Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut Rübel (Zürich)

Band: 21 (1944)

Artikel: Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez

Autor: Welten, Max

Kapitel: III: Das Spätglazial

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-307553

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: 10.08.2025

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

III. Das Spätglazial.

a) Einleitung und Profil VIII.

Die in Profil I des Faulenseemooses gemachte Beobachtung, daß sich unterhalb der birkenzeitlichen Horizonte noch einige Dezimeter typisch seekreidigen Materials finden, das pollenleer oder doch recht pollenarm ist, konnte ich in der Folge mehrfach wiederholen. Im Spiezmoos und am Amsoldingersee hatte ich in den Jahren 1935 und 1936 den Kontakt Seekreide—blauer Lehm im pollenarmen Gebiet unterhalb der Birkenzeit gefunden. Immerhin sei bemerkt, daß ich für diese untersten Schichten stets «graue Seekreide» notierte, die sich bei der mikroskopischen Untersuchung als stark tonhaltig erwies. Die Untersuchung dünner Präparate hatte Pinus, Betula und Salix ergeben und eine Pollenform, die ich als Hippophaë deutete. Eine Verifikation nach rezentem Material bestätigte meine Vermutung. (Für die Überlassung von Material aus dem Berner Herbar danke ich Herrn Prof. Rytz bestens.) Die Untersuchung der tonhaltigen Sedimente wurde erst dann in größerem Maßstabe durchführbar, als ich das Flußsäure-Verfahren nach Assarson und Granlund (1924) anwandte.

Leider mußte ich bei der Untersuchung eines ausgedehnten Materials erkennen, daß das, was ich als Hippophaë bezeichnete, aus zwei ähnlichen, jedoch deutlich zu unterscheidenden Pollenformen besteht. Die Formen hart unter der Birkenzeit erwiesen sich als typische Hippophaë: klein (20 bis etwas über 30 μ), rundlich, dreifurchig, dreiporig mit deutlich vorspringenden Poren, braun (vom Pol gesehen etwas Betula-ähnlich, wenn man von der Farbe und den Furchen absieht; von der Seite fallen die bei den Poren eckig vorspringenden Furchen auf; alles in voller Übereinstimmung mit Erdtmann, 1936). Die Formen in größern Tiefen sind goldbraun, dreifurchig, weisen drei kleine, von innen etwas durchgedrückte, jedoch nicht vorspringende Poren auf (die gelegentlich etwas schwer erkennbar sind) und sind vor allem größer (ca. 28—40 μ in KOH und Glyzerin, meist 31 bis 36 μ) und haben ausgesprochene Spindelform (Breite: Länge = 0,6 bis 0,75). Die Furchen sind relativ breit und tief. Der Spindelform entsprechend liegen die Körner meist auf der Seite.

Dreht man sie in Pollage, so fallen die starken Furchen auf, die nicht ganz bis zur Spitze reichen, während die Seitenflächen meist nur wenig vorgewölbt sind, so daß das Ganze die Form eines Dreiecks mit gestutzten Ecken zeigt. Die Flächen zeigen äußerst feine Unebenheiten. Ich suchte in der Literatur, fand aber keine Hinweise, die zur Bestimmung führten. Ich durchging deshalb die Flora und suchte nach Arten, die einer spärlichen Vegetation von Bergkiefer, Birke (worunter Zwergbirke), Weiden entsprechen konnten und verglich alsdann mit rezentem Pollen. Dabei berücksichtigte ich vorwiegend Holzpflanzen in der Meinung, daß bei ihrer beschränkten Zahl ein wichtiger Pollenlieferant am ehesten aufzufinden sei. *Empetrum* und die Ericaceen schieden nach Angaben aus der Literatur von vornherein aus. Rosaceen scheinen nicht in Frage zu kommen (untersucht *Cotoneaster, Sorbus, Rubus;* ganz ausgeschlossen ist *Dryas octopetala*). *Berberis* paßt nicht, *Myricaria germanica* ebenfalls nicht; *Daphne* scheidet aus, *Lonicera nigra* ebenfalls. *Primula farinosa,* mehrere *Saxifraga*-Arten, *Thesium, Lythrum Salicaria* (das man mit der Buche verwechseln könnte) passen nicht, *Viola* auch nicht. *Acer* kommt kaum in Frage. Schließlich verfiel ich auf Helianthemum alpestre (Jacq.) D. C. und fand gute Übereinstimmung. Sehr ähnlich waren von vornherein in Kalilauge inhaltsleere Pollenkörner; durch konzentrierte Schwefelsäure fossilisierte rezente Körner decken sich in allen soeben genannten Eigenschaften so gut wie ganz (in KOH und Glyzerin gekocht). Innerhalb der Cistaceen wurden noch *Helianthemum nummularium* (L.) Miller und *Fumana ericoides* (Cavan.) Pau verglichen; beide sind größer und besonders die zweite grob punktiert.

Es handelt sich um den gleichen Pollen, den Härri (1940) im Wauwilermoos in denselben spätglazialen Schichten fand und als cf. *Gentiana pneumonanthe* auf S. 27 seiner Arbeit beschreibt und abbildet. Im Geobotanischen Forschungsinstitut Rübel in Zürich ist meine Bestimmung durch Herrn Dr. Lüdi auf Grund eines umfangreichen Vergleichsmaterials verifiziert und als richtig befunden worden (soweit man bei solchen Bestimmungen heute Sicherheit erlangen kann).

Profil VIII.

Es war zunächst der im Abschnitt II, c geforderte Ausbau des Längsprofils, der mich veranlaßte, auch am östlichen Ende der Längsachse des Faulenseemooses zu bohren.

Die obersten 40 cm weisen krümelige, umgearbeitete Torferde auf. Darunter liegt gelbliche, infolge der Trockenlegung bis 130 cm etwas ausgetrocknete Seekreide. Von 180 cm an abwärts ist die helle Seekreide naß, ungefähr von 250 cm an ist sie dünnbreiig bis 320 cm. Von 320—387 cm ist sie plötzlich kompakt und grau; bei 365 cm finden sich darin kleine Müschelchen, Pisidien. Von 387 cm an liegt eine rund 80 cm dicke Schicht von feinem Seemergel über Moräne.

Das Pollenprofil VIII (Abb. 13) zeigt von unten nach oben einen Weiden-, Birken- und Kiefernabschnitt. Der Kiefernabschnitt ist nur etwa zur Hälfte vorhanden; seit dem Moment der Verlandung hat das Wachstum dieser Moorstelle aufgehört oder ist doch durch vielleicht periodische Abbauvorgänge zurückgehalten worden. Abgesehen von der Weidenzeit, die im Zusammenhang (Abschnitt III, d) besprochen werden soll, fällt die gute Entwicklung der Birkenzeit auf: Sie beginnt mit dem Ausklingen eines Hippophaë-Vorstoßes und ist typisch zweigipflig, indem ein früher Kiefernvorstoß ihre Werte etwas nach der Mitte absinken läßt. Ein kurzer Stillstand des Kiefernanstieges bei 260/250 cm dürfte sich bei engerer Probeentnahme als kleiner Rückschlag in der Entwicklung erweisen. Diese charakteristische Art der Entwicklung des Kiefernwaldes setzt sich auch nach dem Dominanzwechsel Birke-Kiefer fort: dem starken Kiefernvorstoß bei 240 cm folgt ein recht massiver Birkengegenstoß bei 230/220 cm. In kleinerem Ausmaß wiederholt sich das Spiel bei 210 resp. 200/190 cm. Mit dem Ende des ersten Birkengipfels stellt sich eine schwankungsreiche Übergangszeit zur endgültigen Kiefernvorherrschaft ein, die noch etwas länger ist als die ganze Birkenzeit.

Die dargestellten Pollenrelativkurven zeigen den wichtigen Faktor der absoluten Pollenhäufigkeit nicht, und doch wäre seine Angabe zur Beurteilung von Vegetation und Klima wertvoll. Es gibt allerdings auch keine Methode, zuverlässige Messungen darüber auszuführen. Selbst wenn die schwerwiegendste Unbekannte, die Jahresschichtendicke, bekannt wäre, blieben die Zufälligkeiten der Baumverteilung und des Blührhythmus, des Sedimentwachstums (mit evtl. Pollenzerstörung), der Pollensedimentation im Wasser (Strömungen, Wassertiefe) und der Windandrift nicht erfaßbar. Trotz den vielen Unbekannten, zu denen noch diejenigen der Präparatherstellung kommen, halte ich diejenige Sedimentprobe für wahrscheinlich pollenreicher, die im gleichen Sediment bei möglichst gleicher Behandlung wesent-

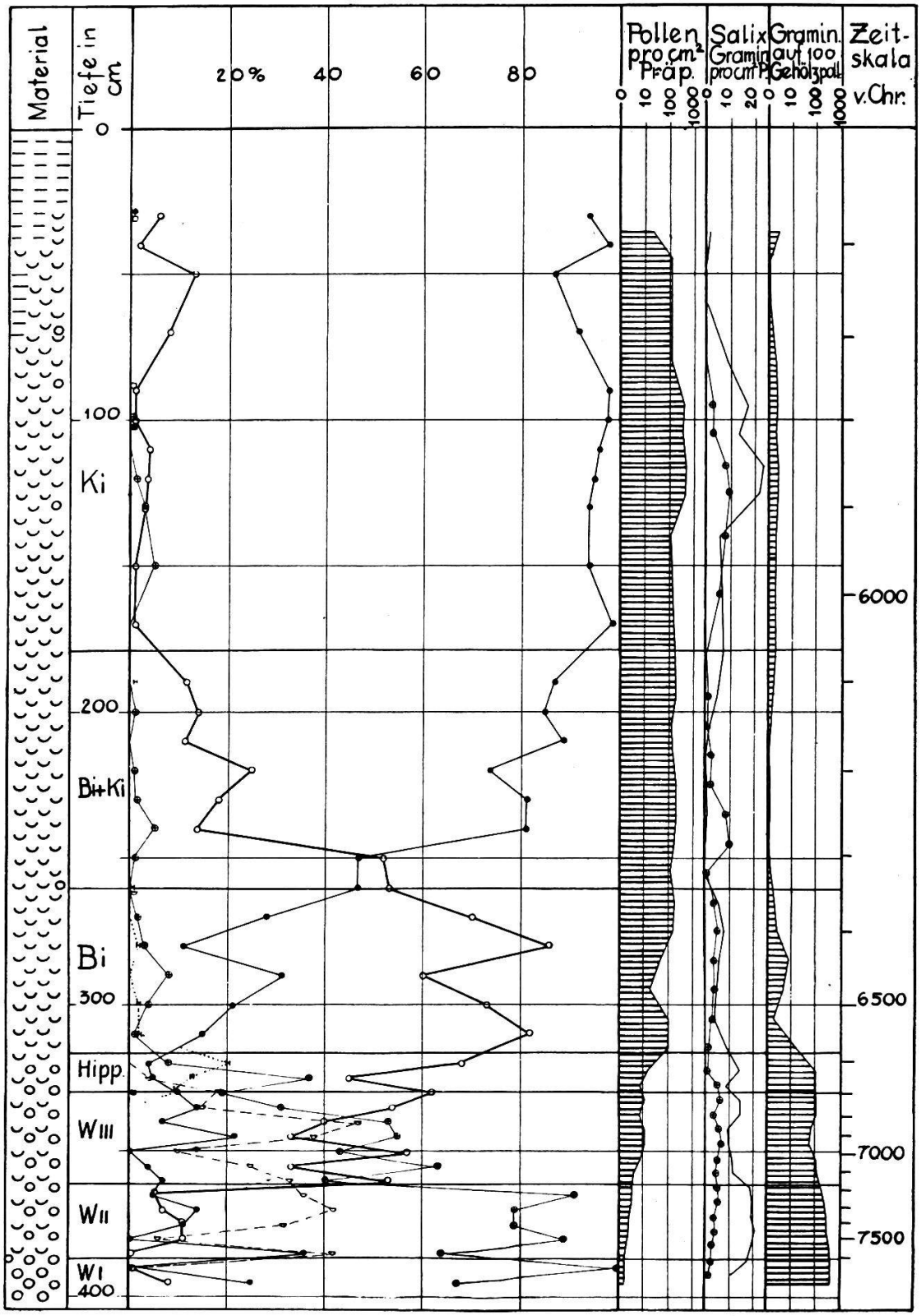

Abb. 13. Faulenseemoos. Pollendiagramm VIII.
Ki. = Kiefernzeit i. e. S.; Bi. + Ki. = Birkenkiefernzeit; Bi. = Birkenzeit; Hipp. = Hippophaë-Abschnitt; W I—III = 1. bis 3. Weidenzeitabschnitt.

lich mehr Pollen auf der gleichen Präparatfläche zeigt. Das Ergebnis wird aber bis zur Gewißheit gesichert, wenn eine gewisse Parallelität zu den Pollenkurven hervortritt, die Unterschiede sich dauernd über mehrere Proben erstrecken und die Unterschiede selbst das Vielfache der kleinern Pollenmenge betragen. In diesem Sinne gebe ich die Pollenzahl pro Quadratzentimeter Präparatfläche (bei der Deckglasgröße von 18 mm und der Vergrößerung 225 ungefähr 10 durchfahrene Präparatzeilen) als Kurve wieder (vgl. auch S. 181).

Die Pollenhäufigkeit beträgt in der frühen Weidenzeit meist weniger als 10 Pollen/cm², in der späten Weidenzeit 10—20 Stück; sie steigt im Hippophaë-Gipfel auf 50 P./cm², im Hauptteil der Birkenzeit auf 100 bis 200 P./cm², in der Kiefernzeit auf 200 bis 500 P./cm². Der letzte Anstieg mag mit der stärkern Pollenproduktion der Kiefer und ihrer größern Bestandesdichte zusammenhängen. Der Anstieg von der Weidenzeit zum Hippophaë- und Birkenabschnitt muß aber klimatische Ursachen haben, da die Birke stets, besonders aber im spätern Weidenzeitabschnitt eine gute Vertretung aufwies. Ebenso spricht die äußerst geringe Pollenhäufigkeit am Grunde des Profils (trotz Weglösen des Tons!) für vegetationsfeindliche Bedingungen.

Was die absolute Häufigkeit der Weide betrifft, beobachtete Oberdorfer (1937, S. 527) beim Übergang von der Weiden- zur Birkenzeit in Urbis in den südlichen Vogesen noch eine Zunahme, trotz dem Rückgang der relativen Frequenz. In Profil VIII des Faulenseemooses ist diese Erscheinung nicht stark ausgeprägt, es sei denn, man vergleiche nur das der Birkenzeit unmittelbar vorangehende Gebiet der Weidenzeit. Die frühe Weidenzeit zeigt trotz großer relativer Häufigkeit kleine absolute Vertretung. Die spätere Weidenzeit weist Werte von 20—25 Salix pro Quadratzentimeter auf. Nach einem Tiefstand bei etwa 8 Salix/cm² erreicht die Weide wieder Werte von 15—25 Stück/cm² in der Birkenzeit, verliert aber zur Zeit der Kiefernvorstöße (mit einer Ausnahme) an absoluter Häufigkeit. Die weitere Entwicklung ist etwas abrupt und unklar. Der Anstieg in der frühen Weidenzeit ist wohl als Ausdruck der allgemeinen Besserung der Vegetationsbedingungen aufzufassen, der Rückgang in der späten Weidenzeit als wirklicher Rückgang arktisch-alpiner Weidenarten; denn um bloße Verdrängung durch den vorrückenden Wald

kann es sich kaum handeln, da der Rückgang schon bei kleinen Gehölzpollenfrequenzen (bei 340 cm, vor Beginn der Hippophaë-Ausbreitung) einsetzt und eine starke Wiederausbreitung im Gebiet der Birke und der Kiefernvorstöße erfolgt.

Von den Nichtgehölzpollen ist in diesem Profil nur der Gramineenpollen notiert worden. Bezieht man ihn auf gleiche durchgesehene Präparatflächen, so erkennt man, daß sein Schwerpunkt in diametralem Gegensatz zum Gehölzpollen in der Weidenzeit liegt. Nach steilem Anstieg werden die höchsten Werte mit etwa 30 Gramineen/cm² im ältern Weidenzeitabschnitt erreicht; der jüngere Abschnitt weist 15—25 Stück/cm² auf. In der Birkenzeit findet man nur 5—15 Stück/cm². Im Gebiet der Kiefernvorstöße weisen diese selbst meist sehr wenig, die dazwischenliegenden Birkengegenstöße beträchtlich mehr Graspollen auf. Eine ansehnliche Steigerung des Graspollens auf 25 Stück/cm² findet sich dann noch einmal gegen die Mitte der Kiefernzeit (bei 90 cm).

Firbas (1934) hat im Verhältnis des Gramineenpollens zum Waldbaumpollen einen brauchbaren Index für die Walddichte erkannt. Er sei auch hier berechnet, obwohl gerade der interessanteste Teil, die Weidenzeit, für die Berechnung problematisch ist.

In einem wirklich baumlosen Gebiet wird der Index den Wert unendlich annehmen oder aber einen beliebig kleinern Wert, je nach der Stärke des Pollenferntransports. Ferner kann man sich darüber streiten, welche Gehölzpollen man als Bezugsgröße zulassen will. Eigentlich wäre nur Baumpollen zuzulassen; aber: Ist bei einer vielleicht mehr oder weniger sicher festgestellten *Pinus montana* die Baumform oder die Legföhre vorhanden gewesen? Soll man die baumförmigen *Betula*-Arten von *Betula nana* abtrennen und kann man das pollendiagnostisch in jedem Fall? Sind die Weiden Bäume, Sträucher oder auch nur Spaliersträucher gewesen. Ist *Hippophaë* bei dieser Einbeziehung von strauchigen Pflanzen nicht auch einzuschließen? Es wäre wohl kein Schaden, sogar *Helianthemum alpestre* einzubeziehen, einerseits weil es auch verholzt, anderseits weil es mindestens so groß ist wie die Spalierweiden, drittens weil es ein Leitfossil der ganzen Weidenzeit ist, viertens weil es eine so zuverlässige Bezugsgröße ist wie die sicher z. T. ferntransportierten (oder — horribile dictu — durch den Bohrer nach unten verschleppten) Pinus- und Betula-Pollen. Der so gebildete Index ist nicht immer besser, doch wohl auch selten schlechter als die schwer herzustellende Bezugnahme auf Waldbäume allein. Darin liegt der Grund, warum ich alle vier Gehölzarten (-gruppen) zur relativen Pollensumme 100 % vereinige: Pinus, Betula, Salix, Hippophaë: ihre Gesamtheit charakterisiert die Weidenzeit.

Die Gramineen erreichen in der Weidenzeit mehrere Hundert Prozent des Gehölzpollens; die Werte sinken in der spätern Weidenzeit auf 50—150 %, gipfeln nach dem letzten Helianthemum-

Hochstand und zur Zeit des letzten Salix-Hochstandes kurz vor dem Hippophaë-Gipfel noch einmal auf, durchlaufen den Hippophaë-Gipfel mit 42 %, um dann auf minime Werte von meist nicht über 2 % abzusinken (Ausnahme: Birkeneinsattelung bei 290 cm, 12 %; bei 280 cm 5 %; Birkenvorstoß bei 230 cm 5 %). Diese Verhältnisse sprechen für eine äußerst offene Landschaft in der Weidenzeit, um so mehr als ein guter Teil der Bezugsgrößen im Landschaftsbild ebenfalls nicht hervortreten. Die trotzdem schwache absolute Vertretung des Graspollens spricht aber sogar für eine relativ offene Vegetation.

b) Profil X.

Das geköpfte kiefernzeitliche Profil VIII, sowie die interessanten Verhältnisse der Birken- und Weidenzeit ließen die detaillierte Untersuchung eines weitern Spätglazialprofils als wünschbar erscheinen. Ich hatte es bereits in der Hand, gestützt auf das Längsprofil des Moores, diejenige Stelle auszuwählen, die ein kiefernzeitlich vollständiges Profil erwarten ließ.

Die obersten 70 cm des Profils X (Abb. 14) bestehen aus trockener Torferde mit einzelnen unregelmäßigen Seekreidespuren; man hat den Eindruck, daß dieser Teil durchwühlt ist. Darunter liegt weiße Seekreide, die von 130 cm an naß und von ca. 200 cm an breiig, doch zusammenhaltend ist und bis ca. 450 cm reicht. Von 450 bis 503 cm findet sich festere, graue Seekreide, die mehrfach Schnecken und Pisidien aufweist. Unterhalb 503 cm liegt Seemergel (blauer Lehm) mit vereinzelten eckigen Steinchen; der Seemergel ist ziemlich weich, wässerig. Bei 600 cm stieß der Bohrer auf festen Steinwiderstand, wohl Moräne. Die Proben wurden in 5-cm-Abständen entnommen und untersucht.

Die drei spätglazialen Abschnitte (s. Abb. 14) der Weiden-, Birken- und Kiefernzeit sind alle schön entwickelt. Immerhin sind sie durch nach oben zunehmende Wachstumsgeschwindigkeit auffällig verzerrt. Die Birkenzeit beginnt auch hier mit einem Hippophaë-Gipfel bei 440 cm. Vor dem ersten Kiefernvorstoß ist eine breite Lücke mit einem flachen Salix-Gipfel. Der zweite Birkenabschnitt ist ebenfalls sehr gut entwickelt. Der zweite Kiefernvorstoß wird bei 375/370 cm gleichfalls gebremst wie in Profil VIII; die Prozentzahlen der Kiefer liegen freilich etwas höher. Sehr schön entwickelt sind die zwei folgenden Kiefernvorstöße und die entsprechenden Birkengegenstöße; bei 352 cm hätten sich bei noch engerer Probeentnahme Kiefer und Birke wohl fast be-

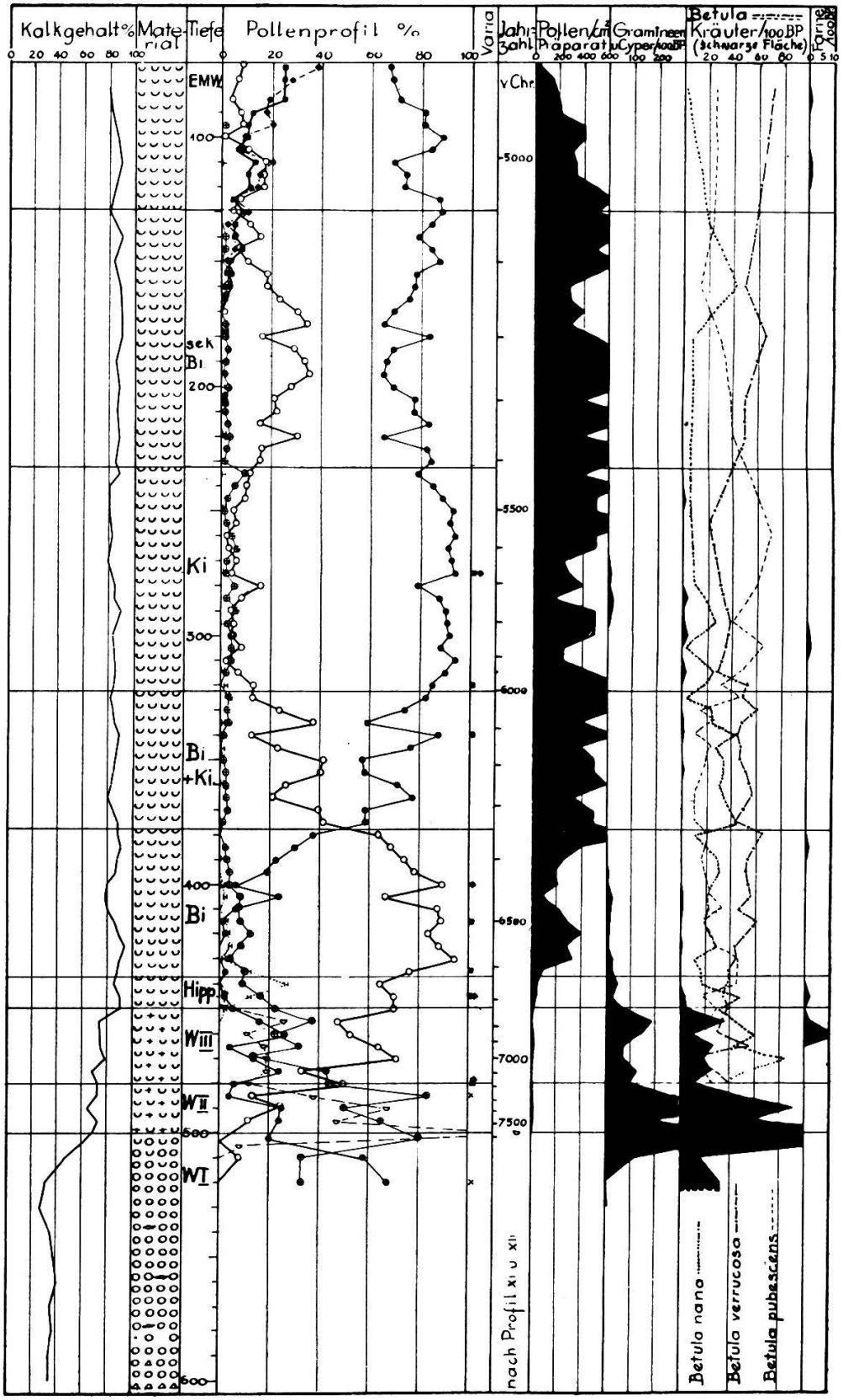

Abb. 14. Faulenseemoos. Pollen- und Kalkgehaltsdiagramm X.

rührt. Bei 280 cm findet sich ein kleiner Birkenvorstoß, der sich im Profil VIII bei 50 cm wiederfinden dürfte. Es scheint mehr als Zufall zu sein, daß in Profil VIII bei 90 cm ein Alnus-Pollenkorn, bei 30 cm ein Alnus- und Corylus-Korn und an der entsprechenden Stelle in Profil X ein Quercus- und ein Corylus-Korn gefunden wurden. Im Abschnitt von 315 bis 230 cm, d. h. im Abschnitt mit sehr hohen Pinus-Prozenten weist die Weide die ansehnliche Vertretung von 2—9 % auf, etwa wie in der Birkenzeit, während im Zwischengebiet der Kiefernvorstöße diese 0—3 % beträgt. Im Gebiet von 230—155 cm zeigt der in der Literatur bekannte sekundäre Birkenanstieg mehrfach Werte zwischen 20 und 35 %; in ihm finden sich die ersten Spuren von wärmeliebenden Gehölzen: Corylus mehrfach, ab 160 cm stets, Tilia cordata bei 205 cm, Alnus bei 170 cm, Ulmus ab 165 cm stets, Tilia cordata ab 160 cm in fast jeder Probe, Tilia platyphyllos bei 140 cm und ab 100 cm häufig (Bestimmung von Tilia nach Trela, 1928). Bei 165 cm setzen die zusammenhängenden Kurven von Eichenmischwald und Hasel ein, bleiben aber noch merkwürdig lange im Bereich von bloß 5—15 %. Dieses erklärt sich zwar zwanglos durch das schnelle Wachstum im untiefen Wasser, wie es später für die neuere Zeit nachgewiesen wird. Die ersten Eichenpollen finden sich in 110 und 100 cm Tiefe; vermutlich setzt die zusammenhängende Eichenkurve aber erst bei 77 cm ein. Bei Vergleich mit Profil VII und IX erhält man den Eindruck, daß hier die Kieferndominanz reichlich lange dauert und doch wohl nach 110 cm absinken dürfte. Sie wird vielleicht (Übergang Seekreide—Torf!) hochgehalten durch lokal starke Anschwemmung und Windandrift. Sobald die letzten Seekreidespuren verschwinden, steigen die Prozente der wärmeliebenden Gehölze an.

Die Pollenhäufigkeit nimmt einen ähnlichen Verlauf wie in Profil VIII. Der Seemergel enthält 0—2 Pollen/cm², der frühe Weidenzeitabschnitt meist 5—15 Pollen/cm², der spätere Weidenzeitabschnitt 15 bis über 40 Pollen/cm², der Hippophaë-Abschnitt 37 Pollen/cm² (nach einem weidenzeitlichen Tiefstand bei 17 Stück). Der Hauptteil der Birkenzeit weist 150—350 Pollen pro Quadratzentimeter auf, die Kiefernzeit in großen Teilen 350—700 Stück. Die Zeit der Kiefernvorstöße ist (ähnlich Profil VIII) besonders pollenreich, während der Abschnitt mit 90 % Kieferndominanz (315 cm bis 260 resp. 230 cm) offensichtlich

weniger Pollen aufweist. Der sekundäre Birkenanstieg zeigt deutlich höhere Pollenhäufigkeit, der Abstieg ist wieder pollenärmer. Die Pollenhäufigkeit der obersten Schichten hat wohl durch Austrocknung etwas gelitten, wird aber auch durch besonders rasches Wachstum und Zunahme der organischen Bestandteile vermindert worden sein.

Beim detaillierten Vergleich der Kurven der Pollenhäufigkeit in den Profilen VIII und X sind wir von der großen Übereinstimmung überrascht. Wir erkennen, daß selbst die Zufälligkeiten der Präparatherstellung die großen Züge des Verlaufs nicht stören. Um so zuverlässiger und um so eher verwertbar sind diese Maßzahlen für die absolute Pollenhäufigkeit. Es sei allerdings nochmals betont, daß die Übereinstimmung zweier Profile zwar einige lokale Pollenerzeugungs- und Sedimentationsunbekannte eliminiert, jedoch die Unbekannte des Jahreszuwachses in voller Wirksamkeit beläßt.

Die absolute Häufigkeit der Weide zeigt in Profil X insofern einen unerklärlichen Unterschied gegenüber Profil VIII, als sie in der Weidenzeit 10 Stück/cm² nicht überschreitet (bis 30 Stück/cm² in Profil VIII). Die Weidenarmut ist auch beim Vergleich der relativen (Prozent-) Kurven erkennbar. Die besonders weidenarme Übergangszeit vor der Birkenzeit ist aber trotzdem deutlich. Merkwürdig ausgeprägt ist dann die von Oberdorfer (s. S. 48) erwähnte Zunahme der absoluten Weidenfrequenz in der ersten Hälfte der Birkenzeit, wohl eine Folge der Zuwanderung und Ausbreitung größerer Weidenarten unter günstigen klimatischen Bedingungen. Wie ein Rückschlag, wohl eher ein Umschlag im Klima mutet das plötzliche Absinken zur Zeit des ersten Kiefernvorstoßes an. Die Zeit der Kiefernausbreitung ist im Gegensatz zur absoluten Gesamtpollenkurve besonders weidenarm. Die eigentliche Kiefernzeit mit ca. 90 % Kiefer weist etwas mehr, doch immer noch recht wenig Weide auf (7—14 Stück/cm²); erst am Schluß dieser fast ausschließlichen Kiefernherrschaft, im allerersten Anfang des sekundären Birkenanstieges steigt die Weide wieder zu Werten der absoluten Häufigkeit von 20—30 Stück/cm² an. Es scheint mir bemerkenswert, daß sie ihre Aufstiegsbewegung bei 265 und 245 cm bei ansteigender Gesamtpollenhäufigkeit, ihren Wiederabstieg bei weiter steigender Gesamtpollenhäufigkeit ausführt. Im sekundären Birkenanstieg und

in der beginnenden Wärmezeit wird die Weide schließlich bedeutungslos. Die Weide (mit ihren verschiedenen Arten) erweist sich somit als recht eigentliche Charakterpflanze des Spätglazials in seiner ganzen Ausdehnung.

Wie in Profil VIII scheint auch hier der Schwerpunkt der absoluten Gramineenhäufigkeit in der Weidenzeit zu liegen, und zwar besonders im ersten Abschnitt. Der Hippophaë-Abschnitt weist hier wie im Profil VIII ziemlich hohe Gramineenhäufigkeit auf, die sich auch während des Hauptteils der Birkenzeit erhält. Weiter oben sind die Gramineen leider meist nicht ausgezählt worden.

Das Verhältnis der Gramineen zu den Gehölzpollen steigt hier in der frühesten Weidenzeit vom Wert Null (im reinen Seemergel) auf 200—560 %. Dieser Umstand deutet, zusammen mit der fast auf Null abgesunkenen Gehölzpollenhäufigkeit, auf Bedingungen, wie sie nur bei Neubesiedlung durch die Vegetation möglich sind. Daß trotzdem Spuren von Gehölzpollen vorhanden sind, spricht vielleicht am ehesten für Ferntransport. Im letzten Teil der Weidenzeit, kurz vor dem Hippophaë-Abschnitt, steigt die relative Gramineenhäufigkeit noch einmal auf 190 % an, um dann rasch auf relativ kleine Werte (unter 50 resp. meist unter 10 %) abzusinken. Dieser Kurvenverlauf kennzeichnet die eintretende und zunehmende Bewaldung vom Beginn des Hippophaë-Abschnittes an.

An den Sedimenten des Profils X wurden in gleicher Weise wie in Profil IX Kalkgehaltsbestimmungen für die Mehrzahl der Proben durchgeführt, um meine Angaben über die makroskopischen Materialbezeichnungen zu präzisieren und allfällige Schwankungen von Seekreidebildung und Toneinschwemmung festzustellen. Von einer Bestimmung des organischen Materials wurde abgesehen, da dieses keinen wesentlichen Anteil am Ganzen haben dürfte; vollständige Bestimmungen sind in Profil XI wiedergegeben.

Die Kalkkurve in Profil X (Abb. 14) bestätigt in ausgezeichneter Weise meine Beobachtung, daß die Seekreide weit unter die Birkenzeit, bis an den Anfang der Weidenzeit hinunterreicht. Es handelt sich um 50 bis 60 cm Seekreide, die freilich noch 20—25 % Toneinschwemmung zeigt (ca. 5 % Organisches und Wasser bei Lufttrockenheit

abgerechnet) und deshalb spezifisch schwerer und etwas kompakt und deutlich grau ist. Wohl wird der Ton nicht als solcher, sondern zusammen mit $^1/_3$ bis $^2/_5$ Kalk als Mergel eingeschwemmt worden sein; aber auch unter Berücksichtigung dieser Tatsache beträgt die Einschwemmung nur $^1/_4$ bis $^1/_3$ des Sediments, so daß die enorm geringe Pollenhäufigkeit dieses Abschnittes nicht etwa durch übermäßige Verteilung des Pollens durch Einschwemmungsstoffe erklärt werden kann. (Zudem wird durch Flußsäure der Kalk ganz, der Ton zu einem guten Teil weggelöst.) Sehr beachtlich ist, daß das Aufhören der Mergeleinschwemmungen und das daherige Ansteigen des Kalkprozents auf 90 % am Beginn der Hippophaë-Phase und nicht am Beginn der Birkenzeit liegt, während der Anstieg der Gehölzpollenfrequenz erst am Beginn der Birkenzeit liegt; die ziemlich hohe Häufigkeit der Gramineen der Hippophaë-Phase charakterisiert diesen Abschnitt, ebenso das gehäufte Auftreten von Farnsporen an seinem Anfang. (Die Bestimmung an Hand der Tabellen von Krapowicz, 1927, ergab *Cystopteris fragilis, Cystopteris* spec. und *Dryopteris Lonchitis.*)

So gering auch die weitern Schwankungen der Kalkkurve sind, so darf man den ganz großen Parallelismus zwischen Kalk- und Birkenkurve nicht übersehen; ich verweise auf folgende Abschnitte: 510 cm, 480, 470, 450, 440—405 cm, 405 bis 365 cm, 290—270 cm, 240—150 cm, 150—130 cm, 130—85 cm. Zugegeben, es sind einige Ausnahmen oder doch scheinbare Ausnahmen vorhanden, so bei 365—325 cm (die zwei Betula-Gipfel eine zeitlich relativ einheitliche Gruppe) und bei 180 cm. Was bedeutet nun aber dieser Parallelismus? Doch wohl nur entsprechend gleiche Reaktion auf klimatische Änderungen. Es sind nun zwei Fälle denkbar: die klimatische Änderung bewirkt vermehrte Seekreidebildung, oder aber sie bewirkt verminderte Einschwemmung (evtl. auch beides). Welcher dieser Fälle wirklich eingetreten ist, läßt sich den beiden Kurven nicht entnehmen. Ich möchte nur folgendes zu bedenken geben: Gemäß den S. 38/39 gemachten Überlegungen handelt es sich bei derartigen Kurvenschwankungen stets vorwiegend um Schwankungen der Einschwemmung. Vermehrte Einschwemmung selbst hemmt nach den Erfahrungen der Limnologen die Wasservegetation und damit die Seekreide-

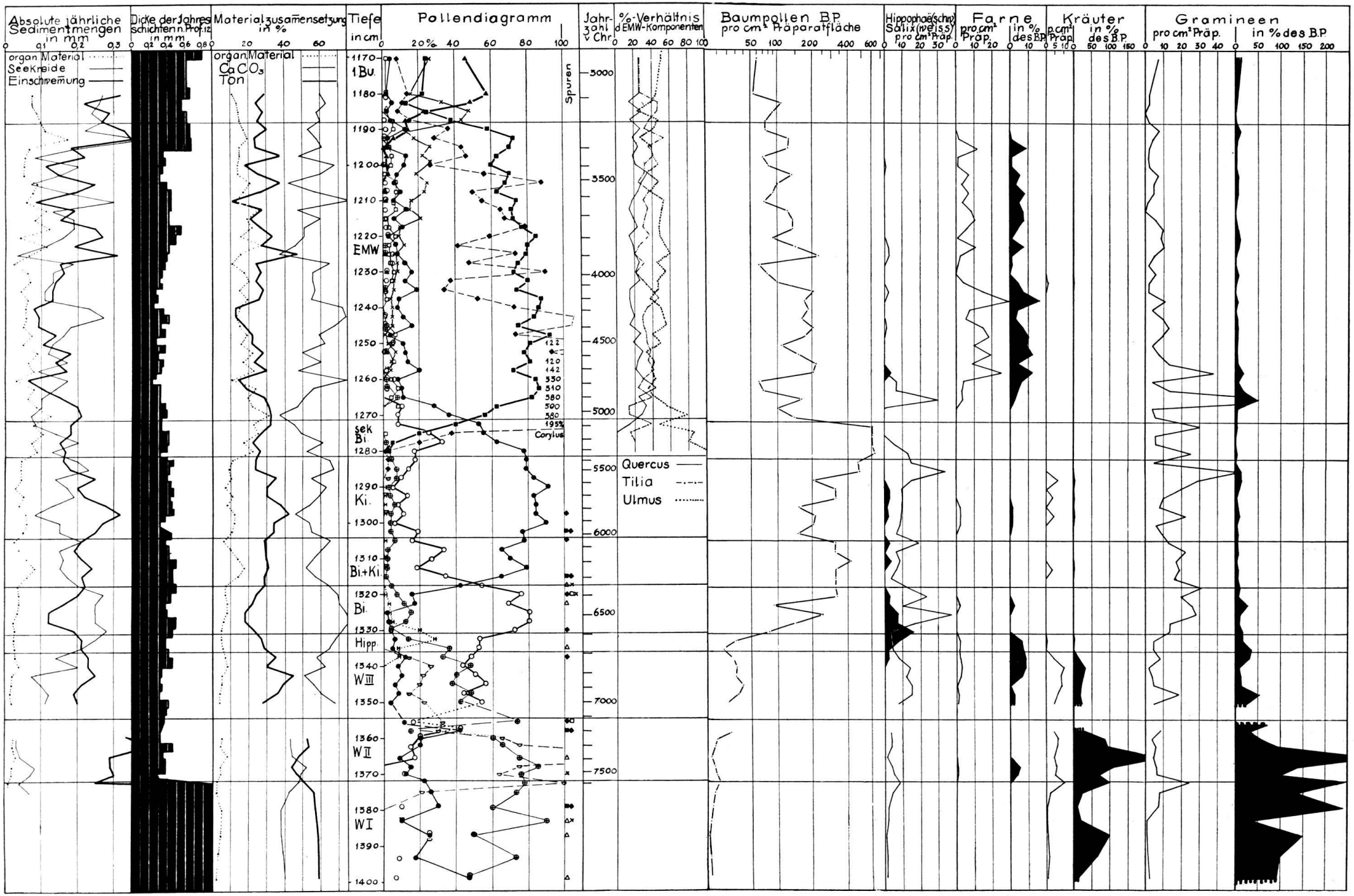

Abb. 15. Faulenseemoos. Pollen- und Sedimentdiagramm XI.

bildung einerseits durch die Zufuhr von Geschiebe und Detritus selbst, anderseits durch starke Strömungen und abrupte Wasserwechsel (Huber-Pestalozzi, 1926, S. 856). Außerdem spricht das später für die Birkenzeit nachzuweisende Vorkommen von *Betula verrucosa* nicht für ausgesprochene Nässe, das für die mittlere Kiefernzeit nachzuweisende Vorkommen von *Pinus montana* nicht für Wärme und Trockenheit. Daraus ziehen wir den Schluß, daß die Birkenzeit etwas trockener und wohl wärmer, die mittlere Kiefernzeit nässer und kühler gewesen ist.

Es ist bezeichnend, daß die Abschnitte mit nassem Klimacharakter folgende sind: Weidenzeit, erster Kiefernvorstoß, Hauptkiefernvorstoß und die Abschnitte mit 85—94 % Kiefer. (Die tiefe Lage der Kalkkurve in der Eichenmischwald-Haselzeit rührt z. T. von organischem Detritus her.) Die Ähnlichkeit des ersten und letzten Abschnittes wird noch unterstrichen durch ein gemeinsames, unbekanntes Fossil: braune, vielporige Gitterkugeln von 15—30 μ Durchmesser. Nach Zander (1935) kann es sich am ehesten um Plantaginaceen, Chenopodiaceen, Caryophyllaceen handeln. Diese treten in der Weidenzeit vom ersten Anfang an in fast jeder Probe und oft mehrfach auf und sind nach meinen Erfahrungen auch in andern Mooren zur Weidenzeit anzutreffen, jedoch fast ganz auf sie beschränkt. Sie sind oft von Kompositen verschiedener Artzugehörigkeit begleitet. Interessanterweise tritt diese Gruppe von Unbekannten noch einmal im Abschnitt 315 bis 285 cm auf.

c) Profil XI.

Aus drei Gründen wurde im Jahr 1940 nochmals ein langes Profil erbohrt. Erstens sollte durch Bohren in einem Punkt, der der Moormitte noch etwas näher lag als Profil IX der rezente Abschnitt noch einmal untersucht werden (s. S. 51 und Abb. 12). Zweitens sollte die Schichtung nochmals genauer geprüft und ausgemessen werden (S. 109 ff). Drittens interessierte mich die Entwicklung, Ausgestaltung und Mächtigkeit der spätglazialen Schichten in der relativ großen Tiefe des ehemaligen Faulenseeleins.

Aus dem Bohrprotokoll seien an dieser Stelle folgende Beobachtungen wiedergegeben:

1250—1281,5 cm braune Tongyttja, davon 1260/61 und 1264,5/65 seekreidig; der ganze Abschnitt mit Schnecken und Pisidien.

1281,5—1300 cm tonige Seekreide; man erkennt Tonstreifchen und allerfeinste Rippung.
1300—1333 cm grauweiße tonige Seekreide.
1333—1358 cm grau-rötliche Seekreide.
1358—1362 cm Seekreide und ziemlich viel Ton.
1362—1370 cm graue Seekreide, davon
1363—65,5 sehr moosreich,
1366,5—68 stärker tonig.
1370—1372 oder 1373 cm Übergänge zu blauem Lehm.
1371 cm Pisidien! Regelmäßige dunklere Streifchen im Lehm.
1373—1381 cm und besonders ab 1385 cm bis 1400 cm äußerst feiner, ankiger Lehm; bei 1379 cm findet sich ein eckiges Steinchen und bei 1381—85 cm feinster Sand.

Die Proben wurden in 2,5 cm Abstand entnommen und untersucht, von 1350 cm an alle Zentimeter (hier jedoch nicht vollständig untersucht). Leider unterließ ich es, noch tiefer zu bohren; doch dürfte einerseits bei Vergleich mit Profil X nur wenig fehlen (40—50 cm Seemergel), anderseits der fehlende Abschnitt nichts wesentlich Neues zeigen.

Die spätglazialen Abschnitte der Weiden-, Birken- und Kiefernzeit sind in Profil XI vollständig erfaßt (Abb. 15). Die ganze Entwicklung ist aber auf eine viel geringere Schichtdicke zusammengedrängt als in Profil VIII oder X.

Profil	Weidenzeit A *	Weidenzeit B *	Birkenzeit	Kiefernzeit
VIII	33 cm	42 cm	55 cm	ca. 260 cm
X	37	43	60	ca. 220 cm
XI	27	22	14	40
XII	25	18	13	46
XI in %	77 %	54 %	23 %	17 %

* A = unterer Abschnitt, vom 1. Hauptanstieg der Helianthemum-Kurve bis zu deren Schnittpunkt mit der Betula-Kurve.

* B = oberer Abschnitt, vom Schnittpunkt Helianthemum/Betula bis zum Hippophaë-Gipfel.

Unterste Zeile: Länge der Abschnitte des Profils XI in Prozenten des Mittels der entsprechenden Abschnitte in Profil VIII und X.

Die Tabelle zeigt in die Augen springend den Übergang von einer minerogenen zu einer organogenen Sedimentationsphase. In der ersten Zeit nach dem Gletscherrückzug bildeten mineralische Sedimente die einzigen Einlagerungen ins alte Seebecken des Faulenseeleins; sie dürften, abgesehen vom engern Bachdelta, in der Mitte am mächtigsten gewesen sein (große und ruhende Wassermasse). Schon in der Weidenzeit ändert sich das Zahlenverhältnis in dem Sinne, daß die Mitte weniger Sedimenthöhe aufweist als ufernahe Teile. Das

erklärt sich fast restlos aus der Seekreidebildung, die in Ufernähe innerhalb des Gürtels höherer Pflanzen besonders stark ist, wo auch eine Wiederauflösung des ausgefällten Kalkes in größern Tiefen nicht möglich ist (Pia, 1933). Zieht man nämlich an Hand der Ton- und Kalkuntersuchungen den Einschwemmungsmergel in erster Näherung vom gesamten Sediment ab, so beträgt die Seekreidebildung schon in der Weidenzeit in ufernahen Teilen 3- bis 4mal mehr als in der Mitte des Seeleins; in der Birken- und Kiefernzeit steigt sie auf den Wert des 7- resp. 10fachen. Interessant ist, daß gleichzeitig die Mergeleinschwemmung für alle betrachteten Zeiten an den beiden Lokalitäten (Profil X und XI) fast genau gleiche Beträge (Sedimenttiefen) ausmacht.

Das Pollendiagramm XI (Abb. 15) zeigt in der Birken- und Kiefernzeit dieselben charakteristischen Züge wie die Diagramme VIII und X. Die Birkenzeit beginnt auch hier innerhalb des Hippophaë-Gipfels. Sie ist (nicht sehr ausgeprägt) zweigipflig infolge eines auch in dieser Tiefe noch sehr deutlichen ersten Kiefernvorstoßes (1322,5 cm). Kurz vorher, in der ersten Birkenzeithälfte, steigt die Weide zu einem breiten, niedrigen Gipfel an, während der Sanddorn verschwindet. Der zweite Kiefernvorstoß ist infolge zu geringer Probedichte bei 1317 cm unsichtbar geblieben. Dagegen sind der 3. und 4. Kiefernvorstoß und der endgültige Anstieg zur Dominanz bei 1312,5 cm, 1305 cm und 1300 cm klar entwickelt. Die Weide ist auch hier zur Zeit der starken Kiefernvorstöße sehr schwach vertreten, um dann bis zum Beginn des sekundären Birkenanstieges wieder etwas anzusteigen. Im Abschnitt der stärksten Kieferdominanz finden sich in vier aufeinanderfolgenden Proben von 1297,5—1290 cm Spuren von Hippophaë, ferner bei 1287,5; 1292,5; 1297,5 und 1312,5 cm die letzten Spuren von Helianthemum alpestre, nachdem dieses von 1337,5 cm an aufwärts nicht mehr aufgetreten war.

Im ersten Auftreten wärmeliebender Arten zeigt das Diagramm XI im sekundären Birkenvorstoß bei 1285, 1282,5 und 1280 cm die ersten zusammenhängenden Spuren von Corylus (in voller Übereinstimmung mit Profil X). Ulmus ist auch in diesem Profil derjenige EMW-Pollen, der zuerst ganz regelmäßig aufzutreten beginnt (1280 cm). Schon in den zwei folgenden Proben gesellen sich beide Tilia-Arten dazu. Erst von der Probe 1272,5 cm an gesellt sich Quercus, und zwar gleich in be-

trächtlicher Menge dazu. Alnus tritt sporadisch bei 1275 cm auf, regelmäßig ab 1267,5 cm.

Was Anzeichen frühern Auftretens wärmeliebender Gehölze betrifft, so könnte gerade Profil XI einige Angaben liefern. Doch muß ich das gehäufte Vorkommen von Abies, Picea, Alnus, Corylus, Ulmus und Tilia zwischen 1315 und 1322,5 cm als Verunreinigung beim Bohrvorgang hinstellen, da die beiden Profile VIII und X an dieser Diagrammstelle trotz mehrfacher Nachprüfung nicht die geringste Spur aufweisen. Man erkennt an diesem Beispiel die Wichtigkeit von Kontrolldiagrammen zur Kontrolle und Elimination von Unregelmäßigkeiten. Es ist wohl nicht Zufall, daß dasselbe Profil XI auch zwischen 1350 und 1358 cm offensichtliche Verunreinigungen aufweist. Bei wenig mächtigen Abschnitten ist die Gefahr einer weiten Verschleppung im Diagramm viel größer als bei mächtigen Ablagerungen, wo allfällige Verschleppungsspuren noch in jüngern Abschnitten steckenbleiben. Zudem spielt die Überlagerung eine wichtige Rolle: in Profil XI steht der ganze Reigen aller Waldbaumpollen für die Verschleppung zur Verfügung; in Diagramm X sind es nur spärliche Corylus- und EMW-Pollen in den obersten Abschnitten, die zur Verschleppung bereit liegen; in Profil VIII fehlen auch diese in den obersten Partien fast ganz. Und entsprechend der Abnahme dieser natürlichen Voraussetzungen für die Verschleppung nimmt auch die Verschleppung ab. Es sei in diesem Zusammenhang auf die gleiche Erscheinung in den Diagrammen von Härri (1940) hingewiesen: die obern Teile seines Diagramms 2 weisen vor allem Corylus und EMW auf, und sporadisch treten weiter unten besonders Corylus und EMW auf; die obern Teile von Diagramm 10 zeigen viel Buchen, Fichten, Tannen, und die Weidenzeit zeigt mit Vorliebe Spuren dieser Bäume (also Buche in der Weidenzeit!). (Siehe auch S. 179/180.)

Ich stehe deshalb den aus Bohrungen gewonnenen Angaben über frühes Auftreten wärmeliebender Gehölze sehr zurückhaltend gegenüber. Diese Spuren müssen schon in verschiedenen Diagrammen der gleichen Örtlichkeit oder lieber noch verschiedener benachbarter Örtlichkeiten in offensichtlich gleicher Diagrammlage und wenn möglich in ähnlichem Kurvenfeinverlauf auftreten,

oder sie müssen den obern Schichten überhaupt fehlen, wenn sie Beweiskraft haben sollen.

Sämtlichen derartigen Spuren in meinen Faulenseemoosdiagrammen muß ich deshalb die Fähigkeit absprechen, die Existenz jener Bäume in unsern Gegenden nur halbwegs wahrscheinlich zu machen. In einigen Fällen mag Ferntransport oder Auswaschung älterer pollenführender Materialien vorliegen (Iversen, 1936).

Die Pollenhäufigkeit der drei Spätglazialprofile fordert direkt zu einem tabellarischen Vergleich heraus; die entsprechenden Zahlen aus einem vierten anschließend zu besprechenden Profil (XII) sind ebenfalls aufgeführt:

Zeit	Profil VIII	X	XI	XII	Mittel
Weidenzeit I	(3)	1	3	1	2
„ II	7	12	8	7	8
„ III	13	15	28	18	18
Hippophaë-Abschnitt	25	50	40	25	35
Birkenzeit	200	280	200	200	220
Kiefernvorstöße	370	550	300	580	450
eigentl. Kiefernzeit	300	420	230	190	290
sekund. Birkenvorstoß	fehlt	650	500	420	520
Haselanstieg	fehlt	500	450	300	420

Die Übereinstimmung im Entwicklungsgang ist außerordentlich schön und um so höher einzuschätzen, als die Untersuchungen des ersten und letzten Profils zwei Jahre auseinanderliegen. Dieses spricht nicht nur für die Zuverlässigkeit der Untersuchung, sondern dafür, daß den Pollendichten der Präparate in ähnlichem und gut erhaltenem Einbettungsmaterial bei einiger Sorgfalt der Präparation ein gewisser wirklicher Sachverhalt in der absoluten Pollendichte der Ablagerungen zugrunde liegt. Dieser Sachverhalt lautet in unserem Fall: Die Häufigkeit des Gehölzpollens steigt in spätglazialen Profilen in der Weidenzeit von geringsten Werten ausgehend erst langsam an, um dann im Hippophaë-Abschnitt sprungweise in die Höhe zu schnellen. Der weitere Anstieg zur Zeit der Kiefernvorstöße mag durch den Umstand der großen Pollenproduktion der Kiefer bedingt sein. Wieweit trotz dem grundlegenden Wech-

sel der pollenerzeugenden Baumarten klimatische Änderungen beteiligt sind, soll später (S. 172 ff.) erörtert werden. Nach eingetretener Dominanz der Kiefer wird die Baumpollenfrequenz wiederum ein eindeutiger Faktor: Die Mitte der Kiefernzeit ist charakterisiert durch ein Zurückgehen der Pollenfrequenz (hier fast ausschließlich der Kiefer). Vorher, zur Zeit der Kiefernvorstöße, und nachher, zur Zeit des sekundären Birkenvorstoßes, ist die Pollenfrequenz beträchtlich höher. Dieser Umstand spricht gegen eine allzu einheitliche Ausdeutung der pollenanalytisch einfachen Kiefernzeitkurve. Es liegt nahe, dieses typische Verhalten in der Pollenproduktion des Kiefernwaldes als phytometrischen Hinweis auf die Klimaentwicklung hinzunehmen. Es sollen aber vorderhand in Profil XII noch zuverlässigere Frequenzzahlen beigebracht und die Kiefernarten auseinandergehalten werden, die in der Frequenzschwankung eine wichtige Rolle spielen könnten. Der deutliche Rückgang der Pollenhäufigkeit in den Präparaten nach Beginn der Wärmezeit kann durch den Artenwechsel bedingt sein; ein gewisser Rückschlag in der Klimabesserung ist aber nicht ausgeschlossen.

Was Abb. 15 über die Pollenhäufigkeit der Weide sagt, ist schon bei Profil X (S. 62) fast wörtlich richtig gesagt worden: geringe Frequenz im Gebiet von Hippophaë; Hauptverbreitung in der frühen Birkenzeit (evtl. mit Artenwechsel); scharfer Rückgang im Gebiet der Kiefernvorstöße; Tiefstand in der Kiefernzeit; Emporschnellen und Wiederabsinken im Anfangsgebiet des sekundären Birkenanstieges. Man bekommt den Eindruck, daß es sich bei dieser letzten Erscheinung um Förderung durch klimatische Einflüsse und darauffolgende Verdrängung durch die Konkurrenz der Birke und der Hasel handelt.

Die Farne haben auch im Profil XI ihre Hauptverbreitung im letzten Weidenzeit- und im Hippophaë-Abschnitt *(Cystopteris montana, Cystopteris* spec., *Polypodium vulgare* und treten dann, scheinbar als Begleiter des typischen EMW, erst wieder massiv auf, wenn der Kiefernwald dem EMW das Feld völlig geräumt hat *(Polypodium vulgare, Cystopteris fragilis, Dryopteris Phegopteris).*

Die Häufigkeit des Gramineenpollens ist besonders

hoch in der Birken-, Kiefern- und Haselzeit (Stück pro Quadratzentimeter Präparatfläche). Diese Tatsache stimmt mit unsern heutigen Kenntnissen über diese Gehölzgesellschaften überein: es handelt sich wohl meist um relativ offene, lichthungerige Bestände. Anderseits besagt der Anstieg der absoluten Gramineenhäufigkeit von der Weiden- zur Birkenzeit wohl auch, daß sich das Klima für die Entwicklung der Gräser gebessert hat, was noch um so wahrscheinlicher ist, als doch der vermehrte Baumwuchs den zur Verfügung stehenden Lebensraum einengte und den freien Windtransport hemmte. Diese Beobachtung steht in voller Übereinstimmung mit den Erfahrungen Aarios (1940, S. 71) in Finnisch-Lappland, wonach die «absolute Nichtbaumpollenmenge auch noch beim Übergang von der Birkengebüschregion auf die Tundra stark sinkt, trotzdem das Nichtbaumpollenprozent eine kräftige Steigerung aufweist.» Und wie Aario schließt: «Das hohe NBP-Prozent (der Tundra) rührt also davon her, daß die Menge des Baumpollens noch rascher abnimmt als die des NBP», so müssen auch wir das hohe (auf die Baumpollensumme berechnete) Gramineenprozent der Weidenzeit als durch geringsten oder gar fehlenden Baumwuchs bedingt hinstellen. Wir ziehen daraus den Schluß, daß die Weidenzeit nicht das Bild einer Grassteppe, sondern dasjenige einer alpinen Tundra bot.

Die Sedimentuntersuchung wurde im Profil XI auf Kalk, organisches Material und Ton ausgedehnt. Sie bestätigte im wesentlichen die in Profil X gewonnenen Ergebnisse, erweitert sie aber in verschiedener Hinsicht. In den Tiefen von 12 bis 14 m des Profils XI steigt das Kalkprozent nicht über 70—75 %, und sinkt öfters auf 40—50 % hinunter, während es in den geringen Wassertiefen von 1—5 m des Profils X auf 90 % steigt und selten unter 80 % sinkt. Man ersieht daraus, daß Profil X ganz im Bereich der Wasservegetation und Seekreidebildung liegt, während Profil XI den Einwirkungen der Einschwemmung viel mehr ausgesetzt ist. Das bedeutet, daß in bezug auf Kalk und Ton und ihre klimatographische Auswertung die größere Tiefe des Profils XI die empfindlicheren Werte liefert. So lassen sich die Zeiten vermehrter Einschwemmung leicht ablesen (Abb. 15): massige Einschwemmung in der frühesten Weidenzeit und Rückgang im 2. und 3. Weidenzeitabschnitt; einschwemmungsarme Zeit in

der (frühen) Birkenzeit; vermehrte Einschwemmung in der Kiefernzeit und Rückgang im Abschnitt des sekundären Birkenanstiegs. Zur Zeit des Haselgipfels und im ersten EMW-Anstieg findet sich nochmals eine Zeit etwas erhöhter Einschwemmung, während die darauffolgende abklingende Haselzeit und besonders die frühe EMW-Zeit ganz ausgesprochen einschwemmungsarm sind. — In bezug auf das organische Material läßt sich schon in der Weidenzeit und Birkenzeit ein leichter Anstieg auf 5—10 % erkennen, der sich zur Zeit des 3. und 4. Kiefernvorstoßes verdoppelt. In der eigentlichen Kiefernzeit ist das Prozent wieder tiefer und schwankt zwischen 7 und 12 %, um erst innerhalb des sekundären Birkenanstiegs Werte von 20—30 % anzunehmen. Die spätere Hasel- und frühere EMW-Zeit haben aber schon wieder niedrigere Werte des organischen Materials. Das braucht nicht notwendig von schlechtern Vegetationsbedingungen herzurühren. Die starke CO_2-Bindung durch den Assimilationsvorgang könnte auch die Seekreidebildung so stark gefördert haben, daß der relative Anteil des organischen Materials absinkt. Verstärkte Oxydation führt allerdings zum gleichen Ergebnis; doch dürfte bei erhöhter Temperatur nicht nur die Oxydation, sondern auch die Stoffproduktion gefördert worden sein. Bei allen derartigen Erörterungen macht sich der Mangel der Beziehung auf die Zeit lähmend spürbar.

d) Die Weidenzeit und Profil XII (Abb. 16).

Anläßlich einer Nachprüfung und Erweiterung der Jahresschichtenzählung wurde noch etwas näher der tiefsten Stelle des Moores ein weiteres Profil (XII) mit dem auf 15 m verlängerten Kammerbohrer entnommen. Im Hinblick auf die speziellen Probleme der Spätglazialzeit wurde diesem Profil in jeder Hinsicht besondere Sorgfalt zugewendet. So wurden auch in der pollenarmen Weidenzeit stets 50 Pollen ausgezählt, in der Birken- und Kiefernzeit oft über 100 Pollen zur Berechnung herangezogen, um die spurenweise auftretenden Arten etwas zuverlässiger zu erhalten. Begleiter aller Art wurden besonders sorgfältig notiert. Meßbare Betula- und Pinus-Pollen wurden ausgemessen, Pinus in vielen Proben bei stärkerer Vergrößerung analysiert. Die Analyse des Sediments auf Kalk, organisches Material und Ton

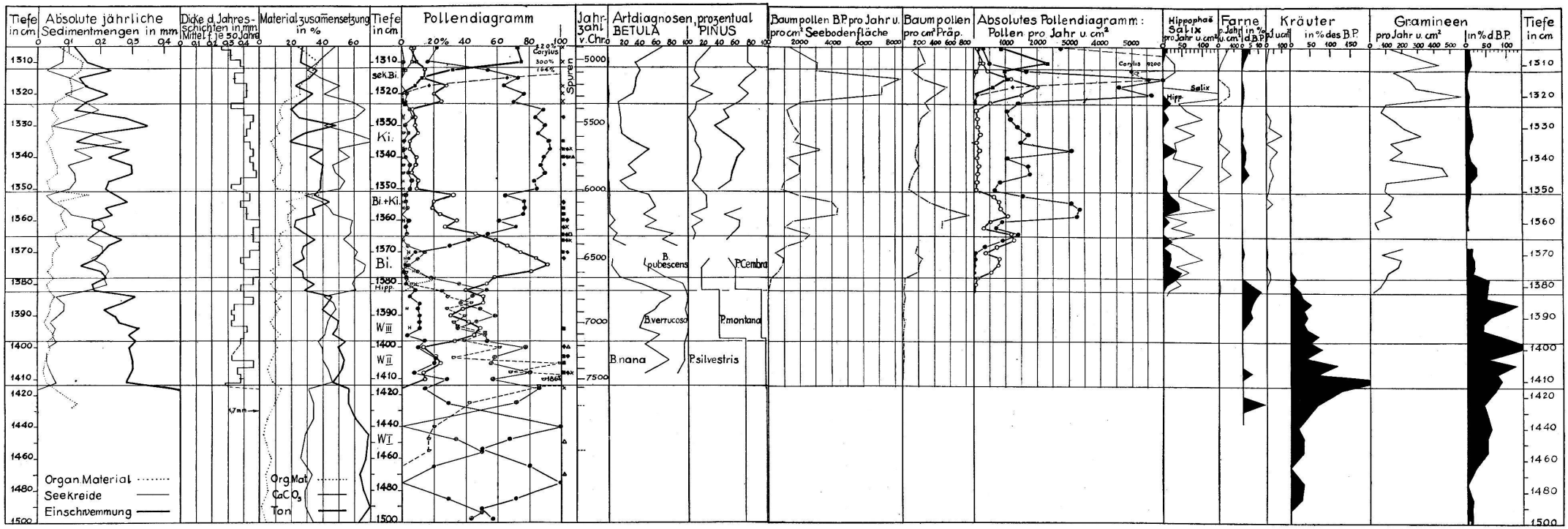

Abb. 16. Faulenseemoos. Pollen- und Sedimentdiagramm XII.

wurde auch hier für jede Einzelprobe durchgeführt. Die Jahresschichtung wurde bei der Feldarbeit eingehend ausgemessen. Es soll deshalb an Hand dieses Profils (Abb. 16) die Weidenzeit für alle Profile zugleich besprochen werden.

Ich gliedere den vorbirkenzeitlichen Abschnitt, der in Übereinstimmung mit Firbas (1935) und andern entsprechend der charakteristischen Vertretung und zeitweiligen Dominanz von Salix Weidenzeit genannt werden soll, in drei Abschnitte:

1. (ältester) Weidenzeitabschnitt: Kiefern-Weiden-Abschnitt.
2. (mittlerer) Weidenzeitabschnitt: Helianthemum-Weiden-Abschnitt.
3. (jüngster, letzter) Weidenzeitabschnitt: Birken-Weiden-Abschnitt.

Diese drei Abschnitte sollen vorläufig nur als Entwicklungsabschnitte der lokalen Vegetation aufgefaßt werden. Es sei aber schon hier bemerkt, daß dieser dreiteilige Entwicklungsablauf nicht auf das Faulenmoos beschränkt ist. Ich finde ihn vom mittlern Simmental (in Höhenlagen von 900—1000 m) bis hinunter nach Vielbringen bei Bern in gleicher, scharfer Ausprägung; er findet sich auch im Gänsemoos bei Schwarzenburg (810 m ü. M.). Es ist von Bedeutung, daß er sich aber auch bei Härri (1940) in seiner Arbeit über das Wauwilermoos findet: In seinem Pollendiagramm 2 (S. 37) findet man nach Ergänzung des Diagramms nach den Angaben S. 31 nach unten dieselben drei Abschnitte, ebenfalls in Pollendiagramm 10 (S. 45) unter Berücksichtigung von S. 27 (übrigens ein Diagramm, das in ältere Zeiten hinunterreicht als Diagramm 2; in Diagramm 10 betrachte ich freilich den Birkengipfel der Probe 51 als zum Birken-Weiden-Abschnitt gehörig, während sich die Birkenzeit in der Nähe der Probe 49 oder 48 befinden dürfte). Schließlich aber findet sich die gleiche dreiteilige Entwicklungsfolge mit größter Wahrscheinlichkeit nach den Untersuchungen von Firbas (1935) auch am Federsee: der erste Abschnitt ist wohl infolge zu geringen Pollengehalts des Sediments nicht dargestellt; der 2. und 3. Abschnitt haben aber ähnliche Ausprägung wie in Faulensee; die von mir Helianthemum alpestre zugezählte Pollenart ist zwar bei Firbas nicht erwähnt; es mag sich um eine lokale Verschiedenheit handeln; möglicherweise aber ist der Pollen von Helianthemum in den ältern Proben vorerst noch dem Pollentyp von Hippophaë zuge-

rechnet worden, was auch ich längere Zeit tat, so daß die Übereinstimmung eine vollkommene wäre. Es ist nun trotz dieser Parallelität über so große Distanzen wohl möglich, daß sich die angeführten drei Abschnitte zeitlich durchaus nicht entsprechen, daß sie nur den natürlichen Ablauf der Vegetationsentwicklung nach dem Gletscherrückzug darstellen.

Wohl ganz im Sinn des zuletzt geäußerten Gedankens ist der erste Weidenzeitabschnitt aufzufassen. Er findet sich in Faulensee

in Profil VIII	ab 387 cm und tiefer	2 Proben
in Profil X	ab 510 cm und tiefer (bis 600 cm)	4 Proben
in Profil XI	ab 1373 cm und tiefer	7 Proben
in Profil XII	ab 1414 cm und tiefer	11 Proben
	Total untersuchte Proben	24

Diese Grenzen sind auf ± 1 cm genau schon makroskopisch im Felde feststellbar als Grenze zwischen dem blauen Lehm des ersten und dem blaugrauen Seekreide-Lehm-Sediment des zweiten Abschnittes. Die untere Grenze bildet stets Moräne; sie ist allerdings nur in Profil X mit der Bohrerspitze erreicht worden; die Ablagerungen dieses 1. Abschnittes erreichen in diesem Fall eine Dicke von 90 cm. Sie bestehen in den drei analysierten Profilen zu 60—74 % aus Ton und zu 40—26 % aus Kalk, enthalten hie und da eingeschwemmte eckige Steinchen von ½—1 cm Größe und seltener kleinkörnige horizontale Sandschichtchen. Man wird die feinkörnigen Teile dieser Ablagerung als Seemergel bezeichnen dürfen.

Ob man zur Erklärung der vorgefundenen eckigen Steinchen im Seemergel Gletscherdrift heranziehen muß und darf, ist fraglich. Favre und Joukowsky (nach Lüdi, 1939, S. 485) haben auf diese Möglichkeit für den Genfersee aufmerksam gemacht. Die Verhältnisse liegen allerdings bei dem großen Becken des Genfersees anders als bei den kleinen Tümpeln unseres Spätglazials. Dennoch bezweifle ich, daß diese Schichten geschichtete Moräne darstellen, aus folgenden Gründen: Lüdi betont, daß merkwürdigerweise größere Stücke selten sind. Wenn sich die letzten eckigen Steinchen im Profil Ruth II bei 13,5 m finden, wäre die unwahrscheinliche Annahme zu machen, daß der Rhonegletscher den Genfersee erst zu Beginn der Wärmezeit verlassen hätte. Und doch besitze ich aus den westlichen Berner Alpen und selbst dem Unterwallis Diagramme, die schon zur Birkenzeit eisfrei und schneefrei waren. Es ist danach wohl möglich, daß Treibeis zur Zeit der jeweiligen Frühjahrsschneeschmelze solches Material verfrachtet hat, es scheint mir aber ausgeschlossen, daß es sich dabei um Reste des eiszeitlichen Rhonegletschers handelte. Auch

ist in Erwägung zu ziehen, ob es sich nicht um Einschwemmung torrentiellen Charakters, eventuell bei relativ tiefem Seestand und starker Auswaschung damals rasch gletscherfrei gewordener Gebiete der Alpen gehandelt haben könnte, um so mehr als die Steinchen flach, also relativ leicht verfrachtbar sind. Bei den kleinen Tümpeln unserer Gegend kommt jedenfalls Einschwemmung, höchstens Verfrachtung durch Frühjahrstreibeis in Frage.

Nach dieser Auffassung über die Genesis dieser Sedimente, handelt es sich um meist rein postglaziale Ablagerungen, die nur deshalb spätglazial genannt werden, weil zur Zeit ihrer Entstehung die letzten Stadien der Eiszeit in höhern Lagen nicht vorbei waren. Die Bezeichnung «Glazialton» wird deshalb besser vermieden.

Dieser erste spätglaziale Abschnitt folgt dem Gletscher auf dem Fuße und verdankt seine Sedimente den Auswaschungserscheinungen auf den entblößten Neulandflächen. Manche Mulde ist dabei ausgefüllt, manche auch nur verkleinert worden. Der Zeitraum für die Ablagerung der meist relativ mächtigen Schichten ist wahrscheinlich recht kurz gewesen. Nach Untersuchungen H. Friedels (1937) am Rhonegletscher dauert es rund 100 Jahre, bis die Vegetation den alten Gletscherboden besiedelt hat und rund 300 Jahre, bis Braunerdeböden entstanden sind. Bei diesen Ergebnissen ist allerdings zu bedenken, daß die betreffenden Vorgänge in der Höhenregion der obern Waldgrenze verlaufen und nicht in der Region einer alpinen Tundra wie zur Zeit des Gletscherrückzugs. Die für die Besiedlung notwendigen Zeiträume dürften sich deshalb eher auf das Doppelte obiger Zahlen belaufen.

Das hindert nicht, daß sich schon sehr bald nach dem Gletscherrückzug Pioniere der alpinen Tundra ansiedelten. Ihre Reste sind uns in kleinsten Spuren erhalten, die hier, nach der Häufigkeit ihres Auftretens in den 24 untersuchten Proben geordnet, aufgeführt werden (die römischen Ziffern bedeuten die Nummer des Profils, die arabischen die Tiefe in Zentimeter):

23mal Pinus.
21mal Salix.
17mal Gräser (in den frühern Proben meist fehlend oder vereinzelt).
11mal ein Kräuterpollen: braune, vielporige Gitterkugeln, kleine, mittlere und größere Formen (15—30 μ); nach Zander (1935) wohl Plantaginaceen, Chenopodiaceen und Caryophyllaceen. (VIII, 390; X, 520; XI, 1375, 79, 83, 87, 93, 99; XII, 1480, 1425, 1416.) In der einzelnen Probe oft mehrfach.

9mal Spuren von Holz, nicht bestimmbar in XI, 1375, 87, 99; XII, 1495, 80, 60, 50. Pinus-Holz in XI, 1387, 1393. Birkenholz (wahrscheinlich) in XI, 1383, 87.
8mal *Helianthemum alpestre,* meist nur einzeln: X, 530; XI, 1375, 83, 87; XII, 1450, 35, 25, 16.
6mal Gliedertrierreste: Kiefer, Endklauen, Fazettenaugen. XI, 1379, 83, 87; XII, 1450. 35, 16.
5mal *Picea:* XI, 1383, 1387 drei Exemplare, 1399 drei Exemplare; XII, 1470, 1450.
4mal *Betula:* XI, 1379, 1387, 1393, 1399.
3mal Kompositenpollen, nur in jüngsten Proben: X, 510, 520; XII, 1416.
2mal *Dryas octopetala,* zwei Pollenkörner, die sich mit rezentem Material gut decken XII, 1450, 1416.
2mal *Abies alba,* je ein Pollenkorn in XI, 1383 und XII, 1416.
1mal *Corylus,* ein Pollenkorn: XI, 1379.
Tilia, ein großes Korn: XI, 1379.
Polypodium vulgare, eine Spore: XII, 1425.
ein großes, schwefelgelbes, betulaartiges Korn: XI, 1387.
eine halbkugelige, braune Eihülle: XII, 1425.

Wie haben wir diese Spuren zu beurteilen? Suchen wir nach ähnlichen Ablagerungen aus der Jetztzeit, so liegt es nahe, an unsere vegetationslosen Hochgebirgsseen zu denken. Huber-Pestalozzi (1926) erwähnt in seiner Arbeit über die Schwebeflora der alpinen nivalen Stufe (S. 906) das häufige Auftreten von Holzfragmenten und Nadelholzpollen in Hochgebirgsseen und die starke Einschwemmung von Mergel und Detritus anläßlich der Schneeschmelze und heftiger sommerlicher Regengüsse (S. 862). Ganz ähnlich im Charakter des Pollengehalts, nur pollenreicher sind die Ablagerungen aus der Tundra von Finnisch-Lappland, die L. Aario (1940) beschreibt.

Aario erwähnt, daß der Kiefernpollen meist etwas überrepräsentiert sei, in reinen Birkenwäldern 33 %, auf der Tundra 72 % betrage bei einem Abstand des Kieferngebiets von 100—130 km (S. 79). Einzelne Fichtenpollen könnten aus 150—500 km Distanz stammen; die Tundra zeige 5 %, vereinzelt bis 10 % Fichte, der Birkenwald 2 %. In bezug auf die vereinzelten Lindenpollenvorkommen in rezenten und ältern Schichten diskutiert Aario verschiedene Erklärungsmöglichkeiten und kommt zum Schluß (S. 85): «Indem der fragliche Pollen der edeln Laubbäume vorwiegend in waldarmen oder waldlosen Gebieten angetroffen worden ist, deren eigene Pollenproduktion schwach oder sogar unbefindlich ist, erhält auch der von weither kommende Pollen die Möglichkeit, sich im Torf in so reichlicher Menge anzusammeln, daß er hin und wieder in den Analysen zum Vorschein kommt.» Die Anwesenheit des Edellaubpollens spreche eher für schwache Bewaldung und ungünstige klimatische Verhältnisse (S. 85). Weidenpollen betrage auf der Tundra im Mittel 6 %, in reinen Birkenwäldern 3 %, indiziere mit großer Wahrscheinlichkeit Tundra oder lichten Birkenwald, trete aber oft recht unregelmäßig und spärlich auf. Gramineenpollen trete in der Tundra

reichlicher als in den übrigen Regionen auf, könne aber auch etwa fehlen. Kräuterpollen trete in der Tundra ganz besonders reich an Zahl und Arten auf, während er im Birkengebüsch und Wald zurücktrete. Caryophyllaceen- und Kompositen-Pollen wurde von Aario besonders reichlich und häufig in den nördlichsten Abschnitten des untersuchten Tundragebietes gefunden (Kompositen z. T. vom *Solidago*-Typ) (S. 91).

Mir scheint eine ganz große Ähnlichkeit mit den genannten Vergleichsobjekten klar vorzuliegen, und man wird kaum fehlgehen, wenn man den ersten Weidenzeitabschnitt als Pionierstadium einer alpinen Tundra bezeichnet. Trotzdem bleiben gewisse Unsicherheiten bestehen, so z. B. die Anwesenheit von Pinus. Wenn man schon die äußerst geringe Häufigkeit und die Fernflugerscheinungen in Lappland gegen eine Anwesenheit in Faulensee sprechen lassen möchte, so mahnen die Spuren von Kiefernholz doch zur Vorsicht. Diese könnten zwar auch durch Windtransport oder sogar sekundäre Umlagerung im Sinne von Iversen (1936) ins Faulenseelein gelangt sein. Gegen eine Anwesenheit der Kiefer spricht auch die ausgesprochene Kleinheit der Pollenkörner (um 50 μ), die ja auf *Pinus silvestris* deuten könnte. Auch hiergegen kann man wieder den Einwand erheben, daß unter äußerst schlechten klimatischen Bedingungen die Pollengröße (und die Pollenzahl) wohl eine Reduktion erfahre. (Jaeschke, 1935 und Hörmann, 1929, führen die Standortsabhängigkeit an; ich selbst habe mehrfach beobachtet, daß Picea und Abies bei ihrem ersten Auftreten besonders klein waren; oder spielt vielleicht Ferntransportauslese eine Rolle?) Mir scheint die Vermutung begründet, daß im ersten Weidenzeitabschnitt Pinus der Faulenseegegend gänzlich gefehlt hat. Nicht einmal die unvereisten Abhänge der Umgebung haben wahrscheinlich Pinus in nennenswertem Ausmaß getragen, da sonst wohl eine raschere Besiedlung erfolgt wäre, als sie sich in den folgenden Weiden- und Birkenzeitabschnitten geltend macht. Auf Grund der Ergebnisse der Pollenanalyse von Materialien aus dem vorgelagerten Gebiet von Faulensee, von Gerzensee und von Vielbringen und vom Gänsemoos bei Schwarzenburg, auch von Wauwil (Härri, 1940), nach denen nicht nur im gleichen Entwicklungsabschnitt, sondern auch in der ganzen spätern Weidenzeit Pinus stets äußerst spärlich vertreten war, gewinnt man den Eindruck, daß Pinus zur Zeit des Gletscherrück-

zuges hinter den Thunersee von weiten Gebieten unseres Landes noch nicht Besitz ergriffen hatte, allerhöchstens punktförmige Besiedlungsareale aufwies. Von Kiefern-, aber auch von Birkenwald, der dem Gletscher mehr oder weniger auf dem Fuße folgte oder auch nur die unvereisten Gebiete besiedelte, ist im Vorland der Berner Alpen auch zur Zeit des intensiven Gletscherrückzugs keine Rede. Es unterstreicht das Genannte noch, wenn man bedenkt, daß Jahrhunderte nach dem Gletscherrückzug in Faulensee sogar *Betula nana* nur spärliche Spuren hinterlassen hat.

Angesichts dieser Verhältnisse ist eine Anwesenheit der anspruchsvolleren Laubbäume auch im Vorfeld des Gletschers rundweg zu verneinen. Für Corylus, Tilia, Abies besteht die Möglichkeit einer Verschleppung durch den Bohrer; Ferntransport (wie in der nordischen Tundra) ist durchaus möglich. Die Auswertung solcher Vorkommnisse als eines Hinweises für eine Klimabesserung, die die betreffenden Bäume zwar nicht an den Ort selbst, aber deren Verbreitungsgebiet näher an den Ort herangerückt hätte, steht solange auf schwachen Füßen, als sie derart vereinzelt und im Diagramm nicht lokalisiert sind. In gewisser Hinsicht bestimmter ist das Vorkommen von Picea, da für diese Art bei dem relativ häufigen und von andern Arten isolierten Auftreten und bei der Lokalisation auf die frühern Teile dieses ersten Weidenzeitabschnittes Verschleppung so gut wie ausgeschlossen ist. Ferntransport im Sinne Aarios (1940) trifft hier wohl am ehesten zu und spricht für die sehr offene Vegetation. Woher dieser Ferntransport stammt, ob von Westen, entsprechend der Hauptwindrichtung, oder von Osten, wie gewisse Untersuchungsergebnisse der Pollenanalyse wahrscheinlich machen, ist eine müßige Frage, solange nicht zuverlässige zusammenhängende Untersuchungsreihen über weite Strecken vorliegen.

Wenn danach erwiesen scheint, daß jeglicher Baumwuchs fehlte, so sprechen die Ergebnisse über Kräuterpollen sogar für ein Initialstadium der alpinen Tundra. Gramineen, Kompositen, Dryas, vielporige Gitterkugeln (cf. Caryophyllaceen), Helianthemum alpestre, haben alle (abgesehen von der spärlichen Artenvertretung) ihre Hauptverbreitung in der zweiten Hälfte des ersten Weidenzeitabschnitts, ebenso die Gliedertierreste. Dieser

früheste Weidenzeitabschnitt weist also deutlich eine genetische Entwicklung auf. Ihr entspricht aber klimatisch offenbar eher ein Stillstand, wenn nicht gar ein leichter Rückschlag; die tonigen Einschwemmungen nehmen nämlich gegen den Schluß hin eher zu. Die Tatsache des Eisfreiwerdens spricht zwar mächtig für eine stattgefundene Klimabesserung; wann sie stattgefunden hat, ist selbst graphisch an Hand des Pollendiagramms nicht festgestellt; sie muß vor dem ersten Weidenzeitabschnitt von Faulensee liegen. Die klimatischen Verhältnisse waren für die Gegend von Faulensee dann längere Zeit hindurch stabil, was nicht bedeuten muß, daß der Gletscherrückzug zum Stillstand gekommen sei, was aber bedeutet, daß durch klimatische Einflüsse oder Toteismassen (Thunersee!) eine stärkere progressive Entwicklung der limnologischen und Vegetationsverhältnisse unmöglich war.

Von einem einigermaßen gesetzmäßigen Kurvenverlauf der verschiedenen Pollenarten ist in diesem ersten Weidenzeitabschnitt keine Rede, ein Zeichen mehr für die geringe Pollenzahl, den Pioniercharakter der Vegetation und die rein lokale Ausprägung des Pollendiagramms.

Eine unerwartete und doch aus dem Charakter des Sediments als Einschwemmungsmaterial verständliche Erscheinung besteht darin, daß die Ablagerungen größerer Wassertiefe (Profile XI und XII) mehr Detritus enthalten und deshalb aufschlußreicher sind als die entsprechenden geringerer Tiefe.

Die Unbestimmtheit dieses Initialstadiums des ersten Weidenzeitabschnitts wird plötzlich durch einen wohlcharakterisierten zweiten Weidenzeitabschnitt, den Helianthemum-Weiden-Abschnitt abgelöst. Die untere Grenze wird durch den Übergang von Einschwemmungsmergel zu Seekreide oder doch zu seekreidehaltigem Material dargestellt. Sie ist in der Sedimentanalyse um so deutlicher, in je geringerer Wassertiefe sie lag, also je randlicher das Profil entnommen wird. Man vergleiche die relativ schwachen, wenn auch sehr deutlichen Anstiegsbewegungen der Kalkkurve in den Profilen XI und XII und den eindrücklichen Anstieg in Profil X zu einer Seekreide mit 70 % Kalk. Nach der heute vorherrschenden Meinung über die Ursachen der Seekreidebildung (Pia, 1933) handelt es sich bei dieser Grenze um das Ereignis der ersten Wasserbesiedlung des Faulenseeleins durch kalkfällende Organismen. Da die Seekreide

besonders in der Uferregion gebildet wurde, bedeutet die genannte Grenze den Übergang des Faulenseeleins von einem vegetationslosen oder sehr vegetationsarmen Kaltwasserseelein zu einem wohl noch mäßig sommerwarmen Seelein mit typischer Ufer- und wurzelnder Wasservegetation. Von diesem Moment an sind die Sedimente des Faulenseeleins durch die Vegetation weitgehend beeinflußt oder gar bedingt. Diese untere Grenze fällt pollenanalytisch mit einer fast plötzlichen starken Entwicklung von *Helianthemum alpestre* (oder einer andern Art des gleichen Pollentyps) zusammen. Der Abstieg von Helianthemum und der endgültige Anstieg von Betula mögen die obere Grenze dieses zweiten Weidenzeitabschnittes darstellen. Es handelt sich um die Abschnitte:

Profil VIII	von	387— 362 cm	5 Proben
Profil X	von	510— 483 cm	4 Proben
Profil XI	von	1373—1353 cm	8 Proben
Profil XII	von	1414—1397 cm	6 Proben
		Total untersuchte Proben	23

Wie schon in der Tabelle auf S. 69 dargelegt wurde, steigt die Pollenhäufigkeit vom ersten zum zweiten Weidenzeitabschnitt von etwa 2 auf 8 Pollen/cm² Präparatfläche. Wir betrachten diese Erscheinung als Ausdruck der Begünstigung der Vegetation durch ein irgendwie besseres Klima.

Der Fossilgehalt sei auch für den zweiten Weidenzeitabschnitt, geordnet nach der Häufigkeit des Auftretens in den 23 Proben, wiedergegeben:

23mal *Salix*, zugleich die absolute Dominante der zur Baumpollensumme gerechneten Arten.
23mal *Helianthemum alpestre*, in der absoluten Häufigkeit meist etwas schwächer, vereinzelt aber viel stärker vertreten als Salix.
23mal Gramineenpollen, meist 50—100 %, vereinzelt bis 300 % der Baumpollensumme.
22mal *Pinus*, tritt in diesem Abschnitt absolut etwa gleich stark wie im ersten Abschnitt auf, relativ aber schwächer als dort.
19mal *Betula*, ist noch schwach vertreten, zeigt jedoch gegen den Schluß stetige und reichlichere Vertretung, weist ganz am Schluß meist eine kleine Depression auf.
17mal ein Kräuterpollen: braune, vielporige Gitterkugeln (z. T. Caryophyllaceen), total 37 Stück.
8mal andere unbekannte Kräuterpollen (14 Stück).
6mal Kompositenpollen, je 1 Stück.
5mal Holzspuren.
5mal Gliedertierreste.

3mal *Corylus* (in den letzten Proben der Profile XI und XII).
2mal *Picea* (XI, 1365; XII, 1400).
2mal *Abies* (X, 485; XI, 1370).
1mal *Tilia* (XI, 1358).
1mal *Alnus* (XI, 1356).
1mal *Ulmus* (XII, 1405).
2mal *Dryas octopetala* (XII, 1405 und 1398).
2mal *Polypodium vulgare* (XI, 1368; XII, 1408).
2mal *Cystopteris montana* (XI, 1370; XII, 1408).
2mal Spuren von Moosen (reichlich bei XI, 1365; spärlich bei XII, 1410).
2mal Pilzhyphen und -sporen (XI, 1370; XI, 1362).
1mal halb ovale Eihülle (XII, 1410).

Ferner: *Pisidium personatum* XI, 1371; *P. milium* XI, 1371; *P. subtruncatum* XI, 1371; *P. casertanum* (?) X, 495 cm. (Für die bereitwillige Bestimmung danke ich Herrn Dr. J. Favre, Genf, herzlich.) Ohne auf eine längere Diskussion dieser spärlichen Funde einzutreten, möchte ich nur folgende zwei Feststellungen anfügen: Die 4 angeführten Pisidien sind gerade die 4 im Genferseebecken besonders hoch steigenden Arten (nach J. Favre, 1927, S. 340). Die hier gefundenen Pisidien sind viel älter als die im Genfersee gefundenen ältesten Mollusken (nach W. Lüdi, 1939a, S. 490).

Beim Vergleich der Fossillisten des 1. und 2. Weidenzeitabschnittes springt uns z. T. eine gewisse Entwicklung in die Augen: Salix ist jetzt vollkommen stetig und reichlich vorhanden. Das gleiche gilt von den Gramineenpollen, aber auch von Helianthemum alpestre. Betula ist fast stetig geworden und in einer Aufstiegsbewegung begriffen, besonders im zweiten Teil dieses Weidenzeitabschnittes. Der Kräuterpollen ist bedeutend reichlicher und stetiger.

Eine zweite Gruppe von Fossilien verharrt dagegen auf ihrem alten Stand: Pinus, Abies, Tilia; Picea hat abgenommen, Corylus leicht zugenommen. Dryas und Gliedertierreste wahren etwa die alte Vertretung, Holzfragmente nehmen aber stark ab.

Diese Tatsachen und die Sedimentanalysen weisen darauf hin, daß die mergelige Einschwemmung stark abgenommen hat infolge eines dichtern Schlusses der Vegetation, und zwar der Wasser- und der Landvegetation. Es handelt sich aber immer noch um eine stark gehemmte Vegetation, wohl um eine nordisch-alpine Tundra mit spärlich einwandernder Betula. Falls die Bestimmung des Pollentypus von Helianthemum alpestre wirklich die richtige Art trifft, könnte man für diese Zeit an alpine Trockenrasen, an Assoziationen vom Typus des Seslerieto-Sempervireetums denken, in die ja gewisse Caryophyllaceen und Kompo-

siten, aber auch Spalierweiden und Dryas wohl paßten. Ein Klima mit kurzen, relativ warmen Sommern und langen, vielleicht eher schneearmen Wintern könnte diesem Abschnitt entsprechen.

H. Gilomen (1941) ist bei Anlaß seiner Blaugrashaldenstudien zur Überzeugung gelangt, daß die in der Stockhornkette besonders reichentwickelten Blaugrashalden wenigstens seit der letzten Interglazialzeit unser Gebiet besiedelten, die letzte Eiszeit also zwischen Talgletscher und Schneegrenze überdauert haben. Unsere noch spärlichen Fossilfunde scheinen mit dieser pflanzengeographischen Auffassung zusammenzufallen. Aus dem Überdauern der Eiszeit in unserer Gegend erklärt sich auch zwanglos das frühe Auftreten im Ausaperungsgebiet der Talgletscher.

Wertvoll und eindeutig ist das Verhalten des Fernflugpollens beim Übergang vom ersten zum zweiten Weidenzeitabschnitt. Im Gegensatz zur Entwicklung aller andern Pollenarten bleibt er absolut auf dem Stand eines sporadisch und vereinzelt auftretenden Pollens. Sehr eindrücklich ist in allen Profilen die Abnahme des mehr oder weniger dominanten Pinus-Prozentes des ersten Abschnittes zu den untergeordneten, gelegentlich sogar 5 % unterschreitenden Werten im zweiten Weidenzeitabschnitt.

Ob es sich bei diesem Abschnitt wie beim ersten um eine rein lokale Entwicklung handelt? Er ist in meinem Untersuchungsgebiet von Vielbringen bei Bern und vom Gänsemoos bei Schwarzenburg bis ins mittlere Simmental hinauf typisch verbreitet, findet sich gleich typisch im Wauwilermoos (Härri, 1940) und wahrscheinlich am Federsee (Firbas, 1935). Wenn man dem Abschnitt den lokalen Charakter einer sich ausbreitenden Tundra geben will, in die Birke einwandert, und wenn man dabei einen klimatischen Einfluß auf den Ablauf dieses Geschehens verneint, so sind folgende Punkte nicht recht verständlich:

1. Warum erscheint die typische Tundrenvegetation und mit ihr vermehrte Pollenproduktion so unvermittelt?

2. Warum steigt Betula nicht gleichmäßig an, sondern weist fast überall kurz vor dem Anstieg zum dritten Weidenzeitabschnitt eine scharfe Depression auf?

3. Warum sinkt Helianthemum innerhalb des zweiten Weiden-

zeitabschnittes stark ab, um vor dem Betula-Anstieg gerade der Weide Platz zu machen?

4. Warum weist gerade dieser Abschnitt mehrfach Fernflugpollen wärmeliebender Arten auf?

Es scheint mir, daß doch manches für eine synchrone, weil klimatisch gleichsinnig bedingte Erscheinung spricht, deren Anfang zwar in der Nähe des zurückweichenden Gletschers rein lokalglaziologisch bedingt ist und verkürzt erscheint, deren Verlauf aber für ganz Mitteleuropa mehr oder weniger einheitlich ist. Ich bin mir des hypothetischen Charakters einer solchen Parallelisation bewußt; manche schlagende Ähnlichkeit in der Kurvenentwicklung verschiedener Örtlichkeiten hat mich zu dieser Mutmaßung geführt, die als Arbeitshypothese aufgefaßt sein möchte. In diesem Zusammenhang sei die Frage aufgeworfen, ob nicht gerade der Fernflugpollen auf Grund minutiöser Untersuchungen als Mittel zur Parallelisation herangezogen werden könnte.

Der dritte oder jüngste Weidenzeitabschnitt, der Birken-Weiden-Abschnitt, ist der bisher am häufigsten gefundene Teil der Weidenzeit; er liegt unter der Birkenzeit und seine Pollenhäufigkeit von ca. 18 Stück/cm² Präparatfläche, also doppelt soviel wie im vorausgegangenen Abschnitt (immerhin noch zwölfmal weniger als in der Birkenzeit), ließ vereinzelt eine Untersuchung tunlich erscheinen.

Die untere Grenze dieses dritten Abschnittes wurde schon definiert als Birkenanstieg und Helianthemum-Abstieg. In ihr liegt meist eine Zunahme der Kalkkurve auf ein erhöhtes Niveau. Gleichzeitig erfolgt am Anfang dieses Abschnittes eine Zunahme der Pollenhäufigkeit auf Werte, die beträchtlich über dem oben angegebenen Mittel von 18 Stück/cm² liegen. Diese untere Grenze erscheint deshalb als klimatisch bedingter Übergang.

Die obere Grenze ist gegeben durch den Salix-Abstieg, den Helianthemum-Abstieg und den Hippophaë-Anstieg. Gleichzeitig steigt nach einem vorübergehenden Tiefstand die Kalkkurve kräftig und endgültig an. Die Kurve der Pollenhäufigkeit steigt nach einem Tiefstand ebenfalls stark und endgültig an. Das Nichtbaumpollenprozent sinkt endgültig unter Werte von ca. 50 %, um bald noch tiefer zu sinken. Wir befinden uns an einer meist schon stratigraphisch und makroskopisch durch den Über-

gang von mergeliger Seekreide zu reiner, lockerer, weißer Seekreide gekennzeichneten, wohl nur klimatisch bedingten Grenze. Hier liegt der Beginn einer Bewaldung durch Gebüsche und Birkenbestände.

Der 3. Weidenzeitabschnitt umfaßt in den 4 Profilen folgende Teile:

Profil VIII	von 362— 322 cm	8 Proben
Profil X	von 483— 448 cm	7 Proben
Profil XI	von 1353—1334 cm	7 Proben
Profil XII	von 1397—1381 cm	8 Proben
	Total untersuchte Proben	30

Der Fossilgehalt sei wiederum, geordnet nach der Häufigkeit des Auftretens in den 30 Proben, wiedergegeben:

30mal *Salix.*
30mal *Betula,* beide in ungefähr gleichen Anteilen.
30mal Gramineenpollen, stets reichlich.
29mal *Helianthemum alpestre,* 15—20—30 % der Baumpollensumme; gegen den Schluß verschwindend.
29mal *Pinus,* 10 % nur sechsmal überschreitend.
15mal ein Kräuterpollen: braune vielporige Gitterkugeln (z. T. Caryophyllaceen), total 23 Stück.
4mal andere unbekannte Kräuterpollen, 5 Stück.
4mal Kompositenpollen, je ein Stück: XI, 1347,5, 1345, 1342,5; XII, 1394.
14mal Pteridophyten-Sporen (35 Stück), meistens *Cystopteris montana,* vereinzelt am obern Ende des Abschnittes *C. fragilis;* 4mal *Polypodium vulgare* nur am Ende des Abschnittes; 1mal *Woodsia* spec. in XII, 1386 cm; 1mal *Dryopteris Lonchitis* an der obern Grenze des Abschnittes (X, 445).
1mal *Dryas octopetala* in XII, 1396 cm.
2mal *Corylus:* X, 480; XI, 1337,5.
1mal *Tilia:* X, 480.
1mal *Picea:* XI, 1335.
1mal *Ulmus:* XII, 1394.
4mal Gliedertierreste.
Hippophaë rhamnoides tritt in drei Profilen nur ganz am Ende des Abschnittes auf, wurde aber doch in Profil XII bei 1394 und bei 1388 cm vereinzelt gefunden.
Mehrfach halb ovale Eihüllen.

Die vier Pollendiagramme zeigen im allgemeinen Betula und Salix in regem Dominanzwechsel: drei Betula-Gipfelchen werden jedesmal von einem Salix-Gipfelchen gefolgt (in Profil XII sind die zwei ersten Betula-Gipfelchen nicht getrennt). Pinus nimmt gegenüber dem zweiten Weidenzeitabschnitt eher niedrigere Prozentwerte in Beschlag, wohl deshalb, weil die Pollenproduktion

der ortsanwesenden Gehölze zugenommen hat. Pinus dürfte auch hier nur durch Fernflug ins Faulenseemoos gelangt sein. Das durch Betula prozentual etwas verdrängte Helianthemum alpestre ist absolut wohl kaum wesentlich zurückgegangen. Mit Betula nana (es handelt sich wohl zur Hauptsache um diese Art) und den zahlreichen Pteridophyten scheint ein recht nordisch anmutendes Element in die alpine Tundra eingedrungen zu sein. Aario (1940, S. 70) bezeichnet das häufige Vorkommen von Pteridophytensporen als kennzeichnend für Tundraproben, erwähnt aber noch, daß in der Birkenregion kaum eine Abnahme erfolge, wohl aber in der Kiefernregion. Man wird deshalb den dritten Weidenzeitabschnitt als Zeit nordisch-alpiner Tundrenvegetation mit reichlichen Zwergbirkengebüschen und wohl ganz vereinzelten hochstämmigen Birken bezeichnen dürfen (wenigstens sprechen Pollenmessungen dafür).

In bis ins Detail ähnlicher Ausbildung findet sich dieser dritte Weidenzeitabschnitt auch in Vielbringen bei Bern. Sehr ähnlich, infolge zu geringer Probedichte höchstens verkürzt, finde ich ihn in meinem ganzen Untersuchungsgebiet bis in Höhen von 900 m ü. M. Er findet sich, ebenfalls etwas summarisch, in den beiden Profilen 2 und 10 vom Wauwilermoos (Härri, 1940, S. 37 u. 45). Firbas (1935) hat ihn in verblüffend großer Ähnlichkeit am Federsee gefunden. Er ist von Firbas (1935, S. 18, und 1934, S. 126/28) aber auch in der westpfälzischen Moorniederung festgestellt worden. Ähnlich sind die Ergebnisse Oberdorfers (1931) am Schluchsee im Schwarzwald (vgl. besonders Diagramm 4 vom Fischbachdelta) und bei Urbis in den südlichen Vogesen (Oberdorfer, 1937). In den gleichen Abschnitt gehören wohl auch die untersten Proben aus dem Pfrungerried zwischen Federsee und Bodensee (F. Bertsch, 1932). Von den genannten Arbeiten weisen die ältern meist nur ganz wenige weidenzeitliche Spektren auf und sind zu einem eingehenden Vergleich nicht geeignet. Auf zwei abweichende Ergebnisse in bezug auf den dritten Weidenzeitabschnitt sei noch verwiesen. Das eine betrifft das Diagramm Ruth II aus dem Genfersee von Lüdi (1939, S. 471), das andere dasjenige vom Kolbermoor am Rosenheimersee im bayrischen Alpenvorland von Firbas (1935, S. 18). Beide erhaltenen weidenzeitlichen Abschnitte sind dominiert von Pinus, wäh-

rend die Weide im Genfersee kaum von Bedeutung ist, im Rosenheimersee stark zurücktritt. Auffälliger ist aber noch das vollständige Fehlen von Betula in den zwei untersten Proben des Genferseeprofils. Es ist angesichts der relativ knappen Entwicklung (resp. der großen gegebenen Probeabstände) der spätglazialen Abschnitte wohl möglich, daß es sich um das Entsprechende zu meinem ersten Weidenzeitabschnitt handelt; es scheint mir aber wahrscheinlicher, daß im offenen großen Seebecken des Genfersees die Weide und die Birke (Zwergbirke!) sehr unterrepräsentiert sind, Pinus als Fernflugpollen und gut schwimmfähiger Pollen entsprechend überrepräsentiert ist. Eine ähnliche Deutung scheint mir auch fürs Kolbermoor am Platz, nur liegen die Verhältnisse infolge der möglicherweise fehlenden Birkenzeit auch sonst etwas anders. Jedenfalls wäre es verfrüht, aus derartigen spärlichen Hinweisen auf eine bestimmte Einwanderungsfolge und -richtung zu schließen.

Der Hippophaë-Abschnitt.

Der Abschnitt, der die waldfreie Weidenzeit vom Birkenwald trennt, ist in unsern Gegenden durch vorübergehend stark ansteigende und wieder abnehmende Hippophaë-Werte gekennzeichnet. Lüdi (1939, S. 471) weist einen gleichen kleinen Hippophaë-Gipfel am Genfersee nach. Nicht so gut lokalisiert, jedoch auch vorhanden ist Hippophaë am Federsee (Firbas, 1935, S. 8). Oberdorfer (1937) hat ein gut lokalisiertes Hippophaë-Gipfelchen bei Urbis in den Südvogesen erhalten, aber auch schon am Schluchsee (Oberdorfer, 1931).

Zur Zeit dieses Übergangsabschnittes steigt die absolute Pollenzahl schon mächtig an und sinkt das Nichtbaumpollenprozent ab, ohne freilich noch ganz niedrige Werte anzunehmen. Der Kalkgehalt ist im Ansteigen begriffen oder oft schon zu den Werten der Birkenzeit angestiegen. Der Abschnitt liegt deshalb schon ganz im Gebiet der Klimabesserung, die zum Birkenwald führt und wird darum wohl am besten als Initialphase des Birkenwaldes gedeutet. Es scheint mir, daß die Klimabesserung der Ausbreitung des Birkenwaldes deutlich vorausgeeilt ist und so dem Sanddorn, einer gut wanderungsfähigen Gebüschart, in der kon-

kurrenzarmen Tundra vorübergehend Massenausbreitung ermöglicht hat. Der bald folgende Birkenwald hat die Bestände des Sanddornes wieder vernichtet oder doch beschränkt.

Über die Wertung von Hippophaë in spätglazialen Schichten schreibt Firbas (1934, S. 132): «Der Sanddorn fehlt dem nördlichen Skandinavien, reicht in Norwegen nur bis 67° 56', an der Küste des Bottnischen Meerbusens sogar nur bis 65° 50' und steigt auch in den Alpen nur in die montane Stufe, im Wallis bis 1900 m. Aber sein ausgedehntes Verbreitungsgebiet in den zentralasiatischen Gebirgen und Hochländern einerseits, entlang der westeuropäischen und mediterranen Küsten anderseits läßt die außerordentlich weite ökologische Amplitude der Art erkennen.» Nilsson (1935, S. 481) anderseits schreibt: «Die wichtigste Voraussetzung für das Vorkommen von Hippophaë dürfte Konkurrenzlosigkeit sein.» Keller (1935, S. 44, 64) teilt mit, daß Hippophaë im frühen (?) Postglazial eine vermehrte Ausbreitung in den höhern Lagen zu verzeichnen hatte, während er heute auf die Rhoneebene als dem Hauptverbreitungsgebiet beschränkt sei; «nur in besonders günstigen Lagen steigt er bis 1600 m, so im Vispertal. Die fossilen Pollenbefunde, wenn sie auch aus tiefern Lagen stammen, zeugen für die postglaziale Wärmezeit. Sie deuten dazu noch an, daß in jenem Abschnitt noch kein geschlossener Wald bestanden hat.»

In dem dargelegten Sinne neige ich auch dazu, gehäuftes Einzelvorkommen von Hippophaë in der Kiefernzeit als Anzeichen einer etwas gelockerten Waldvegetation zu betrachten. Im Hippophaë-Abschnitt handelt es sich aber wohl um klimatisch bedingte Massenausbreitung ohne Konkurrenz.