©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

tigkeit anschwellenden Tuffitlagen, Metadiabasen und massigen Augitporphyriten. Auch hier sind Karbonatgesteine (Bänderkalke, Eisendolomite, Ankerite) eingeschaltet.

Im Bereich des Moores nördlich des Kohrnocks stehen stark geschieferte Phyllite in der typischen Ausbildung an. Sie sind verhältnismäßig flach gelagert, streichen etwa NW — SE und fallen 20—40° nach NE. Südlich des Moores tritt eine kleine; östlich davon eine etwas größere Karbonatgesteinslinse zu Tage.

Über das Alter der Gesteine läßt sich mit Sicherheit nur aussagen daß sie dem Paläozoikum zugehören.

Rundhöcker und Moränen lassen auf eine eiszeitliche Vergletscherung der Turracher Höhe und der benachbarten Kare schließen. Auch das Moor am Kohrnock verdankt seine Existenz einer Wasserstauung hinter Moränenschutt.

Anschrift des Verfassers:
Dozent Dr. Erich ZIRKL, Rechbauerstr. 12,
Institut für Mineralogie der Technischen Hochschule Graz

Pollenanalytische Untersuchung zur Verschiebung der Waldgrenze in den Gurktaler Alpen, Kärnten

(Mit einem Beitrag zur Auswertung pollenanalytischer Zählergebnisse)

Von Adolf FRITZ, Klagenfurt

Inhalt:

1. Vorwort
2. Einleitung
3. Die Pollendiagramme vom Kohrnock
4. Weitere Fossilfunde
5. Erörterung über die Auswertung der Zählergebnisse pollenanalytischer Untersuchungen
6. Die Vegetationsentwicklung und die Verschiebung der Waldgrenze im Kohrnock-Gebiet
7. Zusammenfassung
8. Auswahl aus der Literatur

1. Vorwort

In den letzten Jahren sind einige weitere Moor- und Seeablagerungen in Kärnten pollenanalytisch bearbeitet worden (BORTENSCHLAGER 1966, FRITZ 1964 und 1965 und SCHMIDT 1965). Es war daher

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

bereits möglich, die wesentlichsten Züge der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte dieses Bundeslandes darzustellen (FRITZ 1967). Die bedeutungsvolle geographische Lage Kärntens wird auch durch diese Erkenntnisse unterstrichen: Kärnten befindet sich an jener Stelle Europas, an der unterschiedliche Klimabereiche aneinandergrenzen, die Einflüsse verschiedenartiger Florengebiete sich treffen und die Vegetationsentwicklung der Spät- und Nacheiszeit ihr besonderes Gepräge erhalten hat.

In der vorliegenden Arbeit hat sich der Verfasser vor allem das Ziel gesetzt, einen Beitrag zum Problem der postglazialen Verschiebung der Waldgrenze und zur Auswertung pollenanalytischer Zählergebnisse zu geben.

Verschiedene Beobachtungen an Mooren und Seen der Alpen haben GAMS schon vor längerer Zeit (GAMS 1963), in Übereinstimmung mit anderen Palynologen, veranlaßt, die Meinung zu vertreten, daß die alpine Waldgrenze während der sogenannten „postglazialen Wärmezeit" um mindestens 400 m höher gelegen war als heute. WELTEN, 1958 und ZOLLER, 1960 (zitiert nach GAMS, 1963) dagegen sind für die Schweizeralpen zur Erkenntnis gekommen, daß dort die wärmezeitliche Waldgrenze entweder nicht oder nur unwesentlich die heutige Waldgrenze überschritten hat. Es sei daher dieses Problem für die Ostalpen an Hand der Kohrnock-Diagramme erörtert. Dies ist möglich, da das Niedermoor am Kohrnock über der gegenwärtigen Waldgrenze liegt.

Herrn Univ.-Prof. Dr. H. FLÜGEL, Graz, fühle ich mich für die Förderung meiner Arbeiten zu besonderem Dank verpflichtet. Weiters danke ich an dieser Stelle dem Notring der Wissenschaftlichen Verbände Österreichs für die mir gewährte finanzielle Hilfe.

2. Einleitung

a) Das Untersuchungsgebiet

Das palynologisch bearbeitete Niedermoor liegt in einer kleinen Karmulde an der NO-Flanke des Kohrnocks im Raume der westlichen Gurktaler Alpen. Die Höhenlage desselben wurde mittels eines Höhenmessers mit ca. 2015 m bestimmt. Das Moor umfaßt eine Fläche von rund 5000 m² und verdankt seine Entstehung einem Quellaustritt. Hangseitig befindet sich eine offene Wasserstelle, in der im Hochsommer reichlich Algen und Wasserpflanzen wuchern. Die natürliche Entwässerung des Moores erfolgt gegen Osten. Sondierungen haben ergeben, daß die organischen Schichten nirgends die Mächtigkeit von etwa $2^3/_4$ m überschreiten. An den tieferen Stellen des Moores können unter dem Torf noch einige dm feineres, mineralisches Sediment erbohrt werden.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Während der Würmvereisung waren die westlichen Gurktaler Alpen vergletschert. Über die Turracher Höhe (1738 m) stieß ein Seitenarm des Murgletschers nach Kärnten vor, der sich mit dem Gurkgletscher vereinigte. Nicht ganz auf halbem Wege von der Turracher Höhe zur Bohrstelle trifft man auf Gletschertöpfe, als Zeugen dieser Vereisung.

Nach den Berechnungen für die Jahre 1851—1950 können für die Höhenlinien von 2.000 m folgende Monatsmittel der Temperatur angenommen werden:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
—7,1	—6,8	—4,8	—1,4	3,3	6,4	9,0	8,4	5,7	2,0	—3,1	—6,2

Das 100jährige Jahresmittel beträgt 0,5 Grad Celsius. Die stark verkürzte Vegetationszeit, das niedrige Jahresmittel und das knapp unter 10 Grad Celsius liegende Julimittel deuten an, daß das untersuchte Moor heute bereits im Grenzbereich der klimatischen Waldgrenze liegt. Niederschlagsmessungen im Nockgebiet stehen leider nur aus niedrigeren Höhenlagen zur Verfügung:

Ebene Reichenau, 1059 m (1901—1950), Jahresmittel	1012 mm
Kremsalpe, 1518 m (1901—1950), Jahresmittel	1068 mm
Innerkrems, 1520 m (1901—1960), Jahresmittel	999 mm
Hochrindl, 1540 m (1901—1960), Jahresmittel	1091 mm

Wenn man aus den vorliegenden Werten auch nur die ungefähre Größenordnung der Niederschläge am Kohrnock abschätzen kann, so entnimmt man dennoch aus ihnen, daß die Niederschlagsmengen geringer sind als in den äußeren Gebirgsketten der Alpen.

Vegetationskundlich gesehen liegt die Bohrstelle in der Zwergstrauchstufe der Nadelwald-Innenzone (SCHARFETTER, 1938). Vereinzelt treten hier jedoch noch Bäume auf, vor allem Lärchen und Zirben, bis über die Höhenlage des Moores hinaus. Im unmittelbaren Bereich des Niedermoores, das talseitig von *Betula nana*- und *Pinus montana*-Beständen begrenzt wird, und westlich davon wurden mehrere Lärchen- und Fichtenkeimlinge angetroffen. Diese Beobachtungen zeigen, daß hier, klimatisch gesehen, das Aufkommen des Waldes doch noch möglich wäre. Für das Problem der Waldgrenzverschiebung ist der Nachweis entscheidend, ob der gegenwärtige Vegetationszustand schon immer im Postglazial existiert hat oder ob früher einmal die Hänge des Kohrnocks mehr oder weniger dicht bewaldet waren.

b) Bohrungen und Probenaufbereitung

Das Untersuchungsmaterial wurde am 26. Juni 1964, anläßlich einer Schülerexkursion in das Turrach-Gebiet (Profil II) und am 31. August desselben Jahres mit Unterstützung durch cand. phil. G.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

LEUTE, Assistent am Naturhistorischen Museum in Wien, (Profil I), erbohrt. Für die Hilfeleistungen sei allen herzlich gedankt. In beiden Fällen wurde als Bohrgerät die Dachnowsky-Sonde eingesetzt, da erfahrungsgemäß (ZOLLER,1960) gegenüber dem Kammerbohrer mit geringeren Pollenverschleppungen gerechnet werden kann. Die obersten Torfschichten sind jedoch sehr stark vernäßt und so schwach zersetzt, daß es weder mit der Sonde noch mit dem Kammerbohrer gelang, sie abzuteufen. Selbst das Ausheben eines Grabens erwies sich, wegen sofortigen Wassereinbruches, als aussichtslos.

Die Bohrstellen befinden sich ungefähr in der Mitte des Moores und sind ca. 15 m voneinander entfernt. Profil I reicht von 95 cm bis 360 cm und Profil II von 60 cm bis 270 cm.

Da die Mächtigkeit der abbohrfähigen Sedimente verhältnismäßig gering ist, mußte angenommen werden, daß hier die Spuren der Vegetationsentwicklung in gedrängter Form vorliegen. Aus diesem Grunde schien es ratsam, wenigstens ein Profil mit dem Probenabstand von 5 cm zu bearbeiten. Die Aufbereitung des Materials erfolgte in der gleichen Weise wie bei den früheren Untersuchungen, weshalb auf diese verwiesen sei. Die Anwendung von Salzsäure war nicht erforderlich. Zur Verpackung der Bohrkerne wurde wie immer Kunststoffolie verwendet.

3. Die Pollendiagramme vom Kohrnock

a) Darstellung der Diagramme

Den beiden Pollendiagrammen I und II liegen insgesamt 74 untersuchte Proben mit 65.580 ausgezählten Pollenkörnern zugrunde.

In der Spalte „Stratigraphie" sind die wichtigsten litho- und biostratigraphischen Merkmale der Sedimente zusammengefaßt. Das gegenseitige Verhältnis der Baum-, Strauch- und Krautpollen zueinander geht aus dem „Grunddiagramm" hervor. Für die Berechnung der Prozentwerte desselben und weiters noch der Strauch-, Krautpollen und Sporen diente die Grundsumme. Das ist die Gesamtsumme der je Probe ausgezählten Pollenkörner. Die Aufschlüsselung des Grunddiagramms in die einzelnen Pollenkurven erfolgt in den Spalten „Baumpollen", „Strauchpollen" und „Krautpollen" und zwar in Form von Schattenrissen. Um dem Wald als Lebensgemeinschaft Rechnung zu tragen, sind die Prozentwerte der Baumpollen-Typen auf die Baumpollensumme bezogen.

Da beabsichtigt ist, an Hand der Kohrnock-Diagramme die Auswertung pollenanalytischer Zählergebnisse zu erörtern, sind im Anschluß an die Diagramme wichtige Pollen-Typen nochmals herausgezeichnet und als „Prozentschattenrisse" den „Pollendichte-Schattenrissen" gegenüber gestellt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

b) Beschreibung der Diagramme

Die Pollendiagramme vom Kohrnock stimmen in den wesentlichsten Zügen mit den Diagrammen aus anderen Landesteilen überein. Es ist daher trotz der Höhenlage möglich, diese nach dem vom Verfasser (FRITZ 1967) für Kärnten erarbeiteten Schema der spät- und postglazialen Pollenstratigraphie zu gliedern. Dazu sei grundsätzlich folgendes bemerkt. Jene „stratigraphischen" Hinweise, die in palynologischen Veröffentlichungen angegeben und in den Pollendiagrammen mit besonderen Symbolen eingetragen werden, bestehen im allgemeinen lediglich in einer „lithostratigraphischen" Beschreibung der erbohrten Sedimentprofile. Wie der Verfasser für Kärnten gezeigt hat (1967), haben derartige Angaben (vor allem, wenn auch deutliche Rekurrenzflächen fehlen) einen eingeschränkten stratigraphischen Wert. Die zeitlichen Grenzen zwischen verschiedenartigen Ablagerungen, wie Ton, Seekreide, Torf usw., spiegeln zu sehr die individuelle Entwicklung eines Moores oder Sees wieder. Aus diesem Grunde kommt der „biostratigraphischen" Gliederung solcher Sedimente, aufbauend auf dem fossilen Pollen-Inhalt der Ablagerungen, besondere Bedeutung zu. Der Verfasser hat daher, anknüpfend an das von ihm ausgearbeitete Schema, erstmalig in einer eigenen Spalte die stratigraphische Gliederung der Sedimente mittels Pollenkurven vorgenommen.

Von den für Kärnten unterschiedenen Pollenhorizonten sind im Diagramm I sowohl der Pinus- als auch der Picea-Haupthorizont ausgebildet, im Diagramm II dagegen liegt nur letzterer vor.

Profil I

Picea-Haupthorizont 95 cm — 312 cm

Fagus-Abies-Nebenhorizont 95 cm — 207 cm

Dieser Nebenhorizont ist im Seggentorf ausgebildet. Bei 205 cm und bei 210 cm sind Beimengungen von Braunmoosen vorhanden.

Eu-Picea-Nebenhorizont 207 cm — 312 cm

207 — 273 cm Seggentorf. Bei 245 cm mit Braunmoosen, bei 250 cm und 265 cm mit Resten von *Eriophorum vaginatum.*

273 — 312 cm Mineralisch. Tonig-sandig mit scharfkantigen Schiefersteinchen bis zu 10 mm Größe. Geringe Einschwemmungen von Seggenwürzelchen, Braunmoosen, Tracheiden u. a. pflanzlichen Geweben.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Pinus-Haupthorizont 312 cm — 360 cm

Mineralisch. Tonig-sandig mit scharfkantigen Schiefersteinchen bis zu 10 mm. Geringe Einschwemmungen von Cyperaceenwurzeln, Braunmoosblättern und anderen pflanzlichen Gewebeteilen.

Profil II

Picea-Haupthorizont 60 cm — 270 cm

Fagus-Abies-Nebenhorizont 60 cm — 251 cm

Dunkelbrauner Seggentorf mit z. T. erheblichen Beimengungen von Braunmoosen bei 60—120 cm und 220—250 cm. Reste von *Eriophorum vaginatum* bei 110 cm und 140—150 cm. *Sphagnum*blätter bei 240 cm.

Eu-Picea-Nebenhorizont 251 cm — 270 cm

Dunkelbrauner Seggentorf, bereits leicht mineralisch. Bei 260 cm mit Resten von *Eriophorum vaginatum.*

Das absolute Alter der Pollenhorizont-Grenzen kann, nach dem augenblicklichen Stand der Kenntnisse, nur mit gewissen Vorbehalten angegeben werden. Radiometrischen Datierungen aus dem Keutschacher See (508 m), dem Schwarzen Moor (770 m) und dem Dobramoor (902 m) zufolge hat sich die Buche schon vor mindestens 6.000 Jahren in Kärnten auszubreiten begonnen. Es ist daher wahrscheinlich, daß am Kohrnock die Grenze zwischen Eu-Picea-Nebenhorizont und Fagus-Abies-Nebenhorizont mit ungefähr 4.000 v. Chr. anzusetzen ist. Nach weiteren C_{14}-Ergebnissen aus denselben Mooren und nach solchen aus dem Lengholzer Moor ist die Grenze zwischen Pinus-Haupthorizont und Picea-Haupthorizont kaum älter als 7.000 Jahre v. Chr.

Der Pollenaspekt des Pinus-Haupthorizontes ist im allgemeinen der gleiche wie er aus anderen Bohrstellen Kärntens bekannt wurde: Der häufigste Pollen-Typ ist der Pinus-Typ und unter dem Blütenstaub der Kräuter stehen *Artemisia,* Chenopodiaceen und Gramineen im Vordergrund. Auffallend gering ist der Pollenanteil der Sträucher, unter denen auch *Ephedra* vertreten ist.

Zum Unterschied von Diagrammen aus tieferen Lagen hat die Zweiteilung des Pinus-Haupthorizontes im Diagramm Kohrnock I praktisch keine Bedeutung. Dies könnte grundsätzlich auf zwei Ursachen zurückgehen. Entweder ist der Birken-Ulmen-Linden-Nebenhorizont auf eine so dünne Sedimentschichte beschränkt, daß er nicht in die Probenserie fiel, oder die Sedimentationsstärke der für den Pi_2-Nebenhorizont kennzeichnenden Pollen-Typ spielt in dieser Höhenlage und

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Vegetationszone keine ausschlaggebende Rolle mehr. Obwohl ersteres nicht gänzlich ausgeschlossen wäre, ist letzteres dennoch wahrscheinlicher. Bereits in den Diagrammen des Autertales, 1460 m, die Bohrstelle ist nur ca. 7,6 km Luftlinie vom Kohrnock entfernt, liegt der Pi_2-Nebenhorizont nicht mehr so typisch wie in den Tallagen Innerkärntens vor. Die Birkengipfel sind im Autertal verhältnismäßig klein, im Diagramm A wurde er überhaupt erst durch ein Lupendiagramm aufgefunden, und die Prozentwerte der Ulmen und Linden sind gering. Man wird diese Zusammenhänge zwischen Pi_2-Nebenhorizont, Höhenlage und Vegetationszone bei weiteren Arbeiten im Auge behalten müssen.

Vermutlich wegen des Ausbleibens des Birken-Ulmen-Linden-Nebenhorizontes vollzieht sich der Übergang des Kiefern-Haupthorizontes in den Fichtenpollen-Haupthorizont wesentlich unvermittelter, als dies sonst in Kärnten zu beobachten ist. Bereits hierin und weiters noch in der absoluten Vorherrschaft des Fichtenpollens während des Buchen-Tannen-Nebenhorizontes kommt die Zugehörigkeit der Kohrnock-Diagramme zur zentralalpinen Nadelwald- Innenzone zum Ausdruck.

Der Fichtenpollen-Haupthorizont wird, soweit er vorhanden ist, zur Gänze vom Fichtenpollen beherrscht. Es liegt jedoch nahe, daß in den obersten, fehlenden Abschnitten der Fichtenpollen zugunsten des Kiefernpollens zurückweicht, wie wir das in den Diagrammen des benachbarten Autertales sehen. Dafür spricht nicht nur der in Diagramm II nach oben hin deutlich zu erkennende Rückgang der Fichtenpollen-Sedimentation, als auch die Tatsache, daß heute in unmittelbarer Nähe des Moores Bergkiefern wachsen und die Zirbe im Raume der Turracher Höhe unter den Waldbäumen vorherrscht.

Die Nebenhorizonte des Fichtenpollen-Haupthorizontes können mittels der Buchenpollen-Kurve deutlich abgegrenzt werden. Es ist bemerkenswert, daß die (Seggen-) Torfbildung verhältnismäßig spät, nämlich erst w ä h r e n d des Pc_1-Nebenhorizontes eingesetzt hat. Die Hauptmasse der organischen Ablagerung ist daher jung.

Erwartungsgemäß tritt mit dem Übergang des mineralischen Sedimentes in den Torf der Cyperaceen-Pollen sehr stark als örtlicher Pollenniederschlag in Erscheinung. Der Kurvenverlauf der Cypraceen weist daher erhebliche Schwankungen auf und weicht in den beiden Diagrammen voneinander ab. Man ist daher nicht in der Lage, zumal das „*Trichophorum*-Niedermoor" kein Erosionsmoor im Sinne der „Riedmöser" (SCHARFETTER, 1938) ist, und Austrocknungshorizonte fehlen, an Hand der Cyperaceen-Kurve klimatische Schwankungen abzuleiten.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

c) Verzeichnis der nicht in die Diagramme aufgenommenen Pollen- und Sporenfunde.

Profil I

Sporen:

Lycopodium annotinum-Typ	95, 140, 150, 160, 180 cm	1 Sp *
Polypodium vulgare	200 cm	1 Sp

Pollen:

Drosera	105 cm	1 Pk**
Dianthus	100, 255, 275, 185 cm	1 Pk
	290 cm	2 Pk
Epilobium	190, 295 cm	1 Pk
Filipendula	165, 280 cm	1 Pk
	290 cm	2 Pk
Helianthemum	320, 340 cm	1 Pk
Larix	235 cm	1 Pk
	310 cm	4 Pk
Lonicera	125, 190, 210, 285 cm	1 Pk
	295 cm	2 Pk
Labiatae	290, 310 cm	2 Pk
	295, 305 cm	4 Pk
Menyanthes	360 cm	1 Pk
Ostrya	125, 185 cm	1 Pk
Plantago media-Typ	105 cm	3 Pk
Papilionaceae	305 cm	1 Pk
	330 cm	2 Pk
Ranunculus acer-Typ	210, 255, 360 cm	1 Pk
	265 cm	2 Pk
	205 cm	3 Pk
	295 cm	4 Pk
Scrophulariaceae	135 cm	1 Pk
	100 cm	2 Pk
Sparganium-Typ	95 cm	1 Pk
Valeriana	195, 290 cm	1 Pk
	215 cm	2 Pk

Profil II

Sporen:

Athyrium-Typ	250 cm	1 Sp
Dryopteris filix mas	260 cm	1 Sp
	250 cm	2 Sp
Lycopodium annotinum-Typ	100, 180 cm	1 Sp
Polypodium vulgare	90 cm	1 Sp
Selaginella selaginoides	230 cm	1 Sp
	120 cm	2 Sp

---

* Sp = Spore
** Pk = Pollenkorn

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Pollen:

Borraginaceae	110 cm	1 Pk
Centaurea Jacea-Typ	80 cm	1 Pk
Dianthus-Typ	260 cm	1 Pk
Epilobium	90, 200, 270 cm	1 Pk
Filipendula	110, 250 cm	1 Pk
Larix	70, 100, 260 cm	1 Pk
Liliaceae	140, 210 cm	1 Pk
	170 cm	4 Pk
Lonicera	160, 250 cm	1 Pk
Ostrya	60, 90, 120 cm	1 Pk
Papilionaceae	160 cm	1 Pk
Rubiaceae	250 cm	1 Pk
Vitis-Typ	250 cm	1 Pk

4. Weitere Fossilfunde

Zur Ergänzung der pollenanalytischen Untersuchung wurde auch auf andere Fossilien geachtet. Algen- und Spaltöffnungs-Funde wurden bereits im Rahmen der statistischen Auszählung des Glyzerin-Materials aufgezeichnet. Die Großrest-Untersuchung dagegen erfolgte an dem durch fünfprozentige Oxalsäure aufgehellten Torfrückstand.

Pediastren.

Diese einzelligen Grünalgen sind hauptsächlich auf den mineralischen Bereich des Picea-Haupthorizontes beschränkt. In Profil I wurden sie daher vor allem in den Proben 310 — 275 cm und in Profil II auch noch in der untersten, leicht minerogenen, Torfschichte beobachtet.

Spaltöffnungen von Koniferennadeln.

Die Spaltöffnungs-Funde häufen sich auffallenderweise im *Eu-Picea*-Nebenhorizont und haben in beiden Profilen ihre obere Fundgrenze etwa bei —200 cm. Doch ist bemerkenswert, daß in Profil I selbst im *Pinus*-Haupthorizont bei —335 cm eine Spaltöffnung auftrat. In einigen Fällen, in denen den Spaltöffnungen noch Reste des umliegenden Blattgewebes anhafteten, war durch Vergleich mit rezentem Material eine Gattungsbestimmung möglich:

Profil I	— 270 cm	*Picea*-Spaltöffnungen
Profil I	— 275 cm	*Picea*- und *Pinus*-Spaltöffnungen
Profil I	— 280 cm	*Picea*-Spaltöffnungen

Koniferennadeln.

Ähnlich wie die Spaltöffnungen sind die meisten Nadelreste an den *Eu-Picea*-Nebenhorizont gebunden:

Profil I	— 185 cm	1 Nadelbruchstück von *Picea*
Profil I	— 255 cm	1 Nadelbruchstück von *Picea*
Profil I	— 270 cm	3 Nadelbruchstücke von *Picea*
Profil II	— 260 cm	3 Nadeln von *Picea*

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Holz.

Die aufgefundenen Holzteile waren sehr kurze, bis 3 mm im Querschnitt messende Zweigbruchstücke:

Profil I	250 cm	Nadelholz
Profil II	150 cm	Nadelholz
Profil II	200 cm	Laubholz

Aus diesen Fossilfunden ergeben sich folgende wertvolle Hinweise:

Die ab 310 cm, Profil I, auftretenden Padiastren zeigen eine spürbare klimatische Besserung im Raume des Kohrnocks an. Da gleichzeitig mit den Grünalgen auch der fossile Polleninhalt der Sedimente stark zunimmt, haben wir mit diesem Diagrammpunkt wohl den (lokalen?) Beginn des Postglazials vor uns. Leider läßt sich, mangels organischer Substanz, diese Sedimentlage nicht radiometrisch nach ihrem Alter untersuchen. Außerdem muß auch die Frage, ob dieser Klimabesserung schon andere vorausgegangen sind, zunächst noch offen bleiben. Auf Grund verschiedener, in das Liegende der Padiastren-Schichten eingeschwemmter pflanzlicher Gewebeteile (Cyperaceenwurzeln, Tracheiden, 1 Spaltöffnung) ist es wahrscheinlich, daß bereits vor der durchgreifenden Klimabesserung spärlicher Pflanzenwuchs an den Hängen des Kohrnocks vorhanden war.

Die Spaltöffnungen, Nadeln und Holzreste beweisen, daß in postglazialer Zeit das Fichtenareal in den Gurktaler Alpen bis mindestens 2000 m gereicht hat und somit die Waldgrenze bedeutend höher lag als heute.

5. Erörterung über die Auswertung der Zählergebnisse pollenanalytischer Untersuchungen

a) Zielsetzung.

Um das Problem, das in diesem Abschnitt aufgeworfen wird, klar und deutlich herauszustellen, ist es notwendig, den Hergang einer pollenanalytischen Untersuchung in den wesentlichsten Zügen zu rekapitulieren.

Den in der Feldarbeit gewonnenen Sedimenten entnimmt man in willkürlich gewählten, aber regelmäßigen Abständen annähernd gleich große Mengen und behandelt diese im Laboratorium mit geeigneten chemisch-physikalischen Methoden, um vor allem den fossilen Polleninhalt in den Proben anzureichern. Die so erhaltenen Pollen-Zentrifugate werden für die mikroskopische Untersuchung in eine bestimmte Menge Glyzerin aufgenommen. Der mikroskopische Untersuchungsvorgang vollzieht sich nun in der Weise, daß man die aus dem Glyzerin-Material hergestellten Präparate bei mittlerer Ver-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

größerung fortlaufend nach Pollen durchmustert und dabei die Typen-Zugehörigkeit der Blütenstaubkörner registriert. Nach Auszählung von ca. 200 — 1000 Pollenkörnern je Probe wird im allgemeinen die Untersuchung abgebrochen.

Seit Lennart v. POST, 1916, ist es üblich, die Auszählungsergebnisse graphisch in Form der sogenannten „Pollendiagramme" darzustellen. Zu diesem Zwecke wird für jede Probe der „prozentuelle" Anteil der einzelnen Pollen-Typen an der „Grundsumme" berechnet. Diese Werte trägt man in ein Koordinatensystem ein. Auf der Ordinate ist die absolute Tiefe der untersuchten Probe und auf der Abszisse sind die Prozentwerte angegeben. Letztere werden zu den „Pollenkurven" verbunden.

Die so gezeichneten Diagramme bilden die Grundlage für die eigentliche, wohl aber schwierigste Aufgabe des Palynologen, nämlich für die florengeschichtliche, vegetationsgeschichtliche, paläoklimatologische und pollenstratigraphische Auswertung der untersuchten Sedimente. Es besteht nicht die Absicht, an dieser Stelle auf die vielfältigen Schwierigkeiten der Interpretation einzugehen; es sei diesbezüglich auf die Ausführungen in „Waldgeschichte Mitteleuropas" (FIRBAS, 1949) verwiesen. Dem Verfasser liegt es vielmehr daran, auf ein Problem aufmerksam zu machen, das in unmittelbarer Beziehung zur Darstellungsart der Untersuchungsergebnisse steht.

Die in einer pollenführenden Sedimentprobe pollenanalytisch registrierbaren Untersuchungsgrößen sind sowohl die Typenzugehörigkeit der Pollen als auch die Zahl der je Type in der Volumseinheit vorhandenen Blütenstaubkörner. Der Art mikroskopischer Untersuchung zufolge spiegelt sich die Zahl der Pollen pro Sedimentvolumen in der Zahl der Blütenstaubkörner pro untersuchter Flächeneinheit wieder. In der oben beschriebenen Darstellungsweise der Zählergebnisse bleibt die „wahre Pollendichte" völlig unberücksichtigt. Diese wird nur gelegentlich von den Autoren in Form einer eigenen Kurve angegeben. Welche Gründe im einzelnen für das Weglassen des quantitativen Merkmals des fossilen Polleninhalts auch angeführt werden mögen, so kommen wir nicht darüber hinweg, daß selbst die Diagrammdarstellung nach L. v. POST nicht ohne das Merkmal der Quantität auskommt. Durch die Prozentsetzung wird nämlich an Stelle der „wahren Pollendichte" eine für alle Proben gleiche „fiktive Pollendichte" von 100 Pollenkörner pro Flächeneinheit eingeführt. Infolge dieser Tatsache ergeben sich im Kurvenverlauf der Pollendiagramme Verzerrungen, welche unter bestimmten Voraussetzungen zu falschen Interpretationen Anlaß geben können. Dies soll im folgenden zunächst rein theoretisch aufgezeigt und weiters an Hand konkreter Beispiele beleuchtet werden.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

b) Die Korrektur der „wahren Pollendichte" zur „fiktiven Pollendichte" von 100 Pollenkörnern pro cm² Präparatfläche.

Wir betrachten den besonderen Fall, das zu untersuchende Pollenpräparat hätte über seine Fläche gleichmäßig pro cm² 100 Pollenkörner verteilt und wir würden 1 cm² Untersuchungsfläche auszählen. Als Zählergebnis nehmen wir das folgende, einfache Beispiel an:

	Pollenkörner auf 1 cm²
Pinus	50
Picea	30
Fagus	15
Abies	5

Die der Prozentberechnung dienende „Grundsumme" ist hier 100:

	Prozentwerte
Pinus	50
Picea	30
Fagus	15
Abies	5

Unter diesen Voraussetzungen sind die Zahlengrößen für die Pollenkörner pro cm² und der dazugehörenden Prozentwerte einander gleich. Man kann daher in einem solchen Falle die im Pollendiagramm eingetragenen Werte sowohl als „Prozentwerte" als auch als „Pollendichtewerte" auffassen.

Wollte man an einem Pollenpräparat, das die Pollendichte von 100 Pollenkörnern pro cm² aufweist, auch zwei, drei oder mehr cm² auszählen und damit Grundsummen von 200, 300 oder höher erhalten, so würden die Prozentwerte stets dieselben sein wie bei der Auszählung eines einzigen cm². Weiters ist es für die Prozentberechnung gleichgültig, ob sich die Grundsumme eines Zählergebnisses, z. B. 200 auf die Untersuchung von 2 cm² mit je 100 Pollenkörner pro cm² oder auf die Auszählung von 1 cm² mit der Pollendichte von 200 Pollenkörnern pro cm² bezieht. Die Prozentberechnung verschleiert daher nicht nur die „wahre Pollendichte", sondern entspricht der Einführung einer „fiktiven Pollendichte" von 100 Pk/cm². Hätte man in einem Pollenpräparat, ohne Rücksicht auf die wahre Pollendichte, 750 Pollenkörner ausgezählt und den prozentuellen Anteil der einzelnen Pollen-Typen an der Grundsumme ermittelt, so entspräche das zwangsläufig der Annahme, die 750 Pollenkörner wären auf 7,5 cm² gefunden worden, wodurch nun die Zahlengrößen der Prozentwerte den Zahlengrößen bei einer Pollendichte von 100 Pk/cm² gleichkommen.

Welche Folgerungen sind nun mit dieser Feststellung verbunden? Stets wenn die Pollendichte in einem Präparat von der Pollendichte 100 Pk/cm² abweicht, und das ist so gut wie immer der Fall, werden

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

die effektiven Zahlenwerte der „wahren Pollendichte" zu den Zahlenwerten der „fiktiven Pollendichte" verändert, das heißt korrigiert! Zwei Beispiele mögen das veranschaulichen:

	Wahre Pollendichte	%	Fiktive Pollendichte
Pinus	42 Pk/cm²	70	70 Pk/cm²
Betula	9 Pk/cm²	15	15 Pk/cm²
Picea	6 Pk/cm²	10	10 Pk/cm²
Alnus	3 Pk/cm²	5	5 Pk/cm²
Grundsumme:	60 Pk/cm²	100%	100 Pk/cm²

	Wahre Pollendichte	%	Fiktive Pollendichte
Pinus	336 Pk/cm²	70	70 Pk/cm²
Betula	72 Pk/cm²	15	15 Pk/cm²
Picea	48 Pk/cm²	10	10 Pk/cm²
Alnus	24 Pk/cm²	5	5 Pk/cm²
Grundsumme:	480 Pk/cm²	100%	100 Pk/cm²

Wir entnehmen diesen beiden Zählergebnissen folgendes: Ist die ausgezählte Pollen-Grundsumme einer Probe, bzw. die wahre Pollendichte pro cm², kleiner als 100, so werden durch die Prozentberechnung die Zahlenwerte der einzelnen Pollen-Typen vergrößert, ist die Pollen-Grundsumme (bzw. wahre Pollendichte) dagegen größer, so erfahren die Zahlenwerte eine Reduktion.

Würde man ein „Pollenspektrum", das ist die Gesamtheit der in einer Probe ermittelten Pollen-Typen, für sich allein, also für etwas statisch Gegebenes betrachten, so hätten diese Korrekturen der Zahlenwerte keinen nachteiligen Einfluß. Das Verhältnis der Zahlengrößen zueinander bleibt nämlich dasselbe, gleichgültig, ob wir das Zählergebnis in Pk/cm² oder in Prozenten angeben:

So verhält sich 3 : 6 : 9 : 42 wie 5 : 10 : 15 : 70,
oder 24 : 48 : 72 : 336 wie 5 : 10 : 15 : 70.

Sobald man jedoch zwei oder mehrere Pollenspektren miteinander in einen genetischen Zusammenhang bringt, wie dies beim Pollendiagramm geschieht, treten zwischen dem Verlauf der wahren Pollendichte-Kurven und den Prozentkurven Abweichungen auf. Diese gehen darauf zurück, daß gleiche Prozentwerte verschiedener Pollenspektren nicht direkt vergleichbar sind. So verhalten sich 24 Pk/cm² *(Alnus)* zu 48 Pk/cm² *(Picea)* im selben Spektrum wie ihre dazugehörenden Prozente 5 : 10, nicht mehr aber ist das Verhältnis von 24 Pk/cm² *(Alnus)* des einen Spektrums zu 3 Pk/cm² *(Alnus)* des anderen Spektrums das gleiche wie deren Prozente 5 : 5. Die Ursache dessen liegt im Wesen der Prozentberechnung. Diese bringt die Einzelglieder eines Spektrums in eine gegenseitige Abhängigkeit. Die Abhängigkeit besteht darin, daß selbst bei Veränderung einer einzigen

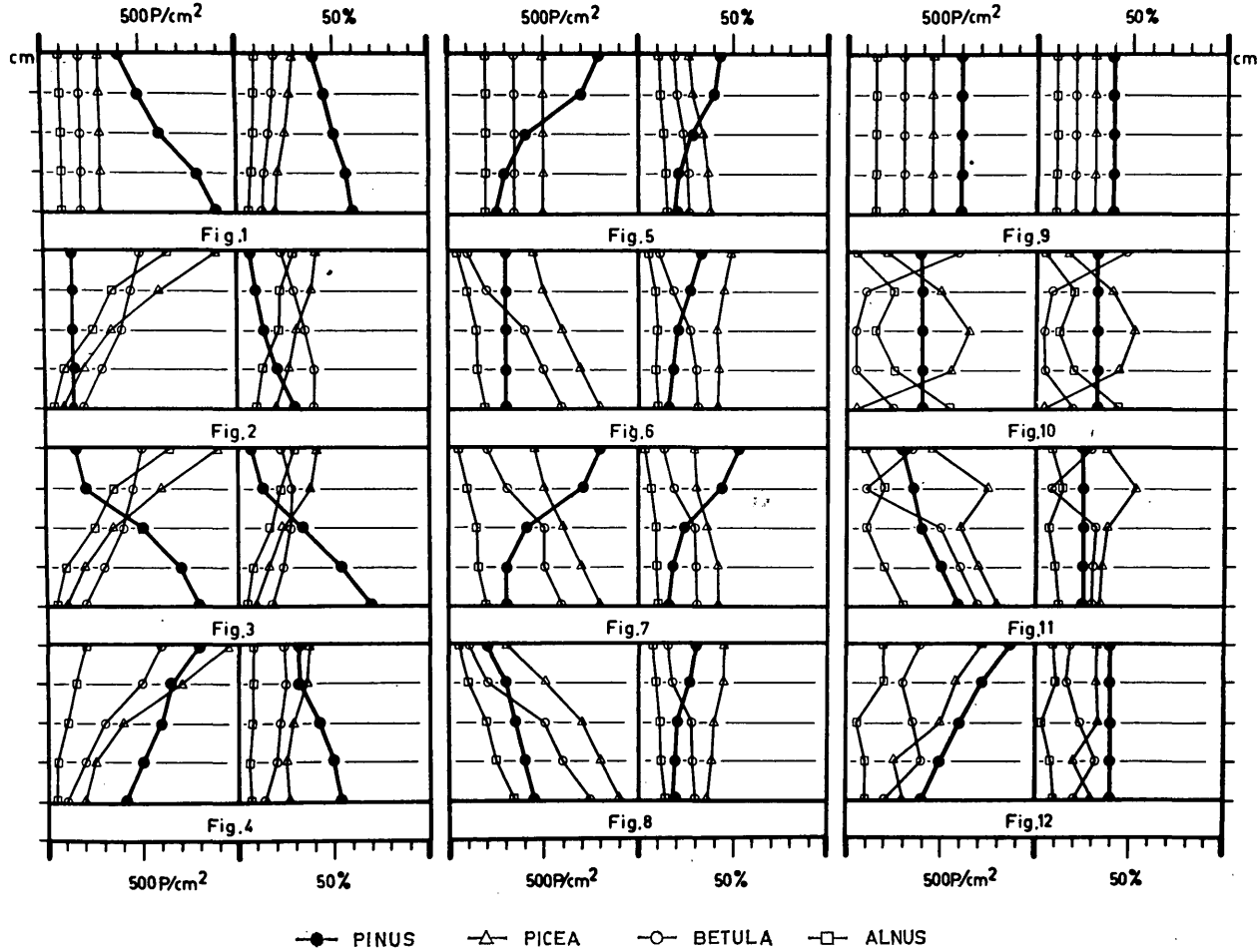
©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Zahlengröße sich alle übrigen zwangsläufig verschieben müssen, um wieder 100% zu ergeben. Dem Zählergebnis wird dadurch eine innere Struktur aufgezwungen, die den natürlichen Gegebenheiten in der Vegetation widerspricht. Verringert sich nämlich im Pollenanflug auf ein Moor der Mengenanteil einer Pollen-Type, so muß doch dieser Fehlbetrag im Pollenniederschlag nicht unbedingt durch Erhöhung der Pollenproduktion eines anderen Gewächses, und schon gar nicht im gleichen Ausmaß, kompensiert werden. Dasselbe gilt sinngemäß bei verstärktem Pollenanflug einer bestimmten Pollen-Type. Dazu kommt noch, daß der fossile Blütenstaub einer Probe aus verschiedenen Entfernungen und daher aus verschiedenen Lebensgemeinschaften zusammengeweht wurde, die untereinander in keiner direkten Beziehung gestanden haben mußten.

c) Die „Kurvenverzerrungen" der Pollenkurven gegenüber den natürlichen Sedimentationsbedingungen.

Verschiedene Pollenspektren können also nur dann fehlerlos miteinander in Beziehung gebracht werden, wenn entweder bei variabler Pollendichte das Verhältnis der einzelnen Pollen-Typen zueinander von Spektrum zu Spektrum konstant ist, oder bei veränderlichen Verhältnissen die Pollendichte gleich bleibt. Werden jedoch beide Faktoren, Pollendichte und prozentuelles Verhältnis, variiert, wie im Falle der natürlichen Pollensedimentation, können im Kurvenverlauf der Pollen-Typen nicht unbedeutende Abweichungen gegenüber den natürlichen Sedimentationsverhältnissen auftreten.

Abb. 1 zeigt die kennzeichnendsten, theoretischen Möglichkeiten, derartiger „Kurvenverzerrungen". Der Ausdruck „Kurvenverzerrung" möge in diesem Zusammenhang mit der Beschreibung der Fig. 1—12 so verstanden werden, daß die Prozentkurve fällt, obwohl sie ansteigen oder gleichbleiben müßte, die Prozentkurve ansteigt, obwohl sie fallen oder gleichbleiben müßte und die Prozentkurve gleichbleibt, obwohl sie fallen oder ansteigen müßte. Zur Illustrierung dieser Fälle sind in Abb. 1 einfache Pollendiagramme, die nur aus vier verschiedenen Pollen-Typen, dem *Pinus-*, *Picea-*, *Betula-* und *Alnus*-Typ, bestehen, gemeinsam mit den dazugehörenden „Zählergebnissen", ausgedrückt in Pollenkörner pro cm^2, gruppenweise dargestellt. Die Zählergebnisse können im Rahmen dieser Erörterung auch unmittelbar als „Pollensedimentation" aufgefaßt werden. Im Blickpunkt der Betrachtung steht das Verhalten der *Pinus*-Kurve.



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Pinuspollen-Prozentkurve sinkt in den Pollendiagrammen von unten nach oben (Fig. 1 — Fig. 4).

Fig. 1: Keine Kurvenverzerrung. Die sinkende Pinuspollen-Prozentkurve entspricht dem tatsächlichen Rückgang des Pinuspollens pro cm².

Fig. 2: Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve sinkt, obwohl der Pinuspollen-Anflug pro cm² gleichbleibt, da die übrigen Pollen-Typen stark zunehmen.

Fig. 3: Keine Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve sinkt stark, da sowohl der Pinuspollen-Anflug pro cm² zurückgeht als auch eine Zunahme der übrigen Pollen-Typen erfolgt. Addition zweier Effekte.

Fig. 4: Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve sinkt, obwohl der Pinuspollen-Anflug pro cm² zunimmt, da auch der Pollenanflug der übrigen Pollen-Typen, und zwar prozentuell stärker als der des Pinuspollens, ansteigt.

Die Pinuspollen-Prozentkurve steigt in den Pollendiagrammen von unten nach oben (Fig. 5 bis Fig. 8).

Fig. 5: Keine Kurvenverzerrung. Die ansteigende Pinuspollen-Prozentkurve entspricht der Zunahme des Pinuspollen-Anfluges pro cm².

Fig. 6: Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve steigt an, obwohl der Pinuspollen-Anflug pro cm² gleich bleibt, da die übrigen Pollen-Typen im Pollenanflug abnehmen.

Fig. 7: Keine Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve steigt an, da sowohl der Pollenanflug von Pinus zunimmt, als auch der Pollenanflug der übrigen Pollen-Typen zurückgeht. Addition zweier Effekte.

Fig. 8: Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve steigt an, obwohl der Pinuspollen-Anflug pro cm² zurückgeht, da die Abnahme der übrigen Pollen-Typen prozentuell größer ist als bei *Pinus*.

Die Pinuspollen-Prozentkurve bleibt in den Pollendiagrammen gleich (Fig. 9 — Fig. 12).

Fig. 9: Keine Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve bleibt unverändert. Der Pollenanflug sämtlicher Pollen-Typen ist konstant.

Fig. 10: Keine Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve bleibt trotz des unveränderten Pollenanfluges von *Pinus* nur deshalb konstant, da sich Zunahme und Abnahme des Pollenanfluges der übrigen Pollen-Typen kompensiert.

Fig. 11: Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve bleibt unverändert, obwohl der Pinuspollen-Anflug pro cm² zurückgeht, da der Pollenanflug der übrigen Pollen-Typen, gemeinsam betrachtet, im gleichen Ausmaß abnimmt.

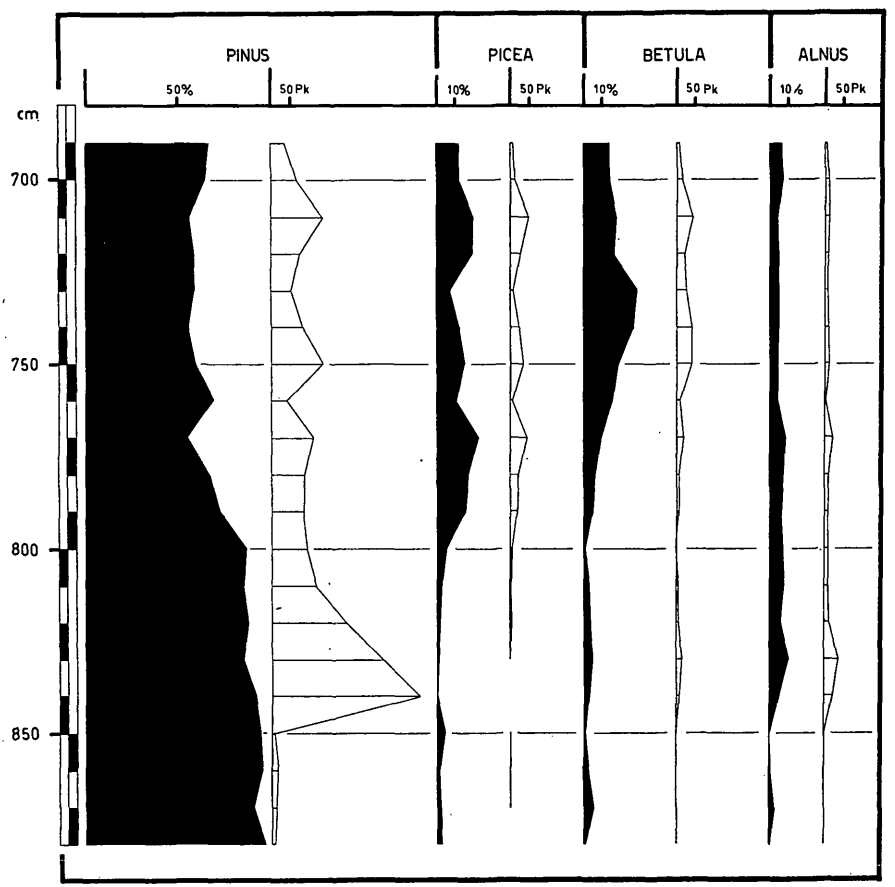
Fig. 12: Kurvenverzerrung. Die Pinuspollen-Prozentkurve bleibt unverändert, obwohl der Pinuspollen-Anflug pro cm² ansteigt, da der Pollenanflug der übrigen Pollen-Typen, gemeinsam betrachtet, im gleichen Ausmaß zunimmt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

d) Bedeutung der „Kurvenverzerrungen" für die Interpretation von Pollendiagrammen.

Die zunächst rein theoretisch ausgeführten Erörterungen über „Kurvenverzerrungen" sind für die Interpretation von Pollendiagrammen auch von praktischer Bedeutung. Wenn diesbezüglich im einzelnen noch Erfahrungen gesammelt werden müssen, so mögen dennoch folgende Erkenntnisse jetzt schon besonders herausgestellt werden:

1. Auf Grund der Tatsache, daß dem Verlauf einer Prozent-Pollenkurve grundsätzlich drei verschiedene Möglichkeiten der wahren Sedimentationsverhältnisse zugrunde liegen können, muß die Interpretation von Prozentkurven, ohne Beachtung der Pollendichte der einzelnen Pollen-Typen, stets unsicher bleiben. Dadurch wird die Notwendigkeit unterstrichen bei pollenanalytischen Untersu-



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

chungen den Pollendichte-Verhältnissen gebührendes Augenmerk zu schenken.

2. Die Kohrnock-Diagramme und Abb. 2 zeigen, daß Kurvenverzerrungen in den Pollendiagrammen wirklich, und zwar gar nicht so selten, auftreten und diese daher bei der Deutung von Pollenkurven unbedingt berücksichtigt werden müssen.

3. Die Schwierigkeiten, die sich aus den Kurvenverzerrungen für die Interpretation von Diagrammen ergeben, bestehen vor allem darin, daß es echte und scheinbare Prozentkurven-An- und Abstiege gibt und daß diese ohne die Pollendichteverhältnisse nicht zu unterscheiden sind. Dieses Faktum spielt z. B. in Diagrammabschnitten spätglazialer Klimarückschläge eine bedeutsame Rolle. So werden allgemein die im Zusammenhang mit einer Klimaverschlechterung auftretenden Birken- und Graspollen-Prozentgipfel als Zeichen einer Vegetationsauflockerung mit gleichzeitiger Ausbreitung von Birke und Gräser aufgefaßt. In den Diagrammen Kohrnock I und Lengholz I läßt sich jedoch der Nachweis führen, daß derartige Birken- und Graspollen-Prozentgipfel hier nur die Folge von Kurvenverzerrungen im Sinne der Fig. 8, Abb. 1 sind. Klimaverschlechterungen führen demnach offenbar auch bei ökologisch anspruchsloseren Gewächsen zu einer Einengung ihres Verbreitungsareals. Es ist aber kein Zufall, daß gerade die Pollenkurven solcher Pflanzen den Verzerrungen durch die Prozentrechnung anheimfallen.

Weiters können Kurvenverzerrungen auch darauf zurückgehen, daß der im Sediment abgelagerte Blütenstaub aus verschiedener Entfernung und aus verschiedenen Pflanzengemeinschaften stammt. Dies läßt sich an der Fichtenpollen-Prozentkurve der Kohrnock-Diagramme beobachten. Diese zeigt im Buchen-Tannen-Nebenhorizont deutlich eine von unten nach oben hin absteigende Tendenz. Die Fichtenpollen-Dichte dagegen ändert sich im wesentlichen nicht (Diagramm I) oder nimmt sogar teilweise noch zu (Diagramm II). Die Ursache des allmählichen Rückganges der Fichtenpollen-Prozentkurve liegt daher, zumindest zur Hauptsache, im zusätzlichen Anflug an Buchen- und Tannenpollen, der die Prozentwerte des Fichtenpollens zwangsläufig herabdrückt (Abb. 1 Fig. 2). Eindeutige Hinweise für eine Areal-Einengung der Fichte findet man erst in den obersten Lagen des Diagramms II durch das Absinken der Fichtenpollendichte unter den Wert von 100 Pollenkörnern pro cm^2.

6. Die Vegetationsentwicklung und Waldgrenzverschiebung im Kohrnockgebiet.

Um die Vegetationsgeschichte einer Gegend zu rekonstruieren, ist es zweckmäßig, den fossilen Polleninhalt der untersuchten Sedimente so weit wie möglich nach seiner Herkunft zu gliedern. Nach

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

FIRBAS (1949) entstammt in bewaldeten Gebieten der überwiegende Anteil des Pollens

1. aus dem örtlichen Niederschlag,
2. aus dem Umgebungsniederschlag bis zu 500 m und
3. aus dem Nahflugniederschlag (500 m bis 10.000 m).

Das Niedermoor am Kohrnock liegt heute hinsichtlich der äußersten Grenze des mengenmäßig bedeutsamen „Blütenstaub-Einzugsgebietes" zur Gänze in der Nadelwald-Innenzone. Die unmittelbare Umgebung des Moores bis zu 500 m Luftlinie befindet sich knapp oberhalb der jetzigen Waldgrenze. Das Gebirgsrelief sinkt innerhalb dieses Raumes nirgends unter 1800 m ab. Das Nahflug-Einzugsgebiet gehört den Nockbergen an und wird im Norden ungefähr durch den Kilnprein, 2410 m, im Osten durch die Haidnerhöhe, 2140 m, im Westen durch den Rosennock, 2434 m und im Süden durch die Ortschaften Kleinkirchheim und Patergassen begrenzt. Dieses Bergland wird im wesentlichen orographisch durch die obersten Taleinschnitte einiger Gräben gestaltet. Lediglich im Süden treten im Zusammenhang mit dem oberen Gurktal, bis etwa in 1000 m herabreichende Verebnungen auf.

Um die Zugehörigkeit des fossilen Pollens zu den angeführten Niederschlagsanteilen und deren Vegetationsräumen festlegen zu könken, wurden die Pollen-Typen zunächst gemäß der Höhe ihrer Prozentwerte gruppiert:

a) Prozentwerte sehr gering, meist unter 1%, nur ausnahmsweise bis etwa 2% ansteigend.

Zu dieser Gruppe gehört die weitaus überwiegende Zahl der Typen, nämlich 40 Pollen- und 8 Sporen-Typen. Diese verteilen sich folgend auf die verschiedenen Gewächse:

Bäume: *Juglans, Castanea, Tilia, Acer, Fraxinus excelsior, Carpinus, Ostrya* und *Larix.*

Sträucher: *Ephedra fragilis*-Typ, *Ephedra distachya*-Typ, *Salix, Vaccinium, Calluna, Lonicera, Humulus*-Typ und *Vitis.*

Kräuter: Borraginaceae, Campanulaceae, Caryophyllaceae, *Centaurea Jacea*-Typ, Compositae-Tubuliflorae, Cruciferae, *Dianthus*-Typ, *Epilobium, Filipendula, Helianthemum,* Labiatae, Papilionaceae, *Plantago media*-Typ, *Plantago alpina*-Typ, *Plantago lanceolata, Potentilla, Ranunculus acer*-Typ, Rubiaceae, *Rumex,* Scrophulariaceae, *Thalictrum,* Umbelliferae, *Valeriana,* Rosaceae.

Sporen: *Athyrium, Dryopteris filix mas, Lycopodium annotinum*-Typ, *Lycopodium alpinum*-Typ, *Polypodium vulgare, Pteridium, Selaginella selaginoides, Sphagnum.*

b) Prozentwert gering, oft noch unter 1%, nur ausnahmsweise etwas über 7% ansteigend.

Bäume: *Ulmus, Quercus.*

Sträucher: *Corylus.*

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Kräuter: *Artemisia*, Chenopodiaceae, Compositae-Liguliflorae, Liliaceae, Ranunculaceae.
Sporen: monolete Farnsporen.

c) Prozentwerte teilweise über 40% ansteigend.

Bäume: *Abies, Alnus glutinosa*-Typ, *Betula, Fagus.*
Sträucher: *Alnus viridis.*
Kräuter: Gramineae.
Sporen: *Equisetum.*

d) Prozentwerte hoch, bis 94% ansteigend.

Bäume: *Pinus, Picea.*
Kräuter: Cyperaceae.

Auf Grund der Höhe der Prozentwerte, unter Bedachtnahme auf die ökologischen Ansprüche, der Gewächse, wie deren unterschiedliche Pollenproduktion und die verschiedenartige Flugfähigkeit der Blütenstaubkörner, können die Pollen- und Sporen-Typen folgend nach ihrer Herkunft aufgeteilt werden:

Örtlicher Pollenniederschlag:

Cyperaceae, *Equisetum, Sphagnum* und vermutlich auch einige Krautpollen.

Umgebungsniederschlag:

Pinus, Picea, Betula, Larix und die Mehrzahl der Strauch- und Krautpollen, vor allem Gramineae, *Artemisia*, Chenopodiaceae und *Alnus viridis.* Von den Sporen die monoleten Farnsporen.

Nahflugniederschlag:

Pinus, Picea, Abies, Fagus, Alnus glutinosa-Typ und *Corylus.*

Nah- oder *Weit-* oder *Fernflugniederschlag:*

Juglans, Castanea, Acer, Tilia, Ulmus, Quercus, Fraxinus excelsior, Carpinus, Ostrya, Corylus.

Da Werte von einigen wenigen Prozenten, sogar solche von unter 1%, nicht nur auf Weit- oder Fernflug, sondern auch auf spärliches Vorkommen des entsprechenden Gewächses in größerer Nähe zurückgehen können, ist eine verläßliche räumliche Zuordnung der Pollen der wärmeliebenden Bäume und Sträucher nicht möglich. Jedenfalls haben diese im Raume des Nahflug-Einzugsgebietes keine bedeutende Rolle gespielt.

Die Vegetationsgeschichte im Kohrnockgebiet kann in drei Vegetationsphasen gegliedert werden:

Ältere, waldlose Vegetationsphase,
Phase des Fichten-, Zirben-, Lärchenwaldes und
Jüngere, waldlose Vegetationsphase.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Ältere, waldlose Vegetationsphase.

Das Pollendiagramm Kohrnock I reicht in einen Zeitabschnitt zurück, während dessen die Hänge des Kohrnockes im Bereich des Niedermoores keinen Wald getragen haben. Pollenstratigraphisch ist es in erster Linie die Zeit des Pinus-Haupthorizontes. Die klimatischen Verhältnisse waren damals, man entnimmt es dem Fehlen der Pediastren, zu ungünstig. Großreste von Waldbäumen findet man daher in den entsprechenden Sedimenten noch nicht. Selbst krautige Gewächse, unter denen pollenmäßig *Artemisia*, Gramineen und Chenopodiaceen im Vordergrund stehen, dürften nur schüttere Bestände gebildet haben. Doch ist es nicht gänzlich auszuschließen, daß vereinzelte Kiefern wenigstens zeitweise vorhanden gewesen sind (eingeschwemmte Tracheidenreste, 1 Nadelholz-Spaltöffnung bei 335 cm). Die Pollendichte-Kurven, besonders die der Kiefer, lassen während dieser Phase ein einmaliges Näherrücken einer Kiefernwaldfront erkennen.

Phase des Fichten-Zirben-Lärchenwaldes

An der nacheiszeitlichen Bewaldung des Kohrnocks ist maßgebend die Fichte beteiligt. Sie erscheint erst mit der allgemein sich anbahnenden Klimabesserung des Postglazials. Gleichzeitig mit der Fichte dringt auch die Kiefer vor. Ihre Bedeutung in der Vegetation tritt jedoch wesentlich hinter der der Fichte zurück. Wenn auch der Nachweis von *Pinus Cembra* pollenanalytisch nicht ganz befriedigt, so ist aus naheliegenden Gründen doch damit zu rechnen, daß es vor allem die Zirbe war, die mit der Fichte einwanderte. Von der Lärche, deren Pollen nur spärlich vorhanden sind, ist es aus Erfahrung bekannt, daß ihr Blütenstaub allgemein erheblich untervertreten ist. Der Wald also, der sich hier allmählich einstellte, war vor allem ein Fichtenwald, dem aber Zirbe und Lärche beigemengt waren. An wasserzügigen Standorten breitete sich die Grünerle aus. Die Bewaldungsdichte dürfte anfangs noch einige Zeit mäßig gewesen sein. In den unteren Schichten des Eu-Picea-Nebenhorizontes, von 310—270 cm, Diagramm I, ist die Picea-Pollendichte merklich geringer als in den jüngeren Lagen darüber, dafür wurde viel Blütenstaub von *Alnus viridis* angeweht. Außerdem treten hier relativ häufig Sporen von *Selaginella selaginoides* auf. Die Ursache mag sowohl in klimatischen als auch in edaphischen Faktoren zu suchen sein. Erst mit dem Beginn der Torfbildung verdichtete sich der Waldbestand (Großrestfunde!).

Wie wir heute wissen, ist ein Teil der Laub- und Nadelhölzer bereits früh in Kärnten eingewandert. So haben sich diese schon mit Beginn des Postglazials gemäß ihren ökologischen Ansprüchen an verschiedenartigen Standorten angesiedelt. Aus diesem Grunde hatte sich die Waldausbreitung in den einzelnen Landesteilen, gebunden an die lokalklimatischen Bedingungen, in unterschiedlicher Art vollziehen kön-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

nen (FRITZ, 1967). Die frühe und sofortige Bewaldung des Alpenhauptkammes in Kärnten durch die Fichte ist daher ein Beweis dafür, daß schon damals der Norden des Landes stärker kontinental gewesen ist als der Süden und die Nadelhölzer hier den Laubhölzern ökologisch überlegen waren. Daher ist die Annahme, die frühe Einwanderung der Fichte in Kärnten hätte das Vordringen der wärmeliebenden Bäume und Sträucher verhindert, nur teilweise richtig, nämlich nur insoferne, als dadurch den Elementen des mesophytischen Laubwaldes und der Hasel die Eroberung ökologischer Grenzgebiete verwehrt wurde. Falsch aber wäre es, wollte man glauben, die sofort von der Fichte besetzten Standorte hätten den wärmeliebenden Gewächsen jemals während des Postglazials optimale Lebensbedingungen geboten. Nur an lokal besonders begünstigten Standorten innerhalb der zentralen Ostalpen haben sich auch anspruchsvollere Waldbäume ausbreiten und halten können, wie z. B. im Gößgraben am Südfuß der Hochalmspitze, wo heute bis in Höhen von 1600 m Laubhölzer auftreten.

Die Einwanderung und Ausbreitung der Buche und Tanne, die als letzte Hauptwaldbildner in Kärnten erscheinen, haben zwar in weiten Teilen des Landes beachtliche Umbildungen in den Waldgesellschaften mit sich gebracht, es liegen jedoch keine eindeutigen Anhaltspunkte dafür vor, daß Buche und Tanne bis in den unmittelbaren Bereich der Untersuchungsstelle vorgedrungen wären. Umso mehr wundert man sich, daß ihre Blütenstaubkörner im Sediment verhältnismäßig stark vertreten sind.

Jüngere, waldlose Vegetationsphase.

Diese Vegetationsphase reicht in die Gegenwart herein. Die Waldgrenze ist bis auf etwa 1800 m abgesunken. In den beiden Pollendiagrammen tritt die jüngere waldlose Vegetationsphase noch nicht typisch auf. Die entsprechenden Sedimente konnten nicht abgebohrt werden. Doch sind in den oberen Lagen von Diagramm II, bereits die ersten Ansätze des zurückweichenden Fichtenareals ausgeprägt. Sie dokumentieren sich am verläßlichsten durch den rapiden Abfall der Fichtenpollendichte unter 100 Pk/cm². Aus den im Diagramm II, ab 90 cm auftretenden Kulturpflanzenpollen (*Juglans, Castanea)* kann der Zeitpunkt des starken Fichtenrückganges ungefähr abgeschätzt werden. Er fällt vermutlich in die keltisch-römische Periode der Siedlungsgeschichte Kärntens oder knapp vorher.

Die von GAMS und anderen Palynologen vertretene Meinung, die alpine Waldgrenze sei in früheren Jahrtausenden höher als heute gewesen, wird somit durch die pollenanalytische Untersuchung des Niedermoores am Kohrnock für die Ostalpen bestätigt. Es liegt nahe, zur Erklärung der Erniedrigung der Waldgrenze klimatische Gründe heranzuziehen. Völlig befriedigen kann dies allerdings nicht, da, wie HARTL, 1967, ausführt, die gegenwärtigen pflanzensoziologischen

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Verhältnisse im Kohrnock-Gebiet deutlich anthropogen beeinflußt sind, und daher die Meinung nicht von der Hand gewiesen werden kann, daß der Mensch an der Erniedrigung der Waldgrenze zumindest mitbeteiligt ist.

7. Zusammenfassung

Die pollenanalytische Untersuchung eines in der Höhe von ca. 2015 m, oberhalb der heutigen Waldgrenze, gelegenen Niedermoores am Kohrnock zeigt, daß diese Höhenlage vermutlich noch vor 2000 bis 3000 Jahren bewaldet war und daß die Bewaldung vermutlich mit dem Beginn des Postglazials in Zusammenhang steht. Der in dieser Höhenstufe sich ausbreitende Fichtenwald, dem auch Zirbe und Lärche beigemischt waren, hat jene tiefgreifenden Waldveränderungen in Kärnten, die durch die Einwanderung der Buche und Tanne verursacht wurden, nicht mitgemacht. Zumindest liegen hiefür keine verläßlichen Anhaltspunkte vor. Die ersten Anzeichen des Waldrückganges fallen kurz vor das Auftreten von Kulturpflanzenpollen. Diese Beobachtung, gemeinsam mit pflanzensoziologischen Hinweisen, spricht dafür, daß neben klimatischen Ursachen wohl auch der Mensch zur Erniedrigung der Waldgrenze beigetragen hat.

Weiters wurde die auf der Basis der Prozentberechnung beruhende Darstellungsweise der Zählergebnisse einer kritischen Erörterung unterzogen und erkannt, daß durch die Prozentberechnung „Kurvenverzerrungen" entstehen, die zu irrigen Interpretationen Anlaß geben.

8. Auswahl aus der Literatur

BORTENSCHLAGER, S.: Pollenanalytische Untersuchung des Dobramoores in Kärnten. Carinthia II, 156. Jahrgang, Klagenfurt 1966.

BRANDTNER, F.: Das Niedermoor von Sappl, Kärnten. Archaeologia Austriaca, Heft 4, Wien, 1949.

FIRBAS, F.: Waldgeschichte Mitteleuropas, 1. Band. Spät- und Nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Jena 1949.

FREY, D. G.: Die Entwicklungsgeschichte des Längsees in Kärnten. Carinthia II, 146. Jahrgang, Klagenfurt 1956.

FRITSCH, W.: Von der „Anchi-" zur Katazone im kristallinen Grundgebirge Ostkärntens. Geol. Rdsch., 52/1.

FRITZ, A.: Fossiler Ephedra-Pollen in Kärnten. Carinthia II, 153. Jahrgang, Klagenfurt, 1963.

— Pollenanalytische Untersuchung des Bergkiefern-Hochmoores im Autertal, Kärnten. Carinthia II, 154. Jahrgang, Klagenfurt, 1964.

— Pollenanalytische Untersuchung zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im oberen Drautal, Kärnten. Carinthia II, 155. Jahrgang, Klagenfurt, 1965.

GAMS, H.: Das Gurgler Rotmoos und seine Stellung innerhalb der Gebirgsmoore. Veröffentlichung des Geobot. Inst. der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, Heft 37, 1962.

— Waldgrenzverschiebung und Palynologie. Grana Palynologica, Volume 4:2, Uppsala, 1963.

HARTL, H.: Vegetationskundliche Notizen zu einem Niedermoor auf dem Kohrnock (ober der Turracherhöhe). Carinthia II, 157. Jahrgang, Klagenfurt 1967.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

KIELHAUSER, G. E.: Pollenanalytische Mooruntersuchungen am Weißensee und am Farchtnersee in Kärnten. Österreichische Botanische Zeitschrift. Band LXXXVI, Wien, 1937.
SARNTHEIN, R.: Pollenanalytische Untersuchung in Kärnten. Carinthia, 56. Jahrgang, Klagenfurt, 1947.
SCHARFETTER, R.: Das Pflanzenleben der Ostalpen, Wien 1938.
SCHMIDT, H.: Palynologische Untersuchungen an drei Mooren in Kärnten (mit pollen- und sporenmorphologischem Anhang). 1965, Dissertation Innsbruck.
SCHÜTRUMPF. R.: Was vermag die Pollenanalyse zur Altersfrage der beiden Einbäume aus dem Sattnitzmoor bei Klagenfurt beizutragen? Carinthia I, 50. Jahrgang, 1940.
SERCELJ, A.: Razvoj Würmske in Holocenske Gozdne Vegetacije v Slovenij. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnost. Razred za Prirodoslovne in Medicinske Vede. Razprave, VII. Ljubljana 1963.

Anschrift des Verfassers: Prof. Adolf FRITZ, Koschatstraße 99, 9020 Klagenfurt.

Vegetationskundliche Notizen zu einem Niedermoor auf dem Kohrnock (Turracherhöhe)

Von Helmut HARTL, Klagenfurt

Der folgende Beitrag über das westlich der Turracherhöhe auf dem Kohrnock liegende Muldenmoor soll eine kurze vegetationskundliche Ergänzung der pollenanalytischen Arbeit von FRITZ 1967 sein. Mein Dank gilt Herrn Dr. BACH für die Bestimmung der zahlreichen Moose und Herrn Univ.-Prof. Dr. WENDELBERGER für die Durchsicht des Manuskripts.

Das 2015 m hoch liegende Niedermoor (= Flachmoor) oberhalb der Turracherhöhe verdankt seine Entstehung einem Grundwasseraustritt. Dieser erste See verlandete nach und nach. Heute haben wir ein ziemlich gleichförmiges Niedermoor vor uns, welches nur am Rand, wo einige Bülten aus der Umgebung herausragen, einen Übergang zu einem Hochmoor zeigt. Dieser Übergang ist nur zum Teil ein Sukzessionsstadium, zum anderen Teil sicher ein Dauerzustand. Wir sprechen in diesem Fall nur von einem „Hochmooranflug", da der eigentlichen Hochmoorbildung infolge der Höhe und durch die vom Menschen herabgedrückte Waldgrenze eine klimatische Grenze gesetzt ist, vor allem durch die Kürze der Vegetationsperiode und durch die Menge des sich auf dem Moor im Frühjahr ansammelnden Schneeschmelzwassers. Über die soziologische Zusammensetzung des Moores geben folgende Aufnahmen einigen Aufschluß:

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: 157_77

Autor(en)/Author(s): Fritz Adolf

Artikel/Article: Pollenanalytische Untersuchung zur Verschiebung der Waldgrenze in den Gurktaler Alpen, Kärnten (Mit einem Beitrag zur Auswertung pollenanalytischer Zählergebnisse) 109-132