

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 104 (1953)

**Heft:** 11-12

**Artikel:** Pollenspektrum und Baumartenmischung : Beobachtungen über den Pollenniederschlag auf dem Uetliberg bei Zürich im Jahre 1950

**Autor:** Leibundgut, H. / Marcet, E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767596>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

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

26. *Tanner, H.*: Über das Problem der Föhrenverjüngung. Schweiz. Ztschr. für Forstwesen, 1946.
27. *Tanner, H.*: Die Wälder am Rorschacherberg. Rorschacher Neujaarsblatt 1948.
28. *Vanselow, K.*: Natürliche Verjüngung im Wirtschaftswald. Neumann-Neudamm, 1931.
29. *Voegeli, H.*: Vom Mittelwald und seiner Umwandlung in Hochwald. Schweiz. Ztschr. für Forstwesen, 1947, Nr. 10/11.
30. *Voegeli, H.*: Der Mittelwald als Studienobjekt für waldbauliche Fragen. Schweiz. Ztschr. für Forstwesen, 1950, Nr. 10/11.
31. *Voegeli, H.*: Untersuchungen über die Verteilung von Stiel- und Traubeneichen in den Wäldern des Niederterrassengebietes von Rheinau und Ellikon am Rhein. Schweiz. Ztschr. für Forstwesen, 1951, Nr. 1.
32. *Weck, J.*: Dauerwirtschaft im Kiefernrevier. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 1940, Heft 4.
33. *Weck, J.*: Die Kiefer Ostelbiens und das Plenterprinzip. Schweiz. Ztschr. für Forstwesen, 1947, Nrn. 5 und 6.
34. *Wittich, W.*: Einzelstammwirtschaft im norddeutschen Kiefernwald. Ztschr. für Forst- und Jagdwesen, 1935, S. 176 ff.

## **Pollenspektrum und Baumartenmischung**

### **Beobachtungen über den Pollenniederschlag auf dem Uetliberg bei Zürich im Jahre 1950**

Von *H. Leibundgut* und *E. Marcet*

(Aus dem Institut für Waldbau der ETH)<sup>1</sup>

#### **1. Problemstellung**

(12.19:22.83)

Die Pollenanalyse hat sich als ausgezeichnetes Mittel zur Abklärung der großen postglazialen Klima- und Vegetationsfolgen erwiesen. Von *Post* (13), *Firbas* (3), *Erdtmann* (2), *Godwin* (4), *Lemée* (8), *Lüdi* (9), *Keller* (6), *Vareschi* (15), *Hesselman* (5), *Dengler* und *Scamoni* (1) und viele andere haben die pollenanalytischen Methoden zu verbessern und deren Fehlerquellen abzuklären und zu vermindern versucht. Abgesehen vom Umstand, daß der Pollen zahlreicher Waldbäume, wie Lärche, Eibe, Ahorn, Esche, Pappel, in Torfablagerungen schlecht oder überhaupt nicht konserviert wird, bewirken vor allem die Witterung (Wind!), die verschiedene Flugfähigkeit der einzelnen Pollenarten und der ungleiche Pollenertrag der Baumarten eine starke Verzerrung des auf dem Wege der Pollenanalyse erhaltenen Vegetationsbildes. Die bisherigen Untersuchungen zur näheren Bestimmung dieser Fehlerquellen wurden größtenteils in baumartenarmen oder forstlich eher einheitlichen Waldgebieten durchgeführt, so im Gebiet von Davos (*Lüdi* und *Vareschi*), Aletschgebiet (*Va-*

<sup>1</sup> Die vorliegende Untersuchung wurde durch den Wald- und Holzforschungsfonds ermöglicht.

reschi) und in deutschen Föhren- und Fichtengebieten (Dengler und Scamoni).

Die Pollenverbreitung hat außerdem in neuerer Zeit auch rein waldbauliches Interesse erlangt, namentlich im Zusammenhang mit der Frage nach der Bildung von Standortsrassen und der Auswahl von Samenerntebeständen. Wir haben uns daher im Sinne eines Vorversuches für eine spätere größere Arbeit die *Aufgabe* gestellt, in einem gemischten, natürlich aufgebauten Wald folgende Fragen abzuklären:

- a) Einfluß der Witterung auf den Pollenflug;
- b) Zusammenhang zwischen Pollenniederschlag und Baumartenmischung.

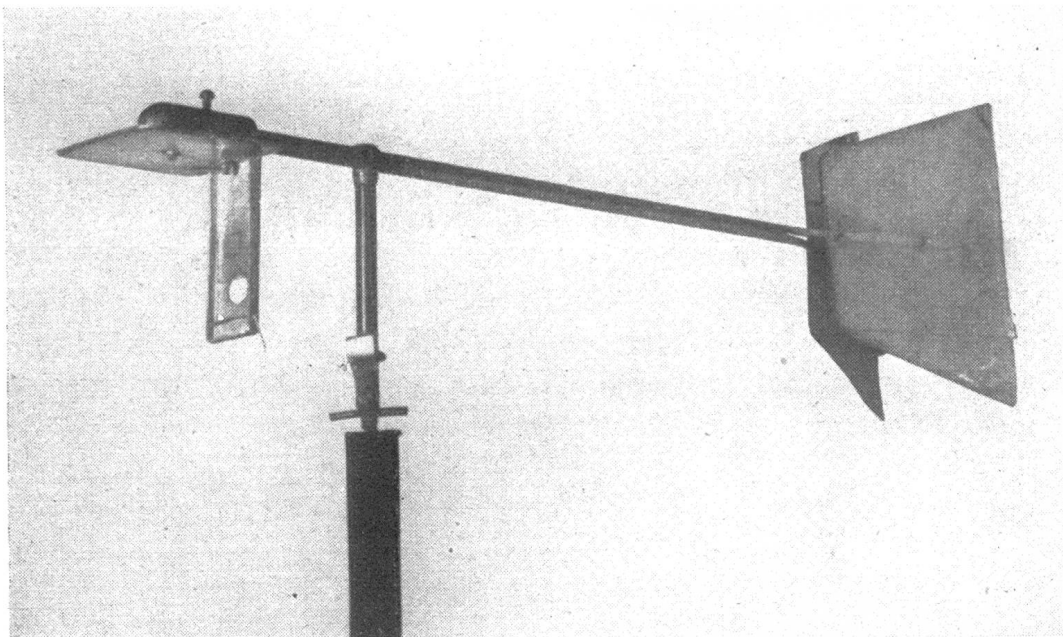
## 2. Untersuchungsgebiet und Methode

Für unsere Untersuchungen schien der Uetliberg bei Zürich besonders gut geeignet. Sein höchster Punkt, der Uto-Kulm, liegt auf 873,8 m ü. M. und bildet die nördlichste Kulmination der von Südosten nach Nordwesten laufenden Albiskette. In einem Umkreis von 1 km Entfernung ist das Gebiet zum größten Teil von natürlich zusammengesetzten Wäldern bestockt. Wir finden folgende *natürliche Waldgesellschaften* in diesem Umkreis (vgl. Leibundgut, 7):

Der Uetliberg liegt in jener Übergangszone, wo die Vegetation mit Sukzessionstendenz zum Eichen-Hagebuchenwald (*Querceto-Carpinetum*) der Hügelstufe und diejenige mit Sukzessionstendenz zum Buchenwald (*Fagetum*) der montanen Stufe aufeinandertreffen. Der Uetliberg selbst ist eine weit nach Norden vorgeschobene Position montaner Verhältnisse. Östlich und westlich davon dringt die Vegetation der Hügelstufe durch das Tal des Zürichsees und das Reppischtal bis zum Zugersee alpenwärts vor. Diese pflanzengeographische Lage des Uetliberges bringt einen starken Wechsel der orographisch und lokalklimatisch bedingten Waldgesellschaften. Über dem Albiskamm und teilweise auch an seinen Flanken stößt der *Buchenwald* bis über den Uetlibergkulm hinaus nach Norden vor. Es handelt sich hauptsächlich um den Vorland-Buchenwald (*Cariceto Fagetum finicola*). Der *Eichen-Hagebuchenwald* reicht im Nordwesten bis etwa 1 km in typischer Ausbildung an den Uto-Kulm heran (*Querceto-Carpinetum aretosum* und *Q.-C. luzuletosum*). An den Steilhängen gegen den Zürichsee und das Reppischtal stocken je nach Steilheit und Lokalexposition in mosaikartiger Verteilung der *Pfeifengras-Föhrenwald* (*Molinieto litoralis-Pinetum*), der *Eiben-Buchenwald* (*Taxeto-Fagetum*) und der feuchte *Ahorn-Eschenwald* (*Acereto-Fraxinetum caricetosum pendulae*). Diese Gesellschaft besetzt auch die nach Nordwesten weniger steil abfallenden Hänge.

Zur *Bestimmung des Pollenfluges* konstruierten wir nach den Angaben von Dengler und Scamoni (1) einen Pollenfangapparat

(Bild 1). Dieser besteht aus einer leichten, auf einem Messinglager gut drehbaren Windfahne aus Zinkblech mit Doppelschwanzflosse, an deren Luvseite eine Klemmvorrichtung zur vertikalen Befestigung eines Objektträgers angebracht war. Die dem Wind entgegengerichtete Seite dieses Objektträgers war mit einem Belag von Glyzeringelatine mit Methylgrünzusatz versehen, an dem die auffliegenden Pollen haften blieben und zugleich intensiv grün gefärbt wurden, was die nachfolgende mikroskopische Untersuchung erleichterte. Ein kleines Vordach über dem Objektträger schützte die am Belag haftenden Pollen vor Abwaschung durch steil einfallenden Regen.



*Bild 1: Pollenfangapparat*

Das für unsere Untersuchungen dienende Gerät wurde während der ganzen Blühperiode 1950 auf dem Dach des Restaurants Uto-Kulm aufgestellt. Den Geschwistern *Morgenegg* danken wir für die dazu erteilte Bewilligung und das große Verständnis für die täglichen Störungen während des ganzen Frühjahrs und Sommers 1950 durch unsere «Pollenfänger». Die exponierten Objektträger wurden täglich um 8 Uhr morgens durch neue ersetzt und sofort unter leichter Erwärmung mit einem Deckglas verschlossen. Auf jedem dieser Pollenpräparate wurde schließlich 1 cm<sup>2</sup> ausgewählt und auf diesem die Anzahl der verschiedenen Baumpollen bestimmt. Dabei konnten insgesamt 15 verschiedene Baumarten — 5 Nadelbäume und 10 Laubbäume — erfaßt werden. Für die Versuchsdauer von 119 Tagen (März bis Juni), wobei der 1. März sowie der 1. und 2. April ausfallen mußten, wurden total 20 531 Pollen

identifiziert. Es ist hervorzuheben, daß 1950 im Uetliberggebiet alle Baumarten reichlich blühten.

Für zahlreiche Ratschläge, vor allem bei der Herstellung der Vergleichspräparata durch Forstingenieur Dr. R. Karschon, sind wir Herrn Direktor Dr. W. Lüdi vom Geobotanischen Institut Rübel zu Dank verpflichtet.

### 3. Die Blühperiode der einzelnen Baumarten

Die Darstellung 1 veranschaulicht die Blühperioden und Intensität des Pollenniederschlags der 15 verschiedenen Baumarten sowie die während dieser Zeit von der EMZ registrierten Temperaturen in Tagesmitteln und Niederschläge in Tagessummen für die 6 km entfernte und 569 m ü. M. gelegene Meteorologische Station Zürich. Ihre Meereshöhe entspricht der mittleren Höhenlage unseres Waldgebietes.

Am 2. März, zu Beginn der Untersuchungen, standen *Hasel* und *Erle* bereits in Blüte, während die übrigen 13 Baumarten erst im Verlauf der 63tägigen Zeitspanne vom 9. März bis zum 10. Mai zum Stäuben kamen. Der von Anfang bis zum 31. März aufgefangene Erlenpollen stammt jedenfalls von Weißerlen, die zweite, «kleine» Periode vom 11. bis zum 25. Mai dagegen wohl von Schwarzerlen, die ja gewöhnlich später blühen.

Die Reihenfolge der verschiedenen Blühperioden, die sich ja nicht nur auf einzelne Bäume, sondern auf die ganze Variationsbreite innerhalb eines ausgedehnten Waldareals beziehen, bestätigt die bisherigen phänologischen Beobachtungen und läßt zwei extreme Gruppen von Baumarten unterscheiden, deren Hauptblühzeit vor bzw. nach Mitte April liegt. Früh stäuben *Hasel*, *Erle* (*Weißerle*), *Eibe*, *Ulme* und *Lärche*, verhältnismäßig spät *Buche*, *Nußbaum*, *Tanne*, *Fichte*, *Föhre*, *Ahorn* und *Eiche*. *Esche*, *Hagebuche* und *Birke* liegen zwischen diesen extremen Gruppen. Die 19tägige Schlechtwetterperiode vom 10. bis 28. April, welche 14 Tage mit Niederschlag (Tagesmittel 6,4 mm), eine mittlere Tagestemperatur von nur 6,1° C und eine mittlere relative Luftfeuchtigkeit von 74 % aufwies, hat das regelmäßige Aufeinanderfolgen des Blühbeginns der verschiedenen Baumarten unterbrochen und die Früh- und Spätblüher noch deutlicher getrennt. Die erste, durch den Versuch noch erfaßte 32tägige Periode vom 9. März bis zum 9. April weist dagegen nur 15 Tage mit Regen (Tagesmittel 1,4 mm), eine Durchschnittstemperatur von 7,1° C sowie eine mittlere relative Luftfeuchtigkeit von 66 % auf.

Die letzte, zwölf tägige Periode vom 29. April bis zum 10. Mai, während welcher schließlich die restlichen Bäume zum Blühen kamen, bildet den eigentlichen Beginn des warmen Frühjahrs wetters und weist nur fünf Tage mit Niederschlag (Tagesmittel 3 mm) sowie eine mittlere Temperatur von 12,7° C und eine mittlere Luftfeuchtigkeit von 67 % auf.

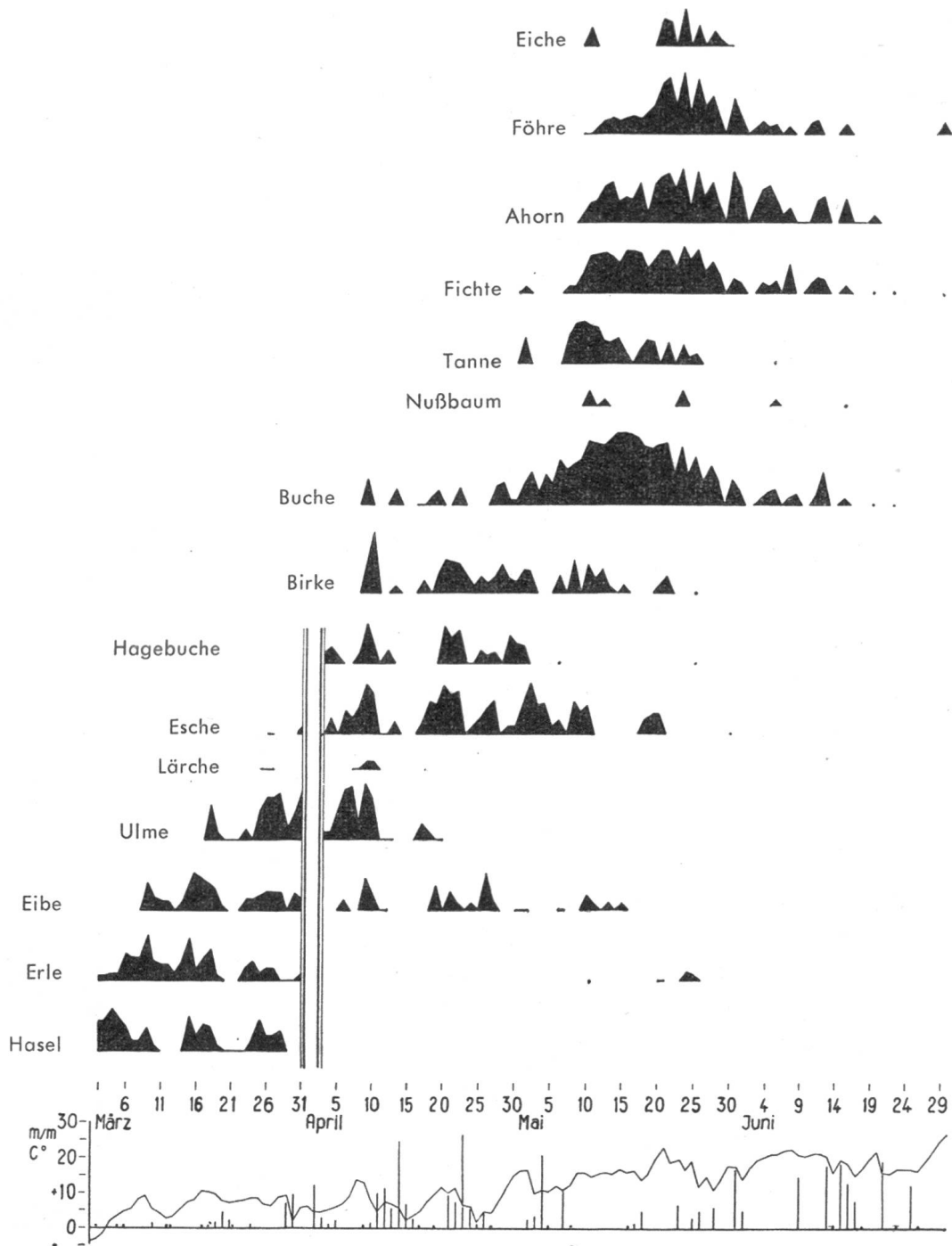
Feuchtes und regnerisches Wetter behindert die Pollenverbreitung ganz offensichtlich, schon deshalb, weil sich die nassen Antheren nicht öffnen können und außerdem der sich in der Luft befindende Pollen heruntergeregnet wird. Entscheidend ist dabei, ob der Niederschlag in Form eines kurzen Schauers niedergeht, was sich bei nachfolgendem Sonnenschein nicht sehr hemmend auf die Pollination auswirkt, oder ob ein sich in kurzen Zwischenräumen wiederholender oder während des ganzen Tages anhaltender Regen fällt, wodurch die Antheren ständig naß bleiben und keinen Pollen mehr entlassen können.

So ist es erklärlich, daß am 4. Mai trotz einer Niederschlagsmenge von 20,4 mm und trotz Niederschlag an beiden Vortagen noch 46 Pollen pro cm<sup>2</sup> gezählt werden konnten. Alle Pollenniederschlagsminima (z. B. weniger als 10 Pollen pro Tag und cm<sup>2</sup>) von Anfang März bis Mitte Juni wurden ausschließlich entweder an Tagen mit Regen beobachtet oder an solchen Tagen, die durch mindestens einen Vortag mit Regen gekennzeichnet sind. Von den insgesamt 21 «Minimatagen» wiesen 14 Tage sowohl Regen als auch mindestens einen regnerischen Vortag auf, drei Tage Regen ohne Regenvortage und vier Tage keinen Regen, aber mindestens einen regnerischen Vortag. Mit Ausnahme vom 29. Mai erreichte die Durchschnittstemperatur an einem «Minimatag» nie mehr als 9,5° C, und die relative Luftfeuchtigkeit fiel nie unter 69 %.

An Tagen, wo die untersuchten Baumarten (exkl. *Hasel*) im Verlauf ihrer Blühperioden den größten Pollenniederschlag ergaben, sank dagegen die mittlere Temperatur nie unter 7,4° C, die relative Luftfeuchtigkeit stieg nie über 70 % und die Niederschlagsmenge nie über 6,5 mm. Am 9. April zeigten zum Beispiel *Ulme*, *Esche*, *Hagebuche*, *Erle* und *Lärche* und am 23. Mai *Eiche*, *Walnuß*, *Ahorn*, *Fichte* und *Föhre* gleichzeitig das Tagesmaximum. Von den übrigen Baumarten wiesen *Eibe* am 15. März, *Birke* am 10. April, *Tanne* am 9. Mai und *Buche* am 15. Mai ein Maximum auf. Dieser Tag stellt gleichzeitig auch den pollenreichsten Tag der ganzen Periode 1950 dar, an dem 9,3 % des gesamten jährlichen Pollenniederschlages aufgefangen wurde. Allein auf die *Buche* fielen dabei 94,2 %!

Wenn wir die während der Monate März bis Juni abgestäubte Menge aller Waldbaumpollen mit der gesamten jährlichen Pollenproduktion dieser Bäume gleichsetzen, ergibt sich für das Jahr 1950 eine Pollenzahl von 20 531 pro cm<sup>2</sup>. Da sich jedoch der seitlich exponierte Objektträger stets jeder Windrichtung entgegengereht und die Pollen meist mit einem Einfallswinkel von mehr als 45° eintreffen, erhalten wir größere Pollenzahlen als beispielsweise auf die Horizontale einfallen würden. Unsere Zahlen können daher nur mit den auf gleiche Weise bestimmten Werten anderer Untersuchungen verglichen werden. Sie stellen aber jedenfalls keine Höchstwerte dar, haben doch D e n g l e r





*Darstellung 1*

Zeitlicher Verlauf und Intensität (logarithmisch) des Pollenniederschlages 15 verschiedener Baumarten vom März bis Juni 1950. (Unten: mittlerer Temperaturverlauf und Niederschläge)

und Scamoni (1) in Eberswalde auf analoge Weise allein 28 000 Föhrenpollen pro  $\text{cm}^2$  und Jahr ermittelt.

Wenn wir die zeitlich ziemlich stark begrenzte Empfängnisfähigkeit der weiblichen Organe, deren Kleinheit und oft ungünstige Lage

(*Pinaceen*) sowie die gute Haftfähigkeit der Pollen in Betracht ziehen, erscheinen diese Zahlen nicht so verschwenderisch, wie oft angenommen wird. Zudem bringen wir ja mit unserer Apparatur die aus verschiedenen Richtungen anfliegenden Pollen in *einer* Ebene zusammen, während bei einer gegebenen Windrichtung hauptsächlich nur der entsprechende Sektor, zum Beispiel eines Föhrenblütenstandes, bestäubungsfähig ist.

Abgesehen von diesen Vorbehalten würde das Gewicht des jährlichen Pollenniederschlages entsprechend den von P o h l (12) ermittelten Pollenkornengewichten 6,266 g/m<sup>2</sup> betragen, wobei für die unbekannteren Pollengewichte diejenigen ähnlicher, bekannter eingesetzt wurden.

Die Zeitspannen, während welcher Pollen der gleichen Art aufgefangen wurden, variieren von 21 Tagen bei *Eiche* bis zu 82 Tagen bei

Tabelle 1  
Pollenzahlen März bis Juni 1950 (ohne Hasel und Nußbaum)

Baumart	Blühdauer in Tagen	Aufgefangene Pollen pro 1 cm <sup>2</sup>									
		März (30 Tage)		April (28 Tage)		Mai (31 Tage)		Juni (30 Tage)		März-Juni (119 Tage)	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Erle . . . . .	>30	352	31,9	1	0,1	8	0,1	—	—	361	1,8
Ulme . . . . .	34	551	50,0	797	36,8	—	—	—	—	1 348	6,7
Esche . . . . .	56	5	0,4	735	34,0	330	2,0	—	—	1 070	5,3
Eibe . . . . .	68	191	17,4	116	5,4	15	0,1	—	—	323	1,6
Lärche . . . . .	24	3	0,3	7	0,3	1	0,0	—	—	11	0,1
Hagebuche . .	34	—	—	237	10,9	7	0,1	—	—	244	1,2
Birke . . . . .	47	—	—	205	9,5	107	0,6	—	—	312	1,5
Buche . . . . .	82	—	—	62	2,9	11 392	68,4	64	21,5	11 518	57,0
Ahorn . . . . .	42	—	—	3	0,1	1 427	8,6	152	51,0	1 582	7,8
Eiche . . . . .	21	—	—	—	—	132	0,8	—	—	132	0,6
Fichte . . . . .	60	—	—	—	—	1 085	6,5	53	17,8	1 138	5,6
Tanne . . . . .	25	—	—	—	—	355	2,1	1	0,3	356	1,8
Föhre . . . . .	52	—	—	—	—	1 783	10,7	28	9,4	1 811	9,0
<b>Total</b>	—	<b>1103</b>	<b>100,0</b>	<b>2163</b>	<b>100,0</b>	<b>16 642</b>	<b>100,0</b>	<b>298</b>	<b>100,0</b>	<b>20 206</b>	<b>100,0</b>

*Buche*. Obwohl zwar nie alle Blüten eines Baumes gleichzeitig stäuben, sind die Unterschiede wohl weniger auf solche der absoluten Pollenproduktion zurückzuführen, als auf die mengenmäßige Verteilung einer Baumart in einem größeren Gebiet und damit auf die Verschiedenheit der von ihr bestockten Standorte. Während die *Buche* beispielsweise die Uetlibergänge von 500 bis 870 m ü. M. überall reichlich bestockt, tritt die *Eiche* über 700 m und am Nordhang ganz allgemein zurück. Bei



*Birke* und *Eibe* dürfte neben dem Vorkommen in verschiedenen Expositionen und Höhenlagen des Uetliberges auch die große Flugfähigkeit der Pollen zur langen Blühdauer beitragen, die aus Tabelle 1 und Darstellung 1 hervorgeht.

#### 4. Zusammenhang von Pollenniederschlag und Baumartenmischung

Die in Tabelle 2 angegebene Baumartenvertretung beruht auf den Angaben der Wirtschaftspläne für den Stadtwald von Zürich, den Lehrwald der ETH, den Korporationswald Ringlikon und auf Schätzungen für die Privatwaldparzellen an der West- und Südwestflanke des Uetliberges. Bevor wir auf einen Vergleich der Baumartenmischung und des Pollenspektrums eintreten, sollen jedoch einige Fehlerquellen näher beleuchtet werden:

Tabelle 2

Prozentuale Verteilung der Baumarten nach Stammzahl  
(Umkreis von einem Kilometer von Restaurant Uto-Kulm)

Sektor	Eiche	Föhre	Bergahorn	Tanne	Fichte	Buche	Birke	Hagebuche	Esche	Lärche	Ulme	Eibe	Erle
I (E-NE)	3	5	22	2	13	27	0,5	0	13	0	2	11	0,5
II (NE-N)	3	11	12,5	0,5	22	22	1	0,2	9	0,1	0,5	18	0,2
III (N-NW)	3	5	14	0,5	31,5	25	1	0,5	15	0,5	1,0	1,0	2
IV (NW-W)	9	25	16	0	10	22	0,5	0	15	0	0	1	1,5
V (W-SW)	5	40	12	0	5	22	1	0	12	0	0	1	2
VI (SW-S)	7	30	14	0	4	24	1	0	15	0	0	2	3
VII (S-SE)	3	26	17	0	6	25	1	0	18	0	0	3	1
VIII(SE-E)	4	6	23	1	13	25	0	0	16	0	3	9	0
	5,0	10,6	13,7	6,4	24,6	20,7	1,0	0,6	12,0	0,2	1,8	2,4	1,0

- a) Die Stammzahlen geben die Mischungsgrade schlechter wieder, als dieses zum Beispiel beim Massenanteil der Fall wäre. Die Massenberechnung erfolgte aber in den Wirtschaftsplänen nicht nach Baumarten getrennt. Außerdem beziehen sich die Stammzahlen nur auf Bäume mit wenigstens 16 cm Brusthöhendurchmesser, wobei einzelne Arten, wie Eibe und Erle, schon bei viel schwächeren Dimensionen reichlich blühen, während andere, wie Eiche und Buche, in der Regel noch kaum fruktifizieren.
- b) Ein wesentlicher Mangel besteht ferner darin, daß sich die Beobachtungen über den Pollenflug nur auf eine Blühperiode erstrecken.

Die spezifischen Unterschiede in der jährlichen Pollenproduktion der einzelnen Baumarten sind aber bedeutend.

- c) Ein weiterer Fehler (5) stellt die ungleiche Entfernung der Pollenspende vom Auffangapparat dar, wodurch eine übermäßige Pollenvertretung der Bäume der näheren Umgebung («Nahpollen») verursacht werden kann.
- d) Wirkungsvollere Fehlerquellen verursachen die Windverhältnisse, indem die Zusammensetzung des Pollenspektrums sowohl qualitativ, entsprechend der Baumartenmischung des in der Windrichtung liegenden Waldteiles, als auch quantitativ durch die Windstärke und Luftfeuchtigkeit beeinflusst wird.
- e) Schließlich ist zu beachten, daß die verschiedenen Pollenarten verschieden schwer und groß sind, voneinander abweichende Sinkgeschwindigkeiten aufweisen und daher bei gleichen Windverhältnissen verschieden weit verbreitet werden. Der Zusammenhang von Pollenkorngewicht, Sinkgeschwindigkeit und Flugweite geht zum Beispiel für vier verschiedene Pollenarten aus Tabelle 3 hervor. Die Berechnung der Flugweite nach Rombakis (14) stellt dabei u. a. auf die Sinkgeschwindigkeit der Pollen, den Massenaustausch (A), die Dichte der Luft und die Windgeschwindigkeit (U) ab, wobei die aufgeführten Werte nicht etwa die oberste Grenze, sondern die wahrscheinliche Flugbahn angeben, unter- und oberhalb deren sich die Hälfte der Pollen bewegt.

Tabelle 3

Pollenkorngewicht, Sinkgeschwindigkeit und Flugweite von Pollen

Pollenart	Pollenkorngewicht nach Pohl (12) $\times 10^{-9}$ g	Sinkgeschwindigkeit nach Pohl (12) cm/s	Flugweite nach Rombakis (14) für $U = 4$ m/s $A = 20$ g/cm/s km
Fichte .....	72,76	5,96	1,8
Buche .....	36,97	4,88	2,7
Birke .....	6,09	1,52	27,6
Eibe .....	4,13	1,02	61,4

Das in Tabelle 4 enthaltene Verhältnis  $F_p$  von  $\frac{\text{Stammzahlprozent}}{\text{Pollenprozent}}$  gibt Aufschluß über die Abweichung von Stammzahl- und Pollenvertretung.  $F_p > 1$  bedeutet eine Untervertretung der betreffenden Pollenart,  $F_p < 1$  eine Übervertretung.

Tabelle 4  
Pollenhäufigkeit und Baumartenmischung

Baumart	Anteil an Pollenzahl % (1)	Anteil an Stammzahl % (2)	$F_p \left( \frac{2}{1} \right)$
Erle .....	1,8	1,0	0,6
Ulme .....	0,7	1,8	0,3
Esche .....	5,3	12,0	2,3
Eibe .....	1,6	2,4	1,5
Lärche .....	0,1	0,2	2,0
Hagebuche .....	1,2	0,6	0,5
Birke .....	1,5	1,0	0,7
Buche .....	57,0	20,7	0,4
Ahorn .....	7,8	13,7	1,8
Eiche .....	0,6	5,0	8,3
Fichte .....	5,6	24,6	4,4
Tanne .....	1,8	6,4	3,6
Föhre .....	9,0	10,6	1,2
Total	100,0	100,0	1,0

Sowohl nach Anzahl als auch nach Stärke tritt die Untervertretung vieler Baumarten hervor, nämlich Eiche, Fichte, Tanne, Esche, Lärche, Ahorn, Eibe und sogar Föhre. Übervertreten sind die Pollen von Ulme, Buche, Hagebuche, Erle und Birke. Auf solche Unterschiede wurde bereits in Untersuchungen von Pohl (11) hingewiesen, der die durchschnittliche Pollenzahl von zehnjährigen Zweigsystemen berechnete und auf die Reisigmasse eines hektargroßen Reinbestandes erster Bonität übertrug. Diese «Pollenverhältniszahlen» sind aus Tabelle 5 ersichtlich.

Tabelle 5  
Pollenverhältniszahlen nach Pohl (11)

Baumart	Bestandesalter	Pollenverhältniszahl
Föhre .....	120	12 910 095 300
Fichte .....	120	10 990 100 000
Bergahorn .....	—	10 416 903 588
Erle .....	80	6 952 118 000
Hagebuche .....	120	5 906 064 448
Birke .....	80	5 569 617 500
Eiche .....	140	3 551 503 168
Buche .....	120	2 044 739 928

Auch wenn wir die Angaben P o h l s nach der Stammzahl pro ha auf den Einzelbaum umrechnen, ergibt sich in der Reihenfolge der Vertretung der Arten nach der Pollenmenge nur eine geringe Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen. Bezogen auf die Stammzahl ergibt sich folgende Reihenfolge der Baumarten:

Pollenverhältniszahl (nach P o h l) Stammzahl pro ha (n. Ertragstafel)	nach Beobachtungen auf Uetliberg ( $F_p$ -Wert)
Föhre	Buche
Fichte	Erle
Erle	Birke
Eiche	Föhre
Birke	Fichte
Buche	Eiche

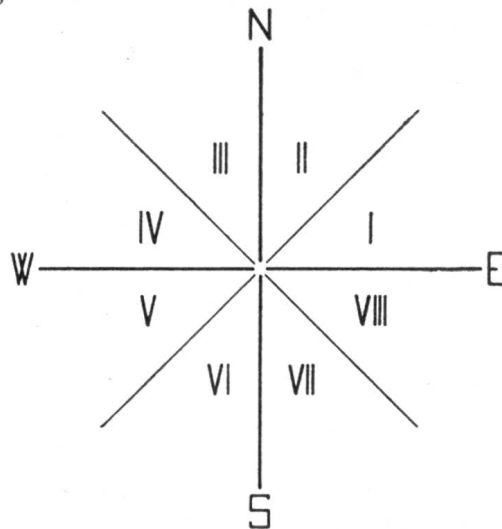
Diese Unterschiede sind vor allem zu erklären durch unsere nur einjährige Beobachtungsdauer, die starke Auswirkung der verschiedenen Sinkgeschwindigkeit der Pollen, den ungleichen Anteil der Fernpollen und die Windeinflüsse.

Auffallend ist der Umstand, daß die hauptsächlich am Westhang des Uetliberges vertretene *Föhre* relativ *schwach* repräsentiert ist, ebenso die vorwiegend in den tieferen Hanglagen verbreiteten *Eichen* und *Fichten*. Die *Buche*, welche im oberen Gebiet um Uetliberg-Kulm allgemein stark hervortritt, ist überrepräsentiert. Dazu mag auch beitragen, daß sich im Süden des Uetliberges ausgedehnte Buchenwälder erstrecken (Sihlwald), von denen ein erheblicher Anteil Fernpollen zu erwarten war, worauf ja auch die «lange Blühdauer» der Buche hindeutet. Beim *Ahorn* dürfte der Umstand wesentlich sein, daß seine Pollen meist zu kleinen, die Verbreitung herabsetzenden Klumpen verklebt sind (Insektenbestäubung). Bei der *Eibe* könnte die Unterrepräsentierung im Zusammenhang mit der Zweihäusigkeit stehen, indem das Pollenprozent ja nur den männlichen Exemplaren entspricht, während durch die Kluppierung beide Geschlechter erfaßt wurden. Bei *Birke* und vor allem bei *Hagebuche* und *Erle* dürfte schließlich für die Übervertretung der Umstand eine Rolle spielen, daß sie schon bei Stärken unter 16 cm reichlich blühen.

**5. Der Einfluß des Windes auf das Pollenspektrum**

Nach Angaben der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich wurde für jeden Tag eine Hauptwindrichtung angenommen (Windrichtung um

12 Uhr 30). Es wurden dabei acht Sektoren, entsprechend der nachstehenden Skizze, gebildet:



Winde der Hauptrichtungen wurden gleichmäßig auf beide Sektoren verteilt, ebenso aus diesen Richtungen angeflogene Pollen.

In der Tabelle 6 ist für die jeweilige Blühdauer der einzelnen Arten die prozentuale Verteilung der Winde und des Pollenanfluges auf die gebildeten acht Sektoren zusammengestellt.

Tabelle 6

Verteilung der Windrichtung und des Pollenanfluges nach Sektoren

Baumart	W = Wind- prozent P = Pollen- prozent	Sektor							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Buche .....	P	27	20	7	15	18	9	—	4
	W	20	14	8	15	19	17	4	3
Ulme .....	P	23	39	6	2	24	6	—	—
	W	13	18	4	20	24	18	3	—
Esche .....	P	10	6	1	19	53	8	2	1
	W	14	12	7	20	24	17	4	2
Hagebuche ..	P	6	—	—	24	54	16	—	—
	W	8	2	2	23	33	30	—	2
Ahorn .....	P	32	26	13	13	8	6	1	1
	W	21	19	10	9	24	10	3	4
Fichte .....	P	31	19	11	9	19	7	0	4
	W	20	20	9	13	18	13	3	4
Tanne .....	P	28	44	3	2	10	6	—	7
	W	26	24	10	7	17	12	2	2
Föhre .....	P	45	32	13	3	5	1	1	—
	W	20	23	13	13	17	11	3	—
Eibe.....	P	13	9	—	15	30	28	4	1
	W	19	9	1	21	25	17	5	3

Aus der graphischen Darstellung 2 geht die starke Abhängigkeit des Pollenanteils von der Windrichtung und damit die Beeinflussung des Pollenspektrums durch die lokalen Verhältnisse deutlich hervor. Das Überschneiden der Kurvenbilder zeigt andererseits, daß die aus den verschiedenen Richtungen angewehrte Pollenmenge aber absolut und relativ doch sehr verschieden ist. Die mit der Windrichtung zusammenhängende Witterung und die ungleiche Baumartenmischung in den verschiedenen Sektoren spiegeln sich in diesen Zahlen wider. Ein Vergleich der Tabellen 6 und 2 läßt erkennen, daß die *Föhre* in den Sektoren I—III (N—NE) stark überpräsentiert, in den Sektoren IV—VIII (W—SW) dagegen untervertreten ist. Dieses hängt jedenfalls auch damit zusammen, daß sich nach M a r c e t (10) bei der *Föhre* die Antheren nur bei geringer Luftfeuchtigkeit öffnen. Auch *Bergahorn* und *Buche* sind im N—NE-Sektor übervertreten. *Esche* und *Eibe* dagegen erscheinen im Westsektor übervertreten, wobei unter Umständen die zur Blütezeit vorherrschende Windrichtung einen wesentlichen Einfluß ausübt. Bei den meisten anderen Baumarten ist der Mischungsanteil zu klein, um für die einzelnen Sektoren Schlüsse zu ziehen.

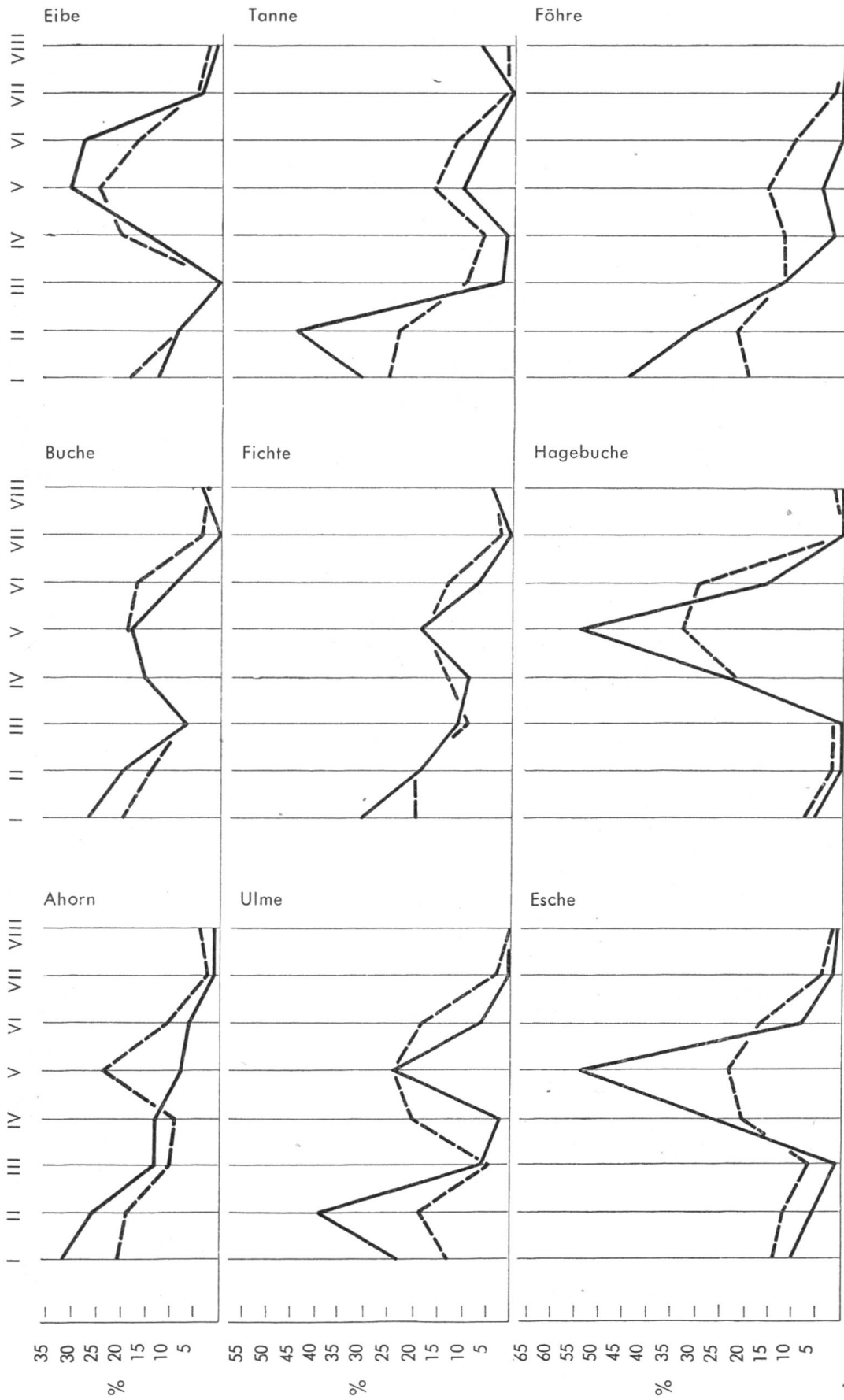
In der Tabelle 7 und Darstellung 3 wird für die einzelnen Quadranten das Verhältnis Pollenhäufigkeitsprozent : Windhäufigkeitsprozent zusammengefaßt ( $P_w$ ). Wird diese Verhältniszahl  $P_w$  in Beziehung gebracht zum prozentualen Stammzahlanteil der einzelnen Baumarten, erhalten wir einen guten Ausdruck für die *relative Pollenhäufigkeit* (Tabelle 8, Darstellung 4). Abgesehen von zufälligen Unregelmäßigkeiten zeigt sich eine allgemein schwache Pollenhäufigkeit aus dem Südostquadranten. Der starke Anteil der *Föhrenpollen* aus dem Nordostquadranten tritt besonders deutlich hervor, ebenso das Vorherrschen der *Eibenpollen* aus dem Nordwest- und Südwestquadranten.

Tabelle 7

Verhältnis Pollenhäufigkeitsprozent: Windhäufigkeitsprozent

Baumart	Sektoren			
	I/II	III/IV	V/VI	VII/VIII
Buche . . . . .	1,38	0,96	0,75	0,57
Hagebuche . . . . .	0,60	0,96	1,11	—
Esche . . . . .	0,62	0,74	0,49	0,50
Ulme . . . . .	2,00	0,33	0,71	—
Ahorn . . . . .	1,45	1,37	0,41	0,28
Fichte . . . . .	1,25	0,91	0,84	0,57
Tanne . . . . .	1,44	0,29	0,55	1,75
Föhre . . . . .	1,79	0,62	0,21	0,33
Eibe . . . . .	0,78	0,68	1,38	0,62

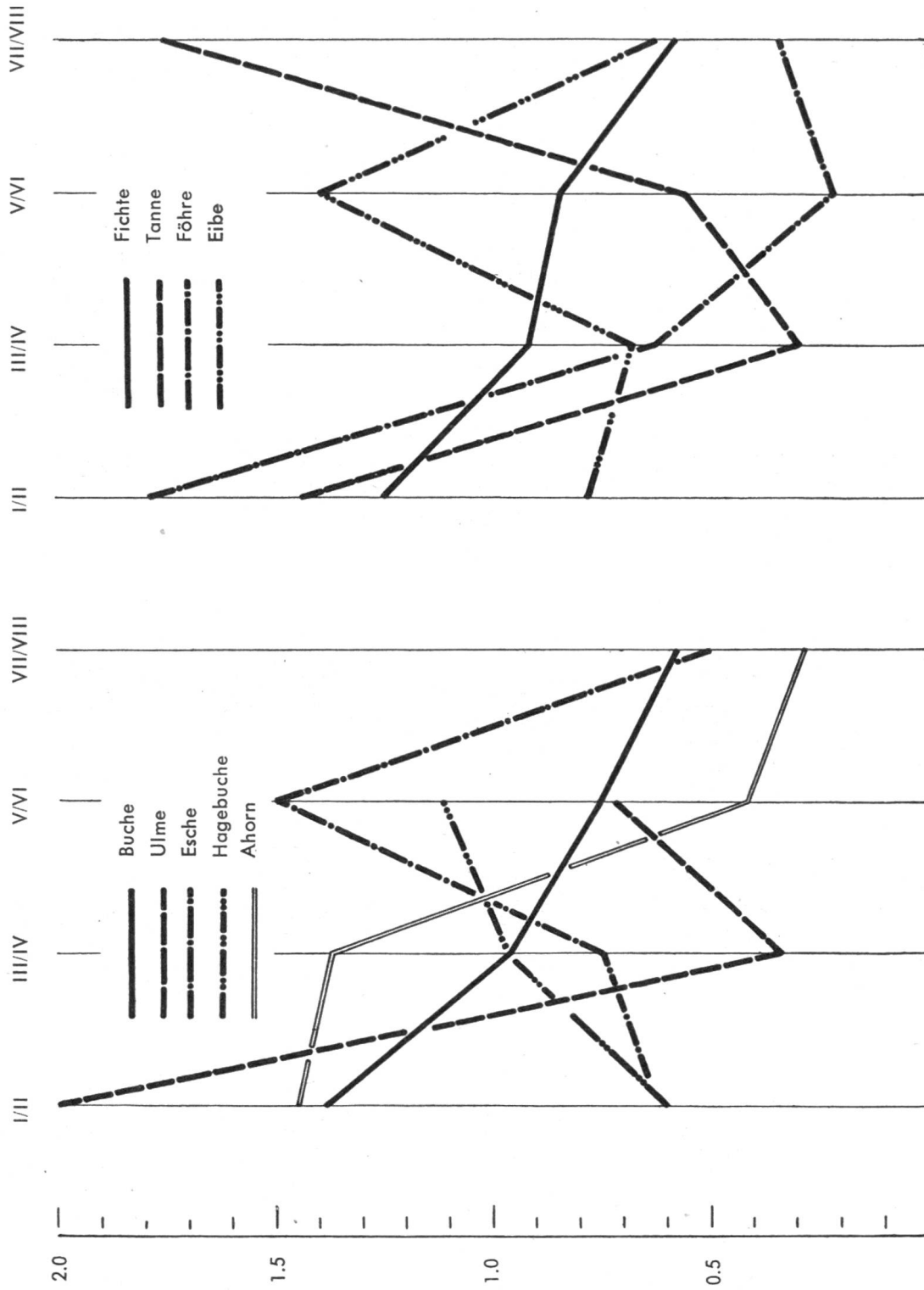




Darstellung 2

Abhängigkeit des Pollenanteils von der Windrichtung

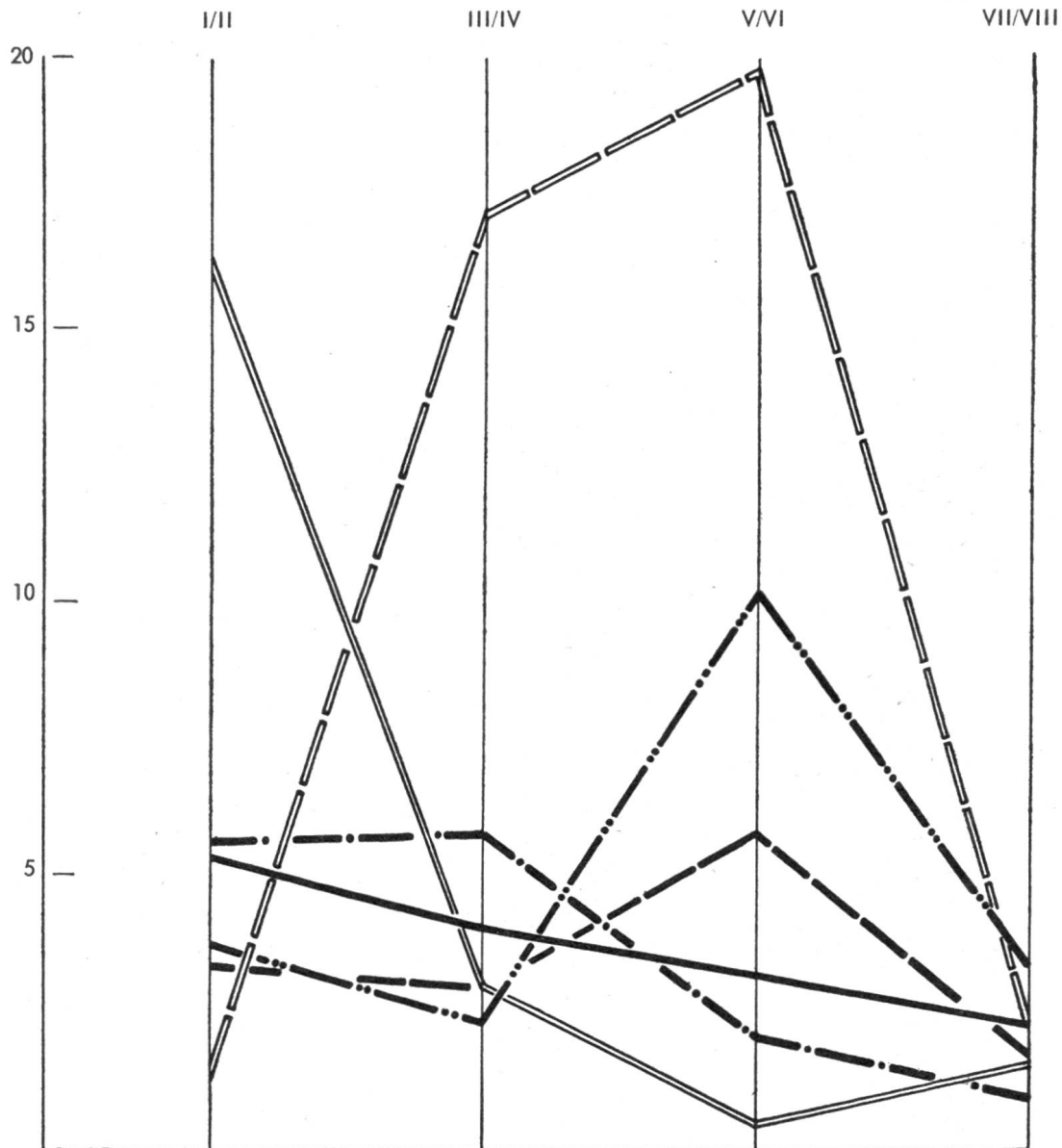
—— Pollenprozentage aus den verschiedenen Sektoren    - - - - - Prozentuale Windhäufigkeit in den verschiedenen Sektoren  
 (Die acht Hauptwindrichtungen sind auf die beiden benachbarten Sektoren verteilt)



Darstellung 3

Verhältnis  $\frac{\text{Pollenhäufigkeitsprozent}}{\text{Windhäufigkeitsprozent}}$

Darstellung 4  
Relative Pollenhäufigkeit



- |   |       |   |        |
|---|-------|---|--------|
|  | Buche |  | Fichte |
|  | Esche |  | Föhre  |
|  | Ahorn |  | Eibe   |

Tabelle 8

## Relative Pollenhäufigkeit

(Pollenhäufigkeitsprozent · 100/Windhäufigkeitsprozent · Stammzahlprozent)

Baumart	Sektoren			
	I/II	III/IV	V/VI	VII/VIII
Buche .....	5,3	4,0	3,1	2,2
Esche .....	3,3	2,9	5,7	1,7
Bergahorn .....	5,6	5,7	2,0	0,9
Fichte .....	3,7	2,3	10,0	3,2
Föhre .....	16,3	3,1	0,4	1,5
Eibe.....	1,2	17,0	19,7	2,4

Zusammenfassend dürfen wir feststellen, daß der lokale Pollenflug die quantitative Baumartenmischung des umgebenden Waldes nur in einem sehr weiten Rahmen erfassen läßt, vor allem auch deshalb, weil die Windverhältnisse und die damit verbundene Luftfeuchtigkeit offenbar einen sehr starken Einfluß ausüben.

## 6. Folgerungen

Die Untersuchung des Pollenfluges ist außerordentlich zeitraubend und würde mehrere Pollenfanggeräte an mehreren Stellen erfordern, um quantitative Zusammenhänge mit der Baumartenmischung abzuleiten. Außerdem sollten mehrere Blühperioden erfaßt werden. Schwach vertretene Baumarten treten unter Umständen im Pollenspektrum infolge günstiger Windeinflüsse und guter Flugfähigkeit der Pollen stark hervor, während häufige Arten bei ungünstigen Bedingungen oft untervertreten erscheinen. In ausgedehnten, ebenen und einheitlich zusammengesetzten Wäldern mögen diese Einflüsse weniger bedeutend sein als in einem stark gegliederten Gelände mit mosaikartig und kleinflächig verteilten Waldgesellschaften wie in der Schweiz. Umfassende Untersuchungen in der vorliegenden Art dürften eine wertvolle Grundlage für die Erklärung der fossilen Pollendiagramme bilden und den Wert der Pollenanalyse noch bedeutend erhöhen.

*Literatur* (umfassendes Literaturverzeichnis siehe in *Firbas*)

1. *Dengler, A., und Scamoni, A.*: Über den Pollenflug der Waldbäume. Zschr. f. d. ges. Forstwesen, 1944.
2. *Erdtmann, G.*: An Introduction to Pollen Analysis. Waltham, 1943.
3. *Firbas, F.*: Waldgeschichte Mitteleuropas. I. Allgemeine Waldgeschichte. Jena 1949.

4. *Godwin, H.*: Pollenanalysis. An outline of the problems and potentialities of the method. *New Phytologist*, **33**, 1934.
5. *Hesselman, H.*: Über die Verbreitungsfähigkeit des Waldbaumpollens. *Medd. fr. Statens Skogsförsöksanst.*, **16**, Stockholm 1919.
6. *Keller, P.*: Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer Mooren und ihre florensgeschichtliche Deutung. *Veröff. d. Geobot. Instituts Rübel*, 1928.
7. *Leibundgut, H.*: Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten natürlichen Waldgesellschaften in der Schweiz. *Eidg. Dept. d. Innern, Insp. f. Forstwesen, Jagd und Fischerei*, 1951.
8. *Lemée, G.*: La méthode de l'analyse pollinique et ses apports à la connaissance de temps quaternaires. *Ann. biol.*, **24**, 1948.
9. *Lüdi, W.*: Die Pollensedimentation im Davoser Hochtale. *Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel*, 1937.
10. *Marcet, E.*: Pollenuntersuchungen an Föhren (*Pinus silvestris* L.) verschiedener Provenienz. *Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw.*, Bd. XXVII, 1951.
11. *Pohl, F.*: Die Pollenerzeugung der Windblütler. *Beih. z. bot. Centralbl.* 56 A, 1937.
12. — Die Pollenkorngewichte einiger windblütiger Pflanzen und ihre ökologische Bedeutung. *Beih. z. bot. Centralbl.* 57 A, 1937.
13. *Post, L.*: The prospect for pollen analysis in the study of the Earth's climatic History. *New Phytologist*, **45**, 1946.
14. *Rombakis, S.*: Über die Verbreitung von Pflanzensamen und Sporen durch turbulente Luftströmungen. *Zschr. f. Meteorologie*, **1**, 1947.
15. *Vareschi, V.*: Pollenanalysen aus Gletschereis. *Ber. Geobot. Forschungsinstitut Rübel*, 1935.

## Résumé

### Spectres polliniques et mélange des essences

L'analyse pollinique fournit une image de la végétation déformée par les conditions météorologiques (vent!) et par les différences entre l'abondance et les caractéristiques aérodynamiques du pollen des essences forestières. C'est pourquoi une étude de l'influence du temps sur le transport du pollen et des relations entre le dépôt de pollen et le mélange des essences présente un vif intérêt non seulement pour l'histoire de la végétation, mais aussi pour la connaissance des possibilités de croisement chez les arbres anémophiles.

Au cours d'une enquête préliminaire, effectuée pendant la floraison de 1950, de mars à juin, dans une forêt mélangée naturelle sur l'Uetliberg près de Zurich à 873,8 m d'altitude, on a récolté un échantillon du dépôt journalier de pollen à l'aide d'une espèce de girouette. On a recueilli en tout 20 531 grains de pollen de quinze essences. On a constaté que la longueur et l'intensité de la floraison des différentes essences sont en étroite corrélation avec les précipitations et la température. Le dépôt de pollen reflète mal le mélange des essences dans les forêts voisines. La répartition des pollens dépend fortement de la direction journalière du vent principal et, par conséquent, des conditions locales.

La meilleure expression pour la fréquence relative des pollens s'obtient en comparant le rapport fréquence centésimale des pollens : fréquence centésimale du vent avec la répartition centésimale du nombre de tiges des essences.

Trad.: J.-B. C.