

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
University of Applied Sciences

Fachgebiet Freilandpflanzenkunde u. Pflanzenverwendung

Forschungsprojekt Nr. 07HS005

Aktenzeichen: 514-06.01-07HS005

**Studie zum wissenschaftlichen
Erkenntnisstand über das Allergiepotential
von Pollenflug der Gehölze
im öffentlichem Grün der Städte und
Gemeinden und mögliche
Minderungsstrategien**

15.11.2007 - 31.08.2008

Höxter, August 2008

Hochschule Ostwestfalen Lippe
An der Wilhelmshöhe 44
37671 Höxter

Fachbereich 9 – Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
Fachgebiet – Freilandpflanzenkunde und Pflanzenverwendung
Telefon: 05271-687-181
Fax: 05271-687-159
Email: volkmar.seyfang@hs-owl.de

| | |
|---|---|
| Projektleitung: | Prof. Dr. Volkmar Seyfang |
| Wissenschaftliche Mitarbeiterin: | Dipl.-Ing. (FH) Sabrina Laufenburg |
| Für Text und Layout zeichnen sich außerdem verantwortlich: | Dipl.-Ing. (FH) Yvonne Boison Dipl.-Ing. (FH) Michaela Wangler |

Laufzeit: 15.11.2007-31.08.2008

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Zusammenfassung | 1 |
| 1 Einleitung | 2 |
| 2 Zielsetzung und methodisches Vorgehen | 3 |
| 3 Allergien | 6 |
| 3.1 Medizinische Grundlagen | 6 |
| 3.2 Pollenallergien | 10 |
| 3.3 Gehölzpollenallergien | 13 |
| 4 Blüten- und Pollenbiologie allergener Gehölze | 18 |
| 5 Pollenflug und Prognosemethoden | 21 |
| 5.1 Pollenflug der Gehölze | 22 |
| 5.2 Pollenflugvorhersage | 29 |
| 5.3 Pollenflugkalender | 31 |
| 5.4 Pollenausbreitungsmodellierung | 33 |
| 6 Allergiepotenzial von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum | 36 |
| 7 Aktuelle Ansätze zur Minderung des Allergiepotenzials von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum | 41 |
| 7.1 Theoretische und empirische Befunde und Ansätze zur Minderung des Allergiepotentials | 41 |
| 7.2 Positionen und Ansätze aus der Praxis | 50 |
| 8 Minderungsstrategien - neue Handlungsansätze und Empfehlungen | 54 |
| 8.1 Empfehlungen aus der Sicht der Gehölzverwendung | 54 |
| 8.2 Empfehlungen und Maßnahmen aus freiraumplanerischer und vegetationstechnischer Perspektive | 58 |
| 8.3 Empfehlungen und Maßnahmen auf der Ebene der Bauleitplanung | 62 |
| 8.4 Aufklärung und Information | 63 |

| | | |
|----|----------------------|----|
| 9 | Forschungsbedarf | 64 |
| 10 | Fazit | 66 |
| 11 | Literaturverzeichnis | 67 |

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Anhang

| | | |
|-----|--|----|
| A.1 | Programm Expertenrunde | 1 |
| A.2 | Impulsreferate der Expertenrunde (Zusammenfassung) | 2 |
| A.3 | Protokoll der Expertenrunde | 50 |
| A.4 | Übersicht über die pollenallergologisch wichtigsten Gehölze | 57 |
| A.5 | Internetquellen (Linksammlung) zur Literaturrecherch | 60 |
| A.6 | Vorkommen allergologisch relevanter Gehölze in sieben ausgewählten Städten | 64 |
| A.7 | Straßenbaumliste des GARTEN- UND LANDWIRTSCHAFTSAMT DER STADT ZÜRICH (2001) | 71 |
| A.8 | Übersicht allergener Gehölze nach HAUSEN & VIELUF (1997), OGREN (2000) & WILHELM et al. (2001) | 74 |

Zusammenfassung

Pollenallergien gehören zu den häufigsten allergischen Erkrankungen mit steigender Tendenz. Pollen als frei in der Luft befindliche Allergenträger sind Bestandteil der natürlichen Umwelt und können daher nicht grundsätzlich verhindert oder eliminiert werden.

Im Rahmen dieser Forschungsstudie wurde geprüft, inwieweit planerische Ansätze und Strategien vor allem im Bereich der Pflanzenverwendung in Zukunft dabei helfen können, die Lebensqualität von Pollenallergikern im öffentlichen Freiraum zu verbessern. Dabei stehen die Belastungen durch Gehölzpollen im Vordergrund der Betrachtungen, wenngleich auch die Beeinträchtigungen durch Pollen krautiger Pflanzen und Gräser mindestens ebenso bedeutsam sein können.

Zur Einordnung der Fragestellung in einen größeren inhaltlichen Zusammenhang war es zunächst notwendig, kurz die Allergieproblematik in den Grundzügen allgemein zu umreißen. Anmerkungen zur Pollen- und Blütenbiologie allergener Gehölze sowie aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zum Pollenflug bildeten die Grundlage zur Einschätzung und Bewertung des Allergiepotenzials von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum. Schließlich wurden aus den zurzeit diskutierten Ansätzen zur Minderung des Allergiepotenzials von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum, den Befunden aus Untersuchungen anderer Fachdisziplinen sowie aus den Ergebnissen eines eintägigen Expertengesprächs Handlungsansätze und Empfehlungen zur Minderung der Belastung durch Gehölzpollen entwickelt und diskutiert.

Dabei stellte sich heraus, dass Maßnahmen zur Vermeidung oder Minderung von Belastungen und mögliche planerische Lösungen nicht einfach formuliert werden können. Dies liegt zu einem an der Komplexität des Problems und der Tatsache, dass viele Fragen wissenschaftlich noch nicht oder nicht eindeutig geklärt sind.

Forschungsansätze und Befunde zu Einzelaspekten sind zwar aus verschiedenen Fachdisziplinen bekannt, jedoch fehlen bisher systematische Untersuchungen zu fundierten Handlungsansätzen in der Planung und Pflanzenverwendung.

Für weiterführende Lösungswege ist daher die Zusammenarbeit zwischen Medizinern, Meteorologen und planenden Disziplinen wie Landschaftsarchitekten und Architekten wichtig. Die einseitige Fokussierung auf den Verzicht von allergenen Pflanzen, bzw. auf eine differenzierte Artenwahl im konkreten Planungsfall, kann das Problem nicht grundlegend lösen. Wichtiger ist es daher, weitere Faktoren, die das Allergiepotential beeinflussen näher zu analysieren und gezielte Handlungsweisen auf unterschiedlichen Ebenen zu entwickeln.

1 Einleitung

Aus verschiedenen epidemiologischen Untersuchungen geht hervor, dass Allergien in den letzten Jahrzehnten in verschiedenen Ländern Europas dramatisch an Häufigkeit zugenommen haben (RING et al. 2004, DEUTSCHER BUNDESTAG 1999).

Nach Schätzungen des Ärzteverbandes Deutscher Allergologen sind heute bereits 24 bis 32 Mio. Deutsche allergisch vorbelastet. Die Wahrscheinlichkeit an einer Allergie zu erkranken liegt bei Neugeborenen bereits bei 20%; ist ein Elternteil betroffen erhöht sich das Risiko auf 40%. Leiden beide Elternteile an einer Allergie, steigt die Wahrscheinlichkeit auf 80% (DEUTSCHER BUNDESTAG 1999).

In der von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung in Auftrag gegebenen „Studie zum wissenschaftlichen Erkenntnisstand über das Allergiepotalential von Pollenflug der Gehölze im öffentlichen Grün der Städte und Gemeinden und mögliche Minderungsstrategien“ sollen die aus unterschiedlicher Perspektive vorliegenden Erkenntnisse zu Pollenallergien – speziell durch Gehölze – zusammengetragen und diskutiert werden um daraus mögliche konkrete Maßnahmen und Handlungsansätze zur Minderung der Problematik im öffentlichen Raum abzuleiten.

Trotz der Aktualität (vgl. hierzu das neuerdings vermehrte Auftreten von *Ambrosia artemisiifolia*, die besonders aggressive Pollen aufweist) und der Verschärfung des Problems durch die zunehmende Betroffenheit in der Bevölkerung, ist es erstaunlich, dass sich bislang nicht intensiver mit der Frage auseinandergesetzt wurde, ob durch eine gezielte Pflanzenverwendung oder andere planerische Maßnahmen Abhilfe geschaffen werden kann. Es liegen bisher kaum systematische Untersuchungen vor, in welchem Ausmaß sich die pflanzliche Ausstattung einer Grünanlage in der örtlich nachweisbaren Pollenbelastung widerspiegelt.

Gerade deshalb erscheint es sinnvoll, den Wissensstand aus unterschiedlichen Fachdisziplinen daraufhin zu untersuchen, ob sich daraus praktische Handlungsansätze ableiten lassen und ob ggf. Forschungslücken bestehen.

2 Zielsetzung und methodisches Vorgehen

Ziel der Forschungsstudie ist es, den bisher in der Literatur dokumentierten und durch empirische Studien belegten Erkenntnisstand über das Allergiepotenzial von Gehölzen in öffentlichen Freiräumen zu erfassen und kritisch zu diskutieren.

Aus den zusammengetragenen Erkenntnissen sollen im Weiteren mögliche Handlungsstrategien für pollenallergologisch geminderte öffentliche Freiräume entwickelt werden.

Im Mittelpunkt steht daher die Frage, ob Empfehlungen für die Pflanzenverwendung als Lösungsansatz denkbar sind. Dabei sollen Strategien und Konzepte auf unterschiedlichen Maßstabebenen diskutiert werden, die geeignet sind, die Allergiebelastung für betroffene Personen zu minimieren.

Dabei sind für die Pflanzenverwendung im öffentlichen Raum verschiedene Szenarien denkbar, die von einer differenzierten Artenwahl bis hin zu strikter Vermeidung allergologisch relevanter Gehölze reichen.

Methodik

Methodisch gründet die Studie auf zwei Säulen: auf einer umfangreichen Literaturrecherche und einem Expertengespräch.

Ausgangspunkt der **Literaturrecherche** war zunächst die Sichtung der Informationen und Daten, die bereits im Rahmen des Projekts „Allergiepotenzial in öffentlichen Grünanlagen“ zusammen getragen wurden, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen (aFuE) gefördert wurde (SEYFANG et al. 2005).

Danach war zu prüfen, welche neueren Quellen und Erkenntnisse mittlerweile vorliegen, die in die Auswertung mit einbezogen werden müssen. Hierzu erfolgte eine Internetrecherche über Suchmaschinen, die sich zunächst auf Schlagworte zum Themenkomplex „Allergie, Pflanzenverwendung Garten und Grünanlagen“ innerhalb des Arbeitsfeldes der Landschaftsarchitektur Themenkomplex „Allergie im Umfeld weiterer Disziplinen“ wie Meteorologie, Medizin, Genetik und Biologie. Dabei hat es sich als schwierig erwiesen, aus der Vielzahl der auf diese Weise erzielten Ergebnisse diejenigen herauszufiltern, die tatsächlich für die Fragestellung relevant waren. Die Auswertung beschränkte sich auf deutsch- und englischsprachige Quellen.

Bei der Buch- und Zeitschriftensuche über Fernleihen wurden nur deutsche Bibliotheksstandorte berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden zur weiteren Informationsgewinnung eine Reihe von Anfragen gestartet und Kontakte aufgebaut, allerdings teilweise mit mäßiger Resonanz:

- Diverse Anfragen bei Institutionen und Forschungseinrichtungen (u. a. Deutscher Wetterdienst (DWD), Polleninformationsdienst (PID), Zentrum für Allergie und Umwelt an der TU München (ZAUM)).
- Gezielte Anfrage bei Grünflächen- und Gartenämtern über die Ständige Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag (GALK) zur Baumartenverteilung in den städtischen Freiräumen (Ergebnisse vgl. Kap.. 7, S. 41 und Anhang 6).
- Kontakte zu Fachleuten aus unterschiedlichen Disziplinen, u. a. im Rahmen des 8. Europäischen Pollenflugsymposiums vom 28.03. bis 30.03.2008 in Bad Lippspringe.

Der ursprünglich vorgesehene, zweitägige Workshop traf unerwartet auf wenig Interesse bei den angesprochenen Institutionen und Fachverbänden, z. B. Zentralverband Gartenbau (ZVG), Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V. (BGL), Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) und Ständige Konferenz der Gartenamtsleiter bei Deutschen Städtetag (GALK). Zwar wurde in der Regel ein großes Interesse an der Thematik bekundet und ihre Relevanz betont, doch sprachen häufig Zeit- und Termingründe gegen eine Teilnahme. Es war geplant nach einer interdisziplinären Informations- und Diskussionsphase am zweiten Tag einen kreativen Zugang zur Themenstellung mit einer Gruppe von Studierenden der Landschaftsarchitektur zu finden. Bei einem ähnlichen Kreativworkshop mit Studierenden der Universität GH Paderborn unter dem Motto „Entwerfen vor Ort – Allergologischer Kommunikationspark Bad Lippspringe“ (REESE-HEIM, SCHITTEK & SEYFANG 1998) konnten interessante Lösungen und Denkanstöße präsentiert werden (vgl. Kap. 8, S. 55).

Als Alternative wurde eine eintägige **Expertenrunde** mit Vertretern aus dem Bereich der Medizin, der Meteorologie, der Biologie sowie der Landschaftsarchitektur initiiert. (Programm, Zusammenfassung der Impulsreferate und Protokoll, s. Anhang 1-3)

Ziel des Expertengesprächs war es, durch Impulsreferate den wissenschaftlichen Austausch und die Diskussion zwischen verschiedenen Fachdisziplinen anzuregen.

Impulsreferate wurden gehalten von

- Dipl. Met. Helmut BANGERT, Büro für Umweltmeteorologie, Paderborn: „Windverhältnisse in Bad Lippspringe – eine Suche nach dem Polleneintrag aus der Ferne“
- Dr. Regula GEHRIG BICHSEL, Eidgenössisches Departement des Inneren (EDI), Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich: „Hinweise auf den Transportweg von Gehölzpollen – Resultate aus dem Schweizer Pollenmessnetz“

- Dipl. Met. Franz-Josef LÖPMEIER, Deutscher Wetterdienst, Braunschweig: „Aktivitäten der Agrarmeteorologischen Forschung und Beratung Braunschweig (AMFB) auf dem Gebiet der Phänologie / Pollenflug“
- Prof. Dr. med. habil. Hans SCHWEISFURTH, Chefarzt Karl-Hansen-Klinik, Bad Lippspringe: „Strategien der Allergieprävention“
- Dr. rer. nat. Norman SINCLAIR La Rosa, Allergie und Ernährungsberatung Marienhospital, Steinfurt: „Ungewöhnliches Phänomen Pollenflug im Januar 2008 – mehr Allergien durch aggressivere Pflanzenpollen“
- Dr. rer. nat. Reinhard WACHTER, Aeropalynologe, Ganderkesee: „Pollenflug allergie-relevanter Gehölze im norddeutschen Raum“

Zusätzlich sind Einladungen an die Grünflächen- und Gartenämter der Region OWL und der Stadt Hannover verschickt worden. Teilgenommen haben

Dipl.-Ing. Sven CHRISTELEIT, Amt für Umweltschutz und Grünflächen, Paderborn

Dipl.-Ing. Thomas LÜER, Bauwesen und Umwelt, Bad Lippspringe

Von den Verbänden nahm

- Dipl. Agr. Helmuth Schwarz, Pinneberg

als Vertreter des Bundes Deutscher Baumschulen teil.

Vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz war

- Dipl.-Ing. Arne WYLKOP, Bonn

als Gesprächs- und Diskussionspartner zugegen.

Von der einladenden Hochschule Ostwestfalen Lippe waren anwesend

- Dipl. Ing. (FH) Yvonne BOISON, Wiss. Mitarbeiterin (Protokoll)
- Dipl. Ing. (FH) Sabrina LAUFENBURG, Wiss. Mitarbeiterin (Projektbearbeitung, Organisation)
- Prof. Dr. Volkmar SEYFANG (Projektleitung)

Außerdem hat Frau Anke SIMOLEIT, Mitarbeiterin von Dr. WACHTER, Delmenhorst teilgenommen..

Die aus der Expertenrunde gewonnenen Hinweise, Anregungen und Empfehlungen konnten unmittelbar in die Ergebnisse dieser Studie einfließen (vgl. Kap. 6 -9, S. 36 ff.).

3 Allergien

Allergien beeinträchtigen heute weite Teile der Bevölkerung, Tendenz steigend. Im folgenden Kapitel (Kap. 3.1) werden zunächst die Ursachen für allergische Reaktionen beleuchtet. Pollenallergien (Kap. 3.2, S. 10) gehören aufgrund ihrer Allergenexposition zu den Inhalationsallergien und führen mittlerweile bei Betroffenen zu einer fast ganzjährigen Belastungszeit, während Gehölzpollenallergien (Kap. 3.3, S. 13) sich noch weitgehend auf die erste Hälfte des Jahres beschränken, die Sensibilisierungspotenz der Pollen insgesamt aber zunimmt.

3.1 Medizinische Grundlagen

Allergien sind „in zeitlicher, qualitativer und quantitativer Hinsicht erworbene, spezifische Reaktionsveränderung[en] des Organismus auf der Basis einer pathogenen Immunreaktion“ (HAUSEN, 1994: 70). Bei diesen Überempfindlichkeitsreaktionen reagiert das Immunsystem des menschlichen Körpers auf normalerweise harmlose Substanzen, den sogenannten Allergenen. Allergene bestehen aus Proteinen oder Glykoproteinen und sind je nach Ursprung natürlichen (Tiere, Pflanzen, Mikroben) oder anthropogenen (Chemikalien) Ursprungs. Natürliche Allergenquellen sind zum Beispiel Pollen Pilzsporen oder Tierhaare.

Eine Allergie ist nach HAUSEN (1994) nicht a priori vorhanden, sondern wird „meistens langsam erworben“ (HAUSEN, 1994: 70). Es bedarf daher mindestens eines Kontaktes, in der Regel aber wiederholter Kontakte mit einem Allergen (Exposition), bis es zu einer spezifischen Antikörperbildung (Sensibilisierung) kommt. Zwischen dem Erstkontakt und „dem Auftreten der ersten klinisch sichtbaren Reaktion vergehen unterschiedlich lange Zeiträumen [und kann] aufgrund individueller Verschiedenheit Tage, Wochen, Monate oder Jahre dauern“ (HAUSEN, 1994: 70). Dieser Sensibilisierungsvorgang wird als Induktionsphase oder Latenzzeit bezeichnet. Allergische Reaktionen können sich in Hautrötungen, Juckreiz oder auch Kreislaufversagen äußern (BEHRENDT 2005). Allergene werden aufgrund ihrer Wirkung im menschlichen Organismus auch als Antigene bezeichnet (HAUSEN & VIELUF 1997). Die Bereitschaft, eine Allergie zu bekommen, wird familiär vererbt (Prädisposition) (HAUSEN 1994). Die genetische Disposition betrifft nach HAUSEN (1994) in Deutschland 3-5 % der

Bevölkerung und löst bei manchen Betroffenen Neurodermitis aus. Die Sensibilisierungsbereitschaft ist daher ein individueller Faktor.

Hat eine Sensibilisierung stattgefunden, „ist es bei erneuter gleichstarker Exposition mit einer Verstärkung der daraus resultierenden allergischen Reaktion zu rechnen“ (HAUSEN, 1994:71), d. h. dass [...] „bei einem hohen Sensibilisierungsgrad bereits geringe Mengen genügen, um eine explosionsartig[e Reaktion auszulösen]“ (HAUSEN, 1994:71). Andererseits kann bei strikter Vermeidung der Exposition Beschwerdefreiheit eintreten. Allerdings bleibt das immunologische Gedächtnis auf Jahre bzw. Jahrzehnte erhalten, so dass bei erneutem Kontakt die allergischen Reaktionen wieder auftreten können (HAUSEN 1994).

Mittlerweile existiert eine große Vielfalt und fast unüberschaubare Anzahl von Allergenen (HAUSEN & VIELUF 1997). Nach der Art der Allergenexposition werden unterschieden

- Inhalationsallergene über die Atemluft (u. a. Pollen, Milben oder Pilzsporen),
 - Ingestionsallergene über den Magen-Darm-Trakt (vorrangig Nahrungs- und Arzneimittel),
 - Kontaktallergene über die Haut (vor allem Kosmetika und Desinfektionsmittel) und
 - Injektionsallergene über den Blutkreislauf (z. B. Arzneimittel und Insektengifte)
- (nach HAUSEN & VIELUF 1997, JÄGER 2000).

Ferner existiert auch eine Einteilung der Allergene nach tierischem, pflanzlichem und chemischem Ursprung von GRONEMEYER & FUCHS (HAUSEN & VIELUF 1997).

Die Tendenz allergischer Erkrankungen steigt zunehmend, ohne dass die Ursachen bislang hinlänglich wissenschaftlich untersucht wurden.

Weltweit umfangreiche Forschungsaktivitäten beschäftigen sich mit folgenden Fragestellungen und Phänomenen, die zu einer Begünstigung allergischer Erkrankungen geführt haben:

- Die geringe Stimulation des frühkindlichen Immunsystems durch zunehmende Impfungen und damit verbunden weniger Infektionen führt zu einer geringeren immunologischen Prägung.
- Das Auftreten von neuen Allergenen, z.B. durch die Ausbreitung von Neophyten wie das Beifußblättriges Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*).
- Die allgemeine Zunahme von Aeroallergenen und die allergiefördernde Wirkung von Umweltverunreinigungen, z. B. Emissionen aus dem Straßenverkehr.
- Der sogenannte „westliche Lebensstil“, der sich im Vergleich zu Ostdeutschland u. a. durch gesündere Wohnbedingungen, bessere medizinische Versorgung und medikamentöse Behandlung auszeichnet (DEUTSCHER BUNDESTAG 1999).

Besonders für die Entwicklung des frühkindlichen Immunsystems ist eine Stimulierung durch Infektionen im sehr frühen Lebensalter offenbar entscheidend. Erst durch den Kontakt mit Fremdstoffen können die Träger des Immunsystems, die Lymphozyten, die notwendigen Antikörper bilden. So haben BEHRENDT et al. (2002) nachgewiesen, dass Kinder von Familien, die auf einem Bauernhof leben und von früher Kindheit an regelmäßig mit Stalltieren in Kontakt kamen, signifikant weniger oft an Allergien leiden als Stadt- oder Landkinder von Eltern, die nicht den bäuerlichen Beruf ausüben.

Weiterhin zeigten epidemiologische Studien im West-Ost-Vergleich, dass allergische Erkrankungen und Sensibilisierungen in den neuen Bundesländern vor der Wiedervereinigung weniger häufig vorkamen als in den alten Bundesländern. Bereits sechs Jahre nach der Wiedervereinigung, 1996, zeigt sich eine ansteigende Prävalenz von Allergikern in den neuen Bundesländern. Der Grund für den Anstieg allergischer Erkrankungen wird dabei vor allem auf die veränderten Lebensbedingungen zurückgeführt. So konnten die ersten Hinweise für den Anstieg der Allergiehäufigkeit in den neuen Bundesländern zeitgleich mit den Veränderungen des Wohnumfeldes und der Ernährungsgewohnheiten sowie mit der Erhöhung des Verkehrsaufkommens und dem wachsenden Anteil von Feinstäuben in der Luft in Verbindung gebracht werden. Die Auslösung allergischer Erkrankungen wird außerdem durch die vermehrte Haltung von Haustieren, den Verzehr von exotischen Früchten und neuen Gemüsen und eine bessere Wärmedämmung der Wohnungen, die eine geringere Luftwechselrate und zunehmende Innenraumallergene zur Folge haben, verursacht (DEUTSCHER BUNDESTAG 1999).

Nach BEHRENDT (2005) ist eine Allergie multifaktoriell beeinflusst. So führen neben einer genetischen Veranlagung (Atopie) weitere Faktoren zu einer möglichen Sensibilisierung wie z. B. hohe Schadstoffbelastungen in der Umwelt, ein gestiegenes Hygienebewusstsein, ein besonders intensiver Kontakt mit einem Allergen oder auch psychischer Stress.

Das psychischer Stress alleine eine allergische Reaktion auslöst ist nach PETERMANN (2002) bisher nicht wissenschaftlich belegt; jedoch kann eine durch Allergene ausgelöste Reaktion zu stärkeren Beschwerden führen, wenn die Allergenexposition gleichzeitig mit psychischem Stress auftritt (RING et al. 2004).

Allergietypen

Nach Beendigung des Sensibilisierungsvorgangs und erneuter Exposition können die pathogenen Symptome „in wenigen Minuten (Frühreaktion), nach einigen Stunden (verzögerte Reaktion) oder Tagen (Spätreaktion)“ (HAUSEN, 1994: 70) auftreten. Von COMBS und GELL wurde Anfang der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts ein Denkmodell entwickelt, dem die Einteilung krankmachender Immunabläufe zugrunde liegt. Vier Typen beschreiben

dabei die unterschiedlichen Reaktionsmuster, gegliedert nach ihrem zeitlichen Ablauf (GREVES & RÖCKEN 2001):

Typ I ⇒ Soforttypreaktion

Bei der Soforttypreaktion wird die Immunreaktion über Immunglobulin-E-Antikörper (IgE-Antikörper), d. h. spezielle Proteine mit denen das Immunsystem körperfremde Erreger abwehrt, vermittelt. Diese richten sich meist gegen lösliche Proteinantigene. Typische Allergenquellen können z. B. Pollen, Tierhaare, Hausstaubmilben, Nahrungsmittel oder Insektengifte sein. Die Typ-I-Reaktion äußert sich durch allergische Rhinitis (Heuschnupfen), Asthma, Urtikaria (Nesselsucht) bis hin zur Anaphylaxie, einer Überreaktion des Immunsystems. Zwischen der Exposition und dem Auftreten der ersten sicht- und fühlbaren Reaktionen vergehen nur 10 – 15 Minuten (HAUSEN 1994).

Typ II ⇒ Zytotoxische Reaktion

Bei der Zytotoxischen Reaktion reagieren IgE-Antikörper mit Antigenen, die auf der Zelloberfläche sitzen. Hierzu gehören Medikamente wie Metaboliten des Penicillins, bakterielle oder auch virale Antigene. Die Zytotoxische Reaktion ist bei pflanzlichen Allergenen nach HAUSEN (1994) ohne Bedeutung.

Typ III ⇒ Immunkomplexreaktion

Bei der Immunkomplexreaktion sind die verursachenden IgE-Antikörper gegen lösliche Antigene gerichtet. Diese können z. B. in Form von injizierten Seren in den Körper gelangen. Die krankmachenden Stoffe äußern sich bei der Typ-III-Reaktion als Entzündungsprozesse. Beispiele hierfür sind Serumkrankheit an der Haut, Gelenken und Nieren oder Alveolitis, auch „Farmerlunge“ genannt. Die Immunkomplexreaktion bzw. die Allergie vom verzögerten Typ spielt im Pflanzenbereich eine untergeordnete Rolle. Auslöser sind vor allem spezifische Pilzsporen (HAUSEN 1994).

Typ IV ⇒ Spättypreaktion

Bei der Spättypreaktion verursachen antigenspezifische T-Lymphozyten das verzögerte Auftreten, da auf den erfolgten, antigenen Reiz keine Antikörper gebildet werden (HAUSEN 1994). Auslöser können Metallionen oder niedermolekulare Substanzen wie z. B. Konservierungsstoffe sein. Weiterhin können auch mykobakterielle Proteine eine verzögerte Reaktion hervorrufen. Die Antigene werden in erster Linie über die Haut aufgenommen (Kontaktallergene) und lösen daher, falls sie essbar sind, bei oraler Aufnahme keine allergischen Reaktionen aus (HAUSEN 1994). Typische Erscheinungsbilder bei der

Typ-IV-Reaktion sind daher kontaktallergische Ekzemreaktionen sowie pseudolymphomartige Rötungen und Schwellungen.

Unter dem Aspekt der Pollenallergie ist ein Großteil allergischer Krankheitsbilder auf den Reaktionstyp I zurückzuführen. Die Soforttypreaktion steht daher heute als klassische Umwelterkrankung im Mittelpunkt der umweltmedizinischen Forschung (GIEßEN 2006).

Darüber hinaus besteht eine weitere Möglichkeit der Sensibilisierung durch Pflanzen, die sog. „**Airborne contact dermatitis**“, die mit „aeroallergener Kontaktdermatitis“ (HAUSEN 1994: 74) übersetzt werden kann. Sie ist eine Kombination aus allergischer und phototoxischer Reaktion an unbedeckter Haut und führt an der selbigen zu ekzemartigen Veränderungen. Zu den auslösenden Allergenen zählen in erster Linie Pollen und Früchte der Korbblütler (*Compositae*), die bei direktem Hautkontakt unter Einwirkung von Licht ihre Inhaltsstoffe freisetzen. Betroffen sind vor allem Personen, die sich viel im Freien aufhalten wie Landwirte, Straßenbauarbeiter und Gärtner (HAUSEN 1994). Bei uns gibt es allerdings keine Vertreter der *Compositae* unter den Gehölzen.

3.2 Pollenallergien

Die bedeutendste Allergieform ist die Pollenallergie. Sie äußert sich als Pollinosis, dem sog. Heuschnupfen. Synonyme für diese allergische Erkrankung sind allergische Rhinokonjunktivitis und allergische Rhinitis. Nach KERSTEN (2007) ist nahezu die Hälfte aller Sensibilisierungen auf Pollenallergene zurückzuführen.

Neben den Pollen von Gehölzen, Gräsern und Wildkräutern weisen auch Pilzsporen allergene Substanzen auf. Nach KÜNKELE (1994) werden dabei in Abhängigkeit von der Hauptblütezeit drei „Pollinosis-Jahreszeiten“ unterschieden, an die sich die „Sporenzeit“ anschließt.

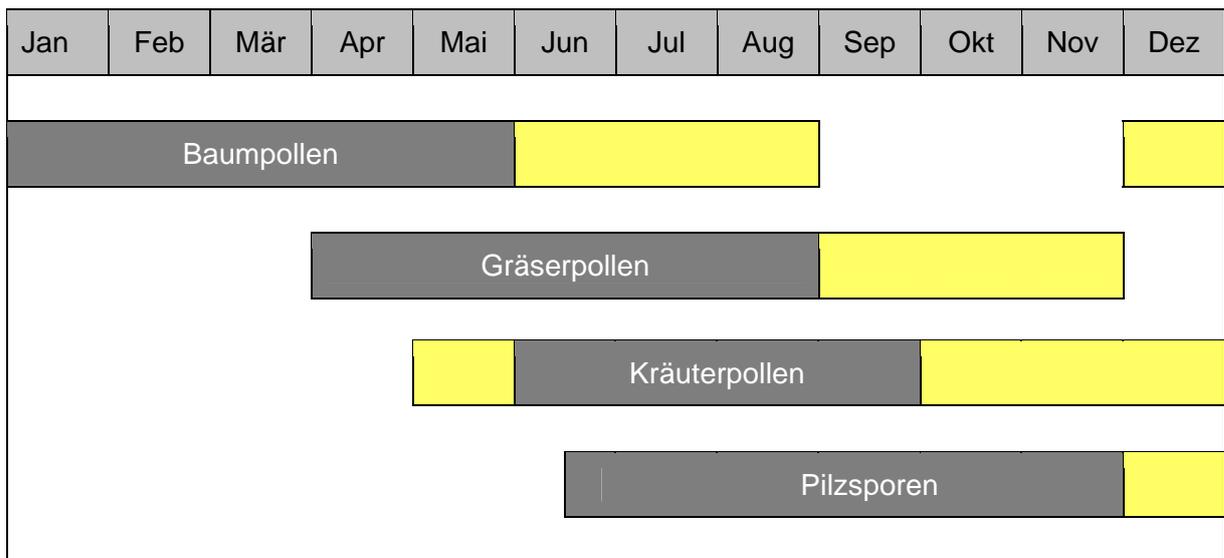


Abb. 1: Die drei „Pollen-Jahreszeiten“ und die Sporenzeit (nach KÜNKELE 1994: grau) werden durch die Klimaerwärmung erweitert (ergänzt nach BERGMANN 2008b und STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST 2008: gelb)

Die Jahreszeit der „Baumpollen“ steht am Anfang des Jahres und „dauert von (Januar), Februar bis Mai, (Juni). Sie beginnt mit der Blüte der Ulme und Hasel, [...]. Ab Ende Januar/Anfang Februar blüht die Erle. [...] Ende März/Anfang April beginnt die Birken- und Eschenblüte. Außerdem blühen Weiden, Pappeln und Eiben. Im Mai kommen zu den Birken und Eschen, Buchen, Walnuß [sic] und in Städten die Platanen und Rosskastanien dazu. Im Mai(Juni blühen Holunder, Linden und die Nadelbäume wie Fichte und Kiefer“ (KÜNKELE, 1994:101 f.). Die sich anschließende „Graspollen-Jahreszeit“ beginnt Ende April/Anfang Mai mit der Blüte von Gräsern und Wiesenkräutern und erhöht damit die Belastung für den Allergiker: „Im Mai können in Tallagen über 30 verschiedene Pollenarten beobachtet werden“ (KÜNKELE, 1994:102). Im Juni blühen vor allem Getreide, insbesondere der als hochallergen eingestufte Roggen, gefolgt von der zweiten und dritten Gräserblüte im Juli und August. Ab Ende Juni/Anfang Juli beginnt die „Jahreszeit der Wildkräuter bzw. des Träubelkrautes“ mit der Blüte von Gänsefußgewächsen (*Chenopodiaceae*) und Brennessel (*Urtica*) und dauert mit dem Beifußblättriges Traubenkraut (Träubelkraut) (*Ambrosia artemisiifolia*) bis in den Spätsommer an. Nahezu parallel verläuft die „Sporen-Zeit“ verschiedener Pilze, die erst mit dem ersten Frost endet (KÜNKELE 1994).

Während KÜNKELE (1994) noch davon ausgegangen ist, dass Gehölze, Gräser und Kräuter sowie Pilze aufeinander folgende Belastungs-„Jahreszeiten“ bilden, hat sich die Pollen- und Sporenbelastung mittlerweile zu einem Kontinuum entwickelt (vgl. BERGMANN 2008b). Zwar ist die zeitliche Abfolge noch ähnlich, jedoch ist mit Pollen und Sporen nun ganzjährig zu rechnen (s. Abb. 1, S. 11).

Wie Allergien im Allgemeinen (vgl. Kap. 3.1, S. 6) hat auch die Pollinosis dramatisch an Häufigkeit zugenommen. In der Schweiz konnte eine Zunahme von 0,82 % der Bevölkerung

aus dem Jahre 1926 auf 11,1 % im Jahre 1991 verzeichnet werden (DEUTSCHER BUNDESTAG 1999). In Europa leiden heute ca. 15 % der Bevölkerung an dieser Form der Allergie. In Deutschland leben ca. 20 Mio. Pollenallergiker (KERSTEN 2007).

Ein Grund für die steigenden statistischen Werte über die Zunahme von Heuschnupfensymptomen ist in einer verbesserten Diagnostik zu sehen. Dennoch wird bis heute davon ausgegangen, dass immer noch drei von vier Betroffenen keinen Arzt aufsuchen: Etwa die Hälfte der Allergiker weiß nicht, dass die Krankheitssymptome unter denen sie leiden, von einer Allergie ausgelöst werden, sondern denken bei auftretenden Symptomen eher an einem vorübergehenden, grippalen Infekt. Die andere Hälfte der Betroffenen ist zwar informiert, allerdings sucht nur jeder Zweite einen Arzt auf und nur 10 % werden qualifiziert versorgt (RING et al. 2004).

Die Pollinosis kann erblich bedingt sein und ist dann eine der häufigsten atopischen Erkrankungen. Sie wird durch inhalative Allergene hervorgerufen, welche als Proteine oder Glykoproteine (FORSTER et al. 2002) Bestandteil der männlichen Gametophyten (Pollen) von Gehölzen, Gräsern, Kräutern und Getreide sind. Der allergische Schnupfen tritt in der Regel als saisonale Beeinträchtigung auf und äußert sich durch Symptome wie Niesreiz, Nasenlaufen, Augenjucken und -rötungen (RING et al. 2004).

Häufig wird die Pollenallergie als zu verharmlosender „Heuschnupfen“ angesehen. Dabei kommt es bei Patienten mit unbehandeltem, allergischem Schnupfen um das 30. Lebensjahr oft zu einer Verlagerung auf das Bronchialsystem, ein so genannter „Etagenwechsel“ tritt ein (BERGMANN 2001, SCHÄFER 2002). Schwerwiegende Folgeerkrankungen können dann Pollenasthma (BERGMANN 2001) und chronische Nasennebenhöhlenentzündungen sein. Weiterhin werden die Lebensqualität und das Leistungsvermögens extrem beeinträchtigt. Statistiken zufolge leiden bereits 40 % der Heuschnupfenpatienten an einer bronchialen Hyperreaktivität als Vorstufe des Asthmas (RING et al. 2004).

Betroffene können neben dem „Etagenwechsel“ zunehmend auch Mehrfachsensibilisierungen aufweisen. Im Laufe der Zeit leiden sie nicht mehr nur an saisonal pollenbedingten Symptomen, sondern weisen Beschwerden aufgrund weiterer Allergene auf. So leiden Pollenallergiker häufiger an „Kreuzallergien“, vor allem an pollenassoziierten Nahrungsmittelallergien, die auch als Orales Pollensyndrom beschrieben werden und mittlerweile bei jedem zweiten Pollinotiker auftritt (BERGMANN 2001). Die Betroffenen reagieren dabei auf Nahrungsmittel, die ähnliche oder identische Proteinstrukturen wie die Pollenallergene aufweisen. Birkenpollenallergikern weisen beispielsweise Sensibilisierungen gegenüber Äpfeln auf (BERGMANN 2001), während Gräserpollenallergiker häufig auf Erdnüsse und Hülsenfrüchte ansprechen (HOHENBERGER 2003). Dabei werden allergische Reaktionen von Allergenen (Antigenen) ausgelöst, die nicht primär zu einer Sensibilisierung geführt haben. Das Vorkommen von „kreuzreaktiven“ Allergenen wird als „Antigengemeinschaft“ bezeichnet (HAUSEN & VIELUF 1997) und „nimmt zumeist mit dem botanischen Verwandtschaftsgrad der Pflanzenarten zu (HAUSEN & VIELUF 1997: 336). Weitere Hinweise zu bekannten Antigenge-

meinschaften von Gehölzpollen finden sich in der Übersicht über allergene Gehölze nach HAUSEN & VIELUF (1997), OGREN (2000) und WINKLER et al. (2001) (vgl. Anhang 7).

Generell gilt jedoch, dass es ohne eine Allergenexposition keine Allergie gibt, denn nur wenn ein entsprechendes Allergen vorhanden ist, kann es zu einer spezifischen Sensibilisierung und zum Auftreten der entsprechenden Symptome kommen. So wurde z. B. beobachtet, dass das Auftreten von Heuschnupfensymptomen in der Bevölkerung mit der Höhe der Pollenbelastung schwankt (RING et al. 2004). Nach Angaben der WHO (2003) werden pollenallergologische Erkrankungen in Europa in den nächsten 10 Jahren weiter zunehmen. Bereits in den letzten 30 Jahren hat sich die Pollenflugzeit in Europa um 10 - 11 Tage verlängert und damit die Pollenkonzentration in der Luft erhöht. Unter der Annahme, dass sich diese Tendenz fortsetzt, ist der Allergiker künftig nicht nur einer längeren Pollenflugzeit und sondern auch einer höheren Allergenkonzentration ausgesetzt.

Weiterhin wird jedoch auch vermutet, dass die Häufung der allergischen Erkrankungen zusätzlich durch eine erhöhte Allergenität der Pollen (Allergenpotenz) verursacht werden, die auf erhöhte Schadstoffbelastungen der Luft und/oder morphologische Veränderungen der Proteinstrukturen der Pollen zurückzuführen sind.

Eine Untersuchung des Zentrums für Allergie und Umwelt an der TU München (ZAUM) belegt (BEHRENDT 2005), dass Pollen von Birken, die an viel befahrenen Straßen stehen, über eine drei mal so hohe Allergenpotenz verfügen wie Birkenpollen von Bäumen, die weniger Abgasen ausgesetzt sind. Feinstaub spielt dabei eine besonders große Rolle, dessen größter Anteil Dieselrußpartikel ausmachen (GIEßEN 2006, LEMMEN et al. 2004).

3.3 Gehölzpollenallergien

Nach den Gräsern als weltweit häufigste Ursache einer Pollinosis sind die Pollenallergene der Laubgehölze als Auslöser von großer Bedeutung (GREVES & RÖCKEN 2001). Vor allem bestimmte früh- und windblütige Gehölze produzieren große Mengen allergener Pollen.

Bei genauerer Betrachtung sind Pollen Träger von allergieauslösenden Substanzen. Es handelt sich dabei meistens um Eiweißverbindungen (Proteine), die Bestandteile der äußeren Schutzschicht (Exine) der Pollen sind, die dem Schutz des männlichen Erbgutes dient (Winkler 2001). Zur Vereinfachung wird nachfolgend der Begriff „allergene Pollen“ synonym für „Pollenallergene“ verwendet.

Die höchste Sensibilisierungsrate mit besonders aggressiven Pollenallergenen weisen in Deutschland Birken (*Betula spec.*) auf. So können bei der Birke bereits 50 Pollen pro Kubikmeter Luft eine starke Pollenbelastung bei einem Allergiker hervorrufen (vgl. Tab. 1, S. 15). Haseln (*Corylus spec.*) sind die zweithäufigsten Verursacher von Gehölzpollenallergien,

gefolgt von Erlen (*Alnus spec.*). Die ebenfalls windbestäubten Gattungen Eiche (*Quercus*), Esche (*Fraxinus*), Pappel (*Populus*) und Ulme (*Ulmus*) haben dagegen nur eine mäßige Bedeutung als Allergieauslöser. Noch seltener weisen insektenbestäubte Gattungen, wie Linde (*Tilia*), Weide (*Salix*) oder Rosskastanie (*Aesculus*) Sensibilisierungspotenzen auf (GREVES & RÖCKEN 2001). Nach STANLEY & LINSKENS (1985) zählen weiterhin Hainbuche (*Carpinus*), Buche (*Fagus*) und Platane (*Platanus*) zu den Gattungen, die seltener eine Pollinosis auslösen, jedoch allergene Pollen bilden können. Ein Bericht der WHO (2003) führt noch Zypressengewächse (*Cupressaceae*) und Eibengewächse (*Taxaceae*) sowie in mediterranen Gebieten Ölbäume (*Olea europaea*) als Gehölze mit allergenen Pollen an. (Hecht 1994) führt an, dass z. B. Kiefernpollen, wenn auch in seltenen Fällen zu ausgeprägtem Sensibilisierungen führen. In Japan weisen nach SCHWEISFURTH (2008a, mündlich) mittlerweile Pollen von Zedern (*Cedrus spec.*) insbesondere in den Städten ein hohes Sensibilisierungspotenzial auf, das mit der hohen Schadstoff- und Ozonbelastung in Verbindung gebracht wird.

Möglicherweise werden in Zukunft noch mehr Nadelgehölze Allergien auslösen. In den Wochenprotokollen für Pollenimmissionsmessungen sind bereits Zypressengewächse (*Cupressaceae*), Lärche (*Larix*) und Kiefer (*Pinus*) mit aufgenommen worden (WINKLER et al. 2001), während Tanne (*Abies*), Fichte (*Picea*) und Eibe (*Taxus*) noch fehlen.

Eine Übersicht über die häufigsten pollenallergologisch bedeutsamen Gehölze findet sich im Anhang 4.

Ein gravierendes Problem bei der Bewertung der Allergenität von Gehölzpollen ist vor allem in der Höhe der Pollenkonzentration zu sehen, also in der Anzahl an Pollen pro Kubikmeter Luft innerhalb von 24 Stunden, die tatsächlich allergische Beschwerden auslöst. Bislang liegen kaum wissenschaftliche Untersuchungen dazu vor. FUCKERIEDER (1976: 71) hat versucht, ein „zeitliches Zusammentreffen zwischen hohem Pollengehalt der Luft und häufigem Auftreten von allergischen Beschwerden“ nachzuweisen. Dazu wurde an 800 Pollinotiker Fragebögen verteilt und mit den von 15. Mai bis 15. August gemessenen Tageswerten der Pollenkonzentration verglichen. Letztendlich konnte aufgrund von 96 verwertbaren Fragebögen nicht geklärt werden, „wo die Grenzkonzentration von Pollen anzugeben ist, die Allergien hervorruft und unter diesem Gesichtspunkt als hoch zu bezeichnen ist, und welche Konzentrationen allergisch unwirksam sind“ FUCKERIEDER (1976: 75) Er vermutet weiter, dass diese Frage „wohl für jeden Zeitpunkt der Pollensaison und eventuell auch für jeden Patienten anders beantwortet werden“ FUCKERIEDER (1976: 75) muss.

In der Vergangenheit wurden daher, um eine Verwertbarkeit der gemessenen Pollenkonzentrationen für die Betroffenen und Fachärzte zu ermöglichen, verschiedene Klassifizierungstabellen entwickelt (HECHT 1994). Ihnen liegt eine Wertung der Messergebnisse zugrunde, die in die Pollenflugvorhersage mit einfließt. „Diese Bewertung orientiert sich an der Sensibilisierungspotenz der einzelnen Pollenarten bzw. -gruppen, die z. B. durch Prick-Test, RAST [Radio Allergosorbent test] [...] an größeren Patientenzahlen festgestellt werden kann“

(JÄGER et al. 1987 [1990] in HECHT 1994: 25). Ein Vergleich der in Klimakammern ermittelbaren Schwellenkonzentration (Schwellenwert) als Dosis-Wirkungs-Beziehung „mit den durch Pollenfallen gemessenen Werten ist jedoch schwierig, da letztere 24-h-Mittelwerte darstellen“ (HECHT 1994: 25). Mögliche arttypische und witterungsbedingte Konzentrationsspitzen des Pollengehaltes in der Luft innerhalb eines Tages werden dabei nicht erfasst und „erschweren die Erstellung von Richtwerten für Belastungsvorhersagen“ (HECHT 1994: 27). Es werden daher nach HECHT (1994) in erster Linie empirisch gewonnene Erkenntnisse verwendet.

Ein bei der Pollenflugvorhersage verwendetes Klassifizierungsmodell wird in Tabelle 1, S. 15, verdeutlicht, das „seit 1990 im Freistaat Sachsen verwendet wird“ (HECHT 1994: 27). Dabei wird die Sensibilisierungspotenz wichtiger allergener Pollenarten bestimmten Belastungsklassen (keine, schwach, mäßig, stark) zugeordnet. Dabei sind die in den jeweiligen Klassen zugeordneten Werte keine absoluten Zahlen, sondern geben eine Bandbreite der Pollenkonzentration an. Über die Zuordnung der allergenen Pflanzen zu bestimmten Gruppen, sog. „Vorhersageklassen“ (WAHL & KERSTEN 1994) besteht nach HECHT (1994) weitgehend fachlicher Konsens, doch sollte in Zukunft verstärkter Wert auf die gesonderte Erfassung von Eichen- und Kiefernpollen gelegt werden, deren Allergenität neu zu bewerten oder selten, aber ausgeprägt ist.

Tabelle 1: Wertung der Immissionskonzentration von einzelnen Pollenarten oder -gruppen hinsichtlich ihres Belastungspotenzials (nach HECHT 1994, verändert)

| Klasse | 0 | I | II | III |
|--|---|----------------|--------------|--------------|
| Belastung | keine | schwach | mäßig | stark |
| Pollenarten bzw. -gruppen („Vorhersageklassen“) | Pollenanzahl pro m ³ Luft im 24-h-Mittelwert | | | |
| Birke (gesondert erfasst) | 0 | 1 – 10 | 11 – 50 | > 50 |
| andere allergene Gehölzpollen (Eiche, Erle, Hainbuche, Hasel, Rot-Buche) | 0 | 1 – 10 | 11 – 100 | > 100 |
| Gräser (Süßgräser einschließlich der Getreidearten) | 0 | 1 – 5 | 6 – 30 | > 30 |
| Beifuß (gesondert erfasst) | 0 | 1 – 2 | 3 – 6 | > 6 |
| andere allergene Kräuterpollen (Ampfer, Gänsefuß, Korbblütler, Wegerich) | 0 | 1 – 10 | 11 – 30 | > 6 |

Anmerkung: Keine Belastung liegt vor, wenn kein Pollenflug stattfindet.

Relativiert wird die Einteilung der Pollenallergene in Belastungsklassen durch die Beobachtungen, dass „selbst niedrige Pollenkonzentrationen zu Beginn einer Blühphase im Verhältnis zu gleichen Konzentrationen gegen Ende der Blütezeit“ stärkere Wirkungen auf Pollenal-

lergiker besitzen (Hecht 1994: 29). Ein ähnliches Phänomen stellte auch FÜCKERIEDER (1976) fest: „Am Ende der Graspollensaison [...] waren die Beschwerden wesentlich seltener als zu Beginn der Saison, obwohl die Graspollengehalte vom Juli höher waren als die von der zweiten Mai-Hälfte FÜCKERIEDER (1976: 75). Ob hier Einflüsse von eingenommenen Medikamenten eine Rolle spielen oder andere Faktoren sich auswirken, ist bislang ungeklärt (FÜCKERIEDER 1976, SINCLAIR LAROSA 2008, mündlich).

Für die Allergenität, also die Sensibilisierungspotenz allergener Pollenarten, gilt: Die Allergenität ist umso höher, je geringer die Pollenkonzentration in der Luft sein kann, um eine Allergie auszulösen. So wird Birkenpollen eine hohe Allergenität zugewiesen, Weidenpollen dagegen eine niedrige. Die Allergenität eines Gehölzes wird allerdings durch zahlreiches Vorkommen der Gattung und die damit verbundene erhöhten Pollengehalt in der Luft relativiert. Aus diesem Grund kann es sowohl lokal als auch regional und überregional zu großen Unterschieden in der Sensibilisierungsrate einer allergologisch bedeutsamen Gehölzgattung kommen. So sind beispielsweise im Weser-Ems-Gebiet neben Birken- und Haselpollen ebenfalls Eichenpollen von höherer allergener Bedeutung als in anderen Regionen Deutschlands, wo die Gattung weniger häufig in der Landschaft vorkommt (vgl. WACHTER 2008a, Abb. 2, S. 16).

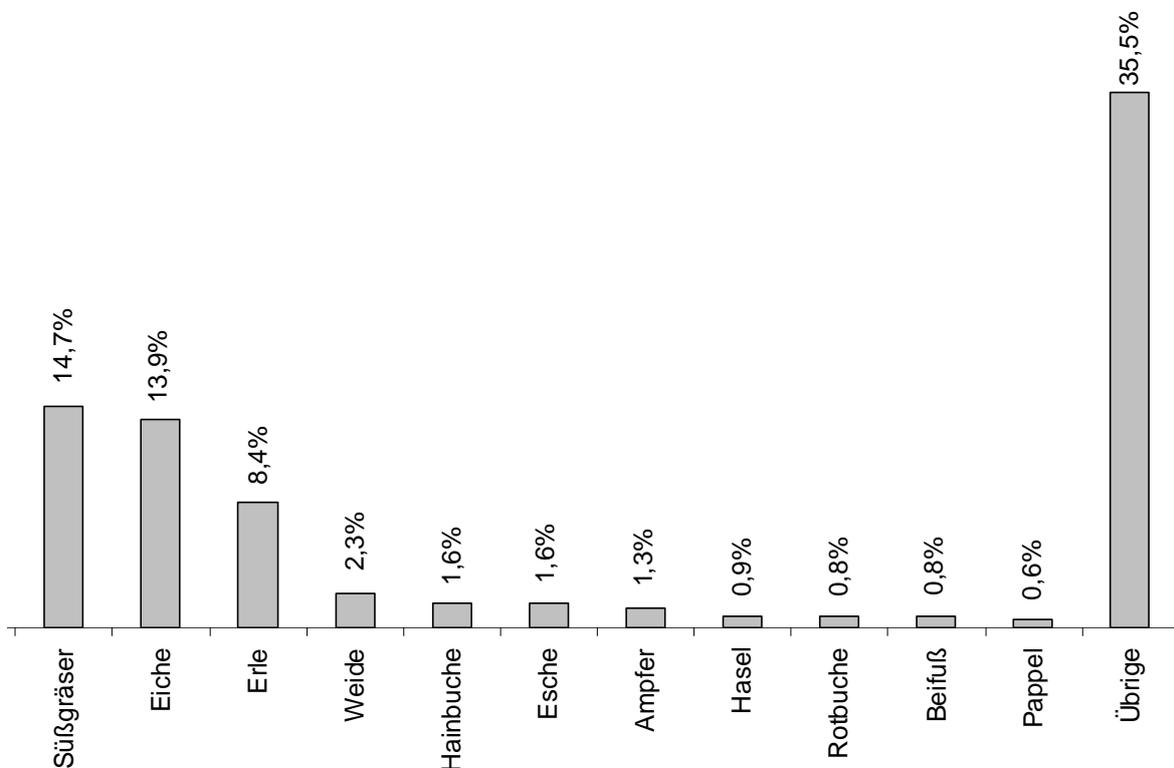


Abbildung 2: Pollenflug über dem Raum Weser-Ems 1994 – 2007; Anteile allergener Pollen am Gesamtpollenflug (WACHTER 2008a).

Anderweitige Sensibilisierungsraten und –potenzen finden sich in Ländern mit anderen Pflanzenvorkommen und Artenszusammensetzungen als in Deutschland. So sind in den mediterranen Ländern besonders viele Menschen gegen den Ölbaum (*Olea europaea*) sensibilisiert. In Deutschland sind trotz zunehmender Verwendung als Kübelpflanze in Gärten und Parkanlagen bislang keine Fälle von Pollinosis im Zusammenhang mit Ölbaumpollen bekannt (STANLEY & LINSKENS 1985). Offenbar ist der Pollengehalt von Ölbaumpollen in der Luft für eine Sensibilisierung noch zu gering (STANLEY & LINSKENS 1985). Dennoch besteht nach SCHWEISFURTH (2008a, mündlich) die Möglichkeit, dass ein in Deutschland lebender Pollenallergiker, der sich längere Zeit im mediterranen Raum aufhält, eine Pollinosis gegen Ölbaumpollen entwickeln kann. Diese Verlagerung bzw. Erweiterung der Sensibilität auf neue Allergene anderer Baumarten gilt es bei der Möglichkeit an die Verwendung von zunächst allergologisch unbedenklich erscheinenden Ersatzbaumarten zu bedenken (vgl. Kap. 8, S. 55).

Nach OERTMANN & BERGMANN (1997) nimmt die allgemeine Sensibilisierung gegenüber Gehölzpollen stetig zu. Eine Ursache wird in der zunehmenden Allergenität der Pollenallergene vermutet, die sowohl endogen als auch exogen induziert sein kann. Als endogene Reaktion auf die Zunahme von Schadstoffbelastungen bilden Gehölze vermehrt Stressproteine. Durch die direkte Anlagerung von Feinstaub am Pollen dagegen kommt es zu exogenen Veränderungen der allergene Eiweißverbindungen, die zu einer strukturellen Veränderung der Pollenoberfläche führen (SCHWEISFURTH 2008, mündlich). Eine höhere Aggressivität der Pollenproteine ist in beiden Fällen vermutlich die Folge. Darüber hinaus können nach SINCLAIR LAROSA (2008, mündlich) mechanische Einflüsse durch wiederholte Sedimentation und Verwirbelung zu Deformationen an den Pollen führen. Auch hier besteht der Verdacht, dass sich dadurch die Aggressivität erhöht.

Untersuchungen in der Schweiz zeigen, dass die Pollinosis-Prävalenz räumlich nicht homogen verteilt ist, sondern besonders in den städtischen Gebieten mit höherer Umweltbelastung häufiger auftritt als in den ländlichen oder höher gelegenen, geringer belasteten Gebieten (FREI & WÜTHRICH 1997).

Überdüngung durch erhöhte CO₂-Konzentrationen und den Eintrag von Luftstickstoff führen darüber hinaus bei den Gehölzen zu einer gesteigerten Protein- bzw. Allergensynthese (BEHRENDT 2005), wodurch sich die Belastungssituation für Pollinotiker im urbanen Raum weiter verstärkt.

4 Blüten- und Pollenbiologie allergener Gehölze

Im Hinblick auf mögliche Minderungsstrategien durch eine modifizierte Gehölzverwendung ist eine differenzierte Betrachtung der artspezifischen Blüten- und Pollenbiologie von Gehölzen notwendig.

Im Laufe der Evolution haben Samenpflanzen unterschiedliche Strategien der Befruchtung entwickelt. Es wird grundsätzlich in Mitteleuropa zwischen insekten- und windbestäubten Arten unterschieden. Die windblütigen (anemophilen) Pflanzen zeichnen sich in der Regel dadurch aus, dass sie große Mengen an Pollen („Blütenstaub“), produzieren und sehr früh im Jahr blühen. Insektenbestäubte (entomophile) Arten haben dagegen Strategien entwickelt, durch besondere Merkmale der Blüte (Gestalt, Farbe, Duft) gezielt Insekten anzulocken und damit für ihre Vermehrung zu sorgen.

Gehölzpollenallergien werden meistens von den Pollen von früh blühenden, anemophilen Gehölzen ausgelöst.

Insgesamt sind 20 % der mitteleuropäischen Blütenpflanzen windbestäubt (FISCHER 2007). Unter ihnen finden sich sommergrüne wie auch immergrüne Laub- und Nadelgehölze. Dabei bilden die Nadelgehölze (Koniferen) die größte Gruppe. Anemophile Arten produzieren besonders hohe Pollenmengen, da anders als bei den Insektenbestäubten Pflanzen, keine gezielte Ausbringung der Pollen (männliche Gametophyten) zum weiblichen Blütenorgan (weibliche Gametophyten) stattfindet und durch dieses Zufallsprinzip im „Überschuss“ produziert werden muss (SITTE et al. 2002): So können ein Haselstrauch 70 Mio. Pollen (SEISSLER 2007) und ein einzelnes Birkenkätzchen ca. 6 Mio. Pollen (HECHT 1994) produzieren.

Die Massenproduktion von Pollen kann durch die Vergrößerung der Antheren und/oder die große Anzahl von männlichen Blüten bzw. Staubblättern zu Stande kommen. Das Ausschüteln der Pollen wird durch die Beweglichkeit der Filamente oder Blütenstandsachsen erleichtert. Häufig wird dabei der Pollen zuerst auf Blüten- oder Blütenstandsteile deponiert und dann durch den Wind „verblasen“. Um die Wahrscheinlichkeit der Bestäubung zu erhöhen, sind die weiblichen Griffel und Narben meist stark vergrößert. Die Bestäubung wird dabei durch eine frühe, in einem temperaten Klima vielfach vor der Blattentfaltung liegenden Blütezeit erleichtert (z. B. bei Eiche, Erle, Ulme, Pappel, Esche und Hasel) (SITTE et al. 2002). Durch die Freigabe des Pollens bzw. die Entwicklung und Befruchtung der Blüte vor dem Blattaustrieb kann eine optimale Verteilung der Pollen im Luftraum und das Heranwehen an die Narben gewährleistet werden. Weiterhin wird eine frühzeitige Auskämmung oder Sedimentation der Pollen im Laub bzw. Deposition verhindert.

Der Pollen der windbestäubten Arten zeichnet sich gegenüber den insektenbestäubten durch geringeres Gewicht und Größe aus. Windbestäubte Pollen sind in der Regel nur zwischen

15-40 µm groß, wogegen insektenbestäubte Pollen eine Größe von bis zu 250 µm erreichen können (WINKLER et al. 2001). Die geringe Größe der anemophilen Arten verleiht den Pollen eine hohe Schwebefähigkeit, die es ermöglicht, je nach Witterungslage, mehrere 100 Kilometer zurück zu legen (WEBERLING 1981, GINER et al. 2001). WINKLER et al. (2001) gibt an, dass „der größte Teil der entlassenen Pollenkörner bei den Windbestäubern [...] in einer Entfernung von ca. 1.000 m wieder sedimentiert“ (WINKLER et al. 2001: 17). Größere Pollen wie die der Nadelgehölze sind zusätzlich mit Luftsäckchen ausgestattet, „die zum Schweben befähigen“ (WINKLER et al. 2001: 17) und ähnlich weite Transportstrecken wie manche Laubgehölze (*Quercus*, *Betula* und *Salix*) zulassen (GINER et al. 2001).

Eine Übersicht über die Pollensummen und -reichweite verschiedener Pflanzenarten zeigt Tabelle 2, S. 25.

Die Fähigkeit und der Umfang der Pollenproduktion werden vor allem genetisch und physiologisch kontrolliert. Das bewirkt, dass die Individuen einer Art in einer Vegetationsperiode unterschiedlich viele Pollen produzieren können, der genaue Zeitpunkt der Freisetzung und die Gesamtmenge allerdings werden von meteorologischen Gegebenheiten stark beeinflusst. Jährliche Schwankungen der Pollenproduktion sind die Folge.

Die Freisetzung von Pollen erfolgt beispielsweise bei Gräsern und Gehölzen unterschiedlich. Grundsätzlich begünstigen hohe Sonneneinstrahlung (Wärme) und trockene Luft die Freisetzung. Ausschlaggebende Größe ist die Tagessumme der Temperatur (WAHL & PULS 1990). Trockenheit hemmt allerdings bei Gräsern die Pollenfreisetzung. (HECHT 1994). Gräser setzen ihre Pollen aktiv frei, in dem sie das Öffnen der Antheren (Staubbeutel) in Abhängigkeit von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit steuern können. Die Freisetzung ist an einem Wasser benötigten Wachstumsprozess gekoppelt. Nach Fuckerieder (1976) weisen Gräser ± artspezifische tageszeitliche Pollenfreisetzungen auf. Die Pollen von Gehölzen werden dagegen passiv verbreitet. Erst wenn diese ausreichend ausgetrocknet sind, werden sie vom Wind mitgenommen. Diese Zusammenhänge verdeutlichen, warum es bei Gehölzen zu „explosiven“ Pollenfreisetzungen (WAHL & PULS 1990: 336) kommen kann, während die Gräserblüte kontinuierlich verläuft und die Pollenkonzentration allmählich über mehrere Tage ansteigt.

Von einigen Baumarten wurde nachgewiesen, dass sie in regelmäßigen Jahresabständen unterschiedlich hohe Pollenmengen produzieren. Bei Esche (*Fraxinus*) und Ulme (*Ulmus*) werden etwa in jedem dritten Jahr größere Mengen als gewöhnlich produziert (STANLEY & LINSKENS 1985). Der 3- bis 4jährigen Turnus der Mastjahre der Rot-Buche (*Fagus sylvatica*) ist nachweislich mit einer höheren Pollenproduktion verbunden (STANLEY & LINSKENS 1985) und weist daher Ähnlichkeiten mit dem biannualen Rhythmus der Birke, der u. a. von WAHL & PULS (1990) und WACHTER (2008) festgestellt wurde: Auf ein Jahr mit hoher Jahressumme folgt ein Jahr mit einer deutlichen geringeren Werten (vgl. Abb. 3, S. 20).

Die im Vorjahr gebildete Pollenmenge stellt somit keine verlässliche Größe dar, die Rückschlüsse auf die zu erwartende Produktionsmenge des darauf folgenden Jahres zulassen

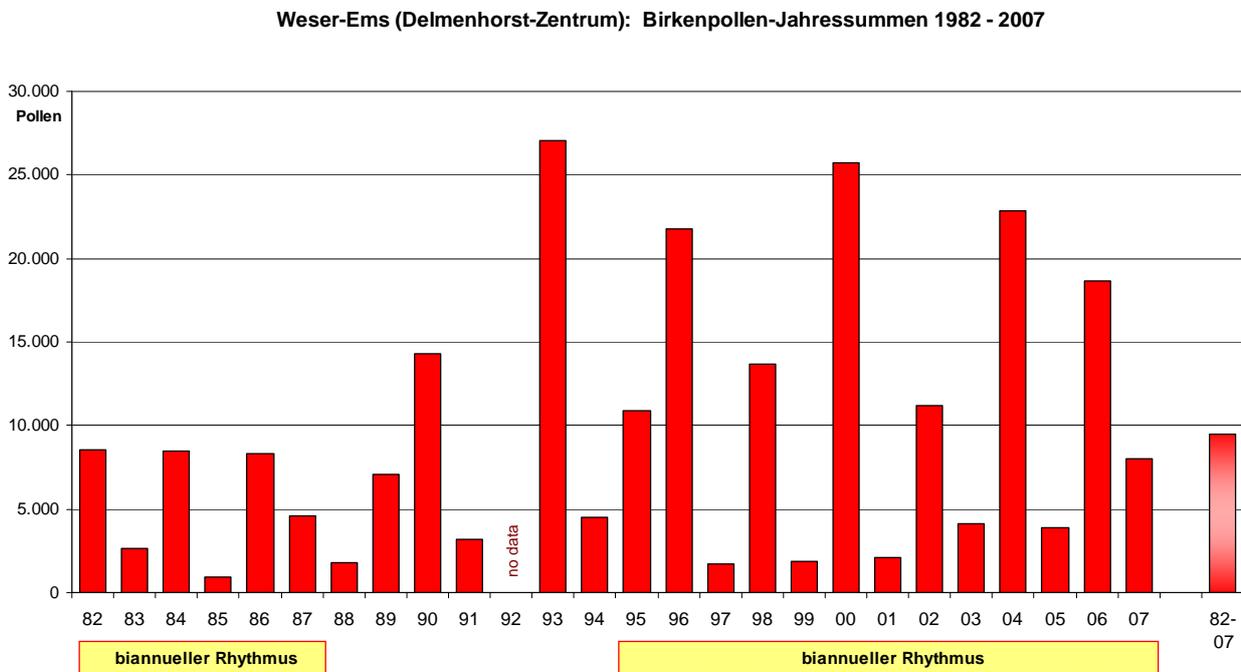


Abbildung 3: Biannueller Rhythmus der Birke hinsichtlich der gemessenen Jahressummen der Luft (1982-2007). (WACHTER 2008a)

würde. Die dadurch eingeschränkte Prognostizierbarkeit ist bei der Pollenflugvorhersage zu beachten (vgl. Kap. 5.2, S. 29).

Neben der jährlichen Pollenmenge variiert auch der Zeitpunkt der maximalen Freisetzung von Jahr zu Jahr (STANLEY & LINSKENS 1985). Die Verteilung der Pollen im Raum ist dabei sehr unterschiedlich. Sie wird u. a. von der Sedimentationsgeschwindigkeit des Pollens bestimmt, die je nach Gehölzgattung variiert. Die Sedimentationsgeschwindigkeit ist abhängig vom Gewicht bzw. dem Luftwiderstand, der in Beziehung zu Größe und Form des Pollens steht.

Bisher gibt es nur wenige Bestimmungen zur Sedimentationsgeschwindigkeit von Pollen einer Gattung unter standardisierten Umweltbedingungen. Allgemein gilt, dass Pollen mit Luftsäckchen langsamer sedimentieren als Pollen ohne einen derartigen Anhang. Zusätzlich kann auch die Luftfeuchtigkeit einen Einfluss auf die elektrische Ladung nehmen, welche wiederum Einfluss auf die Pollentrennung und deren Verklumpung hat und damit die Sinkgeschwindigkeit erhöht (STANLEY & LINSKENS 1985).

Bei den meisten bedecktsamigen Arten befinden sich die weiblichen und männlichen Gametophyten auf ein und derselben Pflanze. Solche Arten werden als einhäusig (monözisch) bezeichnet, dabei können die weiblichen und männlichen Geschlechter in verschiedenen Blüten (einhäusig getrenntgeschlechtig) oder in einer Blüte (einhäusig zwittrig oder hermaphrodit) angelegt sein (NABORS 2007). Letzteres ist bei Ahorn (*Acer*) und bei Eiche (*Quercus*) der Fall. Hasel (*Corylus*) dagegen gehört zu den einhäusig getrenntgeschlechtigen Gattungen. Eine Selbstbestäubung wird dabei durch unterschiedliche Entwicklungszeitpunkte der männlichen und weiblichen Blüten verhindert.

Bei zweihäusigen (diözischen), bedecktsamigen Arten befinden sich die männlichen und weiblichen Blüten auf verschiedenen Individuen. Da die weiblichen Gehölze keine Pollen produzieren, besitzen sie kein allergenes Potenzial (vgl. Kapitel 8, S. 55).

Obwohl Pollenallergien größtenteils von windbestäubten Pollen ausgelöst werden, können auch Gehölze, die insektenbestäubt werden, ebenfalls eine Allergie auslösen. Dieser Fall tritt ein, wenn viele Pollen produziert werden. Die Pollen von Ahorn (*Acer spec.*) können, wenn sie nicht von den Insekten mitgenommen werden, im Wind austrocknen und mit diesem zu einer weiblichen Blüte gelangen. Auch die weitgehend insektenbestäubten Weiden (*Salix*) und Linden (*Tilia*) oder die Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) können auf eine Windbestäubung zurückgreifen und unter bestimmten Umständen eine Pollenallergie auslösen. Ferner können Pollen von Forsythie (*Forsythia*), Flieder (*Syringa*) und Liguster (*Ligustrum*), die wie die Esche (*Fraxinus excelsior*) zu den Ölbaumgewächsen (*Oleaceae*) gehören, nach KÜNKELE (1994) bei Direktkontakt eine Allergie auslösen. Die Pollen der vorrangig insektenbestäubten Gehölze werden dabei in der Regel nie vom Wind so weit transportiert wie die Pollen der windbestäubten (HEß 1983).

5 Pollenflug und Prognosemethoden

Eine Auseinandersetzung mit dem Flug und dem Transport von Pollen (Kap. 5.1, S. 22) ist auf der Suche nach Minderungsstrategien für Pollinotiker unerlässlich, tragen diese beiden Faktoren doch wesentlich zur Belastungssituation bei. Der Messung des Tagesgangs der Pollen, der die tageszeitlich schwankende Pollenkonzentration in der Luft widerspiegelt, kommt angesichts präventiver Maßnahmen besondere Bedeutung zu. Anfang der 80er Jahre startet mit einem Pilotprojekt die Pollenflugvorhersage (Kap. 5.2, S. 29), die in Zusammenarbeit von Polleninformationsdienst (PID) und Deutschem Wetterdienst (DWD) aktuelle Prognosen zur Pollenbelastung liefert. Der jährliche Pollenflugkalender (Kap. 5.3, S. 31) wartet dagegen mit saisonalen Trends zum Verlauf des Pollenflugs auf. Durch neue Ansätze bei der Ausbreitungsmodellierung von Pollen (Kap. 5.4, S. 33) soll in Zukunft die Pollenflug

vorhersage optimiert werden.

5.1 Pollenflug der Gehölze

Der Transport anemophiler Pollen ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Das Wetter verändert die Pollenproduktion, die Emission und die Deposition entscheidend (WHO 2003) (vgl. auch Kap. 3, S. 6 und Kap. 4, S. 18). Horizontale und vertikale Luftströmungen sorgen für den Transport der Pollen in höhere Luftschichten. Mäßige Winde führen zu den höchsten Pollenimmissionen, während starke Winde zu einer größeren Verteilung und damit Ausdünnung der Pollenkonzentration führen (KERSTEN & WAHL 1994, STAIGER 2003b). Weiterhin wirkt sich die geographische Lage eines Ortes mit seinen lokalen Windverhältnissen und dem damit verbundenen Nah- und Ferntransport aus (GEHRIG 2008b).

So können leichte, windblütige Gehölzpollen unter dem Einfluss von atmosphärischen Konvektionsströmungen verhältnismäßig große Höhen über 1000 m erreichen und darum über weite Entfernungen verfrachtet werden (STANLEY & LINSKENS 1985). Die höchstmöglich transportierte Reichweite der jeweiligen Pollen hängt dabei entscheidend von ihren spezifischen Eigenschaften Masse, Größe und Oberflächenbeschaffenheit ab. Denn je größer ein Pollenkorn ist und je höher seine Dichte, desto schneller wird es zu Boden sinken (vgl. Kap. 4, S. 18) (HEß 1983). Die eigentliche Vitalität eines emittierten Pollens ist dabei in der Regel auf 1-2 Tage begrenzt, wodurch die Allergenität allerdings nicht beeinträchtigt wird (BEHRENDT 2005).

So können z.B. Birkenpollen nach Untersuchungen von SOFIEV ET AL. (2006) über mehrere Tage in der Luft verweilen und damit eine statistische Wahrscheinlichkeit für die Ausbreitung der Pollen von 1.000 km erreichen, jedoch ist nicht bekannt, ob die Verdünnung der Pollenkonzentration dann bereits so stark ist, dass keine allergischen Beschwerden mehr zu erwarten sind.

Inversionswetterlagen dagegen behindern den vertikalen Luftaustausch und führen dann zu höheren Pollenkonzentrationen in den unteren Luftschichten (WINKLER et al. 1989 in KERSTEN & WAHL 1994). Dasselbe Phänomen tritt ein, wenn durch starke Niederschlagsereignisse Pollen aus höheren Luftschichten herabgedrückt werden (PULS & WAHL 1991 in KERSTEN & WAHL 1994). Auch in den Nachtstunden kann es, wenn die Luft abkühlt, zu höheren Belastungen kommen.

Tagesgang des Pollenfluges

Neben dem Jahresgang des Pollengehaltes in der Luft (vgl. Kap. 4, S. 18) sind Kenntnisse über den Tagesgang für Pollinotiker von besonders großer Bedeutung.

Nach Untersuchungen von FÜCKERIEDER (1976) lässt sich ein wiederkehrendes Muster in der Pollenbelastung von Gräser- und Roggenpollen feststellen. Dies ist auf den Zeitpunkt der Pollenfreigabe im Tagesverlauf sowie auf die spezifischen Eigenschaften der Sink- bzw. Schwebfähigkeit der Pollen zurückzuführen.

Der Zeitpunkt der Pollenfreigabe wird dabei durch eine Korrelation zwischen Temperatur und Luftfeuchtigkeit bestimmt. Gräser öffnen ihre Antheren aktiv nur bei mäßig warmer und feuchter Luft und geben so die Pollen frei. Bei einer vergleichenden Messung der Pollenkonzentration von Gräserpollen in der Stadt und auf dem Land konnte festgestellt werden, dass es deutliche Unterschiede im Tagesgang der Pollenbelastung gab, die auf die kleinklimatischen Bedingungen in den Untersuchungsräumen zurück zu führen ist (FÜCKERIEDER 1976). So tritt in der Stadt die maximale Pollenbelastung gegen 21 Uhr auf, wenn die Temperatur ab- und die Luftfeuchtigkeit zunehmen und die Pollen aus den höheren Luftschichten zu Boden sinken (Inversion). Auf dem Land dagegen trifft das Maximum der Pollenkonzentration vormittags zwischen 8 Uhr und 11 Uhr zeitgleich mit Pollenfreigabe zusammen. Dabei nimmt die Temperatur zu und die Luftfeuchtigkeit ab (vgl. Abb. 4 und 5, S. 23 und S. 24).

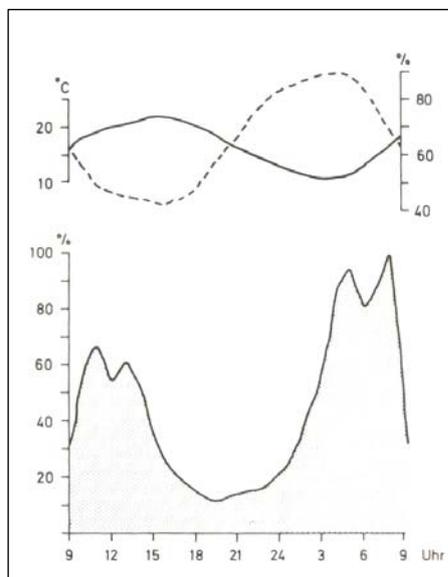


Abbildung 4: Gemittelte tageszeitliche Veränderung des Graspollengehaltes der Luft in einem Wiesengebiet bei Mannheim von 14 warmen, regenfreien Tagen zwischen dem 22. Mai und dem 9. Juni aus den Jahren 1967, 1969, 1973 und 1974 mit \pm konstanten Windverhältnissen. Oben: gemittelter Tagesgang der Temperatur (—) und Luftfeuchte (---); unten: Graspollengehalt in % des höchsten Stundenwertes (nach FÜCKERIEDER, 1976: 56).

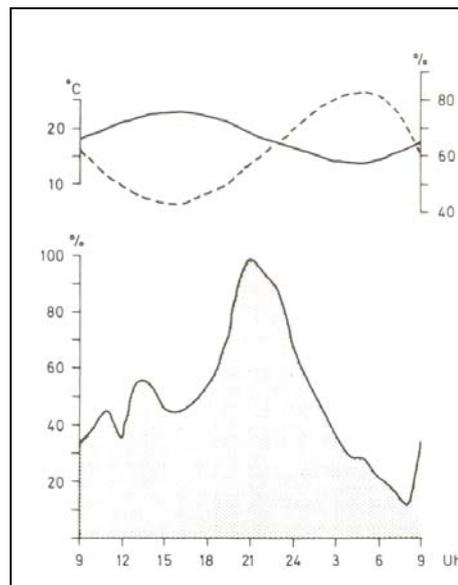


Abbildung 5: Gemittelte tageszeitliche Veränderung des Graspollengehaltes der Luft im Zentrum der Stadt Gelsenkirchen von 14 warmen, regenfreien Junitagen (3. - 29.) der Jahre 1967-1971 mit ± konstanten Windverhältnissen. Oben: gemittelter Tagesgang der Temperatur (—) und Luftfeuchte (---); unten: Graspollengehalt in % des höchsten Stundenwertes (nach FÜCKERIEDER, 1976: 56).

Für Gehölzpollen kann dieser Sachverhalt, der für Gräserpollen gilt, nicht übertragen werden, da die Pollenfreigabe bei Gehölzen kein aktiver, sondern ein passiver Vorgang ist (vgl. Kap. 4, S. 18). Hohe Temperaturen und geringe Luftfeuchtigkeit bestimmen den Austrocknungsvorgang und damit den Zeitpunkt der Freisetzung (FÜCKERIEDER 1976). Außerdem werden Gehölzpollen in Abhängigkeit von der Wuchshöhe in höheren Luftschichten als Gräserpollen freigesetzt und sind damit stärker dem Wind ausgesetzt. „Sie haben damit bessere Transportchancen [als Gräserpollen] unter sonst gleichen meteorologischen Bedingungen“ (FÜCKERIEDER, 1976:13). „Wieviel [sic] von den freigesetzten Pollenkörnern tatsächlich in die Atmosphäre aufgenommen werden, d.h. in höhere Luftschichten verfrachtet wird, hängt u. a davon ab, in welcher Höhe der Pollen dem Wind zum Abtransport angeboten wird. Denn mit der Höhe nimmt auch die Windgeschwindigkeit [und die Turbulenz, Anmerkung des Verfassers] zu, was die Verwehung des Pollens erleichtert“ (WACHTER, 1982: 8). Neben der Wirbelbewegung (Turbulenz) sorgen weitere vertikale Luftströmungen, die bei Sonneneinstrahlung auftretende Thermik, für einen Transport der Pollen in höhere Luftschichten (WACHTER 1982). „Starker Niederschlag kann durch Auswaschen der Atmosphäre den Pollenflug vorübergehend abschwächen oder zum Erliegen bringen“ (WACHTER, 1982: 9).

In vielen Informationsbroschüren über Pollenallergien wird der Tagesgang über die Pollenbelastung von FÜCKERIEDER (1976) übernommen, jedoch ohne den Hinweis, dass dieser nur für Gräserpollen gilt. Nach JÄGER (1990) variiert der typische Tagesgang des Gehölzpollen-

fluges je nach Art und Region. Jedoch gehen BARNES et al. (2001) davon aus, dass Gehölzpollen bei Sonnenaufgang von der Blüte freigesetzt und, nachdem sie von der Taunässe abgetrocknet sind, in der Luft verteilt werden. Die höchste Pollenkonzentration müsste demnach je nach Luftfeuchtigkeit in der Mittagsstunde und die geringste Belastung in den Abendstunden vorliegen. Jedoch können einmal deponierte Pollen auch wieder aufgewirbelt werden, wodurch selbst in der Nacht hohe Konzentrationen auftreten können.

Pollenallergiker könnten „den 'Tagesgang' ihrer Aktivitäten auf den Tagesgang der Konzentration ihres Pollentyps [abstimmen]“ (WACHTER 1982: 20), d. h. zu Spitzenzeiten des Pollenflugs den Aufenthalt im Freien meiden–und eine Belüftung der Räume, in denen er sich aufhält, unterbinden. Laut (WACHTER 1982) liegen mehrere Arbeiten zu Tagesgängen des Pollengehaltes der Luft an deutschen Messstellen vor: Über Gehölzpollen sind es Untersuchungen von STIX & GROSSE-BRAUCKMANN (1970) zu Erlen-, Birken- und Kiefernpollen und von STIX (1974) zu Fichtenpollen.

Transport von Pollen

Nicht nur der Zeitpunkt der Pollenfreigabe ist bei Gräser- und Gehölzpollen unterschiedlich, sondern auch die Verteilung bzw. der Konzentrationsgradient in der Umgebung. Während bei Gräsern die größte Pollenmasse im Umkreis von 3 m sedimentiert und nur weniger als 1% eine Entfernung von 1 km erreichen, können Gehölze ihre Pollen über Aufwinde, Wind und Warmluftströmungen über weite Distanzen transportieren (STANLEY & LINSKENS 1985, vgl. auch Tab. 2).

| Art/Artengruppe | Pollensummen [Stck.] | | | Reichweite [km] |
|-------------------------|----------------------|-----------|-------------|-----------------|
| | Staubbeutel | Blüte | Blütenstand | |
| <i>Abies sibirica</i> | | | | 1.300 |
| <i>Alnus glutinosa</i> | | 4.500.000 | | 585 |
| <i>Ambrosia</i> | | | | 560 |
| <i>Betula</i> | | | | 1.000 |
| <i>Corylus avellana</i> | | | | 585 |
| <i>Fagus</i> | | | | 400 |
| <i>Juglans regia</i> | 4.100 | 60.000 | 12.500.000 | 1 |
| <i>Juniperus</i> | | | | 480 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | | 160.000 | | 1.000 |
| <i>Quercus</i> | | | | 1.000 – 1.500 |
| <i>Salix</i> | | | | 1.000 |
| <i>Tilia</i> | | | | 585 |

Tabelle 2: Pollenproduktion und -reichweite verschiedener Gehölze (nach GINER et al. (2001), verändert)

Sehr weite Transportwege der Pollen wie z. B. von Birkenpollen aus Skandinavien nach Deutschland, werden jedoch nur durch extreme Wettererscheinungen hervorgerufen und sind eher als Ausnahme anzusehen (GEHRIG 2008a, mündlich). Bei Pollenmessungen in Finnland konnte jedoch festgestellt werden, dass sich Birkenpollen unter extremen Windbedingungen auf einer 20 km entfernten Insel in einer höheren Konzentration anreicherten als in der unmittelbaren Nähe des Bestandes (STANLEY & LINSKENS 1985).

Neben der Tageszeit, den Windverhältnissen und der Temperatur beeinflusst der Niederschlag die Pollenkonzentration und den Pollentransport in der Luft. So bewirken lang andauernde Niederschläge eine Auswaschung der Pollen aus der Luft. Eine stabile Luftschichtung verringert Schwankungen der Pollenkonzentration und unterbindet den Ferntransport. Durch eine Inversion der Luftschichten, z.B. durch Nebelbildung in den frühen Morgenstunden oder durch Abkühlung in den Abendstunden, kann es einer höheren, lokalen Pollenkonzentration in Bodennähe kommen (HAUSEN & VIELUF 1997).

Um Pollenquellgebiete besser eingrenzen zu können und die Reichweite der Pollen unter natürlichen Gegebenheiten zu untersuchen, führte JUD (2006) im Val de Nendaz, einem rund 16 km langen, alpinen Tal der Schweiz, Pollenmessungen in verschiedenen Höhen (482 m – 1730 m ü. NN) durch. Aufgrund der verzögerten Blühphasenentwicklung mit zunehmender Höhe konnte die Pollenemission zeitlich präzise erfasst werden. Dadurch ließen sich die Pollenquellgebiete besser eingrenzen und lokalisieren. Im Analyseverfahren konnte so der Transport von Birkenpollen nachvollzogen werden: Birkenpollen wurden mindestens über 8 km Luftdistanz transportiert und haben dabei über 950 Höhenmeter überwunden: An einem Tag wurde auf 1700 m eine starke Belastung an Birkenpollen gemessen, obwohl die Birken an diesem Datum unterhalb von rund 700 – 800 m blühten (GEHRIG 2008c). Dabei ist nicht nur im Quell-, sondern im gesamten Transportgebiet eine hohe Birkenpollenkonzentration von 70 Pollen pro Kubikmeter Luft als Tagesmittel gemessen. Es konnte weiterhin festgestellt werden, dass die Pollenkonzentration unter bestimmten meteorologischen Verhältnissen im Transportgebiet höher war als am eigentlichen Emissionsort (JUD 2006).

Nach Angaben von GEHRIG (2008c) wurde außerdem nachgewiesen, dass die maximal gemessene Pollenkonzentration je nach Ort unterschiedlich hoch sein kann. So ist in La Chaux-de-Fonds, einer Stadt im Schweizer Jura, die Pollenkonzentration pro Kubikmeter Luft im Mittel deutlich geringer als in den tief gelegenen Großstädten Basel oder Zürich (vgl. Abb. 6, S. 27).

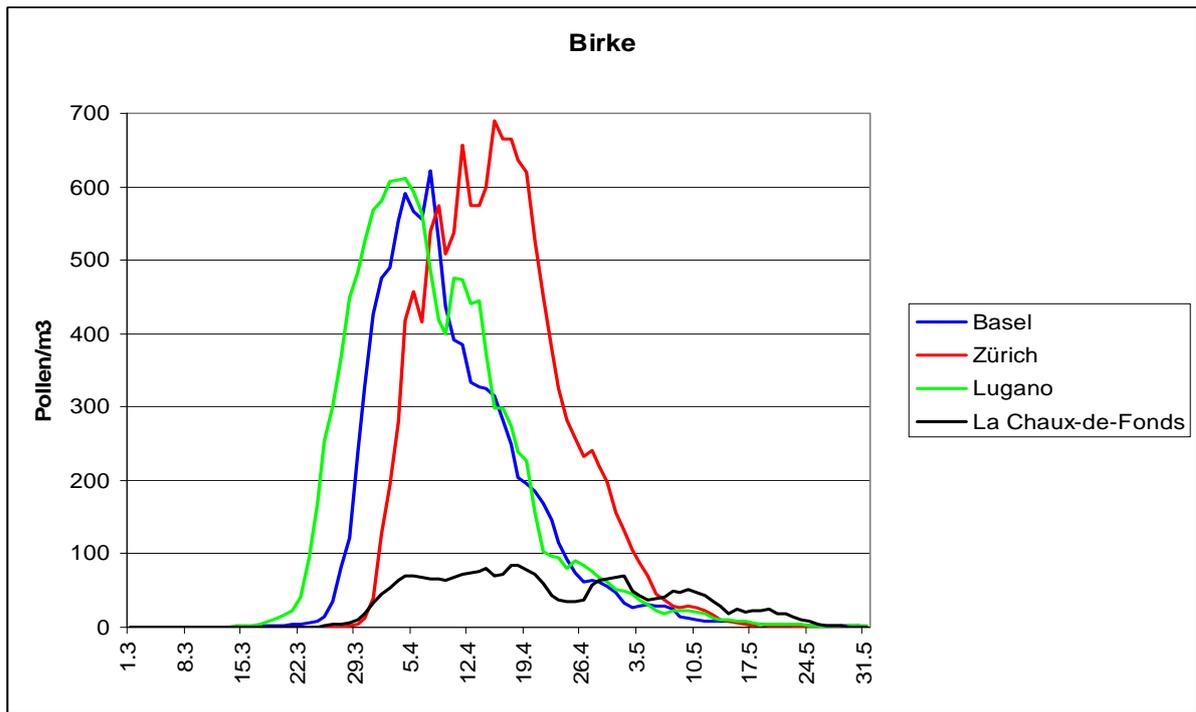


Abbildung 6: Birkenpollenbelastung in der Schweiz im Jahresverlauf (GEHRIG 2008 b)

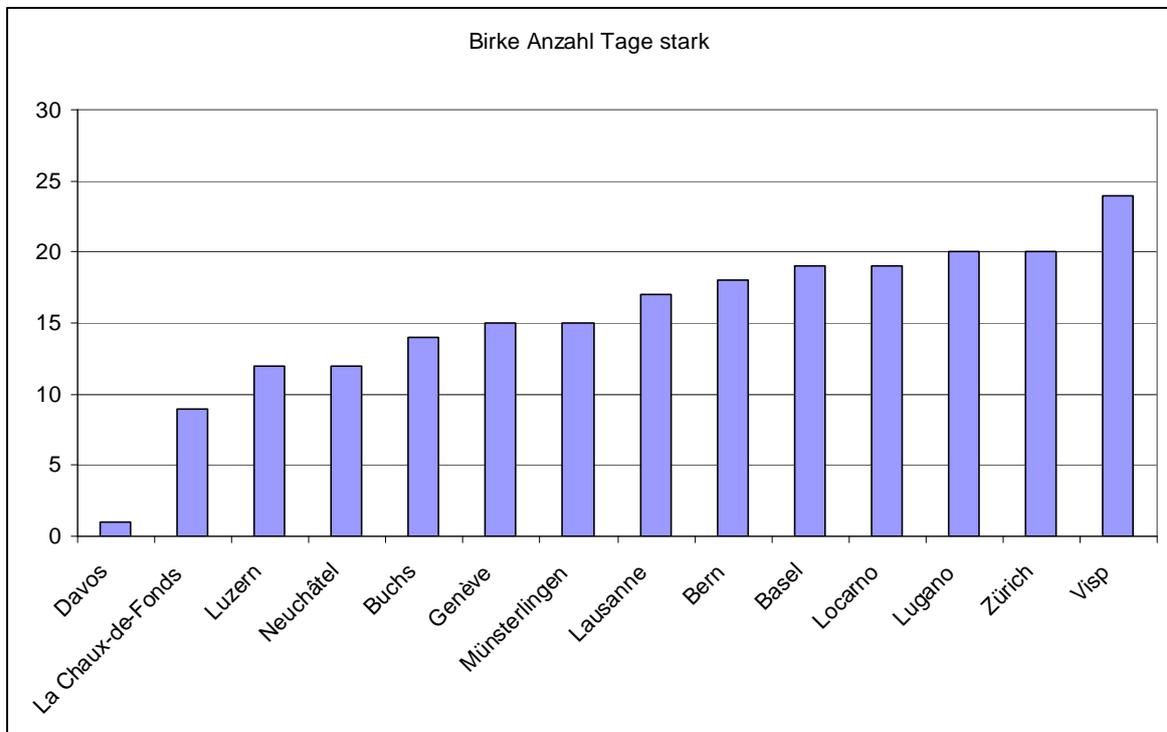


Abbildung 7: Birkenpollen in der Anzahl der Tage mit starker Belastung (GEHRIG 2008b)

Die Messstationen der Schweiz unterscheiden sich auch bezüglich der Anzahl der Tage mit starkem Birkenpollenflug deutlich: Während z. B. die Belastung in den Städten Luzern und Neuchâtel im Schnitt nur an 12 Tagen hoch ist, sind hohe Birkenpollenbelastungen in Lugano und Zürich an 20 Tagen zu verzeichnen (vgl. Abb. 7, S. 27) (GEHRIG 2008b). Dass in Zürich häufig starke Birkenpollenkonzentrationen gemessen werden, liegt nach GEHRIG (2008b) höchstwahrscheinlich in der zahlreichen Verwendung der Birke in den umliegenden privaten Gärten und Parks. Für diese Einschätzung würde auch die geringere Belastung in den hoch gelegenen Städten Davos und La Chaux-de-Fonds sprechen, wo die Birke in geringerer Häufigkeit vorkommt. In Zürich ist der Blütezeitraum der Birke zwar kürzer als in La Chaux-de-Fonds (vgl. Abb. 6, S. 27), die Pollenproduktion dafür aber intensiver. Dies könnte als mögliches Indiz für eine steigende Belastungsintensität mit zunehmender lokaler Verwendungshäufigkeit einer Art dienen.

Die häufige Verwendung der Birke ist jedoch nicht zwangsläufig mit einer hohen Belastungsrate in Verbindung zu bringen, vielmehr müssen die geographischen Muster der Orte differenziert betrachtet werden. So zeigen die Pollenmessungen im Tessin an Messstationen in Locarno und Lugano ebenfalls eine längere Birkenpollenbelastung, die jedoch nicht durch lokale Anpflanzungen, sondern durch kräftige Nordwinde verursacht wird. Diese wehen gegen Ende der Birkenblüte aus den höheren Lagen bis ins Südtessin, tragen von dort Pollen ein, und verlängern dadurch die Belastungszeit für die Allergiker (GEHRIG 2008b). In Visp treffen diese topographische Komponente und ein genügend großes lokales Pollenangebot zusammen. Dort im Wallis sind Birken weit verbreitet (GEHRIG 2008b). Aufgrund der umgebenden Berge blühen die Birken in höheren Lagen später auf. Durch den Ferntransport ist das im Tal gelegene Visp daher relativ lange den Pollenemissionen der Birken ausgesetzt.

Auch die Gehölzpollen von Hasel, Erle, Esche, Buche und Eiche zeigen ähnlich wie die Birke lokal unterschiedliche Belastungsintensitäten auf (GEHRIG 2008b).

Dass besonders bei allergenen Gehölzpollen unterschiedlich hohe Belastungen in den Städten gemessen werden, führt FÜCKERIEDER (1976) auf den Vorteil in der höheren Freisetzungshöhe der Gehölzpollen –im Vergleich mit den Gras- und Kräuterpollen- und den damit einhergehenden besseren Transportchancen zurück. Offensichtlich werden jedoch Gehölzpollen nicht einheitlich über weitere Strecken transportiert, denn Pollen von der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*) und der Platane (*Platanus x hispanica*), die ebenfalls eine allergene Bedeutung besitzen, konnten in FÜCKERIEDERS (1976) Untersuchungen nur dort gemessen werden, wo die Bäume in der Nähe der Messstationen auch vorkamen.

Vorraussetzungen für eine deutliche allergene Wirkung (vgl. Kap. 3.3, S. 13) in den Zielgebieten sind daher neben geomorphologischen und meteorologischen Gegebenheiten immer auch hohe Pollenfreisetzungen vor Ort und die leichte Transportfähigkeit der Pollen.

5.2 Pollenflugvorhersage

Die Pollenflugvorhersage dient dazu, Pollenallergiker rechtzeitig vor einer allergischen Belastung zu warnen. In ihr werden die Wettervorhersage und phänologische Beobachtungen von Pflanzen zusammengeführt, um dadurch Aussagen zur Änderung der Pollenfreisetzung und –verbreitung zu erlangen. Sie beruht auf der Messung aktueller Werte: Die in der Luft befindliche Pollenemission wird mit Hilfe der volumetrischen Burkard-Pollenfalle erfasst, die sich als Standardpollenfalle in ganz Europa etabliert hat (Näheres zur Burkard-Pollenfalle siehe u. a. WACHTER 1982). Mit ihrer Hilfe werden die aktuellen Werte der Pollenkonzentration von Birke und anderen allergenen Gehölzpollen sowie von Gräsern, Beifuß und anderen allergenen Kräuterpollen je m³ Luft ermittelt. Die mittels Burkard-Fallen gemessenen Pollenzahlen repräsentieren das in 8 – 12 m Höhe vorhandene Pollen-Aerosol (BEHREND 2005). Hierbei werden die 24-Stunden-Mittelwerte der Pollenanzahl pro Luftvolumeneinheit [m³] erfasst (HECHT 1994), der eine lichtmikroskopische Bestimmung der Pollen voraussetzt. Insbesondere bei den Gehölzpollen ist die Zuordnung zu einer Pflanzengattung möglich, während die Zuordnung zu einer Art die Ausnahme bildet (HECHT 1994).

Bei der Messung der Pollenkonzentration ist zu beachten, dass der Blütenansatz und die damit produzierte Pollenmenge durch die vorausgegangene Vegetationsperiode bestimmt werden (HECHT 1994). Die für den Pollinotiker „bedeutsame Freisetzung der Pollen ist jedoch ausschließlich von den aktuellen Wetterfaktoren abhängig“ (HECHT, 1994: 30).

Die ermittelten Pollenzahlen werden dreimal die Woche vom Polleninformationsdienst (PID) an den Deutschen Wetterdienst (DWD) weitergeleitet (SCHEID & BERGMANN 2004). Der DWD gibt qualifizierte Pollenflughinweise, die in Belastungsklassen unterteilt sind (vgl. Kap. 3.3, Tabelle 1, S. 15). Die Einteilung der Messdaten in Belastungsklassen beruht weitgehend auf Erfahrungswerten aus der allergologischen Praxis, die bisher jedoch nicht durch systematische wissenschaftliche Untersuchungen belegt sind (BERGMANN 2008a, mündlich).

Je nach der Stärke der zu erwartenden Belastung (schwach – mäßig – stark) können Allergiker sich durch prophylaktische Verhaltensmaßnahmen (Medikamente, Aufenthalt im Freien etc.) auf das Ereignis einstellen. Allerdings können Pollenflug- bzw. Belastungsvorhersagen werden nur in der Zusammenschau von aktuellen Pollenkonzentrationen und der Prognose zukünftiger klimatischer Freisetzungsbedingungen können erstellt werden. Lediglich eine regionale Prognose des Pollenflugs für die nächsten ein bis zwei Tage wird als vorbeugende Hilfestellung für die Pollenallergiker angesehen (PULS in WINKLER et al. 2001).

Mittlerweile wird an 10 Referenzmessstellen die Pollenkonzentration in der Luft über das ganze Jahr in einer Höhe von 15 – 20 m gemessen. Weitere 32 saisonale Pollenmessstellen erfassen den Pollengehalt der Luft zu den saisonalen Flugzeiten der allergenen Pollen in Deutschland (vgl. Abb. 8, S. 30). Alle gewonnenen Messdaten gehen zudem in die Daten-

banken der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) und des European Aeroallergen Network (ean, s. Anhang A 5) zu Forschungszwecken ein (WILHELM & JÄGER 2001).



Abbildung 8: Pollenmessstationen Deutschlands (STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST 2008)

Während in Deutschland die Pollen jeweils vor Ort vom Betreiber der Pollenfalle bestimmt werden, erfolgt die Pollenbestimmung in der Schweiz durch Experten an nur zwei Analysezentren der MeteoSchweiz in Zürich und Payerne. Der Vorteil dieser Methode ist die hohe und einheitliche Qualität der Datenanalyse und der Pollenerkennung durch enge fachliche

Zusammenarbeit im Labor. Im Gegensatz zum deutschen Polleninformationsdienst (PID) erfolgen die Pollenflugvorhersagen aber nicht täglich, sondern nur einmal wöchentlich. Dies ist, wie GEHRIG (2008b) betont, ein Nachteil bei der Schweizer Pollenflugvorhersage.

Seit 1997 bietet das Europäische Polleninformationssystem (epi, s. Anhang 5) aktuelle Informationen zu den nationalen und regionalen Pollenwarndiensten an (WILHELM & JÄGER 2001).

5.3 Pollenflugkalender

Da die Messungen mit der Pollenfalle lediglich die aktuelle Pollenkonzentration aufzeigen, ist darüber hinaus die Beobachtung der Blütenphänologie ein wichtiges Instrument zur präzisen Vorhersage des Pollenfluges. In der Phänologie werden die periodisch im Jahresverlauf wiederkehrenden Entwicklungsphasen der Pflanzen (z. B. Blattaustrieb, Blühbeginn und Blühdauer) über mehrere Jahre und in unterschiedlichen Regionen dokumentiert und miteinander verglichen. So kann mithilfe der phänologischen Daten das Entwicklungsstadium der Blüten bzw. des Pollens ermittelt und im Zusammenhang mit den Wetter- und Witterungsvorhersagen des DWD als Pollenflug „vorhergesagt“ werden (vgl. SCHEID & BERGMANN 2004, LÖPMEIER 2008b, vgl. Kap. 5.2, S. 29). Insgesamt gibt es in Deutschland 1400 Stationen für phänologische Beobachtungen, 400 davon sind Sofortmelder (LÖPMEIER 2008a, mündlich)

Der saisonale Verlauf des allergologisch relevanten Pollenfluges wird seit Beginn der 80er Jahre vom Polleninformationsdienst (PID) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) in einem **Pollenflugkalender** dargestellt und veröffentlicht (SCHEID & BERGMANN 2004).

Der Pollenflugkalender zeigt, im Gegensatz zur täglichen Pollenflugvorhersage, als einfache Orientierungshilfe den jährlich zu erwartenden saisonalen Trend des Pollenfluges auf. Dabei gibt es neben einem gesamtdeutschen Pollenflugkalender (vgl. Abb. 9, S. 32) vier weitere, die den regionalen Pollenflug für die einzelnen Gebiete in Deutschland darstellen. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass es, je nach geographischer und klimatischer Lage, zeitversetzte Phänologiephasen und Pollenfreisetzungen gibt. Während im Westen beispielsweise die Hauptflugzeit der Birke bereits Ende März beginnt, startet sie in den übrigen Teilen Deutschlands Mitte April. Die Länge der Hauptflugsaison kann, unter anderem in Abhängigkeit von der Temperatur, bis zu acht Wochen dauern (DEUTSCHER BUNDESTAG 1999). Der Pollenflugkalender ist daher in drei Intensitätsstufen gegliedert. Für Pollinotiker ist der Zeitraum der Hauptblüte am relevantesten. Während der Vor- und Nachblüte können auch noch regelmäßig Beschwerden auftreten. Witterungsbedingte Ausreißer führen jedoch dazu, dass das mögliche Vorkommen einer Blüte noch weit vorher oder nachher auftreten kann.

Gesamtdeutscher Pollenflugkalender

(nach Pollenflugdaten von 2000 bis 2007)



© Stiftung Deutscher
Polleninformationsdienst
Im Prinzenpalais / Burgstraße
33175 Bad Lippspringe

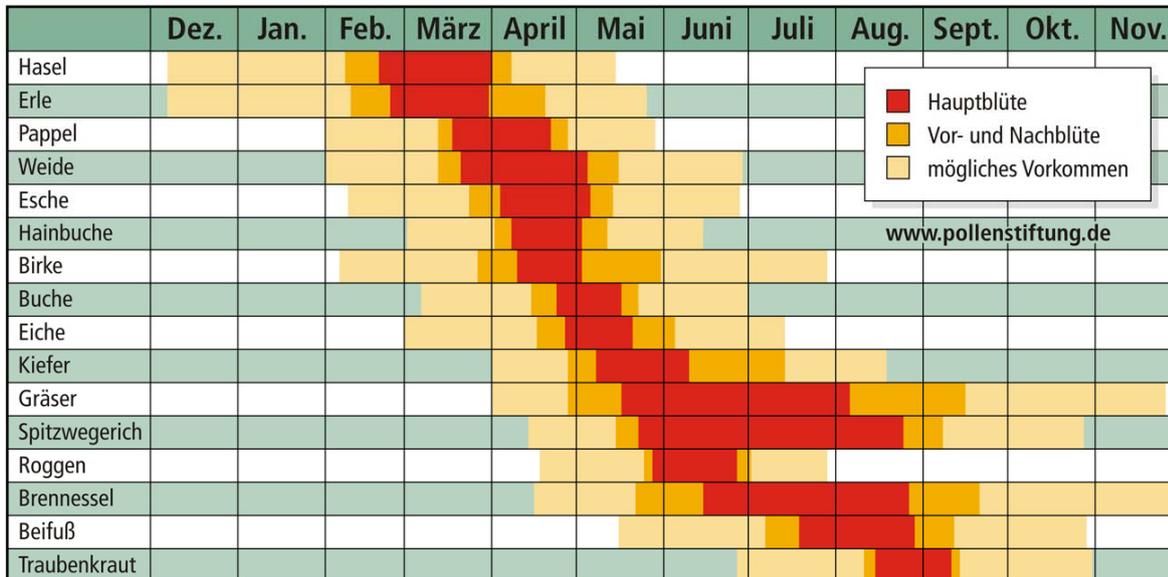


Abbildung 9: Gesamtdeutscher Pollenflugkalender (STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST 2008)

In den letzten sieben Jahren wurde beobachtet, dass die Pollenflugsaison insgesamt früher beginnt. So wurden die ersten Gehölzpollen von Hasel (*Corylus*) und Erle (*Alnus*) bedingt durch die milden Winter, nicht mehr erst Anfang des Jahres im Januar oder Februar freigesetzt, sondern lösen mittlerweile bereits im Dezember bei sensibilisierten Personen Beschwerden aus. Auch dauert der Pollenflug insgesamt länger, betrifft aber v. a. die Kräuterpollen (STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST 2008). Als neue allergie-induzierende Pflanze ist das Traubenkraut (*Ambrosia*) in den Pollenflugkalender aufgenommen worden.

Über die aktuelle Belastung sagt der Pollenflugkalender nichts aus. Zu beachten ist, dass der Blütenansatz und die damit produzierte Pollenmenge durch die vorausgegangene Vegetationsperiode bestimmt werden (HECHT 1994). Die für den Pollinotiker „bedeutsame Freisetzung der Pollen ist jedoch ausschließlich von den aktuellen Wetterfaktoren abhängig“ (HECHT 1994: 30). Nur in der Zusammenschau von aktuellen Pollenkonzentrationen und der Prognose zukünftiger klimatischer Freisetzungsbedingungen können Pollenflug- bzw. Belastungsvorhersagen erstellt werden. Allerdings werden nur kurzfristige und regionale Prognosen des Pollenflugs als wirksame Prophylaxe für die Pollenallergiker angesehen (PULS in WINKLER et al. 2001).

5.4 Pollenausbreitungsmodellierung

Aufgrund der hohen Bedeutung der Pollenflugvorhersage für die Betroffenen wird ständig an ihrer Optimierung gearbeitet, vor allem mit Hilfe mathematischer Modelle. Für die Prognose der Pollenbelastung in der Luft ist das Wissen über die Emission, Ausbreitung und Deposition der Pollen entscheidend (STAIGER 2003b). Sind diese Parameter bekannt, könnten Ausbreitungs- und Transportmodelle, die bereits erfolgreich in der Meteorologie und im Immissionsschutz angewendet wurden, für die Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von Pollen modifiziert verwendet werden. Der Pollenflug ließe sich lokal und regional präziser vorhersagen.

Anders jedoch als bei der Berechnung von Immissionsprognosen von Spurenstoffen, bei der oft nur die Masse des transportierten Materials betrachtet wird, müssen für die Ausbreitungsberechnung von Pollen weitere Eigenschaften wie Vitalität und Allergenität berücksichtigt werden (STAIGER 2003b). Diese Eigenschaften ändern sich im Lauf des Transportes in Abhängigkeit von der Art des Pollens und den meteorologischen Verhältnissen (vgl. Kap. 3.3, S. 13). Bisher steht in Deutschland die Auseinandersetzung mit dieser Thematik noch in den Anfängen.

Modellierung der Auskreuzungswahrscheinlichkeit transgener Pflanzen

Initial für die Modellierung der Ausbreitung von Pollen war eine Studie in einem ganz anderen aktuellen Umweltthema: RICHTER & SEPPELT (2002) simulierten die Reichweite der Ausbreitung einer Pollenwolke über einem Feld von genetisch verändertem Mais in einem mathematischen Modell: Da Pollen, wie auch Aerosole, zum atmosphärischen Grobstaub gehören, können Transportgleichungen, die für den Transport von Aerosolen gelten, auch für die Berechnung der Ausbreitung von Pollen unter bestimmten meteorologischen Verhältnissen herangezogen werden.

So modellierten RICHTER & SEPPELT (2002) die Ausbreitung von Pollen anhand des sonst in der Schadstoffausbreitung verwendeten Lageranger und Eulerschen Ansatzes. Der Lageranger Ansatz beruht auf der statistischen Betrachtung des zurückgelegten Weges eines Pollens. Der Nah- und Ferntransport der Pollenausbreitung lässt sich dabei durch die Überlagerung von Transfunktionen vom Typ der Gaußschen Ausbreitungsfunktion darstellen, welche ebenfalls für Berechnungen des Schadstoffausstoßes angewendet wird. Im Eulerschen Ansatz wird dagegen die Ausbreitung der freigegebenen Pollenmasse (Quellterm) zu einem festen Koordinatensystem beschrieben (RICHTER & SEPPELT 2002).

Vor allem der Quellterm ist in der Pollenausbreitungsmodellierung das entscheidende Kriterium: Während im Immissionsschutz der Quellterm genau beschrieben werden kann, ist

die Pollenfreigabe eines Gehölzes diffus und stark schwankend (MAßMEYER 2008, mündlich, vgl. Kap. 5.1, S. 22).

Eine Übertragung des Ansatzes der Studie von RICHTER & SEPPELT (2002) auf Gehölze kann allerdings nur unter der Voraussetzung erfolgen, dass die speziellen Eigenschaften der Emission von Gehölzpollen (vgl. Kap. 5.1, S. 22) berücksichtigt werden.

Modellierung des Pollenfluges anhand der Vorhersage von Blühterminen und Bestimmung der Pollenausschüttung

Einen aktuellen Ansatz, der sich auf die Modellierung der Ausbreitung von allergenen Pollen bestimmter Gehölze, Gräser und Kräuter bezieht, stellt LÖPMEIER (2008b) vor. Ziel war es, mittelfristig die Pollenvorhersage auf der Basis der Wettervorhersage zu verbessern. Dabei standen die Vorhersage von Blühterminen und die Vorhersage der Pollenausschüttung allergierelevanter Pflanzen im Mittelpunkt. An Gehölzen wurden die Hasel und die Birke untersucht.

Grundlage für die Vorhersage der phänologischen Entwicklung waren ein übliches Wärmesummenmodell und weitere mathematische Verfahren (s. LÖPMEIER 2008b). Zur Bestimmung der Pollenemission erfolgten Messungen mittels eigen entwickelter Messgeräte. Parallel dazu erfolgte die Entwicklung eines Modells mit meteorologischen Abhängigkeiten und folgenden Modellstrukturen:

- Einlesen der Klimadaten und der aktuellen Wetterdaten
- Berechnen der Pollenproduktion
- Berechnen der stündlichen Pollenfreisetzung
- Berechnen des Abwaschens der Pollen durch Regen
- Berechnen der Bilanz (Pollen-Pool)
- Bestimmen der Ende der Blüte (Ende Pollenausschüttung)
- Ausgabe des Pollenfluges

Auch bei dieser Untersuchung wird die biologisch bedingte potentielle Pollenquellstärke, die, von Jahr zu Jahr unterschiedlich ist, als eine noch relativ unberechenbare Komponente angesehen. Jedoch konnte am Beispiel der Hasel gezeigt werden, dass in einzelnen Jahren die Modellierung die tatsächlich gemessenen Werte gut abbildet (LÖPMEIER 2008b, s. Anhang 2.3, untere Abbildung).

Mit der Weiterentwicklung dieses Ausbreitungsmodells in Verbindung mit einer Kartierung der relevanten Pflanzen könnte nach LÖPMEIER (2008b) eine regional besser aufgelöste Pollenvorhersage erfolgen.

6 Allergiepoteuzial von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum

Bei der Betrachtung des Allergiepoteuzials von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum von Städten und Gemeinden wird im Folgenden nur ein Teilaspekt des gesamten Allergiepoteuzials betrachtet. Insgesamt ist die Gesamtheit der Allergene bzw. der allergie-induzierenden Stoffe in der menschlichen Umwelt als extrem hoch anzusehen: Vermeintlich harmlose Stoffe finden sich in der Atemluft, in Nahrungsmitteln, im Kontakt mit Tieren und Pflanzen und führen bei entsprechender Disposition zu Sensibilisierung des Körpers, d. h. zu einer Abwehrreaktion des menschlichen Immunsystems von unterschiedlichem Ausmaß. Ein Verweis auf die verschiedenen Allergieformen findet sich in Kap. 3, S. 6.

Wird die Betrachtung des Allergiepoteuzials auf pflanzliche Allergene eingegrenzt, die eingeatmet zu allergischen Reaktionen führen, so sind es neben Gräsern und einer Gruppe von Kräutern vor allem Gehölze, die ins Blickfeld rücken. Neben Hasel und Erle sind es Birken, denen die höchste Allergenität zugesprochen wird und die bei Betroffenen, die Sensibilisierungspotenz gegenüber anderen Pflanzenallergenen erhöhen.

Bei weiterer Fokussierung werden zwei der drei „Pollinosis-Jahreszeiten“, einschließlich der „Sporen-Jahreszeit“ (vgl. Kap. 3.2, S. 10) gedanklich vollständig ausgeblendet und das alleinige Augenmerk auf die „Baumpollen-Jahreszeit“ gelenkt. Durch diese sehr ausschließliche Betrachtungsweise sollte eine Definition des Allergiepoteuzials von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum der Städte und Gemeinden ermöglicht und anhand einer schematischen Darstellung (Abb. 10, S. 37) verdeutlicht werden.

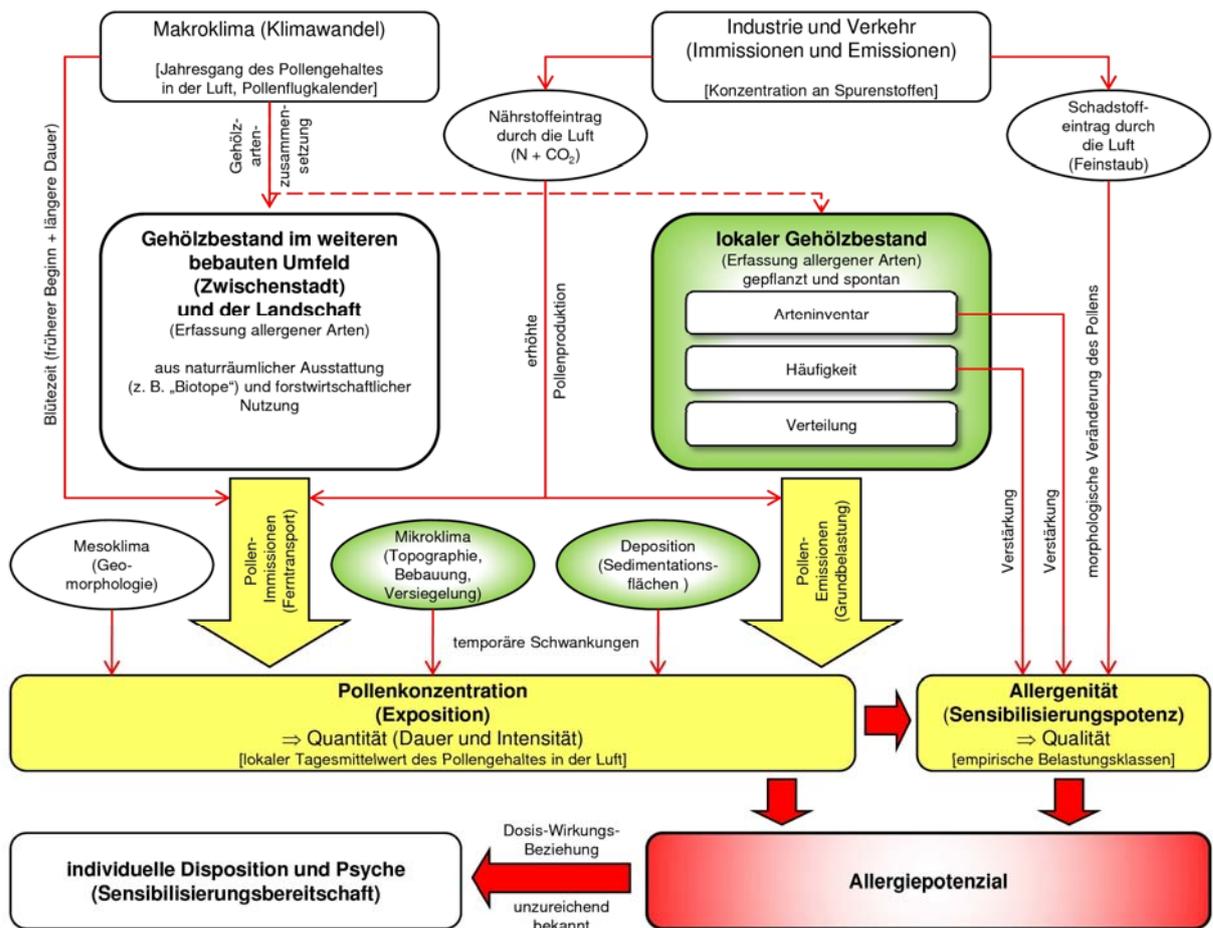


Abbildung 10: Schematische Darstellung des Allergiepoteziels von Gehölzpollen in öffentlichen Freiräumen im besiedelten Bereich (Erläuterungen: gestrichelt = indirekte Wirkung, grün hinterlegt = durch die Freiraumplanung/Pflanzenverwendung beeinflussbar, gelb hinterlegt = Pollen betreffend, rot hinterlegt = das Allergiepotezial betreffend)

Unter der hypothetischen Annahme, dass für einen bestimmten städtischen Freiraum das Allergiepotezial der Gehölzpollen erfasst werden soll, wird in Anlehnung an die Untersuchungen zum Allergiepotezial in öffentlichen Grünanlagen (SEYFANG et al. 2005) folgendes Untersuchungsszenario entworfen: An erster Stelle steht die Erfassung des lokal vorkommenden Gehölzbestandes, sowohl der gepflanzten als auch der spontan auftretenden Arten. Die Spontanvegetation auf stillgelegten oder ungenutzten Verkehrs-, Gewerbe- und Industrieflächen, vielfach als Sekundärbiotope bezeichnet, ist nicht zu vernachlässigen. Hier kommt der Birke (*Betula pendula*) als Pioniergehölz eine besondere Bedeutung zu. Bei der Bestandsaufnahme sind in erster Linie die allergologisch relevanten Arten sowie ihre Häufigkeit und Verteilung im Untersuchungsraum von Interesse. Die von ihnen in einem bestimmten Zeitraum emittierten Pollen bilden die sog. Grundbelastung. Die Grundbelastung, d. h. der Jahresgang des Pollengehaltes in der Luft, wird dabei von meteorologischen Parametern (Makro- und Mikroklima) entscheidend mitbestimmt: Die Auswirkungen des Klimawandels äußern sich bereits jetzt in einer früher einsetzenden Blüte und einer längeren Blütezeit der

Gehölze mit direkten Auswirkungen für Pollinotiker und solche, die möglicherweise noch nicht sensibilisiert wurden, aber über eine entsprechende Disposition verfügen. Angaben über Zeiträume, in denen es zu Pollenemissionen der in „Vorhersageklassen“ (vgl. Kap. 3.3, S. 13) gefassten Pollenarten und –gruppen kommen kann, werden im Pollenflugkalender verdeutlicht (vgl. Kap. 5.2, S. 29).

Die Grundbelastung findet ihren Ausdruck in der Angabe der Pollenkonzentration, d. h. in der Anzahl der Pollen pro Kubikmeter Luft innerhalb von 24 Stunden. Dieser regelmäßig erfasste, in der Regel dreimal wöchentlich ermittelte Tagesmittelwert ist zwar eine messbare Größe, trifft aber keine Aussage über die Sensibilisierungspotenz (Allergenität) des Gehölzpollens (vgl. Kap. 3.3, S. 13). Die gemessenen Pollengehalte der Luft sagen nichts über den Tagesgang der Pollenkonzentration aus, der für ein eigenverantwortliches Handeln der Betroffenen während der Allergiekarenz wichtig wäre (vgl. Kap. 8, S. 55). Die bei der Pollenflugvorhersage (vgl. Kap. 5.2, S. 29) zugrunde gelegten Belastungsintensitäten fußen auf empirischen Werten und wurden nicht unter Praxisbedingungen verifiziert (HECHT 1994). Der Schwellenwert, der den Belastungsklassen (schwach – mäßig – stark) zugrunde gelegt wird, beschreibt die Höhe der Pollenkonzentration, die bei einem bereits sensibilisierten Menschen zu einer ersten allergischen Reaktion führt. Dieser Schwellenwert ist keine feste Größe, sondern von der individuellen Befindlichkeit des Betroffenen und der Allergenität, der stofflichen Beschaffenheit des Allergens, abhängig. Die Allergenität, die von Allergologen auch als Aggressivität bezeichnet wird, ist qualitativ veränderlich. Grundsätzlich gilt, dass die Sensibilisierungspotenz umso höher ist, je geringer der Schwellenwert ist (vgl. Kap. 3.3, S. 13). Die Allergenität eines Gehölzes wird allerdings durch zahlreiches Vorkommen der Gattung und den damit verbundene erhöhten Pollengehalt in der Luft relativiert. Hinzu kommen nachgewiesene morphologische Veränderungen an der Exine der Pollen durch die Feinstaubbelastungen in der Luft (vgl. Kap. 3.3, S. 13), die zu einer Erhöhung der Aggressivität erhöhen. Weiterhin bilden Gehölze bei starker Schadstoffbelastung der Luft Stressproteine (vgl. Kap. 3.3, S. 13). Zusammengefasst heißt das, dass die Sensibilisierungspotenz eines Untersuchungsraumes sowohl von der spezifischen Allergenität der vorkommenden Arten als auch von der Häufigkeit derselbigen abhängt und durch die Schadstoffkonzentration der Luft modifiziert werden kann.

Zahlreiche Untersuchungen belegen allerdings (FUCKERIEDER 1976, SEYFANG et al. 2005 und weitere), dass die über einen längeren Zeitraum gemessenen Pollenkonzentrationen an einem Ort nicht nur von der Grundbelastung bestimmt werden, sondern auch auf Pollenemissionen aus angrenzenden oder weit entfernten Gebieten zurück zu führen sind. Daher erscheint es sinnvoll, bei der Bestimmung des Allergiepoteuzials eines bestimmten Untersuchungsraumes auch den Gehölzbestand im weiteren bebauten Umfeld (Zwischenstadt) und der angrenzenden Landschaft zu erfassen. In der Landschaft bestimmen vor allem die heutige potentielle natürliche Vegetation und die forstwirtschaftlich genutzten Flächen die naturräumliche Ausstattung. Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass bei der Betrachtung alle anderen allergologisch relevanten Pflanzen wie Gräser, Kräuter und

Pilze ignoriert werden. Ob dies sinnvoll ist, wird bezweifelt: Der Schwellenwert von Gräsern und Kräutern wie z. B. Beifuß (*Artemisia*) und das Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) sind beispielsweise wesentlich geringer als der von Gehölzpollen (Hecht 1994, s. Tab. 1; S. 15, LÖPMEIER 2008a, mündlich).

In der dem Untersuchungsraum angrenzenden Zwischenstadt greifen die anfangs genannten Überlegungen und Wechselbeziehungen. Die Pollenimmissionen unterliegen wie die Emissionen makro- und mikroklimatischen Bedingungen und werden wie diese durch den Nährstoffeintrag durch die Luft verstärkt. Auch hier spielen sicherlich Veränderungen der Allergenität durch Feinstaubbelastung eine Rolle und die Abhängigkeit von Sensibilisierungspotenz und Häufigkeit ist dieselbe. In der schematischen Darstellung des Allergiepotentials von Gehölzpollen (Abb. 10, S. 37) wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Illustration dieses Zusammenhangs verzichtet.

Ein Teil der Pollenimmissionen, die sich in der Pollenkonzentration in einem bestimmten Untersuchungsraum niederschlagen, können allerdings nicht aus dem Gehölzbestand der angrenzenden Vegetation erklärt werden. Hier spielen Ferntransporte eine sehr wichtige Rolle. Diese sind vor allem auf großklimatische Ereignissen zurück zu führen und durch die hohe, artspezifisch bedingte Transportfähigkeit der Pollen bei gleichzeitigem Erhalt der Sensibilisierungspotenz erklärbar (vgl. Kap. 4, S. 18).

Dem Umstand des Ferntransports von Pollen wird auch bei der Pollenflugvorhersage Rechnung getragen: Durch die Aufstellung der zur Messung verwendeten Burkard-Pollenfallen in einer Höhe von 8-12 m werden nicht nur lokal vorkommende Emittenten („Quelltherme“) wie z. B. Bäume erfasst, sondern vorrangig Pollenimmissionen aus der näheren und weiteren Umgebung aufgezeichnet. Eine bodennahe Messung in bis zu zweit Meter Höhe über dem Boden würde dagegen nur Teile des tatsächlichen Pollengehaltes erfassen, auch wenn sie augenscheinlich ± „auf Nasenhöhe“ liegt und für sich betrachtet nicht dem präventiösen Grundgedanken der Pollenflugvorhersage gerecht werden. Andererseits kommt es aber zu starke Schwankungen der Pollenkonzentration in den bodennahen Luftschichten durch mikroklimatische Einflüsse, so dass die als lineares Ereignis prognostizierte Pollenfreisetzung durchaus lokale und zeitliche begrenzte Ausreißer („Peaks“) ausweist, die für Pollinotiker von Bedeutung sein können.

Weitere Modifizierungen der Pollenkonzentration „vor Ort“ ergeben sich aus dem Mesoklima z. B. durch die zeitlich versetzte Pollenfreisetzung mit zunehmender Höhe (vgl. GEHRIG, 2008b), dem Mikroklima und der Menge sowie Verteilung und Beschaffenheit der Sedimentationsflächen des Untersuchungsraumes. Die tageszeitlichen Veränderungen der Witterung durch die vorhandene Topographie, die Bebauung und den Versiegelungsgrad einerseits und die Flächen zur Deposition andererseits (vgl. Kap. 8, S. 55) verursachen daher Schwankungen in der Pollenkonzentration im Tagesverlauf. Diese sind nur bei Messung des Tagesgangs des Pollenflugs nachweisbar, allerdings unter dem Aspekt von Minderungsstrategien unverzichtbar (vgl. Kap. 5, S. 21 und Kap. 8, S. 55).

Die dargestellten Faktoren lassen sich wie folgt gruppieren:

Faktoren, die die lokale Pollenkonzentration fördern

- Verbesserte Nährstoffversorgung durch Eintrag von Luftstickstoff und erhöhte CO₂-Konzentration
- Ferneintrag von Pollen aus angrenzenden und weiter entfernt liegenden Gebieten

Faktoren, die zu einer Erhöhung der Allergenität (Sensibilisierungspotenz) führen

- häufiges Vorkommen einer allergologisch bedeutsamen Art
- zunehmende Pollenkonzentration unter dem Einfluss von besonders günstigen meteorologischen Bedingungen
- morphologische Veränderungen an den Pollen und Bildung von Stressproteinen

Faktoren, die tageszeitlich bedingte Schwankungen der Pollenkonzentration verursachen:

- Mikroklima (Topographie, Bebauung und Versiegelung)
- Deposition

Zusammenfassend lässt sich das Allergiepotenzial von Gehölzpollen in öffentlichen Freiräumen im besiedelten Bereich daher wie folgt beschreiben: Die Exposition, die als Dauer und Intensität der Einwirkung auf den menschlichen Organismus bezeichnet (ROTH et al. 1994) und als Pollenkonzentration gemessen wird, bestimmt mit der Allergenität, also der Sensibilisierungspotenz, das Allergiepotenzial. Das Ausmaß der Allergenität wird dabei unmittelbar von der Pollenkonzentration in der Luft mitbestimmt bzw. verändert.

Die Definition des Allergiepotenzials durch zwei Größen erscheint daher zunächst einfach. Die zugrunde liegende Komplexität wird erst bei der Betrachtung der weiteren Parameter deutlich, die sich unmittelbar oder indirekt auswirken. Zum einen lassen sich die Faktoren für die Pollenfreisetzung in ihrer Komplexität nur schwer erfassen und zum anderen ist die Unterscheidung von Grundbelastung und Fremdeintrag sowie die Pollenkonzentration zu unterschiedlichen Tageszeiten und in unterschiedlichen Luftschichten nur durch aufwendige Messreihen zu ermitteln.

Als weiterer Aspekt für mögliche Präventionsmaßnahmen und weiteren Forschungsbedarf kommt hinzu, dass die Dosis-Wirkungs-Beziehungen unzureichend bekannt sind, die eine Sensibilisierung induzieren und allergischen Reaktionen auslösen.

7 Aktuelle Ansätze zur Minderung des Allergiepotenzials von Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum

Das Thema „Allergene Pflanzen und ihre Verwendung in Gärten und Grünanlagen“ spielte bis vor kurzem in Deutschland weder in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung noch in der planerischen Praxis eine große Rolle. Es ist daher nicht verwunderlich, dass es kaum gesicherte Erkenntnisse aus empirischen Studien gibt, die sich auf konkrete räumliche Situationen beziehen.

Im englischsprachigen Raum besteht für diese Thematik offenbar ein größeres Problembewusstsein. So haben die Publikationen von OGREN (2000) und HUNTINGTON (1998 bzw. 1999) nicht nur das Problembewusstsein für diese Thematik enorm gesteigert, sondern auch die Hoffnung geweckt, durch entsprechende Planungen, Maßnahmen und Empfehlungen zu konkreten Belastungsreduzierungen in Gärten und Grünanlagen kommen zu können. Die Ergebnisse einer neueren Studie zum Allergiepotential in Bad Lippspringe (SEYFANG et al. 2005) weisen dagegen in eine andere Richtung.

7.1 Theoretische und empirische Befunde und Ansätze zur Minderung des Allergiepotentials

Ansatz OGREN (2000)

OGREN (2000) hat mit seinem Buch „Allergy-free Gardening“ nach eigener Einschätzung einen revolutionären Wegweiser zu einer gesunden Garten- und Landschaftsgestaltung vorgestellt. Er ist davon überzeugt, dass die konsequente Umsetzung seines Ansatzes in der Praxis zu einer deutlichen Minimierung der Belastungen für Allergiker führt. Grundlage hierfür ist die „Orgren Plant-Allergy Scale“ (OPALS™) mit deren Hilfe das Allergiepotential eines großen in den USA verfügbaren Sortiments von Gehölzen und krautigen Pflanzen eingeschätzt wird. Die Skala reicht von 1 (beste Pflanze für Allergiker) bis 10 (schlechteste Pflanze für Allergiker). Kriterien für die Bewertung der Pflanzen nach Allergiegesichtspunkten sind

- Bestäubungstyp (Wind- oder Insektenbestäubung)
- Dauer der Pollenfreisetzung
- Pollengröße und –gewicht
- Feuchtigkeitsgrad der Pollen
- Blüten am alten oder diesjährigen Holz

- Blütenduft (Duftpflanzen, meist insektenbestäubt)
- Lage der männlichen Blüten bei einhäusigen, getrennt geschlechtlichen Arten

Die für den Allergiker am besten geeigneten Pflanzen sind demnach nach (OGREN 2000)

- Pflanzen mit großen, auffälligen Blüten mit relativ wenigen Staubgefäßen, die tief in der Blüte sitzen und von Insekten bestäubt werden.
- Weibliche Pflanzenindividuen bei getrennt geschlechtlichen Arten wie beispielsweise Eschen (*Fraxinus spec.*), Weiden (*Salix spec.*), Maulbeeren (*Morus spec.*), Wachholzer (*Juniperus spec.*) und teilw. Ahorn (*Acer spec.*).

„The right female Garden would not release a single grain of pollen ... [and] would be truly allergy free“ (OGREN 2000:12). Diese Feststellung ist in der Theorie sicherlich richtig, in der Praxis jedoch völlig illusorisch. Abgesehen davon, dass das Sortiment an ausschließlich weiblichen Pflanzen relativ begrenzt ist, wäre der weibliche Garten auch ein absolut steriler Garten, da es zu keiner Frucht- und Samenbildung mehr kommen kann.

Allerdings kann OGREN bei einigen Gattungen wie z.B. Ahorn (*Acer*) darauf verweisen, dass viele Sorten von *Acer rubrum* und eine Reihe von Hybriden und Kulturformen weiblich sind und daher keine Pollen bilden.

Die von OGREN vorgeschlagene Strategie für eine Pflanzenverwendung, die das Ziel verfolgt, eine möglichst allergiefreie Umwelt zu schaffen, gründet auf drei „Basic Concepts of Allergy Free Gardening“:

- Vermeidung – Vermeidung von allergieauslösenden Pflanzen ist der Schlüssel zur Allergie-Entlastung
- Diversität – Verwendung möglichst vieler verschiedener Arten mit niedriger Allergenitätsstufe (1-5); dafür Entfernung von Arten der Stufen 8-10
- Abstand – möglichst große Distanzen zur Allergiequelle

Allerdings bleibt OGREN bei der Frage der wirksamen Abstände sehr vage: „A male pepper tree in bloom in your own yard will expose you to more than ten times as much allergenic pollen as a similar pepper tree in a neighbor’s yard down the street (OGREN 2000:14). Außerdem beruft er sich auf eine 1972 von RAYNOR durchgeführte Untersuchung, nach der 99% der durch die Luft transportierten Pollen von Wiesen-Lieschgras (*Phleum pratense*) innerhalb eines Radius von ca. 1 km Entfernung deponiert wurden. Nach seinen eigenen Erfahrungen geht er davon aus, dass auch Pollen von Birken (*Betula spec.*) zu mehr als 99

% (!) innerhalb einer Entfernung von 20 Fuß (ca. 6 Meter) von der Quelle niedergehen und haften bleiben.

Ansatz HUNTINGTON (1998 bzw.1999)

Neben OGREN hat sich im englischsprachigen Raum vor allem Lucy HUNTINGTON mit dem Thema Allergie und Garten auseinandergesetzt. Ihre 1993, 1994 und 1996 auf der Chelsea Flower Show gezeigten allergiereduzierten Gärten fanden ein großes Interesse und lösten offenbar auch Aktivitäten in anderen Regionen aus. So entwarf die Asthma Foundation im australischen New South Wales öffentlich zugängliche Allergiker-Gärten und im Royal Botanic Garden von Sydney wurde ein Allergielehrpfad angelegt. Weitere allergiereduzierte Gärten wurden von der Auckland Asthma Society und der Lung Foundation of North America initiiert. Bei all diesen Anlagen stand die Information und Aufklärung über die allergenen Eigenschaften sowohl einheimischer als auch gängiger Kultur- und Gartenpflanzen im Vordergrund (HUNTINGTON 1999).

HUNTINGTONS Empfehlungen zur Planung, Anlage und Bepflanzung von Gärten für Allergiker basieren auf insgesamt 4 Jahren Erfahrung mit 6 von ihr angelegten allergiereduzierten Gärten. Systematische wissenschaftliche Untersuchungen, z.B. zur konkreten Pollenbelastung in den jeweiligen Gärten, liegen allerdings nicht vor.

Abgesehen von der Tatsache, dass die von HUNTINGTON vorgeschlagenen Maßnahmen und Empfehlungen den gesamten Komplex gängiger Allergieförmungen der Atemwege und der Haut umfassen, wird auch von ihr der **Verzicht** auf alle Pflanzen, die bei entsprechend disponierten Menschen eine Allergie auslösen könnten, als die Erfolg versprechendste Strategie angesehen. Als Planungshilfen werden Positivlisten mit geeigneten und Negativlisten mit zu vermeidenden Pflanzen (Einjährige, Stauden, Gehölze) nach Verwendungskategorien gegeben. Bei den zu vermeidenden Pflanzen wird jeweils der Grund für die von ihnen ausgehenden Beeinträchtigungen vermerkt. Dabei wird unterschieden zwischen

- Pflanzen, die problematisch für Menschen mit Asthma und Heuschnupfen sind
- Pflanzen, die Reizungen der Haut und/oder der Augen verursachen können
- Pflanzen mit Stacheln und Dornen
- Giftige Pflanzen

Allgemeine Hinweise wie

- Vermeidung des Aufenthalts im Freien zu pollenflugaktiven Phasen und Tageszeiten

- Weitgehender Verzicht auf Rasenflächen (Pollen sammeln sich zwischen den Gräsern und werden beim Mähen wieder aufgewirbelt)
- Weitgehender Verzicht auf Hecken („regelrechte Pollen- und Sporenschleudern“)

lassen sich zum Teil auf den öffentlichen Raum nicht übertragen und basieren letztlich auch auf einer Verzichtsstrategie, deren Wirksamkeit insgesamt nicht hinreichend belegt wird.

Publikationen von KLEMME (2004) und TUONI (2001)

Die deutschen Veröffentlichungen von KLEMME (2004) und TUONI (2001) basieren in weiten Teilen und teilweise stark verkürzt auf der Arbeit von HUNTINGTON, ohne diese - wie im Falle KLEMME - als Quelle anzugeben. Auch ein zum Expertengespräch von TUONI eingereichtes Positionspapier (TUONI 2008) stellte lediglich eine Zusammenfassung ihrer bisherigen Position dar und brachte daher ebenfalls keine neuen Erkenntnisse.

Trotz des vielversprechenden Titels der Broschüre von KLEMME („Allergiefreier Garten“) wird diese Idealvorstellung offenbar vom Verlag in einem Hinweis auf der letzten Seite selbst relativiert: „Es gibt im wörtlichen Sinn keinen komplett allergiefreien Garten, da allergieauslösende Substanzen nicht am Gartenzaun halt machen“ (KLEMME 2004).

Untersuchungen zum Allergiepoteuzial in öffentlichen Grünanlagen (SEYFANG et al. 2005)

Während sich die Empfehlungen und Handlungsanweisungen vor allem von HUNTINGTON primär auf den Privatgarten und den individuellen Nutzer, bzw. Allergiker beziehen, ist die Problemstellung im öffentlichen Raum wesentlich vielschichtiger:

- Öffentliche Freiräume weisen eine sehr große Bannbreite im Hinblick auf ihre Funktion, Größe, Lage, Alter und Ausstattung einschließlich Pflanzeninventar auf.
- Öffentliche Freiräume sind in der Regel sehr unterschiedlichen Nutzern und Nutzergruppen mit unterschiedlichen Ansprüchen und Interessen an den Freiraum zugänglich.
- Die Möglichkeiten des Eingriffs und der Veränderung bei vorhandenen öffentlichen Freiräumen sind begrenzt (z.B. Baumschutzsatzungen, teilw. gartendenkmalpflegerische Bindungen, naturschutzrechtliche Festsetzungen).
- Die Zuständigkeiten für Planung, Entwicklung und Pflege öffentlicher Freiräume sind nicht einheitlich geregelt
- Die Grün- und Freiflächen einer Stadt oder Gemeinde stellen insgesamt ein komplexes System aus besitzrechtlich privaten und öffentlichen Flächen dar. Neben den Pri-

vatgärten an Wohnhäusern spielen auch private Grünanlagen an Verwaltungsgebäuden, Produktionsstätten, Kliniken etc. und öffentliche Grünflächen an Schulen, Kindergärten etc. eine Rolle.

Bei der Vielzahl an Einflussfaktoren im öffentlichen Raum lassen sich daher kaum weitgehend standardisierte Bedingungen definieren, die eine Übertragung von Befunden und Sachverhalten von einer Situation auf die andere zulassen könnte. Daher können auch die Ergebnisse der Untersuchung zum Allergiepoteuzial in öffentlichen Grünanlagen (SEYFANG et al. 2005) nicht generell auf öffentliche Grünanlagen an anderen Orten zu anderen Zeiten übertragen werden.

Ziel der Untersuchung war es, durch kontinuierliche Pollenmessungen über ein Jahr mit einer Burkard-Pollenfalle in drei unterschiedlich strukturierten und pflanzlich ausgestatteten öffentlichen Freiräumen in Bad Lippspringe herauszufinden, über welchen Zeitraum und mit welcher Intensität allergene Pollenarten in den Untersuchungsfreiräumen auftreten und ob es einen Zusammenhang zwischen der gemessenen Pollenbelastung und der Struktur, bzw. dem Pflanzenbestand der Untersuchungsfreiräume gibt. Hierzu wurden differenzierte digitale Bestandskartierungen des jeweiligen Arteninventars nach Gattung, Art und ggf. Sorte sowie wöchentliche phänologische Beobachtungen (insbesondere zur Einschätzung des Blühstadiums) und kontinuierliche Windmessungen durchgeführt. Dabei erfolgte die Pollenmessung in der für Allergiker relevanten Höhe von 1,70 Metern (Augenhöhe).

Wenn auch in der Praxis keine Freiraumsituationen gefunden werden konnten, die der idealtypischen Vorstellung eines allergenfreien, eines allergenarmen und eines allergenbelasteten Untersuchungsfeldes entsprochen hätten, so wiesen die Untersuchungsfreiräume in Bad Lippspringe doch deutliche Unterschiede in ihrer Struktur, Versiegelungsgrad und Pflanzenbestand auf:

➤ Rathausplatz (Abb. 11, S. 46)

Hoher Versiegelungsgrad, durch Baulichkeiten begrenzt mit stark reduzierter Bepflanzung.

➤ Kaiser-Karls-Park (Abb. 12, S. 46)

Kurparkanlage mit üppigem Wechselflor in Kombination mit Gehölzen und Stauden, durch den Kurwald begrenzt.

➤ Kommunikationspark (Abb. 13, S. 47)

Parkanlage mit hoher Konzentration von krautigen allergenen Pflanzen in Kombination mit artenreichem Gehölzbestand.



Abbildung 11: Rathausplatz in Bad Lippspringe



Abbildung 12: Kaiser-Karls-Park in Bad Lippspringe



Abbildung 13: Kommunikationspark in Bad Lippspringe

Die wichtigsten Ergebnisse der Studie lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die pflanzliche Vielfalt des Kommunikationsparks spiegelt sich nicht unmittelbar in den Pollenmessungen wider.
- Umgekehrt konnten auf dem pflanzenarmen Rathausplatz ähnliche Konzentrationen allergener Pollen festgestellt werden wie in den anderen Untersuchungsfreiräumen.
- In allen drei Untersuchungsfreiräumen lagen die Pollenkonzentrationen deutlich höher als in der Referenzmessung, zeigen aber im Jahresverlauf ähnliche Tendenzen.

Die Ergebnisse der Studie bestätigten letztlich die zu Projektbeginn formulierte Ergebnisvariante, wonach der Einfluss entfernt wachsender Pflanzen den unmittelbaren Einfluss lokaler Pflanzenkombinationen überlagert. Dies bedeutet, dass ein Verzicht oder eine Reduzierung von allergieauslösenden Pflanzen vor Ort keine entscheidende Entlastung bringt.

Allergologische Gärten im Kommunikationspark Bad Lippspringe (BOISON, BOUILLON, SEYFANG 2003)

Bad Lippspringe befasst sich als staatlich anerkanntes Heilbad und Heilklimatischer Kurort seit vielen Jahren mit der Diagnostik und Behandlung von Allergie- und Atemwegserkrankungen. Im Rahmen der EXPO-Initiative OstWestfalenLippe wurde dort mit Hilfe des Landes Nordrhein-Westfalen das Projekt Allergielehrpfad und Kommunikationspark realisiert. Elemente des Gesamtprojektes, das eine gesundheitsorientierte Erlebnis- und Erfahrungswelt durch Information, Unterhaltung und Erholung für alle Altersgruppen bieten soll, sind ein Allergielehrpfad, das Allergie-Dokumentations- und Informationszentrum (ADIZ) und die Allergologischen Gärten im Kommunikationspark. Die Allergologischen Gärten wurden innerhalb des gestalterischen Gesamtrahmens, den das Büro NAGEL, SCHONHOFF und Partner, Hannover, für den Kommunikationspark entwickelte, nach einem Bepflanzungskonzept von BOISON, BOUILLON und SEYFANG, Höxter, als Lehrgarten realisiert.

Da allergieauslösende Pflanzen und deren Wirkstoffe in allen Bereichen unserer Umwelt auftreten, wurde im Kommunikationspark ein Lehrgartenkonzept realisiert, das die allergieauslösenden Pflanzen nicht isoliert, sondern im Kontext ihres natürlichen oder kulturell geprägten Lebensraumes oder Verwendungszusammenhang zeigt. Dazu wurden auf einzelnen Terrassen sechs verschiedene Themengärten mit mehr als 250 allergieauslösenden Pflanzenarten angelegt, die erläutert und mit weiteren harmlosen Arten kombiniert wurden. Jede Terrasse steht symbolisch für eine Kulturstufe und zeigt die wachsende Einflussnahme des Menschen auf die Natur: vom naturnahen Wald und Waldrand auf der untersten Terrasse über baumfreie Freiflächensituationen wie Wiese, Wege- und Ruderalsäume zu Ackerflächen und Nutzgärten. Auf der obersten Terrasse im Blumen- und Saisongarten wird der größte menschliche Einfluss sichtbar. Hier finden sich züchterisch stark beeinflusste Pflanzen, Sommerblumen und Kübelpflanzen, die in einem Zusammenhang mit unterschiedlichen Allergien stehen.

Durch eine sorgfältige Etikettierung erhält der Besucher über jede Pflanze der Themengärten Auskünfte über Pflanzennamen, Herkunft und Verwendung sowie deren allergieauslösende Wirkung. An den einzelnen Terrassen geben größere Informationstafeln zusätzliche Hinweise zu den einzelnen Lebensräumen.

Dieses Konzept des offensiven und praktischen Umgangs mit dem Thema Allergien durch Pflanzen geht über die Möglichkeiten der Information durch Medien aller Art hinaus. Hier kann der Betroffene und Interessierte sich unmittelbar vor Ort in konkreten Situationen, die ihm auch aus seiner Alltagserfahrung bekannt sind über die Problematik allergieauslösender Pflanzen informieren und für sich selbst daraus auch Konsequenzen ableiten.



Abbildung 14: Allergologischer Themengärten in Bad Lippspringe: Wegränder und Fluren



Abbildung 15: Allergologischer Themengärten in Bad Lippspringe: Hochstaudenflur mit Informationstafel

7.2 Positionen und Ansätze aus der Praxis

Aufgrund der bislang nur mäßigen wissenschaftlichen Durchdringung des Problemfeldes der Allergiebelastung durch Gehölzpollen in öffentlichen Grünanlagen ist es nicht verwunderlich, dass es auch auf der Ebene der planerischen Praxis – sowohl bei freischaffenden Landschaftsarchitekten als auch in der planenden Verwaltung keine dezidierten veröffentlichten Positionen oder gar konsequente Strategien oder Planungsansätze gibt.

Freischaffende Landschaftsarchitekten

Eine Anfrage beim Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) in Niedersachsen hat ergeben, dass Kollegen in Einzelfällen mit der Allergieproblematik konfrontiert werden, diese aber insgesamt keinen hohen Stellenwert in den praktischen Arbeitsfeldern besitzt (OSTERMEYER 2008, mündlich). Aus der Disziplin hat sich bislang nur TOUNI (2001) als „Fachexpertin“ für allergiereduzierte Gärten positioniert.

Obwohl Allergologen und Mediziner schon seit längerer Zeit vor der Verwendung von Birken warnen (KÜNKELE 1994) sind diese auch bei renommierten Landschaftsarchitekten nach wie vor sehr beliebt. So tauchen gerade auch in neueren öffentlichen Parks Birkenhaine (Abb. 16, S. 51) immer wieder als klassisches gestalterisches Zitat auf.



Abbildung 16: Birkenhaine auf dem EXPO–Gelände Hannover (KIENAST 2000) und im Allerpark Wolfsburg (KIEFER 2004) als Ausdruck zeitgenössischer Landschaftsarchitektur

Grünflächen- und Gartenämter der Städte und Gemeinden

Die für die kommunalen öffentlichen Grünflächen zuständigen Fachämter (Grünflächen- und Gartenämter) sind jeweils durch ihre Amtsleiter in der Ständigen Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag (GALK-DST) zusammengeschlossen. Dieses Gremium bietet eine Plattform zur Diskussion übergreifender Fragen und kann Aufträge zur Lösung aktueller Probleme formulieren und an entsprechende Arbeitskreise verweisen.

So hat der Arbeitskreis Stadtbäume der GALK-DST bereits im Jahr 2000 eine gemeinsame Position zum Thema „Baumallergien“ formuliert (TAUCHNITZ 2000):

Die Schaffung von „allergiefreien Zonen in den Städten aufgrund der Nichtpflanzung von Bäumen mit entsprechenden Pollen über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten hinweg ist lebensfremd“ (TAUCHNITZ, 2000:732). Begründet wurde diese Einschätzung mit folgenden Argumenten:

- Auf Gehölze auf Privatgrundstücke kann kein Einfluss genommen werden.
- Das Pollenpotential von Gräsern/Getreide ist sehr viel größer.
- Die Anzahl der Arten mit allergenem Potenzial nimmt ständig zu (neben den bislang bekannten Arten Birke, Erle, Hasel und Pappel nun auch Linde und Nadelgehölze), so dass bei konsequenter Verfolgung der Strategie des Verzichts „es auf eine vegetationsfreie Wüstenzone in den Städten hinausgehen würde“ (TAUCHNITZ, 2000:732).

Offen bleibt dabei nach TAUCHNITZ auch die Frage, welche Allergien in Zukunft noch auf uns zukommen. Schließlich wird hervorgehoben, dass die eigentliche Ursache der allergenen Belastungen nicht in den Pollen der Pflanzen, sondern in den vom Menschen geschaffenen Umweltproblemen liege (TAUCHNITZ, 2000:732).

Diese grundsätzliche Einstellung des Arbeitskreises Stadtbäume der GALK-DST zum Thema Bäume und Allergien wurde 2004 anlässlich der Diskussion eines konkreten Planungsfalles einer Grünanlage in München, bei der auf die zunächst vorgesehene Verwendung von Birken nach Kritik verzichtet wurde, erneut bestätigt (BAUER, 2005:2). Der Arbeitskreis bekräftigte die Auffassung, „dass das Allergieproblem von einer Vielzahl von Faktoren und Umwelteinflüssen abhängt und die Forderung nach einem pauschalen Verzicht auf bestimmte, Allergie auslösende Baumarten keine Lösung darstellt“ (BAUER, 2005:2).

Neuerdings zeichnet sich offenbar ein Meinungswandel ab. Als Reaktion auf die vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz veranstaltete Konferenz zur Allergieproblematik in Berlin im September 2007, stellt der AK Stadtbäume der GALK-DST fest, dass er ein Positionspapier erarbeiten werde, „da das Thema auch in Bezug auf Bäume relevant ist“ (GALK-DST 2008: 3).

Eine Anfrage über den derzeitigen Leiter des Arbeitskreises Stadtbäume der GALK-DST sollte einen Überblick über die Artenzusammensetzung der im öffentlichen Raum verwendeten Bäume und ggf. Sträucher erbringen. Da nur Antworten aus den Städten Berlin, Hamburg, Köln, Mannheim, Nürnberg und Stuttgart eingegangen sind und diese sich fast ausschließlich auf den Bestand an Straßenbäumen beziehen, kann das Ergebnis keinen Anspruch auf Repräsentativität für Deutschland erheben. Zum Vergleich konnten Daten aus Wien gegenübergestellt werden (vgl. Anhang 6)

Demnach liegt der Anteil von Birken (*Betula spec.*) immerhin in einer Größenordnung von 5%. In Hamburg liegt ihr Anteil bei den Straßenbäumen bei 5,4 % (12.533 Exemplare), wobei er beim Baumbestand in öffentlichen Grünanlagen insgesamt auf 18% ansteigt. Im Vergleich hierzu beträgt der Anteil der Birken an Straßen in Wien nur 1,6% und wächst insgesamt nur auf 2,6 % (3.219 Exemplare) an.

Zählt man die Anteile der Arten zusammen, deren Pollen als besonders belastend für Allergiker gelten (Birke, Erle, Hasel) machen diese etwa 7% des Straßenbaumbestandes in den genannten Städten aus.

Andere Arten, die zusammen rund 40% des Bestandes bilden, schütten zwar allergene Pollen aus, jedoch sind gegen diese weniger Sensibilisierungen in Deutschland bekannt. Das Bild würde sich jedoch dramatisch ändern, wenn in Zukunft auch die in den Städten überwiegend verwendeten Baumarten wie Linden (*Tilia spec.*), Ahorne (*Acer spec.*) und Platane (*Platanus x hispanica*) durch ihre Pollen verstärkt Allergien auslösen könnten.

Seit vielen Jahren gibt der AK Straßenbäume der GALK-DST in regelmäßigen Abständen eine Verwendungsempfehlung für Straßenbäume heraus. Diese Empfehlungen basieren auf häufig mehrjährigen Erfahrungen mit den gelisteten Arten und Sorten in einzelnen Städten. Aufgeführt sind hier neben Wuchshöhe und –breite, die spezifischen Standortansprüche und eine kurze Beschreibung der Arten sowie ihre Eignung und Verwendbarkeit für den städtischen Straßenraum. Die derzeit aktuelle Straßenbaumliste stammt aus dem Jahr 2006 (GALK-DST 2006). Sie enthält keine Hinweise zu möglichen Pollenbelastungen relevanter Arten. Eine ähnliche Straßenbaumliste gibt auch das GARTENBAU- UND LANDWIRTSCHAFTSAMT DER STADT ZÜRICH (2001) heraus (s. Anhang 7), jedoch wird hier bereits als Verwendungshinweis zusätzlich auf pollenallergologisch relevante Arten verwiesen.

Bund Deutscher Baumschulen

Nach Aussage des Vertreters des Bundes Deutscher Baumschulen spielte das Thema Allergiepotential von Gehölzen bislang keine Rolle im Zusammenhang mit der Nachfrage und der Sortimentsentwicklung der Baumschulen (SCHWARZ 2008, mündlich). Als problematisch und unrealistisch wird ein genereller Verzicht auf allergene Arten angesehen, insbesondere dann, wenn es sich dabei um heimische Gehölzarten der natürlichen Vegetation bzw. der Kulturlandschaft handelt. Sortimentsanpassungen aufgrund neuer Erkenntnisse werden in Zukunft jedoch genauso für möglich gehalten wie diese bereits angesichts der Folgen des Klimawandels in Angriff genommen werden.

8 Minderungsstrategien - neue Handlungsansätze und Empfehlungen

Wie in den vorangegangenen Kapiteln dargelegt wurde, stellt sich das Thema Allergien und Pflanze als ein überaus komplexes Wirkungsgefüge dar, dessen einzelne Faktoren jeweils vielen Einflüssen unterliegen. Dabei konnten viele Zusammenhänge aufgezeigt und geklärt werden; bei anderen besteht noch interdisziplinärer Klärungs- und Forschungsbedarf (vgl. Kap. 9, S. 64)

Insofern kann es nicht verwundern, wenn als Ergebnis dieser Forschungsstudie kein umfassender Katalog an Handlungsansätzen und Empfehlungen formuliert werden kann, der die Belastungen für Pollenallergiker sofort, deutlich und nachhaltig mindert. Nicht zuletzt bedeutet auch die Fokussierung der Aufgabenstellung auf Belastungen, die von Gehölzpollen ausgehen, eine Einschränkung, die den tatsächlichen Problemen der Betroffenen nicht gerecht wird.

Neben den vielfach diskutierten und propagierten Karenzempfehlungen, die sich auf Schutz- und Verhaltensmaßnahmen Betroffener beziehen (vgl. KÜNKELE 1994), die hier nicht weiter vertieft werden sollen, spannt sich der Bogen von Vorschlägen von konkreten Ansätzen der Gehölzverwendung über weitere freiraumplanerische Möglichkeiten bis hin zu Vorschlägen auf der Ebene der Bauleitplanung. Voraussetzung für die Wirksamkeit und Akzeptanz aller Vorschläge und Maßnahmen ist jedoch eine weitere Schärfung des Problembewusstseins auf allen Ebenen durch politische Aktionen (vgl. hierzu den im März 2007 vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vorgestellten Aktionsplan gegen Allergien) sowie durch gezielte Information und Aufklärung über aktuelle Medien und konkrete Anschauungsobjekte.

8.1 Empfehlungen aus der Sicht der Gehölzverwendung

Aus der Sicht der Gehölzverwendung sollen zunächst unterschiedliche Stufen des Verzichts auf allergene Gehölzarten, eine differenzierten Artenwahl und die Erweiterung des Sortiments an unbedenklichen Arten, Sorten und Hybriden durch Einführung oder Züchtung vorgeschlagen und kritisch diskutiert werden.

Vollständiger Verzicht auf allergene Gehölze im besiedelten Raum

Der immer wieder von Allergologen, Medizinern und Betroffenen geforderte Verzicht auf alle allergologisch relevanten Arten (vgl. hierzu auch KÜNKELE, 1994:105) erweist sich nicht nur als utopisch, vor allem wenn man auch die dann auch notwendige Beseitigung der bereits vorhandenen Bestände mit einbezieht. Gegen einen durchschlagenden Erfolg sprechen auch folgende Argumente:

- Viele der vor allem relevanten windblütigen Gattungen wie Birken (*Betula spec.*), Hasel (*Corylus spec.*), Erlen (*Alnus spec.*), Pappeln (*Populus spec.*), aber auch windblütige Nadelgehölze wie Eibe (*Taxus spec.*) und Kiefern (*Pinus spec.*) sind in vielen Teilen Deutschlands Bestandteil der Heutigen Potentiellen Natürlichen Vegetation (HPNV) und prägende Elemente der Kulturlandschaft.
- Die Folgen für den Naturhaushalt durch den Wegfall Lebensräumen und Nahrungsquellen sind ungeklärt.
- Die Positionen über die Reichweiten von Pollen unterschiedlicher Arten gehen in der Literatur weit auseinander (vgl. hierzu Kap. 5.1, S. 22). So meint OGREN, dass über 99% der Birkenpollen in einen Umkreis von rund 6 Metern niedergehen (OGREN, 2000:14), während aus anderen Quellen hervorgeht, dass Birkenpollen bis zu 1000 Kilometer weit transportiert werden können. Der Ferntransport aus der freien Landschaft könnte daher das lokale Defizit kompensieren.

Eingeschränkter, bzw. lokal begrenzter Verzicht auf allergene Gehölze

Sicherlich stellt der **gezielte Verzicht auf bestimmte, besonders exponierte Arten** wie die Birken (*Betula spec.*) und die Haseln (*Corylus spec.*) bei Neupflanzungen eine Möglichkeit dar, die lokale Pollenproduktion einzuschränken. Dieser Ansatz wird zum Beispiel bei der Neuausweisung von Baugebieten in der Stadt Paderborn durch entsprechende Festsetzungen in Bebauungsplan bereits praktiziert (CHRISTELEIT 2008, mündlich) und könnte grundsätzlich auch als Empfehlung für andere Städte und Gemeinden gelten. Ob die dadurch erzielte Reduktion der lokalen Pollenproduktion aber ausreicht, den Pollengehalt in der Luft so weit zu senken, dass die kritische Schwelle der Sensibilisierung nicht erreicht wird, erscheint überaus fragwürdig. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund der Befunde aus Bad Lippspringe, wonach auf einem vegetationsarmen Stadtplatz ähnlich hohe Pollenkonzentrationen gemessen wurden wie in einem durch Gehölze und Stauden bestimmten Stadtpark (SEYFANG et al. 2005).

Allerdings darf ein wichtiger Effekt bei dieser Strategie nicht außer Acht gelassen werden. Ähnlich wie bei der Belästigung durch Lärm, die als weniger störend empfunden wird, wenn die Lärmquelle nicht sichtbar ist, kann auch vermutet werden, dass die Beeinträchtigungen als nicht so gravierend empfunden werden, wenn die Pollenquelle nicht direkt erkennbar ist.

Vor diesem Hintergrund ist auch der **lokal begrenzte Verzicht** auf allergene Gehölze zu diskutieren. Sicherlich macht es Sinn, im Zusammenhang mit der Planung und Bepflanzung von Freiräumen an speziellen Einrichtungen wie Krankenhäusern, Sanatorien, Kurhäusern, Kindergärten oder Altenheimen auf allergene Arten zu verzichten und die z.B. von HUNTINGTON formulierten Prinzipien eines allergiereduzierten Außenraumes umzusetzen (HUNTINGTON 1999). Dies gilt selbstverständlich auch für den privaten Garten. Bei dieser Minderungs-

strategie steht aber auch weniger die objektiv messbare Minimierung der Pollenbelastung in der Luft im Vordergrund, als vielmehr die Schaffung von psychologisch allergiefreien Zonen, die sich sicherlich auf das Wohlbefinden der Betroffenen positiv auswirkt.

Auswahl von Ersatzgehölzen und neue Sortimente

Bei der **Auswahl von Ersatzgehölzen**, deren Pollen für den Allergiker gar nicht oder weniger belastend sind, kann zunächst auf die von OGREN aufgestellten Kriterien zurückgegriffen werden (vgl. Kap. 7, S. 41). Bei einem Vergleich seiner Klassifizierung einzelner Arten mit anderen Quellen konnten jedoch teilweise unterschiedliche Einschätzungen der Sensibilisierungspotenz und der allergenen Wirkung festgestellt werden (vgl. Anhang 8). Eine systematische und widerspruchsfreie Einteilung eines größeren Sortiments von Gehölzen liegt daher noch nicht vor. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung könnte die Ergänzung künftiger Straßenbaumlisten der GALK-DST um allergologisch relevante Daten und Fakten sein. Das gleiche gilt für die Sortimentskataloge der Baumschulen, die um Hinweise zur allergologischen Bedeutung der Gehölze ergänzt werden müssten.

Ein grundsätzliches Problem bei der Fokussierung auf wenige Ersatzgehölze besteht darin, dass diese im Lauf der Zeit ebenfalls zu Problemgehölzen werden können. So ist z.B. nach WACHTER (2008b) im Raum Weser-Ems auch die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) als eine „Problembaumart“ anzusehen, da sie in dieser Region häufig anzutreffen ist und die Eichenpollenkonzentration in der Luft dort entsprechend hoch ist. Aus diesem Grund leidet die dort lebende Bevölkerung, auch häufiger an einer Allergie gegen Eichenpollen als in anderen Regionen.

Auch GEHRIG (2008b) schließt nicht aus, dass Gehölze, die bislang für Allergiker in Mitteleuropa und der Schweiz weniger oder gar nicht problematisch waren in Zukunft kritischer betrachtet werden müssen. So sind Platanenpollen (*Platanus x hispanica*) zwar im Mittelmeergebiet als allergieauslösend bekannt, ebenso wie Ölbaumpollen (*Olea europaea*) und Pollen von Zypressen (*Cupressus sempervirens*); allerdings stellen diese Arten in der Schweiz bislang noch kein großes Problem dar. Dies könnte sich allerdings bei häufigerer Verwendung in Zukunft ändern.

Bei der Suche nach neuen Arten und Sorten zur **Erweiterung der Sortimente** von Gehölzen für Allergiker sollte ein besonderes Augenmerk auf Arten und Sorten mit ausschließlich weiblichen Blüten gelegt werden. Allerdings ist die Zahl der Gattungen begrenzt, die eindeutig zweihäusig sind, also männliche und weibliche Blüten jeweils auf unterschiedlichen Individuen tragen (vgl. Kap. 4, S. 18).

Beispiele für zweihäusige Arten sind Weiden (*Salix spec.*), Pappeln (*Populus spec.*), Eiben (*Taxus spec.*), Ginkgo (*Ginkgo biloba*), Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*), Ölweiden (*Elaeagnus spec.*), Stechpalme (*Ilex spec.*), Strahlengriffel (*Actinidia spec.*) und der Papiermaulbeerbaum (*Broussonetia papyrifera*).

In diesen Fällen kann jeweils grundsätzlich auf weibliche Individuen zurückgegriffen werden, wenn von den genannten Arten eine allergologische Belastung ausgeht und/oder kein Fruchtbesatz gewünscht wird. Bei Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*) stellt der Fruchtbesatz allerdings ein wesentliches Verwendungsmerkmal.

Daneben gibt es jedoch auch eine Reihe von Gattungen und Arten, die jeweils unterschiedliche Formen der Blütenorganisation aufweisen. So gibt es z.B. bei der Gattung Ahorn (*Acer*) sowohl zwittrige als auch getrennt geschlechtlich einhäusige Arten und Sorten. Verbreitet sind bei den Ahornen auch Reduktionserscheinungen in der Blüte wie z.B. der Verlust eines Staubblattkreises, vor allem aber Eingeschlechtlichkeit (FITSCHEN 2002: 74-1). Ahorn Arten, die auch weibliche Individuen ausbilden sind z.B.: Hainbuchen-Ahorn (*Acer carpiniifolium*), Eschen-Ahorn (*Acer negundo*), Rot-Ahorn (*Acer rubrum*) und Silber-Ahorn (*Acer saccharinum*). Bei den aus diesen Arten selektierten Sorten ist jeweils genau darauf zu achten, ob es sich dabei um weibliche oder männliche Formen handelt. So weist OGREN (2000:37) in seiner Auflistung allein 10 Sorten von Rot-Ahorn (*Acer rubrum*) auf, die dem weiblichen Typ entsprechen und 8 Sorten, die männlich sind. Auch von der Hybride Herbst-Flammen-Ahorn (*Acer x freemantii*) (*A. rubrum* x *A. saccharinum*) listet OGREN jeweils eine Reihe weiblicher als auch männlicher Sorten auf. Im aktuellen Sortimentskatalog 2007/2008 von BRUNS wird dagegen lediglich eine Sorte des Herbst-Flammen-Ahorn (*Acer x freemantii* 'Autumn Blaze') angeboten, die auf einen männlichen Typ zurückgeht.

Gerade bei Gehölzgattungen, die in ihrer Blütenorganisation mehr oder weniger variabel sind, bieten sich durch gezielte Auslese weiblicher Typen und ggf. auch durch Züchtungen und Hybridisierung mit weiblichen Individuen gute Möglichkeiten, das gängige Gehölzsortiment um eine beträchtliche Anzahl von Gehölzen zu erweitern, die für den Pollenallergiker keine unmittelbare Belastung darstellen. Dies trifft neben einigen Ahornarten (*Acer spec.*) z. B. auch auf Eschen (*Fraxinus spec.*), Maulbeerbäume (*Morus spec.*) und Stechpalmen (*Ilex spec.*) zu.

Darüber hinaus könnte eine stärkere Berücksichtigung von Gehölzen mit gefüllten, halbgefüllten und meist sterilen Blüten im Sortiment das Angebot für eine allergiereduzierte Bepflanzung von Gärten und Grünanlagen erweitern.

Ein erster Schritt hierzu wäre, die Sortimente in anderen europäischen Ländern (Niederlande, Groß Britannien), aber vor allem auch in den USA daraufhin zu prüfen, welche allergieneutralen Arten und Sorten dort bereits in Kultur sind und ob diese auch bei uns angeboten werden könnten. Im Weiteren müssten dann gezielte Auslese- und Züchtungsaktivitäten initiiert werden, die auch Arten mit einschließen, die bislang nicht in den gängigen Baum-schulsortimenten zu finden sind.

8.2 Empfehlungen und Maßnahmen aus freiraumplanerischer und vegetationstechnischer Perspektive

Die Empfehlungen und Maßnahmen aus freiraumplanerischer und vegetationstechnischer Perspektive beschränken sich im Wesentlichen darauf, die vorhandene Pollenbelastung in der Luft kleinräumig durch ein System von Sedimentationsflächen zu reduzieren und durch technisch-gestalterische Maßnahmen kleinklimatisch günstige Bedingungen zu schaffen, die dem Allergiker den Aufenthalt im Freien zumindest zeitweise erleichtern.

Schaffung von Sedimentationsflächen durch horizontale und vertikale Vegetationsflächen

Über die Fähigkeit unterschiedlicher Vegetationselemente und unterschiedlich strukturierter Vegetationsoberflächen, Pollen aus der Luft zu binden und festzuhalten, gibt es bisher nur wenige gesicherte Hinweise. So warnt zwar HUNTINGTON (1999: 50) vor Rasenflächen im Garten, insbesondere dann, wenn die Arten zum Blühen kommen. Aber auch durch das regelmäßige Mähen würden Pollen und Sporen anderer Pflanzen wieder aufgewirbelt werden. Selbst vertikale Elemente wie Hecken geben einen Teil der an ihnen abgelagerten Pollen bei Schnitтарbeiten wieder ab: Sie stellen offenbar einen idealen Sammelplatz für Pilzsporen und Pollen dar, die aber teilweise dann wieder freigesetzt werden, wenn die Hecken geschnitten werden (HUNTINGTON 1999:54). Als gesichert kann daher gelten, dass sowohl vertikale als auch horizontale Vegetationselemente Sedimentationsmöglichkeiten für Pollen bieten, die dadurch der Luft entzogen werden. Dieser Sachverhalt wird auch durch Ergebnisse der Untersuchung von SEYFANG et al. (2005) gestützt, wonach auf einem fast vegetationsfreien Stadtplatz teilweise eine höhere Pollenbelastung festgestellt werden konnte als in einer Parksituation mit Bäumen, Sträuchern, Stauden- und Rasenflächen. Über die Filterleistung von Bäumen und Sträuchern bei Stäuben liegen verschiedene Ergebnisse aus der Literatur vor, die von KAPPIS et al. (2007: 114 ff.) zusammengetragen und diskutiert wurden. Abgesehen davon, dass sich die Befunde als sehr heterogen darstellen, ist zu klären, inwieweit hier direkte Analogien zur Filterleistung bei Pollen bestehen.

Die Feststellung von ZENS (2006) zit. in KAPPIS et al. (2007: 122), dass ungemähte Wiesen- und Rasenflächen mit einer großen Arten- und Formenvielfalt eine höhere Filterleistung bezüglich des Gesamtstaubes zeigen als gemähte Rasenflächen, hilft bei den Überlegungen zur Reduzierung der Pollenbelastung nicht weiter, da solche Flächen selbst Pollenquellen darstellen. Überlegungen müssten vielmehr in die Richtung gehen, Vegetationselemente mit folgenden Eigenschaften einzusetzen:

- Extensiv in Pflege und Unterhaltung, d.h. keine regelmäßigen Pflegeeingriffe notwendig.
- Keine oder geringe eigene Pollenproduktion.

- Große Oberflächen mit differenzierter formenreicher Struktur zur dauerhaften Bindung von Pollen.
- Weitgehend standortunabhängige Einsatzmöglichkeiten sowohl bodengebundenen, als auch auf künstlichen gebauten Oberflächen.
- Vertikale und horizontale Verwendung möglich, z. B. im Dach- und Fassadenbereich.

Ansätze in dieser Richtung stellen verschiedene Systeme dar, wie sie bereits in der Dachbegrünung seit längerem eingesetzt werden. Denkbar sind jedoch auch neue spezielle Entwicklungen und weitere Szenarien für den Einsatz als dauerhafte Sedimentationsflächen für Pollen. Ein viel versprechender Ansatz in dieser Richtung stellen sog. **Moosmatten** dar, die von Wolfgang Behrens Systementwicklung Groß Ippener initiiert und mittlerweile von der Firma COLBOND unter dem Produktnamen „Enka-Moss“ vertrieben werden (COLBOND BV (2008)). Bei den Moosmatten handelt es sich um ein System aus drei Komponenten: einer Filamentstruktur, Moosprossen und einem Speichervlies. Moosmatten erfüllen weitestgehend die oben genannten Kriterien. Zusätzlich konnte nachgewiesen werden, dass Moosflächen mit ihrer großen Oberfläche, die negativ geladen ist, nicht nur Feinstäube binden, sondern diese auch durch Bakterien zu Biomasse umsetzen (FRAHM 2007). Inwieweit dieser Prozess auch bei Pollen funktioniert, bedarf noch der Klärung. Die Einsatzmöglichkeiten von Moosmatten stellen sich als durchaus vielfältig dar. Sie sind als bodengebundene Begrünungsform im Straßenbegleitgrün, aber auch zur Gestaltung von Moosflächen in Grünanlagen zu verwenden. Da Moose im Gegensatz zu höheren Pflanzen keine Wurzeln haben, nehmen sie ihre Nährstoffe aus der Luft über ihre Oberfläche auf. Sie können daher auch an extremen Standorten ohne Bodenanschluss gedeihen. Daher ist eine Vielzahl von Verwendungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit der Bauwerksbegrünung (Dächer, Fassaden), aber auch als gestaltete, vertikale oder horizontale Vegetationselemente in städtischen Freiräumen auch in Kombination mit Wasseranlagen denkbar. Über die vielfältigen Möglichkeiten der Verwendung von Moosen allgemein und ihre Kulturansprüche finden sich neuerdings zahlreiche Informationen bei FRAHM (2008).

Neben den neuartigen Moosmatten kommen aber auch noch andere extensive Vegetationssysteme in Betracht wie z. B.

- Begrünungen mit Sedum-Arten und anderen Sukkulenten.
- Kombinierte Moos-Sedum-Begrünungen.
- Vorkultivierte Staudenmatten (BOUILLON, 2005).

Weitere Möglichkeiten, modulare Vegetations- und Pflanzsysteme mit jeweils unterschiedlichen Artenkombinationen im öffentlichen Bereich einzusetzen, werden zur Zeit in Zusam-

menarbeit mit Wolfgang Behrens Systementwicklung am Fachgebiet Freilandpflanzenkunde und Pflanzenverwendung an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe untersucht.

Technisch-gestalterische Maßnahmen

Als Alternative oder ergänzend zu unterschiedlichen vertikalen und horizontalen Vegetationselementen können auch technische Anlagen oder Installationen die Bedingungen für den Aufenthalt im Freien für Pollenallergiker verbessern. Hierzu zählen insbesondere Anlagen und Installationen mit Wasser aller Art, die die Luftfeuchtigkeit lokal erhöhen und damit zur Bindung oder Sedimentation von Pollen in der Luft beitragen. So haben NAGEL, SCHONHOFF und Partner bei der Umgestaltung des Arminiusparks in Bad Lippspringe eine Reihe von Nebelsäulen installiert, die sowohl als Gestaltungselemente wirken, als auch kleinräumig zur Entlastung von Pollenallergikern beitragen sollen (siehe Abb. 17).



Abbildung 17: Nebelsäulen im Kommunikationspark in Bad Lippspringe

Vor dem Hintergrund, dass es darüber hinaus keine gängigen Interpretationen des Themas „Allergien und räumliche Planung“, geschweige denn ein konsensfähiges Repertoire von praktischen Umsetzungen in freiraumplanerisches Handeln und Gestalten gibt, geben die Ergebnisse eines Workshops in Bad Lippspringe (REESE-HEIM, SCHITTEK & SEYFANG 1998)

kreative Antworten und Denkanstöße auf Fragen, die zunächst anders gestellt wurden. Dabei ging es den Teilnehmern ohne den Druck der unmittelbaren Umsetzung und Verwertung der Ergebnisse vor allem darum, „das Bewusstsein für einen positiven Umgang mit dem Thema Allergien zu sensibilisieren und Wege aufzuzeigen, die den Rahmen pädagogisch geprägter Planungskonzepte sprengen und das positive sinnliche Erlebnis im Freiraum und Park in den Mittelpunkt stellen“ (SEYFANG 1999: 30f.). Die Abbildung 18 zeigen beispielhaft einige Ergebnisse des Workshops „Birkendusche“ und „Anti-Pollen-Stollen“.

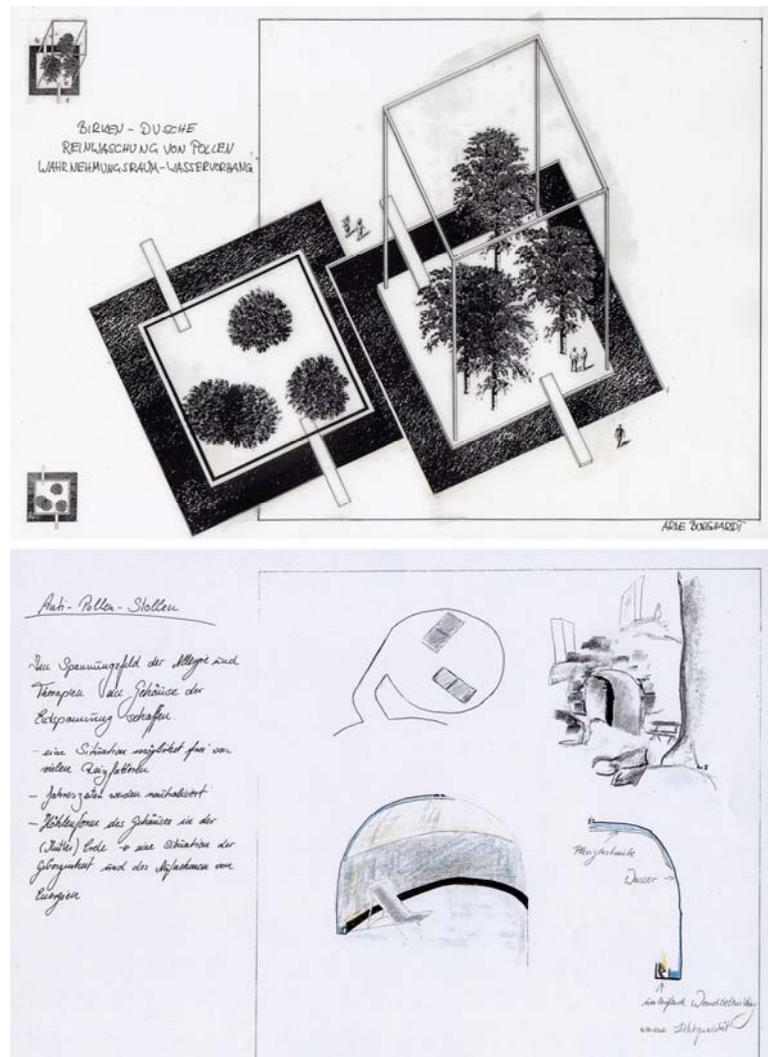


Abbildung 18: „Birkendusche“ und „Anti-Pollen-Stollen“ – Zwei Workshop-Ideen zur Minimierung der Belastungsintensität für Pollinotiker

8.3 Empfehlungen und Maßnahmen auf der Ebene der Bauleitplanung

Diese Empfehlungen treffen in erster Linie nur auf Regionen zu, die sich durch ausreichende Reliefunterschiede auszeichnen. In Deutschland sind dies alle Bereiche südlich der Mittelgebirgsschwelle. Bei sommerlichem Schönwetter entwickeln sich hier vorzugsweise in den Abend- und Nachtstunden lokale und regionale Windströmungen, die den Transport der Gehölzpollen maßgeblich beeinflussen, wie in zahlreichen Stadtklima-Untersuchungen nachgewiesen wurde (vgl. u. a. BAUMÜLLER et. al. (2007), BANGERT (2000 und 2008c).

Auf der Flächenutzungs-Planebene lassen sich Ventilationsbahnen ausweisen, die die natürlichen Luftströmungen aufnehmen. Daraus ist als planerische Konsequenz abzuleiten, die Quellgebiete dieser Luftströmungen möglichst frei von allergieauslösenden Gehölzen zu halten. Meteorologische Ausbreitungsmodelle lassen bei Kenntnis der tatsächlich gemessenen Windverhältnisse eine sehr gute Prognose zu. Durch umfassende Grünzüge, die im Idealfall miteinander vernetzt, aber weitgehend frei von allergieauslösenden Gehölzen sind, lassen sich allergiereduzierte Zonen optimieren. Besonderen Stellenwert bekommen diese Maßnahmen dadurch, dass die beschriebenen Windsysteme in den Abend- und Nachtstunden auftreten, die von der Bevölkerung nach warmen Sommertagen bevorzugt zum Lüften ihrer Wohn- und Schlafräume genutzt werden. Tagsüber funktionieren diese Windsysteme aufgrund von Thermik in entgegen gesetzter Richtung, d. h. stadtauswärts: Die nachströmende Luft stammt zum größten Teil aus Luftschichten in größerer Höhe, in denen der Gehalt allergieauslösender Pollen durch die jeweilige Hauptwindrichtung und somit durch den Ferntransport beeinflusst ist.

Auf der Bebauungsplan-Planebene sind lokale Windsysteme bestimmend, deren Ausprägung sich allerdings im Hochsommer auf sehr windarme Wetterlagen beschränkt. Ihre Ursachen sind kleinräumige Temperaturunterschiede und die daraus resultierenden Luftbewegungen. Auch hier gilt, dass die Luft von kühleren Oberflächen in Richtung überwärmter Gebiete fließt. Dies bedeutet tagsüber Strömungen von lokalen Grünflächen in die angrenzende Bebauung. Diese lassen sich durch lokale planerische Maßnahmen beeinflussen: Sind die Grünflächen überwiegend mit Gehölzen bestanden, die für den Allergiker problematisch sind, unterbindet man durch eine arrondierende Bepflanzung oder andere Barrieren das Ausfließen von pollenbelasteter Luft. Luftschneisen (Straßenzüge), die radial von der Grünfläche weg verlaufen sind dann zu bevorzugen, wenn die Grünfläche weitgehend frei von allergieauslösenden Gehölzen ist. Die Reichweite solcher Effekte beträgt allerdings vielfach nur wenige 10 Meter, im Optimalfall einige 100 Meter.

Dabei ist im konkreten Fall abzuwägen, welche Maßnahmen kurz- und mittelfristig die größtmöglichen positiven Effekte bringen. Grundsätzlich steht für planerische und gestalterische Veränderungen auf der Ebene von Bebauungsplänen ein umfangreicheres und ökonomisch vertretbares Repertoire in Form von textlichen und zeichnerischen Festsetzun-

gen, z. B. von Gehölzen und sonstigen Pflanzungen, als auf der Ebene des Flächennutzungsplanes zur Verfügung.

8.4 Aufklärung und Information

Da es sich gezeigt hat, dass das Repertoire an Vermeidungs- und Minderungsstrategien begrenzt und diese in ihrer Effektivität nicht immer präzise eingeschätzt werden können, ist es umso wichtiger, durch gezielte Aufklärung und Information auf unterschiedlichen Ebenen - von der Info-Broschüre in den Baumschulen und Gartencentern bis hin zu wissenschaftlichen Tagungen – in der breiten Öffentlichkeit ein Problembewusstsein zu erzeugen, das einen rationalen Umgang mit der Thematik ermöglicht. Notwendig hierzu sind sicherlich auch Formen der gezielten und räumlich begrenzten Präsentation von Allergiepflanzen mit entsprechenden Erläuterungen, wie dies in den Allergologischen Gärten im Kommunikationspark Bad Lippspringe (BOISON, BOUILLON & SEYFANG 2003) umgesetzt wurde. Analog zur Diskussion der Verwendung von Giftpflanzen im öffentlichen Raum, die zunächst auch bestimmt war durch radikale Verzicht- und Vermeidungsstrategien, sollte auch bei Pollenproblematik räumlich differenzierten Strategien und Handlungsansätzen vorrangig mit dem Ziel verfolgt werden, die eigentlichen Ursachen und nicht nur die Symptome zu bekämpfen.

9 Forschungsbedarf

Das Themenfeld „Allergien durch Pollen, speziell Gehölzpollen im öffentlichen Freiraum und Möglichkeiten ihrer Vermeidung oder Reduzierung“ hat sich als sehr komplexes Wirkungsgewebe auf unterschiedlichen Maßstabsebenen erwiesen (vgl. Kap. 6, S. 36). Dabei konnten an vielen Stellen immer wieder Wissenslücken und teilweise auch Widersprüche aufgezeigt werden. Häufig finden sich auch auf scheinbar einfache Fragen keine oder keine widerspruchsfreien Antworten (Wie weit fliegen Birkenpollen?). Es hat sich weiterhin gezeigt, dass viele Fragestellungen nur interdisziplinär erfolgreich bearbeitet werden können. Die Kooperation zwischen Medizinern (Allergologen), Meteorologen und Landschaftsarchitekten (speziell Pflanzenverwendern), die bislang mehr oder weniger isoliert für sich und mit unterschiedlicher Fokussierung und Intensität an der Problematik arbeiten, ist daher dringend erforderlich. Im Folgenden sollen stichwortartig einige Forschungslücken aufgezeigt und Fragen formuliert werden, deren Bearbeitung und Klärung entscheidend zur Verbesserung der Situation von Pollenallergikern beitragen könnte.

- Die Zusammenhänge zwischen der Allergenität (Sensibilisierungspotenz), den Sensibilisierungsraten und der Häufigkeit des Vorkommens eines Gehölzes in konkreten Situationen sind nicht hinreichend geklärt (vgl. Kap. 3.3, S. 13).
- Welche Faktoren bestimmen oder beeinflussen die Aggressivität von Pollen (Schadstoffe, Klima, morphologische Veränderungen)?
- Unter welchen Bedingungen (Häufigkeit des Vorkommens, Veränderung der Allergenität der Pollen) entwickeln sich neue Sensibilisierungen für Arten, die bislang allergologisch weitgehend bedeutungslos sind? (vgl. Kap. 3.3, S. 13)
- Weitgehend ungeklärt ist auch das Verhältnis der Pollenbelastung aus dem Ferntransport und der lokalen Pollenproduktion vor Ort (Grundbelastung) durch allergologisch relevante Gehölze. Bei welchen Gehölzen kann die Belastung aus dem Ferntransport vernachlässigt werden? Bei welchen überlagert der Ferntransport die lokale Belastung? Gibt es hier jeweils artspezifische Unterschiede? Notwendig sind daher verbesserte Ausbreitungsmodelle, die jeweils genauere Prognosen zur Ausbreitung von Pollen unterschiedlicher Arten von der Quelle ermöglichen.
- Es fehlen weitergehende raumbezogene Untersuchungen zur Pollenbelastung in Abhängigkeit von der pflanzlichen Ausstattung und weiteren Parametern (z.B. Kleinklima, bauliche Strukturen, Versiegelungen, Kaltluftschneisen, Grünsysteme und Topographie). Durch Untersuchungen könnten weniger belastete Aufenthaltsempfehlungen gegeben bzw. Möglichkeiten und Wege gefunden werden, warum ein Ort stärker und ein anderer schwächer belastet ist.

- Es existieren keine empirischen Belege dafür, dass sog. allergiefreie oder allergiereduzierte Gärten oder Zonen (vgl. HUNTINGTON 1999 und KLEMME 2004) tatsächlich Entlastungen für Pollenallergiker bringen.
- Analog zur Diskussion über die Filterleistung unterschiedlicher Vegetationselemente und –flächen im Zusammenhang mit Stäuben aller Art müssen diesbezüglich auch standardisierte Studien zur Klärung der Verminderung des Pollengehaltes durch Sedimentation, Festlegung etc. initiiert und durchgeführt werden.
- Bislang ist die Frage nach möglichen Unterschieden in der Allergenität der Pollen innerhalb von Gattungen, Arten und Sorten nicht eindeutig geklärt. Da Gehölzpollen mit den gängigen Analysemethoden nur bis auf Gattungsebene genau bestimmt werden können, ist nicht klar ob es sich z. B. bei Haselpollen um Pollen von der heimischen Hasel (*Corylus avellana*) oder der in SO-Europa heimischen Baum-Hasel (*Corylus colurna*) handelt, die bei uns häufig als städtischer Straßenbaum gepflanzt wird. Ähnliches gilt auch für Birken. So ist nicht bekannt, ob z. B. die Pollen der nordamerikanischen Papier-Birke (*Betula papyrifera*) oder die der japanischen Gold-Birke (*Betula ermanii*) ähnlich aggressive Pollen ausbilden wie die heimische Sand-Birke (*Betula pendula*). Ob Gartenformen und Züchtungen, soweit es sich nicht um weibliche Individuen handelt, ebenso viele allergische Pollen produzieren wie die Ausgangsarten wurde auch nach BEHRENDT (2005) bisher in keiner Studie festgestellt.
- Möglichkeiten der Pollenfilterung vor Ort durch Vegetation (Deoosition), insbesondere über den Winter neu entwickeln und bestehende auf ihre Effizienz untersuchen. Dieser Forschungsbedarf betrifft ebenfalls die Feinstaubproblematik.
- Ein wichtiges Kriterium ist die Verringerung von Umweltbelastungen, insbesondere des Feinstaubes, welcher die Allergenität der Pollen zusätzlich verstärken kann (allgemeines Grundproblem)
- Sollte sich die Strategie der Vermeidung von Gehölzen mit allergenen Pollen im Siedlungsraum und deren Ersatz durch weniger belastende Arten als erfolgreich auf nachweisbare Entlastungen für den Pollenallergiker erweisen, eröffnet sich für Pflanzenproduzenten, Züchter und Genetiker ein weites Feld der Auslese, Züchtung und unter Umständen auch gentechnischer Manipulationen mit dem Ziel, Sortimente an Gehölzen anbieten zu können, die für Pollenallergiker unbedenklich sind.

10 Fazit

Allergien stellen insgesamt eine zunehmende Herausforderung für unsere Gesellschaft da. Allein die in den letzten Jahren beobachtete Entwicklung, dass die Pollenflugzeiten über das Jahr sich deutlich verlängern, führt praktisch dazu, dass Pollenallergiker, die sowohl auf Gehölzpollen als auch auf Gras- und Kräuterpollen allergisch reagieren, fast kaum noch belastungsfreie Phasen im Jahr haben. Analog zur aktuellen Diskussion und den Aktivitäten zur Reduzierung der Feinstäube in der Luft sollte daher ein umfassendes interdisziplinäres Aktions- und Forschungsprogramm initiiert werden, das auch Synergieeffekte, die sich aus ähnlich gelagerten Problemstellungen ergeben, nutzen kann.

Dies gilt insbesondere für die Fragen des Pollentransports in Abhängigkeit von meteorologischen, topographischen und artspezifischen Parametern als auch der Möglichkeiten der Filterung und Bindung von Pollen durch entsprechende Grünsysteme und Vegetationselemente.

Vor dem Hintergrund der sicherlich begrenzten Wirkung von Strategien und Handlungsansätzen zur Minderung der Pollenbelastung aus der Perspektive der Planung und Pflanzenverwendung müssen daher in Zukunft verstärkt auch andere Möglichkeiten der Prävention, wie z. B. Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffbelastung in der Luft und neue medizinische Therapieansätze erforscht und umgesetzt werden .

11 Literaturverzeichnis

- BANGERT, H. (2000): Klimaanalyse Bad Lippspringe. Unveröffentlichtes Gutachten, Paderborn.
- BANGERT, H. (2008a): Windverhältnisse in Bad Lippspringe – eine Suche nach dem Polleneintrag aus der Ferne - Vortrag im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe, unveröff. Manuskript, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter.
- BANGERT, H. (2008b): Mündliche Mitteilung im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe.
- BANGERT, H. (2008c): Klimaanalyse Hof/Bayern. Unveröffentlichtes Gutachten, Paderborn.
- BARNES, C., PACHECO, F., LANDUYT, J., HU, F. & PORTNOY, J. (2001): The effect of temperature, humidity and rainfall on airborne ragweed pollen concentrations. *Aerobiologia* **17**: 61–68.
- BAUER, J. (2005): Information der GALK-DST, Sitzung des Arbeitskreises Stadtbäume der GALK vom 18. bis 19. Oktober 2004 in Köln. *Bäume und Allergien. Stadt+Grün* **54** (1): 2.
- BAUMÜLLER, J., HOFFMANN, U. & REUTER, U. (2007): Städtebauliche Klimafibel online. Hinweise für die Bauleitplanung. www.staedtebaulicheklimafibel.de, 21.11.2007.
- BEHRENDT, H. (2005): Stellungnahme zum Projekt – Allergiepotential in öffentlichen Grünanlagen. Unveröffentlichtes Manuskript, München.
- BEHRENDT, H., KRÄMER, U. & RING J. (2002): Faktor Umwelt. Allergien – eine Umwelterkrankung. *Mensch + Umwelt spezial. Ein Magazin des GSF -Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit in der Helmholtz-Gemeinschaft* **15**: 34-41.
- BEISMANN, H. & BRÜNGER, H. (2005): Gemeinsames Fachgespräch des VDI-Kompetenzfeldes Biotechnologie und der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Probenahmedesign für ein Pollen-Monitoring von genetisch veränderten Pflanzen – Entwicklungs- und Standardisierungsbedarf. VDI-Kompetenzfeld Biotechnologie, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf.
- BERGMANN, K.-C. [Hrsg.] (1994): 3. Europäisches Pollenflugsymposium 4. – 6. Februar 1994 in Bad Lippspringe. Vorträge und Berichte. Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst. Bad Lippspringe.
- BERGMANN, K.-C. (2001): Heuschnupfen, Pollenasthma und pollenassoziierte Nahrungsmittelallergien. In: WINKLER et al. (2001): 16.
- BERGMANN, K.-C. (2008a): Mündliche Mitteilung auf dem Pollenflugsymposium am 29.03.08.

- BERGMANN, K.-C. (2008b): Interview zur Pollensaison. In: Tagesschau.de. Rundfunk Berlin-Brandenburg. 19.02.2008, 06:47 Uhr. Aufzeichnung.
<http://213.200.64.229/tagesschau/download/2008/0220/AU-20080220-0701-3101.mp3>.
22.08.2008.
- BOISON, Y., BOUILLON, J. & SEYFANG, V. (2003): Allergien und Pflanzenverwendung – Allergologische Gärten im Kommunikationspark Bad Lippspringe. *Gartenpraxis* **29**, (4): 37-42.
- BOUILLON, J. M. (2005): Entwicklung und Optimierung von vorkultivierten Staudenmatten für bodengebundene Begrünungen im urbanen Grün. Beiträge zur räumlichen Planung 78. Institut für Grünplanung und Gartenarchitektur, Universität Hannover.
- BRUNS, J. [HRSG.] (2007): Bruns Pflanzen Sortimentskatalog 2007/08, Bad Zwischenahn.
- CHRISTELEIT, S. (2008): Mündliche Mitteilung in der Expertenrunde am 31.03.2008 in Bad Lippspringe.
- CLOT, B. (2005): Phänologie und Pollen. In: Schweizer phänologischer Rundbrief Phänologie-Kreis Schweiz [Hrsg.] 2006/2007, Nr.6: 1.
- COLBOND BV (2008): Enka®-Moss: Die Moosmatte zur Feinstaubreduzierung:
<http://www.moosmatten.de/produkte/aufbau.html> 20.08.2008.
- DEUTSCHER BUNDESTAG [Hrsg.] (1999): Unterrichtung durch die Bundesregierung -Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen Umwelt und Gesundheit Risiken richtig einschätzen. Bonner Universitäts-Buchdruckerei, Bonn.
- FRAHM, J.-P. (2007): Moose reduzieren die Feinstaubbelastung. Presseinfo Universität Bonn
02.08.2007:
<http://www1.unibonn.de/pressDB/jsp/pressemitteilungsdetails.jsp?detailjahr=2007&detail=252>
22.08.08.
- FRAHM, J.-P. (2008): MIT Moosen begrünen. Gärten, Dächer, Mauern, Terrarien, Aquarien, Straßenränder. Weissdorn-Verlag Jena.
- FISCHER, B. (2007): Von der Strategie des Pollens. *aha!news*, 2006 (1): 20.
- FITSCHEN, J. (2002): Gehölzflora – mit Knospen- und Früchteschlüssel. Bearb. Von Franz H. Meyer – 11. Auflage. Quelle und Meyer, Wiebelsheim.
- FREI, T. & WÜTHRICH, B. (1997): das nationale Pollenmessnetz in der Schweiz auf dem Hintergrund epidemiologischer Entwicklung zu Pollenallergie. In: Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst [Hrsg.] (1997): 4. Europäisches Pollenflug-Symposium, Vorträge und Berichte. Bad Lippspringe.

- GALK-DST (Ständige Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag [Hrsg.] (2006):
Straßenbaumliste der ständigen Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag,
Stand: Juni 2006. *Stadt und Grün* **55** (7): 56-63.
- GALK-DST (Ständige Konferenz der Gartenamtsleiter beim Deutschen Städtetag [Hrsg.] (2008):
Informationen der GALK-DST, GALK-Arbeitskreis Stadtbäume. In: *Stadt+Grün* **57** (1): 3-4.
- GARTENBAU- UND LANDWIRTSCHAFTSAMT DER STADT ZÜRICH (2001): Straßenbaumliste - empfohlene
Baumarten April 2001.
- GEHRIG, R. (2008a): mündl. Mitteilung in der Expertenrunde am 31.03.2008.
- GEHRIG, R. (2008b): Hinweise auf den Transportweg von Gehölzpollen – Resultate aus dem Schweizer Pollenmessnetz - Vortrag im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe, unveröff. Manuskript, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter.
- GIEßEN, H. (2006): Mehr Allergien durch aggressive Pollen. Pharmazeutische Zeitung online, 2006, 09,
Govi-Verlag, Pharmazeutischer Verlag GmbH.
- GINER, M.M., GARCIA CARRION, J. S., CAMACHO NAVARRO, C., LLOPIS ORTS, L., ESPIN GEA, A., SAEZ SOTO, F. & GARCIA SELLES, J. (2001): Polen y Alergias – guía de las plantas de pollen alergógeno de la Región de Murcia y España. Diego Marin. Murcia.
- GREVERS, G. & RÖCKEN, M. [Hrsg.] (2001): Taschenatlas der Allergologie – Grundlagen, Diagnostik, Klinik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- HAUSEN, B. M. & VIELUF, I. K. (1997): Allergiepflanzen-Pflanzenallergene - Handbuch und Atlas der allergie-induzierten Wild- und Kulturpflanzen. 2., durchges. und erw. Aufl., ecomed, Landsberg, München.
- HECHT, R. (1994): Pollenbestimmungstechnik, Ergebniswertung und die Herausgabe von Pollenfluginformationen. In: BERGMANN, K.-C. [Hrsg.] (1994): 3. Europäisches Pollenflug-Symposium, Vorträge und Berichte. Bad Lippspringe: 21 – 32.
- HEß, D. (1983): Die Blüte: Eine Einführung in die Struktur und Funktion, Ökologie und Evolution der Blüten. Mit Anleitung zu einfachen Versuchen. Ulmer, Stuttgart.
- HUNTINGTON, L. (1999): Das Gartenbuch für Allergiker – Die schönsten Pflanzen die besten Arbeitsweisen. Vgs Verlagsgesellschaft, Köln.
- JÄGER, L. (2000): Allergien - Ursache, Therapie, Vorbeugung. Wissen in der Beck'schen Reihe 2140, C.H. Beck, München.

- JÄGER, S. (1990): Tageszeitliche Verteilung und langjährige Trends bei allergiekompetenten Pollen. In: Allergologie, Bd. 5, S. 159–182, In: JUD, S. (2006): Feldexperiment zum Pollentransport im Val de Nendaz – Frühling 2005. Diplomarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- JUD, S. (2006): Feldexperiment zum Pollentransport im Val de Nendaz – Frühling 2005. Diplomarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- KAPPIS C. et al. (2007): Studie zum wissenschaftlichen Erkenntnisstand über das Feinstaubfilterungspotential (qualitativ und quantitativ) von Pflanzen. In Zusammenarbeit mit dem geographischen Institut der Humboldt-Universität zu Berlin. Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin, (IASP) [Hrsg.], Berlin.
- KERSTEN, W. (2007): Klinische Bedeutung der Pollenallergene. Allergo Journal **16**, (1): 37.
- KERSTEN, P.-G., WAHL, K., (1994): Zur Pollenflugvorhersage in Deutschland. In: BERGMANN, K.-C. [Hrsg.] (1994): 3. Europäisches Pollenflug-Symposium, Vorträge und Berichte. Bad Lippspringe: 17 – 20.
- KÜNKELE, U. (1994): Karenzmaßnahmen bei Pollenallergie. In: BERGMANN, K.-C. [Hrsg.] (1994): 3. Europäisches Pollenflug-Symposium, Vorträge und Berichte. Bad Lippspringe: 100 – 113.
- LEMMEN, C., SCHOBER, W., BUTERS, J. & BEHRENDT, H. (2004): Dieselruß und Allergien. Allergo Journal, **13** (5): 311-322.
- LÖPMEIER, F. J. (2008a): Mündliche Mitteilung im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe.
- LÖPMEIER, F.J. (2008b): Aktivitäten der Agrarmeteorologischen Forschung und Beratung Braunschweig (AMFB) auf dem Gebiet der Phänologie / Pollenflug - Vortrag im Rahmen des Expertengesprächs „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe, unveröffentlichtes Manuskript, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter.
- MAßMEYER, K. (2007): Mündliche Mitteilung. Fachgebiet: Meteorologie, Fachbereich Technischer Umweltschutz, Fachhochschule Lippe und Höxter, 11.12.2007.
- NABORS, M. W. (2007): Botanik. bio, Biologie. Pearson Studium, München.
- OERTMANN, C. & BERGMANN, K.-C. (1997): Die Zunahme des pollenassoziierten oralen Allergiesyndroms. Allergo Journal **20** (12): 611-619.
- ORGEN, T. L. (2000): Allergy-Free Gardening. Ten speed Press, Berkely.

- OSTERMEYER, T. (2008): Mündliche Mitteilung. 11.03.2008
- PAULING, A. (2006): Modellierung der Phänophase Blühbeginn für die Pollenprognose. In: Schweizer phänologischer Rundbrief, Phänologie-Kreis Schweiz [Hrsg.] (2006): **6**: 3-6.
- PETERMANN, F. (2002): Asthma und Psyche. Abwehrreaktionen der Seele. In: Mensch+umwelt spezial Ein Magazin des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit in der Helmholtz-Gemeinschaft **15**: 51-53.
- PULS, K. E. (2001): Die Entwicklung der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID). In: WINKLER, H., OSTROWSKI, R., WILHELM, M. (2001).
- PULS, K. E. & von Wahl, P.-G. (1991): Zum Einfluss von Niederschlägen auf Pollen in der Atmosphäre. Grana **30**: 235. In: KERSTEN, P.-G., WAHL, K., (1994).
- REESE-HEIM, D., SCHITTEK, N. R. & SEYFANG, V. (1998): Workshop „Entwerfen vor Ort“ – Allergologischer Kommunikationspark Bad Lippspringe, unveröffentlichtes Manuskript, Universität GH Paderborn.
- RICHTER, O., SEPPELT, R. (2002): Modellierung der vertikalen Ausbreitung genetischer Eigenschaften: Kopplung von Pollentransport mit einem populationsdynamischen und –genetischen: 351-357.
- RING, J., FUCHS T. & SCHULTZE-WERNINGHAUS G. [Hrsg.] (2004): Weißbuch Allergie in Deutschland. 2. aktualisierte und erw. Aufl., Urban und Vogel Medien und Medizin, München.
- SCHÄFER, T. (2002): Asthma im internationalen Vergleich. Ein Blick auf die Asthma-Weltkarte. In: Mensch+umwelt spezial Ein Magazin des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit in der Helmholtz-Gemeinschaft **15**: 13-17.
- SCHEID, G., BERGMANN, K.C. (2004): 20 Jahre Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (1983-2003). Allergo Journal **13** (4): 261-268.
- SCHWEISFURTH, H. (2008): Mündliche Mitteilung im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe.
- SCHWEISFURTH, H. (2008): Strategien der Allergieprävention – - Vortrag im Rahmen des Expertengespräches „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe, unveröff. Manuskript, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter.
- SEYFANG, V. (1999): Interdisziplinärer Workshop “Entwerfen vor Ort“. In: Paderborner Universitätszeitschrift **1**: 30-31.

- SEYFANG, V., SUMPDMANN, U. & WANGLER, M. (2005): Allergiepotential in öffentlichen Grünanlagen – Abschlußbericht aFuE-Projekt, Fachhochschule Lippe und Höxter (Hochschule Ostwestfalen Lippe), unveröffentlichtes Manuskript, Höxter.
- SINCLAR LA ROSA, Norman (2008): Mündliche Mitteilung im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe.
- SOFIEV, M., SILJAMO P., RANTA H. & RANTIO-LEHTIMÄKI, A. (2006): Towards numerical forecasting of long-range air transport of birch pollen: theoretical considerations and a feasibility study. *Int J Biometeorol* (2006) **50**: 392–402.
- (SRU) RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN [HRSG.] (1999): Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Umwelt und Gesundheit Risiken richtig einschätzen. Deutscher Bundestag, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Bonn (pdf).
- STAIGER, H. (2003a): Clusteranalyse des Pollenflugs an Messstellen der Stiftung "Deutscher Polleninformationsdienst (PID)". Deutscher Wetterdienst Geschäftsfeld Medizin-Meteorologie, Freiburg.
- STAIGER, H. (2003b): Numerische Ableitung des Pollenflugpotenzials aus Messwerten. Deutscher Wetterdienst Geschäftsfeld Medizin-Meteorologie, Freiburg.
- STANLEY, R. & LINSKENS, H.F. (1985): Pollen - Biologie Biochemie Gewinnung und Verwendung. durchges. und ergänzte Auflage, Urs Freund Verlag, Greifenberg/Ammersee.
- STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST (2008): <http://www.pollenstiftung.de>. 12.03.2008.
- STIX, E. (1974): Schwefelregen – ein botanisches Phänomen. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* **45**, 173-180.
- STIX, E. & GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1970): Der Pollen- und Sporengehalt der Luft und seine tages- und jahreszeitliche Schwankungen unter mitteleuropäischen Verhältnissen (nach Untersuchungen in Darmstadt 1964/65). *Flora* **159**:1-37.
- TAUCHNITZ, H. (2000): Informationen der GALK-DST - Arbeitskreis Stadtbäume der GALK-DST. 6. Baumallergien. *Stadt + Grün* **49** (11): 732.
- TOUNI, F. (2001): Ein Garten für Allergiker. *Garten + Landschaft* **3**: 26-27.
- TOUNI, F. (2008): Planungsgrundlagen zum Thema „Allergenreduzierte Gärten“. Abstract zum Expertengespräche Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öff. Freiraum am 31.03.2008 in Bad Lippspringe, unveröffentlichtes Manuskript.

- WACHTER, R. (2008): Mündliche Mitteilung im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe.
- WACHTER, R. (2008a): Pollenflug allergierelevanter Gehölze im norddeutschen Raum
- Vortrag im Rahmen der Expertenrunde „Allergierisiko durch Gehölzpollen - Minderungsstrategien für den öffentlichen Freiraum“ am 31.03.2008 in Bad Lippspringe, unveröff. Manuskript, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Höxter.
- WAHL, P.-G. & Puls, K.E.. (1990): Einige neue Erkenntnisse zum Einfluss des Wetters auf Pollenemission und Pollenflug. Bayerisches landwirtschaftliches Jahrbuch, Sonderheft 1 (67): 335-347.
- WEBERLING, F. (1981): Morphologie der Blüten und der Blütenstände. Ulmer, Stuttgart.
- WILHELM, M. & JÄGER, S. (2001): Die Entwicklung des Europäischen Polleninformationssystems (epi) und der Europäischen Datenbank (ean). In: WINKLER et al. (2001): 15.
- WINKLER, H., OSTROWSKI, R. & WILHELM, M. (2001): Pollenbestimmungsbuch der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst. Hrsg. Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst, Karl-Christian Bergmann. 1. Auflage, Takt-Verlag, Paderborn.
- WINKLER, H., VÖLKSCH, G., BRONISCH, M. & HORN, H. (1989): Über orientierende Luftpollenuntersuchungen im Stadtgebiet von Erfurt in abhängigkeit von meteorologischen Bedingungen. 2. Europ. Pollenflugsymp. 1989, Vorträge und Berichte, 88. In: KERSTEN, P.-G. & WAHL, K., (1994).
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (Hrsg.) (2003): Phenology and Human Health: Allergic Disorders. Report on a WHO meeting Rome, Italy 16-17 January 2003. Health Dokumentation Services WHO Regional Office of Europe, Copenhagen <http://www.pollenwarndienst.at/upload/images/original/719.pdf>.
- ZENS, V. (2006): Umdenken ist notwendig. Multifunktionale Vegetationssysteme in der Stadt. In: KAPPIS C. et al. (2007).

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Die drei „Pollen-Jahreszeiten“ und die Sporenzeit (nach KÜNKELE 1994: grau) werden durch die Klimaerwärmung erweitert (ergänzt nach BERGMANN 2008b und STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST 2008: gelb) | 11 |
| Abbildung 2: Pollenflug über dem Raum Weser-Ems 1994 – 2007; Anteile allergener Pollen am Gesamtpollenflug (WACHTER 2008a) | 16 |
| Abbildung 3: Bianueller Rhythmus der Birke hinsichtlich der gemessenen Jahressummen der Luft (1982-2007) (WACHTER 2008a) | 20 |
| Abbildung 4: Gemittelte tageszeitliche Veränderung des Graspollengehaltes der Luft in einem Wiesengebiet bei Mannheim von 14 warmen, regenfreien Tagen zwischen dem 22. Mai und dem 9. Juni aus den Jahren 1967, 1969, 1973 und 1974 mit \pm konstanten Windverhältnissen. Oben: gemittelter Tagesgang der Temperatur (—) und Luftfeuchte (---); unten: Graspollengehalt in % des höchsten Stundenwertes (nach FUCKERIEDER, 1976: 56) | 23 |
| Abbildung 5: Gemittelte tageszeitliche Veränderung des Graspollengehaltes der Luft im Zentrum der Stadt Gelsenkirchen von 14 warmen, regenfreien Junitagen (3. - 29.) der Jahre 1967-1971 mit \pm konstanten Windverhältnissen. Oben: gemittelter Tagesgang der Temperatur (—) und Luftfeuchte (---); unten: Graspollengehalt in % des höchsten Stundenwertes (nach FUCKERIEDER, 1976: 56) | 24 |
| Abbildung 6: Birkenpollenbelastung in der Schweiz im Jahresverlauf (GEHRIG 2008 b). | 27 |
| Abbildung 7: Birkenpollen in der Anzahl der Tage mit starker Belastung (GEHRIG 2008b) | 27 |
| Abbildung 8: Pollenmessstationen Deutschlands (STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST 2008) | 30 |
| Abbildung 9: Gesamtdeutscher Pollenflugkalender (STIFTUNG DEUTSCHER POLLENINFORMATIONSDIENST 2008) | 32 |
| Abbildung 10: Schematische Darstellung des Allergiepotenzials von Gehölzpollen in öffentlichen Freiräumen im besiedelten Bereich | 37 |
| Abbildung 11: Rathausplatz in Bad Lippspringe | 46 |
| Abbildung 12: Kaiser-Karl-Park in Bad Lippspringe | 46 |
| Abbildung 13: Kommunikationspark in Bad Lippspringe | 47 |
| Abbildung 14: Allergologische Themengärten in Bad Lippspringe: Wegränder und Fluren | 49 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 15: Allergologische Themengärten in Bad Lippspringe: Hochstaudenflur mit Informationstafel | 49 |
| Abbildung 16: Birkenhaine auf dem EXPO-Gelände in Hannover (KIENAST 2000) und im Allerspark Wolfsburg (KIEFER 2004) als Ausdruck zeitgenössischer Landschaftsarchitektur | 51 |
| Abbildung 17: „Nebelsäulen“ im Kommunikationspark Bad Lippspringe | 60 |
| Abbildung 18: „Birkendusche“ und „Anti-Pollen-Stollen“: Zwei Workshop-Ideen zur Minimierung der Belastungsintensität für Pollinotiker | 61 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Wertung der Immissionskonzentration von einzelnen Pollenarten oder -gruppen hinsichtlich ihres Belastungspotenzials (nach Hecht 1994, verändert) | 15 |
| Tabelle 2: Pollenproduktion und -reichweite verschiedener Gehölze (nach GINER et al. (2001), verändert) | 25 |
