

*Aus dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene  
Fachbereich II des Umweltbundesamtes Berlin*

---

**DISSERTATION**

**Erhöhung des Risikos für Bronchitis im Kindesalter  
durch Lärm und Abgase aus dem Straßenverkehr**

---

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

Vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

**von  
Manfred Eilts  
aus Aurich**

**Gutachter:** 1. Prof. Dr. med. H. Lange-Asschenfeldt.....  
2. Priv.- Doz. Dr. med. M. Krüll.....  
3. Prof. Dr. med. P. Lercher.....

**Datum der Promotion:** 18.09.2009.....

Meinen Söhnen Johann und Jakob

<b>VORWORT</b>	<b>1</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>2</b>
1.1 Einführung in die Thematik	
1.2 Umweltpolitischer Hintergrund	4
1.3 Bildung der Arbeitsgemeinschaft 243n	
1.4 Luftverschmutzung und Allergien	5
1.5 Lärm	6
1.6 Lärm und Stress	7
1.7 Umweltlärm	8
1.8 Lärmbedingte Stressreaktionen im Schlaf	12
<b>2 DREISTUFIGES UNTERSUCHUNGSDESIGN</b>	<b>16</b>
2.1 Ablauf der Untersuchung	
<b>3 ORIENTIERENDE VORSTUDIE</b>	<b>17</b>
3.1 Fragestellung	
3.2 Methodik	
3.3 Ergebnisse, Diskussion	18
3.4 Schlussfolgerung	21
<b>4 BEOBACHTUNGSSTUDIE</b>	<b>22</b>
4.1 Fragestellung	
4.2 Methodik	
4.3 Ergebnisse	25
4.4 Diskussion	31

<b>5</b>	<b>FELDSTUDIE</b>	<b>34</b>
5.1	Fragestellungen	
5.2	Methodik	
5.2.1	Durchführung	35
5.3	Ergebnisse	42
5.3.1	Immissionsklassierungen und Messungen	44
5.3.2	Ergebnisse der Fragebogenerhebung	45
5.3.3	Krankheit in Abhängigkeit von Kfz-Immissionen	46
5.3.4	Cortisol in Abhängigkeit von der Häufigkeit von Bronchitis-Arztkontakten	
5.3.5	Cortisol in Abhängigkeit von der Lärmbelastung	47
5.3.6	Bronchitis in Abhängigkeit von Lärmbelastung und Cortisolserhöhung	49
5.3.7	Multiple Korrelationen	50
5.3.8	Diskussion	51
5.3.9	Schlussfolgerungen	53
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>57</b>
	<b>ANHANG</b>	
	Erklärung	
	Danksagung	
	Lebenslauf	

## VORWORT

Die vorgelegte Arbeit beschäftigt sich mit den gesundheitlichen Auswirkungen von Straßenverkehrs-Immissionen und zwar der Kombination von Straßenverkehrslärm und Luftverunreinigung durch Abgase bei Kindern.

Straßenverkehrslärm ist zwar nur eine Quelle der gesamten Lärmbelastung aus der Umwelt, aber eine sehr zentrale.

Bislang galt ein erhöhter Schalldruckpegel und die durch ihn verursachte Innenohrschädigung als der beispielhafte und hauptsächliche Wirkungsmechanismus einer Lärmschädigung. Neben dieser direkten (physikalischen) Wirkungskomponente ist die Stresskomponente der Lärmwirkung, d.h. die lärmbedingte Stresshormon-Regulationsstörung, eine weitere wichtige ursächliche Komponente von Gesundheitsstörungen durch Umweltlärm. Erst neuere Forschungsergebnisse haben ihr den gewünschten Platz in der Lärmwirkungsforschung eingeräumt (Ising et al., 2001).

## 1 EINLEITUNG

Kombinationseffekte zwischen Lärm und Luftverschmutzung wurden bislang kaum untersucht. Dass verkehrsbedingte Luftverschmutzungen eine Wirkung auf das respiratorische System haben, hier insbesondere auf Atemwegserkrankungen bei Kindern, ist seit langem bekannt. Allerdings fand in den Studien bislang die Tatsache noch keine ausreichende Berücksichtigung, dass verkehrsbedingte Luftverschmutzungen prinzipiell in Kombination mit Lärmbelastung auftreten. Es erschien daher konsequent, die kombinierte Wirkung von Lärm und Luftverschmutzung bei der Entstehung von Bronchitiden zu analysieren.

### 1.1 EINFÜHRUNG IN DIE THEMATIK

*„Basierend auf Forschungsergebnissen der letzten 10 – 20 Jahre ist davon auszugehen, dass die heutige Luftverschmutzung Ursache gesundheitlicher Schäden ist“*, fassen Künzli et al. (2001) den Erkenntnisstand zusammen und quantifizieren die Zunahme des relativen Risikos für Bronchitis bei Kinder unter 15 Jahren auf 30% bei Zunahme von Schwebstaub um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Symptome von Atemwegserkrankungen wie Bronchitis waren bei verkehrsbelasteten Kindern erhöht (Oosterlee et al., 2003), hier wurde jedoch die Luftverschmutzung nicht gemessen, sondern aus der Verkehrszählung quantifiziert, ohne an Lärm zu denken.

Bei Erwachsenen und Kindern, die sich durch Verkehrsgeräusche erheblich belästigt fühlten, war die ärztlich diagnostizierte Erkrankungshäufigkeit an Bronchitis etwa verdoppelt (Niemann und Maschke, 2004).

Umweltlärm nimmt nicht nur Einfluss auf die Innenohrfunktion, sondern auch auf das zentrale Nervensystem und damit zentrale Regulationsmechanismen sowie auf die Ausscheidung von Stresshormonen.

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1999) hat in seinem Sondergutachten in diesem Sinne hervorgehoben... *Lärm wirkt als Stressfaktor und kann als solcher Erkrankungen begünstigen, die durch Stress mitverursacht werden.*

Als Auswirkungen von Umweltlärm sind Störungen der Schlafarchitektur und der Regulation von Stresshormonen (Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol) sowie dadurch verur-

sachte Gesundheitsschäden zu erwarten. Grundsätzlich ist zu bemerken, dass langfristig wiederholte, organische Gegenregulations-Mechanismen auch einen besonderen Stressor für körperliche Unversehrtheit und Integrität darstellen, obwohl sie eigentlich zu deren Aufrechterhaltung beitragen sollen.

Ein möglicher Mechanismus einer lärmbedingten Risikoerhöhung für Bronchitis ist die Störung der Rhythmik des Cortisols (Harder et al., 1999). In der letztgenannten Studie reagierten ca. 1/3 der Probanden auf 6 Wochen lang andauernde experimentelle Fluglärmbelastung während der Nacht mit einer deutlichen Abnahme der Cortisolausscheidung. Ein unter den Normalbereich fallender Cortisolspiegel wird von Maschke et al. (1997) als Schutzhemmung interpretiert und stellt eine Gesundheitsgefährdung dar.

Braun (1999) konnte zeigen, dass die Noradrenalin- und Cortisolausscheidungen von mit Straßenverkehrslärm belasteten Personen auch bei geschlossenem Fenster signifikant höher waren als bei einer Vergleichspopulation, was auf eine persistierende Stresshormonerhöhung während der nächtlichen Lärmbelastung hinweist.

Evans et al. (2001) untersuchten durch Straßenverkehrslärm mit einem Außenpegel von  $L_{dn} > 60\text{dB}$  belastete Kinder im Vergleich zu Kindern, deren Lärm-Außenpegel  $L_{dn} < 50\text{dB (A)}$  war und fanden eine Erhöhung von freiem Cortisol und einem Cortisolmetaboliten im Nachturin.

Bei ersten Untersuchungen von Kindern an der Bundesstrasse 243 (M. Ising, 2003) wurde die Erhöhung der Cortisolausscheidung in der 1. Nachthälfte als lärmbedingte Störung der Cortisolrhythmik gedeutet. Der Quotient von Cortisol in der 1. zur 2. Nachthälfte zeigte die stärkste Veränderung, da das morgendliche Cortisolmaximum bei Lärmbelastung häufig reduziert war.

In dieser Arbeit wurden bereits Hinweise auf häufigere Atemwegserkrankungen bei langfristig mit Nachtlärm belasteten Kindern gegeben.



## 1.2 UMWELTPOLITISCHER HINTERGRUND

Die Europäischen Umwelt- und Gesundheitsminister erklärten im Jahr 1999 in London: *Wir sind entschlossen, eine Politik zu entwickeln und Maßnahmen umzusetzen, die bewirken, dass sich Kinder vor und nach der Geburt in einer sicheren Umwelt so entwickeln können, dass sie den für sie bestmöglichen Gesundheitszustand erreichen* (WHO Regional Office for Europe, 1999).

Die Kommission für Umweltfragen der Deutschen Akademie für Kinderheilkunde und Jugendmedizin e.V. und das Robert-Koch-Institut verabschiedeten im Rahmen des „Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit“ in Potsdam eine Erklärung zu Kinderumwelt und Gesundheit. Darin wird zu Allergien (Asthma und Neurodermitis) festgestellt: *Allergien nehmen zu. Betroffen sind mehr als 25% aller Kinder. Diese Zunahme beruht vermutlich auf dem so genannten westlichen, zivilisatorischen Lebensstil, wobei die Bedeutung der einzelnen verantwortlichen Faktoren noch nicht abschließend zu beurteilen ist* (Amler et al., 2001).

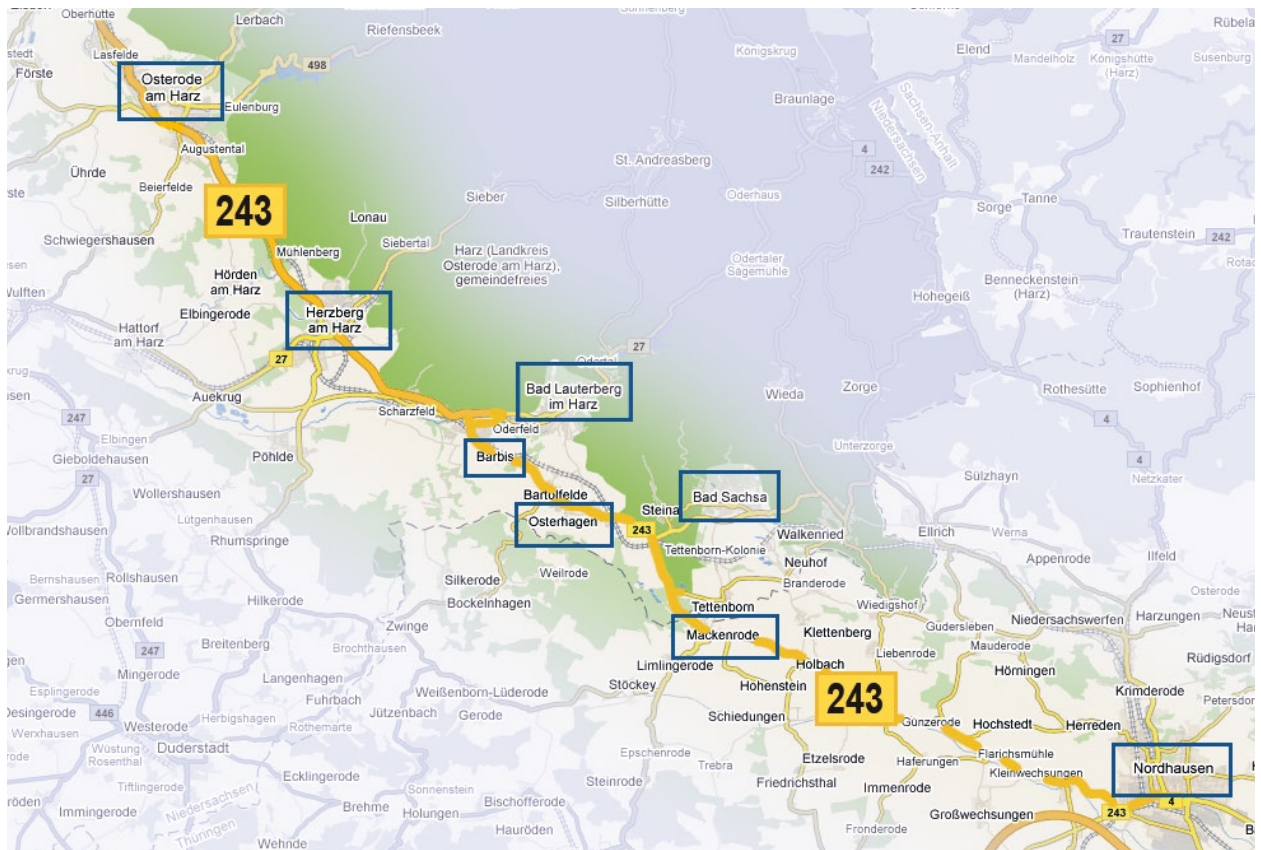
## 1.3 BILDUNG DER ARBEITSGEMEINSCHAFT 243N

Mit der Wiedervereinigung Deutschlands wurde durch die Bundesstrasse 243 (s. folgender Kartenausschnitt) wieder die Verbindung zwischen Nordhausen und den Orten Mackenrode, Osterhagen, Barbis, Bad Lauterberg nach Herzberg geschaffen und somit der Ost-Harz wieder mit dem West-Harz verbunden.

Dies hatte zur Folge, dass das Verkehrsaufkommen, insbesondere auch des Lastkraftwagenverkehrs, wesentlich zunahm.

Aus der erhöhten Verkehrsbelastung und der stellenweise sehr engen Ortslage resultierte eine extrem hohe Belastung für die Anwohner.

Frühzeitig bildete sich die Arbeitsgemeinschaft B 243n, die diese erhöhte Verkehrsbelastung so nicht hinnehmen wollte und sich an das Umweltbundesamt wandte. Hierbei machte sie insbesondere auf die gesundheitlichen Schäden für Kinder durch die erhöhte Verkehrsbelastung aufmerksam.



#### **Kartenausschnitt mit Bundesstraße 243n**

Verbindung zwischen Nordhausen und den Orten Mackenrode, Osterhagen, Barbis, Bad Lauterberg nach Herzberg

## 1.4 LUFTVERSCHMUTZUNG UND ALLERGIEEN

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen widmete in seinem Sondergutachten (1999) dem Zusammenhang zwischen Luftverunreinigungen und Allergien ein besonderes Kapitel. Darin wird ausgeführt:

*Allergien gehören zu den wenigen Erkrankungen, in deren Entstehung und Unterhaltung natürliche und anthropogene Umweltfaktoren als Ursache eindeutig erkannt sind. Darüber hinaus können Stoffe und Stoffgemische, die per se nicht allergen sind (adjuvante Effekte), die Allergieentstehung fördern und zur Chronifizierung beitragen. Letztere werden für die starke Zunahme allergischer Erkrankungen mitverantwortlich gemacht. Bedeutsame anthropogene Umweltstoffe mit Adjuvanswirkung sind Reizgase (Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ozon), partikelförmige Luftschadstoffe (insbesondere Dieselruß) und Passivrauchen. Angesichts der großen und wachsenden Zahl von Allergikern besteht dringender Handlungsbedarf für Maßnahmen der Vorsorge. Unter den adjuvanten Luftschadstoffen*

*sind die Immissionen aus dem Verkehrsbereich von besonderer Bedeutung. Effektive Maßnahmen des Verkehrsimmissionsschutzgesetzes, die anderweitig motiviert sind, kommen grundsätzlich auch den Allergikern zugute, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass die adjuvanten Wirkungen bereits bei niedrigen Konzentrationen unterhalb der Immissionswerte beginnen.*

Über den Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung und Häufigkeit allergischer Erkrankungen von Kindern liegt eine umfangreiche Literatur vor. Künzli et al. (2001) fassen den Erkenntnisstand wie folgt zusammen:

*Für die Erforschung der Auswirkungen heute typischer Umweltbelastungen sind den experimentellen Forschungsansätzen auch dadurch Grenzen gesetzt, dass Umweltbelastungen physikalisch-chemisch oft schwer definierbar sind, aus komplexen Gemischen bestehen und in mehr oder weniger niederen Dosen ubiquitär vorkommen. Zudem handelt es sich bei den postulierten „Umweltkrankheiten“ meist um wenig spezifische, multifaktorielle Erkrankungen, wobei oft langfristige Spätfolgen im Vordergrund stehen... Basierend auf Forschungsergebnissen der letzten 10 bis 20 Jahre ist davon auszugehen, dass die heutige Luftverschmutzung Ursache gesundheitlicher Schäden ist.*

## 1.5 LÄRM

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen hat in seinem Sondergutachten zu Umwelt und Gesundheit (1999) auch zu Fragen der Belästigung sowie der Gesundheitsbeeinträchtigung durch umweltbedingten Lärm Stellung genommen:

*Bei gleichbleibendem Lärmpegel bleibt die Lärmbelästigung gleich, es gibt keinen Hinweis auf eine Gewöhnung an den Lärm. Bleibt eine hohe Belästigung über längere Zeit bestehen, ist diese Beanspruchung als negativer Stress (Disstress) einzustufen.... Am Beginn der Stressreaktion stehen hormonelle Reaktionen, u.a. die Ausschüttung von Katecholaminen (Adrenalin und Noradrenalin) und von Kortisol... Lärm wirkt als Stressfaktor und kann als solcher Erkrankungen begünstigen, die durch Stress mitverursacht werden.*

1.6 LÄRM UND STRESS

Das medizinische Stresskonzept geht auf Selye (1956) zurück und wurde unter anderem von Henry (1992) zu einem psychophysiologischen Konzept erweitert, das mit dem von Ising et al. (1990) dargestellten Lärmstress-Modell weitgehend korrespondiert (s. Abb. 1 und Abb. 2).

Sofern Lärm die einzige Belastung ist, sind Pegel über 90dB (A) erforderlich, um bei wachen Personen die Adrenalin/Noradrenalin-Freisetzung zu erhöhen. Für Cortisol erhöhungen sind unter diesen Bedingungen noch höhere Pegel erforderlich.

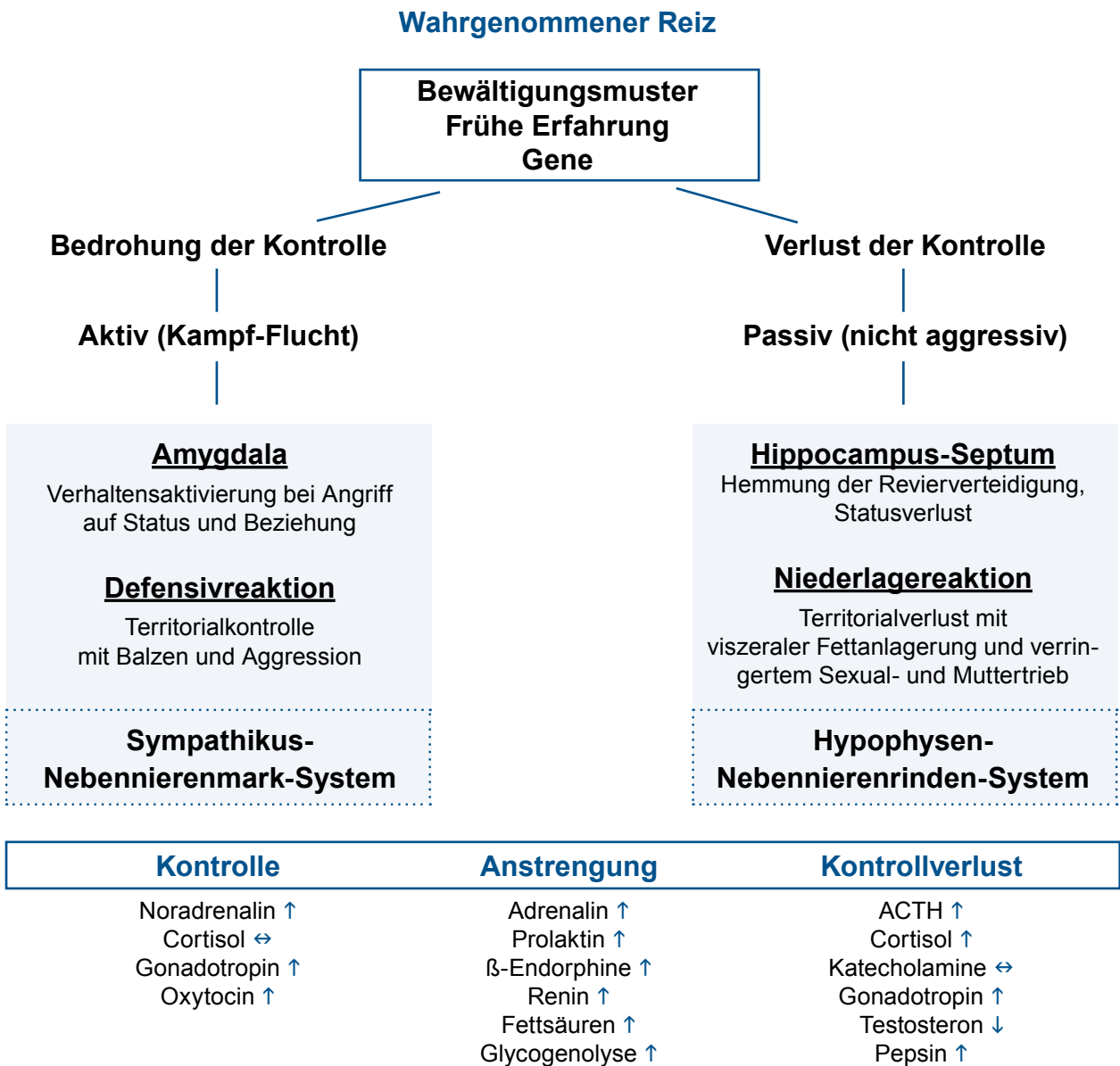
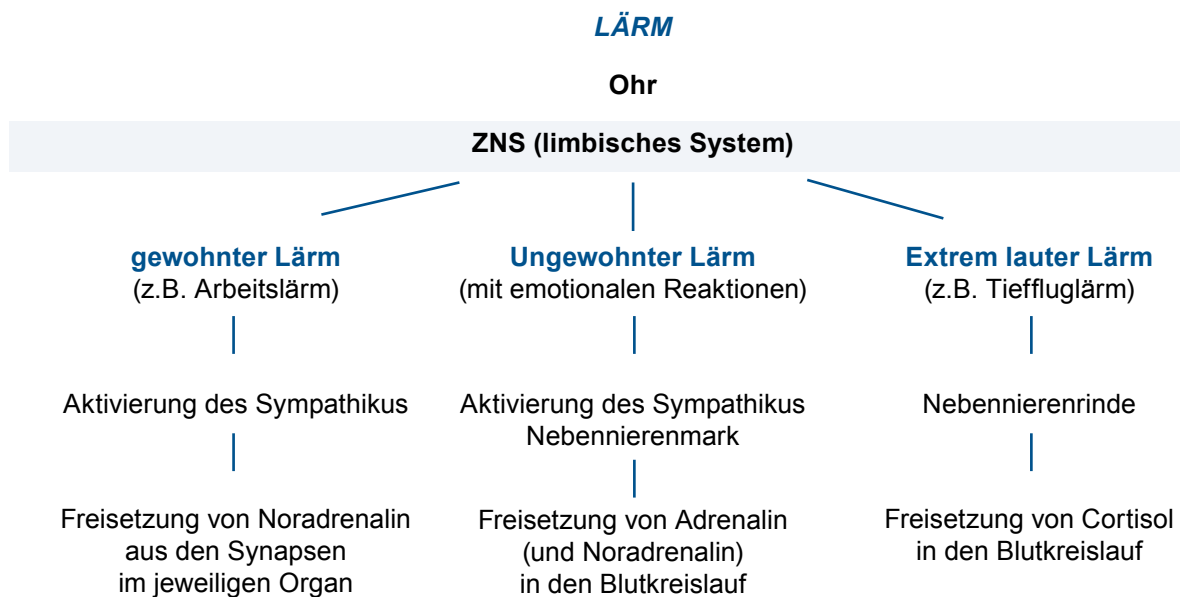


Abb.1 Psychophysiologisches Stressmodell nach Henry (1992)



**Abb.2** Das Lärm-Stress-Modell: Reaktionsalternativen bei unterschiedlich intensiver Lärmbelastung und Habituation an den Lärm [Ising H. et al. 1990].

## 1.7 UMWELTLÄRM

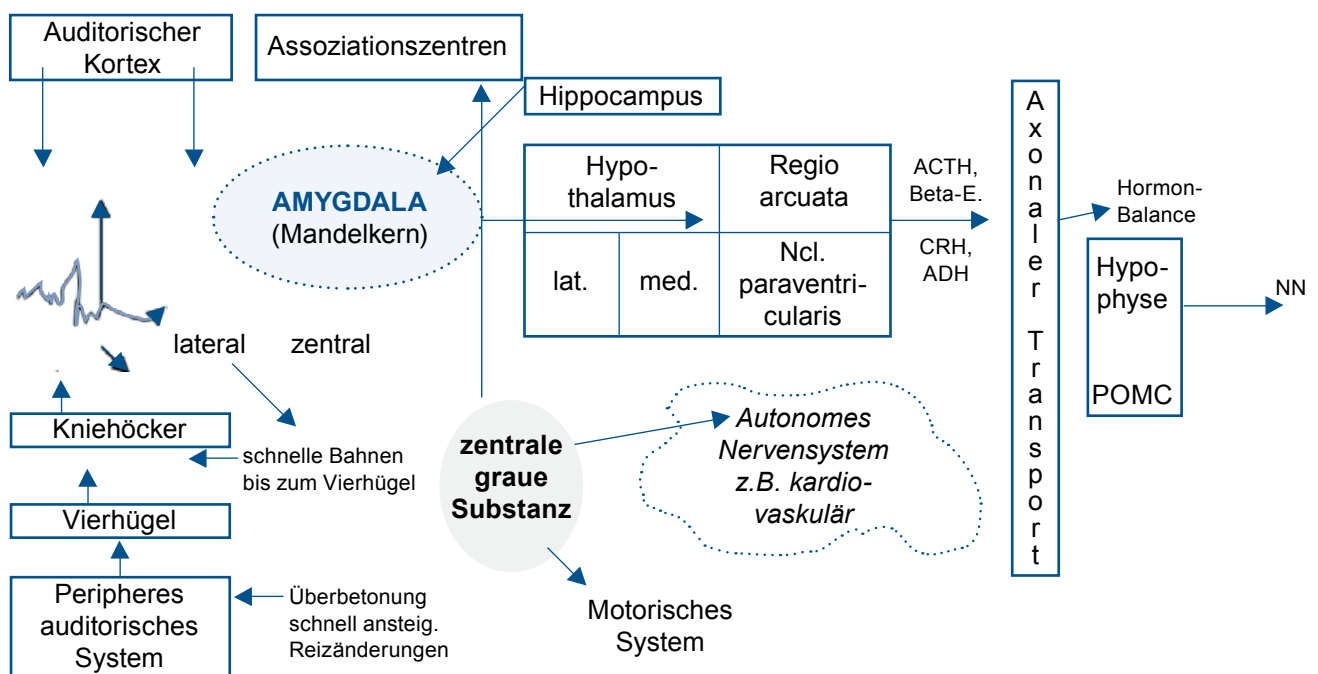
Das Gehör ist unser wichtigstes Warnorgan und muss deshalb Tag und Nacht empfangsbereit sein. Dies ist die Ursache dafür, dass im Wach- und Schlafzustand Schalle aus der Umwelt aufgenommen und verarbeitet werden. Dabei sind subkortikale Bereiche von entscheidender Bedeutung für Cortisolserhöhungen im Schlaf, die bereits bei sehr niedrigen Schallpegeln beobachtet wurden. Zum Verständnis dieser Vorgänge schreibt Spreng (2001):

*Der laterale Bereich des Kerngebiets des Mandelkerns (Amygdala) ist Teil des auditorischen Systems. Es existiert inzwischen eine Fülle von Befunden, die darauf hindeuten, dass das Kerngebiet der Amygdala als eine kritische Struktur im Gehirn zu bezeichnen ist, welche bei Furchterfahrungen und emotionalem Lernen eine bedeutsame Rolle spielt. Tatsächlich muss man heute den schnellen monosynaptischen thalamo-amygdalären Trakt für die direkte Durchschaltung von Furchtantworten verantwortlich machen, die durch akustische Reize ausgelöst werden...*

Wie bereits erwähnt, zeichnet sich dieses als Furchtzentrum fungierende System durch eine außergewöhnliche Lernfähigkeit (Plastizität) aus, insbesondere hinsichtlich aversiver, also mit negativer Bewertung verbundener Schallreize.

...Aufgrund der mit dem Funktionsteil Amygdala schließbaren Kausalkette zwischen gesteigerter Erregung des auditorischen Systems und gesteigerter Aktivierung des Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Systems (HHN-Achse) als auch der Auslösung extrahypothalamischer hormoneller Wirkungen kann verdeutlicht werden, dass häufige Schallreize auch unterhalb der auralen Schädigungsgrenze (Lärmschwerhörigkeitsgrenze) und auch unterhalb der Aufwachschwelle gesundheitsrelevante Wirkungen haben können.

Siehe Abb. 3.



**Abb.3** Schema der geschlossenen Wirkungskette zwischen Schall/Lärmaktivierung des auditorischen Systems und der dadurch ausgelösten vegetativen Reaktion, insbesondere der Stresshormonausschüttung (ACTH=Adrenocorticotropes Hormon, ADH=Antidiuretisches Hormon, Beta-E.=Beta-Endorphine, CRH=Corticotropes Releasing Hormon, POMC=ProOpioMelanoCortin-Zellen, NN=Nebenniere) [Spreng, 2001]

In Übereinstimmung mit den von Spreng dargelegten theoretischen Grundlagen konnten Stresshormonerhöhungen während des Schlafs schon bei sehr geringen Lärmpegeln nachgewiesen werden. So untersuchten z. B. Evans et al. (2001) durch Straßenverkehr relativ hoch belastete Kinder (Außenpegel tags/nachts:Ldn>60dB(A)) im Vergleich zu ruhig wohnenden Kindern (Außenpegel tags/nachts: Ldn<50dB(A)) und fanden Erhöhungen von freiem Cortisol und einem Cortisolmetaboliten im Nachturin.

Die Wirkungen auf die Gesundheit außerhalb des Ohres werden kontrovers beurteilt. Zunächst muss man die Mechanismen betrachten, die über die nicht-auditiven Lärmwirkungen ausgelöst werden und zwar zunächst direkte Lärmwirkungen wie sie unter Laborbedingungen beobachtet werden (s. Abb. 4). Eine Schallbelastung mit Maximalpegeln von mehr als 90dB (A) stimuliert hierbei das sympathische Nervensystem mit der Folge einer vermehrten Freisetzung der Katecholoamine Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark.

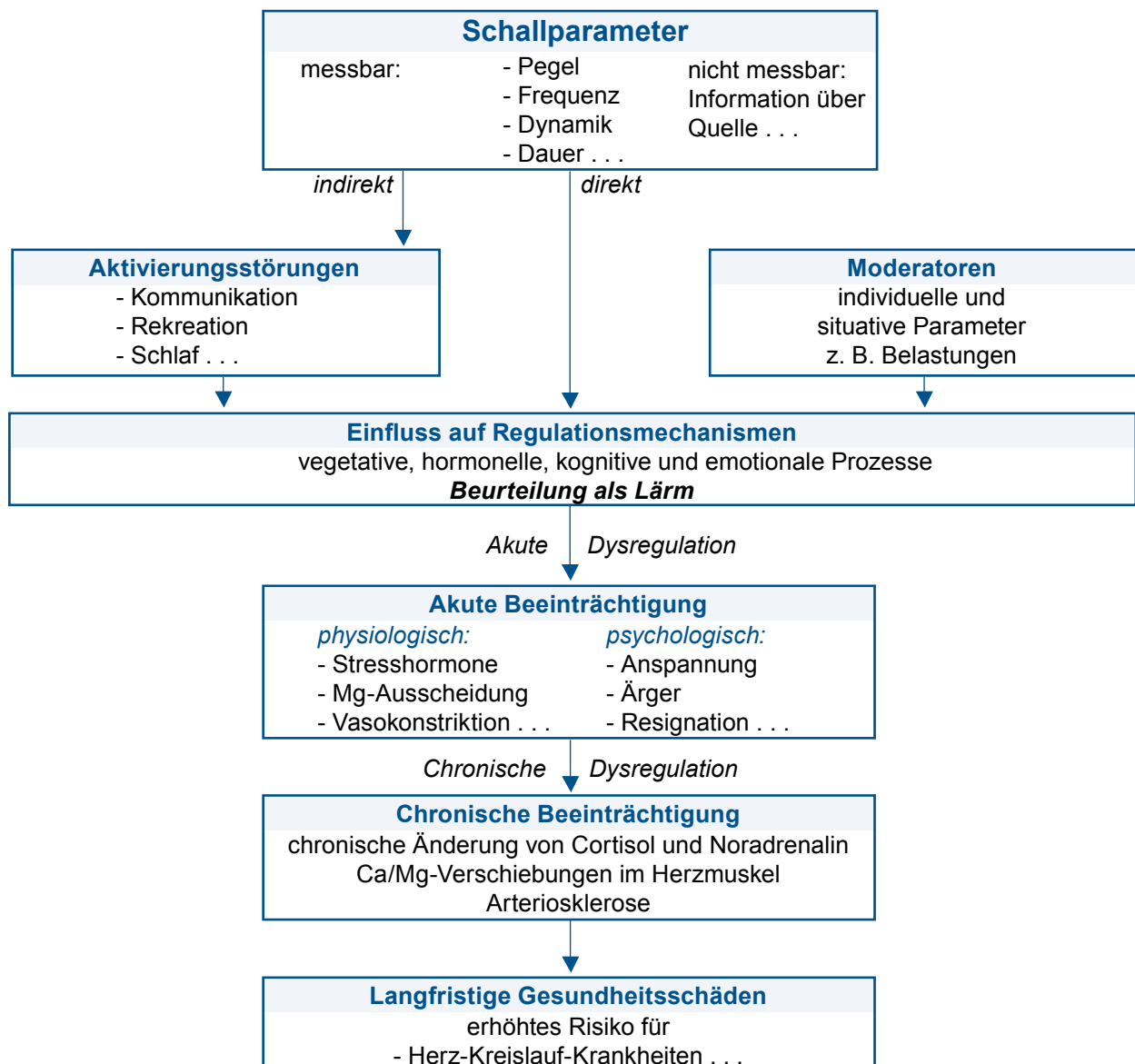
Die verstärkte Aktivierung des sympathischen Nervensystems und in der Folge auch des hormonellen Systems zeitigt physiologische und metabolische Funktionsänderungen des Organismus auch außerhalb des Corti-Organs wie a) Blutdruckveränderungen, b) Blutfetterhöhung und c) eine Zunahme weiterer stressbedingter Reaktionen.

Wie reagiert jedoch dieses System bei mittleren Lärmpegeln von z.B. 60 dB(A)? Dies hängt von der Reaktionsbereitschaft des Organismus ab. Muss dieser während der Untersuchung eine Konzentrationsleistung erbringen, so sind auch Belastungen mit niedrigeren Schallpegeln als 90dB (A), z.B. solchen von 60dB (A) stressauslösend, hierzu folgendes Beispiel:

Während einer Seminarveranstaltung wurden die Reaktionen von 42 Männern auf Belastungen mit Straßenlärm untersucht (Ising und Michalak, 2004). Die Ergebnisse eines Untersuchungstages mit einer in den Seminarraum eingespielten mittleren Straßenverkehrslärmexposition von  $L_{Am}=60\text{dB}$  (L: Pegel, A: A-Frequenzbewertung, m: Mittelwert) wurden mit den Ergebnissen eines Tages ohne diesen zusätzlichen Lärm verglichen. Die Lärmexposition bewirkte bei diesen Seminarteilnehmern eine Abnahme der Silbenverständlichkeit ohne die Satzverständlichkeit zu verringern, was allerdings eine erhöhte Konzentration erforderte. Dadurch wurde bei etwa der Hälfte der Seminarteilnehmer folgende Stresswirkungen ausgelöst:

- 1. Zunahme der psychischen Anspannung,**
- 2. Anstieg des Stresshormons Noradrenalin,**
- 3. Änderung der Blutdruckwerte sowohl im Sinne eines Blutdruckanstiegs als auch im Sinne eines Blutdruckabfalls,**

d.h., bei niedrigeren Pegeln als 90dB (A) kann Lärm auf indirektem Weg ähnliche Reaktionen auslösen, wie Schallpegel von 90dB (A) oder mehr (s. Abb. 4).



**Abb.4** Lärmwirkungsschema: Voraussetzung für direkte Lärmwirkungen sind hohe Schallpegel (> 90 dB(A)). Indirekte Wirkungen werden auch durch niedrigere Umweltlärmpegel verursacht, indem primär Aktivitäten wie Kommunikation oder Schlaf gestört werden [Ising & Braun, 2000]

Langfristig wirkender Lärmstress dieser Art kann das Risiko z.B. für Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen.

Bei dem Vergleich von Reaktionen bei wachen und schlafenden Personen auf Lärm-belastungen zeigte sich, dass der Organismus im Schlaf deutlich empfindlicher reagiert und zwar etwa so wie bei 10 bis 15 dB (A) höhere Belastungen im Wachzustand.



In einer Felduntersuchung (Ising und Havestadt, 1983) wurden an lärmbelastenden Patienten die unterschiedlichen Blutdruckänderungen näher analysiert. Es konnte dabei nachgewiesen werden, dass sowohl die Anstiege als auch die Abfälle des Blutdrucks bei stundenlanger Lärmbelastung real und statistisch signifikant waren.

Wüst et al. (2000) berichten, dass Vorahnung und Exposition gegenüber psychischem oder physischem Stress eine Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenachse (HPA-Achse) verursachen. Chronische Dysregulierung der HPA-Aktivität scheint mit Ausbruch und Verlauf von psychosomatischen und psychiatrischen Erkrankungen in Verbindung zu stehen, so dass auch Anfälligkeiten für Infektionskrankheiten und Herz-Kreislauferkrankungen damit in Verbindung stehen. Andererseits wurde von derselben Arbeitsgruppe berichtet, dass die HPA-Aktivität auch mit der Cortisolreaktion nach dem Aufwachen in Verbindung steht. Der frühmorgendliche Cortisolspiegel wurde an zwei aufeinanderfolgenden Tagen im Speichel gemessen.

## 1.8 LÄRMBEDINGTE STRESSREAKTIONEN IM SCHLAF

Ähnliche Reaktionen wurden auch bei lärmbedingten Änderungen von Stresshormonen beobachtet, z.B. während der Nacht, wenn Fluglärmbelastung vorliegt: die Teilnehmer eines Feldexperimentes wurden sechs Wochen lang in ihren Schlafzimmern mit nächtlichem Fluglärm LAM=65dB(A) belastet und die Ausscheidungsmengen der Katecholamine und Stresshormone Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol gemessen. Bei anfänglichen Reaktionen bei Adrenalin und etwas später bei Cortisol normalisierten sich die Hormonausscheidungen nach wenigen Nächten.

Ab etwa der vierten Belastungswoche zeigten sich aber dann bei einem Teil der dem Lärm ausgesetzten Personen deutliche Stressreaktionen: Bei einem Drittel dieser Gruppe blieb Cortisol konstant, bei einem Drittel dieser Gruppe stieg die Ausscheidung teilweise sogar über den Normalbereich an und bei einem Drittel fiel die Cortisolausscheidung deutlich ab. Mit geeigneten Testmethoden konnte gezeigt werden, dass die Änderungen der Cortisolausscheidungen in den letzten beiden Belastungswochen signifikant von der anfänglichen Ausscheidung zu unterscheiden war (Maschke et al., 2002).

Somit zeigen die Ergebnisse der vorgenannten Studien, dass

- a) **stundenlange Verkehrslärmbelastungen zu akuten und chronischen Veränderungen von Stresshormonen führen können, sofern sie über einen längeren Zeitraum wiederholt stattfinden und bei den belasteten Personen die individuelle Toleranzgrenze übersteigen,**
- b) **lärmbedingte Stressreaktionen bei schlafenden Personen stärker ausgeprägt sind als bei wachen Personen und**
- c) **unter langfristig wiederholter Nachtlärmbelastung je nach Veranlagung sowohl eine chronische Erhöhung als auch eine Erniedrigung von Cortisol auftreten kann.**

Diese unterschiedlichen Reaktionstypen führten in der Vergangenheit dazu, dass bei der Untersuchung des Blutdrucks und der Ausscheidung von Stresshormonen unter Lärmbelastung gelegentlich widersprüchliche Ergebnisse publiziert wurden.

Im ungestörten Schlaf erreicht die Cortisolkonzentration in der ersten Nachthälfte ein Minimum und steigt dann stark an, bis sie ihr Maximum etwa zur Zeit des morgendlichen Erwachens erreicht hat. Entgegengesetzt verhält sich der Rhythmus der Wachstumshormon(GH)-Konzentration. Das Minimum der Cortisolfreisetzung fällt auf neuraler Ebene mit dem Auftreten von Tiefschlafphasen (Slow-Wave-Sleep, SWS) zusammen. Diese Tiefschlafphasen während der frühen Nacht sind zugleich auch mit der höchsten Sekretion von Wachstumshormonen verbunden.

Auf diese Art entsteht ein zirkadianes Muster der neuroendokrinen Regulation, das für den ungestörten Schlaf spezifisch ist (Born und Fehm , 2000). Wird dieses spezifische Muster durch nächtliche Lärmbelastung verändert, kommt es zu einer Abnahme der Erholungsfunktion des Schlafs.

Auch wird von Born und Fehm (2000) ein kurzer Überblick zu Literaturhinweisen über den Zusammenhang zwischen einem unterstützenden Effekt von erholsamem und stressfreiem Schlaf bei normalem Cortisolrhythmus auf die Funktion des Immunsystems gegeben.

Nächtlicher lärmbedingter Stress könnte demnach bei langfristiger Wiederholung auch für allergische Erkrankungen eine adjuvante Wirkung haben.

Diese Hypothese wird durch die Ergebnisse einer orientierenden Felduntersuchung an Kindern gestützt, die im Anschluss an eine medizinische Untersuchung über Lärm- und Stresswirkungen befragt wurden und bei denen die Ausscheidung von Stresshormonen im Nacht- und Morgenurin gemessen wurde (M. Ising, 2003).

In der Studie ergaben sich Hinweise darauf, dass bei den Kindern, die an einer stark verkehrsbelasteten Bundesstraße wohnten, im Gegensatz zu denen, die in weniger belasteten Gebieten wohnten, der normale Rhythmus der nächtlichen Cortisolausscheidung gestört ist. Diese Störung war korreliert mit unruhigem Schlaf, Wiedereinschlafstörungen nach nächtlichem Erwachen sowie der Häufigkeit von Asthma und/oder Allergien. Die Kinder mit positiver Asthma- und/oder Allergiediagnose hatten signifikant erhöhte Ausscheidungen von Cortisolmetaboliten – nicht aber von freiem Cortisol – in der ersten Nachthälfte im Vergleich zur zweiten (M. Ising, 2003).

Es ist bekannt, dass Cortisol eine entzündungshemmende Wirkung hat und deswegen in seiner synthetischen Form zur Therapie chronisch entzündlicher Prozesse eingesetzt wird. Eine der Nebenwirkungen dieser Therapie ist die Arteriosklerose, die u.a. zum Herzinfarkt führen kann. Eine deutliche Verminderung der Freisetzung von körpereigenem Cortisol erhöht dagegen das Risiko für entzündliche Prozesse, wodurch die Entstehung von Ulzera, aber auch von chronischer Bronchitis begünstigt wird.

Bisher sind allerdings vor allem Studien über den Zusammenhang von Verkehrslärmbelastungen und Herz-Kreislaufkrankungen durchgeführt worden. Wie Abb.4 zeigt, führt chronische Verkehrslärmbelastung auch zu einer vermehrten Ausscheidung von Magnesium und damit zu einem erhöhten Risiko für latenten oder sogar manifesten Magnesiummangel. Dadurch wird im zellulären Bereich Kalzium erhöht und Magnesium vermindert, was zu einem erhöhten Tonus der Gefäßmuskulatur bei Einwirkung von Stresshormonen führt.

Hierdurch wird das Risiko eines Hypertonus und einer Angina pectoris auf der Grundlage von Gefäßspasmen erhöht, so dass sich diese biochemischen Mechanismen wie folgt zusammenfassen lassen: Chronische Stressbelastung durch Lärm führt zu Veränderungen

des Herz-Kreislaufsystems im Sinne einer beschleunigten Alterung und einer Erhöhung der Risiken für Hypertonus und Herzinfarkt.

Veränderungen in der Kalzium- und Magnesiumverfügbarkeit führen zu biologischen Alterungsvorgängen, so dass langfristig wiederholte Lärmbelastung nicht nur degenerative Schäden im Bereich des Corti-Organs und damit Innenohrfunktionsschäden verursacht, sondern über Stressreaktionen auch Gefäßerkrankungen mit einem erhöhten Risiko für arteriellen Hypertonus und Herzinfarkt zur Folge haben kann. Das Risiko für diese Erkrankungen wird bereits durch mäßigen Umweltlärm erhöht, besonders wenn die Lärmbelastung auch nachts erfolgt.

## 2 DREISTUFIGES UNTERSUCHUNGSDESIGN

**zur Feststellung einer eventuellen Erhöhung des Risikos für Bronchitis im Kindesalter durch Verkehrslärm und Abgase.**

Die Befürchtung, dass LKW-Lärm mit nächtlichen Innenraumpegeln, die bislang als vereinbar mit gesundem Schlaf galten, gesundheitsschädlich sind (Ising et al., 2004), galt es durch folgendes dreistufiges Studiendesign zu überprüfen:

### 2.1 ABLAUF DER UNTERSUCHUNG

Erhöhung des Risikos für Bronchitis im Kindesalter durch Verkehrslärm und Abgase

#### 1) Orientierende Vorstudie

Orientierende Fragebogenerhebung in allen Kinderarztpraxen eines Landkreises:  
Besteht ein Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung (subjektive Angaben) und Asthma/ Allergie (Elternangaben) bei Kindern?

Nein  
↓  
Abbruch

Ja  
↓

#### 2) Beobachtungsstudie

Befragung aller Patienteneltern in Kinderarztpraxen, die vom Stichtag an erscheinen, so lange bis 400 Kinder im Alter von 5-12 Jahren erreicht sind. Querschnittsauswertung der Prävalenzen von Asthma, häufigerer Bronchitis, Allergie, Neurodermitis und unruhigen Verhaltensauffälligkeiten als hypothesen-gemäße Krankheiten in Bezug zur gesamten Kontaktrate in dem Beobachtungszeitraum:  
Besteht ein Zusammenhang zwischen der Verkehrsbelastung (subjektive Angaben) und der Häufigkeit ärztlicher Diagnosen der genannten Krankheiten bei Kindern?

Nein  
↓  
Abbruch

Ja  
↓

#### 3) Feldstudie

Messung Kfz-bedingter Immissionen (Abgase und Lärm) in den Wohngebieten einer 20%-Stichprobe der Probanden von Phase 2. Messung der Ausscheidungsmengen von freiem Cortisol im Sammelurin der ersten und zweiten Nachthälfte sowie von Speichel-Cortisol abends, nachts und morgens. Retrospektive Ermittlung der Arztkontakte innerhalb von 5 Jahren wegen Bronchitis und Neurodermitis. Zusammenhangsanalyse zwischen objektiven Belastungen durch Kfz-Abgase und Lärm mit Erkrankungshäufigkeiten.  
Führt die Erkrankung zu einer Cortisolerhöhung oder besteht folgende Wirkungskette:

Kfz-Lärm → Cortisolerhöhung → Krankheit?

### 3 ORIENTIERENDE VORSTUDIE

#### 3.1 FRAGESTELLUNG

Um zu überprüfen, ob Verkehrslärm, und hier insbesondere LKW-Lärm bei nächtlichen Innenraumpegeln, die bislang als vereinbar mit gesundem Schlaf galten, chronische Gesundheitsbeeinträchtigungen verursachen können (Ising et al., 2004), wurde im Juli 2000 eine orientierende Befragung in den vier Kinderarztpraxen des Landkreises Osterode am Harz durchgeführt. Sofern der Arztbesuch wegen Asthma bronchiale, Allergie oder Mittelohrentzündung (Vergleichsgruppe) der Kinder erfolgte, sollten sie in einem selbst auszufüllenden Fragebogen Angaben über die häuslichen Wohnverhältnisse, zur Lage der Wohnung und des Kinderzimmers im Hinblick auf deren Belastung durch stark befahrene Straßen und die Ursache des Arztbesuches machen. Anderenfalls sollte der Fragebogen zurückgegeben werden. Die Ansprache der Eltern durch das Praxispersonal folgte keiner standardisierten Routine, und es wurden in dieser orientierenden Untersuchung keine Verweigerungsdaten protokolliert. Insgesamt konnten Daten von 498 Kindern im Alter von 4 bis 12 Jahren gewonnen werden.

Im Hinblick auf die Belastung durch Straßenverkehrs-Emissionen wurden Fragen zur Lage der Wohnung allgemein und der des Kinderschlafzimmers unter besonderer Berücksichtigung der Belastung durch stark befahrene Straßen an die Eltern gestellt.

#### 3.2 METHODIK

498 Kinder im Alter von 4-12 Jahren nahmen im Juli 2000 an dieser orientierenden Vorstudie teil. Die von den Eltern auszufüllenden Fragebögen wurden in den 4 Kinderarztpraxen des Landkreises ausgeteilt. Den Fragen war jeweils eine kurze Einleitung vorangestellt, die wie folgt lautete:

**Sehr geehrte Eltern,**

das Gesundheitsamt Osterode am Harz führt eine Untersuchung über die Belastung durch Straßenverkehr und Krankheiten von Kindern durch. Dazu wird in den Kinderarztpraxen des Landkreises eine Befragung durchgeführt. Die Auswertung erfolgt unter ärztlicher Schweigepflicht und strikter Einhaltung des Datenschutzgesetzes. Es werden nur anonyme Ergebnisse veröffentlicht. Sie unterstützen mit der Beantwortung der nachfolgenden Fragen den vorbeugenden Gesundheitsschutz ihrer Kinder.

**Wenn Sie heute den Kinderarzt wegen einer der folgenden Krankheiten**

- Asthma
- Allergie
- Mittelohrentzündung

**aufsuchen, so kreuzen Sie bitte die zutreffende Krankheit an und füllen Sie auch die umseitigen Fragen aus. Wenn Sie aus anderem Grund kommen, so geben Sie diesen Brief bitte wieder ab.**

Mit freundlichen Grüßen

Bitte beantworten Sie auch die Fragen auf der Rückseite!

**1. Liegt Ihre Wohnung an einer Straße**

- mit starkem LKW- und PKW-Verkehr
- mit mittlerem PKW-Verkehr und geringem/keinem LKW-Anteil
- wenig PKW-Verkehr

**2. Hat das Zimmer, in dem Ihr Kind schläft, Fenster in Richtung**

- einer stark befahrenen Haupt- oder Durchgangsstraße
- einer beträchtlich befahrenen Nebenstraße
- einer mäßig befahrenen Nebenstraße
- einer sehr wenig befahrenen Straße (Anliegerstraße, verkehrsberuhigte Zone, Hof/Garten)

**3. Seit wie viel Jahren bewohnt Ihr Kind dieses Zimmer? \_\_\_\_\_****4. Schläft Ihr Kind im Sommer bzw. Winter gewöhnlich bei geschlossenem Fenster?**

- |                                     |                          |                            |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Im Sommer bei geschlossenem Fenster | Ja <input type="radio"/> | Nein <input type="radio"/> |
| Im Winter bei geschlossenem Fenster | Ja <input type="radio"/> | Nein <input type="radio"/> |

**5. Wie stark fühlen sie sich im Allgemeinen durch Straßenlärm gestört oder belästigt?**

- |             |                       |                 |                       |               |
|-------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|---------------|
|             | <input type="radio"/> | Überhaupt nicht | <input type="radio"/> |               |
|             | <input type="radio"/> | Etwas           | <input type="radio"/> |               |
| <i>Tags</i> | <input type="radio"/> | Mittelmäßig     | <input type="radio"/> | <i>Nachts</i> |
|             | <input type="radio"/> | Stark           | <input type="radio"/> |               |
|             | <input type="radio"/> | Äußerst         | <input type="radio"/> |               |

**6. Schläft Ihr Kind nachts durch? \_\_\_\_\_****7. Bekommt Ihr Kind Förderunterricht? \_\_\_\_\_****8. Was ist Ihr Beruf? \_\_\_\_\_**

**Was ist der Beruf Ihres Ehemanns/Lebenspartners? \_\_\_\_\_**

*Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!*

### 3.3 ERGEBNISSE, DISKUSSION

Von 154 Kindern mit Asthmaprävalenz hatten 42 auch Allergien. „Fälle“ mit Asthma und/oder Allergieprävalenz wurden zusammen ausgewertet (n=309). Von 189 Kindern mit

Mittelohrentzündungen wiesen 42 bzw. 23 auch Asthma- oder Allergieprävalenz auf. Aus diesem Grund war keine eindeutige Zuordnung zu „Fällen“ bzw. „Kontrollen“ möglich. Für die quantitative Auswertung wurden die Kinder, die beide Krankheitsmerkmale aufwiesen, der Gruppe der Kontrollen zugeordnet. Dieses Vorgehen wirkt im Hinblick auf den untersuchten Zusammenhang zwischen Asthma/Allergie und Verkehrsimmissionen grundsätzlich konservativ, d.h., es unterschätzt den zu untersuchenden Zusammenhang.

Bei 166 Wohnungen an Straßen mit starkem LKW- und PKW-Verkehr waren über die Hälfte der Kinderschlafzimmer (55%) auch zu dieser Straße hin ausgerichtet. 171 mit mittlerem PKW- und geringem oder keinem LKW-Verkehr, sowie 159 an Straßen mit wenig PKW-Verkehr.

Für die Auswertung wurde wie folgt aus den Fragebogenangaben zur Verkehrsbelastung der Wohnung und der Verkehrsbelastung des Kinderzimmers eine Expositionsvariable gebildet: Exposition niedrig, wenn Wohnung und Zimmer niedrig belastet waren, Exposition mittel für Mischfälle, Exposition hoch, wenn Wohnung und Zimmer hoch belastet waren. 173 hatten das Kinderzimmer zur Anliegerstraße, 114 zur nur mäßig befahrenden Nebenstraße, 97 zur beträchtlich befahrenen Nebenstraße und 110 Kinder zur Haupt- und Durchgangsstraße. Von den 498 Kindern hatten 241 das Fenster im Sommer geschlossen, 253 offen, im Winter hatten 450 der Kinder das Fenster geschlossen und 48 offen. Die Frage, wie stark sich Eltern im Allgemeinen und dabei insbesondere im Rückblick auf die letzten 12 Monate durch Straßenverkehr gestört oder belästigt fühlten, wurde wie folgt beantwortet:

*Ergebnisse der Elternbefragung im Juli 2000 im Rahmen der orientierenden Vorstudie*

<b>Die Eltern fühlten:</b>	nicht gestört	etwas gestört	mittelmäßig gestört	stark gestört	äußerst stark gestört
<b>am Tag</b>	114	91	109	138	35
<b>während der Nacht</b>	175	86	84	93	48



Die Frage, ob das Kind nachts durchschlafe, wurde wie folgt beantwortet:

168 Kinder schliefen in der Nacht nicht durch, 123 schliefen durch.

Eine weitere Frage bezog sich auf einen eventuellen Förderunterricht der Kinder :

390 der befragten Eltern gaben an, ihr Kind besuche keinen Förderunterricht,

101 Kinder besuchten einen Förderunterricht.

Die Frage nach dem Berufsstatus der Eltern wurde jeweils bezogen auf Elternteile wie folgt beantwortet:

2 waren nicht berufstätig,

129 Arbeiter,

244 Angestellte oder Beamte,

15 Selbstständige oder leitende Angestellte,

108 machten hierzu keine Angaben.

Die relativen Risiken bezogen auf niedrige Exposition betragen für mittlere Exposition  $RR=1,65$  und für hohe Exposition  $RR=4,67$ . Auf die Angabe von Konfidenzintervallen wird im Rahmen dieser Vorstudie verzichtet.

Aus methodischen Gründen sind bei diesen Vorstudienresultaten Ergebnisverzerrungen nicht auszuschließen. Ein Selektions-Bias ist denkbar, da davon ausgegangen werden muss, dass die Teilnahme in den verschiedenen Kinderarztpraxen unterschiedlich war. Außerdem wurde der Fragebogen von den Eltern ausgefüllt, die auch die gesundheitlichen Befunde der Kinder selbst angaben. Insofern ist nicht auszuschließen, dass Eltern aus stark verkehrsbelasteten Gebieten, deren Kinder unter den betrachteten Gesundheitsproblemen leiden, häufiger die Fragebogen ausgefüllt haben als solche aus unbelasteten Gebieten (in der Annahme, etwas verändern zu können). Das gilt allerdings in gleichem Maße für Fälle und Kontrollen, da die Eltern die Arbeitshypothese nicht kannten. Zudem konnten die Ergebnisse in Ermangelung entsprechender Daten nicht für potenzielle Störvariablen kontrolliert werden (z.B. Rauchgewohnheiten der Eltern, Haustiere etc.). Die Ergebnisse haben daher nur einen vorläufigen und orientierenden Charakter, weisen aber in dieselbe Richtung wie andere Studien (Künzli et al., 2001).

In der Datenanalyse wurde die Häufigkeit der Arztbesuche wegen der chronischen Erkrankung Asthma bronchiale und/oder Allergie mit der wegen akuter Mittelohrentzündung verglichen. Es ergaben sich deutliche Hinweise darauf, dass chronische Belastung mit Schadstoffen aus Kfz-Abgasen in Kombination mit Straßenverkehrslärm zu einer Erhöhung des Risikos für allergische Haut- und Atemwegserkrankungen führt.

### 3.4 SCHLUSSFOLGERUNG

Nach den Ergebnissen dieser orientierenden Vorstudie scheint chronische Belastung durch Straßenverkehrs-Emissionen (Kombination aus Luftverunreinigungen und Lärm) bei Kindern zu einer deutlichen Erhöhung des Risikos für allergische Erkrankungen der Haut und Asthma bronchiale zu führen, d.h. es besteht ein Zusammenhang zwischen der subjektiv erfragten Verkehrsbelastung und der Prävalenz bzw. dem Risiko für eine Erkrankung mit Asthma bronchiale und Haut-Allergien.

Wegen der oben genannten methodischen Mängel liefert dieser Studienteil allein noch keine für den präventiven Gesundheitsschutz verwertbaren Ergebnisse. Die im Studiendesign gestellte Frage: „Besteht ein Zusammenhang zwischen Verkehrsimmissionen (subjektive Angaben) und Asthma bronchiale/Allergie (Elternangaben) bei Kindern?“ wird dagegen bejaht und damit die methodisch deutlich verbesserte 2. Befragungsstudie begründet.

## 4 BEOBACHTUNGSSTUDIE

### 4.1 FRAGESTELLUNG

Da durch die Befragung die Befürchtung, dass LKW-Lärm bei nächtlichen Innenraumpegeln, die bislang als vereinbar mit gesundem Schlaf galten, chronische Gesundheitsbeeinträchtigungen verursachen könnten, eine qualitative Bestätigung fand, wurde dieselbe Fragestellung mit gewissen Erweiterungen und einer verbesserten Methodik in Zusammenarbeit mit zwei niedergelassenen Kinderärzten erneut untersucht.

### 4.2 METHODIK

Das methodische Studienkonzept folgt dem einer Beobachtungsstudie, die unter Querschnittsgesichtspunkten ausgewertet wurde. Die Behandlungshäufigkeiten für verschiedene Erkrankungen/Behandlungen (Zähler) wurden in Bezug zur Anzahl der Gesamtkontakttrate innerhalb eines Beobachtungszeitraums (Nenner) ausgewertet und für andere mögliche Einflussfaktoren statistisch kontrolliert.

Mit zwei im Landkreis Osterode/Harz niedergelassenen Kinderärzten, die bereits an der orientierenden Vorstudie teilgenommen hatten, wurde das Konzept für diese Studie erarbeitet. Insbesondere wurden die hypothesengemäß mit der Verkehrsbelastung assoziierten Erkrankungen festgelegt.

Folgende von den Kinderärzten diagnostizierte Erkrankungen wurden explizit dokumentiert:

Asthma bronchiale, häufige Bronchitis (Anzahl der Arztkontakte pro Jahr), positiver Allergietest (Pricktest und Anamnese, ggf. Epicutantest und Blutuntersuchung), Neurodermitis und Verhaltensstörungen.

Weitere hypothesengemäß nicht mit der Verkehrsbelastung assoziierte Krankheiten und Gründe für den Arztbesuch der Kinder wurden ebenfalls detailliert erfasst: Magen/Darm/Harnwegsinfekte, Otitis media, Unfall/Orthopädische Erkrankungen und Impfungen. Alle übrigen Gründe für den Arztbesuch wurden unter „Sonstige“ zusammengefasst. Die Befragung der Probandeneltern wurde von den Arzthelferinnen anhand des Fragebogens

durchgeführt. Die Arzthelferinnen waren dazu entsprechend eingewiesen worden. Neben den soziodemographischen Daten (Alter, Geschlecht, höchster Schulabschluss beider Eltern) wurden die häuslichen Wohnverhältnisse erfragt. Angaben zur Verkehrsbelastung der Straße vor der Wohnung und dem Kinderschlafzimmer waren die wesentlichen Expositionsvariablen. Als weitere expositionsrelevante Faktoren wurden die Wohndauer und das Fensteröffnungsverhalten der Kinder erfragt. Darüber hinaus wurde das Vorhandensein von allergieauslösenden Faktoren im Haushalt wie Haustiere und Raucher (ETS) als potenzielle Störvariablen erhoben. Sämtlichen Angaben im Fragebogen bezogen sich auf die Adresse des Probanden. Für die weitere Auswertung wurde aus den primären Fragebogenangaben zur Verkehrsbelastung der Wohnung und der Verkehrsbelastung des Kinderzimmers eine sekundäre Expositionsvariable gebildet.

Auf der Grundlage der beiden Fragen

- „Liegt ihre Wohnung an einer Straße mit starkem LKW- und PKW-Verkehrslärm/mittlerem PKW-Verkehr mit geringem LKW-Anteil/ wenig PKW- und LKW-Verkehr/ sehr wenig befahrenen Straße (Anliegerstraße, verkehrsberuhigte Zone, Hof/Garten)?“

*und*

- „Hat das Zimmer, in dem ihr Kind schläft, Fenster in Richtung einer stark befahrenen Haupt- oder Durchgangsstraße/ einer beträchtlich befahrenen Nebenstraße/ einer mäßig befahrenen Nebenstraße/ einer sehr wenig befahrenen Straße (Anliegerstraße, verkehrsberuhigte Zone, Hof/ Garten)?“

wurde die Exposition als „niedrig“ eingestuft, wenn Wohnung und Zimmer zu einer der beiden unteren Kategorien gehörten. Mischfälle wurden als „mittlere“ Expositionen eingestuft und „hohe“ Exposition wurde gewählt, wenn Wohnung und Zimmer zu einer der beiden oberen Belastungskategorien gehörten.

Die Beobachtungsstudie wurde in der Zeit vom 01.09. bis 30.09.2001 durchgeführt. Die Teilnahme an der Befragung war freiwillig, die Auswahl der Probanden erfolgte durch Ansprache aller Eltern, die in zwei Kinderarztpraxen wegen Erkrankungen oder ärztlicher Behandlungen ihrer Kinder, z.B. Impfung, vorstellig wurden. Jeder der kleinen Patienten wurde genau einmal in dem Beobachtungszeitraum befragt. Da die Arzthelferinnen zur

Zeit des Interviews den Anlass des Arztbesuches nicht kannten, wurde die Befragung „blind“ durchgeführt.

### Befragung zu Wohnverhältnissen, Straßenverkehr und Krankheiten

VP Nr. \_\_\_\_\_, Geschlecht \_\_\_\_\_ und Alter des Kindes im Sept. 2001

**1. Liegt Ihre Wohnung an einer Straße mit**

- starkem Lkw- und Pkw-Verkehr
- mittlerem Pkw-Verkehr mit geringem Lkw-Anteil
- wenig Pkw- und Lkw-Verkehr
- sehr wenig befahrene Straße
- (Anliegerstraße, verkehrsberuhigte Zone, Hof/Garten)

**2. Wie groß ist der Abstand ihrer Wohnung von dieser Straße?**

weniger als 20m                      20m bis 100m                      mehr als 100m

**3. Liegt zwischen der Straße und ihrer Wohnung ein Gebäude?**

ja  nein

**4. Hat das Zimmer, in dem ihr Kind schläft, Fenster in Richtung**

- einer stark befahrenen Haupt- oder Durchgangsstraße
- einer beträchtlich befahrenen Nebenstraße
- einer mäßig befahrenen Nebenstraße
- einer sehr wenig befahrenen Nebenstraße
- (Anliegerstraße, verkehrsberuhigt Zone, Hof/Garten)

**5. Seit wieviel Jahren bewohnt ihr Kind dieses Zimmer \_\_\_\_\_**

**6. Schläft ihr Kind im Sommer bzw. Winter gewöhnlich bei geschlossenem Fenster?**

Im Sommer bei geschlossenem Fenster                      ja  nein

Im Winter bei geschlossenem Fenster                      ja  nein

**7. Ist das Schlafzimmer ihres Kindes mit Schallschutzfenstern ausgerüstet?** ja  nein

**8. Bitte, das Kind befragen!**

Wie stark fühlst du dich im Allgemeinen zu Hause durch Straßenlärm gestört oder belästigt?

	wenig	mittelmäßig	stark
tags	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
nachts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**9. Schläft ihr Kind normalerweise nachts durch?** ja  nein

**10. Bekommt ihr Kind Förderunterricht?** ja  nein

**11. Wie alt ist ihr Kind? \_\_\_\_\_ Jahre**

**12. Welches Geschlecht hat ihr Kind? männlich  weiblich**

**13. Gibt es in ihrem Haushalt mindestens eine Person, die raucht?** ja  nein

**14. Hat ihr Kind regelmäßigen Umgang mit Tieren?** ja  nein

gegebenenfalls mit welchen \_\_\_\_\_

**15. Hat ein Haustier Zugang zum Kinderzimmer?** ja  nein

welches \_\_\_\_\_

**16. Wie viele Personen leben in Ihrer Wohnung? \_\_\_\_\_**

**17. Wie viele Zimmer hat ihre Wohnung (ohne Küche und Bad)? \_\_\_\_\_**

**18. Welches ist der höchste Schulabschluß von ihnen von ihrem Ehemann/Lebenspartner**

ohne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hauptschule	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realschule	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gymnasium	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**19. Können sie in ihrer Wohnung bei geöffnetem Fenster den Geruch von Autoabgasen wahrnehmen?**

nie                      selten                      manchmal                      oft                      immer

Wenn sie prinzipiell einverstanden sind, dass ihr Kind an einem Auswahlverfahren für eine Urinuntersuchung im Rahmen dieser Studie teilnimmt, so geben Sie bitte ihre Tel.-Nr. an \_\_\_\_\_

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Die Zusammenhänge zwischen der Verkehrsexposition und den gesundheitlichen Endpunkten wurden mittels logistischer Regressionsanalyse analysiert. Als Schätzer für das relative Risiko wurden Odds Ratios und 95%-Konfidenzanalyse berechnet (Statistik-Software SPSS 9.0). Zur statistischen Kontrolle wurden die Variablen: Alter, Geschlecht, Personen im Haushalt, ETS, Umgang mit Tieren, Tiere im Kinderzimmer sowie höchster Schulabschluss der Eltern in den multiplen Modellen berücksichtigt.

### 4.3 ERGEBNISSE

Da die Ärzte zur Teilnahme motivierend auf ihre Patienten einwirkten, wurde eine Teilnahmequote von 100% erreicht. Insgesamt konnten in dem Beobachtungszeitraum vom 01.09. bis 30.09.2001 401 Kinder im Alter von 5-12 Jahren untersucht und befragt werden.

*Tab.1 Die Altersverteilung der Kinder*

	Alter	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	5	112	27.9	28.0	28.0
	6	60	15.0	15.0	43.0
	7	56	14.0	14.0	57.0
	8	41	10.2	10.3	67.3
	9	44	11.0	11.0	78.3
	10	40	10.0	10.0	88.3
	11	32	8.0	8.0	96.3
	12	15	3.7	3.8	100.0
gesamt		400	99.8	100.0	
Fehlend	System	1	0.2		
<b>Gesamt</b>		<b>401</b>	<b>100.0</b>		

47 % der Kinder waren weiblich, 53% männlich. Jeweils etwa 25% der Eltern hatten einen hohen (Gymnasial-) bzw. einen niedrigen (Hauptschul-) Abschluss. 50% beendeten die Realschule (höchster Abschluss beider Elternteile).

34 Kinder bewohnten ihre Zimmer seit weniger als einem Jahr. Zur Überprüfung eines möglichen Einflusses geringer Wohndauer auf die Ergebnisse wurden teilweise auch statistische Auswertungen unter Ausschluss dieser Probanden durchgeführt.

Nach den Angaben der Eltern zum Straßentyp und der Wohnraumlage waren 21% der Wohnungen durch starken Verkehr belastet, 15% der Kinderzimmer lagen an einer Haupt- oder Durchgangsstraße, 4% an einer beträchtlich befahrenen Straße.

In die oben definierten Belastungskategorien entfielen auf „niedrig“ 53,8%, auf „mittel“ 29,2% und auf „hoch“ 17% der Probanden.

Die Häufigkeiten der Angaben zu Arztbesuchsanlässen waren wie folgt: 15% der Kinder waren im Allergiehauttest positiv, 9% hatten ein Asthma bronchiale und 22,5% häufige Bronchitiden (fünf oder mehr Arztkontakte pro Jahr) 23% litten unter einer Neurodermitis und 21,5% zeigten Verhaltensstörungen im Sinne von Unruhe. 16% hatten eine Otitis media, 13% waren wegen Magen/Darm-Störungen in Behandlung, 7% waren wegen eines Unfalls oder einer orthopädischen Erkrankung in Behandlung, 13% waren wegen einer Impfung vorstellig und 54,5% waren wegen sonstiger Beschwerden oder Erkrankungen in Behandlung.

29% der Kinder schliefen im Sommer mit geschlossenem Fenster, 65% im Winter. Nur 4% bzw. 3% der Kinder waren tags bzw. nachts stark durch Verkehrslärm gestört, 15% bzw. 7% mittelmäßig gestört. In Tab. 2 sind relative Häufigkeiten von tags bzw. nachts durch Verkehrslärm gestörten (Kategorien „stark“ und „mittelmäßig“) Kindern in Abhängigkeit von der Verkehrsexposition angegeben. Tagsüber waren 26% der durch den Straßenverkehr „niedrig“ belasteten Kinder durch Straßenverkehrslärm gestört, nachts waren es 13%. In der mittleren Belastungskategorie betragen die entsprechenden Anteile 36% bzw. 42% und in der hohen 38% bzw. 45% tags bzw. nachts.

**Tab.2** Störung und nächtliches Fensteröffnungsverhalten der Kinder in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung

Störung und Fensteröffnungsverhalten	Verkehrsbelastung		
	niedrig n=211	mittel n=114	hoch n=66
Störung durch Verkehr tagsüber	26%	36%	38%
Störung durch Verkehr nachts	13%	42%	45%
Fenster im Winter offen	29%	19%	18%
Fenster im Sommer offen	75%	74%	51%

Im Winter schliefen 29% der „niedrig“ belasteten Kinder mit offenem Fenster gegenüber 19% bzw. 18% der „mittelgradig“ belasteten bzw. „hochgradig“ belasteten Kinder.

Im Sommer schliefen drei Viertel der „niedrig“ (75%) und der „mittelgradig“ (74%) Belasteten mit offenem Fenster gegenüber der Hälfte der „hochgradig“ Belasteten (51%).

Die (in Bezug auf die Gesamtkontaktrate) absoluten und relativen Häufigkeiten von Erkrankungen/Behandlungen werden in Tab.3 in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung dargestellt. Bei den hypothesengemäß mit der Verkehrsbelastung zusammenhängenden Erkrankungen (Asthma bronchiale, häufige Bronchitis, positiver Allergiehauttest, Neurodermitis sowie Verhaltensstörungen) zeigten sich mit der Belastung mehr oder weniger deutlich zunehmende Behandlungsraten. Bei den hypothesengemäß nicht mit Verkehrsimmersionen assoziierten Erkrankungen/Behandlungen war hingegen keine Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung bzw. eine Abnahme der Behandlungsraten zu erkennen.

In der Gruppe der „niedrig“ Belasteten hatte das Fensteröffnungsverhalten auf die Prävalenz von chronischer Bronchitis einen signifikanten Einfluss. Von den Kindern, die im Sommer und/oder im Winter bei offenem Fenster schliefen, litten 5,3% an chronischer Bronchitis gegenüber 14,6% der Kinder, die immer bei geschlossenem Fenster schliefen. Bei allen anderen Erkrankungen bestand ein solcher Zusammenhang nicht. In Tab.4 sind die mit Tab.3 korrespondierenden Odds Ratios für verschiedene Erkrankungen/Behandlungen dargestellt (relatives Risiko=1 ist jeweils die Kategorie geringster Verkehrsbelastung). Bei den angegebenen Odds Ratios handelt es sich um bezüglich der genannten Kontrollvariablen adjustierte Ergebnisse.

**Tab.3** Häufigkeiten von Erkrankungen/Behandlungen in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung

(subjektiv): Krankheit/Behandlung	Verkehrsbelastung		
	niedrig	mittel	hoch
Asthma n =37	n=13 (6,0%)	n=13 (11,1%)	n=11 (16,4%)
Häufige Bronchitis n=90	n=17 (7,9%)	n=41 (35,0%)	n=32 (47,8%)
Allergiehauttest positiv n=59	n=28 (13,0%)	n=17 (14,5%)	n=14 (20,6%)
Neurodermitis n=92	n=27 (12,5%)	n=41 (35,0%)	n=24 (35,8%)
Verhaltenstörung n=86	n=31 (14,4%)	n=30 (25,6%)	n=25 (37,3%)
Magen/Darm/Harnweginfekt n=52	n=13 (15,3%)	n=10 (8,6%)	n=9 (13,4%)
Mittelohrentzündung n=64	n=33 (15,3%)	n=21 (17,9%)	n=10 (14,9%)
Unfall/orthop. Erkr. n=29	n=20 (9,3%)	n=3 (2,6%)	n=6 (9,0%)
Impfung n=53	n=28 (13,0%)	n=16 (13,7%)	n=9 (13,4%)
Sonstiges n=219	n=129 (60,0%)	n=61 (52,1%)	n=29 (43,3%)



**Tab.4** Odd Ratios (95%-Konfidenzintervalle) der erhobenen Krankheiten/Behandlungen in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung in der Gesamtgruppe. Modelladjustiert wurde für Alter, Geschlecht, Personen im Haushalt, Raucher, Tiere im Kinderzimmer sowie den höchsten Schulabschluss der Eltern.

Krankheit/Behandlung	Verkehrsbelastung		
	niedrig n=213	mittel n=114	hoch n=66
Asthma	1	2,12 (0,90 – 4,98)	3,04 (1,22 – 7,54)
Häufige Bronchitis	1	5,33 (2,79 – 10,15)	10,82 (5,23 – 22,40)
Allergiehauttest	1	1,23 (0,60 – 2,51)	1,78 (0,82 – 3,87)
Neurodermitis	1	3,40 (1,92 – 6,02)	3,68 (1,90 – 7,15)
Unruhige Verhaltenstörung	1	1,69 (0,94 – 3,05)	3,41 (1,76 – 6,64)
Magen/Darm/Harnwegsinfekt	1	0,51 (0,24 – 1,10)	0,86 (0,37 – 1,99)
Mittelohrentzündung	1	1,19 (0,64 – 2,23)	0,85 (0,37 – 1,97)
Unfall/orthopädische Erkrankung	1	0,24 (0,07 – 0,85)	0,89 (0,33 – 2,46)
Impfung	1	1,29 (0,64 – 2,60)	1,38 (0,58 – 3,29)
Sonstiges	1	0,81 (0,51 – 1,30)	0,57 (0,32 – 1,01)

Von den hypothesengemäß mit Verkehrsbelastung zusammenhängenden Erkrankungen wurde nur bei Kindern, die beim Allergiehauttest einen Befund zeigten, kein signifikanter Zusammenhang mit der Verkehrsbelastung gefunden. Die Behandlung von Neurodermitis stieg bereits bei „mittel“ Belasteten signifikant an (OR=3,4) und erreichte bei „hoch“ Belasteten einen Wert von OR=3,68. Auch bei Asthma bronchiale war ein belastungsabhängiger Trend zu erkennen. Signifikanz wurde wegen geringer Anzahlen allerdings erst bei den „hoch“ Belasteten mit OR=3,04 erreicht. Bei häufiger Bronchitis ergab die Analyse außergewöhnlich hohe relative Risiken von 5,33 bzw. 10,82 bei „mittel“ bzw. „hoch“ verkehrsbelasteten Kindern. Auch die Verhaltensstörungen zeigten einen belastungsabhängigen Trend und eine signifikante Zunahme bei den Hochbelasteten mit OR=3,41.

Die anderen Krankheiten/Behandlungen zeigten mit Ausnahme der Impfungen in den höheren Belastungskategorien überwiegend Odds Ratios unter 1, die aber nur in wenigen Fällen signifikant waren. So ergab sich bei den „mittel“ belasteten Kindern mit Unfällen oder orthopädischen Erkrankungen ein niedrigeres Risiko von OR=0,24. Bei den sonstigen Erkrankungen bestand ein Trend in Richtung abnehmender Behandlungsraten mit zunehmender Verkehrsbelastung, der die Signifikanz knapp verfehlte (OR=0,81 bzw. OR=0,57).

In Tab.5 sind die Zusammenhänge der Kontrollvariablen mit den erhobenen Krankheiten angegeben, wie sie sich in den multiplen Analysemodellen darstellten. Angegeben sind Odds Ratios, ggf. mit Signifikanzangaben. Beim Alter handelt es sich um den Effekt pro Lebensjahr. Bei den dichotomen Variablen wurde folgende Bezugskategorien gewählt: Geschlecht – Mädchen, ETS – Nichtraucherhaushalte und Tiere – Haushalte ohne Tiere. Die Dummy-Variablen „Realschule“ und „Gymnasium“ beschreiben die Effekte des höchsten Schulabschlusses der Eltern in Referenz zum Hauptschulabschluss.

**Tab.5** Einfluss der Confounder bei den multiplen Zusammenhangsanalysen der einzelnen Krankheiten/Behandlungen. Dargestellt sind die OR ggf. mit Signifikanzangabe (\*). Der jeweilige Bezug ist im Text zu dieser Tabelle erklärt.

Confounder	Alter	Geschlecht	ETS	Tiere	Realschule	Gymnasium
Asthma	1,27 *	1,60	0,80	1,03	0,95	0,78
Häufige Bronchitis	1,05	1,36	1,35	1,30	0,82	0,34 *
Allergiehauttest	1,28 *	2,56 *	0,97	0,50	0,79	0,86
Neurodermitis	1,05	0,88	1,18	1,43	0,91	0,82
Verhaltensstörung	0,98	1,33	2,50 *	1,43	1,12	0,97
Magen/Darm/Harnweg	0,93	1,21	1,18	1,05	1,02	0,47 *
Mittelohrentzündung	0,83	0,76	1,59	0,88	0,91	0,50
Unfall/orthop. Erkrank.	0,83	0,83	1,49	1,04	1,10	1,53
Impfung	1,27	1,50	1,02	1,67	1,65	1,87
Sonstiges	0,74	0,65	0,51	0,48	1,21	1,35

Mit zunehmenden Alter zeigte sich ein erhöhtes Risiko für Asthma bronchiale und Auffälligkeit im Allergietest. Mädchen wiesen gegenüber Jungen eine erhöhte Allergieneigung auf. Verhaltensstörungen traten häufiger bei Kindern aus Raucherhaushalten auf.

Kinder aus Familien mit hoher Schulausbildung (Gymnasialabschluss) wiesen geringere Behandlungsraten für chronische Bronchitiden sowie Magen/Darm- und Harnwegsinfektionen auf.

Abschließend wird in Tab.6 die Wohndauer im Kinderzimmer auf die relativen Risiken für zusammengefasste Atemwegs- und Hauterkrankungen dargestellt. Die Odds Ratios sind in der Untergruppe mit Wohndauer von mindestens einem Jahr gegenüber der Gesamtgruppe zumeist leicht erhöht, aber in keinem Fall wesentlich verändert.

**Tab.6** Odds Ratios (95%-Konfidenzintervalle) bei Atemwegs- und Hauterkrankungen in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung in der Gesamtgruppe und der Untergruppe, die mindestens ein Jahr lang das Kinderzimmer bewohnte.

Krankheit	niedrig	mittel	hoch
<b>Bronchitis/Asthma</b> m. B: n = 107	1 n = 213	4,36 (2,45 – 7,75) n = 114	7,65 (3,93 – 14,86) n = 60
Kinderzimmer länger als 1 Jahr bewohnt m. B: n = 97	1 n = 181	5,45 (2,87 – 10,34) n = 102	8,91 (4,22 – 18,84) n = 54
<b>Neurodermitis/Allergie</b> m. B: n = 124	1 n = 213	2,68 (1,60 – 4,50) n = 114	3,10 (1,68 – 5,71) n = 60
Kinderzimmer länger als 1 Jahr bewohnt m. B: n = 112	1 n = 181	2,88 (1,64 – 5,05) n = 102	3,02 (1,53 – 5,96) n = 54

Die Tabelle zeigt die relativen Häufigkeiten von tags und nachts durch Verkehrslärm gestörten Kindern in Abhängigkeit von der Verkehrsexposition. Von 401 Probanden machten 391 Eltern Angaben über die Verkehrsbelastung. Diese wurde von 211 als niedrig, von 114 als mittel und von 66 als hoch bezeichnet.

Tagsüber waren 26% der „niedrig“ durch den Straßenverkehr belasteten Kinder durch Straßenverkehrslärm gestört, nachts waren es 13%. 36% der mittelgradig belasteten Kinder fühlten sich tagsüber, 42% jedoch schon nachts gestört. In der hoch belasteten Kategorie fühlten sich 38% bzw. 45% der Kinder gestört.

Dabei fanden sich in der Kategorie der hoch belasteten Haushalte weniger mit geöffnetem Fenster im Sommer oder im Winter im Vergleich zu den mittelgradig und niedriggradigen Kategorien, d.h. das Fensteröffnungsverhalten wird nicht nur von der Verkehrsbelastung bestimmt.

Bezogen auf die Gesamtkontaktrate der Arztbesuche zeigt sich, dass die hypothetisch mit Verkehrsbelastung assoziierten Erkrankungen (bzw. Zustände): Asthma bronchiale, häufige Bronchitis, positiver Pricktest, Neurodermitis und Verhaltensstörungen mit zunehmender Verkehrsbelastung deutlich zunehmende Behandlungsraten aufweisen, während die hypothesengemäß nicht mit Verkehrsbelastung assoziierten Erkrankungen, also Magen/Darm- und Harnwegsinfekte, Otitis media, Unfälle, orthopädische Erkrankungen, Impfungen und sonstige, mit zunehmender Verkehrsbelastung keine Zunahme der Behandlungsraten aufwiesen.

Bildet man durch die Odds-Ratios mit 95%-Konfidenzintervallen die Kategorie mit der geringsten Verkehrsbelastung als Bezugskategorie (relatives Risiko=1) modelladjustiert für Alter, Geschlecht, Personen und Haushalt, so zeigen sich außer bei der Pricktestung signifikante Zusammenhänge zwischen der Zunahme der Verkehrsbelastung und dem Anstieg der Behandlungsfrequenzen bei den hypothetisch mit Verkehrsbelastung assoziierten Erkrankungen: Asthma bronchiale, chronische Bronchitis, Neurodermitis und Verhaltensstörungen, d.h. es besteht ein Zusammenhang zwischen der Verkehrsbelastung und der Häufigkeit der ärztlichen Diagnosen bei Asthma bronchiale, häufiger Bronchitis, Neurodermitis und Verhaltensstörungen.

#### 4.4 DISKUSSION

Die Ergebnisse wurden für eine Reihe potenzieller Störvariablen kontrolliert. Der Kontrollvariablensatz war jedoch sicher nicht vollständig. So konnten z.B. familiäre Belastungen in Bezug auf die erhobenen Wirkungsendpunkte nicht erhoben werden. Sollten derartige Faktoren in der Stichprobe mit der Verkehrsexposition aus unbekanntem Gründen oder zufällig kovariiert haben, so sind Ergebnisverzerrungen nicht auszuschließen.

Eine Fehleinschätzung bei der Bewertung der Fragen nach der Verkehrsbelastung der Wohnung und des Kinderzimmers wirkt sich nur dann ergebnisverzerrend aus, wenn sie differenziell erfolgte. Ein Informations-Bias wäre insofern möglich, als Eltern von Kindern mit positiver Krankheitsdiagnose falsche Antworten zur Verkehrsexposition gegeben haben könnten, z.B. „um etwas zu bewirken“, oder um die Umweltbelastung als Ursache für die Krankheit ihres Kindes verantwortlich zu machen.

Das Studiendesign selbst führt eher zu einer konservativen Verzerrung, weil bei Betrachtung einzelner Wirkungsendpunkte alle anderen Arztkontakte als Bezug gewählt werden, einschließlich der Patienten, die wegen hypothesengemäß ebenfalls mit Verkehrsimmissionen in Verbindung gebrachten Erkrankungen (Asthma bronchiale, chronische Bronchitis, positiver Allergietest, Neurodermitis und Verhaltensstörungen) den Arzt konsultierten.

Wie bereits hervorgehoben, wurde von Potsdamer Experten ein Zusammenhang zwischen der Zunahme von Allergien (Asthma bronchiale und Neurodermitis) mit dem „westlichen, zivilisatorischen Lebensstil“ konstatiert und dabei explizit auch die Bedeutung des Lärms als „ernst zu nehmender Stressfaktor“ erwähnt. Das zum westlich-zivilisatorischen

Lebensstil Kfz-Immissionen gehören, ist klar. Ebenso dürften Stressreaktionen Bronchitiden bei Kindern begünstigen (Ising et al., 2001).

Nach unserer Kenntnis wurde bisher die Auswirkung der Kombinationsbelastung durch Kfz-Abgase und Lärm auf Haut- und Atemwegserkrankungen von Kindern selten untersucht. Auch die Untersuchung von Verhaltensstörungen im Sinne von Unruhe in Abhängigkeit von Verkehrsbelastungen ist, soweit uns bekannt, noch nicht untersucht worden.

In der LARES-Studie der WHO (Niemann und Maschke, 2004; Niemann et al., 2006) wurde der Zusammenhang von Lärmbelastung sowie Schlafstörungen durch Lärm und Erkrankungen an ca. 4300 Erwachsenen und ca. 1200 Kindern (1-17 Jahre) untersucht. Die Krankheiten wurden durch einen Arzt diagnostiziert und Störungen durch Verkehrs- und Nachbarschaftslärm erfragt. Die Odds Ratios (OR) wurden für Alter, Geschlecht, Sozialstatus, Rauchen, Sport, Übergewicht, Luftgüte in der Wohnung u.a. adjustiert. Es ergaben sich signifikante Zusammenhänge von Bronchitis und Verkehrs- bzw. Nachbarschaftslärm bei Erwachsenen:

OR = 1,9/1,9 und bei Kinder: OR = 2,6/3,5.

Lärmbedingte Schlafstörungen in den letzten 4 Wochen und Asthma war nur bei Erwachsenen signifikant (OR = 1,4) korreliert, da die Anzahl der an Asthma erkrankten Kinder zu gering war. Der Zusammenhang lärmbedingter Schlafstörungen mit Bronchitis war für beide Gruppen signifikant und betrug bei Erwachsenen OR = 1,4 – bei Kindern OR = 3,7.

Bockelbrink et al. (2008) untersuchten Geschlechtsunterschiede beim Zusammenhang von Asthma und nächtlicher Lärmstörung und fanden nur bei Mädchen einen signifikanten Zusammenhang (OR = 1,5).

Linares et al. (2006) untersuchten Krankenhauseinweisungen von Kindern und fanden signifikante Zusammenhänge von Atemwegserkrankungen mit Luftverschmutzung (insbesondere Partikel PM10) sowie mit Lärmpegeln. Kombinierte Belastung mit beiden Komponenten wurde nicht analysiert

Shima et al. (2003) untersuchten in einer Kohortenstudie mit 2500 Schulkindern und einer Dauer von vier Jahren die Inzidenz von Bronchialasthma in Abhängigkeit vom Abstand

der Wohnung von Hauptverkehrsstraßen. Kinder, die weniger als 50 m von einer Hauptverkehrsstraße entfernt wohnten, hatten ein viermal höheres Erkrankungsrisiko als die Vergleichsgruppe. Hier wurde tatsächlich die Kombinationsbelastung mit Kfz-Emissionen untersucht.

Ising et al. (2004 a) beschrieben eine Erweiterung der hier vorgelegten Beobachtungsstudie, in der allen 401 Probanden objektiv bestimmte Belastungskategorien zugeordnet wurden. Außerdem wurden die Arztkontakte aller Probanden retrospektiv über 5 Jahre erhoben und die Erkrankungshäufigkeiten in Abhängigkeit von der Belastung analysiert. Bezüglich Bronchialasthma und Bronchitis wurden die Ergebnisse der Beobachtungsstudie bestätigt.

## 5 FELDSTUDIE

### 5.1 FRAGESTELLUNGEN

**Folgende Fragen sollten in einer Feldstudie untersucht werden:**

1. Führt eine Erhöhung von Cortisol in der ersten Nachthälfte langfristig zu einem gesteigerten Risiko für Bronchitis bei Kindern oder führen solche Atemwegserkrankungen zu einer Cortisolerhöhung?
2. Gibt es Hinweise, dass neben dem aus der Literatur bekannten Modell *Kfz-Abgase => Bronchitis* auch die Wirkungskette *Verkehrslärm => Störung der Cortisol-Rhythmik => Bronchitis* besteht?

### 5.2 METHODIK

Aus den 401 Probanden der Beobachtungsstudie wurde eine ca. 20%-Untergruppe gezogen mit der Nebenbedingung, dass eine Vier-Felder-Tafel mit hoher bzw. niedriger Verkehrsexposition sowie mit bzw. ohne Bronchitis gebildet wurde.

Mit Ausnahme der niedrig Verkehrsbelasteten mit Bronchitisbefund wurde die Auswahl zufällig getroffen.

68 von 84 Probanden wurden erreicht und hatten mindestens zwei Jahre lang Arztkontakte. Die Beteiligungsrate betrug 82%. (s. Tab. 7)

Bei den teilnehmenden Kindern wurde nachts um 1 Uhr und morgens der Harn zur Bestimmung der stündlichen Ausscheidungsmengen von freiem Cortisol und Cortisolmetaboliten mittels HPLC (Schöneshöfer et al., 1985) sowie Speichelproben (Ising et al., 2004) gesammelt.

## 5.2.1 DURCHFÜHRUNG

In der Zeit vom 22. bis 26. April 2002 führten wir eine Feldstudie in den verkehrsbelasteten Ortschaften Walkenried, Bad Sachsa, Osterhagen, Bartolfelde, Barbis, Bad Lauterberg, Scharzfeld und Herzberg durch. Dabei wurde eine Verkehrslärm- und Abgasmessung sowie eine Sammlung von Urin- und Speichel vorgenommen.

Die textliche Einleitung zur elterlichen Speichel- u. Urinsammlung lautete wie folgt:

An die Eltern der Kinder,  
die an der Kinderarzt-Studie  
teilnehmen

13. April 2002

Liebe Eltern,

Sie hatten sich im September 2001 bereit erklärt, an einer weitergehenden Studie teilzunehmen, mit der Hintergründe für einige Krankheiten ihrer Kinder geklärt werden sollen.

Die dazu notwendigen Untersuchungen sollen in der Woche vom 22.-27. April 2002 durchgeführt werden.

Sie erhalten in ihrer Kinderarztpraxis zwei Urinsammelgefäße mit Sammelanleitung sowie vier Röhrchen zum Sammeln von Speichelproben. Die Arzthelferinnen werden Sie noch einmal kurz über ihre Wohnverhältnisse befragen, und der Arzt wird den aktuellen Gesundheitszustand Ihres Kindes dokumentieren. Außerdem werden wir in der Woche vom 22.-27. April die Belastung des Zimmers Ihres Kindes durch Luftverunreinigungen und Lärm messen. Dafür werden die Arzthelferinnen mit Ihnen einen Besuchstermin bei Ihnen zu Hause vereinbaren. Wir werden dann Luftmessröhrchen und bei hörbarem Lärm ein Schallmessgerät vor dem Kinderzimmerfenster anbringen und einen Termin vereinbaren, wann beides wieder abgeholt wird.

Alle Untersuchungsergebnisse unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Es werden nur anonyme Daten ausgewertet und veröffentlicht.

Ich danke Ihnen noch einmal für ihre Mithilfe bei dieser Studie, die der Gesundheitsvorsorge für unsere Kinder dient.

Mit freundlichen Grüßen

Wir bildeten aus der Gesamtgruppe von 401 untersuchten Kindern der Befragungsstudie eine 20 %-Untergruppe mit der Bedingung, dass eine Vier-Felder-Tafel mit hoher und niedriger Verkehrsexposition sowie mit bzw. ohne Bronchitis-Befund bei der Befragungsstudie gebildet wurde. Mit Ausnahme der niedrig Verkehrsbelasteten mit Bronchitis-Befund wurde die Auswahl zufällig getroffen:



68 von 84 zu untersuchenden Kindern wurden erreicht und hatten mindestens 2 Jahre lang Kontakt mit dem Kinderarzt. Dies entsprach einer Beteiligung von 82 % (s. Tab. 7). Wenige Wochen vor Durchführung der Feldstudie traf sich unsere Arbeitsgruppe in einer der beiden Kinderarztpraxen; wir legten folgendes fest:

1. Den Eltern der betroffenen Kinder sollten 2 Urinsammelgefäße sowie 4 Röhrchen zum Sammeln von Speichelproben als Sammelanleitung von den Arzthelferinnen der bei den Praxen ausgegeben werden, diese sollten dann mit der Übergabe der Sammelgefäße respektive Röhrchen an die Eltern noch Fragen über die Wohnverhältnisse der Kinder stellen und die ausgehändigte Sammelanleitung noch einmal erklären.
2. Die Kinderärzte und der Autor untersuchten dann die Kinder zwecks Feststellung des aktuellen Gesundheitszustandes. Gleichzeitig wurde ein Besuchstermin zwecks Luft- und Schallpegelmessung in den Kinderzimmern der jeweiligen Probanden vereinbart, zu dem dann auch die Urinsammelgefäße und die Speichelröhrchen wieder abgeholt werden sollten.

Wir haben die Lage der Häuser, respektive Wohnungen der insgesamt 84 Kinder nach den Kriterien:

- a) Nähe zur Straße
  - b) Ausrichtung des Kinderzimmers zur Straße
- beurteilt und kartiert.

Die Verkehrslärm- und Abgasbelastung außerhalb der Kinderzimmer wurde zum Teil durch direkte Messungen des nächtlichen Mittelungspegels und der NO<sub>2</sub>-Belastung über 3 bis 4 Tage ermittelt und ansonsten durch Experten anhand von genauen Straßenkarten sowie der abgefragten Schlafzimmerausrichtung des Kindes geschätzt. Zur Qualifizierung der ärztlichen Diagnosen wurden aus den Arztkarteien die Summen der Arzt-Patienten-Kontakte während der letzten 5 Jahre wegen Bronchitis und Neurodermitis ausgewertet und die jährlichen Kontaktraten bestimmt. Die Diagnose „Bronchitis“ wurde aufgrund der Befunde beim Abhören und bei der Spirometrie gestellt. Im folgenden wird der Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung, Veränderungen der Cortisolausscheidung und Bronchitis ausgewertet, da erheblich weniger Kinder den Arzt wegen Neurodermitis aufgesucht hatten.

Den Eltern u. Studienmitarbeitern wurde eine Anleitung zum Urin- und Speichelsammeln an die Hand gegeben:

*Anschreiben und Anleitung zur Speichelsammlung*

An die Eltern der Kinder,  
die an der Kinderarzt-Studie teilnehmen

31.03.2002

Liebe Eltern,

Sie hatten sich im September 2001 freundlicherweise bereit erklärt, an einer Luftverunreinigung- und Lärmstudie als gesundheitliche Belastungen bei bestimmten Kinderkrankheiten teilzunehmen; vielen Dank.

Im Namen von Herrn Professor Ising möchte ich nun noch einmal um zwei Speichelproben bei Ihrem Kind bitten; die Wiederholungsuntersuchung wird erforderlich, weil bei der ersten Untersuchung zu wenig Speichel für die Analyse gewonnen wurde.

Und so geht's:

**Abendliche Speichelgewinnung:**

Lassen Sie bitte Ihr Kind ½ Stunde vor dem Zubettgehen auf das Röllchen im Kunststoffröhrchen A 30 Sekunden lang tüchtig kauen, das Röllchen soll viel Speichel aufnehmen, dann das Röllchen zurück in das Kunststoffröhrchen A.

**Nächtliche Speichelgewinnung:**

Wecken Sie bitte Ihr Kind gegen 01.00 Uhr nachts behutsam auf, und bitten Sie es wiederum tüchtig auf das Röllchen aus dem Kunststoffröhrchen B 30 Sekunden lang zu kauen, dann das Röllchen zurück in das Kunststoffröhrchen B legen und verschließen.

Ich hole die 2 Röhrchen (A und B) dann zu dem mit Ihnen vereinbarten Termin ab. Dokumentieren Sie bitte unten, wann Sie die Röllchen haben kauen lassen.

Das Gelingen dieser wichtigen Studie zum Gesundheitsschutz der Kinder hängt wesentlich von Ihrer Mitarbeit ab.

Herzlichen Dank für Ihre Mühe.

Mit freundlichen Grüßen  
Manfred Eilts

Uhrzeit

Uhrzeit

Röllchen A: Abendliches Kauen, eingelegt: \_\_\_\_\_ rausgenommen: \_\_\_\_\_

Röllchen B: Nächtliches Kauen, eingelegt: \_\_\_\_\_ rausgenommen: \_\_\_\_\_

VP NR.

Im Laufe des Vormittags nach dieser Sammlung wurden die Eltern gebeten, die Sammelgefäße zur Arztpraxis zurück zu bringen. Von dort wurden sie vom Autor noch in den Mittagsstunden abgeholt und für die Analyse vorbereitet.

Die Urin- und Speichelsammel-Anleitung und das dazugehörige Protokoll sowie eine Befragung zu Wohnverhältnissen, Straßenverkehr und bisherigen Erkrankungen der Kinder ist im Anhang beigefügt. Der Kinderarzt wurde noch gebeten, die aktuellen Erkrankungen

des Kindes anzugeben, hierbei wurde nach

- *Asthma bronchiale,*
- *häufiger Bronchitis,*
- *Hautallergien,*
- *Neurodermitis,*
- *Unruhe,*
- *Verhaltensstörungen,*
- *Sonstiges,*

gefragt.

*Urinsammelanleitung April 2002*

**Urin- und Speichelsammlung**

Von allen Kindern soll in einer Nacht Urin und Speichel gesammelt werden, während sie bei der sonst üblichen Fensterstellung schlafen. Geben sie bitte im unten stehenden Protokoll an, ob ihr Kind bei offenem oder geschlossenem Fenster schläft.

Am Abend soll ihr Kind ca. ¼ l Saft oder Tee zusätzlich trinken und vor dem zu Bett gehen die Blase in die Toilette entleeren. Dann geben sie ihrem Kind bitte das Watteröllchen in den Mund, das sie aus dem Sammelröhrchen 1 entnehmen. Ihr Kind soll etwa eine halbe Minute lang darauf kauen; dann wird das mit Speichel gefüllte Röhrchen wieder in das Röhrchen gesteckt und dieses verschlossen. Notieren sie bitte diese Uhrzeit.

Gegen 01.00 Uhr nachts wecken sie bitte ihr Kind behutsam und sammeln sie soviel Urin wie möglich im Sammelgefäß 1. Danach sammeln sie im Röhrchen 2 Speichel wie am Abend und notieren sie die Uhrzeit.

Beim Aufstehen ihres Kindes am Morgen sorgen sie bitte dafür, dass der Urin im Sammelgefäß 2 sowie Speichel im Röhrchen 3 gesammelt wird und notieren sie wieder die Uhrzeit.

Eine halbe Stunde nach dem Aufstehen – aber bevor ihr Kind etwas gegessen hat – soll Speichel im Röhrchen 4 gesammelt und wieder die Uhrzeit notiert werden. Planen sie daher bitte genügend Zeit ein.

Im Laufe des Vormittags müssen alle Sammelgefäße zurück zur Arztpraxis. Bei Fragen wenden sie sich bitte an die Arzthelferinnen.

Das Gelingen dieser wichtigen Studie zum Gesundheitsschutz der Kinder hängt von ihrer gewissenhaften Mitarbeit ab.

Vielen Dank für ihre Mühe!

**Protokoll**

Schläft ihr Kind in dieser Nacht bei offenem Fenster? ja  nein

**Abends:** Wochentag und Uhrzeit der letzten Blasenentleerung vor dem Schlaf und

Speichelsammlung im Röhrchen 1: Mo.  Di.  Mi.  Uhrzeit: \_\_\_\_\_

**Nachts:** Urinsammlung Gefäß 1 /Speichel-Röhrchen 2 Uhrzeit: \_\_\_\_\_

**Beim Aufstehen:** Urinsammlung Gefäß 2/Speichel-Röhrchen 3 Uhrzeit: \_\_\_\_\_

**½ Stunde nach dem Aufstehen:** Speichel-Röhrchen 4 Uhrzeit: \_\_\_\_\_

In einem nächsten Schritt wurde der Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung, Stresshormonveränderungen und Bronchitis ausgewertet, da nur wenige Kinder mit Neurodermitis die Kinderarztpraxen aufsuchten.

Für die Cortisolmessung hatten wir 4 Gruppen gewählt: 1. und 2. Gruppe Kfz-Belastung niedrig/ hoch, 3. und 4. Gruppe häufige Bronchitis mit/ ohne.

Durch den Vergleich von Niedrigbelasteten (22 Probanden) gegenüber Hochbelasteten (19 Probanden) ohne Bronchitis sollten die Ergebnisse des Jahres 2000 überprüft werden.

Durch Gegenüberstellung von Niedrigbelasteten ohne Bronchitis (22 Probanden) und solchen mit häufiger Bronchitis (15 Probanden) sollte der Einfluss von chronischer Bronchitis auf die Cortisol-Regulation geprüft werden.

Die Gruppe mit Bronchitis und hoher Belastung (28 Probanden) wurde wiederum in 3 Gruppen eingeteilt, wobei sich alle Wohnungen an stark befahrenen Straßen befanden:

- 1. Gruppe:** Zimmer zur Straße und Fenster offen (8 Probanden)
- 2. Gruppe:** Zimmer von Straße abgewandt, Fenster offen (12 Probanden)
- 3. Gruppe:** Zimmer zur Straße und Fenster geschlossen (8 Probanden)

Der Vergleich dieser Gruppen mit den 3 anderen Gruppen sollte erste Hinweise auf den Einfluss von Cortisol-Regulationsstörungen auf das Risiko für häufige Bronchitis geben.

Durch den Vergleich von niedrigbelasteten Kindern (22 Probanden) mit hochbelasteten Kindern (19 Probanden) ohne häufige Bronchitis sollten die Ergebnisse der Pilotstudie aus dem Jahre 2000 überprüft werden. Durch den Vergleich der Kinder ohne häufige Bronchitis (22 Probanden) mit den Kindern mit häufiger Bronchitis (15 Probanden) bei niedrigbelasteten Kindern sollte der Einfluss von häufiger Bronchitis auf die Cortisol-Erhöhung überprüft werden.

**Konzept der Felduntersuchung:**

Für die Cortisolmessung werden vier Gruppen ausgewählt:

- 1. und 2. Gruppe:** Kfz-Belastungen: niedrig/hoch
- 3. und 4. Gruppe:** häufige Bronchitis: ohne Befund/mit Befund

Durch den Vergleich

von niedrig Belasteten (n=22)  
gegenüber hoch Belasteten (n= 19)  
und ohne häufige Bronchitis

sollen die Ergebnisse des Jahres 2000 überprüft werden.

Durch den Vergleich

ohne chronische Bronchitis (n=22)  
gegenüber solchen mit chronischer Bronchitis (n=15)  
bei niedrig Belasteten

soll der Einfluss von chronischer Bronchitis auf die Cortisolregulation überprüft werden.

Die Gruppe mit chronischer Bronchitis und hoher Belastung (n=28) ist in drei Untergruppen geteilt, wobei alle Wohnungen an stark befahrenen Straßen liegen:

- 1. Untergruppe:** Zimmer zur Straße und Fenster offen (n=8)
- 2. Untergruppe:** Zimmer von Straße abgewandt, Fenster offen (n=12)
- 3. Untergruppe:** Zimmer zur Straße und Fenster geschlossen (n=8)

Der Vergleich dieser Gruppe mit den drei anderen Gruppen soll erste Hinweise über den Einfluss von Cortisol- Regulationsstörungen auf das Risiko für chronische Bronchitis geben.

Am ersten Tag der Untersuchung, dem 22.04.2002 werden wir in den Morgenstunden die Utensilien zur Probensammlung in die beiden Kinderarztpraxen im Landkreis bringen.

Die teilnehmenden Eltern sollen für den Termin ab Montag, den 22.04.2002, 14.00 Uhr bis einschl. Mittwoch, den 24.04.2002, 18.00 Uhr einbestellt werden; bei diesem Termin erhalten die Eltern die Urin- und Speichel-Sammelgefäße, diese Gefäße sind mit entsprechenden Aufklebern versehen.

Den Eltern wird eine ausführliche Beschreibung zum Ablauf der Probesammlung, eine Sammelanleitung sowie ein Fragebogen beigelegt.

Die Befragung wird in den Arztpraxen durchgeführt und dient zur Validierung der Befragung vom letzten Jahr.

Das Einsammeln der Proben und die Probenaufbereitung übernehme ich dann, die Lärm- und Luftmessungen werden von Herrn Prof. Ising beaufsichtigt, die Helfer dazu sind bereits bestimmt.

***Untersuchung:***

Für jedes Kind mit Begleitpersonen wurde zunächst eine eingehende Anamnese erhoben.

Dabei wurden

- a) Fragen zum aktuellen Gesundheitszustand von dem Kinderarzt und dem Autor gestellt,
- b) Erhebungen zu den Vorerkrankungen, insbesondere in Bezug auf Erkrankungen der Atemwege, Allergien und weitere Erkrankungen, z.B. Neurodermitis und Verhaltensstörungen, vorgenommen,
- c) die Daten der Allgemeinanamnese durch Feststellung des Alters, des Gewichtes und der Größe, aber auch des Schlafverhaltens ergänzt und

d) darüber hinaus relevante Fakten zur Familienanamnese erhoben und die aktuellen schulischen Leistungen des Kindes ermittelt.

Bei jedem Kind erfolgte sodann die körperliche Untersuchung, wobei folgende Maßnahmen im Vordergrund standen:

- a) Auskultation der Lunge
- b) Mundhöhlen- und Racheninspektion
- c) Gehörgangsuntersuchung und Audiometrie

Weiterhin wurden in Form eines Fragebogens die Mütter/Eltern über das Rauchverhalten in der Familie, das Vorhandensein eines Tieres im Kinderzimmer und eventuelle Durchschlafstörungen des Kindes befragt. Das Ergebnis dieser Erhebung ist der Tabelle 7 zu entnehmen.

Bei den teilnehmenden Kindern wurde nachts um 01.00 Uhr und morgens der Harn zur Bestimmung der Ausscheidungsmengen von freiem Cortisol und Cortisol-metaboliten gesammelt. Speichelproben zur Bestimmung der Cortisolkonzentration wurden vor dem Zubettgehen, nachts um 01.00 Uhr, morgens beim Aufstehen und 1/2 Std. danach gesammelt.

Die Verkehrslärm- und Abgasbelastung wurden nach dem oben bereits erklärten Vorgehen ermittelt.

Zur Quantifizierung der ärztlichen Diagnosen wurden aus den Arztkarteien die Summen der Arzt-Patienten-Kontakte während der letzten 5 Jahre wegen Bronchitis und Neurodermitis ausgewertet und die jährlichen Kontaktraten bestimmt. Die Diagnose: Bronchitis wurde aufgrund der Befunde beim Auskultieren und bei der Spirometrie gestellt.

Tab. 7 Selektion der Feldmessung

Typ:	0	1	10	11	-	Total
	Keine Bronchitis geringe Verkehrs- exposition	Häufige Bronchitis geringe Verkehrs- exposition	Keine Bronchitis hohe Verkehrs- exposition	Häufige Bronchitis hohe Verkehrs- exposition	mittlere Verkehrsexposition	
	<b>199</b>	<b>17</b>	<b>36</b>	<b>44</b>	<b>105</b>	<b>401</b>
<i>Ausgewählte Patienten:</i>						
	22	16	19	27		84
	11%	94%	53%	61%		
<i>Erreichte Patienten:</i>						
	18	13	16	21		68
	82%	81%	84%	78%		81%

Die Verkehrslärm- und Abgasbelastung außerhalb der Kinderzimmer wurde zum Teil durch direkte Messungen des nächtlichen Mittelungspegels und der mittleren NO<sub>2</sub>-Belastung über 3-4 Tage ermittelt und ansonsten durch Experten anhand von genauen Straßenkarten und der abgefragten Schlafzimmerausrichtung des Kindes geschätzt. Zur Quantifizierung der ärztlichen Diagnosegruppen wurden aus den Arztkarteien die Summen der Arzt-Patienten-Kontakte während der letzten 5 Jahre wegen Bronchitis und Neurodermitis ausgewertet und die jährlichen Kontaktraten bestimmt. Die Diagnose „Bronchitis“ wurde aufgrund der Befunde beim Abhören und bei der Spirometrie gestellt. Im folgenden wird der Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung, Veränderungen der Cortisolausscheidung und Bronchitis ausgewertet, da erheblich weniger Kinder den Arzt wegen Neurodermitis aufgesucht hatten.

### 5.3 ERGEBNISSE

Nach Elternangaben hatten nur 5 von 68 Kindern Schlafprobleme; 12 der 68 Kinder fühlten sich tags und/oder nachts durch Verkehrslärm gestört. 63 Kinder waren mindestens 5 Jahre lang bei ihren Ärzten wegen einer Bronchitis in Behandlung.

Die Bestimmung der Konzentration von freiem Cortisol und der Metabolite Cortison und 20a-Dehydrocortisol im Sammelharn der ersten Nachthälfte traten aufgrund methodischer Probleme für Cortisol 20 Messausfälle auf. Die entsprechenden Anzahlen für Cortison und 20a-Dehydrocortisol betragen 19 und 9.

Bei den Harnproben der zweiten Nachthälfte waren die Ausfälle ähnlich wie bei den Proben der ersten Nachthälfte. Da ein erheblicher Teil der Messwerte aus der 1. Nachthälfte unterhalb der Nachweisgrenze lag, war nur eine Klassierung der Probanden bezüglich ihrer stündlichen Ausscheidungsmengen von Cortisol/ Metaboliten möglich. Alle Probanden mit Werten unter der Nachweisgrenze erhielten die Kategorie 1; bei Ausscheidungsmengen von Cortisol und den Metaboliten über 100 µg/h wurden die Kinder in Kategorie 3 eingestuft, alle anderen Kinder erhielten die Kategorie 2. Die entsprechenden Verteilungen der Probanden sind in Tabellen gemeinsam mit den Angaben über den Quotienten der Ausscheidungsmengen von 20a-Dehydrocortisol in der ersten in Bezug zur zweiten Nachthälfte dargestellt. Bei Cortisol und Cortison waren die Datenausfälle so häufig, dass dafür keine Angaben gemacht werden. Die Messergebnisse für Kfz-Lärm (Leq, 8h nachts,

außen) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>, Mittelwerte über 3-4 Tage) als Leitsubstanz für Abgase sind in den Tabellen 8 und 9 dargestellt.

**Tab.8** Ergebnisse der Immissionsmessungen aufgeteilt auf Immissionsklassen. Die Lärm-, Abgas- und Immissionsklassen der Kinder waren miteinander hoch korreliert (Rangkorrelationskoeffizienten: 0,84-0,95). Die relativ kurzzeitigen Stickstoffdioxid-Messungen werden ergänzt durch Messungen des Deutschen Wetterdienstes während eines Jahres, die als wöchentliche Mittelwerte erfasst wurden.

Lärm	Mittelwert L <sub>nacht</sub> [dB(A)]	SD	Maximum	Minimum	N
Kurgebiet	33.0	4.4	39	29	5
Mittlere Belastung	49.1	6.9	58	32	13
Hohe Belastung	61.3	6.7	70	54	7
NO <sub>2</sub>	Mittelwert (3-4 Tg) [µg/m <sup>3</sup> ]				
Kurgebiet	16.1	2.9	20.2	12.4	9
Mittlere Belastung	27.5	5.5	34.0	13.2	27
Hohe Belastung	62.5	13.7	80.2	42.1	5

**Tab.9** Ergebnisse langzeitiger Stickstoffdioxid-Messungen an je einem Messpunkt pro Gebiet, N: Anzahl wöchentlicher Mittelwerte (Deutscher Wetterdienst)

NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	Mittelwert	SD	Median	95% Perzentil	N
Kurgebiet	10.7	4.1	9.5	17.5	51
Mittlere Belastung	11.8	4.3	11.7	18.5	52
Hohe Belastung	26.0	5.9	24.3	36.3	53



### 5.3.1 IMMISSIONSKLASSIERUNGEN UND MESSUNGEN

**Die Verkehrsimmissionen wurden in folgende Kategorien eingeteilt:**

**Kurgebiet:**  $Leq(\text{nachts}) < 40 \text{ dB(A)}$  und  $N02 < 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Hohe Belastung:**  $Leq(\text{nachts}) > 53 \text{ dB(A)}$  und  $N02 \geq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Mittlere Belastung:** alle anderen Kombinationen von Lärm und Abgas.

Die Auswahl war so getroffen worden, dass in der gering belasteten Gruppe der Patientenanteil deutlich erhöht wurde (Vierfeldertafel). Dadurch wurde der relative Verkehrseinfluss verringert (konservative Selektion). Deswegen interessieren auch nur die Relationen zwischen Krankheit und Stresshormonen unter den verschiedenen verkehrsbedingten Belastungen, nicht aber deren absolute Beträge. Im folgenden wird überwiegend der Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung, Stresshormonveränderungen und Bronchitis ausgewertet, da erheblich weniger Kinder den Arzt wegen Neurodermitis aufgesucht hatten. Zusätzlich zu dieser Kombinations-Klassierung der Kfz-Immissionen werden die entsprechenden Angaben für getrennte Lärm- und Abgas-Klassierungen in der folgenden Tabelle zusammengestellt und die Probandenzahl pro Klasse aufgeführt.

**Tab.10** Zellenbesetzungen für kombinierte Immissionen sowie Klassierungsgrenzen und Zellenbesetzungen für Schallpegel und Abgas einzeln betrachtet. Ergebnis einer Rangkorrelationsanalyse der genannten Klassierungen

Immissionsklassen	1	2	3
N	14	42	12
Schallpegelklassen			
Leq Nacht [dB(A)]	<40	41-53	>53
N	18	35	15
Abgasklassen			
NO <sup>2</sup> (3-4Tage) [ug/m <sup>3</sup> ]	<21	21-40	>40
N	17	40	11

**Tab. 11** Rangkorrelationskoeffizienten (Spearman) zwischen den verschiedenen Klassierungen für Kfz-Immissionen (N=68)

Immissionskl.	1.000		
Abgasklassen	0.945	1.000	
Schallpegelkl.	0.887	0.836	1.000

### 5.3.2 ERGEBNISSE DER FRAGEBOGENERHEBUNG

Von den 68 Kindern fühlten sich 12 tags und/oder nachts durch Verkehrslärm gestört. Nach Elternangaben hatten nur 5 aller Kinder Schlafprobleme. 63 Kinder waren mindestens 5 Jahre lang bei ihren Ärzten in Behandlung, 62 u.a. wegen Bronchitis und 35 wegen Neurodermitis. Die jährlichen Behandlungshäufigkeiten wegen Bronchitis und Neurodermitis hatten die in Tab. 5 dargestellten Verteilungen. Die Gesamtzahl der Arztkontakte in den letzten 5 Jahren betrug wegen Bronchitis 691 und wegen Neurodermitis 170.

**Tab. 12** Ergebnisse der 20%-Untergruppen-Bildung der Feldstudie

(Rohwerte: 1=ja; 0=nein):

<b>Weibl./Männl.</b>		
W:0	M:1	<i>Total</i>
32	36	<b>68</b>
(5-8 Jahre:n=35 / 9-13 Jahre: n=33)		
<b>Raucher</b>		
0	1	<i>Total</i>
25	43	<b>68</b>
<b>Tierzimmer</b>		
0	1	<i>Total</i>
51	17	<b>68</b>
<b>Stör tag/nacht</b>		
0	1	<i>Total</i>
53	12	<b>65</b>
<b>Durchschlaf</b>		
0	1	<i>Total</i>
5	61	<b>66</b>

84 Probanden einer 20 %-Untergruppe wovon 68=81% erreicht wurden; diese 68 hatten mind. 2 Jahre lang Arztkontakte. 32 Kinder waren weiblich, 36 männlich.

35 Probanden im Alter von 6-8 J., davon 17=6 J., 10=7J. und 8=8 Jahre; davon 33 Probanden im Alter von 9-13 Jahren waren 12=9 J., 3=10 J., 7=11 J., 8=12 J. und 3=13 Jahre alt. 43 Kinder lebten in Raucherhaushalten, 25 in solchen wo nicht geraucht wurde.

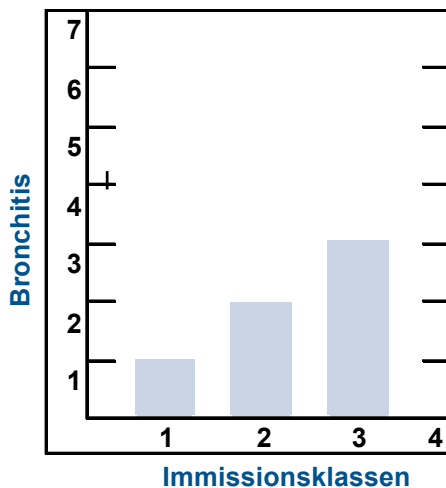
17 Kinder lebten in Familien mit mindestens einem Haustier, in 51 Probanden-Haushalten gab es kein Haustier.

12 Kinder fühlten sich tags und/nachts gestört. Von 3 Kindern gab es keine Antwort.

Nur bei 5 Kindern gaben die Eltern Durchschlafstörungen an, von 2 Kinderhaushalten gab es keine Antworten.

### 5.3.3 KRANKHEIT IN ABHÄNGIGKEIT VON KFZ-IMMISSIONEN

In Abb.5 werden die Mittelwerte und Standardfehler der jährlichen Arztbesuche wegen Bronchitis als Funktion der Immissionsklassen dargestellt. Die Zunahmen sind statistisch signifikant (Kruskal-Wallis-Test).



**Abb.5** Arztbesuche pro Jahr wegen Bronchitis in Abhängigkeit von Kfz-Immissionen

### 5.3.4 CORTISOL IN ABHÄNGIGKEIT VON DER HÄUFIGKEIT VON BRONCHITIS-ARZTKONTAKTEN

Im folgenden sollte geprüft werden, ob häufige Bronchitis zu einer Erhöhung von Cortisol in der Nacht führt. Dazu wurde durch Ausschluss der Probanden mit Nachtlärmbelastungen über 53 dB(A) eine Untergruppe gebildet. Die Häufigkeiten von Kindern mit Ausscheidungsmengen von Cortisol bzw. seinen Metaboliten über der Nachweisgrenze bzw. in der höchsten Klasse wurde unterteilt in zwei Gruppen mit weniger bzw. mehr als zwei Arztkontakten pro Jahr wegen Bronchitis. Die Ergebnisse sind in Tab.13 dargestellt.

Häufige Bronchitis verändert hiernach nicht die Ausscheidung von Cortisol und seinen Metaboliten in der ersten Nachthälfte. Auch die Speichelcortisolkonzentration eine halbe Stunde nach dem Aufstehen war durch Bronchitis nicht verändert.

**Tab. 13** Prozentsätze erhöhter Cortisol/Metaboliten- Ausscheidungen in der ersten Nachthälfte bei Kindern mit seltenen bzw. häufigen Arztkontakten wegen Bronchitis in den letzten 5 Jahren.

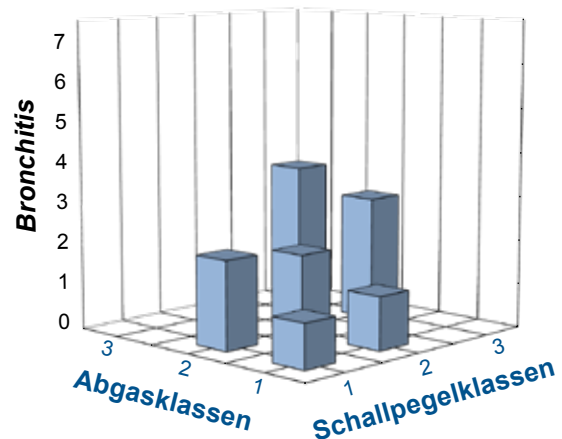
	Seltene Bronchitis	Häufige Bronchitis
<b>Cortisol</b>	29%	33%
<b>Cortison</b>	46%	33%
<b>20a-Dehydrocortisol</b>	50%	53%

### 5.3.5 CORTISOL IN ABHÄNGIGKEIT VON DER LÄRMBELASTUNG

Der Einfluss der Lärmbelastung wurde in einer Untergruppe von Kindern mit Bronchitis-Arztkontakten von weniger als vier pro Jahr untersucht. Die Speichelcortisolkonzentration (1/2 h nach dem Aufstehen) wurde logarithmiert, um sie einer Normalverteilung annähern zu können. Ein ungepaarter t-Test ergab eine signifikante Zunahme von Speichelcortisol bei den sechs Probanden mit Nachtlärmbelastung über 53 dB(A) um nahezu 80% gegenüber 34 geringer belasteten Probanden.

**Tab.14** Zellenbesetzungen zu Abb.6

Lärm	1	2	3	Total
<b>Abgas</b>				
<b>1</b>	14	3	0	17
<b>2</b>	4	32	3	39
<b>3</b>	0	0	12	12
<b>Total</b>	18	35	15	68

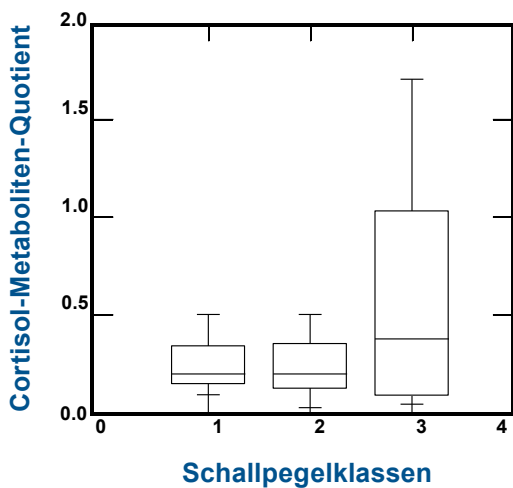


**Abb.6** Arztbesuche pro Jahr wegen Bronchitis in Abhängigkeit von Schallpegel- und Abgasklassen.

Es ist deutlich erkennbar, dass bereits eine mittlere Belastung durch Abgase die Bronchitis-Arztkontakte deutlich erhöht. Lärm hat dagegen erst bei nächtlichen Mittelungspegeln über 53 dB(A) einen deutlichen Einfluss.

Bei den Cortisol/Metaboliten-Ausscheidungen in der ersten Nachthälfte konnten aufgrund einer ungenügenden Datenlage unter hoher Lärmbelastung nur tendenzielle Erhöhungen festgestellt werden.

Trotz dieses wegen der oben beschriebenen methodisch bedingten Datenausfälle entstandenen Problems wurde ein relativ deutlicher Einfluss der Lärmbelastung auf die Erhöhung des Quotienten der Ausscheidungsmengen von 20a-Dehydrocortisol in der ersten bezogen auf die zweite Nachthälfte erkennbar. In der unten aufgeführten Abb. 7 ist ein tendenzieller Lärmeffekt in der 3. Schallpegelklasse bei nächtlichem  $L_{eq} > 53$  dB(A) erkennbar.

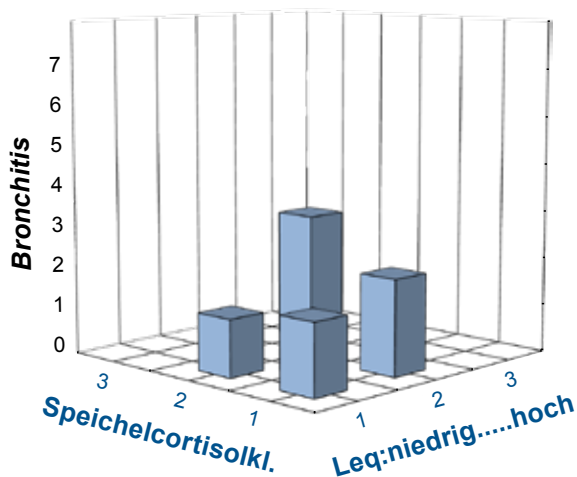


**Abb.7** Verteilungen der Quotienten der Ausscheidungsmengen des Cortisol-Metaboliten 20a-Dehydrocortisol in der ersten bezogen auf die zweite Nachthälfte in Abhängigkeit von den Schallpegelklassen. (Dargestellt sind jeweils die 5., 25., 50., 75. und 95. Perzentile.)

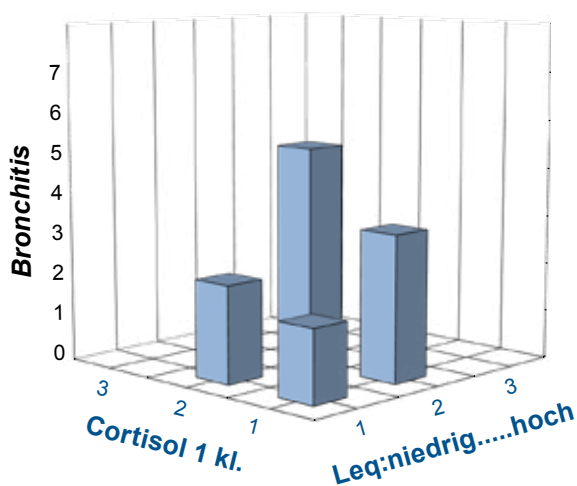
### 5.3.6 BRONCHITIS IN ABHÄNGIGKEIT VON LÄRMBELASTUNG UND CORTISOLERHÖHUNG

In der folgenden Abbildung werden die mittleren jährlichen Arztkontakte wegen Bronchitis bei niedriger und hoher Lärmbelastung sowie in Abhängigkeit von der Cortisolausscheidung in der ersten Nachthälfte dargestellt. Bei Patienten mit hoher Lärmbelastung, die zusätzlich eine Cortisolerhöhung aufweisen, ist eine Häufung der Arztkontakte wegen Bronchitis deutlich erkennbar.

**A**



**B**



**Abb.8** Arztbesuche pro Jahr wegen Bronchitis in Abhängigkeit von Schallpegel und Cortisolausscheidung.

**A:** Berücksichtigung der Cortisolkonzentration im Speichel 30 Minuten nach dem Aufstehen

**B:** Berücksichtigung der Cortisolausscheidung in der ersten Nachthälfte.

### 5.3.7 MULTIPLE KORRELATIONEN

Bei den 48 Probanden mit vollständigen Daten für die Cortisol/Metaboliten-Ausscheidung in der ersten Nachthälfte wurden die Arztkontakte wegen Bronchitis in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und der Cortisol/Metaboliten-Ausscheidung mit Geschlecht, Alter, Rauchen im Haushalt und Schulbildung als Co-Variablen untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 15 dargestellt. Kinder mit erhöhter Cortisolausscheidung in der ersten Nachthälfte hatten eine signifikant erhöhte Kontaktrate wegen Bronchitis. Die Berücksichtigung der Cortisolausscheidung in der 1. Nachthälfte (Cortisol 1) ergab eine um 7% erhöhte Varianzaufklärung der Arztkontakte wegen Bronchitis. Wurde statt des freien Cortisols einer der Metaboliten in das Modell eingeführt, so ergaben sich nicht signifikante Erhöhungen der Varianzaufklärung um jeweils knapp 2%.

**Tab. 15** Logarithmus der jährlichen Arztkontakte wegen Bronchitis in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und der Cortisolausscheidung in der ersten Nachthälfte mit Geschlecht, Alter, Rauchen im Haushalt und Schulbildung als Co-Variablen.

n: 48 Multiple r: 0.640 r2: 0.410

Effekt	Koeffizient	t	P(2-seitig)
KONSTANTE	-1.347	0.804	0.102
GESCHLECHT	0.168	0.324	0.607
ALTER	-0.063	0.058	0.286
RAUCHER	0.623	0.309	0.051
SCHULE1	-0.447	0.341	0.198
SCHULE2	-0.232	0.507	0.649
<b>Immission(niedrig)</b>	<b>0.911</b>	<b>0.349</b>	<b>0.013</b>
<b>Immission(hoch)</b>	<b>1.632</b>	<b>0.482</b>	<b>0.002</b>
<b>Cortisol1</b>	<b>0.707</b>	<b>0.332</b>	<b>0.040</b>

Für die Gesamtgruppe sind die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse zwischen dem Logarithmus der jährlichen Arztkontakte wegen Bronchitis und den kombinierten Verkehrsimmissionen in Tab.16 dargestellt.

Bei mittlerer Kfz-Belastung steigt die jährliche Kontaktrate grenzwertig signifikant, bei hoher Belastung dagegen signifikant an. Wegen der hohen Korrelation zwischen den Klassierungen für Gesamt-Immissionen und Abgas- sowie Lärmimmissionen sind die Ergebnisse der multiplen Korrelationsanalysen mit den drei Belastungsvariablen ähnlich, die Varianzaufklärung ändert sich um weniger als 1%.

**Tab. 16** Logarithmus der jährlichen Arztkontakte wegen Bronchitis in der Gesamtgruppe

n: 68 Multiple r: 0.454: r<sup>2</sup>:0.206

Effekt	Koeffizient	t	P(2-seitig)
KONSTANT	-0.110	0.672	0.871
GESCHLECHT	0.205	0.269	0.449
ALTER	-0.052	0.058	0.369
RAUCHER	0.344	0.273	0.213
SCHULE1	-0.316	0.290	0.279
SCHULE2	-0.028	0.434	0.950
<b>Immission1</b>	<b>0.555</b>	<b>0.326</b>	<b>0.094</b>
<b>Immission2</b>	<b>1.199</b>	<b>0.419</b>	<b>0.006</b>

### 5.3.8 DISKUSSION

In der vorgestellten Feldstudie konnten den Probanden der Beobachtungsstudie durch repräsentative Lärm- und Abgasmessungen objektive Belastungskategorien für verkehrsbedingte Immissionen zugeordnet werden. Außerdem wurde durch die retrospektive Auswertung der Arztkarteien die Datengrundlage zur Objektivierung der Erkrankungshäufigkeit für Bronchitis wesentlich verbessert.

Da die vorliegende Arbeit als Beobachtungsstudie unter Verwendung der Arztkarteien durchgeführt wurde, beruhen die Diagnosen teilweise auf der subjektiven Beurteilung durch die Ärzte. Dies gilt aber gleichermaßen für die hoch und niedrig belasteten Kinder. Da zum Zeitpunkt der jeweiligen Diagnosen noch kein Plan für eine retrospektive Auswertung bestand, kann eine Verfälschung der belastungsabhängigen Unterschiede weitgehend ausgeschlossen werden.

Nach Abb.9 führen bereits mittlere Belastungen mit Kfz-Emissionen zu einer Vermehrung von Bronchitis. Der Einfluss von Lärm auf die Cortisolausscheidung wird dagegen erst in der höchsten Belastungsklasse bei Pegeln über 53 dB(A) deutlich. Allerdings werden durch die Messung der Innenraumpegel in dB(A) die gesundheitlichen Auswirkungen des LKW-Lärms unterschätzt (Ising et al., 2004).



Auch M. Ising (2003) beobachtete, dass Kinder erst bei der höchsten Lärmbelastung signifikante Erhöhungen der Cortisolausscheidung in der ersten Nachthälfte aufwiesen. Dabei war der Quotient der Cortisol/Metaboliten-Ausscheidungsmengen in der ersten bezogen auf die zweite Nachthälfte als besonders geeignet zum Nachweis von Cortisol-Regulationsstörungen aufgrund von Nachtlärm vorgeschlagen worden.

Trotz erheblicher Datenausfälle wegen methodischer Probleme zeigte sich dieser Quotient (20a-Dehydrocortisol<sub>1</sub>/20a-Dehydrocortisol<sub>2</sub>) auch in der vorliegenden Studie zum Nachweis eines Einflusses von Nachtlärm als am besten geeignet.

Da die jährlichen Arztkontakte wegen Bronchitis nach Logarithmierung normal verteilt waren, konnten multiple Regressionsanalysen durchgeführt werden. Von den Ergebnissen interessieren weniger die absoluten Zusammenhänge von Krankheit und Verkehrsbelastung als der Beitrag, den die Cortisolerhöhung in der ersten Nachthälfte (Cortisol 1) zur Varianzaufklärung liefert. Die signifikante Erhöhung der Bronchitishäufigkeit bei Einfügung von Cortisol 1 in das Modell legt zusammen mit dem Ergebnis, dass häufige Bronchitis nicht mit einer Erhöhung von Cortisol 1 korreliert ist, folgende mögliche Schlussfolgerung nahe:

Langfristige Erhöhung von Cortisol in der ersten Nachthälfte als Zeichen einer gestörten Cortisol-Rhythmik führt langfristig zu einer Erhöhung der Behandlungsrate wegen Bronchitis.

Die vorgestellte Studie liefert also erste empirisch begründete Hinweise für die hypothetische Wirkungskette:

### **Verkehrslärm ⇒ Störung der Cortisol-Rhythmik ⇒ Bronchitis**

Die Bedeutung von chronisch wiederholter, nächtlicher Verkehrslärmbelastung für die Entwicklung von Bronchialasthma wurde von Ising et al. (2004a) diskutiert. Sie beobachteten in Übereinstimmung mit Shima et al. (2003) eine Vervierfachung des Risikos für Asthma während das Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society (1996) eine Risikoerhöhung von 2–3% pro  $PM_{10} = 10 \mu g/m^3$  angibt. Hieraus folgern sie, dass die nächtliche Lärmbelastung eine entscheidende Rolle bei der beobachteten Erhöhung des Risikos für Asthma bei Kindern spielen müsse.

### **Aus den Ergebnissen der unter 4.4 diskutierten Literatur kann geschlossen werden:**

- Die in nur einer Studie beobachteten Geschlechtsunterschiede von Lärmwirkungen sind vermutlich erklärbar durch das unterschiedliche Erleben der Lärmbelastung durch Jungen und Mädchen, was zu unterschiedlicher subjektiver Einschätzung des Lärms führt. Bei gleicher objektiver Belastung sind bei beiden Geschlechtern gleiche Risikorerhöhungen zu erwarten (Shima et al., 2003; Ising et al., 2004a).
- Kinder sind empfindlicher als Erwachsene. Das geht aus der WHO-Studie hervor (Niemann und Maschke, 2004), bei der die gleiche Methode für Erwachsene und Kinder angewendet wurde.
- Für die Gesundheit von Kindern ist der Schutz vor tieffrequentem Nachtlärm besonders wichtig.

### 5.3.9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Dadurch, dass Lärm im niedrigen Pegelbereich Stressreaktionen hervorrufen kann, wird deutlich, dass nicht allein die Höhe des Schallpegels für extraaurale Lärmwirkungen, manifestiert z.B. durch Atemwegserkrankungen, von Bedeutung ist.

Kombinationsbelastungen: Abgase und Lärm erhöhen das Risiko für Bronchitiden im Kindesalter erheblich gegenüber einer alleinigen Abgasbelastung.

Schlafen bei geöffnetem Fenster führte in verkehrsarmen Gebieten zu einer Verringerung von Bronchitiden.

#### **Daraus folgt, dass**

- a) die Immissionsgrenzwerte für Umweltlärm nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit physikalisch-technischer, medizinischer und sozialer Fachgebiete abgeleitet werden können *und*
- b) extraaurale Lärmwirkungen, wie im vorliegenden Falle bei den Atemwegen untersucht, durch Kombinationsbelastungen potenziert werden, insbesondere vor dem Hintergrund, dass Straßenverkehrsbelastungen prinzipiell als Kombination von Luftschadstoffen und Lärm auftreten.

Gesundheitsrisiken, die aus dieser Kombinationsbelastung erwachsen, sind bisher nur unzureichend untersucht. Weitere Untersuchungen sind dringend erforderlich.

Da im Oktober 2008 der Bau der Umgehungsstraße B243 begonnen wurde, bietet sich jetzt die besondere Möglichkeit zur Durchführung einer Interventionsstudie an. Die z.Zt. höchst belasteten Orte: Barbis, Osterhagen u.a. werden nach Fertigstellung der Umgehungsstraße den niedrig belasteten Gebieten der vorgelegten Studie ähnlich sein. Eine Untersuchung der Auswirkung dieser Entlastung auf die Gesundheit der dort wohnenden Kinder wäre als Grundlage für Maßnahmen zum Gesundheitsschutz der Kinder von größter Bedeutung.

Die bisher vorhandenen Daten erlauben keine sichere prognostische Abschätzung der Erhöhung des Risikos für Bronchitis und Bronchialasthma durch die kombinatorische Straßenverkehrsbelastung durch Lärm und Abgase, wobei die nächtliche Lärmbelastung eine besondere Rolle zu spielen scheint, was ebenfalls durch eine Interventionsstudie geklärt werden sollte.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse der orientierenden Vorstudie und der Beobachtungsstudie weisen darauf hin, dass der normale Rhythmus der nächtlichen Cortisolausscheidung bei Kindern, die an verkehrslärmbelasteten Straßen wohnten, gestört war.

Darüber hinaus deuten die Ergebnisse darauf hin, dass LKW-Lärm bei nächtlichen Innenraumpegeln, die bislang als vereinbar mit gesundem Schlaf galten, gesundheitsschädlich ist. Durch die Messung der Innenraumpegel in dB(A) werden die gesundheitlichen Auswirkungen des LKW-Lärms offenbar unterschätzt.

Die sich an diese Studien anschließende Feldstudie machte zusätzlich deutlich, dass die Entstehung von Atemwegserkrankungen bei Kindern durch die Kombination von Immissionen gefördert wird. Zu diesen Immissionen zählen Lärm und Abgase.

Eine Bewertung vor dem Hintergrund der vorhandenen Literatur führte zu der Befürchtung, dass die kombinierte Belastung mit Lärm und Abgasen das Risiko für Bronchitiden stärker erhöht als die Belastung mit Abgasen allein. Insbesondere LKW-Lärm in der ersten Nachthälfte scheint bereits bei relativ niedrigen Pegeln in dB(A) gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Störung der Regulation von Cortisol zu bewirken, was das Risiko für Bronchitiden verstärken kann. Andererseits führte die Bronchitis zu keiner wesentlichen Änderung der Cortisolausscheidung in der ersten Nachthälfte.

Lärm kann bereits im niedrigen Pegelbereich im Schlaf als Geräusch, welches mit Gefahren assoziiert wird, Stressreaktionen hervorrufen. Beispielhaft sind hier LKW-Geräusche zu nennen.

Bereits die begründete Befürchtung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen aufgrund von langfristigen Expositionen gegenüber Straßenverkehrs-Immissionen durch niedrigfrequenten Straßenverkehrslärm und Abgase erfordern **Präventionsmaßnahmen wie:**

- a) Nachtfahrverbote für LKWs in Wohngebieten
- b) Lärmschutzmaßnahmen

- c) Bau von Umgehungsstraßen
- d) Deutliche Geschwindigkeitsreduzierung für motorisierte Fahrzeuge in Wohngebieten
- e) Verringerung des Schadstoffausstoßes von motorisierten Fahrzeugen.

Die Gesundheitsrisiken, die aus der Kombinationsbelastung mit Abgasen und nächtlichem LKW-Lärm erwachsen, sind bisher nur unzureichend untersucht. Weitere Untersuchungen – insbesondere Längsschnittstudien – sind dringend erforderlich.

## 7 LITERATUR

Amler R., Bergmann K.E., Bilger J. et al. [20] (2001)

Potsdamer Erklärung zu Kinderumwelt und Gesundheit.

Umweltmedizin. Forsch. Prax. 6 (4): S. 190-192.

Bockelbrink A., Willich S.N., Dirzus I., Reich A., Lau S., Wahn U., Keil T. (2008)

Environmental Noise and Asthma in Children: Sex-Specific Differences.

J. Asthma 45, 9: S. 770 – 773

Born I., Fehm H. (2000)

The neuroendocrine recovery function of sleep.

Noise and Health 2 (7): S. 25-37

Braun, C. (1999)

Nächtlicher Straßenverkehrslärm und

Stresshormonausscheidung beim Menschen.

Dissertation, Berlin

Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly  
of the American Thoracic Society (1996)

Health effects of outdoor air pollution.

Am. J. Respir. Crit. Care Med. 153 (1): S. 3–50.

Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (1999)

Umwelt und Gesundheit – Risiken richtig einschätzen.

Sondergutachten, Metzler – Poeschel, Stuttgart

Evans G., Lercher P., Meis M., Ising H., Kofler W. (2001)

Typical Community Noise Exposure and Stress in Children.

J. Acoust. Soc. Am. 109 (3): S. 1022-1029

Harder J., Maschke C., Ising H. (1999)

Längsschnittstudie zum Verlauf von Stressreaktionen unter Einfluss von nächtlichem Fluglärm.

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- u. Lufthygiene, Band 4, Berlin

Henry J.P. (1992)

Biological basis of the stress response.

Integr. Physiol. Behav. Sci. 27: S. 66-83

Ising H., Havestadt C. (1983)

Gesundheitliche Auswirkungen von Verkehrslärmbelastungen.

Bundesgesundheitsbl. 26: S. 76-79.

Ising H., Rebentisch E., Babisch W., Curio I., Sharp D., Baumgärtner H. (1990) Medically relevant effects of noise from military low-altitude flights - results of an interdisciplinary pilot study.

Environ. Int. 16: S. 411-423

Ising H., Braun C. (2000)

Acute and chronic endocrine effects of noise: review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene.

Noise and Health 7: S. 7-24

Ising H., Kruppa B., Babisch W., Gottlob D., Guski R., Maschke C., Spreng M. (2001)

Lärm.

In: H.-E. Wichmann, H.-W. Schlipkötter, G. Fülgraff (Hrsg.)

Handbuch der Umweltmedizin, Kap. VII-1, Erg. Lfg. 7/01

Ecomed-Verlag, Landsberg

Ising H., Ising M. (2002)

Chronic cortisol increases in the first half of the night caused by road traffic noise.

Noise and Health 4 (16): S. 13-21

Ising M. (2003)

Nächtlicher Straßenverkehrslärm und Stresshormonstörung bei Kindern.

Dissertation, Berlin

Ising H., Lange-Asschenfeldt H., Moriske H-S., Born J., Eilts M. (2004)

Low Frequency Noise and Stress: Bronchitis and Cortisol in Children

Exposed chronically to Traffic Noise and Exhaust Fumes.

Noise and Health 3: S. 21-28

Ising H., Lange-Asschenfeldt H., Lieber G.F., Moriske H.-J., Weinhold H. (2004 a)

Exposure to Traffic-Related Air Pollution and Noise and the Development of

Respiratory Diseases in Children.

J. Child. Health 2 (2): S. 1-13.

Ising H., Michalak R. (2004)

Stress effects of noise in a field experiment in comparison to reactions to short term noise exposure in the laboratory.

Noise and Health 6 (24): S. 1-7.

Künzli N., Kaiser R., Seethaler R. (2001)

Luftverschmutzung und Gesundheit: Quantitative Risikoabschätzung.

Umweltmed. Forsch. Prax. 6 (4): S. 202-212

Linares C., Diaz J., Tobias A., Miguel J.M., de Otero A. (2006)

Impact of urban air pollutants and noise levels over daily hospital admissions in children in Madrid: a time series analysis.

Int. Arch. Occup. Environ. Health 79: S. 143-152

Maschke C., Ising H., Hecht K. (1997)

Schlaf – nächtlicher Verkehrslärm – Stress – Gesundheit:

Grundlagen und aktuelle Forschungsergebnisse - Teil II.

Bundesgesundheitsbl. 40: S. 85-95



Maschke C., Harder J., Ising H., Hecht K., Thierfelder W. (2002)  
Stress hormone changes in persons exposed to simulated night noise.  
Noise and Health 5 (17): S. 35-45

Niemann H., Maschke C. (2004)  
Noise effects and morbidity.  
WHO LARES Final report. Interdisciplinary research network "Noise and Health".  
[http://www.euro.who.int/document/NOH/WHO\\_Lares.pdf](http://www.euro.who.int/document/NOH/WHO_Lares.pdf)

Niemann H., Bonnefoy X., Braubach M., Hecht K., Maschke C., Rodrigues C., Robbel N.  
(2006)  
Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study.  
Noise and Health 8: S. 63-79

Oosterlee A., Drijver M., Lebret E. (1996)  
Chronic respiratory symptoms in children and adults living along  
streets with high traffic density.  
J. Occup. Environ. Med. 53: S. 241–247

Schoeneshoefer M., Kage A., Weber B., Lenz I., Kottgen E. (1985)  
Determination of urinary free cortisol by on-line liquid chromatography.  
Clin. Chem. 31: S. 564-568

Selye H. (1956)  
The Stress of Life.  
Mc Graw-Hill, New York

Shima M., Nitta J., Adachi M. (2003)  
Traffic-related air pollution and respiratory symptoms in children living  
along truck roads in Chiba Prefecture, Japan.  
J. Epidemiol. 13 (2): S. 108-119

Spreng M. (2001)

Periphere und zentrale Aktivierungsprozesse:

In: Wichman H.-E., Schlipkötter H.-W., Fülgraff G. (Hrsg.)

Handbuch der Umweltmedizin, Kap. VII-1, Erg. Lfg. 7/01

Ecomed-Verlag, Landsberg

WHO Regional Office for Europe (1999)

Erklärung der Dritten Ministerkonferenz Umwelt und Gesundheit.

Abschnitt II, Nr. 48: Die Umwelt und die Gesundheit von Kindern.

<http://www.euro.who.int/document/e69046g.pdf>

Wüst S., Wolf J., Hellhammer D., Federenko I., Schommer N., Kirschbaum C. (2000)

The cortisol awakening response - normal values and confounds:

Noise and Health 2: S. 79-88

## ERKLÄRUNG

Ich, Manfred Eilts, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Erhöhung des Risikos für Bronchitits im Kindesalter durch Lärm und Abgase aus dem Straßenverkehr“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten dargestellt habe.

---

*Datum*

---

*Unterschrift*

## DANKSAGUNG

Herrn Professor Dr. med. Henning Lange-Asschenfeldt, dem ehem. Direktor des Institutes für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, danke ich für die Übernahme des Referats, die anregende Diskussion und hilfreiche Unterstützung.

Herrn Professor Dr. Hartmut Ising danke ich für die Überlassung des Themas und den mir in besonderem Maße zuteil gewordenen Rat, der konstruktiven Kritik aber auch Ermutigung.

Zum Gelingen dieser Arbeit hat in besonderem Maße Frau Sandra Wicke beigetragen, die mich bei der Schreibe arbeit beriet.

Bei meinen Söhnen Johann und Jakob bedanke ich mich für ihre Geduld, ihre Ermutigung; sie haben mitgelitten.

## **LEBENS LAUF**

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