

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

Artikel: Beitrag zur Waldgeschichte der südlichen Entlebucheralpen
Autor: Lüdi, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308211>

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: 03.04.2026

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

Beitrag zur Waldgeschichte der südlichen Entlebucheralpen

Von WERNER LÜDI, Zollikon/Zürich

EINFÜHRUNG

Die südwestlich vom Vierwaldstättersee gelegenen Entlebucher Alpen zeigen in den tiefen und mittleren Höhenlagen die normale regionale Höhengliederung der Vegetation. Die tiefen Lagen (tiefstes Talgebiet ca. 600 m ü. M.) bis in ca. \pm 1000 m Höhe gehören zum *Fagus-Abies-Klimaxgebiet* (= montane Höhenstufe) und darüber folgt bis zur natürlichen Waldgrenze (ca. 1850 m) das *Picea-Klimaxgebiet* (= subalpine Höhenstufe), das hier sehr reich ist an Moorbildungen, Flachmooren und Hochmooren, von denen aber die letzteren jetzt größtenteils durch Abbau oder Entwässerung sehr beschädigt oder zerstört sind. In den Hochlagen, vom mittleren Teil des *Piceagürtels* an, mischt sich den Wäldern mehr und mehr die aufrechte Bergföhre (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*) bei, die meist über die Fichtengrenze hinaufreicht und die Baumgrenze bildet. Dieser Bergföhrengürtel ist charakteristisch für die nördliche Alpenrandkette zwischen Thunersee und Vierwaldstättersee. In den zentral südlichen Teilen der Entlebucher Alpen sind diese Bergföhrenwälder sehr oft vermoort, und es treten in den Hochlagen überhaupt Vermoorungs- und Versumpfungerscheinungen in außerordentlich hohem Umfang auf. Vielerorts greifen Vermoorungen von Hochmoorcharakter, besonders auch in Form von offenen Bergföhrenwäldern, auf die Berghänge über.

An den offenen Stellen der Waldmoore wechseln Bestände von *Eriophorum vaginatum* mit solchen von *Trichophorum caespitosum*, und den Unterbestand dieser Grasmoore bildet eine etwas verborgene Decke von *Sphagnum* (bes. *Sphagnum acutifolium*, *molluscum*, *compactum*, *magellanicum*, *subsecundum*). An flachen Stellen finden sich nasse Sümpfe mit Beständen von *Carex fusca* und *Eriophorum angustifolium*, oder Schlenken von *Scheuchzeria palustris* und *Carex limosa*, meist durchzogen von *Sphagnum cuspidatum* u. a. Arten. Um die Bergföhren herum und auch an nicht zu nassen offenen Stellen hat sich, oft mächtige Bülden bildend, azidophiles Zwerggesträuch angesiedelt, *Vaccinium uliginosum* und *myrtillus*, *Rhododendron ferrugineum*, *Calluna vulgaris* mit charakteristischen Krautpflanzen und einer Bodendecke von Spagneen und Laubmoosen (vgl. Abb. 1 u. 2)¹.

¹ Eingehende Darstellung der Flora s. bei Josef AREGGER, Florenelemente und Pflanzenverbreitung im Entlebuch. — Diss. Univ. Freiburg, Schweiz 1950 (136 S.).

Vgl. auch W. LÜDI, Bergföhrenwälder und Moore in den Voralpen zwischen Waldemme und Sarneraa. — Verh. Naturf. Ges. Basel 56, 1945 (204—222).



Abb. 1. Bergföhren-Moorwald in der Hagleren, 1700 m. Mehr oder weniger offener Wald. Zwergstrauchbühten um die Bäume und auch in den offenen Teilen. In den zwischenliegenden Vertiefungen *Eriophorum vaginatum-Sphagnum* Moor
Phot. W. Lüdi 1956

Besonders ausgedehnt und gut entwickelt sind die Hangmoore in den großen Gebirgskesseln der Hagleren (Rotbach) und der Seewenalp, und dort vor allem in Schattenlagen. Sie gehen aber auch an nasse Hänge der Sonnlagen, so an der Westseite des Rickhubels. Die Fichte tritt in ihnen sehr zurück oder kann ganz fehlen, wie im Kessel der Seewenalp (von ca. 1600 m an aufwärts) oder in großen Teilen des Waldes am Nordosthang der Hagleren (ca. 1650—1800 m, jetzt Naturreservat).

Diese Hangmoore bilden eine Parallelerscheinung zu den allerdings baumlosen, ozeanischen terrainbedeckenden Mooren oder Deckenmooren (blanket bogs) der Berge in Irland und England. Auch im Harz und in den böhmischen Randgebirgen gibt es den unsrigen sehr nahe stehende Moortypen, wobei in den Sudeten unsere aufrechte, baumförmige Bergföhre durch die niederliegende Art, das Krummholz (*Pinus mugo* ssp. *mughus*), ersetzt wird.

Die Ursache der Bildung von Deckenmooren in den Entlebucher Bergen ist im Bodenzustand und in den Klimaverhältnissen zu suchen: Böden undurchlässig, zur Versumpfung neigend (Sandsteine und Tonschiefer), Klima ausgeprägt sommerkühl und perhumid (mittlere jährliche Nieder-



Abb. 2. Wie Abb. 1, aber in der Mitte flache Mulde mit *Carex fusca*-Moor und kleiner Torfwand, an der ein Profil entnommen wurde. Blick aufwärts gegen den Gipfel der Hagleren. Phot. W. Lüdi 1956

schläge im Gebirge 200 cm und mehr). Allerdings ist die Ozeanität des Klimas nur im Sommer vorhanden. Aber im kalten Winter ist die krautige und zwergstrauchige Pflanzenschicht durch eine mächtige Schneedecke geschützt, und die Föhren und Fichten ertragen die Kälte leicht².

Wann sind die Bergföhren in das Gebiet eingewandert, wann haben sich ihre Wälder ausgebreitet, und wann hat die Vermoorung eingesetzt? In der frühen Postglazialzeit, vom Alleröd bis ins Boreal, wurden das Alpenvorland und die zur Bewaldung geeigneten Gebiete der Nordalpen von ausgedehnten Föhrenwäldern bedeckt, in denen auch der Bergföhre eine bedeutende, allerdings noch nicht ganz abgeklärte Stellung zukam. Die Annahme liegt nahe, in den heutigen Bergföhren-Moorwäldern der Entlebucher Alpen Reste dieser frühpostglazialen Vegetation zu erblicken, die Vermoorung sehr früh anzusetzen und anzunehmen, die Fichte habe sich infolge der klimatischen und edaphischen Begünstigung der Bergföhre nicht ausbreiten, ja in den Kessel der Seewenalp überhaupt nicht eindringen können. In der oben genannten Studie vom Jahre 1945 habe ich mich in diesem Sinne ausgesprochen. Im Jahre 1956 machte ich aber bei

² Vgl.: Hugo OSVALD, die Hochmoortypen Europas. — Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich 3, 1925 (707—723).

Besuchen auf der Seewenalp und in der Hagleren Beobachtungen, die zu einer starken Einschränkung dieser Ansicht führen mußten³.



Abb. 3. Im flachen Talboden der Seewenalp mit eingeschnittenem Bachlauf, ca. 1670 m. Hinten Wald der aufrechten Bergföhre. Phot. W. Lüdi 1956

UNTERSUCHUNGEN

Der Kessel der Seewenalp ist nicht ganz 2 km breit, gegen Süden offen und umgeben von Bergen, die 1800—2040 m Höhe erreichen, also noch etwas in die baumlose, alpine Höhenstufe hinauffragen. Außerdem hat der Mensch bedeutende Rodungen gemacht, um Weideland zu gewinnen oder, nach ISENEGGER⁴, im 19. Jahrhundert auch nur zur Be-

³ Eine vorläufige Mitteilung über diese neuen Untersuchungen findet sich im Exkursionsprogramm zu den Verhandlungen der 4. Int. Tagung der Quartärbotaniker in der Schweiz vom 6.—16. August 1957 (Veröff. in Maschinenschrift). — Bester Dank sei gesagt an Frau Dr. Margita VILLARET-v. ROCHOW für die Mithilfe bei der Feldarbeit, an Frl. Dr. Monika BOPP und Hans SIEGL für die Ausführung der meisten Pollenanalysen und an weitere Mitarbeiter im Geobotan. Institut für diverse Vorbereitungsarbeit.

⁴ J. ISENEGGER, Entwässerung und Aufforstung Teufimatt des Staates Luzern. — Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen 1932 (150—155).

schaffung von Holz für die Glashütte Kragen bei Flühli. Der Boden des Kessels ist flach und trägt eine frische bis sumpfige Wiese. Mitten hindurch fließt der Seewenbach in vielen Windungen. Er hat sich 1—2 m tief eingegraben als ruhig fließendes Gewässer (vgl. Abb. 3 u. 4).

Die genauere Untersuchung im oberen Abschnitt des Talbodens (1670 m) ergab ein sehr überraschendes Ergebnis. Das Profil des Uferhanges bestand vom steinigen Grund an aufwärts ca. 40 cm hoch aus Lehm, auf dem eine etwa 30 cm mächtige torfige Schicht ruhte, die gegen oben hin wieder in Lehm überging. Die torfige Zwischenschicht enthielt am Grund eine Menge von Ästchen, Blättern und Zapfen von *Picea abies* und, etwas weniger reichlich, auch von *Pinus uncinata*. Die heute fehlende Fichte war also früher im oberen Teil des Talkessels von Seewen vorhanden, allem Anschein nach sogar sehr reichlich.

Proben aus dem untersten Teil der Torfschicht ergaben bei 663 gezählten Pollen folgende Verteilung:

Baumpollen: zusammen 55% der Gesamtpollenzahl. Davon:

<i>Picea</i>	24%	<i>Betula</i>	1%
<i>Pinus</i>	32%	<i>Fagus</i>	3%
<i>Abies</i>	6%	Eichenmischwald	
<i>Alnus</i>	31%	(<i>Quercus</i> , <i>Tilia</i>)	4%

Strauchpollen: 4% der Gesamtpollenzahl (alles *Corylus*).

Krautpollen und unbekannte Pollen 41% der Gesamtpollenzahl. Davon:

ca. 1/2	Cyperaceen
ca. 1/4	Gramineen
ca. 1/4	weitere Krautpollen und Unbekannte, die auch größtenteils den Krautpflanzen zuzurechnen sind

Einige *Ericaceen*-Pollen.

Zur weiteren Abklärung der waldgeschichtlichen Verhältnisse wurden 5 km südlich, im Bergkessel der Hagleren, Serien von Bodenproben entnommen und pollenanalytisch untersucht. Dieser Bergkessel ist größer als derjenige der Seewenalp (ca. 2,5 km breit), nach Norden offen und größtenteils bewaldet, auf dem Sonnenhang mit *Picea*-*Pinus*wald und auf dem Schattenhang, wo das bereits genannte Naturreservat liegt, mit charakteristischem Föhrenmoorwald. Dieser Wald mit den knorrigen, an die Arven erinnernden Bäumen, den Zwerggesträuch-Bülten und dem alles durchziehenden Moorgrund bietet wundervolle aber fremdartige Landschaftsbilder (vgl. Abb. 1 u. 2). Die Entnahmestelle der Proben lag im mittleren, ziemlich sanft gegen Nordosten geneigten Hang in ca. 1700 m Höhe. Eine mächtige Torfbülte mit azidophilem Zwerggesträuch sowie *Sphagnum acutifolium* wurde seitlich angeschnitten. Wir erreichten den mineralischen Grund (anmooriger Bleichsand) in 130 cm Bodentiefe (vgl. das Diagramm, Abb. 5).



Abb. 4. Am Bach im Talboden der Seewenalp, 1670 m. Im Wasser leichte Bewachsung mit *Equisetum fluviatile*, *Potamogeton alpinus*, *Carex inflata* u. a. Arten. Am Bachrand ist unter der oberflächlichen Lehmschicht die untersuchte Torfschicht zu sehen
Phot. W. Lüdi 1956

Die Pollenanalyse ergab 3 gut unterschiedene Waldzeiten:

1. Von der Oberfläche bis in 75 cm Tiefe ausgesprochene *Pinus*-*Dominanz* (57—87% der Baumpollen), dazu reichlich *Picea*. Alle anderen Baumtypen nur in unbedeutender Zahl. Doch steigt der Anteil von *Abies* von 35 cm Tiefe nach unten deutlich an. Neben den in der Abbildung dargestellten Pollentypen fanden sich noch *Corylus* (oben 1—3%, von 35 cm nach unten bis auf 11% steigend) und ziemlich regelmäßig einzelne Pollen von *Juglans* (bis auf 75 cm Tiefe) und *Carpinus* (bis in 75 cm Tiefe). Bei 65 cm einige Pollen cf. *Populus*, in 75 cm ein *Ilex* und 1 *Acer*. Regelmäßig einzelne *Salix*-Pollen.

2. Von 75—125 cm Tiefe *Abies*-*Dominanz*. *Picea* ist zuerst subdominant, nimmt dann ab und verschwindet in 125 cm Tiefe, während *Pinus* nach anfänglich sehr starkem Abfall wieder zunimmt. *Fagus* erreicht mit 9% in 85 cm den Höchstwert. Der Eichenmischwald steigt zuerst langsam und dann schneller an, wobei *Ulmus* und *Tilia* höhere Werte erreichen als *Quercus*. In 95 cm ein *Acer* und in zwei Horizonten je ein *Salix*. *Corylus* bleibt niedrig mit unregelmäßigen Werten (5—15%).

3. Bei 135 cm Tiefe, also im mineralischen aber anmoorigen Boden, tritt eine ausgesprochene Dominanz von Eichenmischwald (EM) auf (48% des Baumpollens). Vorherrschend ist Ulmus, dann folgt Tilia und zuletzt Quercus, dazu 1 Fraxinus. Corylus steigt jetzt steil an bis auf 58% des gesamten Baumpollens. Auch Pinus und Betula steigen kräftig an, bis auf je 20%. Salix 3%. Picea fehlt hier ganz, Abies- und Faguspollen sind sehr vereinzelt.

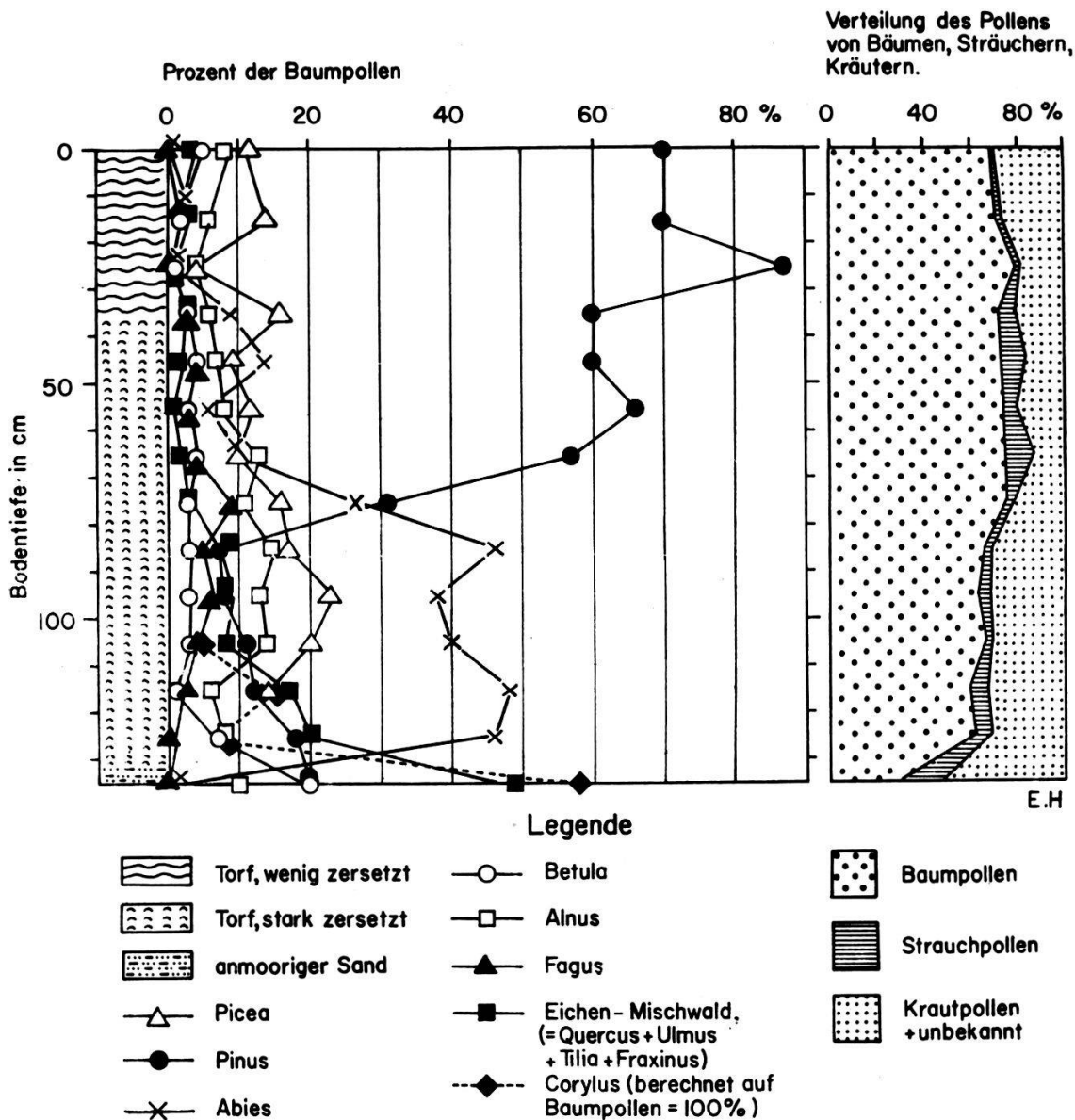


Abb. 5. Pollendiagramm aus dem Haglerenwald, 1700 m

Pollen von Krautpflanzen und unbekannte Pollen waren im ganzen Profil reichlich vorhanden, von unten nach oben in etwas abnehmender Zahl. Unter ihnen waren in der EM und in der Abieszeit stets

die Gramineen- und Cyperaceen-Pollen ausgesprochen dominant. In der Pinuszeit geht aber ihre Zahl zurück, besonders die der Cyperaceen-Pollen, während die übrigen Krautpollen und die unbekanntenen Pollen dominieren. Stets finden sich in den Spektren einige Umbelliferen- und Compositen-Pollen. Der Pinusteil des Diagramms zeichnet sich gegenüber den älteren Teilen dadurch aus, daß in der Mehrzahl der Spektren einige Pollen von *Plantago* (*lanceolata*) und *Chenopodium* gefunden wurden, wiederholt auch vereinzelt Pollen von Getreide (in 65, 55, 35, 0 cm Bodentiefe). Auffällig ist auch das Verhalten des Ericaceen-Pollens: dieser fehlt dem EM-Spektrum, finden sich im Abiesteil vereinzelt in 3 Spektren, im Pinusteil dagegen regelmäßig mit ca. 7% der Gesamtpollenzahl. Im EM-Spektrum fanden sich auch 5 Pollen von *Artemisia*.

Farnsporen fanden sich wenig, aber ziemlich regelmäßig verteilt. Bestimmt werden konnten einige *Polypodium*-Sporen im EM- und Abiesteil, und von weiteren Pteridophyten *Lycopodium* (*annotinum*) im EM- und Pinusteil und *Botrychium* im Pinusteil.

Zur Ergänzung wurden in unmittelbarer Nähe noch zwei weitere Profile entnommen. Das eine an einer entblößten Steilstufe von 85 cm Höhe in einer kleinen Mulde (Abb. 2) Die Oberfläche trug einen *Carex fusca*-Bestand mit *Juncus filiformis*, *Carex echinata*, *Viola palustris*, *Sphagnum* sp., *Climacium dendroides*, *Polytrichum* sp. Das Profil bestand aus Schichten von sandigem oder lehmigem Torf und von 70 cm an abwärts bis auf den steinigen Grund aus Dy mit lehmigen oder sandigen Bändchen, deutet also auf eine unregelmäßige Ablagerung hin, die eine zeitweilige Erosion und dann wieder Verlegung des Wasserweges nicht ausschließt. Das Pollenspektrum zeigte unten Dominanz von *Abies* mit basalem Anstieg von EM bis auf 13% (reichlich *Ulmus* und *Tilia*), oben Dominanz von *Pinus* und wechselnde Subdominanz von *Picea* und *Alnus*.

Die Grabung für das 3. Profil erfolgte auf ebenem Gelände unter einem *Rhodoreto-Vaccinietum sphagnetosum* mit etwas *Eriophorum vaginatum* und konnte bis in 90 cm Tiefe fortgesetzt werden. Der mineralische Untergrund wurde damit nicht erreicht und dürfte etwa 20—30 cm tiefer liegen. Die oberflächliche Bodenschicht bestand aus rohhumusartigen Zeretzungsprodukten. Darunter folgte von 15—38 cm Tiefe anmooriger Sand und schließlich bis auf den Grund der Grabung stark zersetzter Torf. Die Analyse ergab von unten bis in etwa 40 cm Bodentiefe *Abies*-Dominanz und darüber *Pinus*-Dominanz mit Anreicherung an *Picea*, *Alnus* und *Corylus*.

Diese beiden Diagramme schließen also in den Hauptzügen an das zuerst beschriebene an, ergeben jedoch nur Ausschnitte, die nicht genau zu lokalisieren sind, vielleicht auch weil Sedimentationsstörungen vorliegen.

Bevor wir die Ergebnisse besprechen, wollen wir uns noch fragen, auf welche Baum- und Straucharten sich die gefundenen Pollentypen beziehen, wobei wir von der Annahme ausgehen, daß ausschließlich Arten in Betracht kommen, die auch heute in der näheren und weiteren Umgebung noch vorhanden sind⁵.

Picea-Pollen: gehört zu *Picea abies* H. Karsten. Herrschender Waldbaum in der subalpinen Stufe, mit Ausnahme der vermoorten Böden und der Hochlagen. Heute dominant oder subdominant auch in tieferen Lagen.

Abies-Pollen: gehört zu *Abies alba* Mill. Häufiger, oft dominanter Waldbaum der montanen Stufe. Steigt nach AREGGER in den Entlebucher Alpen bis auf 1400 bis 1600 m.

Pinus-Pollen: in Betracht kommen die Waldföhre (*Pinus silvestris* L.) und die aufrechte Bergföhre (*Pinus mugo* Turra ssp. *uncinata* [Ant.] Dom.). Die erstere findet sich nach AREGGER hie und da in sonnigen, felsigen Wäldern tieferer Lagen. Die letztere besitzt im Gebiet eine Massenverbreitung und steigt vereinzelt bis auf 1900 m. Die Arve (*Pinus cembra* L.), die dritte Pinus-Art unserer Alpen, fehlt in der natürlichen Flora des Entlebuchs, wurde aber nach AREGGER seit 50 Jahren vielerorts mit gutem Erfolg gepflanzt. Es ist auch möglich, sogar wahrscheinlich, daß die Arve bereits im frühen Postglazial ins Entlebuch eingewandert ist und sich dort während langer Zeit halten konnte, ja vielleicht erst mit der ausgeprägten Ozeanisierung des Klimas verschwunden ist. Der hohe Anteil der Bergföhre ist gesichert durch die Waldverhältnisse der Gegenwart und die Zapfenfunde im Torf der Seewenalp, während der Pollen leider in der Regel keine sichere Bestimmung erlaubt.

Im allgemeinen ist der Pollen der Bergföhre etwas größer als derjenige der Waldföhre (Mittelwerte der Pollenlänge bei Präparation in Kalilauge für *Pinus mugo* etwa 66—70 μ , bei *Pinus silvestris* ca. 60—64 μ). Der Pollen von *Pinus cembra* ist noch etwas größer und auch morphologisch merklich verschieden. Aber nicht nur die Einzelwerte, die sehr stark schwanken, sondern auch die Mittelwerte der Pollengröße gehen außerordentlich weit auseinander und können sich stark überschneiden, je nach der Herkunft der pollenliefernden Bäume, nach deren Umweltsbedingungen zur Zeit der Pollenbildung, nach der Vorbereitung des Pollens zur Untersuchung u. a. m.

Wir haben die Längen der Pinus-Pollen gemessen, soweit sie keine Deformation aufwiesen und bekamen nachstehendes Ergebnis: Seewenalp: Mittelwert 64 μ , Schwankung von 48—85 μ . Bei Weglassung der größten Pollen, die ganz im Variationsbereich des Arvenpollens liegen, ergeben die restlichen Pollen einen Mittelwert von 62 μ . Hagleren: mittlere Größe aus den untersten Schichten 62 μ , aus den obersten Schichten 62 μ . Etwas bessere Einsicht ergibt die Konzentration der Pollengröße auf bestimmte Längenwerte. Auf der Seewenalp ist eine Konzentration zu erkennen auf die Längen 54—57 μ , 63—66 μ und 85 μ (hier nur 8 Pollen). Auf der Hagleren unten im Profil auf 54—58 μ und 70—72 μ , oben im Profil auf 56—64 μ . Das läßt vielleicht den Schluß zu, daß zu Ende der EM-Zeit und in der frühen Abieszeit der Anteil von *Pinus silvestris* etwas größer war als später, wo die Bergföhre Massenvegetation bildete. Daß die Pinuszeit, einschließlich der Gegenwart, eine so geringe mittlere Pollengröße ergibt, ist auffallend. Da die Bergföhren nicht steril sind und der Einfluß der wenigen Waldföhren der Tieflagen in der großen Menge des sedimentierten Pollens nicht ausschlaggebend

⁵ Mit Bezug auf die heutige Verbreitung der Arten in den Entlebucher Alpen stützen wir uns neben dem eigenen Wissen auf die Flora der Talschaft Entlebuch von J. AREGGER, Schöpfheim 1958 (296 S.). Unser Untersuchungsgebiet umfaßt daraus nur einen kleinen Ausschnitt im südlichen Teil. Es ist aber infolge des Pollen-Fernfluges mit der weiteren Umgebung zu rechnen.

sein kann, so müssen die Bergföhren einen großen Prozentsatz von kleinen Pollen erzeugen. Vielleicht ein klimatischer Einfluß.

Salix-Pollen: Am häufigsten dürften in der näheren Umgebung vorkommen *Salix grandifolia* Ser. und *S. aurita* L. Größere Saliceta finden sich erst im Haupttal, am nächsten an der Waldemme bei Flühli (900 m). AREGGER gibt für die Entlebucher Alpen insgesamt 18 Salix-Arten an.

Populus-Pollen: als Pollenlieferant kommt wohl nur *Populus tremula* L. in Betracht, die nach AREGGER im Gebiet in der montanen und subalpinen Höhenstufe verbreitet ist und auch in der Hagleren bei 1700 m vorkommt (fertil?). Vermutlich ist dieser noch wenig bekannte Pollen bei der Analyse nicht immer erkannt worden. *Populus nigra* L. und *P. alba* L. sind gelegentlich in Tieflagen angepflanzt.

Juglans-Pollen: in Betracht kommt nur *Juglans regia* L., eine vom Menschen eingeführte Art, die nach AREGGER im Entlebuch bis auf 900 m hinauf kultiviert wird. Ihr Auftreten in unseren Spektren zeigt, daß hier eine Fernverbreitung von Pollen bis in beträchtliche Höhen stattfindet.

Corylus-Pollen: Gehört stets zu *Corylus avellana* L. Die Art ist in der montanen und im unteren Teil der subalpinen Stufe heute allgemein verbreitet. AREGGER gibt als höchste bekannte Fundstelle 1300 m an. Der Corylus-Pollen muß in unseren jüngsten Torfschichten ausnahmslos aus tieferen Lagen stammen, und dies dürfte bis in die Abieszeit zurück ebenso gewesen sein.

Carpinus-Pollen: stammt von *Carpinus betulus* L., der Hainbuche, die heute nach AREGGER im Gebiet nur angepflanzt bei den Dörfern vorkommt. Der von uns sehr spärlich gefundene Pollen stammt von Fernflug und aus Tieflagen.

Betula-Pollen: Die baumförmigen Birken, *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh. und ihre Bastarde sind in der montanen und unteren subalpinen Stufe heute verbreitet, und AREGGER gibt als hohe Fundstellen 1500 resp. 1450 m an. Das dürfte seit langem so gewesen sein, und das spärliche Vorkommen in unseren Pollenspektren beruht auf Zuflug aus tieferen Lagen. Für den Anfang der Abieszeit und die EM-Zeit dagegen ist nach unserem Hagleren-Profil anzunehmen, daß die Birke wesentlich höher ins Gebirge hinauf gestiegen ist. *Betula nana* L. hat heute die einzige bekannte Fundstelle im Innern der Schweizeralpen im Entlebuch, ca. 14 km nordöstlich von unserer Hagleren-Untersuchungsstelle und in 1350 m Meereshöhe. Trotzdem unser Betula-Pollen, besonders in den jüngeren Schichten, im allgemeinen recht klein ist (vorwiegend 16—20 μ , in den älteren auch häufig 20—24 μ) dürfte er angesichts der Verbreitungsverhältnisse kaum von *Betula nana* stammen.

Alnus-Pollen: In den Entlebucher Alpen finden sich die beiden baumförmigen Erlen *Alnus incana* Mönch und *Alnus glutinosa* Gärt., die erstere sehr verbreitet und bis 1460 m hinaufreichend, die zweite in Tieflagen und nach AREGGER vielleicht nur gepflanzt. Dazu kommt die strauchige Grünerle, *Alnus viridis* DC., die in der subalpinen Stufe und bis hinauf auf die Gipfel sehr verbreitet ist, da und dort auch Bestände bildet. In neuester Zeit wurde sie in der Haglerenmulde reichlich angepflanzt (ISENEGGER, loc. cit.).

Die mittlere Größe unseres Alnus-Pollens beträgt im Hagleren-Profil unten 20.5 μ , oben 19.6 μ . Doch treten gelegentlich auch Pollen von 24 μ Durchmesser auf. *Alnus incana*-Pollen sollte im Mittelwert mindestens 24 μ haben, *Alnus viridis*-Pollen 21 μ . Es ergibt sich als wahrscheinlich, daß die Strauchbirke im Untersuchungsgebiet schon am Ende der EM im Pollenspektrum dominiert, während *Alnus incana* stets zurücktritt, in den jüngeren Zeiten stärker als in den ältesten, die unser Profil erfaßt. In der Gegenwart und wohl schon seit der Abieszeit kann der Pollen der Baumbirken nur durch Fernflug aus der Tiefe in die Ablagerungen auf der Hagleren gelangen.

Fagus-Pollen: stammt von *Fagus sylvatica* L. Die Buche ist in den Tieflagen ein Hauptwaldbaum und geht nach AREGGER bis weit in die subalpinen Stufe hinauf,

vereinzelte Individuen bis 1600 m. In der Abieszeit kam sie jedenfalls in der näheren Umgebung der Hagleren als Waldbaum vor, vor allem auf trockenen Böden und in Sonnenlage. Seither stammt der sedimentierte Pollen aus tieferen Lagen.

Quercus-Pollen: *Quercus robur* L. kommt nach AREGGER im Entlebuch vor, hauptsächlich in ausgesprochenen Tieflagen der montanen Stufe. Als hochgelegenes Vorkommen wird 1000 m angegeben. Wahrscheinlich lebte in der postglazialen Wärmezeit auch *Quercus petraea* (Matt.) Lieblein im Entlebuch.

Ulmus-Pollen: im Entlebuch kommt nur *Ulmus scabra* Mill. vor, nach AREGGER beschränkt auf die montane und die unteren Teile der subalpinen Stufe. Ob in der Wärmezeit auch andere Ulmus-Arten, besonders *U. campestris* L. em. Hudson im Gebiet vorkamen, wissen wir nicht.

Acer-Pollen: nach AREGGER ist im Entlebuch *Acer pseudoplatanus*, der Bergahorn, montan-subalpin verbreitet, und in Tieflagen kommen noch vor *Acer campestre* L. und *Acer platanoides* L., letzterer nur angepflanzt. Unser Acer-Pollen ist dem Bergahorn zuzurechnen. Es ist auffallend, daß er in unseren Profilen nur so spärlich gefunden worden ist.

Tilia-Pollen: nach AREGGER ist *Tilia platyphyllos* Scop. als Seltenheit in Wäldern und häufiger angepflanzt in den tiefsten Lagen zu finden, während *Tilia cordata* Mill. stets gepflanzt ist und bis in die untersten Teile der subalpinen Stufe hinauf kommt. Ebenso wird *Tilia tomentosa* Mönch gelegentlich gepflanzt. Der Tilia-Pollen unserer Spektren gehörte, so weit eine Bestimmung möglich war, zum *T. cordata*-Typ.

Fraxinus-Pollen: Im Gebiet kommt nur *Fraxinus excelsior* L., die gewöhnliche Esche, vor, die in der montanen Stufe verbreitet ist, aber bereits in den untersten Teilen der subalpinen Stufe verschwindet.

ZUSAMMENFASSENDE ÜBERSICHT ÜBER DIE ERGEBNISSE

Die untersuchten Torfe im Untersuchungsgebiet sind wenig mächtig, im Hauptprofil auf der Hagleren 135 cm. Mächtigere Torfbildungen sind im ebenen Gelände zu erwarten. So stellten wir in einem kleinen Moor in der Seewenalpebene eine Torfmächtigkeit von mindestens 150 cm fest, und ISENEGGER gibt für die am Nordfuß der Hagleren in ca. 1700 m Höhe gelegene Teufimatt Torfmächtigkeiten von 2—3 m an. Leider konnten wir hier keine vergleichenden Untersuchungen durchführen.

Pollenanalytisch lag der älteste erreichte Horizont an der Hagleren am Ende der Eichenmischwaldzeit, die wir nach dem mitdominanten Vorkommen der Hasel besser als *Hasel-Eichenmischwaldzeit* bezeichnen. Darüber folgte eine gut entwickelte Tannenzeit und schließlich die mächtige Bergföhrenzeit.

Nach den hohen Pollenprozenten ist anzunehmen, daß die Konstituenten der EM und die Hasel in der nahen Umgebung der Hagleren vorkamen, in Sonnlagen und überhaupt an trockenen Hängen, die damals ausgedehnter sein mußten als später. Nach den Pollenzahlen zu urteilen, überflügelten damals Ulme und Linde die Eiche, eine Erscheinung, die in unserem Alpenvorland immer wieder festgestellt wird. An den Schatthängen und auf den frischen Böden lebten in dieser Zeit die Birke, Erle

und wohl bereits die Bergföhre, während die Waldföhre, etwas häufiger als heute, sich wohl mehr an trockene und felsige Hänge hielt, die übrigens, zum mindesten heute, der Bergföhre auch zusagen.

Es kam der Übergang zur *Abieszeit*, der jedenfalls nicht so plötzlich vor sich ging, wie unser Diagramm angibt. Hier dürfte eine Störung in der Sedimentation vorliegen. Dem Zurückweichen des EM in tiefere Lagen und seiner fortdauernden Abnahme in der folgenden Zeit ging parallel die Zunahme der in der EM-Zeit eingewanderten Tanne und Fichte. Auch die Birke und die Baumerlen wichen zurück, und an ihrer Stelle breitete sich die Grünerle und vielleicht auch die Bergföhre aus. Wenig Ausbreitungstendenz zeigte die Buche, was für ein merklich rauhes Klima spricht. Die Voraussetzung für diese Umstellung der Baumvegetation war eine Klimaveränderung im Sinne des Feuchter- und Kühlerwerdens. Das wird auch dadurch bestätigt, daß Böden am Berghang der Hagleren und wohl auch anderwärts, die vorher mineralisch waren, verästeten und anfangen Torf zu bilden. Dem Anscheine nach bildeten sich damals eher Flachmoore als Hochmoorbildungen.

Bis hierher ordnet sich die Waldentwicklung der regionalen Waldfolge, wie sie im nördlichen Alpenvorland und in den Nordalpen vielfach beschrieben worden ist, gut ein. Hermann GAMMA, der im nördlichen Entlebuch eine Reihe von Mooren der Umgebung des Dorfes Entlebuch, ca. 1000 m ü. M., pollenanalytisch untersuchte, fand stets bei genügend vollständigen Bodenprofilen von unten nach oben die Folge: Föhrenzeit → Hasel-EMzeit → langdauernde Tannenzeit mit Buchensubdominanz oder vorübergehender Buchendominanz im jüngeren Teil → und als Abschluß eine Fichten- oder Fichtenföhrenzeit. Leider hat ein Unglücksfall diesen wertvollen Menschen seiner Arbeit entrissen, bevor sie ganz abgeschlossen war.

Mit dem Ende der Abieszeit nahm die Waldentwicklung an der Hagleren, auf der Seewenalp und wahrscheinlich allgemein in den südlichen Entlebucher Alpen eine gesonderte Entwicklung. Zu starker Ausbreitung mit dauernder Dominanz im Pollenspektrum kam *Pinus mugo* ssp. *uncinata* (Föhrenzeit), hinter der alle übrigen Baumtypen weit zurückbleiben, auch die Fichte, obschon sie sich gut hielt und wahrscheinlich vor allem die trockenen Hänge besiedelte. Charakteristisch wurden die vermoorten Wälder der Föhren und zum Teil auch der Fichte. Die Vermoorung des Gebietes nahm enorm zu und begann, sich auf die Hänge auszudehnen, mit Sumpfwald und offenen Sumpfflächen, beide von Hochmoorcharakter. Es entstanden Deckenmoore, die sonst m. W. aus den Alpen nicht bekannt sind. Für solche Vermoorung spricht, daß in unseren Grabungen an der Hagleren im jüngeren Torf Scheiden von *Eriphorum vaginatum* auftreten und bei der mikroskopischen Untersuchung reichlich Pollen von Ericaceen gefunden wurde, der in den abieszeitlichen Torfen sozusagen

fehlte. Es ist wohl auch ein Zeichen starker Vermoorung, daß der sedimentierte Krautpollen bedeutend abnahm. Im Moorwald, wie er heute noch besteht, mit seinem vielen Zwerggebüsch und seinen pollenfängenden Föhren wird die Pollenerzeugung der Bodenflora und der Pollenzuflug, verglichen mit dem Flachmoor vermindert.

Warum diese rasche Ausbreitung des Bergföhrenwaldes und insbesondere die Zunahme der Vermoorung und der Moorwälder? An einen bestimmenden Einfluß des Menschen ist nicht zu denken. Der Mensch hat in diesem Gebiet zwar durch Waldschlag und Weidgang eingewirkt, aber erst in recht später Zeit und kaum als kräftiger Förderer der Vermoorung. Die Ursache der Vermoorungszunahme kann nur regional-klimatischer Art gewesen sein, eine neue und wesentliche Zunahme der Ozeanität. Sie begünstigte die Auslaugung und Dichtlagerung der Böden und erhöhte die Feuchtigkeit der Böden und der Luft. Parallel dazu ging eine weitere Erniedrigung der Waldgrenze. Wir finden eine parallele Erscheinung dazu in der in Betracht fallenden Zeitperiode (s. nächsten Abschnitt) in vielen Berggebieten, angedeutet im Pollenspektrum durch die Zunahme der Fichte auf Kosten der Tanne und Buche, oder der Föhre auf Kosten der Fichte.

Schließlich stellt sich noch die Frage nach dem Zeitpunkt, in dem die beiden großen Wechsel der Waldzeiten, die wir festgestellt haben, vor sich gegangen sind. Für den Übergang vom Hasel-Eichenmischwald zum Abieswald geben unsere Untersuchungen keine Anhaltspunkte. Er wird im Alpenvorland und in den Alpen der Schweiz allgemein in den jüngeren Teil des Atlantikums verlegt und scheint einem regionalen Feuchterwerden des bis dahin recht kontinentalen Trockenklimas der frühen Nacheiszeit parallel zu gehen. Max WELTEN⁶ gibt 1958 für die Berner Alpen Daten an, die durch Radiokarbon-Bestimmung zeitlich näher fixiert sind und die auch eine nach Höhenlage und Klimaverhältnissen mit unserem Untersuchungsgebiet gut vergleichbare Station enthalten, den «Bruch» (= Jaunpaß) im mittleren Simmental, 1500 m ü. M. WELTEN setzt die Einwanderung von Abies am Jaunpaß ins 5. Jahrtausend v. Chr. und ihre plötzliche Ausbreitung um 4000 v. Chr. an.

Für die zeitliche Festsetzung der Ausbreitung der aufrechten Bergföhre gibt uns das Auftreten von Spuren der menschlichen Tätigkeit im Pollenbild Anhaltspunkte. Getreidepollen und Pollen von Unkräutern (vgl. S. 176), die mit dem Ackerbau zu uns gekommen sind oder mit Weidgang und Rodung zur Ausbreitung kamen, erscheinen in der neolithischen Siedlungszeit, und die ältesten solchen Siedlungen werden in unserem Alpen-

⁶ Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner Alpen und Voralpen und des Walliser Haupttales. — In: Verh. der 4. Int. Tagung der Quartärbotaniker in der Schweiz vom 6.—16. August 1957. Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich 34, 1958 (150—158).

vorland auf 2400—2800 v. Chr. datiert. Im Entlebuch dürfte der Zeitpunkt der Landnahme durch den Ackerbau und Viehzucht treibenden Menschen beträchtlich später liegen. Der Pollen des Nußbaumes, *Juglans regia*, den wir an der Hagleren seit Beginn der Bergföhrenausbreitung gefunden haben, ermöglicht eine nähere Fixierung. Der Nußbaum hat einen charakteristischen Pollen, der allem Anscheine nach durch den Wind weit vertragen wird. Fruchtschalen des Nußbaumes wurden von E. NEUWEILER in einem neolithischen Pfahlbau in Wangen am Bodensee gefunden. Pollen fanden sich reichlich in einem frühbronzezeitlichen Pfahlbau bei Arbon, ebenfalls am Bodensee⁷. Beide Stationen liegen über 100 km von der Hagleren entfernt. Viel näher, aber immerhin noch ca. 50 km entfernt, befindet sich der spätbronzezeitliche Pfahlbau in Sumpf bei Zug, also in der Zentralschweiz. Hier fehlt der *Juglans*-Pollen den Kulturschichten, tritt aber in den unmittelbar darüber liegenden nachbronzezeitlichen Ablagerungen auf. Wir dürfen daraus schließen, daß der Nußbaum im Gebiet des Zugersees erst nachbronzezeitlich, also viel später als am Bodensee, kultiviert worden ist. Im Entlebuch geschah dies sicher nicht früher, als an den milden Gestaden des Zugersees. Auch wenn wir Fernverbreitung vom Zuger- oder Vierwaldstättersee her annehmen, muß demnach die Ablagerung des *Juglans*-Pollens auf der Hagleren nachbronzezeitlich erfolgt sein, und es drängt sich die Annahme auf, die mächtige Ausbreitung der aufrechten Bergföhre und die große Vermoorung in diesem Gebiet sei erfolgt in der Zeit des Überganges vom Subboreal zum Subatlantikum, nach dem Schluß der postglazialen Wärmezeit. Damals, um 800—500 v. Chr., erfolgte innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Periode eine merkliche Klimaverschlechterung, die vielerorts auch durch eine deutliche Veränderung im Waldbild zu erkennen ist (vgl. S. 181).

Jedenfalls ist die weitgehende Vermoorung nicht rezent, erst im letzten Jahrhundert entstanden, wie ISENEGGER (loc. cit.) vermutete. Auch die von ihm angegebene, bereits erwähnte bedeutende Torfmächtigkeit einzelner Moore im Haglerenkessel läßt sich mit kurzfristiger Bildung nicht vereinbaren, wohl aber sehr gut mit einem Alter von etwa 2500—2800 Jahren.

⁷ Vgl.: Werner LÜDI, Beitrag zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse im schweizerischen Alpenvorland während der Bronzezeit. — In: Das Pfahlbauproblem, Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz 11, herausgeg. v. d. Schweiz. Ges. f. Ur- und Frühgeschichte. Birkhäuser Basel 1955 (89—109).