

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)
Band: 37 (1962)

Artikel: Bodenpollen als Dokumente der Standorts- und Bestandesgeschichte
Autor: Welten, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308223>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.01.2026

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

Bodenpollen als Dokumente der Standorts- und Bestandesgeschichte

Von Max WELTEN, Bern

«Die Beschäftigung mit der heutigen Vegetation ist für den Vegetationsgeschichtler eine unentbehrliche Schule», schrieb FIRBAS 1949 (S. 39). Er war den Zusammenhängen zwischen Vegetation und Pollendokumenten bereits in den 1920er Jahren in Böhmen nachgegangen.

Die Idee, diesen Zusammenhängen am Wuchsort der Vegetation selbst nachzugehen, ist reizvoll. Zwei große Fragenkomplexe tauchen da vorerst auf. Der erste betrifft die Abbildung des Bestandes im Pollenniederschlag, speziell im erhaltungsfähigen Pollenniederschlag. Der zweite betrifft die Möglichkeit und Art der Archivierung dieses Pollens. Zwar geht die Beantwortung der ersten Frage der Bearbeitung der zweiten logisch voran. Doch hat die Bearbeitung der ersten Frage praktisch geringe Bedeutung, solange die Beantwortung der zweiten Frage nicht günstig ausgefallen ist.

Die vorgelegte Untersuchung geht in erster Linie diesem zweiten Fragenkomplex nach. In der Oberflächenschicht freilich berühren sich diese beiden Komplexe unvermeidlich. Da bietet sich die Möglichkeit, fossile Befunde an aktuellen Gegebenheiten zu prüfen.

Pollenanalysen aus Moor- und Seeablagerungen spiegeln jeweils die mittlere Vegetationsentwicklung einer ganzen Landschaft wider, wobei dieses Mittel kein lineares flächenbezogenes ist, sondern einen Mischwert aus überbetonter Nah- und untervertreter Fernvegetation darstellt. Je näher wir dem uns interessierenden Bestand rücken, desto mehr überwiegt der spezielle Pollenniederschlag, ohne daß freilich der Fernpollen ganz verschwindet, besonders wenn der Bestand ungewöhnlich wenig Pollen entwickelt. Aus kleinsten Mooren und Tümpeln versuchte man mit Erfolg der Entwicklung am Wuchsort näher zu rücken. Die Entwicklung von Seeufervegetation kann am Wuchsort selbst ermittelt werden, wie das manche Beiträge zur vorgeschichtlichen Besiedlung von Seeufern gezeigt haben. Auch Moorlokalitäten und Schneetälchen bergen Archive ihrer Bestandesentwicklung.

Nur mit allergrößter Zurückhaltung ist man an die Auswertung von Erdbodenpollendiagrammen herantreten. Am unbestrittensten ist die Auswertung von Rohhumusschichten, wie das die Arbeiten von WERTH und BAAS (1936), FIRBAS und BROIHAN (1936), TRAUTMANN (1952) IVERSEN (1958), WELTEN (1958) u. a. zeigten.

Umstritten ist und bleibt bis heute die Auswertung des Pollengehalts von mineralischen Böden. Da der Bodenpollen in sehr vielen Fällen gut erhalten und in differenzierter Staffelung auftritt, drängt sich die Frage auf, wie diese Pollen ins Bodenprofil gelangt sind.

In einer größeren Zahl von Fällen muß die Frage überraschenderweise umgekehrt gestellt werden: Wie kommt es, daß hier ein Bodenprofil über diesen jeweiligen Pollenniederschlägen aufgewachsen ist? Untersuchungen in der alpinen Stufe der Schynigen Platte (WELTEN 1958) zeigten, daß eine große Zahl von tiefgründigen Böden Auftragsböden sind. Sie haben z. T. dauernd, z. T. in beschleunigten und sich wieder verlangsamenden Schüben Auftrag erhalten von darüberliegenden Hängen (z. T. wohl auch von Flugstaub) und haben dabei Pollen der jeweiligen örtlichen Vegetation eingebettet. Bei den ermittelten Auftragsraten von einigen Dezimetern in tausend Jahren und bei den niedrigen Jahresmitteltemperaturen und guten Feuchtigkeitsverhältnissen haben sich dort Pollen auch im neutralen pH-Gebiet ordentlich erhalten, während sonst saure Bodenreaktion als Vorbedingung betrachtet werden muß für gute Pollenerhaltung und geringe Profilstörungen durch Bodenlebewesen.

In jüngster Zeit hat auch DIMBLEBY (1961 b) aus England von begrabenen Horizonten («buried levels») berichtet, die in vielen Fällen pollenanalytisch nachweisbar und nicht anders deutbar sind.

Daß die Vorgänge des Bodenabtrags und -auftrags auch in den tiefen Lagen des Braunerdebereichs ständig am Werk sind, ist wahrscheinlich. Sie beeinflussen die Vegetation in entscheidender Weise und schaffen große Schwierigkeiten für das Lesen der Bodenprofile.

Stärker als in der alpinen Stufe scheint in den Tieflagen ein anderer Vorgang den Pollengehalt unserer Böden zu beeinflussen. Jeder Bodenpollenuntersucher kennt Beispiele genug, wo Pollen auch dann im Boden zu finden ist, wo Auftrag so gut wie ausgeschlossen ist (sofern man unter Auftrag nur Fremdmaterial versteht, das von einem Hang heruntergekommen ist). DIMBLEBY (1961 a) vertritt auch in jüngster Zeit die Auffassung, daß der Pollen im Boden gesamthaft (also ohne Größenauslese) und langsam tiefer und tiefer eingeschwemmt wird («downwash»). Wir haben dieser Auffassung eine andere entgegengestellt, die der vertikalen Bodenumwälzung an Ort und Stelle (1958, S. 270/71). Wir haben sie der Tätigkeit der Bodenlebewesen und der Humusbildung des Pflanzenbestandes zugeschrieben. Wir möchten heute als Agens für kleinste innere Umwälzungen auch das Wachsen und Verwesen von Wurzeln (besonders von Baumwurzeln) hinzufügen. Die genannten Vorgänge sind charakteristisch für den «tätigen» Teil des Bodens, den aktiven Oberboden. In den untätigen Unterboden wird Pollen nur ausnahmsweise verfrachtet, so wenig wie Humusbestandteile der Oberfläche. Für diesen innern Umwälzungsvorgang scheint zu sprechen, daß vielerorts prähistorische Fundhorizonte beträchtlich unter Oberfläche liegen, ohne daß man immer angeben kann, woher die Deckschicht stammt, und wer ein Interesse daran gehabt hätte, sie aufzubringen.

VEGETATION: Uebersicht					
Fichtenforst	Mischwald	Föhrenwald		Pionierbestand	Hangfuss-Mischwald
	Fichte Föhre Buche	mit Fichte (u. Buche)	mit Buche (u. Fichte)		Eichen, Weymouth, Schwarzerle Traubenkirsche
± dicht	licht	± dicht und gleichaltrig	± licht	offen	dicht
Strauchschicht: wohlentwickelt	licht	± fehlend		—	luxurierend
Krautschicht: + geschlossen	locker	± fehlend	locker	unterbrochen	luxurierend, hoch
Moosschicht deckt: 80 %	1 %	30 %	10-20 %	10 %	± fehlend

EINIGE BEDEUTUNGSVOLLE ARTEN					
Strauchschicht: <u>Sambucus nigra</u> 1 <u>Sambucus racemosa</u> + <u>Rubus idaeus</u> + <u>Rubus fruticosus</u> +	<u>Rubus idaeus</u> 1 <u>Sorbus aucuparia</u> +	± 0	± 0	—	<u>Prunus padus</u> 3 <u>Sambucus nigra</u> 1 <u>Corylus avellana</u> + <u>Viburnum opulus</u> + <u>Rubus caesius</u> +
Krautschicht: <u>Moehringia trin.</u> + <u>Carex pendula</u> + <u>Athyrium filix-fem</u> 1 <u>Majanthem. bifol.</u> 1 <u>Oxalis acetosella</u> 3	<u>Fragaria vesca</u> + <u>Dryopt. filix-mas</u> + <u>Festuca gigantea</u> + <u>Majanth. bifolium</u> 1 <u>Oxalis acetosella</u> 3	<u>Goodyera repens</u> 1 <u>Carex pilulifera</u> + <u>Luzula nemorosa</u> + <u>Melampyrum prat.</u> +	<u>Vaccin. myrt.</u> 2 <u>Carex pilulif.</u> 1 <u>Luzula nemor.</u> + <u>Melampyrum prat.</u> +	—	<u>Vinca minor</u> 2 <u>Paris quadrif.</u> + <u>Glechoma heder.</u> + <u>Aruncus silvester</u> + <u>Pteridium aquil.</u> +
Moosschicht: <u>Mnium undulatum</u> 3 <u>Mnium cuspidatum</u> 3 <u>Catharinaea und.</u> +	<u>Hylocom. splend.</u> + <u>Catharinaea und.</u> + <u>Eurhynchium str.</u> +	<u>Leucobryum gl.</u> + <u>Polytrich. atten</u> 2 <u>Scleropod. purum</u> +	<u>Polytrich. att.</u> 2 <u>Thuidium tamar.</u> 1 <u>Leucobryum gl.</u> +	—	± 0

Böden					
tiefgründig, in grö- ßerer Tiefe Verdicht. ev. Staunässe über dichter Grundmoräne	physiol. flach- gründig, unterhalb 40 cm dichte, zähe Grundmoräne	± tiefgründig	± tiefgründig	äusserst flachgründig	morphol. tiefgründig phys. flachgründig (hohes Bodenwasser niveau)
Deckschicht 8% Humus	Decksch. 14% Humus	Decksch. 22% Humus	Decksch. 50% Humus	—	Decksch. 7% Humus
Lehm bis 80 cm skelettfrei	Lehm mit Skelett	Lehm bis toniger Lehm mit Skelett	toniger Lehm mit wenig Skelett	—	oben grobsand. Lehm unt. lehmiger Grob- sand ohne Skelett
saure kolluviale Braunerde pH 3,2 - 3,7	podsolige Braun- erde pH 3,2 - 3,5 tiefer pH 4 - 7 (Kalk)	stark podsolige Braunerde pH 2,9 - 3,3	stark podsolige Braunerde pH 3,2 - 4,6		heterogener Boden: Auftragsschicht pH 4 unten Rohgleyboden pH 5,7 - 6,7

① 66m
 ②
 ③
 ④
 ⑤
 ⑥ 600m
 0 100m 200m
 Garten / Küsschatten Gartental / Sulgenbach

■ junge kolluviale Böden
 ▽ Moräne (Würm)
 ▨ Sandstein
 ▩ Marine Molasse
 %%% Alluvion

Abb. 1

Bis zu welchem Grad auch an sehr wenig geneigten Hängen das Kriechen des Bodenkörpers unter dem Einfluß der Schwere die Einarbeitung des Oberflächenpollens fördert, ist schwer abzuschätzen. Es dürfte aber für die Erscheinung nicht bedeutungslos sein (vergl. S. 342).

Die Pflanzenbestände des Vegetationsprofils Gurtental											
(10 m ² , Braunsche 5 ^{er} Skala für die Deckungsanteile)											
	S t a n d o r t e						S t a n d o r t e				
	3	4	2	1	6		3	4	2	1	6
<u>A. Bäume</u>						<u>C. Kräuter</u>					
Pinus silvestris	3	3	2			Goodyera repens	1	+			
Fagus silvatica	1	2-3	1		2	Carex pilulifera	+	1			
Abies alba	1				+	Melampyr.pratense	+	+			
Picea abies	2	+	2	4	1	Luzula nemorosa	+	+			
Larix decidua cult.			(+)			" pilosa		+			
Quercus robur					2	Vaccinium myrt.		2			
Alnus glutinosa					1	Galium rotundif.		+	r		
Populus tremula					(+)	Athyrium filix-f.		+	(+)	1	
Pinus strobus cult.					1	Poa nemoralis		+		+	
						Dryopt.austr.dil.		+	(+)	r	
<u>B. Sträucher</u>											
Rubus fruticosus		+	+	+	+	Ajuga reptans			r		
Sambucus racemosa		+		+		Hieracium murorum			r		
Sorbus aucuparia			+			Platanthera bifol.			r		
Rubus idaeus			+ - 1	+		Hedera helix			+		
Sambucus nigra			+	1	1	Festuca gigantea			+		
Corylus avellana					1	Dryopteris filix-m			+		
Fraxinus excelsior					r	Acer pseudoplat.			r		
Viburnum lantana					+	Geranium robert.			+	+	
" opulus					+	Viola silvestris			+	+	
Prunus padus					3	Majanthemum bif.			1	1	
Prunus spinosa					2	Oxalis acetosella			3	3	
Rubus caesius					+	Milium effusum			+	+	
Frangula alnus					+	Carex silvatica			+	+	
Evonymus europ.					r	Vicia sepium			(+)	+	
Cornus sanguinea					+	Cicerbita muralis			(+)	+	
<u>D. Moose</u>						<u>Moehringia trin.</u>					
Leucobryum glaucum	+	+				Carex pendula				+	
Dicranum scoparium	r	+				Fragaria vesca			+	r	
Scleropodium purum	+	1				Anemone nemorosa			+	r	
Polytrich.attenuat.	2	2	+			Polygonat.multif.			r	1	
Hypnum cupressifor.	+	+				Asperula odorata			2	1	
Thuidium tamarisc.	r	1	(+)	+		Phyteuma spicatum				r	
Hylocom.splendens	+	1	+	+		Epilobium montan.			r		
Rhytidiad.triquetr.		r	r	+		Brachypod.silvat.			+	+	
Eurhynchium striat.		+	+	+		Circaea lutetiana			1	+	
Catharinaea undul.			+	+		Paris quadrifolia				+	
Mnium undulatum			r	3		Glechoma hederac.				+	
" cuspidatum			+	3		Vinca minor				2	
						Aruncus silvester				+	
						Pteridium aquilin				+	
						Lysimachia vulg.				r	
						Carex acutiformis				r	

Abb. 2

Selbstverständlich kommt dem downwash, dem Einschwemmen von Pollen durch Sickerwasser, auch nach unserer Meinung, für die obersten paar Zentimeter eines teilweise offenen Bodens doch einige Bedeutung zu, so tief aber nur, wie offene Risse und Unebenheiten vorhanden sind. Durch downwash ist vielleicht sogar die Hauptmenge alles später erhaltenen Pollens vor der raschen Zerstörung durch Oxydation gerettet worden.

Es war vorauszusehen und zeichnet sich schon heute ab, daß diese bodendynamischen Vorgänge stets alle gleichzeitig am Werk sind, daß im einen Fall aber der eine Vorgang dominiert, im andern der andere. An solchen einseitig beeinflussten Bodenprofilen wird sich abschätzen lassen, welche Wirkung die einzelnen Vorgänge haben. Ein abschließendes Urteil wird man erst anhand zahlreicher und verschiedenartiger Ergebnisse fällen können. Die vorgelegten Untersuchungen sollen Beiträge an die eröffnete Diskussion darstellen.

In einer Übung mit Studenten im Sommer 1958 wurde ein Vegetationsprofil SW von Bern, also im Molasse-Mittelland der schweizerischen Hochebene (ca. 600 m ü. M.) soziologisch-ökologisch untersucht. Eine grobe Übersicht über die Geländeverhältnisse, die Vegetation und die Böden vermittelt Abb. 1. Sechs Stellen wurden durch Aufnahmen, zahlreiche Messungen und Bodenprofile genauer untersucht. Die Bestandaufnahmen finden sich in der Tabelle Abb. 2 so geordnet, daß der extremste saure Standort 3 zuerst, der am wenigsten saure Standort 6 zuletzt aufgeführt wurde. Die Lage der Standortnummern ist in Abb. 1 nachzusehen.

Wir verzichten auf eine Diskussion der soziologischen und ökologischen Ergebnisse und wenden uns den Bodenbefunden zu. Die wesentlichen der ausgeführten Untersuchungen sind in den Abb. 3—6 festgehalten.

Zur Methodik sei nur folgendes mitgeteilt:

1. Für eine profildynamische Untersuchung genügt die übliche Probeentnahme von 1—2 Proben aus jeder von Auge unterscheidbaren Strate nicht. Die Proben sollten alle 10 oder 5 cm oder noch enger entnommen werden (vgl. DIMBLEBY 1961: alle 2,5 cm!).

2. Es ist wertvoll für die Auswertung der Pollenbefunde, einige physikalische oder chemische Befunde in ebenso engen Abständen zu ermitteln. Einmal geben korrelierte Befunde eine zuverlässigere Auswertung, anderseits wird man durch den Gang anderer Faktoren auf die möglichen Deutungen gewiesen.

3. Zu diesem Zweck wurden zwei pH-Werte mit der Glaselektrode ermittelt, der erste in Aufschwemmung in dest. Wasser, der zweite in derselben Aufschwemmung mit 0,1 n KCl nach 24stündigem Stehen und gelegentlichem Schütteln. Die Werte sind an sich bedeutungsvoll. Uns scheint aber auch die Differenz der beiden Werte deutbar. Eine Bodenprobe, deren H-Jonenkonzentration mit KCl wesentlich größer ausfällt, weist wohl viele H-Jonen in stark gebundenem Zustand auf. Diese starke und reichliche Bindung stellt sich wohl erst ein nach intensiver und langdauernder Einwirkung von H-Jonen-reichem Sickerwasser, also wohl über dem B-Horizont, in einem A-Horizont. Solche H-Jonen-reiche Horizonte können sich bei Bodenauftrag erhalten, falls sie nicht durch die Metalljonen des Sickerwassers eines mineralstoffreichen Bodenauftrags aufgehoben werden.

4. In ähnlicher Weise kann die elektrische Leitfähigkeit eines wässrigen Bodenauszugs als Pauschalausdruck des Jonengehalts des Bodenwassers verwendet werden. Man muß allerdings normieren: wir stellten 3 g Feinerde in 20 cm³ dest. Wasser 10 Min. unter fleißigem Rühren ins Wasserbad bei 100 °, ließen 2 Stunden auf Zimmertemperatur 20 ° abkühlen und maßen den Flüssigkeitswiderstand der überstehenden Lösung (Leitfähigkeit in Mikrosiemens). Da die Leitfähigkeit z. T. aus dem H-Jonengehalt stammt, wurde eine angenährte Korrektur angebracht durch Subtraktion nach den Angaben bei

Landolt-Börnstein. (Die hier nötige pH-Messung in wässriger Aufschwemmung ging in die Bestimmungen unter Punkt 3 ein.) Diese reduzierten Leitfähigkeitswerte erwiesen sich als gut reproduzierbar; sie bewegten sich in unseren Bestimmungen zwischen 25 und über 300 Mikrosiemens.

Wir gehen nun zur Betrachtung und Diskussion unserer Ergebnisse über (Abb. 3—6).

DAS PROFIL GURTENTAL 1 (Abb. 3)

Das Profil war ursprünglich nur auf 100 cm Tiefe aufgegraben worden, wo man ab ca. 90 cm auf größere tonige und Gneißblöcke stieß und glaubte, Moräneunterlage erreicht zu haben. Bei näherer Untersuchung und tieferem Graben erwies sich die grobblockige Schicht 90—130 cm als die elektrolytärmste Schicht im Profil mit der größten H-Jonenbindung und einem recht tiefen pH. Dieses Material war nicht als primäre Moräne zu deuten; solche wurde erst unter 170 cm erreicht mit einem pH über 7, einem guten red. Leitvermögen und geringer H-Jonenbindung. Angesichts der Muldenlage mit Anzeichen von Staunässe und der Verhältnisse in Profil 2 scheint es ausgeschlossen, daß dieser obere Horizont von grobblockigem Material als ausgewaschene Moräne in situ aufgefaßt werden kann.

Die Pollenanalyse unterstützt diese Vermutung sehr schön: der ganze Abschnitt ist dominiert von Nichtbaumpollen und vielen Farnsporen. Er läßt sich in vier Unterabschnitte gliedern: einen ersten gras- und krautreichen mit Kulturpollen, einen zweiten erlen- und föhrenreichen Wiederbewaldungsabschnitt, einen dritten im Bereich des stärksten Geröllauftrags mit Feuchtstaudenvegetation (Farne, Komposition, Lycopodium, Sphagnum, Botrychium) und sehr wenig Gehölz, einen vierten, der besonders die kleinskelettige Übergangsschicht (90—55 cm) belegt und als Wiederbewaldungsabschnitt (Haselphase, dann Pinusphase, dann Piceaphase) mit stark abnehmenden Krautpollen- und Farnsporenanteilen betrachtet werden muß.

Der Abschnitt 55—0 cm hebt sich durch höhere Picea-Prozente und mäßige Buchenprozente, durch Plantago, Cerealia, fehlende Lycopodiumsporen und wenige Dryopteristyp-Sporen so scharf ab, daß an geänderte Beeinflussungsverhältnisse gedacht werden muß. Wäre der Abschnitt einheitlich, könnte man den Pollen allfällig als eingearbeitet durch vertikale Bodenumwälzung an Ort auffassen. Zwei starke Krautpollengipfel bei 30 und 10 cm Tiefe gliedern ihn aber so prägnant, daß höchstens die obersten 8 cm für solche Vorgänge in Frage kommen können. Wir schließen daraus und aus dem Gang der H-Jonenbindungswerte, daß auch die Schicht 55—0 cm Auftrag darstellt, und zwar Auftrag aus jüngerer Zeit als der massive Auftrag um 100 cm Tiefe herum.

So fassen wir das ganze aufgegrabene Profil als Auftragsprofil auf, das auf einer mineralstoffreichen Moränenunterlage Auflagen von sehr nährstoffarmem Material in einer Mächtigkeit von 170 cm bekommen hat, zu einer Zeit, die völlig im jüngsten Postglazial liegt. So sehr an zufällige Pollenverschleppung zu denken ist, scheint es, daß sich alles im fichtenreichen Abschnitt abspielt, der bei uns frühestens mit der Bronzezeit beginnt. Es ist aber wohl möglich, daß der ganze Auftrag seit dem frühen Mittelalter erfolgt ist.

DAS PROFIL GURTENTAL 2 (Abb. 4)

Dieses Profil hat flache Kammlage. Man stößt schon in 40 cm Tiefe auf zähen Lehm, der von 65 cm an abwärts äußerst dicht und grobblockig wird und sich nach seiner grauen Farbe (Kalkgehalt!), hohen Leitfähigkeit des Wasserauszugs, hohen pH-Zahl (über 7) und geringen H-Jonenbindung als echte und vermutlich primär liegende Moräne erweist.

In der \pm unveränderten Moräne (100—65—45 cm) ist der Pollengehalt sehr gering und besteht vorwiegend aus Pinus- und Corylus-Pollen und einigen Farnsporen. Wir schließen daraus auf föhren- und eichenmischwaldzeitliche Einarbeitung (keine Datierung eines Profilauftrags).

Der kurze Profilabschnitt 40—0 cm zeigt einen Rodungs- und einen Wiederbewaldungsabschnitt. Die Rodung im fichtenreichen Föhrenwald zeigt anfänglich Calluna-Verheidung mit Gräsern und Kräutern (ob wohl Waldweide?), in der Hauptphase ausgeprägte Getreide- und Plantago lanceolata-Gipfel. Die Wiederbewaldung scheint mit Pinus eingeleitet worden zu sein und zeigt heute neben Föhre reichlich Fichte und etwas Buche. Die oberflächlichen 40—60 cm sind versauert und ausgewaschen; unterhalb 65—70 cm sind reichlich Mineralstoffe vorhanden.

Die starke Versauerung des Moränenkuppestandorts G2 läßt uns vermuten, daß der Bodenabtrag sehr schwach ist. Doch ist der Boden nicht ungestört. Er wurde in jüngerer Zeit (Mittelalter?) gerodet und bebaut. Es scheint, daß man die verschiedenfarbigen oberen Horizonte als durch die Kultur bedingte A-Horizonte betrachten muß. In 60—80 cm Tiefe dürfte sich der B-Horizont befinden. In diesem Profil datiert der Pollengehalt nicht die Aufhöhung des Bodens, gibt aber trotzdem die Hauptzüge der Bewachungsgeschichte wieder.

DAS PROFIL GURTENTAL 3 (Abb. 5)

Wie in Profil 1 wurde im grobblockigen Teil (Kalke und Gneisse) um 100 cm keine primäre Moräne erreicht. Wir schließen das aus der sehr

geringen Leitfähigkeit der Feinerde, dem Stand von pH um 4 und der hohen H-Jonenbindung zusammen mit dem ungewöhnlich hohen Gehalt an Knautia-Pollen und Lycopodium- und Pteridium-Sporen. Die darunter befindlichen Schichten bestehen aus tiefgründig verwittertem Molasseverwitterungsmaterial mit spärlichen Pollen aus der frühen Eichenmischwaldzeit. Ein B- oder gar C-Horizont dieses Sandbodens wurde nicht erreicht.

Der Abschnitt 105—75 cm stellt eine Auflagerungsschicht groben, alten, ausgelaugten Moränenmaterials des Oberhanges dar, die nach der Entwaldung aufgetragen wurde, und die sich während des Auflagerungsvorgangs mit hochstaudiger Vegetation von Farnen vom Dryopteris-Typ, Pteridium, Knautia, Gräsern und Cyperaceen bedeckte. Spuren von Buche und Fichte lassen vermuten, daß es sich nicht um ältere als bronzezeitliche Kultureinflüsse handelt.

Im Abschnitt 75—45 cm ist das Material gleichmäßiger und etwas besser aufgeschlossen; die Akkumulation verlief wohl ruhiger. Die Kulmination der Cerealia-Kurve (Triticum mit wenigen Secale-Körnern) spricht für Getreidekultur am Standort 3 selbst.

Von 45—0 cm erfolgt bei wieder aufgelassenem Wald eine weitere leichte Bodenaufhöhung (mit feinkörnigem, stark angewittertem Skelett) vom Oberhang her. Anfänglich hatte sich ein fichtenreicher Buchenbestand herausgebildet, worin die Kräuter und Farne rasch zurückgingen. Als die Podsolierung (bei wohl verlangsamtem Bodenauftrag) stärker wurde, verschwand die Buche und setzte sich die Föhre wieder an erste Stelle, allerdings vermutlich unterstützt durch forstliche Maßnahmen.

Das Bodenprofil G 3 ist kein einheitliches Waldbodenprofil. Es ist in der Folge einer jüngeren Entwaldung zuerst stürmisch, dann allmählich aufgehöhht worden. Der heutige Bestand scheint sich demjenigen vor der Entwaldung zu nähern.

DAS PROFIL GURTENTAL 4 (Abb. 6)

Pedologische und pollenanalytische Befunde legen eine Gliederung dieses Profils in vier Abschnitte nahe.

Der unterste Abschnitt reicht von 130 bis ca. 97 cm. Er besteht unter 125 cm aus angewittertem Molassesandstein mit hoher Leitfähigkeit der wässerigen Aufschwemmung und geringer H-Jonenbindung, und dieser scheint seit dem Eisrückzug nie oberflächlich gelegen zu haben. Zwischen 125 und 108 cm liegt graue sandige Moräne mit hoher Leitfähigkeit und geringer H-Jonenbindung, die wohl als primäre Moränenüberkleisterung des Molassefelsens gedeutet werden muß. Aus dem fast ausschließlichen Pinus-Pollengehalt schließen wir auf Föhrenwaldbestockung während

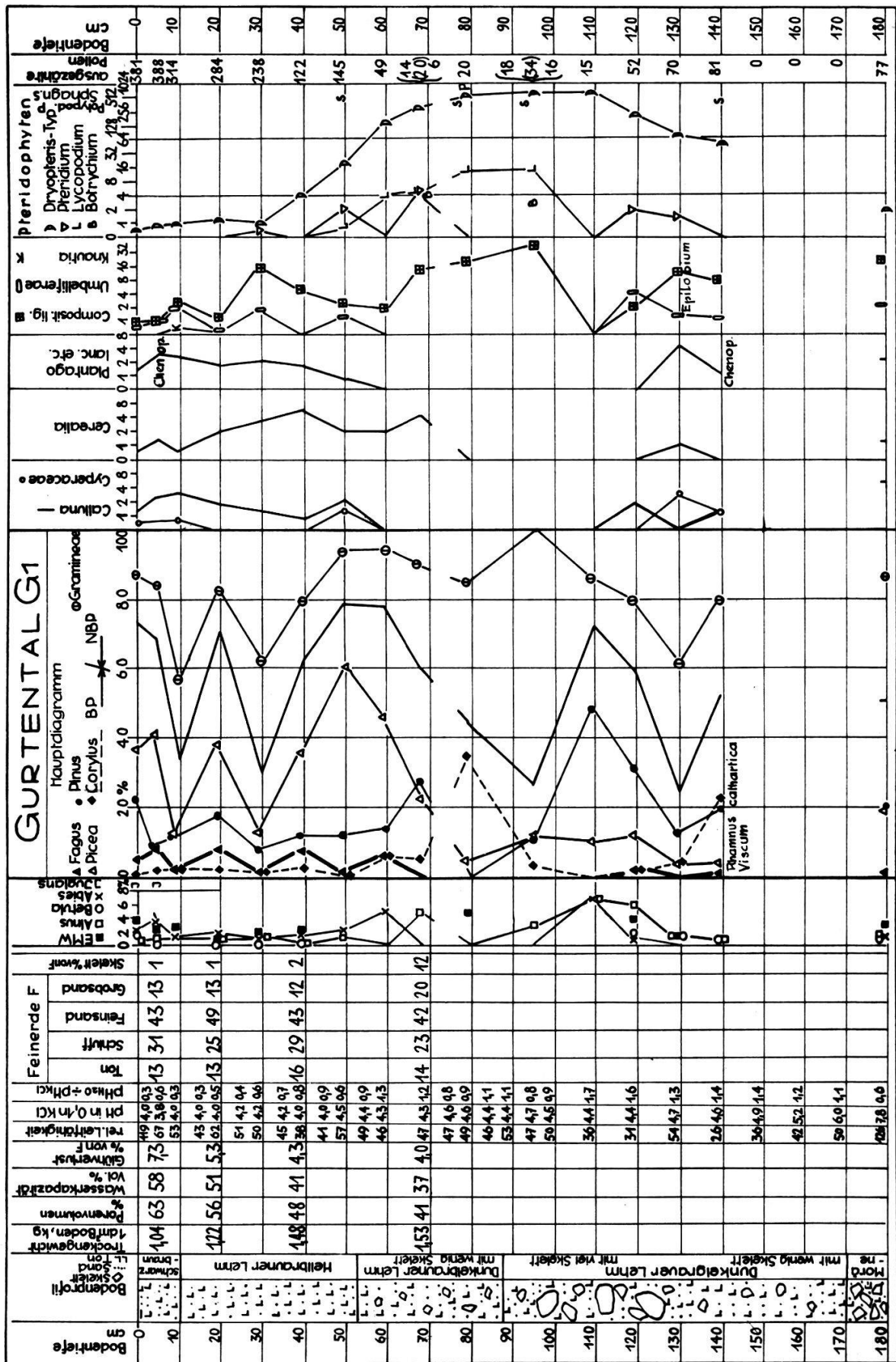
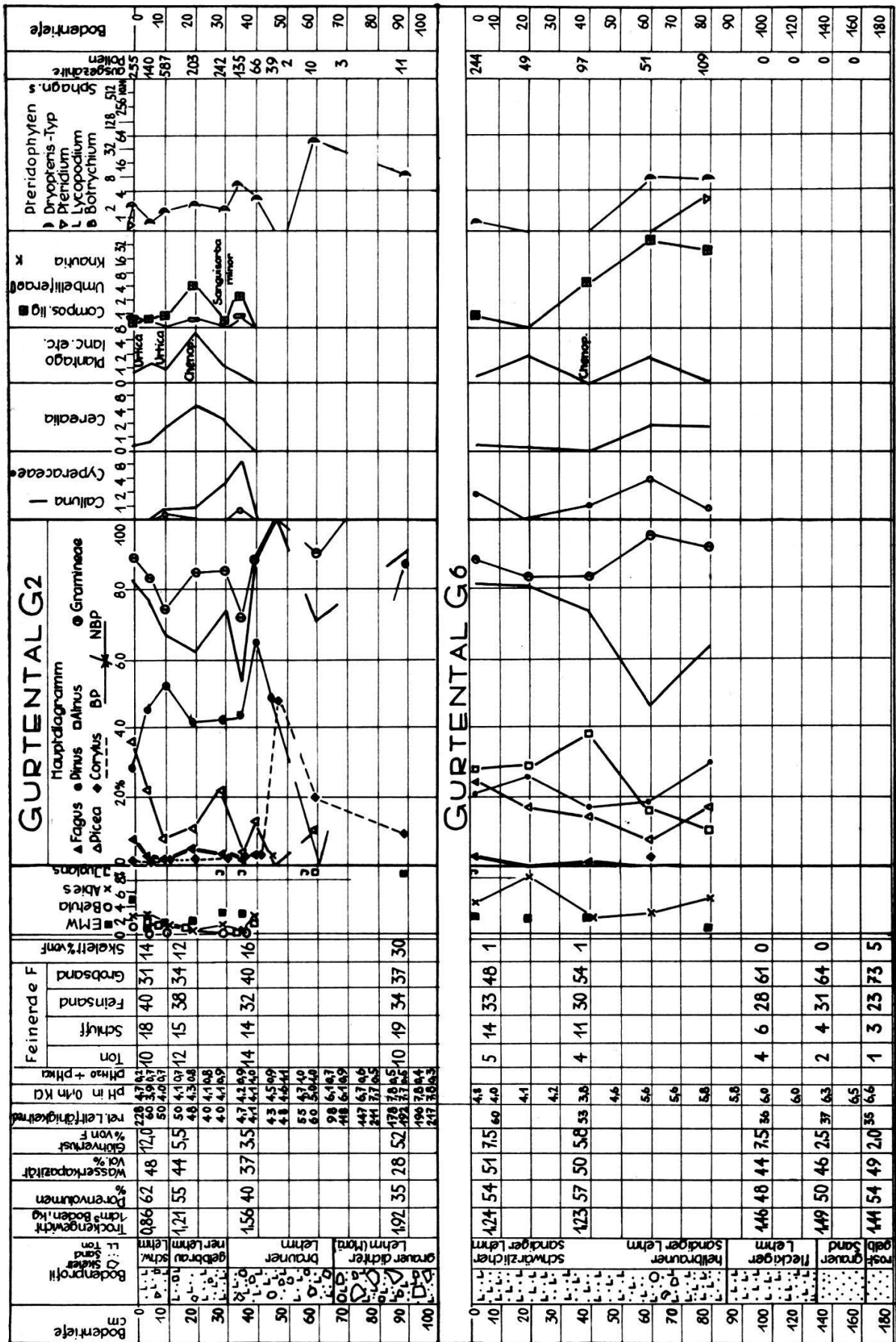


Abb. 3



der Föhrenzeit (ev. der frühen EMZ). Die Bodenoberfläche dieses Bestandes liegt aber wenig darüber: etwa zwischen 108 und 95 cm, wo pH plötzlich stark absinkt, eine hohe H-Jonenbindung festgestellt ist und die Leitfähigkeit gering wird. (Anreicherungs-horizont bei 110 cm?)

Die darüber liegenden 95 cm Boden müssen späterer Auftrag sein. Der Abschnitt von 95—55 (resp. 40) cm bildet einen ersten, grobblockigen Auftragskomplex, der vermutlich identisch ist mit dem groben Störungskomplex in Profil 3. Sein unterer Teil ist vermutlich rasch aufgetragen worden, da er einen nährstoffreichen und nicht sehr sauren moränigen Unterboden darstellt; dagegen ist die Schicht 75—55 cm saurer und nährstoffärmer. Da wesentliche Spuren von Buche und Fichte eingearbeitet sind, halten wir die Störung für frühestens bronzezeitlich, möglicherweise aber auch jünger.

Oberhalb 55 cm Tiefe erreichte der Störungseinfluß durch die Rodungen am obern Hangteil unsern Standort 4. Er scheint durch weitem Bodenauftrag oder doch unter weiterem Bodenauftrag den Föhrenbestand vernichtet zu haben, ohne daß eine völlige Entwaldung stattgefunden hat. Es bildete sich eine kurze Knautia-reiche Hochstaudenphase ähnlich wie am Standort 3, doch regenerierte sich der Wald über einen Buchenbestand mit Fichten und Föhren. Das besonders hohe Porenvolumen der obern Auftragsbodenschichten mag die Buche vorübergehend begünstigt haben bis zum Moment, wo die Konkurrenz durch Pinus und Vaccinium stärkere Versauerung und Podsolierung herbeigeführt hatten. Diese Erscheinung charakterisiert den vierten und letzten Abschnitt des Bodenprofils 4. Pedologisch ist er ausgezeichnet durch fast völlige Stabilisierung der Bodenoberschicht durch Vaccinium myrtillus, Rohhumusbildung und Herausbildung eines dünnen Bleichhorizontes. Es ist merkwürdig, daß im ganzen Bodenprofil keine nur halb so deutlichen Podsolierungen aufzufinden sind, wo sie sich doch offenbar in jüngster Zeit binnen kürzester Frist ausgebildet haben. Wir glauben darin den Hinweis zu finden, daß ein Hangboden in einem kontinuierlichen Fließvorgang begriffen ist, der durch innere Profilwiderstände, besonders aber durch die Vegetation ständig Stauungen erleidet und dadurch innere Wälzung und vertikale Materialverschiebungen zur Folge hat.

DAS PROFIL GURTENTAL 6 (Abb. 4, unten)

Dieses ausgesprochene Hangfußprofil weicht von den andern Profilen stark ab. Es ist offensichtlich zweistufig. Der untere Abschnitt, 180 bis 85 cm, besteht aus vergleyten Sanden, die ursprünglich als Hangabwit-

terung der Molassesandsteinfelsen hier aufgelagert wurden. Sie sind beinahe neutral und völlig pollenleer. Darüber liegt eine Auflagerungsschicht von saurer, podsoliger Braunerde, die vom Waldhang oberhalb des Felsens stammt. Mittelalterliche Scherben bei 65 cm datieren die krautreiche Phase zwischen 90 und 65 cm. Der ganze Abschnitt weist reichlich Schwarzerlenpollen auf, der für das dauernd hohe Grundwasserniveau an diesem Hangfuß spricht und für die Mineralstoffarmut des Bodengewässers.

ERGEBNISSE UND ZUSAMMENFASSUNG

1. Wir stellen in den fünf Bodenpollendiagrammen Diskontinuitäten im quantitativen und qualitativen Pollengehalt fest, die zusammen genommen ein Bild ergeben, das mehr oder weniger an sog. «normale» Pollendiagramme erinnert. Die Übereinstimmung ist aber nur in speziellen Fällen eine gute.

2. Von unsern Profilen sind es nur die Profile G 4 und G 2, die am Grund wahrscheinlich alten Pollen aus der Föhren- oder Eichenmischwaldzeit enthalten, wogegen deren obere Abschnitte und alle andern Profile nur Pollen der jüngern Mischwaldzeiten aufweisen. Diese jüngern Zeiten sind in unsern Gegenden zwar gelegentlich doch noch zu gliedern in einen ältern Abies- und einen jüngern Picea-Abschnitt (nicht die Gurtental-Profile!).

3. Neben einer solchen angenäherten absoluten Gliederung des Pollenniederschlags gibt es die weitere Möglichkeit der relativen Gliederung unter der meist wohl zutreffenden Annahme, daß der Pollen der tiefern Schicht älter ist als derjenige der höhern (Ausnahmen von dieser Regel dürften sich finden!).

4. Die absolute oder relative Folge der Hauptzüge des Pollendiagramms eines Bodens kann mit Vorbehalt und großer Kritik als mehr oder weniger lückenhaftes und verzerrtes Abbild der Bestandesgeschichte des untersuchten Standorts betrachtet werden. Bei aller Zurückhaltung, die in dieser Aussage liegt, sei immerhin betont, daß die Bodenpollenanalyse die einzige Methode ist, die derart detaillierte Angaben zu liefern imstande ist. Die Pedologie allein kann das nicht, sollte aber in jedem Fall beigezogen werden zur Unterstützung der Aussagen einerseits, als zweiter Teil der Standortsgeschichte anderseits.

5. Die Bodenpollenanalyse erhält vermehrten Aussagewert durch Ermittlung ihres Zusammenhangs mit den historischen dynamischen Vorgängen des Bodenprofils. Sie kann, umgekehrt, wichtige Beiträge an das Verständnis der Bodendynamik liefern.

6. Folgende bodendynamischen Vorgänge sind für den Bodenpollengehalt von Bedeutung:

a) Bildung von Auflagehumus, Rohhumus: da er sauer ist, konserviert er Pollen gut. Der Pollen ist weitgehend schichtbeständig, wird nur sehr wenig in tiefere Schichten eingearbeitet.

b) «Downwash», das Einschwemmen von Pollen, Humus und Erdpartikeln durch Niederschlagswasser spielt nach unserer Meinung (entgegen derjenigen von DIMBELBY 1961) nur in den allerobersten Zentimetern des Bodens eine nennenswerte, für die Konservierung allerdings wohl bedeutende Rolle. Ein allgemeines Tieferverschwemmen findet kaum statt.

c) Bodenauftrag (Akkumulation) ist an Hangfüßen und in Mulden (ev. auch in Hangkonkavitäten) der bodenkundlich und pollenanalytisch bedeutsamste Vorgang. Dadurch kommen Pollendiagramme zustande, die sich den «normalen» Diagrammen sehr nähern. Beschleunigter und unterbrochener Auftrag verzerren die Pollendokumentation.

d) Bodenkriechen an Hängen ist in der Oberflächenschicht meist beschleunigt, an Steinen und Wurzelwerk durch Stauung turbulent, wodurch vermutlich Pollen in tiefere Schichten eingearbeitet wird. Diese Schichten können wie Auftragsschichten aussehen, sind es für das darunterliegende Bodenmaterial auch, ersetzen aber nur die profileigenen abgerutschten Teile.

e) Innere Bodenumwälzung findet bei allen Bodenprofilen statt, die längere Zeit ruhig liegen. Sie beruht auf der Tätigkeit von Würmern und Larven, von Mäusen, Vögeln, Wild, dem Aufwachsen von Bodenpflanzen und ihrer Humusbildung, dem Dickerwerden von flachstreichenden Wurzeln und ihrem späteren Verwesen; sie besteht im Bedecken des oberflächlichen Pollenniederschlags mit Erdmaterial, wodurch der Horizont eines Jahres ganz allmählich tiefer zu liegen kommt. (Dadurch wird in einem derart tätigen Boden downwash vorgetäuscht.) Das Pollendiagramm völlig ebener Standorte ohne Auftragsmöglichkeit (Flugstaub?) verdankt seine Entstehung dem downwash und der inneren Bodenumwälzung.

f) Die künstliche Bodenbearbeitung (Ackerkulturen usw.) arbeitet wohl oberflächlichen Pollen, speziell auch Kulturpollen, zwei bis drei Dezimeter in das Bodenprofil ein, wird allerdings durch die Lockerung und Belüftung auch manches zerstören.

7. Aus der Bedeutung der bodendynamischen Vorgänge in diesem Zusammenhang geht zur Genüge hervor, wie wichtig sorgfältige pedologische Untersuchungen in kleinen Abständen sind. Wir versuchten die Auswertung der pH-Werte, der Differenzwerte von pH in wässriger Aufschwemmung und in 0,1 nKCl und der relativen Jonen-Leitfähigkeitswerte eines wässrigen Auszugs (näherungsweise reduziert um die H-Jonenleitfähigkeit).

8. Nach den bodendynamischen Vorgängen ordnen wir unsere fünf Profile wie folgt: G 6 Hangfuß mit starkem Auftrag, G 1 Mulde mit oft

wiederholtem, heute geringem Auftrag, G 2 ohne Auftrag, doch mit Kulturbearbeitung, G 4 Hangkonkavität mit Bodenkriechen, G 3 Hangkonvexität mit Bodenkriechen. Gerade so mußten wir aus floristischen Gründen unsere Bestandesaufnahmen ordnen (s. Tabelle, Abb. 2).

9. Keines unserer Profile kann als ungestörtes Braunerde-Waldbodenprofil gelten. Fast alle Standorte waren einmal oder mehrmals gerodet und landwirtschaftlich genutzt worden. Heute tragen alle wieder Wald von mittlerer bis geringer Bonität.

ZITIERTE LITERATUR

- DIMBLEBY, G. W.: Soil Pollen Analysis. — *The Journal of Soil Science* 12, Oxford 1961 a.
— Transported Material in the Soil Profile. — *The Journal of Soil Science* 12, Oxford 1961b.
FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. — Jena 1949.
FIRBAS, F. und BROIHAN, F.: Das Alter der Trockentorfschichten im Hils. — *Planta* 26, 1936.
IVERSEN, J.: Pollenanalytischer Nachweis des Reliktcharakters eines jütischen Linden-Mischwaldes. — *Veröff. Geobot. Inst. Rübel* 33, Festschrift W. LÜDI 1958.
TRAUTMANN, W.: Pollenanalytische Untersuchungen über die Fichtenwälder des Bayerischen Waldes. — *Planta* 41, 1952.
WELTEN, M.: Pollenanalytische Untersuchung alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. — *Veröff. Geobot. Inst. Rübel* 33, Festschrift W. LÜDI 1958.
WERTH, E. u. BAAS, J.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Kulturgeschichte im deutschen Küstenbereich der Ost- und Nordsee. — *Abh. Senckenb. Naturf. Ges. Frankfurt a. M.* 434, 1936.