

Lehmann, H. : Morphologische Studien auf Java, Stuttgart 1936.

Lehmann, H. : Der tropische Kegelkarst, Umschau für Naturw. u. Technik 1953.

Lehmann, H. : Der tropische Kegelkarst auf den großen Antillen, in: Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen, Erdkunde 8/2, 1954.

Lehmann, H. : Der tropische Kegelkarst in Westindien. Tagungsbericht Deutscher Geographentag in Essen, Wiesbaden 1955.

Lehmann, H. : Report of the commission on Karst phenomena, XVIII Intern. geogr. congress Rio de Janeiro 1956 (Intern. Geogr. Union, New York 1956).

Lehmann, O. : Die Hydrographie des Karstes. Leipzig und Wien 1932.

Leon, H. y Alain, H. : Flora de Cuba, Contrib. Ocas. Unis. Hist. Nat. Colegio de la Salle, Bd. 1—3, La Habana 1946—1953.

Lewis, J. W. : Geology of Cuba. Bull. Americ. Ass. Petrol. Geol. 16, S. 533—555, 1932.

Lötschert, W. : Ökologische und Vegetationsstudien in El Salvador. Abh. Senkenb. Naturf. Ges. Frankfurt 1956.

Marie-Victorin, F. et Leon, F. : Itinéraires botaniques dans l'île de Cuba. Contrib. Inst. Bot. Univ. Montreal, 41 u. 50, 1942, 1944.

Marrero, L. : Geografía de Cuba. La Habana 1951.

Massip, S. : Introduccion u la geografía de Cuba. La Habana 1942.

Meyerhoff, H. A. : The texture of Karsttopography in Cuba and Puerto Rico. Journal of Geomorphology, 1938.

Miller, J. P. : A Portion of the System Calcium Carbonate-Carbon-Dioxide Water, with geological implications. Americ. Journal of Science, Vol. 250, März 1952.

Núñez Jimenez, A. : Geografía de Cuba. La Habana 1955.

Oerli, H. : Karbonathärte von Karstgewässern. „Stalactite“, Schweizer Ges. für Höhlenforschung Nr. 4, 1953.

Palmer, R. H. : Outline of the geology of Cuba. Journ. Geol. 1945, H 1, 1945.

Schubert, Ch. : Historical Geology of the Antillean-Caribbean Region, New York 1935.

Seifriz, H. : The plant life of Cuba. Esol. Monogr. 13, 375, 1943.

de la Torre, C. : Comprobation de l'existence d'un horizon jurassique dans la region occidentale de Cuba. C. R. Congr. intern. geol. Bull. XI, S. 1020—22, 1910.

Uphof, J. : Cuba, Vegetationsbilder. 18. Reihe. Jena 1928.

Vermunt, L. W. Z. : Geology of the province of Pinar del Rio. Cuba. Geogr. en geol. Mededeelingen, Utrecht, Phys. Geol. Reeks. 13, 1937.

Williams, J. E. : Chemical Weathering at low Temperatures. Geogr. Rev., Vol. 39.

Wissmann, H. v. : Der Karst der humiden heißen und sommerheißen Gebiete Ostasiens. In: Das Karstphänomen in den verschied. Klimazonen. Erdk. VIII, 2, 1954.

DIE POLLENANALYTISCHE DATIERUNG VON JÜNGEREN VULKANAUSBRÜCHEN

Herbert Straka

Mit 6 Abbildungen

Dating of volcanic eruptions during recent geological periods by means of pollen analysis

Summary: During the last few years pollen analysis has gained increasing importance for the dating of recent volcanic eruptions; on the other hand it has also become possible to use volcanic tuff and ash, which were spread over large areas and form horizons in peat and silt deposits of former lakes, as a means of establishing links over great distances between contemporary volcanic deposits. The absolute date of volcanic eruptions has been established more precisely in a number of cases by the radio-carbon method, and earlier datings made by pollen analysis have been confirmed by that method.

In the first section of this paper an attempt is made to illustrate the method of dating volcanic strata by means of pollen analysis using the Eifel maare as an example. Then follows a section on the absolute dating and the importance of the dating of the volcanic eruption in the Eifel mountains. In conclusion a review is given of pollen analytical dating of volcanic eruptions in other parts of the world, in particular in Iceland, Patagonia and the Cordillera regions of North America. The appended bibliography is as comprehensive as possible.

1. Einleitende Bemerkungen zur Pollenanalyse

Die Pollenanalyse untersucht fossile und rezente Ablagerungen auf ihren Gehalt an Blütenstaub und Sporen von Pflanzen. Gegenüber anderen Zweigen der Paläobotanik, die fossile

Reste von Früchten, Samen, Knospen, Holz, Blättern und anderen großen Pflanzenteilen studieren, ist sie dadurch im Vorteil, daß die mikroskopisch kleinen Pollenkörner und Pflanzensporen vieler Arten von der Erzeugungsstelle aus ziemlich gleichmäßig über einen größeren Raum der Atmosphäre verbreitet werden. Sie werden bei Windstille auf der Erdoberfläche abgelagert und können, wenn sie im Frühjahr besonders reichlich auftreten, auf Pfützen und Tümpeln den bekannten „Schwefelregen“ verursachen. Hier werden sie allerdings infolge des Sauerstoffzutritts rasch zersetzt. Geraten sie aber auf der Oberfläche wachsender Moore oder auf dem Grund verlandender Seen unter Luftabschluß, so können ihre äußerst widerstandsfähigen Hüllen konserviert werden. Man findet sie dann in ihrer für die Pflanzenfamilie oder -gattung — seltener auch für die Art — charakteristischen Gestalt und Struktur selbst nach geologisch gesprochen sehr langen Zeiträumen wieder und kann bestimmen, von welcher Familie, Gattung oder Art sie stammen (vgl. hierzu *Erdtman* 1954, *Faegri* u. *Iversen* 1950).

Über fossile Pollen aus tertiären Braunkohlen berichtete schon 1836 *Goepfert*. Das Verdienst, den Vorteil der Massenproduktion und Massenverbreitung von Blütenstaub und pflanzlichen Sporen erkannt und ausgewertet zu haben, gebührt vor allem dem ehemaligen Botaniker der Bremer Moorversuchsstation *C. A. Weber* und dem Schweden *N. G. Lagerheim*. Sie zählten den Pollengehalt verschiedener quartärer Moor- und Seeablagerungen aus, machten also als erste um die Jahrhundertwende pollenstatistische Untersuchungen. Der schwedische Staatsgeologe *L. von Post* mag als eigentlicher Begründer der heutigen Methodik gelten, da er 1916 die sog. Pollendiagramme einführte, die die Veränderung des Pollengehalts von Schichtenserien graphisch darstellen.

Die Erforschung der spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte mit Hilfe der Pollenanalyse ist in Mittel-, West- und Nordeuropa besonders weit vorangetrieben worden (*Firbas* 1949, 1952, *Godwin* 1952, 1953, *Iversen* 1954, *Lemée* 1955 u. a. Vgl. auch *Groß* 1954 und 1955). Aus vielen anderen Teilen der Erde liegen jedoch auch bereits pollenstatistische Arbeiten vor, so daß *von Post* (1944, 1946) eine erste Zusammenschau wagen konnte. Auf die zitierten Arbeiten sei als Einführung in die Ergebnisse der Pollenanalyse verwiesen, die wir bei den folgenden Ausführungen als bekannt voraussetzen müssen.

2. Vulkanische Ablagerungen in Moor- und Seeprofilen

Unterirdische magmatische Einlagerungen (Intrusionen) in vorhandene Schichten lassen selbstverständlich keine genaue Datierung durch die Pollenanalyse zu. Gelangte dagegen bei Eruptionen das vulkanische Material an die Erdoberfläche und wurde hier auf ein wachsendes Moor aufgelagert oder geriet auf den Grund eines verlandenden Sees, dann kann man sein relatives Alter durch pollenanalytische Untersuchungen bestimmen. Bei Lavadecken und -strömen wird das allerdings infolge ihrer großen Mächtigkeit und der durch sie angerichteten Zerstörungen nur in seltenen günstigen Fällen gelingen. Bomben und grobe Schlacken durchschlagen infolge ihrer großen Wucht beim Auftreffen die obersten Moorschichten oder Seeablagerungen und können dann für wesentlich älter gehalten werden, als sie in Wirklichkeit sind. Werden hingegen vulkanische Lockerstoffe in organische Schichten eingelagert, so erscheinen sie zeitgerecht im Pollendiagramm. Erlöschender Vulkanismus ist durch Dampf-tätigkeit ausgezeichnet, die aber nur dann Spuren hinterlassen kann, wenn dabei Material abgelagert wird.

3. Die pollenanalytische Datierung vulkanischer Tätigkeit am Beispiel der Eifel-Maare

Tatsächlich sind bisher bei pollenanalytischen Untersuchungen als Material nur vulkanische Lockerstoffe herangezogen worden. Die günstigsten Bedingungen für diese Altersbestimmung bestehen in größerer Entfernung vom Eruptionsort. Die Schichten sind hier gering mächtig; sie werden in Bohrprofilen oder an Stichwänden zwischen Liegendem und Hangendem gefunden. Man braucht nicht zu befürchten, daß die Schichtung durch Rutschungen oder Verwerfungen im Zusammenhang mit der Eruption gestört wurde.

In Mitteleuropa wurde auf diese Weise erstmals der große Bimsausbruch des Laacher Sees (Eifel) datiert. *Steinberg* fand im Jahre 1936

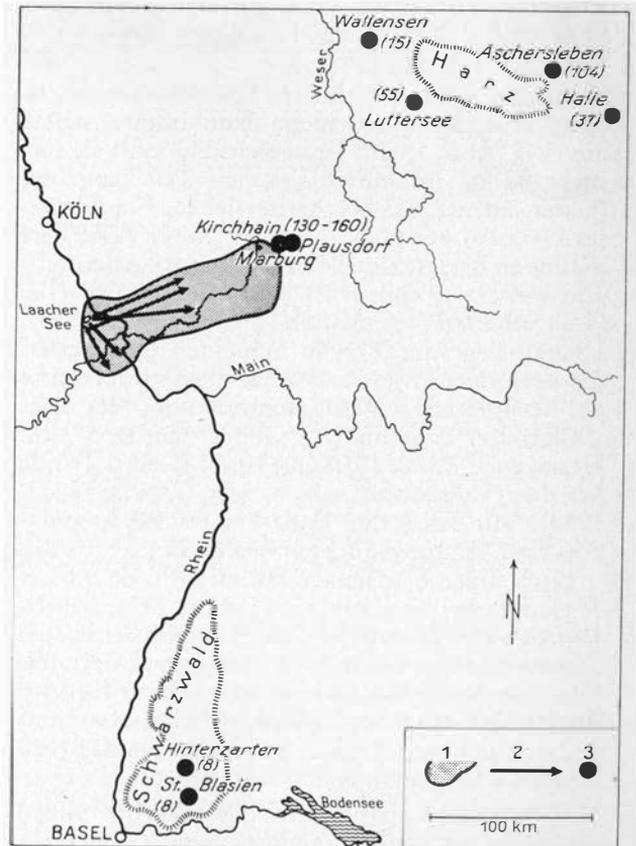


Abb. 1: Die Verbreitung der Laacher Bimstufe in Mittel- und Süddeutschland (nach *Frechen* 1953, nach dem neuesten Stand ergänzt).

- 1 Hauptvorkommen der \pm geschlossenen Bimsdecke nach *W. Abrens*
- 2 Wurfrichtungen
- 3 Vorkommen in Mooren bzw. Seeablagerungen (Zahlen = Mächtigkeiten der Tuffschichten in mm nach *Frechen* bzw. den Verf.)

(siehe 1944 und *Firbas* 1949, S. 42) im Luttersee im Untereichsfeld südlich des Harzes in 7,10 m Tiefe eine etwa 65 mm dicke Schicht von sandigem Material (siehe Abb. 8 bei *Firbas* 1949). Nachdem dieses mehreren Petrographen vorgelegen hatte, konnte *W. Ahrens* es als vulkanischen Tuffstaub bestimmen, der einem Teilausbruch des Laacher See-Vulkans in der südöstlichen Eifel entstammen mußte.

Später stellte *Frechen* (1952, 1953) an einem vollständigen Profilsäulchen fest, daß dieses Material einen großen, und zwar den wesentlichen Teil der gesamten Laacher Bimsausbrüche umfaßt und daher mit der Bimsdecke des Laacher See-Gebietes direkt in Zusammenhang steht. Diese ist in abnehmender, aber immer noch großer Mächtigkeit bis in die Gegend von Gießen und Marburg in zahlreichen Aufschlüssen zu finden. Im Amöneburg-Kirchhainer Becken östlich Marburg maß *H. D. Lang* (1954) eine Mächtigkeit von 130—160 mm (Abb. 1).

In der ostnordöstlichen Hauptauswurfsrichtung keilt die Bimsschicht dann immer weiter aus (vgl. Abb. 1). Im Untereichsfeld mißt sie nur mehr 55 m, im mitteldeutschen Trockengebiet (Gaterslebener See bei Aschersleben, Frankleben im Geiseltal bei Halle), wo *H. Müller* (1953) sie gefunden hat, ist sie 104 bzw. 37 mm „mächtig“. Ein weiterer Fundort ist bei Wallensen im Hils (*Von der Brelie* u. Mitarb. 1951, *Firbas* 1954). Überall liegt der Tuff in Schichten eingebettet, die nach dem Pollendiagramm etwa in der Mitte der spätglazialen Wärmeschwankung, der sog. „Allerödschwankung“, gebildet wurden. Vgl. hierzu auch *Firbas* 1950 und 1951! Weitere Funde aus dem Südschwarzwald meldet *G. Lang* (1952, 1954). Mit Hilfe der Tuffschicht wird hier das Alter der Mudde-Schichten bestimmt (s. S. 209!).

Nach einer brieflichen Mitteilung von *Hl. de Vries* wurden im Groninger Laboratorium Holzkohlen aus Sandschichten eines Profils bei Usselo (Niederlande) mit der C 14-Methode datiert. Sie stammen aus dem Ende der Allerödzeit. Es wird ihre Herkunft aus den Wäldern der Eifel vermutet, welche durch den Laacher Ausbruch in Brand geraten wären.

Ursprünglich hatte man die Laacher Bimsausbrüche als jung- bis jüngstdiluvial bezeichnet. In den zwanziger und dreißiger Jahren glaubten *Ahrens*, *Bülow* und *Wilckens* — im Gegensatz zu *Günther*, der einen späteiszeitlichen Ausbruch für wahrscheinlich hielt —, ein jüngerer, nämlich mittel-alluviales Alter annehmen zu müssen. Nun war durch die Zusammenarbeit des Pollenanalytikers *Steinberg* und der Vulkanologen und Petrographen *Ahrens* und später insbesondere *Frechen* eine ganz eindeutige und klare Datierung ge-

wonnen worden. Das war besonders günstigen Umständen der Tuffablagerung mit zu verdanken.

In der Nähe des Ausbruchsortes, an einigen Maaren der Vukaneifel, habe ich in Zusammenarbeit mit *J. Frechen* pollenanalytische Altersbestimmungen ihrer Eruptionen ausgeführt (*Frechen* u. *Straka* 1950, *Frechen* 1951, *Straka* 1952, 1953, 1954, s. a. *Groß* 1954 a u. b). Hier galt es, besondere Fehlerquellen und Schwierigkeiten zu berücksichtigen, die sich aus der Lage der eng benachbarten Eruptionstellen ergaben. Verwerfungen und Rutschungen sind in dem Bohrprofil meist schon makroskopisch erkennbar, spätestens bei der pollenanalytischen oder petrographischen Untersuchung werden sie offenbar. Die große Mächtigkeit der vulkanischen Schichten bedingt, daß man das Liegende nicht mehr erbohren kann. Aber selbst wenn man die notwendigen kostspieligen maschinellen Bohrungen durchführen könnte, wird es infolge der Nähe des Eruptionsortes kaum mehr in ursprünglicher Lagerung sein — oder man trifft auf anstehendes Gestein des Grundgebirges und die allein für die pollenanalytische Untersuchung geeigneten organischen Schichten finden sich nur im Hangenden. Die zu ihrer Ablagerung notwendigen Hohlformen werden ja oft erst durch den Ausbruch selbst geschaffen. Außerdem erhebt sich die Frage: Hat diese Ablagerung sofort an den vulkanischen Ausbruch anschließend eingesetzt oder liegt ein größerer Zeitraum dazwischen?

Diese Frage konnte in der Eifel glücklicherweise entschieden werden. Ein größerer zeitlicher Zwischenraum besteht hier nicht. Das Neuland der Tuffstaubflächen, welches durch die Ausbrüche der Eifelmaare geschaffen wurde, mußte von der Pflanzenwelt erst wieder erobert werden. Ähnlich wie nach den Ausbrüchen des Krakatau, des Ätna oder Vesuv oder auch auf dem Trümmerschutt unserer ausgebombten Städte (siehe z. B. *Kreb* 1955) werden wir also eine Folge von Pionierpflanzengesellschaften erwarten dürfen, die das Neuland nach und nach für anspruchsvollere Pflanzen bewohnbar machen.

Solche Überlegungen hatte ich bei meinen ersten Funden erst nachträglich angestellt, nachdem mir die Deutung der eigentümlichen Pollenspektren am Grunde der Profilsäulen aus dem Schalkenmehrener Maar (Abb. 2a) einige Schwierigkeiten bereitet hatte. So ließen sich aber die anfänglich so hohen Werte von Beifuß (*ARTEMISIA*) und Wildgräsern (*GRAMINEAE*), der folgende überaus hohe Gipfel in der Kurve des Weiden-Pollens (*SALIX*), auf den erst die Birken-Wälder (*BETULA*) der Jüngeren Tundren-

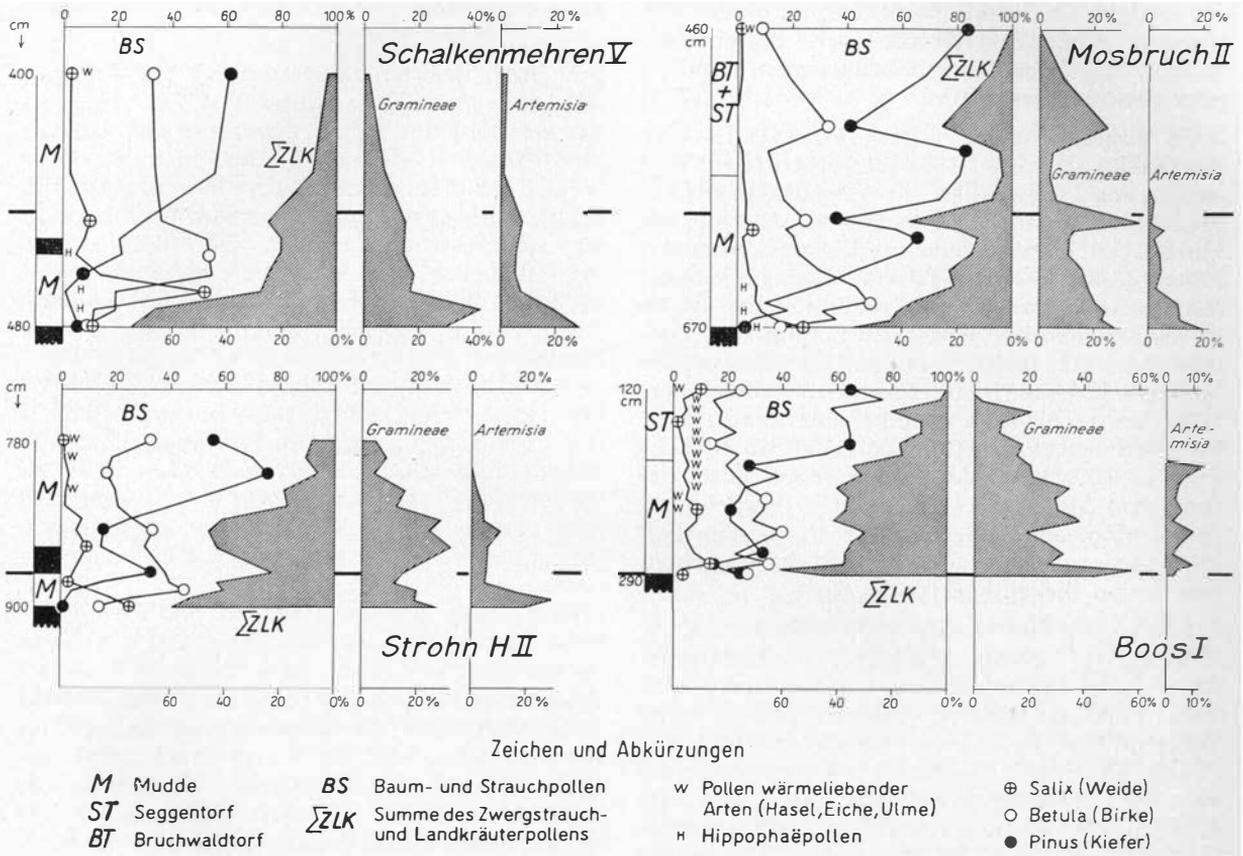


Abb. 2: Vier Profilausschnitte von Pollendiagrammen aus verschiedenen vermoorten Eifelmaaren (nach Straka 1952 und 1954, neu berechnet — vgl. hierzu den Text! — und mit verändertem Tiefenmaßstab in der linken Kolonne, der dem absoluten Zeitmaß angepaßt wurde, vereinfacht umgezeichnet). Als untere Grenze wurde der Beginn der Jüngeren Tundrenzeit angenommen (Pollenzone IV nach Overbeck, III nach Firbas). Nur die beiden obersten Pollendiagramme reichen bis dahin zurück. Der Querbalken etwa in der Mitte der Diagramme (an den beiden Rändern gezeichnet) bedeutet die Grenze der Jüngeren Turndrenzeit gegen die Vorwärmezeit, also den Beginn der Nacheiszeit. Die obere Grenze ist das Ende der Vorwärmezeit (Präboreal, Pollenzone V bzw. IV). Die schwarzen Streifen in der zweiten Kolonne (Stratigraphie) deuten die Lage der gefundenen Tuffschichten an, nach der das Alter der vulkanischen Ausbrüche festgelegt wurde.

zeit folgten, sehr einleuchtend als Pioniersukzession deuten. Der Lage im Gesamtdiagramm nach fällt sie in den Beginn der Jüngeren Tundrenzeit, evtl. noch in das Ende der Alleröd-Wärmeschwankung.

Streng genommen ist damit nur das Ende der Eruption zeitlich festgelegt. Es hat sich an vielen Stellen gezeigt, daß die Tuffe der Eifelmaare in einem bestimmten Förderzyklus abgelagert wurden (Frechen 1953). Zuerst wurde feines Staubmaterial gefördert, dann gröbere Sande und Lapilli und zuletzt wieder feiner Tuffstaub. Für den Laacher See ist die relativ kurze Dauer dieses Zyklus erwiesen (Frechen 1953). Bodenbildungen oder Seeablagerungen bzw. Torf sind zwischen den Tuffschichten nicht festgestellt worden (siehe auch H. D. Lang 1954). Die An-

nahme, daß es bei allen Maaren ähnlich war, ist durchaus berechtigt. Wir gehen also nicht fehl, wenn wir annehmen, daß der Anfang der Maarausbrüche nicht wesentlich älter ist als ihr Ende.

An Hand der Pollendiagramme Abb. 2a—d sollen die bisher gelungenen Datierungen von Maarausbrüchen in der Eifel erläutert werden. Die Diagrammstücke reichen jeweils von der am Grunde des vermoorten Maares gefundenen Tuffstaubschicht bis an das Ende der Vorwärmezeit — also des ersten Abschnittes der Nacheiszeit —, soweit dieses überhaupt erreicht wurde. Die Darstellung geschah so, daß die gesamte Pollenzahl der Bäume, Sträucher und der übrigen Landpflanzen als Bezugsbasis genommen wurde, also zusammen 100% ausmacht. Das ist nach Iversen

für spätglaziale Profile so üblich, da es den damaligen Vegetationsverhältnissen besser entspricht. Wir haben es mit baumarmen Tundren oder Parktundren zu tun.

Es bestehen starke Unterschiede in der Ausbildung der Pioniervegetation und -sukzession, wenn diese in verschiedener Diagrammlage auftritt. Das kann man sehr gut auf klimatische Unterschiede in den verschiedenen Zeitabschnitten zurückführen. Die Besiedlung des Neulandes durch Bäume und Sträucher mußte in dem wesentlich wärmeren Beginn der Vorwärmzeit viel rascher erfolgen als während der kühleren Jüngeren Tundrenzeit. Aber auch innerhalb dieser Zeit finden sich Unterschiede, z. B. zwischen Schalkenmehren und Mosbruch. Hier liegt die Ursache in der sehr geringen Tuffförderung von Mosbruch. Die geringe Ausdehnung des Tuffneulandes begünstigte in diesem Fall seine viel raschere Besiedlung von der umgebenden lichten Birken-Parktundra aus.

In den Profilen finden sich außerdem z. T. eingelagerte Tuffstaubschichten, deren Herkunftsort nicht genau feststellbar ist, aber nicht weit vom Fundort entfernt gelegen haben kann. Während im Profil von Schalkenmehren der zweite registrierte Ausbruch — wahrscheinlich vom benachbarten Weinfeld oder dem Gemündener Maar her stammend — keinen nennenswerten Einfluß auf die vorhandene Vegetation gehabt hat, bewirkte der zweite Ausbruch im Strohngebiet eine neuerliche Pioniersukzession, die aber vorwärmzeitlichen Alters ist und daher jener von Boos mehr entspricht als den anderen.

4. Das absolute Alter der Ausbrüche

In der Tabelle 1 sind die bisher datierten Vulkanausbrüche zusammengestellt. Die absoluten Zahlen der dritten Spalte verdanken wir der Bändertonchronologie *De Geers* (1940, vgl. auch *Firbas* 1949). Sie sind in der letzten Zeit durch mehrere Radiokarbonbestimmungen gut bestätigt worden (siehe *E. H. De Geer* 1951, *Fromm* 1953, *Groß* 1952 u. 1954). Im Kopenhagener Labor (*Anderson, Levi u. Tauber* 1953, *Iversen* 1953, *Krog* 1954) durchgeführte Messungen ergaben für die Grenze Alleröd - Jüngere Tundrenzeit Werte von 10770 ± 300 , 10890 ± 240 bzw. 10990 ± 240 Jahre vor unserer Zeit. Proben aus dem Beginn der Allerödwärmeschwankung erwiesen sich als 11700 ± 300 bzw. 11880 ± 340 Jahre alt. *Firbas* (1953) ließ *Mudde* aus den allerödzeitlichen Schichten von Wallensen, welche den Tuffhorizont direkt überlagern, in verschiedenen C 14-Laboratorien untersuchen.

Tabelle 1: Übersicht über alle bisher datierten Maarausbrüche in der Vulkaneifel

Vorwärmzeit (= Präboreal)			absolutes Alter nach <i>De Geer</i>	absolutes Alter nach Radiokarbon-datierungen
	Boos, Strohn II		8150 v. Chr.	
Jüngere Dryas- oder Tundrenzeit	Strohn I Weinfeld oder Gemünden (?)	←		8820 ± 240 v. Chr. (nach <i>Straka</i> und <i>de Vries</i>)
	Schalkenmehren, Mosbruch		9000 v. Chr.	
Allerödwärmeschwankung	Laach	←		9350 v. Chr. (nach <i>Firbas</i> 1954)

Libby in Chicago gibt ein Alter von 11044 ± 500 Jahren an, das Kopenhagener Labor (l. c.) fand 10900 ± 330 Jahre und das II. Physikalische Institut der Universität Heidelberg bei Anwendung einer anderen Methode 11800 ± 300 Jahre. Auch *Godwin* (1951) gibt für britische Proben Zahlen, die die *De Geersche* Chronologie bestätigen. Nach *de Vries* (siehe *Straka* u. *de Vries* 1956) weisen Allerödschichten aus Holland ein mittleres Alter von 10900 Jahren auf (C 14-Datierungen in Groningen). Ältere Schichten der sog. Böllingschwankung wurden in Heidelberg datiert (*Firbas* und Mitarbeiter 1955). Das Alter einer Probe aus der Jüngeren Tundrenzeit, nahe der Grenze gegen die Vorwärmzeit, wurde in Kopenhagen mit 10300 ± 350 Jahren gefunden.

Aus dem Laboratorium in Groningen kommt auch eine neue C-14-Bestimmung. Etwa aus der Mitte der Jüngeren Tundrenzeit stammende *Mudde*, im Hangenden des Tuffsandhorizonts (Abb. 2a) des Schalkenmehrener Profils entnommen, ist danach etwa 10770 ± 240 Jahre alt (*Straka* u. *de Vries* 1956).¹⁾

Man darf wohl vorerst noch an den abgerundeten Zahlen festhalten, die uns die Bändertonchronologie geliefert hat, und danach auch das Alter der Vulkanausbrüche in der Eifel einsetzen (Tabelle 1).

¹⁾ Nach einer briefl. Mitt. von Prof. *Hl. de Vries* (Groningen) ergab eine erneute Bestimmung des gleichen Materials (GRO 961) ein Alter von 10550 ± 100 Jahren (noch unveröffentlicht).

5. Die Bedeutung der Vulkandatierungen

Die Bedeutung der genauen Datierung von vulkanischen Tuffstaubschichten liegt darin, daß sie eine hervorragende Zeitmarke darstellen. Ihre verschiedenartige mineralische Zusammensetzung ermöglicht die Erkennbarkeit, ihre oft sehr weite Ausdehnung erlaubt Konnektionen über größere Räume hinweg. Für Mitteleuropa stellt der Laacher See-Ausbruch eine solche wichtige Zeitmarke dar. Neben den genannten mitteldeutschen Fundstellen gibt es nach schon erwähnten Arbeiten von *G. Lang* (1952, 1954) auch drei im südlichen Schwarzwald. Er fand hier in allerödzeitlichen Schichten des Erlenbruckmoores und des Dreherhofmoores bei Hinterzarten sowie des Horbacher Moores bei St. Blasien Laacher Bimstuff, der von *Frechen* bestimmt wurde. Damit ist die *Gleichaltrigkeit* der süddeutschen mit der nordeuropäischen spätglazialen (Alleröd-)Wärmeschwankung erwiesen.

Schon Ende des vergangenen Jahrhunderts hatte man bei Andernach am Rhein Reste einer Freilandstation aus dem Spät-Magdaleniens gefunden, die von Bimstuffschichten des großen Laacher Ausbruchs bedeckt waren. Daraus kann man mit *Groß* (1951), *Schwabedissen* (1951) u. a. ein allerödzeitliches Alter ableiten, während *Zeumer* (1953) sie mit dem darunter liegenden Löß der Älteren Tundrenzeit, in den die Reste eingelagert waren, für gleichaltrig hält.

Aus den Ardennen melden *Gullentops* (1952 u. 1954) sowie *Tavernier* u. *Laruelle* (1953) Funde von Eifeltuffstaub. Nach einer mündlichen Mitteilung von Prof. *Frechen* kann man im jüngsten Löß des Mainzer Beckens ebenfalls dünne dunkle Tuffstaubbänder finden. Eine eingehende petrographische Untersuchung dieser Schichten sowie sämtlicher Tuffausbrüche der Vulkaneifel und des Laacher See-Gebietes wird eine Tephrochronologie der Späteiszeit in kleinem Maßstab für die Eifel und die umgebenden Landschaften ergeben, wie sie für einige andere Länder oft in größerer Ausdehnung schon bekannt ist. Das Wort „Tephrochronologie“, das soviel wie „Vulkanstaub-Zeitrechnung“ bedeutet, wurde von *Thorarinsson* (1944) geprägt (s. u.!).

6. Pollenanalytische Vulkandatierungen außerhalb von Mitteleuropa

a) Frankreich:

Im vulkanischen Zentralplateau hat *Lemée* (1945) eine pollenanalytische Untersuchung in einem verlandeten und vermoorten Vulkan-

krater ausgeführt. Alterbestimmungen des Vulkanismus sind mir jedoch aus diesem Gebiet nicht bekannt.

b) Island:

Hier hat *Thorarinsson* (1941, 1944, 1949, 1951, 1954, 1955), wie schon erwähnt, eine umfassende Tephrochronologie aufgebaut. Diese schien ihm hier im überaus artenarmen arktischen Florengebiet überhaupt erst die Möglichkeit in die Hand zu geben, pollenanalytische Arbeiten mit Erfolg zu beginnen. Seine Altersschätzungen für die gefundenen Vulkantuffschichten sind neuerdings durch Radiokarbondatierungen sehr gut bestätigt worden. Von älteren Schichten sind die Hekla-Ausbrüche H_3 etwa 2500—3000 Jahre alt, H_4 etwa 4000 und H_5 rund 7000—8000 Jahre alt (*Thorarinsson* 1951, 1954, 1955).

Auf Island muß also der umgekehrte Weg beschritten werden: Man kann jetzt Pollendiagramme, in denen eindeutig bestimmbare Tuffschichten gefunden werden, recht genau datieren und untereinander vergleichen, wie es *Thorarinsson* (1955, S. 181) mit einem Diagramm aus dem Jahre 1934 tut. Ein Schüler *Thorarinssons* hat die pollenanalytische Bearbeitung nordisländischer Moore in Angriff genommen. Ein von Prof. *Schwarzbach* entnommenes Profil aus der Nähe von Husavík (N-Island) habe ich (*Straka* 1956) pollenanalytisch untersucht, konnte aber nur lokale Veränderungen in der Vegetation feststellen.

Bis an die norwegische Westküste scheint ein spätglazialer Ausbruch auf Island Material gestreut zu haben (*Faegri* 1936, *Frechen* 1952).

c) Italien:

Von der Insel Ischia stammt eine Studie von *P. u. G. Buchner* (1940), die nur am Rande erwähnt sei. Die Datierung der vulkanischen Ablagerungen erfolgt mit Hilfe archäologischer Befunde, Pollenanalysen wurden nicht ausgeführt.

d) Südamerika:

Auf Feuerland und in Patagonien haben die Finnen *Auer*, *Sahlstein* und *Salmi* (1932 bis 1955, mehrere getrennte Arbeiten) mit gutem Erfolg eine Konnektierung verschiedener nach-eiszeitlicher Vulkanstaubschichten in verschiedenen Ausbruchsgebieten durchgeführt. Die ersten Veröffentlichungen aus diesem Gebiet brachte bereits der Altmeister der Pollenanalyse von *Post* (1929, S. 558 ff., s. a. 1944, S. 95 ff. u. 1946, S. 206 ff.!). Eingehende pollenanalytische Untersuchungen besorgte *Auer*, die petrographisch-vulkanologischen führten insbesondere *Salmi* und *Sahlstein* durch. *Salmi* unterscheidet mehrere

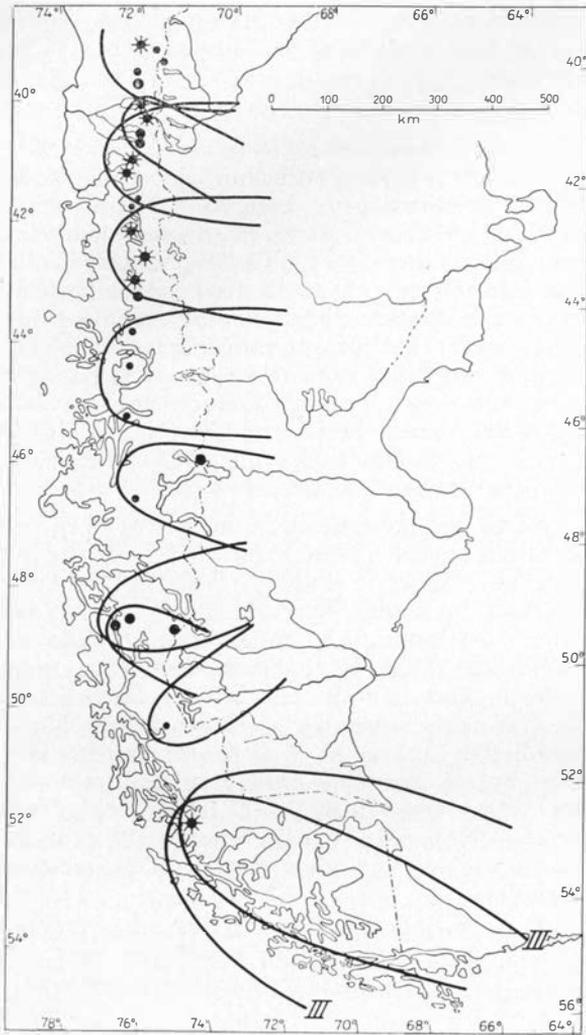


Abb. 3: Die Verbreitung der postglazialen Eruptionsschichten im südlichen Südamerika (nach Salmi 1941) Die schwarzen Punkte im Gebiet der Anden geben jene Vulkane an, welche die fossilen vulkanischen Schichten geliefert haben könnten (nähere Angaben bei Salmi).

Ausbruchsgebiete (Abb. 3). Asche, Tuff und Staub wurden durch die vorherrschenden Winde westlicher Richtungen nach Osten verweht und finden sich dort, wo sie niederfielen, in Bodenaufschlüssen und Moorprofilen wieder. In den einzelnen Ausbruchsgebieten werden bis zu fünf zeitlich oft weit voneinander getrennte Ausbrüche registriert, die in den Diagrammen Auer's und in der Abb. 4 mit 0 und I—IV bezeichnet sind. Es zeigt sich auf Grund der Pollenanalyse, daß die einander in den einzelnen Ausbruchsgebieten entsprechenden Eruptionen zwar ungefähr, aber nicht genau gleichaltrig sind (Abb. 4). Diese Feststellung traf Auer auf Grund der ver-

schiedenen Lage der vulkanischen Schichten zu den Pollenkurven der Südbuchen (*NOTHOFAGUS*).

In den Pollendiagrammen von Auer wird die Gesamtsumme aller Pollenkörner (siehe auch Auer, Salmi u. Salminen 1955) von vegetationsbildenden Arten als Bezugsbasis verwendet. Eine Kurve trennt die Summe des Pollens der Waldbildner von der der Steppenpflanzen. Sie zeigt also das jeweilige Vordringen einer der beiden Pflanzenformationen. In diese Abfolge von Wald- und Steppenvorstößen lassen sich die vulkanischen Staubschichten I—III ausgezeichnet einreihen. Ebenso wird in anderen Ausbruchsgebieten verfahren, und damit erhält man das relative Zeitschema für alle Ausbrüche. Soweit kann man das Verfahren der relativen Datierung der Schichten ohne weiteres bejahen, wenn es mit der nötigen Kritik angewandt wird.

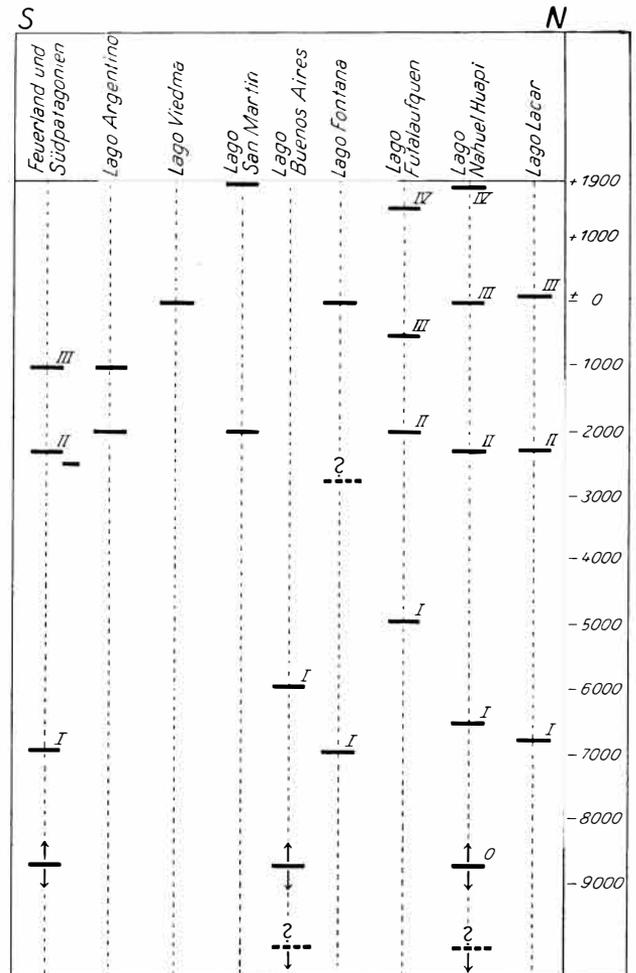


Abb. 4: Das relative und das mutmaßliche absolute Alter der verschiedenen Schichten bestimmter Vulkangebiete im südlichen Südamerika (nach Auer 1948)

Wenn Auer aber versucht, die Gipfel der Sammelkurve von *NOTHOFAGUS* aus den südamerikanischen Diagrammen mit solchen von *BETULA*- oder *PINUS*-Kurven Finnlands zeitlich gleichzusetzen und daraus die absolute Datierung der südamerikanischen Vulkanschichten abzuleiten, dann scheint das recht kühn zu sein. Man wird abwarten müssen, wieweit diese Datierungen nach Auer mit Hilfe anderer Methoden bestätigt werden. In einem Falle ist das mit Hilfe der C 14-Methode gelungen. In der Höhle Palli Aike in der Nähe der Magalhaes-Straße fand man 1936 unter vulkanischer Asche der Schicht I die ältesten Menschenreste Südamerikas. Ihre Radiokarbonmessung ergab ein Alter von 8639 ± 450 Jahren (Johnson u. a. 1951, Groß 1952); nach der Tephrochronologie von Auer müßten sie etwa 9000 Jahre alt sein. Die Übereinstimmung ist in diesem Fall also ausgezeichnet.

Mit Hilfe der pollenanalytisch datierten vulkanischen Ascheschichten versucht Auer (1951) auch die eustatischen Bewegungen des Meeresspiegels in Feuerland und Patagonien zu verfolgen und zu datieren und kommt zu ersten sehr interessanten Resultaten (vgl. seine Fig. 4!). In dieser Richtung wird nach frdl. Mitteilung von Auer weitergearbeitet.

e) Nordamerika:

In den pazifischen Küstengebieten haben mehrere Pollenanalytiker gearbeitet und Eruptionen aus der Postglazialzeit festgestellt, deren Spuren in den Profilen zu finden sind. Die relativ große Artenzahl der Waldbildner stellt sie jedoch vor größere Schwierigkeiten, als wir sie in Europa kennen. Genaue Datierungen und Konnektierungen der Pollendiagramme sind dort noch schwerer zu erhalten als bei uns.

Rigg und Richardson (1938) fanden in Mooren im Staate Washington, British Columbia und auf Vancouver eine Tufflage. Pollenanalysen wurden nicht ausgeführt. Auf Grund zahlreicher Pollendiagramme aus den Staaten Oregon, Washington und Nord-Idaho sowie Vancouver Island, British Columbia, Alberta und Yukon Ter., zuletzt auch nach Alaska hinübergreifend, stellt Hansen (1947a und frühere Arbeiten, die dort zitiert sind, ferner 1947b, 1948, 1949a, b, c, 1950, 1953) eine spät- und postglaziale Chronologie auf. Er setzt seine vegetations- und klimageschichtlichen Zeiten mit den europäischen und nordostamerikanischen gleich und erhält damit angenäherte absolute Zeiten. Zur Fernkonnektion in seinem Arbeitsgebiet kann er sich ausgedehnter vulkanischer Tuff- und Ascheschichten bedienen, die jeweils einem bestimmten Ausbruch ihre Entstehung verdanken. Ihre Lage im Pollen-

diagramm benutzt er zur angenäherten Altersbestimmung. Eine Tuffdecke vom Mt. Mazama im Kaskadengebirge des südl. Oregon, dem Gebiet der stärksten vulkanischen Aktivität der Spät- und Nacheiszeit (Bildung des Crater Lake-Kessels), liegt an der Grenze des Spät- zum Postglazial, drei andere sind wärmezeitlich (s. Tab. 2).

Von diesen drei Ausbrüchen hat die vulkanische Asche aus Washington die größte Ausdehnung. Ihre Mächtigkeit nimmt nach NE zu; sie stammt daher wahrscheinlich von einem Ausbruch des Glacier Peak, mag aber etwas jünger sein, als ursprünglich vermutet (Hansen 1950). Die beiden anderen Eruptionen haben nur lokale Bedeutung, ihre Herkunft ist noch nicht geklärt. In Schichten direkt unter der Oberfläche mancher Moore wurden auch Spuren des sub-rezenten Vulkanismus festgestellt.

Für die westlichen Staaten der USA gilt nach Hansen (1947) etwa folgendes Schema der Vegetationsgeschichte¹⁾ (vgl. Abb. 5 und 6)

Tabelle 2: Klimageschichte, Vulkanismus und Chronologie im pazifischen Nordwesten der USA (nach Hansen 1947, Tabelle 9)

Absolutes Alter in Jahren	Klimazeiten		Aschen u. Tuffe
1 000	Späte Nacheiszeit	Periode IV kühler, feuchter	<i>Devil's Hill</i> -Tuff
2 000			
3 000			
4 000			
5 000	Mittlere Nacheiszeit	Periode III maximale Wärme und Trockenheit	<i>Willamette Valley</i> -Tuff <i>Washington</i> -vulkan. Asche.
6 000			
7 000			
8 000	Früh Nacheiszeit		
9 000			
10 000	Jüngere Späteiszeit	Periode II zunehmende Wärme und Trockenheit	<i>Mount Mazama</i> -Tuff
11 000			
12 000			
13 000			
14 000			
15 000			
16 000	Mittlere Späteiszeit	Periode I kalt, feucht	
17 000			
18—20 000			

¹⁾ Vgl. hierzu C. Troll in Erdkunde IX, 269-271!

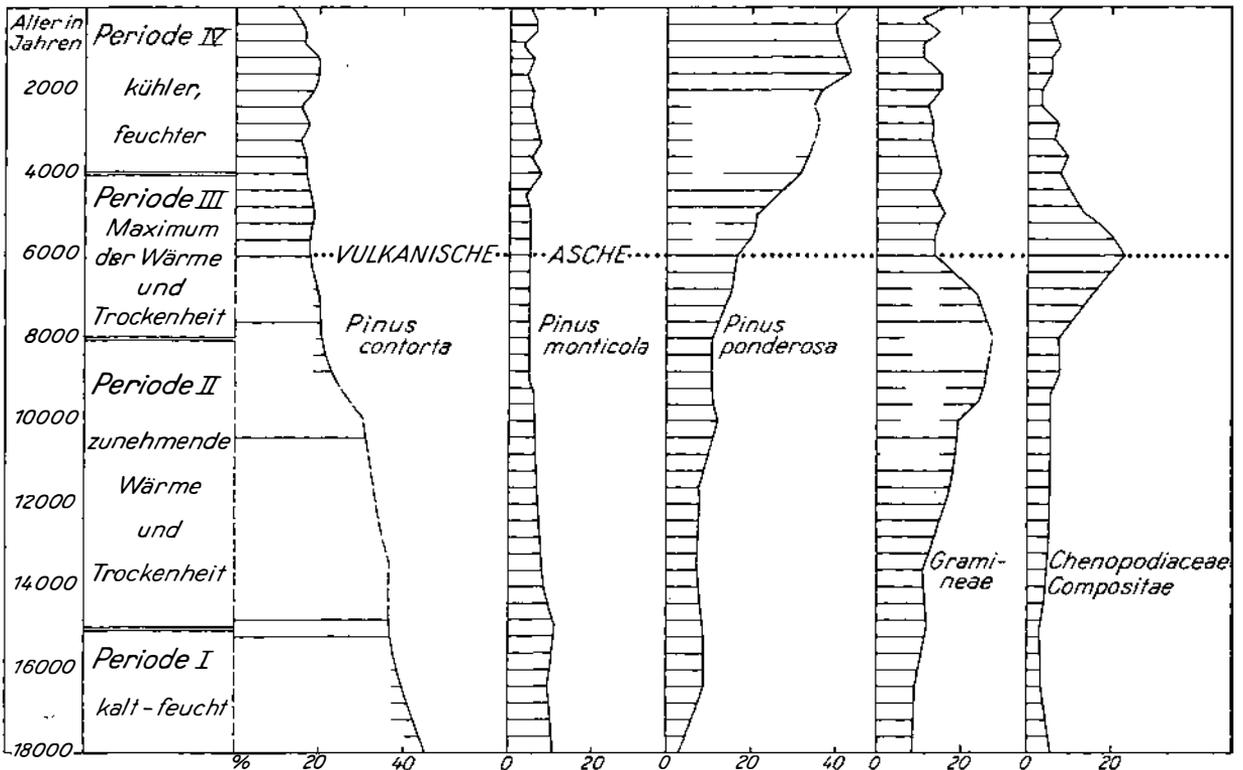


Abb. 5: Durchschnittspollendiagramm aus 7 Profilen des Columbia Basin (USA) mit der Angabe der Klimaperioden und des geschätzten absoluten Alters (nach Hansen 1947 a, Fig. 75)

Während im Mittleren Spätglazial die Weißkiefer (lodgepole pine, *PINUS MONTICOLA*) dominiert, erreichen die Douglasie (douglas fire, *PSEUDOTSUGA TAXIFOLIA* bzw. mancherorts schon die Gelbkiefer (yellow pine, *PINUS PONDEROSA*) oder *CHENOPODIACEAE* und *COMPOSITAE* im Jüngereren Spätglazial ein Maximum. Der wärmezeitliche Höhepunkt ist entweder durch ein *GRAMINEAE*-, ein *CHENOPODIACEAE-COMPOSITAE*-Maximum oder auch durch Höchstwerte von Gelbkiefer (*PINUS PONDEROSA*) bzw. Garry-Eiche (white oak, *QUERCUS GARRYANA*) gekennzeichnet. Die nach wärmezeitliche Klimaverschlechterung führt dann zu den heutigen verschiedenen Klimax-Wäldern des Gebietes.

Auf dem Tuffneuland des Mt. Mazama scheint *PINUS MONTICOLA* als Erstbesiedler aufgetreten zu sein, die sich hier auch sehr lange halten konnte. In Zentral-Oregon hat offenbar die Neulandbildung bei einer Eruption *PINUS PONDEROSA* zurückgedrängt, während *P. CONTORTA* und in geringerem Maße auch *LARIX OCCIDENTALIS* gefördert wurden (Hansen 1942). Nicht so klar ist das in den Profilen aus dem Glacier National Park (Hansen 1948) zu sehen.

Einige der Profile von Hansen (1953) aus Yukon und Alaska enthalten am Grunde Tuffe sowie vulkanische Ablagerungen in jungen Schichten. Über Alter und Herkunft lassen sich jedoch nur Vermutungen anstellen. Heusser hingegen (1952, 1955, vgl. auch 1954) fand im südöstlichen Alaska zahlreiche Schichten vulkanischer Lokkerstoffe, die in seinen Pollendiagrammen von Zone I bis V, d. i. im ganzen Verlauf des Postglazials, auftreten. Das Alter einiger Ausbrüche wird geschätzt, wobei die C 14-Datierung eines Holzes der Mittleren Wärmezeit diese Schätzungen unterstützt (Heusser 1953). Eine Konnektion verschiedener Schichten versucht der Verf. in seiner letzten Arbeit (1955). Die Eruptionen scheinen nach den Pollendiagrammen manchmal einen größeren Einfluß auf die Vegetation jener Gebiete gehabt zu haben, in denen die ausgeworfenen Lockerstoffe niederfielen.

Eine ausgedehnte Anwendung der C 14-Methode in den pazifischen Randgebieten Nordamerikas würde hier weiterhelfen. Solche Bestimmungen scheint jedoch nur Heusser (1953) bisher ausgeführt zu haben. Erste vorläufige pollenanalytische und C 14-Untersuchungen in Zusammenhang mit vulkanischen Ascheschichten

von den Aläuten haben *Anderson* und *Blanck* (1952) veröffentlicht.

In zwei Tiefbohrungen aus dem Becken von Mexiko City wurden mineralogisch-petrographische (*Foreman* 1955) und pollenanalytische Untersuchungen (*Clisby* und *Sears* 1955) angestellt. Aus den Änderungen der Pollenspektren wird auf Klimaschwankungen, bes. solche der Feuchtigkeit geschlossen. Nach *Sears* und *Clisby* (1955) würden die Profile die gesamte Wisconsinzeit und die Nacheiszeit umfassen. Das jüngere Cary-Maximum wäre vom älteren Tazewell-Iowan-Maximum durch eine längere Interstadialzeit getrennt, die ähnliche klimatische Bedingungen aufwies wie die Jetztzeit. Ein Hinweis auf die Trennung des Cary-Maximums (entspricht nach *Groß* 1954 dem Pommerschen Stadium) und des Mankato-Maximums (= Jüngere Tundrenzeit) durch das Two Creeks-Interstadial (= Alleröd-Wärmeschwankung) läßt sich hier nach *Sears* und *Clisby* (1954) nicht feststellen. Am Beginn sowie am Ende der Wisconsinzeit findet man Spuren stärkerer vulkanischer Tätigkeit, schwächere Ausbrüche gab es vom Interstadial ab während des Mankato-Cary-Komplexes.

In den Profilen wird die Pollendichte von der Art des Sediments beeinflusst. Sie ist z. B. gering während der Ablagerung vulkanischen Materials. Höhere Pollenprozentzahlen ruderaler Pflanzen (als solche werden *GRAMINEAE*, *COMPOSITAE* und *AMARANTHACEAE* betrachtet) zeigen hier offenbar die Pioniere im Gefolge der Bildung vulkanischen Neulandes auf.

f) Kamtschatka:

Nach *Salmi* (1941) beschreibt *Neustadt* (1936, die Originalarbeit war mir nicht zugänglich) aus Kamtschatka drei postglaziale Eruptionsschichten und ordnet sie in die Waldgeschichte des Gebietes ein.

g) Japan:

Pollenanalytische Untersuchungen von Torf und Seeablagerungen über vulkanischen Sedimenten hat *Jimbô* (1932, 1949) durchgeführt, ohne jedoch Datierungen vornehmen zu können.

h) Pazifische Inseln:

Selling (1948, S. 51) fand auf den Hawaiischen Inseln in seinen Moorprofilen nur Spuren vulkanischer Asche, jedoch keine zusammenhängen-

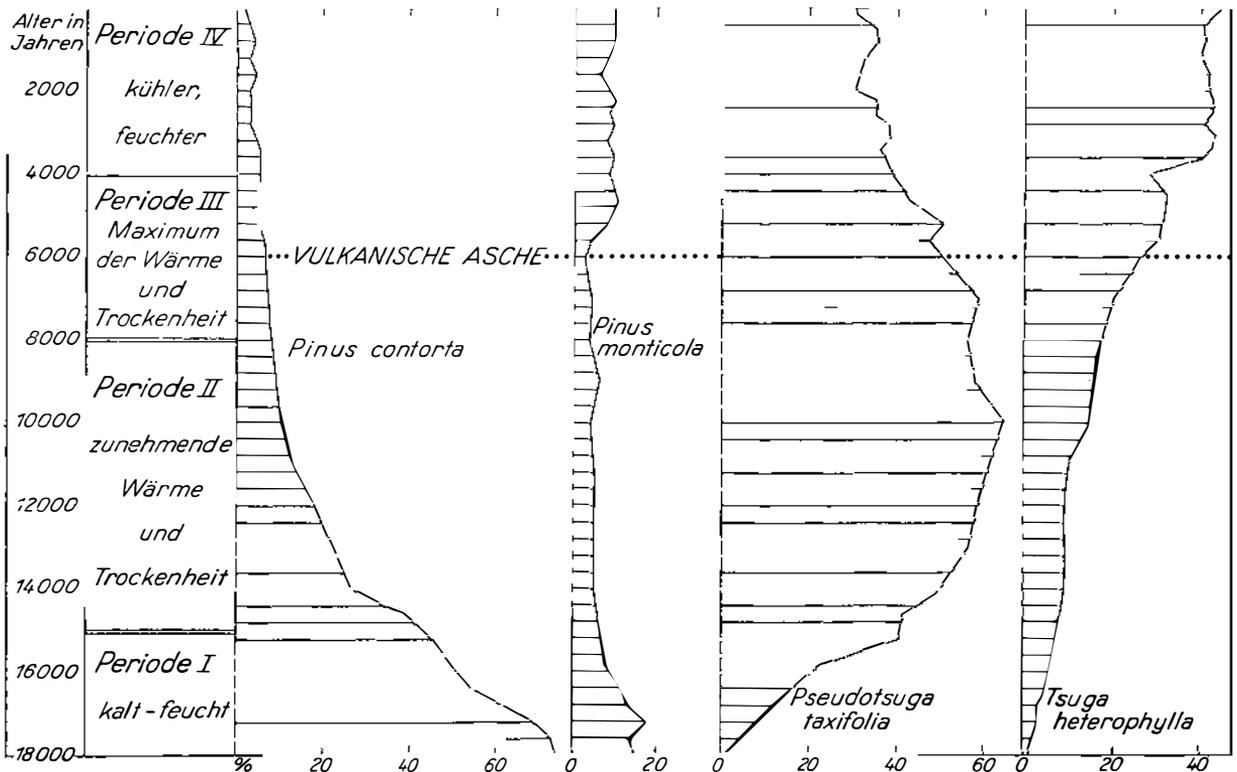


Abb. 6: Durchschnittspollendiagramm aus 10 Profilen des Puget Sound (USA) mit der Angabe der Klimaperioden und des geschätzten absoluten Alters (nach *Hansen* 1947 a, Fig. 55)

Hier wurde sowie in Abb. 5 die vulkanische Aschenschicht als synchroner Horizont zur Konnektierung der Profile benützt.

den Aschenlager. Er hält jedoch eine gründliche Untersuchung der Torflager auf vulkanische Asche für aussichtsreich und eine Verbindung zwischen seiner spätquartären Chronologie auf pollenanalytischer Basis und einer noch zu schaffenden Tephrochronologie auf Hawaii für wünschenswert.

i) Atlantik:

Von der Inselgruppe Tristan da Cunha im südlichen Atlantik hat *Hafsten* (1951) zwei Pollendiagramme veröffentlicht. Vulkane haben Aschen auf den Inseln ausgestreut, doch gibt *Hafsten* keine Funde in seinen Profilen an.

Zusammenfassung:

In den letzten Jahren gewann die Pollenanalyse immer größere Bedeutung für die Datierung jüngerer Vulkanausbrüche. Vulkanische Tuff- und Aschenschichten kann man, wenn sie über ausgedehnte Landflächen ausgestreut wurden und in Torf- und Muddeschichten angetroffen werden, andererseits auch zur Konnektierung gleichaltriger Ablagerungen über große Entfernungen heranziehen. Das absolute Alter der Vulkanausbrüche ist durch Radiokarbonbestimmungen von organischem Material mehrfach genauer festgelegt bzw. frühere mit Hilfe der Pollenanalyse gemachte Datierungen bestätigt worden. In dem Aufsatz wird zuerst versucht, das Vorgehen bei der pollenanalytischen Datierung vulkanischer Schichten am Beispiel der Eifelmaare zu erläutern. Dann folgt je ein Kapitel über das absolute Alter und die Bedeutung der Vulkandatierungen in der Eifel. Zum Abschluß wird über pollenanalytische Altersbestimmungen von Vulkanausbrüchen in anderen Teilen der Welt berichtet, besonders aus Island, Patagonien und Feuerland und aus den Kordillerenländern, Nordamerikas. Das Literaturverzeichnis ist möglichst vollständig.

7. Literaturverzeichnis

Ich habe in der Angabe der pollenanalytischen Literatur, die sich mit der Datierung von Vulkanausbrüchen irgendwie beschäftigt, möglichste Vollständigkeit angestrebt.

a) Einführende pollenanalytische u. a. Literatur:

De Geer, G.: Geochronologica suecica principes. Kgl. Svenska Vetenskapsakad. Handl. (3) 18, Nr. 6. Stockholm 1940.

Erdtman, G.: An introduction to pollen analysis. 2. Aufl. Waltham, Mass., und Stockholm 1954.

Faegri, Kn. u. *Iversen, Jobs.*: Text-book of modern pollen analysis. Kopenhagen 1950.

Firbas, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1. Bd.: Allgemeine Waldgeschichte. 2. Bd.: Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. Jena 1949 und 1952.

Godwin, H.: Palaeo-ecology: the study of the vegetation of former times. Mem. Proc. Manchester Lit. Phil. Soc. 93, 45—55 (1952).

Godwin, H.: British vegetation in the full-glacial and the late-glacial periods. In *J. E. Lousley*, The changing flora of Britain. Pg. 59—74. Arbroath 1953.

Groß, H.: siehe unter c.

Iversen, J.: The late-glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. Danm. Geol. Unders., Ser. 2, No. 80, 87—119 (1954).

Lemée, G.: L'évolution de la forêt française au cours du Quaternaire d'après les analyses polliniques. Rev. forest. franç. No. 6, 442—460 (1955).

Post, L. von.: Pollenstatistiska perspektiv på jordens klimathistoria. Ymer 64, 79—113 (1944).

Post, L. von.: The prospect for pollen analysis in the study of the earth's climatic history. The New Phytol. 45, 193—217 (1946).

b) Pollenanalytische u. a. Arbeiten zur Vulkandatierung:

Abrens, W.: Das Alter des großen mittelhheinischen Bimssteinausbruches und sein Verhältnis zu den jüngsten Rheinterrassen. Geol. Rdsch. 18, 45—59 (1927).

Abrens, W., u. *K. von Bülow*: Das Alter des Laacher Bimssteinausbruches. Z. dtsh. geol. Gesellsch. 86, 92—99 (1934).

Abrens, W., u. *K. von Bülow*: Nachtrag zu unserer Mitteilung: Das Alter des Laacher Bimssteinausbruches. Ebendort 190 (1934).

Abrens, W., u. *K. Steinberg*: Jungdiluvialer Tuff im Eichsfeld. Ber. Reichamt Bodenforsch. Jg. 1943, 17—30 (1943).

Anderson, S. T., u. *Tb. P. Blank*: Pollen and radiocarbon studies of Aleutian soil profiles. Science 116, 84—86 (1952).

Auer, V.: Verschiebungen der Wald- und Steppengebiete Feuerlands in postglazialer Zeit. Acta geogr. 5, Nr. 2. 313 S. Helsinki 1933.

Auer, V.: Der Torf und die Torfschichten als historische Urkunden Feuerlands und Patagoniens. Geol. Rdsch. 32, 647—671 (1941).

Auer, V.: The pleistocene and post-glacial period in Fuegopatagonia. Publ. Inst. geogr. Univ. Helsingiensis 12. Helsinki 1946.

Auer, V.: Las capas volcánicas como nuevo método de cronología postglacial en Fuegopatagonia. Gaea 8, 311—336. Buenos Aires 1948.

Auer, V.: Las capas volcánicas como base de la cronología postglacial de Fuegopatagonia. Rev. Invest. Agricol. 3, 49—208. Buenos Aires 1950.

Auer, V.: Preliminary results of studies on the Quaternary geology of Argentina. Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A, III. Geol.-Geogr. Nr. 25. Helsinki 1951. 12 S.

Auer, V., *M. Salmi*, u. *K. Salminen*: Pollen and spore types of Fuego-Patagonia. Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A, III. Geol.-Geogr. Nr. 43. Helsinki 1955. 14 S., 11 Taf.

von der Brélie, G., *M.* u. *R. Teichmüller*, *P. W. Thomson* u. *H. Werner*: Das Spät- und Postglazialprofil von Wallensen im Hils. Geol. Jb. 67, 231—242 (1953).

Buchner, P. u. *G.*: Die Datierung der vorgeschichtlichen und geschichtlichen Ausbrüche auf der Insel Ischia. Die Naturw. 28, 553—564 (1940).

Clisby, Kathryn H. and *P. H. Sears*: Palynology in Southern North America. Part III: Microfossil profiles under Mexico City correlated with the sedimentary profiles. Bull. geol. Soc. Amer. 66, 511—520 (1955).

Faegri, Kn.: Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegen II. Zur spätquartären Geschichte Jaerens. Bergens Mus. Arb. Nr. 7, 1939—40.

Firbas, F.: The late-glacial vegetation of Central Europe. The New Phytol. 49, 163—173 (1950).

- Firbas, F.*: Die quartäre Vegetationsentwicklung zwischen den Alpen und der Nord- und Ostsee. Erdkunde 5, 6—15 (1951).
- Firbas, F.*: Das absolute Alter der jüngsten vulkanischen Eruptionen im Bereich des Laacher Sees. Die Naturw. 40, 54—55 (1953).
- Firbas, F.*: Die Vegetationsentwicklung im Spätglazial von Wallensen im Hils. Nachr. Akad. Wiss. Gött. Math.-naturw. Kl. IIb, biol.-physiol.-chem. Abt. 1954, Nr. 5, 37—50 (1954).
- Foreman, F.*: Palynology in southern North America. Part II: Study of two cores from lake sediments of the Mexico City basin. Bull. geol. Soc. Amer. 66, 475—510 (1955).
- Frechen, J.*: Die Vulkane der Westeifel. In: *Hopmann, M., J. Frechen, und G. Knetsch*,: Die vulkanische Eifel. Wittlich 1951.
- Frechen, J.*: Die Herkunft der spätglazialen Bimstufe in mittel- und süddeutschen Mooren. Geol. Jb. 67, 209—230 (1952).
- Frechen, J.*: Der Rheinische Bimsstein. Wittlich 1953.
- Frechen, J. u. Straka, H.*: Die pollenanalytische Datierung der letzten vulkanischen Tätigkeit im Gebiet einiger Eifelmaare. Die Naturw. 37, 184 (1950).
- Groß, H.*: Die moorgeologische Datierung des jüngeren Magdalénien in Deutschland. Eiszeitalter u. Gegenwart 1, 166—171 (1951).
- Groß, H.*: Das Alleröd-Interstadial als Leithorizont der letzten Vereisung in Europa und Amerika. Ebendort 4/5, 189—209 (1954a).
- Groß, H.*: Die letzten Vulkanausbrüche in der Eifel. Naturw. Rdsch. 7, 27 (1954 b).
- Groß, H.*: Weitere Beiträge zur Kenntnis des Spätglazials. Eiszeitalter u. Gegenwart 6, 110—115 (1955).
- Güntber, A.*: Vulkantätigkeit und Eiszeit im östlichen Eifelvorland zwischen Mosel und Vinxbach. Die Eiszeit 1, 46—59 (1924).
- Gullentops, F.*: Découverte en Ardenne de minéraux d'origine volcanique de l'Eifel. Acad. roy. Belgique Bull. Cl. Sci., (5) 38, 736—740. Brüssel 1952.
- Gullentops, F.*: Contributions à la chronologie du pleistocène et des formes du relief en Belgique. Mém. Inst. géol. Univ. Louvain 18, 125—252 (1954).
- Hafsten, U.*: A pollen-analytic investigation of two peat deposits from Tristan da Cunha. Results Norweg. Sci. Exped. to Tristan da Cunha 1937—1938, No. 22. Oslo 1951. 42 S., 2 Diagr.
- Hansen, H. P.*: Postglacial forest succession, climate and chronology in the Pacific Northwest. Trans. amer. philos. Soc. 37, 1—130 (1947a).
- Hansen, H. P.*: Climate versus fire and soil as factors in postglacial forest succession in the Puget Lowland of Washington. Amer. J. Sci. 245, 265—286 (1947b).
- Hansen, H. P.*: Postglacial forests of the Glacier National Park region. Ecology 29, 146—152 (1948).
- Hansen, H. P.*: Postglacial forests in south central Alberta, Canada. Amer. J. Bot. 36, 54—65 (1949a).
- Hansen, H. P.*: Postglacial forests in west central Alberta, Canada. Bull. Torrey Bot. Cl. 76, 278—290 (1949b).
- Hansen, H. P.*: Pollen analysis of three bogs on Vancouver Island, Canada. J. Ecology 38, 270—276 (1950).
- Hansen, H. P.*: Postglacial forests in the Yukon Territory and Alaska. Amer. J. Sci. 251, 505—542 (1953).
- Hansen, H. P. and E. L. Packard*: Pollen analysis and the age of proboscidian bones near Silverton, Oregon. Ecology 30, 461—468 (1949).
- Heusser, C. J.*: Pollen profiles from southeastern Alaska. Ecol. Monogr. 22, 331—352 (1952).
- Heusser, C. J.*: Additional pollen profiles from southeastern Alaska. Amer. J. Sci. 252, 106—119 (1954).
- Heusser, C. J.*: Pollen profiles from Prince William Sound and southeastern Kenai peninsula, Alaska. Ecology 36, 185—202 (1955).
- Jimbo, T.*: Pollen analytical studies of peat formed on volcanic ash. Sci. Rep. Tôhoku imp. Univ., (4) 7, 129—132 (1932).
- Jimbo, T.*: Botanical studies of bog lakes in a volcanic region with special reference to lacustrine Bacteria. Part II, Bottom deposits. Sci. Rep. Tôhoku Univ., (4) 18, 109—115 (1949).
- Kreh, W.*: Das Ergebnis der Vegetationsentwicklung auf dem Stuttgarter Trümmerhügel. Mitt. Flor.-soz. Arbem. N. F. 5, 69—76 (1955).
- Lang, G.*: Zur späteiszeitlichen Vegetations- und Florengeschichte Südwestdeutschlands. Flora 139, 243 bis 294 (1952).
- Lang, G.*: Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. I. Der Hotzenwald im Südschwarzwald. Beitr. naturk. Forsch. in Südwürttschld. 13, 3—42 (1954).
- Lang, H. D.*: Ein Allerödprofil mit eingelagertem Laacher See-Tuff bei Marburg/Lahn. Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh., 1954, 362—372 (1954).
- Lemée, G.*: La tourbière de cratère du Mont-Bar près Allègre (Haute-Loire). Bull. Soc. bot. France 92, 63—66 (1945).
- Müller, H.*: Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des mitteldeutschen Trockengebietes. Nova Acta Leop. N. F. 16, Nr. 110. Leipzig 1953.
- Neustadt, M.*: De quelques questions que soulève l'étude des tourbières de Kamtchatka. Bull. Soc. nat. Moscou, Sect. Biol. 45, 159—170 (1936).
- von Post, L.*: Die Zeichenschrift der Pollenstatistik. Geol. Fören. Föhr. 51, 543—565 (1929).
- von Post, L.*: 1944 und 1946, siehe unter a!
- Rigg, C. B., and C. T. Richardson*: Profiles of some SPHAGNUM bogs on the Pacific coast of North America. Ecology 19, 408—434 (1938).
- Sahlstein, Th. G.*: Petrologie der postglazialen vulkanischen Aschen Feuerlands. Acta geogr. 5, No. 1. Helsinki 1932.
- Salmi, M.*: Die postglazialen Eruptionsschichten Patagoniens und Feuerlands. Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A III, Geol.-Geogr. 2. Helsinki 1941.
- Schwabedissen, H.*: Das Vorkommen des Magdalénien im nordwesteuropäischen Flachland. Eiszeitalter und Gegenwart 1, 152—165 (1951).
- Sears, P. B., and Kathryn H. Clisby*: Palynology in southern North America. Part IV: Pleistocene climate in Mexico. Bull. geol. Soc. Amer. 66, 521—530 (1955).
- Selling, O. H.*: Studies in Hawaiian pollen statistics, part III. On the Late Quaternary history of the Hawaiian vegetation. Göteborg und Honolulu 1949. 154 S., 27 Taf.
- Steinberg, K.*: Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Untereichsfeldes. Hercynia 3, 529 bis 587 (1944).
- Straka, H.*: Zur spätquartären Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. Arb. Rhein. Landeskd. H. 1. Bonn 1952.
- Straka, H.*: Pollenanalytische Datierungen zum Alter des Maar-Vulkanismus der Eifel. INQUA, IVe Congr. Int. Roma-Pisa 1953. Résumés des Commun. (1953). Ohne Seitenzahl.
- Straka, H.*: Pollenanalytische Datierung zweier Vulkanausbrüche bei Strohn (Eifel). Planta 43, 461—471 (1954).
- Straka, H.*: Die Auswertung pollenanalytischer Ergebnisse. Naturw. Rdsch. 8, 480—483 (1955).
- Straka, H.*: Pollenanalytische Untersuchung eines Moorprofils aus Nord-Island. Beiträge zur Klimageschichte Islands III. Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh. 1956, 262—272 (1956).
- Straka, H., u. Hl. de Vries*: siehe unter c!

Tavernier, R., en J. Laruelle : Bijdrage tot de Petrologie van de recente Afzettingen van het Ardennese Maasbekken. Résumé: Contribution à l'étude pétrologique des alluvions récents du bassin ardennais de la Meuse. *Naturw. T.* 34, 81—98 (1952).

Tborarinnsson, S. : Mot eld och is. Den tusenåriga kampen på Nordens västfront. *Ymer* 61, 264—298 (1941).

Tborarinnsson, S. : Tefrokronologiska studier på Island. Mit engl. Zusammenf. *Geogr. Ann.* 26, 1—217 (1944).

Tborarinnsson, S. : Some tephrochronological contributions to the volcanology and glaciology of Iceland. *Geogr. Ann.* 31, 239—256 (1949).

Tborarinnsson, S. : Laxárgljúfur and Laxárrhaun. A tephrochronological study. *Geogr. Ann.* 33, 1—84 (1951).

Tborarinnsson, S. : The Tephra-fall from Hekla on March 29th 1947. The eruption of Hekla 1947—1948. *Visindafélag Íslandinga* (Soc. Sci. Isl.) II, 3. Reykjavík 1954.

Tborarinnsson, S. : Nákuðungslögin við Húnaflóa í ljósi nýrra aldursákvæðana. The Nucella shore line at Húnaflói in the light of tephrochronological and radiocarbon datings. *Náttúrufræðingurinn* 25, 172—186. Ísland. mit engl. Zusammenf. (1955).

Wilckens, O. : Das Alter des großen mittélrheinischen Bimssteinausbruchs. *Geol. Rdsch.* 16, 306—310 (1925).

Zeuner, F. E. : Notes on the stratigraphy of the Magdalenian. *A. R. Inst. Archaeol.* 1952, 10—28 (1953).

c) Arbeiten, die vorwiegend die C 14-Datierung bringen, aber in Zusammenhang mit pollenanalytischen Vulkandatierungen stehen

Anderson, A. C., Hilde Levi, and H. Tauber : Copenhagen natural radiocarbon measurements, I. *Science* 118, 6—11 (1953).

Anderson, S. T. and Th. P. Bank : siehe unter b!

De Geer, Ebba Hult : De Geers chronology confirmed by radioactive carbon, C 14. *Geol. Fören. Förh.* 73, 517—518 (1951).

De Geer, Ebba Hult : Conclusions from C 14 and De Geer's chronology, Dani-Gotiglacial with datings. *Geol. Fören. Förh.* 73, 557—570 (1951).

Firbas, F. : siehe unter b!

Firbas, F., H. Müller und K. O. Mümmich : Das wahrscheinliche Alter der späteiszeitlichen „Bölling“-Klimaschwankung. *Die Naturw.* 42, 509 (1955).

Fromm, E. : Nya C 14-dateringar av Allerötidens. *Geol. Fören. Förh.* 73, 403 (1953).

Godwin, H. : Comments on radiocarbon datings for samples from the British Isles. *Amer. J. Sci.* 249, 301—307 (1951).

Groß, H. : Die Radiokarbon-Methode, ihre Ergebnisse und Bedeutung für die spätquartäre Geologie, Paläontologie und Vegetationsgeschichte. *Eiszeitalter und Gegenw.* 2, 68—92 (1952).

Groß, H. : (1954a) siehe unter b!

Heusser, C. J. : Radiocarbon dating of the thermal maximum in southeastern Alaska. *Ecology* 34, 637—640 (1953).

Iversen, Jobs. : Radiocarbon dating of the Alleröd period. *Science* 118, 6—11 (1953).

Johnson, F. (Herausgeber) : Radiocarbon dating. *Amer. Antiquity* 17, 1—65 (1951).

Krog, H. : Pollen analytical investigation of a C 14-dated Allerödsection from Ruds Vedby. *Danm. geol. Unders. II. R., Nr. 80*, 120—139 (1954).

Straka, H. u. Hl. de Vries : Eine Radiokarbonatierung zum Alter der Eifelmaare. *Die Naturw.* 43, 13 (1956).

BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

BERICHT ÜBER ANTHROPOGEOGRAPHISCHE STUDIEN IN SÜDÄTHIOPIEN

Wolfgang Kuls

Mit 4 Abbildungen

Report of studies on the human geography of southern Ethiopia

Summary: The author of this report was able to spend one year in the lake region of southern Ethiopia as the geographer of an expedition carried out by the Frobenius-Institute of Frankfurt-am-Main University. During longer sojourns within various tribal areas, he studied their human geography. For that purpose a classification of the different tribes into *MUSA ENSETE* growers, millet growers and pastoralists was found practicable.

The main areas where "Ensete" is grown show a high population density, 100 to 150 people per sq. Km. are frequently found, and holdings are mostly between 0.5 and 1 hectare in size. The link between "Ensete" cultivation and manuring is very likely of recent origin. Shifting cultivation must be assumed to be the original method and some traces of this can still be recognised. The former area of distribution of "Ensete" has been reduced as a result of the migration of the Galla, but areas where einzelhöfe dominate today must not be taken to indicate areas of former "Ensete" cultivation. It was possible to observe the emergence of einzelhöfe during the change over from pure animal husbandry to cultivation in the tribal area of the

Arussi. Many diversities within areas of "Ensete" cultivation are due partly to physical factors but partly without doubt to factors of the social geography.

The millet growers, with their large villages, impressive terrace cultivation and many peculiar crops seemingly form a group which is distinctly separated from the other inhabitants of the lake region. However, all their peculiar characteristics can be found represented elsewhere in the investigated area. Of prime importance for the economic existence of the millet growers are the uncertain conditions of precipitation in their habitat on the southern fringe of the Ethiopian highland. Many features are clearly meant to overcome this uncertainty in the food supply which results from these conditions. Particularly interesting in this connexion is the regular planting of some tubers which serve as emergency food should the millet harvest be insufficient.

The lake region has been influenced considerably through conquest by the Amhari and through the Italian occupation. An important fact is the pacification of the country which had many consequences, in particular for the pastoralists. The introduction of the Amharian plough cultivation, which is found here and there, has not wrought great changes, nor is it now considered to be the deciding cause of the widespread soil erosion.

Unter der Leitung von Prof. Dr. *Ad. E. Jensen* begann das Frobenius-Institut an der Universität Frankfurt am Main mit Mitteln der deutschen Forschungsgemeinschaft im Oktober 1954 seine dritte Expedition nach Südäthiopien. Einer Einladung von