

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

Artikel: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung tiefelegener Weisstannenwälder im Schweizerischen Mittelland
Autor: Zoller, Heinrich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308224>

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: 14.01.2026

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

Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung tiefliegender Weißtannenwälder im Schweizerischen Mittelland

Von HEINRICH ZOLLER, Basel

EINLEITUNG

Das natürliche Vorkommen der Weißtanne in der Hügel- und unteren Bergstufe des Schweizerischen Mittellandes wurde von R. KUOCH (1954) dahin charakterisiert, daß *Abies alba* höchstens in einigen Gesellschaften des Buchenwaldverbandes in schwacher Beimischung auftritt. Selbst auf nadelbaumfördernden Unterlagen, wie kalkarmen Flyschsandsteinen und Flyschschiefern am Alpenrand gelangt die Weißtanne nach R. KUOCH erst in einer Höhenlage von ca. 1000 m zur Vorherrschaft.

Schon 1949 hat aber P. MEYER eine tannenreiche Peitschenmoos-Fichtenwaldassoziation beschrieben (Mastigobryeto-Piceetum abietetosum), die im Gebiete zwischen Wigger und Aare westlich Zofingen bis in 450 m herabsteigt. Auch R. KUOCH (1954) hat in jener Gegend einen inselförmigen Vorposten seines Plateau-Tannenwaldes (Myrtillo-Abietetum) verzeichnet. Neuerdings wurden von Herrn ing. forest. H. K. FREHNER im Verlaufe einer pflanzensoziologischen Bearbeitung der Wälder im Aargauischen Mittelland, namentlich in der Umgebung von Zofingen, ausgedehnte, azidophile Tannengesellschaften festgestellt. Im Gegensatz zum höhergelegenen Myrtillo-Abietetum bezeichnet sie H. K. FREHNER als Querco-Abietetum, doch weisen sie mit den genannten Assoziationen eine große Ähnlichkeit auf.

Die Frage, wie diese eigenartigen Nadelholzbestände von oft ausgesprochener Fichtenwald-Physiognomie entstanden sind, wurde schon von P. MEYER (1949) aufgeworfen. Ihre pollenanalytische Bearbeitung bildet ein vielseitiges Problem und erscheint um so wichtiger, als im gleichen Gebiet bei Zofingen ein internationaler Methodenvergleich der Vegetationskartierung durchgeführt wird. Somit können die paläobotanischen Ergebnisse auf bestens bekannte Pflanzengesellschaften und ein genau definierbares Vegetationsmosaik bezogen werden. Insbesondere soll mit den vorliegenden Untersuchungen nach Möglichkeit abgeklärt werden, wie die Baumschicht des Querco-Abietetum vor dem Beginn der Kultureinflüsse zusammengesetzt war, ferner wie hoch das Alter der ziemlich großflächigen Torfmoosdecken dieser Wälder ist und endlich ob Niederwaldbetrieb, Schweinemast und Beweidung die Eichen- und Hagebuchen in der betreffenden Gegend wesentlich begünstigt haben.¹

¹ Der Verfasser möchte an dieser Stelle dem Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, Herrn Prof. H. PALLMANN, für die Vermittlung eines finanziellen Beitrages von

Leider fehlen in der Landschaft zwischen Suhr, Wigger und Aare für pollenanalytische Untersuchungen günstige Moor- und Seeablagerungen vollständig. Diese Tatsache hängt vor allem damit zusammen, daß die Würmvergletscherung das Gebiet nicht erreicht hat. Deshalb sind sämtliche waldtragenden Hochflächen in der Umgebung von ausgedehnten rißeiszeitlichen Sedimenten ohne spätere Überlagerung bedeckt, während Moor- und Seebildungen nur im intramoränischen Bereich der letzten Eiszeit vorkommen. Aus diesen Gründen sah sich der Autor gezwungen, zur Pollenanalyse Profile aus Quellfluren (*Cardaminetum amarae*), aus bachbegleitenden Erlen-Eschenbeständen (*Pruno-Fraxinetum*) und insbesondere aus feuchten, azidophilen Tannenwäldern (*Querco-Abietetum sphagnetosum*) beizuziehen.

Die ersten Anhaltspunkte über die Möglichkeit sinnvoller Pollenanalysen außerhalb von Mooren und Seen liegen für die Schweiz von M. WELTEN vor. Da es im Rahmen dieser kurz gehaltenen Publikation unmöglich ist, die vielseitige Problematik der Auswertbarkeit von Pollenanalysen in Böden erschöpfend zu diskutieren, sei hier ausdrücklich auf die betreffenden Abschnitte in M. WELTEN (1958, S. 253—255 und S. 268—273) hingewiesen. Für die Beurteilung der vorliegenden Ergebnisse scheinen dem Autor vor allem die folgenden Erfahrungen wichtig:

1. Eine Infiltrationsauslese durch ungleichen, vertikalen Transport ist trotz der beträchtlichen spezifischen Größenunterschiede der Pollenkörner unwahrscheinlich. Die Pollenspektren des beigegebenen Profils aus einem *Querco-Abietetum sphagnetosum* (vgl. Taf. XX) sprechen sogar eindeutig gegen einen solchen Vorgang. Bei der immensen Häufigkeit der kleinen *Sphagnum*-Sporen in den oberen torfigen Schichten (bis über 200% der BP) wären unbedingt auch in den tieferen Horizonten ansehnliche Prozente zu erwarten. Tatsächlich finden sich aber von 23 cm Tiefe an abwärts nur ganz vereinzelte *Sphagnum*-Sporen. Im gleichen Sinne können auch die Kurven von *Fagus* und *Abies* gedeutet werden. So nehmen die Werte der großen *Abies*-Pollens (110—160 μ) von 23 cm Tiefe an deutlich ab, während umgekehrt die relativ kleinen *Fagus*-Pollens (30—40 μ) offensichtlich von oben nach unten häufiger werden.

2. Eine störende Vermischung der Pollen durch die biologische Tätigkeit im Boden ist im Falle der untersuchten Profile ebenfalls unwahrscheinlich. So weisen im Diagramm aus dem *Querco-Abietetum sphagnetosum* mehrere Arten äußerst charakteristische Maxima auf, die deutlich gegen solche Vorgänge sprechen (*Lycopodium clavatum* in 21 cm Tiefe, *Sphagnum* in 15,5 cm Tiefe usw.).

3. Dagegen ist als einschränkender Faktor bei der Auswertung der vorliegenden Resultate die Pollenkorrosion gebührend zu berücksichtigen, worauf auch M. WELTEN (1958) hingewiesen hat. Eine beträchtliche Pollenkorrosion stellte der Autor besonders

der ETH an die vorliegende Publikation bestens danken. Ebenso sei Herrn H. K. FREHNER für seine Mithilfe bei den Grabungen und seine soziologischen Auskünfte herzlich gedankt.

in den Profilen aus dem *Cardaminetum amarae* und den Proben des *Pruno-Fraxinetum* fest, weshalb aus diesem Material nur Stichproben untersucht wurden. Glücklicherweise liegen aber die Verhältnisse im *Querco-Abietetum sphagnetosum* viel günstiger.

In den schwach bis mäßig zersetzten *Sphagnum*-Torfen (0—12,5 cm Tiefe) sind die Pollen ausgezeichnet erhalten. In den stärker zersetzten, humosen Horizonten (von 12,5—23 cm Tiefe) darf der Zustand als gut bezeichnet werden, während in den tieferliegenden Mineralerdeproben sich durchwegs eine deutliche Korrosion bemerkbar macht, jedoch der Analyse keine erheblichen Schwierigkeiten bereitet hat.

Obwohl die relativ große Pollenfrequenz in allen Mineralerdehorizonten in dem Sinne gedeutet werden kann, daß durch eine starke Zersetzungsauslese nicht ganze Artanteile am Spektrum sekundär in Wegfall geraten sind, wird man doch damit rechnen müssen, daß der Blütenstaub einzelner Spezies infolge von Korrosion untervertreten ist. Das dürfte namentlich für die leicht zerstörbaren Körner der Esche zutreffen, welche im vorliegenden Diagramm nur in den oberen humosen und torfigen Proben regelmäßig auftritt. Nach verschiedenen Autoren soll sich auch der Pollen von *Carpinus* verhältnismäßig leicht zersetzen (vgl. hierzu F. FIRBAS 1949). Es scheint deshalb möglich, daß in den tieferen Spektren das Verhältnis Buche+Weißtanne zu Hagebuche durch Zersetzungsauslese stark zu Ungunsten von *Carpinus* verschoben ist. Aus dem Vergleich des Erhaltungszustandes des Pollens von *Fagus* und *Carpinus* ergibt sich aber kein Grund zu dieser Annahme, da viele Körner der letzteren Art sich durch eine relativ geringe Korrosion auszeichneten. Das gleiche konnte der Autor auch beim Vergleich des Erhaltungszustandes bei *Fagus* und *Quercus* feststellen.

Das Untersuchungsmaterial wurde überall durch Aufgraben und Freilegen einer Stichwand entnommen. Von den Torf- und Humusschichten im *Querco-Abietetum sphagnetosum* wurden größere Ziegel ausgehoben, die nachträglich einen besonders engen Abstand der Zählproben ermöglichten. Die im folgenden besprochenen Analysen beziehen sich auf die nachstehenden Orte:

1. Plateau südlich «Fätzholz», ost-südöstlich Murgental, Kt. Aargau (Landeskarte der Schweiz Blatt Murgental, 1108; Koordinaten 631.72/234.63). *Querco-Abietetum sphagnetosum* auf sehr flachem Rücken. Meereshöhe 476 m. Abstand vom nächstgelegenen Waldrand ca. 700 m. — Vollständiges Diagramm bis in 41 cm Tiefe, vgl. Taf. XX.

2. Tälchen südlich P 483, nordnordwestlich «Stutzhubel», Gemeinde Vordemwald, Kt. Aargau (Landeskarte der Schweiz Blatt Murgental, 1108; Koordinaten 633.44/236.09). *Querco-Abietetum sphagnetosum*. — Stichproben aus einem 30 cm mächtigen Profil, vgl. Tab. 2.

3. Tälchen zwischen «Unterwald» und «Sal», Gemeinde Murgental, Kt. Aargau (Landeskarte der Schweiz Blatt Murgental, 1108; Koordinaten 631.87/232.75). *Pruno-Fraxinetum*, an welches unmittelbar nordöstlich Wiesen und Getreidefelder anschließen, südöstlich Bestände des *Melico-Fagetum blechnetosum*. Meereshöhe 505 m. — Stichproben aus einem 1,1 m mächtigen Profil, vgl. Tab. 2.

4. «Steinibächli», kleines Waldtal südöstlich Roggwil, Gemeinde Murgental, Kt. Aargau (Landeskarte der Schweiz Blatt Murgental, 1108; Koordinaten 630.84/232.03). *Cardamine amara*-Bestand innerhalb eines *Pruno-Fraxinetum*. Meereshöhe 455 m. — Stichproben aus einem 50 cm mächtigen Profil, vgl. Tab. 2.

Die Proben wurden im wesentlichen nach der von J. TROELS-SMITH (1955) vorgeschlagenen Methode aufbereitet. In jedem Horizont wurde bis auf 500 Gehölzpollen ausgezählt. Aus zeitlichen Gründen mußte eine

Gesamtflächenanalyse, wie sie der Verfasser früher durchgeführt hat, unterbleiben. Die Berechnung der einzelnen Spektren und die graphische Darstellung des Diagrammes erfolgte in der gleichen Weise, wie anlässlich der pollenanalytischen Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz (vgl. H. ZOLLER 1960, S. 66 ff. und die Zeichenklärung zu Taf. XX).

ERGEBNISSE

Rezenter Pollenniederschlag. Bei Punkt 1 (*Querco-Abietetum sphagnetosum* südlich «Fätzholz») wurden im engen Umkreis der Profilentnahme drei weitere Oberflächenproben in den *Sphagnum*-Teppichen gesammelt und auf ihren Pollengehalt analysiert. Zudem hat Herr H. K. FREHNER in freundlicher Weise in der unmittelbaren Umgebung die Anzahl der blühfähigen Bäume festgestellt (vgl. Tab. 1).

Im Pollengehalt der rezenten Proben spiegelt sich vor allem die absolute Dominanz der Nadelhölzer in der nächsten Umgebung des Profils eindrucklich wieder. Infolge seiner sehr großen Pollenproduktion ist jedoch *Pinus silvestris* gegenüber *Abies* und *Picea* stark überrepräsentiert. Da-

Tab. 1. Rezenter Pollenniederschlag

Blühfähige Holzarten in 100 m Radius des Gesamtprofiles			Pollengehalt von Oberflächen- proben ‰ BP (Baumpollen)			Pollengehalt der obersten Probe des Gesamtprofiles (‰ BP)
	‰	Anzahl	Probennummer			
			1	2	3	
Abies	220	57	30	32	24	25,5
Picea	105	28	12	18	11	13
Pinus	60	15	40,5	37	43	42,5
Fagus	1	—	3,5	4,5	5	5
Quercus	1	—	2,5	3	2,5	2,5
Carpinus	—	—	1	0,5	1,5	1,5
Fraxinus	—	—	1	0,5	1	1
Ulmus	—	—	0,5	—	—	0,5
Alnus	—	—	8	3	7	5
Betula	1	—	0,5	0,5	4	2,5
Corylus	—	—	0,5	1	1	1
NBP (Nichtbaumpollen)						
Sphagnum			224	180	147	208
Cerealia			0,5	0,3	0,5	0,4
übrige (exkl. Gramineae, Cyperaceae, Pteridophytae)			6,3	7,8	5,1	5,6

gegen scheinen im Gebiet *Abies* und *Picea* ungefähr gleichviel Blütenstaub zu erzeugen. Jedenfalls stimmt die Differenz ihrer Anteile in den Oberflächenproben ausgezeichnet mit den tatsächlichen Mengenverhältnissen in der unmittelbaren Umgebung überein. Ebenso kommt in allen Proben die Dominanz von *Sphagnum* deutlich zum Ausdruck. Sämtliche Laubhölzer sind im rezenten Blütenstaubniederschlag übervertreten. Das ist verständlich, wenn man den Zuflug von Pollen aus den laubholzreichen Gesellschaften (Pruno-Fraxinetum, Melico-Fagetum caricetosum remotae und blechnetosum usw.) berücksichtigt. Das Ergebnis, daß die Laubhölzer trotz der erdrückenden Vorherrschaft der Nadelbäume in unmittelbarer Nähe des Profils in den Oberflächenproben eher überrepräsentiert sind, erscheint aber für die Deutung des Diagrammes von großer Wichtigkeit, ebenso, daß sich mindestens 700 m vom nächsten Waldrand entfernt in allen Proben auch noch ein Einfluß des Acker- und Wieslandes im Pollenspektrum bemerkbar macht (Cerealialia 0,3—0,5% der BP).

Gesamtdiagramm (Querco-Abietetum sphagnetosum, vgl. Taf. XX). Aus dem vollständig analysierten Profil (Punkt 1, vgl. S. 348) läßt sich von unten nach oben zwangslos die folgende Gliederung in vier verschiedene Phasen entnehmen:

- a) 41—36 cm Tiefe. Phase I: Dominanz von *Fagus* und *Abies*. Naturnaher Zustand der Wälder.

In diesem Abschnitt herrschen *Fagus* und *Abies* mit ungefähr gleichen Werten im BP-Spektrum vor. Alle übrigen Baumarten weisen nur unwesentliche Prozentsätze auf, insbesondere *Quercus* und *Carpinus*, deren Anteile bei zusammenhängenden Kurven nie über 1% der Pollensumme ansteigen. Trotz seiner großen Pollenproduktion ist auch *Pinus silvestris* stets sehr schwach vertreten, während *Picea* in dieser Phase unter 2500 BP-Körnern vollständig fehlt. Der NBP-Anteil im Hauptdiagramm erweist sich mit Maxima von über 40% als relativ groß. Andererseits bleibt die Anzahl der verschiedenen NBP-Typen pro Horizont (NBP-Typenzahl) stets gering (5—8). *Cyperaceae* und *Pteridophytæ* dominieren und Blütenstaubkörner von Kulturzeigern konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Deutung dieses untersten Abschnittes erscheint einfach und klar. Da die Kulturzeiger fehlen, wird man ohne Zweifel schließen dürfen, daß in den betreffenden Horizonten noch ein unbeeinflusster Wald erfaßt worden ist. Damit ist auch nachgewiesen, daß die Weißtanne an den tiefgelegenen Standorten des Querco-Abietetum sphagnetosum als indigene Art anzusehen ist. Freilich weichen diese ursprünglichen Verhältnisse vom heutigen Zustand, in dem *Abies* zusammen mit *Picea* und *Pinus* dominiert, sehr erheblich ab.

Es ist vor allem die B u c h e, welche vor dem Beginn der menschlichen Eingriffe wesentlich am Aufbau beteiligt war. Zieht man die bisherigen Ergebnisse über die Pollenerzeugung bei *Abies* und *Fagus* in Betracht, so muß man infolge der geringen Produktion der letzteren sogar annehmen, daß die Buche in dieser Phase deutlich häufiger gewesen ist als die Weißtanne. Wie man sich das Verhältnis der beiden Arten in dieser Periode genau vorzustellen hat, ist jedoch schwer einzuschätzen, da es bei der Komplexität der Faktoren (Erzeugung, Verwehung und Sedimentation der Pollen) kaum möglich ist, brauchbare Repräsentations-Koeffizienten zu berechnen. Die pollenanalytischen Befunde sprechen eindeutig dagegen, daß *Quercus* und *Carpinus* kurz vor dem Beginn der Kultureinflüsse in stärkerem Maße an der Zusammensetzung der Wälder auf den Standorten des Querco-Abietetum sphagnetosum teilgenommen haben. Ihre zusammenhängenden Kurven können höchstens dahin gedeutet werden, daß sie in den Wäldern des Untersuchungsgebietes mehr oder weniger spärlich eingestreut waren, vielleicht besonders in den randlichen Partien der grundwasserbeeinflussten Gesellschaften (Pruno-Fraxinetum), die im Pollenniederschlag durch die höheren Werte von *Alnus* angedeutet sind.

Der NBP-Niederschlag in den tiefsten Mineralerdehorizonten beweist eindrucklich, daß die Torfmoosdecken des rezenten Querco-Abietetum sphagnetosum im noch ungestörten Fagus-Abies-Wald ursprünglich fehlten. Die paläobotanischen Ergebnisse geben somit eindeutige Hinweise, daß sich im Bereich des Querco-Abietetum sphagnetosum der Unterwuchs in junger Zeit völlig umgewandelt hat und daß die Bodenvegetation unmittelbar vor den ältesten Kultureinflüssen ein weniger azidophiles Gepräge aufwies. Doch dürfen die betreffenden NBP-Spektren auch nicht so gedeutet werden, daß in der noch naturnahen Phase sich an den betreffenden Stellen eine neutrophile Waldbodenflora ausgebreitet hat. Dem widerspricht das Fehlen von Pollenkörnern, die mit Sicherheit das Vorkommen solcher Arten zu beweisen vermögen, und insbesondere deuten die *Vaccinium*-Funde an, daß in den Böden schon während jener Periode eine mehr oder weniger saure Reaktion geherrscht hat.

Wahrscheinlich entspricht die Dominanz der *Cyperaceae* und *Pteridophytae* einer Zusammensetzung des Unterwuchses, wie sie jetzt im Melico-Fagetum caricetosum remotae und blechnetosum vorkommt, das heute im Gebiete weite Flächen bedeckt und vor allem durch die ausgedehnten Seegrass-Bestände auffällt, mit denen vielfach größere Herden von *Dryopteris filix-mas* und *Athyrium filix-femina* abwechseln. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn H. K. FREHNER beträgt das pH an der Oberfläche des Querco-Abietetum sphagnetosum 3,5—4, in den Pteridophyten- und *Carex brizoides*-reichen Varianten des Melico-Fagetum 3,8—4,8. Auch nach diesen Erwägungen kann die Zunahme der Azidität an den in Frage

stehenden Standorten seit dem Beginn der anthropogenen Eingriffe nicht als besonders groß bezeichnet werden. Die Feststellung, daß in den betreffenden Böden schon vor der menschlichen Besiedlung des Gebietes eine erhebliche Versauerung eingetreten ist, stimmt gut mit dem relativ hohen Alter der rißeiszeitlichen Unterlage überein.

Wichtig für die Entwicklungsgeschichte des *Querco-Abietetum sphagnetosum* ist vor allem die zeitliche Einstufung der ältesten, noch naturnahen Phase. Da in Mineralerdeböden die C_{14} -Methode nicht angewendet werden kann, besteht nur die Möglichkeit des Vergleiches mit anderen Profilen. Nach M. WELTEN (Faulenseemoos bei Spiez 1944) und J. TROELS-SMITH (Wauwilermoos, 1955, 1956) kann die erste Ausbreitung von *Fagus* und *Abies* im Schweizerischen Mittelland ungefähr bei 3000 v. Chr. angegeben werden. Somit beginnt das vorliegende Profil mit dominierender Buche und Weißtanne frühestens im Subboreal, in der späten Wärmezeit (Pollenzone VIII, von ca. 2700—800 v. Chr.).

Aus dem Schweizerischen Mittelland liegen reichhaltige archäologische Dokumente vor, die zeigen, daß schon im Spätneolithikum und in der Bronzezeit, d. h. im jüngeren Subboreal das Gebiet relativ gut besiedelt war. Daß aber diese Kulturen, die vor allem auf die Umgebung von Seen und Mooren in den Tälern und Becken beschränkt waren, sich bis zu den abgelegenen, siedlungsfeindlichen Hochflächen ausgewirkt haben und die Kulturpollenkurve des vorliegenden Diagrammes schon in diesen vorgeschichtlichen Perioden beginnt, ist wenig wahrscheinlich. Zudem erreichen in vielen Profilen die EMW-Arten mindestens im älteren Subboreal noch beträchtliche Werte (vgl. W. LÜDI 1935; H. HÄRRI 1940; M. WELTEN 1947; J. TROELS-SMITH 1955), so daß sich eine Zuordnung der ältesten *Abies-Fagus*-Phase in die frühe Nachwärmezeit (Pollenzone IX) nach 800 v. Chr. aufdrängt (vgl. auch S. 353/354).

b) 35—23 cm Tiefe. Phase II: Erhöhte Dominanz von *Abies*, Rückgang von *Fagus*, Ausbreitung von *Quercus* und *Carpinus*. Beginn der Kultureinflüsse.

In den nach oben folgenden Horizonten steigt die *Abies*-Kurve allmählich an und erreicht am Ende der zweiten Phase ein Maximum von ungefähr 60% der Pollensumme. Die Werte von *Fagus* verhalten sich gerade umgekehrt und sinken im gleichen Zeitraum von ca. 20% auf weniger als 5% ab. Besonders im Abschnitt zwischen 30 und 25 cm Tiefe vergrößern sich die Prozentsätze von *Quercus* und *Carpinus* deutlich und erreichen im Hauptdiagramm mehr als 5%. Ihre relative Häufigkeit ist am Ende dieser Periode fast so groß wie diejenige von *Fagus*. Das geht besonders deutlich aus der vierten Kolonne des Diagrammes hervor, in der ihre Werte nur auf das Verhältnis zu *Fagus* und *Abies* bezogen wurden.

Im NBP-Anteil sinken die hohen Anteile der *Cyperaceae* und *Pteridophytae* langsam ab, doch dauert ihre Vorherrschaft noch bis ans Ende der zweiten Phase an. Ungefähr gleichzeitig setzen am Beginn dieser Periode die zusammenhängenden Kurven mehrerer Kulturpflanzen und Kulturbegleiter ein: *Cerealia*, *Plantago lanceolata* und *Pteridium aquilinum*. Ergänzt werden die Kulturpollenspektren durch wichtige Einzel-funde von *Rumex*, *Polygonum persicaria*-Typ, *Chenopodiaceae*, *Plantago major/media*-Typ und *Succisa pratensis* sowie durch Körner der Fruchtbäume *Castanea sativa* und *Juglans regia*. Dementsprechend steigt die NBP-Typenzahl auf das 2—3fache der ältesten, naturnahen Phase an.

Man wird kaum fehlgehen, wenn man annimmt, daß *Abies* in diesem Zeitraum mehr und mehr zur absoluten Vorherrschaft in den Wäldern der Umgebung des untersuchten Profiles gelangt ist und *Fagus* zuletzt nur noch im Nebenbestand beigemischt war. Schwieriger ist es, das Ausmaß der Kultureinflüsse in der unmittelbaren Nachbarschaft zu beurteilen. Für anthropogene Veränderungen dürften namentlich die Kurven von *Pteridium aquilinum* und *Plantago lanceolata* sprechen. Andererseits zeigen die abnehmenden Prozente der NBP, daß in dieser Periode noch keine umwälzenden Veränderungen in der Nähe des untersuchten Standortes stattgefunden haben. Heute befindet sich die Grabstelle ungefähr 700 m vom nächsten Waldrand entfernt, wobei die Bestände seit längerer Zeit nicht mehr beweidet werden und die Bestandesdichte ziemlich groß ist. Die Werte der *Cerealia* und von *Plantago lanceolata* sind aber in den Oberflächenproben durchschnittlich nicht geringer als in den Horizonten der Phase II (vgl. S. 350).

Man ist deshalb zur Annahme geneigt, daß die Wälder zunächst noch einen relativ ursprünglichen Charakter bewahrt haben, während sich die Rodungen, Ackerbau und Viehzucht um die Siedlungen in den Talböden ausgebreitet haben. Deutlich geht aus dem Diagramm hervor, daß kurz nach den ersten im Pollenniederschlag wahrnehmbaren Kultureinflüssen die Eichen und Hagebuchen häufiger geworden sind. Jedenfalls ist ihre Bedeutung im Blütenstaubspektrum größer als in den rezenten Oberflächenproben.

Nach den Funden von *Castanea sativa*-Pollen kann diese zweite Periode der Waldentwicklung nicht älter sein als die römische Zeit, da über die späte Einführung der Edelkastanie nordwärts der Alpen heute kaum mehr Zweifel besteht (vgl. F. FIRBAS 1949, E. FURRER 1958, H. ZOLLER 1960). Daß sich im Diagramm die Kultureinflüsse erst bemerkbar machen, als die weitere Umgebung schon ständig besiedelt war, geht aus den zusammenhängenden Kurven wichtiger Kulturzeiger, insbesondere der *Cerealia* in der Phase II hervor. Wenn somit dieser zweite Abschnitt des Profiles mit großer Wahrscheinlichkeit mit den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung zusammenfällt, so wird damit auch die Zuordnung

der ersten, naturnahen Phase in das ältere Subatlantikum durch wesentliche Gesichtspunkte bestätigt.

- c) 22,5—15,5 cm Tiefe. Phase III: Rückgang von *Abies*, Ausbreitung von *Picea* und *Pinus*, Maximum von *Quercus* und *Carpinus*. Auflockerung des Waldes. Ackerbau und Beweidung.

Der BP-Niederschlag ist in diesem dritten Abschnitt des Profils vor allem durch den starken Rückgang von *Abies* gekennzeichnet. Ebenso sinkt die *Fagus*-Kurve noch weiter ab, während die Werte von *Pinus* und *Betula* deutlich zunehmen, die Fichte mit ansteigenden Prozentsätzen einsetzt und die Eiche mit Anteilen bis zu 10% der Pollensumme kulminiert.

Zu Beginn der Phase III steigen die NBP sprunghaft an, wobei sich die Zusammensetzung plötzlich stark verändert. An Stelle des beinahe ausschließlichen *Cyperaceae-Pteridophytae*-Spektrums treten die Kulturzeiger und zahlreiche Körner heliophiler Arten. Gleichzeitig schnellte die NBP-Typenzahl auf über 20 an. Besonders bemerkenswert sind die reichlichen *Cerealia*, *Fagopyrum*, *Urtica*, ferner die hohen Maxima von *Plantago lanceolata* und des *Plantago major/media*-Typ sowie Einzelfunde von *Vitis*, *Centaurea jacea* und *Centaurea cyanus*. Auch der *Humulus/Cannabis*-Typ ist vertreten.

Eingeleitet wird diese Periode durch einen sehr charakteristischen Gipfel von *Lycopodium clavatum*-Sporen (bis über 10% der BP!). In der Folge beginnen die zusammenhängenden Kurven von *Calluna* und des *Vaccinium*-Typ, die beide relativ häufig auftreten, mit Spitzen bis zu 6% der BP. In die dritte Phase des Diagrammes fällt auch der Anstieg der *Sphagnum*-Sporen, die gegen das Ende ein erstes Maximum von über 138% der BP erreichen.

Man darf aus den pollenanalytischen Befunden wohl mit Sicherheit schließen, daß in dieser Periode größere Teile der Hochflächen in Kultur genommen wurden. Das Vorkommen von Blütenstaub insektenblütiger Kulturpflanzen (*Fagopyrum*) und Getreideunkräutern (*Centaurea cyanus*) deutet mit großer Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß selbst in unmittelbarer Nähe der Grabstelle Ackerbau getrieben wurde, während die großen Prozente der *Plantago*-Arten verbunden mit erhöhten *Quercus*-Werten mindestens teilweise mit intensivem Weidgang zusammenhängen mögen, wobei sich vermutlich auch die allgemein übliche Eichelweide durch Schweine (acheran, acherum) im Diagramm abzeichnet.

Aus dem Profil geht eindeutig hervor, daß die *Sphagnum*-Deckensicherst nach einer Phase von mehr oder weniger intensiver Kultur gebildet haben, denn das älteste Maximum der Torfmoos-Sporen tritt erst in 16,5—15,5 cm Tiefe ein, während der auffallende Anstieg sämtlicher Rode- und Kultur-

zeiger schon in 22,5 cm Tiefe beginnt. In bezeichnender Weise fällt dieser erste *Sphagnum*-Gipfel in die Übergangsperiode zwischen Phase III und IV, in der sich verschiedene Anzeichen einer sekundären Wiederbewaldung finden. So beobachtet man in 16,5 cm Tiefe einen charakteristischen Ausschlag der *Betula*-Kurve, der wohl mit der Bildung lichtholzreicher Folgebestände auf verlassenen Kulturland zusammenhängt. Ferner steigen in den gleichen Horizonten *Pinus* und *Picea* erstmals kräftig an und auch die Kurve von *Abies* bewegt sich wiederum aufwärts, während die Kulturpflanzenpollen empfindlich zurückgehen.

Über die edaphischen Ursachen, welche die Ausbreitung der *Sphagna* im Gefolge der Kultur bewirkt haben, kann man nur Vermutungen anstellen. Aus unseren Bemerkungen über die Bodenreaktion in der uneinflußten Phase I (vgl. S. 352) scheint hervorzugehen, daß es weniger die zunehmende Azidität war, welche die Torfmoose begünstigt hat, als die extreme Verschlümmungsbereitschaft der ton- und schluffreichen Böden, so daß namentlich nach Beweidung die vorhandene Tendenz zur Stau-nässe erhöht wurde.

Zeitlich wird man die Phase III am ehesten mit der mittelalterlichen Rodungsperiode in Zusammenhang bringen. Da die ältesten archivalischen Quellen über die Wälder des Gebietes nach W. MERZ (1922, S. 12) aber nur bis ins 15. Jhdt. zurückreichen, ist eine genauere Datierung ohne entsprechende C₁₄-Datierungen vorläufig nicht möglich.

d) 15—0 cm Tiefe. P h a s e I V : Dominanz von *Abies*, *Picea* und *Pinus*. Bildung des heutigen Wirtschaftswaldes. Rückgang von Ackerbau und Beweidung. Entstehung der rezenten Torfmoosdecken.

Die BP-Spektren der obersten Horizonte sind sehr regelmäßig zusammengesetzt. Stets bleibt sich das Verhältnis von *Abies* zu *Picea* gleich. So schwanken die Werte der Weißtanne ständig zwischen 20 und 30 % der Pollensumme, diejenigen der Fichte zwischen 10 und 20 %. Sämtliche Laubhölzer erreichen nur unbedeutende Anteile. Dagegen steigt die Kurve von *Pinus* dicht unter der Oberfläche kräftig an und überflügelt in den jüngsten Proben *Abies* und *Picea*.

Nach einem bedeutenden Rückgang der NBP an der Grenze der Phasen III und IV steigen diese in 9,5 cm Tiefe noch einmal zu einem Maximum an und erreichen beinahe viermal so hohe Prozentsätze als in den rezenten Proben. Es sind vor allem der *Rumex*- und der *Compositae-Liguliflorae*-Typ, welche in diesem zweiten NBP-Gipfel vorherrschen, während die *Cerealia* und Ackerunkräuter zurücktreten, aber immerhin *Fagopyrum* erneut auftritt. Die *Sphagnum*-Sporen verschwinden am Übergang zum obersten Abschnitt des Profils nach dem markanten Maximum in 15,5 cm Tiefe zunächst beinahe vollständig. Erst in der Profillage des zweiten NBP-Anstiegs nehmen ihre Werte erneut rasch

zu und gipfeln dann in den jüngsten Proben mit Anteilen von über 200% der BP.

Daß sich an der Grenze von Phase III zu Phase IV im Pollendiagramm deutliche Anzeichen für eine Regeneration des Waldes in der unmittelbaren Umgebung der Grabstelle finden, wurde schon auf S. 355 erörtert. Der Pollenniederschlag in den nächst höheren Horizonten fügt sich ausgezeichnet in dieses Bild. So setzt die *Calluna*-Kurve aus und der *Vaccinium*-Typ geht deutlich zurück. Auch der starke Abfall von *Sphagnum* mag mit dem dichteren Waldschluß zusammenhängen. Das zweite Maximum der NBP dürfte wohl zur Hauptsache auf vorübergehend stärkere Beweidung oder Waldschlag zurückzuführen sein, weniger auf Ackerbau, da der eingewehte Blütenstaub der *Cerealia* die rezenten Anteile nicht übersteigt. Wiederum breiten sich die Torfmoose erst im Zuge dieser jüngeren Auflockerung aus, doch ist ihre Sporenentwicklung auch im relativ gut geschlossenen rezenten Hochwald sehr groß. Wie aus den Zählungen der Oberflächenproben hervorgeht, dürfen die zuletzt sehr beträchtlichen *Pinus*-Werte nicht überschätzt werden (vgl. S. 349).

Zeitlich kann man den Beginn des obersten Profilabschnittes nicht sehr weit zurückverlegen. So läßt sich aus den Untersuchungen von W. MERZ (1922) noch im 18. Jhdt. nichts über das Vorkommen von Fichten und Föhren entnehmen und zugleich konnte der gleiche Autor noch für das Jahr 1721 Erlasse über die Schweineweide, den seit alemannischer Zeit üblichen acherum nachweisen. Da die Fichten und Föhren jedoch schon kurz vor dem Beginn der Phase IV zu beträchtlichen Prozentsätzen ansteigen, dürfte diese Periode völlig in die Neuzeit fallen. Auch wenn es nicht möglich scheint, die pollenanalytischen Befunde mit den spärlichen archivalischen Quellen in näheren Zusammenhang zu bringen, so gibt der Verlauf der Blütenstaubkurven in Phase III und IV doch sehr überzeugend wieder, daß sich das *Querco-Abietetum sphagnetosum* an der untersuchten Stelle erst in sehr junger Zeit, nach einer Periode des Ackerbaus und der Beweidung seit dem ausgehenden Mittelalter als sekundäre Folgegesellschaft entwickelt hat.

Vergleichshorizonte. In der nebenstehenden Tabelle 2 sind die Pollenspektren einiger Vergleichshorizonte aus einem weiteren Bestand des *Querco-Abietetum sphagnetosum* und aus anderen Pflanzengesellschaften des Gebietes dargestellt. Da diese Stichproben die Ergebnisse des Gesamtprofils bestätigen, seien sie hier nur ganz kurz besprochen. In allen drei Fällen ist es gelungen, den Phase I und II im Gesamt-diagramm entsprechenden, naturnahen Zustand zu erfassen, da Pollenkörner von Kulturzeigern entweder fehlen oder höchstens sehr spärlich auftreten. Die drei entsprechenden Spektren stimmen gut mit dem Ge-

Tab. 2. Pollenniederschlag in einigen Vergleichshorizonten

Grabstelle	Querco-Abietetum sphagnetosum (Punkt 2)			Pruno- Fraxinetum (Punkt 3)		Cardaminetum amarae (Punkt 4)	
	a	b	c	a	b	a	b
	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰
BP							
Abies	25	35	44	11	9	29	32
Picea	—	—	7,5	—	4	—	4
Pinus	1	1	3,5	1	3	2	8
Fagus	45	19,5	3,5	3	3	10	2
Quercus	0,5	3	4	2	3	7	4
Carpinus	+	4,5	3	1	2	5	3
Fraxinus	—	—	0,5	1,5	2	0,5	+
Ulmus	—	—	—	+	—	+	+
Tilia	—	0,5	—	+	—	—	—
Acer	—	—	—	+	+	—	+
Alnus	4	7	6,5	21	15,5	24	14
Betula	1	0,5	5	5	5	0,5	1
Salix	—	—	—	+	—	+	—
Corylus	—	0,5	—	3	3	2,5	+
Juglans	—	0,5	—	1	+	—	—
NBP							
Sphagnum (‰BP) .	—	—	34	—	—	—	—
Pteridium	—	0,5	—	—	—	—	—
Athyrium,							
Dryopteris	16	17,5	1,5	38	17	6,5	6
Gramineae	0,5	1	3,5	3	5	5,5	8,5
Cyperaceae	5,5	6,5	0,5	1,5	3,5	1,5	+
Cerealialia	—	0,5	2	+	5	—	2,5
Plantago	—	1	4,5	—	4,5	+	1,5
übrige NBP	0,5	2,5	12,5	7,5	14,5	6	11,5

Punkt 2: a) 28 cm Tiefe, Mineralerde; b) 20 cm Tiefe, humose Mineralerde; c) 11 cm Tiefe, mäßig zersetzter Sphagnum-Torf.

Bezogen auf das Gesamtdiagramm dürfte a) Phase I, b) Phase II und c) Phase III entsprechen.

Punkt 3: a) 107 cm Tiefe, schlammiger Torf am Übergang zu den tiefergelegenen Mineralerdehorizonten; b) 30 cm Tiefe, torfiger Humus.

Bezogen auf das Gesamtdiagramm dürfte a) Phase II, b) Phase III entsprechen.

Punkt 4: a) 48 cm Tiefe, tonig-schlammige Mineralerde; b) 20 cm Tiefe, schlammiger Torf.

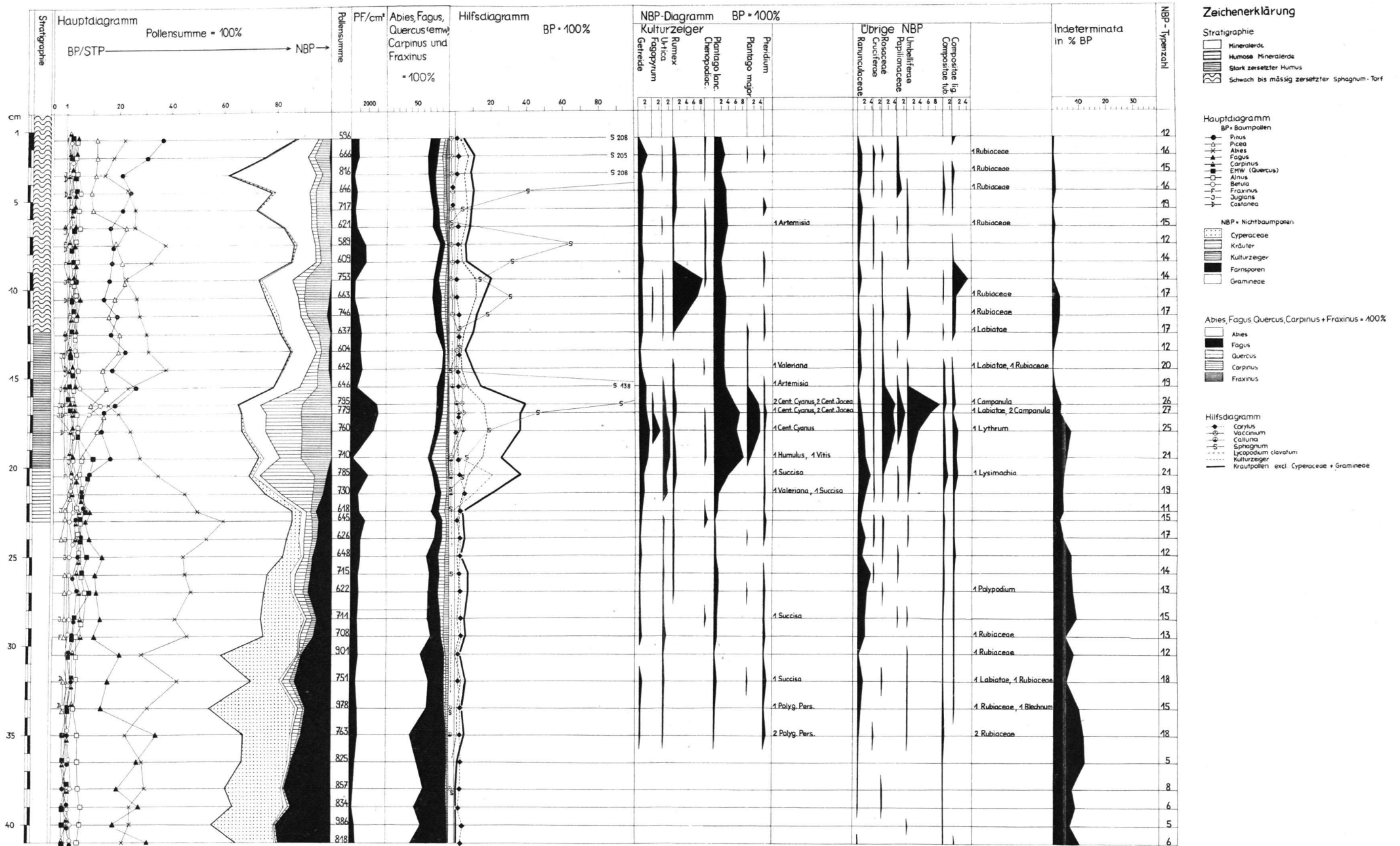
Bezogen auf das Gesamtdiagramm dürfte a) Phase I, b) Phase III entsprechen.

In der gesamten Tabelle 2 beziehen sich die Prozente mit Ausnahme der Werte von Sphagnum auf die gesamte Pollensumme.

samtdiagramm überein, denn auch hier erreichen Buchen und Weißtannen beträchtliche Werte. Dies gilt besonders für Punkt 2, wo die beiden Arten im BP-Spektrum dominieren, während ihr Niederschlag im Pruno-Fraxinetum und Cardaminetum amarae von der Massenproduktion der Erlen übertönt wird, wodurch sich der lokale Charakter dieser letzteren Gesellschaften deutlich widerspiegelt. In allen diesen Proben finden sich nur sehr wenige Eichen- und Hagebuchenpollen. Auch wenn man den Befunden von Punkt 3 und 4 infolge der Pollenkorrosion keine allzugroße Bedeutung zumessen darf, so muß man doch schließen, daß mindestens der Bereich des heutigen Quercus-Abietetum sphagnetosum vor den Kultureinflüssen dem Fagion-Verband angehört hat und daß die Weißtanne an diesen Standorten indigen ist. Besonders bemerkenswert erscheint der NBP-Niederschlag bei Punkt 2, der wie im Gesamtdiagramm während der Phase I keine *Sphagnum*-Sporen enthält. Auch in diesem Vergleichsfall haben sich die Torfmoosdecken erst in junger Zeit nach der Einwirkung der Kultur gebildet.

LITERATUR

- FIRBAS, F.: Waldgeschichte Mitteleuropas, 1. Bd. 1949.
- FURRER, E.: Die Edelkastanie in der Innerschweiz. — Mittg. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen 34, 3, 1958.
- HÄRRI, H.: Stratigraphie und Waldgeschichte des Wauwilermooses. — Veröff. Geob. Inst. Rübel 17, 1940.
- KUOCH, R.: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. — Mittg. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 30, 1954.
- LÜDI, W.: Das Große Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung. — Veröff. Geobot. Inst. Rübel 11, 1935.
- Die Vegetationsentwicklung seit dem Rückzug der Gletscher in den mittleren Alpen und ihrem nördlichen Vorland. — Ber. Geob. Inst. Rübel 1954, Zürich 1955.
- MERZ, W.: Die Waldungen der Stadt Zofingen. — Aarau 1922.
- MEYER, P.: Das Mastigobryeto-Piceetum abietetosum im Schweizerischen Mittelland und seine forstlich-waldbauliche Bedeutung. — Vegetatio 1, 1948, Fasc. 4—5, Den Haag 1949.
- TROELS-SMITH, J.: Pollenanalytische Untersuchungen zu einigen Pfahlbauproblemen. Das Pfahlbauproblem. — Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz 11, Basel 1955.
- und TAUBER, H.: Neolithic Period in Switzerland and Denmark. — Science 124, 1956.
- WELTEN, M.: Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. — Veröff. Geob. Inst. Rübel 21, 1944.
- Pollenprofil Burgäschisee, ein Standarddiagramm aus dem solothurnisch-bernischen Mittelland. — Ber. Geob. Inst. Rübel 1946, Zürich 1947.
- Pollenanalytische Untersuchung alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. — Veröff. Geob. Inst. Rübel 33, Festschrift Werner Lüdi, 1958.
- ZOLLER, H.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. — Denkschr. der Schweiz. Naturf. Ges. 83, 2, 1960.



Gesamtdiagramm (Querco-Abietetum sphagnetosum)