

UMWELT & GESUNDHEIT

02/2017

Studie zum Vergleich von allergischen Symptomdaten aus einer Pollen-App mit Pollenkonzentrationen aus 2014 in Berlin

UMWELT & GESUNDHEIT 02/2017

Projektnummer 63 544

UBA-FB 002324

Studie zum Vergleich von allergischen Symptomdaten aus einer Pollen-App mit Pollenkonzentrationen aus 2014 in Berlin

von

Barbora Werchan, Matthias Werchan, Karl-Christian Bergmann
Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID), Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID)
Charitéplatz 1
10117 Berlin

Abschlussdatum:

Juni 2017

Redaktion:

Fachgebiet II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung
Dr. Hans-Guido Mücke

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4340

Dessau-Roßlau, November 2017

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Einführung: Obwohl Städte, insbesondere Großstädte, eine vielfältige Mischung urbaner Lebensräume und Umweltbedingungen darstellen, charakterisiert durch u.a. Unterschiede in Landnutzung und Vegetation, bietet oftmals nur eine einzelne volumetrisch betriebene Pollenfalle Informationen zu den Pollenkonzentrationen im gesamten Stadtgebiet. Die bereits veröffentlichte Vorgängerstudie aus 2014 (Projektnummer 37067) untersuchte mit parallelen, gravimetrischen Pollenmessungen an 14 Standorten im Berliner Stadtgebiet die Menge und räumliche Verteilung des Auftretens von vier allergologisch bedeutsamen Pollenarten (Birke, Gräser, Beifuß, Ambrosia). Es zeigten sich bei Birke, Gräsern und Beifuß zum Teil große räumliche Unterschiede in der Konzentration dieser Pollen innerhalb Berlins. Ambrosiapollen wurden in einer so geringen Menge detektiert, dass statistische Aussagen zu Differenzen in der räumlichen Verteilung dieser Pollenart nicht möglich waren.

Bei Birke, Gräsern und Beifuß bestand jedoch unter den gegebenen Bedingungen die Voraussetzung, bei Betroffenen unterschiedlich stark ausgeprägte polleninduzierte Symptome zu entwickeln. Im Jahr der Pollenmessungen 2014 wurde im Raum Berlin-Brandenburg das elektronische Pollentagebuch (PHD) und die App „Pollen 3.0“ von Pollenallergikern mit der Eingabe von Symptomen an Nase, Augen und Bronchien genutzt. Dadurch standen rund 11.400 Datensätze für eine Auswertung der Gesundheitssymptome dieser Nutzer zur Verfügung.

Zielstellung: Es sollte geprüft werden, in welchem Verhältnis dokumentierte Symptomdaten von Nutzern der genannten Pollen App aus Berlin mit im Jahre 2014 ermittelten Pollendaten innerhalb der Stadt Berlin korrelieren. Es bestand die Absicht, aus dem Vergleich von Symptomen an Nase, Auge und Bronchien bei Pollenallergikern, die die App benutzten, und den Pollenkonzentrationen ihrer Umgebung auch Schwellenwerte für die Auslösung der Hauptsymptome einer allergischen Rhinitis (Heuschnupfen) berechnen zu können.

Methodik: Die Pollendaten der gravimetrischen Messungen von 2014 an 14 Messorten in Berlin bildeten die Basis für den Vergleich mit den polleninduzierten Symptomdaten, die durch die Nutzer des Pollentagebuchs und der App „Pollen 3.0“ während dieser Zeit selbständig protokolliert wurden. Die Symptomdaten wurden für die Studie aus der Nutzer-Datenbank des Pollentagebuchs extrahiert.

Die vorliegenden PHD-Nutzerdaten wurden anhand der Postleitzahlen mit den Standorten der Pollenmessstellen assoziiert. Dabei wurden die Gesamtsymptomwerte (synonym: Overall Total Symptoms → OTS-Werte; Zusammenfassung der Symptome von Auge, Nase und Bronchien) der Nutzer in den 14 Gruppen mit den Pollenmesswerten in den 14 Messstellen korreliert. Dabei gab es Nutzer, bei denen die Symptomstärke mit höheren oder niedrigeren Pollenmengen positiv korrelierte und es gab Nutzer, bei denen dieses nicht der Fall war. Die statistischen Analysen wurden mit IBM SPSS Statistics 24 und Microsoft Office Excel 2010 vorgenommen.

Ergebnisse: Die Berechnungen ergaben bei einer Zusammenfassung der positiv und signifikant positiv korrelierenden Nutzer vom Stadtrand und denen vom Zentrum Unterschiede bei der Symptomstärke sowohl für Birke als auch für Gräser; am Stadtrand waren die Symptome stärker als im Zentrum ausgeprägt. Ursache dafür können die im Vergleich zum Stadtzentrum höheren Pollenkonzentrationen in Richtung Stadtrand sein.

Während der Hauptblühphase von Birke und Gräsern kam es bei den Symptomwerten zu einem deutlichen Anstieg des Schweregrades der Symptome, sowohl am Stadtrand als auch im Zentrum. Ein Anstieg der Symptome konnte für die Hauptblühphase des Beifußes anhand der geringeren Nutzerdaten nur andeutungsweise nachvollzogen werden. Die zum Teil erheblichen Differenzen der Beifußpollenzahlen zwischen verschiedenen Messstationen oder Gruppen von Messstationen (teilweise mehrere 100 %) führten zu keinen statistisch kalkulierbaren Tendenzen bei den Nutzern des Pollentagebuchs.

Ein Vergleich von Symptomen und Pollenmengen in den Nutzergruppen der einzelnen Messstellen, d.h. den PHD-Nutzern, die einem der 14 Pollenfallenstandorte zugehörten, führte zu keinem statistisch nachweisbaren Zusammenhang zwischen Symptomstärke und Pollenmengen. Hier waren die Zahlen der Nutzer in den einzelnen Gruppen zu gering. Auf eine Berechnung möglicher Zusammenhänge zwischen Anzahl an Ambrosiapollen und Symptomreaktionen der Nutzer wurde aufgrund der nur sehr geringen Pollenzahlen verzichtet.

Schlussfolgerungen: Innerhalb Berlins lassen sich Unterschiede in der Menge luftgetragener Pollen von Birke, Gräsern und Beifuß und damit Expositionsunterschiede feststellen.

Unterschiede können auch in den Symptomstärken zwischen Gruppen von PHD-Nutzern dargestellt werden. Bei den Gräsern und der Birke gibt es deutliche positive Korrelationen zwischen höheren Pollenmengen und der Auslösung stärkerer Symptome. Diese Korrelation besteht deutlich während des Verlaufs einer Pollensaison; es gibt aber auch eine solche Korrelation zwischen den Pollenmengen in der Peripherie der Stadt und ihrem Zentrum.

Daher sollte die Pollenerfassung innerhalb großer Städte darauf ausgerichtet werden, den Pollenflug mit mehr als nur einer volumetrischen Pollenfalle zu messen. Neben einem Gerät im Stadtzentrum empfiehlt sich der Betrieb mindestens einer weiteren Falle in einem Stadtteil außerhalb des unmittelbaren Stadtzentrums. Die Installation einer dritten Falle am unmittelbaren Stadtrand oder im stadtrandnahen Umland wird angeraten, um phänologisch-klimatologische Unterschiede zwischen Stadt und Land sowie Einflüsse diametral unterschiedlicher Landnutzung und Vegetationszusammensetzung optimal abbilden zu können.

Trotz der positiven Korrelationen zwischen Pollenmenge und Symptomstärke war es in dieser Studie nicht möglich, sogenannte Schwellenwerte für den einzelnen Nutzer oder eine Nutzergruppe zu entwickeln. Das Problem eines Schwellenwertes (z.B.: bei wie vielen Gräserpollen wird eine akute Rhinitis ausgelöst) ist auch im internationalen Maßstab bisher nicht gelöst; dies liegt unter anderem daran, dass zu viele Einflussfaktoren beim Individuum die – empfundene – Stärke seiner gesundheitlichen Symptome beeinflussen (Stärke der Hyperreaktivität, die einen Tagesrhythmus aufweist, das individuelle Empfinden der Stärke eines Symptoms, Einfluss von Medikamenten u.a.m.).

Abstract

Introduction: Although cities, especially large ones, include a wide variety of urban living spaces and environmental conditions characterised by differences in land use and vegetation, information on the pollen levels in the entire municipal area is often provided by a single volumetric pollen trap. In the published preceding study from 2014 (project number 37067), parallel gravimetric pollen measurements were taken at 14 locations in the Berlin municipal area in order to examine the amount and spatial distribution of the presence of four allergy-relevant pollen types (birch, grasses, mugwort, ragweed). Large spatial differences in the concentration of birch, grasses and mugwort pollens were revealed within Berlin. The level of ragweed pollen detected was so low that it was not possible to make any statistical statements about the differences in the spatial distribution of this pollen type.

For birch, grasses and mugwort, however, the given circumstances provided the conditions for allergy sufferers to develop pollen-induced symptoms with varying levels of severity. In the pollen measurement year 2014, people with pollen allergies in the Berlin-Brandenburg area used the electronic pollen diary (PHD) and the app 'Pollen 3.0' to log their nasal, eye and respiratory symptoms. This provided around 11,400 datasets for an analysis of the health symptoms of these users.

Aim: To investigate the degree to which the symptom data documented by the users of the Pollen App from Berlin correlate with the established pollen data from 2014 within the city of Berlin. The

goal was also to be able to calculate the threshold values at which the key symptoms of allergic rhinitis (hay fever) are triggered by comparing the nasal, eye and respiratory symptoms of pollen allergy sufferers using the app and the pollen levels in their vicinity.

Methods: The pollen data from gravimetric measurements in 2014 taken at 14 measuring sites in Berlin were the basis for comparison with the pollen-induced symptom data self-reported by users of the pollen diary and the app 'Pollen 3.0' during this period. The symptom data were extracted from the user database of the pollen diary for the study.

The postcodes were used to link the available PHD user data to the pollen measuring stations. The Overall Total Symptoms → OTS values (summary of the eye, nasal and respiratory symptoms) of the users in the 14 groups were correlated with the pollen measurements at the 14 measuring stations. It was revealed that the symptom severity of some users correlated positively with higher or lower pollen counts, while for other users this was not the case. The statistical analyses were carried out using IBM SPSS Statistics 24 and Microsoft Office Excel 2010.

Results: In a summary of the positively correlated and significantly positively correlated users from the city limits and those from the city centre, the calculations revealed differences in symptom severity for both birch and grasses; symptoms were more severe on the outskirts of the city than in the city centre. This may be due to fact that pollen levels on the outskirts of the city are comparatively higher than in the centre.

During the main flowering phase of birch and grasses, the symptom values revealed a significant increase in the degree of severity of the symptoms, both on the outskirts of the city and in the centre. An increase in symptoms could only be suggestively associated with the main flowering phase of mugwort based on the lower volume of user data. The differences, some of them considerable, in the mugwort pollen figures between various measuring stations or groups of measuring stations (several hundred percent in some cases) did not reveal any tendencies in the pollen diary users that could be statistically calculated.

A comparison of symptoms and pollen levels in the user groups of the individual measuring stations, i.e. the PHD users who belonged to one of the 14 pollen trap locations, did not reveal any statistically provable association between the severity of the symptoms and the pollen levels. The number of users in the individual groups was too low in this case. Possible associations between the ragweed pollen count and the symptomatic reactions of the users were not established due to the very low pollen counts.

Conclusions: Within the city of Berlin, differences in the amount of airborne pollen from birch, grasses and mugwort, along with differences in exposure, can be detected.

Differences in the severity of symptoms between groups of PHD users can also be demonstrated. For grasses and birch, there are distinct positive correlations between higher pollen counts and the triggering of more severe symptoms. This correlation clearly exists during the course of a pollen season; but such a correlation also exists between the pollen levels in the outskirts of the city and the city centre.

Pollen collection within large cities should therefore be set up to measure the pollen count using more than just a single volumetric pollen trap. In addition to a device in the city centre, it is recommended to operate at least one other trap in a part of the city outside the centre. It is advisable to install a third trap on the outskirts of the city or in the area close to the outskirts, in order to reflect as much as possible the phenological and climatological differences between urban and rural areas as well as the influences of diametrically different land use and vegetation.

Despite the positive correlations between pollen levels and symptom severity, it was impossible to develop threshold values for the individual user or a user group in this study. Furthermore, the problem of a threshold value (e.g. how many grass pollen grains are needed to trigger acute rhinitis) at the international level is yet to be solved; this is due in part to the fact that there are too many influencing factors in any given individual that influence the – perceived – severity of physical symptoms (severity of hyperresponsiveness, which follows a daily rhythm, individual perception of symptom severity, influence of medications, etc.).

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis.....	11
1 Hintergrund der Studie	12
2 Methodik.....	13
2.1 Ziel/Aufgabe der Untersuchungen	13
2.2 Die Pollendaten	13
2.3 Die Symptomdaten	14
2.4 Zuordnung der Pollentagebuch-Nutzer	16
2.5 Statistische Analyse	16
2.6 Durchgeführte Arbeitsschritte	16
2.7 Die Messstellen und ihre Standorte	17
3 Ergebnisse der Berechnungen.....	19
3.1 Pollenmessdaten.....	19
3.1.1 Birke.....	19
3.1.2 Gräser	20
3.1.3 Beifuß.....	20
3.2 Ergebnisse der Korrelationen zwischen Symptomdaten und Pollenmessdaten	21
3.2.1 Statistische Zusammenhänge bei Birkenpollen.....	21
3.2.1.1 Berechnungsgrundlage	21
3.2.1.2 Berechnungen	23
3.2.2 Statistische Zusammenhänge bei den Gräserpollen	26
3.2.2.1 Berechnungsgrundlage	26
3.2.2.2 Berechnungen	27
3.2.3 Statistische Zusammenhänge bei Beifußpollen	30
3.2.3.1 Berechnungsgrundlage	30
3.2.3.2 Berechnungen	32
4 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	34
5 Referenzen	36
6 ANHANG	38
6.1 ANHANG A Birkenpollen	38
6.2 ANHANG B Gräserpollen	42
6.3 ANHANG C Beifußpollen	45

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verteilung der 14 passiven Pollenfallen (rote Punkte) und der Burkard-Referenzmessstelle (Stern) im Berliner Stadtgebiet. ...18
Abbildung 2:	Verteilung der PHD-Nutzer im Stadtgebiet von Berlin während der Birkenpollensaison.22
Abbildung 3:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) für die Pollenmessstationen BRÜCKE (a) und LENG (b) nach Hypothese 1.....23
Abbildung 4:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach Hypothese 1; a) „niedrigste“, b) „höchste“.24
Abbildung 5:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach Hypothese 1; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“.....25
Abbildung 6:	Verteilung der PHD-Nutzer im Stadtgebiet von Berlin während der Gräserpollensaison.26
Abbildung 7:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) für die Pollenmessstationen CORR (a) und SCHI (b) nach Hypothese 1.28
Abbildung 8:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) nach Hypothese 1; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“.....29
Abbildung 9:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen der Burkardfalle über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) nach Hypothese 1; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“.....30
Abbildung 10:	Verteilung der PHD-Nutzer im Stadtgebiet von Berlin während der Beifußpollensaison.31
Abbildung 11:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) nach Hypothese 1; a) „niedrigste“, b) „höchste“.33
Abbildung 12:	Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) nach Hypothese 1; a) „Mittelwert aller 14 gravimetrischen Messstationen“, b) „volumetrische Messstation – Burkardfalle Charité“.....34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wöchentliche Anzahl Birkenpollen je Messstation über den Verlauf der Pollensaison.....	19
Tabelle 2:	Wöchentliche Anzahl Gräserpollen je Messstation über den Verlauf der Pollensaison.....	20
Tabelle 3:	Wöchentliche Anzahl Beifußpollen je Messstation über den Verlauf der Pollensaison.....	20
Tabelle 4:	Aufteilung der PHD-Nutzer auf die assoziierten Messstationen bei der Birke für Hypothese 1.	22
Tabelle 5:	Aufteilung der PHD-Nutzer auf die assoziierten Messstationen bei den Gräsern für Hypothese 1.....	27
Tabelle 6:	Aufteilung der PHD-Nutzer auf die assoziierten Messstationen beim Beifuß für Hypothese 1.....	31

1 Hintergrund der Studie

Allergische Erkrankungen sind in Deutschland weit verbreitet. Ihnen wird eine große Bedeutung hinsichtlich körperlicher Beeinträchtigungen und verminderter Lebensqualität zugesprochen (RKI 2015). Längst sind Allergien damit zur Volkskrankheit geworden. Als häufigste Auslöser für Allergien gelten Pollen (Pawankar et al. 2013). So wurde in einer groß angelegten Studie bei 10,7 % der Kinder und Jugendlichen in Deutschland ein ärztlich diagnostizierter Heuschnupfen festgestellt (Schmitz et al. 2012), bei Erwachsenen sind 14,8 % davon betroffen (Langen et al. 2013).

Die Pollensaison ist in Deutschland (und in anderen Teilen Mitteleuropas) in drei Hauptperioden unterteilt. Im Frühjahr (ab Februar bis Mai) dominieren Baum- und Strauchpollen das Pollenspektrum der Außenluft, gefolgt von der Dominanz der Gräser im Frühsommer und Sommer (Mai bis Juli). Im Laufe des Sommers bis in den Frühherbst hinein (August bis September) überwiegen die Pollen der Kräuter sowie die Sporen einiger Schimmelpilzarten. Basisinformationen zur Belastung der Luft mit Pollen (und Sporen) geben in Deutschland und Europa Polleninformationsdienste mit ihren Netzwerken von Pollenfallen. In der Regel werden dabei sogenannte Burkard-Fallen eingesetzt, volumetrisch betriebene Pollenfallen (Hirst 1952), die meist auf Dächern innerhalb großer Städte installiert sind. Für gewöhnlich wird dabei eine Pollenfalle pro Stadt betrieben, ungeachtet der Größe der Stadt, der heterogenen Verteilung der Vegetation, der Dichte der Bebauung, dem Versiegelungsgrad oder der Landnutzung.

In einer zur Publikation angenommenen Studie, durchgeführt im Auftrag des Umweltbundesamtes (Werchan et al. 2017), wurden während der Pollensaison 2014 über einen Zeitraum von 33 Wochen mit Hilfe gravimetrischer Pollenfallen an 14 Standorten innerhalb Berlins die Zahl sedimentierter Pollen in einer einheitlichen Höhe von ca. 1,5 bis 2,5 m gemessen. Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Pollenmesswerte konnten gezeigt werden. Diese Unterschiede könnten einen Effekt auf Pollenallergiebetreffende in Berlin haben.

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, die wöchentlichen Pollenzahlen der 14 eingesetzten gravimetrischen Pollenfallen aus dem Jahr 2014 (Siehe Kapitel 2.2) mit den gemeldeten Symptomwerten der Berliner Nutzer des Pollentagebuchs (Patient's Hay-fever Diary – PHD) zu vergleichen und anhand der Unterschiede im Pollenaufkommen mögliche Unterschiede in der Stärke von Allergiesymptomen aufzuzeigen. Das PHD ist ein kostenloses, seit 2009 online verfügbares System zur Eingabe polleninduzierter Symptome (Berger et al. 2011; Karatzas et al. 2014), seit dem Jahr 2013 zusätzlich als App „Pollen“ verfügbar (Siehe Kapitel 2.3)

Für diese Studie wurden die drei wichtigsten allergenen Pollenarten ausgewählt. Jede Pollenart repräsentiert eine Hauptperiode des Pollenflugs: Birke (*Betula*) als Hauptverursacher der allergischen Rhinokonjunktivitis in Mitteleuropa (D'Amato et al. 2007) mit einer Prävalenzrate deutscher Erwachsener von ca. 17,4 % (Haftenberger et al. 2013); Gräser (Poaceae) als in Mitteleuropa häufigster Auslöser allergischer Rhinokonjunktivitis überhaupt, mit einer Prävalenzrate bei deutschen Erwachsenen von 19,4 % (Haftenberger et al. 2013); und Beifuß (*Artemisia*), in Mitteleuropa der Hauptgrund für pollenverursachte allergische Symptome während des Spätsommers (Ferreira et al. 2001) mit einer Prävalenzrate in der deutschen erwachsenen Bevölkerung von etwa 9,0 % (Haftenberger et al. 2013). Die Bevölkerung Berlins ist mit einem Anteil von 15-18 % von einer Pollenallergie betroffen, entsprechend 500.000 bis 615.000 Einwohnern (Bergmann et al. 2012). Aufgrund der limitierten Pollenzahlen für Ambrosia während der 2014er Messkampagne konnte diese Pollenart nicht mit in die Betrachtungen eingeschlossen werden.

2 Methodik

2.1 Ziel/Aufgabe der Untersuchungen

Die vorliegende Studie ist ein Anschlussprojekt des Vorhabens „Regionale Verteilung luftgetragener allergener Pollen in 2014 und ihre Risikobewertung bei Erwachsenen mit allergischer Rhinitis durch Pollen im Stadtgebiet von Berlin“ (Projektnummer 37067), dessen Ergebnisse ein wesentliches Fundament dieser Studie sind. Die in dem dazugehörigen Projektbericht (erschienen 2015) beschriebenen Angaben zur Verteilung allergener Pollen innerhalb des Stadtgebietes von Berlin zeigten so große Unterschiede (> 200 %), dass diese eventuell Auswirkungen auf die Intensität allergischer Symptome zeigen könnten. Dieser Vermutung sollte unter Zuhilfenahme der Angaben der Pollentagebuchnutzer (<https://www.pollendiary.com/Phd/>) in der hier vorliegenden Studie nachgegangen werden.

Im vorliegenden Gutachten soll auch der Frage nachgegangen werden, ob Pollenmessungen an nur einem Ort in der Stadt, wie es bisher verbreitete Praxis ist, wirklich dazu dienen, den Betroffenen ausreichend zuverlässige Informationen über ihre Pollenallergie zu liefern.

2.2 Die Pollendaten

Die Art und Anzahl sedimentierter Pollen wurde im Jahr 2014 wöchentlich an 14 Standorten innerhalb des Stadtgebiets von Berlin mit Hilfe gravimetrischer Pollenfallen vom Durham-Typ vom 11.3.2014 bis 28.10.2014 parallel gemessen und später unter dem Mikroskop analysiert. Gemessen wurde in einer einheitlichen Höhe von ca. 1,5 bis 2,5 m über Grund. Die genaue Vorgehensweise der Messungen und der Analyse ist ausführlich im unter Punkt 2.1 erwähnten Projektbericht dargelegt. Zusätzlich zu den 14 gravimetrischen Pollenfallen wurden in die Auswertung die Werte einer volumetrisch betriebenen Burkard-Falle (Referenzmessstelle des Pollenmessnetzes) auf dem Dach der Hautklinik der Charité im Zentrum Berlins (Höhe über Grund ca. 20 m) zu Vergleichszwecken herangezogen.

Ausgehend von den ermittelten wöchentlichen Werten der Pollenmessungen von Birke (*Betula*), Gräsern, inkl. Getreidepollen (Poaceae) und Beifuß (*Artemisia*) wurden für diese drei Pollenarten der jeweilige Beginn, das Ende und die Länge der Pollensaison abgeleitet. Die vorliegende Studie folgt dabei den Empfehlungen des European Aeroallergen Network (<https://ean.polleninfo.eu/Ean/>), welches den Beginn der Pollensaison als den Tag definiert, an dem insgesamt 1 % aller Pollen der jeweiligen Art an einem Messstandort im Jahr aufgetreten sind, das Ende der Pollensaison als den Tag, an dem 95 % aller Pollen der jeweiligen Art an einem Messstandort registriert wurden. Die Berechnung einer Pollensaison für Ambrosia konnte aufgrund der sehr geringen Pollenzahlen nicht erfolgen.

Die zur Abgrenzung einer stadtweiten Pollensaison 2014 genutzten Pollendaten von Birke, Gräsern und Beifuß basieren auf den Pollensaisons aller 14 Messstandorte, wobei die maximal mögliche Länge der Flugzeit der jeweiligen Pollenart ausschlaggebend war. Somit waren der frühestmögliche Beginn an einer bestimmten Station und das spätestmögliche Ende an einer bestimmten Station ausschlaggebend für die Länge der stadtweiten Pollensaison. Die Saison der Birke dauerte in Berlin im Jahr 2014 demnach 8 Wochen (11.03.- 06.05.2014), die der Gräser 16 Wochen (15.04. - 05.08.2014) und die des Beifußes 12 Wochen (24.06. - 16.09.2014).

Lücken in den Messdaten, aufgrund beeinträchtigter oder verloren gegangener Präparate, wurden mittels multipler Imputation abgedeckt, basierend auf dem Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren (Hartley & Hocking 1971, Schunk, 2007). Mithilfe des Verfahrens der multiplen Imputation können fehlende Datenwerte ersetzt und durch plausible Schätzwerte ausgetauscht werden.

2.3 Die Symptomdaten

Die im Rahmen dieser Studie verwendeten Symptomdaten entstammen alle der Datenbank des elektronischen Pollentagebuchs (Patient's Hayfever Diary – PHD) in Wien. Die Eingabe der Symptomdaten erfolgte durch die aktiven Nutzer des PHD im Internet (<https://www.pollendiary.com>) oder durch die Nutzer der kostenlosen Smartphone-App „Pollen-App 3.0“.

Das PHD richtet sich an Personen, die an einer Pollenallergie und/oder an einem (polleninduziertem) Asthma leiden. Diese Personen können nach erfolgreicher Anmeldung im elektronischen Tagebuch die Schwere ihrer polleninduzierten Symptome an Auge, Nase und Bronchien, sowie Informationen zur Einnahme relevanter Medikamente tagesgenau angeben. Die Skala der Stärke der Symptome reicht von 0 = keine Beschwerden über 1 = leichte, 2 = mäßige bis 3 = starke Beschwerden. Unterschieden werden zusätzlich an jedem betroffenen Organ vier spezifische Symptome (z.B. am Auge: Juckreiz, Rötung, Fremdkörpergefühl und Tränenfluss). Anhand der eingetragenen Symptomdaten wird ein Gesamtsymptomwert kalkuliert, der Werte zwischen 0 (keine Symptome) und 21 (maximale Ausprägung der Symptome gleichzeitig an allen Organen) einnehmen kann, zusammengefasst als Gesamtsymptomwert aller betroffenen Organe, auch als Overall Total Symptoms (OTS) bezeichnet.

Als Grundlage für die Berechnungen der Beziehungen zwischen Pollenkonzentrationen und Ausprägung von Symptomen wurde ausschließlich der OTS benutzt. Eine Berechnung der Einzelsymptome von Nase, Auge und Bronchien konnte nicht sinnvollerweise durchgeführt werden, da alleine die nasal Symptome ca. 80 % der Symptomlast darstellen, wie im Verlauf des letzten Jahres anhand von Expositionsdaten in der Pollenkammer festgestellt wurde (Zuberbier et al. 2017).

Der Unterschied zum ursprünglich präferierten, ähnlich strukturierten Symptom Load Index (SLI) ist die fehlende Normalisierung der Symptomwertskala auf Werte zwischen minimal 0 (keine Symptome) und maximal 10 (maximale Ausprägung der Symptome gleichzeitig an allen Organen). Der Grund für die Verwendung des OTS-Ansatzes in dieser Studie ist die deutlichere grafische Erkennbarkeit von Unterschieden in der Symptomwertausprägung mit Hilfe der verlängerten Symptomwert-Skala von 0 bis 21 statt 0 bis 10. Gemeinsam mit den Symptomdaten werden eine anonymisierte Nutzerkennung und der postleitzahlgenaue Aufenthaltsort des Nutzers gespeichert. Das System des PHD ist mit der Pollen-Datenbank des European Aeroallergen Network (EAN) der Medizinischen Universität Wien verknüpft (Berger et al. 2011, Bastl et al. 2014).

In einem ersten Schritt wurden mittels einer Datenbankabfrage des PHD alle diejenigen Nutzer des Pollentagebuchs/der Pollen-App ausgewählt, die im relevanten Zeitraum vom 11.03.2014 bis 28.10.2014 Symptome aus der Region Berlin-Brandenburg gemeldet haben. Anhand des postleitzahlgenauen Standortes wurden alle Nutzer außerhalb des Stadtgebiets von Berlin exkludiert, mit Ausnahme möglicher Nutzer der beiden stadtrandnahen Brandenburger Postleitzahlenbezirke 14974 und 15831, die als möglicherweise relevant für die Messstation am „Schichauweg“ (SCHI) eingestuft wurden.

Insgesamt liegen für diese Studie Symptomdaten von 266 Pollentagebuch/Pollen-App-Nutzern vor.

Laut Angaben aus der Datenbank des Pollentagebuchs (PHD) liegen in der Pollensaison der Birke von insgesamt 171 Nutzern Symptomdaten aus 2014 vor. In der Saison der Gräser liegen von 151 Nutzern Symptomdaten vor, in der Saison des Beifußes von 70 Nutzern. Für Ambrosia liegen von den meisten Messstellen nur sehr geringe Pollenzahlen vor, die die Abgrenzung einer Pollensaison nicht sinnvoll ermöglichten. Damit war die Zuordnung von Nutzern nicht realisierbar.

Um den wochenweise vorliegenden Pollendaten der 14 Messstellen die tageweise erhobenen Symptomdaten der Nutzer gegenüberzustellen, wurde aus den 7 Gesamtsymptomwerten (OTS) einer Messwoche von (Dienstag bis Montag) ein OTS-Mittelwert gebildet. Berücksichtigt werden muss, dass eine

Pollenmesswoche immer von Dienstag zu Dienstag reichte, da jeweils im Laufe des Dienstags die Objektträger der gravimetrischen Fallen ausgetauscht wurden. Da somit dienstags halbe Pollenmess-tage entstanden, die Symptomdaten aber nur als volle Tage vorlagen, wich die Symptommesswoche leicht von der Pollenmesswoche ab. Dies betraf auch die Messwoche der Burkard-Falle. Eine Problematik bestand in tageweise fehlenden Einträgen von Symptomdaten während der Pollensaison. Im Idealfall konnte der OTS-Mittelwert aus sieben OTS-Einzelwerten berechnet werden, sofern zum einen der Pollen-App-Nutzer an jedem Tag der Woche seine Daten eingegeben hat und sich zum anderen dabei immer im gleichen Postleitzahlenbezirk aufhielt. Waren eine oder beide dieser Bedingungen nicht erfüllt, entstanden Lücken. Damit eine Verwendung lückenhafter Datensätze dennoch erfolgen konnte, wurde in folgender Weise vorgegangen:

- ▶ Es wurden nur die Symptomdaten einer Messwoche (Pollenmessungen immer von Dienstag auf Dienstag) zur Mittelwertberechnung herangezogen, die wenigstens aus drei Einzelwerten bestanden und dabei einem Postleitzahlenbezirk zuzuordnen waren.
- ▶ Hielt sich der Pollen-App-Nutzer in einer Messwoche in zwei Postleitzahlenbezirken auf, wurde er, sofern die Daten aus drei bzw. vier Einträgen bestanden, in beiden Postleitzahlenbezirken mit den dazu passenden Symptomdaten verortet.
- ▶ Alle Messwochen, die aus mindestens einem fehlenden Wert bis maximal vier fehlenden Werten bestanden (unabhängig vom Grund der fehlenden Daten) wurden zur Berechnung eines Mittelwertes herangezogen – Ausnahme: vorhandene Symptomdaten konnten nur eine Messwoche abdecken. Hier mussten wenigstens von vier Tagen OTS-Einzelwerte im gleichen Postleitzahlenbezirk vorliegen.
- ▶ Die fehlenden Einzelwerte lassen sich über drei mögliche Wege herleiten, basierend auf unterschiedlichen Hypothesen:
 - o Hypothese 1: Daten wurden nicht eingetragen, z.B. aus Desinteresse, obwohl der PHD-Nutzer Symptome hatte, die in der Intensität vergleichbar waren, mit denen, die an den Tagen mit vorhandenen Einträgen auftraten.
 - o Vorgehensweise: Alle fehlenden Einzelwerte erhalten den Mittelwert der 3, 4, 5 oder 6 bereits vorhandenen Werte.
 - o Hypothese 2: Daten wurden vom PHD-Nutzer nicht eingetragen, da keine Symptome auftraten.
 - o Vorgehensweise: Alle fehlenden Werte erhalten den Wert 0.
 - o Hypothese 3: Daten wurden nicht eingetragen, teils aus Mangel an Interesse (Hypothese 1), teils aus Mangel an Symptomen (Hypothese 2).

Vorgehensweise: Alle fehlenden Werte erhalten den Mittelwert aus Hypothese 1 multipliziert mit 0,5.

Im Text wurde aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur auf die Berechnungen aus Hypothese 1 Bezug genommen. Darstellungen zu den Hypothesen 2 und 3 sind jeweils im Anhang untergebracht. Die Bandbreite an Gründen, warum im einzelnen Eintragungen an manchen Tagen vorgenommen wurden und an anderen Tagen nicht, wird unseres Erachtens durch die zusätzliche Darstellung der Berechnungen, basierend auf Hypothese 2 und 3, gerecht. Eine alleinige Hypothese als die geeignetste zu evaluieren ließ sich, anders als zuvor intendiert, nicht sinnvoll verwirklichen. Warum der einzelne Nutzer keine Eintragungen vorgenommen hat, ob aus Bequemlichkeit oder aufgrund fehlender Symptome ist und bleibt eine psychologische Frage, die durch eine Arbeit in diesem Fachgebiet sicher zuverlässiger bearbeitet werden kann, als im Rahmen dieser Studie. Eine direkte Befragung der Nutzer war aus Gründen der anonymisierten Dateneingabe nicht möglich.

2.4 Zuordnung der Pollentagebuch-Nutzer

Durch die postleitzahlengenaue Zuordnung der Berliner Nutzer des PHD können sich diese theoretisch auf die 240 im Berliner Stadtgebiet vorhandenen Postleitzahlennummern (synonym Postleitzahlenbezirke) verteilen. Zusätzlich mit den beiden Brandenburger Postleitzahlenbezirken, die aufgrund der räumlichen Nähe zur Pollenmessstation am „Schichauweg“ (SCHI) mit in diese Studie einbezogen wurden, ergeben sich insgesamt 242 mögliche Aufenthaltsorte der PHD-Nutzer.

Die an 14 Stellen ausgebrachten Pollenfallen decken somit nur 14 von 242 möglichen Postleitzahlenbezirken ab. Befand sich ein PHD-Nutzer im gleichen Postleitzahlenbezirk wie die Falle war die Zuordnung zu den Pollendaten dieser Falle zwingend. In allen anderen Fällen war die Vorgehensweise folgende:

Jeder Postleitzahlenbezirk mit Pollenfallenstandort ist von mehreren Postleitzahlenbezirken ohne Pollenfälle eingeschlossen. Für alle PHD-Nutzer dieser unmittelbar angrenzenden Bezirke war die Pollenfälle des Nachbarbezirks ausschlaggebend. Bei nahe zusammen stehenden Pollenfallen (weniger als zwei Postleitzahlenbezirke auseinander) wurden dazwischen liegende PHD-Nutzer beiden Pollenfallen gleichermaßen zugeordnet. Zusätzlich wurde immer die kürzeste Entfernung zwischen dem Standort der Pollenfälle und der Grenze des benachbarten Pollenzahlenbezirks vermessen. Sofern zwischen PHD-Nutzer und dem Standort der Pollenfälle(n) zwei oder mehr Postleitzahlenbezirke lagen war die kürzeste Entfernung zu einer der umgebenden Pollenfallen für die Zuordnung der PHD-Nutzer ausschlaggebend. Alle PHD-Nutzer, die einem der 14 Pollenfallenstandorte aufgrund des räumlichen Zusammenhangs ihrer Symptommeldungen zugeordnet waren, bildeten zusammen eine Nutzergruppe.

2.5 Statistische Analyse

Für die statistischen Analysen wurde das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 24 genutzt. Die Pollendaten und die Symptomdaten wurden aus aufbereiteten Excel-Tabellen in das Statistikprogramm übertragen und anschließend mittels eines nichtparametrischen Tests verglichen. Dabei wurde auf den Rangkorrelationskoeffizienten Kendall-Tau-b zurückgegriffen. Kendalls Tau stellt die Differenz zwischen der Wahrscheinlichkeit dar, dass die beobachteten Daten für beide Variablen in derselben Rangfolge vorliegen und der Wahrscheinlichkeit, dass die Daten für die beiden Variablen verschiedene Rangfolgen besitzen. Kendalls Tau ist dabei vor allem bei kleinen Stichproben robuster, als das häufig verwendete Spearmans R und wird bei nicht normalverteilten intervallskalierten Variablen verwendet (Gibbons 1993). Die statistische Schärfe beider Maße ist allerdings vergleichbar.

Die Werte für das Kendall-Tau-b liegen im Bereich von -1,0 (kein Paar stimmt überein) bis 1,0 (alle Paare stimmen überein). Wird ein positiver Wert ausgegeben, kann von einer parallelen Zunahme beider Variablen ausgegangen werden. Wird ein negativer Wert ausgegeben, kann von einer parallelen Abnahme beider Variablen ausgegangen werden. Tests auf Signifikanz wurden auf dem 0,05-Niveau vorgenommen.

Für jeden Pollentyp wurden mehrere Vergleichskalkulationen (Siehe 2.5.1 bis 2.5.4) vorgenommen.

2.6 Durchgeführte Arbeitsschritte

- I. In einem ersten Schritt wurden aus den verfügbaren Pollendaten von 2014 nach EAN-Kriterien (siehe oben, Kapitel 2.2) die jeweiligen stadtweiten Pollensaisons für die drei betrachteten Pollenarten Birke, Gräser, Beifuß abgegrenzt und die aus dem Pollentagebuch (Patient's

Hayfever Diary - PHD) extrahierten und für diese Studie relevanten Nutzer den einzelnen Saisons zugeordnet. So wurden beispielsweise alle Nutzer die in der Birkenpollensaison vom 11.03.- 06.05.2014 Syptomdaten eingetragen hatten, von denen abgegrenzt, die in der Gräserpollensaison (15.04.-04.08.2014) ihre Symptome gemeldet haben. Dabei kam es häufig vor, dass einzelne Nutzer sowohl Teil der Birken-, als auch Teil der Gräserpollensaison waren. Stellenweise vorhandene Lücken in den Pollendaten wurden über das statistische Verfahren multipler Imputation mit realistischen Schätzwerten aufgefüllt.

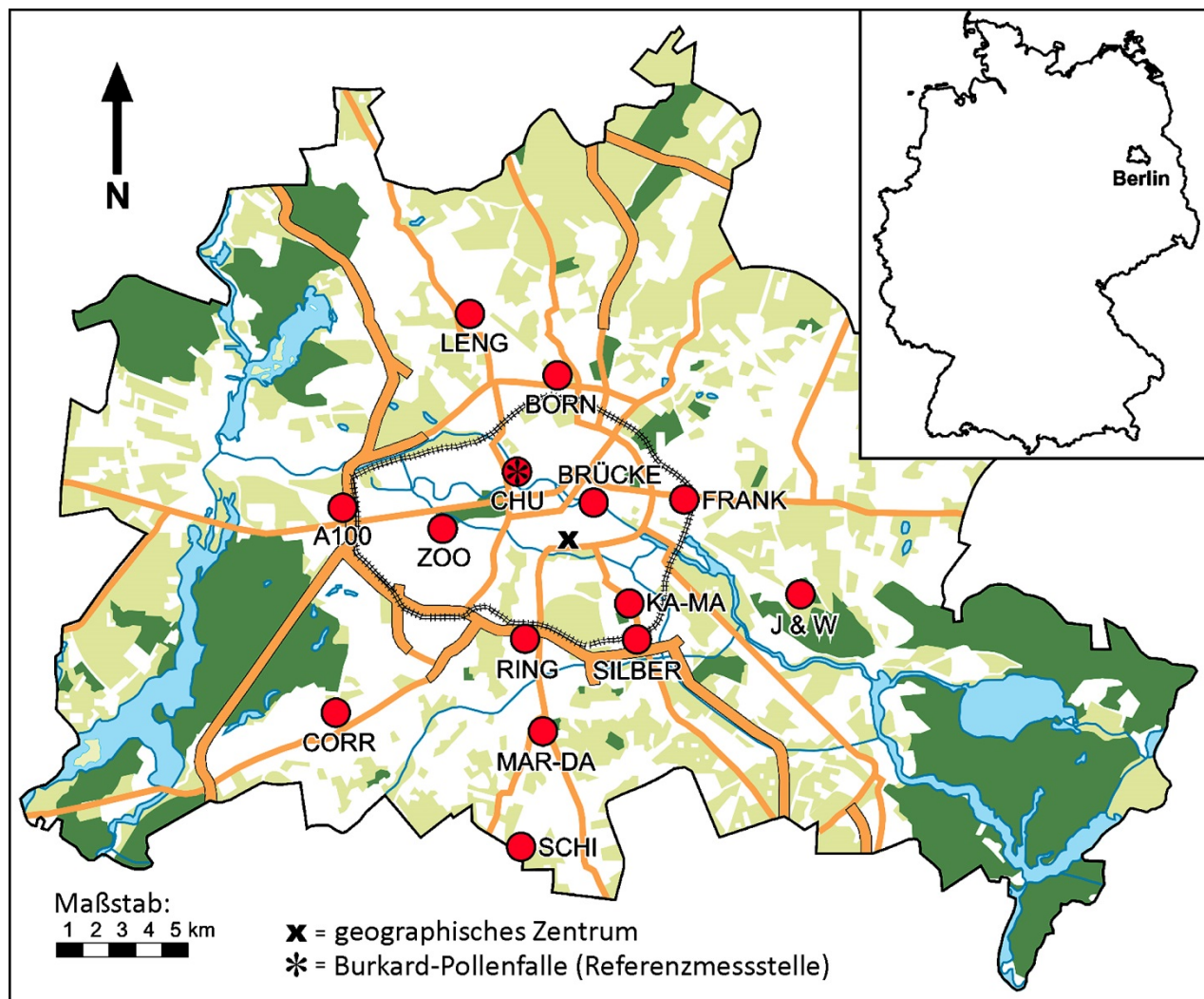
- II. Basierend auf einer Postleitzahlenkarte von Berlin fand im nächsten Schritt die Zuordnung aller PHD-Nutzer, anhand ihres bekannten, postleitzahlengenauen Aufenthaltsortes, zu einer (oder mehreren) der assoziierten 14 Pollenmessstationen statt. Die Verteilung der PHD-Nutzer im Berliner Stadtgebiet wurde getrennt für die verschiedenen Pollenarten in einer Grafik abgebildet.
- III. Es erfolgten umfangreiche statistische Vergleiche um etwaige Zusammenhänge zwischen einzelnen Messstationen oder eine Gruppe von Messstationen und den ausgewählten PHD-Nutzern auszudrücken, getrennt nach den Zusammenhängen der einzelnen Pollensaisons von Birke, Gräsern und Beifuß.
- IV. In diesem Bericht werden die Intensitätsniveaus der Ausprägung allergischer Symptome (als OTS-Wert) von maximal 14 Nutzergruppen (entsprechend der Zahl der Messstandorte) in Relation mit den Pollenmesswerten miteinander verglichen und relevante Aussagen im Ergebnisteil sowie im Anhang dargestellt.
- V. Die Ergebnisse der Berechnungen, die zur vergleichenden Einschätzung der Symptomdaten aus dem Pollentagebuch/der Pollen-App für die allergologisch bedeutsamen Pollenarten (Birke, Gräser, Beifuß) erhoben wurden, werden zugleich mit diesem Bericht in deutscher Sprache in einer elektronischen Form – sowohl als pdf- als auch als Word-Datei in einem Word kompatiblen Format – sowie in 5-facher gedruckter Ausfertigung vorgelegt.

2.7 Die Messstellen und ihre Standorte

Die Gesamtzahl der für den Pollendaten-Symptomdaten-Vergleich zur Verfügung stehenden Messstandorte im Stadtgebiet von Berlin betrug 14. Die Pollenfallen waren in etwa 1,5-2,5 m Höhe über Grund aufgestellt. Die Daten liegen als Wochenmittelwert vor. Im Stadtzentrum, in unmittelbarer Nähe der Messstelle CHU (Abstand ca. 90 m) lieferte parallel eine Burkardfalle Pollendaten als Tagesmittelwert. Die Burkardfalle ist Teil des Pollenmessnetzes der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst und befindet sich auf einem Dach in ca. 20 m über Grund.

Eine graphische Übersicht über die Verteilung der Messstellen in Berlin gibt die Abbildung 1.

Abbildung 1: Verteilung der 14 passiven Pollenfallen (rote Punkte) und der Burkard-Referenzmessstelle (Stern) im Berliner Stadtgebiet.



3 Ergebnisse der Berechnungen

Der vorgesehene Plan zum zeitlichen Ablauf der Auswertung der Symptomdaten in Verbindung mit den gemessenen Pollendaten wurde nicht vollständig eingehalten. Die begrenzte Anzahl an PHD-Nutzerdaten machte es nötig, weitere Erwägungen anzustellen, die dann systematisch untersucht wurden. Eine weitere Verzögerung entstand durch einen Übertragungsfehler zwischen den Computerprogrammen Excel und SPSS. Der Fehler wurde bei einer Überprüfung der Datenmatrix festgestellt. Daraufhin mussten statistische Berechnungen wiederholt werden. Der Bericht zur Studie wurde deshalb später als geplant abgegeben.

Die genaue Vorgehensweise und die Grundlagen der Berechnungen sind im Methodenteil beschrieben.

3.1 Pollenmessdaten

Die zugrunde liegenden Pollenmessdaten wurden bereits im Projekt „Regionale Verteilung luftgetragener allergener Pollen in 2014 und ihre Risikobewertung bei Erwachsenen mit allergischer Rhinitis durch Pollen im Stadtgebiet von Berlin“ (Projektnummer 37067) publiziert und sind für die betrachteten Pollenarten Birke, Gräser und Beifuß nachfolgend noch einmal dargestellt, beschränkt auf die Saison der jeweiligen Pollenart. Lücken in den Messdaten wurden mit Modell-Pollendaten, anhand des Verfahrens der multiplen Imputation aufgefüllt (siehe Methodenteil im Kapitel 2.2) und sind in den Abbildungen 2 bis 4 farbig hervorgehoben. Die sehr geringen Messwerte von Ambrosiapollen ließen keine sinnvollen statistischen Analysen zu und blieben daher in dieser Studie unberücksichtigt.

3.1.1 Birke

Die Pollensaison der Birke erstreckte sich über einen Zeitraum von 8 Wochen, beginnend in der Woche vom 11.03.-18.03. und endend in der Woche vom 29.04.-06.05.2014 (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Wöchentliche Anzahl Birkenpollen je Messstation über den Verlauf der Pollensaison. Grau unterlegt sind die mittels multipler Imputation gewonnenen Daten.

Birke	A100	BORN	BRÜ-CKE	CHU	CORR	FRANK	J&W	KA-MA	LENG	MAR-DA	RING	SCHI	SIL-BER	ZOO
11.3.-18.3.	4	4	5	21	0	7	4	1	46	1	3	0	5	9
18.3.-25.3.	26	37	26	120	14	76	14	24	265	31	11	10	26	47
25.3.-1.4.	572	138	105	274	252	110	156	124	404	358	172	394	210	330
1.4.-8.4.	1348	683	647	1001	1267	1085	1355	939	1525	1832	795	1760	1191	1324
8.4.-15.4.	354	257	221	256	805	293	311	353	563	435	229	399	386	520
15.4.-22.4.	403	209	203	210	164	320	275	216	275	279	226	274	394	320
22.4.-29.4.	109	122	79	69	43	99	48	63	110	69	58	89	87	105
29.4.-6.5.	41	23	17	24	17	31	14	19	16	32	33	21	30	43
Summe	2939	1523	1336	1998	2659	2088	2244	1798	3278	3121	1574	2992	2382	2769

3.1.2 Gräser

Die Pollensaison der Gräser erstreckte sich über einen Zeitraum von 16 Wochen, beginnend in der Woche vom 15.04.-22.04. und endend in der Woche vom 29.07.-05.08.2014 (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Wöchentliche Anzahl Gräserpollen je Messstation über den Verlauf der Pollensaison. Grau unterlegt sind die mittels multipler Imputation gewonnenen Daten.

Gräser	A100	BORN	BRÜ-CKE	CHU	CORR	FRANK	J&W	KA-MA	LENG	MAR-DA	RING	SCHI	SIL-BER	ZOO
15.4.-22.4.	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1
22.4.-29.4.	0	1	0	2	1	1	0	0	3	2	0	0	0	0
29.4.-6.5.	1	2	1	2	3	0	2	1	2	5	6	0	4	0
6.5.-13.5.	8	26	5	7	4	15	2	15	9	30	6	9	5	13
13.5.-20.5.	36	6	8	7	9	13	23	11	15	27	14	37	11	16
20.5.-27.5.	101	66	79	101	49	92	67	65	96	102	80	305	94	114
27.5.-3.6.	111	53	60	52	44	61	47	51	70	52	56	266	57	96
3.6.-10.6.	134	48	138	66	63	102	76	67	67	82	56	157	86	76
10.6.-17.6.	51	49	45	35	26	32	35	35	28	59	34	60	19	69
17.6.-24.6.	63	30	44	36	77	39	20	30	36	34	21	60	38	86
24.6.-1.7.	11	12	25	22	10	24	29	23	39	20	9	31	13	52
1.7.-8.7.	0	23	22	26	17	24	15	31	30	28	9	30	22	34
8.7.-15.7.	10	18	16	13	5	27	28	15	17	13	16	9	16	18
15.7.-22.7.	15	18	6	11	11	23	15	5	9	8	16	13	16	11
22.7.-29.7.	7	12	4	10	3	7	10	14	5	11	5	13	13	0
29.7.-5.8.	0	6	3	7	1	7	4	1	4	3	6	1	1	7
Summe	573	385	488	418	333	491	386	376	445	498	353	1019	408	621

3.1.3 Beifuß

Die Pollensaison des Beifußes erstreckte sich über einen Zeitraum von 12 Wochen, beginnend in der Woche vom 24.06.-01.07. und endend in der Woche vom 09.09.-16.09.2014 (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Wöchentliche Anzahl Beifußpollen je Messstation über den Verlauf der Pollensaison. Grau unterlegt sind die mittels multipler Imputation gewonnenen Daten.

Beifuß	A100	BORN	BRÜ-CKE	CHU	CORR	FRANK	J&W	KA-MA	LENG	MAR-DA	RING	SCHI	SIL-BER	ZOO
24.6.-1.7.	0	0	1	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1.7.-8.7.	3	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
8.7.-15.7.	23	1	3	31	0	0	2	0	0	0	1	11	1	10
15.7.-22.7.	10	2	19	5	2	3	0	2	3	2	0	4	5	2

Beifuß	A100	BORN	BRÜ-CKE	CHU	CORR	FRANK	J&W	KA-MA	LENG	MAR-DA	RING	SCHI	SIL-BER	ZOO
22.7.-29.7.	35	4	57	8	0	7	0	4	4	3	5	19	5	12
29.7.-5.8.	14	11	67	10	7	10	8	0	4	10	3	14	6	3
5.8.-12.8.	52	10	49	12	8	9	5	2	11	13	5	31	10	5
12.8.-19.8.	41	3	47	2	3	7	2	2	4	7	3	32	4	2
19.8.-26.8.	12	0	2	4	0	3	3	0	2	1	9	1	3	1
26.8.-2.9.	2	0	4	5	3	0	0	2	0	0	0	2	0	2
2.9.-9.9.	1	1	2	10	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0
9.9.-16.9.	1	4	1	1	0	1	0	0	1	3	1	0	0	1
Summe	194	35	255	94	23	49	20	12	29	40	27	115	34	38

3.2 Ergebnisse der Korrelationen zwischen Symptomdaten und Pollenmessdaten

Die im Kapitel 3.1 aufgeführten Pollendaten wurden unter Berücksichtigung aller aus Berlin gemeldeten Symptomdaten unter verschiedenen Gesichtspunkten heraus gegeneinander korreliert. Die Ergebnisse sind in den Kapiteln 3.2.1 bis 3.2.3 dargestellt.

3.2.1 Statistische Zusammenhänge bei Birkenpollen

3.2.1.1 Berechnungsgrundlage

Die Berechnungen der statistischen Zusammenhänge zwischen den Messdaten der Birkenpollen von 14 Messstationen und den Symptomdaten basieren auf den Angaben von insgesamt 162 Tagebuchnutzern aus Berlin, von denen 83 Nutzer gegenüber der assoziierten Messstation positiv korreliert bzw. signifikant positiv korreliert sind. Tabelle 4 gibt einen Überblick, wie sich die Nutzer, sowie die Datensätze der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer nach Hypothese 1 auf die einzelnen Messstationen verteilen. Sichtbar ist eine ungleichmäßige Verteilung der Nutzer auf die einzelnen Messstationen. Damit stehen für die Berechnungen und zur Erstellung der Diagramme nur eine ungleiche und eingeschränkte Anzahl an Datensätzen zur Verfügung. In Abbildung 2 ist die Verteilung der PHD-Nutzer während der Birkenpollensaison im Stadtgebiet von Berlin veranschaulicht. Die heterogene Verteilung der Nutzer auf die verschiedenen PLZ-Bezirke ist deutlich erkennbar.

Abbildung 2: Verteilung der PHD-Nutzer im Stadtgebiet von Berlin während der Birkenpollensaison (eingeschlossen sind identische Nutzer mit unterschiedlichen Aufenthaltsorten während der Birkenpollensaison; Summe der Einträge 170). Kartengrundlage: Geoportal Berlin/Postleitzahlen 2015.

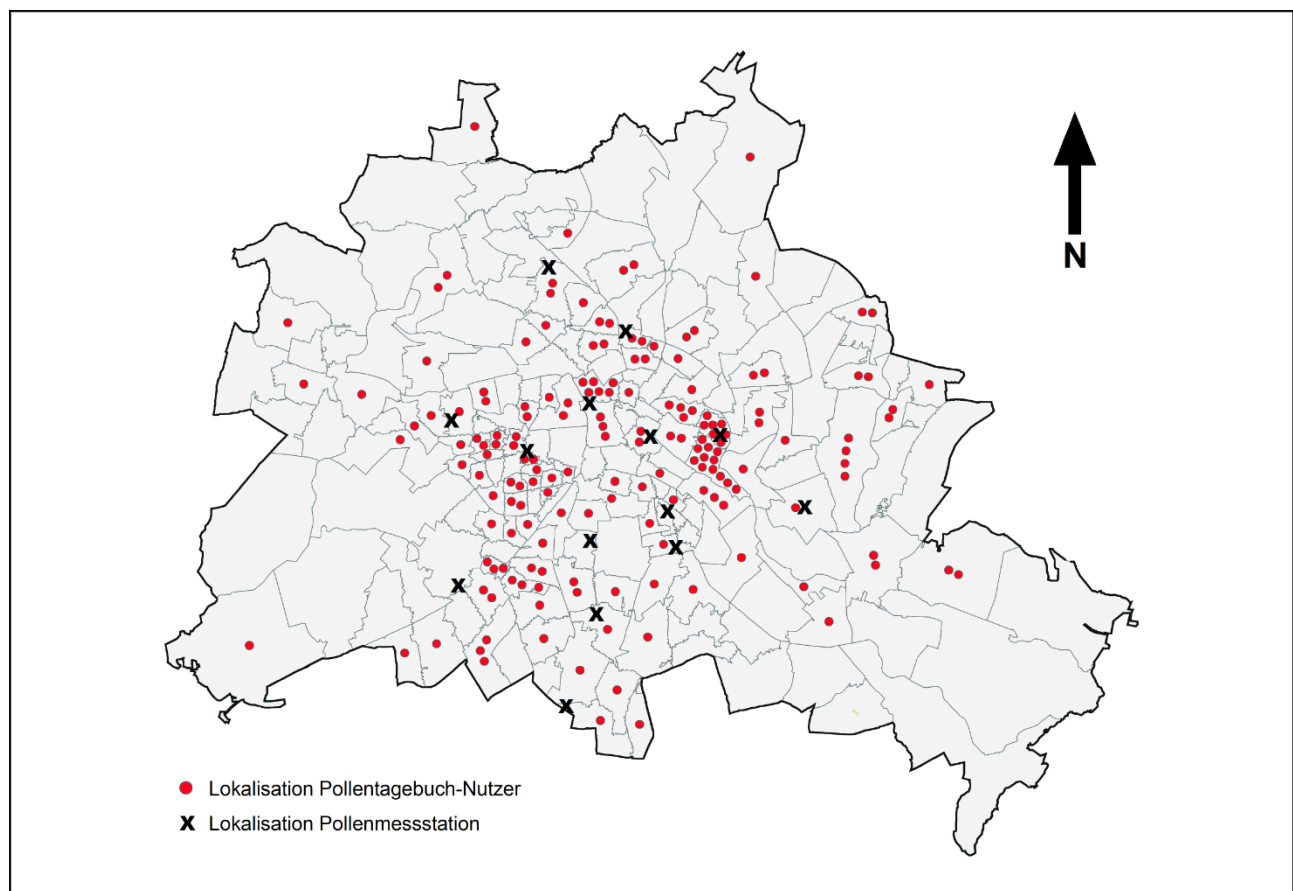


Tabelle 4: Aufteilung der PHD-Nutzer auf die assoziierten Messstationen bei der Birke für Hypothese 1. *¹ Summe der Einträge der 162 Nutzer beträgt 180; 10× gleicher Nutzer zwei verschiedenen Messstationen gleichzeitig zugeordnet; 8× gleicher Nutzer während Pollensaison zwei unterschiedlichen Messstationen zugeordnet; *² Korrelationen nur dann dargestellt, wenn Anzahl der verfügbaren Wochenwerte ≥ 3 .

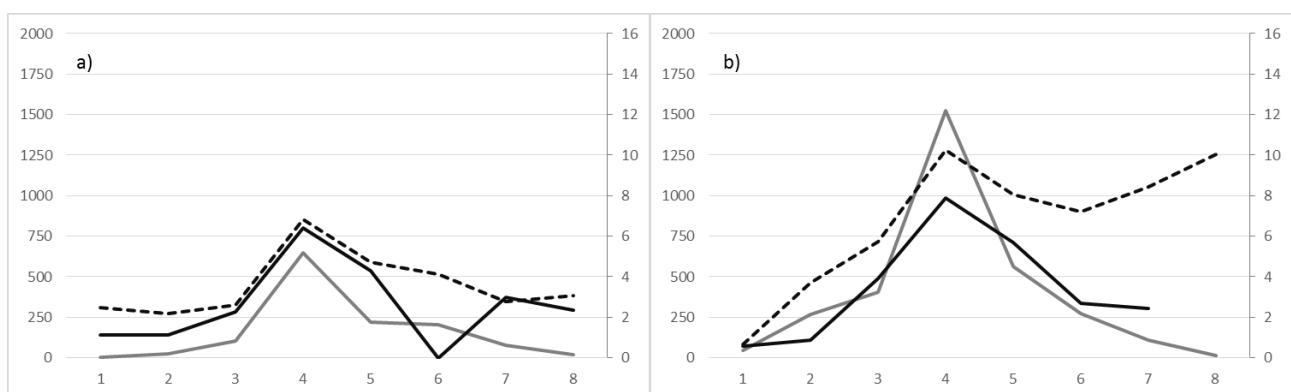
Pollenmessstation	Gesamtzahl der Nutzer* ¹	positiv korrelierte + signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²	ausschließlich signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²
A100	14	8	0
BORN	13	6	1
BRÜCKE	12	7	2
CHU	13	3	0
CORR	16	7	1
FRANK	34	15	4
J&W	14	6	1

Pollenmessstation	Gesamtzahl der Nutzer* ¹	positiv korrelierte + signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²	ausschließlich signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²
KA-MA	8	1	0
LENG	11	6	2
MAR-DA	12	6	1
RING	5	3	0
SCHI	4	3	0
SILBER	4	2	0
ZOO	20	10	3

3.2.1.2 Berechnungen

Die Zahl der für die Berechnungen zur Verfügung stehenden Datensätze ist stationsbezogen größtenteils gering oder sehr gering und erlaubt keine statistisch abgesicherte und sinnvolle Analyse der Unterschiede in der Ausprägung von Symptomen zwischen verschiedenen Messstationen im Stadtgebiet von Berlin. Die auf Grundlage dieser Datenbasis erstellten Diagramme für die Zusammenhänge zwischen Symptomstärke und Anzahl an Birkenpollen für jede der 14 Messstationen sind im Anhang A abgelegt. Exemplarisch wurden die beiden Diagramme für die Stationen mit den höchsten (LENG) und niedrigsten (BRÜCKE) Gesamtzahlen an Birkenpollen ausgewählt, um die Problematik der beschränkten Nutzerzahlen darzustellen (siehe Abbildung 3).

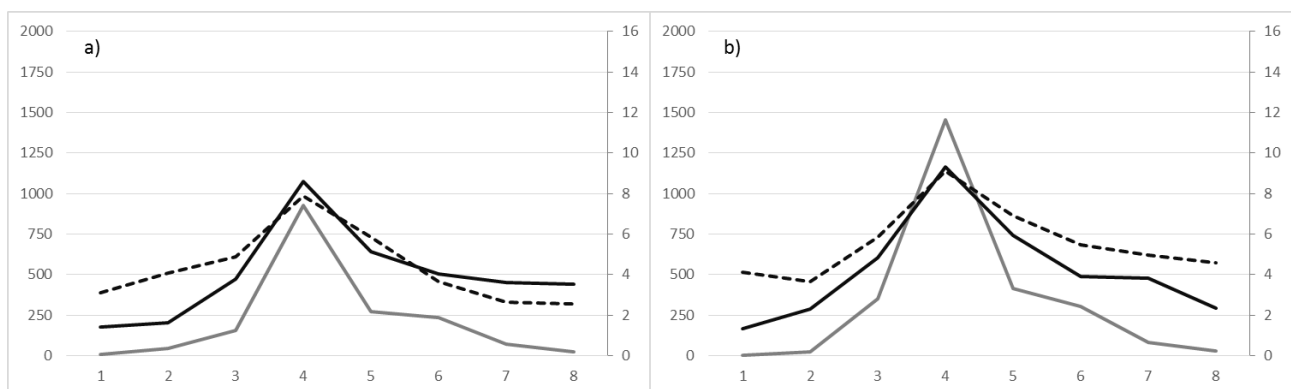
Abbildung 3: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) für die Pollenmessstationen BRÜCKE (a) und LENG (b) nach Hypothese 1. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Tatsächlich sind, trotz der geringen Zahl an Datensätzen für die beiden Stationen (siehe Tabelle 4), Zusammenhänge zwischen geringer Birkenpollenzahl und geringer Symptomausprägung (BRÜCKE) sowie hoher Birkenpollenzahl und stärkerer Symptomausprägung (LENG) beschreibbar. Auch die stärksten Symptome treten zeitgleich mit der höchsten wöchentlichen Birkenpollenbelastung auf (Woche 4). Von einer verlässlichen Kennzeichnung von Unterschieden kann jedoch erst bei einer größeren Nutzerzahl (mindestens 20 Nutzer) mit positiven und signifikant positiven Ergebnissen ausgegangen werden.

Eine gesichertere Aussage ergibt sich bei Zusammenlegung der 14 einzelnen Messstationen zu zwei gleich großen Gruppen von Messstationen mit in etwa vergleichbar großen Gruppen assoziierter Tagebuchnutzer. Eine Aufteilung in einerseits 7 Messstation mit hohen Birkenpollenzahlen (A100, CORR, LENG, MAR-DA, SCHI, SILBER, ZOO) und 7 Messstationen mit niedrigen Birkenpollenzahlen (BORN, BRÜCKE, CHU, FRANK, J&W, KA-MA, RING) wurde vorgenommen. Die beiden resultierenden PHD-Nutzergruppen „**höchste**“ (für die mit den höchsten Pollenzahlen assoziierte Nutzergruppe) und „**niedrigste**“ (für die mit den niedrigsten Pollenzahlen assoziierte Nutzergruppe) werden nun durch eine ausreichend hohe Nutzerzahl abgebildet; 78 für „höchste“ und 93 für „niedrigste“. Jede der beiden Nutzer-Gruppen wurde nun mit dem Mittelwert der wöchentlichen Birkenpollenmenge der dazugehörigen sieben Messstationen korreliert. Als Folge wurden für die Stationen mit höchsten Pollenzahlen insgesamt 40 positiv korrelierte Nutzer erfasst, von denen 8 signifikant positiv korrelierten. Für die Stationen mit den niedrigsten Pollenzahlen ergaben sich 37 positiv korrelierte Nutzer von denen 7 signifikant positiv korrelierten. Die vergleichenden Ergebnisse sind für die Hypothese 1 in Abbildung 4 dargestellt. Die Abbildungen für Hypothese 2 und 3 sind auf Grund besserer Lesbarkeit im Anhang A untergebracht.

Abbildung 4: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach Hypothese 1; a) „**niedrigste**“, b) „**höchste**“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Diejenigen unter den PHD-Nutzern, die höheren Konzentrationen an Birkenpollen ausgesetzt waren (Abbildung 4 b), zeigten insgesamt etwas höhere Beschwerdegrade, als diejenigen Nutzer, die insgesamt niedrigeren Werten an Birkenpollen ausgesetzt waren (Abbildung 4 a).

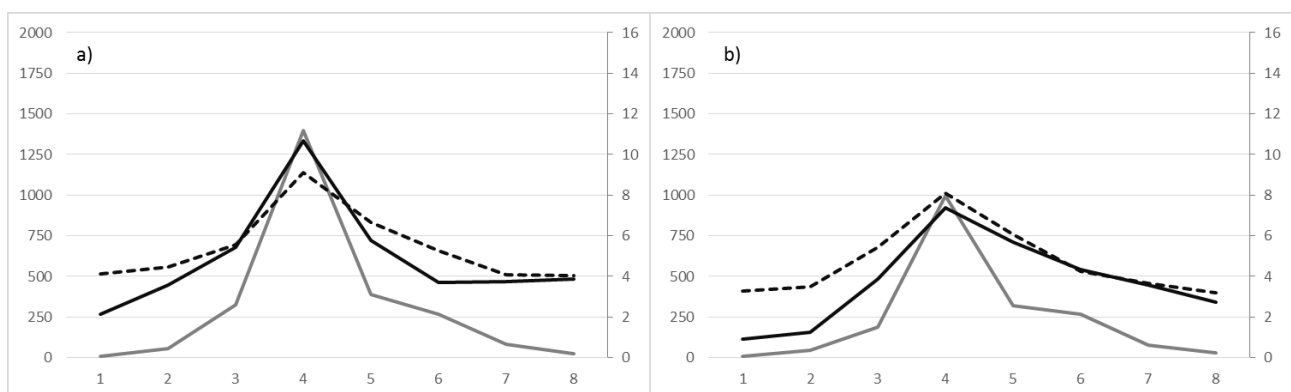
Der OTS-Wert positiv und signifikant positiv korrelierter Nutzer aus den Gebieten mit den höchsten Werten für Birkenpollen (gestrichelte Linie) erreicht einen Maximalwert von 9,11 während der vierten Woche und die der signifikant positiv korrelierten Nutzer (durchgezogene, schwarze Linie) einen Maximalwert von 9,32 in der gleichen Woche. Der OTS-Wert positiv und signifikant positiv korrelierter Nutzer aus den Gebieten mit den niedrigsten Werten für Birkenpollen erreicht einen Maximalwert von 7,89 in der vierten Woche, die der signifikant positiv korrelierten Nutzer einen Maximalwert von 8,60 in der gleichen Woche. Die enge Beziehung der beiden Kurven Pollenzahl und OTS-Wert zeigt sich eindrucksvoll im scharfen Anstieg zu Saisonbeginn von der 2. zur 4. Woche und dem ebenso raschem Rückgang nach Erreichen des Peaks ab der 4. Woche.

Eine alternative Betrachtung lässt sich anstellen, sofern die Zusammenlegung der 14 Messstationen zu zwei gleich großen Gruppen unter der Annahme stattfindet, dass Birkenpollen in größerer Zahl im Umland von Berlin und in den vegetationsreicheren Außenbezirken produziert werden, weniger im

Stadtzentrum mit seiner dichten Bebauung und dem höheren Versiegelungsgrad. In der Folge träten höhere Pollenzahlen häufiger zentrumsfern statt zentrumnah auf, verbunden mit Auswirkungen auf die Intensität und den Verlauf allergischer Symptome auf Birkenpollen. Als zentrumsnah wurden demnach die sieben Messstationen BRÜCKE, CHU, FRANK, KA-MA, RING, SILBER und ZOO gruppiert, als zentrumsfern die Stationen A100, BORN, J&W, LENG, CORR, MAR-DA und SCHI.

Die resultierenden zwei PHD-Nutzergruppen „**zentrumsnah**“ und „**zentrumsfern**“ umfassten wiederum eine ausreichende Zahl zur Verfügung stehender Nutzer; zentrumsnah 90 und zentrumsfern 81. Jede der beiden Nutzer-Gruppen wurde nun mit dem Mittelwert der wöchentlichen Birkenpollenmenge der dazugehörigen sieben Messstationen korreliert. Als Folge wurden für die zentrumsfernen Stationen insgesamt 39 positiv korrelierte Nutzer erfasst, von denen 9 signifikant positiv korrelierten, für die zentrumsnahen Stationen ergaben sich 38 positiv korrelierte Nutzer von denen 8 signifikant positiv korrelierten. Die vergleichenden Darstellungen der Ergebnisse für die Hypothese 1 sind in der Abbildung 5 dargestellt. Die Abbildungen für Hypothese 2 und 3 sind aus Gründen der besseren Lesbarkeit im Anhang A untergebracht.

Abbildung 5: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach Hypothese 1; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Die Zusammenfassung der PHD-Nutzer unter dem Aspekt der räumlichen Nähe zum Stadtzentrum respektive zum Stadtrand belegt noch etwas deutlicher, als bei der Auswahl nach dem Gesichtspunkt höchste respektive niedrigste Pollenmenge, eine Differenz der Intensität der Ausprägung von Symptomen zwischen den beiden Nutzergruppen.

Der OTS-Wert positiv und signifikant positiv korrelierter Nutzer aus den zentrumsfernen Stadtrandlagen (gestrichelte Linie) erreicht einen Maximalwert von 9,11 während der vierten Woche, die der signifikant positiv korrelierten Nutzer (durchgezogene, schwarze Linie) einen Maximalwert von 10,69 in der gleichen Woche. Der OTS-Wert positiv und signifikant positiv korrelierter Nutzer aus dem Stadtzentrum erreicht einen Maximalwert von 8,09 während der vierten Woche, die der signifikant positiv korrelierten Nutzer einen Maximalwert von 7,40 in der gleichen Woche. In Analogie zur berechneten Differenz im OTS-Wert zwischen zentrumsnahen und zentrumsfernen Nutzern besteht auch bei der Anzahl gemessener Birkenpollen ein Unterschied. So erreicht der Mittelwert der 7 peripheren Messstationen während der vierten Woche einen Wert von 1396 Birkenpollen, während er bei den 7 zentralen Messstationen bei nur 997 Birkenpollen liegt. In Richtung des Beginns und in Richtung des Endes der Birkenpollensaison reagieren die PHD-Nutzer noch auf einem OTS-Niveau von minimal 0,9

(signifikant positive Nutzer der zentrumsnahen Standorte zu Saisonbeginn) bis maximal 4,13 (positive und signifikant positive Nutzer der zentrumsfernen Standorte zu Saisonbeginn).

3.2.2 Statistische Zusammenhänge bei den Gräserpollen

3.2.2.1 Berechnungsgrundlage

Die Berechnungen der statistischen Zusammenhänge zwischen den Messdaten der Gräserpollen der 14 Messstationen und den Symptomdaten basieren auf den Angaben von insgesamt 149 Tagebuchnutzern (148 Nutzer aus Berlin, 1 Nutzer aus Brandenburg), von denen zusammen 64 Nutzer gegenüber der assoziierten Messstation positiv korreliert bzw. signifikant positiv korreliert sind. Tabelle 5 gibt einen Überblick, wie sich die Nutzer, sowie die Datensätze der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer nach Hypothese 1 auf die einzelnen Messstationen verteilen. Auffällig ist die deutlich ungleichmäßige Verteilung der Nutzer auf die einzelnen Messstationen. Damit stehen für die Berechnungen und zur Erstellung der Diagramme eine sehr ungleiche Anzahl an Datensätzen zur Verfügung. In Abbildung 6 ist die Verteilung der PHD-Nutzer während der Gräserpollensaison im Stadtgebiet von Berlin grafisch dargelegt. Die heterogene Verteilung der Nutzer auf die verschiedenen PLZ-Bezirke ist deutlich erkennbar.

Abbildung 6: Verteilung der PHD-Nutzer im Stadtgebiet von Berlin während der Gräserpollensaison. (eingeschlossen sind identische Nutzer mit unterschiedlichen Aufenthaltsorten während der Gräserpollensaison; Summe der Einträge 159). Kartengrundlage: Geoportal Berlin/Postleitzahlen 2015.

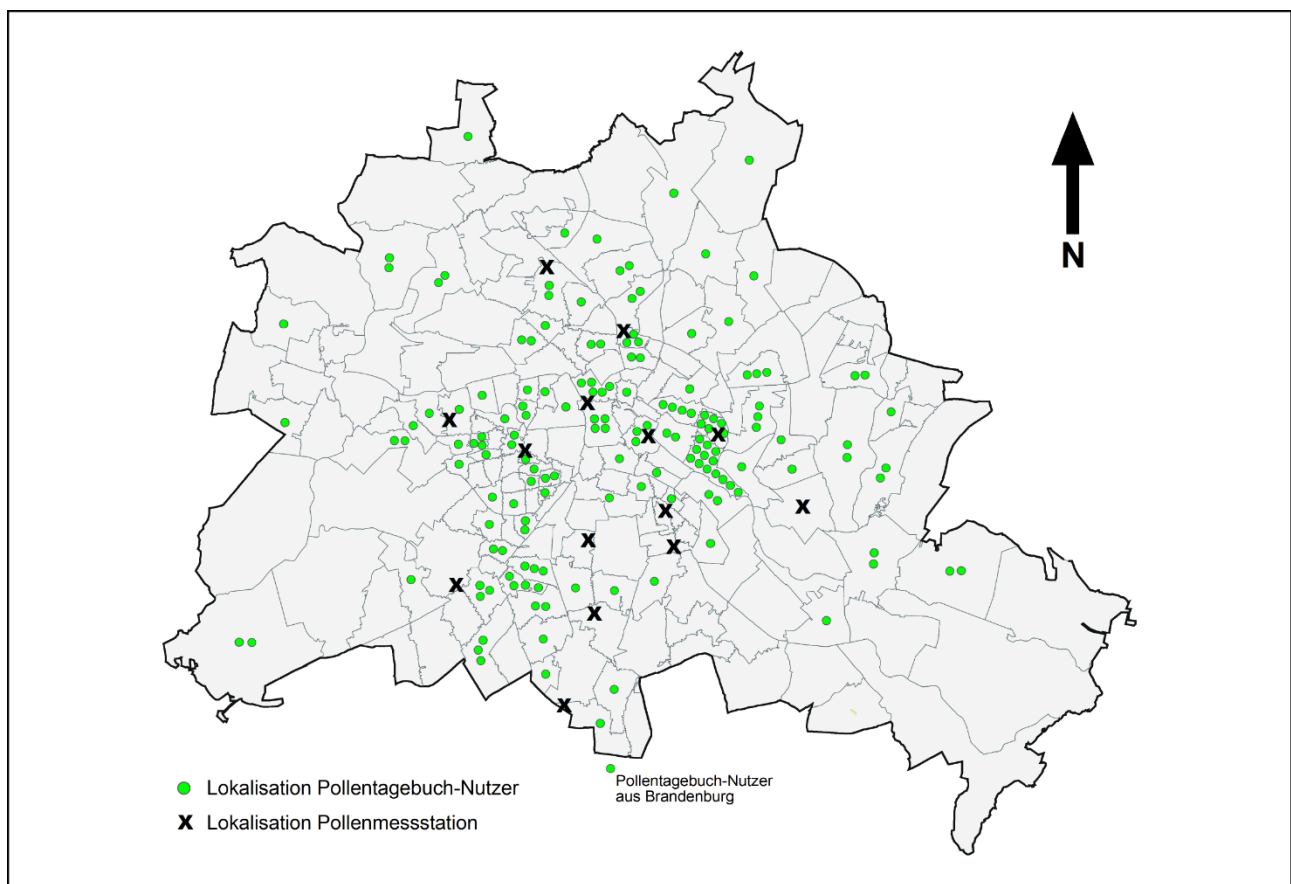


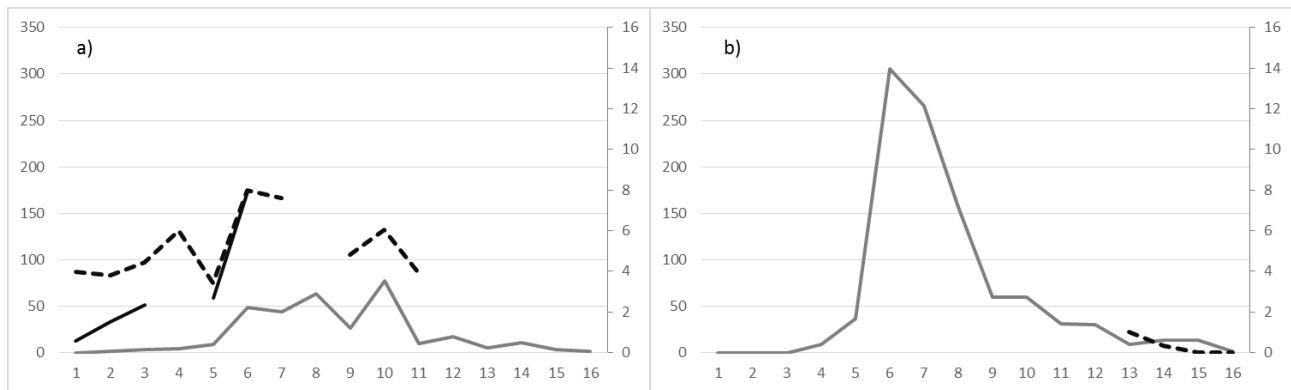
Tabelle 5: Aufteilung der PHD-Nutzer auf die assoziierten Messstationen bei den Gräsern für Hypothese 1. *¹ Summe der Einträge der 149 Nutzer beträgt 168; 9x gleicher Nutzer zwei verschiedenen Messstationen gleichzeitig zugeordnet; 8x gleicher Nutzer während Pollensaison zwei oder drei unterschiedlichen Messstationen zugeordnet; *² Korrelationen nur dann dargestellt, wenn Anzahl der verfügbaren Wochenwerte ≥ 3 .

Pollenmessstation	Gesamtzahl der Nutzer* ¹	positiv korrelierte + signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²	ausschließlich signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²
A100	13	3	0
BORN	13	4	0
BRÜCKE	13	7	5
CHU	12	4	0
CORR	16	3	1
FRANK	35	16	5
J&W	11	7	0
KA-MA	5	3	0
LENG	15	6	2
MAR-DA	12	5	1
RING	2	1	0
SCHI	4	1	0
SILBER	2	1	0
ZOO	15	3	1

3.2.2.2 Berechnungen

Die Zahl der für die Berechnungen zur Verfügung stehenden Datensätze ist stationsbezogen, wie schon bei der Birke (siehe Kapitel 3.1.1.1), größtenteils sehr gering und erlaubt keine statistisch abgesicherte und sinnvolle Analyse der Unterschiede in der Ausprägung von Symptomen zwischen verschiedenen Messstationen im Stadtgebiet von Berlin. Die auf Grundlage dieser Datenbasis erstellten Diagramme für die Zusammenhänge zwischen Symptomstärke und Anzahl Gräserpollen für jede der 14 Messstation sind im Anhang B abgelegt. Exemplarisch wurden die beiden Diagramme für die Stationen mit den niedrigsten (CORR) und höchsten (SCHI) Gesamtzahlen an Gräserpollen ausgewählt, um die Problematik ungenügender Nutzerzahlen zu verdeutlichen (siehe Abbildung 7). Die Datensätze jedes einzelnen Nutzers decken, wie in der Abbildung 7 ersichtlich, häufig nur Teile der Pollensaison ab. Von daher erübrigen sich systematische, stationsbezogene Vergleiche der Symptomausprägungen.

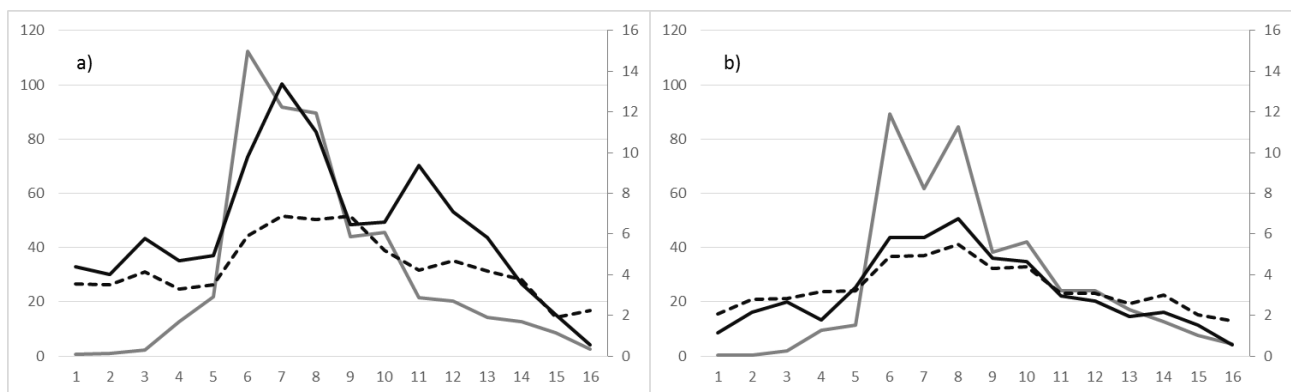
Abbildung 7: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) für die Pollenmessstationen CORR (a) und SCHI (b) nach Hypothese 1. Linke Diagrammchse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammchse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl, schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer, schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Von Interesse wäre insbesondere die Dokumentation der Symptome einer größeren Gruppe von Tagebuchnutzern (mindestens 20 Nutzer) mit positiven oder signifikant positiven Korrelationen im Bereich der Station am Schichauweg (SCHI) am unmittelbaren südlichen Stadtrand Berlins gewesen, da hier die mit Abstand höchsten Werte an Gräserpollen auftraten, was mit der räumlichen Nähe zu ausgedehnten Pollenquellen im außerstädtischen Umland gesehen werden kann. Mit der dichten Bebauung im Innenstadtbereich, die nur wenig Raum für Grünflächen lässt und einer oftmals intensiven Pflege der innerstädtischen Rasenflächen, die die Gräserpollenproduktion unterbindet, sind die zentralen Stadtgebiete eher pollenärmer, als stadtrandnahe Gebiete.

Aus diesem Grund wurden eine Zusammenlegung der zentrumsnahen und der zentrumsfernen Pollenfallen und deren assoziierter Nutzer vorgenommen, um eventuelle Unterschiede in der Ausprägung allergischer Symptome anhand größerer Nutzerzahlen anschaulich zu machen. Als zentrumsnah wurden die sieben Messstationen BRÜCKE, CHU, FRANK, KA-MA, RING, SILBER und ZOO angesehen, als zentrumsfern A100, BORN, J&W, LENG, CORR, MAR-DA und SCHI. Die resultierenden zwei PHD-Nutzergruppen „**zentrumsnah**“ und „**zentrumsfern**“ umfassten nun eine annähernd ausreichende Zahl zur Verfügung stehender Nutzer; zentrumsnah 79 und zentrumsfern 80. Jede der beiden Nutzer-Gruppen wurde nun mit dem Mittelwert der wöchentlichen Gräserpollenmenge der dazugehörigen sieben Messstationen korreliert. Als Folge wurden für die zentrumsfernen Stationen insgesamt 26 positiv korrelierte Nutzer erfasst, von denen 3 signifikant positiv korrelierten, für die zentrumsnahen Stationen ergaben sich 27 positiv korrelierte Nutzer von denen 11 signifikant positiv korrelierten. Die vergleichenden Darstellungen der Ergebnisse für die Hypothese 1 sind der Abbildung 8 zu entnehmen. Die Abbildungen für Hypothese 2 und 3 sind aus Gründen der besseren Lesbarkeit im Anhang B untergebracht.

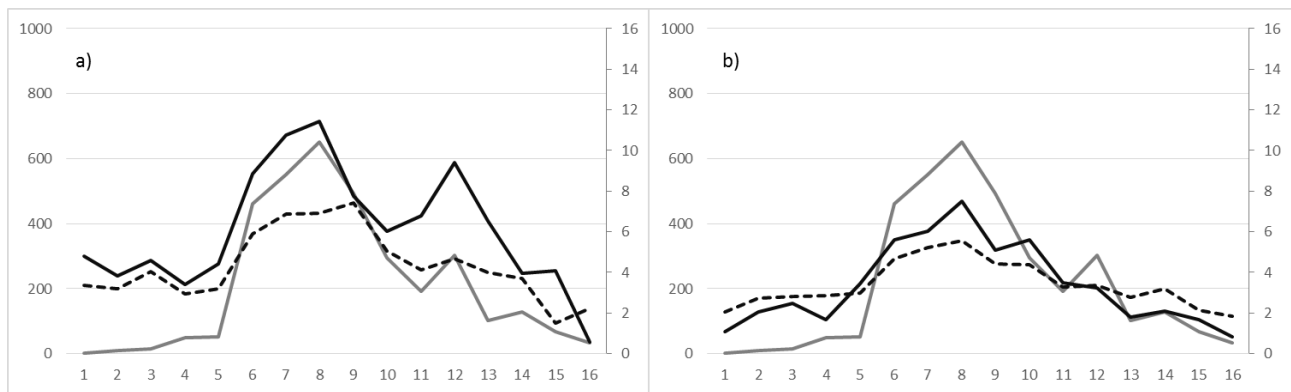
Abbildung 8: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) nach Hypothese 1; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl, schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer, schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer. Graue Linie = Pollenzahl, schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer, schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Diejenigen unter den PHD-Nutzern, die sich näher am Stadtrand (Abbildung 8 a) aufhielten, zeigten insgesamt höhere Beschwerdegrade, korrespondierend mit insgesamt höheren Gräserpollenzahlen, als diejenigen Nutzer, die sich weiter im Stadtzentrum (Abbildung 8 b) aufhielten. Der OTS-Wert positiv und signifikant positiv korrelierter Nutzer vom Stadtrand (gestrichelte Linie) erreicht einen Maximalwert von 6,87 in der siebenten und neunten Woche, die der signifikant positiv korrelierten Nutzer (durchgezogene, schwarze Linie) einen Maximalwert von 13,39 in der siebenten Woche. Der OTS-Wert positiv und signifikant positiv korrelierter Nutzer vom Stadtzentrum erreicht einen Maximalwert von 5,51 in der achten Woche, die der signifikant positiv korrelierten Nutzer einen Maximalwert von 6,76 in der achten Woche. Die Kurvenverläufe des OTS zeigen insgesamt entsprechend des Verlaufs der Gräserpollen-Saison die höchsten Werte während des Zeitraums mit der höchsten Pollenbelastung (sechste bis zehnte Woche), die niedrigsten OTS-Werte zu Beginn und am Ende der Gräserpollen-Saison.

Werden dazu vergleichend die ebenfalls vorliegenden, wöchentlich gemittelten Gräserpollendaten der Burkardfalle (Referenzmessstelle auf dem Dach der Charité-Hautklinik im Stadtzentrum) ausgewählt und mit den Symptomwerten der in Abbildung 8 a und 8 b verwendeten PHD-Nutzer statistisch in Beziehung gesetzt, so lassen sich auch hier deutliche Unterschiede in der Intensität der Symptomwertausprägung zwischen den „zentrumsfernen“ und den „zentrumsnahen“ Nutzern ausmachen, mit den höheren OTS-Werten bei den zentrumsfernen Nutzern (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen der Burkardfalle über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) nach Hypothese 1; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl, schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer, schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Der Betrieb einer einzigen volumetrischen Pollenfalle innerhalb eines größeren Gebietes bzw. innerhalb einer Großstadt gilt in Deutschland als der „Normalfall“. Da jedoch innerhalb einer Großstadt wie z.B. Berlin nur Pollendaten aus dem Stadtzentrum vorliegen, lassen sich die belegbaren Unterschiede beim OTS zwischen Stadtzentrum und Stadtrand im erwähnten Normalfall nicht mittels Pollendaten untermauern. Dazu müssten von wenigstens einer weiteren Burkard-Pollenfalle nahe dem Stadtrand Daten zum Vergleich erhoben werden oder wie in diesem Fall, die Daten mehrerer passiver Pollenfallen.

3.2.3 Statistische Zusammenhänge bei Beifußpollen

3.2.3.1 Berechnungsgrundlage

Die Berechnungen der statistischen Zusammenhänge zwischen den Messdaten von Beifußpollen der 14 Messstationen und den Symptomdaten basieren auf den Angaben von insgesamt 70 Tagebuchnutzern (69 Nutzer aus Berlin, 1 Nutzer aus Brandenburg), von denen zusammen 23 Nutzer positive Korrelationen gegenüber deren Messstation aufweisen. Signifikant positive Korrelationen wurden nicht gefunden. Tabelle 6 gibt einen Überblick, wie sich die Nutzer, sowie die Datensätze der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer nach Hypothese 1 auf die einzelnen Messstationen verteilen. Klar erkennbar ist die sehr ungleichmäßige Verteilung der Nutzer auf die verschiedenen Fallstandorte und die offenkundig fehlende Berechnungsgrundlage zur sinnvollen Abgrenzung von Symptomwertdifferenzen zwischen den einzelnen Messstationen. In Abbildung 10 ist die Verteilung der PHD-Nutzer während der Beifußpollensaison im Stadtgebiet von Berlin grafisch dargelegt. Die heterogene Verteilung auf die verschiedenen PLZ-Bezirke und die, im Vergleich zu den Eingaben während der Birken- bzw. Gräserpollensaison geringe Gesamtzahl an Nutzern, ist deutlich erkennbar.

Abbildung 10: Verteilung der PHD-Nutzer im Stadtgebiet von Berlin während der Beifußpollensaison. (eingeschlossen sind identische Nutzer mit unterschiedlichen Aufenthaltsorten während der Beifußpollensaison; Summe der Einträge 76). Kartengrundlage: Geoportal Berlin/Postleitzahlen 2015.

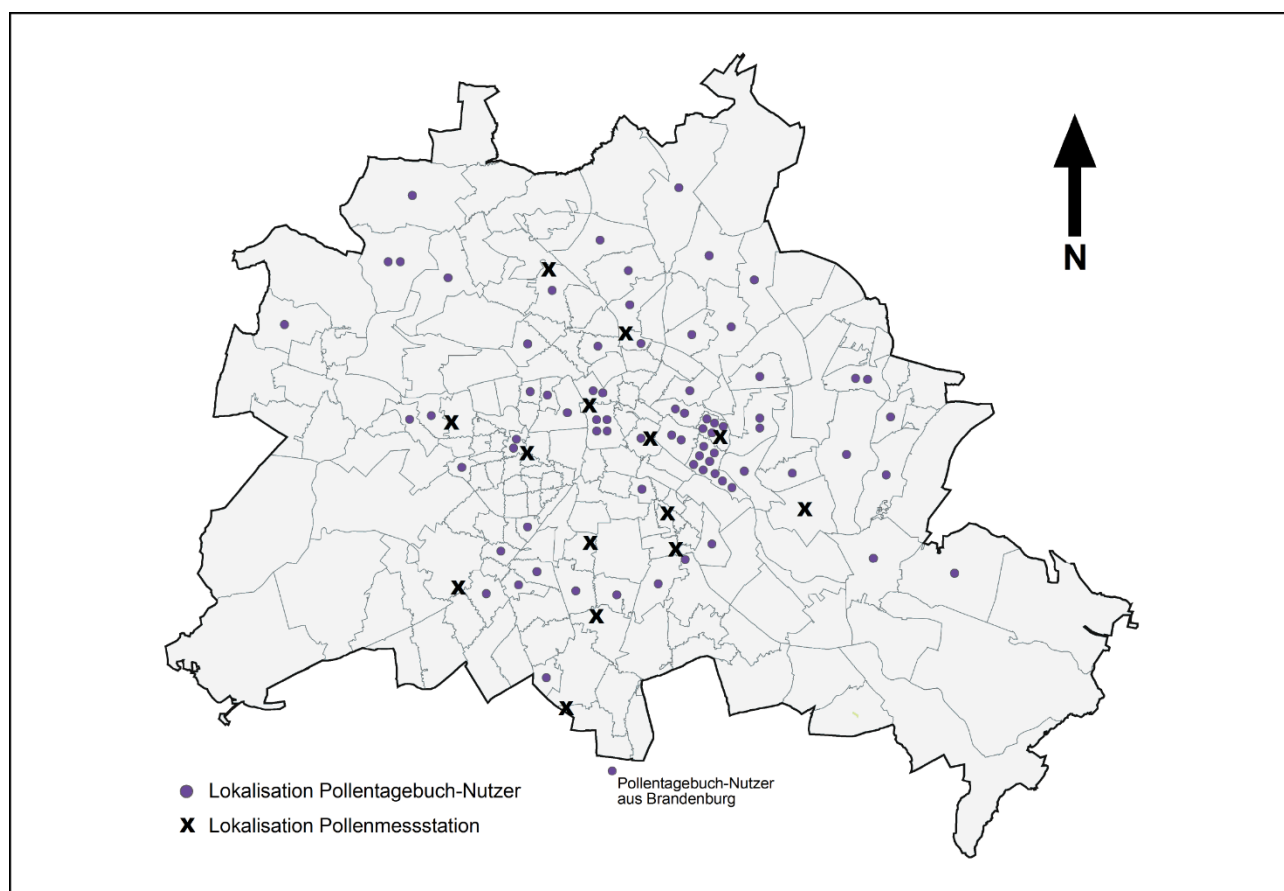


Tabelle 6: Aufteilung der PHD-Nutzer auf die assoziierten Messstationen beim Beifuß für Hypothese 1. *¹ Summe der Einträge der 69 Nutzer beträgt 79; 3x gleicher Nutzer zwei verschiedenen Messstationen gleichzeitig zugeordnet; 6x gleicher Nutzer während Pollensaison zwei unterschiedlichen Messstationen zugeordnet; *² Korrelationen nur dann dargestellt, wenn Anzahl der Wochenwerte ≥ 3 .

Pollenmessstation	Gesamtzahl der Nutzer* ¹	positiv korrelierte + signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²	ausschließlich signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²
A100	4	2	0
BORN	6	2	0
BRÜCKE	6	2	0
CHU	8	4	0
CORR	3	0	0
FRANK	24	8	0
J&W	6	1	0
KA-MA	1	0	0

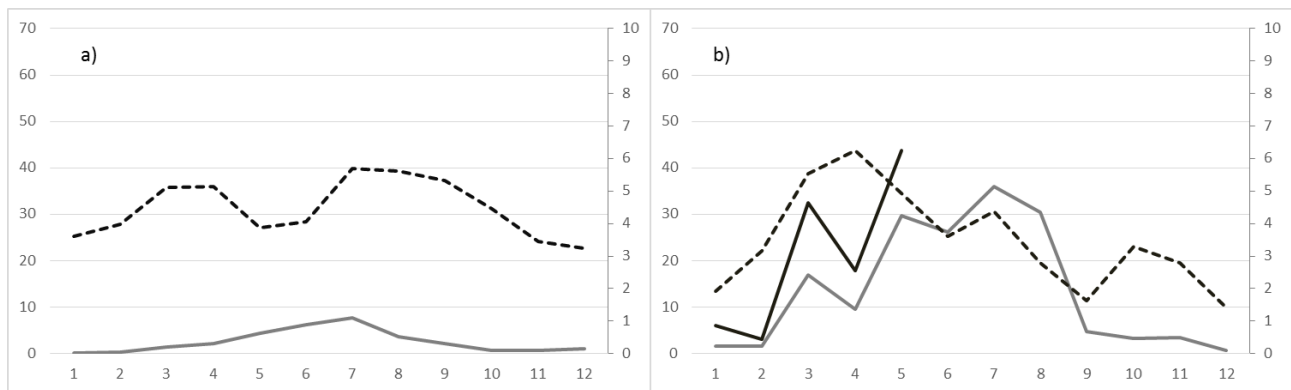
Pollenmessstation	Gesamtzahl der Nutzer* ¹	positiv korrelierte + signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²	ausschließlich signifikant positiv korrelierte Nutzer* ²
LENG	8	1	0
MAR-DA	5	1	0
RING	1	0	0
SCHI	2	0	0
SILBER	2	2	0
ZOO	3	0	0

3.2.3.2 Berechnungen

Die Zahl der für die Berechnungen zur Verfügung stehenden Datensätze der PHD-Nutzer ist für die Pollensaison des Beifuß stationsbezogen, in noch stärkerem Maße limitiert, als schon bei Birke und Gräsern (siehe Kapitel 3.2.1.1 und 3.2.2.1). Bei der großen Mehrheit der Messstationen konnten keine oder nur einzelne Nutzer ermittelt werden, die positiv mit den Verlauf der dortigen Beifußpollensaison korrelierten (siehe Tabelle 6). Signifikant positiv reagierte keiner der PHD-Nutzer mit der assoziierten Pollenfalle. Ein Vergleich der Symptomwerte zwischen den Nutzergruppen der verschiedenen Messstationen untereinander, kann demnach nicht erfolgen. Die auf Grundlage der vorhandenen Datenbasis erstellten Diagramme für die Zusammenhänge zwischen Symptomstärke und Anzahl an Beifußpollen für jede der 14 Messstation sind im Anhang C.

An insgesamt 4 der 14 Messstationen ließen sich jedoch deutlich höhere Werte an Beifußpollen messen, als bei dem verbleibenden Rest der 10 Messstandorte. An den Stationen BRÜCKE, A100, SCHI und CHU wurden im Mittel insgesamt 164 Beifußpollen über den Saisonverlauf gemessen, während die zweite Gruppe aus 10 Stationen (BORN, CORR, FRANK, J&W, KA-MA, LENG, MAR-DA, RING, SILBER, ZOO) im Saisonmittel einen deutlich geringeren Wert von nur 31 Beifußpollen erreichte. Daher erschien es naheliegend sich einen Überblick darüber zu verschaffen, ob sich, trotz der sehr beschränkten Nutzerzahlen, etwaige Unterschiede in der Intensität allergischer Reaktion abzeichnen ließen. Es wurden zwei Gruppen von 4 und 10 Messstationen gebildet und die assoziierten PHD-Nutzer mit dem Mittelwert der wöchentlichen Beifußpollenmenge der dazugehörigen 4 bzw. 10 Messstationen korreliert. Die beiden resultierenden PHD-Nutzergruppen „**höchste**“ (für die mit den höchsten Beifußpollenzahlen assoziierte Nutzergruppe) und „**niedrigste**“ (für die mit den niedrigsten Pollenzahlen assoziierte Nutzergruppe) werden nun durch eine aussagekräftigere Nutzerzahl abgebildet; 20 für „höchste“ und 58 für „niedrigste“. Die Zahl positiv korrelierte Nutzer belief sich im Fall der hohen Beifußpollenzahl auf 7 von denen ein Nutzer signifikant positiv reagierte. Bei der zweiten Gruppe mit der niedrigen Beifußpollenzahl korrelierten 15 Nutzer positiv, kein Nutzer jedoch signifikant positiv. Die vergleichenden Ergebnisse sind für die Hypothese 1 in Abbildung 11 dargestellt. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit sind die Abbildungen für Hypothese 2 und 3 im Anhang C untergebracht.

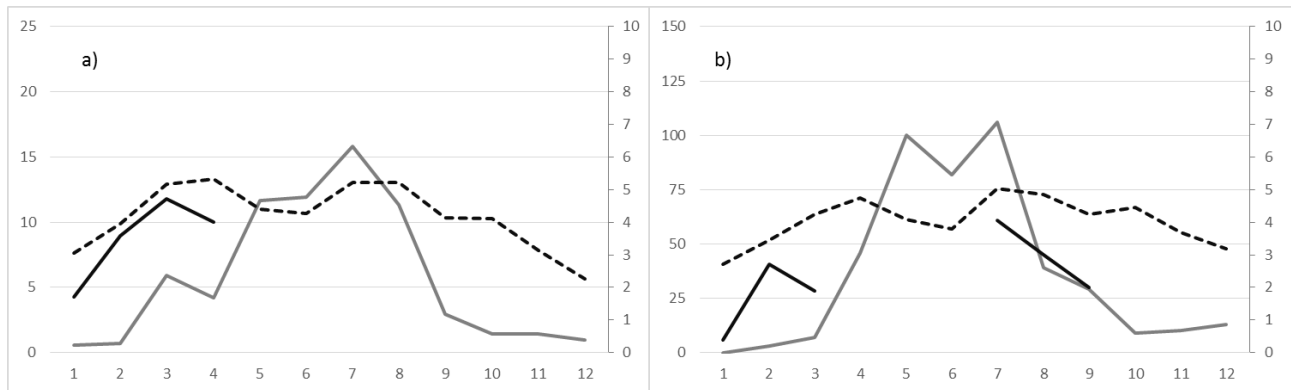
Abbildung 11: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) nach Hypothese 1; a) „niedrigste“, b) „höchste“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Die Zusammenlegung der Stationen unter dem Gesichtspunkt höchste gegen niedrigste Beifußpollenzahl erbringt nur wenig Klarheit. Die Symptomstärken (OTS-Werte) der beiden Gruppen bewegen sich während des Peaks der Symptomwertausprägung positiv korrelierter Nutzer um den Wert von 6 herum (5,69 niedrigste und 6,24 höchste) - auf fast identischem Niveau. Während der Zeit der höchsten Pollenbelastung (Woche 5 bis 8) gehen die OTS-Werte der Nutzergruppe, die den hohen Pollenwerten zugeordnet ist, schon wieder zurück und liegen nur noch zwischen 2,80 und 4,93. Eventuell reagieren die Beifußpollenallergiker bei einem erstmaligen Anstieg der Pollenzahlen in der dritten Woche (nur sichtbar in Abbildung 11 b) mit verhältnismäßig starken Allergiesymptomen, die dann im Verlauf der Saison trotz weiter ansteigender Pollenbelastung schon wieder geringer werden.

Alternativ wurde versucht zu zeigen, dass für ein, in vielerlei Hinsicht heterogenes Gebiet, wie die Großstadt Berlin, eine größere Zahl an Messstandorten mit passiver Messtechnik einen Zugewinn für die Nutzer des PHD ergeben könnte. Ergäbe also die Zusammenlegung aller 14 Stationen inklusive aller Einträge der PHD-Nutzer zu einer Gruppe ein ausgewogeneres Bild? Ein Vergleich zur herkömmlichen Messtechnik mit nur einer Burkard-Falle pro Stadt wurde dieser Betrachtung gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 9 wiedergegeben. Der Abbildung 12 a liegen Daten von 23 positiv korrelierten Nutzern zugrunde, von denen ein Nutzer signifikant positive Korrelationen zeigte. Für die Abbildung 12 b standen 20 positiv korrelierte Nutzer zur Verfügung von denen ein Nutzer signifikant positiv korreliert ist.

Abbildung 12: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) nach Hypothese 1; a) „Mittelwert aller 14 gravimetrischen Messstationen“, b) „volumetrische Messstation – Burkardfalle Charité“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Die Kurvenverläufe der positiv korrelierten Nutzer zeigen in beiden Abbildungen 12 a und 12 b insgesamt nur eine geringe Amplitude mit OTS-Maximalwerten von 5,33 (4. Woche) beim Durchschnitt der 14 gravimetrischen Fallen und 5,08 (7. Woche) bei der Burkardfalle, sowie OTS-Minimalwerte von 2,25 (12. Woche) bei den gravimetrischen Fallen und 2,71 (1. Woche) bei der Burkardfalle. Den leichten Peak in den OTS-Werten während des Beginns der Beifußpollensaison (3. bis 4. Woche) können die 14 gravimetrischen Pollenfallen mit Ihren Daten besser abbilden. Ursächlich dafür könnten lokal bereits aktive Pollenquellen sein, die auch nur lokal bereits für gewisse Belastungen sorgen, ohne, dass sich diese Belastungen als Pollen in der Burkardfalle widerspiegeln. Die Vielzahl der Orte an denen die gravimetrischen Fallen eingesetzt wurden, macht es deutlich wahrscheinlicher solch verborgene Blühaktivitäten lokaler Pflanzenbestände zu erfassen.

4 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

- ▶ Diese Studie unternimmt erstmals den Versuch, mögliche Unterschiede in der räumlichen Verteilung von allergenen Pollen innerhalb des kleinräumigen Gebietes einer einzelnen Stadt (Berlin) und der Intensität der Ausprägung allergischer Symptome gegenüberzustellen.
- ▶ Bei den beiden wichtigen Pollenarten Birke und Gräser sind die gemessenen Pollenzahlen am Stadtrand Berlins höher als im Stadtzentrum, korrespondierend mit einer stärkeren Ausprägung allergischer Symptome von Betroffenen in der Nähe zum Stadtrand und geringeren Symptomstärken in Zentrumsnähe.
- ▶ Bei der Pollenart Beifuß konnte kein relevanter Zusammenhang zwischen Pollenmenge und Symptomstärke ermittelt werden. Grund 1: Hohe Pollenbelastungen durch größere Pollenressourcen bleiben lokal beschränkt. Grund 2: Schmale Basis an gemeldeten Symptomdaten während der Beifußpollensaison 2014.
- ▶ Die angestrebte Darstellung von Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen Pollenbelastung und Symptomstärke im Sinne einer Schwellenwertberechnung ließ sich aus mehreren Gründen nicht verwirklichen, u.a. da für eine statistisch sinnvolle Auswertung und Darstellung keine hinlängliche Anzahl von PHD-Nutzerdaten vorhanden war.
- ▶ Städte vergleichbarer Größe wie Berlin mit ähnlich heterogenem Umfeld sollten standardmäßig mit mindestens zwei volumetrischen Pollenmessgeräten (Burkardfallen) ausgestattet werden, einem Gerät im Stadtzentrum und einem weiteren Gerät außerhalb des Stadtzentrums. Optimal

wäre ein drittes Gerät zur Ermittlung der Pollenkonzentration direkt am Stadtrand oder im stadtrandnahen Umland, um sowohl die Unterschiede in der Vegetation und Landnutzung als auch die phänologisch-klimatologischen Stadt-Land-Unterschiede optimal zu erfassen.

- ▶ Kleinräumige Unterschiede in Pollenbelastung und Symptomwertausprägung sollten unter vergleichbaren Bedingungen wie in Berlin auch in anderen Ballungsräumen in Betracht gezogen werden, beispielsweise im Rahmen klinischer Studien. Lokale Belastungen lassen sich dabei eventuell besser mit einem tragbaren individuellen Pollenmessgerät erfassen.
- ▶ Planung und Pflege öffentlichen Grüns in Städten sollte generell unter Berücksichtigung des allergischen Potentials der Pflanzen angestellt werden, um auf die Belange der vielen Betroffenen Rücksicht zu nehmen.

5 Referenzen

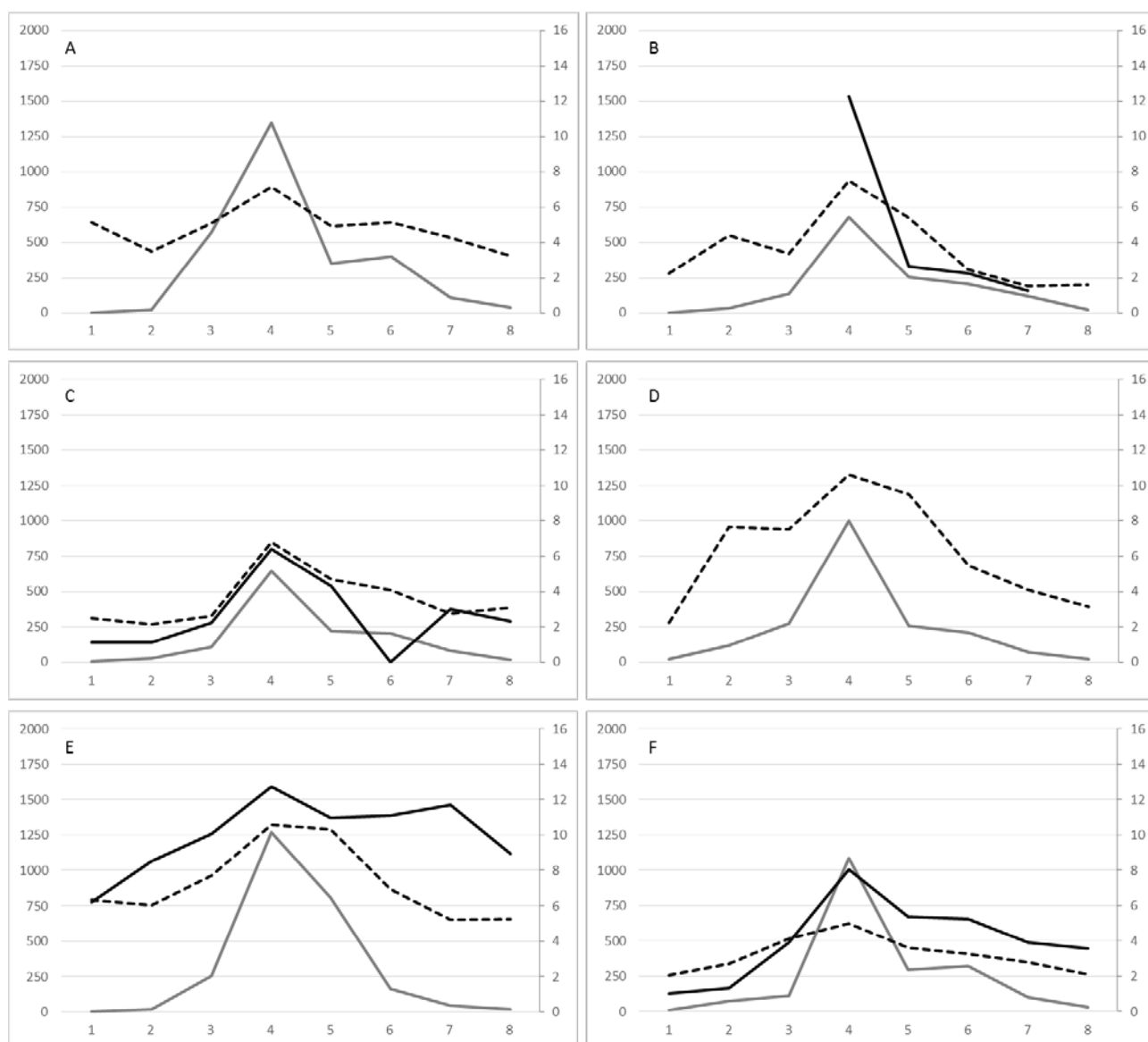
1. Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Annals of Applied Biology* 1952; 39: 257–265.
2. Berger U, Jäger S, Bergmann KC. PHD, the electronic patient's hayfever diary. ERS Congress Amsterdam, oral presentation. *European Respiratory Journal* 2011; 38(s55): 569, Abstract 3213. http://www.erseducation.org/ersMade/abstract_print_11/main_frameset.htm.
3. Bastl K, Kmenta M, Jäger S, Bergmann KC, Berger U. Development of a symptom load index: enabling temporal and regional pollen season comparisons and pointing out the for personalized pollen information. *Aerobiologia* 2014; 30(3): 269-280.
4. Bergmann, Karl-Christian: Regionale Verteilung luftgetragener allergener Pollen in 2014 und ihre Risikobewertung bei Erwachsenen mit allergischer Rhinitis durch Pollen im Stadtgebiet von Berlin / von Karl-Christian Bergmann. - Berlin, 2015. – 55 S. : Ill., graph. Darst. Umweltforschung im Bestand der Fachbibliothek Umwelt 2. Quartal 2016. Hrsg: Umweltbundesamt, Fachbibliothek Umwelt, Dessau-Roßlau. <http://webde/gruppen/bibliothek/OnlineReports/EF000653.pdf>. [Interner Volltextzugang im Rahmen des § 52a UrhG nur für ein geschränkten Nutzerkreis möglich. Zugriff erfolgt über IP-Erkennung]
5. Gibbons JD. Nonparametric measures of association. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1993.
6. Hartley HO, Hocking RR. The analysis of incomplete data. *Biometrics* 1971; 27: 783-808.
7. Schunk D. A Markov Chain Monte Carlo Multiple Imputation Procedure for Dealing with Item Nonresponse in the German SAVE Survey. Mannheim [Arbeitspapier] 2007.
8. RKI. Gesundheit in Deutschland (Kurzfassung) [Gesundheit in Deutschland, 2015] Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Robert Koch-Institut (Hrsg). Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. RKI, Berlin Gesundheitsbericht, GBE, 2015 <http://www.gbe-bund.de/pdf/GESBER2015.pdf>.
9. Schmitz R, Atzpodien K, Schlaud M. Prevalence and risk factors of atopic diseases in German children and adolescents. *Pediatric Allergy and Immunology* 2012; 23: 716-723.
10. Langen U, Schmitz R, Steppuhn H. Häufigkeit allergischer Erkrankungen in Deutschland - Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt* 2013; 56(5/6): 698-706.
11. Pawankar R. et al. WAO White book on Allergy 2011-2012: Executive Summary. 2013; World Allergy Organization.
12. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, Liccardi G, Popov T, van Cauwenberge P. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007; 62(9): 976-990.
13. Haftenberger M, Laußmann D, Ellert U, Kalcklösch M, Thamm M. Prevalence of sensitisation to pollen allergens in the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt* 2013; 56: 687-697. □Langen U, Thamm M. Results of the German food allergy study
14. Ferreira F, Himly M, Hebenstreit D, Dabrowska M, Vollmann U, Kraft D, Obermeyer G, Richter K. Isolation and Characterization of cDNA Clones Coding for Mugwort (*Artemisia vulgaris*) Pollen Allergens. *International Archives of Allergy and Immunology* 2001; 124: 77-79.
15. 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 Journal* 2012; 21(2): 103-107.

16. Karatzas K, Voukantsis D, Jaeger S, Berger U, Smith M, Brandt O, Zuberbier T, Bergmann KC. The patient's hay-fever diary: three years of results from Germany. *Aerobiologia* 2014; 30(1): 1-11.
17. Werchan B, Werchan M, Mücke HG, Gauger U, Simoleit A, Zuberbier T, Bergmann KC. Spatial distribution of allergenic pollen through a large metropolitan area. *Environmental Monitoring and Assessment* 2017; 189(169). DOI: 10.1007/s10661-017-5876-8
18. Zuberbier T, Abelson MB, Akdis CAS, Bachert C, Berger U, Bindslev-Jensen C, Boelke G, Bousquet et al. Validation of the Global Allergy and Asthma European Network (GA2LEN) chamber for trials in allergy: Innovation of a mobile allergen exposure chamber. *J Allergy Clin Immunol* 2017; 139(4): 1158-1166. DOI: 10.1016/j.jaci.2016.08.025

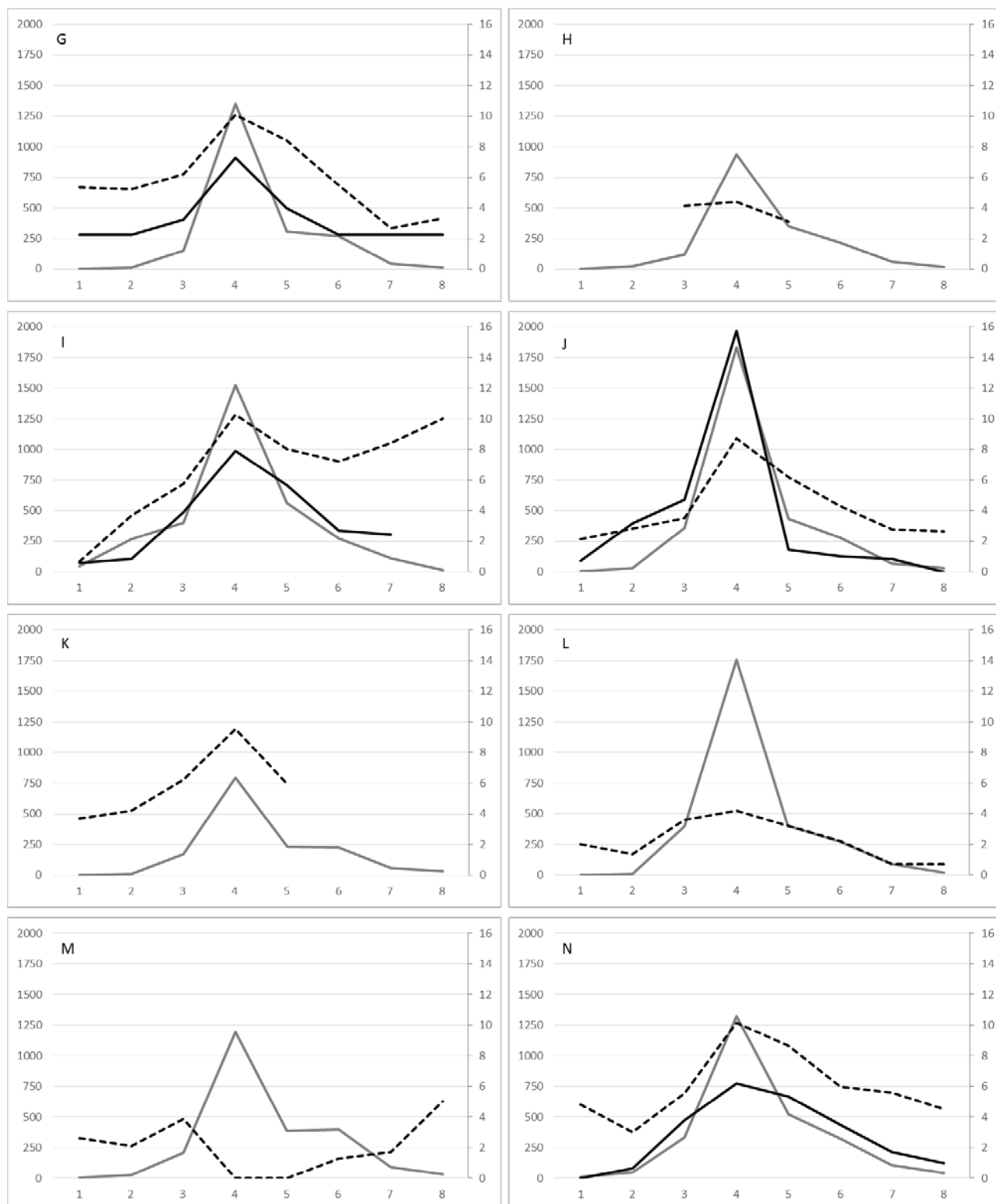
6 ANHANG

6.1 ANHANG ABirkenpollen

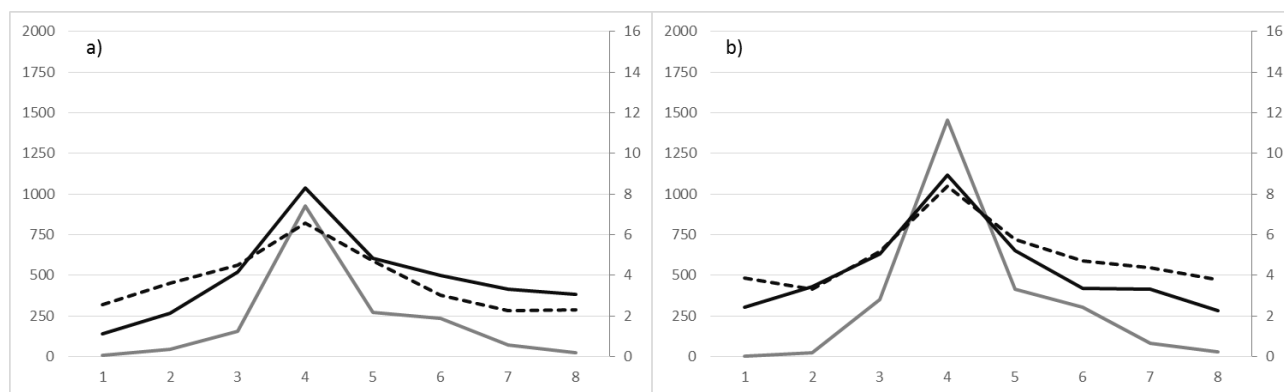
Anhang A 1: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) für jede der 14 Pollenmessstation nach **Hypothese 1**. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. (A = A 100, B = BORN, C = BRÜCKE, D = CHU, E = CORR, F = FRANK). Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



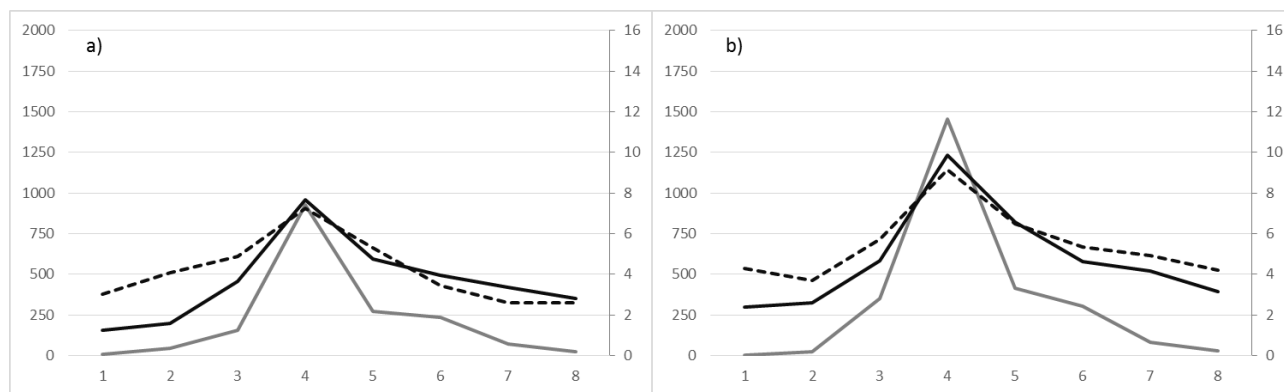
Anhang A 2: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) für jede der 14 Pollenmessstation nach **Hypothese 1**. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. (G = J&W, H = KA-MA, I = LENG, J = MAR-DA, K = RING, L = SCHI, M = SILBER, N = ZOO). Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



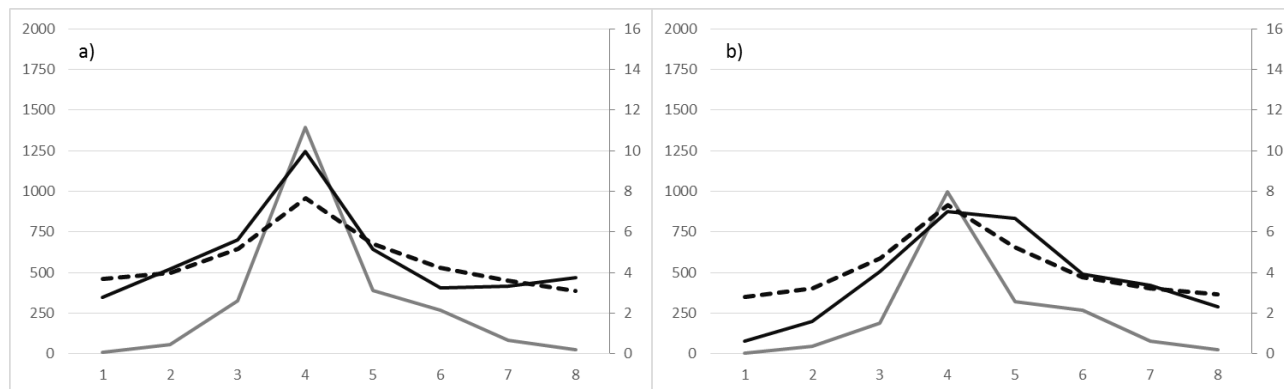
Anhang A 3: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach **Hypothese 2**; a) „niedrigste“, b) „höchste“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



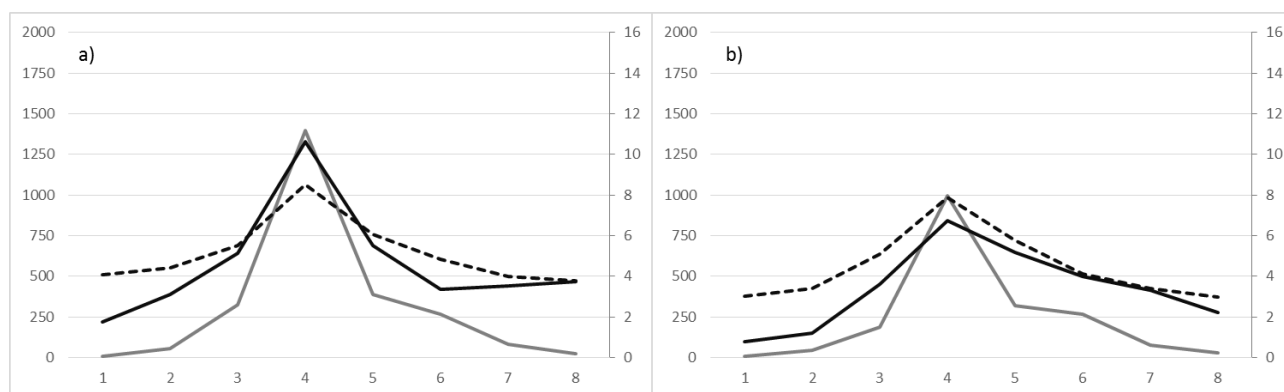
Anhang A 4: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach **Hypothese 3**; a) „niedrigste“, b) „höchste“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Anhang A 5: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach **Hypothese 2**; a) „zent-rumsfern“, b) „zentrumsnah“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.

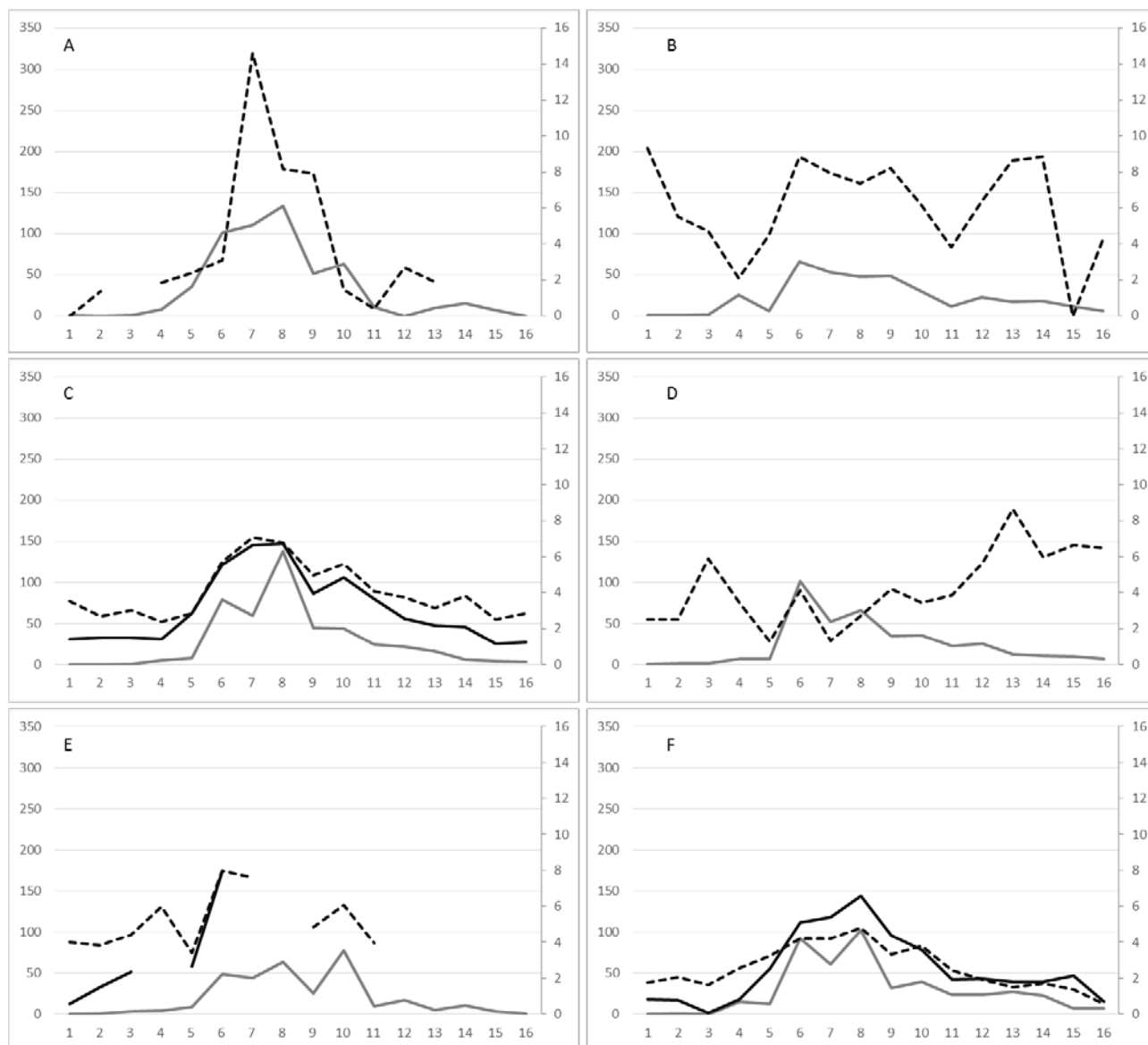


Anhang A 6: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Birkenpollen über den gesamten Verlauf der Birkenpollensaison (8 Wochen 11.03.-05.05.2014) nach **Hypothese 3**; a) „zent-rumsfern“, b) „zentrumsnah“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.

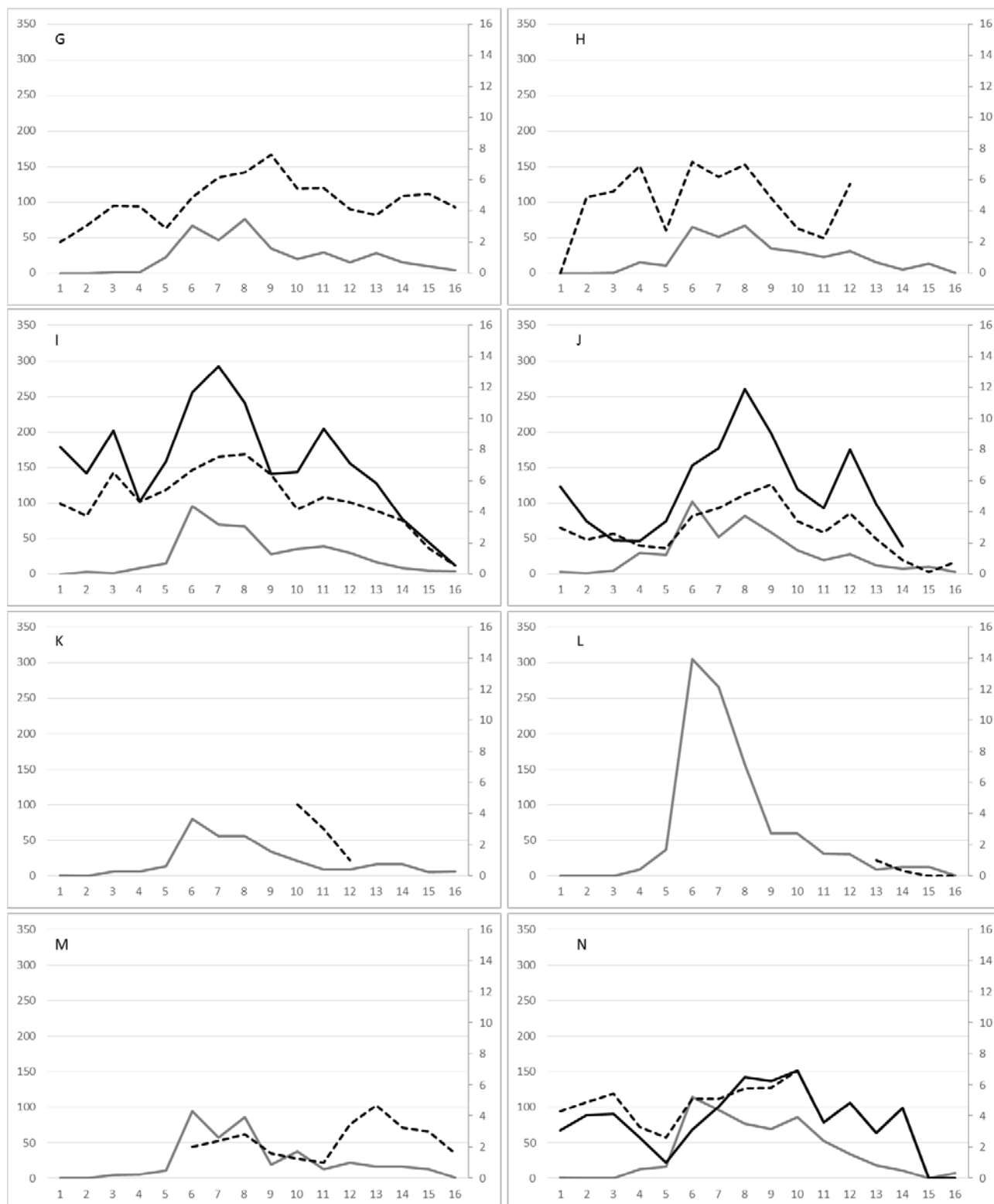


6.2 ANHANG B Gräserpollen

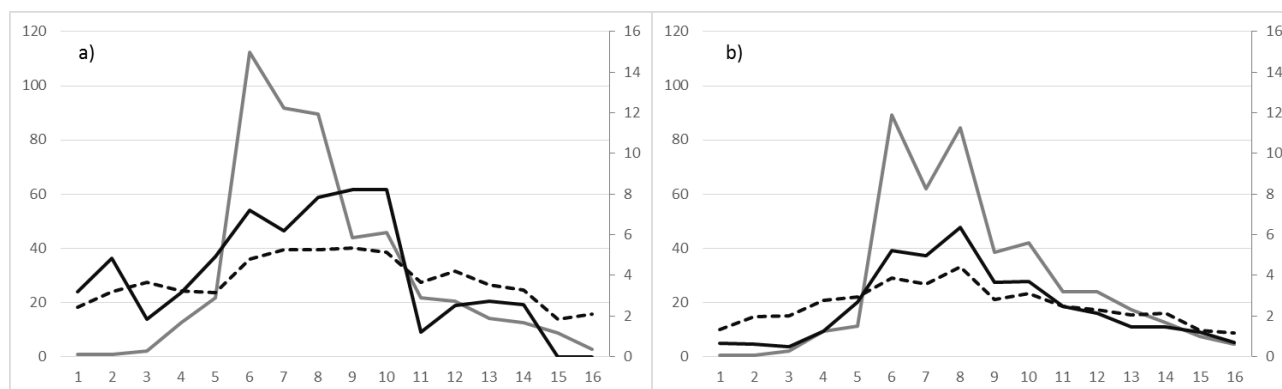
Anhang B 1: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) für jede der 14 Pollenmessstation nach **Hypothese 1**. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. (A = A 100, B = BORN, C = BRÜCKE, D = CHU, E = CORR, F = FRANK). Graue Linie = Pollenzahl; l, schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



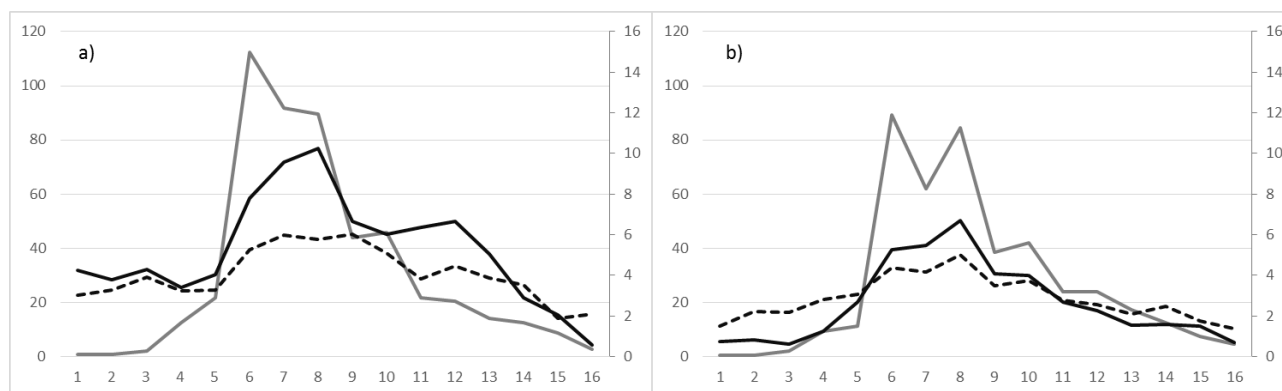
Anhang B 2: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) für jede der 14 Pollenmessstation nach **Hypothese 1**. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. (G = J&W, H = KA-MA, I = LENG, J = MAR-DA, K = RING, L = SCHI, M = SILBER, N= ZOO). Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Anhang B 3: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) nach **Hypothese 2**; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.

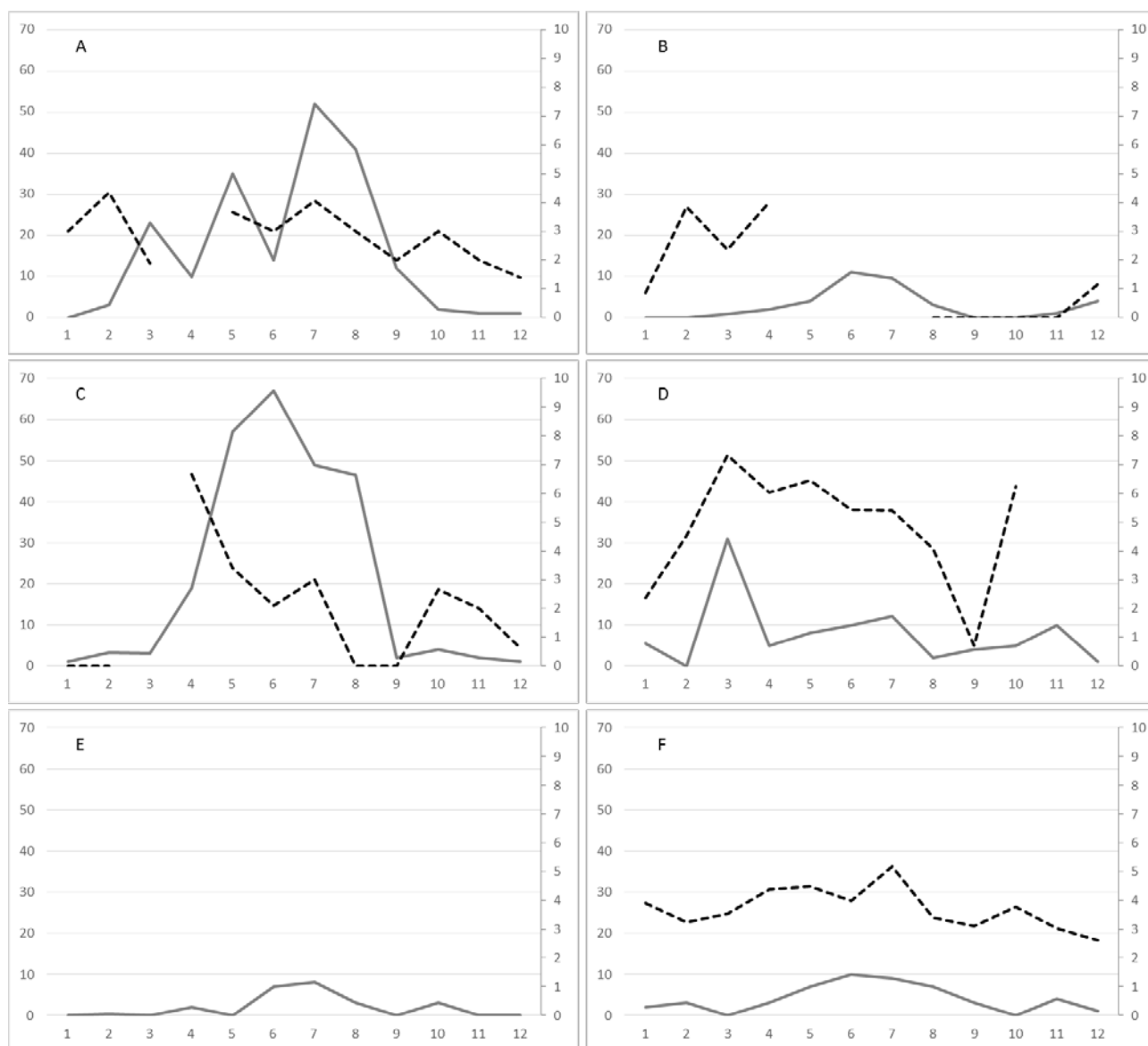


Anhang B 4: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Gräserpollen über den gesamten Verlauf der Gräserpollensaison (16 Wochen 15.04.-05.08.2014) nach **Hypothese 3**; a) „zentrumsfern“, b) „zentrumsnah“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.

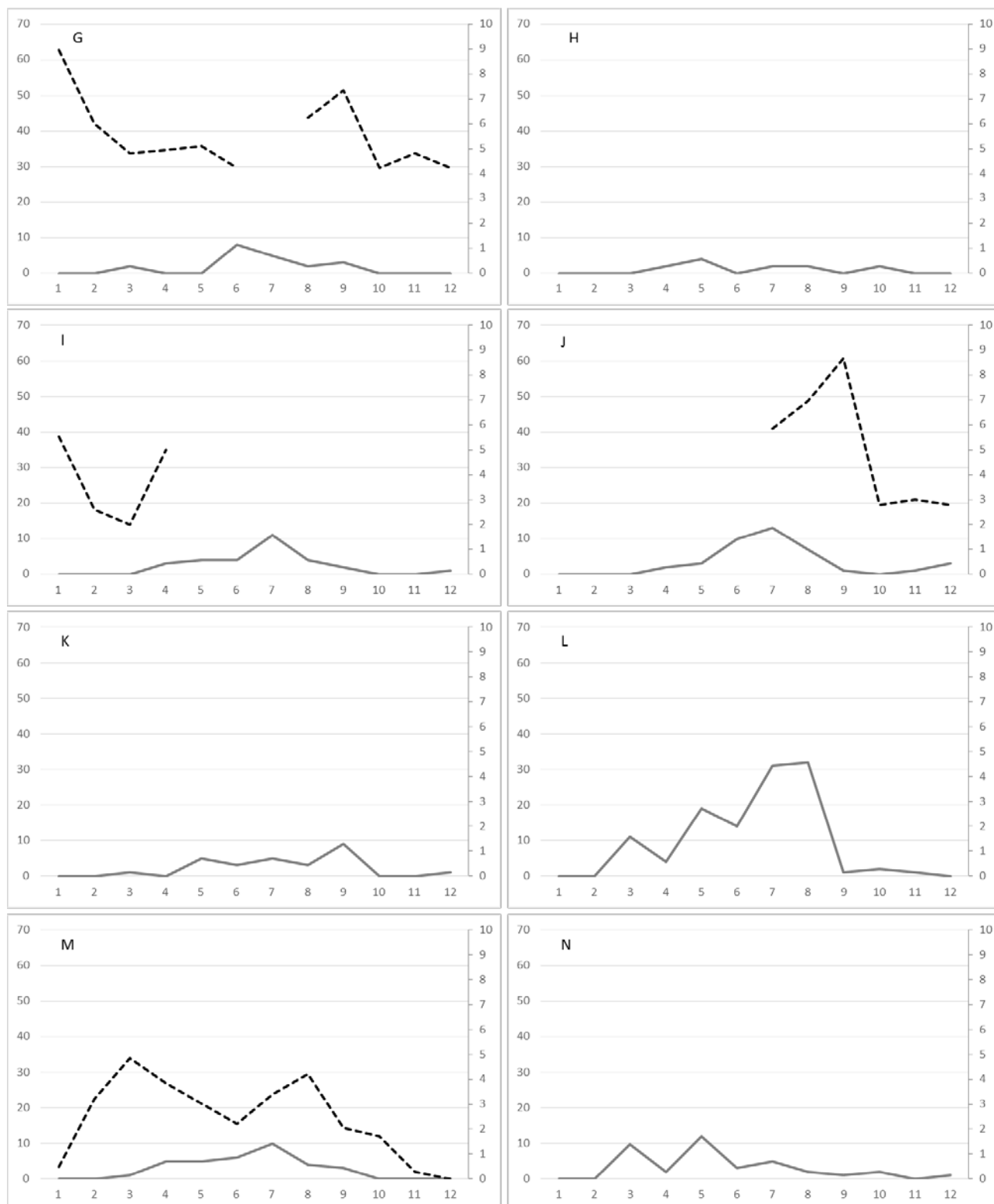


6.3 ANHANG C Beifußpollen

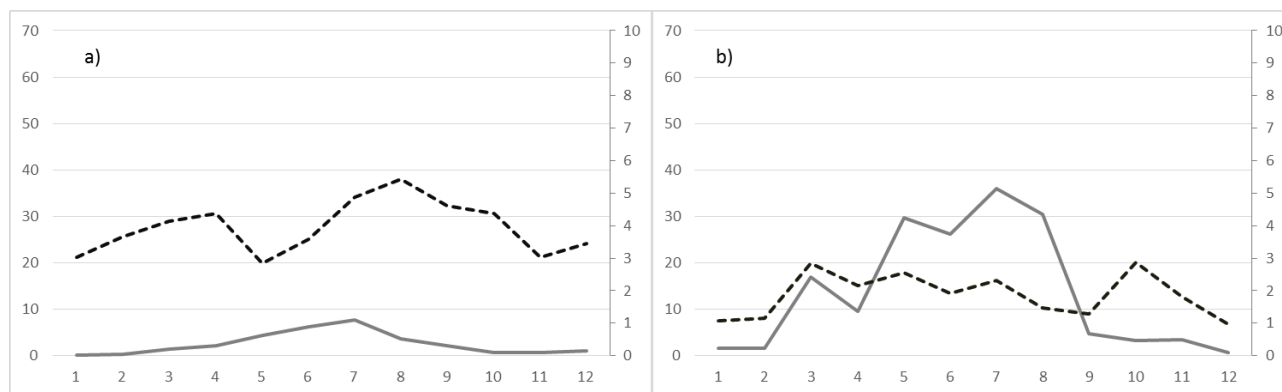
Anhang C 1: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) für jede der 14 Pollenmessstation nach **Hypothese 1**. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. (A = A 100, B = BORN, C = BRÜCKE, D = CHU, E = CORR, F = FRANK). Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Anhang C 2: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) für jede der 14 Pollenmessstation nach **Hypothese 1**. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. (G = J&W, H = KA-MA, I = LENG, J = MAR-DA, K = RING, L = SCHI, M = SILBER, N= ZOO). Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Anhang C 3: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) nach **Hypothese 2**; P1 a) „niedrigste“, P1 b) „höchste“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.



Anhang C 4: Gesamtsymptomwerte (OTS) und Anzahl Beifußpollen der passiven Pollenfallen über den gesamten Verlauf der Beifußpollensaison (12 Wochen 24.06.-16.09.2014) nach **Hypothese 3**; P1 a) „niedrigste“, P1 b) „höchste“. Linke Diagrammachse zeigt die Pollenzahl, rechte Diagrammachse zeigt den OTS. Graue Linie = Pollenzahl; schwarze durchgezogene Linie = OTS der signifikant positiv korrelierten Nutzer; schwarze gestrichelte Linie = OTS der positiv und signifikant positiv korrelierten Nutzer.

