Zeitschrift: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Forschungsinstitut Zürich
Band: - (1934)

Artikel: Pollenanalyse aus Gletschereis
Autor: Vareschi, Volkmar
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377445

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: 07.12.2025

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

POLLENANALYSEN AUS GLETSCHEREIS[1])

von *Volkmar Vareschi.*

Vorläufige Mitteilung mit besonderer Berücksichtigung des Problems der Pollenstreuung.

1. Deutung von Pollendiagrammen.

Der Siegeszug der pollenanalytischen Methode ging von den skandinavischen Ländern aus und führte nach dem Weltkrieg über die ganze Erde, soweit nur Wissenschaft getrieben wird. Sie hat sich trotz des steten Auf und Ab von Überschätzung und Unterschätzung ihres Wertes durch ihre eigenen Resultate als brauchbar erwiesen. Die Tatsache, daß bei Hunderten von senkrechten Profilen durch postglazialen Torf immer wieder dasselbe charakteristische Spektrum einander ablösender „Waldzeiten" gefunden wurde, bestätigt ihre Brauchbarkeit mehr als die kritischste theoretische Prüfung. So wird heute die Frage nach der prinzipiellen Gültigkeit der durch die Pollenanalyse erarbeiteten Resultate nicht mehr gestellt. Dagegen interessiert sich der Pollenanalytiker immer mehr für den Umfang dieser Gültigkeit, also für die Grenzen der Leistungsfähigkeit seiner Methode.

Jede paläobotanischen Zwecken dienende Pollenanalyse beruht auf vier natürlichen Vorgängen: Pollenausstreuung meist durch windblütige Bäume, Pollentransport durch Wind und Wasser, Pollensedimentation und Pollenerhaltung. Diese Vorgänge sind überall, wo die entsprechende Vegetation vorhanden ist, nachweisbar. Auf ihnen beruht die Methode aber nicht nur, sondern es ist durch sie auch die Möglichkeit einer Verfälschung der Resultate gegeben. Wir wissen, daß gewisse Pflanzen in den Diagrammen überrepräsentiert sein werden, weil sie im Verhältnis zu andern besonders große Massen von Pollen entsenden. Genaue Zahlen fehlen. Wir müssen auf exakte Angaben über die Blühhäufigkeit und Blühdauer, über die Wirkung des Windes, über den Einfluß naher und entfernterer Pollenstreuer, über den Einfluß der Flugfähigkeit bzw. der Sinkgeschwindigkeit in Luft und Wasser verzichten. Wichtige Waldbaumpollen sind oft

[1]) Die nachstehende Studie enthält eine ganz unabhängige Meinungsäußerung von Herrn Dr. Vareschi, und das Geobot. Inst. Rübel behält sich die Stellungnahme zu den darin niedergelegten Ansichten vor (W. Lüdi).

nicht erhalten oder schwer kenntlich (z. B. von Larix, Fraxinus, Acer). Es darf also niemals direkt vom prozentualen Verhältnis der gefundenen Pollen auf das prozentuale Verhältnis der pollenspendenden Pflanzen geschlossen werden. Der indirekte Schluß, der Schluß, der auf Analogien zu überprüfbaren Verhältnissen gestützt ist und zu einem getreuen Bild des betreffenden untergegangenen Waldes in der Nähe der Pollenfundstätte führen soll — muß gewagt werden, weil das Wissen über die Verhältnisse einstiger Pollensedimentation an sich für uns wertlos ist.

Versuche, die Pollenstreuung weit entfernter rezenter Wälder zu ihrer wirklichen Holzartenzusammensetzung in Beziehung zu bringen, wurden von Firbas [1]), Hesselmann [2]), Lüdi [3]) v. Post [4]), Rudolph und Firbas [5]) mit Erfolg unternommen.

Hesselmann [2]) ging dabei so vor, daß er mit Petrischalen, die auf den Ostseefeuerschiffen Västra Banken (30 km vom Land entfernt) und Finngrundet (55 km vom Land entfernt) exponiert wurden, den Pollenregen auffing. So gewann er ein Maß für die Pollenstreuung auf große Entfernungen hin. Damit war der erste Schritt getan, eine bestimmte Pollensedimentation zu einer bekannten Vegetation in Beziehung zu bringen und die Deutung von Pollendiagrammen durch Analogieschlüsse auf die untersuchten Verhältnisse zu versuchen. Oft ist es jedoch unmöglich, rezente Pollenspektren zu erhalten, weil bei dem heute sehr langsamen oder ganz stillgelegten Moorwachstum die Pollen nicht mehr rasch genug in den Torf einwachsen, um der Zersetzung an der Luft zu entgehen. Wirkliche „Jetztzeit-Spektren" sind sehr selten zu erhalten und immer ist dabei unsicher, ob nicht ältere Pollenlager als „Verunreinigung" die Zusammensetzung beeinflußten. Die Methode Hesselmanns durch Jahre hindurch an vielen Orten gleichzeitig anzuwenden, wurde

---

[1]) Firbas, F.: Über einige hochgelegene Moore Vorarlbergs. Zeitschr. für Bot. **18**. 1926.

[2]) Hesselmann, H.: Jakttalgelser över skogsträdspollens spridningsförmåga. Meddel. från statens skogsförsöksanstalt. **16**. Stockholm 1919.

[3]) Lüdi, W.: Die Waldgeschichte der Grimsel. Beih. Bot. Zentralbl. **49**. Dresden 1932.

[4]) v. Post, L.: Diskussionsvotum zu Hesselmanns Vortrag. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar **41**. Stockholm 1919.

[5]) Rudolph, K. und Firbas, F.: Pollenanalytische Untersuchung subalpiner Moore des Riesengebirges. Ber. der Deutschen Bot. Ges. **44**. 1926.

wegen der großen Umständlichkeit solcher Arbeiten meines Wissens nicht versucht.

2. Ein Pollenspektrum aus dem Eis des großen Aletschgletschers.

Seit ich im Jahre 1932 in einer Eisprobe aus dem Grindelwaldgletscher guterhaltene Pollen fand, ließ mich der Gedanke nicht mehr los, daß die weiten, hoch über der Vegetation liegenden Firnfelder der Gletscher gleichsam den Versuch Hesselmanns in gigantischen Dimensionen wiederholten und die Lösung für viele dieser Fragen in sich beschlossen hätten. Dort oben muß jeden Frühling, jeden Sommer ein fast pausenloser Regen pollenreichen äolischen Staubes niedergehen und eine unsichtbare, feine Decke über den reinen Schnee des Winters breiten. Diese Decke wird dann selbst wieder vom pollenlosen Schnee des folgenden Winters zugedeckt und so wird wieder ein pollenreines Bett für die Sedimentation des nächsten Jahres geschaffen usw. Einmal im Eis eingesunken, werden die durch verschiedenen Pollengehalt ausgezeichneten Schichten mit in die Bewegung des Gletschers einbezogen, fließen mehr oder weniger tief im Innern des Gletschers talwärts und kommen schließlich im Abschmelzgebiet wieder an die Oberfläche. Von den dort entnommenen Eisproben dürfen also wichtige Rückschlüsse auf das Problem der Pollenstreuung und auf sonst schwer oder gar nicht faßbare glaziologische Gesetzmäßigkeiten erwartet werden.

Seit nunmehr drei Jahren habe ich von sechs Alpengletschern Proben untersucht, und einige erste Grundtatsachen festgestellt:

1. In jedem Gletscher wurden in Proben von 2 bis 10 dm^3 Eis Pollen in so großer Anzahl gefunden, daß eine statistische Auswertung möglich ist. (Das Vorhandensein von Pollen im Eis überhaupt durfte schon a priori angenommen werden und wurde auch von Ehrenberg [1]) anläßlich seiner Untersuchungen über den Passatstaub aus dem Eis des Jungfraugebiets festgestellt. Über die Pollenmengen war jedoch nichts bekannt).

2. Proben ganz ohne Pollen wurden selten gefunden, ebenso solche mit mehr als 5000 Pollen pro 1 dm^3 Eis.

---

[1]) Ehrenberg: Passatstaub und Blutregen. Ber. der Akad. der Wissensch. Berlin 1849.

3. Die mittlere Pollenfrequenz war für die einzelnen Gletscher verschieden. Beispielsweise traf es am Aletschgletscher im Durchschnitt 350 Pollen, am Gepatschgletscher (Ötztaler Alpen) 1200 Pollen auf den dm^3 Eis.

4. Bei allen Gletschern war der Pollengehalt des Zungenteils um ein Mehrfaches größer als der des Firngebietes.

5. Der Erhaltungszustand dieser „Mikrosubfossilien" war gut. Große Luftsackpollen (Abies, Picea) waren oft stark gequetscht oder zerbrochen. Alle kleineren Pollen waren sehr gut erhalten, auch solche, die im Torf oder Lehm meist nicht mehr erhalten sind.

6. Pollenspektren, die mit Sicherheit auf eine von der heutigen Vegetation verschiedene Holzartenzusammensetzung schließen ließen, fand ich nirgends. Immer sind es die verschiedensten jahreszeitlichen Aspekte unserer heutigen Flora, die man bei den Analysen reiner Proben herausbekommt. „Rein" muß die Probe in dem Sinne sein, daß sie nur Eis ein und derselben Farbe und Korngröße, und von ein und derselben Fundschicht enthält. Es lassen sich dann — in günstigen Fällen bis in den Zungenteil der Gletscher hinein — deutliche Jahresschichten feststellen. Und zwar sowohl an senkrechten Profilen (Spaltenwänden), als auch ausstreichend an der Oberfläche des Gletschers. So gliedert sich dem Pollenanalytiker die ungeheure, aus geheimnisvollen Bändern, Schichten, Klumpen und Schlieren zusammengesetzte Eismasse in weithinreichende Schichtkomplexe. Die einzelnen Eisteile sind nicht mehr ohne Beziehung zueinander, jedes führt gleichsam seinen jahreszeitlichen Geburtsschein mit sich und das unentwirrbare räumliche Nebeneinander kann auf das Bestehen der Beziehung eines zeitlichen Nacheinander hin geprüft werden. Änderungen gegenüber der ursprünglichen Schichtung werden offenbar und man wird schließlich daran denken dürfen, dem durch viele Theorien mehr verwickelten als geklärten, so unnahbar scheinenden Problem der Gletscherbewegung auf den Grund zu gehen.

Neben diesen glaziologischen Aufschlüssen, über die ich demnächst in der Zeitschrift für Gletscherkunde berichten werde, geht Hand in Hand ein immer tieferer Einblick in die Verhältnisse der Pollenstreuung im Firnbecken. Diese Studien werden aber erst dann für die oben angedeuteten methodischen Fragen der Pollenanalyse fruchtbar, wenn man einen wenigstens in großen Zügen gültigen Begriff

von der Vegetation der weiteren und näheren Umgebung des Gletschers hat. So kam ich nach einigen ersten Stichproben vom Untern Grindelwaldgletscher, dem Rhonegletscher und dem Zugspitzplatt dazu, einen einzelnen Gletscher sowohl auf seinen Pollengehalt hin genauer zu untersuchen, als auch die Vegetation seiner Umgebung zu studieren. Zur Durchführung solch weitergehender Arbeiten waren mir die Ratschläge erfahrener Forscher ebenso nötig, wie einige Apparate, die nötige Zeit und finanzielle Hilfe. Dies alles fand ich in wirklich umfassender Weise im Geobotanischen Institut Rübel, bzw. bei den Herren Prof. Dr. Rübel und Direktor Dr. Lüdi. Weitgehende Unterstützung durch Rat und Tat fand ich dann auch bei den Herren Dr. Lütschg, Dr. Billwiller, Dr. Berger, Dr. Gola, alle in Zürich, und bei Herrn Prof. Dr. v. Klebelsberg in Innsbruck. Ihnen allen sei herzlichst gedankt!

Der Große Aletschgletscher im Wallis war Gegenstand dieser ersten eingehenderen Untersuchung. Er ist mit einer Fläche von 115,1 km² und einer Länge von 26,8 km der größte Gletscher der Alpen. Firn- und Zungengebiet liegen in Südexposition. Ersteres besteht aus drei großen Teilgebieten: Dem Großen Aletschfirn, dem Jungfraufirn und dem Ewigschneefeld. Alle drei vereinigen sich bald unter der Firngrenze, die bei 2880 m (nach Heß [1]) liegt, im fast ebenen „Konkordiaplatz", und fließen dann gemeinsam, durch mehr oder weniger mächtige Mittelmoränen gegeneinander abgegrenzt, als riesiger Talgletscher in nur 7 Grad geneigter Zunge nach Süden, gegen das Rhonetal zu, ab. Dem schwer zugänglichen Gletschertor entspringt die Massa, die in enger Schlucht auf dem Grund eines alten U-Tals nach nur 6,5 km langem Lauf östlich von Brig in die Rhone mündet. Neben dem Einschnitt der Massa liegt, fast parallel mit ihr, die Schlucht des „Blindtales" (s. Kärtchen S. 95).

Die drei großen Firnmulden sind die Pollenfänger. Auf dem der Fläche nach etwa halb so großen Zungenteil wurden in den drei Jahren 89 Eisproben von je 2 bis 10 dm³ Eis gesammelt und verarbeitet. Beim Entnehmen der Proben wurde stets auf größte Reinheit geachtet; die oberflächlicheren Schichten wurden entfernt und immer das älteste, das heißt das Eis mit der größten Korngröße in einem kleineren Gebiet, aus dem die Probe zu entnehmen war, aus-

[1]) Heß, H.: Die Gletscher. Braunschweig 1904.

gesucht. Die Verarbeitung bestand im Schmelzen der Probe auf dem Primuskocher, im Zentrifugieren auf wenige Gramm Schmutzwasser in einer großen Handzentrifuge, in der Entfernung der anorganischen Bestandteile nach der Methode Assarsson und Granlund [1]) und schließlich in der mikroskopischen Analyse. Dabei wurden insgesamt schließlich Tausende von Pollen gezählt. Auch die übrigen subfossilen Reste wie Holzzellen, Gewebestücke aller Art, Sporen, Elateren, Diatomeen, Fadenalgen, Moosblätter, Zysten, Insektenreste usw. wurden notiert. Aus den verschiedenen Pollenaspekten ergab sich durch Summation ein prozentuales Gesamtspektrum des Pollengehaltes des Aletschgletschers, das bei jeder Erweiterung durch neue Zahlen konstant blieb. Für die wichtigsten Holzarten sei dieses Gesamtspektrum hier angegeben. Als Vergleich dazu das Gesamtspektrum des Gepatschgletschers. Beide berechnet aus je 2800 Pollen. Das Zeichen „+" bedeutet das Vorkommen der betreffenden Pollenart in geringen Mengen (unter 1 %).

Pollenart	Aletsch	Gepatsch
Picea excelsa	28	26
Abies alba	2	+
Pinus cembra	12	18
Pinus silv. + montan. .	39	31
Corylus avellana . . .	3	3
Betula spec.	3	3
Alnus spec.	7	18
Fagus silvatica	1	0
Castanea sativa	+	0
Quercus spec.	4	1
Ulmus spec.	1	+
Tilia spec.	+	+

Die beiden Gesamtspektren unterscheiden sich sowohl quantitativ als qualitativ. Jedes ist also für seinen Gletscher charakteristisch. Das Charakteristische geht zurück auf Verschiedenheiten der umgebenden Vegetation und Besonderheiten der Windverhältnisse. Obwohl z. B. der Arvenwald beim Aletschgletscher viel näher an das Firngebiet herankommt, ist er durch weniger Pollenprozente vertreten als beim Gepatschferner, wo viel mächtigere und ausgedehntere Arvenwälder, jedoch in größerer Entfernung, vorkommen. Weite

[1]) Assarsson, G., und Granlund, E.: En method för pollenanalys av minerogena jordarter, Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar **46**. 1924. (Nach einer unveröff. Übersetzung von Dr. Lüdi.)

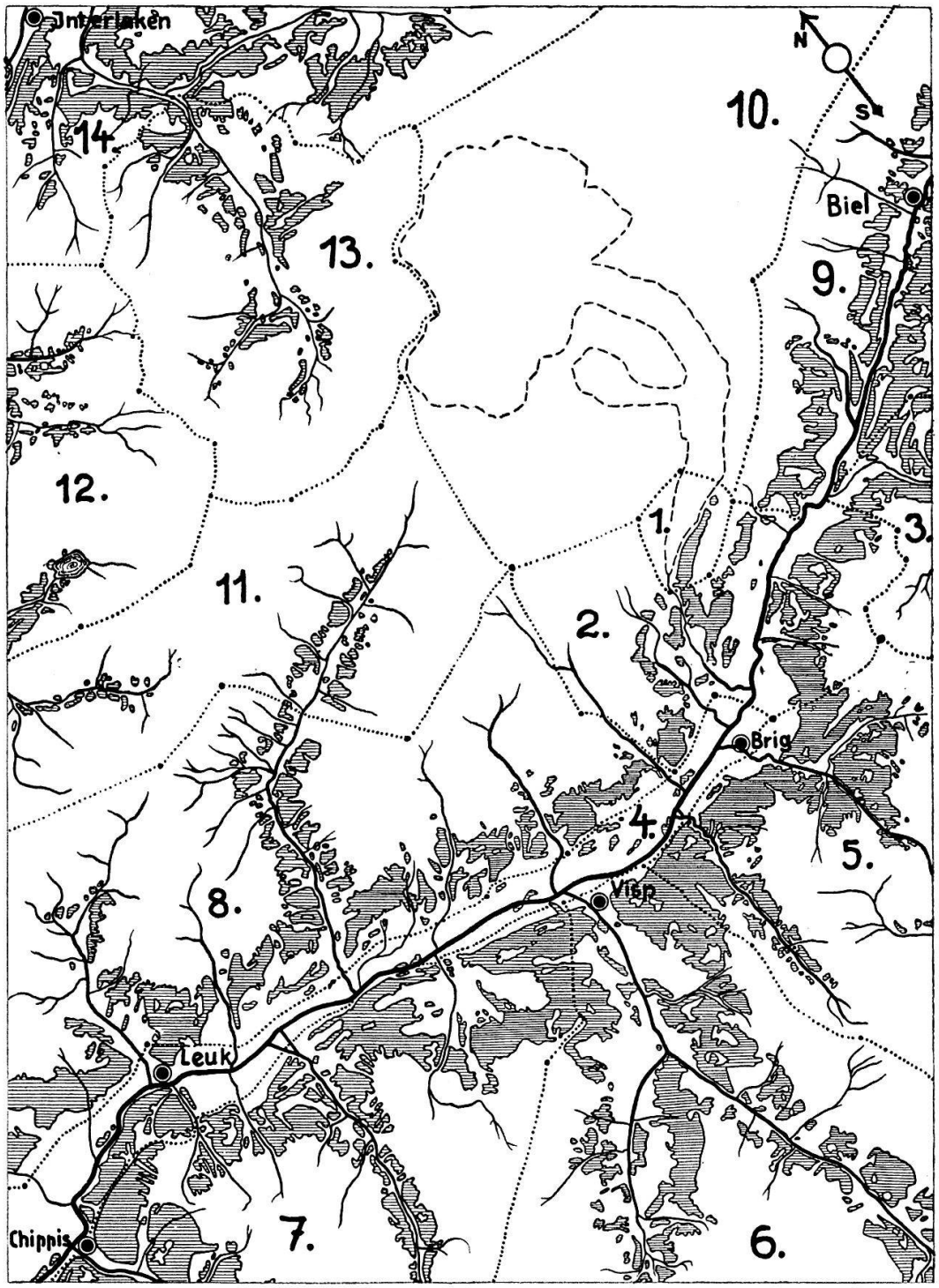

Abb. 1

Waldkarte der Umgebung des Großen Aletschgletschers

Der Umriß des Aletschgletschers ist strichliert. Die Grenzen der im Text und auf der Tabelle für sich betrachteten Bezirke sind punktiert ausgezogen. Die von Wald bedeckten Flächen sind schraffiert. Maßstab 1 : 340 000.

Flächen der Alnetum viridis-Assoziation in der näheren und weiteren Umgebung des Gepatsch ergeben die hohe Prozentzahl für Erle. Das Aletschspektrum enthält mehr Pollen von Bäumen, die in tieferen Lagen wachsen, als das Gepatschspektrum. Außer bei diesen Baumpollen gibt es auch charakteristische Unterschiede im übrigen Pollengehalt. Beispielsweise fehlt der im Aletscheis häufige Epilobiumpollen im Gepatscheis bisher vollständig.

3. Die heutigen Wälder um den Aletschgletscher.

Die Karte Seite 87 soll uns nun die Verbreitung der Wälder, soweit sie als Pollenstreuer für unser Firnfeld noch in Betracht kommen, schildern. Das Gebiet der Karte umfaßt 2000 km². Sicher ist innerhalb dieses Gebietes alle im Aletschspektrum widergespiegelte Vegetation erfaßt. Eine Polleneinstreuung aus Wäldern, die außerhalb dieser Fläche vorkommen, würde nur Bruchteile von Prozenten im Pollenspektrum ausmachen. Die Karte gibt also einen Überblick über alle „Pollensendermengen" in der näheren und weiteren Umgebung des Gletschers. Die Grenze des Aletschgletschers ist durch die gestrichelte Linie angedeutet. Das ganze dargestellte Gebiet ist in 14 „Bezirke", deren Wälder gesondert betrachtet werden sollen, eingeteilt. Die Grenzen der Bezirke sind punktiert. Der kleine Bezirk 1 umfaßt außer Ödland nur den sogenannten Aletschwald und eine nach Süden anschließende Waldparzelle. Es ist jenes Gebiet, aus dem vor allem eine Beeinflussung durch „Nahpollen" erwartet werden könnte, und daher für sich abgegrenzt. Die andern Bezirke umfassen größere Gebiete, deren Einfluß je nach der Entfernung und Bewaldung abgeschätzt werden kann. Beispielsweise wird von den weit entfernten, durch mächtige Gebirgsmauern vom Gletscher getrennten und mit wenig Wald bedeckten Bezirken 11 und 12 viel geringere Einwirkung zu erwarten sein als von Bezirk 8, usw.

Als Ergänzung zu der Waldkarte bringt die Tabelle Seite 90–91 die qualitative Zusammensetzung der Wälder der Bezirke durch die wichtigsten Holzarten. Aus der in der zweiten Rubrik im km² angegebenen Waldfläche und dem prozentualen Anteil der einzelnen Holzart an den Beständen ergibt sich nach den forstlichen Ertragstafeln, nach Wirtschaftsplänen und eigener Beobachtung eine freilich nur sehr ungefähre Maßzahl der Mengen der Holzart. Es sind die Stammzahlen in Tausenden von Stämmen über 16 cm Durch-

messer in der Rubrik „Stz." unter dem jeweiligen Prozentsatz angegeben. Diese Zahlen beruhen auf sorgfältiger Auswertung der Angaben in der Literatur, besonders der Werke von Binz [1]), Christ [2]), Jaccard [3]), Heß [4]), Lüdi [5]) und Rickli [6]), auf den Angaben der mir von den Bezirksforstämtern Brig und Leuk gütigst geliehenen forstlichen Wirtschaftsplänen und auf eigenen Beobachtungen.

Die Tabelle ist beispielsweise zu lesen: Bezirk 3 ist von 6 km^2 Wald bedeckt. Dieser setzt sich zusammen aus 12% Pinus silvestris, 9% Pinus cembra usf. Den 12% Föhren entsprechen schätzungsweise 36000 Stämme, den 9% Arven etwa 27000 Stämme usf. Jungholz unter 16 cm Durchmesser ist nicht gezählt. Ebenso fehlen die Zahlen für die Lärche, deren Pollen ja nicht gezählt wird, und die Stammzahlen der Erle, weil sie in den Wirtschaftsplänen meist nicht berücksichtigt ist.

Aus einer gewissen Ähnlichkeit der Verhältniszahlen in der Rubrik „Prozente der Pollen im Aletscheis" mit denen der Holzartenverteilung in den einzelnen Bezirken kann nun darauf geschlossen werden, woher in unserem Falle die Pollen eingestreut wurden. Es fragt sich also: Kommen die Pollen hauptsächlich aus den nächstliegenden Bezirken 1 und 2? Kommen sie gleichmäßig aus allen weiteren und näheren Bezirken zusammen? Oder liefert neben dieser Einstreuung von allen Seiten irgendeine entferntere Bezirksgruppe einen besondern Anteil der Pollen?

In Bezirk 1 ist die Arve mit 69% unbedingt die herrschende Holzart. Im Eisspektrum kommt sie mit 12% erst an dritter Stelle. Dagegen ist dort an erster Stelle die Föhre mit 39%, die wieder im Bezirk 1 fehlt. Ebenso fehlen ihm die wichtigsten Laubhölzer und die Tanne.

---

[1]) Binz, A.: Das Binnental und seine Flora. Ber. der Realschule zu Basel **1907/08**. Basel 1908.

[2]) Christ, H.: Die Visp-Taler-Föhrenregion im Wallis. Bull. Soc. Murithienne **40**. 1916.

[3]) Jaccard, H.: Catalogue de la Flore Valaisanne. Nouv. Mém. Soc. helv. Sc. nat. **34**. Bâle 1895.

[4]) Heß, E.: Waldstudien im Oberhasli. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme **13**. Zürich 1923.

[5]) Lüdi, W.: Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme **9**. Zürich 1921.

[6]) Rickli, M.: Die Arve in der Schweiz. Neue Denkschr. der S.N.G. **44**. Basel 1909.

Tabelle der Verteilung der einzelnen Holzarten auf die Waldflächen der auf der Karte S. 87 eingezeichneten Bezirke

(% = Holzartenzusammensetzung in Prozent ohne die Lärche, Stz. = Stammzahl in Tausenden, + = Vorhandensein einer Art in unbedeutenden Mengen)

Bezirk der Karte	Waldfläche in km²	relative u. absolute Mengen	Anteil der Holzarten an der Zusammensetzung der Wälder											
			Pinus silvestris	Pinus montana	Pinus cembra	Picea excelsa	Abies alba	Corylus avellana	Betula	Alnus	Fagus silvatica	Quercus	Ulmus	Tilia
1.	2	%			69	19			+	12				
		Stz.			70	19								
2.	23	%	17		2	79	+	+	1	1		+		+
		Stz,	195		23	908			11					
3.	6	%	12		9	62			2	15				
		Stz.	36		27	186			6					
4.	9	%	60			10	2	2	1	18	1	3	2	1
		Stz.	270			45	9	9	4		4	13	9	4
5.	34	%	42		4	48	1		2	3				
		Stz.	714		68	816	17		34					
6.	56	%	45		11	36	1	+	2	5		+	+	+
		Stz.	1260		308	1008	28		56					
7.	60	%	20	2	10	60	4	+	1	3		+	+	+
		Stz.	600	60	300	1800	120		30					
8.	59	%	30	+	2	60	6		1	1		+	+	+
		Stz.	885		59	1770	177		29					
9.	3	%		15	10	50	+	2	5	18				
		Stz.		22	15	75		3	7					

Bezirk der Karte	Waldfläche in km²	relative u. absolute Mengen	Anteil der Holzarten an der Zusammensetzung der Wälder											
			Pinus silvestris	Pinus montana	Pinus cembra	Picea excelsa	Abies alba	Corylus avellana	Betula	Alnus	Fagus silvatica	Quercus	Ulmus	Tilia
10.	0	%								+				
		Stz.												
11.	8	%	1	2	4	82	+		2	9				
		Stz.	4	8	18	320			8					
12.	8	%	25	25	5	40			2	3				
		Stz.	100	100	19	166			8					
13.	18	%		2	13	66	2	3	1	3	8		1	1
		Stz.		19	116	594	17	27	10		77		9	9
14.	35	%	4	+	1	61	3	1	1	3	25		+	1
		Stz.	70		17	1000	51	17	17		440			17
Gesamtsumme der Stz. im Gesamtbereich der Karte in Tausenden von Stämmen			4134	209	1040	8707	419	56	220	(ca.600)	521	13	18	30
Gesamtanteil der Stz. im Bereich der Karte in %			25,8	1,3	6,5	54,5	2,6	0,3	1,7	(ca. 3,7)	3,2	0,1	0,1	0,2
Stz. %, kombiniert aus jenen Gebieten, aus denen die meisten Pollen stammen			**33,5**	**0,8**	**10,8**	**37,6**	**2,2**	**0,8**	**1,3**	(ca. **8,8**)	**2,2**	**1,0**	**0,6**	**0,4**
Prozente der Pollen im Aletscheis			**39**		**12**	**28**	**2**	**3**	**3**	**7**	**1**	**4**	**1**	**0,5**
F_p			0,9		0,9	1,3	1,0	0,3	0,4	(ca. 1,3)	2,2	0,2	0,6	0,9

Bezirk 2 enthält mehr als zehnmal so viel bewaldete Fläche als 1. Die Arvenprozente sind der Zahl des Aletschspektrums schon näher. Aber alle übrigen Zahlen zeigen noch große Unterschiede von unserem Pollenspektrum. Es zeigt sich also, daß die Nahbezirke nicht ausschlaggebend für unser Pollenspektrum sind.

Es fällt weiter auf, daß der Bezirk 4 als einziger von allen Bezirken die Eichenpollen geliefert haben kann. Dagegen unterscheiden sich seine Wälder durch das Fehlen der Arve, die geringen Zahlen für Fichte usw. grundsätzlich von dem Bild, welches das Eisspektrum erwarten läßt. Die jenseits der Berner Alpen gelegenen Bezirke 13 und 14 haben relativ hohe Zahlen für Buche, die sich in keiner Weise im Aletschspektrum wiederfinden. Den Bezirken 3, 9, 11 und 12 fehlen die edlen Laubhölzer usw. So stellt sich heraus, daß keiner von allen Bezirken für sich allein das Aletschspektrum erzeugt haben kann.

Wenn wir nun die Gesamtheit der Wälder zum Aletschspektrum in Beziehung setzen, erhalten wir die in der Rubrik „Gesamtanteil der Stz. im Bereich der Karte in %“ angegebenen Zahlen. Jetzt ist schon eine weitergehende Übereinstimmung da. Das Pollendiagramm gibt also wirklich, wie der Pollenanalytiker erwartet, in grober Weise die Zusammensetzung der ganzen umgebenden Wälder wieder. Bei genauerer Prüfung fällt jedoch auf, daß die Arve im Pollendiagramm etwa doppelt so stark vertreten ist, und daß die oben erwähnten im Pollendiagramm deutlich ausgeprägten Eichenprozente im Gesamtwaldbild wieder auf ein Vierzigstel zusammenschrumpfen. Also auch hier bei genauerem Zusehen ein negatives Resultat: Das Eisspektrum kann nur zum Teil durch gleichmäßige Einstreuung von allen Seiten und aus verschiedenen Entfernungen entstanden sein.

So kommt man zwangsläufig dazu, der allseitigen Gesamtstreuung zwar den Haupteinfluß zuzuschreiben; etwa in dem Sinne, daß man sechs Zehntel des Gesamtspektrums auf sie zurückführt. Daneben muß aber eine besonders deutliche Einwirkung eines einzelnen Fernbezirkes eingerechnet werden: Es ist dies Bezirk 4, dem man etwa drei Zehntel im Gesamtspektrum zuschreiben muß. Das übrige ein Zehntel soll die schwache, aber immerhin in den Arvenprozenten noch deutliche Überbestreuung durch Nahpollen (Bezirk 1!) darstellen.

Die jetzt erhaltenen Stammzahlprozente (Rubrik „Stz. % kombiniert ...") entsprechen den Pollenzahlen aus dem Eis schon so weit, daß alle noch auftauchenden Differenzen nur mehr auf Verschiedenheiten der Pollenproduktion der Arten und der Flugfähigkeit der Pollen zurückgeführt werden können.

Aus der Verteilung der Wälder und Holzarten geht also deutlich hervor, daß das Pollenspektrum den gesamten umgebenden Wald nur grob widerspiegelt, daß die Nahbezirke nur wenig störend wirken, und daß ein bestimmter, im Mittel etwa 20 km entfernter, in geringer Meereshöhe liegender Bezirk durch seine Pollenstreuung das Gesamtbild einseitig verzerrt.

Nun drängt sich die Frage auf: Warum ist das Eisspektrum durch die Pollenstreuung gerade dieses Bezirkes speziell beeinflußt worden? Den Schlüssel für diese einseitig stärkere Bestreuung geben die Windverhältnisse.

4. Die Windverhältnisse zur Zeit der Pollenstreuung im Gebiet des Aletschgletschers.

Das Rhonetal ist das klassische Beispiel eines Alpenlängstals mit regelmäßigem Talwind. Die Häufigkeit des Talwindes nimmt vom März an rasch zu und ist bereits im April ungefähr so groß wie im Sommer; das Maximum fällt auf den Frühsommer. Der Talwind beginnt in den frühen Vormittagsstunden und erreicht zwischen fünfzehn und sechzehn Uhr sein Maximum, nämlich durchschnittlich 25 Stundenkilometer. Wird er durch allgemeine Westwindlage gefördert, so sind viel größere Geschwindigkeiten möglich. (Näheres über den Walliser Talwind s. Billwiller [1]).

Sowohl der Jahreszeit, als auch der Tageszeit nach fällt sein starkes Auftreten mit der Zeit der erhöhten Pollenabgabe der Bäume zusammen: Die Hauptblütezeiten sind die Monate April bis Juli. Die stärkste Pollenabgabe beginnt an schönen Tagen am Vormittag und dauert bis gegen den Mittag hin.

Auf dem Kärtchen S. 95 ist im Rhonetal eine Windrose eingezeichnet, die die im Rhonetal herrschenden Windhäufigkeiten durch

---

[1]) Billwiller, R.: Der Walliser Talwind. Annal. der Schweiz. Meteorol. Zentralanst., Jahrg. **1913**. Zürich 1914.

die Länge der betreffenden Strahlen graphisch wiedergibt. Das Winddiagramm ist nach dreizehnjährigen Messungen der Station Siders für die Monate April bis Juli gezeichnet. Es ergibt sich, daß außer dem Talwind aus dem SW und dem schon selteneren, ihm entgegengesetzten, meist nächtlichen Bergwind keine andere Windrichtung eine Rolle spielt.

Auf seinem 100 km langen Weg bis Brig hat der Talwind reichlich Gelegenheit, sich mit Pollen zu beladen, und findet hier folgende Situation vor: Oberhalb Brig verengt sich das Haupttal und seine Kraft nimmt von Brig an aufwärts deutlich ab. Nördlich von Brig liegt die Ausmündung jenes breiten U-Tals, das sich der ehemals größere Aletschgletscher bereitet hat. Es wird heute neben der Massa, dem Abfluß des Aletsch, auch noch vom Blindtalbach und dem Kehlebach durchflossen, und als Ganzes im folgenden „Massatal" genannt werden. Theoretisch ist anzunehmen, daß der in seiner Hauptrichtung gestaute Talwind eine Abzweigung Massa-aufwärts sende. Dabei würden die Pollen, mit denen der Rhone-Talwind gesättigt ist, geradenwegs ins Aletschgebiet hinauf gelangen. Der nachts vom oberen Rhonetal abwärts fließende Bergwind wird dagegen nicht in das Seitental einbiegen, erstens, weil er nur etwa ein Siebentel der Geschwindigkeit des Talwinds und den lokalen Bergwind des Massatals selbst gegen sich hat, zweitens, weil ihm der weit vorgeschobene Riegel des Riederhorns ein Einbiegen erschwert und das weite Rhonetal ihm als Abflußweg offensteht.

Um diese theoretischen Überlegungen zu prüfen, habe ich an Tagen mit typischem Rhone-Talwind im Massatal selbst nach diesem vermuteten Zweigwind gefahndet. Es wurden 17 Pilotballon-Aufstiege mit dem Theodoliten verfolgt und die Flugbahnen später berechnet. Die Beobachtungszeit waren die Mittagsstunden folgender Tage: 19. bis 21. August 1933 und 5. und 6. September 1933; alles Tage mit ausgesprochener Hochdruckzone über den Alpen. In die Karte S. 95 sind für vier Orte des Massatals je eine charakteristische Flugbahn eines Pilotballons eingezeichnet.

Die Ballonbahn von Birchegge zeigt als bodennahen Wind den Massa-Talwind. Etwa 500 m über dem Boden kommt der Ballon in Luftwirbel, die Geschwindigkeit nimmt zeitweise ab, nach einigem Schwanken geht der Ballon immer mehr ins Haupttal zurück und schwebt dann mit dem Rhone-Talwind nach Osten. Die Ballonbahn

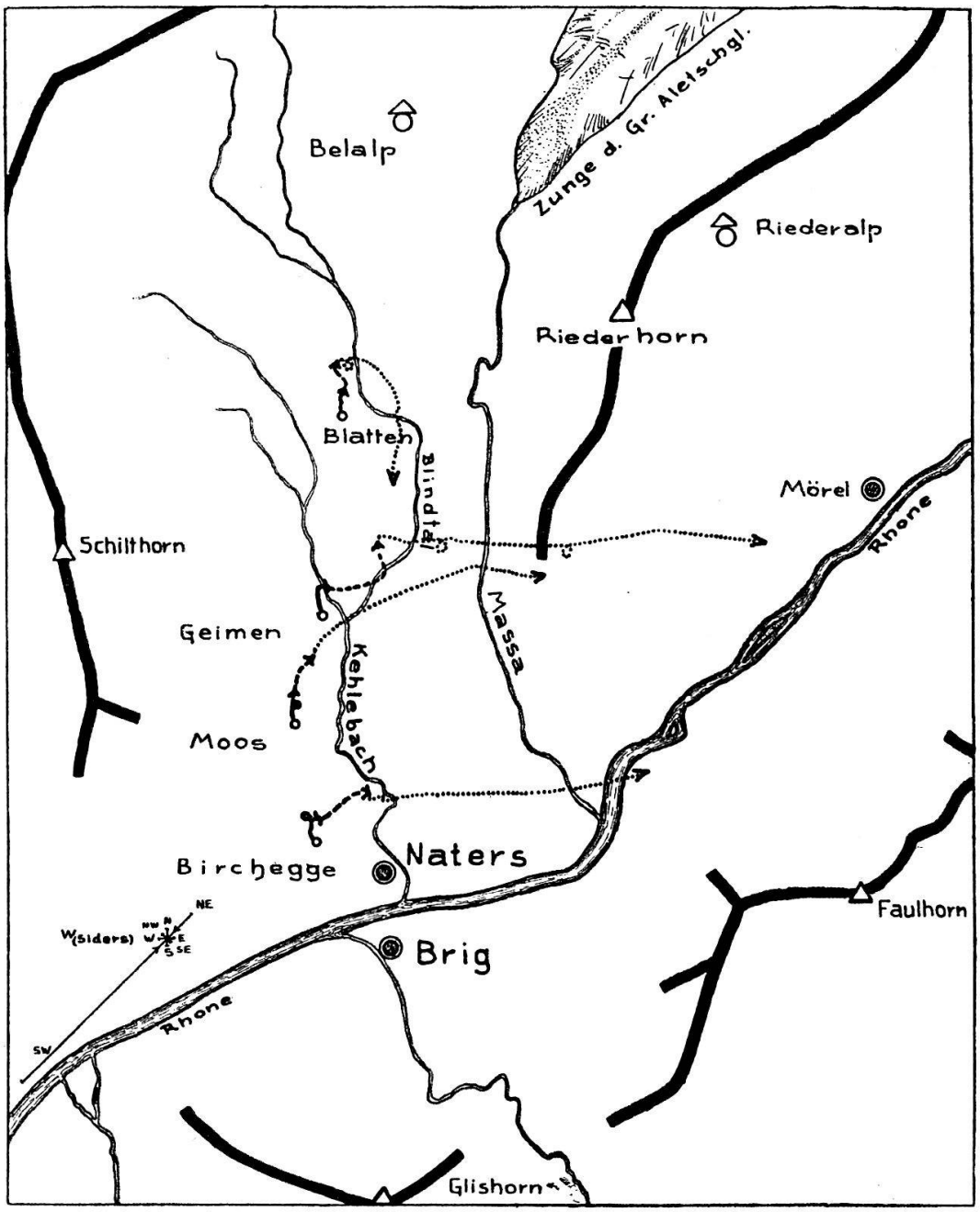

Abb. 2

Kartenskizze des Massatales

W = Graphische Darstellung der Windhäufigkeit im Rhonetal bei Siders. Für vier Orte des Massatales ist je eine charakteristische Ballonbahn eingetragen: 0–500 m über dem Boden = ausgezogene Linie. 500–1000 m über dem Boden = strichlierte Linie, darüberhinaus ist die Ballonbahn punktiert. 1 : 83 000.

von Moos zeigt prinzipiell ähnlichen Verlauf, nur ist — entsprechend der größeren Entfernung vom Haupttal — der lokale Talwind nun bis auf 1000 m über dem Boden wirksam, und das Einbiegen in das Haupttal erfolgt allmählicher. Die Flugbahn von Geimen zeigt den Kampf des lokalen und des Rhone-Talwindes um die Vorherrschaft. Oberhalb 500 m (über dem Boden) siegt bald die Saugwirkung des Rhone-Talwindes, bald der lokale Südwind, dessen Wirkung erst oberhalb 1000 m über dem Boden aufhört. Die allgemeine Windrichtung während diesen Beobachtungen war an den fünf Meßtagen nacheinander: NW-, SW-, W- und NE-Lage. (Nach den Aufzeichnungen der Station Jungfraujoch.) Besonders interessant ist demgegenüber die Flugbahn von Blatten. Der Ballonaufstieg stammt vom 5. September 1933, mittags. Jungfraujoch meldet um 13 Uhr 30 Minuten: Nordwind von ca. 23 Stundenkilometer Geschwindigkeit, Sion gleichzeitig den typischen SW-Wind von ca. 10 Stundenkilometer, also den deutlichen Rhonetalwind. Unbekümmert um diese Windrichtungen zeigt unser Ballon zunächst Südwind, also den lokalen Massa-Talwind (Geschwindigkeit 4 Stundenkilometer). Er kommt erst in etwa 1000 m Höhe über dem Boden in Luftwirbel, schwankt in einer Störungszone mit 1,7 bis 3 Stundenkilometer hin und her, kehrt um, und zeigt in größerer Höhe immer deutlicher den regionalen Nordwind an. Dabei steigt seine Geschwindigkeit auf 15 Stundenkilometer.

Im ganzen kann also gesagt werden, daß an jedem der fünf schönen Tage ein Zweigwind des Rhone-Talwinds Massa-aufwärts gegen den Gletscher hin weht, und zwar unbekümmert um die regional herrschende Windrichtung, in die der Lokalwind erst in 500 bis 1000 m Höhe über dem Boden umbiegt. Man darf annehmen, daß die Resultate der Messungen dieser fünf Tage zeitlich weitgehend verallgemeinert werden können, insbesondere im Hinblick auf die große Regelmäßigkeit, mit der der Walliser Talwind, als Initiant des Lokalwindes im Massatal, auftritt.

Nach Untersuchungen von Scheppegrell [1]), der im Flugzeug den Pollengehalt in verschiedenen Höhen über dem Boden feststellte, ist die Hauptmasse der Pollen in jenen Luftschichten enthalten, in denen im Massatal noch der Lokalwind herrscht. Er fand beispielsweise in

[1]) Scheppegrell, W.: Hey fever and asthma: cause, prevention and cure. 1922. (Zitiert n. Gutmann: Die Pollenallergie, München 1929.)

100 m Höhe 1234 Pollen, in 1000 m Höhe 1591 Pollen, in 1300 m Höhe nur mehr 169 und in 2000 m Höhe nur mehr 17 Pollenkörner (zitiert nach Boshart [1]).

5. Pollenspektrum und Vegetation. Der Faktor „F_p".

Von drei Seiten her kommen wir so an unser Problem der Pollenstreuung heran! Die Pollenfunde im Eis, die Verbreitung und Massenverteilung der Holzarten und die eigenartigen Windverhältnisse ergeben in gegenseitiger Kontrolle ein sehr bestimmt umrissenes Bild, das sich nur teilweise mit der bisherigen Anschauung deckt, welche meist lautet, daß wohl fast alle Pollenarten weit verfrachtet werden können, daß aber der Fernpollen innerhalb der Waldgebiete nie über 2–3% des Gesamtpollens ausmacht, und auch in der alpinen Stufe niemals ein Spektrum tieferer Waldstufen vortäuschen kann.

Würde man in der für Moordiagramme aus größeren Meereshöhen üblichen Weise nach den Zahlen unseres Eisspektrums die entsprechende Vegetation zu rekonstruieren suchen, so würde dieses rekonstruierte Bild von den tatsächlich festgestellten Verhältnissen in einigen wesentlichen Punkten abweichen. Die Waldgrenze würde höher eingeschätzt werden, Eichenbestände würden viel näher angenommen werden als in der der Wirklichkeit entsprechenden Entfernung von ca. 20 km. Man würde vor allem nicht aus dem Spektrum erkennen, daß die Pollenfundstätte in einem 500 km² großen, waldlosen Gebiet liegt, sondern in dieser Zone auf eine ziemliche Walddichte schließen.

Firbas [2]) schlägt vor, die Waldlosigkeit durch Berechnung der „Nichtbaumpollen" in Prozenten der Baumpollen nachzuweisen. Diese Methode scheint sich im flachen Lande gut zu bewähren. Er findet beispielsweise bei 10 bis 20 km Entfernung des Waldes im Mittel 438% Nichtbaumpollen, bei 38 bis 70 km entferntem Wald über 1000% Nichtbaumpollen. Wenn wir beim Aletsch das Gebiet der Hauptpollenspender in ca. 30 km Entfernung annehmen, so ist die Zahl von im Mittel 70% Nichtbaumpollen im Verhältnis zu den

---

[1]) Boshart, K.: Die Heufieberpflanzen. (Aus Gutmann: Die Pollenallergie.)

[2]) Firbas, F.: Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation waldloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. Planta **22**. Berlin 1934.

Zahlen Firbas' außerordentlich klein. Es ist dies der Armut der Feldschichtvegetation in der Nähe des ewigen Eises zuzuschreiben. Je weiter weg vom Wald die Probe entnommen wird, desto zahlreicher wird — so paradox das klingt — der Baumpollen gegenüber dem stark zurücktretenden Nichtbaumpollen, da die Spender beider Pollenarten einer nach dem andern zurückbleiben, der in großen Massen ausgestreute und sehr flugfähige Baumpollen aber auf längeren Flugstrecken den Nichtbaumpollen überholt.

Die starke Einstreuung von Kiefernpollen in allen bisher untersuchten Gletschern überrascht dagegen kaum. v. Post, Rudolph, Firbas, Overbeck u. a. haben wiederholt auf diese Fehlerquelle hingewiesen. Verschiedene Autoren halten sehr starke Einstreuung von Pinuspollen für ein Zeichen der Waldlosigkeit. Dieser Auffassung tritt Firbas (l. c.) entgegen. Für unser Gebiet scheint die Wahrheit in der Mitte zu liegen: Die Föhre ist zwar überrepräsentiert, aber lange nicht in dem Maße, daß sie die Pollenproduktion anderer Hölzer, die in ungefähr gleicher Entfernung vorkommen, überdecken könnte.

Nach Messungen Knolls [1]) haben Birken- und Haselpollen eine ebenso große Flugfähigkeit, wie die mit Luftsäcken ausgestatteten Föhrenpollen. Damit stimmt gut überein, daß alle drei im Aletscheis überrepräsentiert sind. Aber auch die Ulme ist etwas überrepräsentiert und am meisten die Eiche. Es kann dies auch mit starker Pollenproduktion zusammenhängen, so daß trotz des raschen Absinkens vieler Pollen doch noch unverhältnismäßig viele auf das Firnfeld gelangen. Die Fichte, Buche und Erle sind im Verhältnis zu ihrer Verbreitung im Pollenspektrum zu schwach vertreten. Außer der Fichte sind alle Nadelhölzer mehr oder weniger überrepräsentiert. Macht die Fichte deshalb eine Ausnahme, weil sie weniger häufig blüht, oder weil sie beim Blühen weniger Pollen produziert, oder hat ihr Pollen, der von allen in Frage kommenden Nadelhölzern relativ zum eigentlichen Pollenkorn die kleinsten Luftsäcke hat, eine größere Sinkgeschwindigkeit als die andern? Wenn diese Fragen vorläufig auch noch unbeantwortet bleiben müssen, so ist doch die Tatsache einer Fehlleistung der Pollenprozentzahl einer so wichtigen Art an sich schon wichtig genug für den Pollenanalytiker.

---

[1]) Knoll, F.: Über die Verbreitung des Blütenstaubes durch den Wind. Forschungen umd Fortschr. **8.** 1932. (Zitiert nach Firbas l. c.)

Der zahlenmäßige Ausdruck dieser Fehlleistung sind die in der untersten Rubrik der Tabelle mit F_p bezeichneten Faktoren. Sie ergeben sich durch einfache Division:

$$F_p = \frac{\text{Stammzahlprozente im Pollensendergebiet}}{\text{Pollenprozente der Ablagerung}}$$

Ist $F_p = 1$, so ist aus dem Pollendiagramm der Holzartenanteil direkt ablesbar, bei $F_p > 1$ ist die Pollenart unter-, bei $F_p < 1$ ist sie überrepräsentiert. Beim Lesen der Pollendiagramme ist dieser Faktor immer in Betracht zu ziehen. Genau wird er bei paläobotanischen Pollendiagrammen nie bekannt sein. Er kann nur, wie hier versucht wurde, aus gut überblickbaren rezenten Verhältnissen berechnet werden. Die so gefundenen Werte müssen dann vorsichtig auf die zu erforschenden Verhältnisse übertragen werden. Dabei ist zu beachten, daß F_p durchaus keine Konstante ist. Es ist für jeden Ort, jede Holzart verschieden. Ja, man muß sich damit abfinden, daß dieser Faktor desto vorsichtiger gehandhabt werden muß, je weiter in die Vorzeit zurück er in Analogie der heutigen Verhältnisse angewendet wird. Trotzdem brauchen wir ihn. Trotzdem müssen wir ihn auf möglichst vielen voneinander unabhängigen Wegen immer genauer zu umreißen suchen. Denn dieser Näherungswert ist der einzige Schlüssel, der uns helfen kann, die toten Prozentzahlen unserer Pollendiagramme aufzuschließen, und uns damit ein treffendes, lebendiges Bild der Vorzeitwälder zu geben.