

Aus dem Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

**Einfluss von lufthygienischen und Klimafaktoren auf Gründe und Häufigkeit von
Besuchen in einer Kinderarztpraxis in Starnberg**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Marion Schosser

aus

Regensburg

2002

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. rer. nat. Dr. biol. hum. Peter Höppe

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dr. H.-E. Wichmann

Prof. Dr. R. v. Kries

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 20.06.2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung	6
3	Methodik	7
3.1	Probanden	7
3.2	Versuchsbedingungen	7
3.2.1	Standort	7
3.2.2	Messzeitraum und Messzeiten	7
3.2.3	Erhebung der Umweltdaten	8
3.2.4	Versuchsablauf	9
3.2.5	Befunderhebung	9
3.2.6	Urinanalysen	10
3.2.7	Lungenfunktionsmessung	11
3.3	Statistische Auswertung	12
4	Ergebnisse	13
4.1	Beschreibung des Probandenkollektivs	13
4.2	Beschreibung der Umweltsituation	20
4.2.1	Klimafaktoren	20
4.2.2	Immissionskonzentrationen von Luftschadstoffen	22
4.3	Assoziationen zwischen Umweltfaktoren und Symptomen sowie Besuchsfrequenz	29
4.4	Urinanalysen und Lungenfunktionen	31
5	Diskussion	33
5.1	Methodik	33
5.2	Probandenkollektiv	33
5.3	Umweltsituation	34
5.3.1	Umweltparameter	34
5.3.2	Korrelationen zwischen Klima- und Umweltfaktoren	35
5.4	Auswirkungen auf die Kinder	36
5.4.1	Symptomprävalenz und Umweltparameter	36
5.4.1.1	Ozon	37

5.4.1.2	TSP	39
5.4.1.3	Pilzsporen und Pollen	40
5.4.1.4	NO und NO ₂	40
5.4.2	Besuchsfrequenz	41
5.4.3	EPX-Messungen	42
5.4.4	Lungenfunktionen	43
5.5	Gesamtbewertung	44
6	Zusammenfassung	45
	Literaturverzeichnis	46
	Abkürzungsverzeichnis	53
	Anhang	
	Danksagung	
	Lebenslauf	

1 Einleitung

Kinder sind aus mehreren Gründen eine besonders interessante und wichtige Gruppe für umweltmedizinisch-epidemiologische Studien. Zum einen haben sie im Normalfall ein anderes Aktivitätsmuster als Erwachsene. Gerade im Sommer verbringen sie oft den größten Teil des Tages im Freien mit Spielen oder Sport und sind daher auch stärker Einflüssen aus der Umwelt ausgesetzt. Dies wird noch dadurch verstärkt, dass sie sehr aktiv sind und dann ein relativ großes Atemminutenvolumen haben und somit vermehrt schädliche Substanzen wie Partikel und Ozon in ihren Atemtrakt gelangen können. In ihrer Handlungsweise sind sie weitaus unbedarfter und setzen sich selbst kaum Grenzen, so wie Erwachsene sich an heißen Sommertagen vielleicht eher schonen würden. Zum anderen sind ihre Organsysteme wie etwa die Lunge und die Immunkompetenz noch nicht völlig entwickelt, wie sich auch der ganze Körper noch im Wachstum befindet. Hier können folglich ganz unterschiedliche Faktoren unter Umständen viel mehr Schaden anrichten als bei erwachsenen Menschen. Es konnte bereits gezeigt werden, dass Kinder empfindlicher gegenüber Ozon sind als andere Bevölkerungsgruppen: in einer Untersuchung von Höpfe et al. (1997) zum Beispiel waren die Veränderungen der Lungenfunktion von Kindern an Ozontagen größer als die der Gruppen von Sportlern und Senioren. Auch Nowak (1999) bezeichnete Kinder und Personen mit erhöhtem Atemminutenvolumen als Risikogruppen in Bezug auf schädliche Auswirkungen von Ozon.

Zahlreiche Untersuchungen haben unterschiedliche Einflüsse von Umweltfaktoren auf Kinder aufgezeigt. Mehrfach konnte eine Verschlechterung von Lungenfunktionsparametern in Zusammenhang mit Ozon (Castillejos et al. 1995) und Partikeln (Gold et al. 1995) nachgewiesen werden. Des Weiteren sind Assoziationen zwischen vermehrtem Fernbleiben vom Schulunterricht und den Außenluftkonzentrationen von O₃ (Ozon) (Romieu et al. 1997), PM_{2,5} (Staubpartikel <2,5 µm) und O₃ (Castillejos et al. 1997) sowie PM₁₀ (Staubpartikel <10 µm), O₃ und NO₂ (Stickstoffdioxid) (Avol et al. 1997) beschrieben worden. Starke Luftverschmutzung kann auch dazu führen, dass Infektionen des Respirationstraktes langsamer ausheilen (Bates 1995). Sogar eine erhöhte Mortalität in Abhängigkeit von erhöhten Schadstoffkonzentrationen konnten schon mehrere Studien sowohl für Kinder (Castillejos et al. 1998) als auch für Erwachsene (Dockery et al. 1993, Zanobetti et al. 1998, Mar et al. 2000, Peters et al. 2000) zeigen.

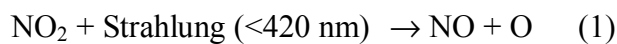
Wir wollten nun unter alltäglichen Bedingungen untersuchen, ob Klima- und Umweltfaktoren einen Einfluss auf die Gründe und Häufigkeit von Besuchen in einer

kinderärztlichen Praxis haben. Untersuchungen mit Daten, die in Arztpraxen erhoben wurden, sind in der Literatur bisher eher selten zu finden, erscheinen aber deswegen interessant und wichtig, da es sich hierbei um die Basis der medizinischen Versorgung der Bevölkerung handelt.

Zunächst war unser Augenmerk primär auf die Auswirkungen von Ozon gerichtet. Dazu kamen dann noch die anderen potenziell die Gesundheit der Kinder beeinflussenden Umweltparameter TSP (total suspended particulates = Gesamtheit aller Staubpartikel <35 µm), NO (Stickstoffmonoxid), NO₂ (Stickstoffdioxid), Pollen, Pilzsporen, Lufttemperatur, Niederschlagsmenge, Windgeschwindigkeit und Wetterklasse.

Gerade die erhöhte troposphärische Ozonkonzentration während der Sommermonate und die damit verbundenen potenziellen Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen sind schon seit einigen Jahren zum Diskussionsthema in der Öffentlichkeit geworden. Unter anhaltendem Hochdruckeinfluss kann es infolge der Luftverschmutzung auch in Deutschland zu Episoden von sogenanntem „Sommersmog“ kommen. Darunter werden gemeinhin hohe Konzentrationen der aus anthropogenen Emissionen wie Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen entstehenden Photooxidantien verstanden. Ozon ist dabei die Hauptkomponente und wird daher als Leitsubstanz des Sommersmogs angesehen.

Ozon ist ein farbloses Gas mit geringer Wasserlöslichkeit. Es ist ein extrem starkes Oxidationsmittel und deshalb auch ein starker Reizstoff. Das Ozon in der Troposphäre kommt zu einem geringen Teil aus der Stratosphäre in 10 bis 50 km Höhe. Wichtiger für die angestiegenen Ozonkonzentrationen ist die Bildung aus Stickstoffdioxid (NO₂) und Sauerstoff (O₂) unter Einfluss von intensiver Sonnenstrahlung (Reaktionsgleichungen 1 und 2).



Der zur Bildung von Ozon notwendige atomare Sauerstoff entsteht hier durch die Photolyse von Stickstoffdioxid. Da die Ozonbildung von der Einwirkdauer und der Intensität der Strahlung abhängig ist, werden die Konzentrationsmaxima in den Nachmittagsstunden erreicht. In Mitteleuropa kommt es nur während der Sommermonate zu erhöhten Konzentrationen.

Hohe Stickstoffmonoxid-Emissionen durch starkes Verkehrsaufkommen dagegen wirken als „Ozonfänger“ (Reaktionsgleichung 3).



Dies führt zum einen dazu, dass in den Ballungszentren während der „Rush Hour“ in den frühen Morgenstunden ein Ozon-Minimum vorliegt. Zum anderen erklärt dies, warum die Ozonkonzentrationen in der Umgebung der Ballungsräume vor allem auch nachts höher sind als in unmittelbarer Nähe stark befahrener Straßen (Wagner und Höppe 1998).

In Deutschland wurden die bisher höchsten Ozonkonzentrationen (1h-Mittelwerte) 1976 in Mannheim mit $543 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und 1981 in Köln mit $546 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Der weltweit höchste gemessene Ozonwert trat in den 70er Jahren in Los Angeles mit $1160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf (Wagner und Höppe 1998). Der Informationswert für die Bevölkerung von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Stundenmittel wurde in Deutschland in den Jahren 1990-1996 im Mittel aller Messstationen des Umweltbundesamtes jährlich etwa 10 bis 35 mal überschritten (Wagner und Höppe 1998).

Zu den Wirkungen von Ozon auf den Menschen wurden bereits zahlreiche sowohl umweltepidemiologische als auch Expositions-kammer-Studien durchgeführt. Im Wesentlichen kam man dabei zu folgenden Ergebnissen (aus Wagner und Höppe 1998):

ab etwa $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$: subjektive Befindlichkeitsstörungen wie Tränenreiz, Reizung der Atemwege, Husten, Kopfschmerz und Atembeschwerden;

ab $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$: Veränderungen von Lungenfunktionsparametern, z.B. Abnahme des forcierten Ausatemvolumens, Zunahme des Widerstandes in den Atemwegen;

ab $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$: Reduzierung der physischen Leistungsfähigkeit;

ab $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$: entzündliche Reaktion in den Atemwegen bei 6,6 stündiger Exposition mit intermittierender körperlicher Belastung;

ab $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$: Zunahme der Häufigkeit von Asthmaanfällen.

Wegen seiner geringen Wasserlöslichkeit kann Ozon vermehrt bis in die Lungenperipherie, also bis zu den terminalen Bronchiolen und Alveolen, vordringen. Durch seine hohe Reaktionsbereitschaft führt es direkt an den Oberflächen des Atemtrakts zu entzündlichen Prozessen, die mit einem Einstrom von Abwehrzellen und einer Permeabilitätssteigerung einher gehen. Als Marker einer vermehrten Aktivierung von eosinophilen Granulozyten

konnte ermittelt werden, dass die Menge an EPX (Eosinophilen-Protein X) im Urin mit steigenden Ozonkonzentrationen in der Umwelt zunimmt (Studnicka und Frischer 1999).

Das wachsende Interesse an den potenziellen Wirkungen von Ozon in den letzten Jahren ist nicht unbedingt auf eine wirkliche Erhöhung seiner Konzentration in unserer Umwelt zurückzuführen, sondern vielmehr darauf, dass dieses Thema zum Teil exzessiv in den Medien abgehandelt wird: „Die heimtückische Sommerplage hatte die Bundesbürger früher denn je erreicht. Kinder kamen mit geröteten Augen und tiefenden Nasen vom Spielplatz heim (...). Vor allem im süddeutschen Raum meldeten viele Arztpraxen einen Rekordansturm“ (Der Spiegel 1993). Diesen Aussagen, die bei Nachfrage nie zu konkreten quantitativen Angaben führten, wollten wir auf wissenschaftlicher Basis nachgehen.

Besagte Meldungen führten zum Beispiel dazu, dass Eltern ihre Kinder an schönen Sommertagen nicht mehr im Freien spielen ließen. Es konnte sogar beobachtet werden, dass manche Menschen eine regelrechte „Toxikopie“ entwickeln (Wagner 1993). Das bedeutet, dass diese Personen in einem solchen Maße Angst vor potenziellen Auswirkungen einer bestimmten giftigen Substanz auf ihre Gesundheit haben, dass sie diese verspüren, ohne überhaupt Kontakt damit gehabt zu haben.

In jüngster Zeit stehen in umweltepidemiologischen Studien immer öfter die negativen Effekte von Partikeln auf die menschliche Gesundheit im Vordergrund: wie bereits oben erwähnt, konnten nun schon in vielen Untersuchungen Zusammenhänge mit vermehrter Morbidität und Mortalität offengelegt werden (Castillejos et al. 1998, Dockery et al. 1993, Zanobetti et al. 1998, Kelsall et al. 1997, Hoek et al. 1997, Pope et al. 1995, Zemp et al. 1999). Besonders wichtig scheinen hier die feinen Partikel zu sein, die nicht bereits in den oberen Atemwegen abgefangen werden können. In einer Metaanalyse von drei Tagebuchstudien konstatierten Schwartz und Neas (2000), dass Partikel mit einem Durchmesser $<2,5\mu\text{m}$ sich stärker auf Atemwegssymptome auswirkten als die gröberen Partikel.

Für uns schien es interessant, eine Untersuchung mit Daten aus dem Bereich des "Primary Care", hier also der Praxis einer niedergelassenen Ärztin, durchzuführen, da sich hier schon leichtere Umwelteinflüsse zeigen könnten. Wegen leichter bis mäßiger Beschwerden werden Patienten in unserem Gesundheitssystem zunächst ihren Arzt aufsuchen und sich nicht sofort in ein Akutkrankenhaus begeben. Zudem gibt es bisher nur wenige Studien, die das Gebiet der Primärversorgung betreffen.

Sicherlich wäre für eine derartige Untersuchung z.B. ein klar definiertes Patienten-Panel, welches man longitudinal untersuchen könnte, sehr viel besser geeignet, weil man so eine konstante Personengruppe hätte, die man über einen bestimmten Zeitraum beobachten könnte. Eine solch aufwändige Studie war jedoch im Rahmen dieser Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin, die ohne Fördermittel auskommen musste und von einer einzelnen Doktorandin durchgeführt wurde, nicht möglich.

2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit war es, mittels einer Surveillancestudie festzustellen, ob unter realen Bedingungen ein Einfluss von Umwelt und Klima auf die Anzahl der Patienten, die eine kinderärztliche Praxis aufsuchen sowie auf die Gründe für den Arztbesuch vorhanden ist.

In unserem Fall bedeutet dies, dass die Eltern ohne vorherige Ankündigung zu den aktuell bestehenden Beschwerden ihrer Kinder und deren vorausgegangene Aktivitäten befragt wurden. Wir veränderten folglich weder Verhaltens- noch Expositionsbedingungen sondern analysierten das Verhalten der Probanden unter alltäglichen Gegebenheiten.

Unsere Hypothese war, dass nach einem Tag mit einer besonderen Konstellation von Klima- und Umweltparametern, also zum Beispiel hohen Konzentrationen von Ozon, Staub oder Pollen und hoher Lufttemperatur, mehr Kinder mit potenziell durch diese Faktoren verursachten Beschwerden die Praxis ihrer Kinderärztin in Starnberg besuchen würden.

Weiterhin sollte geprüft werden, ob ansteigende Ozonwerte mit ansteigenden EPX/Kreatinin-Konzentrationen im Urin und mehr Symptomen einhergehen.

3 Methodik

3.1 Probanden

Zielgruppe der Studie war das Patientenkollektiv der Kinderärztin Frau Dr. Kilian-Kornell in Starnberg. Einschlusskriterium war das Bestehen einer akuten Erkrankung. Ausgeschlossen von der Studie waren alle Patienten, die zu vereinbarten Vorsorge- bzw. Kontrollterminen in der Praxis erschienen oder sich im Zuge einer chronischen Erkrankung nur ein Rezept ausstellen ließen. Weiterhin wurden nicht in die Studie aufgenommen: Kinder mit mechanischen Verletzungen (Schnittverletzungen, Stürze), Zeckenstichen u.ä. sowie auch Kinder mit psychischen Beschwerden.

3.2 Versuchsbedingungen

3.2.1 Standort

Ort der Untersuchung war die Praxis der Kinderärztin Frau Dr. Kilian-Kornell in Starnberg etwa 20 Kilometer südlich von München. Die Praxis befindet sich in der Ortsmitte in der Nähe einer stark befahrenen Durchgangsstraße.

3.2.2 Messzeitraum und Messzeiten

Die gesamte Studie erstreckte sich über Frühjahr und Sommer 1999, einen Zeitraum von etwa sechs Monaten. Alle Erhebungen wurden von der Verfasserin der Arbeit selbst durchgeführt. Die Untersuchungen fanden jeweils montags bis donnerstags während der Sprechzeiten statt. Diese sind am Montag und Dienstag von 9 bis 12 Uhr und von 14 bis 17 Uhr sowie am Mittwoch und Donnerstag von 9 bis 13 Uhr und von 17 bis 19 Uhr. Die Freitage wurden von der Studie ausgenommen, da dann nur vormittags Sprechstunde ist und deshalb die Probandenzahlen nicht vergleichbar sind.

Unser Messzeitraum erstreckte sich zunächst vom 12. April 1999 bis zum 15. September 1999. Ursprünglich war vorgesehen, während der Schulferienzeit von 29. Juli bis 15. September keine Daten zu erheben. Aufgrund der niedrigen Ozonwerte während des Sommers beschlossen wir in der „Hoffnung“ auf höhere Ozonwerte, die Studie doch auf die Sommerferienzeit auszudehnen. Eine Analyse in Bezug auf die Vergleichbarkeit der Feriendaten mit der Schulzeit ergab, dass während der Ferien statistisch signifikant weniger für unsere Studie geeigneten Patienten in die Praxis kamen, so dass wir diese 59 Probanden respektive 78 Fälle nicht in der Auswertung berücksichtigen konnten. Die nachstehende Tabelle 1 zeigt die unterschiedliche Besuchsfrequenz von in unsere Studie ein-

zuschließenden Patienten an Ferien- bzw. Schultagen aufgeschlüsselt nach den Wochentagen.

	Schule	Ferien
Montag	16,9	14,3
Dienstag	11,1	8,5
Mittwoch	11,1	6,0
Donnerstag	9,3	5,0

Tabelle 1: Patientenzahlen an Schul- und Ferientagen

Die Daten vom 13. und 15. September 1999 konnten darüber hinaus nicht in die statistische Auswertung aufgenommen werden, da die Arztpraxis während der zwei vorausgehenden Wochen geschlossen war und man schon aus diesem Grund mit mehr Besuchen rechnen musste.

Während der Pfingstferien erhoben wir keine Daten. So ergaben sich zwei Messintervalle: ein Messintervall vom 12.04.99 bis zum 20.05.99, das andere vom 07.06.99 bis zum 28.07.99.

3.2.3 Erhebung der Umweltdaten

Im gesamten Zeitraum führten wir selbst kontinuierliche Messungen der Ozonkonzentration vor Ort durch, wozu wir folgendes Messgerät einsetzten:

Modell 8810 (Fa. Monitor Labs),

UV-Absorptionsmessverfahren,

Nachweisgrenze: 1 ppb,

Kalibrierung am Lehrstuhl für Bioklimatologie und Immissionsforschung der Ludwig-Maximilians-Universität München mit Model 49 PS,

(Fa. Thermo Environmental Instruments Inc.; UV-Photometer).

Das Messsystem programmierten wir so, dass alle 30 Minuten ein Halbstundenmittelwert aus 60 Einzelmessungen vorlag.

Die Probenahme der Außenluft erfolgte über einen etwa zwei Meter langen Teflonschlauch, der etwa vier Meter über Grund und in etwa einem Meter Entfernung von der Hauswand Luft ansaugte.

Für die Zeiträume vom 07.05.99 bis 09.05.99, 05.06.99 bis 13.06.99 sowie vom 03.07.99 bis 04.07.99 und am 15.07.99 konnten wegen technischer Probleme keine Ozonwerte vor Ort ermittelt werden. Da unsere Messwerte immer gut mit den Ozonwerten der Messstation München-Johanneskirchen des Landesamtes für Umweltschutz korrelierten, übernahmen wir für diese Tage deren Werte. Von der Messstation in Rothenfeld, zehn Kilometer westlich der Stadt Starnberg, bekamen wir die Werte für NO und NO₂ sowie Ozonwerte zum Vergleich mit unseren Messungen in der Praxis. Die meteorologischen Parameter wie Lufttemperatur (Tagesminimum und –maximum), Niederschlagsmenge pro Tag und Windgeschwindigkeit (Tagesmittel), übernahmen wir vom Meteorologischen Institut der Universität München. Die Pollen- und Pilzsporenkonzentrationen stellte uns die Messstelle der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst an der Dermatologischen Klinik der Universität München zur Verfügung. Bei den gemessenen Pollen handelte es sich um Hasel-, Erlen-, Birken-, Süßgräser-, Roggen-, Beifuß- sowie andere Baum- und sonstige Pollen, bei den Pilzsporen um Alternaria und Cladosporium. Die Werte für TSP (total suspended particulates) lieferte die Messstation München-Johanneskirchen des bayerischen Landesamtes für Umweltschutz. TSP enthält alle Partikel mit einem Durchmesser <35µm; das Massenverhältnis TSP : PM10 : PM2,5 ist wie 1 : 0,55 : 0,33 (Peters et al. 1998). Die Wetterklassen für München erfragten wir beim Deutschen Wetterdienst in Freiburg (Geschäftsfeld Medizin-Meteorologie). Nach Bucher (1993) gibt es 13 Wetterklassen mit jeweils spezieller Biotropie, d.h. Auswirkung auf die Gesundheit des Menschen. Eine genaue Erläuterung der Wetterklassen befindet sich in Anhang 3.

3.2.4 Versuchsablauf

In einem kurzen einführenden Gespräch brachten wir Eltern und Kind die Ziele der Studie näher. Außerdem händigten wir ihnen ein Informationsblatt aus (siehe Anhang 2), in dem die Studie kurz erläutert und vertraulicher Umgang mit allen Daten versichert wurde. Waren alle Beteiligten einverstanden, führten wir die Befragung durch. Anschließend baten wir die Kinder nach Möglichkeit um eine Urinprobe und führten gegebenenfalls eine Messung der Lungenfunktion durch; all dies erfolgte durch die Autorin der Arbeit.

3.2.5 Befunderhebung

Zur Erhebung der anamnestischen Daten stand ein in drei Teile aufgeteilter Fragebogen mit 44 Fragen zur Verfügung, der von der Verfasserin und ihrem Betreuer in Anlehnung an die Münchner Ozonstudie (Höppe et al. 2000) erstellt worden war.

Der Eingangsteil diente der Erfassung von Datum, Wochentag und Uhrzeit sowie

individueller Daten der Versuchspersonen wie Alter, Geschlecht und Staatsangehörigkeit. Wir erfragten, ob es sich bei den bestehenden Beschwerden um ein akut aufgetretenes Problem handelte oder, ob sich ein bestehendes Problem verschlechtert hatte und seit wie vielen Tagen die Beschwerden vorhanden waren. Die weiteren Fragen bezogen sich darauf, ob die Patienten durch Dritte zum Arztbesuch veranlasst wurden und, ob ihrer Ansicht nach Umwelteinflüsse mit den Beschwerden in Verbindung stünden.

Der Anamneseteil enthielt Angaben über Wohngebiet, Kindergartenbesuch, Vorhandensein von Haustieren und über die üblichen Aktivitäten der Kinder am Nachmittag. Außerdem erfragten wir, ob sie früher schon einmal ähnliche Beschwerden gehabt hatten, ob sie gegenüber Passivrauch exponiert seien und ob sie regelmäßig Medikamente einnehmen und falls ja, welche. Des weiteren erfassten wir das Bestehen von ärztlich diagnostizierten Allergien, Asthma, Neurodermitis und sonstigen Vorerkrankungen. Es konnte immer nur ein Allergietyp angegeben werden. Hatte ein Kind zum Beispiel eine Allergie gegen Pollen und gleichzeitig gegen andere Stoffe, trugen wir nur die Pollenallergie in den Fragebogen ein.

Der dritte Teil diente der Erhebung der für den Befragungszeitpunkt aktuellen Daten. Wir erfassten die Dauer und Art der Aktivität im Freien jeweils am Vormittag und Nachmittag des laufenden und des Vortages. Außerdem fragten wir nach einer eventuellen Passivrauchexposition innerhalb der letzten Stunden und nach Medikation, die wegen akuter Beschwerden erfolgt war. Dann erhoben wir Angaben zum Allgemeinbefinden hinsichtlich akuter Erkältung, akutem Heuschnupfen und akuter Bronchitis. Schließlich fragten wir noch folgende Symptome ab: Augenreizung, Nasenreizung, Kopfschmerzen, Halsschmerzen, Hustenreiz, Heiserkeit, Atemnot, Schmerzen bei tiefer Inspiration, Übelkeit, Schwindel und eventuelle sonstige Beschwerden.

Mit Ausnahme der Fragen nach üblicher Aktivität am Nachmittag, Art der Aktivität im Freien am Tag und Vortag, eingenommenen Medikamenten, Art der Haustiere sowie nach sonstigen chronischen Erkrankungen und sonstigen akuten Symptomen handelte es sich um geschlossene Fragen.

Die Erhebung des Befundes dauerte etwa zehn Minuten. Eine Kopie des Fragebogens ist im Anhang 1 beigelegt.

3.2.6 Urinalysen

Nach Möglichkeit baten wir alle Probanden um eine Urinprobe. Bei Kindern unter drei

Jahren verzichteten wir wegen der schwierigen praktischen Durchführung zumeist darauf. 242 Probanden gaben eine Spontanurinprobe ab, wovon 208 in die Auswertung eingingen, da wir die restlichen 34 Proben während der Ferienzeit gewonnen hatten. Wir asservierten jeweils etwa zwei Milliliter und froren diese sofort ein. Die Firma Pharmacia Upjohn in Freiburg untersuchte die Proben mit Hilfe der ELISA-Technik auf die Menge an EPX (Eosinophilen-Protein X). Die Kreatinin-Referenzwerte bestimmte das Labor von Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin der Universität München mittels enzymatischem Phenol-Aminophenazon-Farbstoff (Fa. Roche Diagnostics). Der EPX-Wert wurde dann jeweils als Verhältnis zum Kreatininwert ausgedrückt, um Fehlinterpretationen durch unterschiedliche Konzentrierungen der Urine zu vermeiden. Um für die weiteren Berechnungen eine annähernde Normalverteilung zu erreichen, logarithmierten wir diese Werte anschließend.

3.2.7 Lungenfunktionsmessung

Bei 58 Probanden konnten wir eine Messung der Lungenfunktion durchführen. Dies geschah mit Hilfe des in der Praxis bereits vorhandenen Lungenfunktionsgerätes (Alpha MK III, Fa. Vitalograph, Messprinzip: Fleisch-Pneumotachograph).

Wir ermittelten jeweils im Sitzen die Werte für Vitalkapazität (VC), forcierte Vitalkapazität (FVC), forciertes expiratorisches Volumen nach einer Sekunde (FEV_1), Tiffenauwert, expiratorischen Spitzenfluss (PEF) und für maximale expiratorische Flüsse bei 50% sowie zwischen 25% und 75% der forcierten Vitalkapazität.

Diese Werte setzte der Messcomputer zu den in Abhängigkeit von Alter und Körpergröße ermittelten Sollwerten nach Polgar und EGKS mit automatischer Umstellung je nach Alter der Kinder in Beziehung.

In die Auswertung konnten wir nur die 40 Lungenfunktionsmessungen aufnehmen, die wir an Schultagen erhoben hatten.

3.3 Statistische Auswertung

Die statistischen Analysen führten wir mit SPSS 9.0 für Microsoft Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) durch.

Für die Klima- und Umweltparameter erstellten wir die Berechnungen zum Teil mit den aktuellen sowie mit den Messwerten des vergangenen bzw. vorvergangenen Tages (im Text teilweise als 1-day-lag bzw. 2-day-lag bezeichnet) durch. Der Grund dafür war, dass für die meisten Parameter ein Einfluss auf das Auftreten von Symptomen, die den Patienten zum Arzt führen, erst für den nächsten oder übernächsten Tag zu erwarten ist. Auch verzögert sich dies durch die Entscheidung, einen Arzt aufzusuchen. So benutzten wir für unsere Berechnungen jeweils das maximale Halbstundenmittel der Ozonkonzentration des vergangenen und des vorvergangenen Tages, für TSP das maximale Stundenmittel des aktuellen Tages sowie von einem und zwei Tagen vorher, für NO und NO₂ den maximalen Halbstundenmittelwert des laufenden Tages und des Vortages und für die Berechnungen mit Pollen- und Pilzsporen die Gesamtzahl pro 24 Stunden des aktuellen Tages und des Vortages. Bei der Auswertung der Wetterklassen berücksichtigten wir nur die aktuell am jeweiligen Messtag vorherrschende.

Wir berechneten univariate Rangkorrelationen nach Spearman sowie bivariate lineare Regressionen mit dem Wochentag als zweiter unabhängigen Variable.

4 Ergebnisse

4.1 Beschreibung des Probandenkollektivs

Im Laufe des Erhebungszeitraums nahmen 500 Kinder an der Studie teil, davon waren 241 Jungen und 259 Mädchen. Aufgrund von Mehrfachbesuchen in der Praxis ergaben sich insgesamt 620 Fälle. 77 Probanden wurden zweimal, 16 dreimal, zwei viermal und einer fünfmal befragt. 437 (87,5%) Teilnehmer waren Deutsche, 63 (12,5%) andere Nationalitäten. Die Teilnahmebereitschaft war insgesamt sehr groß; nur 6 der angesprochenen Mütter oder Väter lehnten das Interview ab, was eine Dropout-Quote von nur 1,2% ergibt. Es wurden 208 Urinproben untersucht und 40 Lungenfunktionsmessungen durchgeführt. Das Alter der Probanden lag zwischen einem Monat und 18 Jahren, das mittlere Alter bei 5,1 Jahren. 94 Kinder hatten Allergien, 40 ein atopisches Ekzem, 11 Asthma bronchiale und 20 andere Vorerkrankungen.

Kollektivgröße (n)	500
Anzahl der Dropouts (n)	6
Mehrfachbefragungen (n)	120
Fallzahl (n)	620
Urinproben (n)	208
Lungenfunktionsmessungen (n)	40
Alter (Mittelwert \pm Standardabweichung)	5,1 \pm 3,8 Jahre
Jungen (n)	241 (48,2%)
Allergiker (n)	94 (18,8%)
Asthma bronchiale (n)	11 (2,2%)
Atopisches Ekzem (n)	40 (8,0%)
Andere Vorerkrankungen (n)	20 (4,0%)
Kindergarten (n)	293 (58,6%)
Haustiere (n)	210 (42,0%)
Passivrauchexposition (n)	101 (20,2%)
Regelmäßige Medikation (n)	34 (6,8%)

Tabelle 2: Merkmale des Probandenkollektivs

293 Kinder besuchten aktuell oder zu einem früheren Zeitpunkt den Kindergarten. Haustiere waren in 210 Haushalten vorhanden. 101 Kinder waren regelmäßig gegenüber Zigarettenrauch exponiert. 34 der Probanden nahmen regelmäßig Medikamente ein. Tabelle 2 gibt einen Überblick über das Probandenkollektiv. An den insgesamt 50 Erhebungstagen wurden jeweils zwischen 3 und 30 Probanden befragt, der Median lag bei 13. Abbildung 1 zeigt die Patientenzahlen für jeden Messtag. Die meisten Probanden, nämlich 30, kamen am Montag, den 17. Mai 1999, gefolgt von Montag, dem 10. Mai 1999 mit 25 Kindern.

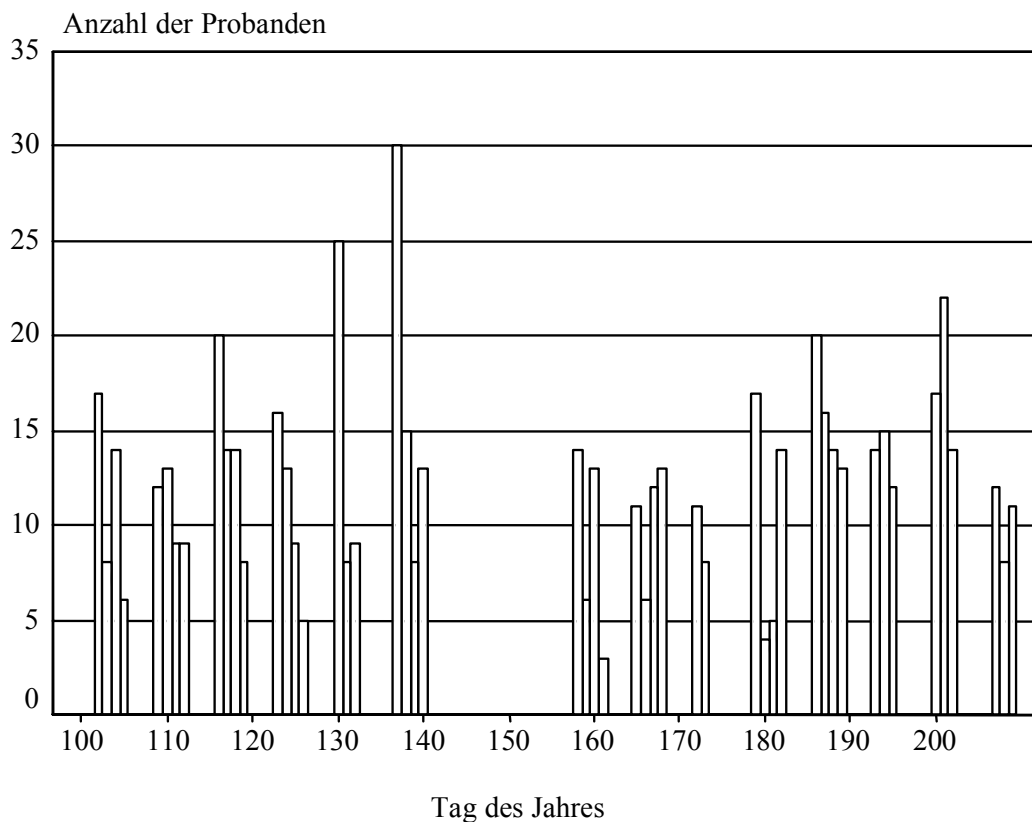


Abbildung 1: Patientenzahlen an den einzelnen Messtagen (100 = 10. April 1999) Die Lücke bei 150 entspricht den Pfingstferien.

In Abbildung 2 ist die Besuchsfrequenz in Abhängigkeit vom Wochentag zu ersehen. Im Verlauf einer Woche nahm die Zahl der in die Studie eingeschlossenen Teilnehmer ab: die meisten Kinder kamen an Montagen in die Praxis (38,1%), demgegenüber kamen nur 13,5% an Donnerstagen.

Der größte Teil der Probanden, nämlich 296 (59,2%), wohnte in eher ruhiger Umgebung in Einfamilienhäusern, 99 (19,8%) im Zentrum in der Nähe stark befahrener Straßen, 97 (19,4%) in Mehrfamilienhäusern und 8 (1,6%) auf einem landwirtschaftlichen Betrieb. Daraus ergibt sich, dass weniger als die Hälfte der Kinder (39,2%) in der Stadt lebte und mehr als die Hälfte (60,8%) in ländlicher Umgebung. Dies ist in Abbildung 3 grafisch verdeutlicht.

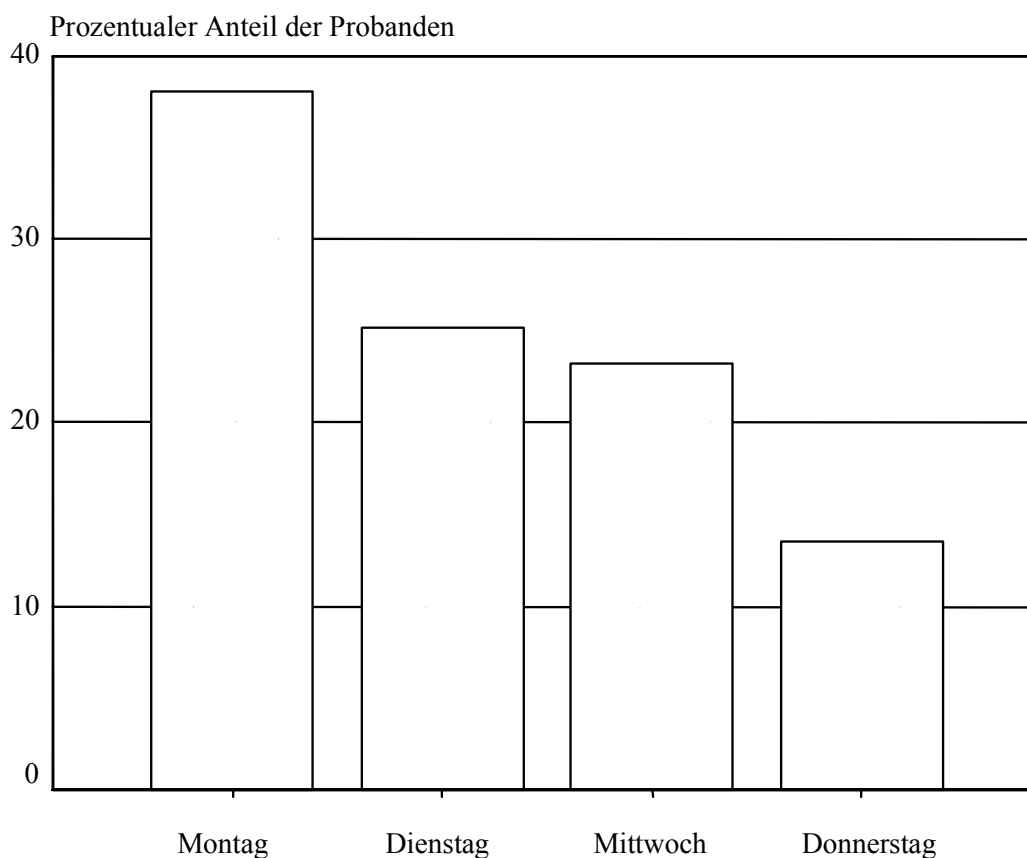


Abbildung 2: Besuchsfrequenz in Abhängigkeit vom Wochentag

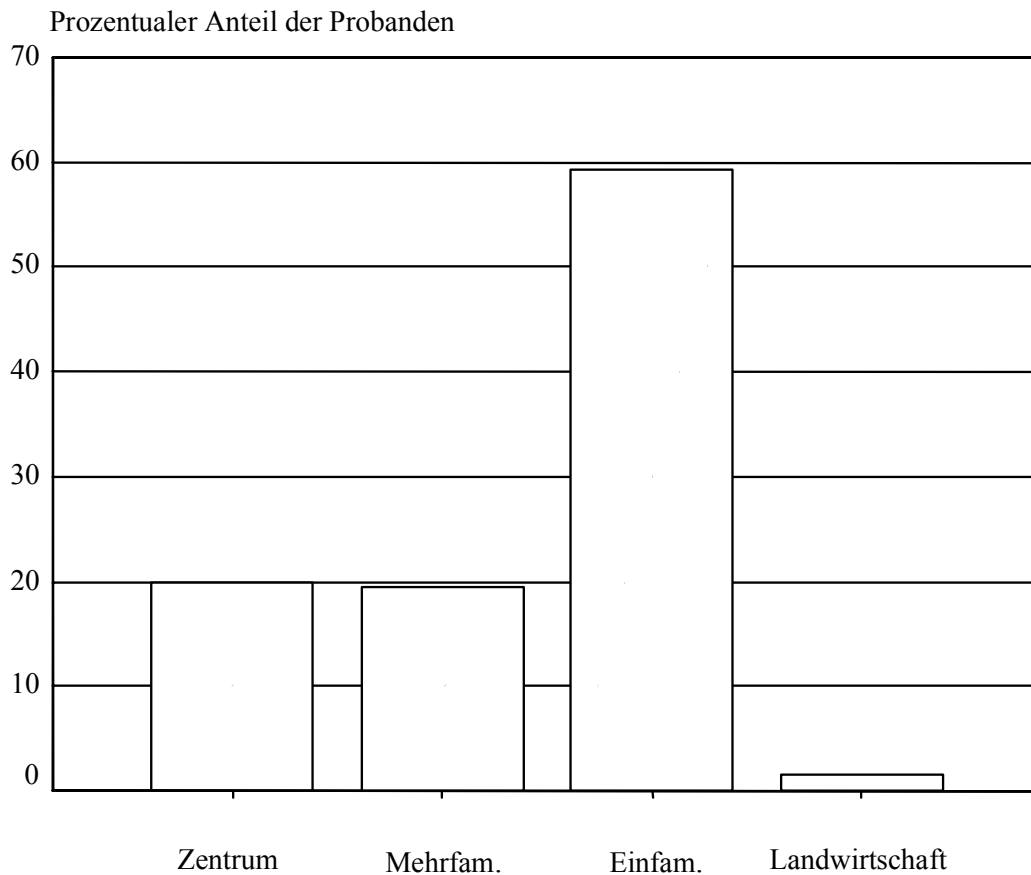


Abbildung 3: Relative Häufigkeiten der Wohnorte der Probanden
(Mehrfam. = Mehrfamilienhäuser, Einfam.= Einfamilienhäuser)

Die Kinder mit Allergien waren überwiegend gegenüber Pollen sensibilisiert (45,7% der Allergiker), gefolgt von Nahrungsmitteln mit 21,3%. Tabelle 3 gibt eine Auflistung der verschiedenen Allergietypen. Wie im Methodenteil erläutert, ging jeder Allergiker nur mit einem Allergen in unsere Statistik ein, auch wenn eine Sensibilisierung gegen mehrere Stoffe vorlag. Daraus folgt, dass sich die Anteile der unterschiedlichen Allergiearten zu 100% addieren.

Der Großteil der Kinder (über 80%) spielte am Nachmittag üblicherweise im Freien, der Rest beschäftigte sich im Haus oder besuchte eine Ganztagschule (Abbildung 4). Tabelle 4 und Tabelle 5 zeigen das Aktivitätsmuster der Probanden. Die längste Zeit, im Durchschnitt 1,84 Stunden, verbrachten die Kinder am Nachmittag des vorhergehenden Tages im Freien; am Tag der Befragung selbst waren sie im Mittel zuvor nur kurze Zeit draußen gewesen. Ihre Beschäftigungen dabei waren der Häufigkeit nach Spielen, Spazieren gehen oder sportliche Aktivitäten.

Art der Allergie	Prozent der Allergiker
Pollen	45,7
Lebensmittel	21,3
Nicht genau bekannt	11,7
Hausstaub	7,4
Tierhaare	4,3
Insektengift	4,3
Arzneimittel	2,1
Konservierungsmittel/Zusatzstoffe	2,1
Schimmelpilze	1,1

Tabelle 3: Anteile der unterschiedlichen Allergietypen (n=94)

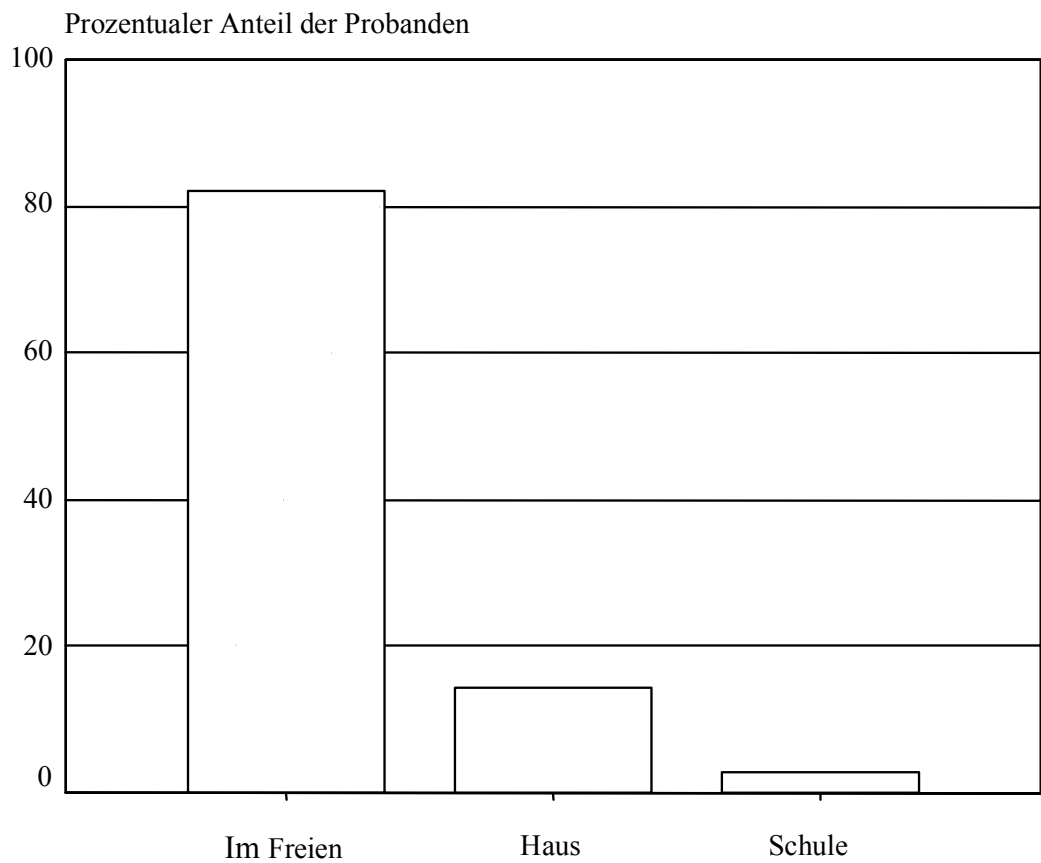


Abbildung 4: Üblicher Aufenthaltsort der Kinder am Nachmittag

	Vormittag (h) (Mittelwert ± Standardabweichung)	Nachmittag (h) (Mittelwert ± Standardabweichung)
Vortag	0,70 ± 1,25	1,84 ± 1,57
Messtag	0,23 ± 0,64	0,22 ± 0,67

Tabelle 4: Aufenthaltsdauer im Freien

	Spielen	Spazieren gehen	Sport
Vortag	74,7%	21,4%	3,9%
Messtag	62,7%	28,9%	8,4%

Tabelle 5: Art der Aktivität im Freien

In 96,3% der Fälle waren neu aufgetretene Beschwerden der Grund für den Arztbesuch, nur in 3,7% eine Verschlechterung bereits bestehender Symptome. 61,3% der Eltern erklärten, ihr Kind hätte bereits früher ähnliche Beschwerden gehabt. Bei 90% der Kinder bestanden die Beschwerden weniger als 14 Tage. 33 Probanden (5,3%) gaben an, in den letzten Stunden vor dem Arztbesuch Passivrauch ausgesetzt gewesen zu sein. Akute Medikation hatten 201 Kinder (32,4%) erhalten, wobei es sich dabei überwiegend um Antitussiva und Antipyretika handelte. 22,9% der Eltern glaubten, dass Umwelteinflüsse mit den aktuellen Beschwerden in Verbindung stehen könnten. Über die Prävalenz der einzelnen akuten Symptome gibt Tabelle 6 Auskunft; bei dieser Frage waren Mehrfachnennungen möglich. Führend waren hier Reizungen der Atemwege und Augen sowie Erkältungen, Kopfschmerzen und Übelkeit. Bei den anderen Symptomen handelte es sich überwiegend um Fieber, Ausschlag, Bauch- und Ohrenschmerzen. Diese wurden hier zusammengefasst, da sie für unsere Auswertung in Bezug auf Umweltfaktoren nicht relevant erschienen.

	Anzahl	Prozent
Nasenreizung	343	55,3
Erkältung	326	52,6
Husten	305	49,2
Halsschmerzen	169	27,3
Kopfschmerzen	127	20,5
Übelkeit	112	18,1
Augenreizung	100	16,1
Heiserkeit	94	15,2
Akute Bronchitis	80	12,9
Atemnot	52	8,4
Schwindel	50	8,1
Schmerzen beim Einatmen	17	2,7
Akuter Heuschnupfen	21	3,4
Andere	216	34,8

Tabelle 6: Prävalenzen der einzelnen Symptome (n=620), Mehrfachnennungen möglich

Über die Ergebnisse der 40 ausgeführten Lungenfunktionsmessungen gibt Tabelle 7 Auskunft. Die Messwerte wurden automatisch zu Sollwerten nach Polgar und EGKS (je nach Alter der Probanden) in Beziehung gesetzt. Im Mittel lagen die Ergebnisse immer unter den Sollwerten, besonders deutlich die Werte von PEF und FEF 25-75 mit 66% respektive 70% vom Sollwert. Bei den Tiffenau-Werten lagen die Kinder im Mittel knapp über 90% vom Soll.

Insgesamt konnten wir 208 Spontanurinproben untersuchen. Der Mittelwert der Kreatinin-Konzentrationen belief sich auf 102,9 mg/dl, der mittlere Wert für die EPX-Konzentration auf 99,2 µg/dl. Es wurde jeweils der Quotient der EPX- zur Kreatinin-Konzentration gebildet und dieser für die weiteren Berechnungen logarithmiert. Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Urinuntersuchungen.

	Messwert (SD)	Messwerte in % vom Sollwert (SD)
Körperlänge (cm)	132,80 (18,60)	
VC	1,83 (0,89)	82,29 (18,24)
FVC	1,70 (0,82)	78,65 (16,47)
FEV ₁	1,51 (0,65)	77,10 (16,21)
FEV ₁ %	82,33 (13,73)	90,03 (16,04)
PEF	2,97 (1,35)	65,65 (17,93)
FEF 25-75	1,69 (0,76)	69,63 (25,76)
FEF 50	1,80 (0,86)	71,89 (26,37)

Tabelle 7: Ergebnisse der Lungenfunktionsmessungen (n=40)

Parameter	Mittelwert ± Standardabweichung
Kreatinin	102,9 ± 63,5 mg/dl
EPX	99,2 ± 154,7 µg/dl
EPX/Kreatinin	0,86 ± 0,97 µg/mg
Log (EPX/Kreatinin)	-0,25 ± 0,38

Tabelle 8: Ergebnisse der Urinanalysen (n=208)

4.2 Beschreibung der Umweltsituation

4.2.1 Klimafaktoren

Während des Erhebungszeitraums erreichte die maximale Lufttemperatur an 41 Tagen Werte über 25°C, was nach Definition der deutschen Meteorologen einen „Sommertag“ bedeutet. Die Lufttemperaturen stiegen im Verlauf des Messzeitraums der Jahreszeit entsprechend an. Die mittlere Außentemperatur während des Messzeitraums lag bei 14,3°C. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Tag belief sich auf 2,3 mm. Hohe Niederschlagsmengen wurden am 13. und 14. April und am 2. Juni, extrem hohe Niederschlagsmengen bis 53,55 mm von 20. bis 22. Mai gemessen. Diese letzteren Tage lagen allerdings in den Pfingstferien und waren somit keine Messtage. Die an einem zehnten

Meter hohen Masten gemessene durchschnittliche Windgeschwindigkeit bewegte sich während des gesamten Messzeitraums um 5 m/s. Die Verläufe der mittleren Tagestemperaturen, Niederschlagsmengen und Windgeschwindigkeiten während des Messzeitraums verdeutlicht Abbildung 5. Tabelle 9 am Ende von Kapitel 4.2.2 enthält eine Zusammenstellung der durchschnittlichen Klima- und Umweltwerte während des Messzeitraums.

Die Prävalenz der unterschiedlichen Wetterklassen ist in Abbildung 6 zu ersehen. Die Wetterklasse 10 (Wetterberuhigung bzw. keine markante Wetteränderung) mit schwacher Biotropie lag während des Messzeitraums an fast 74% der Tage vor, gefolgt von Wetterklasse 4 (warmluftadvektive Tief-Vorderseite) mit starker Biotropie (14,7%). Die Wetterklassen 1-3, 5, 6, 8, 10, 12 und 13 kamen in der Zeit von 10. April 1999 bis 28. Juli 1999 überhaupt nicht vor.

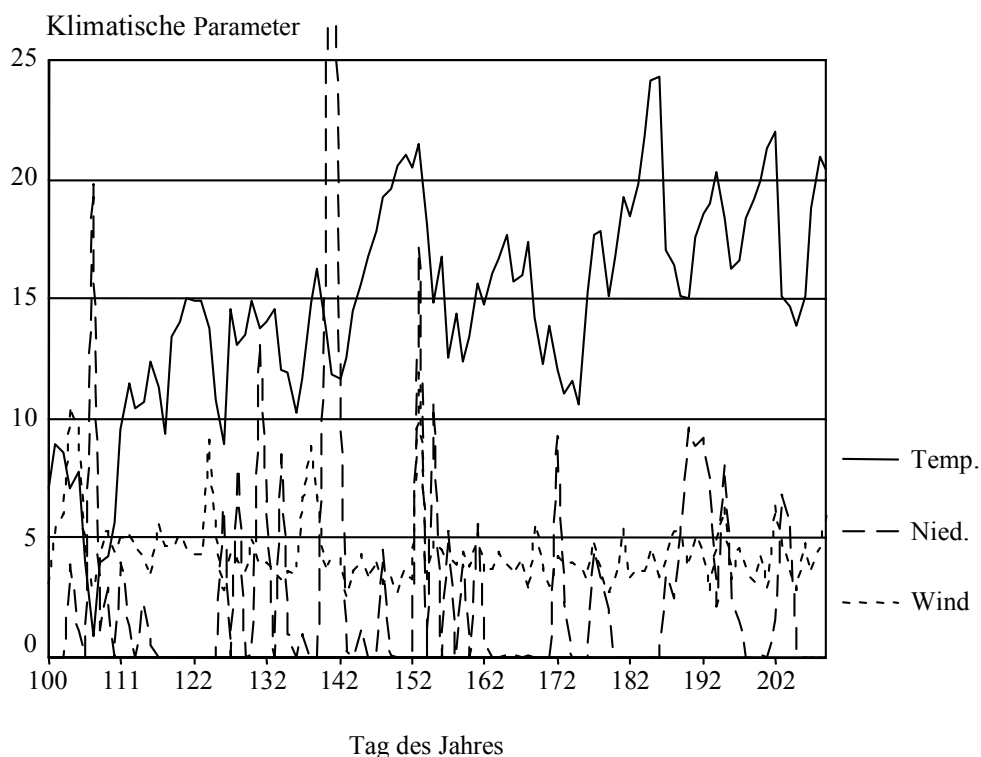


Abbildung 5: Klimafaktoren (Temp. = mittlere Lufttemperatur in ° Celsius, Nied. = Niederschlagsmenge pro Tag in mm, Maximum 53,55 mm, Wind = mittlere Windgeschwindigkeit in m/s)

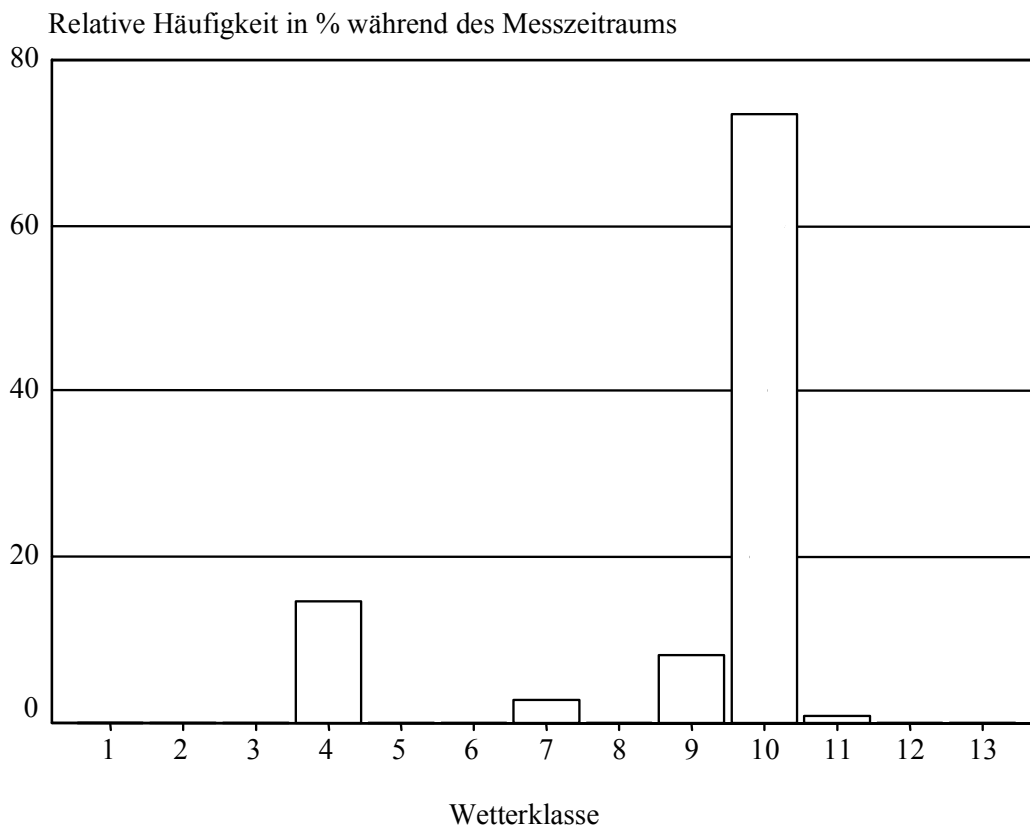


Abbildung 6: Prävalenz der Wetterklassen nach Bucher (siehe Anhang 3)

4.2.2 Immissionskonzentrationen von Luftschadstoffen

In Starnberg betragen die Höchstwerte (jeweils Halbstunden-Mittelwerte) für Ozon im Mittel $89,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (absolutes Maximum: $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in Rothenfeld $110,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (absolutes Maximum: $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Messwerte der Station Rothenfeld waren durchgehend höher als unsere vor Ort erhobenen Werte. Der durchschnittliche maximale Halbstunden-Mittelwert lag in Rothenfeld um $20,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend 23,2% höher. Die Halbstunden-Mittelwerte der einzelnen Messtage waren in Rothenfeld im Mittel um $30,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher ($47,1 \pm 14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Starnberg gegenüber $77,8 \pm 17,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Rothenfeld). Während des Messzeitraums wurde an der Messstation in Starnberg an fünf Tagen der Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten, in Rothenfeld an 39 Tagen. Ein Vergleich der maximalen und mittleren Halbstunden-Mittelwerte der beiden Stationen ist in Abbildung 7 und Abbildung 8 zu ersehen.

Der Verlauf der Tageshöchstwerte der TSP-Konzentration ist in Abbildung 9 dargestellt. Die Messwerte bewegten sich im Bereich von 10 bis $188 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die meiste Zeit um

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Spitzenwert von 188 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ist nicht direkt mit Erhöhungen anderer Parameter in Verbindung zu bringen. Jedoch klagten an diesem Tag, dem 11. Mai 1999, alle befragten Kinder über Beschwerden der oberen und 87,5% der Kinder über Beschwerden der unteren Atemwege, auch wenn nicht mehr für unsere Studie geeigneten Probanden als sonst in die Praxis kamen.

Die Verläufe der NO- und NO₂-Konzentrationen während des Messzeitraums sind in Abbildung 10 zu ersehen. Die Konzentrationen von NO lagen zumeist unter 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, an einigen Tagen zwischen 10 und 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Messwerte für die NO₂-Konzentration waren fast immer im Bereich von 10 bis 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mit zwei Spitzen über 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. An diesen beiden Tagen wurden weder stark erhöhte Ozonkonzentrationen noch andere auffällige Umweltparameter erhoben.

Abbildung 11 zeigt den Verlauf der Anzahlen von Pollen und Pilzsporen während des Messzeitraums. Die höchsten Pollenzahlen wurden im April gemessen, wo auch die Spitzen über 500 pro 24 Stunden sowie der Höchstwert von 956 gezählt wurden. Pilzsporen hingegen waren am Anfang des Messzeitraums entsprechend der niedrigen Außentemperaturen nur in geringen Zahlen vorhanden. Die höchsten Werte von jeweils um oder über 1500 pro 24 Stunden wurden am 13. Juni, 1., 19., 24. und 25. Juli gezählt. Diesen hohen Werten waren jeweils stärkere Niederschläge in Verbindung mit relativ hohen Lufttemperaturen vorausgegangen.

In Tabelle 9 sind die Umweltparameter im Überblick aufgelistet.

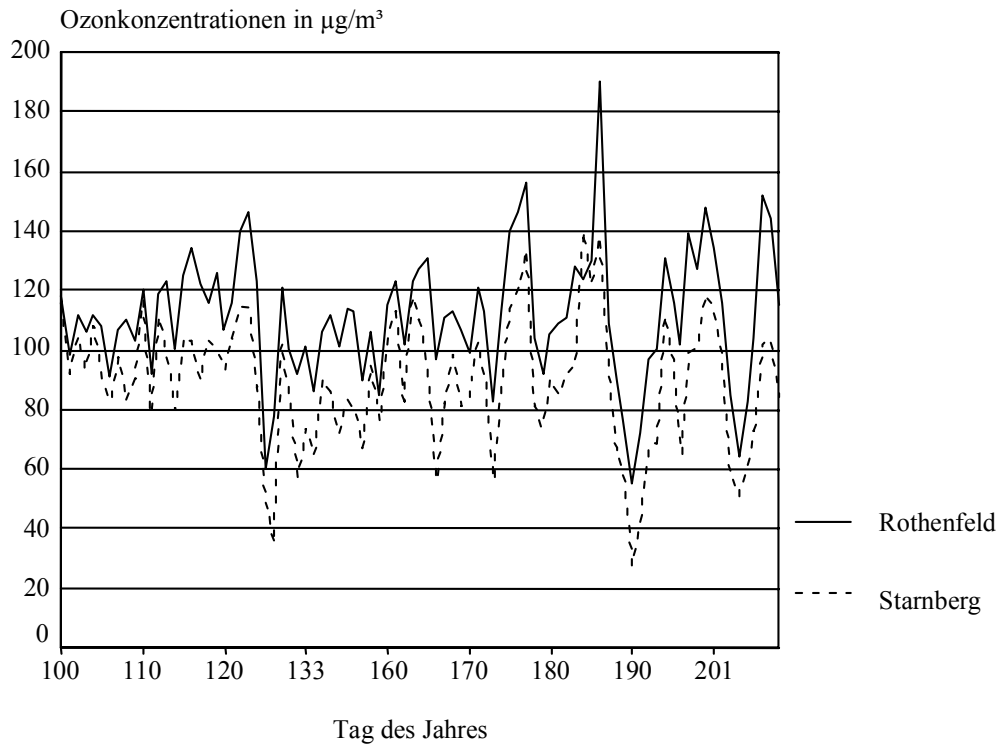


Abbildung 7: Vergleich der maximalen Halbstundenmittelwerte von Ozon in Rothenfeld und Starnberg (100 = 10. April 1999)

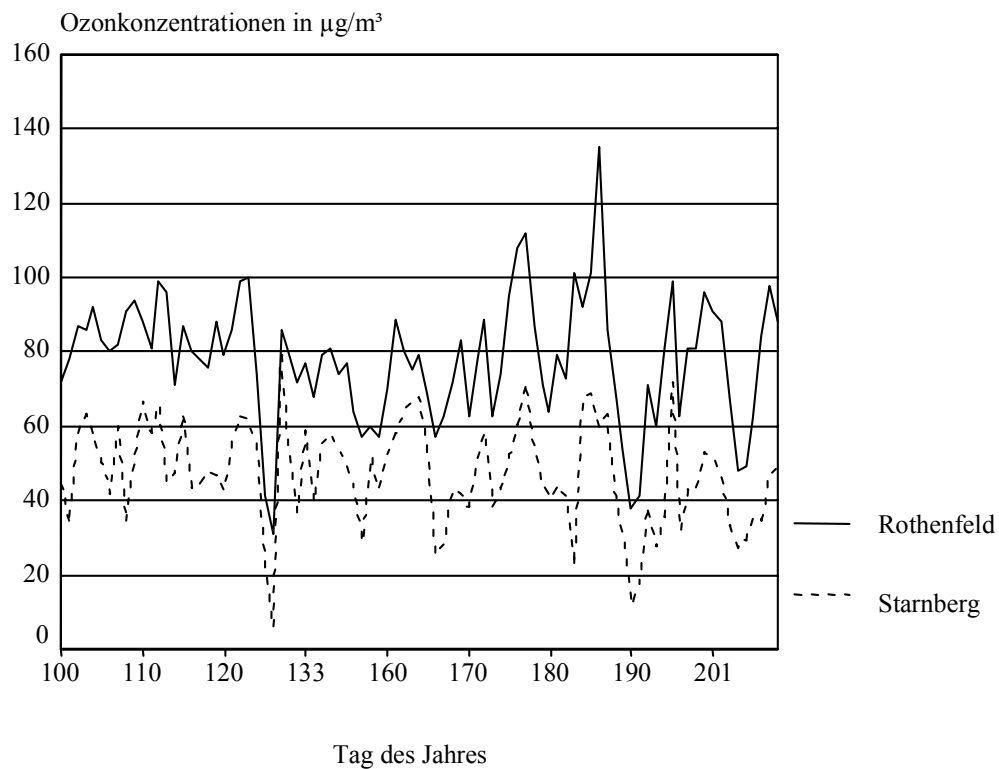


Abbildung 8: Vergleich der Tagesmittelwerte von Ozon in Rothenfeld und Starnberg (100 = 10. April 1999)

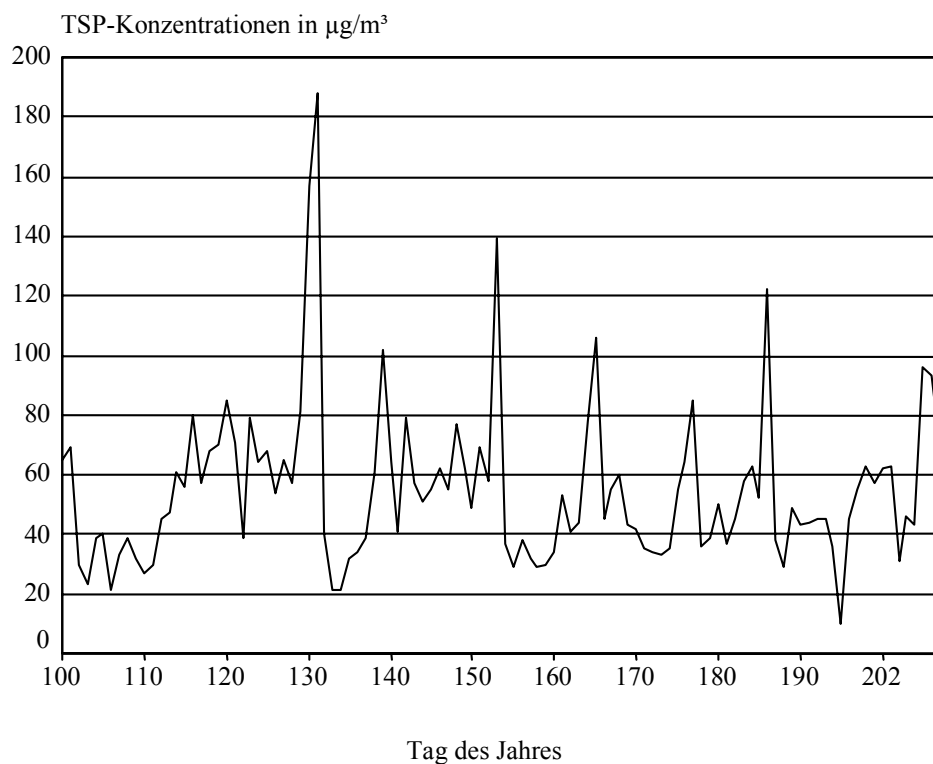


Abbildung 9: maximale Halbstundenmittel der TSP-Konzentrationen (100 = 10. April 1999)

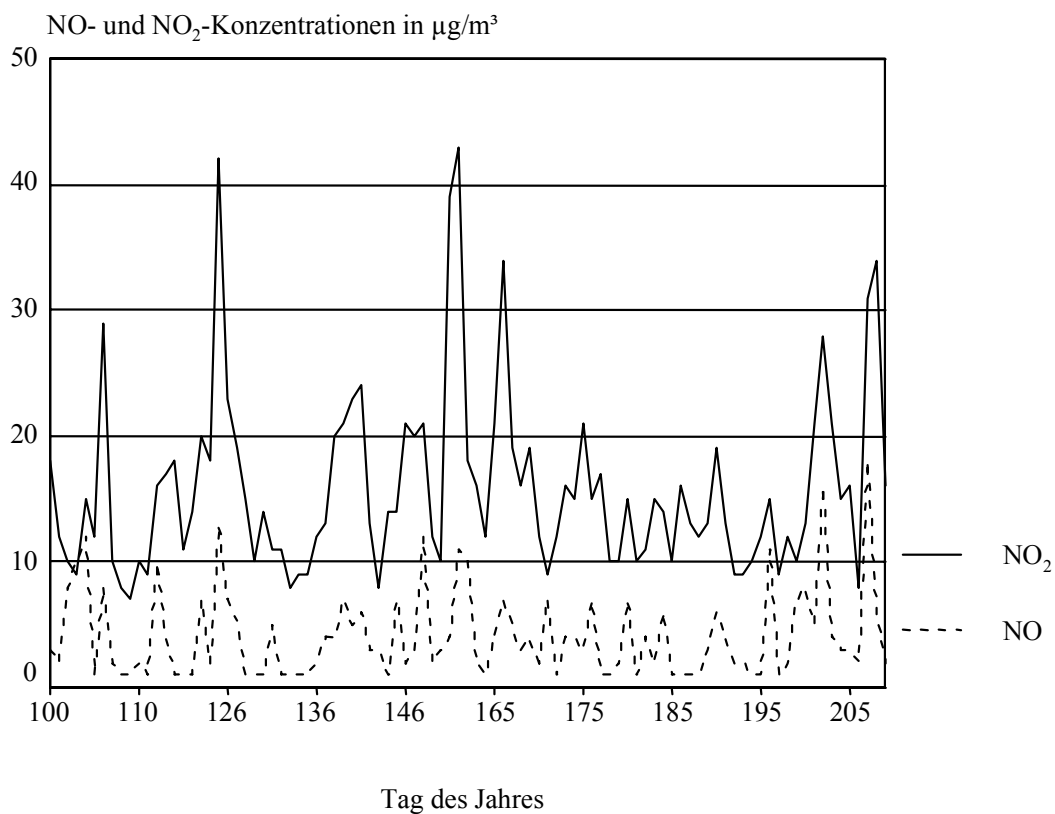


Abbildung 10: maximale Halbstundenmittel von NO und NO₂ (100 = 10. April 1999)

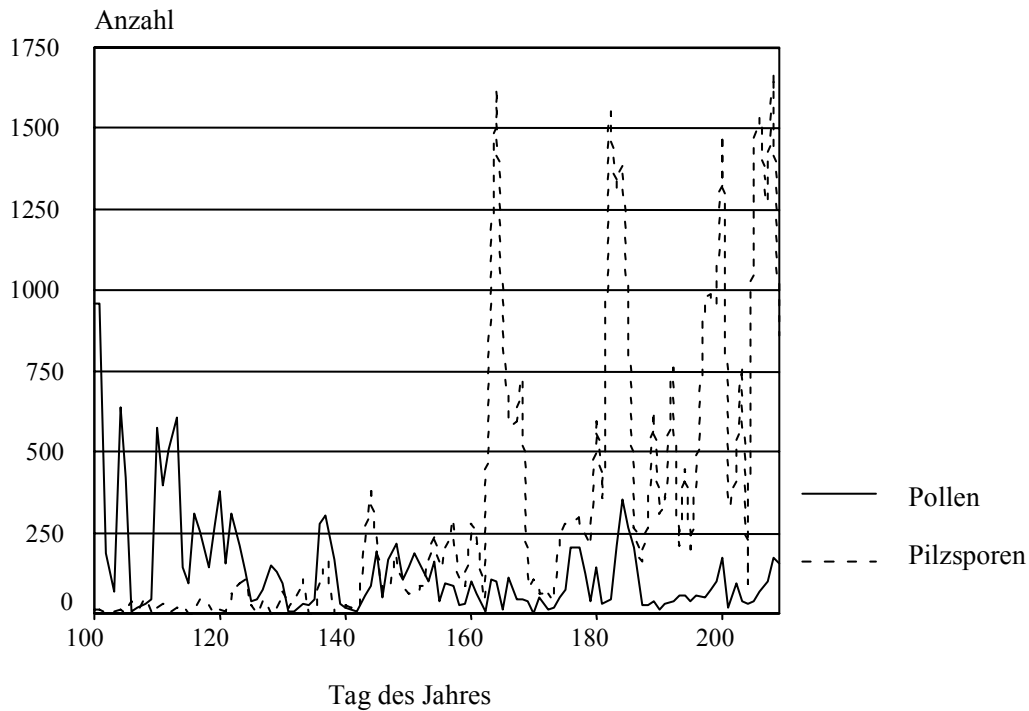


Abbildung 11: Tagessummen von Pollen und Pilzsporen (100 = 10. April 1999)

	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Lufttemperatur (°C; Tagesmittel)	93	14,3	4,4	0,9	24,3
maximale Lufttemperatur (°C)	93	19,5	5,5	1,6	32,9
minimale Lufttemperatur (°C)	93	9,2	4,1	-0,7	17,3
Niederschlagsmenge (mm)	93	2,3	3,8	0	53,55
mittl. Windgeschwindigkeit (m/s)	93	4,5	1,4	2,7	10,5
Pilzsporen (Anzahl)	94	347	460	0	1668
Pollen (Anzahl)	94	134	162	0	956
O ₃ Starnberg (µg/m ³ ; ½-h-MW)	95	89,7	21,5	27,6	140
O ₃ Rothenfeld (µg/m ³ ; ½-h-MW)	95	110,5	21,4	55	190
NO (µg/m ³ ; ½-h-MW)	95	4,1	3,7	1	18
NO ₂ (µg/m ³ ; ½-h-MW)	95	15,9	7,5	7	43
TSP (µg/m ³ ; ½-h-MW)	93	53,7	27,1	10	188

Tabelle 9: Umwelt- und Klimaparameter während des Messzeitraums (½-h-MW = Halbstundenmittelwert)

Tabelle 10 gibt Auskunft über die Korrelationen zwischen den einzelnen Klima- und Umweltparametern. Die Ozonkonzentration war signifikant positiv korreliert mit der Pollenzahl: $r=0,526$ ($p<0,001$) für unsere in Starnberg erhobenen Ozonwerte, $r=0,520$ ($p<0,001$) für die Werte der Messstation Rothenfeld, weiterhin signifikant positiv mit der maximalen Außentemperatur ($r=0,372$, $p<0,001$ für die Starnberger, $r=0,605$, $p<0,001$ für die Rothenfelder Werte), mit der TSP-Konzentration ($r=0,303$, $p<0,01$ für Starnberg, $r=0,446$, $p<0,001$ für Rothenfeld), mit der Pilzsporenkonzentration (nur für Rothenfeld, $r=0,193$, $p<0,05$) außerdem statistisch signifikant negativ mit der Niederschlagsmenge ($r=-0,472$, $p<0,001$ für Starnberg, $r=-0,498$, $p<0,001$ für Rothenfeld). Die Pollenzahl korrelierte darüber hinaus signifikant positiv mit der Außentemperatur ($r=0,237$, $p<0,05$), der TSP-Konzentration ($r=0,291$, $p<0,01$) und negativ mit der Niederschlagsmenge ($r=-0,464$, $p<0,001$). Die TSP-Konzentration stand außerdem noch in signifikant positivem Zusammenhang mit der Außentemperatur ($r=0,414$, $p<0,001$), der NO-Konzentration ($r=0,210$, $p<0,05$) und der NO₂-Konzentration ($r=0,464$, $p<0,001$) sowie in negativem Zusammenhang mit der Niederschlagsmenge ($r=-0,245$, $p<0,05$). Die Pilzsporenzahl stand in deutlich signifikant positiver Beziehung zur Außentemperatur ($r=0,605$, $p<0,001$). Die Niederschlagsmenge war weiterhin signifikant negativ korreliert mit der Außentemperatur ($r=-0,299$, $p<0,01$). Erwartungsgemäß korrelierten auch die NO- und NO₂-Konzentrationen untereinander ($r=0,542$, $p<0,001$). Im Anhang 4 sind für die statistisch signifikanten Korrelationen Streudiagramme mit Ausgleichsgeraden zu finden.

	O ₃ Sta.	O ₃ Roth	Regen	V _{max}	Temp. (max.)	Pilzsp.	Pollen	NO	NO ₂
Nieder- schlag n	-0,472 *** 93	-0,498 *** 108							
V _{max} n	0,022 93	-0,021 108	0,083 108						
Temp. (max.) n	0,372 *** 93	0,605 *** 108	-0,299 ** 108	-0,098 108					
Pilzsp. n	0,069 94	0,193 * 109	-0,134 107	-0,166 107	0,605 *** 107				
Pollen n	0,526 *** 94	0,520 *** 109	-0,464 *** 107	0,174 107	0,237 * 107	-0,049 109			
NO n	0,017 85	0,040 95	-0,005 93	-0,080 93	0,037 93	0,065 94	-0,012 94		
NO ₂ n	0,057 85	0,163 95	-0,095 93	0,006 93	0,127 93	0,090 94	0,012 94	0,542 *** 95	
TSP n	0,303 ** 93	0,446 *** 108	-0,245 * 106	0,042 106	0,414 *** 106	0,056 107	0,291 ** 107	0,210 * 93	0,369 *** 108

Tabelle 10: Spearman's Korrelationskoeffizienten für lufthygienische und Klimavariablen (* p<0,05; ** p<0,01, *** p<0,001)

4.3 Assoziationen zwischen Umweltfaktoren und Symptomen sowie Besuchsfrequenz

Um Trends zu erkennen, führten wir zunächst univariate Analysen der einzelnen Umweltparameter und der Symptommhäufigkeit sowie der Besuchsfrequenz durch. Diese Analyse deutete auf einige wenige Zusammenhänge hin.

Da sich gezeigt hatte, dass an Montagen stets signifikant mehr Kinder in die Praxis kamen, führten wir für die Patientenzahl und die Umwelt- und Klimafaktoren zusätzlich bivariate lineare Regressionen unter Einführung der Dummy-Variablen „Montag“ durch. In Tabelle 11 sind die für den Montag adjustierten Koeffizienten einmal für das Gesamtkollektiv und einmal für die Subgruppe der Allergiker zu finden. Nach Adjustierung für den Montag waren keine signifikanten Korrelationen zwischen Klima- und Umweltparametern und der Besuchsfrequenz mehr zu sehen.

	Patientenzahl (alle, n=620)	Patientenzahl (Allergiker, n=94)
Pollen	0,133 (0,283)	0,163 (0,300)
Pollen_1	0,074 (0,556)	0,148 (0,352)
Ozon_1	0,126 (0,307)	0,087 (0,584)
Ozon_2	0,129 (0,297)	0,176 (0,262)
Staub	0,050 (0,697)	0,037 (0,819)
Staub_1	0,006 (0,960)	-0,001 (0,997)
Staub_2	0,073 (0,556)	0,116 (0,462)
NO	-0,137 (0,301)	0,152 (0,368)
NO_1	-0,153 (0,273)	0,264 (0,134)
NO ₂	-0,157 (0,245)	0,061 (0,723)
NO ₂ _1	-0,198 (0,163)	0,229 (0,212)
Pilzsporen	-0,040 (0,749)	0,003 (0,985)
Pilzsporen_1	-0,038 (0,761)	-0,234 (0,145)
Temp.(max)	0,223 (0,073)	0,062 (0,698)
Temp.(max)_1	0,137 (0,267)	0,027 (0,866)

Tabelle 11: Lineare Regression; Patientenzahlen in Abhängigkeit von Umweltfaktoren nach Adjustierung für den Wochentag für alle Patienten und die Subgruppe der Allergiker, jeweils β und p

Zwischen den Wetterklassen und der Besuchsfrequenz in der Praxis sowie der Symptomprävalenz konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Wie aus Abbildung 12 zu ersehen ist, kamen zwar an Tagen mit der Wetterklasse 9 (Ostlage mit schwacher Biotropie) tendenziell die meisten Patienten, dies war allerdings statistisch nicht signifikant. Abbildung 13 veranschaulicht, dass auch die Häufigkeit des Auftretens von Symptomen an den oberen und unteren Atemwegen sowie an Augen und Nase nicht mit der Wetterklasse assoziiert war.

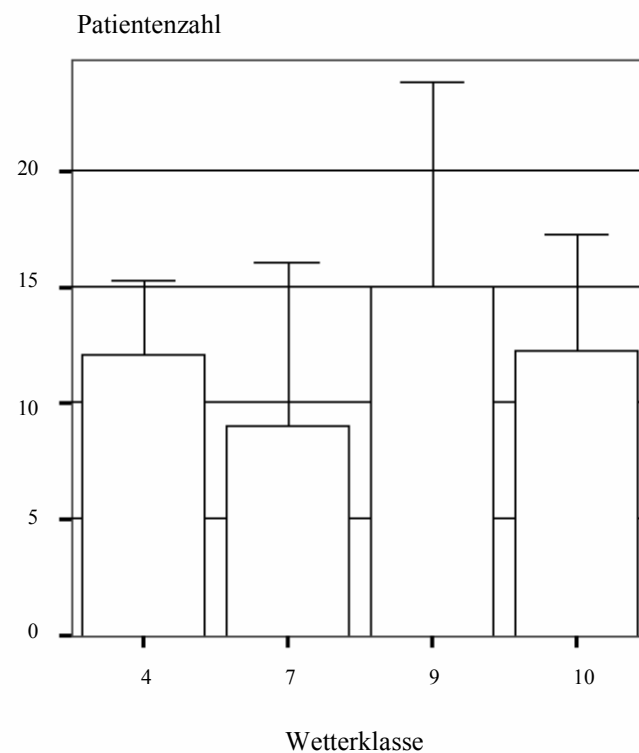


Abbildung 12: Patientenzahl in Abhängigkeit von der Wetterklasse, Mittelwert + 1 Standardabweichung

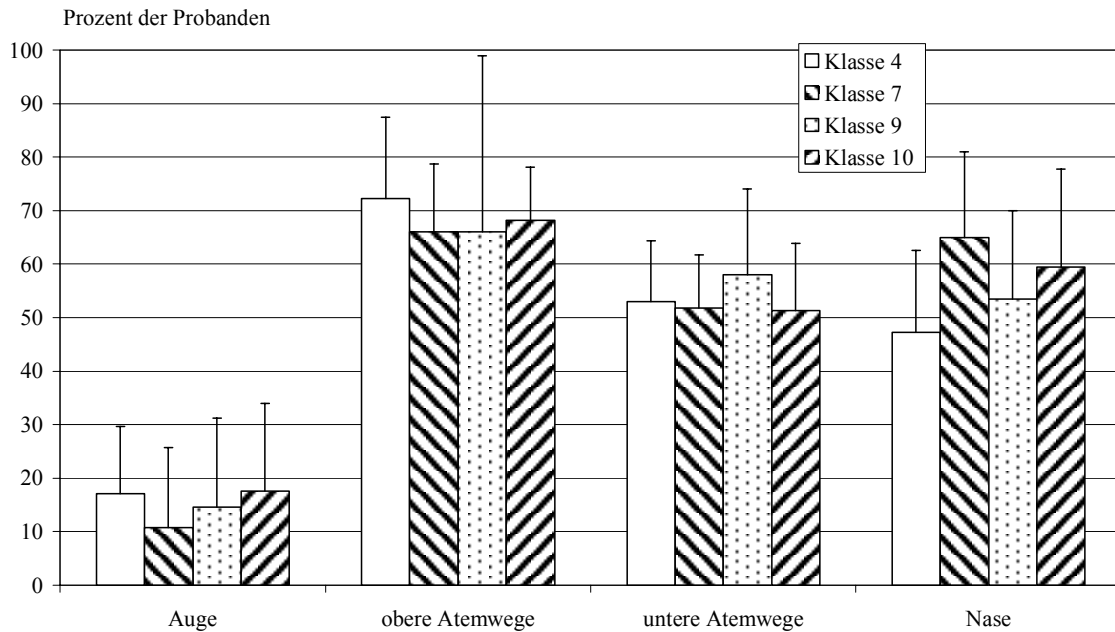


Abbildung 13: Symptomprävalenz in % in Abhängigkeit von der Wetterklasse, Mittelwert + 1 Standardabweichung

4.4 Urinalysen und Lungenfunktionen

Zwischen Lungenfunktionsparametern, Symptomprävalenz, Besuchsfrequenz, Umwelt- und Klimafaktoren sowie der EPX-Konzentration im Urin konnten keine Zusammenhänge festgestellt werden.

Die Lungenfunktionsparameter FEV_1 und FVC (jeweils Messwerte in Prozent von den Sollwerten) waren negativ mit der TSP-Konzentration assoziiert. Es errechnete sich für FEV_1 ein Korrelationskoeffizient von $-0,266$, für FVC von $-0,250$, beide allerdings nicht signifikant ($p=0,107$ respektive $0,125$). Für die übrigen Lungenfunktions- und Umweltparameter zeigten sich keine Zusammenhänge.

Für die auf Kreatinin bezogenen EPX-Konzentrationen im Urin zeigte sich eine deutliche zirkadiane Variation: es ergab sich ein linearer Zusammenhang zwischen EPX/Kreatinin und der Uhrzeit ($r=-0,467$, $p<0,001$, $n=242$). Die Vormittagswerte waren höher als die Nachmittagswerte (siehe auch Abbildung 14). Wir überprüften den Zusammenhang auf eine eventuelle Beeinflussung durch das Alter der Kinder - dies war nicht der Fall. Auch in

der multiplen linearen Regression unter Einbeziehung des Vorhandenseins von Asthma oder Allergien und der Ozonkonzentration blieb die Tageszeit der einzige statistisch signifikante Parameter mit Einfluss auf die EPX-Konzentration ($\beta=-0,389$, $p<0,001$).

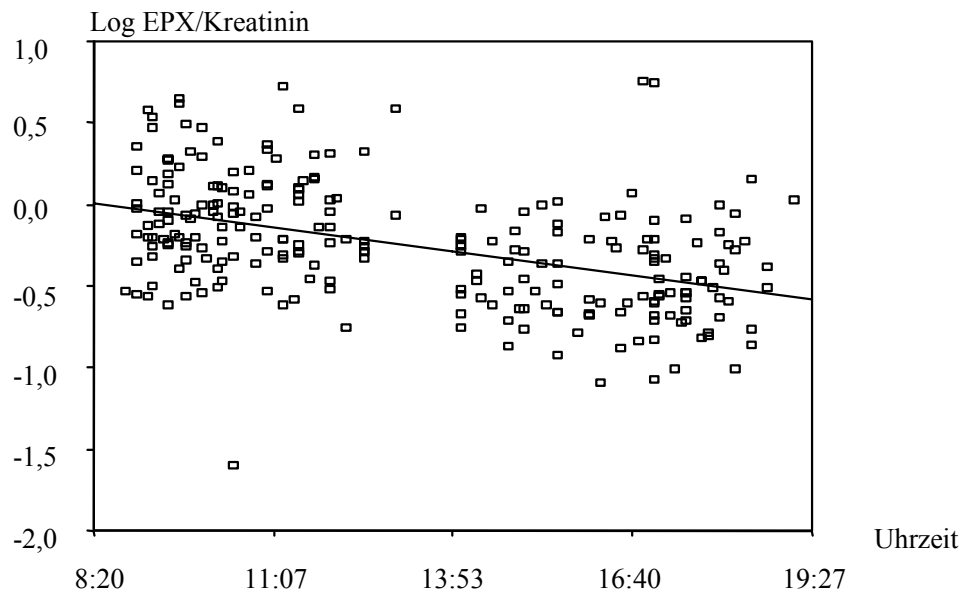


Abbildung 14: Verhältnis EPX/Kreatinin in Abhängigkeit von der Tageszeit

5 Diskussion

5.1 Methodik

Grundsätzlich muss bei einer Studie mit dem vorliegenden Design immer die Verlässlichkeit der Berichterstattung, in diesem Fall durch die Eltern der Probanden, in Betracht gezogen werden. Auch wenn die Patienteltern so gut wie immer sehr kooperativ waren, war ihnen vielleicht nicht immer klar, dass die sehr genaue Reflexion in Bezug auf die Beschwerden ihrer Kinder für uns von großer Bedeutung war. Zum Teil vermochten sie sich vielleicht nicht mehr ganz genau zu erinnern, oder es waren ihnen evtl. eher leichte Symptome sogar entgangen. Des Weiteren sind unterschiedliche Wahrnehmungsschwellen nie auszuschließen, gerade in Bezug auf potenziell umweltbedingte Beschwerden. Allerdings hatten wir nicht den Eindruck, dass die Kinder und Eltern in diesem Punkt übermäßig empfindlich waren.

Ein Bias durch umweltbezogene Warnungen in der Presse, z.B. in Bezug auf Gesundheitsgefahren durch Ozon, war während der Laufzeit unserer Studie aufgrund der eher niedrigen Schadstoffkonzentrationen sehr wahrscheinlich nicht vorhanden. Auch Desqueyroux und Momas (1999) diskutierten, dass die Symptomzahl in umweltepidemiologischen Studien bei Schadstoffwerten unterhalb der empfohlenen Grenzen nicht durch die Medien beeinflusst werden dürfte.

Bei unserer Fallzahl von 620 sollte die statistische Power für die aussagekräftige Quantifizierung der beschriebenen Zusammenhänge ausreichend hoch sein.

5.2 Probandenkollektiv

Unser Kollektiv bestand aus aktuell symptomatischen Patienten einer kinderärztlichen Praxis. Zu berücksichtigen ist die Besonderheit des Einzugsgebietes: Starnberg zählt zu den reichsten Gemeinden in Deutschland. Seine Einwohner gehören folglich überwiegend zur gehobenen Mittelschicht. Es ist anzunehmen, dass sich dies auf das Gesundheitsverhalten der Familien auswirkt. Zum Beispiel könnten sie im weitesten Sinne empfindlicher auf Krankheitszeichen reagieren und ihre Ärztin schon relativ früh aufsuchen. Im Ort gibt es noch zwei weitere Kinderarztpraxen. Eine davon wird von einer türkischen Ärztin geführt, was sehr wahrscheinlich ein Grund für den niedrigen Anteil von türkischen Kindern in unserem Kollektiv war.

An der Studie nahmen Kinder aller Altersklassen teil, wobei die jüngeren Kinder überwogen. Die Geschlechter waren relativ gleichmäßig verteilt. Unerwartet niedrig war der Anteil der Asthmatiker mit nur 2,2%. Dies könnte daran liegen, dass diese Kinder beim Auftreten von Beschwerden einen Spezialisten aufsuchen. Für acht Prozent der Kinder wurde von den Eltern eine Neurodermitis angegeben. Die ISAAC-Studie (International Study of Asthma and Allergies in Childhood), die 1996 in 56 Ländern mit insgesamt 463801 Kindern durchgeführt wurde, ermittelte für Deutschland Prävalenzen für Asthma von 13-14%, für Atopisches Ekzem von 7-8% (Beasley et al. 1998). Eine deutsche Studie von Weiland et al. (1999) beschreibt Asthma bei 6-10% der Kinder, Atopisches Ekzem bei 15-18%. Die Harvard Six Cities Study fand Asthmaprävalenzen zwischen 3,2% und 5,9% (Dockery et al. 1989). Auch wenn in unserer Studie im Gegensatz zu den oben zitierten ein Kollektiv von akut symptomatischen Patienten untersucht wurde, erscheint der Anteil der Asthmatiker sehr gering.

5.3 Umweltsituation

5.3.1 Umweltparameter

Unerwartet niedrig waren die Ozonwerte, die wir während unseres Messzeitraums erhoben. Einen Vergleich der Ozonkonzentrationen der vergangenen Jahre zeigt Tabelle 12.

Jahr	Anzahl der Tage mit Überschreitungen der Ozonkonzentration von 120 µg/m³
1994	81
1995	59
1996	51
1997	44
1998	49
1999	31

Tabelle 12: Ozonwerte im Jahresvergleich von 1994 bis 1999 in München-Johanneskirchen

An unserem eigenen Messgerät erreichte der Halbstundenmittelwert nur an fünf Tagen 120 µg/m³, der Informationswert für die Bevölkerung von 180 µg/m³ wurde überhaupt nicht erreicht. Aus diesem Grund war es kaum möglich, Ozoneinflüsse auf die Patienten

nachzuweisen, die in früheren Studien erst ab Werten von 160 bis 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gezeigt werden konnten (McDonnell et al. 1991, Devlin et al. 1991).

Die vor Ort in Starnberg gemessenen Ozonwerte waren durchgehend niedriger als die Messwerte der Station Rothenfeld. Dies ist offensichtlich dadurch verursacht, dass die Kinderarztpraxis in der Nähe einer stark befahrenen Straße liegt und durch Stickstoffmonoxid aus den in hohem Maße entstehenden Kraftfahrzeugemissionen, das einen Teil der Ozonmoleküle wegfängt (= „Scavenger-Effekt“, Wagner und Höppe 1998). Die Messstation Rothenfeld hingegen liegt mehrere Kilometer entfernt von größeren Orten oder Durchgangsstraßen, so dass es dort zu einem derartigen Effekt nicht kommt. Im allgemeinen werden in ländlichen Regionen häufig höhere mittlere Ozonkonzentrationen gemessen als in großen Ballungszentren (Wagner und Höppe 1998).

Eher niedrig waren die in Rothenfeld gemessenen Stickoxidwerte, was wohl dadurch verursacht wurde, dass die Messstation wie oben erwähnt von der nächsten größeren Straße einige Kilometer entfernt ist. Auch wenn die Rothenfelder Messstation nur 10 km von Starnberg entfernt ist, entsprechen die dort gemessenen Werte sehr wahrscheinlich nicht denen, die in Starnberg vorlagen.

Die für unsere Berechnungen verwendeten TSP-Konzentrationen wurden in Johanneskirchen, einem Vorort von München, gemessen. Es sollte sich hierbei um mit Starnberg vergleichbare Verhältnisse handeln, da beide Orte einige Kilometer außerhalb Münchens liegen.

Die Pollen- und Pilzsporenzahlen erhielten wir zwar von einer Messstelle in der Münchener Innenstadt. Hierbei gehen wir aber davon aus, dass die Zahlen in Starnberg zumindest in sehr ähnlichen Dimensionen lagen und vor allem die Verläufe sehr gut vergleichbar sind.

Ähnliches gilt für die Lufttemperatur, Niederschlagsmenge und Windgeschwindigkeit: auch hier nehmen wir an, dass zu den in Garching gemessenen Werten nur geringfügige Unterschiede bestanden.

5.3.2 Korrelationen zwischen Klima- und Umweltfaktoren

Sehr deutlich waren die Korrelationen zwischen verschiedenen Klima- und Umweltfaktoren. Die Ozonkonzentration war positiv korreliert mit der Lufttemperatur, dem Pollengehalt, der TSP- und auch mit der NO_2 -Konzentration sowie negativ mit der Niederschlagsmenge. Vor allem zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen

Pollenzahl und Ozon, der in der Literatur bislang noch nicht häufig thematisiert worden ist. Interessant ist diese Erkenntnis zum Beispiel für Pollenallergiker, die also bei hohen Pollenkonzentrationen möglicherweise zusätzlich unter der Ozonbelastung leiden könnten, was ihre Beschwerden potenziell verstärken könnte. Die sowieso schon empfindlichen Atemwege dieser Personengruppe könnten also durch höhere Ozonkonzentrationen noch weiter gereizt werden und damit noch stärker auf hohe Pollenzahlen reagieren. Jörres et al. (1996) zeigten, dass bei Personen mit leichtem allergischem Asthma oder Rhinitis eine kurzzeitige Ozonexposition die bronchiale Reagibilität gegenüber Allergenen steigern kann.

Auch die Partikelkonzentration war signifikant positiv mit der Lufttemperatur und außerdem mit der NO₂-Konzentration korreliert. Der Pilzsporengehalt war ebenfalls abhängig von steigenden Außentemperaturen, aber auch von vorausgegangenen Niederschlägen. Regen führte zu einer Reduktion von O₃, TSP, Lufttemperatur, Pollen- und Pilzsporenzahl. Auch dies entspricht den Erwartungen.

Frühere Studien kamen zu ähnlichen Ergebnissen in Bezug auf die Interaktionen zwischen Umwelt- und Klimaparametern (Lebowitz et al. 1985, Hajat et al. 1999).

5.4 Auswirkungen auf die Kinder

5.4.1 Symptomprävalenz und Umweltparameter

Zunächst ist als Faktor, der sich in gewissem Maße wohl auf alle hier untersuchten Umwelt- und Klimaeinflüsse auswirkte, die Tatsache zu nennen, dass die Kinder sich mit hoher Wahrscheinlichkeit häufig einen großen Teil des Tages in geschlossenen Räumen aufhielten, so dass sie oft nur wenige Stunden den Außenluftbedingungen exponiert waren. Zudem kann die individuelle Exposition der Probanden mit stationären Messmethoden kaum erfasst werden; hierzu wären persönliche Messgeräte sicherlich besser geeignet. In umweltepidemiologischen Studien wie dieser ist es auch im Gegensatz zu Klimakammerstudien außerordentlich problematisch, einen Effekt auf die Gesundheit der untersuchten Kinder einem einzigen bestimmten Schadstoff zuzuschreiben, da diese immer einer vielfältigen Mischung von Substanzen ausgesetzt sind, was unweigerlich zu schwer abgrenzbaren Überlagerungen führt. Darüber hinaus konnten wir die Belastungen mit in Innenräumen vorhandenen Stoffen in dieser Untersuchung nicht berücksichtigen.

Linn et al. (1996) kamen in einer über zwei Jahre dauernden Studie an 269 Schulkindern

im Umland von Los Angeles zu folgendem Ergebnis: keiner der erhobenen Umweltparameter korrelierte signifikant mit der Symptomzahl mit Ausnahme der Lufttemperatur des Vortages, die in einem signifikant negativen Zusammenhang mit der Symptomzahl stand.

5.1.1.1 Ozon

Viele Studien haben Zusammenhänge zwischen der Ozonkonzentration und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit aufgezeigt. Während des Sommers 1999 waren die Ozonwerte sehr niedrig, was sicherlich auch ein Grund dafür sein könnte, dass wir in unseren Analysen keine signifikanten Ozoneinflüsse ausmachen konnten.

Korrelationen mit Ozonwerten des gleichen Tages zogen wir nicht in Betracht. Die höchsten Ozonwerte treten immer am späteren Nachmittag auf. Somit ist zu erwarten, dass symptomatische Patienten erst am folgenden Tag einen Arzt aufsuchen. Daher ist es sinnvoll, die Auswirkungen der Ozonwerte der beiden vorhergehenden Tage zu untersuchen.

Die folgenden Untersuchungen haben Ozonwirkungen auf Menschen aufgezeigt: Für die Gruppe der Kinder im Alter von drei bis 15 Jahren fanden Ostro et al. (1999) einen Zusammenhang zwischen der Ozonkonzentration und dem Vorhandensein von Symptomen des unteren Respirationstraktes: ein Ozonanstieg um $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ war mit einer Symptomerhöhung von 5,4% verbunden. White et al. beschrieben in einer Studie von 1994 einen Anstieg von notfallmäßigen Arztbesuchen durch Kinder wegen Asthma bzw. Erkrankungen der Atemwege um 37% an Tagen nach Ozonkonzentrationen über $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für Erwachsene und noch stärker für Kinder sahen Burnett et al. (1994) einen Zusammenhang zwischen ansteigender Luftverschmutzung durch Ozon und Sulfat und Krankenhauseinweisungen wegen Atemwegserkrankungen. Ähnliche Zusammenhänge zwischen Ozonbelastung und durch Beschwerden am Respirationstrakt verursachte stationäre Einweisungen fanden auch Ponce de Leon et al. (1996) in einer englischen Retrospektivanalyse. In Mexico City zeigte sich eine Assoziation zwischen ansteigendem Ozon und dem Auftreten von Husten (Castillejos et al. 1992). Romieu et al. (1997) sahen einen Zusammenhang zwischen der Ozonkonzentration und der Schwere von Atemwegserkrankungen. Mattes et al. (1999) führten eine prospektive Studie mit 765 nicht gegen Pollen sensibilisierten Schulkindern durch, wobei sich signifikante positive Zusammenhänge zwischen Ozonkonzentrationen und Symptomen an Atemwegen (bei mittleren monatlichen Ozonwerten $>88 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Augen (bei mittleren monatlichen

Ozonkonzentrationen $>64 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zeigten. Eine britische Arbeitsgruppe analysierte die tägliche Anzahl der Patienten, die in London von 1992 bis 1994 wegen allergischer Rhinitis einen Allgemeinarzt aufsuchten. Sie konnten demonstrieren, dass ein Anstieg der durchschnittlichen Ozonwerte der vier vorangegangenen Tage einschließlich des Untersuchungstages vom 10. zum 90. Perzentil bei Kindern eine Erhöhung der Patientenzahlen um 37,6% nach sich zog (Hajat et al. 2001). Das 90. Perzentil lag jedoch in dieser Studie bei $60,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, was in etwa der natürlichen Hintergrundkonzentration von Ozon entspricht.

Berry et al. beschreiben in einer „summer-camp“-Studie aus dem Jahr 1991 eine Vermehrung von Atemwegssymptomen erst ab einer Ozonkonzentration über $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Werte in dieser Größenordnung wurden im Sommer 1999 in Starnberg gar nicht erreicht. In einer großen englischen Retrospektivstudie wurde für Kinder sogar eine negative Korrelation zwischen der Ozonkonzentration und dem Aufsuchen eines Arztes wegen Symptomen der unteren Atemwege gefunden (Hajat et al. 1999). Zu einem ähnlichen Ergebnis in Bezug auf Assoziationen von Ozon und Husten sowie Bronchitis kamen auch Hirsch et al. (1999). Ähnlich wie wir sahen auch andere Arbeitsgruppen keinen Effekt der Ozonkonzentration auf das Auftreten von Atemwegssymptomen (Hoek und Brunekreef 1995, Keiding et al. 1995, Linn et al. 1996). Lebowitz et al. (1987) fanden bei einer Untersuchung an Erwachsenen für die Kontrollgruppe ohne Asthma keinen Einfluss des Ozons auf die Atemwegssymptomatik, für die Asthmatiker ergab sich jedoch ein positiver Zusammenhang. Der gleiche Autor beschrieb auch schon zwei Jahre zuvor, dass es keine Korrelation zwischen den Konzentrationen von O_3 , TSP, CO sowie NO_2 und dem Auftreten von Symptomen bei nicht-asthmatischen Kindern und Erwachsenen (Lebowitz et al. 1985) gab. Ähnlich das Ergebnis der Auswertung von 12132 Kontakten mit einer Notaufnahme in Kopenhagen, die keinen Zusammenhang zwischen Ozon- bzw. Staubkonzentration und Atemwegsbeschwerden bei Kindern aufdecken konnte (Keiding et al. 1995). Schmitzberger et al. sahen in einer Studie aus dem Jahr 1993 zwar langfristig einen deutlich negativen Einfluss von Ozon und anderen Luftschadstoffen auf die Lungenfunktion von Kindern, jedoch nicht auf die Prävalenz von Rhinitis, Husten und Bronchitis.

Für die Gruppe der Asthmatiker hatten wir aufgrund von in der Literatur beschriebenen Ergebnissen (Delfino et al. 1996: 25% mehr Symptome bei einer Ozonerhöhung von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 1-h-Maxima im Mittel bei $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$) einen Zusammenhang zwischen akuten asthmatischen Beschwerden und steigenden Ozonkonzentrationen erwartet. Dies konnten

wir jedoch nicht feststellen, was mit hoher Wahrscheinlichkeit neben den niedrigen Ozonwerten zum Großteil daran lag, dass, wie oben erläutert, nur ein sehr kleiner Teil unserer Probanden Asthmatiker waren.

5.1.1.2 TSP

Den Partikelkonzentrationen wird im Hinblick auf Erkrankungen des Respirationstrakts immer mehr Bedeutung beigemessen. Hajat et al. (1999) fanden in der bereits oben erwähnten Studie in allen Altersgruppen eine positive Beziehung zwischen der Konzentration von PM10 (Mittelwert 28,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Arztbesuchen aufgrund von Symptomen der unteren Atemwege oder Asthma. Eine signifikante positive Korrelation zwischen PM10-Konzentrationen und Symptomen der oberen und unteren Atemwege fanden Ostro et al. (1999, Mittelwert von PM10: 108,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Schwartz et al. (1994, Mittelwert von PM10: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie Pope et al. (1991, PM10: 24-h-Mittel 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und 1992, PM10: 24-h-Mittel 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Delfino et al. beschrieben 1993 einen Effekt steigender TSP-Konzentrationen auf notfallmäßige Krankenhauseinweisungen wegen Atemwegserkrankungen (Anstieg der Einweisungsrate um einen Patienten je Erhöhung um 26,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von chronischem Husten, nächtlichem Husten, Bronchitis und Bindehautreizungen mit ansteigenden PM10-Werten in der Außenluft beschrieben Braun-Fahrländer et al. 1997; die PM10-Konzentrationen rangierten hier zwischen 10 und 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tiittanen et al. sahen in einer Arbeit von 1999 mit einem 25%igen Anstieg der Konzentrationen von PM10 (Mittelwert: 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM2,5-10 (Mittelwert: 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und PM2,5 (Mittelwert: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) des vorvergangenen Tages ein signifikant erhöhtes Risiko der Inzidenz von Husten (Odds Ratios: PM10: 1,15; PM2,5-10: 1,15; PM2,5: 1,13; jeweils $p < 0,05$). Einen signifikanten Zusammenhang zwischen Konsultationen des pädiatrischen Notdienstes aufgrund von Atemwegsbeschwerden und Partikelgehalt der Außenluft fanden Lin et al. (1999) für PM10 (Mittelwert 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie Ilabaca et al. (1998) für PM2,5 (24-h-Mittel im Sommer 34,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, im Winter 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Eine australische Untersuchung beschreibt einen signifikanten Effekt der PM10-Konzentration (Werte je nach Standort 18,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 43,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) auf die Inzidenz von nächtlichem Husten und „Erkältung“ des Atemtrakts (Lewis et al. 1998). In einer Studie von Dockery et al. (1989) zeigten sich positive Zusammenhänge des Auftretens von Atemwegserkrankungen und allen gemessenen Partikelarten, also TSP (Konzentrationen von 34,1-80,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM15 (von 20,1-58,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM2,5 (von 11,8-36,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie FSO₄ (Sulfat im Feinstaub;

Konzentrationen von 3,2-13,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Nur für Kinder mit chronischer Atemwegssymptomatik fand sich in einer Untersuchung von van der Zee et al. (1999) eine statistisch signifikante positive Korrelation zwischen PM10 und akuten Beschwerden am unteren Respirationstrakt. Steerenberg et al. (1999) demonstrierten eine Erhöhung von Entzündungsparametern in Nasallavagen bei Kindern, die vermehrt gegenüber verkehrsbedingten Emissionen wie Partikeln exponiert waren. Keine derartigen Korrelationen zwischen PM10 und akuten respiratorischen Symptomen fanden aber auch Hoek und Brunekreef (1995) bei mittleren PM10-Konzentrationen von 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Für unsere Berechnungen benutzten wir die TSP-Konzentration. Dies entspricht Partikeln mit einem Durchmesser $<37 \mu\text{m}$. Man geht davon aus, dass die kleineren Partikel wie PM2,5 stärkere Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben (Schwartz et al. 2000). Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass wir keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Staubkonzentration des Vortages und Symptomen an den unteren Atemwegen aufzeigen konnten. Leider lagen uns Werte für PM2,5 nicht vor.

5.1.1.3 Pilzsporen und Pollen

Signifikante positive Assoziationen der Pilzsporenzahl mit Atemwegssymptomen bei Asthmatikern beschrieben Delfino et al. (1996). Auch Neas et al. (1996) sahen einen Einfluss der Pilzsporenzahl auf das vermehrte Vorhandensein von Atemwegsbeschwerden. Thurston et al. (1993) sahen bei asthmatischen Kindern einen positiven Zusammenhang zwischen Pollenzahl und Reizungen von Hals, Augen und Nase. Im Gegensatz dazu korrelierten in unserer Studie weder Symptommhäufigkeit noch Patientenzahl signifikant mit der Pollen- oder Pilzsporenzahl.

5.1.1.4 NO und NO₂

Die Konzentrationen von NO und NO₂ waren an der Messstation in Rothenfeld wie oben ausgeführt zu niedrig, als dass wir irgendwelche Auswirkungen auf die Gesundheit der Kinder erwartet hätten. In Expositionskammerstudien mit NO₂ sah man Effekte erst ab Konzentrationen von 200-410 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mücke und Wagner 1998). Da doch knapp die Hälfte der Probanden im Stadtgebiet von Starnberg wohnten, ist durchaus davon auszugehen, dass sie höheren Stickoxid-Werten als den von uns für die Berechnungen verwendeten ausgesetzt waren. Positive Beziehungen zwischen Stickoxidkonzentrationen und Auswirkungen auf die Gesundheit ergaben sich in folgenden Untersuchungen: Die

Arbeitsgruppe um Braun-Fahrlander beschrieb in einer Publikation aus dem Jahr 1989 eine statistisch signifikante Beziehung zwischen der Anzahl an Symptomen pro Kind und Tag und der Belastung von NO₂ in der Außenluft. Dieser Zusammenhang wurde als Hinweis dahingehend interpretiert, dass Luftverschmutzung gemessen am Leitschadstoff NO₂ als ein Faktor im komplexen Erscheinungsbild kindlicher Atemwegsreizungen zu verstehen ist. Hirsch et al. (1999) fanden eine erhöhte Prävalenz von morgendlichem Husten und Bronchitis assoziiert mit steigenden NO₂-Konzentrationen. Die NO₂-Werte bewegten sich in dieser Untersuchung um einen Mittelwert von 33,8 µg/m³. Keiding et al. (1995) fanden in einer Auswertung von 12132 Kontakten mit einer Medizinischen Nothilfe in Kopenhagen eine positive Korrelation zwischen Stickoxiden und Beschwerden am Respirationstrakt bei Kindern. Ebenso wie in unserer Untersuchung lagen dort NO- und NO₂-Konzentrationen vor, bei denen man eigentlich keine negativen Effekte auf die Gesundheit erwarten würde. Auch diese Arbeitsgruppe betrachtete daher Stickoxide als Leitsubstanz für Luftverschmutzung durch Kraftfahrzeuge. Sicherlich wäre es interessant und wichtig, in dieser Beziehung weitere Forschungsarbeit durchzuführen, da die Stickoxide sogar in so niedrigen Konzentrationen wie in unserer Untersuchung vielleicht auch ein Indikator für noch nicht in Zusammenhang mit umweltbedingten Beschwerden beschriebenen Substanzen sein könnten. Schmitzberger et al. (1993) schilderten eine erhöhte Prävalenz von Husten und Kruppepisoden in der stärker mit NO₂ und SO₂ belasteten Region im Vergleich zu den beiden anderen Messgebieten. Peters et al. (1999) beobachteten nur für Jungen einen positiven Zusammenhang zwischen der NO₂-Konzentration und dem Auftreten von Giemen.

5.4.2 Besuchsfrequenz

Auf die Besuchsfrequenz aufgrund von akuten und möglicherweise umweltbedingten Symptomen hatten Klima- und Umweltfaktoren in unserer Studie keine statistisch signifikante Auswirkung. Avendano et al. (1999) stellten fest, dass die Zahl der Konsultationen in einer Kinderklinik aufgrund von Beschwerden am unteren Atemtrakt nicht mit der Luftverschmutzung, sondern mit Epidemien von Influenza- und RS-Viren koinzidierte. Es ist durchaus möglich, dass unsere beiden Spitzentage, der 10. und der 17. Mai 1999, „Grippe-Tage“ waren und zu dem Zeitpunkt also gerade besonders viele Kinder an viralen Infekten litten. Dies hätte natürlich einen Einfluss auf die Besuchsfrequenz in der Praxis gehabt und sich somit auf die Zahl der für die Studie befragten Kinder. Die Auswertung der Befragung zeigte, dass am 10. Mai 20 der 25 Probanden entsprechend 80% eine Erkältung angaben, am 17. Mai waren dies 20 der 30 Probanden, also zwei

Drittel. An beiden Spitzentagen scheint also die überwiegende Zahl der befragten Kinder an einem viralen Infekt gelitten zu haben, was dem Ergebnis von Avendano entspräche.

Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen zeigte die Auswertung der Tagebuchaufzeichnungen der Schweizer SAPALDIA-Studie an erwachsenen Probanden (Künzli et al. 2000) einen statistisch signifikanten positiven Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Arztbesuchen und den Konzentrationen von TSP sowie NO₂ mit variabler Phasenverschiebung (für TSP ab dem 3-Tages-Lag, für NO₂ ab dem 2-Tages-Lag).

Die meisten Probanden wurden in unserer Untersuchung durchgehend an Montagen rekrutiert. Nach Angaben der Kinderärztin und ihrer Mitarbeiterinnen sind während des ganzen Jahres montags die höchsten Patientenzahlen zu verzeichnen. Die offensichtliche Ursache dafür ist das vorausgehende Wochenende, an dem die Eltern wegen nicht gravierender Beschwerden im Normalfall nicht den ärztlichen Notdienst konsultieren, sondern bis zum Montag warten und ihre vertraute Kinderärztin aufsuchen. Dies führt zu einem Akkumulationseffekt. Man könnte diese Tatsache allerdings eventuell auch dahingehend interpretieren, dass die Kinder sich an den Wochenenden zumeist mehr im Freien aufhalten und somit vermehrt Umwelteinflüssen ausgesetzt sind. Auch in der Tagebuchstudie, die Schwartz et al. (1991) an amerikanischen Auszubildenden zur Krankenschwester durchführten, zeigte sich, dass diese an Montagen vermehrt von Symptomen berichteten. Um diesen „Montageffekt“ zu korrigieren, führten wir eine bivariate lineare Regression mit der Dummy-Variablen „Montag“ durch, in der sich dann keinerlei statistisch signifikante Auswirkungen der einzelnen Umweltparameter auf die Patientenzahl mehr zeigten.

5.4.3 EPX-Messungen

Für die EPX-Konzentrationen konnten wir wider Erwarten keine Korrelationen mit Umweltparametern feststellen. EPX im Urin ist jedoch als Entzündungsmarker in Zusammenhang mit erhöhten Ozonkonzentrationen in der Außenluft beschrieben worden, z.B. in einer Studie von Studnicka und Frischer (1999) an Spontanurinproben von 877 Kindern von neun Messstellen. Zusätzlich war die EPX-Konzentration in einer Studie von Lugosi et al. (1997) signifikant negativ mit FEV₁ und anderen Lungenfunktionsparametern sowie positiv mit der momentanen Aktivität von Asthma bei Kindern korreliert. In dieser Untersuchung zeigten sich außerdem höhere EPX-Konzentrationen bei asthmatischen Kindern im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen. Bei uns war dies nicht der Fall, vielleicht auch da an unserer Studie nur 11 Asthmatiker teilnahmen.

Ein möglicher Grund dafür, dass sich in unserer Studie keine Zusammenhänge im Hinblick auf die EPX-Konzentrationen ergaben, ist sicherlich die relativ geringe Fallzahl von 208 Urinproben von 50 verschiedenen Messtagen. Die Proben stammten weiterhin von Kindern unterschiedlichen Alters mit verschiedenen Symptomen. Von der überwiegenden Zahl der Kinder konnten wir auch nur einmal eine Spontanurinprobe gewinnen, so dass kein intraindividuelle Vergleich möglich war, was allerdings auch bei Studnicka und Frischer (1999) nicht der Fall war. Eine weitere Ursache könnte die zirkadiane Rhythmik der EPX-Konzentration im Urin sein, die in unserer Studie deutlich erkennbar war: die Werte für EPX/Kreatinin nahmen im Tagesverlauf signifikant ab. Ähnlich das Ergebnis einer Untersuchung von Storm van's Gravesande et al. (1999) an 22 Kindern mit und 16 Kindern ohne Asthma oder Atopien: für die Asthmatiker $179,7 \pm 97,3$ $\mu\text{g}/\text{mmol}$ Kreatinin im ersten Morgenurin gegenüber $60,9 \pm 40,7$ $\mu\text{g}/\text{mmol}$ Kreatinin am Nachmittag, für die Nichtasthmatiker $114,5 \pm 57,1$ gegenüber $53,4 \pm 29,0$ $\mu\text{g}/\text{mmol}$ Kreatinin. Die Berücksichtigung des Tagesganges der EPX-Konzentrationen im Urin erscheint wichtig für derartige Erhebungen. Außerdem ist eine große intraindividuelle Variabilität für die EPX-Werte beschrieben worden (Wojnarowski et al. 1999). In derselben Studie sahen Wojnarowski et al., dass kein Zusammenhang zwischen der EPX-Konzentration im Urin und der Schwere der Erkrankung asthmatischer Kinder, die anhand von Lungenfunktionsparametern eingeschätzt wurde, bestand.

5.4.4 Lungenfunktionen

Zahlreiche Studien haben negative Effekte von Luftverschmutzung und hier insbesondere von Ozon auf die Lungenfunktion von Kindern (Höppe et al. 1997, Lippmann et al. 1983, Braun-Fahrländer et al. 1994, McDonnell et al. 1985, Spektor et al. 1991, Studnicka et al. 1993, Ulmer et al. 1997, Chen et al. 1999, Peters et al. 1999, Forster et al. 1999, Horak et al. 2000) sowie Erwachsenen (Spektor et al. 1988, McDonnell et al. 1991, Gold et al. 1995, Brauer et al. 1996, Naeher et al. 1999) gezeigt. Neas et al. (1996) fanden in einer Arbeit mit 108 Kindern, dass ein Anstieg der Pilzsporenzahl eine Reduktion des Peak-Flow nach sich zog.

Die Tatsache, dass sich in unserer Studie bei der Auswertung der Lungenfunktionen keine relevanten Ergebnisse zeigten, hat wohl mehrere Gründe. Zum einen konnten wir insgesamt nur in 40 Fällen entsprechend 6,5% eine Messung der Lungenfunktion durchführen. Diese 40 Personen waren eine zufällig ausgewählte Stichprobe unseres Kollektivs, die nicht für Tag und Uhrzeit der Messung, somit also auch nicht für die

Einflüsse von Umwelt und Klima, vergleichbar sind. Aufgrund der für die Jahreszeit niedrigen Ozonkonzentrationen (nur an fünf Tagen über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kein Tag über $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) konnten sich wohl auch keine negativen Auswirkungen auf die Lungenfunktionsparameter ergeben.

Auch Rieder et al. (1991), die keinen Zusammenhang zwischen der Ozonkonzentration und der Lungenfunktion gesunder Probanden ausmachen konnten, machten dafür die nicht sehr hohen Ozonwerte (Tagesmaxima im Durchschnitt bei $92,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zum Vergleich: bei uns $89,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie die Tatsache verantwortlich, dass sich die Probanden überwiegend in Innenräumen aufhielten und zudem keine starke körperliche Aktivität ausübten. Auch dies könnte für unsere Probanden zutreffen. Ähnlich begründeten auch Vedal et al. (1987) das Fehlen einer Auswirkung von Luftverschmutzung auf Peak-Flow und Symptommhäufigkeit bei Kindern.

5.5 Gesamtbewertung

Das Ergebnis unserer Studie war, dass sich im Sommer des Jahres 1999 umwelthygienische und Klimafaktoren nicht nachweislich darauf auswirkten, wie viele Patienten aufgrund von akuten Beschwerden ihre Kinderärztin in Starnberg aufsuchten. Diese Faktoren hatten auch keinen nachweisbaren Einfluss auf die Symptomatik der Kinder.

Ein Grund dafür könnte sein, dass die Konzentrationen der in die Berechnungen eingegangenen Schadstoffe zu gering waren, um sich auf die Gesundheit der Kinder auszuwirken.

Natürlich kann durch diese kleine Studie nicht ausgeschlossen werden, dass dennoch ein Effekt der Umweltfaktoren auf Patientenzahlen oder Symptome besteht. Es scheint jedoch nicht in dem Maße der Fall zu sein, wie vielfach in den Medien suggeriert wurde („Rekordansturm“ in Arztpraxen (Der Spiegel 1993)).

Es wäre interessant, in einer größeren Patienten-Panel-Studie ähnliche Untersuchungen während Episoden mit höheren Schadstoffkonzentrationen als sie im Sommer des Jahres 1999 auftraten zu wiederholen und die dann erhobenen Ergebnisse mit denen unserer Studie zu vergleichen.

6 Zusammenfassung

Ziel der Studie war es, festzustellen, ob Klima, Ozonkonzentration, Pollenzahl, Staub (TSP=total suspended particles) und andere Umweltfaktoren einen Einfluss auf die Besuchsfrequenz von Patienten mit potenziell durch diese Faktoren verursachten Symptomen wie Reizungen der Atemwege, der Augen oder der Nase, in einer Kinderarztpraxis in Starnberg haben. Bei einer Zufallsstichprobe der Kinder bestimmten wir weiterhin die EPX (Eosinophilen-Protein X)-Konzentration im Urin als Marker der Aktivierung eosinophiler Granulozyten.

Im Zeitraum von April 1999 bis Juli 1999 führten wir an insgesamt 50 Messtagen Befragungen in einer Starnberger Kinderarztpraxis durch. Insgesamt nahmen wir 500 Kinder im Alter von einem Monat bis zu 18 Jahren in die Studie auf. Nur Patienten mit akuten Beschwerden, die nicht zu einem vereinbarten Vorsorge- oder Kontrolltermin oder wegen mechanischer Verletzungen, Zeckenstichen o.ä. gekommen waren, kamen für unsere Untersuchung in Frage. Durch Mehrfachbesuche in der Praxis ergaben sich 620 Fälle. Vor Ort wurde die Ozonkonzentration der Außenluft gemessen, die Werte für die anderen Klima- und Umweltparameter übernahmen wir von Messstationen in der Umgebung. 208 Urinproben wurden mittels ELISA auf die Konzentration von EPX untersucht.

Die maximalen Halbstundenmittelwerte für Ozon lagen zwischen $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, an fünf Tagen über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es ergaben sich statistisch signifikante positive Korrelationen zwischen den Konzentrationen von Ozon und Pollen ($r=0,526$, $p<0,001$), Ozon und Staub ($r=0,303$, $p<0,01$) sowie Ozon und der Lufttemperatur ($r=0,372$, $p<0,001$).

Eine Analyse der logarithmierten EPX/Kreatinin-Werte erbrachte keine signifikanten Korrelationen mit Umweltparametern. Allerdings ergab sich für die EPX-Konzentrationen eine deutliche zirkadiane Rhythmik: die Werte nahmen im Tagesverlauf ab ($r=-0,467$, $p<0,001$).

Das Ergebnis unserer Studie war, dass im Sommer 1999 in Starnberg lufthygienische und Klimafaktoren keinen nachweisbaren Einfluss auf die Besuchsfrequenz in einer kinderärztlichen Praxis sowie auf das Beschwerdebild der Patienten zu haben schienen. Diese Ergebnisse müssten jedoch durch eine größere Studie mit einem günstigeren epidemiologischen Design bestätigt werden, bevor sie als gesichert anzusehen sind.

Literaturverzeichnis

- Avendano, L.F., Cespedes, A., Stecher, X., Palomino, M.A.
Influence of respiratory viruses, cold weather and air pollution in lower respiratory tract infections in infants
Rev. Med. Chil. 127 (1999) 1073-1078
- Avol, E., Peters, J., London, S., Navidi, W., Rappaport, E., Rodriguez, P., Nasi, L., Lurmann, F.
Respiratory-related school absences and air pollution in southern California
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 155 (1997) A747
- Bates, D.V.
The effects of air pollution on children
Environ. Health Perspect. 103 (1995) 49-53
- Beasley, R., Keil, U., v. Mutius, E., Pearce, N.
Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC
Lancet 351 (1998) 1125-1232
- Berry, M., Lioy, P., Gelperin, K., Buckler, G., Klotz, J.
Accumulated exposure to ozone and measurement of health effects in children and counselors at two summer camps
Env. Res. 54 (1991) 135-150
- Brauer, M., Blair, J., Vedal, S.
Effect of ambient ozone exposure on lung function in farm workers
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 154 (1996) 981-987
- Braun-Fahrländer, Ch., Ackermann-Liebrich, U., Wanner, H.-U., Rutishauser, M., Gnehm, H.E., Minder, Ch.E.
Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die Atemwege von Kleinkindern
Schweiz. Med. Wschr. 119 (1989) 1424-1433
- Braun-Fahrländer, C., Künzli, N., Domenighetti, G., Carell, C.F., Ackermann-Liebrich, U.
Acute effects of ambient ozone on respiratory function of swiss schoolchildren after a 10-minute heavy exercise
Pediatr. Pulmonol. 17 (1994) 169-177
- Braun-Fahrländer, Ch., Vuille, J.C., Sennhauser, F.H., Neu, U., Künzle, T., Grize, L., Gassner, M., Minder, C., Schindler, C., Varonier, H.S., Wüthrich, B., and the SCARPOL Team
Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in swiss schoolchildren
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 155 (1997) 1042-1049
- Bucher, K.
Ein Verfahren zur objektiven Klassifizierung des Wetters unter biosynoptischen Gesichtspunkten
Berichte des Deutschen Wetterdienstes (1993) 183
- Burnett, R.T., Dales, R.E., Raizenne, M., Krewski, D., Summers, P.W., Roberts, G.R., Raad-Young, M., Dann, T., Brook, J.
Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario hospitals
Env. Res. 65 (1994) 172-194
- Castillejos, M., Gold, D., Dockery, D., Tosteson, T., Baum, T., Speizer, F.
Effects of ambient ozone on respiratory function and symptoms in Mexico City schoolchildren
Am. Rev. Respir. Dis. 145 (1992) 276-282
- Castillejos, M., Gold, D., Damokosh, A.I., Serrano, P., Allen, G., McDonnell, W.F., Dockery, D., Ruiz Velasco, S., Hernandez, M., Hayes, C.
Acute effects of ozone on the pulmonary function of exercising schoolchildren from Mexico City
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 152 (1995) 1501-1507

- Castillejos, M., Ruiz Velasco, S., Bierwinski, S., Allen, G., Retama, A., Gold, D.R.
Air pollution and absenteeism in schoolchildren from south-west Mexico City
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 155 (1997) A421
- Castillejos, M., Loomis, D., Gold, D.R., Borja-Aburto, V.H.
Particulate matter and infant mortality in south-west Mexico City
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 157 (1998) A261
- Chen, P.-C., Lai, Y.-M., Chan, C.-C., Hwang, J.-S., Yang, C.-Y., Wang, J.-D.
Short-term effect of ozone on the pulmonary function of children in primary school
Env. Health Perspect. 107 (1999) 921-925
- Delfino, R., Hanley, J.A., Abenhaim, L., Becklake, M.R.
The relationship of urgent hospital admissions for respiratory illness to air pollution levels in Montreal
Am. Rev. Respir. Dis. 147 (1993) A638
- Delfino, R., Coate, B., Zeiger, R., Seltzer, J., Street, D., Koutrakis, P.
Daily asthma severity in relation to personal ozone exposure and outdoor fungal spores
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 154 (1996) 633-641
- Desqueyroux, H., Momas, I.
Pollution atmosphérique et santé: une synthèse des études longitudinales de panel publiées de 1987 à 1998
Rev. Epidémiol. Santé Publ. 47 (1999) 361-375
- Devlin, R.B., McDonnell, W.F., Mann, R., Becker, S., House, D.E., Schreinemachers, D., Koren, H.S.
Exposure of humans to ambient levels of ozone for 6.6 hours causes cellular and biochemical changes in the lung.
Am. J. Respir. Cell. Mol. Biol. 4 (1991) 72-81
- Dockery, D.W., Speizer, F.E., Stram, D.O., Ware, J.H., Spengler, J.D., Ferris, B.J.(Jr.)
Effects of inhalable particles on respiratory health of children
Am. Rev. Respir. Dis. 139 (1989) 587-594
- Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, C.A., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G., Speizer, F.E.
An association between air pollution and mortality in six U.S. cities
New Engl. J. Med. 329 (1993) 1753-1759
- Forster, J., Kühn, J., Bär, G., Scholz, D., Strauch, E., Bohnet, W., Schneider, C., Mattes, J., Ihorst, G.
Prospektive Längsschnitt-Studie über lungenphysiologische Effekte von Ozon bei Schulkindern
Proc. BW PLUS-Statusseminar 1999
- Gold, D.R., Pope, A., Castillejos, M., Serrano, P., Allen, G., Dockery, D., McDonnell, W., Damokosh, A., Speizer, F., Hayes, C.
Peak flow, PM10 and ozone
Am. J. Resp. Crit. Care Med. 151 (1995) A496
- Hajat, S., Haines, A., Goubet, S.A., Atkinson, R.W., Anderson, H.R.
Association of air pollution with daily GP consultations for asthma and other lower respiratory conditions in London
Thorax 54 (1999) 597-605
- Hajat, S., Haines, A., Atkinson, R.W., Bremner, S.A., Anderson, H.R., Emberlin, J.
Association between air pollution and daily consultations with general practitioners for allergic rhinitis in London, United Kingdom
Am. J. Epidemiol. 153 (2001) 704-714
- Hirsch, T., Weiland, S.K., v. Mutius, E., Safeca, A.F., Gräfe, H., Csaplovics, E., Duhme, H., Keil, U., Leupold, W.
Inner city air pollution and respiratory health and atopy in children
Eur. Respir. J. 14 (1999) 669-677

- Hoek, G., Brunekreef, B.
Effect of photochemical air pollution on acute respiratory symptoms in children
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 151 (1995) 27-32
- Hoek, G., Schwartz, J., Groot, B., Eilers, P.
Effects of ambient particulate matter and ozone on daily mortality in Rotterdam, the Netherlands
Arch. Environ. Health 52 (1997) 455-463
- Höppe, P., Rabe, G., Praml, G.
Der Einfluss erhöhter Ozonkonzentrationen auf die Lungenfunktion ausgewählter Bevölkerungsgruppen
2. Abschlussbericht Bay. Staatsmin. f. Landesentw. u. Umweltfragen, Materialienband 125 (1997)
- Höppe, P., Rabe, G., Lindner, J., Praml, G.
Der Einfluss erhöhter Ozonkonzentrationen auf die Lungenfunktion ausgewählter Bevölkerungsgruppen
(Münchener Ozonstudie)
Zusammenfassender Abschlussbericht Bay. Staatsmin. f. Landesentw. u. Umweltfragen, Materialienband 149
(2000)
- Horak, F.Jr., Studnicka, M., Gartner, C., Neumann, M., Tauber, E., Urbanek, R., Veiter, A., Frischer, T.
Der Einfluss von inhalierbaren Staubpartikeln (PM₁₀) auf Lungenfunktion und respiratorische Symptome bei niederösterreichischen Volksschulkindern
Wien. Klin. Wochenschr. 112 (2000) 126-132
- Ilabaca, M., Romieu, I., Tellez, M.M., Ruiz, S.
Effects of fine particulates on acute respiratory illnesses among children in Santiago de Chile
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 157 (1998) A877
- Jörres, R., Nowak, D., Magnussen, H.
The effect of ozone exposure on allergen responsiveness in subjects with asthma or rhinitis
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 153 (1996) 56-64
- Keiding, L.M., Rindel, A.K., Kronborg, D.
Respiratory illnesses in children and air pollution in Copenhagen
Arch. Environ. Health 50 (1995) 200-206
- Kelsall, J.E., Samet, J.M., Zeger, S.L., Xu, J.
Air pollution and mortality in Philadelphia, 1974-1988
Am. J. Epidemiol. 146 (1997) 750-762
- Künzli, N., Schindler, C., Karrer, W., Perruchoud, A.P., Ackermann-Liebrich, U., Brändli, O., Zellweger, J.P., Leuenberger, P. and SAPALDIA Team
Air pollution is associated with doctors' visits (Swiss Study on Air Pollution and Lung Disease in Adults – SAPALDIA)
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 161 (2000) A309
- Lebowitz, M.D., Holberg, C., Boyer, B., Hayes, C.
Respiratory symptoms and peak flow associated with indoor and outdoor air pollutants in the southwest
J. Air Pollut. Control Assoc. 35 (1985) 1154-1158
- Lebowitz, M.D., Collins, L., Holberg, C.
Time series analyses of respiratory responses to indoor and outdoor environmental phenomena
Environ. Res. 43 (1987) 332-341
- Lewis, P.R., Hensley, M.J., Wlodarczyk, J.W., Toneguzzi, R., Westley-Wise, V., Dunn, T., Calvert, D.
Outdoor air pollution and children's respiratory symptoms in the steel cities of New South Wales
MJA 169 (1998) 459-463
- Lin, C.A., Martins, M.A., Farhat, S.C., Pope, C.A. 3rd, Conceicao, G.M., Anastacio, V.M., Hatanaka, M., Andrade, W.C., Hamaue, W.R., Bohm, G.M., Saldiva, P.H.
Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil
Paediatr. Perinat. Epidemiol. 13, 4 (1999) 475-488

- Linn, W.S., Shamoo, D.A., Anderson, K.R., Peng, R.C., Avol, E.L., Hackney, J.D., Gong, H. Jr
Short-term air pollution exposures and responses in Los Angeles area schoolchildren
J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol. 6, 4 (1996) 449-472
- Lippmann, M., Liroy, P.J., Leikauf, G., Green, K.B., Baxter, D., Morandi, M., Pasternack, B.S.
Effects of ozone on the pulmonary function of children
Adv. Mod. Environ. Toxicol. 5 (1983) 423-446
- Lugosi, E., Halmerbauer, G., Frischer, T., Koller, D.Y.
Urinary eosinophil protein X in relation to disease activity in childhood asthma
Allergy 52 (1997) 584-588
- Mar, T.F., Norris, G.A., Koenig, J.Q., Larson, T.V.
Associations between air pollution and mortality in Phoenix, 1995-1997
Environ. Health Perspect. 108 (2000) 347-353
- Mattes, J., Baer, G., Schneider, C., Bohnet, W., Ihorst, G., Strauch, E., Kuehr, J., Forster, J. and the ozone working group
Associations between respiratory symptoms and ambient ozone levels over two summers in 765 schoolchildren
Am. J. Resp. Crit. Care Med. 159 (1999) A772
- McDonnell, W., Chapman, R., Leigh, M., Strobe, G., Collier, A.
Respiratory responses of vigorously exercising children to 0.12 ppm ozone exposure
Am. Rev. Respir. Dis. 132 (1985) 875-879
- McDonnell, W.F., Kehr, H.R., Abdul-Salaam, S., Ives, P.J., Folinsbee, L.J., Devlin, R.B., O'Neil, J.J., Horstman, D.H.
Respiratory responses of humans exposed to low levels of ozone for 6.6 hours
Arch. Environ. Health 46 (1991) 145-150
- Mücke, H.-G., Wagner, H.M.
Anorganische Gase / Stickstoffdioxid
in: Wichmann, Schlipkötter, Fülgraff (Hrsg.)
Handbuch Umweltmedizin, Ecomed Verlag, Landsberg, 14. Erg. Lfg. (1998), Kap. VI-1
- Naeher, L.P., Holford, T.R., Beckett, W.S., Belanger, K., Triche, E.W., Bracken, M.B., Leaderer, B.P.
Healthy women's PEF variations with ambient summer concentrations of PM₁₀, PM_{2,5}, SO₄²⁻, H⁺, and O₃
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 160 (1999) 117-125
- Neas, L.M., Dockery, D.W., Burge, H., Koutrakis, P., Speizer, F.E.
Fungus spores, air pollutants, and other determinants of peak expiratory flow rates in children
Am. J. Epidemiol. 143 (1996) 797-807
- Nowak, D.
Effekte der Luftverschmutzung auf Risikopatienten
Atemw.-Lungenkrkh. 25 (1999) 294-298
- Ostro, B., Eskeland, G., Sanchez, J., Feyzioglu, T.
Air pollution and health effects: a study of medical visits among children in Santiago, Chile
Environ. Health Perspect. 107 (1999) 69-73
- Peters, A., Schulz, H., Kreyling, W.G., Wichmann, H.E.
Staub und Staubinhaltsstoffe / Feine und ultrafeine Partikel
in: Wichmann, Schlipkötter, Fülgraff (Hrsg.)
Handbuch Umweltmedizin, Ecomed Verlag, Landsberg, 14. Erg. Lfg. (1998), Kap. VI-1
- Peters, A., Skorkovsky, J., Kotesovec, F., Brynda, J., Spix, C., Wichmann, H.E., Heinrich, J.
Associations between mortality and air pollution in central Europe
Environ. Health Perspect. 108 (2000) 283-287

- Peters, J.M., Avol, E., Navidi, W., London, S., Gauderman, W.J., Lurmann, F., Linn, W., Margolis, H., Rappaport, E., Gong, H. Jr., Thomas, D.C.
A study of twelve Southern California communities with differing levels and types of air pollution
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 159 (1999) 760-767
- Ponce de Leon, A., Anderson, H.R., Bland, J.M., Strachan, D.P., Bower, J.
Effects of air pollution on daily hospital admissions for respiratory disease in London between 1987-88 and 1991-92
J. Epidemiol. Comm. Health 50 (1996) 63-70
- Pope, C.A.III, Dockery, D.W., Spengler, J.D., Raizenne, M.E.
Respiratory health and PM10-pollution
Am. Rev. Respir. Dis. 144 (1991) 668-674
- Pope, C.A.III, Dockery, D.W.
Acute health effects of PM10-pollution on symptomatic and asymptomatic children
Am. Rev. Respir. Dis. 145 (1992) 1123-1128
- Pope, C.A.III, Thun, M., Namboodiri, M.M., Dockery, D.W., Evans, J.S., Speizer, F.E., Heath, C.W.Jr.
Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 151 (1995) 669-674
- Rieder, Ph., Haller, E., van Melle, G., Zellweger, J.-P.
Ozone, fonction ventilatoire et réactivité bronchique
Schweiz. Med. Wschr. 121 (1991) 1157-1162
- Romieu, I., Ruiz Velasco, S., Hernandez, M., Mercado, A., Cortes, M., Palazuelos, E.
Ozone air pollution and severity of respiratory illnesses among young children residing in Mexico City
Am. J. Resp. Crit. Care Med. 155 (1997) A421
- Schmitzberger, R., Rhomberg, K., Büchele, H., Puchegger, R., Schmitzberger-Natzmer, D., Kemmler, G., Panosch, B.
Effects of air pollution on the respiratory tract of children
Pediatr. Pulmonol. 15 (1993) 68-74
- Schwartz, J., Wypij, D., Dockery, D.W., Ware, J.H., Zeger, S., Spengler, J.D., Ferris, B.G. Jr.
Daily diaries of respiratory symptoms and air pollution: methodological issues and results
Environ. Health Perspect. 90 (1991) 181-187
- Schwartz, J., Dockery, D.W., Neas, L.M., Wypij, D., Ware, J.H., Spengler, J.D., Koutrakis, P., Speizer, F.E., Ferris, B.G.Jr.
Acute effects of summer air pollution on respiratory symptom reporting in children
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 150 (1994) 1234-1242
- Schwartz, J., Neas, L.M.
Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren
Epidemiology 11 (2000) 6-10
- Spektor, D.M., Lippmann, M., Thurston, D., Liroy, P.J., Stecko, J., O'Connor, G., Garshick, E., Speizer, F.E., Hayes, C.
Effects of ambient ozone on respiratory function in healthy adults exercising outdoors
Am. Rev. Respir. Dis. 138 (1988) 821-828
- Spektor, D.M., Thurston, G.D., Mao, J., He, D., Hayes, C., Lippmann, M.
Effects of single- and multiday ozone exposures on respiratory function in active normal children
Env. Res. 55 (1991) 107-122
- Spiegel, Der
Reizgas aus heiterem Himmel
Der Spiegel 22 (1993) 92

- Steerenberg, P.A., Nierkens, S., Fischer, P.H., van Loveren, H., van Amsterdam, J.G.C.
Traffic related air pollution is associated with decline in lung function and increase in upper airway inflammation in schoolchildren
Am. J. Resp. Crit. Care Med. 159 (1999) A773
- Storm van 's Gravesande, K., Mattes, J., Grüntjens, T., Kopp, M., Seydewitz, H. H., Moseler, M., Kuehr, J.
Circadian variation of urinary eosinophil protein X in asthmatic and healthy children
Clin. Exp. Allergy 29 (1999) 1497-1501
- Studnicka, M., Frischer, T., Spengler, J., Studnicka-Benke, A., Katz, E., Neumann, M.
Short-term effects of acid aerosols and ozone in lung function in children
Am. Rev. Respir. Dis. 147 (1993) A638
- Studnicka, M., Frischer, T.
Urinary eosinophil protein X is associated with ambient exposure to ozone
Proc. 7th Int. Inhalation Symp. Hannover A35 (1999) 62
- Thurston, G., Lippmann, M., Bartoszek, M., Fine, I.
Air pollution associations with asthma exacerbations, peak flow changes, and respiratory symptoms in children at a summer camp
Am. Rev. Respir. Dis. 147 (1993) A633
- Tiittanen, P., Timonen, K. L., Ruuskanen, J., Mirme, A., Pekkanen, J.
Fine particulate air pollution, resuspended road dust and respiratory health among symptomatic children
Eur. Respir. J. 13 (1999) 266-273
- Ulmer, C., Kopp, M., Ihorst, G., Frischer, T., Forster, J., Kuehr, J.
Effects of ambient ozone exposures during the spring and summer of 1994 on pulmonary function of schoolchildren
Pediatr. Pulmonol. 23 (1997) 344-353
- Vedal, S., Schenker, M.B., Munoz, A., Samet, J.M., Batterman, S., Speizer, F.E.
Daily air pollution effects on children's respiratory symptoms and peak expiratory flow
Am. J. Public Health 77 (1987) 694-698
- Wagner, H.M., Höppe, P.
Anorganische Gase / Ozon
in: Wichmann, Schlipköter, Fülgraff (Hrsg.)
Handbuch Umweltmedizin, Ecomed Verlag, Landsberg, 13. Erg. Lfg. (1998), Kap. VI-1
- Wagner, M.
Ozon – somatische und psychische Auswirkungen
Münch. med. Wschr. 135 (1993) 367-370
- Weiland, K., von Mutius, E., Hirsch, T., Duhme, H., Fritzsche, C., Werner, B., Hüsing, A., Stender, M., Renz, H., Leupold, W., Keil, U.
Prevalence of respiratory and atopic disorders among children in the East and West of Germany five years after unification
Eur. Respir. J. 14 (1999) 862-870
- White, M. C., Etzel, R. A., Wallace, D. W., Lloyd, C.
Exacerbations of childhood asthma and ozone pollution in Atlanta
Env. Res. 65 (1994) 56-68
- Wojnarowski, C., Roithner, B., Koller, D. Y., Halmerbauer, G., Gartner, C., Tauber, E., Frischer, T.
Lack of relationship between eosinophil cationic protein and eosinophil protein X in nasal lavage and urine and the severity of childhood asthma in a 6-month follow-up study
Clin. Exp. Allergy 29 (1999) 926-932
- Zanobetti, A., Schwartz, J., Rossi, G., Vigotti, M.A., Repetto, G., Gianelle, V.
Air pollution and cause specific mortality in Milan, Italy
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 157 (1998) A879

Van der Zee, S., Hoek, G., Boezen, H.M., Schouten, J.P., van Wijnen, J.H., Brunekreef, B.
Acute effects of urban air pollution on respiratory health of children with and without chronic respiratory symptoms
Occup. Environ. Med. 56 (1999) 802-812

Zemp, E., Elsasser, S., Schindler, C., Künzli, N., Perruchoud, A.P., Domenighetti, G., Medici, T., Ackermann-Liebrich, U., Leuenberger, P., Monn, C., Bolognini, G., Bongard, J.-P., Brändli, O., Karrer, W., Keller, R., Schöni, M.H., Tschopp, J.-M., Villiger, B., Zellweger, J.-P., and the SAPALDIA Team
Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults
Am. J. Respir. Crit. Care Med. 159 (1999) 1257-1266

Abkürzungsverzeichnis

µg	Mikrogramm
CO	Kohlenmonoxid
EPX	Eosinophilen-Protein X
FEF 25-75	maximaler expiratorischer Fluß zwischen 25 und 75% der FVC
FEF 50	maximaler expiratorischer Fluß bei 50% der FVC
FEV ₁ %	forciertes Expirationsvolumen in 1s in % der inspiratorischen Vitalkapazität (= Tiffeneau-Index)
FEV ₁	forciertes Expirationsvolumen in 1s
FVC	forcierte expiratorische Vitalkapazität
m ³	Kubikmeter
mmol	Millimol
n	Fallzahl
nm	Nanometer
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
O ₃	Ozon
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PEF	expiratorischer Spitzenfluß
PM10	Staubpartikel (particulate matter) mit einem Durchmesser unter 10 µm
PM2,5	Staubpartikel (particulate matter) mit einem Durchmesser unter 2,5 µm
ppb	parts per billion
r	Korrelationskoeffizient
TSP	Gesamtheit aller Staubpartikel (total suspended particulates) unter 35 µm
VC	Vitalkapazität

Anhang

- Anhang 1: Fragebogen
- Anhang 2: Elterninfo
- Anhang 3: Wetterklassen nach Bucher
- Anhang 4: Korrelationen der Klima- und Umweltfaktoren
(Streudiagramme mit Ausgleichsgeraden)

Anhang 1

Umweltstudie des Instituts für Arbeits- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München

Datum:.....Wo.Tag:.....

Uhrzeit:.....

Messtagnummer:.....

...

Probandennummer:.....

..

Name:.....

Geburtsdatum:..... Geschlecht: männl weibl

Staatsangehörigkeit: deutsch and.

Grund des Arztbesuches:

Neu aufgetretene akute Beschwerden: ja nein

Verschlechterung von bestehenden Symptomen: ja nein

Beschwerden seit:h,....d

Empfehlung eines Arztbesuches durch Dritte: ja nein

Stehen Ihres Erachtens Umwelteinflüsse in

Verbindung mit den Beschwerden? ja nein

Anamnese

Beschreibung des Wohngebietes:

- Zentrum (Straßennähe)
- Mehrfamilienhäuser
- Einfamilienhäuser
- Landwirtschaft

Besuch des Kindergartens:..... ja nein

Haustiere:..... ja nein

wenn ja, welches:.....

übliche Aktivität am Nachmittag:.....

frühere ähnliche Beschwerden:..... ja nein

Passivrauchexposition:..... ja nein

Medikamenteneinnahme:..... ja nein

wenn ja, welche:.....

Vorerkrankungen:

Allergien:..... ja nein

wenn ja, welche:.....

Asthma:..... ja nein

Neurodermitis:..... ja nein

Sonstige:.....

Zum Befragungszeitpunkt gültige Daten:

Aufenthaltsdauer im Freien:

heute: ca.h vormittags/nachmittags

gestern: ca.h vormittags/nachmittags

Art der Aktivität im Freien:

heute:.....

gestern:.....

Passivrauchexposition in den letzten Stunden:..... ja nein

Medikamenteneinnahme in den letzten Stunden:..... ja nein

wenn ja, welche:.....

akute Erkältung:..... ja nein

akuter Heuschnupfen:..... ja nein

akute Bronchitis:..... ja nein

Akute Symptome:

Augenreizung:..... ja nein

Nasenreizung:..... ja nein

Kopfschmerzen:..... ja nein

Halsschmerzen:..... ja nein

Hustenreiz:..... ja nein

Heiserkeit:..... ja nein

Atemnot:..... ja nein

Schmerzen beim Einatmen:..... ja nein

Übelkeit:..... ja nein

Schwindel:..... ja nein

Sonstige:.....

Bemerkungen:

Ärztliche Diagnose:

Anhang 2

Klinikum der Universität München

Institut und Poliklinik für Arbeits- und
Umweltmedizin – Innenstadt
Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

Ludwig—
Maximilians—
Universität—
München—

LMU

Klinikum der Universität München • Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin
Ziemssenstraße 1 • D-80336 München

Ihr Zeichen Unser Zeichen Ansprechpartner Telefon: 5160-2466 Telefax: 5160-3957 E-Mail: phoepp@arbeits.med.uni-muenchen.de

Informationsblatt zum Forschungsvorhaben des Instituts für Arbeits- und Umweltmedizin

Liebe Eltern!

Umwelteinflüsse auf unsere Gesundheit stehen immer häufiger im Mittelpunkt von Diskussionen. In einer gemeinsamen Studie wollen Frau Dr. Kilian-Kornell und wir den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Gesundheit und die Häufigkeit von Arztbesuchen Ihrer Kinder untersuchen.

Zu diesem Zweck wollen wir Ihnen und Ihrem Kind einige Fragen stellen. Hauptsächlich geht es dabei um die momentanen Beschwerden Ihres Kindes, die Gründe des Arztbesuches aber auch um die Aktivitäten während der letzten Tage und um die allgemeinen Lebensgewohnheiten. Anschließend werden wir eventuell noch in einem kurzen Test die Lungenfunktion Ihres Kindes überprüfen und Ihr Kind um eine Urinprobe bitten. Natürlich ist die Teilnahme an der Erhebung freiwillig. Wir garantieren selbstverständlich die notwendige Sorgfalt und absolute Vertraulichkeit bei der Datenerhebung und deren Auswertung. Die Ergebnisse der Studie werden ohne jeden Personenbezug veröffentlicht und, falls Sie Interesse haben, Ihnen auch vorgestellt.

Wenn Sie Fragen haben, stehen wir Ihnen unter der Telefonnummer: 089/5160-2466 gerne zur Verfügung. Vor Ort wird unsere Doktorandin, Frau Marion Schosser, die Untersuchungen durchführen.

Vielen Dank für Ihre tatkräftige Unterstützung.

PD Dr. P. Höppe
Studienleiter



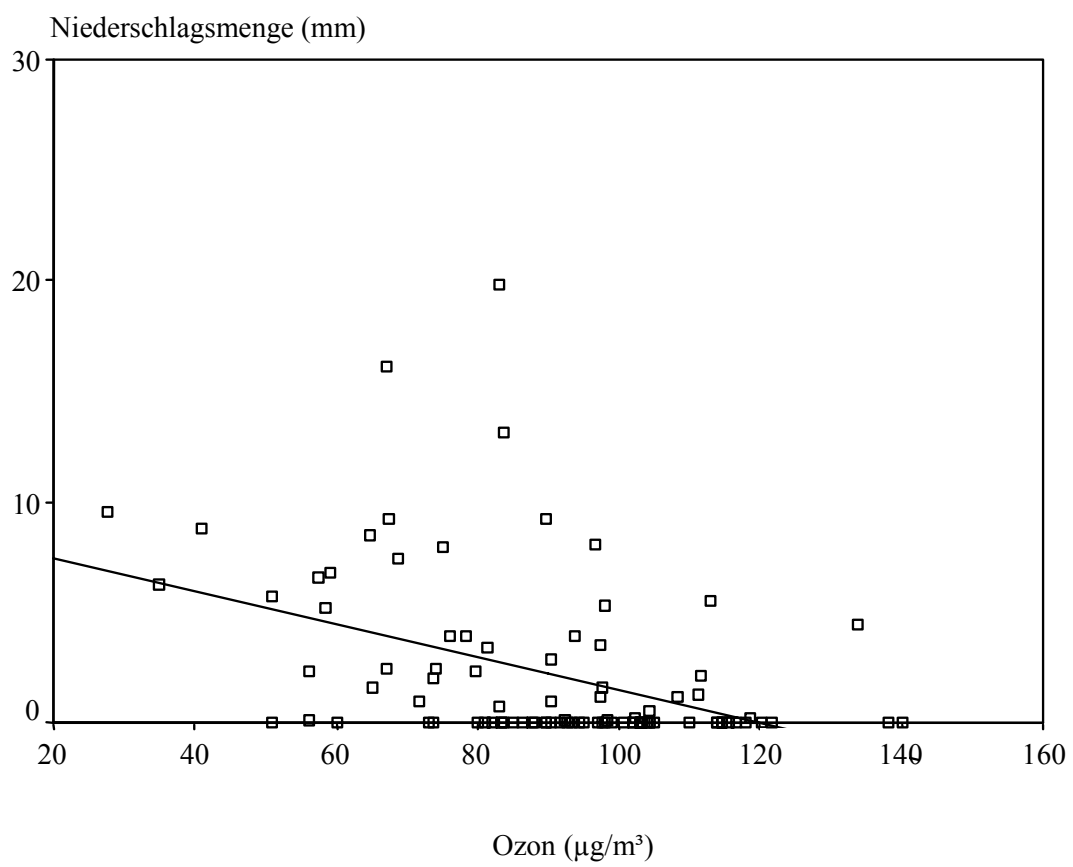
Anhang 3

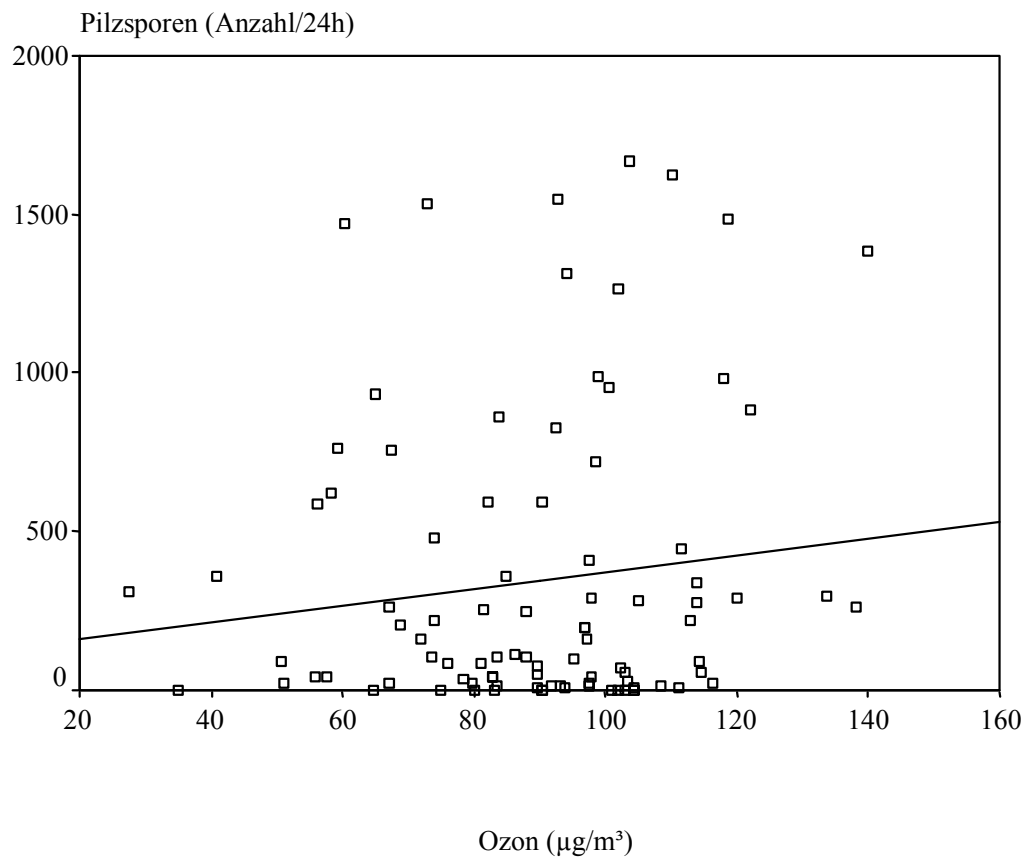
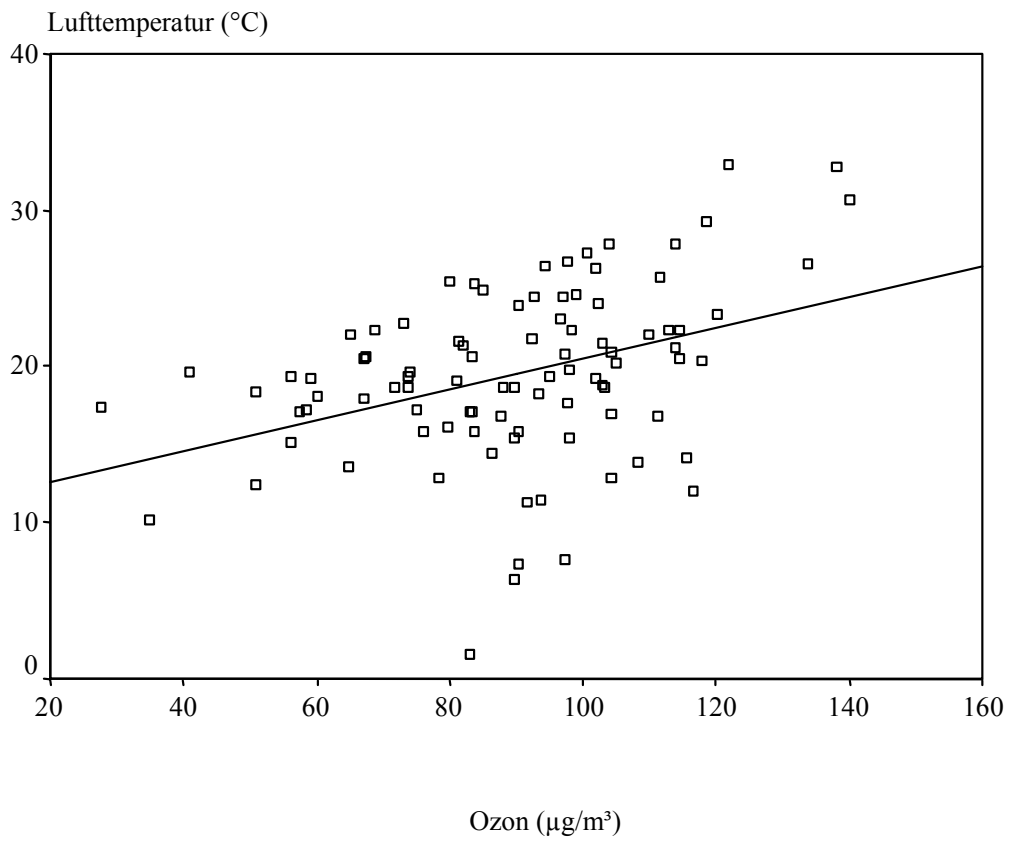
Wetterklassen (Bucher, K., 1993)

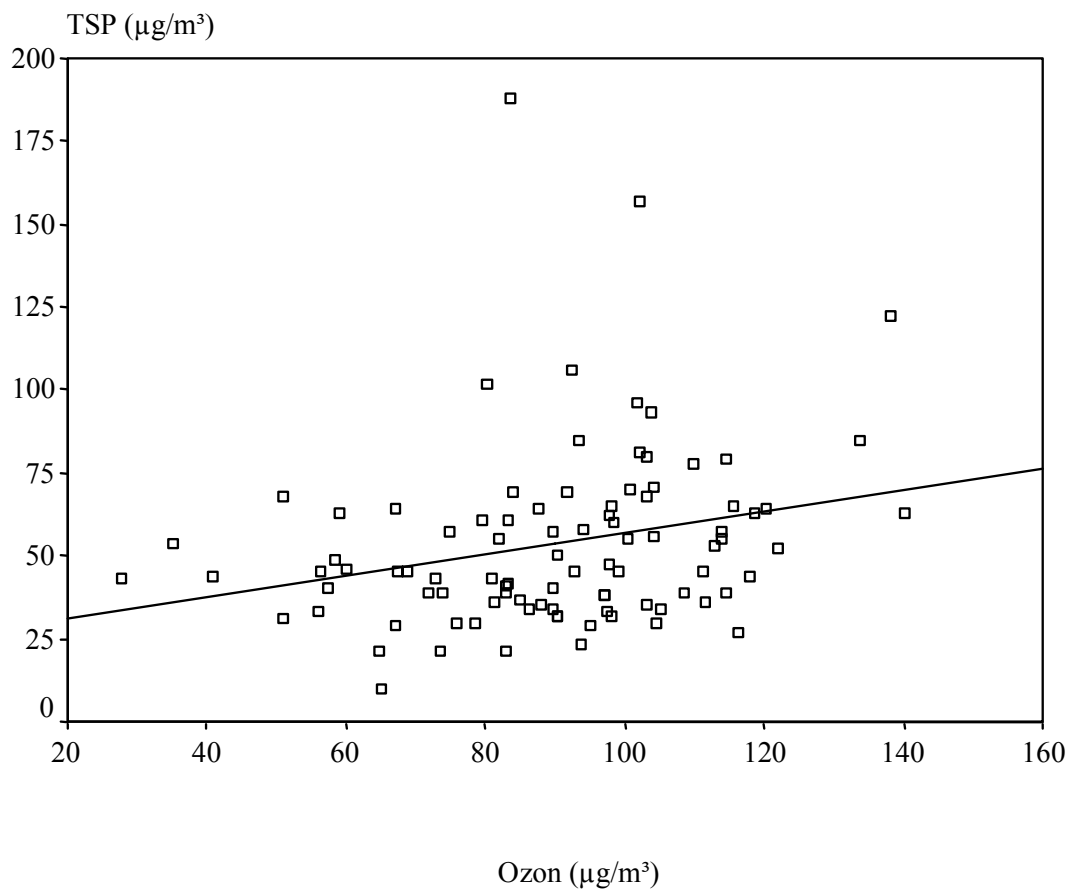
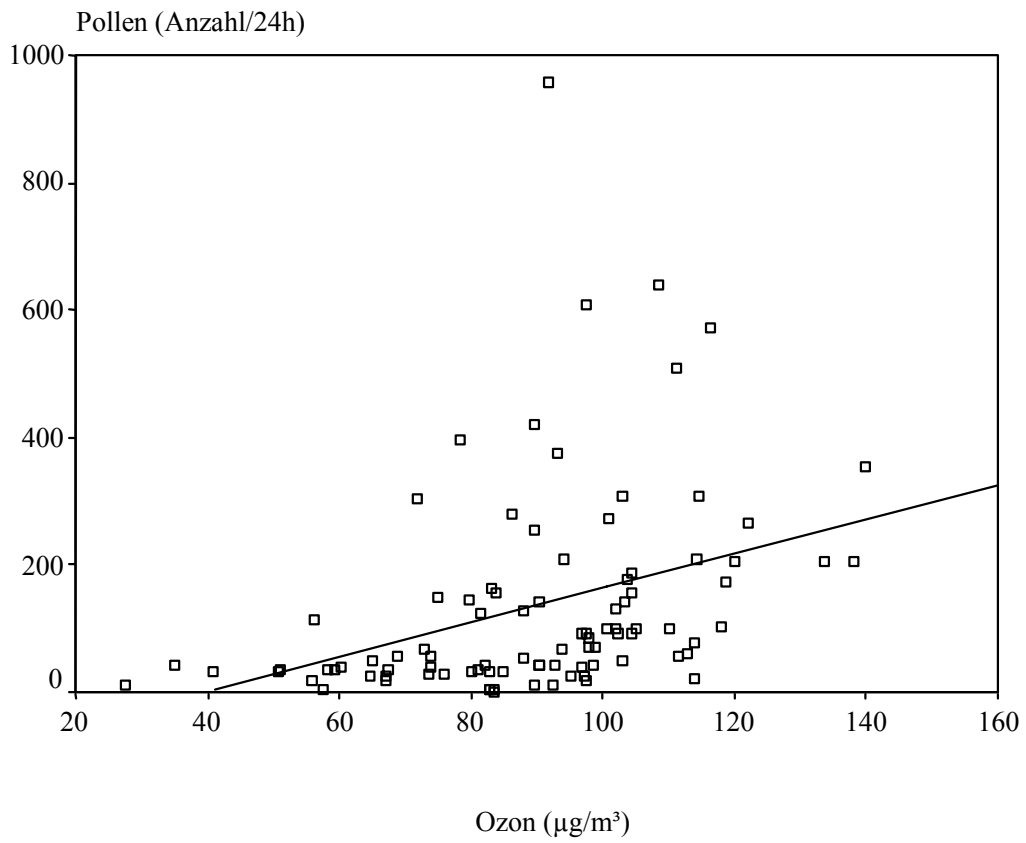
Wetterlage	Beschreibung	Grad der Biotropie
Klasse 1	Warmes Hoch ohne Bodeninversion	Indifferent
Klasse 2	Warmes Hoch mit Bodeninversion	Stark bei mehrtägig tiefliegender Inversion
Klasse 3	Überstrahlte Hochdrucklage (übersteigertes Schönwetter)	Schwach bis indifferent
Klasse 4	Warmluftadvektive Tief-Vorderseite	Stark bis sehr stark
Klasse 5	Warmsektor, laminare Strömung	Mäßig bis schwach
Klasse 6	Tiefzentrum, zyklonaler Höhepunkt	Stark bis mäßig
Klasse 7	Kaltfront, kaltluftadvektive Tiefrückseite, vollzogener Wetterumschlag	Stark bis mäßig
Klasse 8	Sogenannte Schleifzone, d.h. der Bezugsort liegt während eines längeren Zeitraumes im Bereich eines Frontensystems, das höhenströmungsparallel liegt	Schwach
Klasse 9	(Anti-/) Zyklonale Ostlage	Schwach
Klasse 10	Wetterberuhigung, Übergang zu Strahlungswetter im kalten Hoch, bzw. keine markante Wetteränderung	Schwach
Klasse 11	Strahlungswetter im kalten Hoch, mittleres Schönwetter	Schwach
Klasse 12	Warmluftzufuhr am Rande eines Hochs	Mäßig
Klasse 13	Labile Lage im Bereich eines Höhentiefs oder Höhentrog	Schwach bis indifferent

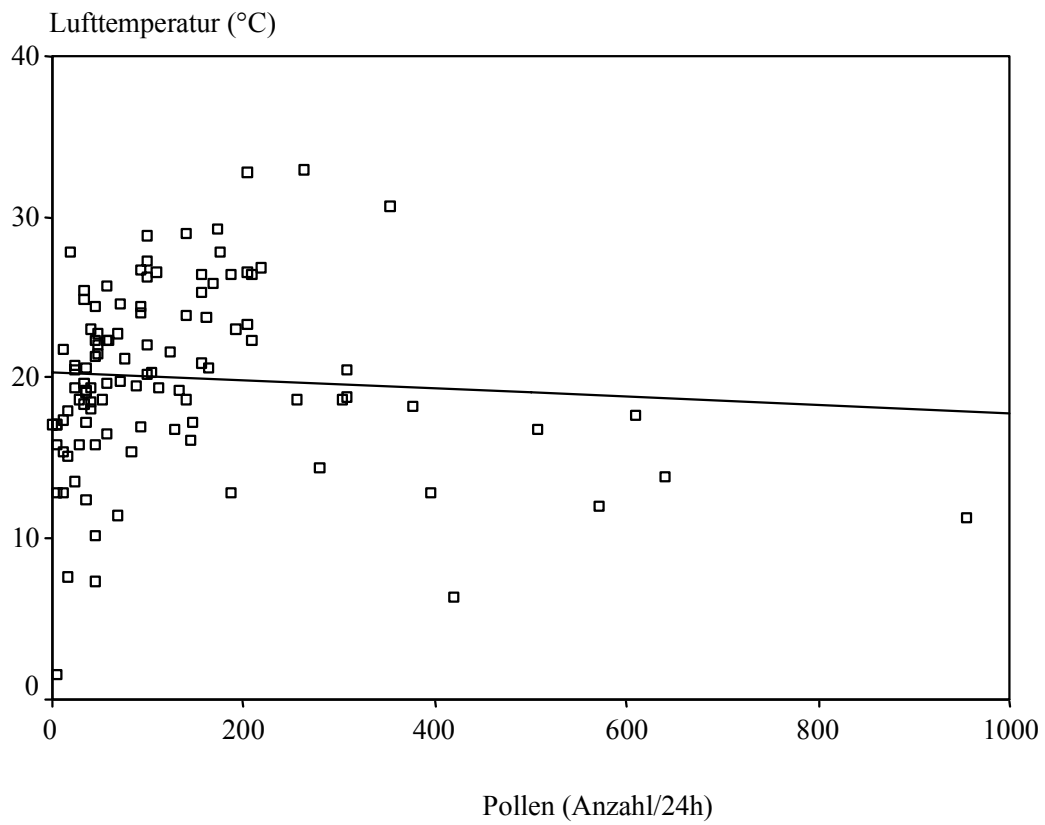
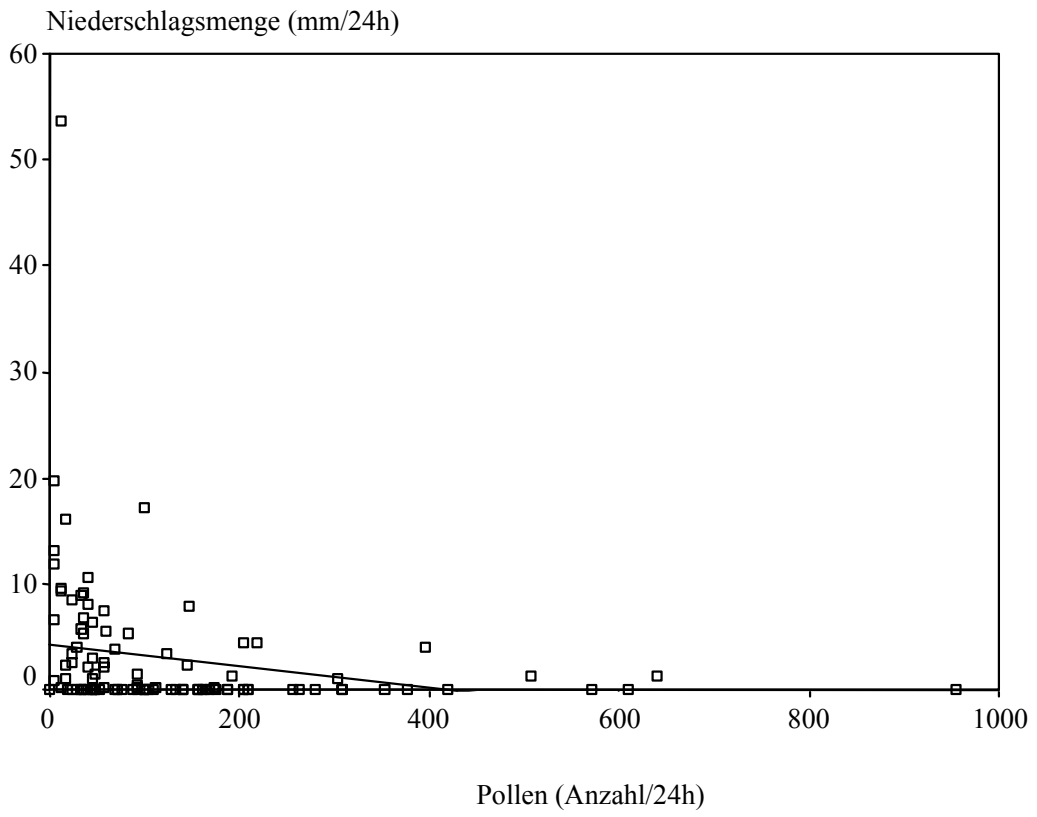
Anhang 4

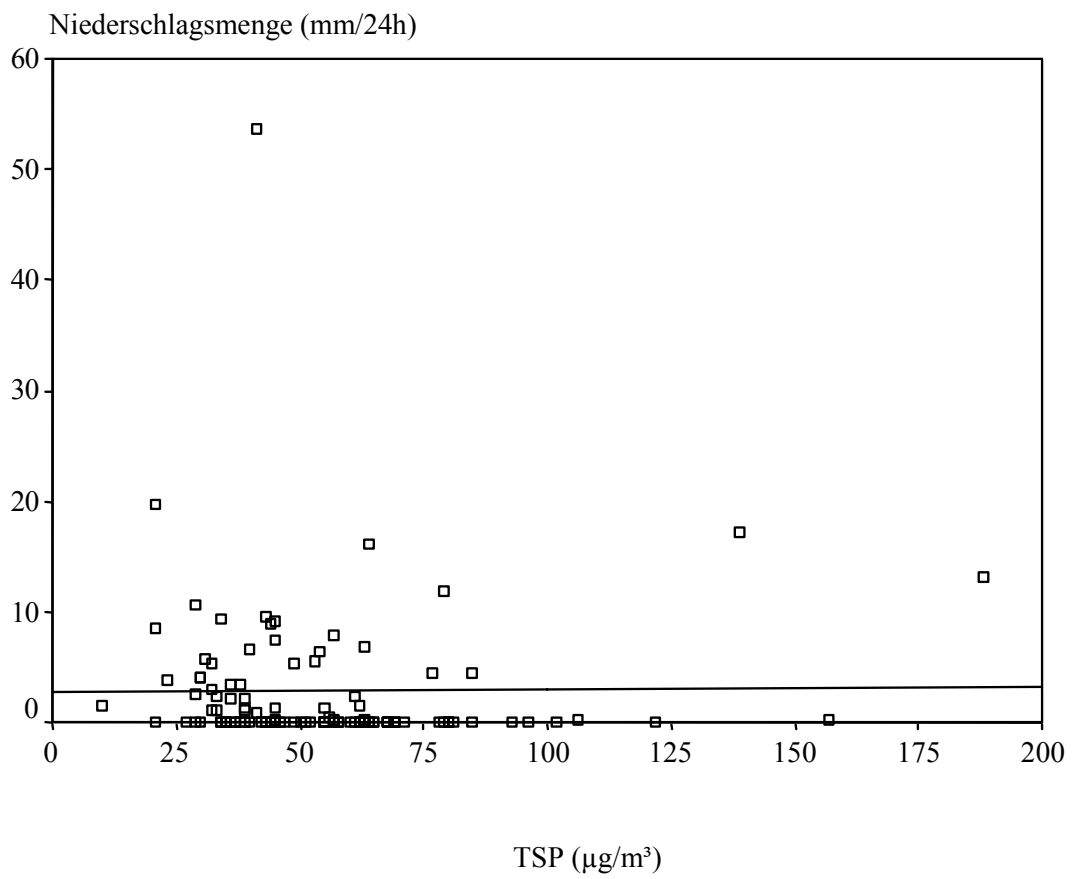
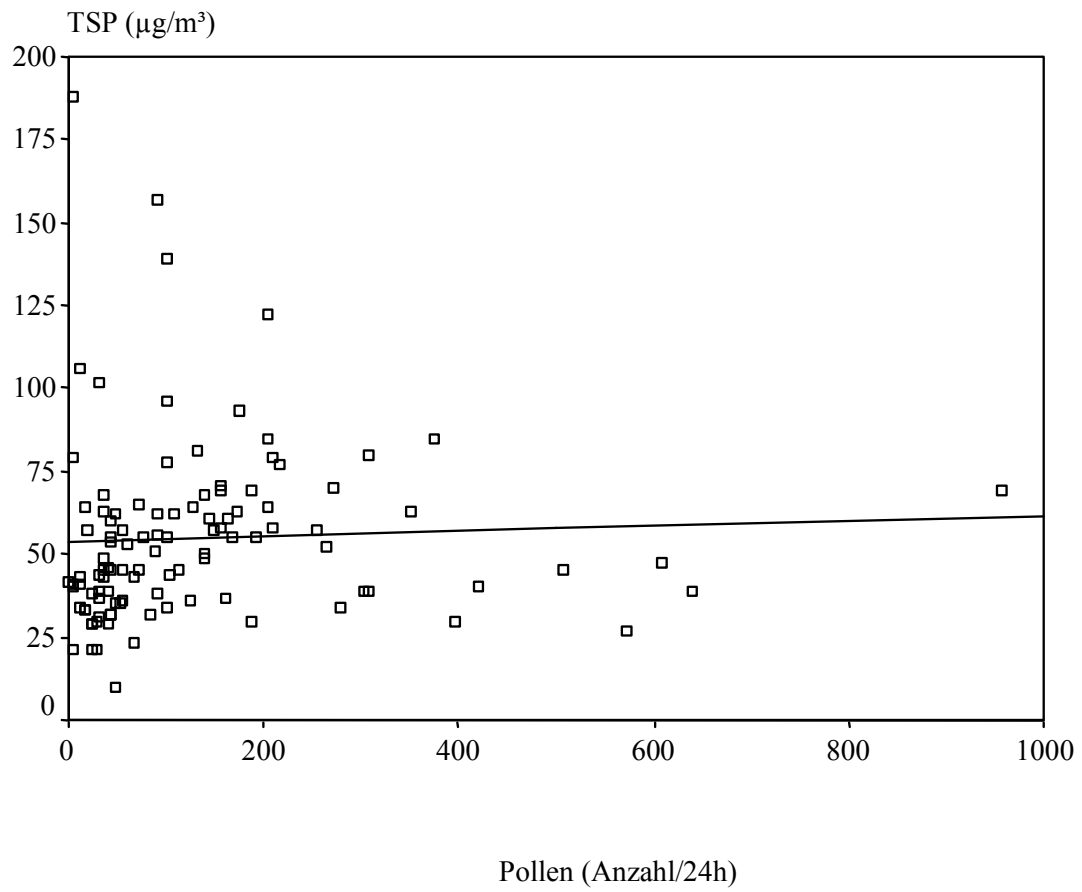
Korrelationen der Klima- und Umweltfaktoren: Univariate Analyse nach Spearman
(Streudiagramme mit Ausgleichsgeraden)

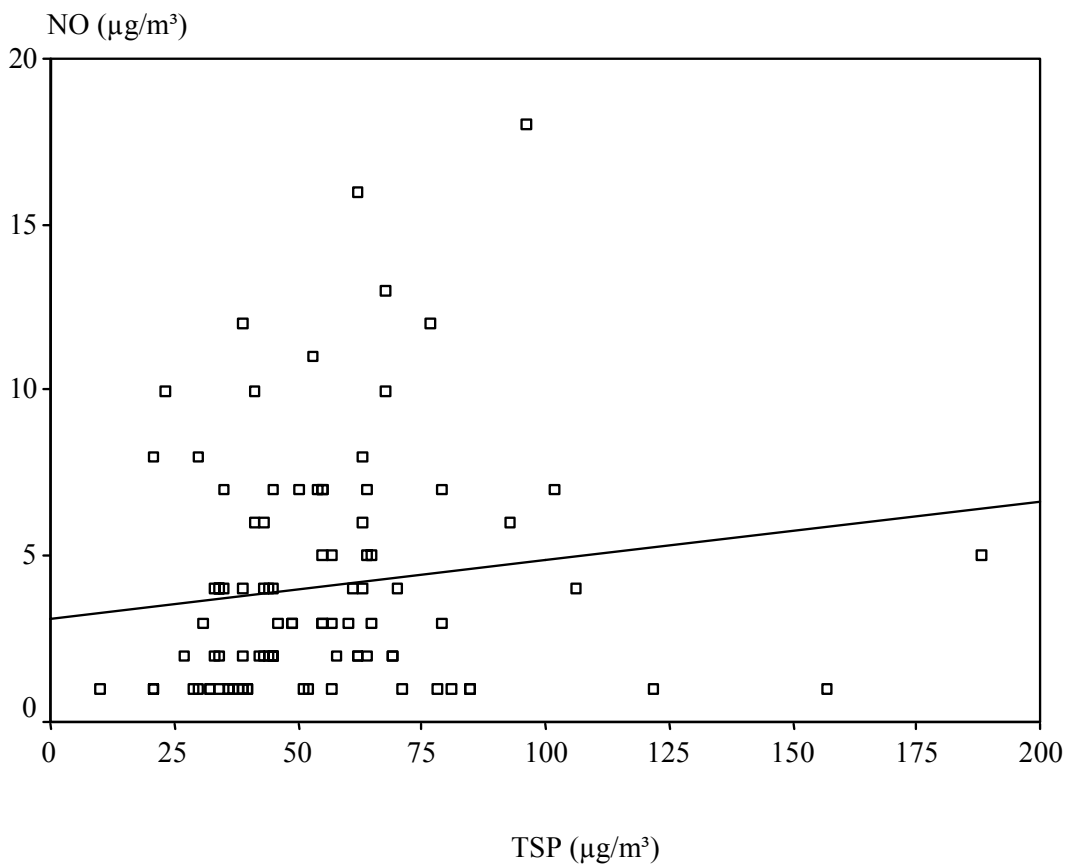
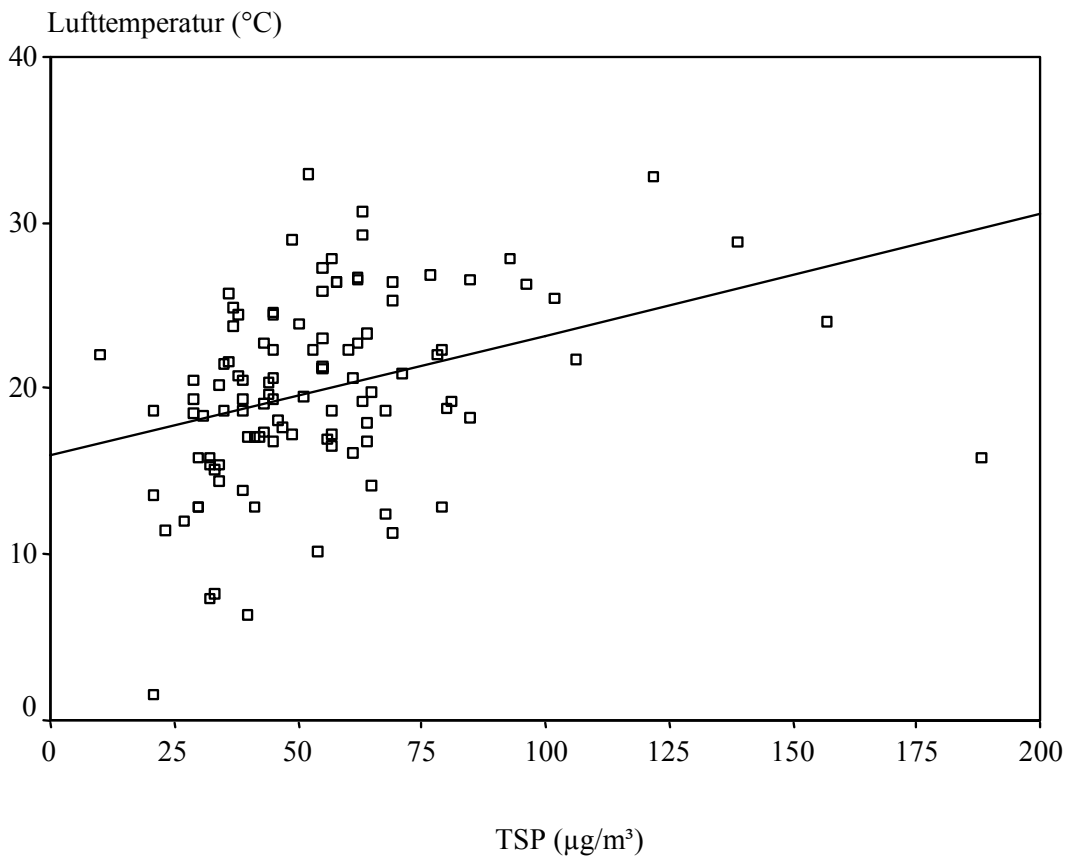


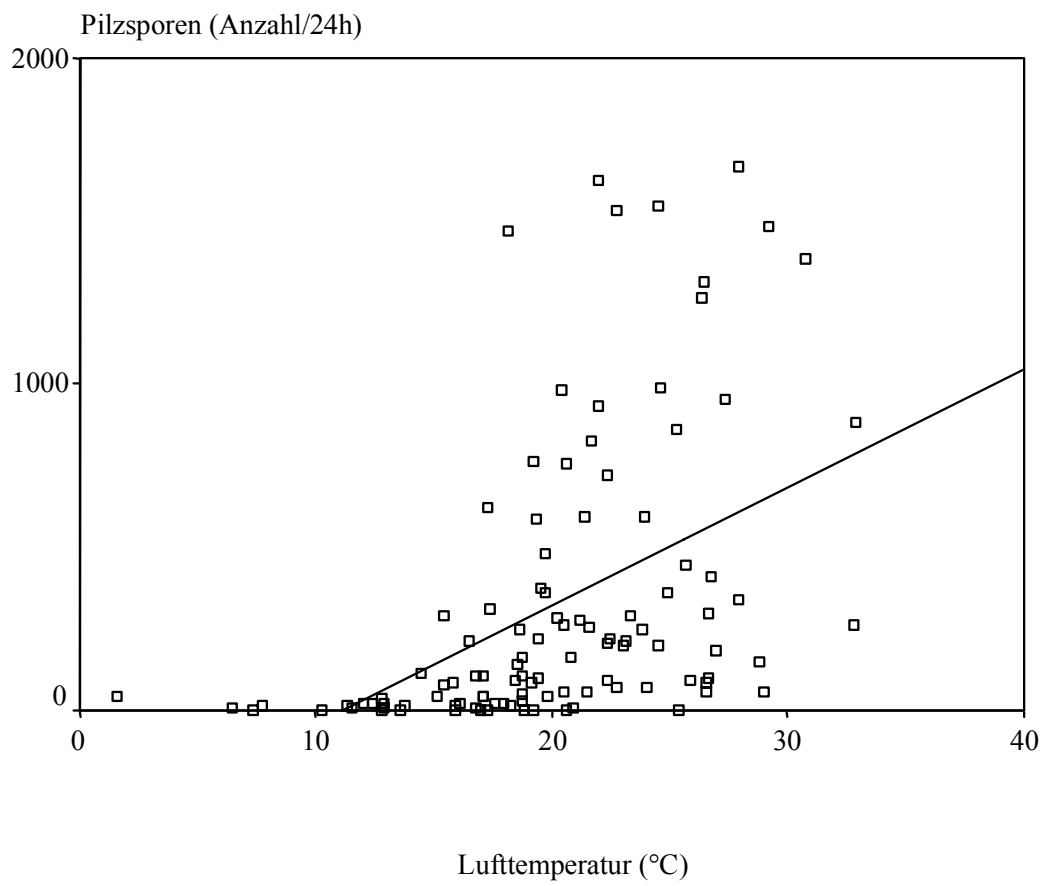
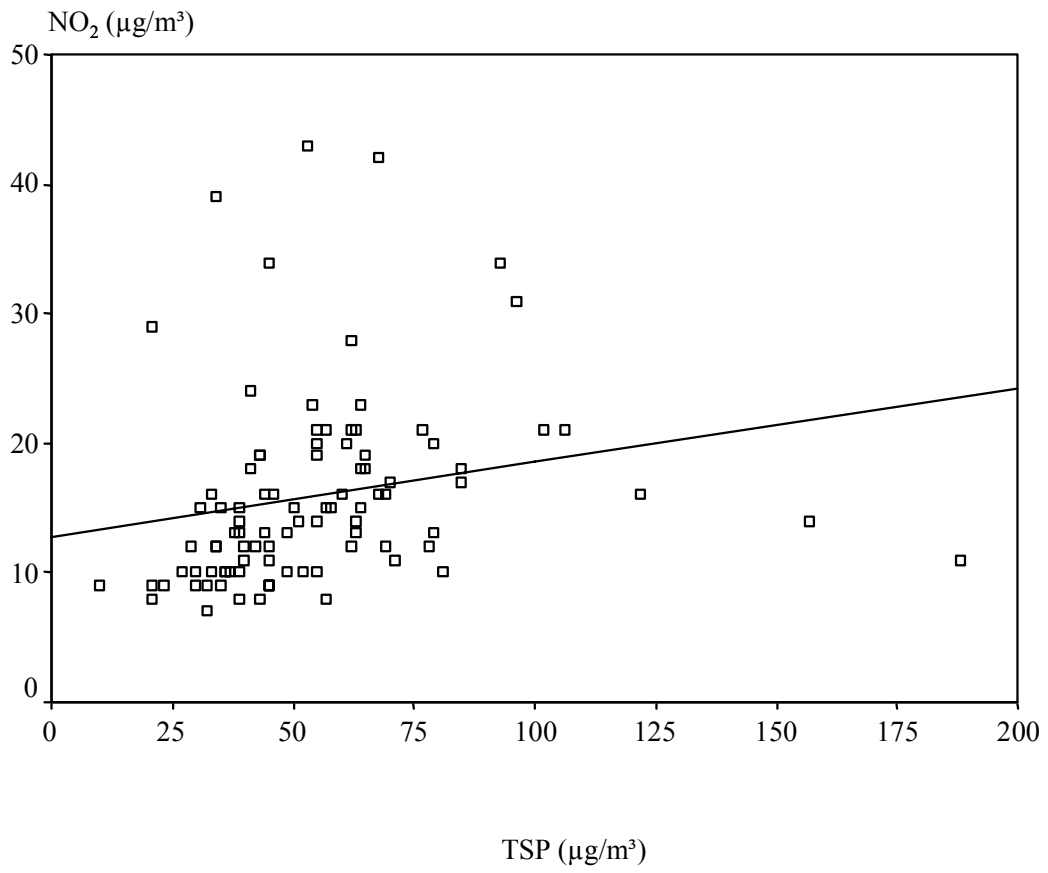


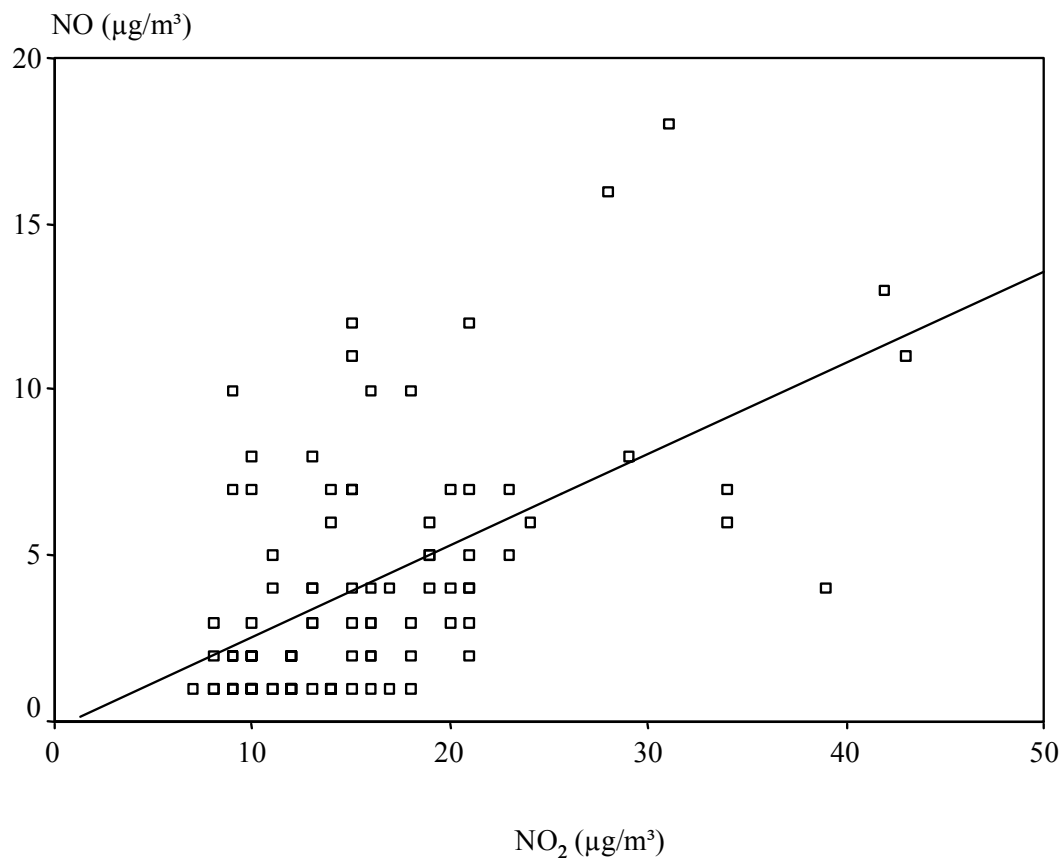
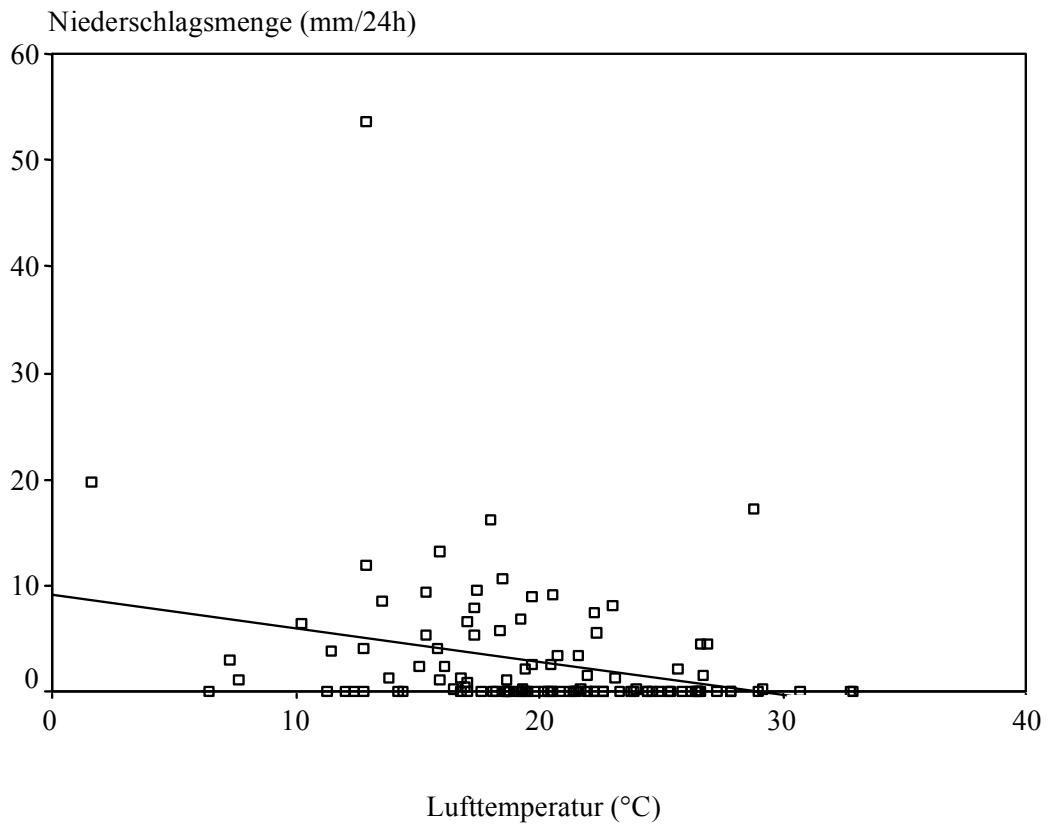












Danksagung

Mein Dank gilt insbesondere Herrn PD Dr. Dr. Peter Höppe für das interessante Thema und die stets hervorragende Betreuung.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. med. Dennis Nowak sowie all seinen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen für die freundliche Aufnahme als Doktorandin an Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin der Universität München und hier vor allem bei Frau Dr. Dipl.-Ing. Katja Radon für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Ganz besonders herzlich danke ich den Starnberger Kindern und ihren Eltern für die bereitwillige Teilnahme und genauso Frau Dr. Kilian-Kornell und dem gesamten Praxisteam für die Erlaubnis, die Studie in ihrer Praxis durchzuführen, und für die überaus freundliche Kooperation.

Ich bedanke mich weiterhin bei den Mitarbeiterinnen des Labors von Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin für die Analyse der Urinproben.

Dank auch an folgende Institutionen für die Überlassung der Umwelt- und Klimadaten:

Landesamt für Umweltschutz, Messstation München-Johanneskirchen,

Messstation Rothenfeld,

Meteorologisches Institut der Universität München,

Stiftung Pollen in der Dermatologischen Klinik der Universität München,

Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Medizin-Meteorologie, in Freiburg.

Lebenslauf

Name: Schosser
Vornamen: Marion Kerstin
Geboren: 16.09.1972 in Regensburg
Mutter: Gisela Schosser, geb. Brechler
Vater: Reinmar Schosser

1979 – 1983 Grundschule Kumhausen
1983 – 1992 Hans-Leinberger-Gymnasium Landshut
1992 allgemeine Hochschulreife
1992 – 1994 Auslandsaufenthalt in den USA
1994 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Technischen
Universität München
1996 Ärztliche Vorprüfung
1997 Erstes Staatsexamen der Humanmedizin
2000 Zweites Staatsexamen der Humanmedizin
2000-2001 Praktisches Jahr
2001 Drittes Staatsexamen der Humanmedizin