

counts will be given in due course. Meanwhile an isolation distance of 1000 metres is recommended as is the present practice.

Résumé

Titre de l'article: La *dissémination* du pollen de *Pinus silvestris* L. (Rapport préliminaire). —

L'A. cherche à établir avec exactitude la distance minimum admissible d'un verger à graines de pin au peuplement de pin le plus proche; pour cela il fait des prélèvements de pollen sur des lames microscopiques enduites de vaseline, exposées 24 heures à des distances variables d'un peuplement de pin isolé, au moment de la floraison. On fait part des résultats des comptages et on recommande pour le moment le maintien d'une distance de sécurité de 1000 m.

Literatur

DELLINGSHAUSEN, M. V.: Der Anteil fremden Pollens bei der Befruchtung einer Birkenamenplantage. Z. Forstgenetik 3, 52–53 (1954). — DENGLER, A., und SCAMONI, A.: Über den Pollenflug der Waldbäume. Z. f. d. ges. Forstw. 76/70, 136–155 (1944). — ERNST, W.: Züchtung schnellwachsender Baumrassen in Schweden. AID, H. 65, Frankfurt (1954). — HESSELMAN, H.: Jakttagelser över skogs-trädspollens Spridningsförmåga. Medd. fr. Statens Skogsförsöksanst. 16, 27–60 (1919). — 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). — SARVAS, R.: On the flowering of birch and the quality of seed crop. Comm. Inst. Forest. Fenn. 40, 1–38 (1952). — SCAMONI, A.: Über den Eintritt und Verlauf der männlichen Kiefernblüte. Z. f. Forst- u. Jagdw. 70, 289–315 (1938). — SCAMONI, A.: Beobachtungen über den Pollenflug der Kiefer und Fichte. Forstw. Cbl. 68, 735–751 (1949). — SCHEIBE, A.: Einführung in die allgemeine Pflanzenzüchtung. Stuttgart (1951). — WRIGHT, J. W.: Pollen dispersion of some forest trees. Northeastern Forest Exp. Station, Stat. pap. No. 46, 1–39 (1952).

Berichte

Über den gegenwärtigen Stand unseres Wissens vom Pollenflug der Waldbäume

(Sammelreferat)

Von A. SCAMONI, Eberswalde

(Eingegangen am 19. 3. 1955)

An der Kenntnis des Pollenflugs der Waldbäume sind zwei Richtungen der Wissenschaften interessiert: die Forstgenetik und die Forstpflanzenzüchtung sowie die Waldentwicklungsgeschichte. Obwohl die Fragestellung dieser Richtungen jeweils eine andere ist, so sind doch gewisse Gemeinsamkeiten gegeben, um die Ergebnisse der einen oder der anderen heranzuziehen.

Die Forstgenetik stellt sich die Frage, wieweit es möglich oder wahrscheinlich ist, daß zwischen mehr oder minder entfernt stehenden Bäumen oder Beständen verschiedener genetischer Konstitutionen eine Bestäubung und Befruchtung stattfindet. Diese Frage spielt bei der Anerkennung von Saatgutbeständen eine Rolle und hat ihren Niederschlag in Gesetzen und Anerkennungsrichtlinien gefunden, ohne daß aber mit Sicherheit gesagt werden kann, ob die darin angegebenen Entfernungen zurecht bestehen. Endgültig ist diese Frage ohne Blütenbiologie und phänologische Untersuchungen nicht zu klären.

HESSELMAN (1919) stellt die Frage über die Möglichkeit der Kreuzungen über weite Entfernungen, BUSSE (1926) ging von der forstlichen Saatguterkennung an die Probleme und stellt die Fragen: 1. Wie weit fliegt der Pollen? 2. Wie lange erhält sich der Pollen keimfähig? 3. Kommt der Pollen überall in solcher Menge vor, daß eine Fremdbestäubung anzunehmen ist? 4. Inwieweit übernimmt der am Ort erzeugte Pollen die Befruchtung?

Besondere Bedeutung gewinnt auch die Frage des Pollenflugs bei den Samenplantagen, bei denen ein Einfluß des von außen her angetragenen Pollens vermieden werden muß (s. a. WRIGHT 1953).

Doch nicht nur die absolute Flugweite der Pollen ist von Interesse, sondern vor allem die Menge des Pollens, da von ihr eine Wahrscheinlichkeit für die Befruchtung abgeleitet werden kann. Es sind also hier die Fragen der Pollenverdünnung, der Pollenstreuung und der Pollenabfiltrierung zu untersuchen, um über diese Wahrscheinlichkeit Aussagen machen zu können.

Die Waldentwicklungsgeschichte ist an Aussagen über die Anwesenheit und die Mengenverteilung von Holzarten sowie über die Walddichte in bestimmten Gegenden und zu bestimmten Zeiten interessiert, doch kann hierüber

an dieser Stelle keine umfassende Darstellung gegeben werden, zumal sich eine solche bei FIRBAS (1949) findet.

Bei der Fülle der Untersuchungen über den Flug der Samen, Pollen und Sporen kann in diesem Referat nur auf den Pollenflug der Waldbäume eingegangen werden, der für die Forstgenetik und für die Forstpflanzenzüchtung von Interesse ist.

Da der Pollenflug mit der Phänologie und der Blütenbiologie eng zusammenhängt und die einzelnen Vorgänge ineinander verwoben sind, kann bei der Themenstellung nur auf den eigentlichen Pollenflug eingegangen werden, da die Hinzuziehung der sehr zahlreichen Untersuchungen über die erstgenannten Vorgänge den Rahmen dieses Referates sprengen würde.

Bei allen Untersuchungen über den Pollenflug muß die örtliche und zeitliche Konstellation beachtet werden. Die örtliche Konstellation ist bedingt durch die Lage der Pollenfänge, die Ausformung des Geländes und die Entfernung zu stäubenden Bäumen oder Beständen. Die zeitliche Konstellation ist neben der Beobachtungszeit auch von der Intensität des Blühens der betreffenden Holzart in der Beobachtungszeit bedingt, da gleichzeitig in einer Gegend eine Fehlblüte, in einer anderen Gegend eine Vollblüte gegeben sein kann. Der Pollenflug hängt indessen nicht nur von der Intensität der Blüte ab, sondern auch von der Größe der absoluten Pollenerzeugung einer Art, die allerdings nicht leicht festzustellen ist.

Von waldentwicklungsgeschichtlicher Seite wird naturgemäß viel Wert auf die Feststellung der Pollenerzeugung gelegt, doch werden hier meist anhand von Oberflächenproben von Mooren oder Untersuchung von Moosrasen viele Jahre zusammengefaßt, die auch ein recht gutes Durchschnittsbild über den Pollenniederschlag ergeben. An die Erfassung der Pollenerzeugung sind experimentell REMPE (1938) und POHL (1937) herangegangen. POHL ermittelte die Pollenmengen in den Antheren und in den Blüten und berechnete von einem Bestand I. Bonität die pro Hektar bei einer Vollblüte erzeugte Pollenmenge. An der Spitze steht die Kiefer (*Pinus silvestris*) mit 12 bis 13 Milliarden Pollenkörnern, dann die Fichte (*Picea abies*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Erle (*Alnus*), Hainbuche

(*Carpinus betulus*), Winterlinde (*Tilia cordata*), Hasel (*Corylus avellana*), Birke (*Betula*), Kanadische Pappel (*Populus euramericana* fo.), Eiche (*Quercus*) und schließlich die Buche (*Fagus silvatica*) mit 2 bis 2,3 Milliarden.

Über die theoretischen Grundlagen des Pollenflugs sind besonders die Arbeiten von SCHMIDT (1918 u. 1925) zu nennen. SCHMIDT (1918) berechnete zuerst nach der STOCKESSchen Formel die Sinkgeschwindigkeit der Pollen und führt dann den Begriff des Austauschwindes ein, den er formelmäßig faßte und Formeln für den Pollenflug ableitete. Später entwickelten SUTTON (1932), GREGORY (1945) und ROMBAKIS (1947) Formeln. Auf die letzteren wird unten eingegangen werden.

Praktische Untersuchungen über die Fallgeschwindigkeit der Pollen führten BODMER (1922), KNOLL (1932) und DYAKOWSKA (1936) durch. (Zusammenstellung b. FIRBAS [1949].)

Die Mehrzahl der Untersuchungen befaßt sich aber mit Pollenfängen aus der Luft, die, nach verschiedenen Methoden durchgeführt, meist mit den meteorologischen Daten in Verbindung gebracht werden.

Die Verfahren, den Pollen zu fangen, sind recht verschieden. Zuerst seien die Verfahren aufgeführt, die den Pollenniederschlag erfassen. HESSELMAN (1919) verwendete in seinen „klassischen“ Versuchen Petrischalen, deren Boden mit einem Glycerin getränkten Filterpapier bedeckt war, POHL (1933) verwendete Glasscheiben, die mit Glyceringelatine bestrichen waren. Das Verfahren wurde von WRIGHT (1952) abgewandelt, indem die Objektträger um 45° in Richtung der Versuchsbäume geneigt wurden.

Eine weitere Abwandlung erfuhr das Verfahren dadurch, daß als Auffangfläche ein Zylindermantel gewählt wurde, der je nach den Versuchen senkrecht aufgestellt wurde. Diese Methode wurde zuerst von POHL (1937) angewendet, auch REMPE (1938) und v. DELLINGSHAUSEN (1954) bedienten sich ihrer. Eine weitere Abwandlung erfuhr die Methode dadurch, daß REMPE (1938) diese „Röllchen“ an einem Flugzeug anbrachte, wodurch aus einem passiven Pollenfänger ein semiaktiver wurde.

Von DENGLER (1944) wurde schon 1930 ein Windfahnenpollenfänger entwickelt, der 1938 vom Referenten (1949) umkonstruiert wurde. LEIBUNDGUT und MARCET (1953) verwendeten die letztgenannte Apparatur.

Ein vollaktiver Pollenfänger mittels Ansaugen und Durchsaugen der Luft wurde zuerst von MIQUEL (1883) angewandt. ERDTMANN (1937) erfaßte größere Luftmengen mittels Staubsauger, MÄDE und STROHMAYER (1937) führen den Zeiß-Konimeter in die Pollenfluguntersuchungen ein (s. a. LÖBNER [1935]).

Ogleich alle diese Methoden nicht absolut vergleichbar sind, geben sie doch Aufschluß zu den eingangs erwähnten Problemen des Pollenflugs, der Pollenverbreitung, der Pollenstreuung und der Pollenverdünnung, und sagen auch über die Ökologie des Pollenfluges aus.

FIRBAS (1949) unterscheidet 1. örtlichen Niederschlag, 2. Umgebungsniederschlag aus Entfernungen bis 500 m unter Ausschluß von 1., 3. Nahflugniederschlag aus Entfernungen von 500 m bis 10 km, 4. Weitflugniederschlag aus Entfernungen von 10 bis 100 km und 5. Fernflugniederschlag aus Entfernungen über 100 km. Diese Werte sind nach pollenanalytischen Erfahrungen angenommen worden. Für forstgenetische Probleme ergibt sich eine jeweils besondere Fragestellung, die davon ausgeht, die Befruchtungsmöglichkeit aufzuklären.

Doch kann man die Einteilung von FIRBAS (1949) auch dazu benutzen, um eine Gliederung der Versuche durchzuführen, wozu man noch die über die Höhenverbreitung der Pollen hinzunehmen muß. Aber auch hier ist es nicht immer leicht, z. B. den Nahflug vom Weit- und Fernflug zu trennen, namentlich wenn keine gleichzeitigen phänologischen Beobachtungen vorliegen.

Ausgehend von einer Stieleiche, hat POHL (1933) den Pollenflug in der Umgebung eines Baumes untersucht und

ist zu dem Ergebnis gelangt, daß die Pollendichte in 9 m Entfernung vom Baum auf etwa ein Drittel zurückgeht. POHL machte auch darauf aufmerksam, daß der Pollenniederschlag auf den waagrecht liegenden Fangplatten nur einen Bruchteil des Pollenfanges auf der Zylinderoberfläche betrug. Ähnliche Versuche stellte auch REMPE (1938) an einem Haselstrauch an, die Abnahme der Pollendichte auf den Fangröllchen bis zu der gemessenen Entfernung von 150 m trat im Sinne einer Exponentialfunktion ein, während der Niederschlag auf den waagerechten Glasplatten in ca. 20 m vom Strauch eine Steigerung erfuhr und dann abnahm. Weiterhin berichtet REMPE (1938) über die Pollenverteilung in und über einem blühenden Grauerlenbestand. Die höchsten Pollenwerte wurden über den Kronen gemessen, während im Bestand selbst die Pollenmenge nach unten stark abnahm.

In diesem Zusammenhang unternahm es REMPE (1938) den Umgebungsflug in der Nähe von Beständen zu untersuchen. Das Maximum bei der Buche lag in 150 m vom Bestand, bei der Fichte bei 70 m und bei der Erle in 90 m. Die Werte sanken bei der Buche und bei der Erle bis auf die gemessene Endentfernung von 350 m sehr wenig ab, bei der Fichte dagegen erheblich. Es muß aber bei der Buche bei diesem Versuch mit Anflug auch aus entfernteren Beständen gerechnet werden.

Von amerikanischer Seite wurden dann weitere Versuche über die Pollenstreuung durchgeführt. BUELL (1947) untersuchte den Pollenniederschlag auf horizontal ausgelegten Glasplatten in einem *Pinus-echinata*-Bestand und in verschiedenen Entfernungen von demselben. Im Bestand war das Maximum des Pollenniederschlages gegeben, in 0,1 Meilen Entfernung 17%, in 0,2 Meilen 15% und in 0,25 Meilen 10%. WRIGHT (1952) untersuchte den Pollenanflug auf mit Glycerin-Gelatine bzw. Vaseline bestrichenen Glasplatten, die bei den meisten Versuchen um 45° geneigt waren und in 2 Fuß Höhe angebracht wurden. Die Pollenwerte wurden auf 3,86 cm² Anflugfläche bezogen. Von einzelstehenden Bäumen ausgehend, wurden verschiedene Holzarten in die Untersuchungen einbezogen. *Ulmus americana* ergab bei einem Maximum von 941 Pollen am Baum nur 8 Pollen in 5500 Fuß Entfernung. Bei 2000 bis 3000 Fuß waren 1 bis 7% der am Baum angefliegenen Menge festgestellt worden. *Fraxinus americana* und *Fraxinus pennsylvanica v. lanceolata* wiesen durchschnittlich 2502 Pollen an den Bäumen und 2 Körner in 400 Fuß Entfernung auf, bei 150 Fuß waren es weniger als 10%. *Populus deltoides* und *Populus nigra v. italica* wiesen einen sehr unregelmäßigen Anflug auf, der bei *Populus nigra v. italica* bei 3000 Fuß Entfernung sogar noch anstieg. Bei *Pseudotsuga taxifolia* sank der Pollenflug von 235 am Baum auf 3 Körner bei 150 Fuß Entfernung. *Pinus cembroides v. edulis* hatte bei vier in den verschiedenen Himmelsrichtungen angestellten Versuchen am Baum einen Anflug von 8480 Körnern, bei 300 Fuß Entfernung nur 46 Körner. *Cedrus atlantica v. glauca* und *Cedrus libani* wiesen an den Bäumen 275 Pollenanflug auf, bei 1200 Fuß Entfernung nur 4 und bei 26 000 Fuß keinen Anflug mehr auf.

Bezüglich der Streuungsentfernung stellt WRIGHT (1952) folgende Reihe von der kürzesten zur längsten auf, und zwar: *Pinus cembroides v. edulis*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Cedrus*, *Picea abies*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Juglans regia*, *Ulmus americana*, *Populus deltoides*, *Populus americana*.

Bei allen diesen Versuchen fällt es auf, daß die Anflugwerte in Beziehung zur Entfernung von den Beobachtungsbäumen sich einer Exponentialfunktion nähern, so daß WRIGHT (1952) entsprechende Formeln aufstellt. Doch ist eine Allgemeingültigkeit der Formeln kaum anzunehmen, da die eine Bezugsgröße, nämlich die Menge des von einem Baum bzw. Bestand erzeugten Pollens kaum bestimmt werden kann, auch erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Auch kommen die Einflüsse der Witterungselemente hinzu, sowie die Geländeaufformung und

die Wirkung des Bewuchses, so daß diese Formeln für Modellversuche ihre Gültigkeit haben können, für praktische Zwecke, z. B. zur Berechnung des Nahfluges aber wohl kaum anzuwenden sind.

Mit der speziellen Fragestellung des Pollenfluges in einer Birkensamenplantage beschäftigte sich v. DELLINGSHAUSEN (1954). Es wurde der Pollenflug von einigen Altbirken in Entfernung bis zu 380 m mittels zylinderförmigen Pollenfängen untersucht. Die Ergebnisse waren, daß an 20 m Entfernung von den Altbirken durchschnittlich 130 Pollen aufgefangen wurden, ab 140 m sank die Zahl auf durchschnittlich 40. Für den plötzlichen Abfall der Werte werden hier die Bewuchsverhältnisse (Kiefernstangenhölzer) mitgesprochen haben.

Die letztere Frage der Beeinflussung des Pollenfluges durch die Bestände führte zu Untersuchungen über den Pollenflug in Beständen bzw. über die Abfilterung durch die Bestände.

Eine erste solche Untersuchung wurde von MÄDE und STROHMEYER (1937) durchgeführt, die einmal den Vergleich der Pollenfänge mittels waagrecht und senkrecht stehenden mit Glycerin bestrichenen Objektträgern und dem Zeiß-Konimeter zeigten, andermal den Pollenflug am Rande und im Inneren eines Kiefernbestandes untersuchten. Der Vergleich ergab, daß die Werte der beiden Verfahren ohne weiteres aufeinander abgestimmt werden können. Der weitere Versuch zeigte, daß am Bestandesrand die Pollenwerte im Luv stark anstiegen, im Bestand selbst auf ein Drittel bis ein Achtel zurückgingen.

Auch REMPE (1938) unternahm in Beständen Pollenfängerversuche. In Buchenbeständen war in einer Entfernung von bekannten blühenden Erlen- und Haselbeständen der Pollenflug dieser Holzarten stark gehemmt, und zwar flogen am Rande 2047 Erlen- und 89 Haselpollen pro cm² in der Versuchszeit an, in 2,5 km 380 Erlen- und 76 Haselpollen und in 4,0 km 143 Erlen- und 14,8 Haselpollen. In einer Entfernung von 2,5 km von Kiefernbeständen flogen vom 29. 5. bis 24. 6. 1935 in 2 m Höhe 300 und in 5 m Höhe 258 Kiefernpollen pro cm² an. Die in diesem Heft veröffentlichten Ergebnisse von DENGLER vervollständigen das Bild.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß innerhalb der Bestände eine mehr oder minder starke Abfilterung stattfindet, jedoch nicht bekannt ist, inwieweit Baumbestände überhaupt Pollen abfangen können, der in den Luftschichten über den Baumkronen herangeführt und durch Wirbel heruntergelangen kann (s. GEIGER 1950), eine Tatsache, die für Samenplantagen wichtig ist.

Zur Aufklärung der Frage über die Möglichkeit der Bestäubung durch Nah- und Weitflug trugen besonders die Untersuchungen von DENGLER (1944) bei. DENGLER unternahm im Jahre 1931 einen groß angelegten Versuch, bei dem gleichzeitig an acht Stationen in der Zeit vom 15. 5. bis 20. 6. täglich Pollenfänge durchgeführt wurden. Zunächst sei auf die Ergebnisse der in unmittelbarer Nähe von Wäldern eingerichteten Stationen eingegangen. Bei der Pollenfangstation auf dem Aussichtsturm in Eberswalde war die große Menge der Fichtenpollen auffallend, die 1827 pro cm² im Beobachtungszeitraum betrug. Doch war es schwer möglich, Nah-, Weit- und Fernflug zu trennen, da in Eberswalde selbst ziemlich viel blühende Fichten sich befanden. Bei Versuch auf dem Kahlen Asten im südlichen Westfalen war die Kiefernmenge (2449) ziemlich groß, vor allem gegenüber der Fichtenmenge (2040), so daß mit Weit- und Fernflug gerechnet werden muß. Auf dem Feldberg im Taunus überwog die Kiefer (4369) die Fichte (3920), hier kommt vor allem der Weitflug aus dem Kieferngebiet von Frankfurt-Darmstadt in Frage. Auf dem Brocken im Harz überwog die Fichte (5457) die Kiefer (3345), deren Pollen vor allem aus Fernflug stammen dürfte. Auf der Schneekoppe im Riesengebirge war wieder die Kiefer (8278) stärker vertreten als die Fichte (6167), was auf den Weit- und Fernflug der Kiefer hinweist. Diese

Tatsache konnte vom Referenten (1949) im Jahre 1938 auch bestätigt werden.

Interessant ist es, daß auf dem Brocken und auf der Schneekoppe auch ein Weitflug der Buche und der Eiche nachgewiesen werden konnten, es flogen 1931 auf dem Brocken 763 Buchen- und 420 Eichenpollen an, auf der Schneekoppe 386 Buchen- und 472 Eichenpollen.

Eine spezielle Untersuchung des Referenten (1949) im Jahre 1938 im Riesengebirge an zehn auf beiden Seiten des Gebirges verteilten Stationen brachte das Ergebnis, daß Kiefernpollen in großen Mengen aus Weit- und Fernflug aufgefangen wurden und auch der Fichtenpollen weit verfrachtet wurde. In Zusammenhang mit den phänologischen Beobachtungen wurde aber die Wahrscheinlichkeit ausgesprochen, daß eine Befruchtung nur innerhalb einer Region von jeweils 200 m Höhenunterschied vor sich geht.

Zur Aufhellung des Pollenfernfluges sind aber besonders die Versuche geeignet, die weit von den nächsten Waldungen auf hoher See oder auf unbewaldeten Inseln (Helgoland) durchgeführt wurden.

Der „klassische“, immer wieder zitierte Versuch ist der von HESSELMAN (1919) aus dem Jahre 1918 im Botnischen Meerbusen.

Für die Zeit vom 16. 5. bis 26. 6. 1918 erhielt HESSELMAN auf dem Feuerschiff Västra Banken (30 km vom Land) pro mm² 6,961 Fichten-, 2,390 Kiefern- und 6,811 Birkenpollen. Auf dem Feuerschiff Finngrundet (55 km vom Land) 4,089 Fichten-, 1,069 Kiefern- und 3,649 Birkenpollen. Die Zahlen zeigen, in welchem Maße der Weitflug der Pollen stattfindet, sie zeigen auch, daß mit der Entfernung vom Land eine Abnahme der Pollenmenge vor sich geht.

Auf Helgoland unternahm DENGLER (1944) in seinem oben erwähnten Großversuch im Jahre 1931 Pollenfänge, die 120 Buchen-, 21 Eichen-, 17 Fichten- und 170 Kiefernpollen auf dem cm² in der Zeit vom 15. 5. bis 20. 6. ergaben. REMPE (1938) führte im Jahre 1934 ebenfalls auf Helgoland in der Zeit vom 2. 5. bis 5. 5. Pollenfänge durch, die viel höhere Werte ergaben. Es flogen z. B. im Untersuchungszeitraum an: 892 Kiefern-, 1052 Eichen-, 123 Birken- und 27 Fichtenpollen an.

Interessant ist auch der Versuch von DENGLER (1944) auf dem Feuerschiff Adlersgrund in der Ostsee im Rahmen des Großversuchs des Jahres 1931. Es flogen dort 87 Buchen-, 416 Eichen-, 635 Fichten- und 22 620 Kiefernpollen auf 1 cm² in der Zeit vom 15. 5. bis 20. 6. an. Besonders auffallend ist die hohe Anzahl der Kiefernpollen, die an einem Tag bei ESE-Wind 8723 betrug.

Alle diese Zahlen zeigen, daß gewaltige Pollenmengen über große Entfernungen verfrachtet werden.

Einen Versuch, Pollenfänge über sehr große Entfernungen durchzuführen, unternahm ERDTMANN (1937) im Jahre 1937 auf der Überfahrt von Göteborg nach New York in der Zeit vom 29. 5. bis 7. 6.

ERDTMANN verwandte Staubsauger und berechnete die aufgefangene Pollenmenge auf 100 m³ durchgesogene Luft, stellte daneben die absolute Pollenmenge fest. Das Interessanteste seiner Ergebnisse ist, daß selbst in der Mitte des Ozeans 0,7 Pollen pro 100 m³ aufgefangen wurden, von denen absolut 40 Baumpollen waren, und zwar 9 Betula-, 21 Pinus- und 3 Quercuspollen. Bei Annäherung an Neufundland und Neuschottland erhöhte sich die Pollenmenge beträchtlich. Wenn auch absolut gesehen, die Pollenmengen gering waren, so zeigt doch der Versuch, daß zur Blütezeit der Waldbäume praktisch überall mit Pollenflug gerechnet werden muß.

Da der Pollen, der über sehr weite Entfernungen verfrachtet wird, wahrscheinlich zuerst in höhere Luftschichten gelangen muß und dort weiter transportiert wird, sind die Versuche bedeutsam, die den Höhenflug des Pollens erfassen.

Hier sind aus den Beobachtungen von DENGLER (1944) aus dem Jahre 1931 die Pollenfänge auf der Zugspitze (2960 m)

anzuführen, die bei relativ schlechtem Wetter 56 Buchen-, 9 Eichen-, 352 Fichten- und 514 Kiefernpollen ergaben.

Systematisch wurde der Frage des Höhenfluges der Pollen durch REMPE (1938) nachgegangen, der mittels Flugzeugen die Verteilung der Pollen bis in Höhen von 2000 bis 3000 m untersuchte. Das Ergebnis war, daß bei Höhen von 200 m, 500 m, 1000 m erhebliche Pollenmengen aufgefangen wurden, selbst bei 1500 m und 2000 m waren die Pollenmengen recht groß. Bei 3000 m war eine deutliche Abnahme zu verzeichnen. Beachtenswert ist die Feststellung, daß bei Tage große Pollenmengen in beträchtliche Höhen geraten, ohne daß eine Auslese nach den Sinkgeschwindigkeiten erfolgte. In stillen Nächten dagegen war eine Auslese gegeben.

Zusammenfassend kann man also feststellen, daß durch Aufwinde der Pollen in große Höhen gerät, dort weiter verfrachtet wird und je nach den Witterungsbedingungen zu Boden sinkt, wobei die Entfernungen vom Erzeugungsort des Pollens bis zu seinem Niederschlag mehrere Hundert Kilometer betragen können. Daß der Pollen bei solchen Fernflügen stark verdünnt wird, ist verständlich. Wieweit aber noch Kreuzungsmöglichkeiten gegeben sind, gehen die Meinungen auseinander. REMPE (1938) nimmt solche für Helgoland an, auch DENGLER (1944) spricht sich für eine Möglichkeit der Kreuzungen in Südschweden aus. Auch HESSELMAN (1919) nimmt die Möglichkeit einer Kreuzung über weitere Entfernungen an, will aber die Frage ebenso wie DENGLER (1944) nur in Verbindung mit der Phänologie behandelt wissen. LANGNER (1952) und der Referent (1949) sprechen sich für eine Befruchtung innerhalb von Beständen (s. o.) aus. Die Wahrscheinlichkeit für die letztere Annahme ist ziemlich groß, obgleich die Möglichkeit der Fernbefruchtung immer gegeben ist. Auch spricht die Ausbildung bestimmter Provenienzen unserer Waldbäume dafür, daß kaum eine Durchmischung stattfindet. Die Frage wird anders, wenn in der Nähe von Saatgutbeständen schlechte Provenienzen sich befinden, die eine Möglichkeit der Einkreuzung wahrscheinlich machen können. Die in den Bestimmungen angenommenen Entfernungen von 300 m können nur eine Richtzahl sein, die je nach dem Gelände und Bestandesverhältnissen abzuändern ist. Die Lösung dieser Frage durch Entfernen der schlechten Provenienzen muß immer das Ziel bleiben.

Die Ökologie des Pollenfluges, d. h. seine Beeinflussung durch die Witterungsfaktoren hat für die Forstgenetik und die Forstpflanzenzüchtung vielleicht nur sekundäre Bedeutung. Die phänologischen und blütenbiologischen Vorgänge, mit denen der Pollenflug in engsten Beziehungen steht, sind von größerem Interesse. Doch wirken sich die Witterungsfaktoren auf den Nah-, Weit- und Fernflug aus, so daß auf sie eingegangen sei.

Durch die Beobachtungen von DENGLER (1944) an acht Stationen konnten Beziehungen zur Großwetterlage hergestellt werden. So war z. B. am 21. 5. 1931 bei regnerischem Wetter nur ein geringer Pollenflug zu verzeichnen. Bei einer Hochdruckwetterlage am 24. 5. 1931 setzte bei starker Erwärmung ein großer Pollenflug ein und vom Hochdruckkern wurden die Pollen radial verfrachtet. REMPE (1938) stellte fest, daß das Maximum des Pollenflugs bei der Schwarzerle mit dem Maximum der Lufttemperatur und dem Minimum der relativen Feuchte zusammenfiel. Auch der Referent (1949) konnte feststellen, daß Niederschläge und Feuchtigkeit den Pollenflug hemmen, daß aber der Wind bei feuchtem Wetter eine Aufhebung der Hemmung bewirkt. Diese Beobachtung führt zu der Frage, wieweit die Windgeschwindigkeit einen Einfluß auf den Pollenflug ausübt. Diese Frage ist einer Lösung näher zu bringen, wenn man den Vorgang des Pollenflugs analysiert. Nach allen Beobachtungen übt der Wind bei der Pollenentleerung der Blüten eine Wirkung aus (s. WRIGHT 1952), wodurch größere Pollenmengen in die Luft gelangen. Nach den Berechnungen von ROMBAKIS (1947) ist die Flugdauer und die Flughöhe von der

horizontalen Windgeschwindigkeit unabhängig, hier ist die Größe des Massenaustausches maßgebend, die allerdings mit wachsender Windgeschwindigkeit auch größer zu werden pflegt. Bei der Flugweite ist die Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und vom Massenaustausch gegeben. Die wahrscheinliche Flugweite X (cm) nach ROMBAKIS (1947)

$$X = 0,91 \frac{A \cdot U}{\rho \cdot c^2}$$

Die maximale Flughöhe z_{max} (cm) ist:

$$z_{max} = 0,227 \frac{A}{\rho \cdot c}$$

A = Austauschkoeffizient in $g/cm \text{ sec}$

U = mittlere horizontale Windgeschwindigkeit in cm/sec

c = mittlere Sinkgeschwindigkeit in ruhender Luft in cm/sec

ρ = Luftdichte in g/cm^3

Aus diesen Feststellungen erklärt sich auch das von REMPE (1938) in der Nacht beobachtete Absinken der Pollen aus höheren Luftschichten und eine Sortierung nach der Sinkgeschwindigkeit.

Doch oft wird der Flug des Pollens durch Regen unterbrochen. Zwar konnte der Referent (1949) zeigen, daß auch bei Regen Pollenflug stattfindet, aber die Beobachtungen des Pollenniederschlags nach starkem Regen, wo der Pollen am Rande von Pfützen sichtbar wird, zeigen, daß, wie es auch REMPE (1938) festgestellt hat, eine Auswaschung der Luft durch Regen stattfindet. Inwieweit dieser ausgewaschene Pollen noch keimungsfähig ist, führt zur Keimungsphysiologie des Pollens, die hier nicht besprochen werden kann.

Auch LEIBUNDGUT und MARCET (1953) stellten fest, daß bei länger anhaltenden oder sich wiederholenden Regenfällen der Pollenflug stark zurückgeht, dagegen kurze Schauer sich sehr hemmend auswirkten.

Zusammenfassend kann man mit DENGLER (1944) sagen, daß der Überblick über die vorliegenden Versuche über den Pollenflug unserer Waldbäume eine ganze Reihe bemerkenswerter und für die Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung wichtiger Tatsachen ergeben hat, daß aber noch manche wichtige Frage offen geblieben, ja man kann sagen, erst aufgeworfen worden ist.

Zusammenfassung

1. Das Sammelreferat stellt sich die Aufgabe, den gegenwärtigen Stand unseres Wissens über den Pollenflug der Waldbäume zusammenzustellen. Untersuchungen über die Blütenbiologie und die Phänologie werden im Referat nicht besprochen.

2. Die Untersuchungen über den Pollenflug bedienen sich verschiedener Methoden des Pollenflugs:

- a) der Pollenniederschlag wird in Petrischalen und auf mit klebrigen Substanzen (Vaseline, Glycerin, Glycerin-Gelatine) bestrichenen Glasplatten beobachtet,
- b) der Pollen wird auf mit klebrigen Substanzen bestrichenen zylinderförmigen Flächen aufgefangen,
- c) der Pollen wird auf mit klebrigen Substanzen bestrichenen Objektträgern, die an Windfahnen befestigt sind, aufgefangen,
- d) der Pollen wird mittels Staubsaugers oder dem Zeiß-Konimeter mit der Luft angesogen.

3. Von einzeln stehenden Beobachtungsbäumen nimmt der Pollenanflug in der Regel im Verhältnis einer Exponentialfunktion ab.

4. Innerhalb von Beständen ist eine weitgehende Verminderung des Pollenflugs zu verzeichnen.

5. Der Weitflug des Pollens kann sehr große Entfernungen erreichen. Bei Entfernungen von ca. 100 km von blühenden Beständen kann noch mit einem Massenflug gerechnet werden. Der absolute Fernflug kann sich über 2000 km erstrecken.

6. Der Höhenflug der Pollen ist bis 2000 m reichlich und erreicht absolute Höhen bis über 3000 m.

7. Die Untersuchungen über die Ökologie des Pollenfluges zeigen, daß warmes und trockenes Wetter den Flug begünstigt, Regen und Feuchtigkeit den Pollenflug hemmen. Der Regen bringt einen Teil des in der Luft fliegenden Pollens zum Niederschlag.

8. Die vorliegenden Untersuchungen lassen die Wahrscheinlichkeit vermuten, daß eine Befruchtung nur innerhalb von Beständen vollzogen wird. Bei Samenplantagen muß immer mit einer geringen Möglichkeit der Bestäubung von außen her gerechnet werden.

Summary

Title of the paper: *The present state of knowledge on pollen dispersal of forest trees.* (A summary.) —

1. The object of this summary is to describe the present state of our knowledge about pollen dispersal of forest trees. Research in biology of flowering and phenology are not discussed in this paper.

2. The investigations of pollen dispersal have made use of different methods of pollen collecting.

a) The fall of pollen was observed in Petri dishes or on slides, which were coated with sticky substances such as vaseline, glycerine, or glycerine-gelatine.

b) The pollen was collected on cylinders coated with sticky substances.

c) The pollen was collected on sticky slides fastened to vanes.

d) The pollen was extracted from the air by a vacuum-cleaner or by the Zeiß-conimeter.

3. As a rule in a distance from single trees pollen dispersal decreased in proportion of an exponential function.

4. A considerable reduction of pollen transporting has been observed within stands.

5. It is possible that pollen is transported over great distances. A mass pollen transport over a distance of about 100 km from the flowering stands must be supposed. The absolute distance of flight amounts to 2000 km.

6. Pollen transporting is copious up to a height of 2000 m and reaches absolute heights of more than 3000 m.

7. Research into the ecology of pollen dispersal shows that warm and dry weather favours the pollen dispersal, while rain and moisture hinders it. Rain causes the settling of a part of the flying pollen.

8. From the researches discussed here it may be supposed that fertilization only occurs within stands. Of course in seed orchards it must be counted on a small possibility of foreign pollination.

Résumé

Titre de l'article: *Etat actuel de nos connaissances sur la dissémination du pollen des arbres forestiers.* (Résumé analytique collectif.) —

1. Le résumé analytique collectif a pour but de faire une mise au point de nos connaissances actuelles sur la dissémination du pollen des arbres forestiers. Les recherches concernant la biologie des fleurs et la phénologie ne sont pas citées.

2. Les prélèvements de pollen sont faits par diverses méthodes:

a) Le pollen est récolté dans des cuvettes ou sur des plaques enduites avec des substances collantes (vaseline, glycérine, glycérine gélatinée).

b) Le pollen est récolté sur des surfaces cylindriques enduites avec des substances collantes.

c) Le pollen est récolté sur des plaques de microscope attachées à des girouettes et enduites avec des substances collantes.

d) Le pollen est aspiré avec l'air à l'aide d'un aspirateur à poussière ou à l'aide de l'appareil de Zeiss (conimètre).

3. Normalement, la dissémination du pollen diminue avec la distance à partir d'un arbre isolé suivant une courbe exponentielle.

4. A l'intérieur d'un peuplement la dissémination du pollen diminue.

5. La dissémination du pollen peut avoir lieu à de grandes distances. On le trouve en masse à une distance de 100 km et il peut atteindre plus de 2000 km.

6. Le pollen peut se disséminer jusqu'à 2000 m en hauteur et peut atteindre une altitude absolue de plus de 3000 m.

7. Les recherches sur l'écologie de la dissémination montrent qu'elle est favorisée par un temps chaud et sec et retardée par la pluie et l'humidité. La pluie entraîne une partie du pollen flottant dans l'air.

8. On peut déduire de ces recherches la probabilité d'obtenir une fécondation seulement à l'intérieur d'un peuplement. En ce qui concerne les verges à graines il faut toujours compter avec la possibilité d'une pollinisation avec du pollen venu de dehors.

Literatur

BUELL, M. F.: Mass dissemination of pine pollen. *J. Elisha Mitchell Scient. Soc.* 63, 163—167 (1947). — BUSSE, J.: Kiefernpollenflug und forstliche Saatgutenerkennung. *Thar. forstl. Jahrb.* 77, 225—231 (1926). — BODMER, H.: Über den Windpollen. *Natur und Technik* 3, 1922. — DENGLER, A., und SCAMONI, A.: Über den Pollenflug der Waldbäume. *Zeitschr. f. d. ges. Forstwes.* 76/70, 136—155 (1944). — DELINGSHAUSEN, M. V.: Der Anteil fremden Pollens bei der Befruchtung in einer Birkensamenplantage. *Z. Forstgenetik* 3, 52—53 (1954). — DYKOWSKA, J.: Researches on the rapidity of the falling down of pollen of some trees. *Bull. Acad. Polon. Sc. et 1., Cl. S. Math. Nat. B. Cracovie*, 155—168 (1936). — ERDMANN, G.: Pollen grains recovered from the atmosphere over the Atlantic. *Meddelanden fran Göteborgs Botaniskt Trafgard.* 12 (1937). — FIRBAS, F.: Waldgeschichte Mitteleuropas. 1. Bd., Jena (1949). — FIRBAS, F., und REMPE, H.: Über die Bedeutung der Sinkgeschwindigkeit für die Verbreitung des Blütenstaubes durch den Wind. *Bioklim. Beibl.*, 49—53 (1936). — FIRBAS, F., und SAGROMSKY, H.: Untersuchungen über die Größe des jährlichen Föllenniederschlags vom Gesichtspunkt der Stoffproduktion. *Biol. Zbl.* 66, 129—140 (1947). — GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 3. Aufl. Braunschweig (1950). — GREGORY, P. H.: The dispersion of air-borne spores. *Brit. Mycol. Soc. Trans.* 28, 26—72 (1945). — HESSELMAN, H.: Takttagel över skogsträdspollens spridningsförmaga. *Meddelanden fran statens Skogsförsöksanstalt* 16, 27—60 (1919). — KNOLL, F.: Über die Fernverbreitung des Blütenstaubes durch den Wind. *Forsch. u. Fortschr.* 8, 301—302 (1932). — 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. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen* 104 (1953). — LÖBNER, A.: Das Zeiß-Konimeter und seine Anwendungsmöglichkeiten. *Phytopath. Z.* 8 (1935). — MÄDE, A., und STROHMAYER, G.: Zur Methodik von Pollenfluguntersuchungen. *Züchter* 9, 68—70 (1937). — MIQUEL, M. P.: Les organismes vivants de l'atmosphère. Paris (1883). — POHL, E.: Freilandversuche zur Bestäubungsökologie der Stieleiche. *Beih. Bot. Cbl.* 1, 51, 673 (1933). — POHL, E.: Pollenerzeugung der Windblütler. *Beih. Bot. Cbl.*, Abt. A. 56, 365 (1937). — REMPE, H.: Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch Luftströmungen. *Planta* 27, 93—147 (1938). — ROMBAKIS, S.: Über die Verbreitung von Pflanzensamen und Sporen durch turbulente Luftströmungen. *Zeitschr. f. Meteorologie* 1, 359—363 (1947). — SCAMONI, A.: Beobachtungen über den Pollenflug der Kiefer und Fichte. *Forstwiss. Cbl.* 68, 735—751 (1949). — SCHMIDT, W.: Die Verbeitung von Samen und Staub durch die Luftbewegungen. *Österr. Bot. Ztschr.* 67, 313—328 (1918). — SCHMIDT, W.: Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen. *Probl. d. kosm. Physik* 7 (1925). — SUTTON, O. G.: A theory of eddy diffusion in the atmosphere. *Roy. Soc. Agr. Proc.* 135, 143—165 (1932). — WOOD, M. N.: Pollination and blooming habits of the Persian walnut in California. *U. S. Dept. Agr. Techn. Bul.* 387 (1934). — WRIGHT, J. W.: Pollen dispersion of some forest trees. *Northeastern For. Exp. Sta. Station Paper* Nr. 46 (1952). — WRIGHT, J. W.: Pollen dispersion studies: Some practical applications. *Journ. For.* 51, 114—118 (1953).