII wurden weitere, besonders physikalische Bodenuntersuchungen durchgeführt. Die Kalkbestimmung erfolgte mit dem kleinen Passonapparat nach besonderer Eichung. Die Humusbestimmung wurde nach einem angenäherten Verfahren durch nasse Verbrennung mit Wasserstoffsuperoxyd durchgeführt.

Die Korngrößenbestimmung erfolgte folgendermaßen: Vorbehandlung nach dem Vorschlag PFEFFERS (1952) mit Natriumpyrophosphat 0,01 Mol/Liter; eintägiges Stehenlassen unter gelegentlichem Rühren; 10 Minuten mit dem Schallfixdispergierapparat behandelt. Dann Gewinnung von Kies und Grobsand mit dem 2-mm- und 0,2-mm-Sieb unter mehrfacher Naßsiebung und Anwendung eines Borstenpinsels. Gewinnung der Feinsandkomponente durch zweimaliges Dekantieren nach der Stokes'schen Fallzeit (WIEGNER u. PALLMANN, 1938) im Sedimentationszylinder. Trennung von Schluff und Ton durch das Pipettverfahren. Bei der Berechnung ist in üblicher Weise, auch für Kies, Kalk und Humus auf trockene Feinerde (kleiner 2 mm) bezogen worden.

Aufbereitung für Pollenanalyse (das jeweilige zweimalige Auswaschen mit dest. Wasser ist weggelassen): Salzsäure 10% heiß, Kalilauge 10% heiß, Dekantieren, Flußsäure ca. 35% 15 Minuten heiß (neuerdings auch 2 Tage kalt), Salzsäure 10% heiß, eventuell wiederholt, Erdtman: Eisessig, dann Essigsäureanhydrid-Schwefelsäure 9:1, Kalilauge 10% kalt, Glycerin konz., Färben mit Fuchsin basisch, Dauerpräparate.

Die Pollenanalysen wurden je nach Pollengehalt der Präparate nach Möglichkeit über 200—400 Körner ausgedehnt. Die Zahl der ausgezählten Pollenkörner ist in der zweitletzten Kolonne jedes Diagramms vermerkt.

Die Diagrammdarstellung weicht kaum von der in meinen frühern Arbeiten ab. Alle Pollen, auch die unbekannten, die fast ausnahmslos Kräuter sind, nicht aber die Sporen, wurden zur 100%-Summe vereinigt. Im Gesamtpollendiagramm sind die in dieser Höhe strauchartigen Hasel, Birke und Grünerle *(Alnus viridis)* in der Mitte durch Flächentönung zur Trennung der Bäume (links) von den Kräutern und Zwergsträuchern (rechts) verwendet worden. Die Fernflugkulturpollen von *Juglans* (Walnußbaum) und Cerealia (Getreide, typisch kräftige Körner von über 40 μ Durchmesser) wurden als besonders wichtige Zeitmarken an den linken Rand des Gesamtpollendiagramms gestellt. Kräuter und Farne wurden rechts auf drei Kolonnen verteilt: die 1. Kolonne führt vorwiegend Pflanzen offener und trockener Standorte; die zweite Kolonne führt Hochstauden- und Rasenarten, die dritte Kolonne Zeiger von Lichtung, Kulturbeeinflussung und Vermagerung (bei der Zuteilung mußte gelegentlich auf die Raumverhält-

nisse der Darstellung Rücksicht genommen werden). — Die letzte Kolonne weist einige mutmaßliche Zeitmarken auf.

Die Mehrzahl der Ergebnisse ist in den acht Diagrammen mit ihren ergänzenden graphischen Angaben niedergelegt. Der Raum verbietet eine Einzelbeschreibung in Worten. Das vergleichende Studium ist allerdings für denjenigen nicht leicht, der die einzelnen Lokalitäten nicht kennt, weil es sich nicht um die bekannten klassischen Entwicklungen, sondern um lokale Vegetationsänderungen handelt, in denen sich die Änderungen der tiefern Lagen immerhin durch Fernflugpollen markiert haben. Für den Vergleich mit der Entwicklung in einem ähnlichen Talgebiet des Berner Oberlandes kann WELTEN (1952) dienen.

Zeitliche Gliederung der Diagramme

Da wir uns an oder wenig über der Waldgrenze befinden, darf mit einer Berasung oder gar Bewaldung der flachern Gebietsteile und der Hänge, die weitaus den größten Teil des Areals einnehmen, erst nach Beendigung der letzten glazialen Erscheinungen der Alpen gerechnet werden. Das um so mehr in einem Gebirgsteil, der zur Karstbildung neigt und Quellen und Staumulden kaum aufweist. Wir haben nach noch nicht publizierten Untersuchungen im Wallis Grund anzunehmen, daß die letzten wirkungsvollen Rückzugsstadien der Eiszeitgletscher weit in die Eichenmischwaldzeit des Vorlandes hineinreichen, vielleicht bis gegen 5000 oder gar 4000 v. Chr. (nach C 14-Altersbestimmungen in Bern). Erst von dieser Zeit an dürfen wir an und über der Waldgrenze Festigung der Böden und damit den Beginn der ausgedehnten Bodenbildung annehmen.

Unsere Diagramme bestätigen dieses: fünf von acht Bodenprofilen reichen nicht vor die Zeit der *Picea*-Einwanderung zurück, die bei uns zwischen 3500 und 3000 v. Chr. erfolgt. Nur Profil VI scheint ganz wenig vor die *Abies*-Einwanderung (knapp vor 4000 v. Chr.) zurückzureichen. Dabei ist es allerdings so, daß einige Muldenböden tiefer reichen, als wir sie durch Grabung oder Bohrung eröffnen konnten (Profil IV und III); bei allen andern sind wir beim Graben jeweils so tief vorgedrungen, bis wir zwischen Blöcken oder in der zerklüfteten Felsoberfläche unmöglich weiter vordringen konnten, also stets bis in Tiefen, die zufolge einer kaum mehr zusammenhängenden Feinerdeschicht nicht als Wuchsort zusammenhängender und einheitlicher Gesellschaften dienen konnten, sondern bloß Fels- und Geröllpioniervegetation zu tragen vermochten. In diesem Sinne betrachten wir die Diagramme als lokal vollständig, obwohl es sicher ist, daß weitere Bemühungen noch ein Stück ältere Pioniervegetationsgeschichte aufzeigen könnten. Es ist bezeichnend, daß alle am weitesten zurückreichenden Profile VI, V, VIII am untern Ende von Steilhangpartien liegen, wo

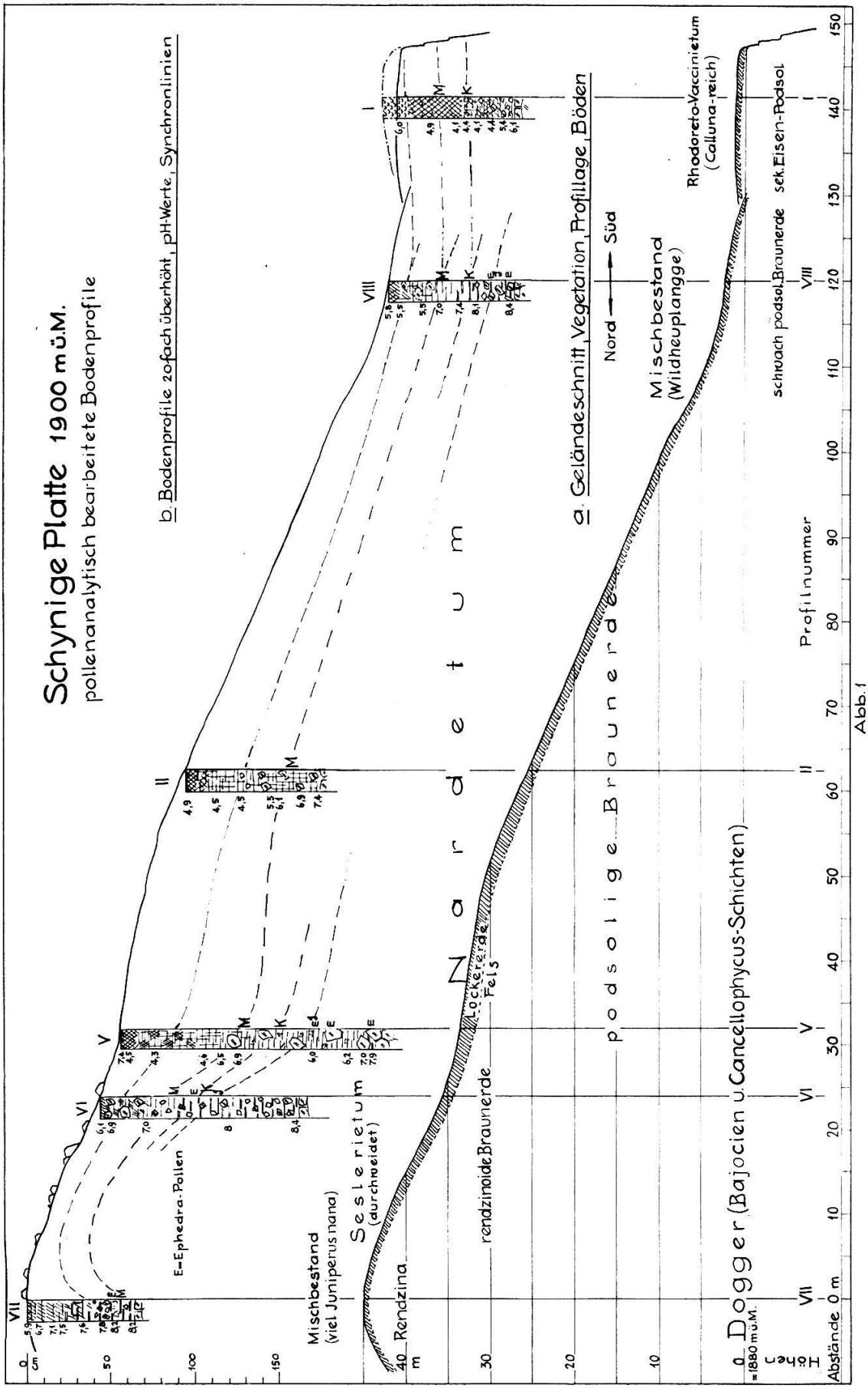
Schynige Platte 1900 m ü.M.
pollenanalytisch bearbeitete Bodenprofile
b. Bodenprofile 20fach überhöht, pH-Werte, Synchronlinien
a. Geländeschnitt, Vegetation, Profillage, Böden
Nord — Süd
Mischbestand (Wildheuplangge)
Rhodoreto-Vaccinietum (Calluna-reich)
schwach podsol. Braunerde
sek. Eisen-Podsol
Nardetum
podsolige Braunerde
Lockererde
Fels
Seslerietum (durchweidet)
rendzinoide Braunerde
Mischbestand (viel Juniperus nana)
E-Ephedra-Pollen
Rendzina
Dogger (Bajocien u. Cancellophycus-Schichten)
Höhen
=1880 m ü.M.
Abstände 0 m
Profilnummer
VII
VI
V
II
VIII
I
0 cm
50
100
150
40 m
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150

Abb. 1

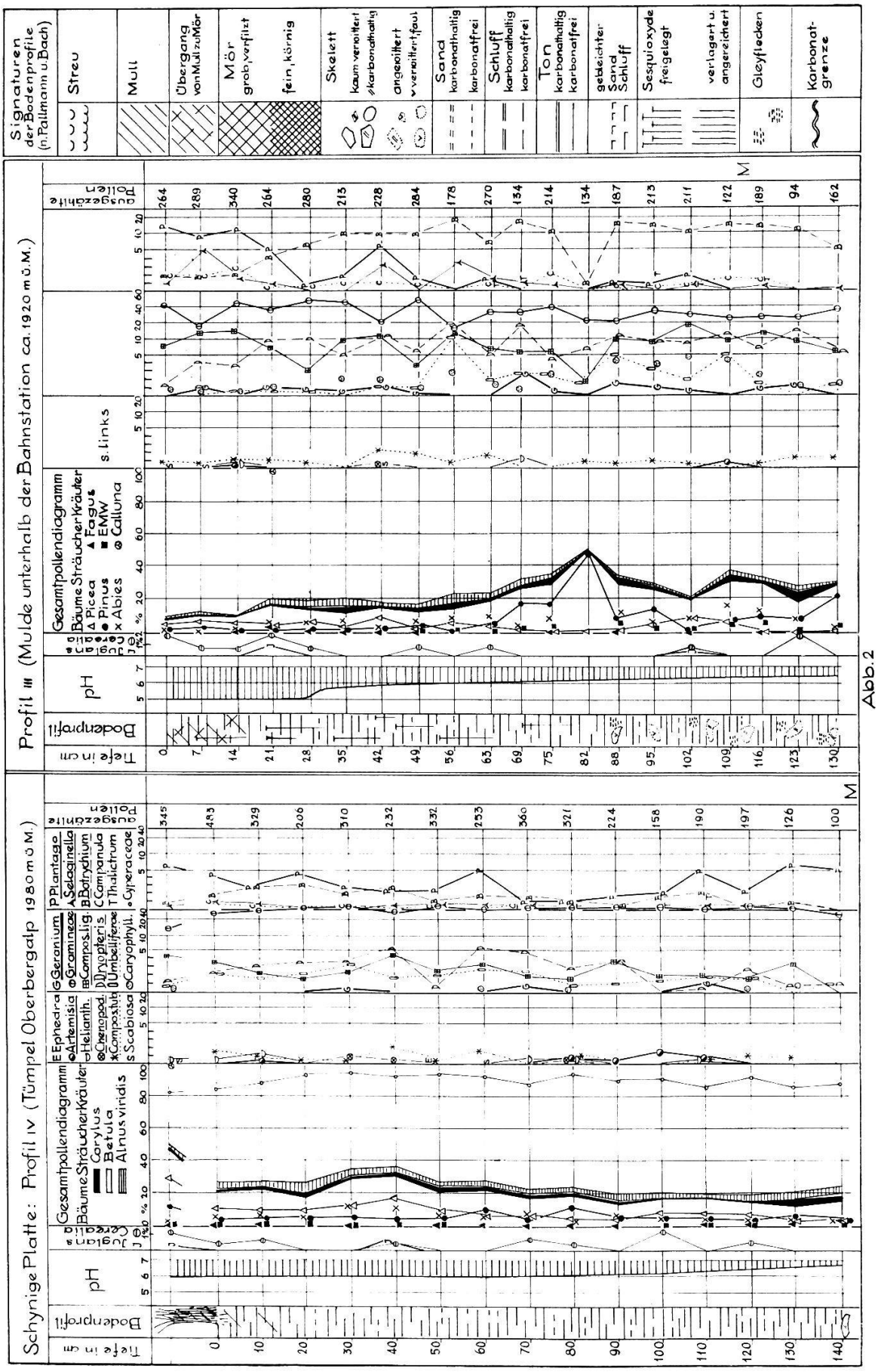
Signaturen der Bodenprofile (n. Fallmann u. Bach)
Streu
Mull
Übergang von Mull zu Mör
Mör grob, verfilzt
fein, körnig
Skelett
kaum verwittert
karbonathaltig
angewittert
verwittert, faul
Sand karbonathaltig
karbonatfrei
Schluff karbonathaltig
karbonatfrei
Ton karbonathaltig
karbonatfrei
geblichter Sand Schluff
Sesquioxyde freigelegt
verlagert u. angereichert
Gleyflecken
Karbonatgrenze
Profil III (Mulde unterhalb der Bahnstation ca. 1920 m ü. M.)
Tiefe in cm
Bodenprofil
pH
Gesamtpollendiagramm
Bäume Sträucher Kräuter
Picea
Pinus
Abies
Fagus
EMW
Calluna
s. links
Ausgezählte Pollen
Schynige Platte: Profil IV (Tümpel Oberbergalp 1980 m ü. M.)
Corylus
Betula
Alnus viridis
Ephedra
Artemisia
Helianth.
Chenopod.
Compositae
Scabiosa
Geranium
Gramineae
Compos. lig.
Cryptogram.
Umbelliferae
Caryophyll.
Plantago
Selaginella
Botrychium
Campanula
Thalictrum
Cyperaceae

Abb. 2

die Hangneigung kleiner zu werden beginnt, und wo eine gewisse Stauung der hangabwärts bewegten Feinerde, also Akkumulation, eintreten kann.

Diese unterste und älteste Zone wird auf der Schynigen Platte interessanterweise gekennzeichnet durch ein seltenes, aber charakteristisches Mikrofossil, durch *Ephedra*-Pollen.

Diesem ersten außer durch *Ephedra* und ihre Begleiter durch *Pinus* und wenig *Abies* (kaum durch *Picea*-Spuren) gekennzeichneten Abschnitt folgt ein meist recht ausgedehnter Mittelabschnitt mit reichlicher *Picea*- und *Alnus viridis*-Vertretung.

Ihm folgt bis zur Oberfläche ein dritter Abschnitt, der durch Gehölzrückgang und Degradationserscheinungen, wie starke *Plantago*- und Ericaceenzunahme charakterisiert und durch Kulturpollen (*Cerealia* und *Juglans*) aus den Tieflagen markiert ist. Natürlich sind diese Erscheinungen lokal nicht immer alle gleichzeitig stark ausgeprägt, da die Probeentnahmestellen wohl zu verschiedenen Zeiten unter Kulturmaßnahmen zu leiden begannen, auch lokalklimatisch verschieden sind und in bezug auf Aufhöhung und Pollenerhaltung untereinander abweichen.

Bezeichnen wir die drei unterschiedenen Abschnitte als Ephedra-, Alnus- und Kulturpollenabschnitt. Ihre absolute zeitliche Stellung erhellt aus allgemeinen Vergleichen und aus drei an Profil I im C 14-Labor in Bern durchgeführten Altersbestimmungen. Lockerer Rohhumus aus 2—4 cm Tiefe ergab 1650 n. Chr. (darüber war vor wenigen Jahren etwas Rohhumus abgetragen worden). Das untere Ende des kompakten Rohhumus ergab bei ca. 19 cm Tiefe 1340 n. Chr. Nahe dem untern Ende der schwarzen Schicht von Alpenmor in 36 cm Tiefe ergab sich 560 v. Chr. Das bedeutet, daß die Humusbildung auf dem Fluhabsatz zur Zeit der subatlantischen Klimaverschlechterung einsetzte (um 600—700 v. Chr.). Weiter folgt aus den Bestimmungen, daß der Übergang Alnus-/Kulturpollenabschnitt ungefähr auf das Jahr 1000 n. Chr. zu legen ist; wir wollen ihn als Zonenmarke in den Diagrammen mit M bezeichnen. Die Grenze zwischen Ephedra- und Alnusabschnitt sei mit J bezeichnet; sie dürfte zeitlich kurz vor das Jahr 3500 v. Chr. fallen. Der Beginn des Subatlantikums (700 v. Chr.), K, ist oft nur annähernd angebbar. Also:

Beginn der untersuchten Bodenbildung	ca.	6000—4000 v. Chr.
J = Ende des Ephedra-Abschnittes	ca.	3500 v. Chr.
K = Beginn des Subatlantikums	ca.	700 v. Chr.
M = Ende des Alnus-Abschnittes und Beginn des Kulturpollenabschnittes	ca.	1000 n. Chr.

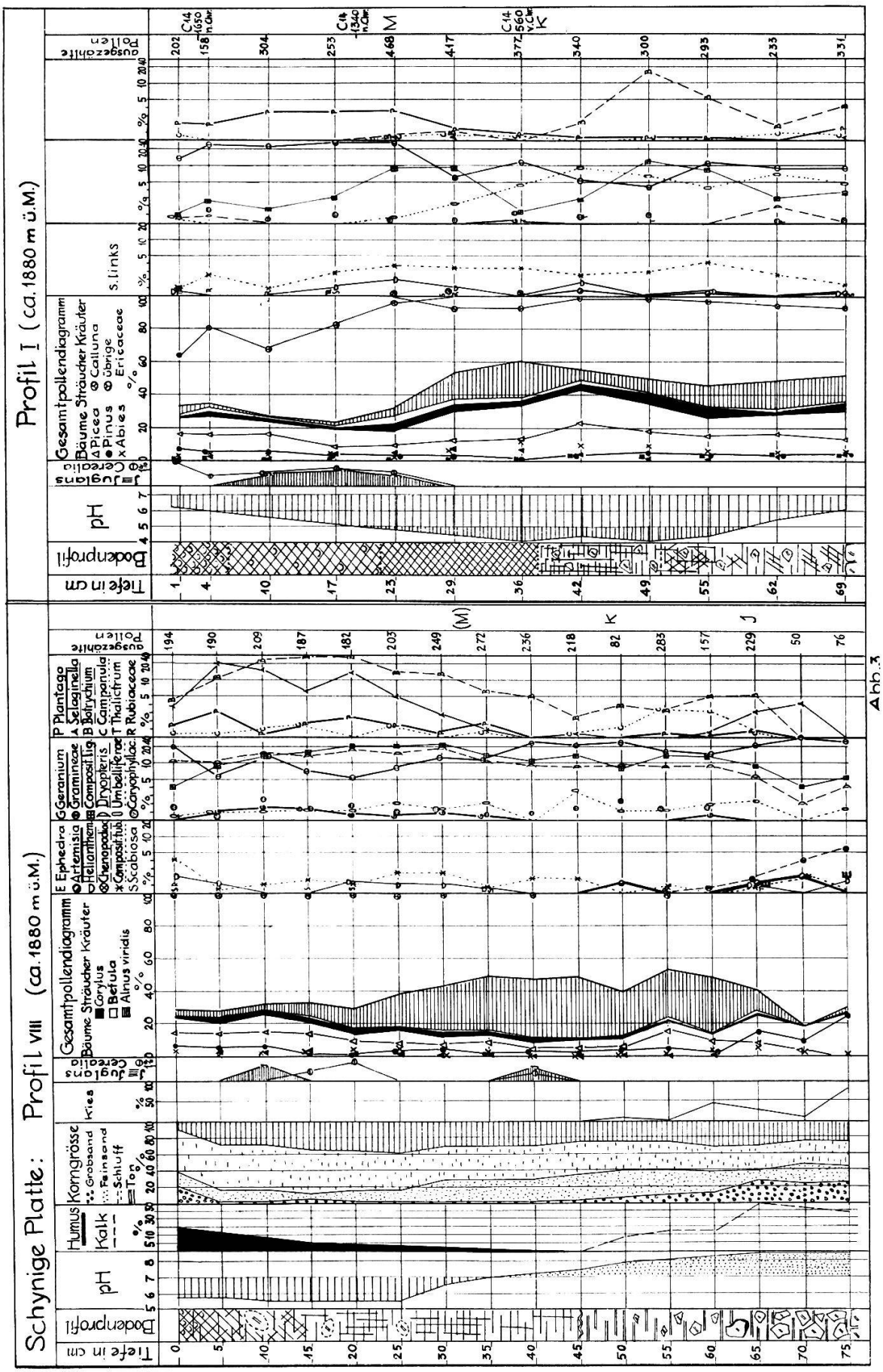
Schynige Platte: Profil VIII (ca. 1880 m ü.M.)
Profil I (ca. 1880 m ü.M.)
Tiefe in cm
Bodenprofil
pH
Humus
Kalk
Korngrösse
Grobsand
Feinsand
Schluff
Ton
Kies
Juglans
Cerealia
Gesamtpollendiagramm
Bäume Sträucher Kräuter
Corylus
Betula
Alnus viridis
Picea
Pinus
Abies
Calluna
übrige
Ericaceae
S. links
Ausgezählte Pollen
Ephedra
Artemisia
Helianthem.
Chenopodiac.
Compositae hub.
Scabiosa
Geranium
Gramineae
Compositae lig.
Dryopteris
Umbelliferae
Caryophyllac.
Plantago
Scleranthus
Botrychium
Campanula
Thalictrum
Rubiaceae
(M)
K
J

Abb. 3

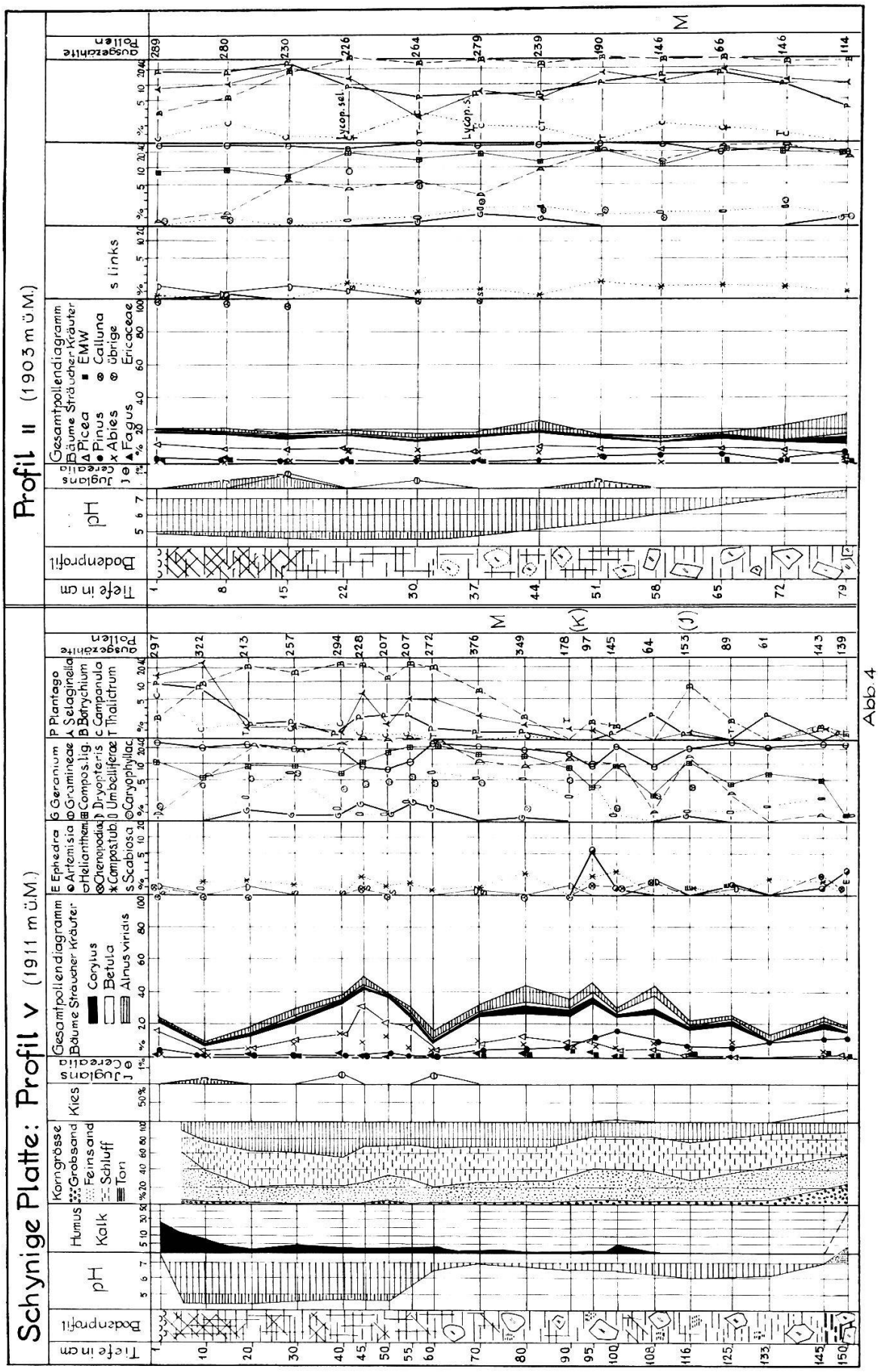
Schynige Platte: Profil V (1911 m ü.M.)
Profil II (1903 m ü.M.)
Tiefe in cm
Bodenprofil
pH
Humus
Kalk
Korngrösse
Grobsand
Feinsand
Schluff
Ton
Kies
Juglans
Cerealia
Gesamtpollendiagramm
Bäume Sträucher Kräuter
Corylus
Betula
Alnus viridis
E Ephedra
Artemisia
Helianthem.
Chenopodiac.
Campastub.
Scabiosa
G Geranium
Gramineae
Compos.lig.
Dryopteris
Umbelliferae
Caryophyllac.
P Plantago
Selaginella
Botrychium
Campanula
Thalictrum
Pusgezählte Pollen
Gesamtpollendiagramm
Bäume Sträucher Kräuter
EMW
Picea
Pinus
Abies
Fagus
Calluna
übrige
Ericaceae
s links
Lycop. sel.
Lycop. s.
M
(K)
(J)

Abb. 4

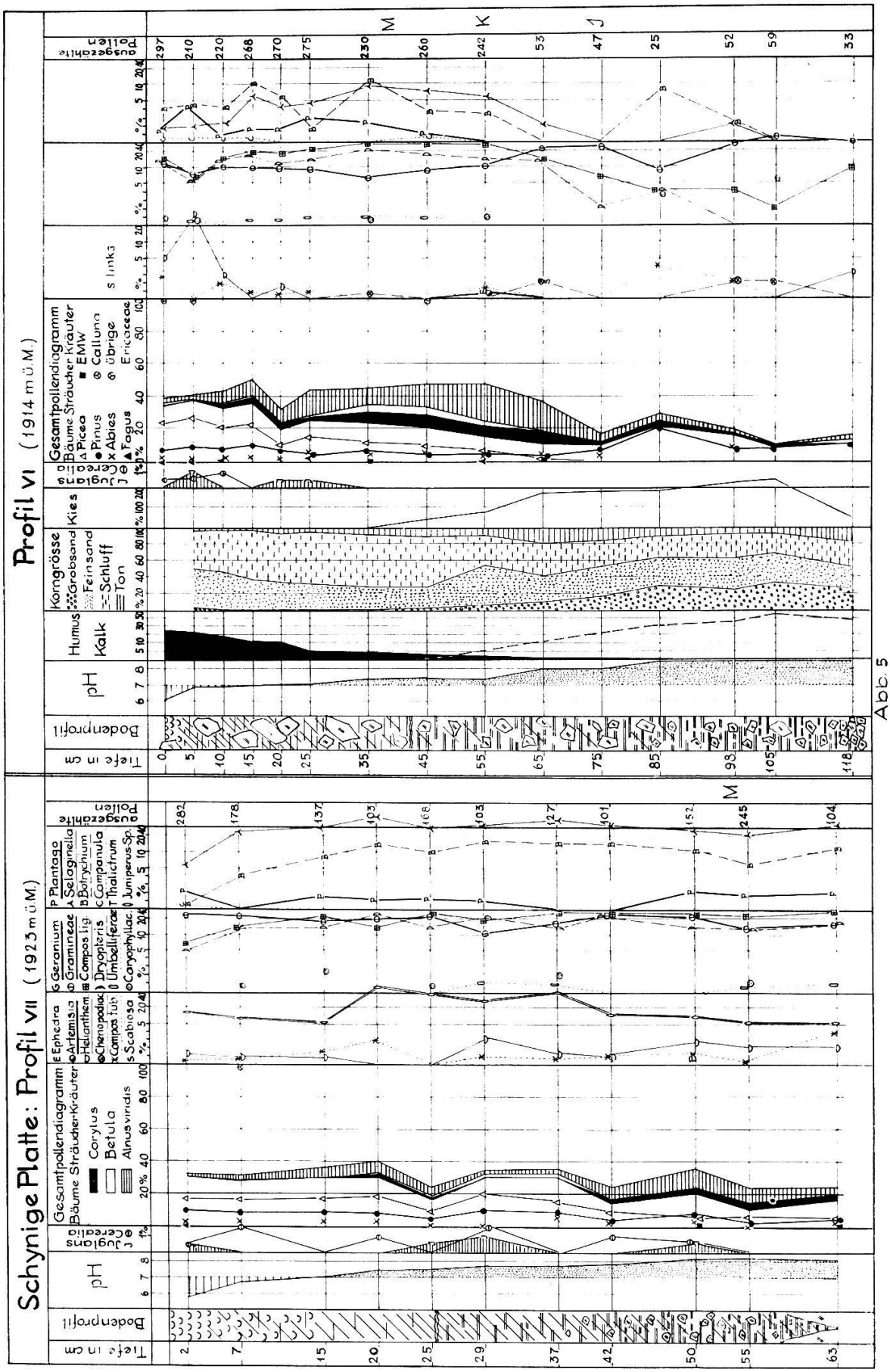
Schynige Platte: Profil VII (1923 m ü M.)
Profil VI (1914 m ü M.)
Tiefe in cm
Bodenprofil
pH
Humus
Kalk
Korngrösse
Grobsand
Feinsand
Schluff
Ton
Kies
Juglans
Cerealia
Gesamtpollendiagramm
Bäume Sträucher Kräuter
Corylus
Betula
Alnus viridis
Picea
Pinus
Abies
Fagus
EMW
Calluna
übrige
Ericaceae
links
Ausgezählte Pollen
Ephedra
Artemisia
Helianthem
Chenopodiac.
Compos. tub.
Scabiosa
Geranium
Gramineae
Compos. lig.
Dryopteris
Umbelliferae
Caryophyllac.
Plantago
Selaginella
Botrychium
Campanula
Thalictrum
Juniperus-Sp.
M
K
J

Abb. 5

Der Ephedra-Abschnitt

Wie schon in einer vorläufigen Mitteilung erwähnt (WELTEN 1955), fanden sich eine ganze Anzahl von *Ephedra*-Pollenkörnern in den hier beschriebenen Bodenprofilen: in Profil VIII 5 Stück, in Profil V 4 Stück und je 1 Stück in Profil VII und IV. Und zwar handelt es sich um Körner aller drei spätglazial und präboreal im Vorland der Alpen nachgewiesenen Arten: *Ephedra distachya, E. strobilacea* u. *E. fragilis ssp. campylopoda* (WELTEN 1957). Die erste ist vielleicht identisch mit ihrer *ssp. helvetica* C. A. Meyer, die heute ihren nördlichsten Vorposten im Mittelwallis besitzt. Die Gattung ist auch im Simmental auf 1800 m so reichlich und so spät in einer wohlentwickelten Unterwasserablagerung nachgewiesen worden (noch nicht publ.), daß am Indigenat auf dieser Höhe in der spätern Eichenmischwaldzeit nicht zu zweifeln ist. Der Versuch der Überwinterung von *Ephedra helvetica* im Freien im Alpengarten Schynige Platte ist bis jetzt während den zwei Wintern 1955/1957 positiv verlaufen, was dafür spricht, daß die Art heute nicht aus klimatischen Gründen fehlt.

Ephedra erlosch im Alpenvorland und in den Tälern wohl überall im Boreal als Folge der dichten Bewaldung und Berasung; nur im Wallis mit seinen offenen Felsfluren und lichten Föhrenwäldern hat sie sich bis heute erhalten. Bei uns ist sie wohl dem höhersteigenden Föhrenwald gefolgt bis zur Waldgrenze wie manche Xerotherme, die gerade auch im Gebiet der Schynigen Platte noch heute nachweisbar sind (vergl. W. MEYER 1929). Zufolge dieser Ausweichwanderung liegen die *Ephedra*-Vorkommen in subalpinen Lagen in einer Zeit, die einen Weittransport aus Tieflagen ausschließt. Anderseits ist sie in Tieflagen auch im Spätglazial nie so reichlich nachweisbar (selten 1—2% der sowieso geringen Pollenmengen), daß an frühen Ferntransport und spätere sekundäre Umlagerung zu denken ist. Dagegen kommt wahrscheinlich für einzelne Körner aus spätern Zeiten sekundäre Umlagerung in Frage (Profil IV, 50 cm; Profil VII, 50 cm), sonst müßte man annehmen, sie sei auf der Schynigen Platte erst in historischer Zeit ausgestorben. Jedenfalls ist die Gattung in unsern subalpinen und alpinen Lagen erst unter dem Einfluß zunehmender Konkurrenz durch immer dichter werdende Gehölze und Rasen verschwunden, wobei die subatlantische Klimaverschlechterung mehr die Konkurrenz gefördert als *Ephedra* selbst vernichtet hat.

Da der Abschnitt außer in Profil VIII und V auch in Profil VI besonders gut ausgebildet ist, suchte ich dort intensiv nach *Ephedra*, jedoch ohne Erfolg. Dieser Umstand erklärt sich wohl aus der Ungunst des Wurzelortes, der hier bis über 200% Kies und grobe Steine aufweist und dessen Feinerde damals wohl tief unter dem Kalkschutt des Steilhanges verdeckt lag, während der 8 m davor liegende Ort von Profil V mit seinem schluffigen Sandboden, ähnlich wie in Profil VIII, *Ephedra* zusagte. Dieses Detail ist

ein Hinweis darauf, daß die heutigen Alpweiderasenböden aus Fels und Geröll und initialen Kies- und Sand- und Flugstaub-Rohböden bestanden haben dürften.

Alle drei *Ephedra*-Abschnitte stellen eine Pionierphase dar mit 10—20% *Pinus,* reichlich Gramineen, etwas ligulifloren und tubulifloren Kompositen, etwas *Artemisia, Chenopodiaceen, Helianthemum, Botrychium* und *Selaginella selaginoides.* An Umbelliferen scheint im bodenfeuchten Profil V einzig ein *Chaerophyllum aureum*-Typ vorzuherrschen.

Der Alnus viridis-Abschnitt

Dieser ist in der Hälfte der Diagramme nicht zu finden, weil in ihnen zwischen Blockgeröll und Oberfläche nur der Kulturpollenabschnitt entwickelt ist (Profil VII und II), oder weil er bei Bohrung und Grabung nicht erreicht wurde (III, IV). Die vier andern Profile weisen ihn auf, freilich mit recht unterschiedlichen *Alnus*-Prozenten (VI, V, VIII, I).

Am ausgeprägtesten ist das *Alnetum viridis* am Fuß des Hanges, wo er in abschüssige Steilrunsen übergeht, bei Profil VIII. *Alnus* erreicht hier Werte von 30—40%, die vergesellschaftet sind mit nach wenigen Prozenten zählenden Umbelliferen, Caryophyllaceen, Farnsporen, *Botrychium lunaria* und etwas reichlicheren Gramineen und ligulifloren Kompositen. Der Hochstaudencharakter der Zwischenflora der Grünerlen ist hier wenig ausgeprägt, offenbar, weil der Bestand sehr dicht war. Sein Boden ist noch heute kalkreich und basisch.

Bedeutend lockerer waren die Bestände in den Profilen VI und I. Ihre Standorte sind recht verschieden, dementsprechend auch der Pflanzenbestand. Im kalkschuttreichen Profil VI beginnt sich *Alnus viridis* (15—25%) in dem Moment auszubreiten, wo der Feinerdeanteil den Kiesanteil zu überwiegen beginnt und nur noch einzelne Blöcke den Hang herunterrollen und am Standort liegen bleiben. Dieser Umstand verhinderte wohl den Schluß des Bestandes. Ursprünglich grasreich und mit einigen Pionieren durchsetzt, verwitterte der sandreiche Boden zu einem schluffreichen, in dem liguliflore Kompositen Fuß faßten. Mit dem Verschwinden des Kalkgehaltes in den Feinerdetaschen stellten sich mehr und mehr *Selaginella* und *Botrychium* und die ersten *Plantago* (z. T. *alpina*) ein. Der blockigbuschige Bestand wies mehrfach Farne auf.

Wesentlich verschieden entwickelten sich Standort und Bestand von Profil I: Auf dem Dogger-Felskopf wurde von Anfang an der Kalk ausgelaugt. Deshalb stellte sich neben einigen wohl am Fluhrand und tiefer unten stehenden Grünerlen (10—20%) von Anfang an azidophiles Zwerggesträuch ein, *Vaccinien, Empetrum,* neben etwas *Rhododendron, Arctostaphylos, Erica,* wie sie heute in unmittelbarer Nähe ähnliche

Standorte besiedeln, während sie oben in Profil I durch *Calluna* abgelöst sind. Der uneinheitliche Bestand weist aber auch 4—9% Umbelliferen auf, darunter *Laserpitium latifolium* (sonniger Fels) und eine ganze Menge von Hochstaudenarten (*Angelica silvestris, Heracleum sphondylium, Chaerophyllum aureum, Astrantia maior).* Der Bestand hatte auch Gräser und Kompositen. Das Pollenbild dieses Abschnittes paßt gut zur Vegetation der Waldgrenze (*Picea* nahe 20%), wie sie sich heute am nahen Steilhang ausgebildet hat. Interessanterweise setzte aber die Bildung eines sauren Humus mit einer entsprechenden Sukzession erst zu Beginn des feuchtern und kühlern Subatlantikums ein.

Keinen Grünerlenbestand weist der Alnus-Abschnitt des Profils V auf. *Alnus* erreicht bloß 5—10%, Relativ häufig sind Gramineen, lig. Kompositen, Caryophyllaceen, Farne, seltener *Helianthemum, Plantago* (meist *alpina*), dazu Hochstaudenarten, wie *Geranium (silvaticum), Heracleum sphondylium, Peucedanum ostruthium, Thalictrum (aquilegifolium?).* Der entsprechende Bodenprofilabschnitt zeigt ein Mosaik: gerundete Kalksteine, dazwischen dichte, feinsandig-schluffig-tonige Feinerde mit Gleyflecken, also etwas Staunässe (welche Erscheinung freilich rezent sein kann, als Tendenz aber sicher vorgebildet war). Wir haben es wohl mit einem Übergangsbestand zu tun, der in den untern Teilen ursprünglich schon zur Versauerung neigte, dann aber durch Kalkschuttzufuhr einem Alnetum nähergebracht wurde.

Der Kulturpollenabschnitt

Er zeigt überall eine gute Entwicklung:

Profil	IV	III	VII	VI	V	II	VIII	I
Mächtigkeit cm	140	110	(53)	40	75	60	32	(23, abgebaut)

Die betont humosen Böden des Profils VII (Rendzina) und des Profils I (Rohhumus) bilden einen Sonderfall, ebenso die Feuchtmuldensedimente IV und III.

Der Polleninhalt der Sedimente des Tümpels auf Oberbergalp spiegelt durch 10—20% Cyperaceen seinen lückig korrodierten Bestand von *Carex fusca* und *Eriophorum scheuchzeri* wieder, durch Gramineen und *Plantago (montana* und *alpina,* nach oben auch *lanceolata),* lig. Kompositen und *Botrychium,* Umbelliferen und Ranunculaceen die umliegenden Rasenbestände, die auf der steilern Schattenseite eher einem guten Weiderasen, auf den flachern Südhängen Nardeten darstellen.

Profil III stellt im Gegensatz dazu bloß eine feuchte Mulde dar (mit Staunässe und Gleyflecken in der Tiefe). Dementsprechend ist sie zeitweise gekennzeichnet durch reichliche Hochstaudenvegetation (*Geranium, Thalictrum, Umbelliferen,* worunter *Heracleum,* sogar *Urtica).*

In jüngster Zeit scheint sie etwas zu versauern (*Plantago alpina, Selaginella);* der Grundwasserspiegel ist etwas abgesunken relativ zur Oberfläche, wahrscheinlich dadurch, daß der Bodenauftrag im Hintergrund der Mulde vermehrtes Gefälle geschaffen hat.

Der Rendzinaboden Profil VII stellt eine Felstaschenfüllung in reinem Kalk dar. Sie trägt heute einen Misch-Zwergbuschbestand mit reichlicher *Juniperus nana* und spärlichen Alpenrosen und Vaccinien, dicht durchsetzt von Weiderasen und Stellen mit Nardetum-Anflug. Juniperuspollen ist nur vereinzelt nachweisbar; sehr gut erhalten sind dagegen *Juniperus*-Spaltöffnungen (Doppellinie in der *Ephedra*-Kolonne von Profil VII), deren Zahl hier auf die Gesamtpollensumme bezogen ist. Nach unsern Erfahrungen ist das hohe *Selaginella*-Prozent typisch für die lichten Strauchbestände, denen wahrscheinlich früher auch einige Grünerlen angehörten, vielleicht auch einige *Picea*-Grotzen. Auch das hohe Farnprozent entspricht dem felsigen Buschbestand. Das Profil scheint in jüngster Zeit durch die entgegengesetzten Vorgänge der Humusaufhäufung und der Kalkfelsabwaschung in eine Rohhumusphase eintreten zu wollen; doch wird die Tasche mit der Zeit durch Auflösung der begrenzenden Wände wieder abgebaut und geleert.

Zur großflächigen, reliefbedeckenden Rohhumusbildung ist es in Profil I gekommen. Wahrscheinlich hat die Durchweidung durch Ziegen die Erlenbestände und die Hochstaudenbestände zerstört, so daß, vielleicht auch infolge zeitweise starker Austrocknung, ein eintöniger *Calluna*-Bestand mit einigen Nardetum-Komponenten entstanden ist. Merkwürdig ist die (allerdings nur kolorimetrisch nachgewiesene) schwächere Versauerung der allerobersten Profilteile (Kalkstaubwirkung?). Die Bedingtheit dieser jüngsten Bestandesentwicklung ist noch unklar.

Von den vier übrigbleibenden Rasenbodenprofilen zeigen die zwei Nardetumprofile V und II die stärkste Bodenaufhöhung seit dem Beginn der intensiven Kultureinflüsse. In Profil VI reichen große Steinblöcke bis über die Oberfläche hinauf, wodurch der Rasen lückig ist; wahrscheinlich ist die Akkumulation gering, resp. die Ablation so stark, daß sie den Betrag der Akkumulation stark reduziert: lückiger Weiderasen mit Seslerietum-Charakter. Dieser Bestand ist sehr jung. Er hat sich erst nach der Vernichtung des lockern Erlenbestandes durch den Weidebetrieb eingestellt. Auffällig ist das pionierhafte Besitzergreifen von der Fläche durch *Helianthemum nummularium* und die nachfolgende beginnende Versauerung.

Größer ist die Feinerde-Akkumulation in den darunterliegenden Profilen V und II. Die Ablation, die sicher auch am Werk ist, kann eine intensive Aufhöhung nicht verhindern; die Steinzufuhr hat zufolge des Reliefausgleichs und der Vernichtung aller Gehölze gänzlich aufgehört;

allfällig herunterstürzende Steine rollen über den kahlen Abhang hinunter und schädigen die heutige Waldgrenzenvegetation. Eine Feinerdestau- und Feinerdeschwimmgesellschaft hat sich eingestellt, das Nardetum.

In Profil V bringt die Feinerdezufuhr zunächst eine Hochstaudenflur zur Entwicklung *(Geranium silvaticum,* Caryophyllaceen), die sich aber zuletzt nach dem Nardetum zu entwickelt *(Plantago alpina, Campanula* cf. *barbata, Selaginella, Calluna).* Die stetige Kalkfeinerdezufuhr vom darüberliegenden Hang her verhindert aber eine oberflächliche Versauerung, hat jedoch keine Tiefenwirkung. Das spricht für oberflächlichen Feinerdeauftrag und oberflächliche Auswaschungsvorgänge.

In Profil II der steilern Hangpartie hat die Versauerung ebenfalls seit der völligen Vernichtung der Erlenbestände eingesetzt. Sie war hier aber offenbar durch hangabwärts gerichtete Salzauswaschung und durch die elektrolytärmere Unterlage schon früh eingeleitet worden. Ob die Erlenzunahme und schwache Hochstaudenbildung zwischen 44 und 30 cm auf vorübergehend schwächere Alpweidenutzung (vielleicht infolge klimatisch ungünstiger Zeiten um 1600 oder infolge bevölkerungsvermindernder Vorgänge) zurückzuführen ist, läßt sich schwerlich herausbringen. Sicher ist, daß sich das Nardetum erst in jüngster Zeit so extrem entwickelt hat, offenbar als Folge intensivster Nutzung der ganzen Alpweide und weiterer Gehölzvernichtung.

Im Sinn zunehmender Gehölzvernichtung entwickelt sich auch der Kulturpollenabschnitt des Profils VIII. Vorläufig entwickelt sich hier aber noch eine nur leicht versauerte, kräuterreiche und teilweise hochstaudenähnliche Steilgrasflur, die als Wildheumahd genutzt wird. Zufolge des Bodenauftrags entsteht an diesem Sonnenhang nicht ein Seslerietum, sondern ein bodenmechanisch zum Nardetum neigender Übergangsbestand, der aber vielleicht bloß infolge des Fehlens der Beweidung keine extreme Ausprägung im Sinne eines Sieversii-Nardetums annimmt.

III. Folgerungen

Die Untersuchungen von Bodenprofilen auf der Schynigen Platte (1900 m), aber auch weitere Untersuchungen vom Hohgant (2100 m) und von der Oberaar an der Grimsel (2300—2700 m) beweisen die Möglichkeit der sinnvollen Pollenanalyse alpiner Bodenprofile. Dabei lassen sich in der Tiefe der Profile jeweils Pionierphasen der Besiedlung auf initialen Böden nachweisen, die in dieser Höhe bis ums Jahr 5000 v. Chr. aus klimatischen Gründen allgemein verbreitet waren. Darauf stellten sich feinerdereichere Böden mit stärkerer Humusbildung und wohlentwickelter, geschlossener Vege-

tation ein. Damit begannen auch schon die bekannten Vorgänge der Bodenreifung nachweisbar zu werden, die gefolgt und begleitet werden von einem Wechsel und einer Verarmung im Artenbestand, in der subalpinen und untern alpinen Stufe ungefähr seit dem Jahr 1000 n. Chr. verstärkt und in besondere Bahnen gelenkt durch Rodung und Beweidung.

Nur in seltenen Fällen laufen die Vorgänge der Bodenbildung und Pflanzensukzession rasch und ungestört bis zu ihrer klimatisch möglichen Endphase durch. Dieses ist einzig der Fall mit Profil I auf dem Felsvorsprung unterhalb der Schynigen Platte; doch setzt hier die Rohhumusbildung ums Jahr 1000 n. Chr. ein, so daß der Verdacht besteht, Kultureinflüsse hätten hier an der Waldgrenze den Wechsel vom Vollstadium des Grünerlenbestandes zum Endstadium des azidophilen Zwergstrauchbestandes stark beschleunigt. Erst in der eigentlichen alpinen Stufe, in 2140 m Höhe auf dem nährstoffarmen Sandstein des Hohgant im Oberemmental, stammt der Anfang eines *Loiseleuria*-Rohhumus nachweislich aus Zeiten, die Kultureinflüsse ausschließen: kurz vor 1700 v. Chr. (C 14-Bestimmung Bern).

Alle andern Profile stellen erdige Böden dar mit teilweiser und oft auch nur vorübergehend stärkerer Humusbildung, stehen unter dem Einfluß der Großklimaschwankungen des Postglazials und befinden sich fast ausschließlich im Zustand des unabgeschlossenen Dynamismus der Auftragungs-, Abtragungs- und Fließvorgänge. In unserem jungen und durch die Glazialerscheinungen noch so gestörten Gebirge der Alpen fehlen eben die kaum geneigten Hochflächen mit minimaler Abtragung und die flachen Mulden mit minimalem Bodenauftrag weitgehend. Abtrag und Auftrag sind es, die im Zusammenspiel mit Sonnenlage und Wasserverhältnissen (und geologisch-petrographischer Unterlage) die pflanzliche Besiedlung bestimmen. Auf diese Grundlagen für das Verständnis des momentanen Zustandes der Vegetation und ihrer säkularen Sukzession hat in unserem Lande Lüdi (1921, 1948) früh und erfolgreich hingewiesen.

Wie dieser Bodendynamismus beschaffen ist, ist noch nicht ganz klar. Sicher ist ein langsamer Fließvorgang unter dem Einfluß der Schwere vorhanden. Ihn überlagert ein oberflächlicher Rieselvorgang größerer Geschwindigkeit (Wassertransport, Tritt, Frost, Trockenrieseln, Schneeschleppung, Windlockerung, Steinschlag). Überall, wo größere Bodentiefen festzustellen sind, fand oder findet noch immer Auftrag statt; wo Abtragung überwiegt, gibt es keine nennenswerten Bodenprofile. Deshalb ist es verständlich, daß man in allen untersuchten Bodenprofilen Pollendiagramme fand und findet; sie stammen aus den Auftragszeiten des Bodens. Daraus leitet sich wiederum die Gewißheit

ab, daß aus dem Pollendiagramm eines Bodens dessen Bildungsgeschichte abzulesen ist und damit auch die Geschichte seiner Vegetation. Voraussetzung ist die Erhaltung des Pollens.

Eine andere Erklärungsweise für die Bodenpollendiagramme nimmt in England DIMBLEBY (1957) an. Er hält das Bodenprofil für eine im wesentlichen unveränderliche Größe. Ein guter Teil des Pollenniederschlags tritt nach ihm eine langsame Abwärtswanderung im Boden an, die zur Hauptsache durch das Versickern von Wasser zustande kommen soll (down-wash). Dabei glaubt er ausdrücklich ein gleichmäßiges Tiefersinken größerer und kleinerer Pollenkörner festzustellen, im Gegensatz zum Versuchsergebnis von MOTHES, ARNOLD u. REDMANN (1937), die schnelleres Einschwemmen kleinerer Pollen feststellten und im Gegensatz zu Beobachtungen von BURGES (1950, cit. nach DIMBLEBY), der ein viel geringeres Tiefsinken der kleinen Penicilliumsporen gegenüber den großen Sporen von *Zygorhynchus* und *Gliomastix* fand. So gelangt DIMBLEBY zum Grundsatz, daß der Gipfelpunkt einer Pollenart im Boden einer um so ältern Zeit entstamme, je tiefer er im Profil liege; gegen diesen Grundsatz an sich ist kaum etwas einzuwenden.

Diese Erklärungsweise liegt für Böden nahe, bei denen ein Bodenauftrag so gut wie auszuschließen ist. Er genügt aber nicht für alle unsere alpinen Böden: wenn die rezenten Abschnitte in Naßmulden (Profil IV u. III) besonders mächtig sind, so geht es nicht wohl an, eine besonders starke Tiefenverschwemmung anzunehmen, da es sich just um Stellen mit stagnierendem Wasser handelt. Für Gehängeböden ist langsame Bodenbewegung zudem mehrfach festgestellt worden (z. B. LÜDI 1948). Die flachen, skelettreichen Böden der Hänge und die tiefgründigen, feinerdereichen Böden der Hangfüße und flachen Stellen lassen keine andere Erklärung zu als die der steten Denudation und Akkumulation. Das hindert logischerweise nicht, daß die Pollenbewegung DIMBLEYS gleichzeitig in unterschiedlichem Grade liefe, und daß sie für akkumulationsfreie Böden allein in Frage kommen könnte. Dabei ist allerdings doch die Frage zu stellen, ob nicht auch an einigen Stellen der Untersuchung DIMBLEYS (Mulden, z. B. S. 22) Bodenauftrag eine Rolle spielt.

Die Erklärungsweise DIMBLEYS befriedigt uns jedoch nicht ganz, indem uns die gleichzeitige und stete Tieferbewegung des gesamten Bodenpollengehalts durch den absteigenden Bodenwasserstrom über Jahrtausende reichlich hypothetisch erscheint. Auf der Suche nach andern Ursachen der allgemeinen Pollentieferbewegung stoßen wir auf folgende zwei Möglichkeiten: Die Tätigkeit der Regenwürmer (und ähnlich wirkenden Bodenlebewesen) schafft ständig Feinerde an die Oberfläche, wodurch sukzessiv ältere Oberflächen mit ihrem Polleninhalt (nicht der Pollen in ihnen) tiefersinken. Nach einer alten Angabe Dar-

wins aus dem Jahr 1881 ist mit 25 t Stofftransport pro Hektare und Jahr zu rechnen; das entspricht einer Bodenschicht von ca. 1 mm/Jahr, was größenordnungsmäßig das übertrifft, was wir an Tieferbewegungsrate feststellen. Und: Die Pflanzenwurzeln heben laufend Mineralsalze des Bodens aus gewisser Tiefe in die oberirdischen Teile der Pflanzendecke; indem diese absterben oder gefressen werden, werden sie stetig mit organischen Stoffen zusammen auf die Oberfläche aufgetragen; dabei werden sie selten als Trockentorf oder Rohhumus aufgelagert, sondern meist abgebaut, mineralisiert. Überschlagsrechnungen zeigen, daß der zweitgenannte Effekt nur Millimeterbeträge Auftrag für 1000 Jahre erreicht, falls man nur den reinen Mineralanteil in Rechnung setzt; berücksichtigt man aber dazu die äußerst wichtige Humusbildung, so folgt, daß die Tätigkeit der Pflanzen doch einen ins Gewicht fallenden Anteil des beobachtbaren Bodenauftrags liefern kann.

Im Fall der Regenwurmtätigkeit ist noch an eine besondere Erscheinung zu denken: mit der Wurmerde wird wohl ständig älterer Pollen aus der Tiefe auf die Oberfläche gebracht, wobei es zwar denkbar wäre, daß dieser bei der Verdauung zu Grunde geht (Wirbeltierkot weist aber gut erhaltenen Pollen auf). Es ist wahrscheinlich, daß ein großer Teil des ältern Wurmerdepollens durch Witterungseinflüsse und Bakterien an der Oberfläche zerstört wird, so daß der daraus resultierende Vermischungseffekt ein geringer ist. Dagegen werden dadurch die tiefern Bodenschichten dauernd pollenärmer. Die Möglichkeit der Pollenverschwemmung durch Regenwurmkanäle ist mehrfach diskutiert worden; die wirkliche Verschleppung scheint aber lange nicht das befürchtete Maß zu erreichen, weil die Abzugskanäle nie wie ein technisches Abzugssystem funktionieren und der Boden adsorptiv wirkt.

Soviel wir heute wissen, müssen wir also stets mit den beiden Vorgängen des lateralen Auftrags fremden Materials und der vertikalen Bodenumwälzung an Ort und Stelle rechnen. Im orographisch bewegten Gelände überwiegt wohl der erste Vorgang, im Flachland der zweite. Die Beträge sind nach unsern Pollenuntersuchungen größer als man sich vorgestellt hätte. Beträge von 100 cm für die letzten 3000 Jahre und 50 bis über 100 cm für die letzten 1000 Jahre sind offenbar häufig und werden gelegentlich noch überschritten (vergl. Abb. 1).

Über diese ökologisch äußerst wichtigen Erscheinungen der Bodendynamik hinaus, die wohl in sehr vielen Fällen die soziologischen Verhältnisse der Vegetation stark mitbestimmen, geben uns die acht lokalen Stichproben auf der Schynigen Platte Aufschluß über die Frage der postglazialen Waldgrenze. Alle bisherigen Ansichten gehen dahin, daß die Waldgrenze in der postglazialen Wärmezeit und besonders auch im Subboreal 200—400 m höher gelegen habe als heute. In

Wirklichkeit ist eine über alle Zweifel erhabene Bestimmung schwer durchzuführen; nur der direkte Nachweis kann Sicherheit vermitteln. Es genügt nicht, auf Grund einer anderswie und in tiefern Lagen ermittelten Temperaturzunahme theoretische Waldgrenzenerhöhungen zu ermitteln und vage Indizien (z. B. über die Begehbarkeit hoher Pässe) beizubringen.

Nach unsern Bodenpollendiagrammen hat der Fichten- oder Arven- oder Bergföhrenwald an keiner der acht untersuchten Stellen postglazial auf die Höhe von 1900 m oder gar 2000 m übergegriffen, wenigstens nicht in einem Maße, daß dichtere Waldpartien bestanden hätten. Der Umstand, daß an vielen Profilstellen eine gegenüber heute vielfache Menge an *Alnus viridus*-Pollen im Subboreal und frühen Subatlantikum nachweisbar ist, unterstützt diese Feststellung. Zwei Bodenprofile vom Hohgant liefern ähnliche Ergebnisse. Es scheint uns wahrscheinlich, daß der Grund für diese unerwartete Tatsache darin liegt, daß zu jener Zeit die heutige obere subalpine und die untere alpine Stufe noch flächenmäßig wenig gereifte Böden aufwiesen, die Waldpionier- und Waldvegetation hätten tragen können. In unserem Gebiet scheint es die Grünerle gewesen zu sein, die als Bodenfestiger, besonders aber als Steinschlag- und Lawinenschutz dem Wald vorausgehen mußte (in kontinentalern Gegenden und auf tonarmen Unterlagen mag an ihre Stelle die Legföhre treten). Diese primäre Funktion der Grünerlenbestände hat schon Lüdi (1921, S. 268) angedeutet. Unter Hinzunahme von pollenanalytischen Beobachtungen aus dem Simmental glauben wir die Bedeutung der Grünerlenbestände als Pioniervegetation und Bodenklimax und als subalpine Höhenstufe für die Zeit des atlantischen und subborealen (z. T. auch frühsubatlantischen) Höhersteigens der Waldgrenzen betonen zu müssen. Das Alnetum viridis wäre bei der Anstiegsbewegung Zwischenstufe zwischen dem *Abies*-, später *Picea*-Wald und den alpinen Pioniergesellschaften gewesen, wurde als eigentlicher Höhengürtel dann aber zerstört durch den von unten nachrückenden Wald einerseits, durch die subatlantische Klimaverschlechterung anderseits, die zwar vielleicht nur geringe Schädigungen an der obern Verbreitungsgrenze brachte, jedoch die Sukzession zum Rhodoreto-Vaccinietum stark förderte. Die Alpweidenutzung hat das ihre zur Ausbildung des von Lüdi u. a. aufgestellten Alpenrosengürtels beigetragen durch Vernichtung der Grünerlen und Holznutzung und daraus resultierende Schädigung und Depression der natürlichen Waldgrenze. Wir betrachten also die Grünerlenbestände als Relikte einer frühern Höhenstufe aus der Zeit des Höhersteigens der Alpenwälder, die Alpenrosenstufe als Glied zwischen einem alpinen Rasen vom Charakter eines sog. primären Nardetums und einer

stabilisierten oder gar regressiven Waldgrenze. Es scheint uns in diesem Zusammenhang wahrscheinlich, daß die große Ausdehnung des primären Nardetums, also auch LÜDIS Höhenstufe des Nardetums ein Charakteristikum der Zeit der regressiven Höhenstufen darstellt. Auf die großen Unterschiede in den Bodenverhältnissen und in der Vegetation in der postglazialen Wiederbesiedlungsphase der Alpen und in der aktuellen Phase der Stabilität, ev. Regression, sei nachdrücklich hingewiesen.

Zusammenfassend und unter Hinzunahme eigener Untersuchungen aus dem Wallis glauben wir feststellen zu dürfen: Trotz wahrscheinlich früherer Kulmination des Wärmeklimas Mitteleuropas erreichte die postglaziale Waldgrenze in den Alpen ihren Höchststand erst zur Zeit des (späten) Subboreals; sie überschritt dabei die heutige natürliche Waldgrenze nur ganz unwesentlich. Mit geringerer Verzögerung dürfte dagegen die Pioniervegetation der Klimaentwicklung gefolgt sein.

Literatur

BEIJERINCK, W.: Humusortstein und Bleichsand als Bildungen entgegengesetzter Klimate. Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam *37*, 1934 (S. 93—98).

BENRATH, W. u. JONAS, F.: Zur Entstehung der Ortstein-Bleichsandschichten an der Ostseeküste. Planta *26*, 1937.

BRAUN-BLANQUET, J., PALLMANN, H. u. BACH, R.: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. Erg. wiss. Unters. schweiz. Nationalpark *IV*, 28, 1954.

BRUCHMANN, H.: Über die Prothallien und die Keimpflanzen mehrerer europäischer Lycopodien. Gotha 1898.

BURGES, A.: The downward movement of fungal spores in sandy soils. Trans. Brit. Myc. Soc. *33*, 1950.

DIMBLEBY, G. W.: Pollen Analysis of Terrestrial Soils. New Phyt. *56*, 1957.

FIRBAS, F. u. BROIHAN, F.: Das Alter der Trockentorfschichten im Hils. Planta *26*, 1936.

FLORSCHUETZ, F.: Resultaten van Mikrobotanisch Onderzoek van het Complex Loodzand-Oerzand en van daronder en darboven gelegen Afzettingen. Besprekn. over het Heidepodsolprofiel. Groningen 1941.

KOCH, H.: Paläobotanische Untersuchungen einiger Moore des Münsterlandes. Beih. Bot. Centralbl. *46*, 1929 (S. 1—70).

LÜDI, W.: Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. Beitr. z. Geobot. Landesaufn. Schweiz *9*, 1921 (364 S.).

— Die Pflanzengesellschaften der Schynigen Platte bei Interlaken und ihre Beziehungen zur Umwelt. Eine vergleichend ökologische Untersuchung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel *23*, 1948 (400 S.).

MEYER, W.: Floristische Studien im Gebiete der Schynigen Platte. Mitt. Naturf. Ges. Bern 1929 (S. XXV—XXVII).

MOTHES, K., ARNOLD, C. u. REDMANN, H.: Zur Bestandesgeschichte ostpreußischer Wälder. Schr. Phys.-ökon. Ges. Königsberg *49*. 1937.

PFEFFER, P.: Vergleichende Untersuchungen über die Vorbehandlung von Böden für die Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung unter der Verwendung verschiedener Dispergierungsmittel sowie Schall- und Ultraschalleinwirkung. Notizbl. hess. Landesamt f. Bodenf. *3*. 1952 (S. 294—306).

SELLE, W.: Die Pollenanalyse von Ortstein-Bleichsandschichten. Beih. Bot. Centrabl. *60*, 1940.

TRAUTMANN, W.: Pollenanalytische Untersuchungen über die Fichtenwälder des Bayrischen Waldes. Planta *41*, 1952 (S. 83—124).

WELTEN, M.: Pollenanalytische und stratigraphische Untersuchungen in der prähistorischen Höhle des «Chilchli» im Simmental. Ber. Geobot. Inst. Rübel *1943*, 1944 (S. 90—100).

— Über Entstehung und Deutung von Pollendiagrammen in alpinen Aufschüttungsböden. Ber. Geobot. Inst. Rübel *1946*, 1947 (S. 92—100).

— Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. Veröff. Geobot. Inst. Rübel *26*, 1952 (135 S.).

— Pollenanalytische Untersuchungen an Höhlensedimenten verschiedener Entstehungsweise in der Brügglihöhle. In: Jahrb. Bern. Hist. Mus. *32/33*, Bern 1953 (S. 66—70).

— Pollenanalytische Untersuchung von Bodenprofilen: historische Entwicklung des Bodens und säkuläre Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. Verh. Schweiz. Nat. Ges. Pruntrut 1955 (S. 148—150).

— Pollenniederschlagstypen aus höhern Lagen Spaniens und ihre subrezenten Veränderungen. In: Erg. X. I. P. E. Veröff. Geobot. Inst. Rübel *31*, 1956 (S. 199—216).

— Über das glaziale und spätglaziale Vorkommen von Ephedra am nordwestlichen Alpenrand. Ber. Schweiz. Bot. Ges. *67*, 1957 (S. 33—54).

— Diskussionsbeitrag zum Problem Bodenprofil Lange Lake bei Apetlon am Neusiedlersee. In: Erg. XI. I. P. E. Veröff. Geobot. Inst. Rübel 1958 (im Druck).

WERTH, E. u. BAAS, J.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Kulturgeschichte im deutschen Küstenbereich der Ostsee und Nordsee. Abh. Senckenb. Naturf. Ges. Frankfurt a. M. *434*, 1936.

WIEGNER, G. u. PALLMANN, H.: Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Berlin 1938.

ZANDER, E.: Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig II. Berlin-Leipzig 1937.