

Aus dem Allergie-Centrum-Charité  
der Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Pollen in Städten

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum medicinalium (Dr. rer. medic.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Anke Erika Paula Simoleit

aus Bremen

Datum der Promotion: 07.12.2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zusammenfassung der ausgewählten Publikationen</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Abstrakt/Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Methodik</b>	<b>6</b>
1.3.1 Messung des Pollengehalts der Luft	6
1.3.1.1 Probenahme	6
1.3.1.2 Analyse	6
1.3.1.3 Messperioden und Standorte	7
1.3.2 Weitere Messungen und Analysen	8
1.3.2.1 Erste Publikation (Datenmaterial: Mai/Juni 2011)	8
1.3.2.1.1 Messung des Feinstaubgehalts der Luft	8
1.3.2.1.2 Kontrolle der Saugleistung und Fangergebnisse der Pollenfallen	8
1.3.2.1.3 Statistische Analyse	8
1.3.2.2 Zweite Publikation (Datenmaterial: Mai/Juni 2011, 2012 und 2013)	8
1.3.2.2.1 Verschmutzungsgrad der Pollen-Fangfolien und Kraftfahrzeugverkehr	8
1.3.2.2.2 Statistische Analyse	9
1.3.2.3 Dritte Publikation (Datenmaterial: 2014 und 2015)	9
1.3.2.3.1 Kartierung der Vegetation	9
1.3.2.3.2 Windrichtungsanalyse	9
1.3.2.3.3 Statistische Analyse	10
<b>1.4 Ergebnisse</b>	<b>10</b>
1.4.1 Erste Publikation	10
1.4.2 Zweite Publikation	11
1.4.3 Dritte Publikation	13
1.4.4 Tageszeitlicher Verlauf des Pollenflugs – zweite und dritte Publikation	15
<b>1.5 Diskussion</b>	<b>16</b>
<b>1.6 Literaturverzeichnis</b>	<b>19</b>
<b>2. Eidesstattliche Versicherung und Anteilserklärung</b>	<b>23</b>
<b>3. Druckexemplare der ausgewählten Publikationen</b>	<b>25</b>
<b>4. Lebenslauf</b>	<b>50</b>
<b>5. Komplette Publikationsliste</b>	<b>52</b>
<b>6. Danksagung</b>	<b>53</b>

# 1. Zusammenfassung der ausgewählten Publikationen

## 1.1 Abstrakt

*Einleitung:* Die Dissertation beinhaltet Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung und Intensität von Pollen- und Feinstaubkonzentrationen sowie zum tageszeitlichen Verlauf des Pollenflugs einiger allergologisch relevanter Arten (Esche [*Fraxinus*], Birke [*Betula*], Gräser [*Poaceae*] und Beifuß [*Artemisia*]) an verschiedenen Standorten in der Großstadt Berlin.

*Methodik:* Im Mai/Juni 2011 wurden parallele Messungen des Pollen- und Feinstaubgehalts der Luft an drei unterschiedlichen Standorten (innerstädtisch, vorstädtisch und verkehrsreich) in Berlin durchgeführt. Die Messungen erfolgten mithilfe von Burkard-Pollen- und Sporenfallen (Pollen) bzw. Kleinfiltergeräten (Feinstaubpartikel < 10 µm, PM<sub>10</sub>). In den Jahren 2012 bis 2015 wurden die Pollenmessungen an dem verkehrsreichen Standort nahe der Stadtautobahn fortgesetzt. In den Jahren 2014 und 2015 wurde das Pollenaufkommen zusätzlich im Stadtzentrum (ca. 7 km entfernt) gemessen. Mithilfe statistischer Korrelationsberechnungen wurden die Beziehungen der Pollen- und z. T. Feinstaubkonzentrationen a) zwischen den Standorten und b) zu einigen Wetterparametern untersucht. Zudem wurde der tageszeitliche Verlauf des Pollenflugs ermittelt. An der Stadtautobahn und im Stadtzentrum wurde die umgebende Vegetation kartiert, um mittels einer Windrichtungsanalyse die Bedeutung lokaler Pollenquellen zu untersuchen.

*Ergebnisse:* Zwischen allen Standorten zeigten sich sowohl für die Pollen- als auch für die PM<sub>10</sub>-Konzentrationen signifikant positive Korrelationen. Die absoluten Konzentrationen waren jedoch an der Stadtautobahn am höchsten. Für den Beifußpollenflug ergab sich ein deutlicher tageszeitlicher Verlauf mit morgendlichem Konzentrationsmaximum. Der Gräserpollenflug zeigte ein nachmittagsbetontes Profil mit Belastungsspitzen in der zweiten Tageshälfte. Bei den Birken- und Eschenpollen waren die über die Pollensaison gemittelten Tagesgänge von Jahr zu Jahr unterschiedlich. Der Kraftfahrzeugverkehr, die Luftverschmutzung und die Pollenbelastung wiesen zum Teil ähnliche tageszeitliche Verläufe auf. Sowohl für die Gräserpollen als auch für den Feinstaub konnte ein positiver Zusammenhang mit den Tagesmaximaltemperaturen festgestellt werden. Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit führte zu niedrigen Pollenkonzentrationen (*Betula* und *Poaceae*), während eine hohe Lufttemperatur (*Artemisia*) und eine lange Sonnenscheindauer (*Poaceae*) höhere Konzentrationen begünstigten.

*Schlussfolgerung:* Die Pollen- und PM<sub>10</sub>-Konzentrationen an verschiedenen Plätzen innerhalb einer Stadt zeigen eine positive Korrelation. Die hohen Pollenzahlen an der Stadtautobahn lassen sich unter anderem auf die lokale Vegetation zurückführen, die dort ausgeprägter war als z. B. im Stadtzentrum. Pollenquellen mit niedriger Freisetzungshöhe (Kräuter [*Artemisia*] und Gräser [*Poaceae*]) haben offenbar einen größeren Einfluss auf die lokale Belastung als Bäume (*Betula*).

## Abstract

*Introduction:* The dissertation broach the issue of the spatial distribution and intensity of pollen and particulate matter concentrations and of the intradiurnal pattern of airborne pollen load of some allergologically relevant species (ash [*Fraxinus*], birch [*Betula*], grasses [Poaceae], and mugwort [*Artemisia*]) at different sites in the city of Berlin.

*Methods:* Parallel measurements of pollen and particulate matter in the air were carried out at three different sites (inner-city park, suburban, and heavily trafficked) in Berlin in May/June 2011. For measurements 7-day recording volumetric spore traps (pollen) and small filter devices (particulate matter < 10 µm, PM<sub>10</sub>) were used, respectively. Pollen measurements were continued at the heavily trafficked site near the city motorway in the years 2012 to 2015. In 2014 and 2015, pollen load was measured in the city centre (approx. 7 km distant) as well. Statistical correlation calculations were made in order to compare and investigate pollen and (partly) PM<sub>10</sub> concentrations a) between the sites and b) relating to some weather parameters. Furthermore, the intradiurnal pattern of airborne pollen load was determined. At the city motorway and in the city centre, surrounding vegetation was mapped in order to investigate the importance of local pollen sources by means of a wind direction analysis.

*Results:* For both pollen and PM<sub>10</sub> concentrations significantly positive correlations were found between all sites. However, highest absolute concentrations were reached at the city motorway. *Artemisia* pollen load offered a distinct intradiurnal pattern peaking in the morning. Poaceae pollen load showed an afternoon emphasised profile with peaks occurring in the second half of the day. As to *Betula* and *Fraxinus* pollen load, seasonally averaged intradiurnal patterns differed between the years. Intradiurnal patterns of motor traffic, air pollution, and pollen load were similar to some extent. Between Poaceae pollen/PM<sub>10</sub> concentrations and daily maximum temperatures a positive correlation could be determined. High relative humidity resulted in low pollen concentrations (*Betula* and Poaceae), whereas high air temperature (*Artemisia*) and long sunshine duration (Poaceae) promoted higher concentrations.

*Conclusions:* Both pollen and PM<sub>10</sub> concentrations show a positive correlation between different places within a city. High pollen counts at the city motorway could be due to, amongst others, the local vegetation that was more abundant than, e. g., in the city centre. Local sources of weeds (*Artemisia*) and grasses (Poaceae) that release pollen at low heights appear to be more contributing to local pollen load than trees (*Betula*).

## 1.2 Einleitung

Allergische Erkrankungen sind ein weltweit zunehmendes Problem, vor allem in den industrialisierten Ländern. Nahezu ein Fünftel der europäischen Bevölkerung ist von einer Pollenallergie betroffen [1]. In Deutschland liegt die Lebenszeitprävalenz für Asthma bronchiale bei 8,6 % und für Heuschnupfen bei 14,8 % [2], wobei die Prävalenz für Heuschnupfen in der Altersgruppe der 20- bis 40-Jährigen sogar bis zu 40 % erreicht [3]. Als häufigste chronische Erkrankung der unter 65-Jährigen, die den größten Anteil der arbeitenden Bevölkerung darstellen, beeinträchtigen Allergien nicht nur die Lebensqualität, sondern wirken sich auch, unter anderem aufgrund der Beeinträchtigung der kognitiven Leistungsfähigkeit, sozioökonomisch deutlich negativ aus [4].

Die Krankheitshäufigkeit wird unter anderem durch das Leben in Großstädten erhöht [2]. In den Städten nimmt auch die Pollenbelastung stärker zu als auf dem Land [5]. Dafür wird in erster Linie der – besonders in den Städten ausgeprägte – Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)- und Lufttemperaturanstieg im Rahmen des Klimawandels verantwortlich gemacht [5, 6]. In vielen Städten gibt es eine große Vielfalt allergener Pflanzenarten [7], zu denen unter anderem beliebte Zierbäume wie die Hasel (z. B. Baum-Hasel, *Corylus colurna*) oder die Birke (z. B. Hänge-Birke, *Betula pendula*) gehören [8]. Auch Gräser und Beifuß können innerhalb einer Stadt in relevanten Mengen auftreten [9, 10].

Die Belastung der Atmosphäre mit Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>) oder Feinstaub (z. B. Dieselrußpartikeln) stellt vor allem in Großstädten und Industriegebieten ein zusätzliches Gesundheitsrisiko für Allergiker dar, indem die Luftschadstoffe eine Verschärfung der Symptome induzieren können [11–13]. Informationen über die räumliche Verteilung und Intensität der Pollenkonzentrationen innerhalb einer Stadt, wie sie bereits einige Studien thematisieren [10, 14], können nützliche Hinweise für Allergiker darstellen.

Das Ziel der Dissertation ist es, durch zeitgleich stattfindende Messungen an unterschiedlichen Standorten in der Großstadt Berlin sowohl die Verteilung der Pollen- als auch der Feinstaubkonzentrationen im Stadtgebiet zu bestimmen und zu vergleichen sowie Ursachen zu erkennen und Empfehlungen an Allergiker aussprechen zu können. Daneben wird der tageszeitliche Verlauf des Pollenflugs untersucht, um die Hauptzeiten der Belastung für Allergiker zu ermitteln. Zudem werden ausgewählte Wetterparameter in die Untersuchungen einbezogen. Im Mittelpunkt stehen die allergologisch relevanten Pollen der Esche, Birke, Gräser und des Beifußes.

## 1.3 Methodik

### 1.3.1 Messung des Pollengehalts der Luft

#### 1.3.1.1 Probenahme

Im Rahmen der drei Publikationen wurden Messungen des Pollengehalts der Luft durchgeführt. Der Pollengehalt wurde mithilfe der Burkard-Pollen- und Sporenfalle (Burkard Manufacturing Co. Ltd., UK), im Folgenden kurz „Pollenfalle“ genannt, ermittelt. Es handelt sich um ein international eingesetztes, volumetrisch arbeitendes Gerät zum Fangen luftgetragener Pollen und Sporen [15–17]. Durch eine eingebaute Pumpe werden pro Minute 10 Liter Luft aus der Umgebung durch einen Ansaugschlitz (2 mm x 14 mm) ins Gehäuse der Pollenfalle gesaugt. Dort befindet sich eine Fangfolie (19 mm breites Klebeband aus Polypropylen, bestrichen mit Vaseline; Länge: 33,6 cm plus ca. 1 cm als Zeitreserve bzw. Platz für die Fixierung der Folie), auf der sich in der Luft enthaltene Partikel ab einem Durchmesser von mehr als 3 µm nahezu quantitativ niederschlagen [16]. Die Fangfolie ist auf einer Trommel aufgebracht, die sich mit einer definierten Geschwindigkeit ( $2 \pm 0,02$  mm/h) hinter dem Ansaugschlitz (Abstand:  $0,7 \pm 0,05$  mm) vorbeibewegt und in sieben Tagen einmal um ihre eigene Achse dreht [18]. Nach Entnahme der Fangfolie lässt sich so jeder Folienabschnitt zeitlich einordnen.

#### 1.3.1.2 Analyse

Die Fangfolien wurden in Tages-Folienabschnitte von 0 bis 24 Uhr zerschnitten und mit Gelvatol<sup>®</sup> (ein Polyvinylalkohol) unter Zusatz des Färbemittels Safranin eingebettet. Jedes Präparat wurde lichtmikroskopisch (Durchlicht-Mikroskop mit Binokulartubus, Weitfeld-Okular 10x) auf die verschiedenen Pollentypen hin untersucht [16, 19]. Durch das Auszählen zweier horizontaler, mittig liegender Bahnen (Länge: 48 mm, Breite: 0,485 mm) bei 250-facher Vergrößerung (Öl-Immersion-Objektiv 25x, numerische Apertur: 0,75) wurden zum einen *Tagesmittelwerte* (Pollen/m<sup>3</sup> Luft) erzielt. Zum anderen konnten *2-Stunden-Mittelwerte* (Pollen/83 l Luft) bestimmt werden, da eine Bahnlänge von 4 mm einem Intervall von 2 Stunden entspricht. Die Zählwerte beider Bahnen wurden jeweils dem entsprechenden 2-Stunden-Intervall zugeordnet und weisen den Bezug auf ca. 83 l Luft auf. Die 2-Stunden-Mittelwerte lieferten Erkenntnisse zum tageszeitlichen Verlauf des Pollenflugs.

Für die drei Publikationen (P1, P2 und P3) wurden die Daten folgender Pollentypen genutzt: Esche (*Fraxinus*; P2), Birke (*Betula*; P2 und P3), Gräser (Poaceae; P1–P3) einschließlich Roggen (*Secale*; [P1,] P2 und P3) und Weizen (*Triticum*; P3), sowie Beifuß (*Artemisia*; [P1,] P2 und P3). Es wurden dabei sowohl Tagesmittelwerte (P1–P3) als auch 2-Stunden-Mittelwerte (P2 und P3) verwendet. Die Tagesmittelwerte wurden in den Publikationen zumeist als Liniendiagramme

(P1 und P3) und die 2-Stunden-Mittelwerte als Säulendiagramme (P2 und P3) dargestellt. Die Pollensaison (PS) wurde als 90 % der Jahressumme (Pollenindex, PI) festgelegt [20]. Die Säulendiagramme zeigen die über die PS gemittelten Tagesgänge des Pollenflugs. Pro Pollentyp, Standort und Jahr wurden die Summen der 2-Stunden-Mittelwerte der einzelnen 2-Stunden-Intervalle als prozentuale Anteile der Saisonsumme der Tagesmittelwerte ausgedrückt. In der dritten Publikation wurden nur die 2-Stunden-Mittelwerte der regenfreien Tage (tägliche Regenmenge: 0,0–0,1 mm; Wetterstation „Berlin-Tegel“ [Deutscher Wetterdienst, DWD; Datenbasis: Stundenwerte]) für die Tagesgänge verwendet.

### 1.3.1.3 Messperioden und Standorte

Die Messungen des Pollengehalts der Luft erfolgten in den Jahren 2011 bis einschließlich 2015 an insgesamt vier verschiedenen Standorten in Berlin. In der ersten Publikation wurden die Messungen (*Poaceae*, *Secale*, *Artemisia* und „restliche“ Pollen) im Mai/Juni 2011 (12.05.–23.06., 43 Tage) an drei unterschiedlichen Standorten in Berlin durchgeführt, die sich als innerstädtisch („Tiergarten“), vorstädtisch („Adlershof“) und verkehrsreich („Stadtautobahn“) beschreiben lassen. Die Pollenfalle am Standort „Tiergarten“ (Messhöhe: ca. 2 m) befand sich, windgeschützt und größtenteils beschattet, in einer Parkanlage in der Mitte Berlins (52°30'51.0"N, 13°21'49.2"E), ca. 180 m von der nächsten Hauptstraße entfernt und durch Baumbestand von dieser abgegrenzt. Die Messungen am Standort „Adlershof“ (Messhöhe: ca. 15 m) erfolgten in einem Gewerbegebiet im Südosten von Berlin (52°25'56.1"N, 13°32'02.0"E). Die Pollenfalle stand, windexponiert und voll besont, auf einem Flachdach, umgeben von mehrgeschossigen Gebäuden, mäßig befahrenen Straßen und Straßenbegleitgrün. Der Standort „Stadtautobahn“ (Messhöhe: ca. 5 m) lag direkt an der in jeder Fahrtrichtung dreispurigen Bundesautobahn 100 (52°30'59.9"N, 13°17'01.9"E), im Folgenden kurz „A 100“ oder „Stadtautobahn“ genannt. Mit einem durchschnittlichen werktäglichen Verkehrsaufkommen von 177.700 Fahrzeugen ist die Stadtautobahn die am stärksten befahrene Autobahn Deutschlands [21]. Die Pollenfalle befand sich, ebenfalls windexponiert (vor allem nach Norden und Osten) und voll besont, auf einem Messgerüst des Umweltbundesamts (UBA), das im Nordwesten von fünfgeschossigen Altbauten und im Südwesten von einem großen, baumbestandenen Friedhofsgelände umgeben war. Der Stadtautobahn-Standort wurde in den darauffolgenden vier Jahren für die Pollenmessungen der zweiten Publikation (*Fraxinus*, *Betula*, *Poaceae* einschließlich *Secale*, und *Artemisia*) und der dritten Publikation (*Betula*, *Poaceae* einschließlich *Secale* und *Triticum*, sowie *Artemisia*) beibehalten, da sich dieser aufgrund der gleichzeitig hohen Pollen- und Feinstaubkonzentrationen im Mai/Juni 2011 als allergologisch bedeutsam erwiesen hatte. Die Messungen in den Jahren 2012

(06.03.–14.10., 223 Tage) und 2013 (13.02.–15.10., 237 Tage) (P2) sowie 2014 (12.02.–27.10., 258 Tage) und 2015 (28.01.–05.10., 251 Tage) (P3) erfolgten nahezu über die gesamte Pollensaison. In der dritten Publikation wurde zusätzlich an einem ca. 7 km von der Stadtautobahn entfernt liegenden Standort im Stadtzentrum (Messhöhe: ca. 20 m) auf dem Dach des Allergie-Centrum-Charité gemessen (52°31'38.5"N, 13°22'40.6"E). Die Pollenfalle war windexponiert (vor allem nach Süden und Westen) und von Straßen sowie mehrgeschossigen Gebäuden umgeben.

### 1.3.2 Weitere Messungen und Analysen

#### 1.3.2.1 Erste Publikation (Datenmaterial: Mai/Juni 2011)

##### *1.3.2.1.1 Messung des Feinstaubgehalts der Luft*

Parallel zu den Pollenmessungen wurde der Feinstaubgehalt der Luft (Partikel < 10 µm, PM<sub>10</sub>) mithilfe von Kleinfiltergeräten (LVS 3.1 Derenda; Flussrate: 2,3 m<sup>3</sup>/h) an den drei Standorten „Tiergarten“, „Adlershof“ und „Stadtautobahn“ erfasst. Die Feinstaubpartikel wurden auf Quarzfaserfiltern (Pallflex® Tissuquartz™ Filter, 2500 QAT-UP, 47 mm) gesammelt, analysiert und gravimetrisch im Labor des UBA bestimmt (Tagesmittelwerte [µg/m<sup>3</sup> Luft]).

##### *1.3.2.1.2 Kontrolle der Saugleistung und Fangergebnisse der Pollenfallen*

Nach der sechswöchigen Messperiode wurden die drei eingesetzten Pollenfallen einem Vergleich bezüglich der Saugleistung (Durchflussmenge) über neun Tage und der Fangergebnisse (Pollenkonzentrationen) über fünf Tage unterzogen. Dazu wurden die Pollenfallen im Abstand von 1,5 m nebeneinander auf dem Dach des Allergie-Centrum-Charité (Messhöhe: ca. 20 m) aufgestellt.

##### *1.3.2.1.3 Statistische Analyse*

Sowohl für die Gräserpollen- als auch für die PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte wurden Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $p < 0,01$ ) berechnet, um die Beziehungen der jeweiligen Vorkommen a) zwischen den Standorten und b) zu den jeweiligen Tagesmaximaltemperaturen der Wetterstation „Berlin-Dahlem (FU)“ (DWD) zu untersuchen.

#### 1.3.2.2 Zweite Publikation (Datenmaterial: Mai/Juni 2011, 2012 und 2013)

##### *1.3.2.2.1 Verschmutzungsgrad der Pollen-Fangfolien und Kraftfahrzeugverkehr*

Die Stadtautobahn-Fangfolien-Präparate des Jahres 2012 wurden mit bloßem Auge hinsichtlich des Verschmutzungsgrads untersucht, wobei mithilfe von vier ausgewählten Referenzpräparaten



für jedes 2-Stunden-Intervall eine Einstufung zwischen „0“ und „3“ („0“ = [nahezu] keine, „1“ = leichte, „2“ = mittlere, und „3“ = starke Verschmutzung) vorgenommen wurde. Die Einstufung wurde zusätzlich von einer zweiten Person für 30 beliebig gewählte Präparate durchgeführt, um den Grad der Übereinstimmung zu ermitteln und das Verfahren zu validieren.

Die vergebenen Punkte für jedes 2-Stunden-Intervall wurden zu Tagessummen addiert, die wiederum für bestimmte Perioden (Tagestyp 1 etc., s. u.) zusammengefasst wurden, um daraufhin die Punktesummen der einzelnen 2-Stunden-Intervalle als prozentuale Anteile ausdrücken und in Liniendiagrammen darstellen zu können. Die Ergebnisse wurden mit den Tagesgängen des Verkehrsaufkommens auf der A 100 [22] und der Pollenbelastung im Jahr 2012 verglichen. Die Verkehrszahlen wurden nahe der Stadtautobahn-Pollenfalle erhoben und geben – über die Pollen-Messperiode (05.03.–15.10., 225 Tage) gemittelt und in vier Tagestypen („1“ = Mo.–Do., „2“ = Fr., „3“ = Sa., und „4“ = So./Feiertag) differenziert – die Fahrzeuganzahl als Stundenwerte an, die in 2-Stunden-Mittelwerte umgerechnet wurden.

#### *1.3.2.2.2 Statistische Analyse*

Für das Jahr 2012 wurden zwischen den Tagesmittelwerten der Birken-, Gräser- und Beifußpollen (Pollen/m<sup>3</sup> Luft), den Tagesmittelwerten des Verschmutzungsgrads der Pollen-Fangfolien (keine Einheit) und den Tageswerten der Wetterdaten „Lufttemperatur“ (Tagessumme [°C]), „relative Luftfeuchtigkeit“ (Tagesmittel [%]), „Windgeschwindigkeit“ (Tagesmittel [km/h]) und „Sonnenscheindauer“ (Tagessumme [min]) der Wetterstation „Berlin-Tegel“ (DWD; Datenbasis: Stundenwerte) Korrelationsberechnungen durchgeführt, bei denen ein 95%-Konfidenzintervall zugrunde gelegt wurde.

#### *1.3.2.3 Dritte Publikation (Datenmaterial: 2014 und 2015)*

##### *1.3.2.3.1 Kartierung der Vegetation*

An der Stadtautobahn und im Stadtzentrum am Allergie-Centrum-Charité wurde die die jeweilige Pollenfalle umgebende Vegetation in einem Radius von 100 m kartiert. Dabei wurden Birken (*Betula*), Grünflächen (*Poaceae*) einschließlich der dominierenden Grasarten, sowie Beifuß- und Feld-Beifuß-Bestände (*Artemisia vulgaris* und *Artemisia campestris*; Anzahl der Strünke) erfasst.

##### *1.3.2.3.2 Windrichtungsanalyse*

Die regenfreien Tage innerhalb der PS von Birke, Gräsern und Beifuß wurden hinsichtlich ihrer jeweiligen Maxima der Pollenkonzentration und der zu dieser Zeit vorherrschenden Windrich-

tung (Wetterstation „Berlin-Tegel“ [DWD; Datenbasis: Stundenwerte]) untersucht, um in Verbindung mit den Vegetationsdaten die Bedeutung lokaler Pollenquellen zu untersuchen.

### 1.3.2.3.3 Statistische Analyse

Für die Birken-, Gräser- und Beifußpollen-Tagesmittelwerte wurden jeweils Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $p < 0,001$ ) berechnet, um den Verlauf der jeweiligen PS zwischen dem Stadtautobahn- und dem Stadtzentrum-Standort zu vergleichen.

## 1.4 Ergebnisse

### 1.4.1 Erste Publikation

Die höchsten Pollen- und  $PM_{10}$ -Konzentrationen wurden an der Stadtautobahn registriert (Tabelle 1). Sowohl für die Gräserpollen als auch für den Feinstaub ergaben sich signifikant positive Korrelationen zwischen den Standorten und zu den Tagesmaximaltemperaturen (Tabelle 2). Die eingesetzten Pollenfallen wiesen gleichbleibende Durchflussmengen auf (Tabelle 3). Die Fangergebnisse waren jedoch different (Tabelle 4). Die Summe der Gräserpollen über fünf Tage zeigte eine Abweichung von je 10 % nach oben (Pollenfalle 2) und nach unten (Pollenfalle 3).

**Tabelle 1** Konzentrationen an Gesamt- und Gräserpollen (Pollen/m<sup>3</sup> Luft/24 h) sowie  $PM_{10}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft/24 h) an drei Standorten in Berlin im Mai/Juni 2011

	Tiergarten			Adlershof			Stadtautobahn		
	Gesamt	Poa	$PM_{10}$	Gesamt	Poa	$PM_{10}$	Gesamt	Poa	$PM_{10}$
Mittelwert	62,1	7,9	18,9	55,8	11,8	15,2	72,3	17,2	22,6
Maximum	136	33	34,4	185	65	29,5	163	83	35,5
Standardabw.	34,3	7,9	6,6	41,6	15,6	5,2	36,9	18,3	7,5

*Gesamt* Gesamtpollen (Poaceae, *Secale*, *Artemisia* und „restliche“ Pollen); *Poa* Poaceae

**Tabelle 2** Korrelationen der Gräserpollen- bzw.  $PM_{10}$ -Tagesmittelwerte zwischen den drei Standorten sowie zu den Tagesmaximaltemperaturen im Mai/Juni 2011

	AH-TG	TG-A 100	AH-A 100	TG-TMT	AH-TMT	A 100-TMT
Poa	0,836	0,822	0,809	0,570	0,332	0,474
$PM_{10}$	0,874	0,814	0,769	0,405	0,310	0,407

*AH* Adlershof; *TG* Tiergarten; *A 100* Stadtautobahn; *TMT* Tagesmaximaltemperatur; *Poa* Poaceae; Korrelationskoeffizienten nach Pearson,  $p < 0,01$

**Tabelle 3** Durchflussmengen (l/min) der drei Pollenfallen über neun Tage auf dem Dach des Allergie-Centrum-Charité im Jahr 2011

Tag	Pollenfalle 1		Pollenfalle 2		Pollenfalle 3	
	(l/min)	Diff. zu Tag 1 (%)	(l/min)	Diff. zu Tag 1 (%)	(l/min)	Diff. zu Tag 1 (%)
1	10,0	0,0	10,0	0,0	10,0	0,0
2	9,9	-1,0	10,0	0,0	10,1	1,0
3	9,9	-1,0	10,15	1,5	10,1	1,0
4	10,05	0,5	10,3	3,0	10,3	3,0
5	10,15	1,5	10,3	3,0	10,3	3,0
6	10,05	0,5	10,15	1,5	10,2	2,0
7	10,05	0,5	10,1	1,0	10,2	2,0
8	10,0	0,0	10,1	1,0	10,1	1,0
9	9,9	-1,0	10,0	0,0	10,1	1,0

*Tage 1–7* Mittelwert aus morgendlicher und mittäglicher Kontrolle; *Tage 8 und 9* nur morgendliche Kontrolle

*Die Tabelle wurde in ähnlicher Form veröffentlicht in Publikation 1: Bergmann KC, Simoleit A, Wagener S, Mücke HG, Werchan M, Zuberbier T. Verteilung von Pollen und Feinstaub in einem städtischen Ballungsraum am Beispiel der Großstadt Berlin. Allergo J 2013;22(7):471–5.*

**Tabelle 4** Fangergebnisse (Pollen/m<sup>3</sup> Luft/24 h) der drei Pollenfallen (bezeichnet mit 1, 2 und 3) über fünf Tage auf dem Dach des Allergie-Centrum-Charité im Jahr 2011

Tag	Poaceae			Secale			Artemisia			Rest			Gesamt		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	33	32	26	0	0	0	0	0	0	28	32	19	61	64	45
2	12	17	12	0	0	1	0	0	0	40	24	34	52	41	47
3	13	16	17	0	2	0	0	2	0	66	65	60	79	83	77
4	2	1	0	1	0	0	0	0	0	38	19	19	41	20	19
5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

*Rest* „restliche“ Pollen

#### 1.4.2 Zweite Publikation

Die Hauptzeiten des Kraftfahrzeugverkehrs und des Verschmutzungsgrads der Pollen-Fangfolien sowie der Pollenbelastung, vor allem der Gräser am Nachmittag und des Beifußes am Morgen für die Tagestypen 1 und 2, fielen zum Teil zeitlich zusammen (Tabelle 5). Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit wirkte sich signifikant negativ auf die Pollenkonzentrationen am selben und/oder dem/den nächsten Tag/en (*Betula* und *Poaceae*) aus, während eine hohe Lufttemperatur (*Artemisia*) und eine lange Sonnenscheindauer (*Poaceae*) signifikant positive Korrelationen zeigten (Tabelle 6).

**Tabelle 5** Tagestyp-gemittelte Tagesgänge des Pollenflugs an der A 100, des Verschmutzungsgrads der Pollen-Fangfolien und des Kraftfahrzeugverkehrs im Jahr 2012

Uhrzeit		0-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-24	Tage
T1	K	0,7	1,4	10,1	13,4	11,6	11,1	12,2	12,1	11,7	8,2	5,2	2,1	122
	P	2,1	2,0	5,4	10,7	11,7	13,2	12,4	11,0	10,5	10,5	6,8	3,9	122
	<i>Fra</i>	6,0	6,4	8,2	3,4	3,9	5,6	8,2	12,9	9,4	9,9	18,0	8,2	16
	<i>Bet</i>	9,8	5,5	6,5	3,9	5,9	8,7	10,2	8,6	8,6	10,1	10,0	12,3	16
	<i>Poa</i>	6,2	4,7	4,6	5,6	9,3	11,8	11,6	12,1	10,6	10,8	7,1	5,9	39
	<i>Art</i>	0,5	0,8	4,1	18,4	28,0	28,2	8,6	4,9	1,9	1,9	1,9	0,8	18
T2	K	0,8	1,4	9,6	12,8	11,4	11,8	12,0	11,2	11,6	8,7	5,9	2,9	31
	P	0,4	0,4	5,3	14,2	14,6	14,6	12,2	6,9	8,1	10,2	7,3	5,7	31
	<i>Fra</i>	0,0	9,8	9,8	2,4	4,9	7,3	9,8	19,5	9,8	12,2	7,3	7,3	4
	<i>Bet</i>	6,9	7,5	6,8	4,2	6,7	8,3	12,2	11,5	6,9	9,9	7,6	11,5	4
	<i>Poa</i>	3,0	2,2	3,2	2,5	10,6	8,9	10,8	17,5	12,6	9,6	11,1	8,1	9
	<i>Art</i>	0,6	0,5	2,0	27,5	34,4	15,2	5,0	6,8	3,4	1,9	2,0	0,6	4
T3	K	1,6	1,7	4,6	8,0	12,0	13,3	14,1	12,5	11,8	9,1	6,9	4,6	32
	P	3,4	1,7	2,8	7,9	11,9	11,3	12,4	10,2	9,0	10,2	9,6	9,6	32
	<i>Fra</i>	10,9	12,5	4,7	1,6	6,3	3,1	10,9	15,6	10,9	4,7	6,3	12,5	5
	<i>Bet</i>	3,5	3,9	3,0	2,7	7,1	11,8	15,1	17,3	10,6	6,4	9,5	9,1	5
	<i>Poa</i>	7,7	4,6	3,7	8,8	7,0	12,3	11,6	10,8	11,6	9,7	7,5	4,8	9
	<i>Art</i>	0,9	0,8	1,7	11,5	25,8	25,7	20,1	8,4	2,0	2,3	0,8	0,0	4
T4	K	2,0	1,4	2,8	4,5	10,0	13,4	14,9	14,0	14,6	11,3	7,0	4,2	37
	P	6,6	3,0	2,4	5,4	9,6	11,4	12,6	13,2	12,6	8,4	8,4	6,6	37
	<i>Fra</i>	9,1	5,2	7,8	1,3	6,5	7,8	7,8	18,2	9,1	15,6	5,2	6,5	7
	<i>Bet</i>	6,8	4,5	3,9	4,4	8,2	15,1	12,3	13,7	9,2	7,2	6,4	8,2	8
	<i>Poa</i>	3,9	3,7	4,4	2,8	5,2	12,4	10,3	11,3	17,7	11,3	8,9	8,3	10
	<i>Art</i>	1,1	0,2	0,2	14,1	43,5	9,3	13,9	9,9	5,1	1,3	0,8	0,6	4

*Tage* Anzahl der Tage; *T1* Tagestyp 1 (Mo.–Do.); *T2* Tagestyp 2 (Fr.); *T3* Tagestyp 3 (Sa.); *T4* Tagestyp 4 (So./Feiertag); *K* Kraftfahrzeugverkehr; *P* Verschmutzungsgrad der Pollen-Fangfolien; *Fra* *Fraxinus*; *Bet* *Betula*; *Poa* *Poaceae*; *Art* *Artemisia*. Hauptzeit des Kraftfahrzeugverkehrs/Verschmutzungsgrads bzw. Pollenflugs (Werte > 8,33 %; cf. [23]) hellgrün bzw. hellgrau, höchster Wert dunkelgrün bzw. dunkelgrau hinterlegt. Angaben in Prozent (s. 1.3.2.2.1)

**Tabelle 6** Signifikante Korrelationen zwischen den Pollen-Tagesmittelwerten an der A 100 und einigen Variablen im Jahr 2012

	ACF		pACF		CCF										
	L	C	L	C	P		T		RH		WS		S		
					L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	
<i>Bet</i>	1	,325	–	–	–	–	–	–	–	–1	–,416	–	–	–	–
<i>Poa</i>	1	,594	1	,594	–6	,262	4	–,265	–7	–,314	–	–	–5	,304	
	2	,322	4	,297	–4	,291	5	–,285	–6	–,277			–4	,272	
	4	,256					6	–,285	–5	–,356			–1	,356	
	5	,237					7	–,326	–4	–,363			0	,436	
	10	,239							–3	–,409			7	–,289	
	11	,322							–2	–,380					
	15	,217							–1	–,451					
	16	,222							0	–,575					
									1	–,459					
								2	–,263						
<i>Art</i>	1	,554	1	,554	–	–	–1	,482	–6	–,410	–3	–,387	3	–,493	
	2	,390	6	–,376			0	,439	3	,389	–2	–,391			
	15	–,279					6	–,419							
	16	–,288													

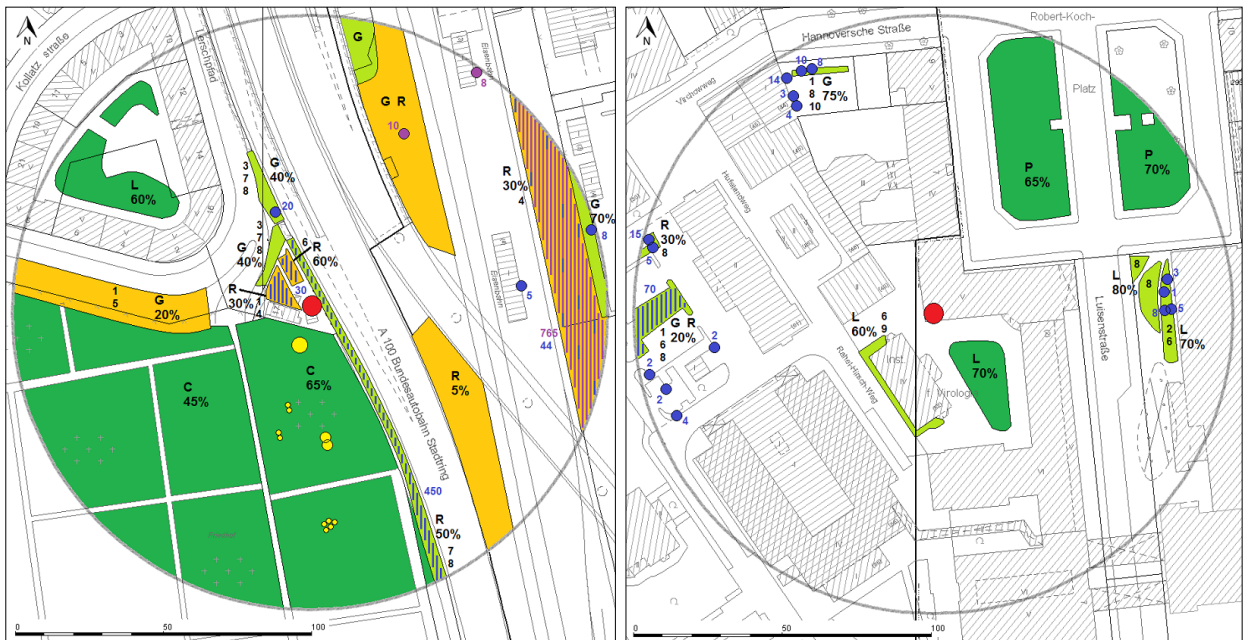
ACF Autokorrelationsfunktion; pACF partielle Autokorrelationsfunktion; CCF Kreuzkorrelationsfunktion; P Verschmutzungsgrad der Pollen-Fangfolien (Tagesmittel); T Lufttemperatur (Tagessumme); RH relative Luftfeuchtigkeit (Tagesmittel); WS Windgeschwindigkeit (Tagesmittel); S Sonnenscheindauer (Tagessumme); L „Lag“ (Verschiebung der Zeitreihen um gewisse Zeitpunkte [hier Tage]); C signifikanter Koeffizient (*kursiv* als Zufallsbefund interpretiert); *Bet* *Betula*; *Poa* Poaceae; *Art* *Artemisia*

Adapted, translated, and reprinted by permission from Springer Customer Service Centre GmbH: *Springer Nature, Aerobiologia, Intradialurnal patterns of allergenic airborne pollen near a city motorway in Berlin, Germany, Simoleit A, Gauger U, Mücke HG, Werchan M, Obstová B, Zuberbier T, Bergmann KC. © 2015, advance online publication, 3 June 2015, doi: 10.1007/s10453-015-9390-6 (Publikation 2)*

#### 1.4.3 Dritte Publikation

Die Pollenkonzentrationen (Saisonsummen und Tagesmittelwerte) an der Stadtautobahn waren höher als im Stadtzentrum (Tabelle 9). Für jeden der drei Pollentypen ergaben sich signifikant positive Korrelationen zwischen den Standorten (Tabelle 8). Die Vegetation an der Stadtautobahn war deutlich ausgeprägter als im Stadtzentrum (Abb. 1). Zu den Zeiten des Tagesmaximums der Pollenkonzentration dominierte der Wind aus Ost und West (*Betula*, A 100) bzw. West bis Nordwest (*Betula*, Stadtzentrum; Poaceae, A 100 und Stadtzentrum) sowie aus Ost bis Südost (*Artemisia*, A 100) bzw. Nordost bis Ost (*Artemisia*, Stadtzentrum; Tabelle 7).

**Abb. 1** Vegetation und städtische Umgebung an der A 100 (links) und im Stadtzentrum am Allergie-Centrum-Charité (rechts) in einem Radius von 100 m



Roter Kreis Messstelle; gelbe Kreise unterschiedlicher Größe (groß, mittel, klein) fertile Birken (> 10 m, 5–10 m, < 5 m); dunkelgrün regelmäßig gemähte Grünfläche; hellgrün unregelmäßig gemähte Grünfläche; orange ungemähte Grünfläche; C Friedhof; G Straßenrandgrün; L Rasen; P Park; R Ruderalvegetation; % Gräser-Bedeckungsgrad; dominierende Grasarten: 1 *Agropyron repens*, 2 *Arrhenatherum elatius*, 3 *Bromus sterilis*, 4 *Calamagrostis epigejos*, 5 *Dactylis glomerata*, 6 *Festuca rubra*, 7 *Hordeum murinum*, 8 *Lolium perenne*, 9 *Poa pratensis*, 10 *Setaria viridis*; blaue Kreise/Streifen/Ziffern Beifuß-Strünke; lila Kreise/Streifen/Ziffern Feld-Beifuß-Strünke. Katasterkarte: [24]. Eigene Arbeit: Einzeichnung der Vegetation

Die Abbildungen wurden veröffentlicht in Publikation 3: Simoleit A, Werchan M, Werchan B, Mücke HG, Gauger U, Zuberbier T, Bergmann KC. Birch, grass, and mugwort pollen concentrations and intradiurnal patterns at two different urban sites in Berlin, Germany. *Allergo J Int* 2017;26(5):155–64.

**Tabelle 7** Windrichtungen zur Zeit des Tagesmaximums der Pollenkonzentration an der A 100 und im Stadtzentrum (SZ) am Allergie-Centrum-Charité in den Jahren 2014 und 2015

	<i>Betula</i>		Poaceae		<i>Artemisia</i>	
	A 100 (%)	SZ (%)	A 100 (%)	SZ (%)	A 100 (%)	SZ (%)
N–NO	6,7	20,0	11,8	9,8	9,1	10,7
NO–O	20,0	10,0	19,4	18,3	20,5	21,4
O–SO	20,0	10,0	7,5	6,1	25,0	12,5
SO–S	3,3	3,3	7,5	4,9	4,5	7,1
S–SW	3,3	3,3	6,5	7,3	9,1	10,7
SW–W	13,3	13,3	10,8	12,2	15,9	19,6
W–NW	20,0	23,3	30,1	30,5	11,4	14,3
NW–N	13,3	16,7	6,5	11,0	4,5	3,6
Anz. der Tage	30	30	93	82	44	56

*N* Nord; *O* Ost; *S* Süd; *W* West; *Prozentangaben* Mittelwert der Jahre 2014 und 2015

*Die Tabelle wurde in ähnlicher Form veröffentlicht in Publikation 3: Simoleit A, Werchan M, Werchan B, Mücke HG, Gauger U, Zuberbier T, Bergmann KC. Birch, grass, and mugwort pollen concentrations and intradiurnal patterns at two different urban sites in Berlin, Germany. Allergo J Int 2017;26(5):155–64.*

**Tabelle 8** Korrelationen der Pollen-Tagesmittelwerte zwischen den Standorten an der A 100 und im Stadtzentrum (SZ) am Allergie-Centrum-Charité in den Jahren 2014 und 2015

	A 100–SZ	
	2014	2015
<i>Betula</i>	0,967	0,904
Poaceae	0,816	0,694
<i>Artemisia</i>	0,522	0,856

Korrelationskoeffizienten nach Pearson,  $p < 0,001$

#### 1.4.4 Tageszeitlicher Verlauf des Pollenflugs – zweite und dritte Publikation

Für den Beifußpollenflug ergab sich ein deutlicher Tagesgang, der durch ein morgendliches bzw. vormittägliches Konzentrationsmaximum gekennzeichnet war (Tabelle 9). Die Hauptzeit erstreckte sich meist von 6 bis etwa 14 Uhr. Der Gräserpollenflug erreichte seine Belastungsspitzen erst in der zweiten Tageshälfte. Die Hauptzeit konnte bereits am Morgen einsetzen und bis in den (späten) Abend oder bis zum Tagesende anhalten. Der Birkenpollenflug begann ebenfalls am Morgen und setzte sich, teilweise mit Unterbrechungen, bis zum Tagesende oder bis in den frühen Morgen fort. Das Tagesmaximum wurde zwischen 10 und 16 Uhr oder von 22 bis 24 Uhr erreicht. Der Eschenpollenflug konzentrierte sich vor allem auf die zweite Tageshälfte, in der auch das Maximum am Nachmittag bzw. am Abend erreicht wurde.

**Tabelle 9** Saison-gemittelte Tagesgänge des Pollenflugs an der A 100 und im Stadtzentrum (SZ) am Allergie-Centrum-Charité von 2011 bis 2015 (alle verfügbaren Jahre)

Uhrzeit	0-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-24	Summe
<i>Fraxinus – A 100</i>													
2012	6,7	7,5	7,7	2,7	4,8	5,8	8,7	14,9	9,6	10,4	12,8	8,4	415
2013	7,5	10,2	7,1	3,9	8,3	8,5	6,1	9,0	10,3	12,9	9,0	7,2	915
<i>Betula – A 100</i>													
2012	7,9	5,5	5,6	3,9	6,6	10,3	11,6	11,2	8,7	9,0	8,8	10,9	16.060
2013	8,0	7,2	7,2	5,4	8,7	9,0	6,7	6,8	8,7	10,3	9,5	12,5	18.482
2014	6,5	6,0	6,0	6,1	10,1	7,1	8,4	11,0	9,6	10,9	9,1	9,4	31.480
2015	5,2	5,3	5,2	5,6	9,3	9,2	10,2	9,0	8,7	10,4	10,0	12,0	11.646
<i>Betula – SZ</i>													
2014	9,5	7,0	5,6	6,4	9,9	10,0	8,8	9,0	9,1	7,8	9,1	7,9	19.385
2015	9,5	5,2	5,2	6,8	7,0	8,9	8,7	7,1	6,4	7,2	10,5	17,4	5.126
<i>Poaceae – A 100</i>													
2011	5,5	6,2	5,6	6,2	9,9	10,9	12,7	10,7	10,6	9,2	7,6	5,0	1.405
2012	5,6	4,2	4,2	5,1	8,4	11,6	11,3	12,4	12,3	10,6	8,0	6,4	3.096
2013	5,5	5,1	5,3	5,1	7,3	10,9	10,0	12,1	12,2	10,9	8,7	6,9	3.224
2014	5,7	4,3	4,4	5,3	8,1	10,7	10,7	10,2	10,1	12,0	10,2	8,4	4.308
2015	7,1	6,5	4,5	5,5	6,8	7,7	8,3	10,5	11,5	11,5	11,6	8,6	5.018
<i>Poaceae – SZ</i>													
2014	6,4	7,7	8,0	6,9	6,7	6,7	9,7	9,7	10,0	8,4	9,3	10,4	3.169
2015	6,9	6,3	5,4	6,8	6,3	7,3	8,8	8,4	10,7	12,2	11,0	9,7	3.407
<i>Artemisia – A 100</i>													
2012	0,6	0,7	3,2	18,3	30,0	24,4	10,1	6,1	2,4	1,9	1,7	0,6	5.055
2013	1,5	1,6	2,3	19,3	23,0	19,4	15,0	6,3	4,1	3,4	1,9	2,2	1.116
2014	0,6	3,8	14,7	31,3	20,1	11,5	5,8	3,4	3,1	2,4	1,6	1,5	1.741
2015	2,3	3,1	4,4	9,6	16,4	20,2	11,9	11,7	7,1	6,8	3,7	2,7	824
<i>Artemisia – SZ</i>													
2014	2,4	5,3	4,5	19,5	13,8	13,4	8,1	11,8	8,5	5,3	4,1	3,3	415
2015	4,9	4,2	3,3	5,8	14,0	19,6	14,0	7,2	6,3	10,5	5,8	4,4	492

*Summe* Summe der Tagesmittelwerte innerhalb der Pollensaison (= 90 % der Jahressumme; im Jahr 2011: 95 % der Jahressumme). Hauptzeit des Pollenflugs (Werte > 8,33 %; cf. [23]) hellgrau, höchster Wert dunkelgrau hinterlegt. Angaben in Prozent (s. 1.3.1.2)

## 1.5 Diskussion

Die Dissertation thematisiert die Verteilung und Intensität von Pollen- und Feinstaubkonzentrationen an unterschiedlichen Standorten in der Großstadt Berlin. Für die Messungen kamen etablierte Verfahren zum Einsatz. Durch die Kontrollmessungen zur Saugleistung der Pollenfallen



(Tabelle 3) konnte gezeigt werden, dass diese gleichbleibende Durchflussmengen gewährleisten können, was für die Vergleichbarkeit von Pollenzahlen verschiedener Standorte unerlässlich ist. Die Erkenntnisse zum tageszeitlichen Verlauf des Pollenflugs bilden einen weiteren wichtigen Bestandteil der Arbeit. Zudem wird die Abhängigkeit der Pollenbelastung von bestimmten Wetterparametern dargelegt.

Hinsichtlich der Tagesmittelwerte der Pollenkonzentrationen an den verschiedenen Standorten (Tiergarten, Adlershof und Stadtautobahn [2011]; Stadtautobahn und Stadtzentrum [2014 und 2015]) ergaben sich zu erwartende Unterschiede in den absoluten Zahlen. Es zeigten sich signifikant positive Korrelationen der Pollenkonzentrationen zwischen allen Standorten (Tabellen 2, 8). Die höchsten absoluten Konzentrationen (Poaceae und Gesamtpollen [2011]; *Betula*, Poaceae und *Artemisia* [2014 und 2015]) wurden jedoch zumeist an der Stadtautobahn registriert (Tabellen 1, 9). Die nähere Umgebung, wie die lokale Vegetation, die an der Stadtautobahn ausgeprägter war als im Stadtzentrum (Abb. 1), beeinflusst also durchaus die Pollenbelastung eines Allergikers. Eine Pollenfalle, die einige Kilometer entfernt ist, kann aber dennoch nützliche Informationen liefern und eine gute Orientierung bieten. In diesem Zusammenhang sollte jedoch die Freisetzungshöhe und -zeit der entsprechenden Pollenquellen sowie die Messhöhe berücksichtigt werden. So zeigten die Birkenpollen, die als Vertreter der Baumpollen aus größerer Höhe freigesetzt werden, die stärksten Korrelationen zwischen dem Stadtautobahn- und dem Stadtzentrum-Standort (Tabelle 8). Die Beifußpollen (Kräuterpollen), die aus einer Höhe von maximal 230 cm (*Artemisia vulgaris*; [25]) freigesetzt werden, wiesen hingegen schwächere Korrelationen und die größten Unterschiede der Saisonsummen zwischen beiden Standorten auf. Beifußpollen werden zudem in den frühen Morgenstunden freigesetzt, in denen Thermik und Vertikaltransport eher gering sind [26], was die Pollenverbreitung zusätzlich beeinträchtigt haben dürfte. Die Windrichtungsanalyse (Tabelle 7) zeigte ebenfalls den Einfluss lokaler Pollenquellen, indem vor allem die Tagesmaxima der Beifuß- und Gräserpollenkonzentrationen mit Windrichtungen assoziiert waren, in denen sich entsprechende Pflanzenbestände befanden (Abb. 1). Die Gräserpollen erreichten trotz ihrer geringen Freisetzungshöhe und der deutlich kleineren Gräservorkommen im Stadtzentrum relativ ähnliche Saisonsummen an beiden Standorten (Tabelle 9). Die Pollenverbreitung könnte in diesem Fall dadurch begünstigt gewesen sein, dass die zahlreichen Grasarten ihre Pollen zu unterschiedlichen Tageszeiten freisetzen. So gelangen die Pollen nicht nur morgens, sondern auch in den thermisch günstigeren Nachmittags- und Abendstunden in die Luft [26, 27].

An der Stadtautobahn traten auch die höchsten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen auf (Tabelle 1). Wie für die Pollen ergaben sich aber signifikant positive Korrelationen zwischen den Standorten (Tabel-

le 2). Die Unterschiede im Feinstaubgehalt der Luft sind auf die jeweiligen Verkehrszahlen zurückzuführen, die auf der A 100 mit Abstand am höchsten (152.200 Kfz/24 h) und nahe der Messstelle „Adlershof“ am niedrigsten (4.400 Kfz/24 h) waren [28].

Das gleichzeitige Auftreten hoher Pollen- und Feinstaubkonzentrationen, wie es an der Stadtautobahn der Fall war, ist als gesundheitlich bedenklich einzustufen [29], da Feinstaub-belastete Pollen als stärker allergen gelten [11, 30] und auch der Feinstaub selbst die Lungenfunktion beeinträchtigen kann [31]. Auch im Hinblick auf den tageszeitlichen Verlauf konnte beobachtet werden, dass die Hauptzeiten des Kraftfahrzeugverkehrs und der Luftverschmutzung (in Form des Verschmutzungsgrads der Pollen-Fangfolien) sowie der Pollenbelastung teilweise zeitlich zusammenfielen (Tabelle 5).

Der Beifußpollenflug zeigte den deutlichsten tageszeitlichen Verlauf (Tabelle 9). Das morgendliche bzw. vormittägliche Konzentrationsmaximum stimmt mit den Ergebnissen anderer Studien überein [23, 25, 26, 32]. Beifußpollenallergiker sollten den Aufenthalt im Freien, z. B. zum Sport, oder das Lüften der Wohnung in die Nachmittags- und Abendstunden verlegen, in denen deutlich niedrigere Konzentrationen zu erwarten sind. An der Stadtzentrum-Messstelle trat die Hauptzeit im Vergleich zur Stadtautobahn etwa zwei Stunden später auf, was durch die größere Messhöhe (Dachniveau) im Stadtzentrum bedingt gewesen sein könnte [26]. Pollenfallen mit geringerer Messhöhe sind in der Lage, das Auftreten von Beifußpollen in der Luft früher am Tag und in der Saison zu registrieren und größere Pollenzahlen zu erfassen [26, 33, 34]. Der Gräserpollenflug erreichte die Belastungsspitzen um die Mittagszeit oder am Nachmittag (vergleichbar mit [23]) bzw. am Abend oder in der Nacht (vergleichbar mit [35]; Tabelle 9). Gräserpollenallergiker in der Stadt sollten daher bevorzugt die Morgenstunden für den Aufenthalt im Freien nutzen. Die Tagesgänge sind jedoch stets von den aktuell stäubenden Grasarten abhängig [32] und können von Tag zu Tag und im Verlauf der Saison variieren [36]. Trotz des Artenreichtums und der Diversität der Freisetzungzeiten innerhalb der Familie der Süßgräser ergaben sich recht deutliche, nachmittagsbetonte und über die Jahre ähnliche tageszeitliche Verläufe, wobei die Tagesgänge der letzten beiden Jahre (2014 und 2015) zeitlich etwas verzögert waren. Grasarten, die an den Standorten vorkamen (Abb. 1) und aufgrund ihrer nachmittäglichen und abendlichen Freisetzungzeiten zu Letzteren beigetragen haben könnten, sind unter anderem *Agropyron repens* (Kriech-Quecke), *Arrhenatherum elatius* (Gewöhnlicher Glatthafer), *Festuca rubra* (Gewöhnlicher Rot-Schwingel) und *Lolium perenne* (Deutsches Weidelgras) (Beddows 1931, Jones 1952 und Emecz 1962 in [36]). Im Jahr 2014 war der tageszeitliche Verlauf im Stadtzentrum etwas homogener als an der Stadtautobahn, was darauf hindeuten könnte, dass die Gräserpollen in der Luft auf Dachniveau recht gleichmäßig verteilt waren [37]. Für den Birkenpollenflug

ergab sich ein weniger ausgeprägtes Konzentrationsprofil (vergleichbar mit [23]; Tabelle 9). Die Morgenstunden (bis etwa 8 Uhr) scheinen aber, ähnlich wie für die Gräserpollenallergiker, mit einem geringeren Expositionsrisiko behaftet zu sein. Birkenpollenallergiker sollten beachten, dass das Auftreten hoher Pollenkonzentrationen unter günstigen meteorologischen Bedingungen (steigende Lufttemperatur, fallende relative Luftfeuchtigkeit) zu jeder Tages- und Nachtzeit möglich ist [38, 39]. Auch der Ferntransport oder das nächtliche Absinken von Pollen aus höheren Luftschichten sind hier von Bedeutung. Der Eschenpollenflug wurde nur in den Jahren 2012 und 2013 an der Stadtautobahn untersucht. Die relativ niedrigen Eschenpollenzahlen führten dazu, dass sich einzelne Tage mit höheren Konzentrationen deutlich auf die Saison-gemittelten Tagesgänge auswirken konnten, sodass sich ein eher undeutliches, heterogenes Profil ergab. Eine Empfehlung an Eschenpollenallergiker ist somit schwierig und allenfalls dahingehend möglich, bevorzugt die Morgenstunden (bis etwa 10 Uhr) für den Aufenthalt im Freien zu nutzen, da sich die Pollenbelastung vor allem auf die zweite Tageshälfte konzentrierte (vergleichbar mit [23]; Tabelle 9).

Die Pollenfreisetzung und -verteilung ist von vielen Faktoren, wie zum Beispiel der Freisetzungshöhe und -zeit, abhängig und eng mit den meteorologischen Bedingungen verknüpft. Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit führte zu niedrigen Pollenkonzentrationen (*Betula* und *Poaceae*), während eine hohe Lufttemperatur (*Artemisia*) und eine lange Sonnenscheindauer (*Poaceae*) höhere Konzentrationen begünstigten (Tabelle 6). An Tagen mit erhöhten Maximaltemperaturen stiegen sowohl die Gräserpollen- als auch die  $PM_{10}$ -Konzentrationen an (Tabelle 2). Höhere Temperaturen im Rahmen des Klimawandels können zu einer Verlängerung und Intensivierung der Pollensaison sowie zur Ansiedelung neuer Pflanzenarten mit allergenem Potenzial beitragen [1]. Bei der Bepflanzung des öffentlichen Raums sollte daher die Allergenität der entsprechenden Pollen berücksichtigt werden [8].

## 1.6 Literaturverzeichnis

- 1 Bergmann KC, Jäger S. Pollenflug über Europa – Indikator des Klimawandels? In: Bayer. Akademie d. Wissenschaften, Hrsg. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, 38: Bioaerosole und ihre Bedeutung für die Gesundheit. München: Dr. Friedrich Pfeil, 2010:43–53.
- 2 Langen U, Schmitz R, Steppuhn H. Häufigkeit allergischer Erkrankungen in Deutschland – Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsbl 2013;56:698–706.

- 3 Blomme K, Tomassen P, Lapeere H, Huvenne W, Bonny M, Acke F, Bachert C, Gevaert P. Prevalence of allergic sensitization versus allergic rhinitis symptoms in an unselected population. *Int Arch Allergy Immunol* 2013;160:200–7.
- 4 Zuberbier T, Lötvall J, Simoens S, Subramanian SV, Church MK. Economic burden of inadequate management of allergic diseases in the European Union: a GA<sup>2</sup>LEN review. *Allergy* 2014;69:1275–9.
- 5 Ziello C, Sparks TH, Estrella N, Belmonte J, Bergmann KC, Bucher E, Brighetti MA, Damialis A, Detandt M, Galán C, Gehrig R, Grewling Ł, Gutiérrez Bustillo AM, Hallsdóttir M, Kockhans-Bieda MC, De Linares C, Myszkowska D, Pàldy A, Sánchez A, Smith M, Thibaudon M, Travaglini A, Uruska A, Valencia-Barrera RM, Vokou D, Wachter R, de Weger LA, Menzel A. Changes to airborne pollen counts across Europe. *PLoS One* 2012;7:e34076.
- 6 Ziska LH, Gebhard DE, Frenz DA, Faulkner S, Singer BD, Straka JG. Cities as harbingers of climate change: common ragweed, urbanization, and public health. *J Allergy Clin Immunol* 2003;111:290–5.
- 7 Thompson JL, Thompson JE. The urban jungle and allergy. *Immunol Allergy Clin North Am* 2003;23:371–87.
- 8 Bergmann KC, Zuberbier T, Augustin J, Mücke HG, Straff W. Climate change and pollen allergy: cities and municipalities should take people suffering from pollen allergy into account when planting in public spaces. *Allergo J* 2012;21:103–7.
- 9 Spieksma FThM, Corden JM, Detandt M, Millington WM, Nikkels H, Nolard N, Schoenmakers CHH, Wachter R, de Weger LA, Willems R, Emberlin J. Quantitative trends in annual totals of five common airborne pollen types (*Betula*, *Quercus*, Poaceae, *Urtica*, and *Artemisia*), at five pollen-monitoring stations in western Europe. *Aerobiologia* 2003;19:171–84.
- 10 Skjøth CA, Ørby PV, Becker T, Geels C, Schlünssen V, Sigsgaard T, Bønløkke JH, Sommer J, Søgaard P, Hertel O. Identifying urban sources as cause of elevated grass pollen concentrations using GIS and remote sensing. *Biogeosciences* 2013;10:541–54.
- 11 Behrendt H, Becker WM, Fritzsche C, Sliwa-Tomczok W, Tomczok J, Friedrichs KH, Ring J. Air pollution and allergy: experimental studies on modulation of allergen release from pollen by air pollutants. *Int Arch Allergy Immunol* 1997;113:69–74.
- 12 Cakmak S, Dales RE, Coates F. Does air pollution increase the effect of aeroallergens on hospitalization for asthma? *J Allergy Clin Immunol* 2012;129:228–31.
- 13 D'Amato G, Bergmann KC, Cecchi L, Annesi-Maesano I, Sanduzzi A, Liccardi G, Vitale C, Stanziola A, D'Amato M. Climate change and air pollution – Effects on pollen allergy and other allergic respiratory diseases. *Allergo J Int* 2014;23:17–23.

- 14 Gonzalo-Garijo MA, Tormo-Molina R, Muñoz-Rodríguez AF, Silva-Palacios I. Differences in the spatial distribution of airborne pollen concentrations at different urban locations within a city. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2006;16:37–43.
- 15 Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann Appl Biol* 1952;39:257–65.
- 16 Hecht R. Pollenbestimmungstechnik, Ergebniswertung und die Herausgabe von Pollenfluginformationen. In: Bergmann KC, Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst, Hrsg. 3. Europäisches Pollenflug-Symposium – Bad Lippspringe – Vorträge und Berichte. Düsseldorf: Vereinigte Verlagsanstalten GmbH, 1994:21–32.
- 17 Galán C, Smith M, Thibaudon M, Frenguelli G, Oteros J, Gehrig R, Berger U, Clot B, Brandao R, EAS QC Working Group. Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis. *Aerobiologia* 2014;30:385–95.
- 18 Mandrioli P. Method for sampling and counting of airborne pollen and fungal spores. Institute of Atmospheric and Oceanic Sciences (ISAO), National Research Council (CNR) – Bologna, Italy, 2000.
- 19 Hecht R, Winkler H. Empfehlungen zur Präparationstechnik, Bestimmung und Auswertung bei der Pollenflugerfassung mit der Burkard-Pollenfalle. In: Bergmann KC, Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst, Hrsg. 3. Europäisches Pollenflug-Symposium – Bad Lippspringe – Vorträge und Berichte. Düsseldorf: Vereinigte Verlagsanstalten GmbH, 1994:135–41.
- 20 Nilsson S, Persson St. Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden), 1973–1980. *Grana* 1981;20:179–82.
- 21 Verkehrsstärkenkarte DTV<sub>werktags</sub> 2014. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2014. (Accessed May 12, 2016, at [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/lenkung/vlb/download/verkehrsmengen\\_2014.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/lenkung/vlb/download/verkehrsmengen_2014.pdf).)
- 22 Verkehrsmanagementzentrale Berlin (VMZ Berlin) Betreibergesellschaft mbH, Ullsteinstr. 114, Turm C, 12109 Berlin.
- 23 Jäger S. Tageszeitliche Verteilung und langjährige Trends bei allergiekompetenten Pollen. *Allergologie* 1990;13:159–82.
- 24 Katasterkarten. Berlin: Geoportal/Katasterämter, 2016. (Accessed May 16, 2016, at [http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?Szenario=fbinter\\_jsc](http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?Szenario=fbinter_jsc).)
- 25 Wachter RKF. Der Gehalt der Luft über mitteleuropäischen Messstellen an Pollen von *Artemisia*, *Plantago* und *Rumex*. Diss. Techn. Univ. München. München: Dissertations- und Fotodruck Frank oHG, 1978.
- 26 von Wahl PG, Puls KE. Pollenemission und Pollenflug von Kräuterpollen. *Grana* 1991;30:260–4.

- 27 Fuckerieder K. Der Graspollengehalt der Luft in Mitteleuropa. Diss. Techn. Univ. München. Berichte 9/76, Umweltbundesamt, Berlin, 1976.
- 28 Verkehrsstärkenkarte DTV<sub>Werktag</sub> 2009. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2009. (Accessed May 13, 2017, at [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/lenkung/vlb/download/verkehrsmengen\\_2009.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/lenkung/vlb/download/verkehrsmengen_2009.pdf).)
- 29 Morgenstern V, Zutavern A, Cyrus J, Brockow I, Koletzko S, Krämer U, Behrendt H, Herbarth O, von Berg A, Bauer CP, Wichmann HE, Heinrich J. GINI Study Group, LISA Study Group. Atopic diseases, allergic sensitization, and exposure to traffic-related air pollution in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177:1331–7.
- 30 Behrendt H, Becker WM, Friedrichs KH, Darsow U, Tomingas R. Interaction between aeroallergens and airborne particulate matter. *Int Arch Allergy Immunol* 1992;99:425–8.
- 31 Mazzeola G, Esposito V, Bianco A, Ferraraccio F, Prati MV, Lucariello A, Manente L, Mezzogiorno A, De Luca A. Inflammatory effects on human lung epithelial cells after exposure to diesel exhaust micron sub particles (PM<sub>1,0</sub>) and pollen allergens. *Environ Pollut* 2012;161:64–9.
- 32 Käpylä M. Diurnal variation of non-arboreal pollen in the air in Finland. *Grana* 1981;20:55–9.
- 33 Rantio-Lehtimäki A, Koivikko A, Kupias R, Mäkinen Y, Pohjola A. Significance of sampling height of airborne particles for aerobiological information. *Allergy* 1991;46:68–76.
- 34 Spieksma FThM, van Noort P, Nikkels H. Influence of nearby stands of *Artemisia* on street-level versus roof-top-level ratio's of airborne pollen quantities. *Aerobiologia* 2000;16:21–4.
- 35 Norris-Hill J, Emberlin J. Diurnal variation of pollen concentration in the air of north-central London. *Grana* 1991;30:229–34.
- 36 Peel RG, Ørby PV, Skjøth CA, Kennedy R, Schlünssen V, Smith M, Sommer J, Hertel O. Seasonal variation in diurnal atmospheric grass pollen concentration profiles. *Biogeosciences* 2014;11:821–32.
- 37 Alcázar P, Galán C, Cariñanos P, Domínguez-Vilches E. Diurnal variation of airborne pollen at two different heights. *Invest Allergol Clin Immunol* 1999;9:89–95.
- 38 Käpylä M. Diurnal variation of tree pollen in the air in Finland. *Grana* 1984;23:167–76.
- 39 von Wahl PG, Gebhart S, Chlebarov S. Tageszeitliche Veränderungen des Birken- und Gräserpollengehaltes der Luft auf der ostfriesischen Insel Borkum. *Allergologie* 1989;12:249–57.

## 2. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Anke Erika Paula Simoleit, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Pollen in Städten“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an den ausgewählten Publikationen entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift der Doktorandin

### Anteilerklärung an den erfolgten Publikationen

Anke Erika Paula Simoleit hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

Publikation 1: Karl-Christian Bergmann, **Anke Simoleit**, Sandra Wagener, Hans-Guido Mücke, Matthias Werchan, Torsten Zuberbier; *Verteilung von Pollen und Feinstaub in einem städtischen Ballungsraum am Beispiel der Großstadt Berlin*; Allergo J, 2013

Beitrag im Einzelnen:

- a) Auswertung und Interpretation des vorliegenden Datenmaterials (Pollen- und Feinstaubkonzentrationen aus dem Mai/Juni 2011):  
Vergleich der jeweiligen Vorkommen nach Menge (Pollen und Feinstaub) und Art (Pollen) im Vergleich der drei Standorte „Tiergarten“, „Adlershof“ und „Stadtautobahn“; Zusammenhang von Pollen und Feinstaub
- b) Erstellung der deutschsprachigen Publikation; bei der Optimierung des Manuskripts waren der Erstautor Herr Karl-Christian Bergmann und die übrigen Mitautoren beteiligt; Mitautor Herr Hans-Guido Mücke lieferte zudem einen ersten Manuskriptentwurf
- c) Einreichung des Manuskripts beim Journal

Publikation 2: **Anke Simoleit**, Ulrich Gauger, Hans-Guido Mücke, Matthias Werchan, Barbora Obstová, Torsten Zuberbier, Karl-Christian Bergmann; *Intradiurnal patterns of allergenic airborne pollen near a city motorway in Berlin, Germany*; Aerobiologia, 2016

Beitrag im Einzelnen:

- a) Erhebung des Datenmaterials (Pollenkonzentrationen):  
lichtmikroskopische Auswertung der Pollen-Fangfolien von der Burkard-Pollen- und Sporenfalle an der Stadtautobahn aus dem Mai/Juni 2011 sowie den Jahren 2012 und 2013 in Form von Tagesmittelwerten und 2-Stunden-Mittelwerten
- b) Bestimmung des Verschmutzungsgrads der Stadtautobahn-Pollen-Fangfolien aus dem

Jahr 2012 nach eigener Methode

- c) Auswertung und Interpretation des Datenmaterials
- d) Erstellung der Diagramme des tageszeitlichen Verlaufs des Pollenflugs sowie der Tabellen (Korrelationsberechnungen durch Mitautor Herrn Ulrich Gauger)
- e) Konzeption und Erstellung der englischsprachigen Publikation; bei der Optimierung des Manuskripts waren alle Mitautoren beteiligt
- f) Einreichung des Manuskripts beim Journal und Bearbeitung der Gutachterkommentare im Rahmen des Review- und Publikationsprozesses

Publikation 3: **Anke Simoleit**, Matthias Werchan, Barbora Werchan, Hans-Guido Mücke, Ulrich Gauger, Torsten Zuberbier, Karl-Christian Bergmann; *Birch, grass, and mugwort pollen concentrations and intradiurnal patterns at two different urban sites in Berlin, Germany*; Allergo J Int, 2017

Beitrag im Einzelnen:

- a) Erhebung des Datenmaterials (Pollenkonzentrationen):  
lichtmikroskopische Auswertung der Pollen-Fangfolien von der Burkard-Pollen- und Sporenfalle an der Stadtautobahn aus den Jahren 2014 und 2015 in Form von Tagesmittelwerten und 2-Stunden-Mittelwerten
- b) Auswertung und Interpretation des Datenmaterials
- c) Erstellung der Abbildungen (Vegetationskarten basierend auf den Ergebnissen der Kartierung durch die Mitautoren Herrn Matthias Werchan und Frau Barbora Werchan) und der Diagramme (saisonaler [Berechnung der Korrelationskoeffizienten durch Mitautor Herrn Ulrich Gauger] und tageszeitlicher Verlauf des Pollenflugs) sowie der Tabellen
- d) Konzeption und Erstellung der englischsprachigen Publikation; bei der Optimierung des Manuskripts waren alle Mitautoren beteiligt
- e) Einreichung des Manuskripts beim Journal und Bearbeitung der Gutachterkommentare im Rahmen des Review- und Publikationsprozesses

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers

---

Prof. Dr. med. Dr. h. c. Torsten Zuberbier

Unterschrift der Doktorandin

---

Anke Erika Paula Simoleit



### **3. Druckexemplare der ausgewählten Publikationen**

#### **Erste Publikation**

Bergmann KC, **Simoleit A**, Wagener S, Mücke HG, Werchan M, Zuberbier T. Verteilung von Pollen und Feinstaub in einem städtischen Ballungsraum am Beispiel der Großstadt Berlin. Allergo J 2013;22(7):471–5. DOI 10.1007/s15007-013-0376-9.

<http://dx.doi.org/10.1007/s15007-013-0376-9>

## **Zweite Publikation**

**Simoleit A**, Gauger U, Mücke HG, Werchan M, Obstová B, Zuberbier T, Bergmann KC. Intradial patterns of allergenic airborne pollen near a city motorway in Berlin, Germany. *Aerobiologia* 2016;32(2):199–209. DOI 10.1007/s10453-015-9390-6.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10453-015-9390-6>

### **Dritte Publikation**

**Simoleit A**, Werchan M, Werchan B, Mücke HG, Gauger U, Zuberbier T, Bergmann KC. Birch, grass, and mugwort pollen concentrations and intradiurnal patterns at two different urban sites in Berlin, Germany. *Allergo J Int* 2017;26(5):155–64. DOI 10.1007/s40629-017-0012-4.

<http://dx.doi.org/10.1007/s40629-017-0012-4>

#### **4. Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.



## 5. Komplette Publikationsliste

### Originalartikel

1 Bergmann KC, **Simoleit A**, Wagener S, Mücke HG, Werchan M, Zuberbier T. Verteilung von Pollen und Feinstaub in einem städtischen Ballungsraum am Beispiel der Großstadt Berlin. *Allergo J* 2013;22(7):471–5. DOI 10.1007/s15007-013-0376-9.

Bergmann KC, **Simoleit A**, Wagener S, Mücke HG, Werchan M, Zuberbier T. The distribution of pollen and particulate matter in an urban agglomeration using the city of Berlin as an example. *Allergo J* 2013;22(7):471–5. DOI 10.1007/s15007-013-0376-9.

2 **Simoleit A**, Gauger U, Mücke HG, Werchan M, Obstová B, Zuberbier T, Bergmann KC. Intradiurnal patterns of allergenic airborne pollen near a city motorway in Berlin, Germany. *Aerobiologia* 2016;32(2):199–209. DOI 10.1007/s10453-015-9390-6.

3 **Simoleit A**, Wachter R, Gauger U, Werchan M, Werchan B, Zuberbier T, Bergmann KC. Pollen season of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and temperature trends at two German monitoring sites over a more than 30-year period. *Aerobiologia* 2016;32(3):489–97. DOI 10.1007/s10453-016-9421-y.

4 **Simoleit A**, Werchan M, Werchan B, Mücke HG, Gauger U, Zuberbier T, Bergmann KC. Birch, grass, and mugwort pollen concentrations and intradiurnal patterns at two different urban sites in Berlin, Germany. *Allergo J Int* 2017;26(5):155–64. DOI 10.1007/s40629-017-0012-4.

5 Werchan B, Werchan M, Mücke HG, Gauger U, **Simoleit A**, Zuberbier T, Bergmann KC. Spatial distribution of allergenic pollen through a large metropolitan area. *Environ Monit Assess* 2017;189(4):169. DOI 10.1007/s10661-017-5876-8.

### Abstracts

1 **Simoleit A**, Mücke HG, Werchan M, Zuberbier T, Bergmann KC. Two-hours-average values of grass pollen. *Allergo J* 2013;22(7):478-9. DOI 10.1007\_s15007-013-0380-0.

## 6. Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. Dr. h. c. Torsten Zuberbier, Leiter des Allergie-Centrum-Charité der Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie, Sprecher des Comprehensive Allergy Center Charité und Leiter der Europäischen Stiftung für Allergieforschung ECARF, danke ich für die freundliche Bereitschaft, die Betreuung meiner Arbeit zu übernehmen, und für die zuverlässige Hilfe. Ebenso möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Karl-Christian Bergmann, Gastwissenschaftler an der Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie sowie Vorstandsvorsitzender der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst PID, sehr herzlich danken für die in jeder Phase meiner Arbeit zuverlässige und engagierte Unterstützung.

Herrn Matthias Werchan, Mitarbeiter der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst PID, danke ich für die kontinuierliche Probenahme mithilfe der Burkard-Pollen- und Sporenfalle, die gewissenhafte Präparation der Luftstaubproben und die Pollenflugdaten von der Pollenfalle auf dem Dach der Charité-Hautklinik. Frau Hesna Gözlükaya, Studienschwester und damalige Mitarbeiterin der AG Prof. Dr. med. Marcus Maurer im Allergie-Centrum-Charité, danke ich ebenfalls für ihre pollenanalytische Arbeit im Mai/Juni 2011. Gedankt sei auch Frau Barbora Werchan, Mitarbeiterin der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst PID, die zusammen mit Herrn Werchan die Kartierung der Vegetation im Rahmen der dritten Publikation übernahm.

Des Weiteren möchte ich Herrn Dr. Hans-Guido Mücke vom Umweltbundesamt herzlich danken für die Bemühungen um die Kfz-Daten von der Verkehrsmanagementzentrale Berlin (VMZ Berlin) und für die klugen fachlichen Anregungen. Dem Umweltbundesamt danke ich für die Durchführung der Feinstaubmessungen und Laboranalysen im Mai/Juni 2011 sowie für die Nutzungsmöglichkeit des Messcontainers an der Stadtautobahn A 100.

Gedankt sei auch Herrn Dr. Ulrich Gauger für die zuverlässige Hilfe bei Fragestellungen im Bereich der Statistik.

Dem Deutschen Wetterdienst danke ich für die Bereitstellung der meteorologischen Daten.

Ein großer Dank gilt Herrn Dr. Reinhard Wachter, der mich an das Thema „Pollen“ heranführte und über viele Jahre ein wertvoller Begleiter meines wissenschaftlichen Weges war.

Meinen lieben Eltern danke ich von Herzen für ihre Unterstützung.

Ihnen sei diese Arbeit gewidmet.