

Schwefelregen — ein botanisches Phänomen

Von E. Stix, München

Einleitung

In unregelmäßigen Zeitabständen, etwa alle 3—15 Jahre, tritt im Verbreitungsgebiet von Bäumen mit anemophilen Blüten eine Erscheinung auf, die als Schwefelregen bezeichnet wird. Man versteht darunter Massenverbreitung von Blütenstaub durch die Luft, die nur beim Zusammentreffen mehrerer meteorologischer und biologischer Bedingungen zustande kommen kann. Aus der Literatur sind der Einfluß der Witterung, die Beteiligung der Baumarten und in einem Fall auch die Zusammensetzung des Schwefelregens bekannt: Danach ist die Witterung der vorhergehenden Wachstums- und Ruheperiode besonders einflußreich. Der vorjährige Sommer sollte warm und trocken sein, der Winter kalt und trocken. Zur Blütezeit begünstigt warme, trockene Luft die Entstehung des Schwefelregens, Niederschläge verhindern Pollenfreisetzung und Pollenflug (ROHMEDEK 1954).

Intensität und Dauer des Schwefelregens hängen ab von der Individuenzahl der beteiligten Baumarten. Meist ist nur eine Art daran beteiligt. Schwefelregen wurde bisher an Fichten, Kiefern, Erlen und Birken beobachtet (nach WASMUND 1930). Er ist zur Zeit der Baumblüte zu erwarten, also bei Erlen im zeitigen Frühjahr, etwa von Januar bis März, bei Birken Mitte April bis Anfang Mai, bei Fichten Anfang bis Mitte Mai und bei Kiefern Mitte bis Ende Mai (AMANN 1954, STIX & GROSSE-BRAUCKMANN 1970, STIX 1971, STIX 1973). Das Phänomen wurde speziell diskutiert, als mit Hilfe der Pollenanalyse quartärer Ablagerungen die mitteleuropäische Waldgeschichte erforscht (FIRBAS 1949 und 1952, SCHMITZ 1930) und die rezente Pollenproduktion und -sedimentation als Modell für die Deutung fossiler Pollenfunde benützt wurde. Dabei wurden auch Angaben über die Zusammensetzung des Schwefelregens gemacht. So beschreibt z. B. WASMUND (1930), daß eine mikroskopische Untersuchung eines gelben Niederschlags von der Oberfläche des Bodensees ergeben hat, daß er aus 98,7 % Fichtenpollen und nur 1,3 % Pollen von Buche, Kiefer, Tanne und Eiche bestand.

Quantitative Ermittlung der Fichtenpollenkonzentration im Jahr 1971 im Bereich der Bundesrepublik

Angaben über die großräumige Verteilung des Blütenstaubs und über Konzentrationsangaben in unserem Bereich wurden erst möglich, als die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit einem Meßstellennetz zur Erforschung der Luftzusammensetzung und deren Veränderung die technischen Voraussetzungen für diese Bestandsaufnahmen schuf. Seit 1967 konnten dadurch an acht verschiedenen Stellen in der Bundesrepublik Deutschland nach einheitlichen Untersuchungsmethoden die Pollengehalte der Luft bestimmt werden.

Die Meßstellen liegen im südlichen Schwarzwald (Schauinsland), im Bayerischen Wald (Brotjacklriegel), im Hunsrück (Deuselbach), im Stadtgebiet von München, nördlich der Stadt Mannheim, im Ruhrgebiet (Gelsenkirchen), in der Lüneburger Heide (Langenbrügge) und bei Westerland auf der Insel Sylt. Außerdem standen uns die Staubproben der Schweizer Meßstelle Basel zur Verfügung, die mit gleichen Methoden gewonnen wurden (LEUSCHNER, im Druck). Die Proben werden auf allen Meßstellen einheitlich mit Burkard-Sporenfallen gesammelt, die volumetrisch, kontinuierlich 24 Stunden täglich arbeiten. Die

Saugstellen befinden sich 2 m über dem Erdboden, bzw. in München, Gelsenkirchen und Basel 2 m über dem Flachdach eines 3—4stöckigen Gebäudes. Die Geräte arbeiteten mit Pumpen, deren Ansaugleistung auf 10 l Luft/min eingestellt ist. Die zu untersuchende Luft wird auf eine klebrige Folie aufgeblasen, auf der die Partikel haften bleiben. Die Folie wird dabei mit konstanter Geschwindigkeit (2 mm/Std.) in einem Abstand von 0,6 mm hinter einer 14 mm breiten und 2 mm hohen Düse vorbeibewegt, durch die die Luft in das Gerät einströmt. Das bedeutet, daß der tägliche Pollen- und Sporengelhalt von 14,4 m³ Luft als 14 mm breites und 48 mm langes Band auf der Folie niedergeschlagen wird. Die Proben, die den Pollenfang eines Tages enthielten, wurden in Gelvatol eingebettet und mit einem 40fachen Wasserimmersionsobjektiv mikroskopisch untersucht. Die für die mikroskopische Auswertung ausgewählte Fläche setzt sich aus 5 Streifen zusammen, von denen jeder 194 µm breit und 48 mm lang ist. Sie liegen parallel zueinander und etwa 1 mm voneinander entfernt. Der Staub- bzw. Pollengehalt dieser 5 Teilflächen zusammen genommen (46,5 mm²) entstammt 1 m³ Luft. Er stellt das „Tagesmittel“ dar (Abb. 1, Tab. 1 und 2, linke Spalte). Für die Feststellung der „Stundenmittel“ (Abb. 2 und Tab. 2, rechte Spalte) wurden für jede Stunde 28 mm² Sedimentfläche mikroskopisch ausgewertet, die erhaltenen Zahlen wurden mit 1,66 multipliziert (entspricht wieder formal 46,5 mm² Fläche) und damit der Bezug auf 1 m³ Luft hergestellt.

Im Laufe dieser großräumigen Bestimmung des Pollengehaltes der Luft wurde im Jahr 1971 ein Schwefelregen erfaßt, der hauptsächlich aus Fichtenpollen bestand. Die Fichte ist in Süd- und Südostdeutschland der am häufigsten angepflanzte Baum, und deswegen ist unter günstigen meteorologischen Bedingungen hier ein ganz besonders auffälliger Pollengehalt zu erwarten. Dazu kommt, daß die durchschnittliche Pollenerzeugung einer Fichtenblüte besonders hoch liegt (ca. 600 000 Pollenkörner nach ROHMEDE & SCHÖNBACH 1959), die Blüten durch die Lage am Baum dem Wind sehr leicht zugänglich sind und der Pollenniederschlag wegen der Größe der einzelnen Pollenkörner (längste Achse etwa 140 µm) sehr auffällig ist. Normalerweise sind die durchschnittlichen Pollengehalte der Luft so gering, daß der Niederschlag mit bloßem Auge nicht feststellbar ist.

Im Hauptverbreitungsgebiet der Fichte, z. B. im Bayerischen Wald und im südlichen Schwarzwald, wurden in den vorausgehenden Jahren 1967, 1969 und 1970 nur wenig Fichtenpollen nachgewiesen (2—22 Pollen/m³ Luft). Etwas höher lagen die Werte von 1968. 1971 stiegen die Konzentrationen dagegen auf 170 bzw. 190 Pollen/m³ Luft im Tagesmittel (Tab. 1), und erst diese Mengen reichen aus, um einen makroskopisch auffallenden Schwefelregen zu verursachen.

Eine Zusammenstellung der höchsten Tagesmittel jeder Meßstelle während des Blühjahrs 1971 zeigt erwartungsgemäß, daß hohe Pollenkonzentrationen nur im südlichen Teil Deutschlands gemessen wurden, also dort, wo das Hauptverbreitungsgebiet der Fichte liegt. Auf den drei norddeutschen Stationen Gelsenkirchen, Langenbrügge (Lüneburger Heide) und Westerland (Sylt) kamen nur sehr niedrige Werte vor (Tab. 2).

Die höchsten Stundenmittelwerte der Tage mit dem höchsten Tagesmittel der Blühperioden sind ebenfalls in der Tabelle 2 zusammengefaßt. Sie lagen in der Regel in den Tagstunden.

Die in den Tabellen zusammengefaßten Ergebnisse zeigen deutlich, daß das Maximum der Fichtenpollen-Konzentration über ganz Deutschland, mit Ausnahme von Westerland, zur selben Zeit auftrat. Daraus kann geschlossen werden, daß der Blühtermin bei der Fichte nicht vom Kleinklima, sondern von der Großwetterlage abhängt. Das Pollenmaximum beginnt also nicht ähnlich dem ersten Aufbruch der Apfelblüte im klimatisch begünstigten Südwesten Deutschlands und breitet sich von dort nach Norden und Osten aus, sondern es setzt bis auf den äußersten Norden überall am gleichen Tag ein, im Jahr 1971 am 11. Mai.

Fichtenpollenkonzentration im Jahre 1971 in München

Besonders interessant sind die Zählergebnisse aus den Staubproben von München, weil hier trotz der großen Entfernung einzelner Fichten und größerer Bestände vom Fallenauf-

stellungsort hohe Pollenkonzentrationen gemessen wurden, die auf einen Ferntransport schließen lassen.

Die Blütezeit und die Zeit der größten Pollenverbreitung begann in München am 6. Mai und endete am 12. Mai. Pollen waren nur tagsüber in größeren Mengen in der Luft, nachts wurden nur einzelne registriert. Während der ganzen Zeit herrschte für die Jahreszeit warmes und trockenes Wetter. Das tägliche Temperaturmittel lag bis zu 6° C über dem langjährigen Mittel. Hohe Pollenkonzentrationen kamen ausschließlich an Tagen vor, an denen die Windrichtungen Nordost bis Ostnordost vorherrschten.

In Abb. 1 sind die täglichen *Picea*-Pollenkonzentrationen in der Luft und ein Teil der dazugehörigen Wetterdaten, wie Temperatur, Luftfeuchte und Niederschlag, dargestellt. Die meisten Pollen wurden vom 7. bis zum 9. und am 11. Mai registriert. Am 11. Mai, dem Tag der höchsten Pollenkonzentration, kamen als Tagesmittel 110 Pollen/m³ Luft vor, die stündliche Höchstkonzentration lag gegen 12.00 Uhr bei 420 Pollen/m³ Luft. Die höchste Temperatur des Tages betrug etwa 22,5° C, sie lag damit 10° über dem langjährigen Tagesmittel. Die Luftfeuchte (gemessen um 14.00 Uhr) lag für die oben genannten 4 Tage mit höchster Pollenkonzentration zwischen 33 % und 45 %; Niederschlag trat während der Hauptblütezeit nur lokal und in sehr geringen Mengen auf. Der Rückgang des Pollengehaltes der Luft am 10. Mai während der Hauptblütezeit ist ausschließlich durch die Witterung bedingt. Die höchste Temperatur des Tages sank von 22,5° auf 18° C, die relative Luftfeuchte betrug um 14.00 Uhr immer noch 70 %, das Tagesmittel lag ebenfalls sehr hoch (79 %; Vortagswerte Minimum 33 %, Tagesmittel 65 %), der Wind ließ nach und drehte über Süd nach West und Nord. Zwei Gewitterschauer vom 13. Mai bewirkten zusammen mit der Erschöpfung der Pollenquelle, daß der Pollengehalt der Luft an diesem den die Windrichtungen Nordost bis Ostnordost vorherrschten.

Während der ganzen Blühperiode der Fichte dürfte der Wind den größten Einfluß auf die Pollenkonzentration an der Sammelstelle gehabt haben. Stündliche Wind- und Pollendaten sind für den 11. Mai in Abbildung 2 wiedergegeben. Besonders während der Tagesstunden, also den Zeiten mit hohem Pollengehalt, war die Windrichtung sehr konstant (NE bis ENE). Die Windgeschwindigkeit war während der Tagesstunden bedeutend höher als in den Nachtstunden. Es kamen auf dem Dach des Instituts für Botanik der Technischen Universität stündliche Mittelwerte bis 24 km/Std. (= 6.6 m/sec.) vor, meist lagen sie zwischen 10 und 14 km/Std. Abnehmende Windstärke und hohe Luftfeuchte sind bei gleichbleibender Windrichtung wohl die Ursache für den nachts regelmäßig absinkenden Pollengehalt der Luft, wogegen bei gleichbleibender Windrichtung abnehmende Luftfeuchte und zunehmende Windstärke positiven Einfluß auf den Pollengehalt der Luft ausüben. Auch SCAMONI (1949) hält den Wind für den maßgebenden Faktor bei der Freisetzung von Fichtenpollen.

Als Quelle für die in München niedergeschlagenen Pollenkörner kommen nach dem Gesagten wahrscheinlich nur Fichtenstandorte in Frage, die vom Sammelort aus im Sektor NNE bis E liegen, also in den Richtungen, aus denen während des Schwefelregens der Wind wehte, obwohl die großen Fichtenbestände in der Nähe Münchens nicht in diesen Richtungen, sondern im Südwesten (Forstenrieder Park), Süden (Perlacher und Grünwalder Forst) und im Südosten (Höhenkirchner Forst) zu finden sind. Wahrscheinlich sind die kleineren Privatwaldungen südlich und südöstlich von Erding und die Bestände vom Ebersberger Forst, die 20—25 km vom Sammelort entfernt sind, für den an der Sammelstelle angefliegenen Blütenstaub verantwortlich. Mit geringeren Mengen sind wahrscheinlich auch die Fichten aus Gärten und Anlagen der nordöstlichen Vororte Münchens beteiligt. Ferntransport von *Picea*-Pollen wird auch von SARVAS (1955) beschrieben. Er bringt einen sicheren Beleg für einen Anflug größerer Pollenmengen aus etwa 50 km Entfernung.

Daß im Gebiet zwischen der vermuteten Quelle bei Erding und der Sammelstelle in München zur Zeit der gemessenen Pollenmaxima wahrscheinlich ebenfalls nordöstliche bis ostnordöstliche Windrichtungen herrschten, kann aus den Daten der umliegenden meteorologischen Beobachtungsstationen geschlossen werden, nach denen im Mai nordöstliche bis östliche Windrichtungen vorherrschten (Passau-Oberhaus E, Mühldorf E, Kumhausen bei

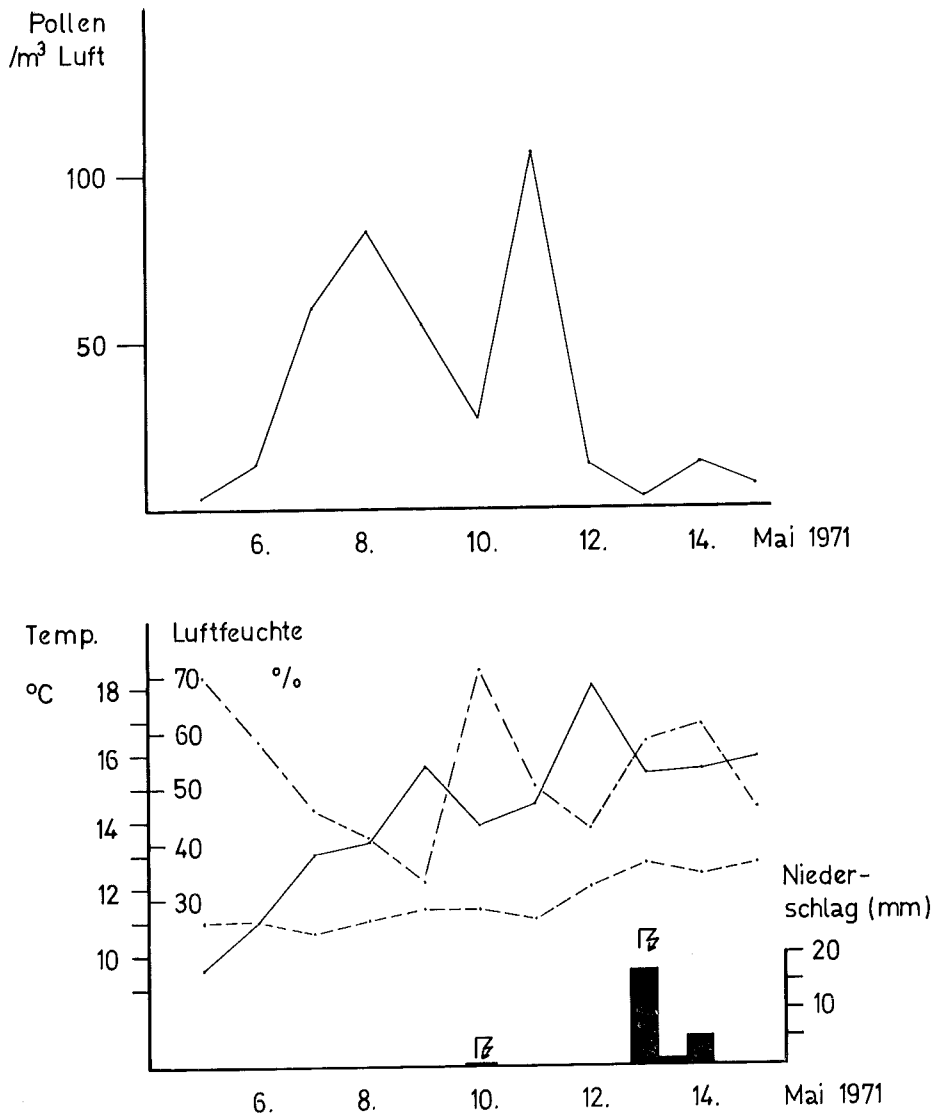


Abb. 1: Fichtenpollengehalt der Luft und einige Wetterdaten während eines Schwefelregens in München vom 5. bis 15. Mai 1971.

Der obere Teil der Abbildung zeigt die Tagesmittel der Fichtenpollenkonzentration in 1 m³ Luft. Im unteren Teil der Abbildung sind einige Wetterdaten dargestellt. Mittlere Tagestemperatur: ausgezogene Linie; langjähriges Temperaturmittel: gestrichelte Linie; relative Luftfeuchtigkeit um 14.00 Uhr: strichpunktierte Linie; Niederschlag: Säulendiagramm.

Die Angaben über Pollengehalt und Niederschlag wurden auf dem Dach des Institutes für Botanik der Technischen Universität München gewonnen, die übrigen Wetterdaten stammen aus Veröffentlichungen des Deutschen Wetterdienstes über München-Riem.

Zeichenerklärung: ⚡ Gewitter.

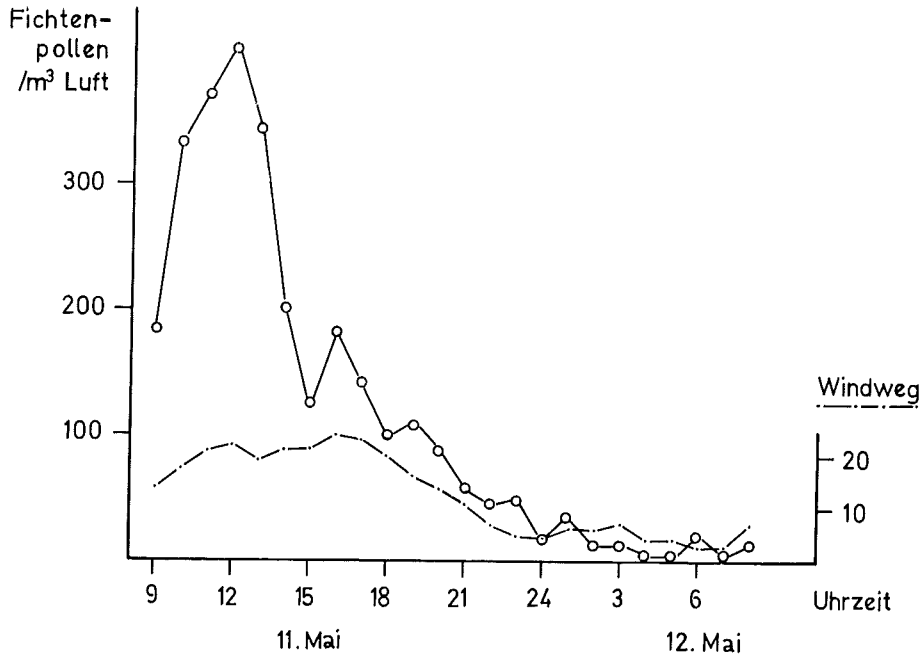


Abb. 2: Fichtenpollengehalt der Luft und Windweg vom 11. Mai 1971, 9.00 Uhr, bis 12. Mai 1971, 9.00 Uhr, im Zentrum von München etwa 20 m über dem Straßenniveau und 2 m über dem Flachdach des Instituts für Botanik der Technischen Universität. Der Pollengehalt ist in den Mittagsstunden am höchsten, nimmt dann stark ab und erreicht die niedrigsten Werte nachts und in den frühen Morgenstunden.

Landslut NE, Hüll bei Wolnzach E, Kösching bei Ingolstadt NE, Hohenpeißenberg NE; nach Wetterdaten „Mai 1971 München-Riem“).

Daß die Pollenquelle ab 11. Mai gegen nachmittag erschöpft war, geht auch aus den Pollen- und Wetterdaten vom 12. Mai hervor. Der stündliche Pollengehalt stieg nicht über 50 Pollen/m³, obwohl Temperatur und Luftfeuchte sogar etwas günstigere Bedingungen für Freisetzung und Transport aufwiesen als am Vortag, dem Tag mit dem höchsten mittleren und stündlichen Pollengehalt der ganzen Blütezeit. Niederschläge, die sich sicher negativ auf den Pollengehalt ausgewirkt hätten, traten am Sammelort nicht auf, evtl. aber ost-nordöstlich der Sammelstelle. Tagsüber herrschten wie am Vortag nordöstliche Winde vor. Die gegenüber dem Vortag weitaus geringere Windstärke läßt darauf schließen, daß auch die Transportbedingungen für Pollen nicht mehr so günstig waren.

Die Zusammensetzung des Schwefelregens 1971

Während des Schwefelregens von 1971 wurden in der Luft der Meßstellen Brotjacklriegel und Schauinsland die höchsten Pollenkonzentrationen gemessen. Von diesen Stationen soll daher abschließend noch die Zusammensetzung des Schwefelregens wiedergegeben werden. Die angegebenen Zahlen sind die mittleren Pollenkonzentrationen vom 11. Mai (9.00 Uhr) bis 12. Mai (9.00 Uhr). Sie beziehen sich auf 1 m³ Luft, die während dieser Zeit kontinuierlich durch die Falle gesaugt wurde.

Brotjacklriegel: 171 (67,6 %) *Picea*pollen, 82 (32,4 %) Pollen anderer Arten, nämlich 31 *Quercus*pollen, 28 *Fagus*pollen, 7 *Betula*pollen, je 4 *Pinus*-, Gramineen- und *Rumex*pollen, 2 *Plantago*pollen, und je ein *Alnus*- und *Salix*pollen.

Schauinsland: 190 (68,4 %) *Picea*pollen, 88 (31,6 %) Pollen anderer Arten, nämlich

30 *Quercus*pollen, 22 *Pinus*pollen, 13 *Fagus*pollen, 6 Gramineenpollen, 4 *Platanus*pollen, je 2 *Betula*-, *Alnus*-, *Fraxinus*- und *Rumex*pollen, je ein *Juglans*-, *Salix*- und Cichorieenpollen und ein taxoider Pollen.

Die Zusammensetzung des Schwefelregens beider Meßstellen ist erstaunlich ähnlich. Fichtenpollen machen auf beiden Meßstellen etwa $\frac{2}{3}$ des Pollengehaltes aus, das restliche Drittel besteht meist aus Eichen-, Buchen- und Kiefernpollen; diese Ähnlichkeit spiegelt die ähnliche Vegetation in der Umgebung der beiden Meßstellen wider. Da der Fichtenpollen aber zu den größten Pollen gehört, wird sein Anteil am Schwefelregen erst richtig beurteilt, wenn die volumenmäßigen Anteile der einzelnen Pollentypen berücksichtigt werden. Zur Berechnung der Pollenvolumina wird angenommen, daß Fichtenpollen die Form eines Rotationsellipsoids hat, wobei r_1 und $r_2 = 35 \mu\text{m}$ und $r_3 = 70 \mu\text{m}$ lang sind.

Daraus ergibt sich ein Volumen von $\frac{4\pi}{3} \times 35^2 \times 70 \mu\text{m}^3 = 3,6 \times 10^5 \mu\text{m}^3$.

Das Volumen der übrigen meist \pm kugeligen Pollen beträgt, wenn von einem Radius von $15 \mu\text{m}$ ausgegangen wird, $\frac{4\pi}{3} \times 15^3 \mu\text{m}^3 = 1,4 \times 10^4 \mu\text{m}^3$. Das Volumen eines Fichtenpollen ist also etwa $25,7 \times$ größer als das eines kugeligen Pollens mit dem ϕ von $30 \mu\text{m}$. Bezogen auf die Zusammensetzung des Pollengehaltes der Luft vom 11. Mai 1971 an den Meßstellen Brotjacklriegel und Schauinsland ergibt sich — vom Volumen her betrachtet — ein Fichtenpollenanteil von etwa 95 %.

In diesem Zusammenhang ist es auch interessant, auf die Mengenanteile der wichtigsten chemischen Stoffgruppen hinzuweisen, die schätzungsweise durch einen Schwefelregen freigesetzt werden. Der Wassergehalt von Gymnospermenpollen beträgt ca. 15—20 % (STANLEY 1971). Leider liegt von *Picea*pollen keine chemische Analyse vor. Wir müssen daher für die Berechnung der chemischen Stoffe auf Analysenangaben von *Pinus*pollen zurückgreifen und annehmen, daß diese Werte auf *Picea*pollen übertragbar sind. Bei *Pinus*pollen beträgt der Gehalt an Kohlenhydraten etwa 13,5 %, der der Proteine 12 % und der der Lipide und der Aschenanteile je etwa 2 % des Trockengewichts. Ein Fichtenpollen hat ein Frischgewicht von 73 ng (ROHMEDER & SCHÖNBACH 1959) und ein Trockengewicht von ca. 58 ng. Zur Stunde der höchsten Pollenfreisetzung (Stundenmittel von 586 Fichtenpollen/m³ Luft) befanden sich im Bayerischen Wald am 11. Mai von 11.00 Uhr bis 12.00 Uhr, also etwa 4,6 μg Kohlenhydrate, 4,1 μg Proteine und etwa je 0,7 μg Lipide und Aschenanteile in den Fichtenpollen eines Kubikmeters Luft. Dies erscheint wenig, doch ist die Gesamtmenge in einem großen Luftvolumen, etwa über dem Stadtgebiet von München, erheblich. Eine einzige freistehende Fichte mit etwa 5000 Blüten und 600 000 Pollenkörnern pro Blüte, von denen jeder 73 ng wiegt, produziert etwa $(5 \times 10^3 \times 6 \times 10^5 \times 73 \times 10^{-9} = 219)$ 219 g Pollen. Dies entspricht der Menge, die sich zur Zeit des Pollenmaximums im Bayerischen Wald in etwa 5100 m³ Luft befand.

Bedeutung des Schwefelregens

Die biologische Bedeutung großer Produktion und effektiver Freisetzung und Verbreitung von Pollen windblütiger Pflanzen liegt vor allem darin, daß die Bestäubung der weiblichen Blüten gesichert und damit die Samenbildung gewährleistet ist, die für den Weiterbestand der Art wichtig ist. Die Reichweite der Pollenverfrachtung ist von besonderer praktischer Bedeutung für die Abstandisolierung von Forstsamenplantagen (ANDERSSON 1955). Für viele Baumarten ist eine deutliche Korrelation zwischen der jährlichen Pollenfreisetzung und der Samenausbildung bekannt (HYDE 1951). So führte der Schwefelregen des Jahres 1971 zu einer reichen Zapfenernte, durch die die seit 1958 nicht ergänzten Samenbestände der Fichte wieder aufgefüllt werden konnten (SCHMID 1972).

Negative Auswirkungen treten bei hohen Pollenkonzentrationen in der Luft allerdings ebenfalls auf. Sie liegen vor allem darin, daß die Pollen der meisten windblütigen Arten Träger von Allergenen sind, die beim Menschen durch Antigen-Antikörperreaktion aller-

gische Krankheiten, wie Heuschnupfen, Asthma und Hautkrankheiten, hervorrufen. Auch die Pollen von Nadelbäumen machen darin keine Ausnahme (NEWMARK & ITKIN, 1967).

Herrn Dr. H. A. HYDE, ehem. Botanischer Direktor der Asthma and Allergy Research Unit. St. David's Hospital, Cardiff, Wales, danke ich für wertvolle Literaturhinweise. Frau Dr. R. LEUSCHNER stellte mir freundlicherweise einige Staubproben der Meßstelle Basel zur Verfügung. Herrn K. FÜCKRIEDER danke ich für das Auszählen der Proben von Schauinsland, Basel, Mannheim und Deuselbach.

Zusammenfassung

Durch das seit 1967 aufgebaute Meßstellennetz der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Erforschung luftverunreinigender Stoffe wurde es möglich, im Mai des Jahres 1971 den Pollengehalt der Luft während eines durch Fichtenpollen verursachten Schwefelregens quantitativ an acht verschiedenen Meßstellen, die über die ganze Bundesrepublik Deutschland verteilt sind, zu erfassen.

Das gleichzeitige Auftreten der höchsten Pollenkonzentration auf allen Meßstellen wird so gedeutet, daß der Zeitpunkt maximaler Freisetzung nicht vom Kleinklima, sondern von der Großwetterlage abhängt. Eingehende meteorologische Untersuchungen während der Blütezeit der Fichte in der Umgebung von München machen es wahrscheinlich, daß der in München aufgefangene Schwefelregen hauptsächlich aus einem Fichtenforst stammt, der ca. 20—25 km östlich der Stadt liegt.

Die Zusammensetzung des Schwefelregens ist nicht so einheitlich, wie nach Literaturstudien zu vermuten war: der Hauptanteil bestand aus Fichtenpollen (68 %; volumenmäßig 95 %). Daneben kamen größere Mengen Eichenpollen, Buchen- und Kiefernpollen vor; sie machen zahlenmäßig 32 %, volumenmäßig aber nur 5 %, aus.

Literatur

- AMANN, G. (1954): Bäume und Sträucher des Waldes, Verlag J. Neuman-Neudamm, Melsungen. — ANDERSSON, E. (1955): Pollensprindning ock avståndisolerung av skogsfröplantager. Norrl. Skogsvårdsförbunds Tidkr. 1, 35—100. — FIRBAS, F. (1949 und 1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Verlag Gustav Fischer, Jena, I und II. — HYDE, H. A. (1951): Pollen output and seed production in forest trees. Quarterly J. Forestry 45, 172—175. — LEUSCHNER, R. (im Druck): Luftpollenbestimmung in Basel während der Jahre 1969 und 1970. Verhandlungen der Naturf. Ges. Basel. — NEWMARK, F. M. & ITKIN, I. H. (1967): Asthma due to pine pollen. Annals of Allergy 25, 251—252. — ROHMEDEK, E. (1954): Umwelt und Erbanlagen bei der Fichtensamenausbeute. Zeitschr. f. Forstgenetik 3 (6), 113—118. — ROHMEDEK, E. & SCHÖNBACH, H. (1959): Genetik und Züchtung der Waldbäume. Parey, Hamburg. — SARVAS, R. (1955): Ein Beitrag zur Fernverbreitung des Blütenstaubes einiger Waldbäume. Zusammenfassung in Zeitschr. f. Forstgenetik u. Forstpflanzenzücht. 4, 137—142. — SCAMONI, A. (1949): Beobachtungen über den Pollenflug der Kiefer und Fichte. Forstwiss. Centralbl. 68, 735—751. — SCHMID, R. (1972): Zapfenernte 1971. Naturwiss. Rundschau 25 (5), 193. — SCHMITZ, H. (1930): Pollenregen-Seeblüte und Pollenanalyse. Palaeont. Zeitschrift 12, 180—193. — STANLEY, R. G. (1971): Pollen Chemistry and Tube Growth. Florida Agric. Exp. Sta. J. Series No. 3, 579. — STANLEY, R. G. (1971): Pollen Chemistry and Tube Growth. In J. HESLOP-HARRISON: Pollen, development and physiology, 131—155. Butterworth London. — STIX, E. (1971): Morphologie der Pollen und das Auftreten der häufigsten Pollen und Sporen in der Luft. In „Rhinitisfibel“ von RUPPERT, V. & RÜDIGER, W., Schwarzbeck-Verlag, München. — STIX, E. (1973): Studies in the pollen and spore content of the air at Darmstadt and other places in Western Germany. Bull. Ecol. Research Comm./NFR 18, 131—137. — STIX, E. & GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1970): Der Pollen- und Sporengelalt der Luft und seine tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unter mitteleuropäischen Verhältnissen. Flora 159, 1—37. — WASMUND, E. (1930): Pollenregen-Seeblüte auf dem Bodensee im Luftbild. Palaeont. Zeitschr. 12, 73—99. — DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT, Kommission „Luftverunreinigende Stoffe“ Mitteilung I—III und VI (1964—71)

Dr. Erika STIX, Umweltbundesamt, Auswertungsstelle Aerobiologie
D - 8000 München 40, Türkenstr. 38/II

Tab. 1 Fichtenpollengehalt der Luft, dargestellt in den höchsten Tagesmitteln der Jahre 1967 bis 1971

Jahr	Schauinsland (Schwarzwald)		Brotjacklriegel (Bayer. Wald)	
	Datum	Pollen/m ³ Luft	Datum	Pollen/m ³ Luft
1967	8. Mai	20	11. und 22. Mai	10
1968	31. Mai	118	6. Mai	97
1969	27. Mai	4	5. Mai	7
1970	18. Mai	22	16. Mai	2
1971	11. Mai	190	11. Mai	170

Tab. 2 Schwefelregen der Fichte 1971

Meßstellen	höchste Tagesmittel		höchste Stundenmittel	
	Datum	Pollen/m ³ Luft	Uhrzeit	Pollen/m ³ Luft
Schauinsland (Schwarzwald)	11. Mai	190	10.00	560
Brotjacklriegel (Bayer. Wald)	11. Mai	170	11.30	586
Deuselbach (Hunsrück)	11. Mai	136	21.30	374
München	11. Mai	110	12.00	420
Basel	11. Mai	105	14.00	284
Mannheim	11. Mai	79	20.00	256
Langenbrügge (Lüneb. Heide)	11. Mai	21	—	—
Gelsenkirchen	11. Mai	9	—	—
Westerland (Sylt)	14. Mai	4	—	—