

Tharandter Jahrb. 77, 225—232 (1926). — 5. DELLINGSHAUSEN, M. V.: Der Anteil fremden Pollens bei der Befruchtung in einer *Birkensamen*plantage. Z. Forstgenetik 3, 52—54 (1954). — 6. DENGLE, A., und SCAMONI, A.: Über den Pollenflug der Waldbäume. Z. ges. Forstwesen 76/70, 136—155 (1944). — 7. FALL, E.: Skogsträdens fruktsättning. Flygblad nr 68 och 69, Stat. Skogsforskningsinst. 1953 och 1954. — 8. GLOYNE, R. W.: Some effects of shelterbelts upon local and micro climate. Forestry 27 (1954). — 9. HESSELMAN, H.: Jakttagelser över skogsträdspollens spridningsförmåga. Medd. Stat. Skogsförsoöksanst. 16, 27—60 (1919). — 10. JOHNSON, H., KIELLANDER, C. L., och STEFANSSON, E.: Kottutveckling och fröbeskaffenhet hos ympträd av tall. Sv. Skogsvårdsför. Tidskr. 51, 358—389 (1953). — 11. LANGNEH, W.: Eine Mendelspaltung bei Aurea-Formen von *Picea abies* als Mittel zur Klärung der Befruchtungsverhältnisse im Walde. Z. Forstgenetik 2, 49—51 (1953). — 12. LEIBUNDGUT, H., und MARCET, E.: Pollenspektrum und Baumartenmischung. Beobachtungen Über

den Pollenniederschlag auf dem *Ütlberg* bei Zürich im Jahre 1950. Schweiz. Z. Forstwesen 104, 594—611 (1953). — 13. MARCET, E.: Pollenuntersuchungen an Föhren (*Pinus silvestris* L.) verschiedener Provenienz. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen 27, 348—405 (1951). — 14. POHL, E.: Die Pollenerzeugung der Windblütler. Beih. Bot. Cbl., A. 56, 365 (1937). — 15. REMPE, H.: Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen. Planta 27, 93—147 (1937). — 16. SARVAS, R.: On the flowering of birch and the quality of seed crops. Comm. Inst. For. Fenn. 40, 1—38 (1952). — 17. SCAMONI, A.: Über Eintritt und Verlauf der männlichen Kiefernblüte. Zeitschr. Forst- und Jagdwesen 70 (1938). — 18. SCAMONI, A.: Beobachtungen über den Pollenflug der Kiefer und Fichte. Forstwiss. Cbl. 68, 537—751 (1949). — 19. SYLVÉN, N.: De svenska skogsträden. I. Barrträden. Stockholm 1916. — 20. WRIGHT, J. W.: Pollen dispersion studies; some practical applications. Jour. Forstry 51, 114—118 (1953).

(Aus der Forstlichen Forschungsanstalt Finnlands, Helsinki)

Ein Beitrag zur Fernverbreitung des Blütenstaubes einiger Waldbäume

Von RISTO SARVAS

(Eingegangen am 19. 4. 1955)

Die Frage der Verbreitung des Blütenstaubes der Waldbäume hat in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit der forstlichen Fachleute in zunehmendem Maße auf sich gelenkt. Dies ist vor allem auf das bedeutend gesteigerte Interesse für waldgenetische Probleme zurückzuführen. Man fragt u. a., welches der größte Umfang der Baumpopulation ist, wo sich die Einzelwesen noch erfolgreich kreuzen, inwiefern ähnliche Populationen durch Fernverbreitung des Blütenstaubes miteinander in Berührung stehen und wie effektiv sich einzelne Populationen unter Ausnutzung der Entfernung und sonstiger Mittel voneinander isolieren lassen. Es ist nicht möglich, diese wichtigen Fragen zu beantworten, bevor unsere Kenntnisse von der Verbreitung des Blütenstaubes der Waldbäume den bisherigen gegenüber bedeutend mehr an Tiefe und vor allem an Präzision gewonnen haben.

Viel wurde schon an grundlegender Arbeit geleistet zur Erforschung des vorliegenden Problems. Besonders erwähnt seien die Untersuchungen von SCHMIDT (1918, 1925), HESSELMAN (1919), DYAKOWSKA (1937), POHL (1937), REMPE (1938), DENGLE und SCAMONI (1944), SCAMONI (1949), WRIGHT (1952, 1953), LANGNER (1953) und von LEIBUNDGUT und MARCET (1953). Bei einem Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchungen miteinander kann man an manchem wichtigen Punkt weitgehende Übereinstimmung beobachten, aber auch Verschiedenheiten sind da. Ein gewisser Unterschied ist u. a. in der Auffassung zu erkennen, zu der man in den früheren Untersuchungen einerseits und in den späteren andererseits im Hinblick auf die Bedeutung und Tragweite der Fernverbreitung des Blütenstaubes gekommen ist. Die Untersuchungen von HESSELMAN, REMPE und DENGLE-SCAMONI, die sich zu einem wesentlichen Teil auf Pollenmessungen stützen, die auf Feuerschiffen vorgenommen wurden, heben die Bedeutung der Fernverbreitung des Blütenstaubes hervor, während in den Untersuchungen von WRIGHT und LANGNER, die sich auf die Beschaffenheit der Samen und des Nachwuchses gewisser Baumgruppen berufen, die Rolle der Pollenernte der örtlichen und der in unmittelbarer Nähe stehenden Bäume als ausschlaggebend dargestellt wird. Indem mehrere Untersuchungen und Beobachtungen über Waldbaumrassen und auch über die Rassenanalyse einzelner Bestände (vgl. DENGLE und SCAMONI 1944, S. 154) in zunehmendem Maße auf eine große

Bedeutung des örtlichen Blütenstaubes hinweisen, steht immerhin fest, daß z. B. DENGLE auf dem Feuerschiff *Adlersgrund*, das sich in einer Entfernung von rund 35 bis 60 km von den nächsten Kiefernbeständen (Bornholm, Südschweden) befand, Pollenmengen maß, die den Pollenmengen, welche an einer Beobachtungsstelle in Eberswalde inmitten von ausgedehnten Kieferngebieten gemessen wurden, annähernd gleichkamen.

Die nachstehend besprochenen Untersuchungen hatten den Zweck, in diesem zumindest scheinbaren Widerspruch größere Klarheit zu schaffen, und zwar wurden zunächst folgende Fragen gestellt:

1. Welches wird das Ergebnis sein, wenn die auf dem Feuerschiff durchgeführten Untersuchungen nochmals wiederholt und bei Messungen kugelförmige Fangkörper benutzt werden?

2. Wie groß sind die auf dem Feuerschiff gemessenen Pollenmengen im Vergleich zu den in reinen Beständen unweit der Küste gemessenen?

3. Wie ist der zeitliche Verlauf des Pollenanflugs auf dem Feuerschiff im Vergleich zum entsprechenden Verlauf an der Küste, und lassen sich daraus nähere Schlußfolgerungen über die Beschaffenheit des auf dem Feuerschiff gemessenen Pollenanflugs ziehen?

4. Ist die Verbreitung des Blütenstaubes über dem Meer eine im wesentlichen verschiedenartige Erscheinung gegenüber seiner Verbreitung über dem Festland?

Bei der Durchführung dieses Untersuchungsplanes wurde ich von mehreren Seiten unterstützt. Der Leiter der Meteorologischen Zentralanstalt, Prof. Dr. M. FRANSSILA hat mich in meteorologischen Fragen in grundlegender Weise beraten. Der Chef der Lotsen- und Leuchtturmarteilung am Seefahrtsamt, Seefahrtsrat M. TAINIO hat mir freundlicherweise Gelegenheit gegeben, auf dem Feuerschiff „Helsinki“ Untersuchungen vorzunehmen. Die Arbeiten im Gelände und zur See wurden von Forstmeister O. HELENUS ausgeführt. Auf dem Feuerschiff wurden die Pollenmesser von Kapitän A. HOLMROS gehandhabt. Die Laboratoriumsarbeiten wurden vom Studierenden ILKKA KOIVISTO ausgeführt. Ihnen allen will ich noch in diesem Zusammenhang meinen besten, ehrerbietigen Dank sagen.

Als Forschungspunkte wurden an der Küste Bestände von einer einzigen Holzart in der Nähe von Helsinki und zu Wasser das Feuerschiff „Helsinki“ gewählt, dessen Stationierungsort 20 km ziemlich genau südlich von Helsinki im Finnischen Meerbusen liegt. Näheres über diese

Forschungspunkte siehe Abb. 1. Es sei ferner erwähnt, daß die Bestände von *Betula verrucosa* und *B. pubescens* sich mit denen decken, die zu einer früheren Untersuchung über das Blühen der Birke (SARVAS 1952, S. 7) benutzt worden waren, während eine eingehende Beschreibung der Bestände von *Pinus silvestris* und *Picea abies* in einem Studium über das Blühen und die Samenernte dieser Holzarten enthalten ist, das in absehbarer Zeit im Druck erscheinen wird. Die Fanggeräte wurden in diesen Beständen in die beste Blütezone der Bäume, etwa 3 bis 5 m unterhalb der höchsten Spitzen der Baumwipfel, gebracht.

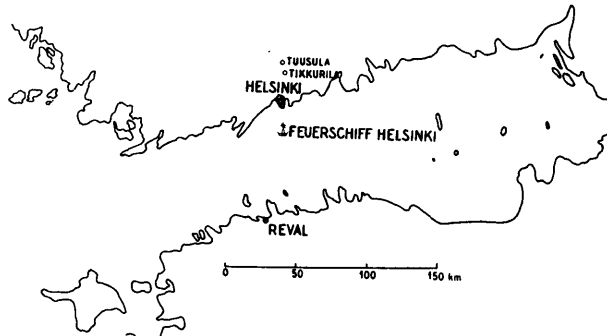


Abb. 1. Lage der Untersuchungsstellen.

Bei den Pollenmessungen bediente man sich zweier Typen von Meßgeräten. Die absolute Menge des Pollenanflugs wurde mit Fangkugeln, der zeitliche Verlauf der Intensität des Pollenanflugs mit sog. registrierenden Fangzylindern ermittelt. Da von diesen Meßgeräten schon früher im einzelnen berichtet worden ist (SARVAS 1952), sei hier nur das Allerwesentlichste wiederholt.

Bei den Fangkugeln besteht die eigentliche Fangfläche aus einer Kugel mit einem Durchmesser von rund 3 cm, deren Oberfläche mit einer dünnen Schicht Vaseline bestrichen wird. Die Pollenmenge wird ermittelt, indem man die Vaseline in Xylol auflöst, dieses in einer Petrischale abdunsten läßt und den dünnen Vaselinefilm, der auf dem Boden der Petrischale bleibt, mikroskopisch untersucht. Die Ergebnisse wurden auf mm² des größten Kreises der Kugel gerechnet. Nachdem dieses Meßgerät in der vorerwähnten Untersuchung beschrieben wurde, ist es dann durch eine Vorrichtung ergänzt worden, die die Kugel beim Regen bedeckt und sie nach dem Aufhören des Regens wieder aufdeckt. Ohne auf die Einzelheiten dieses an sich einfachen Mechanismus näher eingehen zu wollen, wird auf Abb. 2 hingewiesen, aus welcher seine Grundsätze hervorgehen.

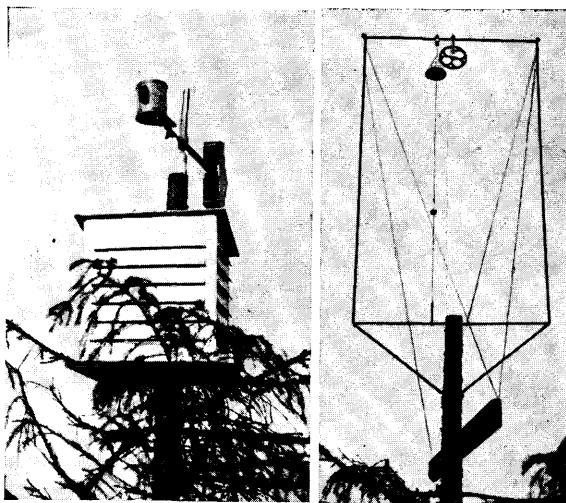


Abb. 2. Links: Registrierender Fangzylinder mit einer Wetterhütte auf dem Zopf eines Baumes befestigt (1/22 nat. Größe), rechts: eine Fangkugel mit Schirmmechanismus (1/22 nat. Größe).

Im registrierenden Fangzylinder besteht der zentrale Teil aus einem gewöhnlichen, z. B. bei Thermo- und Hygrographen gebrauchten Uhrgehäuse mit einem darüber gespannten, mit Vaseline bestrichenen Zelluloidstreifen. Dieses ist in einer Schachtel untergebracht, die vorn eine Öffnung zum Einlassen und im Boden eine zum Auslassen der Luft hat. Die Schachtel wieder ist am Zipfel einer Windfahne derart befestigt, daß die Einlaßöffnung stets gegen den Wind gerichtet ist. Es handelt sich folglich um eine Art registrierendes Meßgerät, aus dem die Werte mit der Genauigkeit von 1 bis 2 Stunden durch mikroskopische Untersuchung des Zelluloidstreifens abgelesen werden können.

Es sei ferner erwähnt, daß im Frühling 1954, wo die Untersuchungen stattfanden, *Betula verrucosa* und *B. pubescens* sowie *Pinus silvestris* im Untersuchungsgebiet etwas reichlicher als nur durchschnittlich und *Picea abies* besonders reichlich blühten.

Die auf dem Feuerschiff mit Fangkugeln gemessenen Gesamtanflugmengen der verschiedenen Holzarten sind aus Tabelle 1 ersichtlich. In der gleichen Tabelle sind die Meßergebnisse zusammengefaßt, die zur gleichen Zeit in den verschiedenen reinen Beständen nördlich von Helsinki mit je einer Holzart gewonnen wurden. Ein Vergleich zwischen den Meßergebnissen, die auf dem Feuerschiff einerseits und in den Beständen andererseits erzielt wurden, zeigt, daß der Unterschied bei weitem nicht so groß ist, wie man vielleicht erwartet hätte. Es wurde auf dem Feuerschiff sogar mehr an Birkenpollen als in den reinen Birkenbeständen des Küstenbereiches festgestellt. Für *Pinus silvestris* war der Pollenanflug auf dem Feuerschiff 63%, für *Picea abies* 44% der entsprechenden in reinen Beständen gemessenen Ernten.

Tabelle 1. — Die absolute Menge des Anflugs während der ganzen Blütezeit mit Fangkugeln (3 cm Ø) gemessen.

Baumart	Reiner Bestand	Feuerschiff
	Pollen/mm ²	
<i>Betula verrucosa</i>	149	424
<i>Betula pubescens</i>	219	
<i>Picea abies</i>	178	79
<i>Pinus silvestris</i>	310	196
Insgesamt	856	699

Die beim Feuerschiff beobachteten Pollenmengen, die namentlich für Birke äußerst groß waren, lassen vermuten, daß es sich hier nicht um eine gewöhnliche Pollenverbreitung durch den Wind handelt, wie sie etwa SMITH (1918) bei Ableitung seiner bekannten Formel vor Augen gehabt hat. Es scheint beinahe, als ob das Meer den Blütenstaub aus den Luftmassen, die darüber hingetragen wurden, geradezu „heransöge“ oder „ausfällte“. Wir wollen das Problem näher betrachten.

Auf Grund der Ergebnisse, die mit den registrierenden Fangzylindern gewonnen wurden, ist es möglich, die Pollenmengen miteinander zu vergleichen, die an den verschiedenen Tagen in reinen Beständen einerseits und beim Feuerschiff andererseits vorgekommen sind. Diese Ergebnisse sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Es ist aber gleich zu bemerken, daß die mit diesen Meßgeräten erzielten, als relativ zu bezeichnenden Ergebnisse mit den mit Fangkugeln ermittelten nicht verglichen werden können. Aus der Verschiedenheit der Meßverfahren erfolgt, daß die absoluten Mengen in der Regel nicht annähernd einander gleichkommen, andererseits aber die Ergebnisse auch proportional miteinander nicht zu vergleichen sind, weil der Fangzylinder, dessen Fangfläche sich in senkrechter Lage befindet, für Pollenmengen, die vom starken Wind getrieben werden, verhältnismäßig größere Werte angeben als für solche, die vom schwachen Wind getragen werden. Bei der Fangkugel entsteht kein ähnlicher Unterschied. So kann man sehen, daß der registrierende Fangzylinder beim Feuerschiff, wo im allgemeinen ein verhältnismäßig starker

Tabelle 2. — Der jährliche Verlauf des Anflugs mit registrierenden Fangzylindern gemessen

Tag	<i>Betula verrucosa</i>		<i>Betula pubescens</i>		<i>Picea abies</i>		<i>Pinus silvestris</i>	
	Wald	Schiff	Wald	Schiff	Wald	Schiff	Wald	Schiff
	Pollen/mm ² 24 Std.							
9.5.	17	3						
10.5.	116	11						
11.5.	441	137						
12.5.	103	105						
13.5.	44	275						
14.5.	2	58						
15.5.	—	—	5					
16.5.	—	—	145	4				
17.5.	—	—	305	21				
18.5.	—	—	152	216				
19.5.	—	—	79	176				
20.5.	—	—	(12)	105				
21.5.	—	—	(110)	997	3			
22.5.	—	—	94	119	5			
23.5.	—	—	20	111	6			
24.5.	—	—	3	4	1			
25.5.	—	—	1	3	5	7	—	1
26.5.	—	—	13	3	40	35	—	1
27.5.	—	—	—	27	154	283	—	—
28.5.	—	—	—	12	9	2	—	—
29.5.	—	—	—	7	7	5	2	9
30.5.	—	—	—	21	8	17	9	8
31.5.	—	—	—	4	12	21	103	242
1.6.	—	—	—	13	7	22	112	136
2.6.	—	—	—	9	2	14	112	34
3.6.	—	—	—	8	18	21	163	231
4.6.	—	—	—	1	8	1	44	80
5.6.	—	—	—	—	9	11	321	306
6.6.	—	—	—	8	7	12	203	146
7.6.	—	—	—	—	—	3	34	146
8.6.	—	—	—	—	1	—	12	24
9.6.	—	—	—	—	—	—	13	1
10.6.	—	—	—	—	—	—	65	
11.6.	—	—	—	—	—	—	4	
12.6.	—	—	—	—	—	—	2	
13.6.	—	—	—	—	—	—	15	
14.6.	—	—	—	—	—	—	3	
15.6.	—	—	—	—	—	—	1	
16.6.	—	—	—	—	—	—	4	
17.6.	—	—	—	—	—	—	3	
18.6.	—	—	—	—	—	—	1	
19.6.	—	—	—	—	—	—	—	
20.6.	—	—	—	—	—	—	2	
Insges.	723	589	(939)	1869	302	454	1228	1365

Wind wehte (vgl. Abb. 3), im Vergleich zum reinen Bestand mehr als die Fangkugel Blütenstaub gemessen hat, und ferner, daß der Unterschied um so größer ist, je schwerer der Blütenstaub ist.¹⁾ Das heißt, beim Feuerschiff, das dem Wind ausgesetzt ist, ermittelt der registrierende Fangzylinder für die verschiedenen Holzarten ein richtiges Bild von den relativen Pollenmengen als in den verhältnismäßig windstillen Beständen, wo es den schweren Blütenstaub „unterschätzt“. Es sei bemerkt, daß der hier recht anschaulich hervortretende, für den Fangzylinder bezeichnende fehlerbringende Faktor selbstverständlich allen Meßgeräten eigen ist, deren Fangfläche in senkrechter Lage steht.

Bei einer näheren Betrachtung der Tabelle 2 wird erkenntlich, daß auf dem Feuerschiff im Laufe von mehreren 24-Stundenperioden erhebliche Pollenmengen und anscheinend oft, auch wenn der im vorstehenden Absatz erwähnte fehlerbringende Faktor berücksichtigt wird, sogar bei weitem größere Mengen gemessen worden sind, als zur entsprechenden Zeit in den Beständen. Besonders, wenn die Windverhältnisse günstig waren, ist dies der Fall gewesen. Dasselbe scheint für sämtliche Holzarten zu gelten, weshalb es sich hier um keinen Ausnahmefall handeln dürfte.

¹⁾ Nach Messungen von DYAKOWSKA (1937) ist die Fallgeschwindigkeit der Pollenkörner für *Betula verrucosa* etwa 2,94 cm/sek., für *Pinus silvestris* 3,69 cm/sek und für *Picea abies* 6,84 cm/sek.

Noch deutlicher wird diese überraschende Erscheinung durch Abb. 3 veranschaulicht, in welcher die wesentlichsten mit dem registrierenden Fangzylinder erhaltenen Ergebnisse eingetragen und auch die wichtigsten Wetterfaktoren, Lufttemperatur, relative Feuchtigkeit, Winde und Niederschläge, wiedergegeben sind.

Zur Gewinnung eines anschaulichen Gesamtbildes schien es erforderlich, alle diese mitspielenden Faktoren in einem und demselben Diagramm darzustellen, auch wenn die Übersichtlichkeit darunter natürlich gelitten hat. Einige Erläuterungen dürften daher angebracht sein.

Die zu den verschiedenen Zeiten einer 24-Stunden-Periode angeflogenen Pollenmengen wurden in Zeitabschnitten von 4 Stunden gemessen und in Quantitäten des Pollenanflugs innerhalb einer Stunde pro mm² berechnet. Damit die im Walde einerseits und auf dem Feuerschiff andererseits gemessenen Mengen möglichst einfach miteinander verglichen werden können, wurden sie einander gegenübergestellt, indem die waagerechte Achse gemeinsam, die senkrechten Achsen aber entgegengesetzter Richtung sind. In Übereinstimmung damit sind auch alle übrigen Skalen für Wald bzw. für Feuerschiff Spiegelbilder voneinander. Die Niederschläge für die einzelnen 24-Stundenperioden wurden an der oberen (unteren) Kante des Diagramms mit Ziffern (mm/24 h) und auch mit kleinen senkrechten Strichen angezeichnet, welche letzteren die Dauer des Regens näher angeben. Ganz geringfügige Regengüsse wurden mit kürzeren Strichen als längere, anhaltende Niederschläge gezeichnet. Windrichtung und Windstärke wurden nur auf dem Feuerschiff gemessen. Sie sind mit kleinen Pfeilchen wiedergegeben, indem der Ausgangspunkt des Pfeilchens, die Windstärke, die Pfeilrichtung die Windrichtung angeben.

Es ist nicht möglich, hier auf alle interessanten Einzelheiten des in Abb. 3 wiedergegebenen Diagramms einzugehen; man ist vielmehr gezwungen, sich auf die wichtigsten allgemeinen Züge zu beschränken.

Lenkt man seine Aufmerksamkeit zunächst auf den Anflugvorgang in reinen Beständen, so sieht man, daß besonders bei den Nadelbäumen die Periode von Tag und Nacht ihren deutlich ausgeprägten Verlauf hat: am Tage erhöht sich die Menge des Anflugs zu einem sehr hohen Maximum, während der Pollenanflug in der Nacht ganz gering ist und sich sogar dem Nullpunkt nähert. Stellt man diese 24stündige Periode der Bestäubung den Witterungsfaktoren gegenüber, so kann man eine weitgehende Übereinstimmung vor allem mit den Temperatur- und den Feuchtigkeitfaktoren der Luft gewahrwerden. Sowohl für *Betula verrucosa* als für *B. pubescens* ist das Maximum der 24-Stundenperiode weniger ausgeprägt. Im Frühling 1954 blühten die beiden Birkenarten unter ziemlich außergewöhnlichen Witterungsverhältnissen, wie auch aus Abb. 3 zu ersehen ist. Die Nächte z. B. waren recht warm, und die relative Feuchtigkeit der Luft war sogar des Nachts niedrig. Aus früheren Untersuchungen (SARVAS 1952) ist indessen hervorgegangen, daß, genau wie bei den Nadelbäumen, auch bei der Birke dem normalen Blühen eine mit den Witterungsfaktoren übereinstimmende 24-Stundenperiode eigen ist.

Die auf dem Feuerschiff gewonnenen Meßergebnisse stimmen in mehrerer Hinsicht überraschenderweise mit denen für reine Bestände überein, weisen aber nichtsdestoweniger eine größere Unregelmäßigkeit auf. Die 24-Stundenperiode ist nicht ebenso markant; vor allem ist das Minimum der Nacht oft schwach geprägt. Werden die Zeitpunkte der Maxima der Bestäubung im Walde einerseits und beim Feuerschiff andererseits einander genau gegenübergestellt, so wird man gewahr, daß das Maximum beim Feuerschiff in der Regel auf einen späteren Zeitpunkt fällt als im Walde, — was natürlich sehr begreiflich ist, weil der Blütenstaub ja eine gewisse Zeit benötigt, um von den nächstliegenden Beständen bis zum Feuerschiff zu

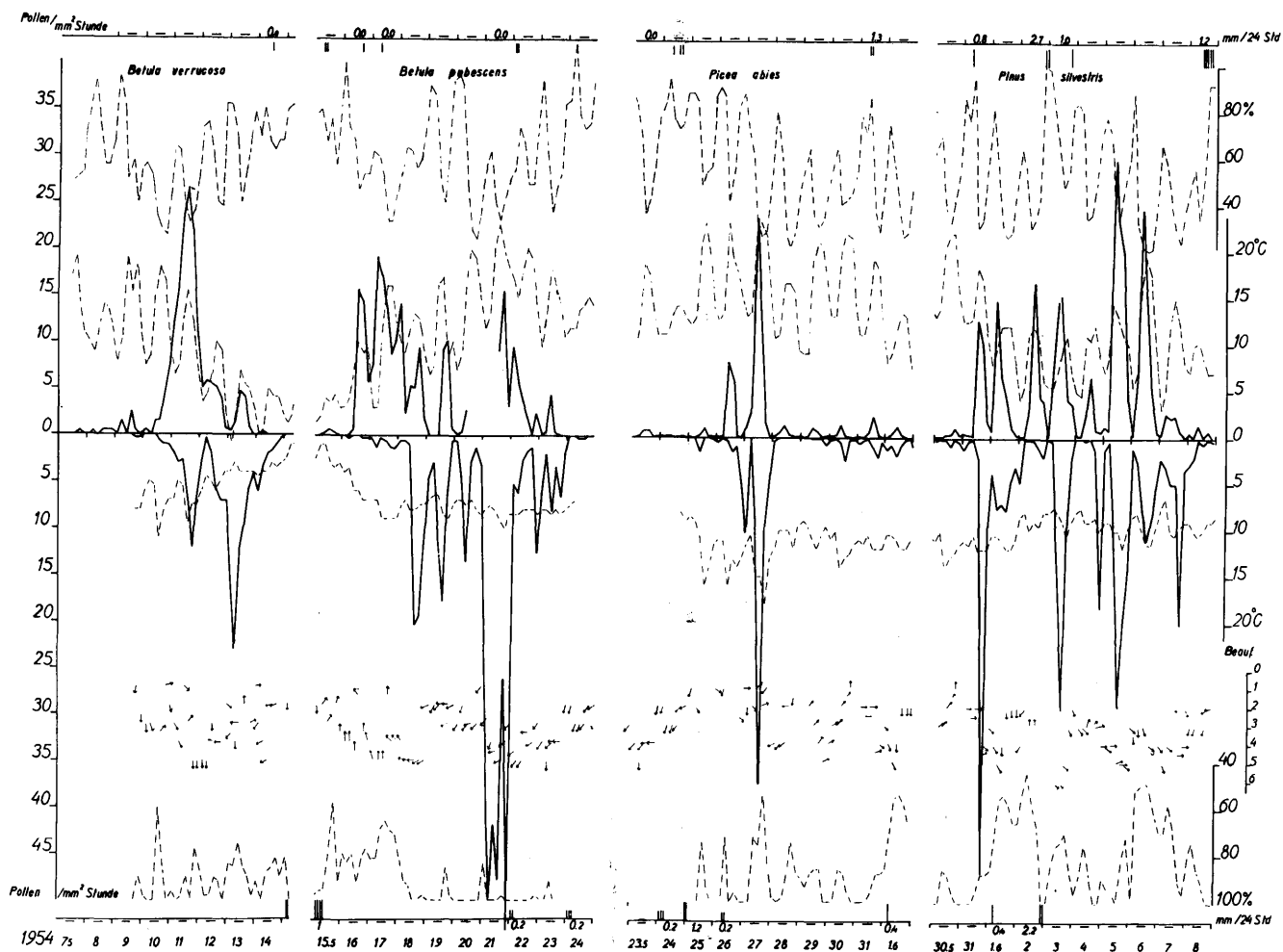


Abb. 3. Pollenflug in reinen Beständen (oberhalb der X-Achse) und auf dem Feuerschiff (unterhalb der X-Achse) nebst Angaben über Temperatur, relative Feuchtigkeit und Winde (Geschwindigkeit und Richtung).

fliegen. Der durchschnittliche Unterschied beträgt etwa 4 Stunden. Ein interessanter Unterschied zwischen den Ergebnissen für Wald bzw. Feuerschiff läßt sich am 2. und 3. April erkennen, wo die Bestäubung im reinen *Betula pubescens*-Bestand recht reichlich war. Beim Feuerschiff konnte an diesen Tagen nur ganz geringer Pollenflug festgestellt werden. Das ist wahrscheinlich dem Winde zuzuschreiben, der zu dieser Zeit, im Gegensatz zu dem fast ganzen übrigen Zeitraum der Untersuchungen, von Süden wehte. Von Finnland her konnte folglich offenbar kein Blütenstaub anfliegen, nicht ohne Bedeutung ist aber auch die Feststellung, daß auch kein Blütenstaub von der 60 km entfernten südl. Küste das Schiff erreichte, obgleich die Birke dort ohne Zweifel zur gleichen Zeit blühte. Hätte man lediglich über Meßergebnisse für den Bestand verfügt, so wäre der reiche Anflug, der in der Nacht vom 2. zum 3. und vom 3. zum 4. April im Bestand von Tikkurila vorkam, unter besonderer Berücksichtigung der Windrichtung leicht etwa dahingehend erklärt worden, daß er einer Fernverbreitung von Estland aus oder von noch weiter her zuzuschreiben sei.

Wie auch natürlich, waren die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der 24-Stundenperiode beim Feuerschiff anders als im Walde: die durchschnittliche Temperatur war beim Feuerschiff niedriger und die Feuchtigkeit höher als im Walde, und was vor allem auffällt, der Wechsel war für beide zu Wasser niedriger als zu Lande. Neben diesen allgemeinen Zügen wird die Aufmerksamkeit auf den beim ersten Anblick vielleicht sonderbar er-

scheinenden Zug gelenkt, daß auch zu Wasser das Maximum des Pollenflugs häufig mit einem niedrigen Temperaturmaximum zusammenhängt; zu Lande befindet sich die Temperatur gleichzeitig oft kräftig im Sinken. Das Auftreten eines ähnlichen Maximums ist um so überraschender, als es häufig in den späten Abendstunden von 20 bis 24 Uhr eintrifft. Für einen derartigen Zusammenfall eines niedrigen Temperaturmaximums und des Gipfels des Pollenflugs wird es wohl kaum eine andere Erklärung geben, als daß der Blütenstaub von der Küste her durch warme Luftströmungen getrieben worden ist. Dies dürfte mit der Land- und Seewinderscheinung zusammenhängen, die vorwiegend im Frühjahr im Küstenbereich beobachtet wird.

Beim Vergleichen der im Walde und zur See gewonnenen Ergebnisse miteinander erweckt jedoch am meisten Interesse der Umstand, daß die Maxima der 24-Stundenperiode anscheinend, auch unter Berücksichtigung der fehlerbringenden Faktoren, die mit dem Meßverfahren verknüpft sind, zu Wasser vielfach ebenso hoch, ja sogar höher sind als im Walde. Hier, in der hauptsächlich Blütenregion, d. h. am Ausgangspunkt der Blütenstaubwolke gemessene Werte sollten gewisse Höchstbeträge wiedergeben, deren Überschreitung nur möglich ist, sofern sich der Blütenstaub aus diesem oder jenem Grunde an einer Stelle wieder in größeren Mengen häuft. Man stellt sich die Frage, ob irgendwelche besonderen Gründe da sind, die eine Anhäufung des Blütenstaubes über dem Meer vermuten lassen.

Das Problem wird noch durch einige andere in den Beständen vorgenommene Messungen beleuchtet. Im Kiefernbestand wurde mit denselben Fangkugeln wie der Anflug von Kiefernpollen auch der Anflug von Fichtenpollen und im Fichtenbestand entsprechend der Anflug von Kiefernpollen gemessen. Die Messungen ergaben für Fichtenpollen 55 Stück/mm² und für Kiefernpollen 51 Stück/mm². Die im Kiefernbestand gemessene Menge von Fichtenpollen beträgt 31% der im Fichtenbestand gemessenen Menge von Fichtenpollen und die im Fichtenbestand gemessene Menge von Kiefernpollen 16% der im Kiefernbestand gemessenen Menge von Kiefernpollen. Es sei erwähnt, daß im Frühjahr 1953 im Fichtenbestand entsprechend an Kiefernpollen 11% der im Kiefernbestand gemessenen Menge festgestellt wurden. Auf Grund dieser Messungen dürfte man schätzen können, daß die Menge des durch Fernverbreitung angeflogenen Kiefernpollens im Frühjahr 1954 nicht 16% (i. J. 1953 kaum 11%) der eigenen Bestäubung des Bestandes und die Menge des fernverbreiteten Fichtenpollens im Fichtenbestand nicht 31% überschritten haben wird. Da die beiden hier in Betracht genommenen Kiefern- und Fichtenbestände dicht nebeneinander liegen, dürfte man die tatsächlich fernverbreiteten Pollenmengen noch viel niedriger schätzen können. In der Beleuchtung dieser Meßergebnisse kommen die Pollenmengen, die vom Wind auf das Meer getrieben werden, um so größer vor.

Laßt uns nun auf die Verhältnisse zu Wasser zurückkommen. Wenn die Luft in den Wäldern des Küstenbereiches in Frühlingstagen durch die Strahlung der Sonne kräftig erwärmt wird, entstehen heftige Konvektionsströmungen. Wie aus Abb. 3 zu sehen ist, war die Windrichtung zur Blütezeit der Bäume im Frühjahr 1954 vorherrschend nördlich. Wenn die aus Norden heranziehenden Luftmassen den Raum über dem kalten Meer erreichen, werden ihre unteren Schichten schnell stabilisiert, die Konvektion hört auf, die Turbulenz der Strömungen nimmt rasch ab und die in den Luftmassen enthaltenen Pollenmengen fallen jäh gleich dem Regen herab.

Das Aufhören der Konvektion und das Abnehmen der Turbulenz müssen also vor der Verbreitung des Blütenstaubes tatsächlich eine Art „Wand“ aufrichten, gegen die sich der Blütenstaub häuft. Eine kleine schematische und weitgehend vereinfachte Berechnung wird ein noch anschaulicheres Bild davon geben.

Laßt uns annehmen, daß sich der Blütenstaub in den Luftmassen, die im Frühjahr an der Küste bei Helsinki vom Festland auf das Meer stürzen, hauptsächlich auf die rund 300 bis 600 m hohe Luftschicht beschränkt, die sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 4 m/sek. bewegt. Wird ferner angenommen, daß, sobald diese Luftmassen den Raum über dem Meer erreicht haben, die Turbulenz der Luft praktisch verschwindet, so fallen die Pollenkörner der Birke, Kiefer und Fichte mit einer ungefähren Geschwindigkeit von je 2,9; 3,7 und 6,8 cm/sek. herab. Das heißt: für die Birke bildet sich die „Wand“ in einer Tiefe von etwa 45 bis 90 km, für Kiefer und Fichte entsprechend etwa 32 bis 64 bzw. 18 bis 35 km von der Küste gerechnet. Wo die Luftströmungen größere Höhen erreichen, verschiebt sich natürlich auch die „Wand“ weiter vorwärts.

Die Lage der Feuerschiffe in einer unbestritten beträchtlichen Entfernung von den nächsten Wäldern hat leicht den Gedanken erweckt, daß sie eine vorzügliche Gelegenheit zur Erforschung der Fernverbreitung des Blütenstaubes bieten. Die jetzt durchgeführten Untersuchungen lassen jedoch vermuten, daß die Verbreitung des Blütenstaubes zu den Schiffen unter recht eigenartigen

Verhältnissen erfolgen muß, und daß auf Feuerschiffen erhaltene Ergebnisse nicht ohne weiteres anwendbar sind, wenn z. B. die Fernverbreitung des Blütenstaubes über dem Festland untersucht werden soll. Die auf Feuerschiffen festgestellten verhältnismäßig großen Pollenmengen wurden oft als Beweis für die Fernverbreitung von sogar großen Pollenmengen gedeutet; die jetzt vorgenommenen Untersuchungen sprechen jedoch dafür, daß sie vielmehr von einer hemmenden Wirkung der Meere auf die Fernverbreitung des Blütenstaubes zeugen müssen.

Man hat Anlaß, in diesem Zusammenhang die Bedenken in Erinnerung zu bringen, die auch DENGLE (DENGLE und SCAMONI 1944, S. 154) bei Erwägung der Möglichkeiten einer Fernverbreitung des Kiefernpollens über die Bedeutung der großen Pollenmengen, die seine Messungen auf einem Feuerschiff ergaben, zu hegen scheint: „Gerade die Frage eines Massenferntransportes bei dieser Holzart verdient ebenso für die Pollenanalyse wie auch wegen der Gefahr der Rassenmischung wohl besondere Beachtung und weitere Untersuchung. Ich schätze diese letztere Gefahr aber trotz allem angesichts der Tatsache, daß sich zwei Kiefernrasen wie die des Schwarzwaldes und der Vogesen mit ihren vorzüglichen Eigenschaften in bezug auf Geradschaftigkeit, Spitzkronigkeit und feine Beastung so nahe der nach allen diesen Beziehungen gerade umgekehrten Rasse der Pfalz und Rhein-Main-Ebene in typischer Form halten konnten, mindestens nicht überall für hoch ein.“ DENGLE wurde von seiner umfassenden und tiefen Einsicht von der Waldnatur davor gewarnt, aus den überraschend großen Pollenmengen, die er auf dem Feuerschiff gemessen hatte, allzu weitgehende Schlüsse zu ziehen.

Zusammenfassung

Der Verfasser hat den Pollenanflug von *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *Picea abies* und *Pinus silvestris* in reinen Beständen an der Küste bei Helsinki und auf einem 20 km südlich von Helsinki gelegenen Feuerschiff „Helsinki“ untersucht. Die auf dem Feuerschiff erhaltenen Ergebnisse wiesen überraschend große Pollenmengen auf, verglichen mit den in reinen Beständen erhaltenen, für Birke sogar größer als diese. Der Verfasser führt dies auf den Umstand zurück, daß die Konvektionsströmungen auf dem Meer aufhören und auch die Turbulenz der Luft rasch abnimmt, weshalb die in den Luftmassen enthaltenen Pollenkörner, wenn sie über dem Meer angelangen, verhältnismäßig schnell herabfallen; über dem Meer bildet sich von der Küste aus bis zu einer gewissen Entfernung eine Zone, in der sich der in den vom Lande strömenden Luftmassen enthaltene Blütenstaub anhäuft. Während die auf Feuerschiffen früher gemessenen verhältnismäßig großen Pollenmengen als Beweis für eine Fernverbreitung von sogar großen Pollenmengen aufgefaßt wurden, sind nach dem Verfasser diese Ergebnisse vielmehr als Beweis für eine hemmende Einwirkung des Meeres auf die Fernverbreitung des Blütenstaubes zu deuten.

Summary

The author has studied the deposit of pollen of *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *Picea abies* and *Pinus silvestris* in the pure stands on the coast near Helsinki and on the lightship Helsinki positioned 20 km south of the coast. The deposit on the lightship proved surprisingly great compared with the deposits in the pure stands; with birch, the former even exceeded the latter. The author concludes that this is due to the fact that convection air currents cease over the sea and air turbulence is also greatly re-

duced, causing airborne pollen, once over the sea, to rain down relatively rapidly; a zone extending a certain distance from the coast is formed above the sea and most of the pollen contained in the air currents emanating from the land accumulate in this zone. While the relatively large pollen quantities measured on lightships were previously usually taken as an indication of the long distances travelled by even large quantities of pollen, in the author's opinion these results must be interpreted as an indication of the arresting effect of sea on the flight of pollen.

Résumé

L'auteur a étudié la chute du pollen de *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *Picea abies* et *Pinus sylvestris*, d'une part dans les peuplements purs de la zone côtière près d'Helsinki, d'autre part sur un petit bateau à 20 km de la côte. La quantité de pollen récoltée sur le bateau est étonnamment élevée comparée à celle récoltée dans les peuplements; pour le bouleau, elle est même plus forte. L'auteur en conclut que ce résultat est dû au fait que les courants de convection s'arrêtent au-dessus de la mer, et que la turbulence de l'air est elle-même fortement réduite, si bien que le pollen tombe assez rapidement lorsqu'il arrive au-dessus de la mer. La plus grande partie du pollen porté par les courants aériens s'accumule dans une zone qui s'étend jusqu'à une certaine distance de la côte.

Les quantités relativement importantes de pollen récoltées sur de petits bateaux étaient données comme un argument pour le transport de grandes quantités de pollen à de longues distances; l'auteur pense au contraire que ces résultats doivent être interprétés comme une conséquence de l'effet de barrière de la mer sur le vol du pollen.

Literatur

- ANDERSSON, E.: Pollenspridning och avståndsisolering av skogsfröplantager. (Summary.) Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr. 1955, (I) 35—100. — DENGLE, A., und SCAMONI, A.: Über den Pollenflug der Waldbäume. Z. ges. Forstwesen 76/70, 136—155 (1944). — DYAKOWSKA, J.: Researches on the rapidity of the falling down of pollen of some trees. Bull. internat. de l'Acad. Polon. Sci. et Lettres. Sér. B: Sci. Natur. (I). Cracovie 1937. — GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1950. — HESSELMAN, H.: Iakttagelser över skogsträdpollens spridningsförmåga. (Ref.: Beobachtungen über die Verbreitungsfähigkeit des Waldbaumpollens.) Medd. Stat. Skogsförsöksanst., H. 16, 27—60 (1919). Stockholm. — LANGNER, W.: Eine Mendelspaltung bei Aurea-Formen von *Picea Abies* (L.) KARST. als Mittel zur Klärung der Befruchtungsverhältnisse im Walde. Z. Forstgenetik 2, 49—51 (1953). — LEIBUNDGUT, H., und MARCET, E.: Pollenspektrum und Baumartenmischung. Beobachtungen über den Pollenniederschlag auf dem Utlberg bei Zürich im Jahre 1950. (Résumé: Spectres polliniques et mélange des essences.) Schweiz. Z. Forstwesen 104, 594—611 (1953). — MALMSTRÖM, C.: Degerö Stormyr. (Résumé.) Medd. Stat. Skogsförsöksanst., H. 20. Stockholm 1923. — POHL, F.: Die Pollenkorngewichte einiger windblütiger Pflanzen und ihre ökologische Bedeutung. (Beiträge zur Morphologie und Biologie des Pollens VII.) Beih. Botan. Centralbl., Bd. LVII, Abt. A, 1937. — REMPE, H.: Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen. Planta 27, Heft 1 (1937). — SARVAS, R.: On the flowering of birch and the quality of seed crop. Comm. Inst. Forst. Fenniae 40, 1—38 (1952). — SCAMONI, A.: Beobachtungen über den Pollenflug der Kiefer und Fichte. Forstwiss. Centralbl. 68, 735—751 (1949). — SCHMIDT, WILHELM: Die Verbreitung von Samen und Blütenstaub durch die Luftbewegung. Österreich. Botan. Zeitschr. 1918. — SCHMIDT, W.: Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen. Probleme der kosmischen Physik. VII. Hamburg 1925. — WRIGHT, J. W.: Pollen dispersion of some forest trees. Northeastern Forest Exp. Sta., Station Paper 46. 1952. (Mimeographed.) — WRIGHT, J. W.: Pollen-dispersion studies: some practical applications. Jour. Forestry 51, 114—118 (1953).

(Aus der Hessischen Forsteinrichtungs- und Versuchsanstalt, Gießen)

Über die Verbreitung des Pollens von *Pinus sylvestris* L.

(Vorläufige Mitteilung)

Von R. SCHMITT, Grünberg

(Eingegangen am 7. 6. 1955)

Zur Sicherung der Reinbestäubung dürfte bei den in den letzten Jahren angelegten Samenplantagen im allgemeinen ein Mindestabstand von 500 bis 1000 m vom nächsten als Pollenspender in Betracht kommenden Bestand eingehalten worden sein. Diese Entfernung entspricht ungefähr den deutschen Saatenanerkennungsbestimmungen für die Landwirtschaft, die, gestützt auf langjährige praktische Erfahrungen, etwa bei der Saatguterzeugung der Fremdbestäuber Roggen oder Mais eine Mindestentfernung von 500 m zwischen zwei verschiedenen Sorten vorschreiben (SCHEIBE, 1951). Auch bei den schwedischen Samenplantagen wird die Pollensicherheit dann als gegeben angesehen, wenn die nächste Fremdpollenquelle mindestens 500 bis 1000, bei Abschirmung der Plantage durch einen Schutzbestand wenigstens 300 m entfernt ist (ERNST, 1954).

Zwar haben Untersuchungen von HESSELMAN (1919), DENGLE und SCAMONI (1944), SCAMONI (1949) u. a. ergeben, daß beträchtliche Pollenmengen der Waldbäume sehr weit vom Winde transportiert werden können; die Wahrscheinlichkeit von ins Gewicht fallenden Bestäubungen durch diesen Fernpollen, der im Frühjahr als Pollenschleier

überall vorhanden sein wird, ist jedoch recht gering, wenn — ganz abgesehen von der verschiedenen Blütezeit der Bäume verschiedener Gegenden — die von SCAMONI (1938) überschläglich berechneten Ausgangspollenmengen eines Baumes zur Anzahl der Fernpollen in Vergleich gesetzt werden. Die Pollendichte innerhalb des Kronenraumes eines Bestandes oder auch einer Samenplantage ist so hoch, daß der Fernpollen prozentual kaum eine Rolle spielen kann. Daß praktisch nur aus nächster Nachbarschaft stammender Pollen die weiblichen Blüten befruchtet, konnte LANGNER (1953) für die Fichte nachweisen, ebenso die schnelle Abnahme der Dichte von Birkenpollen mit steigender Entfernung vom blühenden Baume; dies wurde durch Messungen von v. DELLINGSHAUSEN (1954) bestätigt. Auch aus den Erhebungen von WRIGHT (1952) an amerikanischen Holzarten und Zedern geht, abgesehen vom Pappelpollen, der starke Rückgang der Nahpollendichte mit zunehmender Entfernung von der Pollenquelle hervor; dabei zeigte sich auch, daß (mit Ausnahme der Eschen) der Pollen von Arten mit kleinen Körnern größere Entfernungen überwindet. Daraus ergibt sich, daß der zu wählende Mindestabstand einer Plantage von der nächsten