



H. Staiger

Freiburg, Februar 2003

Clusteranalyse des Pollenflugs an Messstellen der Stiftung "Deutscher Polleninformationsdienst (PID)"

Einführung

Die Stiftung "Deutscher Polleninformationsdienst (PID)" stellt dem Deutschen Wetterdienst (DWD) die aktuellen Ergebnisse seiner Pollenmessstellen für die allergologisch besonders bedeutsamen Pollenarten Hasel, Erle, Birke, Gräser, Roggen und Beifuß als Datenbasis für die Pollenflugvorhersage zur Verfügung. Die eingehenden Daten werden seit 1997 auf elektronischem Datenspeicher gesammelt; das vereinfacht eine sachgerechte Darstellung für die Zwecke der Vorhersage und eine nachträgliche statistische Auswertung. Der Pollenflug wird für 14 Gebiete in Deutschland vorhergesagt. Eine Kenntnis darüber, welche Stationen im zeitlichen Verlauf ein ähnliches Verhalten aufweisen, würde eine geeignete Zusammenschau erleichtern. Dabei ist davon auszugehen, dass Ähnlichkeiten zwischen den Stationen u.a. auch von der Pollenart abhängen.

Die Clusteranalyse ist ein objektives Verfahren, eine Menge von Objekten derart in Gruppen (Cluster) zu unterteilen, dass die derselben Gruppe zugeordneten Objekte eine möglichst hohe Ähnlichkeit aufweisen, während gleichzeitig die Objekte unterschiedlicher Gruppen deutlich verschieden voneinander sind (Bühl und Zöfel 1996, Brosius 1998). Die Clusteranalyse ist damit ein geeignetes Verfahren, Messstellen mit ähnlichem zeitlichen Verlauf des Flugs einer Pollenart zu identifizieren.

Daten

Für die Auswertung standen 44 Stationen aus den Pollenflugjahren 1997 bis 2002 mit mindestens 4 Jahren auf elektronischem Speicher erfassten Meldungen zur Verfügung, davon 38 Stationen aus allen sechs Jahren, 4 Stationen mit fünf und 2 Stationen mit 4 Jahren. Die Stationen, ihre geografischen Koordinaten und die Höhe über dem Meeresspiegel sind Tab. 1 zu entnehmen. Die Messstellen sind dort nach Bundesländern, bzw. Gruppen von Bundesländern zusammengefasst.

Für die Auswertung herangezogen wurde das Pollenflugpotenzial (Staiger 2003) der Tage zwischen dem ersten und dem letzten Tag in der Saison mit einem Potenzial größer oder gleich 1. Die Verwendung des Potenzials begründet sich aus verminderten witterungsbedingten interdiurnen Fluktuationen. Die Konvertierung in die Belastungsskala nach PID (Wahl 1989) führt zu einem etwas gedämpften Einfluss der Hauptblühphase gegenüber der gesamten Blühzeit. Gleichzeitig werden durch die Konvertierung die Immissionskonzentrationen einer logarithmischen Verteilung angenähert. Die Konvertierung

erbringt einen für alle Pollenarten standardisierten reellen Zahlenraum; dieser variiert zwischen 0,95 für keine Belastung und größer gleich 3 für starke Belastungen. Das Potenzial erleichtert die Identifikation von Zeitabschnitten unterschiedlich starker Belastung und ist im saisonalen Verlauf damit einem Pollenflugkalender recht ähnlich. Für jede Station und jede Pollenart wurde zu jeder anderen Station der Korrelationskoeffizient aus den Wertepaaren gleicher Tage berechnet, was pro Pollenart eine Matrix von 44 * 44 Korrelationskoeffizienten ergibt, deren Diagonale den Wert 1 aufweist.

Der Messbeginn der Stationen in der Pollenflugsaison kann sehr unterschiedlich sein. Die Referenzstationen melden das Jahr durchgehend, die anderen Stationen haben einen Meldungsbeginn, der meist zwischen Mitte Februar und Ende März schwankt. Aus diesem Grund ist die Fallzahl bei den Frühblühern Hasel und Erle zwischen den Stationen sehr unterschiedlich. Aus gleichem Grund sind bei Hasel und Erle nur Teile der Blühsaison in den Meldungen enthalten. Das schränkt die Vergleichbarkeit des Blühverlaufs über die Korrelation ein.

Für die anderen Pollenarten wurden ausreichend große Freiheitsgrade mit fast durchweg mehr als 150, vielfach ca. 300 Fälle erreicht. Schwankungen traten vor allem in Abhängigkeit von den verfügbaren Jahren auf. Besonders hoch waren die Fallzahlen, z.T. mehr als 500 Fälle, bei den Gräsern wegen der von Mai bis September dauernden Emissionszeit. Roggen hat eingeschränkte Fallzahlen wegen der kürzeren Blühphase und der häufig sehr geringen Immissionskonzentrationen an den Messstellen.

Clusteranalyse

Die Merkmale für die Clusterbildung sind die 44 Korrelationskoeffizienten einer Station gegen die anderen 43 Stationen und gegen sich selbst ($r = 1$). Die Korrelationskoeffizienten sind ein standardisiertes Maß für den Vergleich der Stationen. Sie werden aus dem zeitlichen Verlauf der Blühphase gebildet, die u.a. abhängig von der klimatischen Situation der Station ist. Das Klima selbst ist für eine Station charakterisiert aus ihrer geografischen Breite als Maß für die Sonnenhöhe und damit auch erreichbaren Temperaturen, ihrer geografischen Länge als Maß für Kontinentalität oder Maritimität und ihrer Höhe über dem Meeresspiegel als Maß der mit der Höhe abnehmenden mittleren Temperatur und verminderter Tages- und Jahresschwankungen der Temperatur.

Angewandt wurde die Clusterzentrenanalyse. Bei ihr wird jede Station dem Cluster zugeordnet, zu dessen Clusterzentrum seine Distanz am geringsten ist. Die Clusterzentrenanalyse weist gegenüber einer hierarchischen Clusteranalyse den Vorteil geringeren Rechenaufwands auf und den Nachteil, die Zahl der zu extrahierenden Cluster vorab festlegen zu müssen. Durch die Verwendung von Korrelationskoeffizienten lagen standardisierte Werte vor. Da vorab geeignete Clusterzentren nicht bekannt waren, werden durch das SPSS-Verfahren vorläufige Anfangswerte bestimmt (Brosius 1998).

Wegen des geringeren Rechenaufwandes konnte die Analyse für unterschiedliche Clusteranzahlen berechnet werden. Ausgewählt wurde das Ergebnis, das sich am leichtesten einer klimatologischen Interpretation öffnete.

Ergebnisse

Tab. 1 enthält für alle Pollenarten die Ergebnisse der Clusteranalysen. Gleiche farbliche Unterlegung der Zellen mit den Clusternummern weist bei allen Pollenarten auf einen etwa

vergleichbaren klimatischen Typ hin. Ausgenommen ist die gelbe Unterlegung, die auf Untertypen hinweist, bei Birke auf einen maritimen Typ, bei den Gräsern auf einen durch "Wärme" geprägten Typ. Bei fehlender Unterlegung ist eine Interpretation des Clusters nicht möglich.

Hasel und Erle

Von einer Auswertung des zeitlichen Verlaufs wurde abgesehen, da der sehr unterschiedliche Meldungsbeginn an den Messstellen die Vergleichbarkeit des Blühverlaufes und die Fallzahlen einschränkt. Beide Pollenarten sind Frühblüher, die sich klimatologisch ergebenden Unterschiede in den benötigten Temperatursummen für den Blühbeginn sind noch besonders ausgeprägt. Es kann näherungsweise eine räumlich ähnliche Verteilung erwartet werden wie bei der Birke, deren zeitlicher Blühverlauf sich noch z.T. mit dem der Erle überschneidet.

Birke

Bei Stationen mit ähnlichem Verlauf der Blühsaison treten Korrelationskoeffizienten bis über 0.9 auf, z.B. zwischen Lübeck und Rostock oder zwischen Bochum und Mönchengladbach. Bei Messstellen, die sich extrem unterschiedlich verhalten, wird die Korrelation vereinzelt auch negativ, z.B. für Birke zwischen Heidelberg und Flensburg. Die zu bildende Clusterzahl wurde nach Vorversuchen mit 6, 8 und 11 Clustern zu 7 Cluster vorgegeben. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 eingetragen. Aus ihr wurde zur besseren Übersicht ein Auszug für Birke gefertigt, der nach Clusternummern, geografischer Breite und Länge sortiert ist, Tab. 2. Die Messstellen Frankfurt und Karlsruhe bildeten jeweils ein einzelnes Cluster das sich einer Interpretation entzieht. Diese beiden Cluster wurden in der Karte, Abb. 1a, entsprechend nicht berücksichtigt.

Das Cluster 1 mit 15 Messstellen umfasst die größten Flächenanteile mit der norddeutschen Tiefebene etwa südlich des 53. Breitengrades im Westen und des 52. im Osten sowie die Beckenlandschaften Süddeutschlands östlich des Schwarzwalds und die Bergländer von Eifel, Hunsrück, Pfälzer Wald, auch Taunus und Bergisches Land mit geringeren mittleren Höhen.

Cluster 2 mit 10 Messstellen beschreibt offensichtlich die besonders wärmebegünstigten, jedoch schon etwas weiter vom Meer entfernten Bereiche in Deutschland. Das sind der Oberrheingraben zwischen Basel und Frankfurt einschließlich großer Teile der Wetterau, der untere und mittlere Neckar, das Maintal aufwärts bis etwa Bamberg sowie die niedrig gelegenen Teile Mittelfrankens entlang der Regnitz zwischen Bamberg und Nürnberg. Dazu kommen die Donauniederung ab etwa Lechmündung bis Passau inklusive der Unterläufe von Lech und Inn. Dieser Teil wird nur durch die Zugehörigkeit der Station Zusmarshausen zum Cluster 2 repräsentiert, die auch eine relativ große Distanz zum Clusterzentrum aufweist. Der Übergang zum umgebenden Cluster 1 ist schwierig festzumachen und wird aus dem Vergleich zur aktuellen Bioklimakarte Deutschland (Jendritzky et al. 2003) "konstruiert". Ferner gehört zum Cluster 2 ein vergleichsweise schmaler Streifen, der sich vom Niederrhein zwischen Ruhr und Lippe bis an den Teutoburger Wald erstreckt und mit den Stationen Mönchengladbach, Bochum und Bad Lippspringe gut belegt ist. Cluster 2 unterscheidet sich im saisonalen Verlauf von Cluster 1 dadurch, dass der Anstieg zur Hauptblühphase etwa 4 bis 5 Tage früher erfolgt und die Hauptblühphase breiter angelegt ist, Abb. 1b. Auch das Abklingen der Blüte erfolgt 4 bis 5 Tage früher.

Cluster 3 wird nur aus den beiden Stationen Aachen und Bad Kreuznach gebildet, beide mit vergleichsweise großen Distanzen zum Clusterzentrum. Sie umfassen offensichtlich die besonders wärmebegünstigten jedoch etwas näher zum Meer gelegenen Gebiete. Aus dem

bioklimatologischen Vergleich werden sie als das nördliche Eifelvorland, die Täler von Mosel, Mittelrhein und Nahe sowie das Saarland identifiziert. Nach Abb. 1b ist der Anstieg zur Hauptblühphase identisch mit Cluster 1, das Maximum der Pollenbelastung ist gegen Cluster 1 vermindert, das Abklingen der Blüte ist eher vergleichbar mit Cluster 2, setzt aber nochmals 2 Tage früher ein. Die Station Aachen ist nur durch die Jahre 1997 - 2000 repräsentiert, so dass ein nur durch 2 Messstellen charakterisiertes selbständiges Cluster 3 kritisch zu sehen ist. Vom saisonalen Verlauf ist eine Nähe zu Cluster 2 anzunehmen.

Cluster 4 wird von 7 Messstellen gebildet. Sie repräsentieren den stark maritimen Bereich, der sich durch geringe Jahres- und Tagesgänge der Temperatur und wegen des großen Wärmespeichers Meer durch einen verzögerten Anstieg der Temperatur im Frühjahr auszeichnet. Zum Cluster gehören besonders die Nordseeinseln und die angrenzenden Marschen des Festlands. Die großen Distanzen der Stationen Buxtehude und Aukrug zeigen, dass in diesem Bereich der Übergang zu einem anderen Cluster erwartet werden muss. Zu Cluster 4 gehören zusätzlich die Ostseeküste zwischen etwa Eckernförde und Flensburg sowie die Inseln und die küstennäheren Teile Vorpommerns. Der saisonale Verlauf, Abb. 1b, ist gegenüber allen anderen Clustern deutlich verzögert, das Maximum der Belastung ist am geringsten.

Cluster 5 umfasst 8 Messstellen, die die Geest in Schleswig-Holstein, Mecklenburg und die westlichen Teile Vorpommerns jeweils inklusiv der zugehörigen Ostseeküste, die nordöstlichen Teile Brandenburgs, Berlin und bemerkenswerterweise die Hochlagen der deutschen Mittelgebirge und die Alpen repräsentieren. Die Abgrenzung zu Cluster 1 in Brandenburg ist topografisch kaum festzustellen und wird aus der Analogie zum Bioklima abgeleitet, da Messstellen fehlen. Der hohe Distanzwert von Leipzig zum Zentrum des Clusters 1 spräche möglicherweise dafür, den Grenzbereich des Clusters 5 in Ostdeutschland etwas weiter nach Südwesten auszudehnen. Der Anstieg zur Hauptblühphase setzt stark verzögert ein, Abb. 1b, gemessen an der Überschreitung der Schwelle zu stark um gut 2 Wochen gegenüber Cluster 2. Das Maximum der Belastung ist dann aber mit den Clustern 1 und 2 vergleichbar.

Die Zugehörigkeit der hohen Lagen der Mittelgebirge zum Cluster 5 ist durch die Stationen Königsfeld/Schw., 780 m, und Oberjoch/Allgäu, 1150 m, gut belegt. Ihr hoher Distanzwert zum Clusterzentrum zeigt jedoch auch, dass die Ähnlichkeit zu den norddeutschen Stationen relativ ist. Andererseits grenzt sich Oberjoch von dem vergleichsweise nahen Wangen/Allgäu, nur 560 m, deutlich ab, das zu Cluster 1 gehört. Klimatisch zeichnen sich die hohen Lagen der Mittelgebirge durch einen verzögerten Anstieg der Temperatur im Frühjahr und durch etwas verminderte Jahreschwankungen der Temperatur im Vergleich zu den nahen Niederungen aus. Sie sind damit gegenüber den Niederungen durch eine gewisse "Maritimität" des Jahresverlaufs geprägt. Abb. 1c vergleicht den saisonalen Verlauf des Clusters 5 und der beiden hochgelegenen Messstellen. Die Lage des Maximums der Belastung ist um 4 bis 6 Tage verzögert. Der Anstieg zur Hauptblühphase ist vergleichbar, zeigt jedoch im Bereich einer mäßigen bis starken Belastung eine Verzögerung gegenüber dem Gesamtcluster. Der relativ frühe Beginn des Anstiegs zur Hauptblühphase könnte aus Transporten aus den nähergelegenen Niederungen stammen, jedoch genau so gut ein Artefakt sein, das sich aus den nur 2 Stationen erklärt.

Vergleichbare Höhenklimate finden sich in einer in etwa 100 Höhenmeter niedrigeren Stufe pro ca. 100 km nördlicherer Breite. Aus der klimatologischen Analogie werden deshalb die Mittelgebirge Süddeutschlands und das Alpenvorland ab etwa einer Höhe von 700 m dem Cluster 5 zugeordnet. Ihm werden auch die Hochlagen der mitteldeutschen Gebirge inklusiv

Rhön und Harz zugewiesen, ohne dass ein Beleg über Messstellen vorliegt. An der schon etwas größeren Distanz von Chemnitz, 354 m, zum Clusterzentrum 1 kann jedoch abgeleitet werden, dass der Übergang zum Cluster 5 in diesem Bereich etwa zwischen 400 und 500 m erwartet werden kann.

Gräser

Betrachtet von den Korrelationskoeffizienten zwischen den Stationen mit Werten $r \geq 0.8$ ist die Zahl gegenüber Birke schon deutlich vermindert; Ähnlichkeiten zwischen den Stationen nehmen also ab. Nach Analysen mit 4, 5 und 7 zu bildenden Clustern wurde entschieden, die Darstellung auf die Analyse mit 5 Clustern abzustützen, Tab. 1. Tab. 3 enthält einen Auszug aus Tab. 1 für Gräser geordnet nach Clusternummer, geografischer Breite und Länge. Die Messstelle Frankfurt repräsentiert ein Cluster, das ausschließlich diese Station enthält; es entzieht sich einer Interpretation und wird nicht dargestellt. Die Zuordnung von Messstellen zu den Clustern zeigt eine gewisse Ähnlichkeit zur Verteilung der mittleren Grasreferenzverdunstung im Sommer und Sommerhalbjahr (Müller-Westermeier et al. 1999). Die Grasreferenzverdunstung ist die Verdunstung einer standardisierten Grasdecke in standardisiertem Boden bei optimaler Wasserversorgung. Sie hängt besonders ab von Lufttemperatur, Globalstrahlung und Höhe über dem Meeresspiegel. Ferner wird ein Küstenfaktor 0,5 berücksichtigt, das Binnenland hat den Faktor 1,0. Diese Karten aus dem Klimaatlas Deutschland wurden deshalb für die Konstruktion der räumlichen Verteilung der Cluster, Abb. 2a, mit berücksichtigt. Aus Abb. 2b ist zu schließen, dass der Anstieg zur Hauptblühphase in den Clustern recht ähnlich beginnt und die Unterschiede sich stärker im Maximum der Belastung durch Gräserpollen und in der Abklingphase der Blühzeit zeigen.

Cluster 1 setzt sich aus 9 Stationen zusammen. Sie haben als gemeinsames Merkmal eine Lage in den wärmeren, jedoch nicht wärmsten und trockensten Gebieten Deutschlands, meist im Lee von Gebirgen. Aus diesem Rahmen fällt die Messstelle Bremen, die in diesem Cluster auch sonst kaum zu begründen ist. In der Bioklimakarte Deutschland liegt sie am Rande eines etwas wärmeren Gebiets, das sich am Zusammenfluss von Aller und Weser etwas nordwestwärts in den umgebenden kühleren Raum hineinschiebt. Der große Distanzwert zum Clusterzentrum ist ein weiterer Hinweis dafür, dass sich Bremen nur geringfügig von den umliegenden, dem Cluster 2 zugeordneten Gebieten abheben wird. Die Station Hagen/Westfalen ist ebenfalls dem Cluster 1 zugeordnet. Ihre Distanz zum Clusterzentrum ist jedoch vergleichsweise gering. Sie hebt sich damit deutlich von der nähergelegenen Messstelle Bochum (Cluster 2) ab. Gleiches gilt für Dresden im Vergleich zu Chemnitz. Die Messstelle Wangen/Allgäu mit einer relativ niedrigen Höhe über dem Meeresspiegel fällt ebenfalls in Cluster 1. Entsprechend der Grasreferenzverdunstungskarte wird deshalb der Bodenseeraum als zum Cluster 1 gehörend interpretiert. Wegen ihrer vergleichsweise geringen Höherer Streckung und in Analogie zur Grasreferenzverdunstung wurden Eifel und Hunsrück dem Cluster 1 zugeordnet, da Messstellen hier fehlen.

Cluster 2 umfasst 20 Stationen und repräsentiert flächenhaft den größten Teil des Bundesgebietes. Zu ihm gehören vor allem das norddeutsche Tiefland, ausgenommen die stark maritim geprägten Teile vor allem im Westen, die Anstaubereiche und Höhenlagen der Mittelgebirge, die Alpen und die relativ hoch gelegenen Ebenen und Becken zwischen Alpen sowie Fränkischer und Schwäbischer Alb. Cluster 2 zeichnet sich vor allem durch ein um mehr als zwei Wochen verzögertes Abklingen der Blühphase gegen Cluster 1 aus, Abb. 2b.

Cluster 3 gehören 10 Stationen an. Es ist ein besonders durch den Meereseinfluss geprägtes Gebiet, zu dem die Nordseeinseln, die Marschen, Ostfriesland sowie eng begrenzt, aber durch die Messstellen Prerow und Binz gut belegt, die Ostseeinseln und wahrscheinlich der direkte

Küstensaum der Ostsee gehören. Lübeck, Rostock und Greifswald, alle Cluster 2, weichen eindeutig davon ab. Bei Westerland, Flensburg und auch Buxtehude fällt die relativ große Distanz zum Clusterzentrum auf. Grund dürfte die nördliche Lage und bei Buxtehude möglicherweise die nur aus den Jahren 1997 bis 2000 vorliegenden Messungen sein. Überraschenderweise gehören Hannover und Aachen zum Cluster 3. Bei Aachen könnte die nur vierjährige Messdauer der Grund der Abweichung von der Umgebung sein. Für Hannover mit einer größeren Entfernung zur nächstgelegenen Station lassen sich solche Gründe nicht anführen. Der Verlauf der Belastung durch Gräserpollen im maritimen Bereich ist dadurch gekennzeichnet, dass der Anstieg zur Hauptblühphase bei einer Belastung zwischen mäßig und stark für etwa 9 Tage stagniert, woraus sich neben dem etwas geringeren Maximum der Belastung die wesentliche Abweichung zu Cluster 2 ergibt.

Cluster 4 wird durch nur 4 Stationen gebildet. Diese sind Teil der wärmsten, sonnenscheinreichsten und wohl auch trockensten Bereiche. Das sind der nördlichere Teil des Oberrheins inklusive Rhein-Mains und Teilen der Wetterau, repräsentiert durch Karlsruhe, der mittlere und untere Neckar, Gerlingen, und das engere Maintal bis Bamberg. In dieses Cluster fällt auch die Station Leipzig. Sie weist jedoch eine relativ große Distanz zum Clusterzentrum auf, gehört also mehr dem Randbereich des Clusters 4 an. Wegen der geringen Stationsdichte ist eine Abgrenzung, welche Gebiete dieser Station zugeordnet werden könnten, besonders kritisch. Aufgrund der Grasreferenzverdunstung wird eine Erstreckung aus dem Raum Erfurt bis nahe an die Neiße "postuliert". Dabei ist ein nur geringer Unterschied zum saisonalen Verlauf in Cluster 1 für diesen Bereich wahrscheinlich. Cluster 4 zeichnet sich im saisonalen Gang, Abb. 2b, durch den steilsten Anstieg zur Hauptblühphase aus, der jedoch in einem Nebenmaximum endet. Nach einer Verzögerung von ca. 9 Tagen setzt sich der Anstieg bis zu einem relativ zu den anderen Clustern geringen Hauptmaximum fort. Die Abklingphase setzt frühzeitig ein. Ab Mitte Juli bleibt dann jedoch eine etwa gleichbleibende mäßige Belastung bis zum Saisonende wahrscheinlich. Die Unterbrechung im Anstieg zur Hauptblühphase könnte durch die unterschiedlichen Arten bedingt sein, die unter dem Sammelbegriff "Gräser" zusammengefasst sind.

Roggen

Korrelationskoeffizienten zwischen den Stationen mit $r \geq 0.8$ treten mit Ausnahme eines Falles nicht mehr auf. Nach Analyse von 4, 5 und 7 Clustern für den saisonalen Verlauf der Belastung mit Roggenpollen wurde für 4 Cluster entschieden. Roggenpollen haben eine stark allergene Wirkung, schon 7 Pollen pro m^3 gelten als starke Belastung. Die im PID-Netz gemessenen Immissionskonzentrationen sind gering. Aufgrund der geringen Zahlen ist zu erwarten, dass der Zählfehler im Vergleich zu Birken- oder Gräserpollen ansteigt. Die Streuung in den gemessenen Immissionskonzentrationen ist hoch; dies wirkt sich auch auf die numerische Ableitung des Pollenflugpotenzials bei Roggen aus. Die Clusterzentrenanalyse weist im Vergleich zu Birke durchgehend hohe Distanzen von den Clusterzentren auf, Tab. 1. Die Sortierung nach Clusternummern, geografischer Breite und Länge, Tab. 4, zeigt, dass jedes der Cluster Stationen aus dem gesamten Bundesgebiet umfasst, ohne dass weiter südlich gelegene Stationen sich z.B. als Gebirgsstandorte erweisen würden. Das Ergebnis der Analyse erscheint daher klimatologisch und/oder geografisch nicht mehr selbst-erklärend wie bei Birke und Gräsern. Eine Ähnlichkeit mit klimatologischen Karten des Beginns der Winterroggenblüte für die einzelnen Bundesländer konnte nicht festgestellt werden. Auf die Konstruktion einer Karte wurde verzichtet, weil unterstützende flächenhafte Darstellungen fehlen. Aus Tab. 4 ergibt sich:

Cluster 1, 10 Messstellen, umfasst einen saisonalen Verlauf, Abb. 3, der durch einen relativ späten Beginn des Anstiegs zur Hauptblühphase und einer verminderten maximalen

Belastung geprägt ist. Zum Cluster 1 gehören Stationen auf den Nordfriesischen Inseln, den Schleswig-Holsteinischen Marschen, auf dem Darß sowie Oberjoch/Allgäu mit einer Höhe von 1150 m NN. Insofern ist in Cluster 1 der maritime Einfluss und die Höhenlage als temperaturbedingte Verzögerung des Blühverlaufes zu erkennen. Zu Cluster 1 gehören jedoch auch große Städte wie Bremen, Münster, Hannover und Chemnitz, bei denen die maritime Prägung nicht durchgängig einsichtig ist, sowie Münnerstadt, südöstliche Vorrhön, und Löwenstein, schwäbisch-fränkische Waldberge nahe Heilbronn, die keine Gebirgsstationen sind.

Cluster 2 zeigt einen frühen Anstieg zur Hauptblühphase und die höchste Belastung, die jedoch auch noch unter "stark (3)" verbleibt, Abb. 3. Dem Cluster sind 24 Stationen zugehörig. Man findet darin u.a. Norderney, Binz/Rügen, Magdeburg, Erlangen, München und Königsfeld/Schw. mit einer Höhenlage von 780 m. Eine klimatische Abhängigkeit erschließt sich daraus nicht.

Zu Cluster 3 gehören 8 Messstellen. Das Cluster zeichnet sich durch einen saisonalen Verlauf aus, in dem die maximale Belastung noch nicht einmal den Wert "mäßig (2)" erreicht. Das Maximum tritt frühzeitig in der Saison ein. Grundsätzlich kann man das Auftreten von Roggenpollen bei diesen Stationen als eher zufällig klassifizieren. Zu diesem Cluster gehören u.a. die Stationen Vechta, Bochum, Dresden, Frankfurt und Heidelberg sowie Wangen/Allgäu mit 560 m NN. Die Stationen aus den Ballungsräumen und wärmeren und trockeneren Gebieten haben in diesem Cluster ein Übergewicht.

Cluster 4 umfasst nur 2 Messstellen, eine davon mit nur 4-jähriger Messdauer. Die wenigen Messungen streuen stark. Das Cluster ist einer Interpretation nicht zugänglich.

Beifuß

Die Zahl der Korrelationskoeffizienten zwischen den Stationen mit Werten $r \geq 0.8$ ist gegenüber den Gräsern um etwa die Hälfte vermindert, damit aber doch höher als bei Roggen. Nach Versuchen mit 4, 5 und 7 Clustern wurde entschieden, sich auf die Analyse mit 4 Clustern abzustützen, Tab. 1. Wie Roggen haben Beifußpollen eine stark allergene Wirkung, schon ab 7 Pollen pro m^3 ist von einer starken Belastung auszugehen. Die gemessenen Immissionskonzentrationen sind gering. Tab. 5 enthält aus Tab. 1 einen Auszug ausschließlich für Beifuß, sortiert nach Clusternummer, geografischer Breite und Länge. Eine offensichtliche, durch geografische Lage oder Klimaregion geprägte Zusammensetzung der Cluster erschließt sich nicht. Wie bei Roggen folgt aus den geringen Immissionskonzentrationen, dass der Zählfehler und damit die Streuung in statistischen Untersuchungen ansteigen muss. Die Distanzen zu den Clusterzentren sind vergleichsweise hoch.

Cluster 1 besteht nur aus der Station Wangen/Allgäu und ist nicht interpretierbar.

Cluster 2 gehören die beiden Messstellen Bremen und Karlsruhe an. Der Verlauf, Abb. 4, ist wegen der geringen Pollenzahlen sehr unruhig. Das zum Saisonende liegende saisonale Maximum ist als ein Artefakt aus der numerischen Ableitung des Potenzials anzusehen, für das vermutlich zu heterogene Stützstellen vorlagen.

Cluster 3 fasst 17 Stationen zusammen. Das Cluster zeigt einen verzögerten Anstieg zur Hauptblühphase und ein vergleichsweise niedriges Maximum. Zum Cluster gehören maritim geprägte Stationen wie Westerland, Norderney, Flensburg, Prerow/Darß und hochgelegene wie Königsfeld/Schw. und Oberjoch/Allgäu. Im Cluster vertreten sind aber genauso Großstädte

wie Hannover und Hagen, aber auch solche aus den wärmeren und trockeneren Bereichen Süddeutschlands wie Frankfurt, Bamberg und München.

Cluster 4 wird von 24 Messstellen gebildet. Der saisonale Verlauf zeigt einen raschen Anstieg zur Hauptblühphase mit einem gut ausgeprägten Maximum und fast symmetrischem Abklingen der Blüte, Abb. 4. Im Cluster vertreten ist das eher maritim beeinflusste Binz/Rügen, alle binnenländischen Stationen Mecklenburg-Vorpommerns, Magdeburg, Leipzig, Dresden, Chemnitz sowie eher städtische Stationen aus dem Südwesten Deutschlands, aber auch Erlangen.

Diskussion

Im Jahr 2001 wurden die Ergebnisse des PID-Messnetzes 1997 - 2000 bereits einer Clusteranalyse nach der gleichen Vorgehensweise unterzogen. Der Unterschied bestand neben dem kürzeren Zeitraum nur in der Verwendung der Messergebnisse selbst, konvertiert in die PID - Belastungsskala. Die witterungsbedingt erhöhte interdiurne Veränderlichkeit war in diesem Datensatz also enthalten. Der Vergleich zur Analyse mit dem Potenzial, das die interdiurne Veränderlichkeit minimiert, erbringt keine grundsätzlichen Unterschiede bei der Stationszuweisung zu den Clustern. Die Korrelationskoeffizienten sind jedoch wegen der witterungsbedingten Schwankungen der Messwerte wesentlich geringer als beim Potenzial.

Wie zu erwarten, nimmt die Dominanz des klimatischen Einflusses auf den Blühverlauf für die Pollenarten ab, deren Blühbeginn später im Jahresverlauf eintritt. Klimatische Effekte bleiben deutlich, etwa die Maritimität eines Standortes, die sich auch bei Roggen und Beifuß aus den Ergebnissen noch ableiten lässt, werden jedoch von anderen Einflüssen bei der Clusterbildung zunehmend überlagert. Zu diesen Effekten gehört die geringe Immissionskonzentration bei Roggen und Beifuß, die aus der Art des Zählverfahrens die Varianz in den Messergebnissen grundsätzlich erhöht. Individuell bedingte Schwankungen in der Güte der Pollenerkennung erhalten größeres Gewicht in der Gesamtvarianz, auch weil in die PID-Belastungsskala konvertiert wird.

Bei Roggenpollen, die überwiegend aus dem kultivierten Anbau stammen werden, wird sich der Flächenanteil bemerkbar machen. Er dürfte in industriellen Ballungsgebieten, in Süddeutschland in Bereichen mit verstärkten Sonderkulturen, etwa im Oberrheingraben, oder bei dominierender Graswirtschaft wie im Alpenvorland deutlich geringer sein als in Nord- und Ostdeutschland. Die Lage der Anbauflächen von Roggen zur Station wechselt von Jahr zu Jahr. Daraus kann bei geringen Anbauflächen eine erhöhte Varianz im Zählergebnis einer Station resultieren, die sich den witterungsbedingten Varianzen überlagert.

Die eher ländliche oder mehr städtische Prägung einer Messstelle könnte neben Roggen auch für Beifuß das Messergebnis wesentlich mitbestimmen. Wahl und Puls (1989) weisen im Tagesgang der Immissionskonzentration von Beifuß nach, dass an Messstellen, die eine Höhe von mehr als 20 m über Grund haben, der Anstieg der Immissionskonzentration zum Tagesmaximum einige Stunden später erfolgt als bei einer bodennahen Station, 2m über Grund. Auch die Tagesmittel der Immissionskonzentration sind bei den hohen Stationen geringer. Geht man davon aus, dass die Dichte von Beifuß im ländlichen Raum größer als in der Stadt ist, dann werden Transporte in die Stadt das Messergebnis mitbestimmen. Die Transporte erfolgen jedoch nicht in den bodennächsten, sondern in höheren Schichten. Auch bei Gräsern ist dies zu bedenken, jedoch mindern der höhere Flächenanteil und die höheren Emissionen solche Auswirkungen.

In der Vorhersagepraxis könnte eine Normierung der gemessenen Immissionskonzentrationen von Roggen und Beifuß auf eine einheitliche Höhe von Vorteil sein, um die Messergebnisse besser vergleichen zu können. Dazu müsste von jeder Pollenfalle die Höhe über Grund bekannt sein und ein Höhenprofil erarbeitet werden. Die Standardhöhe sollte so gewählt sein, dass die umgerechnete Immissionskonzentration eine höhere flächenhafte Repräsentanz erlangt.

Schlussfolgerung

Aus den Ergebnissen des Messnetzes der Stiftung "Deutscher Polleninformationsdienst (PID)" lassen sich klimatologisch konsistent geografische Bereiche mit vergleichbarem saisonalen Verlauf des Pollenflugs besonders für Bäume und Gräser ableiten. Das Ergebnis unterstützt die Verfahren des Deutschen Wetterdienstes zur Pollenflugvorhersage.

Literatur

Brosius F (1998): SPSS 8.0. Professionelle Statistik unter Windows. MITP-Verlag, Bonn, pp.1001.

Bühl A, Zöfel P (1996): SPSS für Windows Version 6.1: Praxisorientierte Einführung in die moderne Datenanalyse. 3. Auflage. Addison-Wesley-Longman, Bonn.

Jendritzky G, Grätz A, Laschewski G, Scheid G (2003): Das Bioklima in der Bundesrepublik Deutschland. Bioklimakarte mit Begleittext und Informationen zur Wohnortwahl. Flöttmann Verlag, Gütersloh.

Müller-Westermeier G, Kreis A, Dittmann E (1999): Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Wetterdienst, Offenbach.

Staiger H (2003): Numerische Ableitung des Pollenflugpotenzials aus Messwerten. Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Geschäftsfeld Medizin-Meteorologie, Freiburg, Januar 2003.

Wahl PG (1989): Einordnung der Pollenkonzentration in Klassen - Vorschlag zu einer neuen Klassifizierung. In: Kersten W, Wahl PG (Hrsg.): 2. Europäisches Pollenflug-Symposium. 17./18. März 1989 Bad Honnef. Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst. Vereinigte Verlagsanstalten Düsseldorf, pp. 114-117.

Wahl PG, Puls KE (1989): Zum Pollenflug von Beifuss (*Artemisia vulgaris* L.). *Swiss. Med.* 11, Nr. 10: 27-34.

Tab. 1: Clusterzuordnung der PID-Messstellen für unterschiedliche Pollenarten

| Station | Länge | Breite | NN, m | Birke | | Gräser | | Roggen | | Beifuß | |
|------------------|--------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | Cluster | Distanz | Cluster | Distanz | Cluster | Distanz | Cluster | Distanz |
| Westerland | 8,259 | 54,987 | 11 | 4 | 0,655 | 3 | 1,050 | 1 | 1,706 | 3 | 1,060 |
| Aukrug | 9,785 | 54,092 | 28 | 4 | 0,897 | 3 | 0,734 | 1 | 1,439 | 3 | 1,392 |
| Pinneberg | 9,883 | 53,733 | 13 | 5 | 0,894 | 3 | 0,612 | 2 | 1,798 | 4 | 1,213 |
| Buxtehude | 9,700 | 53,476 | 11 | 4 | 0,949 | 3 | 0,998 | 2 | 1,861 | 4 | 1,451 |
| Flensburg | 9,566 | 54,874 | 23 | 4 | 1,086 | 3 | 1,118 | 2 | 1,225 | 3 | 1,309 |
| Luebeck | 10,635 | 53,873 | 16 | 5 | 0,710 | 2 | 0,576 | 2 | 1,327 | 4 | 0,955 |
| Norderney | 7,049 | 53,712 | 0 | 4 | 0,658 | 3 | 0,617 | 2 | 1,397 | 3 | 1,361 |
| Bremen | 8,758 | 52,993 | 12 | 1 | 0,800 | 1 | 1,055 | 1 | 1,342 | 2 | 1,107 |
| Vechta | 8,292 | 52,729 | 40 | 1 | 0,728 | 2 | 0,630 | 3 | 1,303 | 4 | 0,941 |
| Hannover | 9,591 | 52,499 | 48 | 1 | 0,539 | 3 | 0,760 | 1 | 1,769 | 3 | 1,289 |
| Goettingen | 10,000 | 51,500 | 245 | 1 | 0,987 | 2 | 0,488 | 2 | 1,237 | 4 | 1,375 |
| Binz | 13,615 | 54,403 | 25 | 4 | 0,773 | 3 | 0,760 | 2 | 1,482 | 4 | 0,956 |
| Greifswald | 13,404 | 54,075 | 26 | 4 | 0,553 | 2 | 0,592 | 2 | 1,393 | 4 | 0,774 |
| Prerow | 12,571 | 54,445 | 5 | 5 | 0,638 | 3 | 0,751 | 1 | 1,878 | 3 | 1,142 |
| Rostock | 12,125 | 54,082 | 22 | 5 | 0,769 | 2 | 0,751 | 2 | 1,395 | 4 | 0,798 |
| Schwerin | 11,472 | 53,616 | 83 | 5 | 0,705 | 2 | 0,452 | 2 | 1,326 | 4 | 0,985 |
| Neustrelitz | 13,083 | 53,350 | 78 | 5 | 0,651 | 2 | 0,723 | 2 | 1,204 | 4 | 1,038 |
| Muenster | 7,576 | 51,973 | 56 | 1 | 0,650 | 2 | 0,463 | 1 | 1,498 | 4 | 1,068 |
| Bad Lippspringe | 8,795 | 51,743 | 167 | 2 | 0,743 | 2 | 0,636 | 3 | 1,485 | 3 | 1,256 |
| Bochum | 7,206 | 51,464 | 100 | 2 | 0,620 | 2 | 0,662 | 3 | 1,994 | 4 | 0,872 |
| Hagen | 7,500 | 51,400 | 101 | 1 | 0,657 | 1 | 0,697 | 4 | 1,109 | 3 | 1,368 |
| Moenchengladbach | 6,384 | 51,215 | 49 | 2 | 0,672 | 2 | 0,507 | 2 | 1,562 | 4 | 0,896 |
| Aachen | 6,069 | 50,803 | 189 | 3 | 0,817 | 3 | 0,666 | 4 | 1,109 | 4 | 1,603 |
| Magdeburg | 11,621 | 52,113 | 64 | 1 | 0,506 | 2 | 0,476 | 2 | 1,555 | 4 | 1,175 |
| Leipzig | 12,196 | 51,478 | 112 | 1 | 1,218 | 4 | 1,009 | 2 | 1,335 | 4 | 0,953 |
| Chemnitz | 12,950 | 50,834 | 354 | 1 | 0,731 | 2 | 0,661 | 1 | 1,447 | 4 | 0,761 |
| Dresden | 13,768 | 51,184 | 120 | 1 | 0,570 | 1 | 0,620 | 3 | 1,352 | 4 | 1,066 |
| Fulda | 9,610 | 50,499 | 330 | 1 | 0,493 | 1 | 0,738 | 2 | 1,952 | 3 | 1,529 |
| Frankfurt | 8,458 | 49,989 | 112 | 6 | 0,000 | 5 | 0,000 | 3 | 1,531 | 3 | 1,658 |
| Bad Kreuznach | 7,883 | 49,838 | 103 | 3 | 0,817 | 1 | 0,706 | 2 | 1,539 | 4 | 1,233 |
| Heidelberg | 8,650 | 49,400 | 80 | 2 | 1,219 | 1 | 0,567 | 3 | 1,435 | 4 | 1,009 |
| Karlsruhe | 8,304 | 48,986 | 111 | 7 | 0,000 | 4 | 0,891 | 3 | 1,863 | 2 | 1,107 |
| Loewenstein | 9,383 | 49,095 | 500 | 2 | 0,605 | 2 | 0,667 | 1 | 1,449 | 3 | 1,353 |
| Gerlingen | 9,251 | 48,747 | 481 | 2 | 0,594 | 4 | 0,978 | 2 | 1,208 | 3 | 1,079 |
| Freiburg | 7,850 | 48,000 | 269 | 2 | 0,958 | 2 | 0,678 | 2 | 1,831 | 4 | 1,004 |
| Koenigsfeld | 8,433 | 48,150 | 780 | 5 | 1,142 | 2 | 0,681 | 2 | 1,830 | 3 | 1,364 |
| Wangen | 9,834 | 47,689 | 560 | 1 | 0,631 | 1 | 0,864 | 3 | 2,229 | 1 | 0,000 |
| Muennerstadt | 10,191 | 50,237 | 400 | 1 | 0,638 | 1 | 0,564 | 1 | 1,611 | 4 | 1,353 |
| Bamberg | 10,961 | 49,870 | 320 | 2 | 0,494 | 4 | 0,979 | 2 | 1,599 | 3 | 1,456 |
| Bayreuth | 11,538 | 49,864 | 348 | 1 | 0,709 | 2 | 0,694 | 2 | 1,433 | 3 | 1,711 |
| Erlangen | 11,144 | 49,494 | 338 | 2 | 0,651 | 1 | 0,694 | 2 | 2,124 | 4 | 1,072 |
| Zusmarshausen | 10,603 | 48,402 | 530 | 2 | 0,838 | 2 | 0,588 | 2 | 1,591 | 4 | 1,068 |
| Muenchen | 11,478 | 48,114 | 519 | 1 | 0,649 | 2 | 0,750 | 2 | 1,349 | 3 | 1,306 |
| Oberjoch | 10,404 | 47,516 | 1150 | 5 | 0,937 | 2 | 0,771 | 1 | 1,128 | 3 | 2,056 |

Tab. 2: Clusterzuordnung der PID-Messstellen für Birke

| Station | Länge | Breite | NN, m | Birke | |
|------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| | | | | Cluster | Distanz |
| Bremen | 8,758 | 52,993 | 12 | 1 | 0,800 |
| Vechta | 8,292 | 52,729 | 40 | 1 | 0,728 |
| Hannover | 9,591 | 52,499 | 48 | 1 | 0,539 |
| Magdeburg | 11,621 | 52,113 | 64 | 1 | 0,506 |
| Muenster | 7,576 | 51,973 | 56 | 1 | 0,650 |
| Goettingen | 10,000 | 51,500 | 245 | 1 | 0,987 |
| Leipzig | 12,196 | 51,478 | 112 | 1 | 1,218 |
| Hagen | 7,500 | 51,400 | 101 | 1 | 0,657 |
| Dresden | 13,768 | 51,184 | 120 | 1 | 0,570 |
| Chemnitz | 12,950 | 50,834 | 354 | 1 | 0,731 |
| Fulda | 9,610 | 50,499 | 330 | 1 | 0,493 |
| Muennerstadt | 10,191 | 50,237 | 400 | 1 | 0,638 |
| Bayreuth | 11,538 | 49,864 | 348 | 1 | 0,709 |
| Muenchen | 11,478 | 48,114 | 519 | 1 | 0,649 |
| Wangen | 9,834 | 47,689 | 560 | 1 | 0,631 |
| Bad Lippspringe | 8,795 | 51,743 | 167 | 2 | 0,743 |
| Bochum | 7,206 | 51,464 | 100 | 2 | 0,620 |
| Moenchengladbach | 6,384 | 51,215 | 49 | 2 | 0,672 |
| Bamberg | 10,961 | 49,870 | 320 | 2 | 0,494 |
| Erlangen | 11,144 | 49,494 | 338 | 2 | 0,651 |
| Heidelberg | 8,650 | 49,400 | 80 | 2 | 1,219 |
| Loewenstein | 9,383 | 49,095 | 500 | 2 | 0,605 |
| Gerlingen | 9,251 | 48,747 | 481 | 2 | 0,594 |
| Zusmarshausen | 10,603 | 48,402 | 530 | 2 | 0,838 |
| Freiburg | 7,850 | 48,000 | 269 | 2 | 0,958 |
| Aachen | 6,069 | 50,803 | 189 | 3 | 0,817 |
| Bad Kreuznach | 7,883 | 49,838 | 103 | 3 | 0,817 |
| Westerland | 8,259 | 54,987 | 11 | 4 | 0,655 |
| Flensburg | 9,566 | 54,874 | 23 | 4 | 1,086 |
| Binz | 13,615 | 54,403 | 25 | 4 | 0,773 |
| Aukrug | 9,785 | 54,092 | 28 | 4 | 0,897 |
| Greifswald | 13,404 | 54,075 | 26 | 4 | 0,553 |
| Norderney | 7,049 | 53,712 | 0 | 4 | 0,658 |
| Buxtehude | 9,700 | 53,476 | 11 | 4 | 0,949 |
| Prerow | 12,571 | 54,445 | 5 | 5 | 0,638 |
| Rostock | 12,125 | 54,082 | 22 | 5 | 0,769 |
| Luebeck | 10,635 | 53,873 | 16 | 5 | 0,710 |
| Pinneberg | 9,883 | 53,733 | 13 | 5 | 0,894 |
| Schwerin | 11,472 | 53,616 | 83 | 5 | 0,705 |
| Neustrelitz | 13,083 | 53,350 | 78 | 5 | 0,651 |
| Koenigsfeld | 8,433 | 48,150 | 780 | 5 | 1,142 |
| Oberjoch | 10,404 | 47,516 | 1150 | 5 | 0,937 |
| Frankfurt | 8,458 | 49,989 | 112 | 6 | 0,000 |
| Karlsruhe | 8,304 | 48,986 | 111 | 7 | 0,000 |

Tab. 3: Clusterzuordnung der PID-Messstellen für Gräser

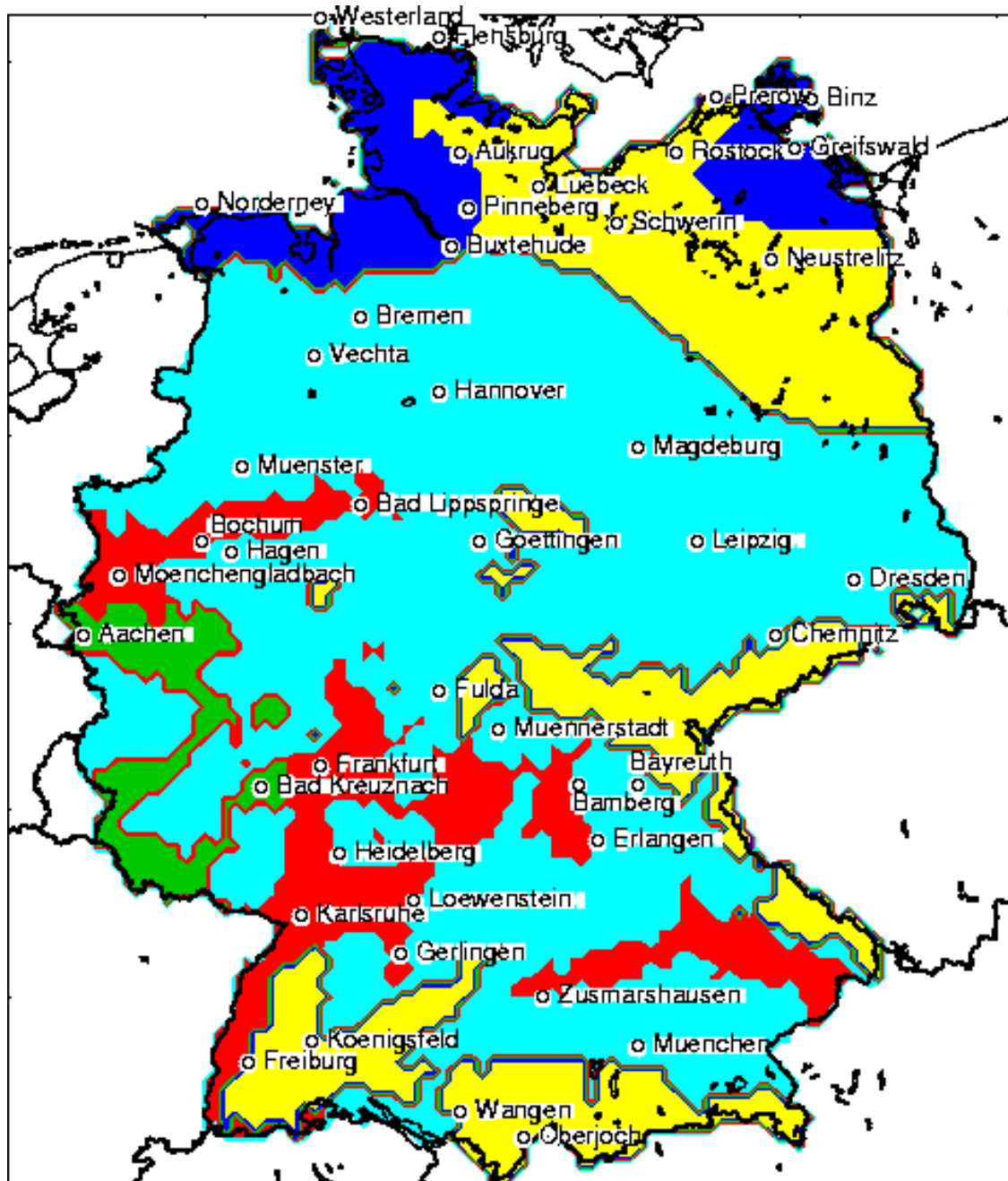
| Station | Gräser | | | | |
|------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| | Länge | Breite | NN, m | Cluster | Distanz |
| Bremen | 8,758 | 52,993 | 12 | 1 | 1,055 |
| Hagen | 7,500 | 51,400 | 101 | 1 | 0,697 |
| Dresden | 13,768 | 51,184 | 120 | 1 | 0,620 |
| Fulda | 9,610 | 50,499 | 330 | 1 | 0,738 |
| Muennerstadt | 10,191 | 50,237 | 400 | 1 | 0,564 |
| Bad Kreuznach | 7,883 | 49,838 | 103 | 1 | 0,706 |
| Erlangen | 11,144 | 49,494 | 338 | 1 | 0,694 |
| Heidelberg | 8,650 | 49,400 | 80 | 1 | 0,567 |
| Wangen | 9,834 | 47,689 | 560 | 1 | 0,864 |
| Rostock | 12,125 | 54,082 | 22 | 2 | 0,751 |
| Greifswald | 13,404 | 54,075 | 26 | 2 | 0,592 |
| Luebeck | 10,635 | 53,873 | 16 | 2 | 0,576 |
| Schwerin | 11,472 | 53,616 | 83 | 2 | 0,452 |
| Neustrelitz | 13,083 | 53,350 | 78 | 2 | 0,723 |
| Vechta | 8,292 | 52,729 | 40 | 2 | 0,630 |
| Magdeburg | 11,621 | 52,113 | 64 | 2 | 0,476 |
| Muenster | 7,576 | 51,973 | 56 | 2 | 0,463 |
| Bad Lippspringe | 8,795 | 51,743 | 167 | 2 | 0,636 |
| Goettingen | 10,000 | 51,500 | 245 | 2 | 0,488 |
| Bochum | 7,206 | 51,464 | 100 | 2 | 0,662 |
| Moenchengladbach | 6,384 | 51,215 | 49 | 2 | 0,507 |
| Chemnitz | 12,950 | 50,834 | 354 | 2 | 0,661 |
| Bayreuth | 11,538 | 49,864 | 348 | 2 | 0,694 |
| Loewenstein | 9,383 | 49,095 | 500 | 2 | 0,667 |
| Zusmarshausen | 10,603 | 48,402 | 530 | 2 | 0,588 |
| Koenigsfeld | 8,433 | 48,150 | 780 | 2 | 0,681 |
| Muenchen | 11,478 | 48,114 | 519 | 2 | 0,750 |
| Freiburg | 7,850 | 48,000 | 269 | 2 | 0,678 |
| Oberjoch | 10,404 | 47,516 | 1150 | 2 | 0,771 |
| Westerland | 8,259 | 54,987 | 11 | 3 | 1,050 |
| Flensburg | 9,566 | 54,874 | 23 | 3 | 1,118 |
| Prerow | 12,571 | 54,445 | 5 | 3 | 0,751 |
| Binz | 13,615 | 54,403 | 25 | 3 | 0,760 |
| Aukrug | 9,785 | 54,092 | 28 | 3 | 0,734 |
| Pinneberg | 9,883 | 53,733 | 13 | 3 | 0,612 |
| Norderney | 7,049 | 53,712 | 0 | 3 | 0,617 |
| Buxtehude | 9,700 | 53,476 | 11 | 3 | 0,998 |
| Hannover | 9,591 | 52,499 | 48 | 3 | 0,760 |
| Aachen | 6,069 | 50,803 | 189 | 3 | 0,666 |
| Leipzig | 12,196 | 51,478 | 112 | 4 | 1,009 |
| Bamberg | 10,961 | 49,870 | 320 | 4 | 0,979 |
| Karlsruhe | 8,304 | 48,986 | 111 | 4 | 0,891 |
| Gerlingen | 9,251 | 48,747 | 481 | 4 | 0,978 |
| Frankfurt | 8,458 | 49,989 | 112 | 5 | 0,000 |

Tab. 4: Clusterzuordnung der PID-Messstellen für Roggen

| Station | Länge | Breite | NN, m | Roggen | |
|------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| | | | | Cluster | Distanz |
| Westerland | 8,259 | 54,987 | 11 | 1 | 1,706 |
| Prerow | 12,571 | 54,445 | 5 | 1 | 1,878 |
| Aukrug | 9,785 | 54,092 | 28 | 1 | 1,439 |
| Bremen | 8,758 | 52,993 | 12 | 1 | 1,342 |
| Hannover | 9,591 | 52,499 | 48 | 1 | 1,769 |
| Muenster | 7,576 | 51,973 | 56 | 1 | 1,498 |
| Chemnitz | 12,950 | 50,834 | 354 | 1 | 1,447 |
| Muennerstadt | 10,191 | 50,237 | 400 | 1 | 1,611 |
| Loewenstein | 9,383 | 49,095 | 500 | 1 | 1,449 |
| Oberjoch | 10,404 | 47,516 | 1150 | 1 | 1,128 |
| Flensburg | 9,566 | 54,874 | 23 | 2 | 1,225 |
| Binz | 13,615 | 54,403 | 25 | 2 | 1,482 |
| Rostock | 12,125 | 54,082 | 22 | 2 | 1,395 |
| Greifswald | 13,404 | 54,075 | 26 | 2 | 1,393 |
| Luebeck | 10,635 | 53,873 | 16 | 2 | 1,327 |
| Pinneberg | 9,883 | 53,733 | 13 | 2 | 1,798 |
| Norderney | 7,049 | 53,712 | 0 | 2 | 1,397 |
| Schwerin | 11,472 | 53,616 | 83 | 2 | 1,326 |
| Buxtehude | 9,700 | 53,476 | 11 | 2 | 1,861 |
| Neustrelitz | 13,083 | 53,350 | 78 | 2 | 1,204 |
| Magdeburg | 11,621 | 52,113 | 64 | 2 | 1,555 |
| Goettingen | 10,000 | 51,500 | 245 | 2 | 1,237 |
| Leipzig | 12,196 | 51,478 | 112 | 2 | 1,335 |
| Moenchengladbach | 6,384 | 51,215 | 49 | 2 | 1,562 |
| Fulda | 9,610 | 50,499 | 330 | 2 | 1,952 |
| Bamberg | 10,961 | 49,870 | 320 | 2 | 1,599 |
| Bayreuth | 11,538 | 49,864 | 348 | 2 | 1,433 |
| Bad Kreuznach | 7,883 | 49,838 | 103 | 2 | 1,539 |
| Erlangen | 11,144 | 49,494 | 338 | 2 | 2,124 |
| Gerlingen | 9,251 | 48,747 | 481 | 2 | 1,208 |
| Zusmarshausen | 10,603 | 48,402 | 530 | 2 | 1,591 |
| Koenigsfeld | 8,433 | 48,150 | 780 | 2 | 1,830 |
| Muenchen | 11,478 | 48,114 | 519 | 2 | 1,349 |
| Freiburg | 7,850 | 48,000 | 269 | 2 | 1,831 |
| Vechta | 8,292 | 52,729 | 40 | 3 | 1,303 |
| Bad Lippspringe | 8,795 | 51,743 | 167 | 3 | 1,485 |
| Bochum | 7,206 | 51,464 | 100 | 3 | 1,994 |
| Dresden | 13,768 | 51,184 | 120 | 3 | 1,352 |
| Frankfurt | 8,458 | 49,989 | 112 | 3 | 1,531 |
| Heidelberg | 8,650 | 49,400 | 80 | 3 | 1,435 |
| Karlsruhe | 8,304 | 48,986 | 111 | 3 | 1,863 |
| Wangen | 9,834 | 47,689 | 560 | 3 | 2,229 |
| Hagen | 7,500 | 51,400 | 101 | 4 | 1,109 |
| Aachen | 6,069 | 50,803 | 189 | 4 | 1,109 |

Tab. 5: Clusterzuordnung der PID-Messstellen fürBeifuß

| Station | Länge | Breite | NN, m | Beifuß | |
|------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| | | | | Cluster | Distanz |
| Wangen | 9,834 | 47,689 | 560 | 1 | 0,000 |
| Bremen | 8,758 | 52,993 | 12 | 2 | 1,107 |
| Karlsruhe | 8,304 | 48,986 | 111 | 2 | 1,107 |
| Westerland | 8,259 | 54,987 | 11 | 3 | 1,060 |
| Flensburg | 9,566 | 54,874 | 23 | 3 | 1,309 |
| Prerow | 12,571 | 54,445 | 5 | 3 | 1,142 |
| Aukrug | 9,785 | 54,092 | 28 | 3 | 1,392 |
| Norderney | 7,049 | 53,712 | 0 | 3 | 1,361 |
| Hannover | 9,591 | 52,499 | 48 | 3 | 1,289 |
| Bad Lippspringe | 8,795 | 51,743 | 167 | 3 | 1,256 |
| Hagen | 7,500 | 51,400 | 101 | 3 | 1,368 |
| Fulda | 9,610 | 50,499 | 330 | 3 | 1,529 |
| Frankfurt | 8,458 | 49,989 | 112 | 3 | 1,658 |
| Bamberg | 10,961 | 49,870 | 320 | 3 | 1,456 |
| Bayreuth | 11,538 | 49,864 | 348 | 3 | 1,711 |
| Loewenstein | 9,383 | 49,095 | 500 | 3 | 1,353 |
| Gerlingen | 9,251 | 48,747 | 481 | 3 | 1,079 |
| Koenigsfeld | 8,433 | 48,150 | 780 | 3 | 1,364 |
| Muenchen | 11,478 | 48,114 | 519 | 3 | 1,306 |
| Oberjoch | 10,404 | 47,516 | 1150 | 3 | 2,056 |
| Binz | 13,615 | 54,403 | 25 | 4 | 0,956 |
| Rostock | 12,125 | 54,082 | 22 | 4 | 0,798 |
| Greifswald | 13,404 | 54,075 | 26 | 4 | 0,774 |
| Luebeck | 10,635 | 53,873 | 16 | 4 | 0,955 |
| Pinneberg | 9,883 | 53,733 | 13 | 4 | 1,213 |
| Schwerin | 11,472 | 53,616 | 83 | 4 | 0,985 |
| Buxtehude | 9,700 | 53,476 | 11 | 4 | 1,451 |
| Neustrelitz | 13,083 | 53,350 | 78 | 4 | 1,038 |
| Vechta | 8,292 | 52,729 | 40 | 4 | 0,941 |
| Magdeburg | 11,621 | 52,113 | 64 | 4 | 1,175 |
| Muenster | 7,576 | 51,973 | 56 | 4 | 1,068 |
| Goettingen | 10,000 | 51,500 | 245 | 4 | 1,375 |
| Leipzig | 12,196 | 51,478 | 112 | 4 | 0,953 |
| Bochum | 7,206 | 51,464 | 100 | 4 | 0,872 |
| Moenchengladbach | 6,384 | 51,215 | 49 | 4 | 0,896 |
| Dresden | 13,768 | 51,184 | 120 | 4 | 1,066 |
| Chemnitz | 12,950 | 50,834 | 354 | 4 | 0,761 |
| Aachen | 6,069 | 50,803 | 189 | 4 | 1,603 |
| Muennerstadt | 10,191 | 50,237 | 400 | 4 | 1,353 |
| Bad Kreuznach | 7,883 | 49,838 | 103 | 4 | 1,233 |
| Erlangen | 11,144 | 49,494 | 338 | 4 | 1,072 |
| Heidelberg | 8,650 | 49,400 | 80 | 4 | 1,009 |
| Zusmarshausen | 10,603 | 48,402 | 530 | 4 | 1,068 |
| Freiburg | 7,850 | 48,000 | 269 | 4 | 1,004 |



Cluster

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

 Birke

Abb. 1a Birke: Cluster des saisonalen Verlaufs des Potenzials. Messergebnisse des Netzes des Deutschen Polleninformationsdienstes (PID), 1997 - 2002.

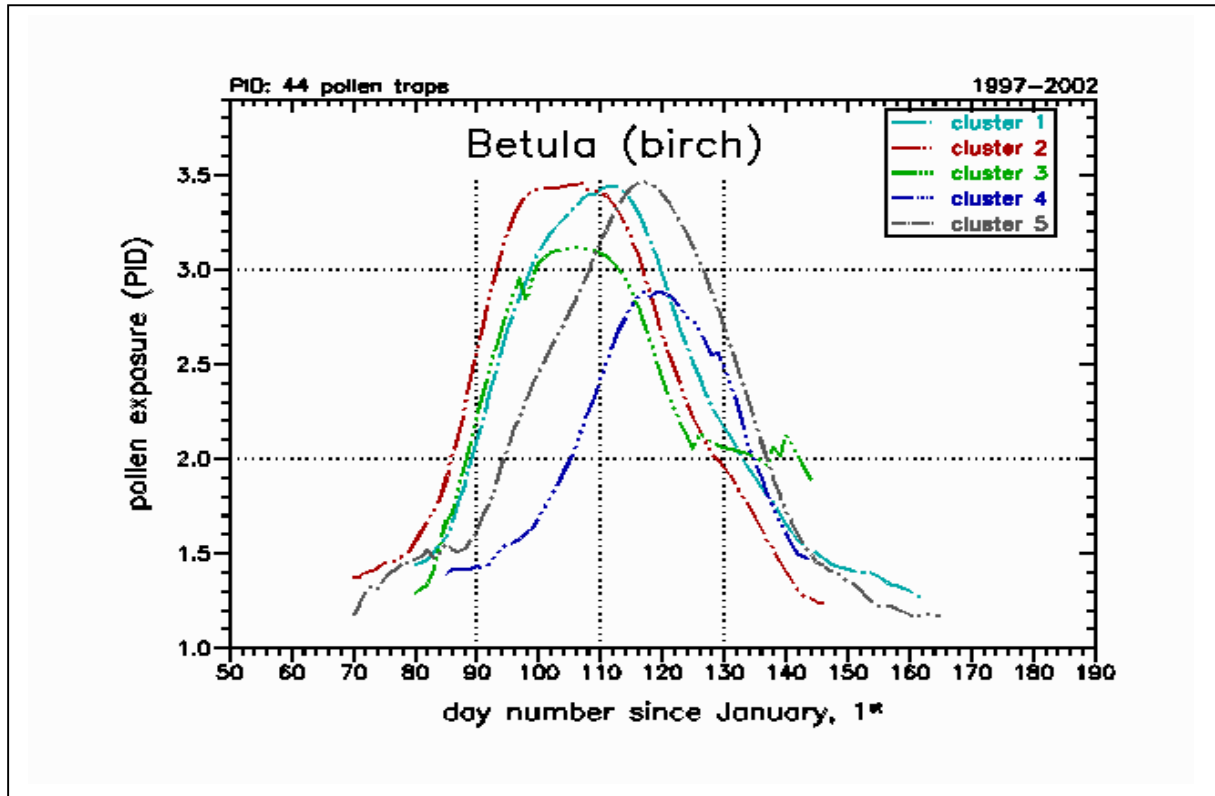


Abb. 1 b Birke: Saisonaler Verlauf des Potenzials an Pollen für die einzelnen Cluster

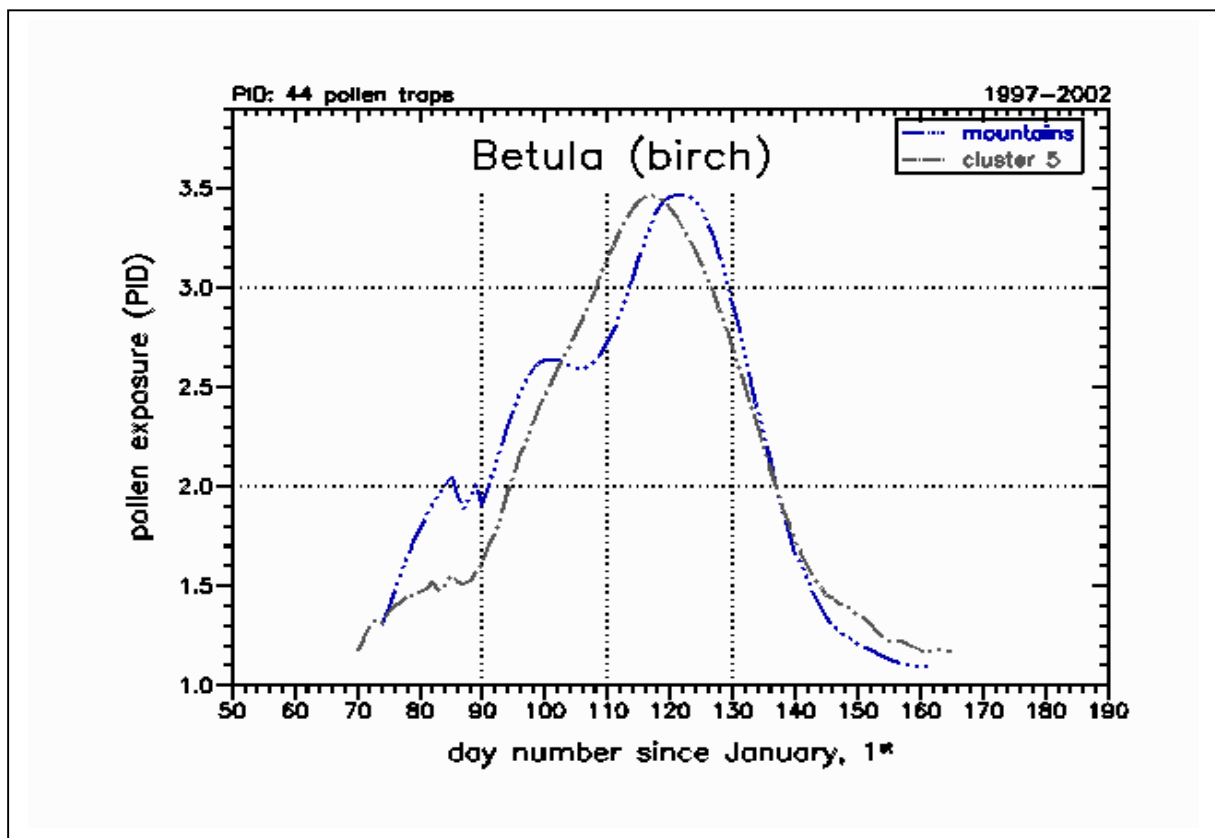


Abb. 1 c Birke: Saisonaler Verlauf des Potenzials an Pollen für Cluster 5 insgesamt und im hohen Bergland

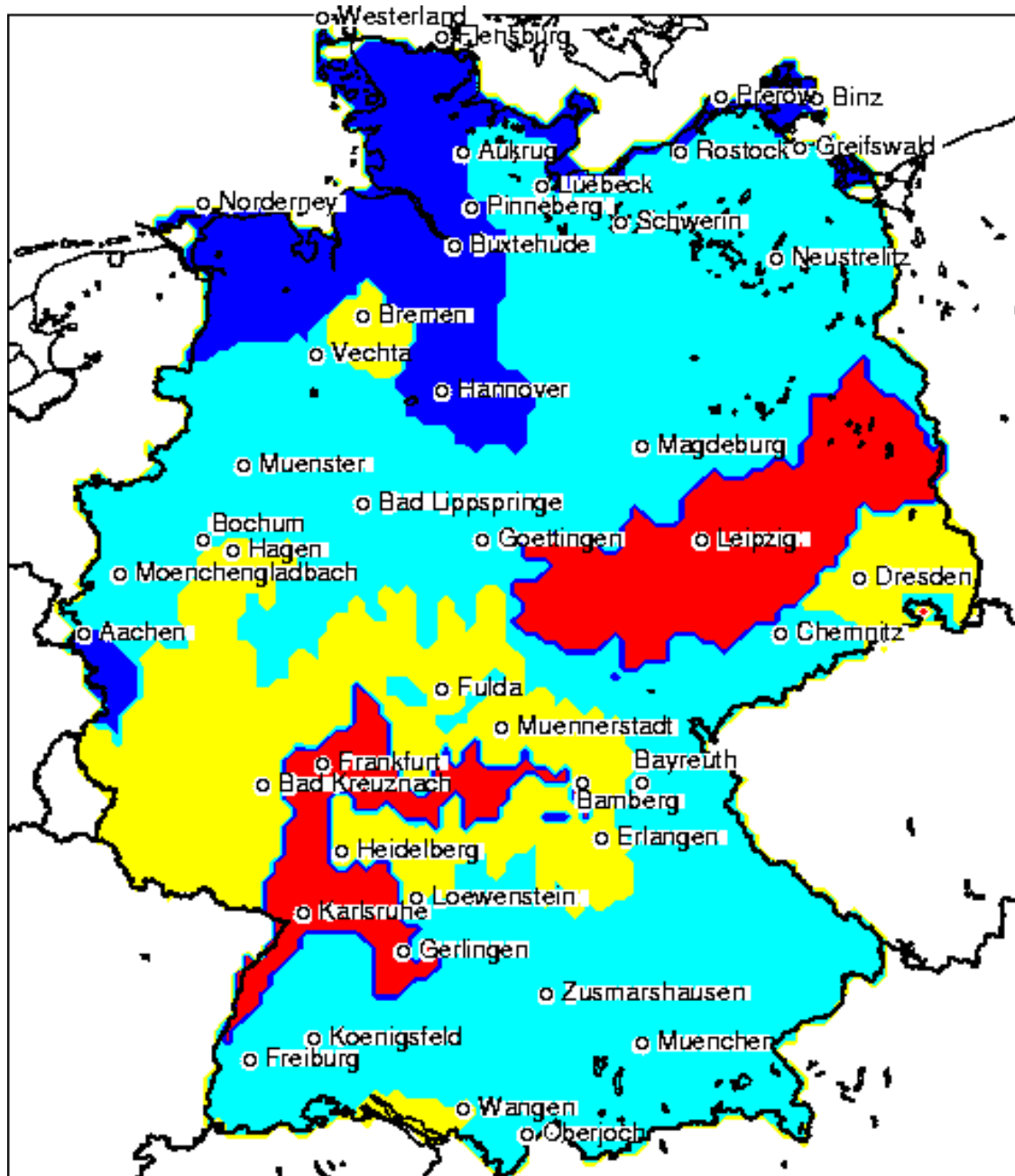


Abb. 2a Gräser: Cluster des saisonalen Verlaufs des Potenzials. Messergebnisse des Netzes des Deutschen Polleninformationsdienstes (PID), 1997 - 2002.

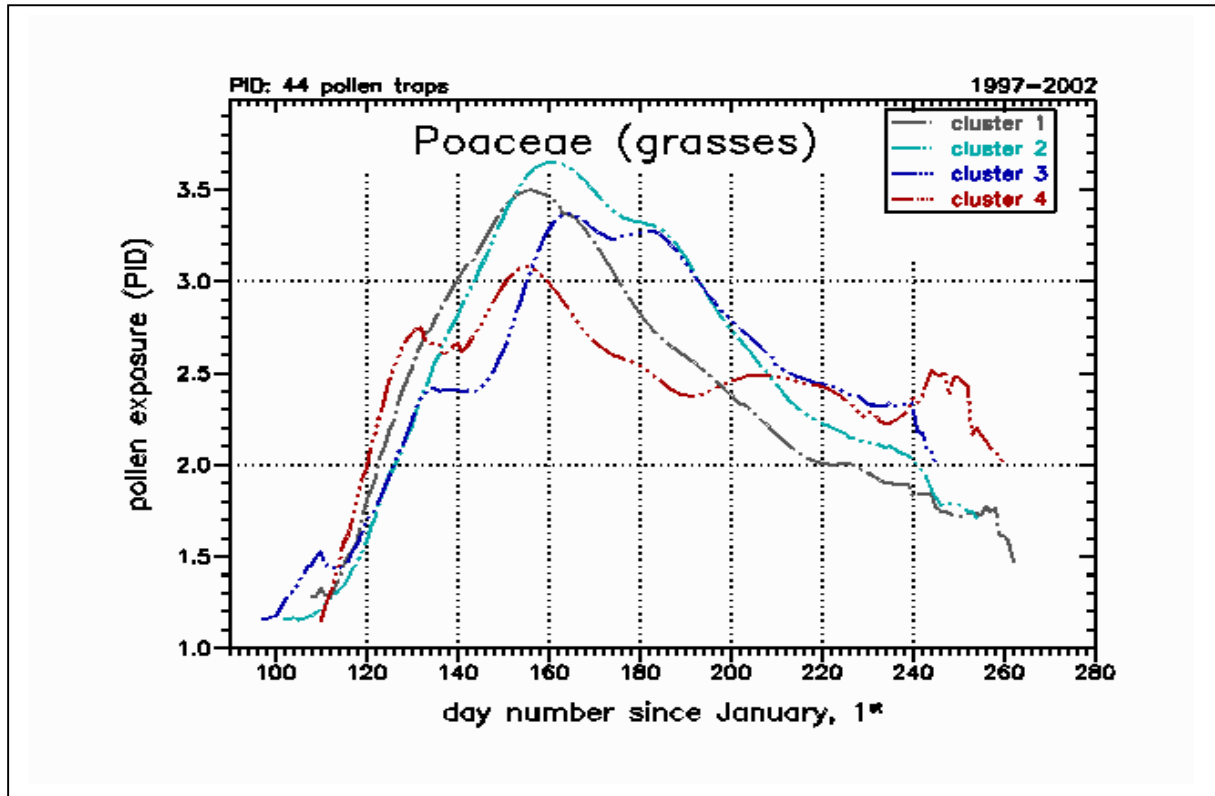


Abb. 2 b Gräser: Saisonaler Verlauf des Potenzials an Pollen für die einzelnen Cluster

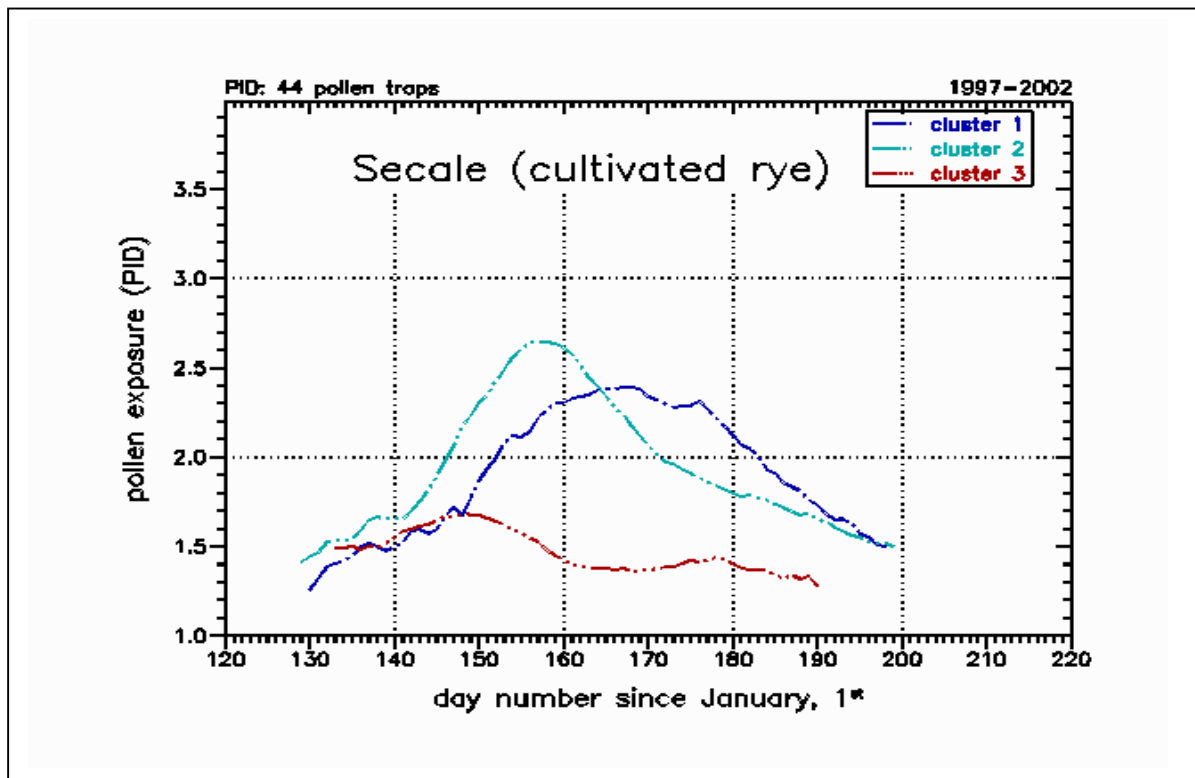


Abb. 3 Roggen: Saisonaler Verlauf des Potenzials an Pollen für die einzelnen Cluster

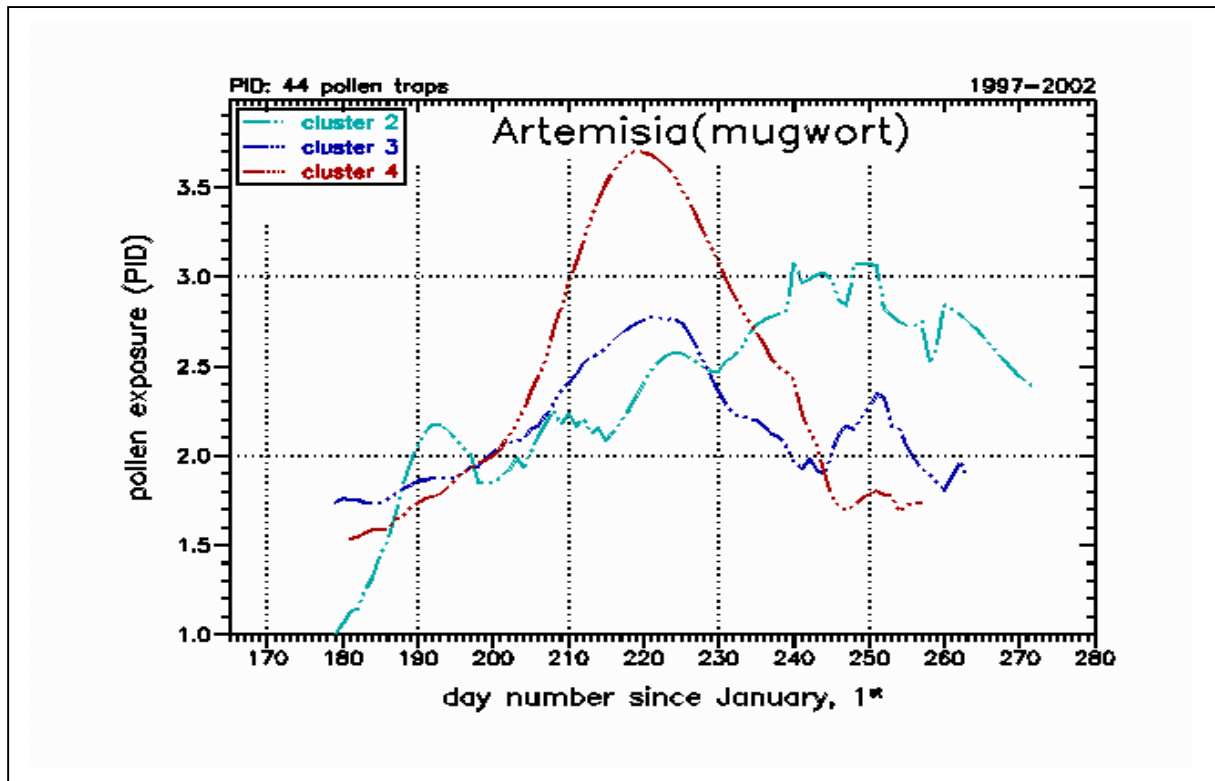


Abb. 4 Beifuß: Saisonaler Verlauf des Potenzials an Pollen für die einzelnen Cluster