

Universität Bielefeld  
Fakultät für Gesundheitswissenschaften

## **Dissertation**

# **Exposition von Kindern im Einschulalter gegenüber Umweltschadstoffen und ihre Auswirkungen auf Schlafstörungen: Auswertung von Daten der Gesundheits-Monitoring-Einheiten in Bayern.**

Wissenschaftliche Betreuung:

Prof. Dr. Claudia Hornberg, AG 7 Umwelt und Gesundheit

Vorgelegt von:

Martina Kohlhuber

München, Juni 2011

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706



**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Hintergrund .....</b>	<b>10</b>
2.1	Umweltlärm und seine Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden.....	10
2.2	Modell der psychophysiologischen Wirkungen von Lärm .....	12
2.3	Gesetzliche Bestimmungen zum Umweltlärm.....	14
2.4	Schlafstörungen durch Lärm.....	16
2.5	Theorien und Erklärungsansätze sozialer Ungleichheit in Gesundheit.....	18
2.6	Der Einfluss der sozialen Lage auf die Verteilung von Umweltbelastungen und Gesundheitseffekten: Umweltgerechtigkeit .....	22
<b>3</b>	<b>Zielsetzung der Arbeit .....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>Forschungsstand .....</b>	<b>30</b>
4.1	Prävalenz von Lärmbelastung.....	31
4.1.1	Deutschland .....	31
4.1.2	Internationale Studien .....	33
4.2	Prävalenz von Lärmbelastung und der Zusammenhang zwischen Belastung und Belästigung .....	37
4.2.1	Deutschland .....	37
4.2.2	Internationale Studien .....	39
4.2.3	Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen Belastung und Belästigung.....	41
4.3	Lärmbelastung, Stressreaktionen, Verminderung der kognitiven Leistungsfähigkeit bei Kindern .....	43
4.4	Atemwegserkrankungen .....	46
4.5	Schlafstörungen: Studien bei Erwachsenen .....	47
4.6	Schlafstörungen: Studien bei Kindern .....	50
<b>5</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>54</b>
5.1	Systematischer Literaturreview .....	54
5.2	Gesundheits-Monitoring-Einheiten.....	55
5.2.1	Allgemeines zum Projekt.....	55
5.2.2	Datenerhebung .....	57
5.2.3	Fragebogen.....	57
5.3	Lärmkarte.....	63
5.4	Statistische Auswertungen.....	66
5.4.1	Logistische Regression .....	67
5.4.2	Mehrebenen-Analyse .....	67
5.4.3	Strukturgleichungsmodell .....	71
<b>6</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>73</b>
6.1	Studienpopulation: Zusammensetzung und Teilnehmeraten .....	73
6.2	Deskription der Studienpopulation gesamt und München.....	74
6.3	Objektive Lärmbelastung in München.....	76
6.3.1	Lärmbelastung nach Sozialstatus .....	79
6.3.2	Lärmbelastung nach Wohnbedingungen.....	80
6.3.3	Einflussfaktoren auf die Lärmbelastung in München .....	81
6.4	Subjektive Lärmbelastung .....	84
6.4.1	Lärmbelastung nach sozialer Lage.....	85
6.4.2	Lärmbelastung nach Wohnbedingungen.....	87
6.4.3	Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Lärmbelästigung.....	88
6.4.4	Einfluss der sozialen Lage auf den Zusammenhang zwischen Belastung und Belästigung.....	90

6.4.5	Einflussfaktoren auf Lärmbelästigung.....	93
6.4.6	Einfluss des Schulsprengels auf Lärmbelästigung.....	96
6.5	Schlafstörungen.....	100
6.5.1	Schlafstörungen nach Sozialstatus.....	101
6.5.2	Schlafgewohnheiten nach Wohnbedingungen und Lärmbelästigung.....	102
6.5.3	Schlafstörungen nach Lärmbelastung.....	103
6.5.4	Einflussfaktoren auf Ein- und Durchschlafstörungen.....	104
6.6	Strukturgleichungsmodell.....	109
6.6.1	Hypothesen/Fragestellungen:.....	109
6.6.2	Strukturmodelle.....	109
6.6.3	Ergebnisse.....	110
<b>7</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>112</b>
7.1	Methodendiskussion.....	112
7.1.1	Datenerhebung.....	112
7.1.2	Fragebogen.....	113
7.1.3	Diskussion der Methoden: Lärmkarte.....	115
7.1.4	Diskussion der statistischen Methoden.....	117
7.2	Teilnahmerate und Repräsentativität.....	120
7.3	Interpretation und Diskussion der Ergebnisse.....	126
7.3.1	Diskussion der objektiven Lärmbelastung in München.....	126
7.3.2	Diskussion der Determinanten der objektiven Lärmbelastung.....	130
7.3.3	Diskussion der Ergebnisse zu Lärmbelästigung.....	132
7.3.4	Diskussion der Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen objektiver Belastung und subjektiver Belästigung durch Straßenverkehrslärm.....	136
7.3.5	Diskussion des Zusammenhangs zwischen Lärmbelästigung und Faktoren der sozialen Lage.....	138
7.3.6	Diskussion der Ergebnisse zu Schlafstörungen.....	141
<b>8</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>145</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>149</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>169</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Immissionsgrenzwerte in der Verkehrslärmschutzverordnung .....	15
Tabelle 2: Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm der Bevölkerung Münchens, Deutschlands und Europas nach den Meldungen im Rahmen der EU- Umgebungslärmrichtlinie .....	33
Tabelle 3: Ergebnis der systematischen Literatursuche.....	55
Tabelle 4: Soziodemographische und -ökonomische Charakteristika.....	74
Tabelle 5: Charakteristika der Wohnbedingungen .....	76
Tabelle 6: Lärmexposition über 24 Stunden und nachts, Anteile Lärmexponierter in bestimmten Pegelbereichen .....	78
Tabelle 7: Lärmbelastung durch Straßenverkehr nach Faktoren der sozialen Lage, Studienpopulation München .....	79
Tabelle 8: Lärmbelastung durch Straßenverkehr nach Wohnbedingungen, Studienpopulation München.....	80
Tabelle 9: Einflussfaktoren auf hohe Lärmbelastung über 24 Stunden ( $\geq 60$ dB(A)), rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi <sup>2</sup> - Test), Studienpopulation München.....	82
Tabelle 10: Einflussfaktoren auf hohe Lärmbelastung nachts ( $\geq 50$ dB(A)), rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi <sup>2</sup> -Test), Studienpopulation München.....	83
Tabelle 11: Lärmbelästigung durch verschiedene Lärmquellen tagsüber und nachts, Studienpopulation gesamt.....	84
Tabelle 12: Lärmbelästigung durch verschiedene Lärmquellen tagsüber und nachts, Studienpopulation München.....	85
Tabelle 13: Lärmbelästigung durch Straßenverkehr nach Faktoren der sozialen Lage .....	86
Tabelle 14: Lärmbelästigung durch Straßenverkehr nach Wohnbedingungen.....	87
Tabelle 15: Lärmbelästigung nach Lärmbelastung, Studienpopulation München ....	88
Tabelle 16: Einflussfaktoren auf mittelmäßige bis äußerst starke Lärmbelästigung tagsüber, rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi <sup>2</sup> -Test), Studienpopulation München .....	94
Tabelle 17: Einflussfaktoren auf mittelmäßige bis äußerst starke Lärmbelästigung nachts, rohe und adjustierte Odds Ratio (OR) mit 95% Konfidenzintervall (KI), p-Wert (Chi <sup>2</sup> -Test), Studienpopulation München.....	95
Tabelle 18: Beta- und Varianzschätzer für die bivariaten Multilevel-Modelle mit der Zielgröße mittelmäßige bis sehr starke Lärmbelästigung tagsüber .....	97
Tabelle 19: Beta- und Varianzschätzer für die multivariaten Multilevel-Modelle mit der Zielgröße mittelmäßige bis sehr starke Lärmbelästigung tagsüber .....	98
Tabelle 20: Odds Ratios (OR) und 95%-Konfidentintervalle (95%-KI) für die Modelle mit der Zielgröße mittelmäßige bis sehr starke Lärmbelästigung tagsüber.....	99
Tabelle 21: Schlafgewohnheiten und Tagesbefindlichkeit der Kinder.....	100
Tabelle 22: Ein- und Durchschlafstörungen (eindeutig und teilweise zutreffend) nach Faktoren der sozialen Lage .....	101

Tabelle 23: Ein- und Durchschlafstörungen (eindeutig und teilweise zutreffend) nach Wohnbedingungen und Straßenverkehrslärm .....	103
Tabelle 24: Ein- und Durchschlafstörungen nach Lärmbelastung, Studienpopulation München .....	104
Tabelle 25: Einflussfaktoren auf Einschlafstörungen, rohe und adjustierte Odds Ratio(OR) mit 95% Konfidenzintervall (KI), p-Wert (Chi <sup>2</sup> -Test), Studienpopulation gesamt .....	105
Tabelle 26: Einflussfaktoren auf Durchschlafstörungen, rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi <sup>2</sup> -Test), Studienpopulation gesamt.....	107
Tabelle 27: Werte der Gütekriterien für das Modell mit der Endvariable Lärmbelästigung .....	111
Tabelle 28: Werte der Gütekriterien für das Modell mit der Endvariable Schlafstörungen. ....	111
Tabelle 29: Vergleich der Basisparameter der Studienpopulation mit Daten der Allgemeinbevölkerung in Bayern bzw. München.....	124
Tabelle 30: Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm der befragten Münchner Eltern im Vergleich zur Exposition der Bevölkerung Münchens gesamt, sowie deutscher und Europäischer Großstädte und Ballungsgebiete nach den Meldungen im Rahmen der EU-Umgebungslärmrichtlinie.....	126

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Modell der psychophysiologischen Effekte von Umweltlärm (modifiziert nach Ising und Kruppa (2004)).....	13
Abbildung 2: Schlafzyklogramm eines gesunden Schläfers bei intermittierendem Lärm (aus Maschke und Hecht 2000).....	17
Abbildung 3: Mechanismen des Zusammenhangs zwischen Umweltbelastungen, sozialer Lage und Gesundheit. (Bolte und Kohlhuber 2009) .....	23
Abbildung 4: Modell sozialer Determinanten für umweltbezogene Gesundheit. (Schultz und Northridge 2004, vereinfacht dargestellt nach Bolte und Kohlhuber 2009) .....	25
Abbildung 5: Gesundheits-Monitoring-Einheiten (GME) in Bayern.....	56
Abbildung 6: Lärmkarte der Stadt München (LDEN für Straßenverkehr) (Quelle: RGU 2011).....	64
Abbildung 7: A priori ausgewählte Münchner Stadtbezirke mit Bezirksnummer ...	68
Abbildung 8: Verteilung der Mittelungspegel über 24 Stunden (LDEN) bei teilnehmenden Haushalten in München.....	77
Abbildung 9: Verteilung der Mittelungspegel nachts von 22-6 Uhr (LNight) bei teilnehmenden Haushalten in München.....	78
Abbildung 10: Anteil stark belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln (LDEN).	89
Abbildung 11: Anteil stark belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln (LNight). .....	90
Abbildung 12: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach „Einkommensklassen“.....	91
Abbildung 13: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach „Bildungsstand“ .....	91
Abbildung 14: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach „Alleinerziehend“ .....	92
Abbildung 15: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach Staatsangehörigkeit des Kindes.....	92
Abbildung 16: Pfaddiagramm für das Hypothesenmodell mit der Endvariable Lärmbelästigung .....	110
Abbildung 17: Pfaddiagramm für das Hypothesenmodell mit der Endvariable Schlafstörungen .....	110
Abbildung 18: Vergleich der Miedema-Kurven für LDEN aus der vorliegenden Dissertation mit dem EU-Durchschnitt (Miedema und Ooudshoorn 2001) ...	137
Abbildung 19: Vergleich der Miedema-Kurven für LNight aus der vorliegenden Dissertation mit dem EU-Durchschnitt (Miedema und Ooudshoorn 2001)....	138

**Abkürzungen**

DALYs	disability adjusted life years
dB(A)	A-bewerteter Schalldruckpegel in Dezibel
dB(C)	C-bewerteter Schalldruckpegel in Dezibel
EEG	Elektroenzephalogramm
GME	Gesundheits-Monitoring-Einheiten Bayern
HYENA	HYpertension and Exposure to Noise near Airports
ICBEN	International Commission on Biological Effects of Noise
KI	Konfidenzintervall
KiGGS	Kinder- und Jugendgesundheitssurvey
KUS	Kinder-Umwelt-Survey
LARES	Large Analysis and Review of European housing and health Status
LDEN	24 Stunden-Mittelungspegel (Day-Evening-Night)
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LGL	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität München
LNight	nächtlicher Mittelungspegel (Night)
NOISE	Noise Observation and Information Service for Europe
OR	Odds Ratio
RANCH	Road traffic and Aircraft Noise exposure and Children's cognition and Health: exposure-effect relationships and combined effects
RGU	Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München
RKI	Robert-Koch-Institut
SEU	Schuleingangsuntersuchung
SGS	Spandauer Gesundheits-Survey
SHP	Schweizer Haushaltspanel
SMA	Sozialmedizinische Assistentinnen
SOEP	Sozioökonomisches Panel
UBA	Umweltbundesamt

## 1 Einleitung

Lärm ist nicht erst seit der neuesten Neuzeit ein Umweltproblem. Aus Theodor Lessings Streitschrift „Der Lärm. Eine Kampfschrift gegen die Geräusche unseres Lebens“ (Lessing 1908) wird klar, dass Lärm von Verkehrsmitteln wie der Eisenbahn und Lastwagen sowie Maschinenlärm aus Fabriken spätestens seit der Industrialisierung ein großes Problem in Städten darstellte. Im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert wuchsen die Städte aufgrund des Bevölkerungszuwachses sehr schnell. Dabei verdichtete und intensivierte sich der Verkehr in den Städten stärker als in ländlichen Gebieten, was den Gegensatz zwischen Stadt und Land verstärkte (Payer 2003). Dass sich Ärzte, Gesundheitsbeamte, Ingenieure und Städteplaner bereits sehr früh mit den gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms befassten wird aus der historischen Literatur deutlich (Payer 2003). Die ersten Ansätze eines Kampfes gegen den Lärm und für die Hygiene des Ohres kamen aus der bürgerlichen Gesellschaft, die sich durch die Geräusche der Arbeiterklasse in der geistigen Arbeit gestört fühlte (Lessing 1908). Theodor Lessing gründete 1908 in Hannover den „Antilärmverein“ mit dem Vereinsorgan „Der Antirüpel. Das Recht auf Stille“, in dem Beschwerden veröffentlicht und rechtliche Schritte vorgeschlagen wurden (Payer 2003).

Aus heutiger Sicht visionär waren übrigens Lessings Überlegungen zu geräuschlosem Beton oder Asphalt statt Kopfsteinpflaster. Er prophezeite auch, es sei „nur eine Frage der Zeit, dass sich die Wohn- und Erholungssphäre der Großstädter von ihren Verkehrsbezirken radikal abtrennt“ (Lessing 1908, S. 44). Flüsterasphalt und autofreies Wohnen sind Lärm- bzw. Umweltschutzkonzepte für Großstädte, die immer noch und immer wieder diskutiert und in kleinem Rahmen erprobt werden.

Mittlerweile ist der so genannte Umgebungslärm eine der am häufigsten in Befragungen genannte Umweltbelastung in Deutschland. Lärm kann man zumindest in Städten und Ballungsgebieten kaum entgehen. Auch das Ohr als Sinnesorgan kann der Mensch nicht einfach abschalten, sogar im Schlaf erfüllt Lärm seine namensgebende Alarmfunktion.

Was den Menschen wie der Lärm ständig umgibt, hat auch Einfluss auf den Körper, die Psyche, die Gesundheit und das Wohlbefinden. Dabei zeigen auch geringe Dosen, die das Gehör nicht schädigen, auf Dauer eine schädliche Wirkung.

Allerdings zeigt nicht jeder Mensch die gleichen Reaktionen, da das Lärmerleben eine starke soziale und psychische Komponente beinhaltet.

Welchen Einfluss Belastung und Belästigung durch Straßenverkehr auf Kinder im Einschulalter haben können, und welche sozialen und ökonomischen Faktoren zusätzlich damit zusammenhängen, soll in der vorliegenden Dissertation gezeigt werden.

Im Kapitel 2 „Theoretischer Hintergrund“ werden die Grundlagen zu den Themen Umweltlärm, Schlafstörungen und gesundheitliche Ungleichheit sowie Umweltgerechtigkeit erklärt. Im Anschluss werden im Kapitel 3 die Zielsetzung der Arbeit und die Forschungsfragen ausführlich beschrieben. Das folgende Kapitel 4 widmet sich dem aktuellen Forschungsstand des Themas und stellt Studien und die Datenlage zum Themenkomplex objektive Belastung und subjektive Belästigung durch Umweltlärm, insbesondere Straßenverkehrslärm, soziale Lage und Schlafstörungen von Erwachsenen und Kindern dar. Kapitel 5 beschreibt detailliert das verwendete Datenmaterial, die Erhebungsmethoden und die statistischen Analysen. Die Ergebnisse der Datenanalysen werden im Kapitel 6 dargestellt. Im Kapitel 7 werden zunächst die Methoden der Studie sowie Stärken und Schwächen des Vorgehens diskutiert. Anschließend werden die Ergebnisse der vorliegenden Dissertation interpretiert und anhand anderer Studien diskutiert. Die Dissertation schließt mit den Schlussfolgerungen aus den vorliegenden Ergebnissen und deren Diskussion ab.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Umweltlärm und seine Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden

Im Folgenden soll der theoretische Hintergrund des Themas „*Umweltlärm und seine Auswirkungen auf die Gesundheit bzw. den Schlaf insbesondere von Kindern*“ dargestellt werden. Umweltlärm wird in dieser Arbeit in Anlehnung an die *EU-Umgebungslärmrichtlinie* definiert als unerwünschte oder gesundheitsschädliche Geräusche in der Wohnumgebung, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Verkehrsmitteln, Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Industrieanlagen ausgeht (2002/49/EG). Da dieser Schallpegel von mehr als 80 dB(A) in der Regel nicht erreicht und damit keine auralen Wirkungen wie Lärmschwerhörigkeit auslöst, konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf extraaurale, also nicht das Gehör schädigende Wirkungen.

Belästigung durch Lärm gehört zu den am häufigsten wahrgenommenen und am meisten genannten Beschwerden über Umweltexpositionen (SRU 2004, WHO 2011). In epidemiologischen Studien, die Befragungen als Erhebungsinstrument einsetzen, wird Belästigung durch Umweltlärm als Indikator für die tatsächliche Lärmbelastung eingesetzt (Bsp. Niemann et al. 2005). Andererseits ist Lärmbelästigung auch als gesundheitliches Outcome, als gesundheitlicher Risikofaktor zu werten. Dem *Sachverständigenrat für Umweltfragen* zufolge stellt Belästigung durch Lärm eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Lebensqualität dar und kann somit als Gesundheitsgefahr eingestuft werden (SRU 1999, WHO 2000, WHO 2009). Für die Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen der Lärmexposition ist damit die subjektive Belästigung mindestens gleichbedeutend wie die objektive Belastung.

Umweltlärm kann psychische, physiologische und soziale Funktionsänderungen bewirken (Schuschke und Maschke 2005). Er beeinflusst über das zentrale Nervensystem den Gesamtorganismus und verschiedene vegetative Funktionen, wirkt also auf das Aktivitätsniveau des Organismus durch die Ausschüttung von Stresshormonen, Steigerung von Herzfrequenz, Blutdruck und Atemfrequenz oder Erhöhung der Muskelspannung. Diese Wirkungen sind normalerweise vorübergehender Natur und nicht primär als krankhafte Veränderungen aufzufassen. Bei dauerhafter Belastung oder hohen Lärmpegeln kann Lärm jedoch als Stressfaktor wirken und die Entstehung von Krankheiten wie Hypertonie und ischämischen Herzkrankheiten begünstigen (Maschke et al. 2003, Ising und Kruppa 2004, Babisch 2006).

Außerdem kann Lärm alltägliche Aktivitäten wie z.B. die Kommunikation beeinträchtigen und negative Emotionen hervorrufen, die zur Störung des Wohlbefindens und psychosomatischen Symptomen führen können. Die Zufriedenheit mit der Wohnsituation und die Nutzung der Wohnung (z.B. Schließen der Fenster, Verzicht auf Balkon- oder Gartennutzung) können durch Lärm beeinflusst werden (Maschke et al. 1999, Ortscheid und Wende 2000). Umweltlärm führt also auch zu Verhaltensänderungen. Um dem Lärm in der Wohnumgebung zu entgehen, halten sich Bewohner vermehrt in Innenräumen auf, was zu einer verminderten körperlichen Bewegung und somit zu einem höheren Erkrankungsrisiko führen kann. Auch das dauerhafte Schließen von Fenstern ist vom innenraumhygienischen und gesundheitlichen Standpunkt aus negativ zu bewerten (Schuschke und Maschke 2005).

Tieffrequenter Lärm (zwischen 20 und 200 Hz) kann nachts zu verlängerten Einschlafzeiten und verringerter Schlafqualität führen, was sich auch im Stresshormonhaushalt widerspiegeln kann (Ising und Ising 2002, Persson Waye et al. 2003, Persson Waye 2004). Quellen für tieffrequenten Lärm sind LKW, Busse, Flugzeuge, Lüftungs- und Klimaanlage.

Gesundheitliche Wirkungen von Lärmbelastung treten verstärkt auf, wenn individuelle Strategien zur Stressbewältigung nicht mehr wirksam oder effizient sind (Babisch 2000). Wenn also der Lärm oder Lärmpegel von einer Person als nicht kontrollierbar bewertet wird, wird er als besonders beeinträchtigend empfunden (Hatfield et al. 2002).

Umweltlärm verursacht nicht nur gesundheitliche Beeinträchtigungen, auch die gesundheitsbezogene Lebensqualität wird durch Lärm eingeschränkt (Botteldooren et al. 2011). Das *Konzept der gesundheitsbezogenen Lebensqualität* beinhaltet gesundheitliche, psychologische, soziale und funktionale Parameter bei der Analyse von Lärmwirkungen. Dabei fallen unter funktionale Parameter neben Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit auch Schlafstörungen durch Lärm (Guski 1999, Ising und Kruppa 2004).

Passchier-Vermeer und Passchier (2000) sehen Umweltlärm als ein aktuelles und bedeutendes Public Health Problem. Die Berechnungen der WHO (2011) zur Krankheitslast zeigen, dass insgesamt in Europa 1-1,6 Millionen DALYs aufgrund von Krankheiten, die durch Umweltlärm (mit)verursacht werden, verloren gehen. Die Vielzahl der unterschiedlichen Auswirkungen von akuter und chronischer Lärmbelastung reichen von Belästigung bis zu Herz-Kreislaufkrankungen. Das zeigt, dass ein integrativer Ansatz nötig ist, um Lärmexpositionen und Lärm-

wirkungen umfassend zu erforschen. Im Folgenden wird ein Modell der psychophysiologischen Wirkungen von Umweltlärm vorgestellt, das die theoretische Grundlage für die vorliegende Arbeit bilden soll.

## **2.2 Modell der psychophysiologischen Wirkungen von Lärm**

In Bezug auf Umweltlärmexposition und Gesundheit ist ein monokausaler Ansatz durch komplexe Ansätze zu ersetzen (Schuschke und Maschke 2005). Lärm ist ein individuelles Erlebnis und wird nicht nur physisch sondern auch psychisch verarbeitet. Neben direkten, Schall bezogenen Faktoren wie Schallpegel, Dauer und Frequenz, wirkt Lärm auch über indirekte Faktoren auf die psychophysiologische Lärmverarbeitung. Mit sinkender Intensität des Lärmpegels nehmen die direkten Faktoren ab, die indirekten Faktoren eher zu (Hoffmann et al. 2003). Da Umweltlärm vor allem durch niedrige und mittlere Pegel charakterisiert ist, sind indirekte Wirkungen wie Belästigung, Störungen der Kommunikation, der Erholung und des Schlafes besonders bedeutsam. Moderatoren, also auf das Individuum oder die Situation bezogene Faktoren, beeinflussen das Lärmerleben. Persönliche und situative Faktoren entscheiden mit, wann Lärm als Belästigung beurteilt wird (Job 1996, Flindell und Stallen 1999). Als einer der bedeutendsten Moderatoren gilt die Situation, in der Lärm erfahren wird. Lärm kann z.B. in der Wohnung bei chronischer Einwirkung als belästigender wahrgenommen werden als im Freien oder in anderen Settings, wie z.B. Arbeitsplatz oder Schule. Auch die Tätigkeit, die gerade ausgeführt wird, entscheidet über die Lästigkeit des Lärms mit (Hoffmann et al. 2003). Weitere wichtige Moderatoren sind generelle Lärmempfindlichkeit, Alter, soziales Umfeld sowie positive und negative Erfahrungen mit Lärm (Guski 1999, Ising und Kruppa 2004).

Auch soziale Unterschiede im Belästigungsempfinden werden diskutiert. Personen mit höherer Schulbildung zeigen in einigen Studien bei gleicher objektiver Belastung eine Tendenz zu häufigeren Beschwerden über Belästigungen durch Lärm als Personen mit niedrigerem Sozialstatus (Whitfield 2003, Schuschke und Maschke 2005, Fyhri und Klæboe 2009). Schuschke und Maschke (2005) räumen allerdings ein, dass zur Umsetzung von Belästigungsempfinden in konkrete Beschwerden weitere Faktoren ausschlaggebend sind. Denkbar ist, dass das sich Beschweren bereits eine Coping-Strategie, bzw. ein Teil davon ist, die von Personen mit höherem Sozialstatus häufiger und/oder erfolgreicher angewandt wird (Fyhri und Klæboe 2009)

Angesichts der Vielzahl an Moderatoren, die das Erleben von Lärm beeinflussen ist es nicht ausreichend, individuelle Belästigungsschwellen nur durch den Schallpegel zu bestimmen, da die Streubreite der nicht-akustischen Faktoren sehr groß ist. In der Beurteilung einer konkreten Lärmsituation sind also neben Schall bezogenen Variablen auch individuelle und situative Faktoren zu berücksichtigen. Ising und Kruppa (2004) fordern daher einen Paradigmenwechsel in der Betrachtung von gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm. Abbildung 1 stellt die komplexen Zusammenhänge in einer modifizierten Darstellung nach Ising und Kruppa (2004) dar. Ergänzt wurde die Darstellung um die soziale Lage, die sowohl die Exposition als auch die Moderatoren der Lärmverarbeitung beeinflussen kann.

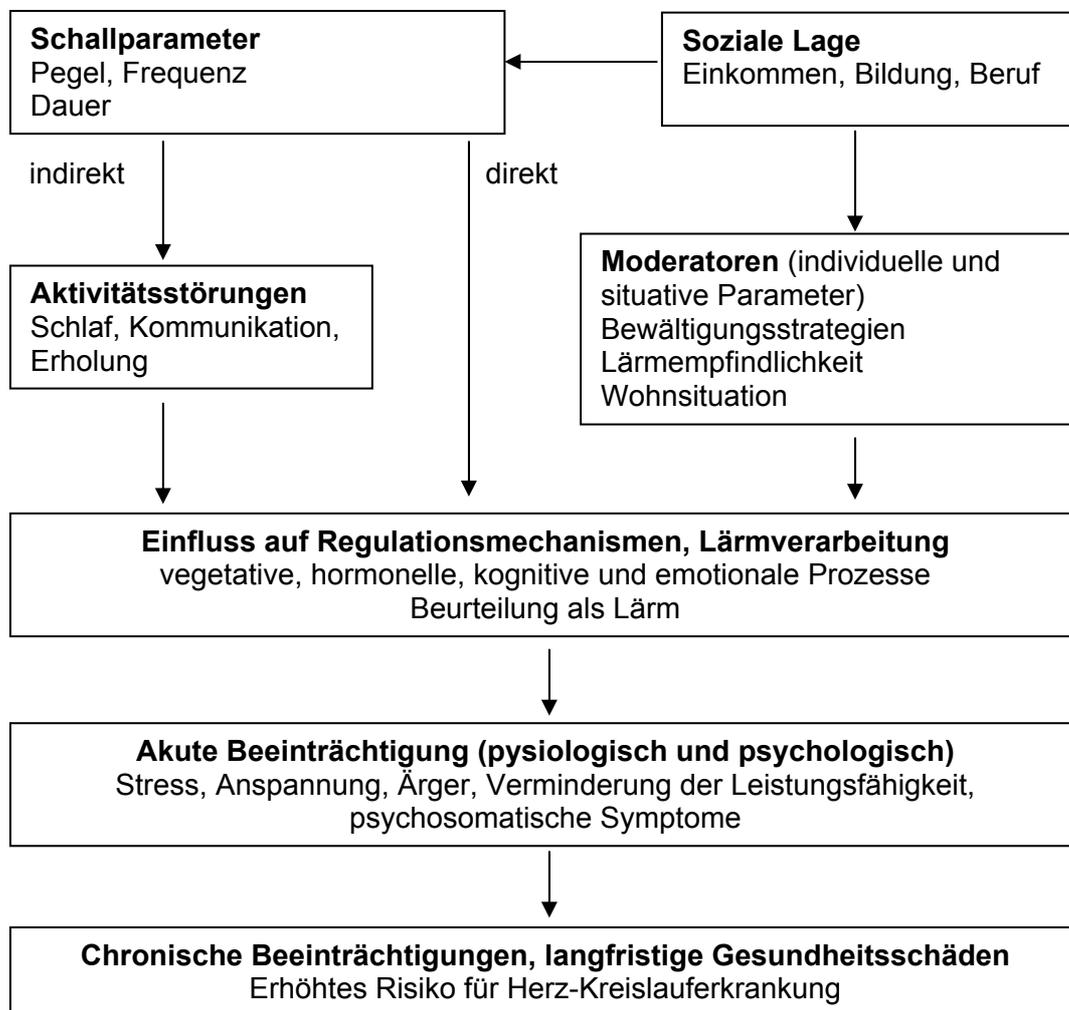


Abbildung 1: Modell der psychophysiologischen Effekte von Umweltlärm (modifiziert nach Ising und Kruppa (2004))

Nach dem *Bundes-Immissionsschutzgesetz* (BImSchG) ist der Mensch nicht nur vor gesundheitlichen Gefahren durch Umwelteinflüsse zu schützen, sondern auch vor erheblichen Nachteilen (z.B. Minderung der Wohnqualität, Wertminderung eines Grundstücks) und Belästigungen (Beeinträchtigungen des Wohlbefindens) (Wöckel 2008). Das ist für das Thema Lärm insoweit wichtig, da Belästigung als häufigste Lärmwirkung zu werten ist und Einschränkungen der Lebensqualität durch Lärm ein außerordentlich hohes Ausmaß erreichen können (SRU 2004, WHO 2011). Außerdem kann der Mensch Umweltlärm häufig nicht aus dem Weg gehen oder selbst ohne großen (materiellen) Ressourcenaufwand kontrollieren. Das Gefühl der Bewältigbarkeit von Stressoren, eine Komponente vieler Gesundheitsmodelle, z.B. auch des salutogenetischen Modells von Antonovsky<sup>1</sup>, ist daher bei der Exposition gegenüber Umweltlärm und anderen Umweltbelastungen durch das Individuum oft nicht erfüllbar (Hatfield et al. 2002).

### 2.3 Gesetzliche Bestimmungen zum Umweltlärm

Die wichtigste gesetzliche Grundlage für Lärmschutz im Umweltbereich ist das *Bundes-Immissionsschutzgesetz* (BImSchG) und die Verkehrslärmschutzverordnung in der aktualisierten Form von 1990 (Kloepfer et al. 2006). Diese regelt Immissionsgrenzwerte zum Schutz vor schädlichen Umwelteinflüsse durch Verkehrsgeräusche. Sie gelten beim Bau oder wesentlicher Änderung von Straßen und Schienenwegen. Dabei ist sicherzustellen, dass der Beurteilungspegel die Grenzwerte nicht überschreitet. Die Immissionsgrenzwerte sind in Tabelle 1 dargestellt.

In der Verordnung sind detaillierte Angaben zur Berechnung des Beurteilungspegels enthalten, die Zuschläge für z.B. zulässige Höchstgeschwindigkeit, Bodenbeschaffenheit, Topographie und meteorologische Gegebenheiten, berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> Antonovsky (1987) sieht Gesundheit und Krankheit als Pole eines gemeinsamen Kontinuums. Die salutogenetische Forschung konzentriert sich darauf, wie Menschen es schaffen können, in der Nähe des gesunden Pols zu bleiben oder dorthin zu kommen. Faktoren, die dies ermöglichen, sind individuelle und gesellschaftliche Widerstandsressourcen und das Kohärenzgefühl, also Verstehbarkeit und Handhabbarkeit von Stressoren.

Tabelle 1: Immissionsgrenzwerte in der Verkehrslärmschutzverordnung

	Tag 6:00-22:00 Uhr	Nacht 22:00-6:00 Uhr
an Krankenhäusern, Schulen, Kurheime, Altenheime	57 dB(A)	47 dB(A)
in reinen und allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	59 dB(A)	49 dB(A)
in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	64 dB(A)	54 dB(A)
in Gewerbegebieten	69 dB(A)	59 dB(A)

dB(A): A-bewerteter Schalldruckpegel in Dezibel

Die Richtlinie 2002/49/EG zur Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm aus dem Jahr 2002 ist die erste europäische Regelung hinsichtlich Umweltlärmimmissionen. Ein Ziel der EU-Umgebungslärmrichtlinie ist, ein gemeinsames Konzept zu erarbeiten, um schädliche Auswirkungen einschließlich Belästigung zu verhindern bzw. zu mindern. Maßnahmen zur Erreichung dieses Ziels sind:

- die Ermittlung der Belastung durch strategische Lärmkarten (für Ballungsgebiete mit mehr als 250 000 Einwohnern waren bis zum 30. Juni 2007 Lärmkarten bereitzustellen).
- Information der Öffentlichkeit durch Berichterstattung.
- Ausarbeitung von Aktionsplänen zu Vermeidung bzw. Minderung von Umgebungslärm (die Lärminderungspläne waren bis zum 18. Juli 2008 auszuarbeiten. Dabei war die Bevölkerung miteinzubeziehen).

Ein weiteres Ziel ist die Einführung von Gemeinschaftsmaßnahmen zur Lärminderung bei den wichtigsten Quellen Straßen-, Schienen-, Flugverkehr, Geräte und Industrie (z.B. Geschwindigkeitsbeschränkungen, Lärmschutzwände, stadtplanerische Maßnahmen). Ziel ist auch die Erhaltung der Ruhe und der Umweltqualität in weniger belasteten Gebieten (Irmer 2002). Nicht in der Definition von Umgebungslärm enthalten sind Nachbarschaftslärm, Lärm von Sport- und Freizeitanlagen, Baulärm und Lärm innerhalb von Gebäuden. Mit der EU-Umgebungslärmrichtlinie und deren Umsetzung bietet sich die Gelegenheit, die Datenlage zur Lärmbelastung in Großstädten zu verbessern und auf Public Health Ebene Maßnahmen zur Lärminderung zu planen, in die auch die betroffene Bevölkerung einbezogen ist, die z.B. eigene Vorschläge zur Lärminderung eingeben kann und in Veranstaltungen fortlaufend informiert werden soll.

## 2.4 Schlafstörungen durch Lärm

Eine der bedeutendsten psychophysiologischen Wirkungen von Lärm ist die Beeinträchtigung des Schlafes. Unter starker Schlaflosigkeit leiden laut den Daten des *Bundes-Gesundheitssurveys* 1998 8% der erwachsenen Frauen und 3% der Männer (RKI 2005a). Über mäßige oder starke Schlaflosigkeit klagen 27 % der Frauen und 14 % der Männer. Die Prävalenz von Schlaflosigkeit nimmt dabei mit dem Alter stark zu (RKI 2005a). Schlafstörungen zählen zu den häufigsten Auswirkungen von Lärmbelastung (Schuschke und Maschke 2005). Der nächtliche Straßenverkehr ist dabei die dominierende Lärmquelle. Etwa 20% der Bevölkerung gibt an, dass sie wegen Lärm nicht bei geöffneten Fenstern schlafen können, 10% können auch bei geschlossenen Fenstern nicht ruhig schlafen (SRU 2004).

In einschlägigen Lehrbüchern zu Schlafmedizin und Schlafstörungen spielt Lärm als Ursache für Schlafstörungen nur eine geringe Rolle (Kryger et al. 1992, Matthys und Netzer 1995, Stores und Wiggs 2001, Rasche und Schultze-Werninghaus 2003, Colten et al. 2006). Es gibt jedoch besonders zum Zusammenhang von Straßen- und Fluglärmexposition und gesundheitlichen Auswirkungen auf den Schlaf mehrere Studien und Reviews zum Thema (Ouis 1999, Basner und Samel 2004, Griefahn und Spreng 2004, Raschke 2004, Hume 2010, Zaharna und Guilleminault 2010, WHO 2011).

Die Auswirkungen von Lärm auf den Schlaf lassen sich in drei Bereiche unterteilen (Griefahn und Spreng 2004, Griefahn 2007, Hume 2010):

(1) Primäre Reaktionen auf Lärm während des Schlafes sind

- Änderungen im Elektroenzephalogramm (EEG)
- Verlängerung der Einschlafzeiten
- Verflachung der Schlaftiefe und Aufwachreaktionen sowie dadurch unterbrochene Schlafzyklen, genannt fragmentierter Schlafverlauf
- Zunahme von Körperbewegungen
- Verkürzung der Gesamtschlafzeit
- vegetative Reaktionen (wie z.B. Änderung von Atemfrequenz und Hormonausschüttung)

Diese Reaktionen sind als Distress (negativer Stress) zu bewerten und können bei längerer Dauer in der Nacht oft zu sekundären Reaktionen führen (Ouis 1999, Griefahn und Robens 2010).

(2) Sekundäre Reaktionen, also nach dem Aufwachen nach einer durch Lärm

gestörten Nacht sind

- Verminderung der Leistungsfähigkeit in Beruf, Schule oder auch im Verkehr
- Psychische und psychosomatische Symptome (z.B. Kopfschmerzen)
- Beeinträchtigung der Fähigkeit zu Entspannen
- Unausgeschlafensein und Tagesmüdigkeit

Diese Reaktionen sind reversible Beeinträchtigungen des Allgemeinzustandes (Griefahn et al. 2008, Elmenhorst et al. 2010, Zaharna und Guilleminault 2010).

(3) Tertiäre Reaktionen treten nach langanhaltender Lärmexposition und wiederkehrender Schlafstörungen auf. Diese bleiben auch nach Vermeiden oder Verringerung der Exposition bestehen. Beispiele dafür sind Bluthochdruck, Herzinfarkt und erhöhter Arzneimittelgebrauch (Griefahn und Spreng 2004, Hume 2010, Lercher et al. 2010).

Reaktionen auf Lärm während des Schlafs zeigen sich bereits bei niedrigen Schallpegeln zunächst im EEG (Griefahn 2007, Zaharna und Guilleminault 2010). Das vegetativ-hormonelle System reagiert mit erhöhter Hormonausschüttung, autonomen Reaktionen wie erhöhter Herzfrequenz sowie Veränderung der Muskelspannung und Körperbewegungen (Griefahn 2007, Hume 2010). Schallreize im Schlaf, besonders, wenn sie lang andauernd oder wiederholend sind, aktivieren das Nervensystem. Daraus folgt eine Unterbrechung und Verkürzung der Tiefschlafphasen und der REM-Phasen (Griefahn und Spreng 2004). Den fragmentierten Schlafverlauf eines gesunden Schläfers bei intermittierendem Lärm zeigt Abbildung 2.

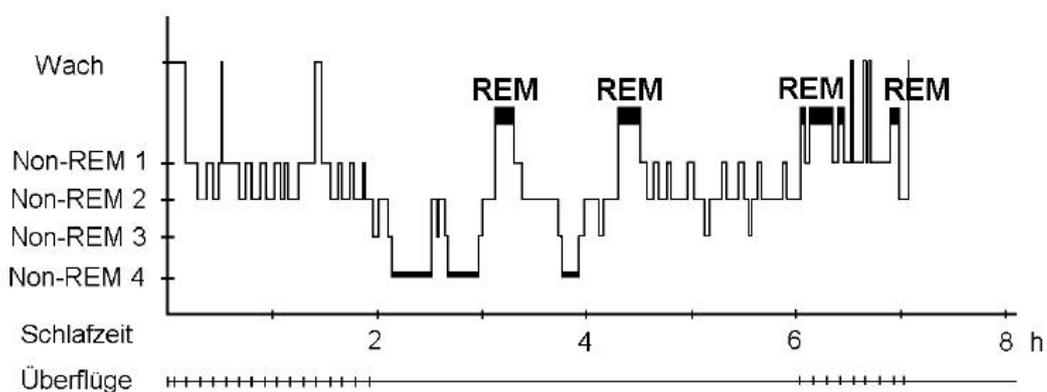


Abbildung 2: Schlafzyklogramm eines gesunden Schläfers bei intermittierendem Lärm (aus Maschke und Hecht 2000)

Das Stresshormon Cortisol kann bei nächtlichem Lärm über die physiologische Kausalkette Hörbahn – Amygdala – Hypothalamus – Nebenniere freigesetzt werden (Babisch et al. 2001, Raschke 2001, Maschke und Hecht 2004, Griefahn 2007). Das führt zu vegetativen Reaktionen, wie z.B. höhere Herz- und Atemfrequenz. Die Ausschüttung von Cortisol ist entsprechend des zirkadianen Rhythmus in den frühen Morgenstunden am höchsten. Bei chronischer Lärmeinwirkung kann das Hormonsystem überaktiviert werden und einen dauerhaft erhöhten Cortisolspiegel zur Folge haben. Damit kann das Risiko von Herz- und Kreislauferkrankungen, Bluthochdruck, Immunsuppression und Magengeschwüren steigen (Spreng 2000, Hume 2010, Zaharna und Guilleminault 2010).

Der Informationsgehalt des Geräusches spielt eine entscheidende Rolle für Aufwachreaktionen bei nächtlichem Lärm. Wenn das Geräusch eine unvertraute oder warnende Information beinhaltet, kann es auch bei niedrigem Schalldruckpegel zum Aufwachen führen (Griefahn und Spreng 2004). Autonome Reaktionen wie z.B. Erhöhung der Pulsfrequenz, können auch beobachtet werden, wenn die Probanden nicht aufwachen (Hume 2010, Zaharna und Guilleminault 2010). Bei einzelnen Schallereignissen ist auch der Hintergrundpegel bedeutsam. Je größer der Abstand zwischen dem Hintergrundpegel und dem Pegel des Schallereignisses, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für eine Aufwachreaktion (Griefahn 2007, Hume 2010).

## **2.5 Theorien und Erklärungsansätze sozialer Ungleichheit in Gesundheit**

Viele empirische Ergebnisse aus den letzten Jahrzehnten weisen darauf hin, dass sozial benachteiligte Personen einen schlechteren Gesundheitszustand aufweisen und früher sterben als Personen mit höherem Einkommen oder Bildungsstand (Helmert et al 2000, Mielck 2000, Bauer et al. 2008, Richter und Hurrelmann 2009). Von der allgemeinen Verbesserung des Gesundheitszustands der Bevölkerung profitieren die unteren sozialen Schichten am wenigsten, im Gegenteil weitet sich die Schere zwischen den reichen Gesunden und den armen Kranken (Mackenbach et al. 2003, RKI 2005b, 2010, BMAS 2008). Interessant ist, dass nicht nur Arme einen schlechteren Gesundheitszustand aufweisen als Reiche, sondern dass in vielen Studien ein Gradient erkennbar ist. Das heißt, dass auch Personen mit mittlerem und höherem Bildungsstand oder Einkommen gegenüber der jeweils höheren Sozialstatusgruppe schlechtere Werte in Bezug auf Gesundheit haben und eine kürzere Lebenserwartung (RKI 2005b, BMAS 2008, Behrens 2009, Hausman 2009).

Trotz langjähriger sozialepidemiologischer Forschung, und obwohl verschiedene

Erklärungsmodelle zum Zusammenhang zwischen Gesundheit und sozialer Ungleichheit existieren, gibt es bislang im Forschungsfeld Public Health keine umfassende Theorie zur gesundheitlichen Ungleichheit (Babitsch 2005, Bauer et al. 2008, Richter und Hurrelmann 2009). In der Literatur überwiegen empirische Beiträge und die Beschreibung statistischer Zusammenhänge. In den letzten Jahren sind zunehmend Ansätze zur Reduzierung gesundheitlicher Ungleichheit unternommen und publiziert worden. Drei verschiedene Ansätze zur Erklärung sozial bedingter gesundheitlicher Ungleichheit haben sich herauskristallisiert (Bauer et al. 2008):

Der *materielle Ansatz* erklärt gesundheitliche Ungleichheit durch die ungleiche Verteilung von Umweltbelastungen oder Umweltgütern aber auch von Gesundheitsversorgung und gesellschaftlicher Faktoren wie z.B. der Einkommensverteilung (Wilkinson und Pickett 2008).

Der *kulturelle und verhaltensbezogene Ansatz* begründet gesundheitliche Ungleichheit mit ungleichen Verhaltensmustern bezüglich Gesundheits- bzw. Risikoverhalten (Helmert und Schorb 2009).

Der *psychosoziale Erklärungsansatz* sieht Ungleichheit als Resultat von personenbezogenen Belastungen, z.B. durch Stress, belastende Lebenssituationen und individuelle Merkmale wie Einstellungen (Peter 2009).

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass die Beziehung zwischen sozialer Ungleichheit und gesundheitlichen Auswirkungen Kausalität grundsätzlich in zwei verschiedenen Richtungen zulässt. Die Verursachungshypothese versteht soziale Ungleichheit als Ursache für Krankheit oder Gesundheit, wie in den Erklärungsmodellen oben beschrieben. Der Drifthypothese zufolge sind Gesundheit oder Krankheit Einflussfaktoren auf die soziale Lage. Da es in dieser Arbeit hauptsächlich um Umweltbelastungen im Wohngebiet als Zielvariable geht, ist die Drifthypothese als kausale Richtung bei dieser Fragestellung irrelevant. Der Einfluss von Lärmbelastung und daraus resultierenden Schlafstörungen bei Kindern auf die soziale Lage ist in der Lebenslaufperspektive interessant, aber für diese Querschnittsbetrachtung zu vernachlässigen.

Die klassischen und gebräuchlichsten Faktoren des Sozialstatus sind Schulbildung, beruflicher Status und Einkommen (Geyer 2008, Hradil 2009). In den meisten epidemiologischen Studien wird Bildung als ein einfach zu erhebender Parameter als

Proxy-Variable<sup>2</sup> für den Sozialstatus verwendet. Allerdings stellt sich immer mehr heraus, dass die verschiedenen Indikatoren unterschiedliche Aspekte gesundheitlicher Ungleichheit messen, aber auch in wechselseitiger Beziehung zueinander stehen (Geyer et al. 2006). Die klassischen Einzelindikatoren werden häufig zu einem Index zusammengefasst, wie z.B. zum *Winkler-Index*<sup>3</sup>, allerdings wird die Erklärung gesundheitlicher Ungleichheiten nicht einfacher oder umfassender, da die Wechselbeziehungen zwischen den Indikatoren dadurch im Unklaren bleiben (Geyer et al. 2006, Behrens 2009). Problematisch ist häufig eine unterschiedliche Erhebungsmethode der Indikatoren. Besonders die berufliche Stellung oder Erwerbstätigkeit kann in verschiedenster Weise erhoben werden: als berufliches Prestige, nach der Kategorisierung Arbeiter, Angestellte, Beamte, Selbständige oder nach der Erwerbstätigkeit, also Vollzeit, Teilzeit, geringfügig, arbeitslos. Auch bei der Berechnung des Haushaltseinkommens kann es große Unterschiede zwischen den verschiedenen Studien geben.

Wilkinson (1999) geht nach Ergebnissen der Whitehall-Studie (Marmot 2000) davon aus, dass gerade in den wohlhabenden Ländern eher die Einkommensverteilung und damit die relative Position in der Sozialstruktur mit höherer Mortalität, Morbidität und höheren Belastungen assoziiert ist, als das absolute Einkommensniveau (Wilkinson und Pickett 2008). Einkommen ist weniger als Determinante des Lebensstandards mit dem Gesundheitsstatus verknüpft, sondern eher als Marker für den Sozialstatus. Daher weisen Gesellschaften, in denen der Wohlstand etwa gleich verteilt ist, einen besseren Gesundheitszustand und eine höhere Lebenserwartung auf. Zwei Erklärungen führt Wilkinson (1999) dafür an: zum einen wirkt niedriger sozialer Status direkt über psychosoziale Effekte, zum anderen finden sich in stark hierarchisch strukturierten Gesellschaften weniger stark ausgeprägte soziale Beziehungen. Beides hat negative Auswirkungen auf die Gesundheit.

Neben den drei beschriebenen klassischen Faktoren des Sozialstatus gibt es weitere Indikatoren, die die soziale Lage in umfassenderer Weise beschreiben können, wenn sie in Kombination mit diesen betrachtet werden. Dazu gehören ethnische Zugehörigkeit, Familienstatus (z.B. Alleinerziehend), und Eigentum (z.B. Wohneigentum, Besitz eines Autos). Diese Indikatoren können manche Zusammenhänge zwischen

---

<sup>2</sup> Proxy-Variable ist eine Stellvertreter- oder Hilfsvariable für einen Parameter, der direkt nicht oder nur ungenügend gemessen werden kann.

<sup>3</sup> Der Winkler-Index setzt sich zusammen aus Punktwerten für die Merkmale Bildung, beruflicher Status und Einkommen. Daraus entstehen drei Gruppen: untere, mittlere und obere Schicht (Mielck 2000).

sozialer Lage und Gesundheit präziser beschreiben und zugleich Zielgruppen für Präventionsmaßnahmen identifizieren (Behrens 2009). Dadurch wird klar, dass sich ein so komplexes, multidimensionales Konzept, wie es die soziale Lage darstellt, nicht durch einen oder wenige Indikatoren darstellen lässt. Zudem hängen die verschiedenen Determinanten der sozialen Lage in unterschiedlicher Weise zusammen. Lahelma et al. (2008, Seite 147) schreiben dazu:

*„Für die Erweiterung des Wissens auf dem Gebiet gesundheitlicher Ungleichheit kann es nicht ausreichend sein, ausschließlich Vorstellungen über bestimmte Indikatoren zu entwickeln. Vielmehr werden Vorstellungen und Konzepte zu einer umfassenden und multidimensionalen sozioökonomischen Lage und darin enthaltenen Beziehungen zwischen den verschiedenen Bereichen benötigt.“*

Außerdem erklären die Indikatoren der sozialen Lage nicht direkt gesundheitliche Ungleichheit, sie sind im Sinne einer Kausalkette lediglich distale<sup>4</sup> Faktoren oder Prädiktoren (Behrens 2009). Direkten Einfluss auf Gesundheit oder Risikofaktoren und damit Erklärungskraft haben proximale<sup>5</sup> Faktoren, also die dahinterliegenden Prozesse und Strukturen, die auf den verschiedenen Erklärungsebenen liegen, z.B. Gesundheitsverhalten, Belastungen am Arbeitsplatz oder belastende Wohnbedingungen. Diese komplexen Strukturen und verschiedenen Erklärungsansätze werden seit einigen Jahren in sogenannten Mehrebenenmodellen abgebildet, die die verschiedenen direkten und indirekten Faktoren, die Gesundheit beeinflussen, beschreiben und kombinieren (Acheson 1998, Schulz und Northridge 2004, Lahelma et al. 2008). Vor allem durch das (wieder)erwachende Interesse von Public Health an dem mehrdimensionalen Thema Wohnen und Gesundheit und auch aufgrund der technischen Möglichkeiten der Datenanalyse werden Mehrebenenmodelle, im Englischen *Multi-level Models* genannt, auch in Datenanalysen immer öfter angewandt (Diez Roux 2003, Schulz und Northridge 2004, Soobader et al. 2006). Diese Modelle erlauben es zu untersuchen, ob soziale Ungleichheit z.B. in Umweltbelastungen auf der Ebene des Individuums oder auf einer übergeordneten Ebene von Gemeinden, Nachbarschaften oder auch Schulen festzustellen ist. Außerdem lässt sich ermitteln, ob die individuelle soziale Lage oder der Status der Gruppe eher für die Gesundheit von Bedeutung ist. Die Anwendung der Mehrebenenmodelle erweitert also unser Verständnis der komplizierten Zusammenhänge zwischen individuellen und

---

<sup>4</sup> Distale Faktoren sind indirekte Einflussfaktoren, stehen in der Kausalkette weiter entfernt von dem gesundheitlichen Outcome und wirken erst über direkte Einflussfaktoren (WHO 2002).

<sup>5</sup> Proximale Faktoren sind direkte Einflussfaktoren auf gesundheitliche Outcomes (WHO 2002).

kontextualen Einflüssen auf Belastungen und Gesundheit.

In den Mehrebenenmodellen werden meistens drei Ebenen unterschieden, die sich auch in den Erklärungsansätzen für gesundheitliche Ungleichheit widerspiegeln. Im oben beschriebenen materiellen Ansatz spiegelt sich die strukturelle oder *Makroebene*. Der kulturelle und verhaltensbezogene Ansatz spielt sich auf der *Mesoebene* ab, also auf der Ebene von Gruppen, Institutionen oder, räumlich gesehen, auf der lokalen Ebene von Nachbarschaft, Wohnumfeld oder Arbeitsplatz. Die *Mikro- oder Individualebene* deckt die individuellen, psychosozialen Determinanten ab (Soobader et al 2006). Diese Ebenenbeschreibungen sind idealtypisch und lassen sich nicht passgenau auf reale Gegebenheiten übertragen. In der Realität überschneiden sich die Kategorien etwas.

## **2.6 Der Einfluss der sozialen Lage auf die Verteilung von Umweltbelastungen und Gesundheitseffekten: Umweltgerechtigkeit**

Wie im vorigen Kapitel 2.5 ausgeführt, haben sowohl die natürliche und anthropogen gestaltete Umwelt als auch soziale und gesellschaftliche Faktoren einen Einfluss auf Gesundheit. Gegenstand der sozialepidemiologischen Forschung sind seit Jahrzehnten vor allem das Gesundheitsverhalten und die Versorgungsforschung (Mielck 2000, RKI 2005b). Bisher weniger erforscht ist der Zusammenhang zwischen sozialer Lage und Umweltbelastungen und deren gesundheitlichen Auswirkungen. Erst in den letzten Jahren wurde unter dem Eindruck der *Environmental Justice* Bewegung in den USA und aus Beobachtungen der sozial ungleichen Verteilung von Umweltbelastungen Erklärungsansätze und Modelle zur Klärung dieses Zusammenhangs entwickelt und findet auch in Deutschland das Thema unter dem Begriff „Umweltgerechtigkeit“ zunehmend (Forschungs)Interesse (Maschewsky 2001, Bolte und Mielck 2004, Bolte und Kohlhuber 2009, Hornberg und Pauli 2009, Bolte et al. 2010, Hornberg et al. 2011). Da in dieser Arbeit die Beschreibung und Erklärung der Zusammenhänge zwischen Umwelt, sozialer Lage und Gesundheit im Mittelpunkt steht und über Gerechtigkeitsfragen keine Aussage gemacht werden kann, wird im Folgenden nicht Umweltgerechtigkeit als Begriff verwendet sondern soziale Ungleichheit in Umweltbelastungen bzw. in umweltbezogener Gesundheit.

Als proximale Ursachen oder Risikofaktoren wurden bisher vor allem gesundheitsrelevantes Verhalten, Inanspruchnahme von Gesundheitsversorgung und psychosoziale Faktoren sowie Arbeitsbedingungen erforscht. Umwelteinflüsse wurden in Modellen erwähnt, bislang jedoch wenig erforscht, da es zu diesem Bereich zu

wenige Daten gab (RKI 2005). Der Mangel an geeigneten Daten resultiert vor allem daraus, dass in umweltepidemiologischen Studien bisher sozioökonomische Faktoren nur unzureichend erfasst wurden und andererseits in soziologischen und sozialepidemiologischen Studien Umweltfaktoren ebenfalls nur am Rande eine Rolle spielten (Bolte und Kohlhuber 2009). Dennoch wird Umwelt, vor allem in den Themen Wohnen und Verkehr, als ein wesentlicher Bereich angesehen, in dem Maßnahmen zur Reduzierung gesundheitlicher Ungleichheit beitragen können (Acheson 1998).

Grundsätzlich können zwei Mechanismen des Einflusses der sozialen Lage auf Umweltbelastungen und Gesundheit unterschieden werden (Abbildung 3). Expositionen können nach der sozialen Lage variieren, dieser Mechanismus wurde bisher in vielen Studien belegt (Heinrich et al. 2000, Evans und Kantrowitz 2002, Bolte und Kohlhuber 2009). Andererseits kann die soziale Lage den Effekt von Umweltbelastungen modifizieren. Modifizierende Vulnerabilitätscharakteristika können psychosoziale Faktoren, Gesundheitsverhalten, Gesundheitsversorgung und salutogene Aspekte sein. Zum Beispiel haben Studien zur Luftschadstoffbelastung nachgewiesen, dass das mit einer bestimmten Feinstaubkonzentration verbundene Mortalitäts- oder Morbiditätsrisiko mit sinkendem Sozialstatus stieg (Health Effects Institute 2000, Zeka et al. 2006, Bell und Dominici 2008, Cakmak et al. 2011).

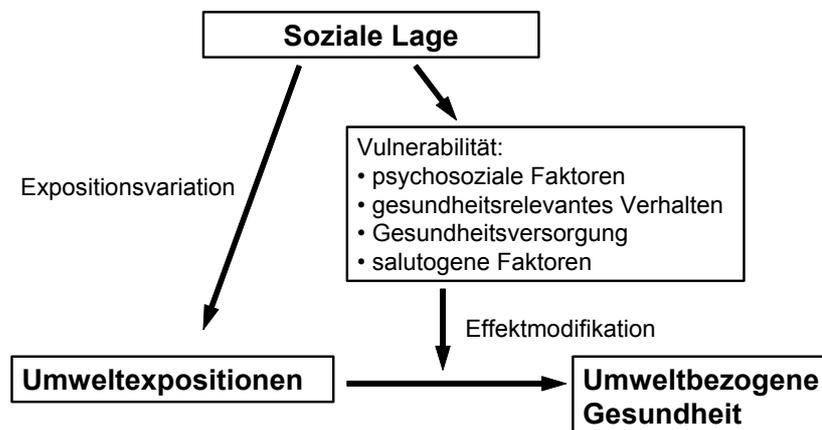


Abbildung 3: Mechanismen des Zusammenhangs zwischen Umweltbelastungen, sozialer Lage und Gesundheit. (Bolte und Kohlhuber 2009)

Ein ausführlicheres Modell zur Beschreibung des Einflusses sozialer Determinanten auf Gesundheit und Umweltbelastungen soll hier genauer dargestellt werden, da es als Mehrebenenmodell verschiedene Ebenen von Gesellschaft, Umwelt und

Gesundheit mit einbezieht. Schulz und Northridge (2004) haben in ihrem Modell sozialer Determinanten für umweltbezogene Gesundheit die bebaute Umwelt in den Mittelpunkt gerückt, da ein breiter Ansatz, der alle möglichen Umweltmedien mit einbeziehen würde, nicht mehr adäquat darstellbar ist. Als bebaute Umwelt verstehen die Autorinnen Gebäude, Straßen, Plätze und Produkte, die von Menschen erschaffen oder verändert wurden.

Dieses vereinfachte Modell sozialer Determinanten von umweltbezogener Gesundheit beschreibt die Auswirkungen sozialer und ökonomischer Ungleichheit auf die bebaute und die soziale Umwelt, die wiederum Gesundheitsverhalten, soziale Beziehungen und Stressoren beeinflussen, die schließlich auf Gesundheit und Wohlbefinden wirken. Damit beschreibt das Modell, wie soziale, politische und ökonomische Prozesse und Entscheidungen auf die bebaute Umwelt einwirken und so umweltbezogene Gesundheit beeinflussen können. Das Modell unterscheidet vier Ebenen (Abbildung 4):

Die *Makroebene* beinhaltet strukturelle, übergeordnete gesellschaftliche, ökonomische, kulturelle Faktoren und die natürliche Umwelt. Auf dieser Ebene werden Ungleichheiten durch makrosoziale Faktoren wie historische und politische Bedingungen, ökonomische und rechtliche Prozesse und sozial-kulturelle Institutionen und bestehende Ideologien produziert. Ungleichheit umfasst neben Einkommen, Bildung und Beruf auch die politische Teilhabe<sup>6</sup>. Diese Faktoren wirken auf Gesundheit dadurch, dass sie den Zugang zu Ressourcen beeinflussen, die zur Erhaltung der Gesundheit nötig sind.

Die *Mesoebene* umfasst die bebaute Umwelt mit Verkehrssystemen, Wohnumfeld, Infrastruktur und öffentliche Ressourcen wie Parks und kulturelle Einrichtungen. Der engere soziale Kontext schließt politische Entscheidungen und deren Umsetzung, das Bildungssystem und Teilhabe am politischen Prozess ein. Diese beiden Bereiche beeinflussen sich gegenseitig, d.h. Gebiete oder Gemeinden mit geringeren ökonomischen, sozialen und politischen Ressourcen können schlechteren Wohn- und Umweltbedingungen ausgesetzt sein. Die räumliche Konzentration von Armut und Reichtum beeinflusst aber auch die Verteilung von gesundheitsrelevanten Ressourcen, wie Parks sowie soziale und kulturelle Infrastruktur, wie z.B. Einrichtungen zur Gesundheitsversorgung und Freizeitmöglichkeiten.

---

<sup>6</sup> Teilhabe (Partizipation) meint in diesem Zusammenhang die aktive Beteiligung von Bevölkerungsgruppen an der Gestaltung von Strukturen sowie Prozessen und an Entscheidungen auf gesellschaftlicher, regionaler oder lokaler Ebene.

Die proximalen Faktoren der *Mikroebene* beziehen neben Verhaltensweisen, psychosozialen Stress und sozialer Unterstützung und Integration auch Stressoren wie Umweltexpositionen ein. Diese Ebene wird von den übergeordneten Ebenen beeinflusst. Zum Beispiel können öffentlich zugängliche Parks oder das Vorhandensein von Lebensmittelgeschäften das Gesundheitsverhalten positiv beeinflussen, indem sie körperliche Aktivität und gesunde Ernährung fördern.

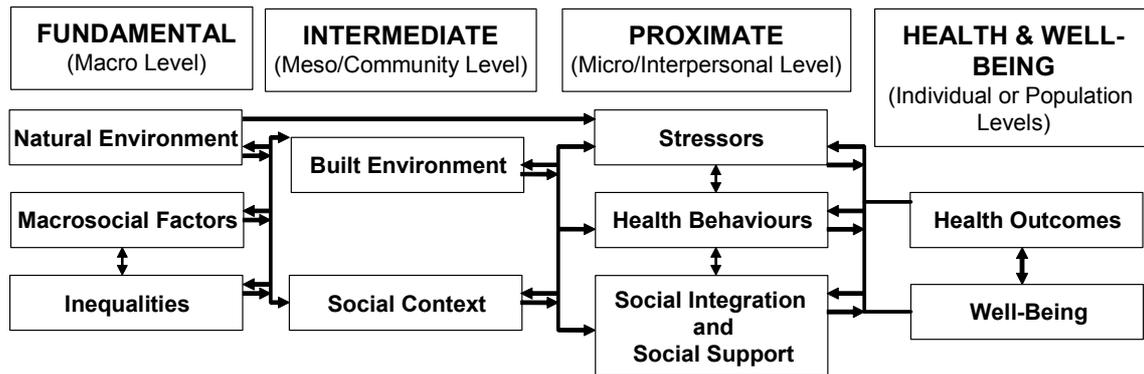


Abbildung 4: Modell sozialer Determinanten für umweltbezogene Gesundheit. (Schultz und Northridge 2004, vereinfacht dargestellt nach Bolte und Kohlhuber 2009)

Zusätzlich zu den drei vorher genannten Ebenen, die sich mit den Erklärungsebenen im ersten Abschnitt dieses Kapitels decken, fügen die Autorinnen als vierte Ebene die Gesundheit ein. Auf der Ebene der Gesundheit unterscheiden Schulz und Northridge (2004) Indikatoren wie Wohlbefinden, Einstellung, Zufriedenheit, Lebensqualität, und konkrete gesundheitliche Wirkungen von Umweltexpositionen und anderen Stressoren.

Die Autorinnen halten die intermediären Faktoren auf der Mesoebene für entscheidend für umweltbezogene Gesundheitsförderung, da auf dieser Ebene die fundamentalen Faktoren der Makroebene und die proximalen Faktoren der Mikroebene durch die Gesellschaft und soziale Gruppen oder Gemeinden beeinflusst werden können.

### 3 Zielsetzung der Arbeit

Hauptziel dieser Arbeit war, die Umweltlärmexposition auf Kinder im Einschulalter von 5 bis 6 Jahren und deren Auswirkungen auf die Gesundheit und insbesondere den Schlaf der Kinder zu quantifizieren. Ein weiteres Ziel der Arbeit war herauszufinden, wie sich Kinder aus verschiedenen sozialen Gruppen hinsichtlich der Lärmbelastung unterscheiden, ob und in welchem Ausmaß Unterschiede bei Schlafproblemen bestehen. Außerdem sollten in methodischer Hinsicht auch unterschiedliche statistische Analysemethoden wie die multivariate logistische Regression (Kapitel 5.4.1), ein Mehrebenen-Modell (*Multilevel Modelling*) (Kapitel 5.4.2) und ein Strukturgleichungsmodell (Kapitel 5.4.3) angewandt werden. Ziel der Anwendung des Mehrebenen-Modells war, die hierarchische Datenstruktur zu berücksichtigen und widerzuspiegeln. Das Strukturgleichungsmodell wurde gewählt, um die Anwendbarkeit dieser Methode auf die vorhandenen Daten zu testen.

Die Arbeit basiert auf Befragungsdaten zu Lärmbelästigung, Schlafstörungen der Kinder und verschiedenen sozialen Faktoren sowie Wohnbedingungen. Die Daten wurden in einer Elternbefragung im 3. Survey 2006/2007 der *Gesundheits-Monitoring-Einheiten (GME)* in verschiedenen ländlichen (Bamberg, Günzburg und Schwandorf) und städtischen (Ingolstadt und München) Regionen Bayerns erhoben und beinhalteten neben den Fragen zur Lärmbelästigung und Schlafstörungen Variablen die die soziale Lage und die Wohnbedingungen beschreiben.

Für die Stadt München standen objektive Belastungsdaten aus der Lärmkarte nach *EU-Umgebungslärmrichtlinie* für Straßenverkehr zur Verfügung. Für den Teildatensatz der Münchner GME-Studienpopulation war es somit möglich, die Fragebogendaten über die Adressangaben der Eltern mit Daten aus der Lärmkarte zu verknüpfen. Damit bot sich die Chance, subjektive Angaben zur Belästigung durch Umweltlärm mit objektiven Daten aus Messungen bzw. Berechnungen zu vergleichen. So konnte auch geklärt werden, ob sich die Angehörigen unterschiedlicher sozialer Lagen in ihrem Lärmempfinden und der objektiven Exposition unterscheiden.

Darüber hinaus stellte das *Statistische Landesamt der Stadt München* Daten zur sozialen und ökonomischen Lage auf Sprengel<sup>7</sup> zur Verfügung. Diese Daten

---

<sup>7</sup> Sprengel: Einzugsbereich von Grundschulen. In München gibt es 131 Grundschulsprengel, verteilt über die 25 Stadtbezirke.

waren über die Sprengelnummer verknüpfbar mit den Fragebogendaten und dienten in einer Mehrebenenanalyse dazu, unabhängige Einflüsse der individuellen Ebene oder der Sprengel Ebene festzustellen.

Die Dissertation kann einen Beitrag zur weiteren Klärung des Einflusses der sozialen Lage auf die Lärmexposition und die individuelle Belästigung leisten. Dies ist von besonderem Interesse, da es zu den Auswirkungen des Lärms auf den Schlaf von Kindern im Zusammenhang mit sozialer Lage bisher keine publizierten Studien gibt. Neben den klassischen sozioökonomischen Faktoren wie Bildung, Beruf und Einkommen werden im Fragebogen weitere Indikatoren der sozialen Lage in einem weiteren Sinn erfasst, z.B. Alleinerziehende oder Migrationshintergrund der Kinder. Auch Wohnbedingungen werden detailliert im Fragebogen erfragt.

Insgesamt liegt der Nutzen der vorliegenden Dissertation darin, dass die Arbeit keine Sekundäranalyse bereits erhobener Daten ist, sondern der Fragebogen für die vorliegende Studie erstellt wurde. Lärmbelastung, Lärmbelästigung, begleitende Faktoren der sozialen Lage und Wohnbedingungen sowie das Outcome Schlafstörungen konnten dadurch sehr differenziert erfasst werden (Kapitel 5.2.3).

Variablen und Faktoren der sozialen Lage:

- Haushaltseinkommen der Familie
- Schulbildung der Eltern
- Erwerbstätigkeit der Eltern (Vollzeit, Teilzeit, geringfügig beschäftigt, arbeitslos)
- Familienstand (alleinerziehend)
- Staatsbürgerschaft des Kindes

Variablen und Faktoren, die Wohnbedingungen beschreiben:

- Wohnen an einer Hauptstraße
- Haustyp
- Wohnen in der Nähe von Industrie
- Crowding
- Häufiger LKW-Verkehr in der Wohnstraße
- Häufiger Stau in der Wohnstraße

Die Angaben zur Belästigung der Eltern durch Umgebungslärm wurden detailliert nach Lärmquellen erfragt, Schlafstörungen des Kindes und mögliche Einflussfaktoren wurden mithilfe einer Itemskala ermittelt. Alle Variablen und ihre Operationalisierung werden im Kapitel 5 ausführlich beschrieben.

Folgende Forschungsfragen wurden anhand des Münchner Teildatensatzes beantwortet:

- Wie hoch ist die objektive Lärmbelastung durch Straßenverkehr von Familien mit Einschulkindern in München? (Kapitel 6.3)
- Was sind mögliche Einflussfaktoren für die objektive Belastung: Faktoren der sozialen Lage, Wohnbedingungen? (Kapitel 6.3)
- Unterscheiden sich soziale Bevölkerungsgruppen in ihrem Belästigungsempfinden bei gleichem Lärmpegel? (Kapitel 6.4.3 und 6.4.4)
- Wie hängen subjektive Belästigung und objektive Belastung zusammen? Oder: Lässt sich objektive Lärmbelastung durch subjektive Lärmbelästigung abbilden? (Kapitel 6.4.3 und 6.4.5)
- Welches sind Einflussfaktoren auf die subjektive Belästigung durch Straßenverkehrslärm: Faktoren der sozialen Lage, Wohnbedingungen, objektive Lärmbelastung? (Kapitel 6.4.5)
- Hat die soziale Lage auf der Ebene des Schulsprengels einen Einfluss auf die Lärmbelästigung? (Kapitel 6.4.6)
- Hat die individuelle soziale Lage einen Einfluss auf die Lärmbelästigung unabhängig von Sozialmerkmalen der Wohnbevölkerung im Sprengel? (Kapitel 6.4.6)

Folgende Fragen wurden anhand des Gesamtdatensatzes der *Gesundheits-Monitoring-Einheiten* beantwortet werden:

- Wie hoch ist die subjektive Belästigung der Eltern von Einschulkindern in Bayern durch verschiedene Lärmquellen? (Kapitel 6.4.1 und 6.4.2)
- In welchem Ausmaß sind Einschulkinder in Bayern von Schlafstörungen betroffen? (Kapitel 6.5)
- Welchen Einfluss hat die Lärmbelästigung nach Elternangaben auf Schlafstörungen bei Kindern? (Kapitel 6.5)
- Welche weiteren Faktoren haben Einfluss auf Schlafstörungen bei Kindern? (Kapitel 6.5)

Folgende Fragestellungen bzw. Hypothesen sollten mithilfe des Strukturgleichungsmodells beantwortet werden (Kapitel 6.6):

- Die latente Variable soziale Lage kann durch die Indikatoren Netto-Haushaltsäquivalenzeinkommen und Bildung beschrieben werden.
- Die Indikatoren der Wohnumgebung wie Straßentyp, häufiger LKW-Verkehr und Crowding sind abhängig von der sozialen Lage.

- Lärmbelästigung ist abhängig von den Variablen der Wohnumgebung und der sozialen Lage.
- Schlafstörungen sind abhängig von der Lärmbelästigung

## 4 Forschungsstand

Weite Teile der Bevölkerung sind von Umweltlärm betroffen. Umweltlärm oder Umgebungslärm wird in dieser Arbeit in Anlehnung an die *EU-Umgebungs-lärmrichtlinie* (2002/49/EG) definiert als unerwünschte oder gesundheitsschädliche Geräusche in der Wohnumgebung, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Industrieanlagen ausgeht. Straßenverkehrslärm stellt dabei die häufigste Quelle für die objektive Belastung dar (SRU 2004, Babisch 2009, WHO 2011). In der Literatur werden sehr unterschiedliche Zahlen zu Belastung und Belästigung angegeben (Kapitel 4.1 und 4.2). Gerade Daten zur objektiven Exposition gab es bis zur Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie nur vereinzelt, zudem sind sie aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden nur eingeschränkt vergleichbar.

Die Wirkungen von Umweltlärm auf die Gesundheit und das Wohlbefinden sind vielfältig. Sie reichen von Belästigung und damit einhergehenden Stressreaktionen, Lernschwierigkeiten, Konzentrationsstörungen, Schlafstörungen und psychischen Störungen, bis hin zu Herz- Kreislauferkrankungen sowie Auswirkungen auf Haut- und Atemwegserkrankungen, auf das Geburtsgewicht und die Entwicklung von Kleinkindern (Evans et al. 2001, Babisch 2004, Ising und Kruppa 2004, Kawada 2004, Guite et al. 2006, Linares et al. 2006, Schell et al. 2006). Umweltlärmbelastung wird als bedeutendes Public Health Problem gesehen (Passchier-Vermeer und Passchier 2000, WHO 2011).

Gegenstand dieses Literaturreviews sind Prävalenz von Lärmbelastung und -belästigung insbesondere durch Straßenverkehr (Abschnitte 4.1 und 4.2). In den Abschnitten 4.4 bis 4.7 wird der Forschungsstand zu den extraauralen Wirkungen (Stressreaktionen, Schlafstörungen) von Straßenverkehrslärm besonders auf Kinder, beschrieben. Da zum Zusammenhang zwischen Lärm und Schlafstörungen bei Kindern nur wenige Studien existieren, wird auch auf Studien bei Erwachsenen eingegangen.

## 4.1 Prävalenz von Lärmbelastung

### 4.1.1 Deutschland

Nach Schätzungen des *Bayerischen Landesamts für Umwelt* hat sich die Lärmbelastung in Deutschland seit den 1960er Jahren etwa versechsfacht (LfU 2009). Seit Anfang der 1990er Jahren stieg die Lärmbelastung nicht mehr so stark an wie in den drei Jahrzehnten davor, in Bezug auf das Jahr 1990 hat sich die Belastung bis 2007 allerdings noch um 10% erhöht. Trotz technischer Innovationen und aktiver Lärminderungsmaßnahmen an den Fahrzeugen selbst und passiver Maßnahmen (z.B. durch Lärmschutzwände) ist die Belastung in Deutschland durch das stetig steigende Verkehrsaufkommen, sowohl bei Straßen- als auch Schienen- und Flugverkehr, auf hohem Niveau gleich geblieben. Dabei haben sowohl der Fahrzeugbestand als auch die Fahrleistung in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen (SRU 2004, Statistisches Bundesamt 2006). Einer Berechnung des *Umweltbundesamts (UBA)* von Daten aus dem Jahr 1999 zufolge sind etwa 15% der Bevölkerung tagsüber mit Mittelungspegeln von über 65 dB(A) belastet, etwa 10% sind nachts Mittelungspegeln von über 55 dB(A) ausgesetzt (UBA 2000).

Aus verschiedenen Studien sind Daten zur Lärmexposition bekannt, die allerdings mit unterschiedlichen Methoden erhoben wurden. Die Daten aus den Lärmkarten nach der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* werden in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Das UBA hat 1998 zusammen mit der Stiftung Warentest eine Leseraktion zum Thema Straßenverkehrslärm durchgeführt (Beule und Ortscheid 2001). Dabei wurden Teilnehmer aus der Leserschaft der Zeitschrift „*test*“ rekrutiert, die anhand eines Fragebogens Angaben zu Lärmbelastung und Lärmbelästigung machten. Die Lärmbelastung wurde aus den Angaben von 867 Teilnehmern und Teilnehmerinnen zu Verkehrszusammensetzung, Verkehrsmengen, Abstände, zulässige Höchstgeschwindigkeiten und anderen berechnet. Diese Angaben konnten die Teilnehmer teilweise von Behörden erhalten oder selbst schätzen und im Fragebogen angeben. Da bei dieser Aktion fast nur Personen teilnahmen, die sich durch Lärm sehr stark belästigt fühlen (97%) und die sich wegen des Lärmproblems bereits an eine Organisation oder Person gewandt haben, war diese Studie nicht repräsentativ für die Gesamtbevölkerung. Allerdings war diese Art der Erhebung eine interessante Methode z.B. für Studien an *Hotspots*, in Ermangelung einer Lärmkarte oder eigener, gezielter Messungen an Belastungsdaten zu kommen. Laut dieser Erhebung sind 58% der Teilnehmer tagsüber durch Mittelungspegel von über 65 dB(A) belastet,

nachts sind etwa 71% durch Mittelungspegel von über 55 dB(A) belastet. Nach neuen Berechnungen des Regional Office for Europe der WHO (2011) steigt ab Mittelungspegeln tagsüber von 60 dB(A) das Risiko für Herzinfarkte, Bluthochdruck und Schlafstörungen stetig an. Im Pegelbereich von 65-69 dB(A) beträgt der Anteil der Herzinfarkte, der auf Straßenverkehrslärm zurückzuführen ist, bereits 9% und steigt auf 27% bei Mittelungspegeln von über 75 dB(A) (WHO 2011).

Aus verschiedenen Studien liegen auch Daten aus direkten Messungen vor, die z.T. kurzzeitig orientierend erhoben oder über einen längeren Zeitraum durch Personendosimetrie gesammelt wurden (Schreckenbergs und Guski 2005, Radon et al. 2007, Babisch 2009). Diese Messungen erheben allerdings den Gesamtlärm und nicht nur den Umwelt- oder Umgebungslärm, d.h. Musikhören oder Gespräche werden zum Beispiel auch erfasst.

Im *Kinder-Umwelt-Survey (KUS)* wurden Schallpegel direkt gemessen, allerdings nur orientierend über 15 Minuten am geöffneten Kinderschlafzimmerfenster (Babisch 2009). Der Mittelwert des Mittelungspegels lag bei 50 dB(A) im Zeitrahmen zwischen 8 Uhr und 21:30 Uhr mit einem Schwankungsbereich von 27-86 dB(A). Der Anteil von Kindern, die mit Schallpegeln über 65 dB(A) belastet waren, schwankte zwischen 15 % bei einer Straße vor dem Fenster und 3% bei Zimmern ohne Straße vor dem Fenster.

Auch aus regionalen oder lokalen Erhebungen liegen Daten zur Lärmexposition vor. Schreckenbergs und Guski (2005) ermittelten bei von Straßen- und Schienenverkehrslärm betroffenen Personen in Nordrhein-Westfalen Mittelungspegel zwischen 26 und 71 dB(A) (Straßenverkehr) bzw. 32-70 dB(A) (Schienenverkehr).

Die Studie „*LEe – Lärm: Exposition und Befinden*“ hat in den Jahren 2005 und 2006 Lärmbelastung, Lärmbelästigung und mögliche gesundheitliche Outcomes bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in und um München erhoben (Radon et al. 2007). Die Lärmbelastung wurde dabei mit Personendosimetern über 24 Stunden erfasst. Bei Kindern lag der Median des 24-Stunden Mittelungspegel bei 78 dB(A), bei Erwachsenen bei 70 dB(A). Die Nachtpegel lagen bei Kindern im Median bei 39 dB(A) und bei Erwachsenen bei 53 dB(A). Nächtliche Lärmexpositionen der Erwachsenen zeigten mit den Faktoren Einkommensgruppen, Bildungsstand und Stellung im Beruf nur schwach signifikante Zusammenhänge. Dabei hatten Personen mit niedrigerem Bildungsstand eine um fast 3 dB(A) niedrigere Lärmexposition. Erwachsene in der obersten Einkommenskategorie hatten die höchste Lärmexposition, gefolgt von den Erwachsenen in der niedrigsten

Einkommenskategorie. Für Kinder und Jugendliche haben die Autoren keine signifikanten Unterschiede gefunden. Diese Ergebnisse begründeten die Autoren mit dem sehr hohen Bildungsstand im gesamten Kollektiv, der die sozialökonomische Struktur in und um München widerspiegelt (Radon et al. 2007).

#### 4.1.2 Internationale Studien

Nach Daten des „*Noise Observation and Information Service for Europe (NOISE)*“, das die offiziellen Meldungen der EU-Mitgliedsstaaten im Rahmen der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* zusammenfasst, haben Großstädte und Ballungsgebiete in Deutschland im Vergleich zu anderen Europäischen Großstädten die niedrigste Lärmexposition durch Straßenverkehr, München liegt im deutschen Durchschnitt (Tabelle 2, European Topic Centre on Land Use and Spatial Information, Stand 30.05.2011). Allerdings enthalten die Tabellen auch unplausible Daten aus einzelnen Städten, z.B. addieren sich die Anteile der Exponierten auf über 100%. Die Belastung für Europa fällt insgesamt wahrscheinlich niedriger aus als hier dargestellt.

*Tabelle 2: Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm der Bevölkerung Münchens, Deutschlands und Europas nach den Meldungen im Rahmen der EU-Umgebungslärmrichtlinie*

dB(A)	LDEN				LNight		
	55 bis unter 60	60 bis unter 65	65 bis unter 70	70 und mehr	50 bis unter 55	55 bis unter 60	60 und mehr
% Exponierte gesamt München <sup>1</sup>	9	5	5	3	6	5	3
% Exponierte Deutschland <sup>1</sup>	9	6	5	2	5	4	3
% Exponierte Europa <sup>1</sup>	19	20	9	5	21	11	6

<sup>1</sup>Datenquelle: European Topic Centre on Land Use and Spatial Information, 2010.

Aus weiteren Studien in Europa sind Zahlen zur Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm bekannt, diese werden im Folgenden näher beschrieben. Bisher haben drei publizierte Studien Expositionsdaten aus den Lärmkarten nach der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* analysiert und mit Befragungsdaten oder aggregierten Daten verknüpft (de Kluizenaar et al. 2009, Brink 2011, Havard et al 2011). Weitere Studien haben die Exposition mithilfe unterschiedlicher Methoden erhoben (Shield und Dockrell 2004, Linares et al. 2006, Jakovljevic et al. 2009, van Kempen et al. 2009, Stansfeld et al. 2009).

Havard et al. (2011) haben, wie in der vorliegenden Dissertation, Lärmkarten nach

der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* zur Expositionserfassung gewählt. Sie verknüpften die Lärmkarte für Paris mit Befragungsdaten der Kohortenstudie *RECORD (Residential Environment and CORonary health Disease)* und aggregierten Daten zur Sozialstruktur in kleinräumigen Nachbarschaftseinheiten. Die Mittelungspegel über 24 Stunden (LDEN) im Umkreis von 250 Metern um die Wohnadresse der Teilnehmer variierten zwischen 55,8 und 73,7 dB(A) mit einem Mittelwert von 64,4 dB(A). Der Mittelwert stieg mit dem Bildungsstand und dem Wert der Wohnungen in der Nachbarschaft leicht an. Nicht-französische Staatsbürger aus hoch entwickelten Ländern (gemessen am *Human Development Index*) wiesen ebenfalls eine leicht erhöhte Exposition auf. Nicht-französische Staatsbürger aus weniger hoch entwickelten Ländern hatten eine geringere Exposition (Havard et al. 2011). Die Autoren führen dieses Ergebnis auf die historische Entwicklung der Stadt, auf die Dynamik des Wohnungsmarktes und auf die lokale Verteilung der sozialen Gruppen in Nachbarschaften zurück.

De Kluizenaar et al. (2009) verknüpften Lärmkartendaten nach der EU Umgebungslärmrichtlinie mit den Daten der großen niederländischen prospektiven Kohortenstudie *GLOBE („Health and Living Conditions of the Population of Eindhoven and surroundings“)*. Die Verteilung der nächtlichen Mittelungspegel (LNight) zeigte, dass etwa 18% der Studienpopulation mit 50 dB(A) und mehr belastet waren. Der Anteil der mit Partner zusammenlebenden Teilnehmer und der Anteil derer mit finanziellen Problemen war bei hohen Lärmpegeln geringer, mit Beschäftigungssituation und Bildungsstand zeigte sich kein Zusammenhang mit Lärmbelastung (de Kluizenaar et al. 2009).

In der Schweiz wurden Lärmkartendaten mit dem *Schweizer Haushaltspanel (SHP)* verknüpft. 27% der Bevölkerung waren mit 24-Stunden-Mittelungspegeln von mindestens 50 dB(A) durch Straßenverkehr belastet (Brink 2011). 11% waren gegenüber Schienenverkehrslärm ( $\geq 50$  dB(A)) und 5% gegenüber Fluglärm ( $\geq 50$  dB(A)) exponiert. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Sozialstatus wurde nicht gefunden, allerdings ein Trend zu höheren Lärmpegeln durch Straßenverkehr bei ausländischer Staatsbürgerschaft und bei sinkendem Einkommen.

Linares et al. (2006) verwendeten Lärmdaten, die im Zeitraum von 1995-2000 an sechs feststehenden Stationen in Madrid gemessen wurden. 24 Stunden-Mittelungspegel erreichten im Mittel 66,4 dB(A) mit einem Range von 57,2 bis 71,3 dB(A). Sie fanden mit steigendem Lärmpegel eine signifikante Zunahme an

Einweisungen ins Krankenhaus wegen allen organischen Krankheitsursachen (ICD-9: 1-799) (RR=1,02 pro 1dB(A) Erhöhung) und Atemwegserkrankungen (RR=1,05 pro 1dB(A) Erhöhung), darunter vor allem Pneumonien (RR=1,08 pro 1dB(A) Erhöhung).

In acht Städten um Barcelona, Spanien, wurden Lärmpegel gemessen und mit Daten zur Flächennutzung abgeglichen (Romeu et al. 2006). Die Tagesmittelungspegel (LDay) schwankten je nach Straßentyp zwischen 57 und 81 dB(A). Die nächtlichen Mittelungspegel (LNight) lagen zwischen 48 und 71 dB(A).

Die *RANCH-Studie* („*Road traffic and Aircraft Noise exposure and Children's cognition and Health: exposure-effect relationships and combined effects*“) hatte sowohl Straßen- als auch Flugverkehrslärm an Schulen in den Gegenden um die Flughäfen Heathrow (London, Großbritannien), Schiphol (Amsterdam, Niederlande) und Barajas (Madrid, Spanien) erhoben (van Kempen et al. 2009, Stansfeld et al. 2009). Die modellierten Fluglärmdaten wurden von den jeweiligen Flugsicherheitsbehörden zur Verfügung gestellt. Die Expositionsdaten zum Straßenverkehr an den Schulen in London wurden aufgrund von Verkehrszählungsdaten an der nächsten Straße berechnet. In Amsterdam wurden modellierte Daten zum Straßenverkehr verwendet. An den Schulen in Madrid wurde die Lärmexposition an den Straßen direkt gemessen und mit Faktoren wie Verkehrsfluss, Geschwindigkeitsbegrenzungen und Abstand zur Straße modelliert. Die geringste Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm wiesen die Schulen in Amsterdam auf mit Mittelungspegeln (7-23 Uhr) von 34-62 dB(A) (Mittelwert 49,3 dB(A)) (van Kempen et al. 2009). Einen ähnlichen Mittelwert hatten die Schulen in London mit 50,6 dB(A) (Range: 37-67 dB(A), am lautesten waren die Schulen in Madrid mit 54,1 dB(A) (Range 43-71 dB(A)), wobei dort der mittlere Fluglärmpegel um ca. 6 dB(A) geringer war als in London und Amsterdam (van Kempen et al. 2009).

Eine andere Studie an 142 Schulen in London, die entfernt von Flughäfen und Einflugschneisen liegen, fand Lärmpegel außerhalb der Schulgebäude von etwa 57 dB(A), verursacht vor allem durch Straßenverkehr (Shield und Dockrell 2004). Die 5 Minuten-Mittelungspegel in den Schulräumen variierten zwischen 56 und 76 dB(A) je nach Aktivität, mit Hintergrundpegeln von 42 bis 64 dB(A).

In einer serbischen Studie wurden Pegelmessungen in allen Straßen eines Innenstadtbezirks von Belgrad durchgeführt (Jakovljevic et al. 2009). Die ermittelten 24 Stunden-Mittelungspegel (LDEN) lagen im Durchschnitt bei 63,2 dB(A) bei einem Range von 43,8 bis 80,2 dB(A). Der nächtliche Mittelungspegel (LNight) lag

bei 50,1 dB(A) (Range: 32-74 dB(A)).

Außerhalb Europas wurden in den letzten Jahren Daten in mehreren Ländern (Kanada, Süd-Korea, Indien, Brasilien, Nigeria) zur Lärmbelastung der Bevölkerung publiziert, diese werden in den nächsten Absätzen kurz zusammengefasst.

Aus den USA sind bislang keine objektiven Belastungsdaten zu Umgebungslärm bekannt, auch Lärmbelästigung sowie die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm werden in den USA bislang kaum erforscht (Goines und Hagler 2007, Moudon 2009). Nach Daten des American Housing Survey von 1999 berichteten 28% der Amerikaner über (Straßen-)Verkehrslärm in der Nachbarschaft, 11% fühlten sich dadurch belästigt, 4% so stark, dass sie umziehen würden (US Census Bureau 1999).

Modellierte Lärmdaten aus Seoul zu Straßen- und Schienenverkehr zeigten, dass tagsüber etwa 22% der Bevölkerung mit Mittelungspegeln von 60 dB(A) und mehr ausgesetzt waren, nachts waren 38% mit Mittelungspegeln von 50 dB(A) und mehr belastet (Ko et al. 2011).

Jamrah et al. (2006) nutzten modellierte Daten, um die Lärmexposition in Amman, Jordanien zu bestimmen. Sie fanden einstündige Mittelungspegel am Morgen von durchschnittlich 69 dB(A) (Range: 46-81 dB(A)) und nachts durchschnittlich 65 dB(A) mit einem Bereich zwischen 58 bis 71 dB(A).

In der Industriestadt Asansol in Indien wurden Lärmpegel an ausgewählten mittelmäßig bis sehr verkehrsreichen Straßen gemessen und mit Verkehrszählungsdaten abgeglichen (Banerjee et al. 2009). Zusätzlich wurden Befragungsdaten von über 800 Personen zu Lärmbelästigung erhoben. Die Tag-Nacht Mittelungspegel (L<sub>dn</sub>) lagen zwischen 64 und 87 dB(A), der Anteil der stark belästigten („highly annoyed“) lag zwischen 19% und 33% der Befragten. Die stärkste Belästigung verursachten LKWs und Busse.

Mehdi et al. (2011) haben im Jahr 2001 über 2 Wochen Straßenverkehrslärm an über 300 Kreuzungen von Hauptverkehrsstraßen in Karachi, Pakistan gemessen. Die Modalwerte während der Werkstage lagen am Morgen (06:30–10:30 Uhr) im Durchschnitt bei 79 dB(A) (Range: 60-89 dB(A)), nachmittags (12:00–15:00 Uhr) bei 73 dB(A) (Range: 52-86 dB(A)) und abends (16:30–24:00 Uhr) bei 80 dB(A) (Range: 59-99 dB(A)). Lärmspitzen erreichten 103 dB(A) und können bereits als hörschädigend eingestuft werden (WHO 2000). Straßen mit weniger als 200 KFZ pro Stunde waren als wenig befahren kategorisiert, 75 % der Kreuzungspunkte waren

danach stark bis sehr stark befahren (mehr als 2000 KFZ/Stunde). Zum Vergleich gehen in die Berechnung Lärmkarte nach der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* nur stark befahrene Straßen ein, die mit mehr als 4000 KFZ/24 Stunden befahren sind. Die Verkehrsdichte ist also in Karachi sehr hoch. Die Autoren merkten an, dass die hohen Pegelspitzen vor allem durch Hupen zustande kommen (Mehdi et al. 2011).

Die Mittelungspegel, die Korfali und Massoud (2003) an 14 Stellen im Stadtgebiet von Beirut zu drei verschiedenen Tageszeiten gemessen hatten, schwankten zwischen 65 dB(A) in einem eher ländlichen Stadtteil und 79 dB(A) in einem dicht besiedelten Stadtteil mit hohem Verkehrsaufkommen. Die häufigsten Lärmquellen waren Motorräder, Autos und Generatoren. Je nach Lage fühlten sich zwischen 56 und 89% der befragten Bevölkerung durch Lärm belästigt (Korfali und Massoud 2003).

Direkt gemessene Mittelungspegel in städtischen Wohngebieten in Ilorin, Nigeria lagen im Durchschnitt bei 63 dB(A) in den Morgenstunden und 68 dB(A) in den Abendstunden (Oyedepo und Saadu 2010). An Hauptstraßen und großen Kreuzungen lagen die Pegel durchschnittlich zwischen 75 und 78 dB(A).

Schlafstörungen können ab nächtlichen Mittelungspegeln von 40 dB(A) an der Außenwand auftreten, starke Belästigung tagsüber ab 55 dB(A) (WHO 2009). Die in diesem Abschnitt zusammengefassten Studien zeigten, dass erhebliche Anteile der Bevölkerung in Städten weltweit einer höheren Exposition ausgesetzt sind, als die WHO für gesundheitlich unbedenklich oder vertretbar ansieht.

## **4.2 Prävalenz von Lärmbelästigung und der Zusammenhang zwischen Belastung und Belästigung**

### **4.2.1 Deutschland**

Subjektive Belästigung durch Lärm ist die am häufigsten wahrgenommene und am meisten genannte Umweltexposition (WHO 2011). Eine repräsentative Umfrage des Umweltbundesamtes im Jahr 2000 hat ergeben, dass nur 21% der Befragten angaben, frei von jeglicher Lärmbelästigung zu sein (Ortscheid und Wende 2002). Stark bis äußerst stark durch Straßenverkehrslärm gestört fühlten sich 18%, wesentlich gestört fühlten sich 37%. An zweiter Stelle stand Nachbarschaftslärm mit 6,5% stark bis äußerst stark Belästigten und 17% wesentlich Belästigten. Danach folgten Fluglärm, Schienenverkehrslärm und Lärm von Industrieanlagen und Gewerbe. 10% der

Bevölkerung lebten an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen; Lärmbelästigung korrelierte auch mit der Art der Wohngegend und der Art des Wohnhauses (Ortscheid und Wende 2002). Besonders hoch scheint das Belästigungsempfinden in den frühen Morgenstunden und abends zwischen 16 und 20 Uhr zu sein (Schreckenbergs und Guski 2002). Bei gleichen Lärmpegeln empfanden die Teilnehmer der Studie in NRW den Straßenverkehrslärm nachts als störender als tagsüber, beim Schienenlärm gab es keine Unterschiede, bzw. wurde tagsüber teilweise als störender empfunden. Auch die Einstellung einer Person gegenüber dem Verkehrsmittel spielte eine Rolle: Personen, die kein Auto besitzen, fühlten sich z.B. stärker durch Straßenlärm belästigt (Schreckenbergs und Guski 2002). Lärmempfindlichkeit kann ebenfalls, unabhängig vom Lärmpegel, das Belästigungsempfinden erhöhen (van Kamp et al. 2004).

Parallel zur leichten Zunahme der Gesamtlärmbelastung ist auch die subjektive Belästigung durch Lärm im Gegensatz zu verschiedenen anderen Umweltfaktoren (wie z.B. Dioxin, Benzol, Passivrauch) gestiegen und wird weiter steigen (Dora und Phillips 2000, WHO 2011). Wirth et al. (2005) sehen die Gründe teilweise im Einfluss von Moderatoren wie Lärmempfindlichkeit, Angst oder einem Gefühl der Bedrohung, aber auch im Wandel der Einstellung gegenüber den Lärm verursachenden Verkehrsmitteln bzw. der Mobilität. Auch die öffentliche Diskussion über Lärmbelastung kann zur Steigerung der Belästigung durch Lärm über die Jahre beitragen.

In der LEE-Studie wurde neben der Lärmbelastung auch die Belästigung durch verschiedene Lärmquellen durch einen Fragebogen erhoben (Radon et al. 2007). Bei der Frage nach „Lärm von außen“ (chronische Lärmbelästigung) zeigte sich, dass Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus München bzw. Freising die Frage, wie zu erwarten, häufiger bejahten (78% bzw. 77%) als Teilnehmer aus den eher ländlichen Orten Ebersberg (39%) und Grafing (55%). Über 80% nannten als Lärmquelle den Straßenverkehr, etwa 50% Nachbarn als Quelle. Relativ hoch waren die Anteile der Belästigten durch Flugverkehrslärm, 70% der Freisinger gaben an chronisch durch Fluglärm gestört zu sein, was klar die Nähe des Studiengebietes zum Münchner Flughafen widerspiegelte. Straßenverkehrslärm wurde von etwa der Hälfte (in München 60%) der Belästigten als mittelstark bis sehr stark eingestuft. Die akute Lärmbelästigung am Untersuchungstag wurde mithilfe eines Lärmtagebuchs erfasst. Auch hier hat der Straßenverkehr als Lärmquelle die größte Bedeutung in allen Untersuchungsorten und in allen Altersgruppen. Bei einem Vergleich zwischen

Belästigung in den letzten sechs Monaten und objektiver Schallpegelexposition durch personenbezogene Messung, zeigt sich allerdings kein Zusammenhang (Radon et al. 2007). Das kann daran liegen, dass eine personenbezogene Messung auch erwünschte, positive Geräusche wie Musik und Lärm in besuchten Gaststätten mit erfasst. So wurden auch mithilfe eines Lärmtagebuchs am Untersuchungstag die aktuellen Lärmquellen ermittelt. Aus den Daten zeigen sich die deutlichsten Unterschiede im Schallpegel für die genannten positiven Lärmquellen wie Musik und Lärm in besuchten Gaststätten.

Im KUS wurden sowohl Eltern als auch Kinder nach der Lärmbelästigung befragt (Babisch 2009). Die häufigsten Lärmquellen für 8-10-jährige Kinder waren andere Familienmitglieder (31%) und Nachbarn (14%). Straßenverkehr gaben etwa 7% der Kinder tagsüber wie auch nachts als störende Quelle an. Die Eltern schätzten die Lärmbelästigung ihrer Kinder tendenziell geringer ein als die Kinder selbst. Beim Straßenverkehrslärm stellte man einen deutlichen Sozialgradienten fest: Kinder mit niedrigem Sozialstatus fühlen sich tagsüber wie auch nachts häufiger belästigt als Kinder mit mittlerem oder hohem Sozialstatus.

Sozial benachteiligte Personen mit niedrigerer Schulbildung sind oft stärker durch Lärm belastet, da sie häufiger an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen wohnen (Hoffmann et al. 2003b, Swart 2003). In einigen Studien wurde nachgewiesen, dass sich Personen im unteren Sozialstatus (gemessen an Einkommen, Schulbildung) stärker von Lärm belästigt fühlen (Hoffmann et al. 2003, Swart 2003, Kohlhuber et al. 2006). Jedoch gibt es auch Hinweise, dass sich Personen in höheren sozialen Lagen bei gleichem Lärmpegel häufiger über Umgebungslärm beschweren (Whitfield 2003, Schuschke und Maschke 2005). Das Beschweren über Lärm wird häufig auch als eine Art von Coping-Strategie gesehen, die Personen in höheren sozialen Lagen häufiger anwenden (Fyhri und Klæboe 2009).

#### **4.2.2 Internationale Studien**

Ergebnisse der RANCH-Studie an Schulen in der Nähe der Flughäfen in London, Amsterdam und Spanien zeigten, dass Kinder in allen drei Ländern, die Schulen mit hoher Straßenverkehrslärmexposition besuchten, sich häufiger stark belästigt fühlten, bei 50 dB(A) waren 4% der Kinder stark belästigt, bei 60 dB(A) fühlten sich 6% stark belästigt (van Kempen et al. 2009). Eltern fühlten sich bei Pegeln über 55 dB(A) stärker belästigt, Kinder reagierten bereits bei Pegeln unterhalb von 45 dB(A) stärker mit Belästigung. Ein Einflussfaktor auf die Belästigung war niedriger

mütterlicher Bildungsstand, mit einem 5-fach erhöhten Odds Ratio. Insgesamt fühlten sich Kinder und Eltern durch Fluglärm stärker gestört als durch Straßenverkehrslärm (van Kempen et al. 2009).

Die HYENA-Studie (*“HYpertension and Exposure to Noise near Airports”*) untersuchte ebenfalls Lärmbelastung und Belästigungsreaktionen durch Straßen- und Fluglärm in der Nähe von sechs großen Flughäfen in Europa, darunter Berlin-Tegel in Deutschland (Babisch et al. 2009a). Die Anteile der tagsüber stark durch Straßenverkehrslärm Belästigten schwankten zwischen 4,6 und 21,5% (16,6% in Tegel), nachts waren es 2,2 bis 10,5% (9,9% in Tegel).

Brink (2011) fragte in der Schweizer Studie nicht nach Belästigung durch Lärm sondern nach „Lärmproblemen“. Mit steigendem Lärmpegel nahmen auch die wahrgenommenen Lärmprobleme zu. In den niedrigen Pegelbereichen bis 45 dB(A) war der Schienenverkehr die dominante Quelle, allerdings konnten die Lärmquellen nicht den Lärmkartendaten zugeordnet werden, so dass ein Großteil (94%) derer, die gegenüber Schienenlärm exponiert waren, auch durch Straßenverkehr belastet waren.

Eine Studie in Helsinki verglich Daten aus einer Lärmkarte mit Angaben zu Exposition durch Straßenverkehrslärm, Belästigung und Lärmempfindlichkeit aus einer Befragung im Rahmen einer Kohortenstudie (Heinonen-Guzejev et al. 2000). Der Anteil der Belästigten tagsüber wie auch nachts (unabhängig von der Stärke der Belästigung) war im Pegelbereich bis 59 dB(A) mit 14-17% tagsüber bzw. nachts etwas höher als in der nächst höheren Expositions-kategorie 60-64 dB(A). Erst ab Lärmpegeln von 70 dB(A) stiegen die Anteile stark an auf 32% tagsüber und 40% nachts. Auch der Anteil derer, die von Lärmexposition durch Straßenverkehr berichtete stieg mit steigenden Pegelkategorien von 38% auf 55% (Heinonen-Guzejev et al. 2000). Die selbst berichtete objektive Lärmexposition ist damit höher als die empfundene Lärmbelastigung.

In einer kanadischen Studie wurde neben Lärmbelastigung, Sozialstatus und alltäglichen Tätigkeiten (z.B. Schlafen, Kommunikation) die Lärmbelastung anhand der Entfernung zur nächsten stark befahrenen Straße in einer Telefonbefragung geschätzt (Michaud et al. 2008). 28% wohnten weniger als 30 Meter entfernt von einer stark befahrenen Straße, davon fühlten sich 18% stark belästigt, 39% wohnten mehr als 500 Meter von der nächsten größeren Straße mit 4% stark Belästigten. Frauen, Personen mit mittlerem Einkommen und mit Partner zusammenlebende fühlten sich stärker durch Lärm belästigt als Männer, Personen mit hohem oder niedrigem Einkommen und nicht mit Partner zusammenlebende.

Van Gerven et al. (2009) fassten internationale Daten zur Belastung und Belästigung durch Verkehrslärm zusammen und errechneten für verschiedene erwachsene Altersgruppen Dosis-Wirkungs-Kurven. Demnach nahm der Anteil der stark Belästigten bis zu einem mittleren Alter um etwa 40 bis 50 Jahren zu und fiel danach relativ stark ab. Bei einem Tag-Nacht-Mittelungspegel von 65 dB(A) fühlten sich etwa 38% der 20-jährigen stark belästigt, 43% der 40-jährigen und etwa 30% der 80-jährigen.

Osada et al.(1997), Fryhi und Klæboe (2006) sowie Kroesen et al. (2008) untersuchten Lärmbelästigung mithilfe von Strukturgleichungsmodellen. Osada et al.(1997) wandten nach einer Faktorenanalyse und einer Clusteranalyse eine Pfadanalyse an, um den Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und verschiedenen Einflussvariablen zu untersuchen. Der stärkste Einflussfaktor auf die Lärmbelästigung war der Mittelungspegel, sowohl direkt, als auch vermittelt über Variablen, die die Störung bei Kommunikation und beim Lesen beschreiben. Lärmbelästigung war wiederum der stärkste Einflussfaktor auf die Zufriedenheit mit der Umwelt. Kroesen et al. (2008) rechneten ein Strukturgleichungsmodell mit Daten zur Lärmbelästigung von Anwohnern des Flughafens Schiphol, Amsterdam. Ziel war, verschiedene nicht-akustische Faktoren die die Lärmbelästigung beeinflussen, mithilfe eines theoretischen Modells, das mit empirischen Daten überprüft wird, zu ermitteln. Lärmempfindlichkeit, Angst vor der Lärmquelle, Alter, persönliche Abhängigkeit von der Lärmquelle und Wohndauer schienen keine Rolle zu spielen. Die stärksten signifikanten Einflussfaktoren auf Lärmbelästigung waren die Sorge um schädliche Auswirkungen des Lärms, die wahrgenommene Störung von Aktivitäten, die wahrgenommene Kontrolle und Coping-Fähigkeiten (Kroesen et al. 2008). Objektive Lärmexposition hatte den geringsten Einfluss auf die Belästigung. Fryhi und Klæboe (2006) untersuchten den Einfluss verschiedenster Faktoren der sozialen Lage auf Lärmbelästigung. Neben dem Lärmpegel war die Lärmempfindlichkeit der größte Einflussfaktor, Einkommen und andere Faktoren der sozialen Lage waren nicht signifikant assoziiert mit Lärmbelästigung. In einer Teilpopulation zeigte sich allerdings, dass Einkommen einen geringen Einfluss auf die objektive Lärmbelastung hatte.

#### **4.2.3 Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen Belastung und Belästigung**

Zum Zusammenhang zwischen objektiver Belastung durch Umweltlärm und subjektiver Lärmbelästigung gibt es bereits seit den 1970er Jahren verschiedene

Studien. Schultz (1978) hat die erste Zusammenfassung der bis dahin erschienenen Studien veröffentlicht. Personen, die der gleichen Lärmexposition ausgesetzt waren, haben ihre Belästigung durch Lärm sehr unterschiedlich angegeben. Anscheinend spielen bei der Beurteilung der Belästigung nicht-akustische Faktoren wie die Einstellung der Person gegenüber der Lärmquelle oder der Nachbarschaft, sowie Ängste eine mindestens genauso große Rolle wie die tatsächliche Lärmexposition, wie auch im Kapitel 2.2 durch das psycho-physiologische Modell bereits erläutert wurde (Guski et al. 1999). Allerdings rücken die nicht-akustischen Faktoren bei sehr hoher Exposition wieder in den Hintergrund. Schultz (1978) kam daher zu dem Schluss, dass Dosis-Wirkungs-Kurven nur für starke Belästigung sinnvoll sind. Diese Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge wurden in den letzten 30 Jahren von Fidell et al. (1991) und vor allem Miedema und Vos (1998, 2003) und Miedema und Ooudshoorn (2001) weiter erforscht und für verschiedene Lärmquellen getrennt berechnet (sogenannte *Miedema-Kurven*). Die Datenbasis ist dabei im Wesentlichen gleich geblieben, damit also mittlerweile zum Teil über 25 Jahre alt (Guski 2002, Giering 2010). Auch die beiden Positionspapiere der Europäischen Kommission, das „*Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance*“ von 2002 und das „*Position paper on dose-effect relationships for night time noise*“ von 2004, sowie die Berechnungen der WHO zur Krankheitslast durch Umweltlärm (WHO 2011) greifen auf diese Studien zurück.

Objektive Belastung und hohe subjektive Belästigung korrelieren: je höher die Belastung desto größer ist der Anteil der hoch Belästigten. Die *Miedema-Kurven* unterscheiden sich sehr stark bezüglich der Lärmquelle. Nach den Schätzungen der Europäischen Kommission (2002) liegt bei 75 dB(A), der oberen Grenze der Kurve, der Anteil der durch Schienenlärm hoch Belästigten bei 23 %, der Anteil der durch Straßenlärm hoch Belästigten bei 37 % und den durch Fluglärm hoch Belästigten bei 49 %.

Die WHO (2011) hat mehrere Studien und die Daten aus den Lärmkarten nach *EU-Umgebungslärmrichtlinie* aus Europa ausgewertet und die Krankheitslast für starke Belästigung durch Umweltlärm als disability adjusted life years (DALYs) berechnet. Laut den Autoren summieren sich die DALYs in den Ballungsgebieten und Großstädten auf über 587.000 Jahre, je nach Gewichtung zwischen 294.000 und 3.524.000 Jahre. Der Straßenverkehrslärm steht dabei mit 487.000 Jahren mit großem Abstand auf dem ersten Platz.

### 4.3 Lärmbelastigung, Stressreaktionen, Verminderung der kognitiven Leistungsfähigkeit bei Kindern

Inwieweit Kinder Umweltlärm wahrnehmen und sich davon belästigt fühlen, ist aktueller Gegenstand verschiedener Studien und wissenschaftlicher Diskussionen (Shield und Dockrell 2004, Babisch 2009). Erwiesen ist, dass Lärm bei Kindern tagsüber und nachts Belästigungs- und Stressreaktionen hervorrufen kann. Stansfeld und Matheson (2003) fassten die möglichen Folgen in einem Review zusammen: Reduktion von Aufmerksamkeit und Konzentration, schlechtere Gedächtnisleistung, verminderte Lesefähigkeit, eingeschränktes Sprachverständnis und reduzierte Schulleistungen. Sie kamen zu dem Schluss, dass auch Kinder chronischen und akuten Lärm als Belästigung empfinden und Stressreaktionen zeigen. Bistrup (2003) und Shield und Dockrell (2004) zogen auch den Schluss, dass Kinder Lärm gut wahrnehmen und einschätzen können und ihn auch meiden. Sie relativierten damit Ergebnisse, dass Kinder eher lärmfreudig seien bzw. auf Lärm weniger starke Reaktionen zeigten (Maschke und Hecht 2000, Babisch 2009). Babisch (2009) fand ebenfalls Belästigungsreaktionen von Kindern auf Umweltlärm, stufte Kinder allerdings nicht als besondere Risikogruppe in Bezug auf Verkehrslärm ein, da sie bei gleicher Exposition deutlich seltener Belästigungsreaktionen als Erwachsene zeigten.

In der *Münchner Flughafenstudie* wurden 115 Kinder der 4. Klasse hinsichtlich Stressreaktionen auf Fluglärm untersucht (Evans et al. 2001). Neben Cortisol im Morgenurin wurde der Blutdruck gemessen. Die Motivation und Leistungsfähigkeit wurde in Tests (Lösen von Zeichen-Puzzles, von denen eines unlösbar war) erhoben. Die Ergebnisse zeigten, dass Kinder mit höherer Lärmbelastung eine signifikante, leichte Erhöhung des systolischen Blutdruck (117,29 mmHg versus 115,32 mmHg) und höhere Cortisol-Konzentrationen (3,86 µg/8h versus 4,87 µg/8h) aufwiesen. Außerdem berichteten sie selbst häufiger von Stresssymptomen, gemessen mit dem Instrument „*Stresserleben und Stressbewältigung im Kindesalter (SSK)*“, und zeigten in Leistungstests häufiger Stressreaktionen wie erhöhten Puls. Hygge et al. (2002) wiesen anhand des gleichen Studienkollektivs nach, dass sich die Leistungen des Langzeitgedächtnisses, das Sprachverstehen und das Lesen bei den Kindern im Umkreis des neuen Flughafens nach dem Umzug des Flughafens verschlechterten. Bei den Kindern, die in der Umgebung des alten Standortes lebten, verbesserten sich Lang- und Kurzzeitgedächtnis und das Lesen.

Diese Ergebnisse wurden von Ising et al. (2004) bestätigt, die in einem Vergleich von Kindern, die stark gegenüber NO<sub>2</sub> und Lärm exponiert waren, gegenüber einer Kontrollgruppe höhere Cortisolwerte im Morgen-Speichel nachwiesen.

Im KUS wurden neben den Befragungen von Eltern und Kindern auch der Blutdruck sowie Cortisol und Katecholamine im Morgenurin gemessen (Babisch 2009). Der systolische Blutdruck der 8-14 jährigen Kinder stieg bei einer Pegelzunahme von 10 dB(A) um 1,0 mmHg, der diastolische Blutdruck stieg um 0,6 mmHg. Auch der Puls stieg um 1,2 Herzschläge pro Minute bei einem 10 dB(A) höheren Schallpegel (Babisch et al. 2009b). Diese Ergebnisse blieben auch nach Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und Körpermaßen stabil. Zwischen dem Verkehrsaufkommen bzw. dem Schallpegel und der Ausschüttung von Noradrenalin und Adrenalin sowie freiem Cortisol und 20 $\alpha$ -Dihydrocortisol (jeweils bezogen auf die Creatininkonzentration) zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge.

Obwohl sich Kinder in manchen Studien (Lundquist et al. 2000, Babisch 2009) weniger stark durch Lärm belästigt zeigten als Erwachsene, beeinflusst Lärm die Leistungsfähigkeit und Konzentration in der Schule. Shield und Dockrell (2004) führten in Londoner Grundschulen Lärmmessungen in Klassenzimmern und außerhalb der Gebäude durch. Dabei wurden Schulen im Westen Londons, die stark durch Fluglärm belastet sind, ausgeschlossen. Je nach Aktivität maßen die Autoren Lärmpegel zwischen 56 und 77 dB(A). Die Lärmpegel in den Klassenzimmern übertrafen den Lärm von außen. In den unteren Klassenstufen wurden höhere Pegel gemessen als in Klassen mit älteren Schülern. Die eigene Wahrnehmung der Schüler zum Lärm wurde ebenfalls erhoben (Dockrell und Shield 2004). Sehr störend für das akustische Verstehen des Lehrers wurde empfunden, wenn andere Kinder draußen spielten oder Sportunterricht hatten. Als häufigste Lärmquelle in der Schule und zu Hause wurde Autoverkehr angegeben.

In einer Studie in Schulen in Schweden wurden Schüler zu Lärmbelästigung und Beeinträchtigung der Arbeit befragt (Lundquist et al. 2000, Lundquist et al. 2003). Die Schüler fühlten sich durch die relativ hohen Messwerte von 58-69 dB(A) bei Aktivität im Klassenzimmer nur wenig gestört. Etwa ein Drittel der Schüler gab jedoch an, dass der Lärm ihre Arbeit beeinflusste. Die am meisten belästigende Quelle waren Gespräche in den Klassenzimmern während des Unterrichts. Schick et al. (1999) berichteten von Lärmpegeln bis zu 75 dB(A) in Klassenzimmern. Solche Pegel können negative Auswirkungen auf die sprachliche Verständlichkeit, Lernmotivation und Schulleistungen haben.

Das RANCH-Projekt untersuchte Lärmbelastung und ihre Auswirkungen auf 9-10-jährige Kinder an Schulen in der Nähe der Flughäfen Barajas (Madrid), Heathrow (London) und Schiphol (Amsterdam) (Stansfeld et al. 2005, Clark et al. 2006, van Kempen et al. 2009). Zwischen 4,0 und 6,5% der Kinder fühlten sich durch Straßenverkehr erheblich belästigt, der Anteil der Belästigten durch Flugverkehr war bei Kindern wie Eltern fast doppelt so hoch (van Kempen et al. 2009). Hohe Fluglärmexposition war assoziiert mit vermindertem Leseverständnis in standardisierten Lesetests (Clark et al. 2006), geringerer Gedächtnisleistung (Children's Memory Scale) (Stansfeld et al. 2005, Matheson et al. 2010) und Lärmbelästigung (Stansfeld et al. 2005, van Kempen et al. 2009) der Schüler. Straßenverkehrslärm war ebenfalls assoziiert mit schlechterer Gedächtnisleistung und starker Belästigung (Clark et al. 2006, Stansfeld et al. 2005), nicht jedoch mit vermindertem Leseverständnis (van Kempen et al. 2009). Ein Bezug auf landesweite Daten machte einen Vergleich mit geringer exponierten Kindern in Großbritannien und den Niederlanden möglich. So hatte ein um 5 dB erhöhter Lärmpegel eine Verzögerung des Leseverständnisses von 2 Monaten bei den 9-10-jährigen Kindern in Großbritannien und einem Monat in den Niederlanden zu Folge. Die Lärmbelastung in der Schule korrelierte mit der Belastung bei den Kindern zu Hause (Clark et al. 2006). Es gab keinen Zusammenhang zwischen der Lärmbelastung zu Hause und dem eingeschränkten Leseverständnis, wenn für die Lärmbelastung in der Schule adjustiert wurde.

Die Ergebnisse der RANCH-Studie bestätigen frühere Ergebnisse von Studien, die in Londoner Schulen durchgeführt wurden (*London Heathrow Airport Study* bzw. *West London School Study*), die ebenfalls einen Zusammenhang von chronischem Fluglärm an Schulen mit Belästigung, wahrgenommenem Stress, schlechterem Leseverständnis und geringerer Aufmerksamkeit feststellten (Haines et al. 2001a, Haines et al. 2001b, Haines et al. 2001c). Haines et al. 2001a fanden keine Zusammenhänge zwischen chronischer Fluglärmexposition und Cortisollevel im Speichel, Angst oder Depressionen (gemessen mit dem *Child Depression Inventory, CDI*). In der *West London School Study*, die gematchte<sup>8</sup> Schulen in hoch bzw. gering belasteten Gebieten verglich, war hohe Fluglärmexposition mit erhöhter Prävalenz von Hyperaktivität assoziiert und zeigte Effekte auf die psychische Gesundheit. Matsui et al. (2004) fanden in der gleichen Studie heraus, dass hohe Lärmpegel zu

---

<sup>8</sup> Schulen mit niedriger Exposition wurden in der statistischen Analyse ähnlichen hoch exponierten Schulen zugeordnet nach den Kriterien: Alter der Schüler, Lärmschutz an der Schule, sozioökonomische Faktoren

Hause bei Schülern aus hoch belasteten Schulen im Zusammenhang mit schlechteren Gedächtnisleistungen stehen.

Kinder scheinen sich an chronische Lärmbelastung gewöhnen zu können. Sukowski et al. (2004) zeigten in einer Lärmstudie im Inntal (Tirol), dass Kinder, die in hoch belasteten Gebieten lebten, sich von Verkehrslärm, der ihnen über Kopfhörer dargeboten wurde, weniger gestört fühlten als Kinder, die in geringer belasteten Gebieten wohnten. Die Autoren stellten jedoch die Frage, ob dieser Gewöhnungseffekt als wünschenswert oder eher bedenklich einzustufen sei.

#### **4.4 Atemwegserkrankungen**

Im europaweiten Survey *LARES* („*Large Analysis and Review of European housing and health Status*“) zum Zusammenhang zwischen Wohnbedingungen, Wohnumfeld und Gesundheit wurden die Auswirkungen von Lärm auf verschiedene Erkrankungsrisiken untersucht (Niemann et al. 2005). Bei Kindern zeigten die Ergebnisse einen Zusammenhang zwischen Belästigung durch Straßenverkehrslärm sowie ärztlich diagnostizierten respiratorischen Symptomen und Bronchitis in den letzten 12 Monaten. Die Odds Ratios für Kinder lagen bei 2,1 bzw. 2,3 und damit höher als bei Erwachsenen (OR 1,8 bzw. 1,7). Dabei ist jedoch anzumerken, dass die Effekte von Lärm und Luftschadstoffen nicht gänzlich getrennt werden können. Da aber auch Nachbarschaftslärm einen signifikanten Effekt auf Bronchitis zu haben schien, gingen die Autoren davon aus, dass durch Lärm verursachter emotionaler Stress ein Auslöser für Bronchitis sein kann. Kinder sind daher als Risikogruppe hinsichtlich einer starken Lärmbelastung anzusehen. Eine Studie von Ising et al. (2004, 2003a) fand ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung und verschiedenen respiratorischen und dermatologischen Erkrankungen. So stieg das relative Risiko für Asthma, chronische Bronchitis und Neurodermitis mit der Verkehrsbelastung. Nächtlicher LKW-Lärm über 53 dB(A) und erhöhte Cortisolwerte waren assoziiert mit der Zahl an Arztbesuchen von Kindern wegen Bronchitis (Ising et al 2003a). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass Kombinationsbelastungen durch Luftschadstoffe und Verkehrslärm zu erhöhter Prävalenz von chronischen Haut- und Atemwegserkrankungen führen. Luftschadstoffe konnten nur einen Teil der Risikoerhöhungen erklären, Lärm schien dazu einen erheblichen Teil dadurch beizutragen, dass die erhöhte Ausschüttung von Stresshormonen die schädlichen Wirkungen von Luftschadstoffen verstärken kann (Ising et al 2003b).

#### 4.5 Schlafstörungen: Studien bei Erwachsenen

Schlafstörungen zählen zu den häufigsten Beschwerden und zu den schädlichsten Gesundheitseffekten von Lärm (Ouis 1999, Griefahn und Spreng 2004, RKI 2005a). Nach Stress wird Lärmbelastung als häufigster Grund für Schlafstörungen angegeben (Kageyama et al. 1997). Je höher der Schallpegel ist, desto häufiger treten Schlafstörungen auf. Die häufigste Lärmquelle in Bezug auf Schlafstörungen ist der Flugverkehr, dann folgen der Straßenverkehr und danach der Schienenverkehr (Miedema und Vos 2007).

Viele Studien unterscheiden nicht zwischen Ein- und Durchschlafstörungen, daher werden diese im Folgenden nicht getrennt betrachtet. Die meisten Studien über den Zusammenhang zwischen Lärm und Schlafstörungen sind bisher Laborexperimente, Feldstudien und epidemiologische Studien mit Erwachsenen. Diese sind im Folgenden kurz dargestellt.

Grundsätzlich gibt es drei Ansätze, Lärmwirkungen auf den Schlaf experimentell zu erforschen: Über polysomnographische Messungen (z.B. Elektroenzephalogramm, Augenbewegungen und Muskelspannung), über die Messung der Stresshormonausschüttung sowie über Aufwachreaktionen und Körperbewegungen während des Schlafs (Griefahn und Spreng 2004).

Öhrström (1995, 2000, 2004) untersuchte in mehreren Labor- und Feldstudien die Auswirkungen von Schallpegel und Anzahl von Lärmereignissen auf Schlafqualität, Schlafprobleme und physiologische Parameter. Dabei zeigte sich in Laborexperimenten, dass intermittierender Lärm, also Lärmspitzen mit bis zu 80 dB(A), wie sie durch Flugzeuge oder anfahrende PKW oder LKW verursacht werden, häufiger zu Schlafstörungen führen als kontinuierlicher Lärm. Einschlafzeiten verschoben sich und die Anzahl der Körperbewegungen nahm zu, die Tagesmüdigkeit stieg und Testergebnisse zu Wachsamkeit fielen schlechter aus bei Exposition durch kontinuierliche höhere Lärmpegel. Entscheidend dabei war der quantitative Unterschied zwischen ständigem Hintergrundlärm und Lärmspitzen. In Laborexperimenten mit Mittelungspegeln von 34,5 dB(A) und Lärmspitzen von maximal 60 dB(A) zeigten die Probanden nach 2 Wochen weniger Aufwachreaktionen, jedoch blieben physiologische Kenngrößen wie Pulsfrequenz oder Anzahl der Körperbewegungen im Schlaf gleich. Eine Habituation schien also im physiologischen Bereich nicht stattzufinden. Die Anzahl der Lärmereignisse hatte einen bedeutenden Einfluss auf die Schlafqualität. Einschlafschwierigkeiten standen

eher im Zusammenhang mit der Anzahl der Ereignisse als mit dem Lärmpegel. Aufwachreaktionen zeigten sich bei beiden Messgrößen gleich häufig. Die subjektive Schlafqualität sank dagegen bei 45 dB(A) bei 32 Lärmereignissen, bei 60 dB(A) bereits bei 16 Ereignissen (Öhrström 1995, 2000).

Basner et al. (2006) untersuchten im Labor und in Feldstudien Auswirkungen von nächtlichem Fluglärm auf den Schlaf von Erwachsenen. Ziel der Feldstudien war, einen Lärmschutzplan für die Erweiterung des Flughafens Leipzig-Halle zu erarbeiten. Der Hintergrundpegel war 27,1 dB(A) im Schlafzimmer, der höchste Lärmpegel lag bei 73,2 dB(A). Die Wahrscheinlichkeit, dass sich Änderungen in den Schlafstadien bis hin zu Aufwachreaktionen zeigten, stieg mit dem Lärmpegel. Auch die Zeit bis zum Wiedereinschlafen verlängerte sich mit steigendem Lärmpegel. Der ermittelte Schwellenwert für das Aufwachen lag bei 33 dB(A). Die Autoren berechneten Lärmschutzzonen aus den Dosis-Wirkungs-Beziehungen auf der Basis von Lärmmessungen und Annahmen über Lärmwirkungen. Daher beinhaltet das Lärmschutzkonzept drei Kriterien: (1) im Durchschnitt sollte durch Fluglärm weniger als eine zusätzliche Aufwachreaktion auftreten. (2) Aufwachreaktionen, an die sich die Person am nächsten Morgen erinnern kann, sollten soweit wie möglich vermieden werden und (3) es sollten keine (Wieder-) Einschlafstörungen auftreten.

Schapkin et al. (2006) untersuchten 20 Erwachsene im Labor auf Schlafqualität und kognitive Leistungsfähigkeit (anhand von Go/No-go Assoziations-Tests) nach Exposition durch nächtlichen Fluglärm. Bei Personen, die nach eigenen Angaben Schlafstörungen während des Untersuchungszeitraumes hatten, verschlechterte sich die Schlafqualität bei steigenden Lärmpegeln. Die Autoren fanden jedoch keine Effekte von Lärmexposition oder Schlafqualität auf die kognitive Leistungsfähigkeit.

In Feldstudien, die Öhrström (2000) durchführte, waren die Ergebnisse nicht so eindeutig. Probanden in einer lauten Region mit einer Belastung von 72 dB(A) hatten größere Schwierigkeiten einzuschlafen, klagten häufiger über Tagesmüdigkeit, geringeres physiologisches und mentales Wohlbefinden und schlechte Schlafqualität als Bewohner der leiseren Kontrollregion mit einer Belastung von unter 50 dB(A). Eine andere Feldstudie zeigte keine Zusammenhänge zwischen Lärmpegel und Anzahl der Ereignisse und Schlafqualität, jedoch nahmen die Bewohner mit dem Schlafzimmerfenster zur Straße hin ihre Schlafqualität als geringer wahr, als Personen mit Schlafzimmerfenster abseits von einer Straße (Öhrström 2000).

Maschke et al. (2002) beobachteten 16 Personen, die in der Nähe des Flughafens Hamburg lebten, und simulierten über 40 Nächte Nachtfluglärm, da es keine

Nachtflüge am Flughafen Hamburg gibt. Nach 32 Lärmereignissen mit Pegeln von 65 dB(A) während der Nacht wurden Cortisolwerte im Morgenurin ermittelt. Über die Hälfte der Versuchspersonen gewöhnten sich während der Untersuchungszeit nicht an den Nachtlärm. Weiterhin fanden die Autoren geschlechtsspezifische Unterschiede: bei Frauen waren die Schwankungen in der Cortisolausscheidung weniger ausgeprägt als bei Männern. Die Autoren folgerten daraus, dass auch die Habituation geschlechtsspezifisch ist und von weiteren individuellen Merkmalen abhängt. Allerdings fanden sie auch Unterschiede innerhalb der Gruppen, so dass sich drei Typen der Adaptation ergeben: bei einigen Probanden stieg die Hormonausschüttung im Erhebungszeitraum von zwei Wochen an (meistens Männer) bei einigen sank sie und bei einigen blieb sie im Wesentlichen gleich (meistens Frauen). Die Unterschiede zwischen den Geschlechtern ließen sich dadurch erklären. Allerdings ist anzumerken, dass die Probandenzahl mit 16 Personen sehr klein war und damit auch Verzerrungen und zufällige Unterschiede bestehen könnten.

Der Vergleich von Feldstudien und Laborexperimenten in diesem Kapitel zeigt, dass Aufwachreaktionen häufiger in Laborumgebung vorkommen. Die Schlafqualität insgesamt scheint sich nicht so stark zu unterscheiden. Gründe dafür können sein, dass Lärm in Feldstudien weniger kontrolliert werden kann als in Schlaflaboruntersuchungen. Möglich ist auch, dass die ungewohnte Umgebung eines Labors die Ergebnisse beeinflusst. Als wahrscheinlichste Ursache für die Unterschiede bei Aufwachreaktionen ist, dass sich Personen mental an den Lärm gewöhnen können, so dass es zu weniger Aufwachreaktionen kommt (Fidell et al. 2000, Michaud et al. 2007). Es wird aber auch darauf hingewiesen, dass sich physiologische Parameter sowie Schlaftiefe nicht anpassen und dadurch Studien, die allein den Zusammenhang zwischen Lärm und Aufwachreaktionen untersuchen, ohne weitere Parameter zu berücksichtigen, zu kurz greifen (Michaud et al. 2007).

Epidemiologische Studien mit größerer Probandenzahl erheben Schlafqualität und Schlafstörungen durch Befragungen, wie z.B. in der LEE-Studie (Radon et al. 2007). Dabei zeigte sich bei Erwachsenen ein etwa dreifach erhöhtes Risiko für Schlafprobleme bei hoher subjektiver Lärmbelastigung und objektiver Schallpegelbelastung, sowie eine hohe Lärmsensitivität im Schlaf. Bei Frauen schien die Lärmsensitivität und die subjektive Belästigung eine größere Rolle zu spielen als bei Männern. Eine Erklärung fand sich in den Daten dazu nicht. Kinder und Jugendliche schienen keine Schlafprobleme im Zusammenhang mit Lärm zu haben (Radon et al.

2007).

In einem kanadischen Survey berichteten 14% aller Befragten, 27% derer, die nahe an einer stark befahrenen Straße wohnten und 70% derer, die eine starke Lärmbelastigung angaben, über Schlafschwierigkeiten (Michaud et al. 2008). Die subjektive Einschätzung der Belästigung schien also stärker auf Schlafstörungen zu wirken als eine objektive Angabe wie die Entfernung zur Straße.

Brink (2011) fand in Daten der Lärmkarten der Schweiz und des Schweizerischen Haushaltspanels eine höhere Prävalenz von selbst berichteten Schlafstörungen bei höheren Lärmpegeln durch Straßenverkehr. Keine Zusammenhänge gab es mit Lärm durch Schienenverkehr.

Franssen et al. (2004) stellten in einer Studie im Gebiet um den Amsterdamer Flughafen Schiphol fest, dass sich nicht nur die subjektive Gesundheit und die Schlafqualität mit steigendem Lärmpegel verschlechterten, sondern dass auch die Einnahme von Medikamenten wegen kardiovaskulärer Erkrankungen (ärztlich verordnet) und Schlafstörungen (sowohl ärztlich verordnet als auch Selbst-Medikation) stieg. Die Art der Medikamente war in der Publikation nicht näher benannt. Pro 10 dB(A) Steigerung des Mittelungspegels nahm die Einnahme von nicht ärztlich verordneten Schlaf- und Beruhigungsmitteln um über das doppelte zu (OR 2,34, CI 1,63-3,35).

Nach den *Night Noise Guidelines der WHO* (2009) können bereits bei Außenpegeln ab 40 dB(A) negative bis potentiell schädliche Auswirkungen wie z.B. Schlafstörungen und Aufwachreaktionen beobachtet werden. Ab Pegeln von 55 dB(A) werden häufigere adverse gesundheitliche Auswirkungen beobachtet und das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen steigt. Nach Berechnungen der WHO (2011) auf der Basis der Lärmkarten nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie summieren sich die DALYs aufgrund von Schlafstörungen auf 903.000 Jahre (Range je nach Gewichtung: 0,52-1,29 Millionen Jahre) in den Ballungsgebieten und Großstädten der EU. Wie auch im Fall der Belästigung ist auch bei den Schlafstörungen der Straßenverkehr mit etwa 800.000 Jahren die dominierende Lärmquelle (WHO 2011).

#### **4.6 Schlafstörungen: Studien bei Kindern**

Die Prävalenz von Schlafstörungen im Kindesalter ist generell hoch und variiert mit dem Alter (Owens und Witmans 2004, Spruyt et al. 2005). Schätzungsweise haben

etwa ein Viertel aller Menschen in ihrer Kindheit elterlich berichtete Schlafprobleme oder -störungen (Kahn et al. 2004, Owens und Witmans 2004). Die Probleme reichen von Einschlafproblemen und nächtlichem Aufwachen bis hin zu schwerwiegenderen Problemen wie Schlaf-Apnoe. Schlafstörungen von Kindern gehören zudem zu den häufigsten Beschwerden, die von Eltern bei Kinderärzten geäußert werden (Owens und Witmans 2004). Kurzfristig können Schlafstörungen zu Einschränkungen der Konzentration und der kognitiven Leistungsfähigkeit führen und emotionalen Stress und Tagesmüdigkeit verursachen (Dahl 1996, Aronen et al. 2000). Chronische Schlafstörungen bei Kindern hängen oft mit verschiedenen intrinsischen und extrinsischen Faktoren wie Verhalten, chronische Krankheiten, Stress und Belästigung durch Lärm zusammen (Owens und Witmans 2004).

Wolke et al. (1994) untersuchten in einer Kohortenstudie Ein- und Durchschlafprobleme bei einer repräsentativen Stichprobe von Kindern im Vorschulalter in Bayern. Im durchschnittlichen Kindesalter von 56 Monaten berichteten 13% der Eltern von Durchschlafstörungen (das Kind wacht mindestens einmal pro Nacht auf). 5% der Eltern berichteten, dass ihr Kind mindestens 30 Minuten zum Einschlafen braucht. Diese Studie berücksichtigte jedoch nicht Lärmexposition. Eine belgische Studie belegte ebenfalls, dass Schlafprobleme und Tagesmüdigkeit bei Schulkindern häufig vorkommen (Spruyt et al. 2005). Etwa 30% der befragten Eltern gaben an, dass ihr Kind in den letzten 6 Monaten Schwierigkeiten beim Ein- oder Durchschlafen hatte.

Über Schlafstörungen von Kindern im Zusammenhang mit Lärm gibt es bisher nur einzelne Studien (Bruni et al. 2004). Ising und Ising (2002) haben in einer Pilotstudie in Barbis im Harz untersucht, wie sich die Erhöhung der Belastung durch tieffrequenten LKW-Lärm auf den Schlaf und die Stresshormonausscheidung bei Kindern auswirkt. Seit der Wiedervereinigung 1990 verläuft durch den Ort eine Bundesstraße, die die Industrieregionen Hannover und Halle-Bitterfeld verbindet und daher mit LKW-Lärm hoch belastet ist. In der Studie wurden von 28 hoch und 28 niedrig exponierten Kindern 2 Urinproben gewonnen, einmal um ein Uhr früh und am nächsten Morgen nach dem Aufwachen. Zudem wurden Lärmpegel an der Straße und im Kinderzimmer gemessen. Um auch die Auswirkungen von tieffrequentem Lärm von unter 100 Hertz mit einzubeziehen, wurden die Lärmmessungen in den Zimmern mit Frequenzbewertungen A und C durchgeführt. Eltern und Kinder wurden zu Schlafqualität, Lärmerleben, Stress und Leistungsfähigkeit befragt. Der mittlere Lärmpegel lag im Zimmer der exponierten Kinder zwischen 26 und 53

dB(A) bzw. 55-78 dB(C) und in der Kontrollgruppe bei 20 bis 43 dB(A) bzw. 30-54 dB(C). Drei Viertel der hoch exponierten Kinder schlief immer bei geschlossenen Fenstern, im Gegensatz zu einem Viertel in der Kontrollgruppe. Die belasteten Wohnungen waren in der Regel mit Lärmschutzfenstern ausgestattet. Trotz dieser Maßnahmen war der LKW-Lärm im Kinderzimmer deutlich hörbar. Die exponierten Kinder wiesen signifikant höhere Kortisonwerte in der ersten Hälfte der Nacht auf als die Kontrollgruppe, sie klagten auch häufiger über Schlaf- und Konzentrationsprobleme. Die Autoren schlossen aus ihrer Studie, dass die Art des Lärms und der Lärmquelle mit entscheidend ist für das Lärmerleben und die Lärmwirkungen und dass Messungen von tieffrequentem LKW-Lärm durch dB(A) Messungen unterschätzt werden. Die Empfehlungen der WHO, den Maximalpegel auf höchstens 45 dB(A) zu begrenzen, schützen also nicht gegen nächtliches Aufwachen durch tieffrequenten LKW-Lärm (WHO 2000).

Die *Kölner Kinderschlafstudie* erfasste Informationen zu Schlafgewohnheiten und Tagesbefinden von 6629 Schulanfängern des Jahres 2002 in Köln über eine Elternbefragung (Kraenz et al. 2004, Wiater et al. 2004, Fricke-Oerkermann et al. 2007, Schredl et al. 2009). Von Einschlafproblemen ihrer Kinder berichteten 10% der Eltern, 8% von Durchschlafproblemen. 23% der Kinder wachten nachts regelmäßig auf und 12% schliefen unruhig. Die Kinder selbst berichteten sehr viel häufiger von Schlafstörungen (Fricke-Oerkermann et al. 2007, Schredl et al. 2009). Unter den Risikofaktoren für Schlafschwierigkeiten fanden sich familiärer Stress, chronische Erkrankungen und an dritter Stelle Licht- und Lärmbelastigungen im Kinderzimmer. Insgesamt berichteten 5% der Eltern von Lärmbelastigungen im Kinderzimmer. Das Odds Ratio in Bezug auf Lärm lag für Einschlafprobleme bei 2,04 (KI 1,50-2,76), für Durchschlafprobleme bei 1,85 (1,32-2,60) und für Tagesmüdigkeit bei 3,00 (2,12-4,53) (Kraenz et al. 2004). In einer Unterstichprobe wurden Eltern per Telefon detaillierter zu Lärmbelastigungen befragt. Die häufigste Lärmquelle war Straßenverkehr mit 66%, 10% fühlten sich durch den Lärm sehr stark belästigt. Schienenverkehrslärm war die zweithäufigste Verkehrslärmquelle, 22% fühlten sich dadurch sehr stark gestört. Fluglärm wurde von 12% als Lärmquelle angegeben, von denen 13% sich dadurch sehr stark belästigt fühlten.

Im KUS zeigte der kurzzeitig gemessene Schallpegel am Kinderschlafzimmerfenster keinen signifikanten Zusammenhang mit selbst berichteten Ein- und Durchschlafstörungen von Kindern im Alter 11-14 Jahre, aber einen Trend hin zu vermehrten Schlafschwierigkeiten mit steigendem Pegel (Babisch 2009). Einen

Zusammenhang gab es auch nicht mit dem Verkehrsaufkommen an der Wohnadresse.

Lärm hat auf schlafende Personen einen anderen Einfluss als auf aktive. Die Lärmpegel, die für eine Erhöhung der Stresshormonausscheidung nötig sind, sind im Schlaf niedriger als im Wachzustand. Ohrström (2000) postuliert daher, dass Schlafqualität als Kriterium für Richtwerte für den Nachtlärm gelten sollte, wie auch Belästigung als Kriterium für den Tageslärm herangezogen wird. Indikatoren könnten sein: die Zeit bis zum Einschlafen, Effekte des Lärms während des Schlafs (z.B. physiologische Parameter), Aufwachreaktionen, subjektive Schlafqualität und spätere Effekte wie Tagesmüdigkeit, Stimmung und Leistungsfähigkeit. Die subjektive Beurteilung der Lärmbelastung und deren Auswirkungen auf den Schlaf werden als bedeutsam beurteilt, da das Wohlbefinden entscheidend von individuellen Merkmalen der Person abhängt und diese den Zusammenhang zwischen Exposition und Effekt beeinflussen (Job 1996, Ortscheid und Wende 2000, Griefahn und Spreng 2004).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Schlafstörungen durch Umweltlärm bei Kindern bisher kaum untersucht wurden. Die Vermutung, dass Kinder sich durch Lärm während des Schlafs weniger gestört fühlen als Erwachsene, kann durch die bisherigen Studien nicht belegt werden (Wolke et al. 1994, Kahn et al. 2004, Wiater et al. 2004). Die Ergebnisse der Kölner Kinderschlafstudie zeigen, dass Lärmbelästigung einen signifikanten Risikofaktor für Schlafstörungen darstellt (Kraenz et al. 2004).

## 5 Material und Methoden

### 5.1 Systematischer Literaturreview

Um einen systematischen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zum Dissertationsthema zu erhalten, wurde eine Literatursuche mit festgelegten Suchstrategien durchgeführt. Es wurden Studien und Reviews zu folgenden Themen einbezogen werden: Prävalenz von Umweltlärmbelastung, Belästigung durch Lärm bei Kindern und deren Folgen wie Beeinträchtigung von Konzentration, Gedächtnis und schulischer Leistungen und Schlafstörungen bei Kindern aufgrund von Umweltlärm. Da zu letzterem bislang nur sehr wenige Studien durchgeführt wurden, wurden auch Studien zu Schlafstörungen bei Erwachsenen einbezogen.

Die Suche wurde am 28.02.2007 in *Medline* (DIMDI) durchgeführt mit folgenden Suchstrategien:

- child\* AND noise AND sleep
- child\* AND noise AND environment\*
- noise AND sleep

Als Filter wurden eingestellt:

- Sprache: Englisch, Deutsch
- Zeitraum: 1992-2007
- Art der Artikel: Review, Originalstudien, Case Studies

Anhand von Titel und Abstract wurden die Artikel bewertet. Studien und Reviews, die sich mit Freizeitlärm (z.B. Musikhören), Lärm auf (neonatalen) Intensivstationen, Schlafstörungen von Säuglingen und mit Gehörschädigungen durch Lärm beschäftigten, wurden ausgeschlossen. Einige der erhaltenen Reviews waren sehr allgemein gehalten und stellten weniger Ergebnisse von empirischen Studien dar, als eine allgemeine Erklärung des Zusammenhangs zwischen Umweltlärm und extraauralen Effekten. Diese Beiträge werden im Kapitel theoretische Hintergründe berücksichtigt.

Folgende Tabelle 3 zeigt die Anzahl der erhaltenen Treffer, die thematisch geeigneten Artikel und die Anzahl der für diesen Review ausgewählten Studien.

Tabelle 3: Ergebnis der systematischen Literatursuche

	Erhaltene Treffer	Thematisch geeignet
child* AND noise AND sleep	43	20
child* AND noise AND environment*	172	47
noise AND sleep	469	78

Nach Abzug der Duplikate blieben insgesamt 32 Studien und Reviews.

Zusätzlich zu diesen aus der systematischen Suche erzielten Treffern wurden auch weitere Artikel aus Referenzlisten der gelesenen Beiträge und sonstige, die nicht mit der systematischen Literatursuche identifiziert wurden, mit in den Review eingeschlossen. Außerdem wurde die Zeitschrift für Lärmbekämpfung, die nicht in Medline gelistet ist, per Hand auf geeignete Beiträge durchsucht. 36 Artikel wurden so eingeschlossen. Im Januar 2010 und April 2011 wurde die Literaturliste durch eine erneute Suche aktualisiert. Da bereits in der ersten Datenbanksuche viele Artikel nicht durch die systematische Suche gefunden wurden, sondern durch die Sichtung von Referenzlisten und da neue deutsche Studien wie die Auswertungen der KUS-Daten und die LEE-Studie außer in Berichten zum Teil noch nicht publiziert worden sind, konzentrierte sich die Aktualisierung der Literaturliste auf die nicht-systematische Suche außerhalb von Literaturdatenbanken.

## 5.2 Gesundheits-Monitoring-Einheiten

### 5.2.1 Allgemeines zum Projekt

Die Daten der vorliegenden Studie wurden im Rahmen der *Gesundheits-Monitoring-Einheiten Bayern (GME)* erhoben (Bolte et al. 2007). Die GME wurden im Sommer 2004 etabliert und sind an fünf ausgewählten Gesundheitsämtern in Bayern angegliedert. Kriterien für die Auswahl der Gesundheitsämter waren die Abbildung der verschiedenen Regionen Bayerns, die Verteilung nach Stadt und Land und die Bereitschaft der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Gesundheitsämter zur Teilnahme. Es wurden die Gesundheitsämter ausgewählt, deren Leitung und Mitarbeiterinnen bereit waren, die geplanten Erhebungen mit einem zusätzlichen Arbeitsaufwand und unentgeltlich durchzuführen. Daher sind vor allem sehr engagierte Gesundheitsämter, die bereits viel Eigenleistung zusätzlich zu den normalen Amtsaufgaben durchführen, als GME-Region aufgenommen worden.

GME-Gebiete sind die Landkreise Bamberg, Günzburg und Schwandorf, sowie die kreisfreien Städte Bamberg, Ingolstadt und München (Abbildung 5).

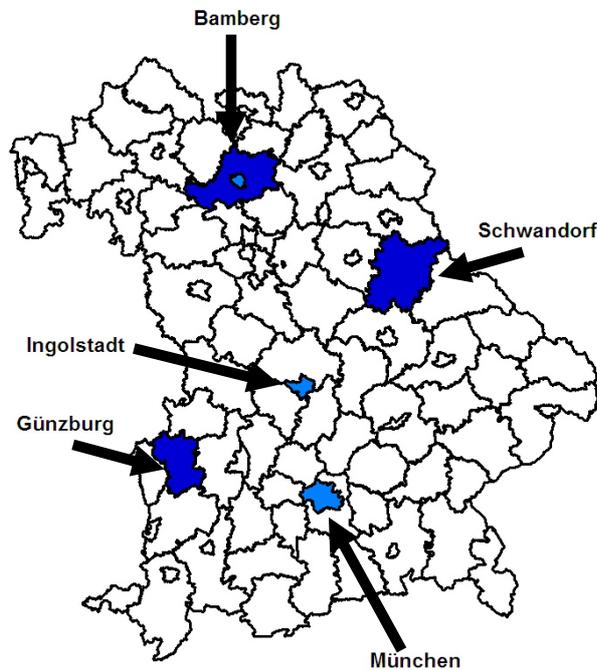


Abbildung 5: Gesundheits-Monitoring-Einheiten (GME) in Bayern

Die Koordination des Projekts ist am *Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)* im Sachbereich Arbeits- und Umweltepidemiologie mit Unterstützung des Sachgebiets Gesundheitsförderung/Prävention angegliedert. Externe Kooperationspartner wie das Institut für soziale Pädiatrie und Jugendmedizin der *Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)* sind an der Entwicklung der Erhebungsinstrumente und an der Datenauswertung beteiligt. Das Projekt wird unterstützt vom *Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit*.

Der Schwerpunkt des Projekts liegt auf dem Themenkomplex Umwelt und Gesundheit von Kindern. Die eingesetzten Fragebögen haben einen modularen Aufbau mit wechselnden Themen, damit die unterschiedlichen Forschungsinteressen der Kooperationspartner berücksichtigt werden können. Die Module im dritten Survey 2006-2007, aus dem die Daten für die Dissertation stammen, waren Sehstörungen und Versorgungsqualität, psychomotorische Entwicklung des Kindes, Schlafverhalten, Lebenssituation und Wohnumfeld einschließlich Umweltlärm sowie Ernährung des Kindes (Anhang 1).

### 5.2.2 Datenerhebung

Die Daten für die Dissertation wurden im Rahmen des 3. GME-Surveys bei den Schuleingangsuntersuchungen (SEU) mittels einer schriftlichen Befragung der Eltern von Kindern, die zur SEU eingeladen sind, erhoben. Die Datenerhebung fand zwischen September 2006 und Juli 2007 statt. In den Landkreisen und Städten Bamberg, Günzburg, Ingolstadt und Schwandorf wurden alle Eltern, deren Kinder zur SEU eingeladen wurden, gebeten, an der Befragung teilzunehmen. Damit ist die Studie als Vollerhebung aller Einschulkinder in den entsprechenden Regionen angelegt. In München wurden a priori 19 Schulen aus 14 Stadtgebieten ausgewählt, die einen repräsentativen Querschnitt durch alle sozialen Lagen darstellen. In den Landkreisen und Städten Bamberg, Günzburg, Ingolstadt und Schwandorf bekamen die Eltern den Fragebogen über die Kindergärten und brachten ihn ausgefüllt zur SEU mit. Der ausgefüllte Fragebogen und die Einverständniserklärung wurden von den Mitarbeiterinnen der Gesundheitsämter eingesammelt. Den Eltern der Münchner Einschulkinder wurde der Fragebogen zusammen mit der Einladung zur SEU nach Hause geschickt. Die Eltern gaben ihn dann bei der Untersuchung ab oder schickten ihn in Einzelfällen selbst mit einem Freiumschlag direkt an das LGL. Die Fragebogendaten, in Papierform und elektronisch, wurden am LGL aufbewahrt, die Einverständniserklärungen für die Befragung verblieben bei den jeweiligen Gesundheitsämtern.

Von allen teilnehmenden Eltern lagen schriftliche Einverständniserklärungen zur Teilnahme an der Befragung vor (Anhang 2). In den meisten Fällen lag auch das Einverständnis der Eltern vor, die Untersuchungsdaten der SEU mit den Fragebogendaten zu verknüpfen und mit in der Auswertung zu berücksichtigen. Da zu Beginn der Datenauswertungen für die vorliegende Dissertation diese SEU-Daten noch nicht vorlagen, konnten die Datensätze für diese Auswertungen noch nicht verknüpft werden.

### 5.2.3 Fragebogen

Der Elternfragebogen „*Entwicklung und Gesundheit von Kindern in Bayern*“ hatte einen modularen Aufbau (Anhang 1). Auf den ersten beiden Seiten folgten nach dem Titelblatt das Anschreiben an die Eltern und die Anleitung zum Ausfüllen des Fragebogens. Die ersten beiden Fragenkomplexe beschäftigten sich mit allgemeinen Angaben zum Kind (Soziodemographie, Anthropometrie) und mit dem Gesundheitszustand des Kindes (insbesondere Asthma und Allergien). Danach folgten Fragen

zum Sehvermögen des Kindes und zur Inanspruchnahme augenärztlicher Leistungen. Der erste Fragenblock, der für die Dissertation relevant war, waren die Fragen zu Schlafverhalten und Schlafstörungen. Darauf folgten Fragen zur psychomotorischen Entwicklung des Kindes. Der anschließende Block befasste sich mit dem Lebens- und dem Wohnumfeld des Kindes und beinhaltete die Fragen zum Lärm in der Wohnumgebung. Nach einem Fragenblock zur Ernährung des Kindes schloss der Fragebogen mit den soziodemographischen und –ökonomischen Angaben der Eltern ab. Das letzte Blatt des Fragebogens wurde von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Gesundheitsamts ausgefüllt und enthielt die laufende Identifikationsnummer, die Sprengel- bzw. Kindergartenummer und das Datum der Untersuchung. Außerdem wurden Größe und Gewicht des Kindes sowie die Ergebnisse des Motorikscreenings darauf vermerkt. Die laufende Nummer sollte die Daten des Fragebogens mit den Ergebnissen der SEU verknüpfen.

Der Fragebogen bestand insgesamt aus 91 Fragen, die fast ausschließlich geschlossen gestellt werden, nur bei Zahlenangaben (wie z.B. Geburtsgewicht des Kindes, Größe der Wohnung) waren Klartextangaben erforderlich, wie auch bei der Angabe der Staatsangehörigkeit des Kindes.

Im Folgenden werden die 35 Fragen des Elternfragebogens, die für die Dissertation relevant sind, und die Operationalisierung der Variablen genauer erläutert. Die Fragenkomplexe zu Lärmbelästigung, Schlafverhalten des Kindes und zur sozialen Lage entstammten zumeist validierten Fragebögen von epidemiologischen Studien wie dem *Kinder-Umwelt-Survey (KUS)* (UBA und RKI 2003a, 2003b), dem Umweltsurvey 1998 (UBA und RKI 1998a, 1998b), dem *Sozioökonomischen Panel (SOEP)* (Infratest Sozialforschung 2003) und der *Kölner Kinderschlafstudie (Kraenz et al. 2004)*.

### **Lärmbelästigung**

Die Frage 63 im Fragebogen „*Wie sehr fühlen Sie sich in Ihrer Wohngegend durch folgende Umwelteinflüsse beeinträchtigt?*“ (durch Lärmbelästigung, Luftverschmutzung und fehlende Grünanlagen) wurde aus dem SOEP-Modul zum Wohnumfeld übernommen, das 1999 Teil der Erhebung war. Für die folgenden Datenanalysen waren allerdings nur noch die detaillierteren Fragen 71 und 72 zu einzelnen Lärmquellen tagsüber und nachts relevant, die aus dem *Kinder-Umwelt-Survey (KUS)* des UBA und des RKI stammen (UBA und RKI 2003a, 2003b). Die Fragen orientieren sich an der international standardisierten Frage der *ICBEN-Kommission*

(*International Commission on Biological Effects of Noise*) (Fields et al 2001). Zwei Items der ursprünglichen Frage wurden nicht in den vorliegenden Fragebogen übernommen: „Lärm durch Naturgeräusche (z.B. Bach, Vögel)“ und „Lärm durch Geräusche in der Hausinstallation (z.B. Wasser-/Heizungsrohre)“. „Lärm durch Sport- und Freizeitanlagen“ wurde in den Fragebogen neu eingefügt. Daher wurden neun verschiedene Lärmquellen unterschieden:

- Straßenverkehr
- Schienenverkehr
- Flugverkehr
- Industrie/Gewerbe
- Bauarbeiten
- Gaststätten/ Diskotheken
- Sport- und Freizeitanlagen
- Kinderspielplätze
- Nachbarn

Die Lärmbelästigung wurde für tagsüber und nachts getrennt erhoben. Wie bei der einfachen Lärmfrage 63 wurde eine verbal unterlegte 5er Skala gewählt („überhaupt nicht gestört oder belästigt“ bis „äußerst stark gestört oder belästigt“), aber mit der zusätzlichen Antwortmöglichkeit „Quelle nicht vorhanden“.

Die Variablen zur Lärmbelästigung durch verschiedene Lärmquellen (Fragen 71 und 72) wurden für die weitere statistische Analyse neu kategorisiert und dichotomisiert. Die Antwortmöglichkeiten „überhaupt nicht“ und „etwas gestört“ sowie „Quelle nicht vorhanden“ wurden in die Kategorie nicht belästigt zusammengefasst. In diese Kategorie fielen auch fehlende Werte, da davon auszugehen ist, dass Personen, die diese Fragen nicht beantwortet haben, nicht durch Lärm belästigt sind. In die Kategorie belästigt fielen die Antwortmöglichkeiten „mittelmäßig“, „stark“ und „äußerst stark“ belästigt. Zusätzlich wurden die Items fünf und sechs der Frage 37 zu Lärm – bzw. Lichtbelästigungen im Kinderschlafzimmer als Einflussfaktoren in die Analysen miteinbezogen.

Für die Berechnung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen wurde starke Belästigung kodiert als „stark“ und „äußerst stark“ belästigt.

### **Wohnumfeld und Wohnsituation**

Die Fragen zum Wohnumfeld entstammten dem *Umweltsurvey* 1998 (UBA und RKI 1998a, 1998b) sowie dem KUS 2003/06 (UBA und RKI 2003a, 2003b) und waren

bereits in den ersten beiden GME-Surveys enthalten. Die Fragen 65 und 66 nach „häufigem LKW-Verkehr“ und „Stau auf der Straße vor dem Haus“ stammten aus Fragebögen des Umweltsurveys. Die Fragen 61, 62 und 64 zu „Haustyp“, „Wohngegend“ und „Straßentyp“ stammten aus dem KUS. Daneben wurde auch nach der Größe der Wohnung, der Anzahl der Zimmer und dem Bezugsjahr gefragt. *Crowding* wurde definiert, wenn durchschnittlich weniger als 20 m<sup>2</sup> Wohnfläche oder weniger als ein Raum pro Person vorhanden waren. Weitere Faktoren der Wohnbedingungen, die in die Datenanalyse gingen, waren „Wohnen an einer Hauptstraße“ (Frage 64), „häufiger LKW-Verkehr“ bzw. „Stau in der Wohnstraße“ (Ausprägungen „öfter am Tag“ und „fast den ganzen Tag“ zusammengefasst).

Um mögliche Einflussvariablen auf das Lärmempfinden und die Lärmbelastigung im Kinderzimmer zu erfassen, wurden die Eltern um weitere Angaben zur Ausrichtung des Kinderzimmers und zur Ausstattung der Wohnung gebeten. Frage 68 (Lage des Kinderschlafzimmers im Haus) wurde fast wörtlich aus dem KUS übernommen. Frage 69 (Lüftungsverhalten im Kinderzimmer) stammt ebenfalls aus dem *Umwelt-survey* 1998, jedoch wird zwischen Sommer und Winter unterschieden (in der Ursprungsfrage gibt es nur eine Antwortmöglichkeit „temperaturabhängig“). Das Lüftungsverhalten im Kinderschlafzimmer wurde wie folgt aus Frage 69 gebildet: „lüften“ hieß, dass im Sommer und / oder im Winter die Fenster geöffnet oder gekippt wurden. Die Frage 70 nach Lärmschutzfenstern im Haus wurde einem Fragebogen des Instituts für Soziologie der LMU zum Thema „*Umwelt und Gesundheit*“ entnommen.

Die Unterschiede zwischen Stadt und Land wurden in die Analysen mit einbezogen. Dazu wurden die GME-Regionen München und Ingolstadt als „Stadt“ zusammengefasst, da in den beiden Regionen keine ländlichen Gebiete eingeschlossen waren. Die Regionen Bamberg, Günzburg und Schwandorf wurden als „Land“ zusammengefasst, da die drei Landkreise relativ große ländliche Flächen haben. Grundsätzlich ist es möglich, die Eltern aus der kreisfreien Stadt Bamberg und dem Landkreis Bamberg anhand der Kindergartennummer zuzuordnen und damit die Unterscheidung in Stadt und Land detaillierter zu realisieren. Allerdings konnte ein großer Teil der Fragebögen aus dem Gesundheitsamt Bamberg nicht zur Schuleingangsuntersuchung zugeordnet werden, da die Fragebögen nicht einzeln abgegeben wurden. Die Zuordnung zu Stadt oder Landkreis war damit nicht mehr möglich.

## Schlaf

Die Fragen zum Schlafverhalten entstammten zum größten Teil der *Kölner Kinderschlafstudie*, die 2006 von der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters der Universität zu Köln durchgeführt wurde (Kraenz et al. 2004). Die Items der Frage 37 im Fragebogen wurden jedoch von ursprünglich 33 auf 14 reduziert, zum einen aus Platzgründen, zum anderen aus inhaltlichen Gründen, da nicht alle Items für das Thema Schlafstörungen durch Lärmbelastung von Bedeutung waren und andere zum Gesundheitszustand bereits im Fragebogen enthalten waren. Nach Information von Dr. Leonie Fricke (Kölner Kinderschlafstudie) ließen sich in der von ihr durchgeführten Faktorenanalyse außerdem einige Items nicht eindeutig Gruppen zuweisen. Daher wurde beschlossen, nur einen Teil der Fragen in den Fragebogen aufzunehmen.

Frage 36 beschäftigt sich mit der Tagesbefindlichkeit des Kindes. Die 5 Items der Frage wurden dem Fragebogen zu Stärken und Schwächen des Kindes (SDQ) entnommen. Dieser ist auch Teil der Kölner Kinderschlafstudie. Die weiteren Fragen 30-35 zu Schlafdauer, Schlafort, Einschlafritualen und Vorhandensein eines Fernsehers oder Computers im Kinderschlafzimmer wurden selbst erstellt.

Für die weiteren Berechnungen der Deskription der Studienpopulation und der bivariaten Auswertungen wurden die Variablen zu Schlafgewohnheiten bzw. -störungen (Frage 37) und Tagesbefindlichkeit (Frage 36) folgendermaßen zusammengefasst: Für die negativ formulierten Items wie „*mein Kind hat Einschlafprobleme*“ wurden die Antwortmöglichkeiten „*teilweise zutreffend*“ und „*eindeutig zutreffend*“ zusammengefasst. Bei den Items, die in gegensätzlicher Richtung formuliert sind, wurden die Antwortmöglichkeiten nicht zutreffend und teilweise zutreffend zusammengefasst.

Weitere Faktoren, die Einfluss auf das Schlafverhalten haben können, sind die Fragen zum Einschlafritual (Frage 33), zum Fernsehen vor dem Schlafen gehen (Frage 37, Item 2), ob das Kind einen Fernseher, Computer oder ähnliches im eigenen Schlafzimmer hat (Frage 32), ob das Kind regelmäßig im Elternbett schläft (Frage 35) und der Schlafort des Kindes (Frage 31). Die Ausprägungen „*im eigenen Kinderschlafzimmer*“ und „*mit anderen Kindern im Zimmer*“ wurden in eine Kategorie zusammengefasst, da sich in der bivariaten Analyse zeigte, dass diese Ausprägungen keinen Unterschied im Einfluss auf Ein- oder Durchschlafstörungen aufweisen.

## Soziale Lage

Den Abschluss des Fragebogens bildeten die soziodemographischen und ökonomischen Angaben zu den Eltern.

Die Frage zum Schulabschluss stammte aus den Empfehlungen der *Deutschen Arbeitsgemeinschaft Epidemiologie (DAE)* von 1997 zur Messung und Quantifizierung soziographischer Merkmale in epidemiologischen Studien (Ahrens et al. 1998). Es wurden Angaben zu beiden Elternteilen erbeten, um den höchsten Schulabschluss in der Familie bzw. im Haushalt zu erhalten. Der im Fragebogen angegebene Schul- bzw. Bildungsabschluss der Eltern (Frage 88) wurde zusammengefasst und kategorisiert. Für die weiteren Analysen gilt jeweils der höchste Schul- bzw. Bildungsabschluss beider Elternteile. Es wurden folgende vier Kategorien gebildet:

- sehr hoch: Abschluss eines Studiums an einer Fachhochschule oder Universität
- hoch: Fachhochschulreife oder Abitur
- mittel: Realschulabschluss, Polytechnische Oberschule (POS) oder anderer Schulabschluss
- niedrig: Hauptschulabschluss oder kein Abschluss

Die Definition der Frage zum *Haushaltseinkommen* wurde an diejenige im SOEP-Fragebogen angelehnt (Infratest Sozialforschung 2003). Im vorliegenden Fragebogen wurde die Frage nicht offen gestellt, sondern 9 Antwortkategorien vorgegeben. Ziel dieses Vorgehens war es, die Anzahl der Antwortverweigerer zu verringern. Die detaillierte Frage nach der Anzahl der im Haushalt wohnenden Personen und deren Alter war nötig für die Berechnung des *Haushaltsäquivalenzeinkommens*.

Das Haushaltseinkommen wurde in das *Nettoäquivalenzeinkommen* des Haushaltes umgerechnet, um eine bessere Vergleichbarkeit nach Größe des Haushaltes und dem Alter der Haushaltsmitglieder zu erreichen. Dazu wurde das Nettoeinkommen (Frage 90) nach Anzahl und Alter der Haushaltsmitglieder (Frage 87) nach der neuen *OECD-Skala* gewichtet. Die Gewichtungsfaktoren sind folgendermaßen verteilt: Die erste erwachsene Person im Haushalt wurde mit 1,0 gewichtet, jede weitere Person ab 15 Jahren mit 0,5. Jugendliche und Kinder unter 15 Jahren wurden mit 0,3 gewichtet. Das Haushaltseinkommen wurde durch die Summe der Gewichtungsfaktoren aller Personen im Haushalt geteilt, das ergab das Äquivalenzeinkommen des Haushaltes.

Für die weiteren statistischen Analysen wurde die *relative Armutsgrenze* nach OECD

definiert als weniger als 60% des Medians des *Nettoäquivalenzeinkommens* in den Haushalten der jeweiligen GME-Regionen. „*Prekärer Wohlstand*“ wurde definiert als 60- unter 75% des medianen Nettoäquivalenzeinkommens. Da ein großer Teil der Befragten keine Angaben zum Haushaltseinkommen gemacht haben, wurde für die multivariaten Analysen eine weitere Kategorie „*keine Angabe*“ gebildet.

Die Variable „*Arbeitslosigkeit*“ errechnete sich aus den Angaben zur Erwerbstätigkeit beider Elternteile (Frage 89). Sie wurde folgendermaßen kodiert:

- Arbeitslos/geringfügig beschäftigt: beide Elternteile nicht erwerbstätig bzw. arbeitslos oder beide geringfügig oder eine Person geringfügig beschäftigt und andere Person arbeitslos bzw. nicht erwerbstätig
- Erwerbstätig: mindestens eine Person Voll- oder Teilzeit erwerbstätig.

Die Variable „*Alleinerziehend*“ wurde nicht nur aus der Frage 86 „Sind Sie allein erziehend?“ gebildet. Es wurden auch die Fragen zum Familienstand und zum Zusammenleben mit dem/der Partner/in miteinbezogen, da sich eine Person, die verheiratet ist und mit Partner/in zusammen lebt, als praktisch allein erziehend verstehen kann.

Die Frage nach der *Staatsangehörigkeit des Kindes* wurde direkt im Fragebogen gestellt und in zwei Kategorien zusammengefasst: „*nicht-deutsch*“ sind nur die Kinder, die ausschließlich eine andere als deutsche Staatsbürgerschaft haben. Kinder mit doppelter Staatsbürgerschaft „*deutsch*“ und „*andere*“ wurden unter „*deutsch*“ eingruppiert.

### 5.3 Lärmkarte

Für das Teilkollektiv der Kinder in München wurden Daten aus der Lärmkarte (RGU 2011) herangezogen, um ein objektives Maß für die individuelle Lärmexposition zu erhalten. Die Stadt München war laut der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* 2002/49/EG verpflichtet, bis 30. Juni 2007 eine strategische Lärmkarte auszuarbeiten und zu veröffentlichen (Irmer 2002). Für die anderen GME-Gebiete standen für die vorliegende Arbeit keine Lärmkarten zur Verfügung.

Die Daten für die Lärmkarte München (Abbildung 6) wurden von der Firma *Accon* für das *Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München (RGU)* auf Basis von Verkehrszählungen, für Straßen-, Schienen-, und Flugverkehr für das gesamte Stadtgebiet modelliert. Außerdem sind genehmigungspflichtige Industrieanlagen in der Lärmkarte enthalten.

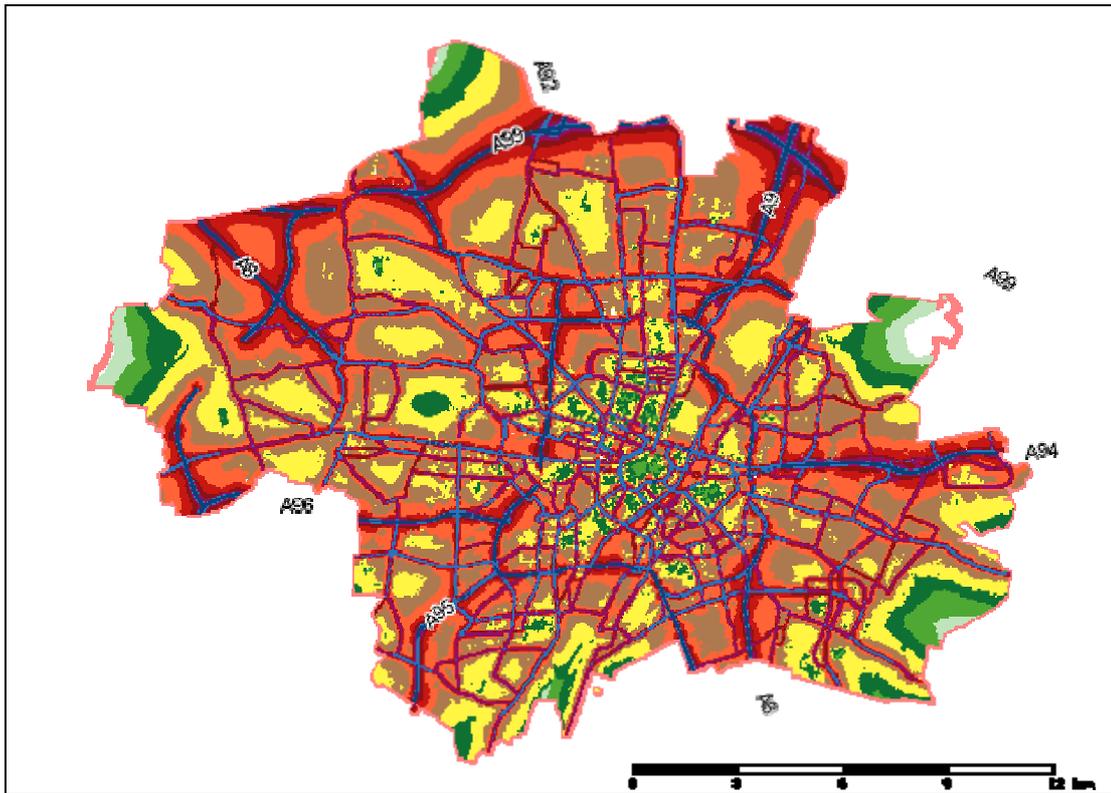


Abbildung 6: Lärmkarte der Stadt München (LDEN für Straßenverkehr) (Quelle: RGU 2011)

Grundlage für die Berechnung der Lärmkarte waren zirka 620 Kilometer Straßennetz innerhalb des Stadtgebietes, d.h. alle Straßen mit einer durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke von 4000 Kfz/24h oder mehr. Die dargestellten Immissionen beruhten lediglich auf den Emissionsbeiträgen der berechneten Straßen oder Straßenabschnitte. Die Lärmbeiträge der schwächer belasteten Straßen (kleiner 4.000 Kfz/24h) wurden in den Lärmkarten nicht berücksichtigt.

In den Lärmkarten wird die Lärmsituation graphisch dargestellt. Die Darstellung erfolgt durch zwei unterschiedliche Lärmindizes:

Der Mittelungspegel über 24 Stunden (LDEN: Lärmindex day-evening-night) bewertet die Lärmbelastung und ist ein gewichteter Mittelwert über die Zeiträume Tag (6 bis 18 Uhr), Abend (18 bis 22 Uhr) und Nacht (22 bis 6 Uhr). Der Mittelwert des Abends erhält dabei noch einen Aufschlag von fünf dB(A), der Mittelwert der Nacht von zehn dB(A).

Der LNight (8-Stunden-Wert) ist der Mittelwert nur über die Nachtstunden und für die Bewertung von Schlafstörungen bedeutsam.

### **Lärmkarte: Datenverarbeitung**

Um für den jeweiligen Wohnort die Lärmbelastung aus der Lärmkarte zu extrahieren, wurden den Fragebögen, die an die Eltern der Münchner Kinder geschickt wurden, eine zusätzliche Einwilligungserklärung beigelegt, in der die Eltern Straße, Hausnummer und Postleitzahl der Wohnadresse freiwillig angeben konnten (Anhang 3). Diese Daten wurden am *Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)* elektronisch erfasst und getrennt von den Fragebogendaten aufbewahrt. Nach Verknüpfung der Adressdaten mit den Expositionsdaten aus den Lärmkarten wurden die Adressdaten gelöscht und das Adressblatt mit der Einwilligungserklärung vernichtet. Ein Informationsblatt zur detaillierten Erklärung des Vorgehens wurde den Fragebögen ebenfalls beigelegt, auf dem auch die Kontaktdaten von zwei Ansprechpartnerinnen zu finden waren (Anhang 3). Dieses Vorgehen und die Einwilligungserklärung wurden mit dem Datenschutzbeauftragten des LGL abgestimmt. Die Adressdaten aus der Einwilligungserklärung der Eltern wurden in pseudonymisierter Form an das RGU geschickt, das die entsprechenden Mittelungspegel für 24 Stunden (LDEN) und für die Nacht (22-6 Uhr, LNight) laut *EU-Umgebungslärmrichtlinie* dem LGL als Datei zur Verfügung stellte.

Die Daten lagen in folgender Form vor: für jede Adresse gab es bis zu 47 Datenpunkte, je nach Himmelsrichtung und Gradangaben, an denen die Lärmpegel modelliert wurden. Die Daten wurden folgendermaßen aufbereitet: Die Lärmpegel waren je nach Himmelsrichtung des Hauses und Ausrichtung zu Straßen sehr unterschiedlich. Im Elternfragebogen wurde nach der Richtung des Kinderschlafzimmerfensters in Frage 68 gefragt: *„Liegt das Schlafzimmerfenster Ihres Kindes: zu einer Hauptverkehrsstraße, zu einer Nebenstraße, zu einem Innenhof mit offener Bebauung, zu einem Innenhof mit geschlossener Bebauung oder zu keiner Straße (Garten, Feld, Wiese o.ä.)“*. Da die Angabe der Himmelsrichtung des Kinderschlafzimmerfensters nicht vorlag, wurden alle Adressen mit Hilfe des *„BayernViewers“* (unter <http://www.geodaten.bayern.de/BayernViewer/index.cgi>, letzter Zugriff am 15.03.2011) nach der Ausrichtung des Hauses überprüft. Der *„BayernViewer“* stellt sowohl eine orthographische als auch photographische Darstellung ganz Bayerns zur Verfügung. Mit Hilfe der photographischen Karten wurde die Ausrichtung des Hauses nach Himmelsrichtung und nach Lage zur Straße festgestellt. Dadurch konnte die Himmelsrichtung des Kinderzimmers festgelegt werden. In Stichproben wurden auch die Daten aus der Lärmkarte, die das RGU zur Verfügung gestellt hatte, mit der

Lärmkarte, die auf der Webseite des RGU steht, überprüft (<http://maps.muenchen.de/laerm/laermminderungsplan.html>, letzter Zugriff am 10.04.2010)

Aus diesem Vorgehen gingen bis zu 15 Lärmpegel pro Himmelsrichtung hervor. Die Pegel wurden nach DIN 45641 mit folgender Formel energetisch gemittelt:

$$L_m = 10 \times \lg \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i} \right] \text{dB}$$

n: Anzahl der zu mittelnden Schallpegel

$L_i$ : zu mittelnde Schallpegel mit  $i = 1$  bis  $n$

Für sieben Adressen lagen aus dem Fragebogen keine Angabe zur Zimmerlage vor. Für diese Fälle wurde der Mittelungspegel der gesamten Daten der jeweiligen Adresse errechnet.

Die Daten wurden für weitergehende Analysen binär kategorisiert. Als Grundlage dienten dazu die Auslöseschwellen für Lärmaktionspläne, wie sie nach der der EU-Umgebungsrichtlinie erforderlich sind. Für das mittelfristige Ziel erhebliche Belästigung zu mindern, werden für den LDEN 60 dB(A) und für den LNight 50 dB(A) angestrebt. In den weitergehenden Analysen in dieser Arbeit wurden damit Haushalte mit einem LDEN ab 60 dB(A) bzw. einem LNight ab 50 dB(A) als „hoch belastet“ definiert. Zur Berechnung der Dosis-Wirkungs-Beziehungen wurden die Mittelungspegel in 5 dB(A)-Schritten zusammengefasst.

#### 5.4 Statistische Auswertungen

Die Datenaufbereitung und statistischen Analysen wurden mit dem Programm SAS Version 9.1 (SAS Institute Inc., North Carolina) durchgeführt.

Zunächst wurden für die Gesamtpopulation und für die Teilstudienpopulation München die betreffenden Variablen (Zielgrößen und potentielle Einflussvariablen) deskriptiv anhand von Kreuztabellen und Mittelwertsvergleichen analysiert.

### 5.4.1 Logistische Regression

Für den Teildatensatz München wurden logistische Regressionen für folgende vier Zielgrößen berechnet: Lärmbelastung über 24 Stunden (LDEN) bzw. Lärmbelastung nachts (LNight) und Lärmbelästigung tagsüber bzw. nachts. Für die Gesamtpopulation wurden Regressionsanalysen für die Zielgrößen Einschlafstörungen und Durchschlafstörungen berechnet.

Nur die in der bivariaten logistischen Regression signifikanten Variablen ( $\alpha=0,05$ ) wurden in das multivariate Modell schrittweise eingeschlossen. Bei unabhängigen Variablen, die untereinander eine Korrelation über  $r=0,50$  aufweisen, wurde die Variable aus der multivariaten Regression ausgeschlossen, die die geringste Erklärungskraft für das Modell hat. Potentielle Interaktionen zwischen unabhängigen Variablen wurden getestet und bei Signifikanz in das Modell aufgenommen. Die in der bivariaten Analyse nicht signifikanten Variablen wurden auf Confounding überprüft: wenn sich der geschätzte Regressionskoeffizient um mehr als 10% änderte (change in estimate), wurde eine inhaltlich relevante Variable als Confounder in das Modell mit aufgenommen. Der Determinationskoeffizient  $R^2$  wurde berechnet, um die Modellanpassung zu überprüfen und die erklärte Varianz anzugeben.

### 5.4.2 Mehrebenen-Analyse

Beobachtungsdaten haben oft eine hierarchische oder geclusterte Struktur, d.h. Daten werden zwar auf individueller Ebene erhoben, die Individuen können aber in einer oder mehreren höheren Gruppenebene(n) organisiert sein (Diez Roux 2003, Blakely und Subramanian 2006). Beispiele dafür sind multizentrische klinische Studien, Personen in Haushalten oder innerhalb verschiedener Stadtteile oder Schüler in verschiedenen Schulen. Im Datensatz der vorliegenden Dissertation sind Beispiele für Gruppenebenen die GME-Regionen und die Schulsprengel innerhalb der Regionen. Es ist davon auszugehen, dass sich in einer hierarchischen Struktur Individuen innerhalb einer Gruppe stärker ähneln als Individuen zwischen verschiedenen Gruppen. Daher spricht man hier auch von korrelierten Daten.

Daten auf Gruppenebene werden häufig auch als Ersatz verwendet, wenn bestimmte Informationen auf individueller Ebene nicht verfügbar sind (z.B. Sozialstatus auf Stadtteilebene in Ermangelung von Befragungsdaten) (Diez Roux 2003). Allerdings werden in den letzten Jahren Mehrebenen-Modelle immer häufiger aus konzeptionellen Gründen verwendet, um den Einfluss einer übergeordneten Ebene

wie Nachbarschaft auf gesundheitliche Outcomes zu ermitteln (Riva et al. 2007, Bell und Dominici 2008, Havard et al. 2011). Die meisten dieser Studien nutzen Register- oder Zensusdaten zu sozioökonomischen Faktoren, einige auch Expositionsdaten (Riva et al. 2007).

Eine Mehrebenenanalyse, die zwei Ebenen betrachtet, beinhaltet drei verschiedene Variablentypen (Blakely und Subramanian 2006):

- eine Zielvariable (Outcome)
- Einflussvariable(n) auf individueller Ebene (Ebene 1),
- ökologische Einflussvariable(n) auf einer höheren Gruppenebene (Ebene 2).

Eine ökologische Variable kann auf das Outcome auf drei verschiedene Weisen Einfluss haben:

- Sie kann direkt Einfluss auf das Outcome nehmen,
- indirekt über die Einflussvariable auf der individuellen Ebene das Outcome beeinflussen
- oder den Effekt der individuellen Variable auf das Outcome modifizieren.

## Daten

Das *Statistische Amt der Stadt München* stellt aggregierte sozioökonomische Daten auf Stadtbezirks- und Sprengelzebene zur Verfügung. Abbildung 7 zeigt die Münchner Stadtbezirke, die für die Erhebung des Münchner Teildatensatzes a priori ausgewählt wurden.

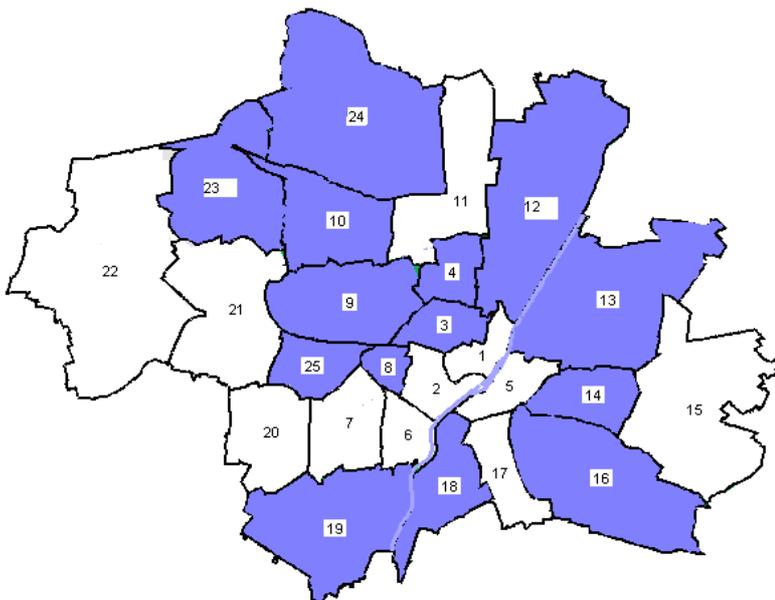


Abbildung 7: A priori ausgewählte Münchner Stadtbezirke mit Bezirksnummer

Die aggregierten Daten des Statistischen Amtes konnten anhand der Sprengelnummer mit dem Münchner Teil des GME-Datensatzes verknüpft werden.

Um den Einfluss der Ebene der Schulsprengel in München auf Lärmbelastigung zu testen, wurden mit der Prozedur NLMIXED im Programm SAS 9.1 (SAS Institute Inc., North Carolina) Mehrebenen-Modelle gerechnet, die den Schulsprengel als Zufallsvariable enthielten und Einflussvariablen auf individueller und Sprengel Ebene (Littell et al. 2006). Im Folgenden werden die verwendeten Variablen beschrieben und der Modellaufbau genau erläutert.

### **Variablen**

Die Zugehörigkeit zum Sprengel wurde in die Analyse als Zufallseffekt einbezogen. Daneben wurde die Variable „*Anteil niedriger Einkommensklassen*“ auf der Sprengel Ebene aufgenommen. Diese ist definiert als Anteil der Haushalte im Sprengel mit einem Haushaltsnettoeinkommen unter 1100 Euro. Diese Variable wurde für die Mehrebenenanalyse dichotomisiert in „*hoher Anteil an niedrigen Einkommensklassen*“ (15% und mehr) und „*niedriger Anteil an niedrigen Einkommensklassen*“ (bis unter 15 %).

Auf der Individualebene wurde „*relative Armut*“ als dichotomisierte Variable aufgenommen („*relativ Arme*“ versus „*nicht Arme*“ inklusive der Fälle ohne Angaben zum Einkommen).

Da die Variable „*Einkommensklassen*“ nicht das äquivalente Haushaltsnettoeinkommen berechnet, berücksichtigt sie nicht die Haushaltsgröße im Gegensatz zu der individuellen Variable relative Armut.

### **Modellaufbau**

Der Modellaufbau wurde in Anlehnung an Singer (1998) und Langer (2004) erstellt. Der Sprengel wurde in jedes Modell als zufälliger Effekt (*Intercept*) aufgenommen, da davon auszugehen ist, dass der Effekt des Sprengels zufällig ist, wenn diese zufällig ausgewählt wurden. Wenn ein Koeffizient (Steigung der Regressionsgerade, *slope*) als zufälliger Effekt modelliert wird, wird auch ein Fehlerterm geschätzt. Zusätzlich wurden in die Modelle Variablen auf der individuellen Ebene und der Sprengel Ebene aufgenommen. Die Gleichungen für die Modelle und genauere Erläuterungen sind im Folgenden vereinfacht dargestellt.

Das Outcome  $Y$  ist dabei die subjektive Lärmbelästigung durch Straßenverkehr tagsüber (mittelmäßig bis äußerst stark versus überhaupt nicht bis etwas gestört).  $\beta_0$  ist der *Intercept*,  $\beta_1$  bis  $\beta_3$  sind die festen Effekte. Die Bezeichnungen für die Einflussvariablen sind „Level 1-Variable“ für die individuelle Ebene und „Level 2-Variable“ für die Sprengel-Ebene. Als  $u$  werden die jeweiligen zufälligen Effekte bezeichnet:  $u_1$  ist der zufällige Effekt Sprengel,  $u_2$  ist der zufällige Effekt der Level 1-Variable,  $\varepsilon_1$  ist der zufällige Fehler des Sprengels und  $\varepsilon_2$  der zufällige Fehler der Level 1-Variabel.

*Nullmodell:* Zuerst wurde ein Nullmodell mit dem Zufallseffekt Sprengel gerechnet, um die Variabilität in der individuellen Lärmbelästigung zwischen den Sprengeln abzuschätzen (*random intercept Modell*).

$$Y = \beta_0 + u_1[\text{Sprengel}] + \varepsilon_1$$

*Modell mit festem Effekt:* In das nächste Modell wurde eine Variable auf der individuellen Ebene (Level 1-Variable) als fester Effekt aufgenommen, um festzustellen, ob Lärmbelästigung assoziiert ist mit dieser Variable unabhängig von der Sprengel-ebene.

$$Y = \beta_0 + \beta_1[\text{Level 1-Variable}] + u_1[\text{Sprengel}] + \varepsilon_1$$

*Modell mit festem und zufälligem Effekt:* Dann wurde die individuelle Variable zusätzlich als Zufallseffekt in das Modell aufgenommen um zu berücksichtigen, dass der Effekt der individuellen Variable in den Sprengeln unterschiedlich ausfallen kann (*random intercept-random slope Modell*).

$$Y = \beta_0 + \beta_1[\text{Level 1-Variable}] + u_1[\text{Sprengel}] + \varepsilon_1 + u_2[\text{Level 1-Variable}] + \varepsilon_2$$

*Modell mit mehreren festen Effekten:* Im Modell 4 wurden zwei Variablen als feste Effekte auf den verschiedenen Ebenen aufgenommen.

$$Y = \beta_0 + \beta_1[\text{Level 1-Variable}] + \beta_2[\text{Level 1 oder 2-Variable}] + u_1[\text{Sprengel}] + \varepsilon_1$$

*Modell mit mehreren festen Effekten und Interaktion:* Im letzten Modell wurde eine Interaktion zwischen den Ebenen überprüft.

$$Y = \beta_0 + \beta_1[\text{Level 1-Variable}] + \beta_2[\text{Level 2-Variable}] + \beta_3[\text{Level 2-Variable} \times \text{Level 1-Variable}] + u_1[\text{Sprengel}] + \varepsilon_1$$

### 5.4.3 Strukturgleichungsmodell

Strukturgleichungsmodelle sind eine bestimmte Form von Kausalanalysen, mit deren Hilfe Zusammenhänge zwischen manifesten und latenten Variablen überprüft werden können (Reinecke 2005). Latente Variablen sind hypothetische Konstrukte, die durch abstrakte Inhalte gekennzeichnet und damit nicht direkt beobachtbar oder messbar sind (Loehlin 2004). Beispiele dafür sind soziale Lage, Einstellungen oder die Bewertung des Wohnumfeldes. Diese latenten Variablen lassen sich durch einen oder mehrere Indikatoren quantitativ erfassen. So kann die soziale Lage mit Hilfe verschiedener Indikatoren wie Bildungsstand, Haushaltseinkommen und Berufsstand erfasst werden, das Wohnumfeld durch Indikatoren, die die Eigenschaften der Wohnstraße und des Wohnhauses beschreiben.

Wie auch bei den Mehrebenen-Modellen werden Strukturgleichungsmodelle bzw. Pfadanalysen erst seit einigen Jahren in der Epidemiologie angewandt (Amorim et al. 2010, Camfferman et al. 2010, Gamborg et al. 2011, Halleröd und Gustafsson 2011). Beispiele für Studien, die Lärmbelastigung mithilfe von Strukturgleichungsmodellen untersuchten, wurden im Kapitel 4.2.2 beschrieben.

Ein Strukturgleichungsmodell erfordert eine sachlogisch begründete Theorie über die möglichen Kausalbeziehungen im Modell (Reinecke 2005). Nur dadurch kann eine Aussage über die Kausalität getroffen werden, da das Modell selbst die Kausalität nicht beweisen kann. Damit gehört die Pfadanalyse oder das Strukturgleichungsmodell zu den konfirmatorischen multivariaten Verfahren (Backhaus et al. 2003).

Für die Berechnung eines Strukturgleichungsmodells müssen einige Voraussetzungen erfüllt werden:

- Die Daten müssen eine multiple Normalverteilung aufweisen. In der hier verwendeten Statistik-Software SAS sind in der Prozedur *Proc Calis* auch verteilungsfreie Verfahren enthalten, die in dieser Studie zum Einsatz gekommen sind. Allerdings sind für diese Verfahren größere Fallzahlen nötig. Daher konnten in der vorgelegten Datenanalyse nur Strukturmodelle mit dem Gesamtdatensatz gerechnet werden.

- Die Zusammenhänge zwischen den Variablen im Modell müssen linear sein, die Variablen müssen mindestens intervallskaliert sein. Variablen, die in der deskriptiven Datenanalyse und in der logistischen Regression dichotomisiert wurden, wurden in den Strukturgleichungsmodellen als stetige oder intervallskalierte Variablen eingesetzt.

Zur Erklärung des Sozialstatus wurden das Nettohaushalts-Äquivalenzeinkommen als stetige Variable und der schulische Bildungsstand als ordinale, 4-stufige Variable eingeschlossen. Die Variablen „*Straßentyp*“ (5-stufig), „*häufiger LKW-Verkehr*“ (4-stufig) und „*Crowding*“ (Wohnfläche/Person 4-stufig) standen als ordinale Variablen im Strukturmodell. „*Lärmbelästigung*“ wurde als 5-stufige Skala einbezogen („*überhaupt nicht gestört*“ bis „*äußerst stark gestört*“). Die Variable *Einschlafstörungen* wurde ebenfalls ordinal, als 3-stufige Variable ins Modell aufgenommen.

### **Modellgüte**

Es gibt verschiedene statistische Parameter, um die Anpassungsgüte eines Modells zu bestimmen (Backhaus et al. 2003, Schendera 2004). Grundsätzlich sollten bei der Beurteilung der Modellgüte mehrere Parameter berücksichtigt werden. Folgende Gütekriterien wurden in der vorliegenden Datenanalyse angewandt:

- Goodness-of-Fit-Index (GFI)
- Adjusted- Goodness-of-Fit-Index (AGFI)
- Comparative Fit Index (CFI)
- Root-Mean-Square-Error of Approximation (RMSEA)
- Normed Fit Index (NFI)
- Probability of close fit.

Der Chi-Quadrat-Wert bezogen auf die Freiheitsgrade ist für die vorliegende Analyse nicht als Gütekriterium geeignet, da er nur bei Normalverteilung aller Variablen eine geeignete Teststatistik ist, was in diesem Fall nicht gegeben ist (Backhaus et al. 2003).

Das Pfaddiagramm, das die Hypothesen und die Modellstruktur veranschaulicht, ist im Kapitel 6.6 dargestellt.

## 6 Ergebnisse

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels (Kapitel 6.1) werden die Zusammensetzung der Studienpopulation und die Teilnehmeraten beschrieben. Deskriptive Ergebnisse für den Gesamtdatensatz der GME (Studienpopulation Gesamt) und für den Teildatensatz für die Teilnehmer/innen aus München (Studienpopulation München) sind in Abschnitt 6.2 dargestellt.

Die weiteren Abschnitte sind gegliedert nach den Forschungsfragen: Zunächst werden bivariate Ergebnisse zur objektiven Lärmbelastung in München und Einflussfaktoren auf die Exposition dargestellt (Kapitel 6.3). Im nächsten Abschnitt werden bivariate Ergebnisse zur subjektiven Lärmbelästigung in der Studienpopulation München und gesamt beschrieben, der Zusammenhang zwischen objektiver Lärmbelastung und Lärmbelästigung sowie die Einflussfaktoren auf Lärmbelästigung dargestellt (Kapitel 6.4). Das darauf folgende Kapitel 6.5 beschreibt die Ergebnisse zu Schlafstörungen und ihre Determinanten. Thema des letzten Kapitels 6.6 sind die Analysen des Strukturgleichungsmodells.

### 6.1 Studienpopulation: Zusammensetzung und Teilnehmeraten

Insgesamt haben Eltern von 6483 Kindern aus den GME-Regionen an der Elternbefragung 2006/2007 teilgenommen.

In der Studienregion München haben Eltern von 1305 Kindern an der Befragung teilgenommen. Von 1124 Eltern (86,1%) liegt die Einwilligungserklärung mit den Adressdaten vor, die Angaben aus dem Fragebogen mit den Daten der Lärmkarte zu verknüpfen. N=61 dieser Einwilligungserklärungen konnten nicht verwendet werden, da die Adressdaten fehlerhaft eingetragen waren, z.B. keine Hausnummer angegeben war oder eine Adresse angegeben war, für die keine Pegel berechnet waren. Damit liegen für München 1063 Fälle (81,5%) mit vollständigen Lärmdaten vor.

Für die Analyse des Mehrebenen-Modells wurden aus dem Münchner Datensatz 17 Personen ausgeschlossen, da für sie keine Sprengelzuordnung möglich war. Weitere 4 Personen wurden ausgeschlossen, da sie jeweils allein in einem Sprengel wohnten. Damit sind 1284 Befragte (93,4%) in die Mehrebenenanalysen einbezogen. Die Anzahl der Befragten in den einzelnen Sprengeln variiert zwischen 40 (3,1%) und 136 (10,6%).

## 6.2 Deskription der Studienpopulation gesamt und München

Die sozio-demographischen Charakteristika der Studienpopulation gesamt und München sind in Tabelle 4 dargestellt.

*Tabelle 4: Soziodemographische und -ökonomische Charakteristika*

Variable	Studienpopulation gesamt N=6483		Studienpopulation München N=1305	
	Anzahl (N)	Prozent (%)	Anzahl (N)	Prozent (%)
<b>Alter</b>				
unter 5,5 Jahre	1123	19,0	346	27,0
5,5 bis unter 6 Jahre	2554	43,2	666	52,0
6 Jahre und älter	2233	37,8	268	21,0
<b>Geschlecht</b>				
Mädchen	2953	45,6	570	43,7
Junge	3529	54,4	735	56,3
<b>Region</b>				
München	1305	20,1		
Ingolstadt	1117	17,2		
Günzburg	1243	19,2		
Bamberg	1500	23,1		
Schwandorf	1318	20,3		
<b>Elterliche Bildung</b>				
sehr hoch	1649	26,4	530	42,0
hoch	851	13,6	225	17,8
mittel	2085	33,4	303	24,0
niedrig	1664	26,6	204	16,2
<b>Armut</b>				
Relative Armut	370	5,7	110	8,4
Prekärer Wohlstand	369	5,7	106	8,1
Keine Armut	2501	38,6	568	43,5
Keine Angabe	3243	50,0	521	39,9
<b>Staatsbürgerschaft des Kindes</b>				
deutsch/doppelt	6074	94,1	1090	84,1
nicht deutsch	382	5,9	206	15,9
<b>Alleinerziehend</b>				
ja	723	11,3	189	14,7
nein	5670	88,7	1093	85,3
<b>Erwerbstätigkeit</b>				
arbeitslos/geringfügig	388	6,2	70	5,5
erwerbstätig	5909	93,8	1203	94,5

Das Durchschnittsalter bei der Schuleingangsuntersuchung (SEU) der Kinder beträgt 5,8 Jahre, 99% der Kinder sind 5-6 Jahre alt. 45,6% der Kinder sind Mädchen. Die befragten Eltern verteilen sich etwa gleich über die fünf GME-Regionen. Jeweils

über ein Viertel der Eltern geben einen sehr hohen Bildungsgrad (Universitäts- oder Fachhochschulabschluss) und einen niedrigen Bildungsgrad (kein Abschluss oder Hauptschulabschluss) an.

Der Median des Haushaltsäquivalenzeinkommens liegt in den ländlichen Regionen bei 1071 Euro, in München bei 1310 Euro. Von relativer Armut sind 5,7% der Familien betroffen. Die Frage zum Einkommen haben jedoch nur 50% der Eltern beantwortet, daher werden die fehlenden Angaben in den folgenden Analysen als eigene Kategorie miteinbezogen. In der Studienpopulation gesamt haben 6% der Kinder keine deutsche Staatsbürgerschaft.

Die Münchner Kinder sind bei der Schuleingangsuntersuchung durchschnittlich 5,7 Jahre alt. Nur ein Kind ist 4 Jahre alt, das älteste 6,5 Jahre alt. 43,7% der Kinder sind Mädchen.

Die Bildung der Münchner Eltern ist sehr hoch, 42 % geben einen Universitäts- oder Fachhochschulabschluss an. Der Anteil der relativ armen Haushalte in München ist mit 8,4% höher als in allen GME Regionen Bayernweit. In München haben 40% der Eltern die Frage zum Einkommen nicht beantwortet. 16% der Kinder haben keine deutsche Staatsbürgerschaft, auch dieser Anteil ist höher als in der Studienpopulation gesamt.

Die Wohnbedingungen sind in Tabelle 5 dargestellt. Nach Eigenangaben wohnen etwa 18 % an einer Hauptverkehrsstraße, 34,6% in einem Mehrfamilien- oder Hochhaus. Nur 44 Eltern geben an, in der Nähe von Industrie oder Gewerbe zu wohnen. Fast ein Viertel der Kinder sind von häufigem LKW-Verkehr in der Wohnumgebung betroffen, jedoch nur wenige von Stau in der Straße, in der das Kind wohnt.

Die Wohnbedingungen unterscheiden sich in München als Großstadt sehr stark von denen in den GME-Regionen in Bayern. So wohnen in München mehr Kinder an Hauptstraßen, in Mehrfamilien- oder Hochhäusern. Mehr als ein Drittel der Kinder wohnt in Haushalten mit hoher Belegungsdichte (Crowding). Die Kinder in München sind in ihrer Wohnung auch häufig LKW-Lärm und Stau auf der Straße ausgesetzt.

Tabelle 5: Charakteristika der Wohnbedingungen

Variable	Studienpopulation gesamt		Studienpopulation München	
	Anzahl (N)	Prozent (%)	Anzahl (N)	Prozent (%)
Wohnen an Hauptstraße				
ja	1137	17,8	246	19,2
nein	5236	82,2	1034	80,8
Mehrfamilienhaus/Hochhaus				
ja	2205	34,6	951	74,3
nein	4168	65,4	329	25,7
Wohnen in der Nähe von Industrie				
ja	44	0,7	6	0,5
nein	6291	99,3	1276	99,5
Crowding				
ja	1124	18,0	440	34,7
nein	5128	82,0	828	65,3
häufig LKW-Verkehr				
ja	1477	23,2	387	30,2
nein	4902	76,9	893	69,8
häufig Stau				
ja	343	5,4	147	11,5
nein	6047	94,6	1133	88,5

### 6.3 Objektive Lärmbelastung in München

Für den Münchner Teildatensatz liegen adressgenaue Daten aus der Lärmkarte vor. Wie im Methodenteil (Kapitel 5.3) beschrieben, wurden die Lärmpegel für jede Adresse insgesamt energetisch gemittelt. Um die Ausrichtung des Kinderschlafzimmerfensters zu berücksichtigen, wurden die Lärmdaten für die entsprechenden Himmelsrichtungen separat energetisch gemittelt. Dadurch sank der Mittelungspegel LDEN und LNight durchschnittlich um jeweils etwa 1,5 dB(A). Das heißt, dass die Kinderschlafzimmer eher an der ruhigeren Seite des Hauses ausgerichtet sind. In den folgenden Datenanalysen wurde nur noch mit den Pegeln an der Außenseite der Kinderschlafzimmerfenster gerechnet.

Das arithmetische Mittel der Mittelungspegel über 24 Stunden (LDEN) beträgt für die 1063 Haushalte in München 50,2 dB(A), die Standardabweichung 8,2 dB(A). Der Range reicht von 34,8 dB(A) bis 81,4 dB(A). Die Verteilung der Mittelungspegel LDEN zeigt Abbildung 8.

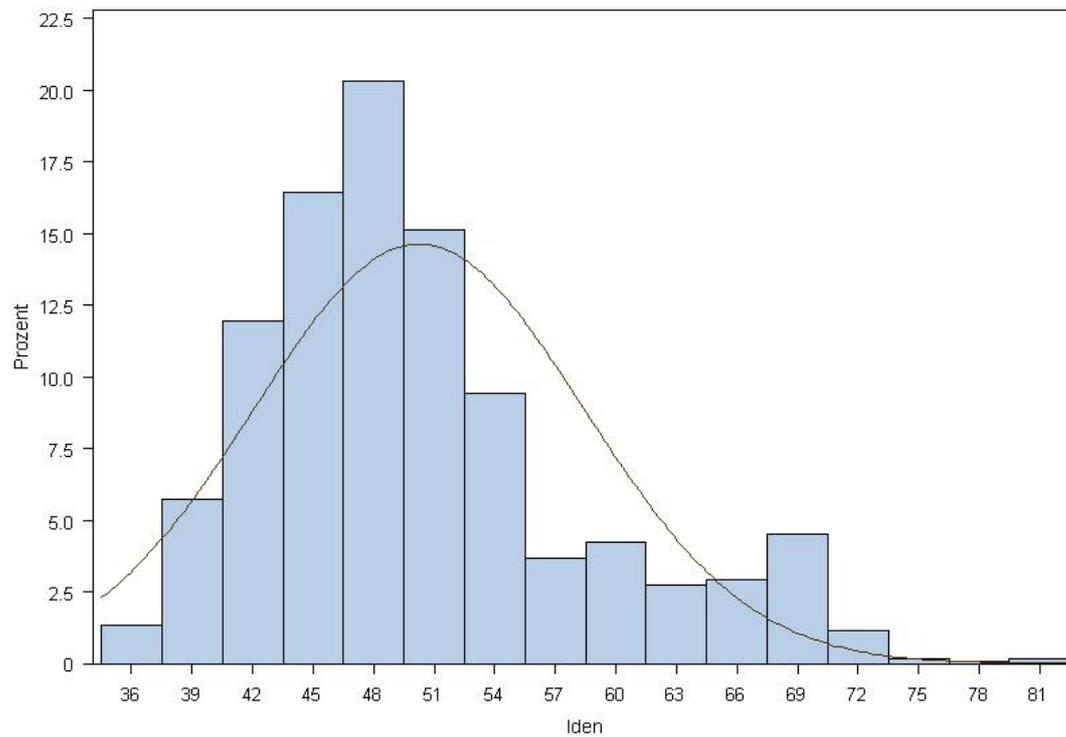


Abbildung 8: Verteilung der Mittelungspegel über 24 Stunden (LDEN) bei teilnehmenden Haushalten in München

Der arithmetische Mittelwert der Mittelungspegel nachts von 22-6 Uhr (LNight) beträgt 41,2 dB(A) mit einer Standardabweichung von 8,0 dB(A). Der Range reicht von 25,7 dB(A) bis 72,1 dB(A). Die Verteilung ist in Abbildung 9 dargestellt.

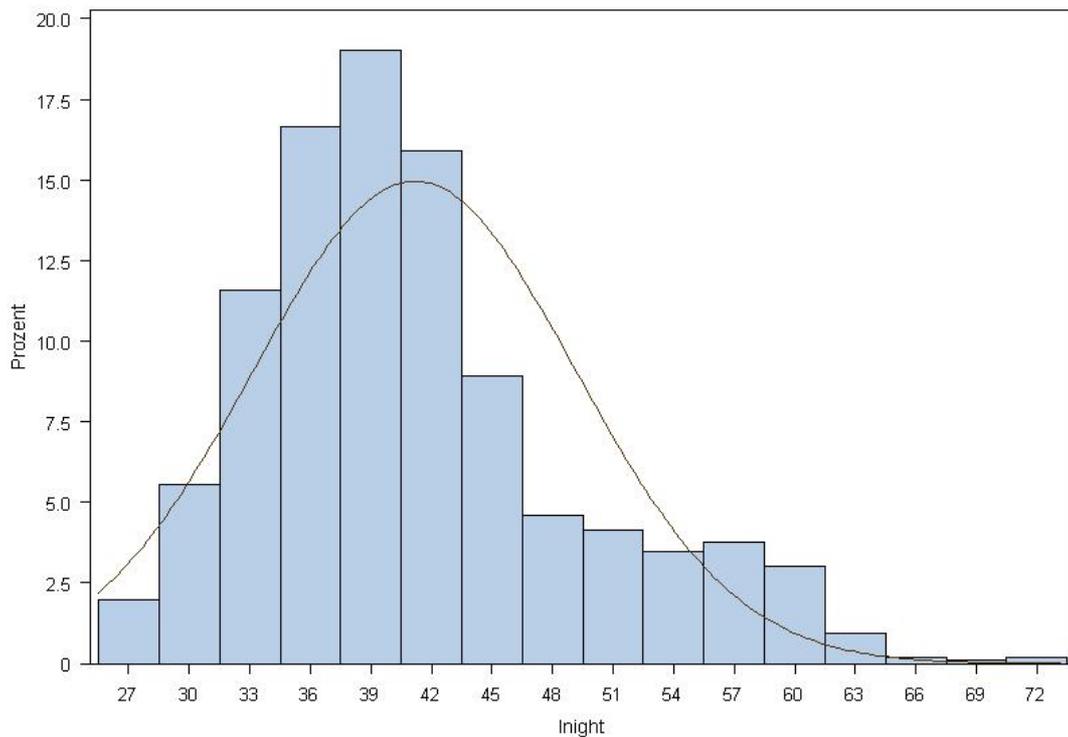


Abbildung 9: Verteilung der Mittelungspegel nachts von 22-6 Uhr (LNight) bei teilnehmenden Haushalten in München

Tabelle 6 fasst nochmals die Lärmexposition in 5 dB(A) Pegelgruppen zusammen. 14% der Teilnehmer/innen dieser Studie sind 24-Stunden-Mittelungspegeln von 60 dB(A) und mehr ausgesetzt, in den Nachtstunden sind 15% mit Mittelungspegeln von 50 dB(A) und mehr belastet.

Tabelle 6: Lärmexposition über 24 Stunden und nachts, Anteile Lärmexponierter in bestimmten Pegelbereichen

dB(A)	unter 35	35 bis unter 40	40 bis unter 45	45 bis unter 50	50 bis unter 55	55 bis unter 60	60 bis unter 65	65 bis unter 70	70 und mehr
<b>LDEN</b>									
Anzahl		282		345	215	73	57	68	23
(%)		(26,5)		(32,5)	(20,2)	(6,9)	(5,4)	(6,4)	(2,2)
<b>LNight</b>									
Anzahl	221	321	268	94	66	68		25	
(%)	(20,8)	(30,2)	(25,2)	(8,8)	(6,2)	(6,4)		(2,4)	

Für die bivariaten Analysen wurden die Lärmdaten dichotomisiert in „hoch belastet“ (LDEN  $\geq 60$  dB(A) bzw. LNight  $\geq 50$  dB(A)) und „niedrig belastet“ (unter den Auslösewerten).

### 6.3.1 Lärmbelastung nach Sozialstatus

Die objektive Lärmbelastung ist in den bivariaten Analysen signifikant assoziiert mit den Faktoren elterliche Bildung, relative Armut und Staatsbürgerschaft des Kindes (Tabelle 7).

*Tabelle 7: Lärmbelastung durch Straßenverkehr nach Faktoren der sozialen Lage, Studienpopulation München*

	<b>LDEN (24 Stunden)</b>	<b>LNight (22-6 Uhr)</b>
	<b>hohe Belastung</b>	<b>hohe Belastung</b>
	<b>(<math>\geq 60</math> dB(A))</b>	<b>(<math>\geq 50</math> dB(A))</b>
	<b>N (% der jew. Gruppe)</b>	<b>N (% der jew. Gruppe)</b>
Geschlecht	p=0,6530	p=0,8904
Mädchen	66 (14,5)	69 (15,1)
Jungen	82 (13,5)	90 (14,8)
Elterliche Bildung	p=0,0884	p=0,0332
sehr hoch	46 (10,6)	47 (10,8)
hoch	29 (16,0)	33 (18,2)
mittel	36 (14,1)	39 (15,3)
niedrig	29 (17,6)	30 (18,2)
Armut	p=0,1042	p=0,0562
relative Armut	14 (16,3)	17 (19,8)
präkerer Wohlstand	13 (13,7)	13 (13,7)
keine Armut	55 (11,2)	59 (12,0)
keine Angabe	66 (16,8)	70 (17,9)
Staatsbürgerschaft des Kindes	p=0,0266	p=0,0258
deutsch/doppelt	114 (12,7)	123 (13,7)
nicht deutsch	31 (19,3)	33 (20,5)
Alleinerziehend	p=0,3182	p=0,5605
ja	24 (16,3)	24 (16,3)
nein	120 (13,3)	131 (14,5)
Erwerbstätigkeit	p=0,3881	p=0,5316
arbeitslos/geringfügig	10 (17,2)	10 (17,2)
erwerbstätig	131 (13,3)	141 (14,3)

In München sind Kinder ohne deutsche Staatsbürgerschaft über 24 Stunden und nachts durch höhere Lärmpegel belastet. Zwischen den Einkommensklassen und der Lärmbelastung zeigt sich kein eindeutiger Zusammenhang oder Gradient, ebenso bei der elterlichen Bildung. Lediglich Personen mit sehr hoher Bildung haben eine geringere Lärmbelastung. Keinen statistischen Zusammenhang gibt es mit den Variablen Geschlecht, alleinerziehend und Erwerbstätigkeit.

### 6.3.2 Lärmbelastung nach Wohnbedingungen

Die bivariaten Zusammenhänge zwischen der objektiven Lärmbelastung und Wohnbedingungen sind hoch signifikant (Tabelle 8). Vor allem an Hauptstraßen und in Straßen mit häufigem Stau ist die Belastung besonders hoch, etwa die Hälfte der Haushalte weisen über 24 Stunden und nachts eine hohe Lärmbelastung auf. Etwa 30% der Personen in Straßen mit häufigem LKW- Verkehr sind stark belastet, Haushalte in Mehrfamilien- oder Hochhäusern und solche mit hoher Belegungsdichte (Crowding) sind zu etwa 17-19% stark belastet.

*Tabelle 8: Lärmbelastung durch Straßenverkehr nach Wohnbedingungen, Studienpopulation München*

	<b>LDEN (24 Stunden)</b>	<b>LNight (22-6 Uhr)</b>
	<b>hohe Belastung</b>	<b>hohe Belastung</b>
	<b>(≥60 dB(A))</b>	<b>(≥50 dB(A))</b>
	<b>N (% der jew. Gruppe)</b>	<b>N (% der jew. Gruppe)</b>
Wohnen an Hauptstraße	p<0,0001	p<0,0001
ja	99 (50,3)	100 (50,8)
nein	47 (5,5)	57 (6,7)
Mehrfamilienhaus/ Hochhaus	p<0,0001	p<0,0001
ja	130 (16,6)	138 (17,6)
nein	17 (6,4)	20 (7,5)
Crowding	p=0,0039	p=0,0037
ja	65 (17,9)	69 (19,0)
nein	78 (11,5)	84 (12,3)
häufig LKW-Verkehr	p<0,0001	p<0,0001
ja	96 (30,0)	98 (30,6)
nein	48 (6,6)	57 (7,8)
häufig Stau	p<0,0001	p<0,0001
ja	52 (44,1)	54 (45,8)
nein	92 (9,9)	101 (10,9)

### 6.3.3 Einflussfaktoren auf die Lärmbelastung in München

In der bivariaten logistischen Regression haben Faktoren der Wohnbedingungen den höchsten Einfluss auf die objektive Lärmbelastung über 24 Stunden (LDEN) und in den Nachtstunden (LNight) in München (Tabellen 9 und 10). Da die Variablen Wohnen an Hauptstraße und häufiger LKW-Verkehr bzw. Stau in der Wohnstraße sehr hoch miteinander korrelieren, wurde in den logistischen Regressionsmodellen nur noch „häufiger LKW-Verkehr“ aufgenommen. Außerdem bildet sich die Variable Wohnen an Hauptstraßen zum Teil in den Daten der Lärmkarte ab, da diese auf der Basis der Verkehrsmengen auf Hauptverkehrswegen modelliert wird.

In den Tabellen 9 und 10 sind mehrere multivariate Modelle dargestellt. Modell 1 beinhaltet alle in der bivariaten Regression signifikanten Faktoren der sozialen Lage. In Modell 2 wurden die Faktoren der Wohnbedingungen hinzugenommen. Für die Variable „häufiger LKW-Verkehr“ wurde ein zusätzliches Modell 3 gerechnet, da diese einen sehr hohen Einfluss auf das Outcome hat. Die Analysen zeigen, dass die Faktoren der sozialen Lage keinen signifikanten Effekt zeigen, sobald für die Faktoren der Wohnbedingungen adjustiert wird. Wenn der LKW-Verkehr in das Modell mit aufgenommen wird, sind nur noch Wohnen im Mehrfamilienhaus und häufiger LKW-Verkehr signifikant mit Lärmexposition über 24 Stunden und nachts assoziiert. Dabei haben Anwohner einer Straße mit häufigem LKW-Verkehr eine mehr als 5- bzw. 4-fach erhöhte Odds Ratio für eine hohe Lärmbelastung. Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  steigt im Modell mit LKW-Verkehr von 0,0451 auf 0,1741 (Lärmbelastung über 24 Stunden) bzw. von 0,0434 auf 0,1503 (Lärmbelastung nachts), d.h. dass die Variable LKW-Verkehr mehr als 10% der Varianz in dem jeweiligen Modell erklärt.

Tabelle 9: Einflussfaktoren auf hohe Lärmbelastung über 24 Stunden ( $\geq 60\text{dB(A)}$ ), rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi<sup>2</sup>-Test), Studienpopulation München

Variable	bivariates logistisches Regressionsmodell		Modell 1: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage		Modell 2: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage und Wohnbedingungen		Modell 3: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage, Wohnbedingungen und häufiger LKW-Verkehr	
	Rohes OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert
Staatsbürgerschaft des Kindes								
nicht deutsch	1,64 (1,06 - 2,54)	0,0278	1,56 (1,0 - 2,44)	0,0525	1,35 (0,84 - 2,18)	0,2133	1,41 (0,85 - 2,34)	0,1812
Bildungsstand der Eltern								
hoch	1,44 (0,89 - 2,35)	0,1421						
mittel	1,24 (0,79 - 1,95)	0,3481						
niedrig	1,61 (0,99 - 2,63)	0,0569						
relative Armut								
Relative Armut	1,53 (0,81 - 2,91)	0,1859	1,17 (0,59 - 2,33)	0,6495	0,94 (0,46 - 1,93)	0,8624	0,64 (0,29 - 1,40)	0,2617
Prekärer Wohlstand	1,25 (0,66 - 2,40)	0,4947	1,12 (0,57 - 2,19)	0,7426	1,02 (0,52 - 2,00)	0,9634	0,85 (0,41 - 1,73)	0,6490
keine Angabe	1,60 (1,09 - 2,35)	0,0167	1,54 (1,04 - 2,27)	0,0298	1,46 (0,98 - 2,18)	0,0658	1,35 (0,88 - 2,07)	0,1656
Alleinerziehend								
ja	1,28 (0,79 - 2,06)	0,3190						
Arbeitslos								
ja	1,36 (0,67 - 2,76)	0,3893						
Crowding								
ja	1,69 (1,18 - 2,41)	0,0041			1,22 (0,83 - 1,82)	0,3135	1,27 (0,83 - 1,93)	0,2756
Wohnen im Mehrfamilienhaus								
ja	2,92 (1,72 - 4,93)	<0,0001			2,50 (1,45 - 4,31)	0,0010	1,87 (1,07 - 3,30)	0,0294
häufiger LKW-Verkehr								
ja	6,08 (4,17 - 8,87)	<0,0001					5,46 (3,69 - 8,08)	<0,0001
Intercept			-2,1142	<0,0001	-2,8615	<0,0001	-3,3304	<0,0001
R <sup>2</sup>			0,0161		0,0451		0,1741	

Tabelle 10: Einflussfaktoren auf hohe Lärmbelastung nachts ( $\geq 50$  dB(A)), rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi<sup>2</sup>-Test), Studienpopulation München

Variable	bivariates logistisches Regressionsmodell		Modell 1: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage		Modell 2: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage und Wohnbedingungen		Modell 3: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage, Wohnbedingungen und häufiger LKW-Verkehr	
	Rohe OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert
Staatsbürgerschaft des Kindes nicht deutsch	1,62 (1,06 - 2,48)	0,0269	1,51 (0,98 - 2,34)	0,0635	1,35 (0,85 - 2,14)	0,2114	1,40 (0,86 - 2,28)	0,1796
Bildungsstand der Eltern								
hoch	1,58 (0,99 - 2,53)	0,0541						
mittel	1,28 (0,83 - 1,99)	0,2668						
niedrig	1,58 (0,97 - 2,56)	0,0638						
relative Armut								
Relative Armut	1,80 (0,99 - 3,27)	0,0534	1,43 (0,76 - 2,69)	0,2727	1,17 (0,60 - 2,27)	0,6446	0,86 (0,42 - 1,75)	0,6710
Prekärer Wohlstand	1,16 (0,61 - 2,21)	0,6557	1,04 (0,53 - 2,02)	0,9158	0,94 (0,48 - 1,85)	0,8668	0,80 (0,40 - 1,63)	0,5426
keine Angabe	1,59 (1,09 - 2,31)	0,0157	1,53 (1,05 - 2,24)	0,0274	1,43 (0,97 - 2,12)	0,0721	0,14 (0,89 - 2,02)	0,1682
Alleinerziehend								
ja	1,15 (0,72 - 1,85)	0,5608						
Arbeitslos								
ja	1,25 (0,62 - 2,53)	0,5323						
Crowding								
ja	1,67 (1,18 - 2,36)	0,0039			1,21 (0,82 - 1,77)	0,3435	1,23 (0,82 - 1,86)	0,3132
Wohnen im Mehrfamilienhaus								
ja	2,63 (1,61 - 4,30)	<0,0001			2,39 (1,42 - 4,02)	0,0010	1,84 (1,08 - 3,15)	0,0255
häufiger LKW-Verkehr								
ja	5,20 (3,63 - 7,46)	<0,0001					4,56 (3,14 - 6,62)	<0,0001
Intercept			-2,0310	<0,0001	-2,7377	<0,0001	-3,1252	<0,0001
R <sup>2</sup>			0,0167		0,0434		0,1503	

#### 6.4 Subjektive Lärmbelästigung

Die im Elternfragebogen am häufigsten angegebene Quelle für Lärmbelästigung ist der Straßenverkehr (Tabelle 11). Fast 10% der antwortenden Eltern fühlen sich tagsüber in ihrem Wohnumfeld durch Straßenverkehrslärm mittelmäßig bis äußerst stark gestört, nachts sind es noch 4,5%. Weitere häufig genannte Lärmquellen tagsüber sind Nachbarn und Bauarbeiten mit jeweils 5,6%. Seltener stören Gaststätten/Diskotheiken sowie Sport- und Freizeitanlagen. Nachts sind häufig Nachbarn eine störende Lärmquelle, alle anderen Lärmquellen liegen bei ca. 1%.

*Tabelle 11: Lärmbelästigung durch verschiedene Lärmquellen tagsüber und nachts, Studienpopulation gesamt*

	tagsüber		nachts	
	überhaupt nicht bis etwas gestört N (%)	mittelmäßig bis äußerst stark gestört N (%)	überhaupt nicht bis etwas gestört N (%)	mittelmäßig bis äußerst stark gestört N (%)
Straßenverkehr	5850 (90,2)	633 (9,8)	6191 (95,5)	292 (4,5)
Flugverkehr	6337 (97,8)	146 (2,3)	6450 (99,5)	33 (0,5)
Schienenverkehr	6324 (97,6)	159 (2,5)	6397 (98,7)	86 (1,3)
Industrie, Gewerbe	6396 (98,7)	87 (1,3)	6455 (99,6)	28 (0,4)
Bauarbeiten	6120 (94,4)	363 (5,6)	6438 (99,3)	45 (0,7)
Gaststätten, Diskotheken	6432 (99,2)	51 (0,8)	6430 (99,2)	53 (0,8)
Sport- und Freizeitanlagen	6439 (9,3)	44 (0,7)	6460 (99,7)	23 (0,4)
Kinderspielplätze	6358 (98,1)	125 (1,9)	6447 (94,4)	36 (0,6)
Nachbarn	6119 (94,4)	364 (5,6)	6241 (96,3)	242 (3,7)

In der Studienpopulation München wird am häufigsten der Straßenverkehr als störende Lärmquelle empfunden (Tabelle 12). 16,2% der Eltern fühlen sich tagsüber durch Straßenverkehrslärm mittelmäßig bis äußerst stark gestört, 7,4% nachts. Tagsüber sind Baustellen die am zweithäufigsten genannte störende Lärmquelle, gefolgt von Nachbarn mit 9,4%. Weniger häufig werden Sport- und Freizeitanlagen, Gaststätten/Diskotheiken und Flugverkehr genannt. Nachts fühlen sich 7,4% der Eltern durch Nachbarn gestört, genauso viele wie durch Straßenverkehr. Alle anderen Lärmquellen werden nachts als weniger belästigend empfunden, bzw. sind

nicht vorhanden.

*Tabelle 12: Lärmbelästigung durch verschiedene Lärmquellen tagsüber und nachts, Studienpopulation München*

	tagsüber		nachts	
	überhaupt nicht bis etwas gestört N (%)	mittelmäßig bis äußerst stark gestört N (%)	überhaupt nicht bis etwas gestört N (%)	mittelmäßig bis äußerst stark gestört N (%)
Straßenverkehr	1094 (83,8)	211 (16,2)	1208 (92,6)	97 (7,4)
Flugverkehr	1288 (98,7)	17 (1,3)	1297 (99,4)	8 (0,6)
Schienenverkehr	1241 (95,1)	64 (4,9)	1269 (97,2)	36 (2,8)
Industrie, Gewerbe	1279 (98,0)	26 (2,0)	1296 (99,3)	9 (0,7)
Bauarbeiten	1128 (86,4)	177 (13,6)	1276 (97,8)	29 (2,2)
Gaststätten, Diskotheken	1288 (98,7)	17 (1,3)	1291 (98,9)	14 (1,1)
Sport- und Freizeitanlagen	1290 (98,9)	15 (1,2)	1296 (99,3)	9 (0,7)
Kinderspielplätze	1262 (96,7)	43 (3,3)	1292 (99,0)	13 (1,0)
Nachbarn	1183 (90,7)	122 (9,4)	1208 (92,6)	97 (7,4)

#### 6.4.1 Lärmbelästigung nach sozialer Lage

Tabelle 13 zeigt die Lärmbelästigung durch Straßenverkehr nach sozio-ökonomischen Gruppen. Bezüglich Geschlecht des Kindes und elterlicher Bildung unterscheiden sich die Gruppen nicht in der subjektiven Lärmbelästigung. Signifikante Unterschiede zeigen sich nach GME-Region, hier fühlen sich insbesondere die Münchner Eltern tagsüber und nachts stark durch Lärm belästigt. Eltern, deren Haushalts-Nettoäquivalenzeinkommen unter der relativen Armutsgrenze liegt, geben ebenfalls hoch signifikant häufiger an, unter Lärmbelästigung zu leiden. Tagsüber leiden 17,6% der ärmeren Eltern unter Lärm, dagegen nur knapp 10% der Eltern über der Armutsgrenze. Alleinerziehende, Arbeitslose bzw. geringfügig Beschäftigte und Eltern mit Kindern ohne deutsche Staatsbürgerschaft sind tagsüber stärker durch Lärm belästigt, nachts zeigt sich bei beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied.

Tabelle 13: Lärmbelastigung durch Straßenverkehr nach Faktoren der sozialen Lage

	Studienpopulation gesamt		Studienpopulation München	
	tagsüber	nachts	tagsüber	nachts
	<b>mittelmäßig bis äußerst stark gestört</b> N (% der jew. Gruppe)	<b>mittelmäßig bis äußerst stark gestört</b> N (% der jew. Gruppe)	<b>mittelmäßig bis äußerst stark gestört</b> N (% der jew. Gruppe)	<b>mittelmäßig bis äußerst stark gestört</b> N (% der jew. Gruppe)
Geschlecht	p=0,7132	p=0,4687	p=0,2998	p=0,6144
Mädchen	284 (9,6)	127 (4,3)	99 (17,4)	40 (7,0)
Jungen	394 (9,9)	165 (4,7)	112 (15,2)	57 (7,8)
Region	p<0,0001	p<0,0001		
München	211 (16,2)	97 (7,4)		
Ingolstadt	104 (9,3)	48 (4,3)		
Günzburg	107 (8,6)	48 (3,9)		
Bamberg	117 (7,8)	52 (3,5)		
Schwandorf	94 (7,1)	47(3,6)		
Elterliche Bildung	p=0,2447	p=0,1058	p=0,0648	p=0,5905
sehr hoch	160 (9,7)	87 (5,3)	81 (15,3)	37 (7,0)
hoch	93 (10,9)	41 (4,8)	36 (16,0)	18 (8,0)
mittel	184 (8,8)	76 (3,7)	43 (14,2)	19 (6,3)
niedrig	173 (2,7)	77 (4,6)	46 (22,6)	19 (9,3)
Armut	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0171	p=0,0010
Relative Armut	65 (17,6)	35 (9,5)	28 (25,5)	18 (16,4)
Prekärer Wohlstand	59 (16,0)	25 (6,8)	22 (20,8)	11 (10,4)
Keine Armut	223 (8,9)	106 (4,2)	84 (14,8)	36 (6,3)
Keine Angabe	286 (8,8)	126 (3,9)	77 (14,8)	32 (6,1)
Staatsbürgerschaft des Kindes	p=0,0137	p=0,0847	p=0,9839	p=0,6136
deutsch/doppelt	577 (9,5)	267 (4,4)	33 (16,0)	17 (8,3)
nicht deutsch	51 (13,4)	24 (6,3)	174 (16,0)	79 (7,3)
Allein erziehend	p=0,0002	p=0,3234	p=0,0093	p=0,4213
ja	99 (13,7)	38 (5,3)	43 (22,8)	17 (9,0)
nein	528 (9,3)	252 (4,4)	166 (15,2)	80 (7,3)
Erwerbstätigkeit	p<0,0001	p=0,0037	p=0,0041	p=0,1832
arbeitslos/geringfügig	62 (15,9)	29 (7,5)	20 (28,6)	8 (11,2)
erwerbstätig	556 (9,4)	255 (4,3)	187 (15,5)	86 (7,2)

Wie in der Studienpopulation gesamt fühlen sich auch Münchner Eltern, deren Einkommen unter der relativen Armutsgrenze liegt, stärker durch Straßenverkehrs-

lärm belästigt als Eltern mit höherem Einkommen. Ein Viertel der Ärmere gibt eine starke Belästigung tagsüber an, nachts 16,4%, demgegenüber nur 15,7% der Eltern über der Armutsgrenze (7% nachts). Allein erziehende Eltern fühlen sich tagsüber stärker durch Lärm belästigt, wie auch geringfügig beschäftigte und arbeitslose Eltern. Keine statistischen Unterschiede gibt es in den Faktoren Geschlecht, Bildung und Staatsbürgerschaft.

#### 6.4.2 Lärmbelästigung nach Wohnbedingungen

In allen Variablen der Wohnbedingungen sind die Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich Lärmbelästigung durch Straßenverkehr hoch signifikant (Tabelle 14). Besonders stark belästigt fühlen sich Eltern, in deren Wohnstraße häufig Stau ist (tagsüber 53%, nachts 28,3%). Jeweils fast ein Drittel der Eltern, die an Hauptstraßen wohnen oder die durch häufigen LKW-Verkehr in der Wohnstraße belastet sind, geben eine starke Belästigung tagsüber an, nachts sind es noch ca. 15%.

*Tabelle 14: Lärmbelästigung durch Straßenverkehr nach Wohnbedingungen*

	Studienpopulation gesamt		Studienpopulation München	
	tagsüber	nachts	tagsüber	nachts
	mittelmäßig bis äußerst stark gestört N (% der jew. Gruppe)			
Wohnen an				
Hauptstraße	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
ja	359 (31,6)	172 (15,1)	119 (48,4)	58 (23,6)
nein	268 (5,1)	117 (2,2)	90 (8,7)	39 (3,8)
Mehrfamilienhaus/ Hochhaus	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0046
ja	335 (15,2)	152 (6,9)	180 (18,9)	83 (8,7)
nein	293 (7,0)	138 (3,3)	28 (8,5)	13 (4,0)
Crowding	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0012	p=0,0194
ja	164 (14,6)	77 (6,9)	91 (20,1)	43 (9,8)
nein	451 (8,8)	209 (4,1)	113 (13,7)	51 (6,2)
häufig LKW- Verkehr	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
ja	470 (31,8)	217 (14,7)	167 (43,2)	76 (19,7)
nein	162 (3,3)	74 (1,5)	44 (4,9)	21 (2,4)
häufig Stau	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
ja	182 (53,1)	97 (28,3)	94 (64,0)	50 (34,0)
nein	450 (7,4)	194 (3,2)	117 (10,3)	47 (4,2)

Ähnlich wie in der Studienpopulation gesamt sind bei den Münchner Eltern die Unterschiede in der Lärmbelastigung für fast alle Variablen der Wohnbedingungen hoch signifikant. Fast zwei Drittel der Eltern, in deren Wohnstraße häufig Stau ist, fühlen sich durch Straßenverkehrslärm tagsüber stark belästigt gegenüber nur 10% der Eltern, die nicht über Stau in der Wohnstraße klagen. Nachts wird ein Drittel der Eltern mit häufigem Stau in der Straße durch Lärm gestört. Befragte, die an einer Hauptstraße wohnen, geben zur Hälfte an, dass sie sich tagsüber durch Lärm gestört fühlen, nachts ist es etwa ein Viertel. Ein weiterer wichtiger Faktor ist häufiger LKW-Verkehr in der Wohnstraße. 43,2% der Eltern mit hoher Belastung durch LKW-Verkehr fühlen sich durch Lärm tagsüber gestört gegenüber nur 5% der Eltern ohne häufigen LKW-Verkehr. Signifikant, aber geringer ausgeprägt ist der Zusammenhang zwischen Lärmbelastigung tagsüber und Crowding. Münchener Befragte in Wohnungen mit hoher Belegungsdichte geben eine stärkere Lärmbelastigung an (20,1% vs. 13,7%).

#### 6.4.3 Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Lärmbelästigung

Tabelle 15 zeigt die Korrelationskoeffizienten zwischen subjektiver Lärmbelästigung und objektiver Lärmbelastung. Die Zusammenhänge sind statistisch hoch signifikant, d.h. Eltern, die sich stark durch Lärm belästigt fühlen, sind auch objektiv stärker belastet. Die Korrelation zwischen den Variablen liegt zwischen  $r=0,23$  und  $r=0,30$  und zeigt damit lediglich einen mittleren positiven Zusammenhang.

*Tabelle 15: Lärmbelästigung nach Lärmbelastung, Studienpopulation München*

	<b>LDEN (24 Stunden)</b>	<b>LNight (22-6 Uhr)</b>
	<b>hohe Belastung</b>	<b>hohe Belastung</b>
	<b>(<math>\geq 60</math> dB(A))</b>	<b>(<math>\geq 50</math> dB(A))</b>
	<b>N (% der jew. Gruppe)</b>	<b>N (% der jew. Gruppe)</b>
Lärmbelästigung tagsüber	$p < 0,0001$ , $r = 0,30^*$	$p < 0,0001$ , $r = 0,23^*$
ja	65 (37,6)	67 (38,7)
nein	83 (9,3)	92 (10,3)
Lärmbelästigung nachts	$p < 0,0001$ , $r = 0,30^*$	$p < 0,0001$ , $r = 0,24^*$
ja	34 (42,0)	36 (44,4)
nein	114 (11,6)	123 (12,5)

\*Korrelationskoeffizient nach Spearman

Der Anteil der stark bis äußerst stark Belästigten steigt mit dem Lärmpegel sowohl tagsüber als auch nachts. Liegt er bei unter 65 dB(A) (LDEN) bzw. unter 55 dB(A)

(LNight) noch unter 10 Prozent, zeigt sich bei höheren Lärmpegeln ein starker Anstieg des Anteils stark belästigter Personen (bis zu 39% bei über 70 dB(A) (LDEN) bzw. 20% bei über 60 dB(A) (LNight)). Die Fallzahlen sind allerdings in den einzelnen Subgruppen sehr klein (0-14 Personen). Abbildungen 10 und 11 zeigen die entsprechenden Liniendiagramme, die auch als Miedema-Kurven bekannt sind (Miedema und Vos 1998).

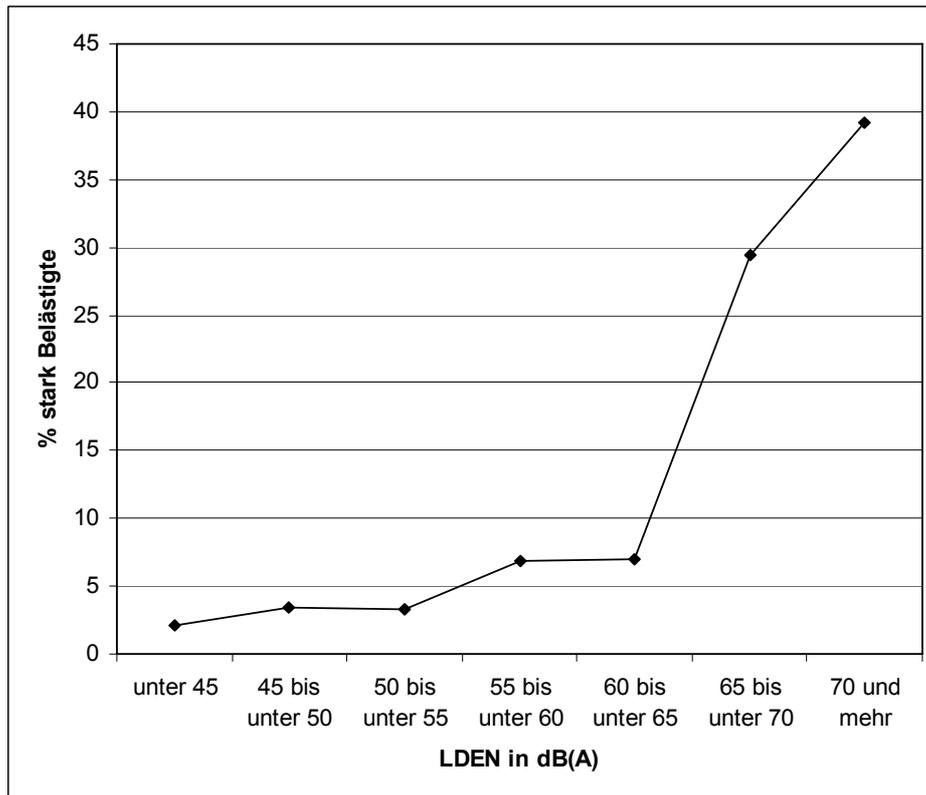


Abbildung 10: Anteil stark belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln (LDEN).

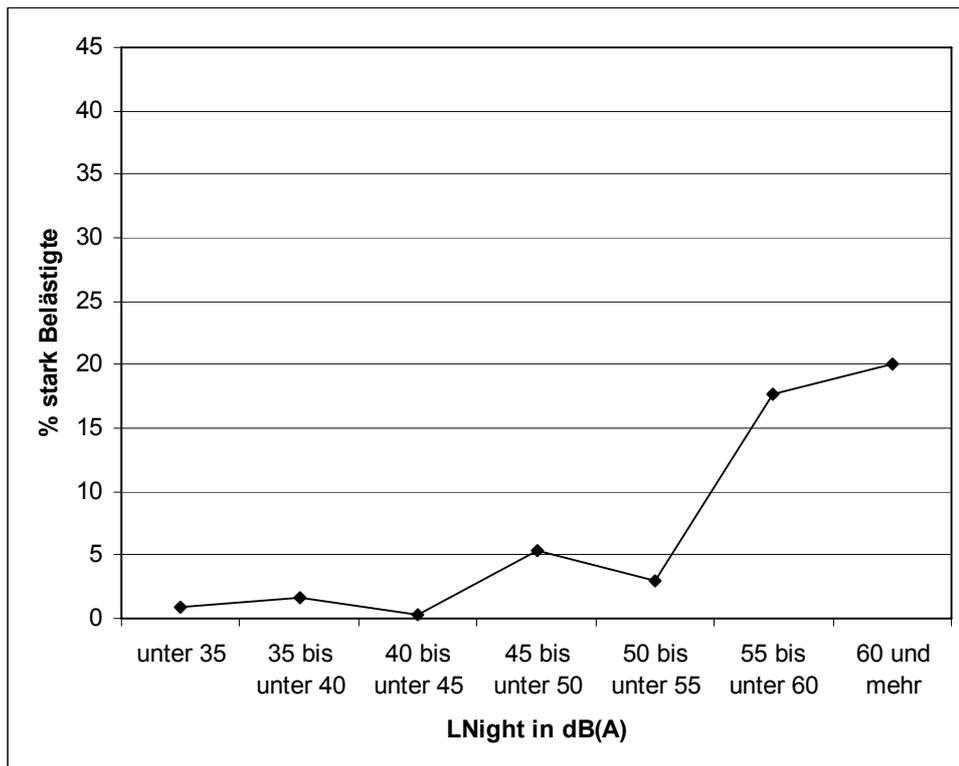


Abbildung 11: Anteil stark belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln (LNight).

#### 6.4.4 Einfluss der sozialen Lage auf den Zusammenhang zwischen Belastung und Belästigung

Im Folgenden werden die Anteile der Belästigten nach verschiedenen Faktoren der sozialen Lage stratifiziert dargestellt (Abbildungen 12-15). Da die Anzahl der Befragten mit valider Adressangabe bei nur 1063 liegt, sind die Zellenbesetzungen gerade bei den stark bis sehr stark Belästigten sehr niedrig und in vielen Fällen gleich null. Daher wird in den folgenden Abbildungen der Anteil der „überhaupt nicht“ Belästigten dargestellt bzw. derer, die angaben, die Quelle Straßenverkehr sei nicht vorhanden vor dem Schlafzimmerfenster des Kindes. Aber auch hier sind die Anzahlen in den einzelnen Zellen zum Teil sehr gering, so dass mit diesen Auswertungen lediglich Trendaussagen möglich sind.

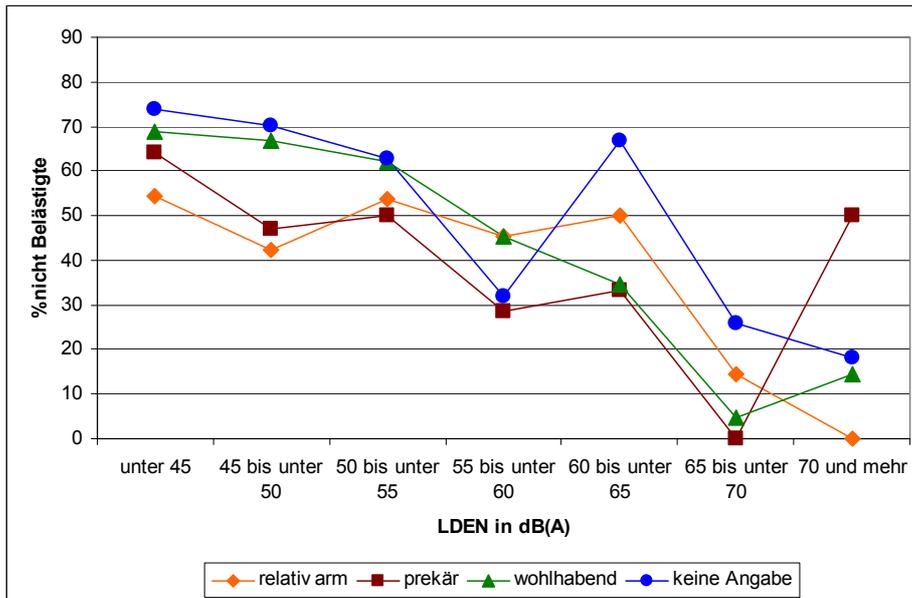


Abbildung 12: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach „Einkommensklassen“

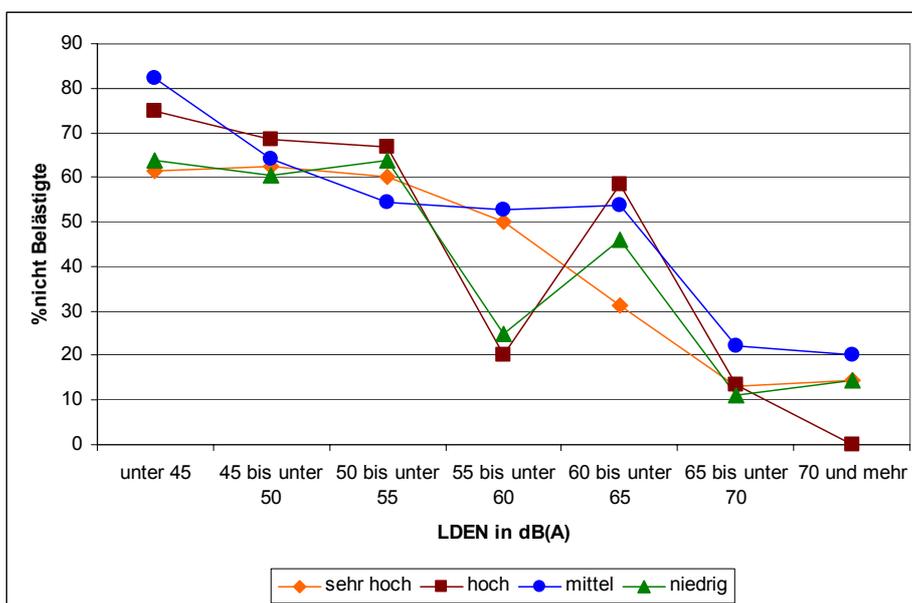


Abbildung 13: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach „Bildungsstand“

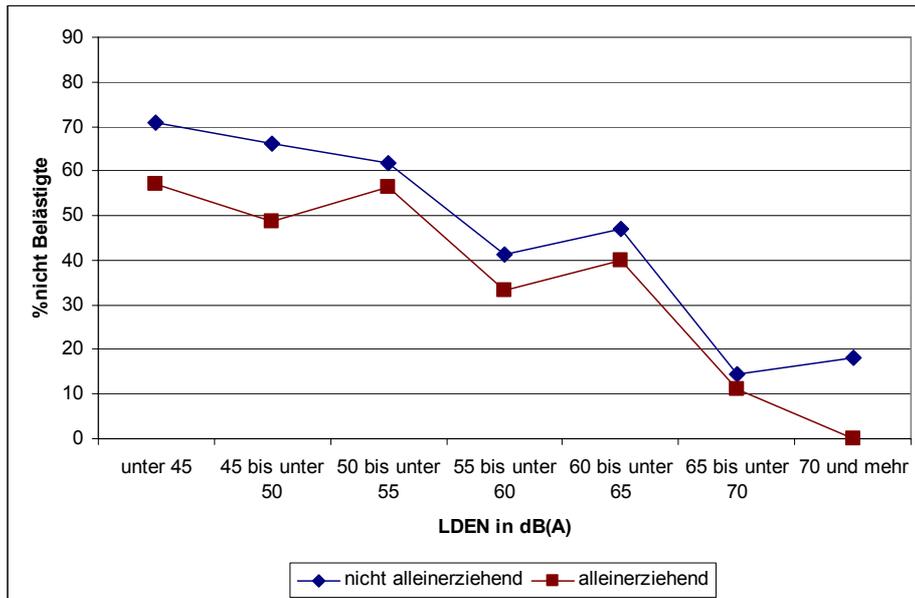


Abbildung 14: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach „Alleinerziehend“

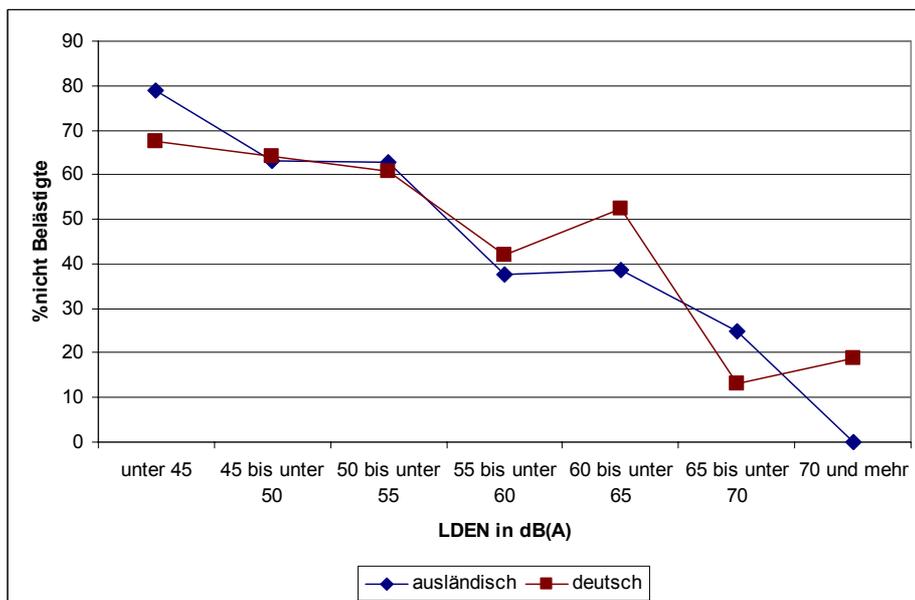


Abbildung 15: Miedema-Kurven: Anteil nicht belästigter Eltern bei bestimmten Lärmpegeln, stratifiziert nach Staatsangehörigkeit des Kindes

Unterschiede sind zwar in den einzelnen Pegelbereichen zwischen den Gruppen festzustellen, allerdings sind große Schwankungen erkennbar, so dass keine systematische Verzerrung der Lärmbelastigung nach Bildung, Einkommen und Staatsbürgerschaft des Kindes festzustellen ist. Einzig die Alleinerziehenden scheinen sich in allen Pegelbereichen seltener nicht gestört zu fühlen als die Nicht Alleiner-

ziehenden (Abbildung 14). Die Hypothese, dass sich sozial Bessergestellte systematisch bei bestimmten Lärmpegeln häufiger gestört fühlen als sozial Benachteiligte, lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht bestätigen.

Aus diesen Analysen wird deutlich, dass sich die tatsächliche Lärmbelastung auch durch die in Fragebögen erhobene subjektive Lärmbelastigung abbilden lässt. Die Korrelationen zeigen zwar lediglich einen mittleren signifikanten Zusammenhang, allerdings steigt der Anteil der stark Belästigten mit dem Lärmpegel stetig an. Starke Lärmbelastigung ist also ein guter Marker für das Ausmaß der Exposition.

#### **6.4.5 Einflussfaktoren auf Lärmbelastigung**

Im Folgenden werden die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen objektiver Belastung und subjektiver Belästigung durch multivariate Datenanalysen des Münchner Teildatensatzes ergänzt. Zunächst werden logistische Regressionsmodelle vorgestellt, im Anschluss daran wird in Mehrebenen-Analysen der Effekt des Schulsprenghels mit einbezogen.

In den Tabellen 16 und 17 sind die unadjustierten, rohen Odds Ratios und mehrere multivariate Modelle dargestellt.

Wie im Fall der objektiven Lärmbelastigung, haben auf die Lärmbelastigung die Wohnbedingungen den größten Einfluss. Zwar haben Eltern mit niedrigem Bildungsstand, Arbeitslose, Alleinerziehende und relativ arme Personen eine höhere Odds Ratio für mittelmäßige bis äußerst starke Lärmbelastigung tagsüber, allerdings verschwindet der Effekt nach Adjustierung für die Wohnbedingungen und Lärmbelastigung. Lediglich Alleinerziehende scheinen sich auch nach Adjustierung tagsüber stärker belästigt zu fühlen als nicht Alleinerziehende (OR: 1,82; KI: 1,01-3,27). Den größten hochsignifikanten Effekt auf Lärmbelastigung hat häufiger LKW-Verkehr in der Wohnstraße, unabhängig von der tatsächlichen Lärmbelastigung.

Bei der Lärmbelastigung nachts sind die Effekte nicht so ausgeprägt, auch hier haben LKW-Verkehr und objektive Lärmexposition den größten Einfluss in den multivariaten Modellen. Von den Faktoren der sozialen Lage hat nur relative Armut einen Einfluss im unadjustierten Modell, der Effekt ist allerdings nach Adjustierung nicht mehr signifikant.

Tabelle 16: Einflussfaktoren auf mittelmäßige bis äußerst starke Lärmbelastigung tagsüber, rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi<sup>2</sup>-Test), Studienpopulation München

Variable	bivariates logistisches Regressionsmodell		Modell 1: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage		Modell 2: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage und Wohnbedingungen		Modell 3: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage, Wohnbedingungen und häufiger LKW-Verkehr	
	Rohes OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert
Staatsbürgerschaft des Kindes								
nicht deutsch	1,00 (0,67 - 1,50)	0,9839						
Bildungsstand der Eltern								
hoch	1,08 (0,71 - 1,65)	0,7263	0,98 (0,64 - 1,52)	0,9411				
mittel	0,94 (0,63 - 1,39)	0,7454	0,84 (0,56 - 1,27)	0,4061				
niedrig	1,65 (1,11 - 2,46)	0,0144	1,31 (0,84 - 2,03)	0,2312				
relative Armut								
arm	1,97 (1,21 - 3,20)	0,0065	1,59 (0,95 - 2,68)	0,0793	1,34 (0,69 - 2,60)	0,3880	1,00 (0,48 - 2,12)	0,9929
prekärer Wohlstand	1,51 (0,89 - 2,55)	0,1234	1,34 (0,78 - 2,31)	0,2878	1,39 (0,74 - 2,60)	0,3069	1,23 (0,61 - 2,49)	0,5654
keine Angabe	1,0 (0,68 - 1,28)	0,9965	0,88 (0,62 - 1,26)	0,4927	0,82 (0,53 - 1,26)	0,3589	0,81 (0,50 - 1,31)	0,3891
Alleinerziehend								
ja	1,65 (1,13 - 2,40)	0,0099	1,52 (1,01 - 2,27)	0,0437	1,61 (0,96 - 2,70)	0,0723	1,82 (1,01 - 3,27)	0,0449
Arbeitslos								
ja	2,17 (1,27 - 3,74)	0,005	1,56 (0,86 - 2,85)	0,1470				
Crowding								
ja	1,65 (1,22 - 2,24)	0,0013			1,31 (0,86 - 1,99)	0,2053	1,44 (0,91 - 2,27)	0,1234
Wohnen im Mehrfamilienhaus								
ja	2,51 (1,65 - 3,82)	<0,0001			1,80 (1,05 - 3,07)	0,0314	1,40 (0,79 - 2,50)	0,2536
Lüften im Sommer und Winter								
ja	0,37 (0,26 - 0,51)	<0,0001			0,54 (0,36 - 0,82)	0,0037	0,60 (0,37 - 0,96)	0,0340
Lärmbelastung								
60 dB(A) und mehr	5,85 (4,00 - 8,57)	<0,0001			5,27 (3,44 - 8,08)	<0,0001	2,69 (1,64 - 4,42)	<0,0001
häufiger LKW-Verkehr								
ja	14,65 (10,18 - 21,07)	<0,0001					11,89 (7,59 - 18,61)	<0,0001
Intercept			-1,7748	<0,0001	-2,1800	<0,0001	-3,1501	<0,0001
R <sup>2</sup>			0,0275		0,1769		0,3845	

Tabelle 17: Einflussfaktoren auf mittelmäßige bis äußerst starke Lärmbelästigung nachts, rohe und adjustierte Odds Ratio (OR) mit 95% Konfidenzintervall (KI), p-Wert (Chi<sup>2</sup>-Test), Studienpopulation München

Variable	bivariates logistisches Regressionsmodell		Modell 1: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage		Modell 2: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage und Wohnbedingungen		Modell 3: multivariate logistische Regression mit Faktoren der sozialen Lage, Wohnbedingungen und häufiger LKW-Verkehr	
	Rohe OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustierte OR (95%-KI)	p-Wert
Staatsbürgerschaft des Kindes								
nicht deutsch	1,15 (0,67 - 1,98)	0,6138						
Bildungsstand der Eltern								
hoch	1,13 (0,63 - 2,01)	0,6817						
mittel	0,87 (0,50 - 1,52)	0,6224						
niedrig	1,33 (0,76 - 2,36)	0,3221						
relative Armut								
Relative Armut	2,89 (1,58 - 5,31)	0,0006	2,89 (1,58 - 5,31)	0,0006	2,05 (0,93 - 4,48)	0,0741	1,85 (0,81 - 4,20)	0,1429
prekärer Wohlstand	1,71 (0,84 - 3,48)	0,1379	1,71 (0,84 - 3,48)	0,1379	1,31 (0,56 - 3,07)	0,5358	1,15 (0,47 - 2,80)	0,7599
keine Angabe	0,97 (0,59 - 1,58)	0,8938	0,97 (0,59 - 1,58)	0,8938	0,80 (0,44 - 1,44)	0,4504	0,78 (0,42 - 1,45)	0,4327
Alleinerziehend								
ja	1,25 (0,72 - 2,17)	0,4219						
Arbeitslos								
ja	1,68 (0,78 - 3,61)	0,1877						
Crowding								
ja	1,65 (1,08 - 2,52)	0,0204			1,19 (0,70 - 2,05)	0,5182	1,26 (0,72 - 2,03)	0,4177
Wohnen im Mehrfamilienhaus								
ja	2,32 (1,28 - 4,23)	0,0058			1,75 (0,83 - 3,72)	0,1446	1,35 (0,92 - 2,94)	0,4516
Lüften im Sommer und Winter								
ja	0,41 (0,26 - 0,65)	<0,0001			0,68 (0,39 - 1,19)	0,1801	0,85 (0,47 - 1,55)	0,6043
Lärmbelastung (LNight)								
50 dB(A) und mehr	5,59 (3,47 - 9,00)	<0,0001			4,85 (2,83 - 8,32)	<0,0001	2,93 (1,63 - 5,28)	0,0004
häufiger LKW-Verkehr								
ja	10,15 (6,15 - 16,73)	<0,0001					7,72 (4,18 - 14,26)	<0,0001
Intercept			-2,6931	<0,0001	-3,2039	<0,0001	-4,0979	<0,0001
R <sup>2</sup>			0,0247		0,1327		0,2509	

#### 6.4.6 Einfluss des Schulsprengels auf Lärmbelastigung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Multilevel-Analysen dargestellt. Dabei wird berücksichtigt, dass die Münchner Eltern in Schulsprengeln wohnen, die in sich größere Ähnlichkeiten aufweisen könnten als zwischen den Sprengeln.

Tabelle 18 und 19 zeigen die Beta- und Varianzschätzer für die im Methodenkapitel beschriebenen Modelle, Tabelle 20 die entsprechenden Odds Ratios für die festen Effekte. Im Nullmodell wird ersichtlich, dass es signifikante Unterschiede zwischen den Sprengeln gibt hinsichtlich der Lärmbelastigung durch Straßenverkehr. Werden allerdings weitere Variablen in das Modell mit aufgenommen, verliert sich der Effekt des Sprengels, d.h. die Sprengel zeigen nach Berücksichtigung der tatsächlichen Lärmexposition und von Faktoren der sozialen Lage wie relative Armut oder Alleinerziehend keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Lärmbelastigung.

Sowohl Lärmexposition, als auch die Variablen „Alleinerziehend“ und „relative Armut“ zeigen in den bivariaten Modellen mit festen Effekten eine positive signifikante Assoziation mit Lärmbelastigung. Der zufällige Effekt relative Armut zeigt keine signifikante Assoziation mit Lärmbelastigung, die Steigung der Regressionsgerade (slope) variiert also nicht. Das heißt, dass sich der Zusammenhang zwischen relativer Armut und Lärmbelastigung zwischen den Sprengeln nicht unterscheidet. Da relative Armut als zufälliger Effekt nicht zur Erklärung der Unterschiede zwischen den Sprengeln beiträgt, wird in den folgenden Modellen dieser zufällige Effekt (random slopes) nicht mehr aufgenommen.

In den multivariaten Modellen ist die tatsächliche Exposition signifikant assoziiert mit Lärmbelastigung. Wie bereits im multivariaten logistischen Regressionsmodell haben Alleinerziehende auch nach Berücksichtigung des Sprengels eine etwa 70% höhere Odds, durch Lärm tagsüber belästigt zu sein, unabhängig von der tatsächlichen Lärmexposition.

Die im letzten Modell gerechnete Interaktion zwischen der individuellen und der Sprengelebene zeigt für relativ arme Personen in Sprengeln mit geringem Anteil an niedrigen Einkommensklassen eine signifikante Assoziation und ein OR von 2,1 (KI: 1,19-3,72). Relativ arme Personen in Sprengeln mit höherem Anteil an niedrigen Einkommensklassen haben dagegen kein erhöhtes Risiko für hohe Lärmbelastigung.





Tabelle 20: Odds Ratios (OR) und 95%-Konfidenzintervalle (95%-KI) für die Modelle mit der Zielgröße mittelmäßige bis sehr starke Lärmbelästigung tagsüber

	bivariate Modelle mit Lärmbelastung, relativer Armut, Einkommensklasse und Alleinerziehend als feste Effekte (rohe OR)		Multivariates Modell: Lärmbelastung und relative Armut als feste Effekte (rohe OR)		Multivariates Modell: Lärmbelastung und Alleinerziehend als feste Effekte		Multivariates Modell: Einkommensklasse und relative Armut als feste Effekte		Multivariates Modell: Einkommensklasse und relative Armut als feste Effekte und Cross-level Interaktion	
	OR	95%-KI	OR	95%-KI	OR	95%-KI	OR	95%-KI	OR	95%-KI
Lärmbelastung (LDEN) in dB(A)	1,11	1,08-1,13	1,11	1,08-1,13	1,11	1,08-1,13				
Relative Armut	1,79	1,07-3,00	1,76	0,94-3,30			1,78	1,06-2,99	2,10	1,19-3,72
Alleinerziehend	1,58	1,03-2,40			1,68	1,02-2,79				
Niedrige Einkommensklasse	1,32	0,48-3,60					1,23	0,45-3,35	1,41	0,50-3,96
<b>Interaktion</b>										
Relative Armut in Sprengeln mit hohem Anteil an niedrigen Einkommensklassen									0,47	0,13-1,67

## 6.5 Schlafstörungen

Wie im Kapitel 6.4.3 gezeigt wurde, lässt sich die tatsächliche Lärmexposition gut durch die in der Befragung ermittelte Lärmbelastigung abbilden. Daher wird zur Bestimmung der Einflussfaktoren auf Ein- und Durchschlafstörungen die Lärmbelastigung als Determinante einbezogen. Die logistische Regression kann daher mit dem Gesamtdatensatz gerechnet werden, für den nur Daten zur Lärmbelastigung aus dem Fragebogen vorliegen, aber keine Expositionsdaten. Die deskriptiven und bivariaten Ergebnisse werden allerdings auch für den Münchner Teildatensatz dargestellt.

Die durchschnittliche Schlafdauer der Kinder beträgt werktags 10,5 Stunden, am Wochenende 10,7 Stunden. 14% bzw. 12,7% der Eltern berichten von Ein- bzw. Durchschlafstörungen ihrer Kinder (Tabelle 21). Nur etwa 5% geben Lärmbelastigungen im Kinderschlafzimmer an. Nächtliches Aufwachen wird unter den Schlafstörungen am häufigsten angegeben (39,4%). Fast die Hälfte der Eltern beobachteten bei ihren Kindern Unkonzentriertheit und Ablenkbarkeit.

*Tabelle 21: Schlafgewohnheiten und Tagesbefindlichkeit der Kinder*

Item	Studienpopulation gesamt		Studienpopulation München	
	nicht zutreffend N (%)	eindeutig, teilweise zutreffend N (%)	nicht zutreffend N (%)	eindeutig, teilweise zutreffend N (%)
Fernsehen vor Zubettgehen	1401 (22,1)	4949 (77,9)	446 (35,3)	818 (64,7)
Einschlafprobleme	5487 (86,1)	868 (13,9)	1094 (85,9)	180 (14,1)
Durchschlafprobleme	5559 (87,3)	807 (12,7)	1097 (86,2)	175 (13,8)
Lärmbelastigungen im Kinderschlafzimmer	6045 (95,2)	307 (4,8)	1158 (91,4)	99 (8,6)
schläft nachts sehr unruhig	5479 (86,1)	884 (13,9)	1096 (86,4)	173 (13,6)
wacht nachts auf	3858 (60,6)	2504 (39,4)	761 (60,0)	508 (40,0)
wacht nur schwer auf	4669 (73,5)	1681 (26,5)	951 (75,2)	314 (24,8)
tagsüber oft müde	5412 (85,1)	951 (14,9)	1077 (84,9)	192 (15,1)
unruhig, überaktiv, kann nicht still sitzen	4364 (68,9)	1968 (31,1)	899 (70,8)	371 (29,2)
leicht ablenkbar, unkonzentriert	3327 (52,7)	2992 (47,3)	768 (60,7)	497 (39,3)
nervös, unruhig	5379 (85,3)	926 (14,7)	1109 (87,6)	157 (12,4)
ständig zappelig	5002 (79,7)	1278 (20,3)	997 (79,7)	254 (20,3)
quengelig, reizbar	4554 (72,6)	1720 (27,4)	951 (76,1)	298 (23,9)

Von den Münchner Eltern berichten 14,1% über Einschlafprobleme ihrer Kinder und 13,8% über Durchschlafprobleme. Nächtliches Aufwachen ist mit 40% relativ häufig bei den Münchener Kindern. 8,6% der Eltern berichten über Lärmbelastigungen im Schlafzimmer ihrer Kinder. Bei den Fragen zur Tagesbefindlichkeit wird am häufigsten Unkonzentriertheit und leichte Ablenkbarkeit genannt (39,3%)

### 6.5.1 Schlafstörungen nach Sozialstatus

Im Folgenden werden für Schlafgewohnheiten Ergebnisse zu Ein- und Durchschlafstörungen (Frage 37, Items 3 und 4) dargestellt.

*Tabelle 22: Ein- und Durchschlafstörungen (eindeutig und teilweise zutreffend) nach Faktoren der sozialen Lage*

	Studienpopulation gesamt		Studienpopulation München	
	Einschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)	Durchschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)	Einschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)	Durchschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)
Geschlecht	p=0,0281	p=0,5799	p=0,3291	p=0,1503
Mädchen	434 (14,9)	375 (12,9)	85 (15,2)	68 (12,2)
Jungen	452 (13,0)	432 (12,5)	95 (13,3)	107 (15,0)
Alter	p=0,2301	p=0,1055	p=0,2516	p=0,8581
unter 5,5 Jahre	155 (14,2)	158 (14,4)	40(12,0)	49 (14,7)
5,5 bis unter 6 Jahre	328 (13,0)	299 (11,9)	94 (14,4)	88 (13,5)
6 Jahre und älter	324 (14,7)	274 (12,5)	44 (16,8)	35 (13,4)
Elterliche Bildung	p=0,7630	p=0,7740	p=0,4140	p=0,5598
sehr hoch	235 (14,4)	217 (13,3)	69 (13,2)	73 (13,9)
hoch	120 (14,4)	100 (12,0)	30 (13,8)	23 (10,5)
mittel	274 (13,3)	256 (12,4)	38 (12,7)	43 (14,4)
niedrig	227 (13,9)	210 (12,8)	35 (17,6)	28 (14,1)
Armut	p=0,2569	p=0,1306	p=0,9266	p=0,5320
relative Armut	58 (16,3)	47 (13,2)	15 (14,3)	17 (16,2)
Prekärer Wohlstand	58 (15,9)	54 (14,9)	13 (12,3)	13 (12,3)
Keine Armut	351 (14,1)	335 (13,5)	83 (14,7)	84 (14,9)
Keine Angabe	419 (13,2)	371 (11,7)	69 (13,9)	61 (12,3)
Staatsbürgerschaft des Kindes	p=0,2620	p=0,9544	p=0,9450	p=0,1536
deutsch/doppelt	842 (14,1)	761 (12,7)	151 (14,1)	142 (13,3)
nicht deutsch	43 (11,9)	45 (12,6)	28 (14,3)	33 (17,1)
Allein erziehend	p=0,0023	p=0,0730	p=0,1958	p=0,0898
ja	125 (17,6)	105 (14,9)	32 (17,3)	33 (17,9)
nein	750 (13,4)	698 (12,5)	147 (13,7)	142 (13,3)
Erwerbstätigkeit	p=0,3937	p=0,2299	p=0,0298	p=0,9349
arbeitslos	58 (15,4)	40 (10,7)	15 (23,1)	9 (13,9)
erwerbstätig	807 (13,8)	749 (12,8)	160 (13,5)	160 (13,5)

Signifikante Unterschiede zeigen sich für Einschlafstörungen nur zwischen Mädchen (14,9%) und Jungen (13%) sowie für den Faktor Alleinerziehend (Tabelle 22). Für alle anderen Variablen lässt sich kein Zusammenhang mit Schlafstörungen erkennen. Im Gegensatz zur Studienpopulation gesamt gibt es in der Münchner Teilpopulation vor allem aufgrund der geringeren Fallzahl für keine der analysierten Faktoren einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit Schlafstörungen. Im Trend kann man allerdings auch bei Kindern von Alleinerziehenden einen höheren Anteil an Schlafstörungen erkennen.

### **6.5.2 Schlafgewohnheiten nach Wohnbedingungen und Lärmbelastigung**

Häufiger LKW-Lärm und Stau in der Wohnstraße hängen signifikant mit Ein- und Durchschlafstörungen der Kinder zusammen (Tabelle 23). Eltern, die sich tagsüber besonders durch Lärm belästigt fühlen, geben auch häufiger Ein- und Durchschlafstörungen ihrer Kinder an. Dasselbe zeigt sich bei Durchschlafstörungen für Lärmbelastigung nachts.

Vor allem Lärmbelastigung tagsüber scheint bei Münchner Kindern einen Einfluss auf Ein- und Durchschlafstörungen zu haben. Jeweils etwa ein Fünftel der Eltern, die sich tagsüber durch Lärm belästigt fühlen, gibt auch Schlafstörungen ihrer Kinder an. Lärmbelastigung nachts zeigt keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit Schlafstörungen, jedoch lässt sich ein Trend erkennen, dass Eltern, die sich stärker belästigt fühlen, häufiger Schlafstörungen ihrer Kinder angeben. Wohnen an der Hauptstraße und häufiger LKW-Verkehr beeinflusst besonders das Einschlafen, häufiger Stau in der Wohnstraße hängt mit Durchschlafstörungen zusammen.

*Tabelle 23: Ein- und Durchschlafstörungen (eindeutig und teilweise zutreffend) nach Wohnbedingungen und Straßenverkehrslärm*

	Studienpopulation gesamt		Studienpopulation München	
	Einschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)	Durchschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)	Einschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)	Durchschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)
Wohnen an Hauptstraße	p=0,3248	p=0,6178	p=0,0211	p=0,2377
ja	166 (14,8)	147 (13,2)	45 (18,8)	38 (16,0)
nein	708 (13,7)	653 (12,6)	133 (13,1)	133 (13,1)
Wohnen im Hochhaus	p=0,7220	p=0,3748	p=0,8029	p=0,0775
ja	302 (14,1)	262 (12,2)	134 (14,4)	118 (12,7)
nein	568 (13,7)	537 (13,0)	45 (13,9)	54 (16,6)
Crowding	p=0,9800	p=0,9630	p=0,5102	p=0,1380
ja	151 (13,9)	139 (12,7)	56 (13,2)	49 (11,5)
nein	706 (13,9)	643 (12,7)	119 (14,5)	119 (14,5)
häufig LKW-Verkehr	p=0,0035	p=0,0036	p=0,0227	p=0,5062
ja	235 (16,2)	216 (14,9)	67 (17,8)	56 (14,9)
nein	640 (13,2)	583 (12,0)	113 (12,9)	118 (13,4)
häufig Stau	p=0,0556	p=0,0095	p=0,1507	p=0,0320
ja	58 (17,4)	57 (17,3)	26 (18,2)	28 (19,6)
nein	818 (13,7)	743 (12,4)	153 (13,7)	145 (13,0)
Lärmbelästigung tagsüber	p=0,0044	p=0,0022	p=0,0024	p=0,0100
ja	110 (17,7)	103 (16,6)	43 (20,9)	40 (19,4)
nein	776 (13,5)	704 (12,3)	137 (12,8)	135 (12,7)
Lärmbelästigung nachts	p=0,1735	p=0,0423	p=0,0877	p=0,1397
ja	48 (16,6)	48 (16,6)	19 (20,0)	18 (18,8)
nein	838 (13,8)	759 (12,5)	161 (13,7)	157 (13,4)

### 6.5.3 Schlafstörungen nach Lärmbelastung

Tabelle 24 zeigt den Zusammenhang zwischen der objektiven Lärmbelastung und Schlafstörungen. Jeweils etwa 20% der Kinder, die über 24 Stunden bzw. nachts durch hohe Lärmpegel belastet sind, weisen häufiger Einschlafstörungen auf, gegenüber 13 % der Kinder, die weniger stark belastet sind. Mit Durchschlafstörungen zeigt sich kein statistischer Zusammenhang.

Tabelle 24: Ein- und Durchschlafstörungen nach Lärmbelastung, Studienpopulation München

	<b>Einschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)</b>	<b>Durchschlafstörungen N (% der jew. Gruppe)</b>
hohe Lärmbelastung über 24 Stunden	p=0,0264	p=0,5962
ja	29 (20,1)	22 (15,4)
nein	119 (13,2)	124 (13,7)
hohe Lärmbelastung nachts	p=0,0235	p=0,5282
ja	31 (20,0)	24 (15,6)
nein	117 (13,1)	122 (13,7)

#### 6.5.4 Einflussfaktoren auf Ein- und Durchschlafstörungen

Die multivariate logistische Regression für die Zielvariablen Ein- und Durchschlafstörungen wurden mit der gesamten Studienpopulation der sechs GME-Regionen gerechnet. Die Variable Lärmbelastung durch Straßenverkehr tagsüber wurde in das Modell zu Einschlafstörungen aufgenommen, da davon auszugehen ist, dass Kinder im Alter 5-6 Jahre vor 22 Uhr ins Bett gehen. Für Durchschlafstörungen wurde ebenfalls die Lärmbelastung tagsüber gewählt, da in den bivariaten Analysen der Zusammenhang mit Durchschlafstörungen signifikant war.

In beiden multivariaten Modellen war Lärmbelastung nicht signifikant mit Ein- bzw. Durchschlafstörungen assoziiert (Tabellen 25 und 26). Regelmäßiges Schlafen im Elternbett erwies sich als Risikofaktor für Schlafstörungen der Kinder, die Odds Ratio für Durchschlafstörungen war dadurch fast sechs Mal höher. Die Kausalkette ist in diesem Fall nicht klar, wie auch bei den Variablen schlechter Gesundheitszustand und der Variable „Kind ist nervös, unruhig“, einem Merkmal für Tagesbefindlichkeit. Das Durchführen eines Einschlafrituals wie Lesen oder Singen war anscheinend ein Risikofaktor für Durchschlafstörungen.

Von den Faktoren der sozialen Lage waren keine signifikant mit Ein- oder Durchschlafstörungen assoziiert. Mädchen hatten eine 30% höhere Odds für Einschlafstörungen als Jungen. Von den Faktoren der Wohnbedingungen wurde, wie in den Modellen zu Lärmbelastung und Lärmbelastung, nur die Variable häufiger LKW-Verkehr in der Wohnstraße in das multivariate Modell aufgenommen, die aber ebenfalls nicht signifikant assoziiert war.

Tabelle 25: Einflussfaktoren auf Einschlafstörungen, rohe und adjustierte Odds Ratio(OR) mit 95% Konfidenzintervall (KI), p-Wert (Chi<sup>2</sup>-Test), Studienpopulation gesamt

Variable	Ausprägungen	Rohes OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustiertes OR (95%-KI)	p-Wert
Geschlecht	Junge	1		1	
	Mädchen	1,17 (1,02 - 1,35)	0,0282	1,30 (1,12 - 1,51)	0,0005
Staatsbürgerschaft des Kindes	deutsch	1			
	nicht deutsch	0,83 (0,60 - 1,15)	0,2628		
Bildungsstand der Eltern	sehr hoch	1			
	hoch	1,00 (0,79 - 1,26)	0,9746		
	mittel	0,91 (0,76 - 1,09)	0,2991		
	niedrig	0,96 (0,79 - 1,16)	0,6524		
relative Armut	nicht arm	1			
	Relative Armut	1,18 (0,87 - 1,60)	0,2844		
	Prekärer Wohlstand	1,15 (0,85 - 1,55)	0,3788		
	keine Angabe	0,93 (0,80 - 1,08)	0,3406		
Alleinerziehend	nein	1		1	
	ja	1,38 (1,12 - 1,70)	0,0024	1,13 (0,91 - 1,41)	0,2693
Arbeitslos	nein	1			
	ja	1,13 (0,85 - 1,52)	0,3939		
Stadt	Nein	1			
	ja	1,02 (0,88 - 1,18)	0,7854		
Crowding	nein	1			
	ja	1,00 (0,83 - 1,21)	0,9800		
Mehrfamilienhaus	nein	1			
	ja	1,03 (0,88 - 1,20)	0,7212		
häufiger LKW-Verkehr	nein	1		1	
	ja	1,27 (1,08 - 1,50)	0,0036	1,15 (0,96 - 1,39)	0,1357
Lüften im Sommer und Winter	nein	1			
	ja	1,02 (0,84 - 1,23)	0,8526		
Lärmbelästigung tagsüber	niedrig	1		1	
	hoch	1,79 (1,22 - 2,62)	0,0027	1,11 (0,86 - 1,43)	0,4446
Schlechter Gesundheitszustand	nein	1		1	
	ja	1,72 (1,30 - 2,28)	0,0002	1,45 (1,07 - 1,95)	0,0154

Variable	Ausprägungen	Rohes OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustiertes OR (95%-KI)	p-Wert
Fernsehen vor Zubettgehen	nein	1			
		1,14 (0,96 - 1,36)	0,1281		
Fernseher oder Computer im eigenen Schlafzimmer	nein	1			
	ja	0,89 (0,74 - 1,07)	0,2219		
Schlafen bei den Eltern	nein	1		1	
	ja	2,25 (1,92 - 2,64)	<0,0001	2,18 (1,85 - 2,58)	<0,0001
Einschlafritual	ja	1			
	nein	1,17 (0,95 - 1,43)	0,1459		
Kind ist nervös, unruhig	nein	1		1	
	ja	2,57 (2,17 - 3,05)	<0,0001	2,49 (2,09 - 2,98)	<0,0001
Intercept				-2,3823	<0,0001
R <sup>2</sup>				0,0619	

Tabelle 26: Einflussfaktoren auf Durchschlafstörungen, rohe und adjustierte Odds Ratio mit 95% Konfidenzintervall, p-Wert (Chi<sup>2</sup>-Test), Studienpopulation gesamt

Variable	Ausprägungen	Rohes OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustiertes OR (95%-KI)	p-Wert
Geschlecht	Junge	1			
	Mädchen	1,04 (0,90 - 1,21)	0,5794		
Staatsbürgerschaft des Kindes	deutsch	1			
	nicht deutsch	0,99 (0,72 - 1,37)	0,9546		
Bildungsstand der Eltern	sehr hoch	1			
	hoch	0,90 (0,70 - 1,15)	0,3888		
	mittel	0,94 (0,78 - 1,13)	0,4976		
	niedrig	0,97 (0,80 - 1,19)	0,7906		
relative Armut	nicht arm	1		1	
	Relative Armut	0,97 (0,70 - 1,35)	0,8701	0,93 (0,64 - 1,33)	0,6788
	Prekärer Wohlstand	1,12 (0,82 - 1,53)	0,4696	0,92 (0,65 - 1,30)	0,6254
	keine Angabe	0,85 (0,73 - 1,00)	0,0494	0,92 (0,78 - 1,10)	0,3713
Alleinerziehend	nein	1			
	ja	1,23 (0,98 - 1,53)	0,0734		
Arbeitslos	nein	1			
	ja	0,81 (0,58 - 1,14)	0,2308		
Stadt	Nein	1			
	ja	1,01 (0,87 - 1,18)	0,8864		
Crowding	nein	1			
	ja	1,01 (0,83 - 1,22)	0,963		
Mehrfamilienhaus	nein	1			
	ja	0,93 (0,80 - 1,09)	0,3748		
häufiger LKW-Verkehr	nein	1		1	
	ja	1,28 (1,09 - 1,52)	0,0036	1,16 (0,94 - 1,42)	0,1654
Lüften im Sommer und Winter	nein	1			
	ja	0,98 (0,80 - 1,20)	0,8416		
Lärmbelästigung tags	niedrig	1		1	
	hoch	1,42 (1,13 - 1,78)	0,0022	1,15 (0,87 - 1,52)	0,3229
Schlechter Gesundheitszustand	nein	1		1	
	ja	2,09 (1,58 - 2,77)	<0,0001	1,82 (1,33 - 2,48)	0,0002

Variable	Ausprägungen	Rohes OR (95%-KI)	p-Wert	Adjustiertes OR (95%-KI)	p-Wert
Fernsehen vor Zubettgehen	nein			1	
	ja	1,26 (1,06 - 1,51)	0,0096	1,22 (1,01 - 1,49)	0,0439
Fernseher oder Computer im eigenen Schlafzimmer	nein				
	ja	1,07 (0,89 - 1,29)	0,4776		
Schlafen bei den Eltern	nein			1	
	ja	5,84 (4,98 - 6,84)	<0,0001	5,76 (4,88 - 6,79)	<0,0001
Einschlafritual	nein			1	
	ja	1,48 (1,17 - 1,86)	0,0009	1,66 (1,28 - 2,14)	0,0001
Kind ist nervös, unruhig	nein			1	
	ja	2,34 (1,96 - 2,79)	<0,0001	2,22 (1,82 - 2,70)	<0,0001
Intercept				-3,1174	<0,0001
R <sup>2</sup>				0,1589	

## 6.6 Strukturgleichungsmodell

Aus den vorhergehenden Datenanalysen wurde klar, dass mit der logistischen Regression zwischen distalen Einflussfaktoren (z.B. Faktoren der sozialen Lage) und proximalen Einflussfaktoren (z.B. Wohnbedingungen) nicht unterschieden werden kann. Außerdem wurde deutlich, dass es in vielen Fällen nicht eindeutig ist, wie sich Einflussfaktoren und Zielvariablen gegenseitig bedingen. Diese Probleme können mithilfe eines Strukturgleichungsmodells genauer untersucht werden.

### 6.6.1 Hypothesen/Fragestellungen:

Wie bereits in Kapitel 3 dargestellt, sollen folgende Fragestellungen bzw. Hypothesen mithilfe des Strukturgleichungsmodells beantwortet werden:

- Die latente Variable soziale Lage kann durch die Indikatoren Netto-Haushaltsäquivalenzeinkommen und Bildung beschrieben werden.
- Die Indikatoren der Wohnumgebung wie Straßentyp, häufiger LKW-Verkehr und Crowding sind abhängig von der sozialen Lage.
- Lärmbelästigung ist abhängig von den Variablen der Wohnumgebung und der sozialen Lage.
- Schlafstörungen sind abhängig von der Lärmbelästigung.

### 6.6.2 Strukturmodelle

Pfaddiagramme zeigen anschaulich die Zusammenhänge und kausalen Abhängigkeiten in den Strukturmodellen. Dabei repräsentieren Rechtecke manifeste Variablen, Kreise latente Variablen. Die Pfeile zwischen den Variablen zeigen Abhängigkeiten auf: Variablen, auf die Pfeile hinweisen, werden als abhängige Variablen betrachtet.

Abbildung 16 zeigt das Pfaddiagramm für das Hypothesenmodell Lärmbelästigung, das die Hypothesen 1-3 beinhaltet. Die latente Variable Sozialstatus kann durch die direkt gemessenen, manifesten Variablen Haushaltsäquivalenzeinkommen und Bildungsstand dargestellt und abgeschätzt werden. Der Sozialstatus wiederum hat einen Einfluss auf die Faktoren, die die Wohnbedingungen abbilden: Straßentyp (Haupt-, Nebenstraße oder anderer Straßentyp), häufiger LKW-Verkehr in der Wohnstraße und Crowding (Belegungsdichte der Wohnung, gemessen als m<sup>2</sup> pro Person). Der Sozialstatus und die Wohnbedingungen beeinflussen die Lärmbelästigung.

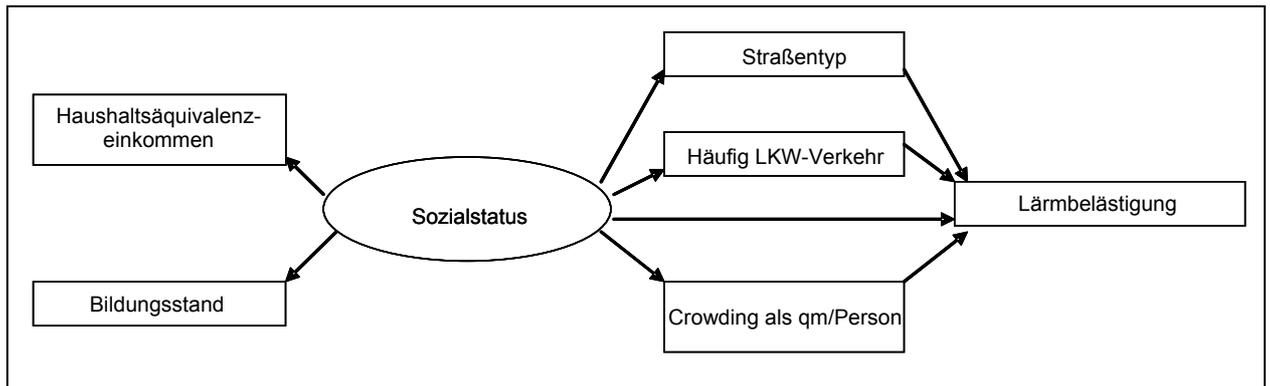


Abbildung 16: Pfaddiagramm für das Hypothesenmodell mit der Endvariable Lärmbelastigung

Abbildung 17 zeigt das Pfaddiagramm für das Hypothesenmodell Schlafstörung, das die Hypothesen 1-4 überprüft. Wie beim Modell für Lärmbelastigung (Abbildung 16) wird Sozialstatus durch Haushaltsäquivalenzeinkommen und Bildungsstand abgebildet. Sozialstatus und die Variablen Straßentyp, LKW-Verkehr und Crowding beeinflussen die Lärmbelastigung. Schlafstörungen werden alleine durch Lärmbelastigung dargestellt, da vorausgesetzt wird, dass die Wohnbedingungen als distale Faktoren über Lärmbelastigung als proximaler Faktor wirken.

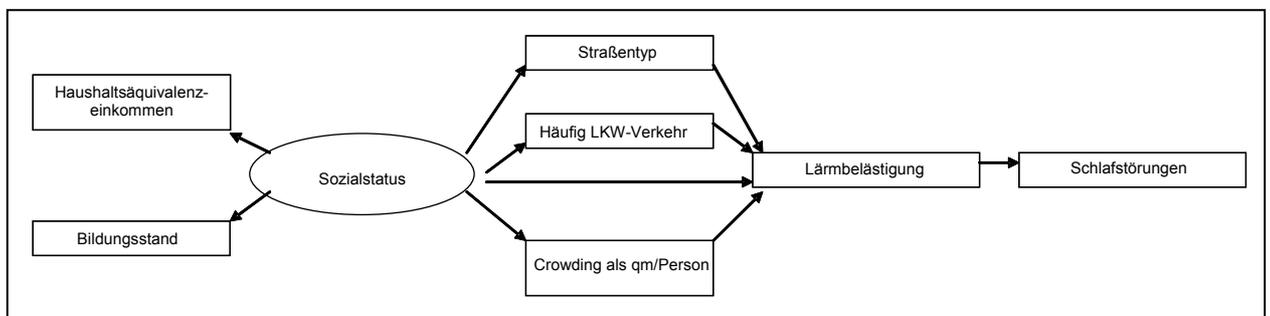


Abbildung 17: Pfaddiagramm für das Hypothesenmodell mit der Endvariable Schlafstörungen

### 6.6.3 Ergebnisse

Es war nicht möglich, die verteilungsfreie Methode der Strukturgleichung in der SAS-Prozedur Proc Calis für den Münchner Datensatz anzuwenden, da die Fallzahl zu niedrig war. Von den 1063, Personen die mit den Lärmdaten aus der Lärmkarte verknüpfbar waren, blieben nach Ausschluss der Befragten mit fehlenden Angaben vor allem zum Einkommen noch 651 Personen übrig. Mit dieser geringen Fallzahl sind die Aussagen aus dem Strukturgleichungsmodell nicht verlässlich, was sich

auch an den Parametern zur Modellanpassung gezeigt hatte.

Daher wurde das Pfadmodell modifiziert und auf den Gesamtdatensatz angewendet. Die Parameter der Anpassungsgüte der Modelle für Lärmbelästigung (Tabelle 27) als auch für Schlafstörungen (Tabelle 28) deuten allerdings in mehreren Fällen darauf hin, dass die Daten nur schlecht zum gewählten Modell passen. Lediglich der Goodness of Fit Index (GFI) deutet mit einem Wert von über 0,95 auf eine gute Anpassung der beiden Modelle hin. Alle anderen Gütekriterien liegen weit von dem vorgeschlagenen Wertebereich für eine gute Anpassung entfernt (Backhaus et al. 2003, Schendera 2004). Da für die Beurteilung der Modellgüte grundsätzlich mehrere statistische Parameter berücksichtigt werden sollen, kann man daher nicht davon ausgehen, dass die errechneten Pfadkoeffizienten reliabel und valide sind. Daher mussten beide Modelle verworfen werden.

*Tabelle 27: Werte der Gütekriterien für das Modell mit der Endvariable Lärmbelästigung.*

<b>Gütekriterium</b>	<b>Wert für eine gute Anpassung (Schendera 2004, Backhaus et al. 2003)</b>	<b>Wert im Modell</b>
Goodness of Fit Index (GFI)	$\geq 0,95$	0,9569
GFI Adjusted for Degrees of Freedom (AGFI)	$\geq 0,9$	0,8491
Comparative Fit Index (CFI)	$\geq 0,9$	0,6357
Root-Mean-Square-Error of Approximation (RMSEA)	$\leq 0,05$	0,1963
Normed Fit Index (NFI)	$\geq 0,9$	0,6354
Probability of Close Fit	$\geq 0,05$	0,0000

*Tabelle 28: Werte der Gütekriterien für das Modell mit der Endvariable Schlafstörungen.*

<b>Gütekriterium</b>	<b>Wert für eine gute Anpassung (Schendera 2004, Backhaus et al. 2003)</b>	<b>Wert im Modell</b>
Goodness of Fit Index (GFI)	$\geq 0,95$	0,9572
GFI Adjusted for Degrees of Freedom (AGFI)	$\geq 0,9$	0,8909
Comparative Fit Index (CFI)	$\geq 0,9$	0,6333
Root-Mean-Square-Error of Approximation (RMSEA)	$\leq 0,05$	0,1447
Normed Fit Index (NFI)	$\geq 0,9$	0,6316
Probability of Close Fit	$\geq 0,05$	0,0000

## 7 Diskussion

Die vorliegende Dissertation hat erstmals in Deutschland Expositionsdaten aus einer Lärmkarte gemäß der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* mit Befragungsdaten aus einer epidemiologischen Studie verknüpft. Bislang sind nur vereinzelte vergleichbare Publikationen aus den Niederlanden, der Schweiz und Frankreich bekannt, die Lärmkartendaten zusammen mit epidemiologischen Befragungsdaten ausgewertet haben (de Kluizenaar et al. 2009, Brink 2011, Havard et al. 2011). Mit diesem Vorgehen konnten Angaben der Eltern von Einschulkindern zur Lärmbelastigung mit der objektiven Belastung verglichen werden. Schlafstörungen von Kindern im Zusammenhang mit der Belästigung durch Straßenverkehrslärm konnten zum ersten Mal in einer großen epidemiologischen Studie analysiert werden.

Im Folgenden werden zunächst die Methoden der Arbeit diskutiert (Kapitel 7.1), anschließend die Repräsentativität und die Teilnahmerate (Kapitel 7.2). Im Abschnitt 7.3 werden die Ergebnisse der vorliegenden Dissertation interpretiert und im Zusammenhang anderer Studien diskutiert.

### 7.1 Methodendiskussion

#### 7.1.1 Datenerhebung

Der vorliegende Datensatz wurde mittels einer Elternbefragung im Rahmen der Schuleingangsuntersuchung (SEU) mithilfe eines Fragebogens zum Selbstauffüllen erhoben. Der Fragebogen enthielt nicht nur die Fragen, die für diese Arbeit relevant waren, sondern auch weitere Module (z.B. zu Sehvermögen, Entwicklungsstand und Ernährung des Kindes).

Wegen des methodischen Ansatzes der Studie als Elternbefragung gibt es nur Angaben der Eltern zu ihrem Belästigungsempfinden, Angaben der Kinder selbst wurden nicht erfragt. Eine Befragung der Kinder zu ihrer eigenen Einschätzung ihrer Wohnumgebung, zu Lärmbelastigung und Schlafstörungen wurde während der Konzeption der Studie und des Fragebogens diskutiert. Das wäre in München an einer Stichprobe von Kindern durchaus realistisch umzusetzen gewesen. Bei einer Diskussion mit den Mitarbeiterinnen des *Referats für Gesundheit und Umwelt (RGU)*, die die SEU durchführen, wurde jedoch davon abgeraten. Es gab bereits Erfahrungen mit Befragungen von Kindern bei der SEU, die gezeigt haben, dass die

Ergebnisse nur sehr eingeschränkt verwertbar sind. Das lag unter anderem daran, dass die Schuleingangsuntersuchungen in München bis vor kurzem nicht an den Kindergärten oder Grundschulen stattfanden, sondern zentral beim RGU in der Stadtmitte. Die Eltern mussten also zu einem bestimmten Termin mit ihrem Kind zum RGU kommen, was einen erheblichen Zeitaufwand bedeutete. Eltern waren daher wenig gewillt, noch längere Zeit für eine Befragung ihrer Kinder aufzuwenden. Es konnte auch nicht sichergestellt werden, dass die Eltern bei der Befragung ihrer Kinder nicht anwesend sind und das Kind dadurch in seinem Antwortverhalten beeinflussen. Aus diesen Gründen wurde von einer Befragung der Kinder abgesehen.

### 7.1.2 Fragebogen

Soweit vorhanden, wurden im Fragebogen standardisierte Instrumente aus verschiedenen Studien (UBA und RKI 1998a, 1998b; Fields et al 2001; UBA und RKI 2003a, 2003b; Kraenz et al. 2004) verwendet und weitere Fragen auf der Basis von Empfehlungen verschiedener Fachgesellschaften (Ahrens et al. 1998) erstellt. Inhaltliche Änderungen wurden nur in Ausnahmefällen vorgenommen. Somit ist gesichert, dass diese Fragen bereits getestet wurden und die Ergebnisse mit denen anderer Studien vergleichbar sind. Fragen, die bisher noch in keiner Studie gefragt wurden, wurden selbst erstellt und mit Kollegen aus verschiedenen Bereichen (Forschungsinstitutionen, Gesundheitsämter) diskutiert. Im Folgenden werden die Fragen und ihre Operationalisierung einzeln diskutiert:

Lärmbelästigung wurde mit der fünfstufigen Likert-Skala nach den ICBEN-Empfehlungen erhoben. Ein Vorteil dabei ist die gute Vergleichbarkeit mit internationalen Studien und mit Dosis-Wirkungskurven (*Miedema-Kurven*). Die Frage nach den verschiedenen Lärmquellen lässt eine genauere Differenzierung und damit eine Zuordnung zur objektiven Lärmbelastung durch bestimmte Quellen in der Lärmkarte zu.

Schlafstörungen der Kinder wurden im Fragebogen von den Eltern angegeben. Das ist insofern ein Problem, dass die elterliche Angabe möglicherweise nicht ganz mit tatsächlichen Schlafproblemen der Kinder übereinstimmen. Aufwachreaktionen werden von den Eltern möglicherweise nicht registriert, wenn sie nicht dazu führen, dass die Kinder sich melden oder in das elterliche Schlafzimmer kommen. Ergebnisse der Kölner Kinderschlafstudie zeigten auch, dass Kinder selbst häufiger über Schlafprobleme berichteten als Eltern (Fricke-Oerkermann et al. 2007, Schredl et al. 2009). Die Autoren kommen zum Schluss, dass bei der Erfassung von kindlichen

Schlafstörungen in epidemiologischen Studien auch die Kinder selbst dazu befragt werden müssen. Eine genaue Erfassung von Schlafstörungen, Aufwachreaktionen, Körperbewegungen und Veränderung von physiologischen Parametern wie Blutdruck und Puls können exakt nur unter Laborbedingungen festgestellt werden. Das ist allerdings mit so großen Probandenzahlen wie in der vorliegenden Dissertation nicht möglich.

Das Haushaltsnettoeinkommen wurde im Fragebogen mithilfe von vorgegebenen Kategorien erfragt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, damit Eltern nicht ihr exaktes Einkommen angeben müssen, was möglicherweise zu einem höheren Anteil von fehlenden Angaben oder zu einer geringeren Teilnahmerate geführt hätte. Die Kategorisierung musste jedoch so fein sein, dass es noch möglich war, das Äquivalenzeinkommen des Haushalts zu berechnen. Aus diesen Gründen ist das Haushaltsäquivalenzeinkommen in diesem Datensatz nicht exakt erfasst, allerdings eine gute Näherung an den tatsächlichen Wert. Für die Datenanalyse wurde die relative Einkommensarmut nach der Definition der OECD (siehe Kapitel 5.2.3) berechnet, um den Einfluss der materiellen Ressourcen im Vergleich mit anderen Bevölkerungsgruppen auf die Zielvariablen zu bestimmen. Die Kategorisierung wurde für jede GME-Region separat berechnet, da zum einen die Unterschiede zwischen der Großstadt München und den ländlichen Regionen sehr groß sind und bei einer gesamten Berechnung nivelliert würden. Vor allem aber unterscheiden sich die Lebenshaltungskosten und die Einkommen je nach Landkreis oder Stadt, so dass die Armutsrisikoquote in den ländlichen Gebieten eher überschätzt würde, in den städtischen Gebieten wie München eher unterschätzt (Hillringhaus und Peich 2010, LfStaD 2011).

In diesem Fragebogen wurde die Nationalität der Kinder erfragt, um den Migrationshintergrund zu erfassen. Da auch Kinder von ausländischen Eltern unter bestimmten Voraussetzungen bei Geburt die deutsche Staatsangehörigkeit erhalten, ist das Konzept der Staatsangehörigkeit der Kinder bezüglich des Migrationshintergrundes sehr eng gefasst. Unter den Kindern mit deutscher Staatsangehörigkeit hat sicher ein nicht unerheblicher Prozentsatz einen Migrationshintergrund, der mit anderen Fragenkomplexen besser zu erfassen wäre. Der Hauptgrund, warum im GME-Survey Nationalität des Kindes gewählt wurde, war die Vergleichbarkeit der Daten aus dem Survey 2006/07 mit den beiden vorhergegangenen Surveys sicherzustellen. Prinzipiell ist es möglich weitere Indikatoren für den Migrationshintergrund aus den Daten der Schuleingangsuntersuchungen mit den Fragebogen-

daten zu verknüpfen, allerdings lagen diese Daten zum Zeitpunkt der Datenanalyse noch nicht vor. In den künftigen GME-Befragungen werden die Eltern ausführlicher über den Migrationshintergrund der Familie befragt, z.B. mit Fragen zu der hauptsächlich gesprochenen Sprache zuhause und zum Migrationshintergrund der Eltern.

Der Familienstatus wurde dichotom als Alleinerziehend oder nicht operationalisiert. Dabei wurde nicht nur die Frage „Sind Sie allein erziehend?“ verwendet, sondern auch die Angaben zur Anzahl der Haushaltsmitglieder und der Familienstand berücksichtigt. Das ermöglichte, auch die Personen mit einzubeziehen, die zwar mit einem Partner zusammenleben, aber dennoch „Alleinerziehend“ angegeben hatten, da sie faktisch alleine für die Kindererziehung zuständig sind, wenn z.B. der Partner nur am Wochenende zuhause wohnt.

Eine Stärke der vorliegenden Dissertation ist, dass die soziale Lage als breit angelegtes Konzept erhoben wurde. Nicht nur Bildungsgrad, Einkommen und Erwerbstätigkeit wurden einbezogen, sondern auch Bevölkerungsgruppen wie Alleinerziehende und Kinder mit Migrationshintergrund wurden berücksichtigt. So konnten soziale Gruppen mit besonderem Risiko für Lärmbelastung und Schlafstörungen ermittelt werden.

### **7.1.3 Diskussion der Methoden: Lärmkarte**

Eine Stärke dieser Studie ist, dass zusätzlich zur Befragung der Eltern zur Lärmbelastung auch objektive Daten aus der Lärmkarte für München verwendet wurden. Dabei wurden nur die Daten zum Straßenverkehrslärm aus der Lärmkarte verwendet, da zum Beginn der Datenanalyse ausschließlich diese Daten zur Verfügung standen. Fluglärm spielt im Stadtgebiet München keine große Rolle, so dass auch diese Lärmquelle in den Datenanalysen nicht berücksichtigt wurde. Die Lärmkarte bezüglich Flugverkehr und entlang der Autobahnen ist im Lärmbelastungskataster Bayern ersichtlich (<http://www.bis.bayern.de/>; Zugriff am 23.03.2010). Dabei ist zu erkennen, dass die Modellierung der Lärmbelastung um den Flughafen München die Stadtgrenzen nicht erreicht. Insgesamt wurde die Gesamtlärmbelastung durch die Beschränkung auf den Straßenverkehrslärm zwar unterschätzt, allerdings zeigten die Befragungsdaten zur subjektiven Belästigung, dass der Straßenverkehr mit Abstand die häufigste Lärmquelle für Umgebungslärm war.

Die Daten der Lärmkarte wurden auf Basis der Verkehrsmengen der stark befahrenen Straßen modelliert, in die Berechnung gingen nur Straßen mit einer Verkehrsstärke

von 4000 KFZ pro Tag und mehr ein. Dadurch wurde die tatsächliche Lärmbelastung in den Wohnstraßen mit weniger Verkehrsaufkommen unterschätzt. Das wird deutlich, wenn man die vorliegenden Ergebnisse mit Studien vergleicht, in denen die objektive Lärmbelastung nicht mithilfe einer Lärmkarte erhoben wurde, sondern durch direkte Lärmpegelmessungen an der jeweiligen Adresse wie z.B. im Kinder-Umwelt-Survey (Babisch 2009) und in der LEE-Studie (Radon et al. 2007). Im Spandauer Gesundheits-Survey wurden Daten aus der Berliner Lärmdatenbank, die auch auf Verkehrszählungen in stark befahrenen Straßen beruhen, mit direkten Pegelmessungen an der Hausfassade der Studienteilnehmer verglichen, die an weniger stark befahrenen Straßen leben (Maschke et al. 2003). Der mittlere Dauerschallpegel für diese Straßen lag tagsüber bei 59 dB(A). An den Adressen, für die Verkehrszählungsdaten vorlagen, waren die Pegel nur 2 dB(A) höher. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass „Nebenstraßen, für die keine Verkehrszählungen vorgenommen wurden, nicht generell als sehr ruhig eingestuft werden können.“ (Maschke et al. 2003, S. 85).

Ein weiterer Vorteil der Verwendung der Lärmkarte für die vorliegende Arbeit war, dass die modellierten Daten bereits vorhanden waren und damit aufwendige Immissionsmessungen nicht nötig waren. Dadurch war es möglich, die Lärmbelastung für die große Studienpopulation abzuschätzen. Außerdem konnten die Lärmbelastung und deren Auswirkungen in verschiedenen Städten und Ballungsgebieten europaweit miteinander verglichen werden.

Die Lärmkarte erfasst im Gegensatz zu direkten Messungen eher die chronische Belastung durch Umweltlärm. Ein Nachteil dabei ist, dass bei Mittelungspegeln Lärmspitzen und intermittierender Lärm nicht erfasst werden. Gerade diese Parameter sind aber bei der Beurteilung von Schlafstörungen durch Lärm wichtig, da sie Aufwachreaktionen und Änderungen in physiologischen Parametern wie z.B. Herzfrequenz auslösen können. Das war auch ein Grund, warum in die Analysen zu Schlafstörungen subjektive Lärmbelästigung als möglicher Einflussfaktor einbezogen wurde. Möglich ist daher, dass die objektiven Daten aus der Lärmkarte dadurch Ein- und Durchschlafstörungen der Kinder weniger gut erklären konnten als die subjektive Angabe der Lärmbelästigung. Verschiedene epidemiologische Studien erhoben Lärm bzw. Umweltlärm entweder in kurzfristigen Messungen z.B. im Schlafzimmer (KUS) oder personenbezogen über 24 Stunden (LEE-Studie). Direkte Schallpegelmessungen erfassen alle Lärmquellen, also auch positiv besetzte (wie z.B. Musik hören). In den Lärmkarten werden nur Verkehrslärm und Gewerbelärm

erfasst. Bei der Interpretation der Ergebnisse und dem Vergleich mit diesen Studien müssen die unterschiedliche Expositionserfassung und deren Auswirkungen berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Studie wurde im Elternfragebogen nach der Ausrichtung des Fensters zum Kinderschlafzimmer (zur Hauptstraße, Nebenstraße, Innenhof, keiner Straße) gefragt. Diese Information konnte verwendet werden, um aus der großen Anzahl von Datenpunkten, die die Lärmkarte pro Adresse zur Verfügung stellt, die Lärmbelastung vor dem Kinderschlafzimmerfenster exakter zu schätzen. Ein ähnliches Vorgehen wählten auch Fyhri und Aasvang (2010). Der Vergleich der Mittelwerte vor und nach der Einbeziehung der Richtung des Zimmers zeigte, dass die Kinderschlafzimmer im Durchschnitt an einer leiseren Haus- oder Wohnungsseite lagen. Der durchschnittliche Mittelungspegel (LDEN und LNight) sank nach der Einbeziehung der Ausrichtung des Kinderschlafzimmers um ca. 1,5 dB(A). Die vorliegende Studie erfasste somit die Lärmexposition am Kinderschlafzimmerfenster weitaus genauer als Studien, die aus Lärmkarten den Mittelungspegel aller Himmelsrichtungen analysierten oder die den Pegel an der meist exponierten Hausseite berücksichtigten (Öhrström et al. 2006, van Kluizenaar et al. 2009). Gerade für Studien zum Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärmexposition und Schlafstörungen ist es wichtig, die Exposition an der Fassade zu messen, an der das Schlafzimmer liegt.

#### **7.1.4 Diskussion der statistischen Methoden**

In dieser Arbeit wurden, über eine logistische Regression hinaus, weitere multivariate statistische Verfahren angewendet, bzw. die Anwendbarkeit auf die vorliegenden Daten geprüft, um die hierarchische Datenstruktur besser zu berücksichtigen und den der Arbeit zugrunde gelegten Theorien und Modellen gerecht zu werden. Die dabei verwendeten Verfahren waren das gemischte Mehrebenen-Modell mit festen und zufälligen Effekten (engl. *Multilevel Modelling, MLM*) und das Strukturgleichungsmodell (engl. *Structural Equation Model, SEM*).

#### **Mehrebenen-Modell**

Der vorliegende Datensatz weist eine hierarchische Struktur auf, das heißt, dass die befragten Individuen auf einer Gruppenebene organisiert sind. Für den Teildatensatz München wurden Schulsprengel als Gruppenebene herangezogen. Ein Mehrebenen-Modell berücksichtigt, dass die Individuen innerhalb einer Gruppe wahrscheinlich

ähnlicher sind als zwischen verschiedenen Gruppen. Im Gegensatz zu der in der normalen Regressionsanalyse angenommenen Unabhängigkeit der individuellen Merkmale berücksichtigt eine Mehrebenen-Analyse die Abhängigkeit der Zielvariablen von den Individuen innerhalb einer Gruppe (Langer 2004). Einerseits werden hierarchisch strukturierte Datensätze dadurch exakter ausgewertet, andererseits sind Gruppierungen in Stadtteilen oder Schulklassen oft konzeptuell in (sozial-)epidemiologischen Studien gewollt und angelegt, um den Einfluss z.B. des Stadtteils oder der Schulklasse zu erfassen (Goldstein 1999, Merlo et al. 2005, Merlo et al. 2009).

Da Daten aus dem Statistischen Amt der Stadt München zur sozialen Lage der Wohnbevölkerung in den Schulsprengeln verfügbar waren, wurde für den Teildatensatz München ein Mehrebenen-Modell mit einer hierarchischen Struktur mit zwei Ebenen (Individuum, Sprengel) aufgestellt und analysiert. Der Modellaufbau, wie er im Methodenteil beschrieben wurde, lehnte sich dabei an Vorgehensweisen in verschiedenen Publikationen an (Hox und Kreft 1994, Singer 1998, Littell et al. 2006, McMahan et al. 2006, Walter und Rack 2007).

Immer häufiger werden in der Epidemiologie hierarchisch strukturierte Daten mit Mehrebenen-Modelle analysiert, um Effekte, die auf z.B. die Nachbarschaft oder die Schule zurückzuführen sind, zu berücksichtigen (Riva et al. 2007, Bell und Dominici 2008, Havard et al. 2011). Die vorliegende Dissertation ist bislang eine der wenigen Studien zum Thema Lärmbelastung, die Daten auf zwei Ebenen analysierte (siehe auch Havard et al. 2011). Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um der Komplexität des Zusammenhangs zwischen objektiver Belastung und subjektiver Belästigung besser gerecht zu werden (Soobader et al. 2006). Aber auch um inhaltliche Aspekte zu klären, z.B. ob es zwischen den Sprengeln Unterschiede in der Lärmbelästigung gibt und ob Merkmale der Nachbarschaft, hier die Einkommensverteilung, einen eigenen Effekt auf das Outcome hat. Da nicht nur individuelle sondern auch Faktoren auf der Sprengelzebene mit einbezogen wurden, konnte bei der Analyse auch gezeigt werden, dass eine Variable auf der Sprengelzebene als Effektmodifikator auf den Zusammenhang zwischen individueller sozialer Lage und Lärmbelästigung wirken kann (Kapitel 6.4.6).

Für weitere Analysen wäre denkbar, zusätzliche Ebenen mit einzubeziehen. So könnten für München und Ingolstadt noch die Stadtbezirke berücksichtigt werden. In den ländlichen GME-Regionen könnten Gemeinden als Ebene in die Analysen aufgenommen werden. Insgesamt wäre es natürlich methodisch sinnvoll, die Analyse

des GME-Gesamtdatensatzes unter Berücksichtigung der GME Regionen als Mehrebenen-Modell zu konzipieren.

### **Strukturgleichungsmodell**

In den logistischen Regressionsmodellen wurden Faktoren der sozialen Lage und Wohnbedingungen als Einflussfaktoren für die Zielvariablen Lärmexposition, Lärmbelastigung und Schlafstörungen einbezogen. Das Problem bei dieser Vorgehensweise ist, dass distale Einflussfaktoren (wie soziale Lage) und proximale Faktoren (wie Wohn- und Umweltbedingungen) an verschiedenen Stellen der Kausalkette stehen, distale Faktoren proximale Faktoren beeinflussen können, aber wechselseitig für die jeweiligen Faktoren in den multivariaten Modellen adjustiert wird. In der vorliegenden Studie wurde versucht, in der logistischen Regression darauf einzugehen, indem die multivariaten Modelle schrittweise aufgebaut wurden (Lärmbelastigung: Kapitel 6.3.3, Lärmbelastigung: Kapitel 6.4.5, Schlafstörungen: Kapitel 6.5.4). Mit dem Determinationskoeffizienten  $R^2$  wurde bestimmt, wie viel Varianz sich durch Aufnahme verschiedener Variablen in das Modell erklären lässt.

Eine genauere Methode, kausale Beziehungen zwischen mehreren Variablen zu analysieren, ist die Berechnung von Strukturgleichungsmodellen. Mit diesem Verfahren können auch latente Variablen wie z.B. soziale Lage analysiert werden. In der vorliegenden Dissertation wurde alternativ zu einer logistischen Regression versucht, auf die vorhandenen Daten ein Strukturgleichungsmodell anzuwenden, die Studie und die Erhebungsinstrumente wurden nicht für die Anwendung eines SEM konzipiert.

In der vorliegenden Arbeit wurde mit dem SAS-Programm PROC CALIS gerechnet, die Vorgehensweise wurde auf der Grundlage verschiedener Publikationen entwickelt (Bentler und Stein 1992, Backhaus et al. 2003, Loehlin 2004, Schendera 2004, Reinecke 2005). Da Normalverteilung der Variablen nicht gewährleistet war wurden die Parameter mit der weighed least squares (WLS) Option, einer verteilungsfreien Methode, geschätzt (Browne 1984).

Da die Fallzahl im Münchner Teildatensatz zu niedrig war, um ein verteilungsfreies Strukturgleichungsmodell zu rechnen, wurde das Modell modifiziert und auf den Gesamtdatensatz angewendet. Allerdings wiesen die Parameter für die Modellgüte so schlechte Werte auf, dass keine validen Modelle für Lärmbelastigung und Schlafstörungen geschätzt werden konnten (Tabellen 27 und 28). Mögliche Gründe können darin liegen, dass die Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen nicht linear

waren, da möglicherweise bei den ordinalen Daten, z.B. Bildungsstand oder häufiger LKW-Verkehr, die Äquidistanz nicht gewährleistet war. Die Ergebnisse der Analyse wurden daher im Ergebniskapitel nicht dargestellt. Da die Studie, die Methoden sowie das Datenmaterial nicht von vornherein für ein SEM konzipiert waren, waren die Modelle schlecht anzupassen. Zukünftig müsste vor der Fragebogenerstellung und der Datenerhebung festgelegt werden, ob ein SEM berechnet werden soll. Dabei wäre es wichtig, auf lineare Zusammenhänge zwischen den Variablen zu achten und dafür manche Variablen anders zu erheben. Zum Beispiel müsste das Einkommen als stetige Variable abgefragt werden, also nicht gruppiert.

## 7.2 Teilnahmerate und Repräsentativität

Die GME-Surveys sind Vollerhebungen aller Eltern von Kindern im Einschulalter in den Landkreisen Bamberg, Günzburg und Schwandorf sowie den kreisfreien Städten Bamberg, Ingolstadt und in a priori ausgewählten Schulsprengeln in München (siehe Kapitel 5.2). Die GME-Regionen wurden so ausgewählt, dass der Gesamtdatensatz ein möglichst breites Spektrum an städtischen und ländlichen Regionen Bayerns darstellt. Die Gesundheitsämter, deren Leitung und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind die Kooperationspartner des LGL im GME-Projekt. Es wurden von vornherein solche Gesundheitsämter ausgewählt, deren Leitung und Mitarbeiterinnen bereit waren, die geplanten Erhebungen mit einem zusätzlichen Arbeitsaufwand und unentgeltlich durchzuführen. Daher sind vor allem sehr engagierte Gesundheitsämter, die bereits viel Eigenleistung zusätzlich zu den normalen Amtsaufgaben durchführen, als GME-Region aufgenommen worden. Dadurch hat sich die Teilnahmerate unter den Eltern wahrscheinlich erhöht.

Die Teilnahmerate an der Querschnittsstudie war insgesamt mit 75,4 % sehr hoch. Ausschlaggebend für die hohe Teilnahmebereitschaft an der GME-Befragung ist sicherlich die Anknüpfung an die Schuleingangsuntersuchung (SEU). Ein sehr großer Anteil der Münchner Eltern, die den Fragebogen ausgefüllt haben (81,4%), hatte auf einem Zusatzblatt die Wohnadresse angegeben. Damit konnten die Fragebogendaten mit den Informationen der Lärmkarte verknüpft werden. Angesichts der Freiwilligkeit der Befragung und der Tatsache, dass im Fragebogen auch das Haushaltseinkommen erfragt wurde, ist dies ein sehr hoher Prozentsatz. Ein weiterer Grund für die hohe Teilnahmebereitschaft dürfte sein, dass von Seiten der Eltern ein Vertrauensverhältnis zu den Mitarbeiterinnen des Gesundheitsamts besteht und diese sehr engagiert in der Datenerhebung waren. Ansprechpartnerinnen im LGL

wurden im Fragebogen und auf dem Informationsblatt für die Münchner Eltern zur Adressabgabe genannt. Dort gingen keine Anfragen bezüglich der Erhebung der Adressen und des Datenschutzes ein. Man kann außerdem davon ausgehen, dass die Befragung den Eltern mit Kindern in Kindergärten und Grundschulen bereits bekannt war, da der GME-Survey 2006/07 bereits zum dritten Mal statt fand. Für die Zeit der Schuleingangsuntersuchungen wurden in den Einrichtungen Poster ausgehängt, die die Ziele und das Vorgehen der GME darstellten und bereits Ergebnisse der ersten beiden GME-Surveys zeigten. Dies hatte möglicherweise einen Werbeeffect für die Elternbefragung. Außerdem wurden die Schuleingangsuntersuchungen und die Befragungen in der Tagespresse in mehreren Landkreisen angekündigt. Alle diese Faktoren spielten für die hohe Teilnahmequote eine Rolle.

Die Befragten in der Studie waren Eltern von Kindern im Einschulalter von 5-6 Jahren. Durch die hohe Teilnehmerate ist die externe Validität (Gültigkeit) der Studie zum Teil gegeben, das heißt, dass die Ergebnisse sich auf die gewählte Grundgesamtheit (Eltern mit Kindern im Einschulalter) relativ gut verallgemeinern lassen (Bortz und Döring 2003). Allerdings gilt das nicht für andere Bevölkerungsgruppen (wie Singles, kinderlose Paare, Rentner), die sich zum Beispiel in der sozialen Lage oder den Wohnbedingungen von der hier vorliegenden Studienpopulation unterscheiden. Um die interne Validität zu erhöhen, wurde nach Möglichkeit auf standardisierte Instrumente (z.B. Lärmbelästigung, Schlafverhalten soziale Lage, siehe Kapitel 5.2.3) zurückgegriffen und möglichst viele Einflussfaktoren und Störvariablen in den statistischen Analysen berücksichtigt.

Die Berechnung der Response-Rate in Abhängigkeit von Faktoren der sozialen Lage war nicht möglich, da die soziale Lage der Gesamtpopulation (Eltern mit Kindern im Einschulalter) nicht bekannt war. Deshalb wird im Folgenden versucht, die Repräsentativität der Studienpopulation mit Daten aus dem Mikrozensus und Registerdaten zu schätzen (Tabelle 29). Der Anteil der fehlenden Werte in den einzelnen Fragen war mit Ausnahme der Frage zum Einkommen so gering, dass sich keine signifikanten Unterschiede in der Response-Rate einzelner Fragen zeigten. Nur die Frage zum Haushaltseinkommen wurde von der Hälfte der Eltern nicht beantwortet (München 40%). Unter den Personen mit sehr hoher Bildung hatten etwa 40% keine Angabe zum Einkommen gemacht (München 30%), bei den Befragten mit niedrigem Bildungsstand hatten etwa 55% keine Angabe zum Einkommen gemacht (München 50%). Ausgehend von einem höheren Einkommen bei höherem Bildungsstand wird das Haushaltsnettoeinkommen in der vorliegenden Studie

möglicherweise überschätzt. Der Anteil der relativ armen Haushalte könnte in der Studienpopulation also etwas höher sein.

Im Folgenden werden anhand von Daten des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung und von Daten aus dem Mikrozensus die wichtigsten sozioökonomischen und demographischen Parameter der Studienpopulation mit der Allgemeinbevölkerung verglichen (Tabelle 29), um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Familien in anderen Landkreisen und Städten in Bayern zu überprüfen.

Der elterliche Bildungsstand der Studienpopulation ist sowohl in der Gesamtpopulation als auch in der Teilpopulation München weitaus höher als in der Allgemeinbevölkerung in Bayern bzw. in München. Das liegt zum einen daran, dass die Studienpopulation sich aus Eltern mit mindestens einem Kind im Einschulalter zusammensetzt und damit jünger als die Gesamtbevölkerung ist. Mit dem allgemein steigenden Bildungsniveau der letzten Jahrzehnte ist die höhere Schulbildung der jüngeren Altersgruppen zu erklären (Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2010). Insgesamt überwiegen in Bayern die ländlichen Regionen, somit ist in der vorliegenden Studienpopulation, die München einschließt, die im Durchschnitt höher gebildete städtische Bevölkerung überproportional vertreten, dadurch steigt im Vergleich zu Gesamtbayern das Bildungsniveau in der Studienpopulation. Unabhängig davon ist es möglich, dass bei der Befragung Eltern mit höherer Bildung häufiger teilgenommen haben, wie auch andere epidemiologische Studien, wie z.B. der Bundesgesundheitsurvey 1998, bereits festgestellt haben (Thefeld et al. 1999, Hoffmann et al. 2004).

Aufgrund der unterschiedlichen Kategorisierung der Einkommensklassen in den statistischen Berichten sind die Daten zur Einkommensverteilung nur bedingt vergleichbar. Auffällig ist, dass der Anteil der unteren Einkommensklassen in der Studienpopulation niedriger war als der der Gesamtbevölkerung, in der zum Beispiel auch Auszubildende und Rentner/innen vertreten sind. Ebenso fällt auf, dass in der nach oben offenen obersten Einkommenskategorie, die leider wegen der unterschiedlichen Kategorisierung nicht ganz vergleichbar ist, bei der Studienpopulation der Anteil der Einkommen über 4500 Euro um einiges niedriger liegen dürfte als in der Gesamtbevölkerung. Geeigneter für den Vergleich sind die Angaben zum Armutsrisiko, wie sie im Zweiten Bericht der Staatsregierung zur sozialen Lage in Bayern (StMAS 2009) auch für die unterschiedlichen Haushaltstypen angegeben sind. Demnach waren 6,9% der Paarhaushalte mit Kindern in Bayern

armutsgefährdet, 23,2% der Alleinerziehenden. In der vorliegenden Studienpopulation sind, berechnet für die Armutsrisikoschwelle für Bayern von 877 Euro (auf Basis der Einkommen- und Verbraucherstichprobe von 2003, jüngere Daten waren nicht verfügbar), 11,6% der Paarhaushalte und 26,6% der Alleinerziehenden von relativer Armut betroffen. Das ist im Vergleich ein deutlich höherer Anteil an armutsgefährdeten Personen im GME-Survey. Hier muss allerdings auch die Response-Rate der Frage nach dem Haushaltseinkommen berücksichtigt werden. Diese lag, wie beschrieben, bei den Personen mit niedrigem Bildungsstand (und damit wahrscheinlich geringerem Einkommen) niedriger, als bei Personen mit hohem Bildungsstand. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, dass in den Daten aus dem Bericht zu sozialen Lage (StMAS 2009) alle Paarhaushalte mit Kindern und alle Alleinerziehenden enthalten sind. In den GME-Daten waren allerdings solche Eltern vertreten, die kleinere Kinder haben. Sie waren damit tendenziell jünger als der Durchschnitt der Eltern in Bayern und verdienten damit wahrscheinlich weniger als der Durchschnitt, weil oft nicht beide Eltern mit kleinen Kindern in Vollzeit arbeiten (können).

Der Anteil der Kinder mit ausländischer Staatsbürgerschaft in der Studienpopulation ist vergleichbar mit dem Gesamtdurchschnitt der Kinder in Bayern (Tabelle 29). Eltern mit Migrationshintergrund haben also eine ebenso hohe Teilnahmerate wie deutsche Eltern. Bei Personen mit Migrationshintergrund ist das Ausfüllen eines Fragebogens dann ein Problem, wenn sie die deutsche Sprache nicht ausreichend beherrschen (Thefeld et al. 1999, Kraus und Pabst 2009). Das schien im GME-Survey ein geringeres Problem zu sein, allerdings lässt sich das aus den Daten nicht direkt nachvollziehen. Möglicherweise haben jüngere Migranteltern ein besseres Sprachverständnis als der Durchschnitt der Migrantenbevölkerung. Zu berücksichtigen ist hier auch, dass der Migrantenstatus, wie in Kapitel 7.1.2 beschrieben, sehr eng gefasst war.

*Tabelle 29: Vergleich der Basisparameter der Studienpopulation mit Daten der Allgemeinbevölkerung in Bayern bzw. München*

Variable	Bayern		München	
	Studienpopulation (%)	Vergleichsdaten (%)	Studienpopulation (%)	Vergleichsdaten (%)
Geschlecht				
Mädchen	45,6	48,7	43,7	
Junge	54,4	51,3	56,3	
Elterlicher Bildungsstand				
sehr hoch	26,4	10,6	42	19,5
hoch	13,6	18,2	17,8	31,4
mittel	33,4	18,7	24	18,8
niedrig	26,6	42,3	16,2	30,2
Einkommen				
unter 500	1,0	1,7		
500-1500	15,6	22,4		
1500-2000	14,8	15,5		
2000-4000 (bzw. 4500)	57,0	48,9		
mehr als 4000 (bzw. 4500)	11,6	11,7		
Staatsbürgerschaft des Kindes				
deutsch/doppelt	94,1	94,6	84,1	86,4
nicht deutsch	5,9	5,4	15,9	13,6
Alleinerziehend				
ja	11,3	19,7	14,7	
nein	88,7		85,3	
Erwerbstätigkeit				
arbeitslos	3,2	4	3,5	
geringfügig	2,9		2	
erwerbstätig	93,8	96	94,5	

*Datenquellen:*

Geschlecht, Staatsbürgerschaft: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, GENESIS-Datenbank.

Schulbildung und Alleinerziehend: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2008a). Struktur der Bevölkerung und der Haushalte in Bayern 2007. Regionalergebnisse des Mikrozensus. Teil V der Ergebnisse der 1%-Mikrozensushebung 2007. München.

Einkommen und Erwerbstätigkeit: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2008b). Haushalte und Familien in Bayern 2007. Teil IV der Ergebnisse der 1%-Mikrozensushebung 2007. München.

*Anmerkungen:*

Geschlecht: Mädchen und Jungen im Alter 5 bis unter 7 Jahre am Stichtag 31.12.2006

Staatsbürgerschaft des Kindes: Staatsbürgerschaft der in den Jahren 2000 und 2001 Lebendgeborenen in Bayern.

Einkommen: gesamtes Haushaltseinkommen der Allgemeinbevölkerung, Studienpopulation mehr als 4000 Euro, Vergleichsdaten mehr als 4500 Euro.

Der Anteil der Alleinerziehenden in der Studienpopulation ist niedriger als in der Gesamtpopulation (Tabelle 29). Die naheliegendste Erklärung ist, dass alleinerziehende Mütter und Väter das Ausfüllen des Fragebogens aus Zeitgründen häufiger abgelehnt hatten. Allerdings können unter den Alleinerziehenden in der Gesamtbevölkerung vermehrt Eltern mit älteren Kindern sein, wenn Paare sich möglicherweise häufiger trennen, wenn die Kinder älter sind. Das bestätigen zum Beispiel Zahlen aus einer Befragung des Instituts für Demoskopie Allensbach (2010), die zumindest für Westdeutschland im Vergleich mit Paarfamilien einen geringeren Anteil Alleinerziehender mit Kindern unter 6 Jahren angeben, dafür einen höheren Anteil an Alleinerziehenden mit Kindern über 13 Jahren.

Ingesamt ist also fraglich inwieweit die Response-Rate nach der sozialen Lage unterschiedlich ist und damit auch ein Selektions-Bias in der Studie enthalten ist. Mit den vorhandenen Daten lässt sich diese Frage nicht endgültig beantworten, allerdings ist aus den Daten abzuleiten, dass es sich nicht um starke Verzerrungen handelt. Aus epidemiologischen Studien ist bekannt, dass sozial benachteiligte Personen seltener an Befragungen teilnehmen als Personen mit höherem sozialem Status. Dieser Mittelschichtbias wird vor allem auf geringeres Interesse und größeres Misstrauen der weniger gebildeten Bevölkerungsgruppen zurückgeführt (Schnell 1997). Dass in den GME-Surveys die Teilnahmerate insgesamt sehr hoch war, aber auch die Unterschiede zwischen den sozialen Gruppen nicht sehr ausgeprägt waren, lässt sich neben den anderen Punkten, die in diesem Kapitel bereits beschrieben wurden, auch darauf zurückführen, dass das Thema Gesundheit ihrer Kinder für die Eltern zum Zeitpunkt der Schuleingangsuntersuchung sicher interessant und relevant war (Schnell 1997).

Die Teilnahmerate der GME-Surveys lässt sich bei der Schuleingangsuntersuchung dadurch erhöhen, dass die Sozialmedizinischen Assistentinnen den Eltern evtl. Ersatzfragebögen austeilen, wenn sie keinen GME-Fragebogen abgeben, den sie vorher über die Kindergärten bzw. per Post bekommen. Um weitere Informationen über die Personen zu erhalten, die den Fragebogen nicht ausgefüllt haben, könnten zukünftig bei den GME-Datenerhebungen non-responder-Erhebungen durchgeführt werden. Dabei könnten während der Schuleingangsuntersuchung der Kinder die Eltern einige Basis-Fragen zu ihrer sozialen Lage beantworten.

### 7.3 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

#### 7.3.1 Diskussion der objektiven Lärmbelastung in München

Die Ergebnisse zur objektiven Lärmbelastung von Familien mit Einschulkindern in München zeigten, dass 14% bzw. 15% der Studienteilnehmer hohen Lärmpegeln von über 60 dB(A) (LDEN) bzw. über 50 dB(A) (LNight) ausgesetzt waren. Durch die Meldungen der Lärmkartendaten der EU-Mitgliedsstaaten im Rahmen der EU-Umgebungslärmrichtlinie ist ein Vergleich der Lärmbelastung in Europäischen Großstädten und Ballungsgebieten möglich. Der Vergleich der Ergebnisse zur Lärmexposition aus der vorliegenden Dissertation und den Zahlen laut Meldung der Stadt München, des Umweltbundesamtes und der anderen europäischen Mitgliedsstaaten ist in Tabelle 30 dargestellt (European Topic Centre on Land Use and Spatial Information 2010).

*Tabelle 30: Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm der befragten Münchner Eltern im Vergleich zur Exposition der Bevölkerung Münchens gesamt, sowie deutscher und Europäischer Großstädte und Ballungsgebiete nach den Meldungen im Rahmen der EU-Umgebungslärmrichtlinie.*

dB(A)	LDEN				LNight		
	55 bis unter 60	60 bis unter 65	65 bis unter 70	70 und mehr	50 bis unter 55	55 bis unter 60	60 und mehr
% Exponierte in vorliegender Studie	6,9	5,4	6,4	2,2	6,2	6,4	2,4
% Exponierte gesamt München <sup>1</sup>	9	5	5	3	6	5	3
% Exponierte Deutschland <sup>1</sup>	9	6	5	2	5	4	3
% Exponierte Europa <sup>1</sup>	18	20	8	4	20	10	6

<sup>1</sup>Datenquelle: European Topic Centre on Land Use and Spatial Information, 2010.

Das Ausmaß der Exposition der befragten Eltern in München unterscheidet sich nicht von dem der Münchner insgesamt und der deutschen Gesamtbevölkerung in Großstädten. Der Anteil der hoch Exponierten in Europa ist allerdings zum Teil mehr als doppelt so hoch wie in Deutschland (Tabelle 30). Jedoch sind die Zahlen für einige europäische Länder mit Vorsicht zu interpretieren, da einzelne Städte bzw. Mitgliedsstaaten unplausible Angaben übermittelt haben (z.B. Anteile exponierte Bevölkerung insgesamt über 100%). Diese Zahlen wurden zur Überprüfung an die entsprechenden Mitgliedsstaaten zurückgegeben.

Die kurzfristig anzusetzenden Lärmgrenzwerte in Wohngebieten von tagsüber 65 dB(A) und nachts 55 dB(A), die vom SRU (2008) als für den Gesundheitsschutz unabdingbar gehalten werden, können in München für 8% bzw. 9% der Familien nicht erreicht werden. Die WHO (2009) empfiehlt für einen ruhigen Schlaf einen nächtlichen Mittelungspegel an der Außenwand von unter 40 dB(A) und sieht ab Mittelungspegeln von 55 dB(A) ein zunehmendes gesundheitliches Risiko und Public Health-Problem. Werte unter 50 dB(A) sind in den Zusammenfassungen der Meldungen nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie (Tabelle 30) gar nicht enthalten. Etwa die Hälfte der in dieser Dissertation Befragten ist nachts oberhalb dieser Pegel belastet.

De Kluizenaar et al. (2009), Brink (2011) und Havard et al. (2011) haben bisher epidemiologische Studien publiziert, die Daten aus Lärmkarten nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie analysieren. De Kluizenaar et al. (2009) verknüpften die Lärmkartendaten mit einer niederländischen Kohortenstudie aus dem Jahr 1991. Die Lärmbelastung nachts war vergleichbar mit den Ergebnissen aus der vorliegenden Dissertation.

Brink (2011) analysierte Lärmkartendaten für die Schweiz in Zusammenhang mit dem Schweizer Haushaltspanel. Da in die Studie auch ländliche Gebiete und somit weniger lärmbelastete Gebiete eingingen, ist die Exposition gegenüber Straßenverkehrslärm (6% mit über 65 dB(A) (LDN) belastet) weitaus geringer als in der vorliegenden Dissertation.

Havard et al. (2011) analysierten die Lärmkarte von Paris und Daten einer Kohortenstudie gezielt auf soziale Ungleichheit in der Lärmbelastung. Wie auch in der vorliegenden Dissertation wählten die Autoren ein Mehrebenen-Modell, um Effekte der Nachbarschaft einzubeziehen. Die Lärmexposition wurde nicht nur für die Fassade des Wohnhauses berechnet, sondern es wurde der Mittelungspegel im Umkreis von 250 Meter um die Wohnung der Befragten gewählt, um die Exposition in der Wohnumgebung zu erfassen, in der die Bewohner tägliche Aktivitäten verrichten, wie z.B. Einkaufen. Der durchschnittliche LDEN war mit 64,4 dB(A) um 14 dB(A) höher als bei den Münchner Eltern, die Spannweite war dabei weitaus geringer. Ein Grund für die höheren Pegel in der Studie in Paris ist, dass im Umkreis von 250 Metern um eine Wohnung in einer Großstadt wie Paris wahrscheinlich sehr stark befahrene Straßen und Kreuzungen eingeschlossen sind. Die Berechnungen der Mittelungspegel in der vorliegenden Dissertation bezogen sich lediglich auf die Wohnadresse der Befragten. Laut des European Topic Centre on Land Use and

Spatial Information (2010), waren die Anteile der Bevölkerung, die Pegeln von über 55 dB(A) ausgesetzt sind, in Paris mit 18% und München mit 22% vergleichbar. Da pro Person bzw. Wohnung mehr Mittelungspegel in die Berechnung von Havard et al. (2011) eingegangen sind, ist die Spannweite geringer als in München. Die Mittelungspegel in der direkten Wohnumgebung in Paris sind nach Havard et al. (2011) damit bereits im Durchschnitt nach der WHO (2000, 2009) als riskant in Bezug auf chronische Lärmbelastigung zu sehen.

Bereits vor der Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie gab es in mehreren Städten Ansätze, eine Lärmkarte zu modellieren. In Berlin wurden im Rahmen des Spandauer Gesundheits-Surveys (SGS) Expositionsdaten auf Basis von Verkehrszählungen aus der Berliner Lärmdatenbank ausgewertet und mit direkten Messpegeln verglichen und ergänzt (Maschke et al. 2003). Die Studie kommt zu weitaus höheren Schallpegeln als in München. Der Mittelungspegel tagsüber wie nachts liegt um 10 dB(A) höher als die LDEN und LNight in der vorliegenden Studie. Auch der Anteil der hoch Belasteten über 65 dB(A) tagsüber bzw. über 55 dB(A) nachts ist mit 20% bzw. 33% weitaus höher als die aktuellen Daten aus den Lärmkarten für München und andere deutsche Großstädte. Allerdings ist der SGS nur in einem Stadtbezirk Berlins durchgeführt worden, der von den Wohnbedingungen her nicht repräsentativ für die ganze Stadt ist, sondern in Bezug auf Verkehrsbelastungen einen Hot Spot darstellt.

In Helsinki wurde eine Lärmkarte auf der Basis von Daten aus dem Jahr 1988 modelliert (Heinonen-Guzejev et al. 2000) und mit Befragungsdaten zu Lärmbelastigung aus einer Zwillings-Kohorte verknüpft. Der Anteil der Belästigten (unabhängig von der Stärke der Belastung) in den verschiedenen Pegelkategorien war tagsüber geringer als nachts. In der vorliegenden Dissertation waren die Anteile der stark Belästigten tagsüber etwa doppelt so hoch wie nachts. Die Höhe der Prozentzahlen lassen sich schlecht vergleichen, da in der vorliegenden Studie stark Belästigte, in der finnischen Studie die Belästigten insgesamt betrachtet wurden.

Im Vergleich mit den Daten des Umweltbundesamtes (UBA 2000) ist in München ein geringerer Bevölkerungsanteil 24 Stunden-Mittelungspegeln von über 65 dB(A) ausgesetzt, nachts ist der Anteil der mit über 55 dB(A) Belasteten gleich hoch bei 9-10%. Allerdings geben die Daten des UBA Mittelungspegel für tagsüber und nachts an ohne genauere Angabe der Uhrzeit. Dass der Anteil der stark Belasteten über 24 Stunden in München niedriger ist, liegt sicherlich zum Teil daran, dass die ruhigeren Nachtstunden im LDEN eingeschlossen sind.

Neben den Daten aus den Lärmkarten gibt es Informationen zur Lärmbelastung aus Studien, die direkte Lärmmessungen durchführten oder Lärmbelastung modellierten, zum Teil auf Basis anderer Daten als der, die in die Lärmkarten laut EU-Umgebungslärmrichtlinie einfließen (Beule und Ortscheid 2001, Radon et al. 2007, Babisch 2009).

Die Daten, die durch die Leseraktion von UBA und Stiftung Warentest in den Jahren 1998-2001 durch Modellierung ermittelt wurden, sind mit den in der vorliegenden Studie ermittelten Ergebnissen nicht vergleichbar (Beule und Ortscheid 2001). Die Ergebnisse sind nicht repräsentativ für die Gesamtbevölkerung, da sich vor allem Personen beteiligt haben, die ein massives Lärmproblem an ihrem Wohnort haben, deswegen bereits aktiv geworden sind und sich von der Aktion sowie dem daraus resultierenden Gutachten eine Verbesserung ihrer Situation erhofften.

Die Studie „LEe – Lärm: Exposition und Befinden“ erfasste die Lärmbelastung mit Personendosimetern über 24 Stunden bei 1767 Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in vier Regionen in und um München (Radon et al. 2007). Dabei zeigte sich im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Dissertation ein wesentlich höherer 24-Stunden Mittelungspegel. Bei Kindern liegt der Median des 24-Stunden Mittelungspegel bei 78 dB(A), bei Erwachsenen bei 70 dB(A). Diese Werte liegen damit 28 dB(A) bzw. 20 dB(A) höher als das arithmetische Mittel der LDEN der vorliegenden Dissertation. Die Nachtpegel liegen bei Kindern im Median bei 39 dB(A) und bei Erwachsenen bei 53 dB(A). Sie sind somit für Kinder etwas niedriger, für Erwachsene um 8 dB(A) höher als die der vorliegenden Dissertation (Radon et al. 2007). In der Lärmkartierung werden die Schallpegel an der Außenwand der Gebäude modelliert, auf der Grundlage von Verkehrszählungsdaten in die Straßen mit einem Aufkommen von 4000 KFZ und mehr pro Tag eingehen. Bei der Personendosimetrie werden neben dem Straßenverkehr weitere Lärmquellen wie Gespräche, Spielen, Musik mit erfasst und auch der Verkehrslärm personenbezogen genauer gemessen. Dadurch kommt es tagsüber zu sehr hohen, nachts (zumindest bei Kindern) zu niedrigeren Mittelungspegeln. Bei Erwachsenen erhöhen wahrscheinlich Gespräche, Fernsehen und Besuche in Gaststätten den nächtlichen Mittelungspegel. Aus diesen Gründen sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit denen der LEE-Studie nicht vergleichbar, allerdings lassen sich an diesem Beispiel die Auswirkungen der unterschiedlichen Methoden der Expositionserhebung auf die Ergebnisse gut herausstellen.

Wie in der LEE-Studie wurden auch im Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 (KUS)

Schallpegel direkt gemessen, allerdings nur orientierend über 15 Minuten am geöffneten Kinderschlafzimmerfenster (Babisch 2009). Der Mittelwert des Mittelungspegels lag bei 50 dB(A) im Zeitrahmen zwischen 8 Uhr und 21:30 Uhr. In der vorliegenden Dissertation lag der Mittelungspegel über 24 Stunden (LDEN) ebenfalls auf diesem Niveau. Da in den LDEN auch die ruhigeren Nachtstunden einberechnet werden, ist davon auszugehen, dass der Lärmpegel in der vorliegenden Dissertation im Zeitrahmen, der mit der Messung im KUS vergleichbar wäre, etwas höher liegen dürfte. Der Range des LDEN der vorliegenden Dissertation (34–81 dB(A)) ist enger als der des KUS (27–86 dB(A)). Die Messergebnisse des KUS und die Ergebnisse der Datenauswertung der Lärmkarte München sind aus mehreren Gründen zum Teil unterschiedlich und damit nur eingeschränkt vergleichbar:

Erstens waren im KUS-Datensatz auf dem Land lebende Kinder eingeschlossen, die im Durchschnitt eine geringere Lärmexposition haben als in einer Großstadt wie München. Zweitens spielte auch eine Rolle, dass bei der Modellierung der Lärmkarte der Lärmpegel in kleineren Straßen unterschätzt wird. Darüber hinaus kann, wie Babisch (2009) selbst anmerkt, eine 15-minütige Messung eine umfassende Immissionsmessung nicht ersetzen, da das Verkehrsaufkommen sehr stark schwankt. Ein weiterer Grund für die eingeschränkte Vergleichbarkeit ist, dass in der vorliegenden Studie aus der Lärmkarte nur die Informationen für den Straßenverkehrslärm verwendet werden konnten. Bei einer direkten Messung, wie sie im KUS durchgeführt wurde, werden aber alle Lärmquellen, auch solche über den Verkehrslärm hinaus, erfasst. Nach Einschätzung der Interviewer im KUS war in etwas weniger als der Hälfte der Fälle der Straßenverkehr die dominierende Lärmquelle (Babisch 2009).

Die Kinderschlafzimmer sind bei den Münchner Familien tendenziell eher an einer ruhigeren Hausseite ausgerichtet. 58% der Kinderschlafzimmerfenster der Befragten in München liegen nicht straßenseitig. Der durchschnittliche Mittelungspegel sinkt um etwa 1,5 dB(A) mit der Berücksichtigung der Ausrichtung des Kinderschlafzimmerfensters. Auch Babisch (2009) hat im KUS festgestellt, dass etwa die Hälfte der Kinderschlafzimmer zu einer straßenfreien Seite des Hauses hin ausgerichtet ist.

### **7.3.2 Diskussion der Determinanten der objektiven Lärmbelastung**

In der vorliegenden Studie wurden in einer logistischen Regression Einflussfaktoren auf die Lärmbelastung der Befragten ermittelt. In der bivariaten Analyse waren von

den Faktoren der sozialen Lage nur die nicht-deutsche Staatsbürgerschaft des Kindes und „keine Angabe“ zum Haushaltseinkommen signifikant mit hoher Lärmbelastung über 24 Stunden und nachts assoziiert. Im multivariaten Modell hing keine der Variablen signifikant mit der Exposition zusammen. Die Variablen zur Beschreibung der Wohnbedingungen Crowding, Wohnen im Mehrfamilienhaus und häufiger LKW-Verkehr wiesen dagegen auf einen hoch signifikanten Zusammenhang mit der Exposition hin. Im multivariaten Modell haben der häufige LKW-Verkehr und das Wohnen im Mehrfamilienhaus als einzige Variablen einen signifikanten Einfluss auf die Lärmbelastung. Die soziale Lage der befragten Münchner Eltern ist also nicht signifikant mit der objektiven Lärmbelastung assoziiert. Die Haupteinflussfaktoren sind demnach die Wohnbedingungen, vor allem der starke LKW-Verkehr in der jeweiligen Wohnstraße.

Während in der vorliegenden Studie keine Unterschiede in der Exposition nach sozialer Lage zu finden waren, fanden Havard et al. (2011) ein erhöhtes Risiko für eine höhere Exposition bei französischen Staatsbürgern und in wohlhabenderen Nachbarschaften. Brink (2011) fand in der schweizerischen Studie keine signifikanten Unterschiede in der Lärmbelastung nach Faktoren der sozialen Lage. In der niederländischen Studie (Kluizenaar et al. 2009) war der Anteil der nicht mit Partner lebende Personen in höheren Pegelkategorien höher (32% bei Pegeln über 50 dB(A) (LNight) versus 26% bei bis zu 35 dB(A) (LNight)). Es fand sich, wie auch in der vorliegenden Dissertation, kein Zusammenhang mit Bildung und Arbeitslosigkeit. Ergebnisse der multivariaten Regression für die Faktoren der sozialen Lage wurden nicht publiziert. Der Spandauer Gesundheits-Survey fand ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen niedrigem sozioökonomischem Index und hoher objektiver Lärmbelastung durch Straßenverkehr, jedoch einen Zusammenhang mit Lärm durch Flugverkehr (Maschke et al. 2003). Radon et al. (2007) fanden in der LEE-Studie keinen Zusammenhang zwischen Lärmexposition tagsüber und Einkommen oder Bildung, allerdings gab es bei den Medianen der nächtlichen Lärmpegel eine Differenz von bis zu 5 dB(A) zwischen den verschiedenen Einkommensgruppen. Die höchste Einkommensgruppe war mit 56 dB(A) am höchsten exponiert, gefolgt von der niedrigsten Einkommensgruppe mit 54 dB(A) (Radon et al. 2007). Auch die Personen mit höherem Bildungsstand waren höher exponiert als die Personen mit eher niedriger Bildung. Bei den Kindern fand sich keine signifikante Assoziation zwischen dem Lärmpegel und dem Bildungsstand der Eltern. Es ist hier aber nochmals hinzuweisen, dass die Messung der Lärmexposition in der LEE-Studie mit

Personendosimetern erfolgte und somit nicht nur eine einzige Lärmquelle wie den Straßenverkehr beinhaltet.

### 7.3.3 Diskussion der Ergebnisse zu Lärmbelästigung

In der vorliegenden Studie wurde die subjektive Belästigung durch verschiedene Lärmquellen mithilfe eines validierten Instruments, der 5-stufigen ICBEN-Skala, erhoben. Damit sind die Ergebnisse vergleichbar mit vielen anderen Studien auf Basis dieser Erhebungsmethode.

Da in dieser Studie die Eltern nach ihrem Belästigungsempfinden in der Wohnung befragt wurden, und deren Angaben auch stellvertretend für die Kinder genutzt wurden, werden im Folgenden neben den Studienergebnissen zur Belästigung von Erwachsenen auch solche zum Vergleich herangezogen, die sich auf die Belästigung der Kinder selbst beziehen. Solche Vergleiche sind natürlich mit Vorsicht zu interpretieren, da Erwachsene und Kinder sich im Belästigungsempfinden unterscheiden können (Evans et al 2001, Dockrell und Shield 2004). Die wenigen Studien, die die Lärmbelästigung von Eltern und Kindern vergleichen, kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen (Dockrell und Shield 2004, Enmarker und Boman 2004, Van Gerven et al. 2009). Die meisten Veröffentlichungen stammen aus Studien wie RANCH („*Road traffic and Aircraft Noise exposure and Children's cognition and Health: exposure-effect relationships and combined effects*“) und der *Heathrow School Study*, die die Konzentrationsfähigkeit und Schulleistungen von Kindern in flughafennahen Schulen untersuchten (Haines et al. 2001, Stansfeld et al. 2005). Diese Studien erhoben als Confounder auch die subjektive Lärmbelästigung an der Schule und am Wohnort der Kinder. Schüler geben häufig eine Beeinträchtigung ihrer Arbeit an bezüglich sprachlicher Verständigung, Konzentration, Durchhaltevermögen und Motivation (Schick et al. 1999, Dockrell und Shield 2004, Stansfeld et al. 2005, Clark et al. 2006).

Übereinstimmend mit den meisten Studien und Umfragen zur Belästigung durch Umweltlärm (Ortscheid und Wende 2002, Hoffmann et al. 2003, Kohlhuber et al. 2006, Kuckartz et al. 2006) wurde auch in der vorliegenden Dissertation von den befragten Eltern der Straßenverkehr als häufigste Quelle für Belästigung angegeben. Lediglich in lokalen Erhebungen wie z.B. dem Spandauer Gesundheits-Survey oder anderen lokal begrenzten Studien um große Flughäfen wurden andere Quellen, insbesondere der Flugverkehr, als häufigste Quelle genannt (Maschke und Hecht 2005, van Kempen et al. 2009, Babisch et al. 2009b).

Da die Fallzahlen von durch andere Quellen als den Straßenverkehr Belästigten in dieser Dissertation sehr klein waren, konzentrierten sich die weiteren Auswertungen auf den Straßenverkehr. Repräsentative Umfragen des UBA ergaben ein höheres Ausmaß von Lärmbelästigung durch Straßenverkehr als in der vorliegenden Dissertation (Ortscheid und Wende 2002, Kuckartz et al. 2006). Auch die Befragten des Bundes-Gesundheitssurveys 1998 gaben eine höhere Belästigung durch Straßenverkehrslärm an (Maschke et al. 1999, Hoffmann et al. 2003, Swart 2003). Aus den Daten des Sozio-ökonomischen Panels (SOEP) ging ebenfalls ein höherer Anteil von mittelmäßig bis äußerst stark Belästigten hervor (Kohlhuber et al. 2006). Allgemein schien das Ausmaß der Belästigung durch Straßenverkehrslärm in der vorliegenden Studie niedriger zu sein als in anderen Studien in Deutschland. Das kann zum einen an unterschiedlichen Erhebungsmethoden liegen. Beispielsweise wurde Lärmbelästigung im Bundesgesundheitsurvey mithilfe dreistufigen Likert-Skala erhoben, dafür aber anhand mehrerer Fragen (Hoffmann et al. 2003). Aber auch die Selektivität der Stichprobe in dieser Dissertation (Eltern mit Kindern im Einschulalter) könnte ein Grund für das niedrigere Ausmaß der Belästigung sein. Es ist möglich, dass Familien mit Klein- und Schulkindern im Durchschnitt häufiger in Wohnungen leben, die nicht an stark befahrenen Straßen liegen. Information dazu ist allerdings in der Literatur nicht zu finden.

Im Folgenden soll auf einige Vergleichsstudien genauer eingegangen werden, um die unterschiedlichen Erhebungsmethoden miteinander zu vergleichen und deren Auswirkungen auf die Ergebnisse zu verdeutlichen.

Im *Spandauer Gesundheits-Survey* (SGS) fühlten sich 23,5% der Befragten durch Straßenverkehr mittelmäßig bis sehr belästigt, etwas weniger als durch Flugverkehr (Maschke et al. 2003). Das war ein höherer Anteil im Vergleich zur Münchner Stichprobe, allerdings war auch die objektive Schallpegelbelastung im SGS weitaus höher.

Die *LEe-Studie* zu Lärmbelastung und Befinden, die in und um München durchgeführt wurde, hat die chronische Lärmbelästigung mit den Fragen aus dem Bundesgesundheitsurvey 1998 erhoben und damit eine dreistufige, statt - wie in der vorliegenden Studie - eine fünfstufige Likert-Skala benutzt (Radon et al. 2007). Die Anteile der Personen, die eine mittelstarke bis sehr starke Belästigung angaben, waren mit 50% in der gesamten Stichprobe und 60% bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern in München weitaus höher als in der vorliegenden Studie. Die Antwortmöglichkeiten im Fragebogen beschränkten sich allerdings auf die

Kategorien „nicht stark“, „mittelstark“ und „sehr stark“ und sind damit nur eingeschränkt vergleichbar mit der in dieser Dissertation verwendeten ICBEN-Skala (International Commission on Biological Effects of Noise).

Im *KUS* wurden die Eltern von 8-14-jährigen Kindern und die Kinder selbst nach Lärmbelästigung durch verschiedene Quellen befragt (Babisch 2009). Das Ausmaß der Belästigung schien im *KUS* tagsüber etwas niedriger zu liegen als in der Gesamtstichprobe der vorliegenden Studie. 7,3% sowohl der Eltern als auch der 8-10-jährigen Kinder fühlten sich durch Straßenverkehrslärm tagsüber belästigt, nachts waren es noch 2,9% der Eltern und 6,8% der Kinder. Kinder im Alter von 11-14 Jahren fühlten sich nicht so stark durch Lärm belästigt, tagsüber gaben 3,4% und nachts 2,6% der Kinder eine mittelmäßige bis äußerst starke Belästigung an. Die Eltern fühlten sich zu 6,8% tagsüber und 5,5% nachts belästigt. Die Antwortmöglichkeiten zu Lärmbelästigung waren im Elterninterview und für die Kinder von 8-10 Jahren „ja“, „nein“ und „Quelle nicht vorhanden“, die Eltern hatten zusätzlich die Angabe „weiß nicht“ zur Auswahl. Die Jugendlichen im Alter von 11-14 Jahren beantworteten die Frage mit der fünfstufigen ICBEN-Skala. Daher sind die Ergebnisse der Elternbefragung schwer mit den Ergebnissen der vorliegenden Dissertation vergleichbar. Allerdings lässt sich aus dem Vergleich der Befragung der Jugendlichen und den Elternangaben ermitteln, dass die dichotome Antwortskala *ja/nein* in der fünfstufigen Antwortskala zwischen „mittelmäßig“ und „etwas“ belästigt trennt (Babisch 2009). Das zeigt, dass die in der vorliegenden Dissertation gewählte Kategorisierung „nicht/etwas gestört“ versus „mittelmäßig bis äußerst stark gestört“ sehr gut zwischen belästigten und nicht belästigten unterscheidet. Die Eltern hatten häufiger keine Belästigung angegeben als die Kinder „überhaupt nicht“ als Antwortmöglichkeit gewählt hatten. Wie bereits ausgeführt waren diese beiden Antwortkategorien nicht ganz deckungsgleich. Ein signifikanter Unterschied war bei der Beurteilung der verschiedenen Lärmquellen zu sehen. Kinder und Jugendliche fühlten sich weitaus häufiger durch Nachbarn und andere Familienmitglieder gestört und weniger durch Straßenverkehr als Erwachsene. Insgesamt führte Babisch (2009, S. 114) aus, dass „Kinder im Alter zwischen 8 und 14 Jahren (...) nicht als Risikogruppe bezüglich der Lärmbelästigung durch Umweltlärm einzustufen“ sind. Erwiesen ist aber, dass Kinder sich durch Umweltlärm erheblich gestört fühlen können und dies an konkreten Auswirkungen wie Konzentrations- und Verständnisschwierigkeiten festmachen (Dockrell und Shield 2004, Babisch 2009, van Kempen et al. 2009).

Ising und Ising (2002) schlossen aus ihrer Studie im Harz, dass die Art des Lärms mit entscheidend beim Belästigungsempfinden ist, und dass tieffrequenter Lärm, etwa durch vorbeifahrende LKWs, starke Belästigungsreaktionen hervorrufen kann. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in den Ergebnissen der vorliegenden Dissertation wider, in der häufiger LKW-Verkehr in der Wohnstraße den größten Einfluss auf die Lärmbelastigung hatte.

Im Vergleich mit internationalen Studien zeigt sich ebenfalls ein heterogenes Bild: Bei der Frage nach Lärmproblemen in der Studie von Brink (2011) war in den unteren Pegelbereichen bis 45 dB(A) und den hohen Bereichen ab 70 dB(A) der Schienenverkehr die dominante Quelle, bei Pegeln zwischen 60 und 70 dB(A) verursachten die Lärmquellen etwa gleich häufig Probleme. In der vorliegenden Dissertation konnte leider nicht auf Lärmkarten für den Schienenverkehr zurückgegriffen werden, da diese bei Beginn der Datenanalyse noch nicht fertig gestellt waren. Brink (2011) kommt in seiner Studie in der Schweiz auf etwas höhere Anteile an Personen, die Lärmprobleme aufgrund von Straßenverkehr angegeben hatten (42% bei 65-70 dB(A), 45% bei 70-75 dB(A), Tag-Nacht-Pegel) als in der vorliegenden Dissertation stark Belästigte (30 % bei 65-70 dB(A), 40% bei 70 dB(A) und mehr, LDEN). Die Frage nach Lärmproblemen lässt sich allerdings mit der Frage nach starker Belästigung nicht vergleichen.

Während in der vorliegenden Dissertation in der Münchner Studienpopulation etwa 16% tagsüber und 7,4% nachts mittelmäßig bis stark durch Straßenverkehrslärm belästigt waren, wurde in der HYENA-Studie eine höhere Belästigung festgestellt (16,6 bzw. 9,9% stark Belästigte um den Flughafen Tegel) (Babisch et al. 2009a). Allerdings waren die Befragten Anwohner großer Europäischer Flughäfen, wo neben dem Flugverkehr auch der Straßenverkehr überdurchschnittlich hoch war. Die Anteile der stark Belästigten in den einzelnen Pegelbereichen waren vergleichbar mit den Ergebnissen der vorliegenden Dissertation.

In der RANCH-Studie hatten auch Kinder eine Frage zu Belästigung durch Straßenverkehrslärm in der Schule beantwortet (van Kempen et al. 2009). Zwischen 4,0% (Niederlande) und 6,5% (Großbritannien) fühlten sich stark belästigt. Wenn man berücksichtigt, dass in der vorliegenden Dissertation Belästigte insgesamt betrachtet wurden, war die Belästigung in München weitaus niedriger. Allerdings dominierte in der RANCH-Studie der Flugverkehr, was sich an den niedrigen Anteilen der durch Straßenverkehr belästigten Kinder (im Durchschnitt unter 15%) in den einzelnen Pegelbereichen zeigte.

Heinonen-Guzejev et al. (2000) fanden in Helsinki geringere Anteile von Belästigten in den einzelnen Pegelbereichen als in der vorliegenden Dissertation, die selbst berichtete Lärmexposition war bei gleichen Lärmpegeln höher als die Belästigung.

Van Gerven et al. (2009) fanden in der Altersgruppe von 40-50 Jahren die höchsten Anteile von stark Belästigten, die Anteile von 38% der 20-jährigen und 43% der 40-jährigen bei Tag-Nacht-Mittelungspegeln von 65 dB(A) und mehr sind vergleichbar mit den Angaben der Studienpopulation in dieser Dissertation.

Insgesamt schienen die Befragten in der vorliegenden Dissertation ein geringeres Ausmaß an Lärmbelastigung durch Straßenverkehr anzugeben als in Studien aus Deutschland und internationalen Untersuchungen. Ein Grund dafür könnte die Selektivität der Stichprobe in der vorliegenden Studie aber auch in den Vergleichsstudien sein. Einige der in diesem Kapitel vorgestellten Studien hatten Lärmbelastigung durch Flugverkehr als Schwerpunkt und nur begleitend auch den Straßenverkehr erhoben (Babisch et al. 2009a, Van Kempen et al. 2009). Zudem waren diese Studien in der Umgebung von großen Flughäfen lokalisiert. Beim Vergleich von subjektiver Lärmbelastigung und objektiver Belastung zeigten sich allerdings kaum Unterschiede. Das heißt, dass die GME-Studienpopulation bei gleichen Lärmpegeln ein ähnliches Ausmaß an Belästigungsreaktionen zeigte. In folgenden Kapitel 7.3.4 werden die Dosis-Wirkungsbeziehungen der vorliegenden Studie mit Ergebnissen aus verschiedenen Reviews verglichen.

#### **7.3.4 Diskussion der Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen objektiver Belastung und subjektiver Belästigung durch Straßenverkehrslärm**

Aus vielen Studien ist bekannt, dass die tatsächliche Lärmexposition das Ausmaß der subjektiven Belästigung beeinflusst (Schultz 1978, Miedema und Oudshoorn 2001, van Kempen 2009, Giering 2010). In dieser Arbeit sollte auch geklärt werden, wie objektive Belastung und subjektive Belästigung durch Straßenverkehrslärm zusammenhängen, ob eine Dosis-Wirkungs-Beziehung besteht und ob Belästigung damit als ein Indikator für die tatsächliche Belastung verwendet werden kann. Die Korrelation zwischen Belastung und Belästigung lag zwischen 0,23 und 0,31 (für LDEN/LNight vs. Belästigung tags/nachts) und zeigte damit einen mäßigen Zusammenhang, der etwas größer ist als von Schreckenbergs und Guski (2005) publiziert.

Personen, die der gleichen Lärmexposition ausgesetzt sind, können ihre Belästigung durch Lärm sehr unterschiedlich angeben (Schultz 1978). Anscheinend spielen bei

der Beurteilung der Belästigung nicht-akustische Faktoren (z.B. Einstellungen gegenüber der Lärmquelle, Wohnbedingungen, Tätigkeit) eine größere Rolle als die tatsächliche Lärmexposition. Allerdings rücken die nicht-akustischen Faktoren bei sehr hoher Exposition wieder in den Hintergrund. Schultz (1978) kam daher zu dem Schluss, dass Dosis-Wirkungs-Kurven nur für die stark Belästigten sinnvoll sind. Lärmbelästigung kann also nicht alleine durch die objektive Exposition beschrieben werden, sondern ist ein multifaktorielles Geschehen, in das Moderatoren wie die soziale Lage, die Wohnbedingungen in der Nachbarschaft, individuelle Lärmempfindlichkeit und Einstellungen gegenüber der Lärmquelle eine große Rolle spielen. In der vorliegenden Dissertation wurden Faktoren der sozialen Lage und Wohnbedingungen als Einflussfaktoren auf Lärmbelästigung in die Datenanalyse einbezogen. Mit der Analyse der Daten in Mehrebenen-Modellen und Strukturgleichungsmodellen wurde versucht der Komplexität der Zusammenhänge zwischen Lärmbelastung, Lärmbelästigung und weiteren Faktoren Rechnung zu tragen. Die Ergebnisse werden in Kapitel 7.3.5 diskutiert.

Bei einem Vergleich der Anteile stark Belästigter in gruppierten Mittelungspegeln in dieser Studie und dem Durchschnitt für mehrere EU-Länder, den Miedema und Ooudshoorn (2001) berechnet haben, zeigt sich eine hohe Übereinstimmung für LDEN (Abbildung 18), bei LNight ist der Anteil in den hohen Belastungskategorien in der Dissertation höher (Abbildung 19).

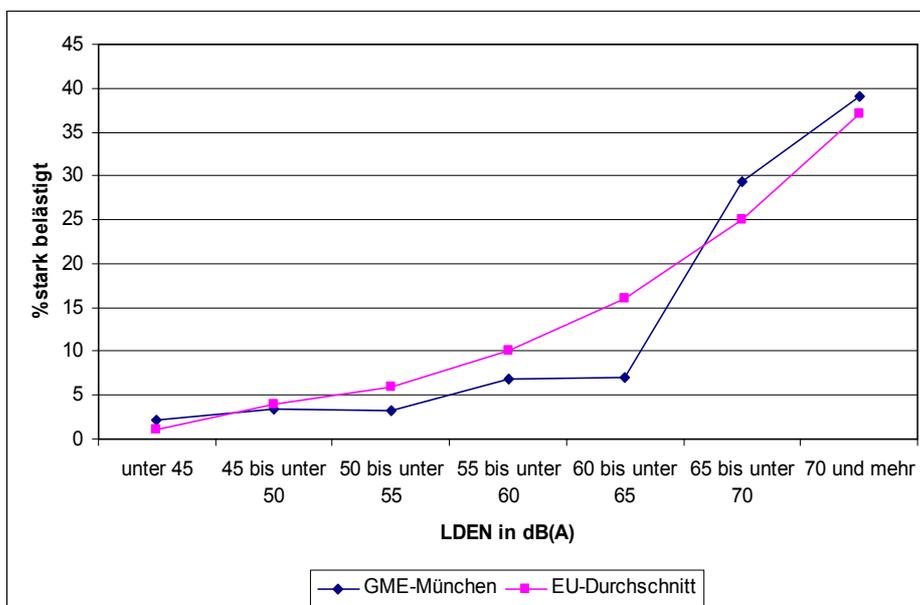


Abbildung 18: Vergleich der Miedema-Kurven für LDEN aus der vorliegenden Dissertation mit dem EU-Durchschnitt (Miedema und Ooudshoorn 2001)

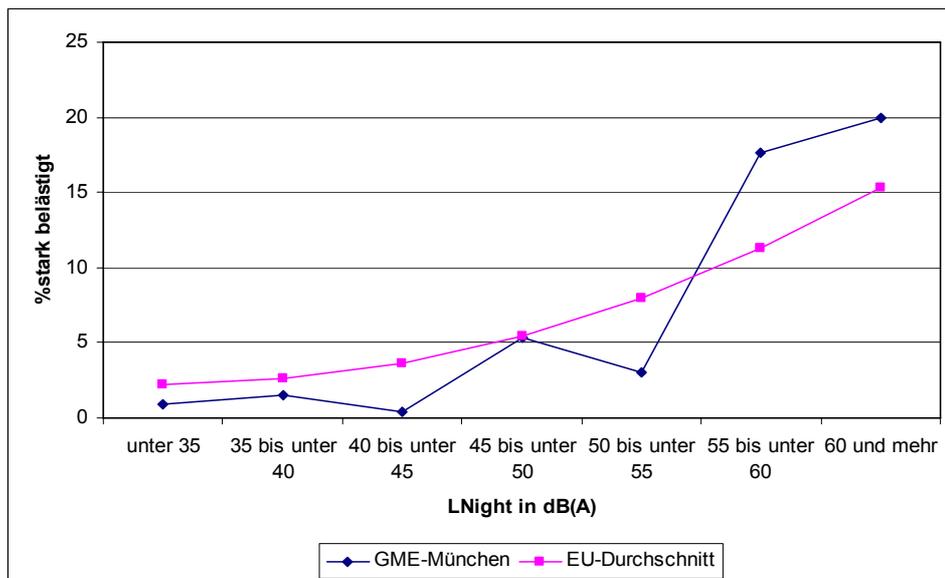


Abbildung 19: Vergleich der Miedema-Kurven für LNight aus der vorliegenden Dissertation mit dem EU-Durchschnitt (Miedema und Ooudshoorn 2001)

Die Daten, die die Basis für die Miedema-Kurven bilden, sind bereits in den 1970er bis 90er Jahren erhoben worden. Studien, die nach der Berechnung der Miedema-Kurven erschienen sind, weisen meist höhere Anteile von stark Belästigten auf, je höher die Expositionskategorien sind (Giering 2010). Das lässt sich im Trend auch aus den Abbildungen 18 und 19 ablesen. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Lärmbelastung in den letzten 20 Jahren angestiegen ist, aber auch das Belästigungsempfinden stetig steigt (WHO 2011). Ebenso spielen die unterschiedlichen Methoden der Expositionserfassung und die Erhebung von Belästigung bei dem Vergleich eine große Rolle. In der vorliegenden Studie wurden nicht alle Mittelungspegel die zu einer Adresse gehörten, gemittelt, sondern nur die Hausfront berücksichtigt, an der das Kinderschlafzimmerfenster ausgerichtet ist. Diese ist im Durchschnitt um etwa 1,5 dB(A) leiser als der Mittelungspegel aller Himmelsrichtungen.

### 7.3.5 Diskussion des Zusammenhangs zwischen Lärmbelastung und Faktoren der sozialen Lage

Bei Betrachtung der bivariaten Analyse wiesen Eltern mit niedrigerer sozialer Lage in dieser Dissertation im Mittel eine höhere subjektive Lärmbelastung auf. Allerdings hingen nicht alle Faktoren der sozialen Lage signifikant mit Lärmbelastung zusammen. Relativ arme Personen (weniger als 60% des medianen Durchschnittseinkommens) und solche, die weniger als 75 % des medianen Durchschnittseinkommens zur Verfügung haben, sowie Arbeitslose und Alleinerziehende fühlten

sich häufiger durch Lärm stark gestört. In der multivariaten Analyse war kein signifikanter Einfluss des Einkommens auf Lärmbelastigung mehr erkennbar. Die Faktoren der sozialen Lage sind über die intermittierenden Variablen der Wohnbedingungen mit Lärmbelastung und Lärmbelästigung verbunden. Wahrscheinlich überlagern die Effekte der Wohnbedingungen die Effekte der sozialen Lage, wie in den verschiedenen Regressionsmodellen (Tabellen 16 und 17) ersichtlich ist. Nur der Faktor „*Alleinerziehend*“ war noch signifikant assoziiert mit Lärmbelastigung tagsüber. Mögliche Gründe dafür können aus den Studienergebnissen nicht herausgelesen werden, möglicherweise sind alleinerziehende Eltern durch mehrere Umweltfaktoren aber auch durch adverse psycho-soziale Bedingungen wie Stress mehrfach belastet.

Die wenigen Studien zum Zusammenhang zwischen Lärmbelastigung und sozialer Lage, die bisher publiziert sind, kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Im SOEP und im Bundesgesundheitsurvey wurde eine höhere Lärmbelastigung von Personen in unteren sozialen Schichten beobachtet (Hoffmann et al. 2003b, Swart 2003, Kohlhuber et al. 2006). Der Kinder-Umwelt-Survey kommt zu ähnlichen Assoziationen mit dem Schichtindex nach Winkler (Babisch 2009). Maschke et al. (2003) fanden ebenfalls eine höhere Belästigung durch Straßenverkehr tagsüber wie auch nachts bei Personen mit einem niedrigerem sozioökonomischen Index. Auch die Gemeinschaftsstatistik über Einkommen und Lebensbedingungen in Europa zeigt einen höheren Anteil an Belästigten unter den Armutsgefährdeten (Statistisches Bundesamt 2010). Während die Assoziationen mit materiellen Faktoren wie Einkommen in manchen Studien relativ klar sind, sind die Zusammenhänge mit Schulbildung und beruflicher Stellung meistens nicht so stark ausgeprägt oder nicht signifikant (Swart 2003, Kohlhuber et al. 2006).

Michaud et al. (2008) fanden in Kanada eine stärkere Belästigung bei Personen mit mittlerem Einkommen und eine niedrigere Belästigung bei Personen mit niedrigen sowie hohen Einkommen und bei nicht mit Partnern zusammen lebenden, was den Ergebnissen der vorliegenden Dissertation widerspricht. Fryhi und Klæboe (2006) fanden keinen signifikanten Effekt von Einkommen und anderen Faktoren der sozialen Lage auf Lärmbelästigung.

Es gibt aber auch Hinweise aus Studien, die zeigen, dass in den höheren sozialen Schichten häufiger über Lärmbelastigung berichtet wird (Hoek et al. 2002, van Kempen et al. 2009, Xie und Kang 2010). Swart (2003) stellte einen stärkeren Zusammenhang zwischen der Nähe zur nächsten stark befahrenen Straße als Maß für

die Lärmbelastigung und höherer sozialer Lage fest. Die Vermutung liegt nahe, dass Befragte mit höherer sozialer Stellung sich bei gleicher objektiver Exposition stärker durch Lärm belästigt fühlen als Befragte mit niedrigerer sozialer Lage (Swart 2003). Das lässt sich allerdings aus den Daten der vorliegenden Studie für München nicht bestätigen. Der Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Lärmbelästigung ist nach den Kategorien des Bildungsabschlusses sowie der relativen Armut etwa gleich. Lediglich die Alleinerziehenden scheinen sich bei gleichem Lärmpegel etwas stärker belästigt zu fühlen als nicht Alleinerziehende. Allerdings sind die Fallzahlen in einzelnen Zellen so gering, dass sich keine gesicherte Aussage treffen lässt.

Die Ergebnisse aus den Mehrebenen-Analysen weisen in dieselbe Richtung. Der Schulsprengel schien nach Adjustierung für verschiedene Faktoren der individuellen sozialen Lage und für die tatsächliche Lärmexposition keinen Einfluss mehr auf die Lärmbelästigung zu haben. Das weist darauf hin, dass sich die Schulsprengel in der Lärmbelästigung sowie in der individuellen sozialen Lage nicht sehr stark voneinander unterscheiden oder in sich relativ heterogen sind. Ähnliche Ergebnisse fanden auch Fyhri und Klæboe (2009) anhand von Daten aus Oslo. Ihre Vermutung ist, dass sich in einer Großstadt Personen mit höherer sozialer Lage in attraktiven, aber verkehrsreicheren Innenstadtvierteln ansiedeln und sich so die Lärmbelästigung zwischen den sozialen Gruppen ausgleicht. Möglicherweise haben diese Bewohner Bewältigungsstrategien entwickeln können, um dem Lärm zeitweise aus dem Weg zu gehen. Im Trend kann daher für die vorliegende Studienpopulation ausgesagt werden, dass es entgegen einer häufigen Vermutung keinen Informationsbias gibt aufgrund der Überschätzung der Lärmbelästigung durch Befragte aus höherer sozialer Lage.

Objektive Lärmbelastung lässt sich gerade in den höheren Belastungskategorien durch die subjektive Lärmbelästigung abbilden. Allerdings gibt es eine große Anzahl von weiteren Faktoren, die auf das Belästigungsempfinden einen Einfluss haben. Nicht-akustische Faktoren sind individuell sehr verschieden und hängen auch von den situativen Gegebenheiten ab (Ising und Kruppa 2004). Psychologische Faktoren spielen eine große Rolle bei der Beurteilung von Lärm, und beeinflussen so maßgeblich die gesundheitlichen Auswirkungen der Lärmexposition. So wirkt die Einstellung der Befragten zur Geräuschquelle, deren Informationsgehalt und Kontrollierbarkeit ebenso moderierend auf das Belästigungsempfinden wie Wohnbedingungen (z.B. Rückzugsmöglichkeiten) und individuelle, psychische Faktoren (Lärmempfindlichkeit, Bewältigungsvermögen und sonstige Belastungen im Alltag).

Gesundheitliche Wirkungen, aber auch sozial ungleiche Verteilung von Belastungen sind somit eingebunden in ein komplexes Gefüge von physikalischen Schallparametern, moderierenden Faktoren und sozialen Bedingungen. Viele der hier und im Kapitel theoretischer Hintergrund erwähnten Einflussfaktoren waren nicht Gegenstand der vorliegenden Studie und konnten mit den gegebenen Instrumenten nicht erhoben werden. Das ist auch mit ein Grund dafür, dass in den logistischen Regressionsmodellen die erklärte Varianz durch die einbezogenen Variablen relativ klein war.

### **7.3.6 Diskussion der Ergebnisse zu Schlafstörungen**

Insgesamt scheint die subjektive Lärmbelästigung ein stärkerer Prädiktor für das Gesundheitsrisiko zu sein als der objektive Lärmpegel (Babisch 2000, Hoffmann et al. 2003b, Michaud et al. 2008). Deshalb, und weil die vorliegenden Datenanalysen ergeben haben, dass sich die tatsächliche Exposition durch die erfragte Lärmbelästigung zumindest bei stark Belästigten abbilden lässt, wurde in den Datenanalysen zu Schlafstörungen durch Umweltlärm die von den Eltern angegebene Lärmbelästigung anstelle des objektiven Lärmpegels einbezogen. Die Ergebnisse zeigten, dass Lärmbelästigung durch Straßenverkehr keinen Einfluss auf Ein- bzw. Durchschlafstörungen hatte. Schlechter Gesundheitszustand, Schlafen bei den Eltern und Nervosität/Unruhe des Kindes waren signifikant mit Schlafstörungen assoziiert. Allerdings ist die Richtung des Zusammenhangs nicht klar: Schlechter Gesundheitszustand, häufiges Schlafen im Elternbett und Unruhe bei Kindern kann sowohl Ursache als auch Folge von Schlafstörungen sein (Owens 2004).

Die Prävalenz von Schlafstörungen, die die Eltern in der vorliegenden Studie angegeben hatten, deckt sich mit den Zahlen aus Studien zum Schlafverhalten von Kindern (Wolke et al. 1994, Kahn et al. 2004, Owens und Witmans 2004, Spruyt et al. 2005). Allerdings berichteten in der Kölner Kinderschlafstudie, aus deren Fragebogen die Fragen für diese Studie stammten, die Eltern der Schulanfänger etwas seltener über Ein- und Durchschlafstörungen (Kraenz et al. 2004).

Wie schon im Kapitel Forschungsstand beschrieben, gibt es zum Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Schlafstörungen bei Kindern kaum Studien im Gegensatz zu Erwachsenen (Öhrström et al. 2006).

Die Kölner Kinderschlafstudie beinhaltete auch Angaben zu Lärmbelästigungen im Kinderschlafzimmer, die allerdings nicht nach Quellen unterschieden sind (Kraenz et al. 2004, Fricke-Oerkermann et al. 2007, Schredl et al. 2009). Die Odds Ratios (2 für

Einschlafstörungen und 1,9 für Durchschlafstörungen) sind etwas höher, verglichen mit den Ergebnissen in der vorliegenden Dissertation, in der für die Datenanalyse die ausführliche Variable zur Lärmbelastigung eingeschlossen wurde. In der multivariaten Analyse zeigten sich keine signifikanten Assoziationen. Wenn die Variable „Lärmbelastigungen im Kinderschlafzimmer“ aus dem Fragenkatalog der Kölner Kinderschlafstudie verwendet wurde (Ergebnisse in der Dissertation nicht gezeigt), waren die Assoziationen für Schlafstörungen vergleichbar. Das deutet darauf hin, dass im Kinderschlafzimmer nicht nur der Straßenverkehrslärm, sondern noch andere Lärmquellen eine Rolle spielen und die Variable „*Lärmbelastigung im Kinderschlafzimmer*“ aus der Frage 37 sich als aussagekräftiger für Schlafstörungen erwies als die Frage nach der Belästigung allein durch Straßenverkehr. Andererseits ist eine mögliche Erklärung für den stärkeren Zusammenhang, dass die Variable im Kontext des Fragenblocks zu Schlafstörungen erhoben wurde. Die Eltern waren dadurch möglicherweise bereits sensibilisiert für das Problem des Umweltlärms bei kindlichen Schlafstörungen und hatten wahrscheinlich häufiger Lärmbelastigungen angegeben.

Im KUS zeigte die objektiv gemessene Lärmexposition keinen signifikanten Zusammenhang mit Schlafstörungen der Kinder, allerdings einen Trend mit steigendem Pegel (Babisch 2009). In einer Studie von Ising und Ising (2002) klagten exponierte Kinder, die an einer stark befahrenen Bundesstraße wohnten, häufiger über Schlafprobleme als nicht exponierte. Die Exposition ließ sich durch Messungen der C-bewerteten Lärmpegel vor allem auf den starken LKW-Verkehr zurückführen. Das deckt sich auch mit der Tatsache, dass in der vorliegenden Studie in der bivariaten logistischen Regression LKW-Verkehr als einziger Faktor der Wohnbedingungen signifikant mit Schlafproblemen assoziiert war.

Öhrström et al. (2006) fanden ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Einschlafstörungen bei Kindern, weder nach objektiver Exposition noch nach subjektiver Belästigung des Schlafs durch Lärm. Allerdings sank die Schlafqualität bei Kindern leicht und die Wahrscheinlichkeit für Tagesmüdigkeit steigt signifikant an bei steigendem Lärmpegel und bei höherer Belästigung.

Die Faktoren der sozialen Lage waren in der vorliegenden Dissertation nicht mit kindlichen Schlafstörungen assoziiert. Viele Studien kommen zu dem Ergebnis, dass Schlafstörungen mit niedrigerem Sozialstatus assoziiert sind (Hale et al. 2009, El-Sheikh et al. 2010, Brouillette et al. 2011). Brouillette et al. (2011) fanden zum Bei-

spiel bei Kindern, die in benachteiligten Stadtteilen in Montreal (geringere Familieneinkommen, höherer Anteil Alleinerziehender, größere Bevölkerungsdichte) lebten, signifikant häufiger obstruktive Schlafapnoe. Einzelne Studien finden allerdings auch keinen Zusammenhang (Guerin et al. 2001) oder ein höheres Risiko für kürzere Schlafzeiten bei Kindern aus höheren sozialen Schichten (Arman et al. 2011). In der vorliegenden Dissertation wurden die Effekte der sozialen Lage auf Schlafstörungen möglicherweise durch Faktoren der Wohnbedingungen (häufiger LKW-Verkehr) überlagert.

Fernsehen vor dem Zubettgehen war in der vorliegenden Dissertation signifikant assoziiert mit Durchschlafstörungen. Dass ein Fernseher im Kinderschlafzimmer und häufiges Fernsehen die Schlafhygiene von Kindern beeinträchtigt, ist bekannt (Owens et al. 1999, Sisson et al. 2011). Owens und Witmans (2004) betonen daher auch die Notwendigkeit, Fernseher aus dem Kinderzimmer zu entfernen und das Kinderschlafzimmer zu einer Medien-freien Zone zu machen.

Die Tatsache, dass das Durchführen eines Einschlafrituals in der vorliegenden Studie positiv mit Durchschlafstörungen assoziiert ist, lässt sich mit Ergebnissen aus anderen Studien nicht bestätigen. Mindell et al. (2009) fanden bei Kleinkindern eine Reduktion verschiedener Schlafprobleme, wenn Rituale eingehalten wurden. Owens und Witmans (2004) halten das Einhalten von Routinen beim Schlafen gehen für einen wichtigen Aspekt bei der Schlafhygiene von Kindern. Die Fragestellung nach den Einschlafritualen war: „*Machen Sie mit Ihrem Kind jeden Abend vor dem Einschlafen etwas wie z.B. Singen, eine Geschichte lesen oder ähnliches (als Einschlafritual)?*“. Die Antwortmöglichkeiten waren „ja“ und „nein“. Ein Erklärungsansatz wäre, dass Eltern, die nur fast jede Nacht ein Einschlafritual durchführten, bei der Frage „nein“ angegeben hatten. Die Diskrepanz zwischen dem Ergebnis in der vorliegenden Dissertation zu den Erkenntnissen der Schlafmedizin lässt sich dadurch aber nicht klären.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen in Übereinstimmung mit den wenigen Studien, die es zum Zusammenhang zwischen Schlafstörungen von Kindern und Lärmbelastung gibt, darauf hin, dass Kinder in ihrem Schlafverhalten relativ wenig durch Lärm gestört werden. Kahn et al. (2004) wies in einem Review darauf hin, dass Kinder seltener Aufwachreaktionen zeigen, insbesondere Fluglärm allerdings einen Einfluss auf die Lebensqualität haben kann. Auch die Effekte von Lärm auf schulische Leistungen und Konzentrationsfähigkeit, sowie auf Stressreaktionen wie erhöhten Blutdruck und Ausschüttung von Stresshormonen, könnten neben der direk-

ten Wirkung des Lärms auch auf Schlafstörungen durch Lärm hinweisen (Stansfeld et al. 2005, Stansfeld und Matheson 2003). Allerdings fehlt es an Studien, die einen solchen Zusammenhang untersuchen. In der Diskussion der Methoden im Kapitel 7.1.2 wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Erhebung von Schlafstörungen mithilfe eines Elternfragebogens die Probleme der Kinder möglicherweise nicht genau abbildet. Schlafstörungen sind exakt eigentlich nur in Experimenten im Schlaflabor zu ermitteln. Das ist mit einer großen Probandenzahl in einer epidemiologischen Studie nicht möglich. Ideal wäre es, bei einer kleineren Stichprobe den Schlaf der Kinder zuhause über etwa 2 Wochen zu beobachten. Dabei könnten z.B. Körperbewegungen und Puls gemessen werden, um Schlafunterbrechungen zu ermitteln. Um einen Zusammenhang mit Lärmexposition festzustellen, müssten neben den Mittelungspegeln an der Außenwand aus der Lärmkarte auch nachts im Kinderschlafzimmer Lärmpegel gemessen werden, um Lärmspitzen und intermittierenden Lärm zu erheben. Weitere Einflussfaktoren wie z.B. der Gesundheitszustand des Kindes, subjektive Schlafstörungen und die Lärmbelastigung sollten direkt von den Kindern und parallel von den Eltern erfragt werden (Fricke-Oerkermann et al. 2007).

## 8 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Dissertation verknüpfte zum ersten Mal in Deutschland Daten aus einer großen epidemiologischen Studie mit Lärmkartendaten. Die hohe Bereitschaft der Eltern, ihre Adresse freiwillig für die Verknüpfung anzugeben, zeigt, dass ein solches Vorhaben realistisch umzusetzen ist. Die Berechnung der Mittelungspegel an der Außenwand der Kinderschlafzimmer erwies sich als exakter, so dass sich der große Aufwand lohnte, die mehr als 1000 Adressen einzeln auf die Himmelsrichtung zu überprüfen. Eine weitere Stärke der Studie ist die Verwendung von standardisierten Fragebogeninstrumenten, insbesondere der IC BEN-Skala, die die Vergleichbarkeit mit anderen Studien und Dosis-Wirkungsbeziehungen möglich machte. Die Studie leistet somit einen weiteren Beitrag zur Aktualisierung der Daten für die Dosis-Wirkungs-Abschätzung. Die Anwendung von verschiedenen statistischen Verfahren wie der Mehrebenen-Analyse und dem Strukturgleichungsmodell wurde erprobt, um den der Arbeit zugrunde liegenden Theorien gerecht zu werden.

Schwächen der Studie liegen in der Erfassung der kindlichen Schlafstörungen, die mit der Elternbefragung wahrscheinlich unterschätzt wurden. Für eine exaktere Schätzung von Schlafstörungen müssten die Kinder beobachtet werden und auch selbst befragt werden. Beides war in der vorliegenden Studie wegen der großen Teilnehmerzahl nicht möglich. Der Migrationsstatus der Kinder wurde nur anhand der Staatsangehörigkeit erfasst und ist damit zu eng gefasst. In den nachfolgenden GME-Surveys nach dem Jahr 2006/07 wurden die Eltern bereits nach zu Hause gesprochenen Sprachen und ihrem eigenen Geburtsland befragt. Eine weitere Schwäche der Studie war, dass einige Determinanten der Lärmbelastung nicht gefragt wurden. Verschiedene Moderatoren, die auf subjektive Belästigung wirken, wie z.B. Einstellungen gegenüber der Lärmquelle, individuelle Lärmempfindlichkeit sowie Eigenschaften der objektiven Lärmbelastung wie Lärmspitzen wurden nicht erfasst.

Der *Sachverständigenrat für Umweltfragen* hat im Gutachten 2008 festgestellt, dass die Bevölkerung weiterhin unter einer hohen Lärmbelastung leidet, wobei der Straßenverkehr die bedeutendste Belastungsquelle darstellt. Für einen wirksamen Gesundheitsschutz sei es daher unabdingbar, die Lärmgrenzwerte für Wohnnutzungen flächendeckend kurzfristig tagsüber auf 65 dB(A) und nachts auf 55 dB(A), mittelfristig auf tagsüber 62 dB(A) und nachts auf 52 dB(A) und langfristig auf tagsüber 55 dB(A) und nachts auf 45 dB(A) zu reduzieren. Da die bereits

getroffenen Lärminderungs-Maßnahmen durch das stetig steigende Verkehrsaufkommen kompensiert werden, kann wirksamer Lärmschutz insgesamt nur in einer Reduzierung des Straßenverkehrs bestehen. An Belastungsschwerpunkten werden aber weiterhin Lärminderungsmaßnahmen wie Lärmschutzwände nötig sein.

Lange Zeit wurde Gesundheitsförderung vor allem im Rahmen von Verhaltensprävention betrieben. Dadurch wurden Einflussfaktoren der physikalischen Umwelt zu wenig berücksichtigt, da diese nicht oder nur in sehr eingeschränktem Maße durch die Betroffenen direkt beeinflussbar waren. Gerade sozial Benachteiligte sind oft stärker durch verschiedene schädliche Umwelteinflüsse in ihrer Wohnumgebung beeinträchtigt, da sie sich oft nur billigere Wohnungen an hoch belasteten Straßen leisten können. Im Mietspiegel der Landeshauptstadt München (2011) werden lärmbelastete Wohnungen, also z.B. die erste Häuserzeile an stark befahrenen Straßen auf eine durchschnittliche bis einfache Lage abgestuft. Die Einflussmöglichkeiten einzelner Personen und vor allem sozial Benachteiligter z.B. auf den Umweltlärm sind gering, da sie sich wenig gegen Ausbaumaßnahmen von Straßen wehren können und seltener dem Lärm entgehen können z.B. durch Umzug oder Erholung in ruhigeren Gegenden am Wochenende. Sozial Benachteiligte sind also in ihren Möglichkeiten und Coping-Strategien eingeschränkter als wohlhabende Bevölkerungsgruppen.

In der vorliegenden Studie wurde kein Zusammenhang zwischen sozialer Lage und objektiver Belastung durch Straßenverkehrslärm gefunden. Auch die Ergebnisse der Befragung sprechen nicht für einen Unterschied in der subjektiven Lärmbelästigung zwischen sozialen Gruppen. Lediglich die Alleinerziehenden fühlten sich häufiger durch Lärm aus Straßenverkehr belästigt. Das spricht für eine kumulative Belastung durch multiple Expositionen, zu denen neben Umwelteinflüssen auch z.B. Stress gezählt werden sollte. Auch wenn die Belästigung durch Straßenverkehrslärm in dieser Studie bei den Angehörigen der unteren sozialen Lage nicht generell stärker ist, ist zu berücksichtigen, dass diese Personengruppe im allgemeinen einen schlechteren Gesundheitszustand und häufiger adverses Gesundheitsverhalten aufweisen (Evans und Kantrowitz 2002).

Die vorliegende Arbeit leistet damit einen Beitrag zur Erforschung des in Deutschland noch jungen Public Health Forschungsbereichs Umweltgerechtigkeit, der sozial ungleichen Verteilung von Umweltbelastungen und deren gesundheitliche Folgen. Die seit langem immer wieder geäußerte Vermutung, dass Angehörige der

unteren sozialen Lage zwar objektiv stärker belastet sind, gleichzeitig aber die Wohlhabenden häufiger Belästigung durch Umweltlärm angeben, lässt sich durch die vorliegenden Daten und anderen aktuellen Studien wie z.B. von Havard et al. (2011) nicht bestätigen. Im Gegenteil scheint es in Großstädten eher der Fall zu sein, dass Personen mit höherem Sozialstatus stärker durch Straßenverkehrslärm belastet sind. Innenstadtnahe Wohnlagen sind durch die historische Stadtentwicklung, Bausubstanz und Infrastruktur häufig teurer und begehrter, aber eben auch durch Straßenverkehr stärker belastet.

Ein weiteres Ergebnis der Arbeit ist, dass eine differenzierte Betrachtung der sozialen Lage mit Berücksichtigung von Faktoren, die über Einkommen, Bildung, Beruf hinausgehen, lohnend sein kann für die Identifizierung von betroffenen Bevölkerungsgruppen. So sollte in (sozial-) epidemiologischen Studien versucht werden, besonders vulnerable Gruppen wie Alleinerziehende, Familien mit Kleinkindern oder ältere Menschen mit entsprechenden Fragen zu Haushaltsgröße und Alter der Haushaltsmitglieder zu erfassen.

Gerade weil Umweltlärm für den einzelnen, unabhängig von der sozialen Lage, selten zu kontrollieren oder zu bewältigen ist, ist es wichtig, dass Kommunen ihre Bürger in Prozesse einbeziehen, die ihre eigene Gesundheit und Lebensumwelt betreffen. Fairness wurde bereits in mehreren Untersuchungen als ein bedeutender Faktor für die Zufriedenheit mit und Akzeptanz von Entscheidungen in Organisationen nachgewiesen (z.B. Vermunt und Steensma 2003). Schon durch die faire Beteiligung von Betroffenen an der Lärminderungsplanung könnten Belästigungsreaktionen abgeschwächt werden (Maris et al. 2007).

Die EU-Umgebungslärmrichtlinie schreibt den Kommunen vor, die betroffenen Bürger in die Lärmaktionsplanung mit einzubeziehen. In München wurden für die Lärmaktionsplanung 24 Untersuchungsgebiete ausgewählt. Das sind Wohnbereiche mit hoher Bevölkerungsdichte, an denen die Belastung durch Straßenverkehr sowie U-Bahn- und Tramlinien besonders hoch ist. Es wurde eine Online-Befragung durchgeführt, in der Anwohner dieser Untersuchungsgebiete die Lärmbelastung persönlich einschätzen sollten und mögliche Lärminderungsmaßnahmen bewerten konnten. Die Befragten konnten eigene Vorschläge zur Lärminderung einreichen. Ab September 2010 wurden Bürgerforen veranstaltet, in denen die geplanten Lärminderungsmaßnahmen vorgestellt und diskutiert wurden.

Aus der vorliegenden Studie ergibt sich eine Notwendigkeit zur weiteren Erforschung der Zusammenhänge zwischen Lärmbelastung und Lärmbelästigung, insbe-

sondere mit Berücksichtigung von weiteren Cofaktoren wie soziale Lage und Wohnbedingungen. Durch die Lärmkartierung im Rahmen der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* wird das Problem der fehlenden flächendeckenden Expositionsdaten gelöst. Es wäre wünschenswert, wenn die Daten der Lärmkarten aus den europäischen Großstädten weiterhin für epidemiologische Studien genutzt werden, vor allem, um den Einfluss der Exposition auf die Belästigung genauer zu untersuchen hinsichtlich verschiedener weiterer Einflussfaktoren. Durch diese Studien können auch die Miedema-Kurven (Miedema und Vos 1998) durch aktuelle Daten ergänzt werden.

Ein weiterer Forschungsbereich, der in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus gerückt ist, ist die räumliche Analyse von Expositionsdaten. Die Mehrebenenanalysen haben gezeigt, dass die räumliche Segregation in München zumindest unter den Familien mit Kindern nicht sehr ausgeprägt ist. Daher ist eine kleinräumige Analyse der Daten erforderlich, um eventuelle Belastungsschwerpunkte, die über die Schulsprengel hinausgehen, zu erfassen und betroffene Bevölkerungsgruppen zu ermitteln. Ein Forschungsansatz, der in diesem Bereich Erfolg versprechend sein könnte, sind gemeindebezogene Studien mit Beteiligung von Betroffenen (Schulz und Northridge 2004).

## 9 Literaturverzeichnis

1. Acheson D (chairman) (1998). Independent Inquiry into Inequalities in Health. London: The Stationery Office.
2. Ahrens, W, B-M Bellach, K-H Jöckel (1998). Messung soziodemographischer Merkmale in der Epidemiologie, München: MMV Medizin Verlag.
3. Amorim LD, Fiaccone RL, Santos CA, dos Santos TN, de Moraes LT, Oliveira NF, Barbosa SO, dos Santos DN, dos Santos LM, Matos SM, Barreto ML (2010). Structural equation modeling in epidemiology *Cad Saude Publica* 26(12): 2251-2262.
4. Antonovsky A (1987). Unraveling the mystery of health. London: Jossey-Bass
5. Arman AR, Ay P, Fis NP, Ersu R, Topuzoglu A, Isik U, Berkem M (2011). Association of sleep duration with socio-economic status and behavioural problems among schoolchildren. *Acta Paediatr* 100(3): 420-424.
6. Aronen ET, Paavonen EJ, Fjällberg M, Soininen M, Törrönen J (2000). Sleep and psychiatric symptoms in school-age children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 39: 502-508.
7. Autorengruppe Bildungsberichterstattung (Hrsg.) (2010) Bildung in Deutschland 2010 Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Perspektiven des Bildungswesens im demografischen Wandel. Bielefeld: Bertelsmann.
8. Babisch W (2000). Gesundheitliche Wirkungen von Umweltlärm. Ein Beitrag zur Standortbestimmung. *Zeitschr f Lärmbekämpfung* 47: 95-102.
9. Babisch W (2004). Health aspects of extra-aural noise research. *Noise Health* 22: 69-81.
10. Babisch W (2006). Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies, dose-effect curve and risk estimation. *WaBoLu* 01/2006. Berlin: Umweltbundesamt.
11. Babisch W (2009). Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06. Lärm. Daten und Materialsammlung, Deskription und Zusammenhangsanalysen. *Umwelt und Gesundheit* 01/2009. Dessau: Umweltbundesamt.
12. Babisch W, Fromme H, Beyer A, Ising H (2001). Increased catecholamine levels in urine in subjects exposed to road traffic noise. The role of stress hormones in noise research. *Environ Int* 26:475-481.
13. Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Cadum E, Katsouyanni K, Velonakis M, Dudley ML, Marohn HD, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J,

- Vigna-Taglianti F, Pisani S, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Zachos I, Järup L; HYENA Consortium (2009a). Annoyance due to aircraft noise has increased over the years--results of the HYENA study. *Environ Int* 35(8): 1169-1176.
14. Babisch W, Neuhauser H, Thamm M, Seiwert M (2009b). Blood pressure of 8–14 year old children in relation to traffic noise at home — Results of the German Environmental Survey for Children (GerES IV). *Sci Tot Environ* 407: 5839–5843.
  15. Babitsch B (2005). *Soziale Ungleichheit, Geschlecht und Gesundheit*. Bern: Huber.
  16. Backhaus K, Erichson B, Plinke W, Weiber R (2003). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin: Springer.
  17. Banerjee D, Chakraborty SK, Bhattacharyya S, Gangopadhyay A (2009). Attitudinal response towards road traffic noise in the industrial town of Asansol, India. *Environ Monit Assess* 151(1-4): 37-44.
  18. Basner M, Samel A (2004). Nocturnal aircraft noise effects. *Noise Health* 22: 83-93.
  19. Basner M, Samel A, Isermann U (2006). Aircraft noise effects on sleep: application of the results of a large polysomnographic field study. *J Acoust Soc Am* 119: 2772-2784.
  20. Bauer U, Bittlingmayer UH, Richter M (2008). Determinanten und Mechanismen gesundheitlicher Ungleichheit. Die Herausforderung einer erklärenden Perspektive. In: Bauer U, Bittlingmayer UH, Richter M (Hrsg.) *Health Inequalities. Determinanten und Mechanismen gesundheitlicher Ungleichheit*. Wiesbaden: VS Verlag, S. 13-56.
  21. Behrens J (2009). Meso-soziologische Ansätze und die Bedeutung gesundheitlicher Unterschiede für die allgemeine Soziologie sozialer Ungleichheit. In: Richter M, Hurrelmann K (Hrsg.) *Gesundheitliche Ungleichheit. Grundlagen, Probleme, Perspektiven*. Wiesbaden: VS Verlag, 2. Aufl. S. 55-76.
  22. Bell ML, Dominici F (2008). Effect modification by community characteristics on the short-term effects of ozone exposure and mortality in 98 US communities. *Am J Epidemiol* 167(8): 986-997.
  23. Bentler PM, Stein JA (1992). Structural equation models in medical research. *Stat Methods Med Res* 1: 159-181.
  24. Beule B, Ortscheid J (2001). *Lärmbelästigung durch Straßenverkehr. Aktion der Stiftung Warentest und des Umweltbundesamtes*. Berlin: Umweltbundesamt.

25. Bistrup ML (2003). Prevention of adverse effects of noise on children. *Noise Health* 5(19): 59-64.
26. Blakely T, Subramanian SV (2006). Multilevel Studies. In: Oakes JM, Kaufman JS (Hrsg.). *Methods in Social Epidemiology*. San Francisco: Jossey-Bass. S. 316-340.
27. BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) (Hrsg.) (2008). *Lebenslagen in Deutschland. Der 3. Armuts- und Reichtumsbericht der Bundesregierung*. Berlin: BMAS.
28. Bolte G, Kohlhuber M (2009). Soziale Ungleichheit bei umweltbezogener Gesundheit: Erklärungsansätze aus umweltepidemiologischer Perspektive. In: Richter M, Hurrelmann K. *Gesundheitliche Ungleichheit: Grundlagen, Probleme, Perspektiven*. Wiesbaden: VS-Verlag.
29. Bolte G, Mielck A (2004). *Umweltgerechtigkeit. Die soziale Verteilung von Umweltbelastungen*. Weinheim; München: Juventa.
30. Bolte G, Tamburlini G, Kohlhuber M (2010). Environmental inequalities among children in Europe-evaluation of scientific evidence and policy implications. *Eur J Public Health* 20(1): 14-20.
31. Bolte G, Heißenhuber A, von Kries R, Liebl B, Zapf A, Wildner M, Fromme H, GME-Studiengruppe (2007). Gesundheits-Monitoring-Einheiten (GME) in Bayern. Konzept, Ziele und thematische Schwerpunkte des 1. Surveys zu Umwelt und Gesundheit von Kindern. *Bundesgesundheitsbla* 50, 476-483.
32. Bortz J, Döring N (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
33. Botteldooren D, Dekoninck L, Gillis D. (2011). The influence of traffic noise on appreciation of the living quality of a neighborhood. *Int J Environ Res Public Health* 8(3): 777-798.
34. Brink M (2011). Parameters of well-being and subjective health and their relationship with residential traffic noise exposure--a representative evaluation in Switzerland. *Environ Int* 37(4): 723-733.
35. Brouillette RT, Horwood L, Constantin E, Brown K, Ross NA (2011). Childhood sleep apnea and neighborhood disadvantage. *J Pediatr* 158(5):789-795.
36. Browne MW (1984) Asymptotically distribution-free methods for the analysis of covariance structures. *Brit J Mathemat Stat Psychol* 37:62-83.
37. Bruni O, Miano S, Verrillo E, Ferri R (2004). Medium and long term effects of disturbed sleep on the health of children. In: WHO technical meeting on sleep and health – Annex 1 technical papers. Bonn: WHO.

38. Cakmak S, Dales RE, Rubio MA, Vidal CB (2011). The risk of dying on days of higher air pollution among the socially disadvantaged elderly. *Environ Res* 111(3): 388-393.
39. Camfferman D, Kennedy JD, Gold M, Martin AJ, Winwood P, Lushington K (2010). Eczema, sleep, and behavior in children. *J Clin Sleep Med* 15;6(6): 581-588.
40. Clark C, Martin R, van Kempen E, Alfred T, Head J, Davies HW, Haines MM, Lopez Barrio I, Matheson M, Stansfeld SA (2006). Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project. *Am J Epidemiol*; 163(1): 27-37.
41. Colten HR, Altevogt BM (Hrsg.) Committee on Sleep Medicine and Research (2006): Sleep disorders and sleep deprivation: an unmet public health problem. Washington: National Academies Press.
42. Dahl RE (1996). The impact of inadequate sleep on children's cognitive function. *Seminars Pediat Neurol* 3: 44-50.
43. de Kluizenaar Y, Janssen SA, van Lenthe FJ, Miedema HM, Mackenbach JP (2009). Long-term road traffic noise exposure is associated with an increase in morning tiredness. *J Acoust Soc Am* 126(2): 626-633.
44. Diez-Roux AV (2003). The examination of neighborhood effects on health: conceptual and methodological issues related to the presence of multiple levels of organization. In: Kawachi I & Berkman LF. *Neighborhoods and health*. New York: Oxford University Press. S. 45-64
45. Dockrell JE, Shield B (2004). Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home. *J Acoust Soc Am* 115: 2964-2973.
46. Dora C, Phillips M (2000). *Transportation, environment and health*. Copenhagen: WHO.
47. Elmenhorst EM, Elmenhorst D, Wenzel J, Quehl J, Mueller U, Maass H, Vejvoda M, Basner M (2010). Effects of nocturnal aircraft noise on cognitive performance in the following morning: dose-response relationships in laboratory and field. *Int Arch Occup Environ Health* 83(7): 743-751.
48. El-Sheikh M, Kelly RJ, Buckhalt JA, Benjamin Hinnant J (2010). Children's sleep and adjustment over time: the role of socioeconomic context. *Child Dev* 81(3): 870-883.
49. Enmarker E, Boman I (2004). Noise annoyance responses of middle school pupils and teachers. *J Environ Psychol* 24: 527-536.
50. Europäische Gemeinschaft (25. Juni 2002). Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung

von Umgebungslärm.

51. Europäische Kommission (2002) Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Luxemburg: Europäische Kommission.
52. European Topic Centre on Land Use and Spatial Information, 2010 (<http://noise.eionet.europa.eu/index.html> aufgerufen am 16.02.2011)
53. Evans GW, Kantrowitz E (2002). Socioeconomic status and health: the potential role of environmental risk exposure. *Annu Rev Public Health* 23: 303-331.
54. Evans GW, Lercher P, Meis M, Ising H, Kofler WW (2001). Community noise exposure and stress in children. *J Acoust Soc Am* 109: 1023-1027.
55. Fidell S, Barber DS, Schultz TJ (1991). Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. *J Acoust Soc Am* 89:221-233.
56. Fidell S, Pearsons K, Tabachnick BG, Howe R (2000). Effects on sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports. *J Acoust Soc Am* 107(5): 2535-2547.
57. Fields JM, de Jong RG, Gjestland T, Flindell ICH, Job RFS, Kurra S, Lercher P, Vallet M, Yano T, Guski R, Felscher-Suhr U, Schumer R (2001). Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and recommendation. *J Sound Vib* 242: 641-679.
58. Flindell IH, Stallen PJM (1999). Non-acoustical factors in environmental noise. *Noise Health* 3: 11-16.
59. Franssen EA, van Wiechen CW, Nagelkerke NJD, Lebret E (2004). Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occup Environ Med* 61(5): 405-413.
60. Fricke-Oerkermann L, Plück J, Schredl M, Heinz K, Mitschke A, Wiater A, Lehmkuhl G (2007). Prevalence and course of sleep problems in childhood. *Sleep* 30(10): 1371-1377.
61. Fyhri A, Aasvang GM (2010). Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems. *Sci Total Environ* 408(21): 4935-4942.
62. Fyhri A, Klæboe R (2009). Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health--a structural equation model exercise. *Environ Int* 35(1): 91-97.
63. Gamborg M, Jensen GB, Sørensen TI, Andersen PK (2011). Dynamic path analysis in life-course epidemiology. *Am J Epidemiol* 173(10):1131-1139.

64. Geyer S (2008). Empirie und Erklärung gesundheitlicher Ungleichheiten: Die Praxis empirischer Forschung zu gesundheitlichen Ungleichheiten und ihre Implikationen. In: Bauer U, Bittlingmayer UH, Richter M. (Hrsg.) Health Inequalities. Determinanten und Mechanismen gesundheitlicher Ungleichheit. Wiesbaden: VS Verlag. S. 125-142.
65. Geyer S, Hemström O, Peter R, Vågerö D (2006). Education, income, and occupational class cannot be used interchangeably in social epidemiology. Empirical evidence against a common practice. *J Epidemiol Community Health* 60(9): 804-810.
66. Giering K (2010). Lärmwirkungen. Dosis-Wirkungsrelationen. Dessau: Umweltbundesamt.
67. Goines L und Hagler L (2007). Noise pollution: A modern plague. *South Med J* 100(3): 287-294.
68. Goldstein H (1999). *Multilevel Statistical Models*. London: Institute of Education. <http://www.soziologie.uni-halle.de/langer/multilevel/books/goldstein.pdf> (Zugriff am 03.03.2009)
69. Griefahn B (2007). Noise and sleep. In: Luxon L, Prasher D: Noise and its effects. John Wiley. S: 567-587.
70. Griefahn B, Bröde P, Marks A, Basner M (2008). Autonomic arousals related to traffic noise during sleep. *Sleep* 31: 569-577.
71. Griefahn B, Robens S (2010). Experimental studies on the effects of nocturnal noise on cortisol awakening response. *Noise Health* 47(12) :129-136
72. Griefahn B, Spreng M (2004). Disturbed sleep patterns and limitation of noise. *Noise Health* 22: 27-33.
73. Guerin N, Reinberg A, Testu F, Boulenguiez S, Mechkouri M, Touitou Y (2001). Role of school schedule, age, and parental socioeconomic status on sleep duration and sleepiness of Parisian children. *Chronobiol. Int* 18: 1005–1017.
74. Guite HF, Clark C, Ackrill G (2006). The impact of the physical and urban environment on mental well-being. *Public Health* 120(12): 1117-1126.
75. Guski R (1999). Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise Health* 3: 45-56.
76. Guski R (2002). Status, Tendenzen und Desiderate der Lärmwirkungsforschung zu Beginn des 21. Jahrhunderts. *Zeitschr f Lärmbekämpfung* 49: 219-232.
77. Guski R, Felscher-Suhr U, Schuemer R (1999). The concept of noise annoyance: How international experts see it. *J Sound Vib* 223(4): 513–527.

78. Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J (2001a). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychol Med* 31(2): 265-277.
79. Haines MM, Stansfeld SA, Soames Job RF, Berglund B, Head J (2001b). A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *Int J Epidemiol* 30: 839-845.
80. Haines MM, Stansfeld SA, Brentnall S, Head J, Berry B, Jiggins M, Hygge S. (2001c). The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychol Med* 31(8): 1385-1396.
81. Hale L, Berger LM, LeBourgeois MK, Brooks-Gunn J (2009). Social and demographic predictors of preschoolers' bedtime routines. *J Dev Behav Pediatr* 30(5): 394-402.
82. Halleröd B, Gustafsson JE (2011) A longitudinal analysis of the relationship between changes in socio-economic status and changes in health. *Soc Sci Med* 72(1): 116-123.
83. Hatfield J, Job RF, Hede AJ, Carter NL, Peplow P, Taylor R, Morrell S (2002). Human response to environmental noise: the role of perceived control. *Int J Behav Med* 9(4): 341-359.
84. Hausman DM (2009). Benevolence, justice, well-being and the health gradient. *Public Health Ethics* 2: 235-243.
85. Havard S, Reich BJ, Bean K, Chaix B (2011). Social inequalities in residential exposure to road traffic noise: an environmental justice analysis based on the RECORD Cohort Study. *Occup Environ Med* 68(5): 366-374.
86. Health Effects Institute (2000). Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. Cambridge, USA: Health Effects Institute.
87. Heinonen-Guzejev M, Vuorinen HS, Kaprio J, Heikkilä K, Mussalo-Rauhamaa H. (2000) Self-report of transportation noise exposure, annoyance and noise sensitivity in relation to noise map information. *J Sound Vib* 234(2): 191-206.
88. Heinrich J, Mielck A, Schäfer I, Mey W (2000). Social inequality and environmentally-related diseases in Germany: review of empirical results. *Soz Präventivmed* 45(3): 106-118.
89. Helmert U, Bammann K, Voges W, Müller R(Hrsg.) (2000). Müssen Arme früher sterben? Soziale Ungleichheit und Gesundheit in Deutschland. Weinheim: Juventa.
90. Helmert U, Schorb F (2009). Die Bedeutung verhaltensbezogener Faktoren im

- Kontext der sozialen Ungleichheit der Gesundheit. In: Richter M, Hurrelmann K (Hrsg.) *Gesundheitliche Ungleichheit. Grundlagen, Probleme, Perspektiven*. Wiesbaden: VS Verlag, 2. Aufl. S. 125-140.
91. Hillringhaus T, Peich A (2010). Die Messung von Armut unter Berücksichtigung regional divergierender Lebenshaltungskosten und öffentlicher Leistungen IZA Discussion Paper Nr. 5344. Bonn: Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit.
  92. Hoffmann H, von Lüpke A, Maue JH (2003a). 0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel. Einführung in die Grundbegriffe und die quantitative Erfassung des Lärms. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz. 8. akt. Auflage. Berlin: Erich Schmidt.
  93. Hoffmann B, Robra B-P, Swart E (2003b). Soziale Ungleichheit und Straßenlärm im Wohnumfeld – eine Auswertung des Bundesgesundheits surveys. *Gesundheitswesen* 65: 393-401.
  94. Hoffmann W, Terschüren C, Holle R, Kamtsiuris P, Bergmann M, Kroke A, Sauer S, Stang A, Latza U (2004). Zum Problem der Response in epidemiologischen Studien in Deutschland (Teil II). *Gesundheitswesen* 66(8/09): 482-491.
  95. Hornberg C, Bunge C, Pauli A (2011) Strategien für mehr Umweltgerechtigkeit. Handlungsfelder für Forschung, Politik und Praxis. Bielefeld: Universität Bielefeld.
  96. Hornberg C, Pauli A (Hrsg.) (2009) *Umweltgerechtigkeit - die soziale Verteilung von gesundheitsrelevanten Belastungen*. Bielefeld: Universität Bielefeld.
  97. Hox JJ, Kreft IGG (1994). Multilevel Analysis methods. *Sociol Methods Res* 22 (3): 283-299.
  98. Hradil S (2009). Was prägt das Krankheitsrisiko: Schicht, Lage, Lebensstil? In: Richter M, Hurrelmann K (Hrsg.) *Gesundheitliche Ungleichheit. Grundlagen, Probleme, Perspektiven*. Wiesbaden: VS Verlag, 2. Aufl. S. 33-52.
  99. Hume K (2010). Sleep disturbance due to noise: current issues and future research. *Noise Health* 12(47): 70-76.
  100. Hygge S, Evans GW, Bullinger M (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol Sci* 13(5): 469-474.
  101. Infratest Sozialforschung (2003). *Leben in Deutschland. Befragung 2003 zur sozialen Lage der Haushalte*. ([http://www.diw.de/documents/dokumentenarchiv/17/diw\\_01.c.38385.de/haush](http://www.diw.de/documents/dokumentenarchiv/17/diw_01.c.38385.de/haush))

- alt\_2003.pdf; aufgerufen am 30.05.2011)
102. Institut für Demoskopie Allensbach (2010). Alleinerziehende in Sachsen: Lebens- und Arbeitssituation sowie Lebenspläne. Ergebnisse einer Repräsentativumfrage, Ergebnisband.  
([http://www.familie.sachsen.de/download/familienportal/Studie\\_Alleinerziehen\\_de\\_in\\_Sachsen.pdf](http://www.familie.sachsen.de/download/familienportal/Studie_Alleinerziehen_de_in_Sachsen.pdf); Zugriff am 30.05.2011)
  103. Irmer VKP (2002). Die EG-Richtlinie zur Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49: 176-181.
  104. Ising H, Ising M (2002). Chronic cortisol increases in the first half of the night caused by road traffic noise. *Noise Health* 16: 13-21.
  105. Ising H, Kruppa B (2004). Health effects caused by noise: evidence in the literature from the past 25 years. *Noise Health* 22: 5-13.
  106. Ising H, Lange-Aschenfeldt H, Eilts M (2003b). Atemwegserkrankungen von Kindern unter Belastung durch Straßenverkehrslärm und Abgase – Felduntersuchung. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V. Bd. 112. Berlin.
  107. Ising H, Lange-Asschenfeld H, Moriske H-J, Born J, Eilts M (2004). Low frequency noise and stress: Bronchitis and cortisol in children exposed chronically to traffic noise and exhaust fumes. *Noise Health* 23: 21-28.
  108. Ising H, Lange-Asschenfeldt H, Moriske HJ, Born J, Eilts M (2003a). Respiratory and dermatological diseases in children with long-term exposure to road traffic immissions. *Noise Health* 19: 41-50.
  109. Jakovljevic B, Paunovic K, Belojevic G (2009). Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population. *Environ Int* 35(3): 552-556.
  110. Jamrah A, Al-Omari A, Sharabi R (2006). Evaluation of traffic noise pollution in Amman, Jordan. *Environ Monit Assess* 120(1-3): 499-525.
  111. Job RFS (1996). The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environ Int* 22: 93-104.
  112. Kageyama T, Kabuto M, Nitta H, Kurokawa Y, Taira K, Suzuki S, Takemoto T (1997). A population study on risk factors for insomnia among adult Japanese women: a possible effect of road traffic volume. *Sleep* 20: 963-971.
  113. Kahn A, Franco P, Groswasser J, Scaillet S, Kelmanson I, Kato I, Sawagushi T, Marzuriewci H, Dan B (2004). Sleep characteristics and sleep deviation in infants, children and adolescents. In: WHO technical meeting on sleep and health – Annex 1 technical papers. Bonn: WHO.

114. Kawada T (2004). The effect of noise on the health of children. *J Nippon Med Sch* 71(1): 5-10.
115. Kloepfer M, Griefahn B, Kaniowski AM, Klepper G, Lingner S, Steinebach G, Weyer HW, Wysk P (2006). *Leben mit Lärm? Risikobeurteilung und Regulation des Umgebungslärms im Verkehrsbereich*. Berlin: Springer.
116. Ko JH, Chang SI, Kim M, Holt JB, Seong JC (2011). Transportation noise and exposed population of an urban area in the Republic of Korea. *Environ Int* 37(2): 328-334.
117. Kohlhuber M, Mielck A, Weiland SK, Bolte G (2006). Social inequality in perceived environmental exposures in relation to housing conditions in Germany. *Environ Res* 101: 246-255.
118. Korfali SI, Massoud M (2003). Assessment of community noise problem in grater Beirut area, Lebanon. *Environ Monit and Assess* 84: 203–218.
119. Kraenz S, Fricke L, Wiater A, Mitschke A, Breuer U, Lehmkuhl G (2004). Häufigkeit und Belastungsfaktoren bei Schlafstörungen im Einschulalter. *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiat* 53: 3-18.
120. Kraus L, Pabst A (2010). Studiendesign und Methodik des Epidemiologischen Suchtsurveys 2009. *Sucht* 56 (5): 315–326.
121. Kroesen M, Molin EJ, van Wee B (2008). Testing a theory of aircraft noise annoyance: a structural equation analysis. *J Acoust Soc Am* 123(6): 4250-4260.
122. Kryger MH, Roth T, Dement WC (Hrsg.) (1992). *Principles and practice of sleep medicine*. Philadelphia: W.B. Saunders.
123. Kuckartz U, Rädiker S, Rheingans-Heintze A (2006). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2006. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
124. Lahelma E, Laaksonen M, Martikainen P, Rahkonen O (2008). Die Mehrdimensionalität der sozioökonomischen Lage - Konsequenzen für die Analyse gesundheitlicher Ungleichheit. In: Bauer U, Bittlingmayer UH, Richter M. (Hrsg.) *Health Inequalities. Determinanten und Mechanismen gesundheitlicher Ungleichheit*. Wiesbaden: VS Verlag. S.143-166
125. Landeshauptstadt München, Sozialreferat (2011). *Mietspiegel für München 2011. Informationen zur ortsüblichen Miete*. München: Sozialreferat der Landeshauptstadt München.
126. Langer W (2004). *Mehrebenenanalyse. Eine Einführung für Forschung und Praxis*. Wiesbaden: VS Verlag.

127. Lercher P, Brink M, Rudisser J, Van Renterghem T, Botteldooren D, Baulac M, Defrance J (2010). The effects of railway noise on sleep medication intake: results from the ALPNAP-study. *Noise Health* 12: 110-119.
128. Lessing T (1908). *Der Lärm: Eine Kampfschrift gegen die Geräusche unseres Lebens*. Wiesbaden: Verlag von J.F. Bergmann.
129. LfStaD (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) (2011). *Regionalstatistik Bayern. GENESIS Datenbank*. (<https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online>; Zugriff am 30.05.2011)
130. LfStaD (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) (2008a). *Struktur der Bevölkerung und der Haushalte in Bayern 2007. Regionalergebnisse des Mikrozensus. Teil V der Ergebnisse der 1%-Mikrozensususerhebung 2007*. München: LfStaD.
131. LfStaD (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung) (2008b). *Haushalte und Familien in Bayern 2007. Teil IV der Ergebnisse der 1%-Mikrozensususerhebung 2007*. München: LfStaD.
132. LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2009). *Umweltindikatoren Bayern. Entwicklung der Geräuschbelastung durch Straßenverkehr* (<http://www.lfu.bayern.de/umweltqualitaet/umweltbewertung/gesundheit/strassenverkehrslaerm/index.htm>; aufgerufen am 17.02.2011)
133. Linares C, Diaz J, Tobías A, De Miguel JM, 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(2): 143-152.
134. Littell RC, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD, Schabenberber O (2006). *SAS for Mixed Models*. Cary: SAS Institute Inc.
135. Loehlin JC (2004). *Latent variable models. An introduction to factor, path, and structural equation analysis*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
136. Lundquist P, Holmberg K, Burgström L, Landström U (2003). Sound levels in classrooms and effects on self-reported mood among school children. *Perceptual and Motor Skills* 96: 1289-1299.
137. Lundquist P, Holmberg K, Landström U (2000). Annoyance and effects on work from environmental noise at school. *Noise Health* 8: 39-46.
138. Mackenbach J, Bos V, Andersen O, Cardano M, Costa G, Harding S, Reid A, Hemström O, Valkonen T, Kunst AE (2003). Widening socioeconomic inequalities in mortality in Western Europe. *Int J Epidemiol* 32: 830-837.
139. Maris E, Stallen PJ, Vermunt R, Steensma H (2007). Noise within the social context: Annoyance reduction through fair procedures. *J Acoust Soc Am* 121: 2000-2010.

140. Maschewsky W (2001). Umweltgerechtigkeit, Public Health und soziale Stadt. Frankfurt/Main: VAS.
141. Maschke C, Harder J, Ising H, Hecht K, Thierfelder W (2002). Stress hormone changes in persons exposed to simulated night noise. *Noise Health* 17: 35-45.
142. Maschke C, Hecht K (2000) Lärmexposition und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen. In: Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (Hrsg.). Freizeitlärm und Gesundheit. Umed Info 11. Stuttgart: Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg.
143. Maschke C, Hecht K (2004). Stress hormones and sleep disturbances – electrophysiological and hormonal aspects. *Noise Health* 22, 49-54.
144. Maschke C, Laußmann D, Eis D, Wolf U (1999). Umweltbedingter Lärm und Wohnzufriedenheit. *Gesundheitswesen* 61 Sonderheft 2: 158-162.
145. Maschke C, Wolf U, Leitmann T (2003). Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. WaBoLu 01/03. Berlin: Umweltbundesamt.
146. Matheson M, Clark C, Martin R, van Kempen E, Haines M, Barrio IL, Hygge S, Stansfeld S (2010). The effects of road traffic and aircraft noise exposure on children's episodic memory: the RANCH project. *Noise Health* 12(49): 244-254.
147. Matsui T, Stansfeld SA, Haines M, Head J (2004). Children's cognition and aircraft noise exposure at home-the West London Schools Study. *Noise Health* 7(25): 49-58.
148. Matthys H, Netzer N (Hrsg.) (1995). Schlafmedizin ein Kompendium. München-Deisenhofen: Dustri.
149. McMahon JM, Pouget ER, Tortu S (2006). A guide for multilevel modeling of dyadic data with binary outcomes using SAS PROC NLMIXED. *Comput Stat Data An* 50: 3663-3680.
150. Mehdi MR, Kim M, Seong JC, Arsalan MH (2011). Spatio-temporal patterns of road traffic noise pollution in Karachi, Pakistan. *Environ Int* 37: 97-104.
151. Merlo J, Chaix B, Yang M, Lynch J, Rastam L (2005). A brief conceptual tutorial of multilevel analysis in social epidemiology: linking the statistical concept of clustering to the idea of contextual phenomenon. *J Epidemiol Commun H* 59: 443-449.
152. Merlo J, Ohlsson H, Lynch J, Chaix B, Subramanian SV (2009). Individual and collective bodies: using measures of variance and association in contextual epidemiology. *J Epidemiol Commun H* 63: 1043-1048.

153. Michaud DS, Fidell S, Pearsons K, Campbell KC, Keith SE (2007). Review of field studies of aircraft noise-induced sleep disturbance. *J Acoust Soc Am* 121: 32-41.
154. Michaud DS, Keith SE, McMurchy D (2008). Annoyance and disturbance of daily activities from road traffic noise in Canada. *J Acoust Soc Am* 123(2): 784-792.
155. Miedema HM, Oudshoorn CG (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ Health Perspect* 109(4): 409-416.
156. Miedema HM, Vos H (1998). Exposure-response relationships for transportation noise. *J Acoust Soc Am* 104(6): 3432-3445.
157. Miedema HM, Vos H (2003). Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *J Acoust Soc Am* 113(3): 1492-1504.
158. Miedema HM, Vos H (2007). Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behav Sleep Med* 5: 1-20.
159. Mielck A (2000). Soziale Ungleichheit und Gesundheit. Empirische Ergebnisse, Erklärungsansätze, Interventionsmöglichkeiten. Bern: Hans Huber.
160. Mindell JA, Telofski LS, Wiegand B, Kurtz ES (2009). A nightly bedtime routine: impact on sleep in young children and maternal mood. *Sleep* 32(5): 599-606.
161. Moudon AV (2009). Real Noise from the Urban Environment. How Ambient Community Noise Affects Health and What Can Be Done About It. *Am J Prev Med* 37(2): 167-171.
162. Niemann H, Maschke C, Hecht K (2005). Lärmbedingte Belästigung und Erkrankungsrisiko: Ergebnisse des paneuropäischen LARES-Survey. *Bundesgesundheitsbl* 48: 315-328.
163. Öhrström E (1995). Effects of low levels of road traffic noise during the night: a laboratory study on number of events, maximum noise levels and noise sensitivity. *J Sound Vib* 179: 603-615.
164. Öhrström E (2000). Sleep disturbance caused by road traffic noise – studies in laboratory and field. *Noise Health* 8: 71-78.
165. Öhrström E (2004). Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise – annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being. *J Acoust Soc Am* 115: 719-729.
166. Öhrström E, Hadzibjramovic E, Holmes M, Svensson H (2006). Effects of road

- traffic noise on sleep: Studies on children and adults. *J Environ Psychol* 26: 116-126.
167. Ortscheid J, Wende H (2000). Fluglärmwirkungen. Berlin: Umweltbundesamt.
168. Ortscheid J, Wende H (2002). Lärmbelastigung in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage. *Zeitschr f Lärmbekämpfung* 49: 41-45.
169. Osada Y, Yoshida T, Yoshida K, Kawaguchi T, Hoshiyama Y Yamamoto K (1997) Path analysis of the community response to road traffic noise. *J Sound Vib* 205(4): 382-387.
170. Ouis D (1999). Exposure to nocturnal road traffic noise: sleep disturbance its after effects. *Noise Health* 4: 11-36.
171. Owens J, Maxim R, McGuinn M, Nobile C, Msall M, Alario A (1999). Television-viewing habits and sleep disturbance in school children. *Pediatrics* 104(3): e27.
172. Owens JA, Witmans M (2004). Sleep problems. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care* 34: 154-179.
173. Oyedepo OS, Saadu AA (2010). Evaluation and analysis of noise levels in Ilorin metropolis, Nigeria. *Environ Monit Assess* 160: 563–577.
174. Passchier-Vermeer W, Passchier WF (2000). Noise exposure and public health. *Environ Health Perspect* 108, Suppl 1: 123.
175. Payer P (2003). Vom Geräusch zum Lärm. Zur Geschichte des Hörens im 19. und frühen 20. Jahrhundert. In: Aichinger W, Eder FX, Leitner C (Hrsg.). *Sinne und Erfahrung in der Geschichte*. Innsbruck: StudienVerlag. S. 173-191.
176. Persson Wayne K (2004). Effects of low frequency noise on sleep. *Noise Health* 6(23): 87-91.
177. Persson Wayne K, Clow A, Edwards S, Hucklebridge F, Rylander R (2003). Effects of nighttime low frequency noise on the cortisol response to awakening and subjective sleep quality. *Life Sci* 72(8): 863-875.
178. Peter R (2009). Psychosoziale Belastungen im Erwachsenenalter: ein Ansatz zur Erklärung sozialer Ungleichverteilung von Gesundheit? In: Richter M, Hurrelmann K (Hrsg.) *Gesundheitliche Ungleichheit. Grundlagen, Probleme, Perspektiven*. Wiesbaden: VS Verlag, 2. Aufl. S. 109-124.
179. Radon K, Spiegel H, Ehrenstein V, Hackensperger S, Kreuzmair I, Meyer N, von Kries R (2007). Erfassung der täglichen Lärmexposition und die Korrelation zum individuellen Gesundheitsstatus. *LEe-Lärm: Exposition und Befinden*. Band 19 der Schriftenreihe Materialien zur Umweltmedizin. Erlangen: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

(Hrsg.).

180. Rasche K, Schultze-Werninghaus G (Hrsg.) (2003). Update Schlafmedizin. München-Deisenhofen: Dustri.
181. Raschke F (2001). Arousals bei Fluglärm – umweltbedingte Schlaf- und Gesundheitsstörungen aus schlafmedizinischer Sicht. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene e.V. 111: 56-69.
182. Raschke F (2004). Arousals and aircraft noise – environmental disorders of sleep and health in terms of sleep medicine. *Noise Health* 22: 15-26.
183. Reinecke J (2005). Strukturgleichungsmodelle in den Sozialwissenschaften. München: Oldenbourg.
184. RGU (Referat für Umwelt und Gesundheit der Landeshauptstadt München). Lärmkarte (<http://maps.muenchen.de/laerm/laermminderungsplan.html> aufgerufen am 30.05.2011)
185. Richter M, Hurrelmann K (Hrsg.) (2009). Gesundheitliche Ungleichheit. Grundlagen, Probleme, Perspektiven. Wiesbaden: VS Verlag.
186. Riva M, Gauvin L, Barnett TA (2007). Toward the next generation of research into small area effects on health: a synthesis of multilevel investigations published since July 1998. *J Epidemiol Community Health* 61(10): 853-861.
187. RKI (Robert Koch-Institut) (Hrsg.) (2005a). Schlafstörungen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes Heft 27. Berlin: Robert Koch-Institut.
188. RKI (Robert Koch-Institut) (Hrsg.) (2010). Gesundheitliche Ungleichheit bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin: Robert Koch-Institut.
189. Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2005b). Armut, soziale Ungleichheit und Gesundheit. Expertise des Robert Koch-Instituts zum 2. Armuts- und Reichtumsbericht der Bundesregierung. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin: Robert Koch-Institut.
190. Romeu J, Jiménez S, Genescà M, Pàmies T, Capdevila R (2006). Spatial sampling for night levels estimation in urban environments. *J Acoust Soc Am* 120(2): 791-800.
191. Schapkin SA, Falkenstein M, Marks A, Griefahn B (2006). Executive brain functions after exposure to nocturnal traffic noise: effects of task difficulty and sleep quality. *Eur J Appl Physiol* 96(6): 693-702.
192. Schell LM, Gallo MV, Denham M, Ravenscroft J (2006). Effects of pollution on human growth and development: an introduction. *J Physiol Anthropol* 25(1): 103-112.

193. Schendera CGF (2004). Datenmanagement und Datenanalyse mit dem SAS-System. München: Oldenbourg.
194. Schick A, Klatt M, Meis M (1999). Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern – ein Forschungsstandbericht. *Zeitschr f Lärmbekämpfung* 46: 77-87.
195. Schnell R (1997). Nonresponse in Bevölkerungsumfragen, Ausmaß, Entwicklung und Ursachen. Opladen: Leske + Budrich.
196. Schreckenber D, Guski R (2005). Lärmbelästigung durch Straßen- und Schienenverkehr zu unterschiedlichen Tageszeiten. *Umweltmed Forsch Prax* 10: 67-76.
197. Schredl M, Fricke-Oerkermann L, Mitschke A, Wiater A, Lehmkuhl G (2009). Factors affecting nightmares in children: parents' vs. children's ratings. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 18(1): 20-25.
198. Schultz TJ (1978). Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J Acoust Soc Am* 64: 377-405
199. Schulz A, Northridge ME (2004). Social determinants of health: implications for environmental health promotion. *Health Educ Behav* 31: 455-471.
200. Schulz C, Wolf U, Becker K, Conrad A, Hünken A, Lüdecke A, Müssig-Zufika M, Riedel S, Seiffert I, Seiwert M, Kolossa-Gehring M (2007). Kinder-Umwelt-Survey (KUS) im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheitsveys (KiGGS). Erste Ergebnisse. *Bundesgesundheitsbl* 50: 889–894.
201. Schuschke G, Maschke C (2005). Lärm als Umweltfaktor. In: Dott W, Merk HF, Neuser J, Osieka R. *Lehrbuch der Umweltmedizin. Grundlagen, Untersuchungsmethoden, Krankheitsbilder, Prävention*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. S. 251-273.
202. Shield B, Dockrell JE (2004). External and internal noise surveys of London primary school. *J Acoust Soc Am* 115: 730-738.
203. Singer JD (1998). Using SAS PROC MIXED to fit multilevel models, hierarchical models and individual growth models. *Journal of Educational and Behavioral Statistics* 24(4): 323-355.
204. Sisson SB, Broyles ST, Newton RL Jr, Baker BL, Chernausk SD (2011). TVs in the bedrooms of children: does it impact health and behavior? *Prev Med* 52(2): 104-108.
205. Soobader M, Cubbin C, Gee GC, Rosenbaum A, Laurenson J (2006). Levels of analysis for the study of environmental health disparities. *Environ Res* 102: 172-180.
206. Spreng M (2000). Possible health effects of noise induced cortisol increase.

- Noise Health 7: 59-64.
207. Spruyt K, O'Brien LM, Cluydts R, Verleye GB, Ferri R (2005). Odds, prevalence and predictors of sleep problems in school-age normal children. *J Sleep Res* 14: 163-176.
  208. SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1999). Umwelt und Gesundheit: Risiken richtig einschätzen. Sondergutachten. Stuttgart: SRU.
  209. SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (2004). Umweltgutachten 2004. Stuttgart: SRU.
  210. SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (2008). Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Stuttgart: SRU.
  211. Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrío I, Fischer P, Öhrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 365: 1942-1949.
  212. Stansfeld SA, Clark C, Cameron RM, Alfred T, Head J, Haines MM, van Kamp I, van Kempen E, Lopez-Barrío I (2009). Aircraft and road traffic noise exposure and children's mental health, *J Environ Psychol* 29: 203–207.
  213. Stansfeld SA, Matheson MP (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *Brit Med Bull* 68, 243-257.
  214. Statistisches Bundesamt (2010). Wohnsituation in Deutschland und der Europäischen Union 2005 bis 2008. Lärmbelastigung im Wohnumfeld (unter: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/WirtschaftsrechnungenZeitbudgets/LebenInEuropa/Tabellen/Content100/WohnsituationLaermbelaestigungEU,templateId=renderPrint.psml>; letzter Zugriff am 14.08.2010)
  215. Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2006). Im Blickpunkt: Verkehr in Deutschland 2006. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
  216. StMAS (Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen) (2009). Zweiter Bericht der Staatsregierung zur sozialen Lage in Bayern. München: StMAS.
  217. Stores G, Wiggs L (Hrsg.) (2001). Sleep disturbance in children and adolescents with disorders of development: its significance and management. Cambridge: University Press.
  218. Sukowski H, Meis M, Lercher P (2004). Der Einfluss chronischer und akuter Verkehrslärmexposition auf das Lästigkeitsempfinden von Kindern für Geräusche. Ergebnisse einer Verkehrslärmstudie. *Zeitschr f Lärmbekämpfung* 51: 110-117.

219. Swart E (2003). Gesundheitliche Auswirkungen von Lärmexpositionen: welche Rolle spielen Indikatoren der sozialen Stellung? *Zeitschr f Lärmbekämpfung* 50: 116-121.
220. Thefeld W, Stolzenberg H, Bellach B-M (1999). Bundes-Gesundheitssurvey: Response, Zusammensetzung der Teilnehmer und Non-Responder- Analyse. *Gesundheitswesen* 61 Sonderheft 2: S57–S61
221. Umweltbundesamt (UBA) & Robert Koch-Institut (RKI) (1998a). Umwelt-Fragebogen.  
(<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/frage/umwelt.pdf>;  
aufgerufen am 30.05.2011)
222. Umweltbundesamt (UBA) & Robert Koch-Institut (RKI) (1998b).  
Wohnumgebung des Probanden.  
(<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/frage/wohn.pdf>;  
aufgerufen am 30.05.2011)
223. Umweltbundesamt (UBA) & Robert Koch-Institut (RKI) (2003a).  
Elternfragebogen des Kinder-Umwelt-Survey 2003/06.  
([http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/frage/us-03-06-kinder/KUS\\_Eltern-Fragebogen.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/frage/us-03-06-kinder/KUS_Eltern-Fragebogen.pdf); aufgerufen am 30.05.2011)
224. Umweltbundesamt (UBA) & Robert Koch-Institut (RKI) (2003b).  
Wohnumgebung des Kindes.  
([http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/frage/us-03-06-kinder/KUS\\_Wohnumgebungsfragebogen.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/frage/us-03-06-kinder/KUS_Wohnumgebungsfragebogen.pdf); aufgerufen am 30.05.2011)
225. Umweltbundesamt (UBA) (2000). Geräuschbelastung der Bevölkerung (alte Länder) durch Verkehrslärm. (<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=9352>  
aufgerufen am 17.02.2010)
226. US Census Bureau (1999) American Housing Survey for the United States: 1999. (<http://www.census.gov/hhes/www/housing/ahs/ahs99/tab28.html>,  
aufgerufen am 01.06.2011)
227. Van Gerven PW, Vos H, Van Boxtel MP, Janssen SA, Miedema HM (2009). Annoyance from environmental noise across the lifespan. *J Acoust Soc Am* 126(1): 187-194.
228. van Kamp I, Job RFS, Hatfield J, Haines M, Stellato RK, Stansfeld SA (2004). The role of noise sensitivity in the noise-response relation: A comparison of three international airport studies. *J Acoust Soc Am* 116: 3471-3479.
229. van Kempen E, van Kamp I, Fischer P, Davies H, Houthuijs D, Stellato R, Clark C, Stansfeld S (2009). Noise exposure and children's blood pressure and

- heart rate: the RANCH project. *Occup Environ Med* 63(9): 632-639.
230. Vermunt R, Steensma H (2003). Physiological Relaxation: Stress Reduction Through Fair Treatment. *Soc Justice Res* 16(2): 135-150.
231. Walter SG und Rack O (2007). Eine anwendungsbezogene Einführung in die Hierarchische Lineare Modellierung (HLM). In: Albers S, Klapper D, Konradt U, Walter A, Wolf J. *Methodik der empirischen Forschung*. 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler. S. 293-310.
232. Whitfield A (2003). Assessment of noise annoyance in three distinct communities living in close proximity to a UK regional airport. *Int J Environ Health Res* 13: 361-372.
233. Wiater A, Lehmkuhl G, Kraenz S, Mitschke A, Fricke L, Breuer U (2004). Sleep disorders in children, mechanisms through which sleep disorders affect the health of children. In: WHO technical meeting on sleep and health – Annex 1 technical papers. Bonn: WHO.
234. Wilkinson RG (1999). Putting the picture together: preprosperity, redistribution, health, and welfare. (S. 256-274) In: Marmot M, Wilkinson RG (Hrsg.). *Social determinants of health*. Oxford: Oxford University Press.
235. Wilkinson RG und Pickett KE (2008). Das Problem relativer Deprivation: Warum einige Gesellschaften erfolgreicher sind als andere. In: Bauer U, Bittlingmayer UH, Richter M. (Hrsg.) *Health Inequalities. Determinanten und Mechanismen gesundheitlicher Ungleichheit*. Wiesbaden: VS Verlag. S. 59-86.
236. Wirth K, Bröer C, Brink M, Schierz C (2005). Veränderung der Lärmbelästigung im zeitlichen Verlauf. *Umweltmed Forsch Prax* 10: 105-111.
237. Wöckel H (2008). Grundzüge des Immissionsschutzrechts. Papers und Preprints aus dem FZUR. Forschungszentrum für deutsches und internationales Umweltrecht (FZUR), Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
238. Wolke D, Meyer R, Ohrt B, Riegel K (1994). Häufigkeit und Persistenz von Ein- und Durchschlafproblemen im Vorschulalter: Ergebnisse einer prospektiven Untersuchung an einer repräsentativen Stichprobe in Bayern. *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiat* 43: 331-339.
239. World Health Organization (WHO) (2000). *Guidelines for community noise*. Geneva: World Health Organization.
240. World Health Organization (WHO) (2002). *The World Health Report 2002. Reducing risks, promoting healthy life*. Geneva: WHO.
241. World Health Organization (WHO) (2009). *Night noise guidelines for Europe*. Geneva: WHO Regional Office for Europe.

242. World Health Organization (WHO) (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
243. Xie H, Kang J (2010). On the relationships between environmental noise and socio-economic Factors in Greater London. *Acta Acustica* 96: 472-481.
244. Zaharna M, Guilleminault C (2010). Sleep, noise and health: review. *Noise Health* 12:64-69.
245. Zeka A, Zanobetti A, Schwartz J (2006). Individual-level modifiers of the effect of particulate matter on daily mortality. *American Journal of Epidemiology* 163: 849-859.

## **10 Anhang**

Anhang 1: Fragebogen „Entwicklung und Gesundheit von Kindern in Bayern“

Anhang 2: Allgemeine Einwilligungserklärung zur Befragung

Anhang 3: Einwilligungserklärung zur Angabe der Adresse, Zusatzblatt zur Adressabgabe und Informationsblatt für die Münchner Eltern

**Anhang 1: Fragebogen „Entwicklung und Gesundheit von Kindern in Bayern“**

**Elternfragebogen  
zur  
Einschulungsuntersuchung  
2006/2007**

**Entwicklung und Gesundheit  
von Kindern in Bayern**



**Bayerisches Landesamt für  
Gesundheit und Lebensmittelsicherheit**  
Sachgebiete Umweltmedizin und Gesundheitsförderung / Prävention



**Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin  
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

## Sehr geehrte Eltern,

um gezielt die Gesundheit von Kindern fördern und zukünftig Gefahren für die Gesundheit vermeiden zu können, sind Kenntnisse über die ärztliche Versorgung, die psychomotorische Entwicklung und mögliche schädigende Einflüsse im Lebensumfeld von Kindern notwendig. Hierfür brauchen wir Ihre Hilfe!

Bei der diesjährigen Einschulungsuntersuchung findet bereits zum dritten Mal eine Befragung im Rahmen der Gesundheits-Monitoring-Einheiten in Bayern statt. Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit führt gemeinsam mit dem Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin der LMU München und dem Schulärztlichen Dienst der Landratsämter/Gesundheitsämter im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz diese Befragung durch.

Mit den Angaben aus den Fragebögen möchten wir folgende Fragen beantworten:

- Wie häufig sind Asthma und Allergien bei Kindern im Vorschulalter?
- Werden Sehstörungen bei Kindern rechtzeitig erkannt und behandelt?
- Wie häufig sind Schlafstörungen bei Kindern noch im Vorschulalter?
- Wie gut stimmen die Ergebnisse der Einschulungsuntersuchung mit den Beobachtungen der Eltern zur psychomotorischen Entwicklung ihres Kindes überein?
- Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem Wohnumfeld?
- Können Programme zur Ernährungs- und Bewegungserziehung im Kindergarten:
  - das Ernährungsverhalten verändern?
  - die körperliche Geschicklichkeit verbessern?
  - Übergewicht reduzieren?

**Wir möchten Sie herzlich bitten, uns zu unterstützen und an der Befragung teilzunehmen. Ihre Teilnahme ist selbstverständlich freiwillig. Wenn Sie den Fragebogen nicht ausfüllen, entstehen Ihnen keinerlei Nachteile.**

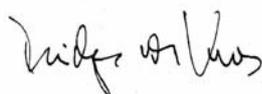
Die Daten, die bei dieser Befragung über Sie und Ihr Kind erhoben werden, unterliegen den datenschutzrechtlichen Vorschriften. Alle Angaben aus dem Fragebogen werden daher nur in faktisch anonymisierter Form (ohne Personenbezug) am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit und am Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin der LMU München ausgewertet. Die Ergebnisse der Untersuchung werden ohne jeden Personenbezug veröffentlicht.

Falls Sie Fragen zur Studie oder zu dem Fragebogen haben, stehen Ihnen Frau Dr. Bolte (Tel. 089/31560-159, [gabriele.bolte@lgl.bayern.de](mailto:gabriele.bolte@lgl.bayern.de)) und Frau Dr. Nennstiel-Ratzel (Tel. 089/31560-257, [uta.nennstiel@lgl.bayern.de](mailto:uta.nennstiel@lgl.bayern.de)) als Ansprechpartnerinnen zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr. med. Bernhard Liebl,  
Ministerialrat  
Bayerisches Staatsministerium  
für Umwelt, Gesundheit und  
Verbraucherschutz



Prof. Dr. med. Rüdiger von Kries  
Institut für Soziale Pädiatrie und  
Jugendmedizin  
LMU München



PD Dr. med. Hermann Fromme  
Sachgebiet Umweltmedizin  
Bayerisches Landesamt für  
Gesundheit und  
Lebensmittelsicherheit



PD Dr. med. Manfred Wildner  
Sachgebiet Gesundheitsförderung,  
Prävention  
Bayerisches Landesamt für  
Gesundheit und  
Lebensmittelsicherheit

## Hinweise zum Ausfüllen des Fragebogens

Bitte lassen Sie sich von dem Umfang des Fragebogens nicht abschrecken!  
Sie werden insgesamt etwa 20-30 Minuten für Ihre Antworten benötigen.

In dem Fragebogen geht es um das Kind, das an der Einschulungsuntersuchung teilnimmt.  
Wenn Sie z.B. Zwillinge haben und mehrere Fragebögen erhalten haben, füllen Sie bitte für jedes Kind einen Fragebogen aus.

### Wie wird's gemacht?

Bitte füllen Sie den Fragebogen aus, indem Sie

- in den Kästchen ein Kreuz machen

*Beispiel:* Mädchen  Junge

- in den Feldern Zahlen eintragen

*Beispiel:* |\_\_|\_3\_| Geschwister

- Angaben in Druckbuchstaben auf der vorgegebenen Linie machen

*Beispiel:* welche?           S P A N I S C H          

Gehen Sie bitte der Reihe nach vor, Frage für Frage. Überspringen Sie Fragen nur dann, wenn im Text ausdrücklich ein entsprechender Hinweis gegeben ist.

*Beispiel:* Ja  Nein  => *bitte weiter mit Frage 17*

### Und noch eine Bitte:

Der Fragebogen wird mit der modernen Scanner-Technik ausgewertet. Im Prinzip kennen Sie diese Technik von der Supermarktkasse: Die Ware wird über einen Scanner gezogen, der die Information des Preisschildes automatisch „liest“. So ähnlich machen wir das mit dem Fragebogen. Damit das funktioniert, ist es sehr wichtig,

- dass Sie einen Kugelschreiber oder Filzstift verwenden.  
Bitte keinen Bleistift!
- dass Ihre Markierung innerhalb der Kästchen oder Linien bleibt.
- dass Sie den Fragebogen nicht knicken oder beschädigen.
- dass Sie die Pluszeichen, die Sie auf jeder Seite des Fragebogens sehen (+), nicht überschreiben oder beschädigen. Diese Pluszeichen sind Justierobjekte, die für das Einlesen mit dem Scanner benötigt werden.
- dass Sie keine Fragen oder Seiten durchstreichen.

Falls Sie sich beim Ausfüllen von Kästchen geirrt haben, füllen Sie bitte das falsch markierte Kästchen komplett aus und kreuzen das richtige Kästchen an:



Sie erleichtern uns dadurch sehr die Arbeit.

**Vielen Dank!**

## Allgemeine Angaben zu Ihrem Kind

+

1.) Wann ist Ihr Kind geboren?

Monat

Jahr

2.) Ist Ihr Kind ein Mädchen oder ein Junge?

Mädchen Junge 

3.) Ist Ihr Kind in Deutschland geboren?

ja nein 

4.) Welche Staatsangehörigkeit hat Ihr Kind?

deutsche Staatsangehörigkeit 

+

andere Staatsangehörigkeit 

welche? \_\_\_\_\_

5.) Wie viele Geschwister hat Ihr Kind?

Geschwister

keine Geschwister

6.) Ist Ihr Kind ein Zwillings- oder Mehrlingskind?

ja nein 

+

7.) Wie schwer und groß war Ihr Kind bei der Geburt?

Geburtsgewicht

g

Geburtslänge

cm

8.) Ist Ihr Kind eine Frühgeburt (vor der 37. Schwangerschaftswoche geboren)?

ja nein weiß nicht 

9.) Gab es Komplikationen in den ersten 4 Lebenswochen?

ja, unser Kind musste in die Kinderklinik/-Station verlegt werden..... nein ..... 

+

**Gesundheit Ihres Kindes**

+

10.) Wie würden Sie den Gesundheitszustand Ihres Kindes im Allgemeinen beschreiben?

	sehr gut	gut	mittelmäßig	schlecht	sehr schlecht
+	<input type="checkbox"/>				

11.) Wie oft hatte Ihr Kind in den letzten 12 Monaten eine fieberhafte Erkrankung?  
(Mit Fieber ist mindestens 38,5°C gemeint.)

keinmal ....	<input type="checkbox"/>	3-4 mal .....	<input type="checkbox"/>
1-2 mal.....	<input type="checkbox"/>	5 mal oder öfter.....	<input type="checkbox"/>

12.) Hatte Ihr Kind in den letzten 12 Monaten eine der folgenden Krankheiten?

+	Bronchitis .....	ja	<input type="checkbox"/>	.....	nein	<input type="checkbox"/>
	Lungenentzündung .....	ja	<input type="checkbox"/>	.....	nein	<input type="checkbox"/>
	Mittelohrentzündung .....	ja	<input type="checkbox"/>	.....	nein	<input type="checkbox"/>
	Eitrige Mandelentzündung .....	ja	<input type="checkbox"/>	.....	nein	<input type="checkbox"/>

+

13.) Hatte Ihr Kind in den letzten 12 Monaten beim Atmen pfeifende oder keuchende (fiepende) Geräusche im Brustkorb?

ja                       nein  => falls nein, bitte weiter mit Frage 15

14.) Wie viele Anfälle von pfeifender und keuchender (fiepender) Atmung hatte Ihr Kind in den letzten 12 Monaten?

keinen Anfall...	<input type="checkbox"/>	4-12 Anfälle.....	<input type="checkbox"/>
1-3 Anfälle .....	<input type="checkbox"/>	mehr als 12 Anfälle ..	<input type="checkbox"/>

+

+

15.) Hatte Ihr Kind in den letzten 12 Monaten während oder nach körperlicher Anstrengung jemals pfeifende oder keuchende (fiepende) Atemgeräusche im Brustkorb?

+ ja  nein

16.) Ist von einem Arzt/einer Ärztin bei Ihrem Kind schon einmal eine der folgenden Erkrankungen festgestellt worden?

	mehrmals	einmal	nein
Asthma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Asthmatische, spastische oder obstruktive Bronchitis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bronchitis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pseudokrupp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17.) Hatte Ihr Kind in den letzten 12 Monaten Niesanfalle oder eine laufende, verstopfte oder juckende Nase, obwohl es nicht erkältet war?

+ ja  nein  => falls nein, bitte weiter mit Frage 19

18.) Hatte Ihr Kind in den letzten 12 Monaten gleichzeitig mit diesen Beschwerden in der Nase juckende oder tränende Augen?

ja  nein

19.) Ist von einem Arzt/einer Ärztin bei Ihrem Kind schon einmal Heuschnupfen festgestellt worden?

ja  nein

20.) Hatte Ihr Kind irgendwann einmal einen juckenden Hautausschlag, der stärker oder schwächer über mindestens 6 Monate auftrat?

+ ja  nein  => falls nein, bitte weiter mit Frage 22 +

21.) Trat dieser Hautausschlag bei Ihrem Kind auch in den letzten 12 Monaten auf? +

ja                       nein

+

22.) Ist von einem Arzt/einer Ärztin bei Ihrem Kind schon einmal eine der folgenden Hauterkrankungen festgestellt worden?

	ja	nein
Neurodermitis (atopisches Ekzem, endogenes Ekzem, atopische Dermatitis)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Allergisches Kontaktekzem (Hautausschlag z.B. durch Kosmetika, Nickel, Unverträglichkeit anderer Metalle)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Sehvermögen Ihres Kindes / Frühdiagnose von Sehstörungen

23.) Wann waren Sie das erste Mal mit Ihrem Kind beim Augenarzt? +

+    noch nie .....

      bis zum Alter von 6 Monaten .....

      im Alter von 7 bis 12 Monaten .....

      im Alter über 1 Jahr bis 2 Jahre .....

      im Alter über 2 Jahre bis 4 Jahre .....

      nach dem 4. Geburtstag .....

24.) Ist Ihr Kind regelmäßig in Behandlung beim Augenarzt? +

      ja, mindestens einmal im Jahr .....

      ja, seltener als einmal im Jahr .....

+    nein .....

25.) Trägt Ihr Kind eine Brille?

+

+ ja  nein

26.) War oder ist Ihr Kind in Schielbehandlung (einschließlich Operation)?

ja  nein

27.) Trägt der Vater, die Mutter oder ein Geschwister eine Brille?

ja  nein

28.) Liegt bei Ihrem Kind oder einem/einer nahen Angehörigen eine angeborene Augenerkrankung vor? (z.B. Augenfehlbildung, Blindheit, angeborenes Glaukom)

beim Kind.....ja  ..... nein

bei einem/einer nahen Angehörigen.....ja  ..... nein

29.) Bestehen bei Ihrem Kind besondere Risiken für Sehstörungen?  
(wie z.B. Röteln-, Zytomegalie- oder Toxoplasmoseinfektionen in der Schwangerschaft, Galaktosämie, Homozystinurie, Mukopolysaccharidose, Albinismus)

ja  nein

+

+

### Schlaf Ihres Kindes

30.) Wie lange schläft Ihr Kind nachts durchschnittlich?

Werktags

Stunden

Am Wochenende

Stunden

31.) Wo schläft Ihr Kind üblicherweise?

im eigenen Kinderschlafzimmer.....

+

+ mit anderen Kindern im Zimmer.....

mit Eltern oder anderen Personen im Zimmer.....

32.) Hat Ihr Kind in seinem Zimmer +

+ einen Fernseher?..... ja  ..... nein

+ einen Computer, eine Spielekonsole oder einen Gameboy? .... ja  ..... nein

33.) Machen Sie mit Ihrem Kind jeden Abend vor dem Einschlafen etwas wie z.B. Singen, eine Geschichte lesen oder ähnliches (als Einschlafritual)?

ja                       nein

34.) Schläft Ihr Kind nachts regelmäßig, also mindestens 1 Mal pro Woche, auch in anderen Wohnungen (z.B. bei den Großeltern)?

ja                       nein

35.) Schläft Ihr Kind nachts regelmäßig im Elternbett oder kommt Ihr Kind nachts regelmäßig ins Elternbett?

ja                       nein

36.) Da Schlafprobleme bei Kindern häufig mit anderen Verhaltensweisen gemeinsam auftreten, bitten wir Sie, die folgenden Fragen zur Tagesbefindlichkeit Ihres Kindes zu beantworten. Kreuzen Sie bitte in jeder Zeile das entsprechende Kästchen an. Wenn Sie sich nicht ganz sicher sind, geben Sie Ihren überwiegenden Eindruck an.

+

	nicht zutreffend	teilweise zutreffend	eindeutig zutreffend
Mein Kind ist unruhig, überaktiv, kann nicht stillsitzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind ist leicht ablenkbar, unkonzentriert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind ist nervös, unruhig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind ist ständig zappelig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind ist quengelig, reizbar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

+

+

37.) Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Schlafgewohnheiten Ihres Kindes in den letzten 3 Monaten. Kreuzen Sie bitte in jeder Zeile das entsprechende Kästchen an. Wenn Sie sich nicht ganz sicher sind, geben Sie Ihren überwiegenden Eindruck an. +

+	nicht zutreffend	teilweise zutreffend	eindeutig zutreffend
Mein Kind geht jeden Abend zur selben Zeit zu Bett.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind schaut vor dem Zubettgehen noch fern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind hat Einschlafprobleme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind hat Durchschlafprobleme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Schlafzimmer meines Kindes gibt es Lichtbelästigungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Schlafzimmer meines Kindes gibt es Lärmbelästigungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind schläft nachts sehr unruhig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind schnarcht nachts.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind wacht nachts auf. +	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind wacht jeden Morgen ungefähr zur selben Zeit auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind wacht morgens von alleine auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Morgens wacht mein Kind nur schwer auf, wird nur langsam munter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind hält einen Mittagsschlaf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind ist tagsüber oft müde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Kind ist körperlich nicht ausreichend leistungsfähig/schlapp.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

+

+

<b>Entwicklungsstand Ihres Kindes</b>		+
38.) Mein Kind kann ohne Stützräder Fahrrad fahren.	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
39.) Mein Kind kann 10 Sekunden auf einem Bein stehen.	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
40.) Mein Kind kann 10 mal auf einem Bein hüpfen.	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
41.) Mein Kind kann einen Ball fangen und werfen (z.B. einen Fußball).		
+ ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
42.) Mein Kind kann Gegenstände genauer malen	+	
z.B. ein Haus, Baum, Männchen oder ein Auto.....	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
und mir diese erklären. ....	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
43.) Mein Kind malt ein Malbuch einigermaßen genau aus.	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
44.) Mein Kind kann ein Dreieck zeichnen.	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
45.) Mein Kind kann kleben und einfache Dinge basteln.	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
46.) Mein Kind kann mit der Kinderschere an einer geraden Linie entlang schneiden.		
ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
47.) Mein Kind erkennt einige Buchstaben und Symbole (z. B. Verkehrszeichen).		
ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
48.) Mein Kind erkennt die Farben rot, gelb, grün, blau, schwarz und weiß.		
+ ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
		+

49.) Mein Kind kennt räumliche und zeitliche Begriffe wie oben, unten, gestern.

+ ja  nein  +

50.) Mein Kind unterscheidet ähnlich klingende Wörter (z.B. Raum – Baum).

ja  nein

51.) Mein Kind erzählt Ereignisse und Geschichten

in richtiger zeitlicher und logischer Reihenfolge..... ja  ..... nein

Es benutzt dabei einfache, jedoch korrekte Sätze. .... ja  ..... nein

Es spricht dabei alle Buchstaben richtig aus (außer „ S “). ..... ja  ..... nein

52.) Mein Kind kennt Zahlen und weiß, was mehr und weniger ist.

ja  nein  +

53.) Mein Kind hört beim Vorlesen genau zu. ja  nein

54.) Mein Kind zieht sich alleine an und die Schuhe richtig herum.

ja  nein

55.) Mein Kind spielt mit Lego, Duplo oder anderen Bauelementen mit oder ohne Vorlage.

ja  nein

56.) Mein Kind spielt mit anderen Kindern Rollenspiele (z.B. Räuber und Polizist).

+ ja  nein

57.) Mein Kind hat Spaß an Wett- und Rennspielen. ja  nein

58.) Mein Kind freut sich auf die Schule und möchte lernen. ja  nein  +

## Lebenssituation und Wohnumfeld Ihres Kindes

59.) Seit wann wohnen Sie in Ihrer Wohnung?

Jahr

+

+

60.) Wie groß ist die Wohnung, in der Ihr Kind hauptsächlich lebt?

m<sup>2</sup>

Räume

*(Bitte geben Sie nur die volle m<sup>2</sup>-Zahl an,  
keine Nachkommastellen)*

*(Bitte zählen Sie die Küche mit, aber nicht  
Badezimmer und Toilette)*

61.) Was ist das für ein Haustyp, in dem Ihr Kind wohnt?

Landwirtschaftliches Wohngebäude .....

Freistehendes Ein-/Zweifamilienhaus.....

Reihenhaus oder Doppelhaus .....

Mehrfamilienhaus (bis 4 Stockwerke).....

Mehrfamilienhaus mit mind. 5 Stockwerken oder Hochhaus.....

62.) Wie würden Sie Ihre Wohngegend beschreiben?

+

ein reines Wohngebiet .....

ein Mischgebiet mit Wohnungen und Geschäften bzw. Gewerbebetrieben.....

ein Gewerbe- bzw. Industriegebiet mit wenigen Wohnungen .....

+

+

63.) Wie sehr fühlen Sie sich in Ihrer Wohngegend durch folgende Umwelteinflüsse beeinträchtigt?

+		gar nicht	gering	gerade erträglich	stark	sehr stark	
	durch Lärmbelästigung.....	<input type="checkbox"/>					
	durch Luftverschmutzung.....	<input type="checkbox"/>					
	durch fehlende..... zugängliche Grünflächen	<input type="checkbox"/>	+				

64.) An was für einer Straße wohnt Ihr Kind?

Hauptstraße .....	<input type="checkbox"/>	
Nebenstraße ohne Tempo 30-Limit .....	<input type="checkbox"/>	
Nebenstraße mit Tempo 30-Limit .....	<input type="checkbox"/>	
Anliegerstraße, Spielstraße oder Sackgasse .....	<input type="checkbox"/>	+
keine Straße (z.B. Fußgängerzone) .....	<input type="checkbox"/>	

65.) Wie oft fahren an Wochentagen Lastwagen auf der Straße, an der Ihr Kind wohnt?

+	nie	selten	öfter am Tag	fast den ganzen Tag
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

66.) Wie oft ist zähflüssiger Verkehr oder Stau auf der Straße, an der Ihr Kind wohnt?

nie	selten	öfter am Tag	fast den ganzen Tag
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

67.) In welchem Stockwerk liegt das Schlafzimmer Ihres Kindes?  
(Souterrain/Parterre/Erdgeschoss = 0)

im  Stock

68.) Liegt das Schlafzimmerfenster Ihres Kindes:

+

- + zu einer Hauptverkehrsstraße .....
- zu einer Nebenstraße .....
- zu einem Innenhof mit offener Bebauung .....
- zu einem Innenhof mit geschlossener Bebauung .....
- zu keiner Straße (Garten, Feld, Wiese o.ä.) .....

69.) Halten Sie nachts, wenn Ihr Kind schläft, das Schlafzimmerfenster Ihres Kindes:

- |  | im Sommer                | im Winter                |
|--|--------------------------|--------------------------|
| offen.....                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| einen Spalt geöffnet oder gekippt..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| geschlossen .....                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

+

70.) Haben Sie Lärmschutzfenster in Ihrer Wohnung?

- Wohnzimmer ..... ja  ..... nein
- Elternschlafzimmer..... ja  ..... nein
- Kinderschlafzimmer..... ja  ..... nein

Wenn Sie keine Lärmschutzfenster haben: wie stark stört Sie das?

- |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Sehr stark               | stark                    | teils/teils              | wenig                    | überhaupt nicht          |
| <input type="checkbox"/> |

+

+

71.) Fühlen Sie sich im Allgemeinen in der Wohnung, in der Ihr Kind lebt, tagsüber durch Lärm gestört oder belästigt? Denken Sie dabei bitte an die letzten 12 Monate.

+

+

**dadurch gestört oder belästigt**

Lärm wird verursacht durch:	überhaupt nicht	etwas	mittel-mäßig	stark	äußerst stark	Quelle nicht vorhanden
Straßenverkehr	<input type="checkbox"/>					
Flugverkehr	<input type="checkbox"/>					
Schienenverkehr	<input type="checkbox"/>					
Industrie, Gewerbe	<input type="checkbox"/>					
Bauarbeiten	<input type="checkbox"/>					
Gaststätten, Diskotheken	<input type="checkbox"/>					
Sport- und Freizeitanlagen	<input type="checkbox"/>					
Kinderspielplätze	<input type="checkbox"/>					
Nachbarn	<input type="checkbox"/>					

+

*Bitte machen Sie auf der nächsten Seite weiter!*

+

+

72.) Fühlen Sie sich im Allgemeinen in der Wohnung, in der Ihr Kind lebt, nachts durch Lärm beim Einschlafen oder Durchschlafen gestört oder belästigt? Denken Sie dabei bitte wieder an die letzten 12 Monate.

+

+

**dadurch gestört oder belästigt**

Lärm wird verursacht durch:	überhaupt nicht	etwas	mittel-mäßig	stark	äußerst stark	Quelle nicht vorhanden
Straßenverkehr	<input type="checkbox"/>					
Flugverkehr	<input type="checkbox"/>					
Schienenverkehr	<input type="checkbox"/>					
Industrie, Gewerbe	<input type="checkbox"/>					
Bauarbeiten	<input type="checkbox"/>					
Gaststätten, Diskotheken	<input type="checkbox"/>					
Sport- und Freizeitanlagen	<input type="checkbox"/>					
Kinderspielplätze	<input type="checkbox"/>					
Nachbarn	<input type="checkbox"/>					

+

*Bitte machen Sie auf der nächsten Seite weiter!*

+

+

## Ernährung Ihres Kindes

73.) Wie viele Portionen (jeweils eine Kinderhand voll) Gemüse isst Ihr Kind pro Tag?

	keine	1	2	3	mehr als 3	+
+	<input type="checkbox"/>					

74.) Wie viele Portionen (jeweils eine Kinderhand voll) Obst isst Ihr Kind pro Tag?

	keine	1	2	3	mehr als 3	+
	<input type="checkbox"/>					

75.) Kaufen Sie für Ihre Familie regelmäßig

Vollmilch 3,5 % Fett.....ja  .....nein

fettarme Milch 1,5 % Fett.....ja  .....nein

Vollmilchjoghurt 3,5 % Fett.....ja  .....nein

fettarmen Joghurt 1,5 % Fett.....ja  .....nein

Frischkäse, Quark Fettstufe .....ja  .....nein

Frischkäse, Quark Magerstufe .....ja  .....nein

Käse über 45 % Fett i. Tr.....ja  .....nein

Käse bis 45 % Fett i. Tr. ....ja  .....nein  +

+

+

76.) Kaufen Sie gezielt für Ihr Kind regelmäßig

+

- + Vollmilch 3,5 % Fett.....ja  .....nein
- fettarme Milch 1,5 % Fett.....ja  .....nein
- Vollmilchjoghurt 3,5 % Fett.....ja  .....nein
- fettarmen Joghurt 1,5 % Fett.....ja  .....nein
- Frischkäse, Quark Fettstufe .....ja  .....nein
- Frischkäse, Quark Magerstufe .....ja  .....nein
- Käse über 45 % Fett i. Tr.....ja  .....nein
- Käse bis 45 % Fett i. Tr. ....ja  .....nein

77.) Was und wie viel trinkt Ihr Kind im Durchschnitt?

+

<b>Getränk</b> <b>1 Portion = 1 Glas (200 ml)</b>	nie	1-3 Port./ Woche	4-6 Port./ Woche	1 Port./ Tag	2-3 Port./ Tag	4-6 Port./ Tag
Leitungs-, Mineralwasser	<input type="checkbox"/>					
Früchte-, Kräutertee, gezuckert	<input type="checkbox"/>					
Früchte-, Kräutertee, ungezuckert	<input type="checkbox"/>					
Fruchtsaft 100 %, unverdünnt	<input type="checkbox"/>					
Fruchtsaftgetränk, -nektar	<input type="checkbox"/>					
Fruchtsaftschorle (Wasser mit Saft)	<input type="checkbox"/>					
Limonade/Colagetränk, gezuckert	<input type="checkbox"/>					
Limonade light/Colagetränk light	<input type="checkbox"/>					

+

+

78.) Bestimmt Ihr Kind bei den Hauptmahlzeiten selbst wie viel auf seinen Teller soll?

ja

nein

+

+

79.) Soll Ihr Kind den Teller leer essen?

ja

nein

80.) Wie viel Süßes isst Ihr Kind im Durchschnitt?

+

	Portionsgröße	nie	1-3 Port./ Woche	4-6 Port./ Woche	1 Port./ Tag	2-3 Port./ Tag	4-6 Port./ Tag
Kuchen/Torte/Gebäck	1 Stück (100 g)	<input type="checkbox"/>					
Schokolade, -riegel	1 Stück (15 g)	<input type="checkbox"/>					
Milch-Schnitte, -Pinguin, -Country etc.	1 Stück	<input type="checkbox"/>					
Eiscreme (Milch-/Sahneeis)	1 Portion (100 ml)	<input type="checkbox"/>					
Fruchteis/Wassereis	1 Portion (100 ml)	<input type="checkbox"/>					
Kekse	1 Stück (30 g)	<input type="checkbox"/>					
Fruchtgummi	5 Stück	<input type="checkbox"/>					

81.) Isst Ihr Kind Snacks und/oder Süßigkeiten (z. B. Schokolade, Schokoriegel, Chips, Erdnüsse, etc.) beim Fernsehen?

nie

weniger als  
1mal/Woche

1-2mal/  
Woche

3-6mal/  
Woche

jeden Tag

weiß ich nicht

+

+

82.) Begrenzen Sie den Wunsch Ihres Kindes nach mehr Süßigkeiten?

- ja, immer.....  +
- ja, sehr oft.....
- ja, manchmal .....
- ja, selten .....
- nein, da mein Kind kaum Süßes isst .....
- nein, da ich die Begrenzung von Süßem ablehne.....

**Angaben zu den Eltern**

+

83.) Wie groß sind Sie und wie viel wiegen Sie?

	Mutter	Vater
+ Größe	<input type="text"/> cm	<input type="text"/> cm
Gewicht	<input type="text"/> kg	<input type="text"/> kg

84.) Welchen Familienstand haben Sie?

+

- verheiratet und mit Ehepartner/in zusammen lebend .....
- von Ehepartner/in getrennt lebend oder geschieden .....
- ledig.....
- verwitwet .....

85.) Leben Sie mit einem Partner/einer Partnerin zusammen? ja  nein

86.) Sind Sie alleinerziehend? ja  nein  +

87.) Wie viele Personen leben ständig in Ihrem Haushalt, Sie selbst und alle Kinder mitgezählt? +

+ Insgesamt  Personen

Wie viele sind davon

unter 6 Jahre alt? <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/>	18 bis unter 25 Jahre alt? <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/>
6 bis 14 Jahre alt? <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/>	25 bis unter 60 Jahre alt? <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/>
15 bis 17 Jahre alt? <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/>	60 Jahre und älter? <input style="width: 50px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text"/>

+

88.) Welchen höchsten allgemeinbildenden Schulabschluss haben Sie?  
(Bitte für beide Elternteile angeben!) +

	Mutter	Vater
von der Schule abgegangen ohne Hauptschulabschluss (Volksschulabschluss)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hauptschulabschluss (Volksschulabschluss)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realschulabschluss (Mittlere Reife)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abschluss der Polytechnischen Oberschule 10. Klasse (vor 1965: 8. Klasse)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fachhochschulreife	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife/Abitur (Gymnasium bzw. Erweiterte Oberschule (EOS))	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abschluss eines Studiums an einer Fachhochschule oder Universität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
anderer Schulabschluss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

+

89.) Welche der folgenden Angaben zur Erwerbstätigkeit trifft auf Sie zu?  
*(Bitte für beide Elternteile angeben!)*

	Mutter	Vater
Vollzeit-erwerbstätig mit einer wöchentlichen Arbeitszeit von 35 Stunden und mehr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teilzeit-erwerbstätig mit einer wöchentlichen Arbeitszeit von 15 bis 34 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teilzeit- oder stundenweise erwerbstätig mit einer wöchentlichen Arbeitszeit unter 15 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vorübergehende Freistellung, z.B. Erziehungsurlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auszubildende(r)/Lehrling/Umschüler(in)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
zur Zeit nicht erwerbstätig und arbeitssuchend (arbeitslos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
+ zur Zeit nicht erwerbstätig und nicht arbeitssuchend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*Die Wohnsituation von Kindern, z.B. wie stark die Lärmbelastung ist, soll auch nach dem Einkommen der befragten Familien ausgewertet werden. Dabei genügen Einkommensgruppen. Es würde uns helfen, wenn Sie die Einkommensgruppe angeben könnten, zu der Sie gehören. Ihre Angabe wird - wie auch alle anderen Angaben in diesem Fragebogen - selbstverständlich vollständig anonym gehalten.*

90.) Wie hoch ist das durchschnittliche monatliche Haushalteinkommen, d.h. das Nettoeinkommen, das alle Haushaltsmitglieder zusammen nach Abzug von Steuern und Sozialabgaben haben? (Einschließlich Erziehungsgeld und Kindergeld)

Ich möchte keine Angabe machen

- |  |  |
|--|--|
| unter 500 €..... <input type="checkbox"/>              | 2.000 bis unter 2.500 € ..... <input type="checkbox"/> |
| 500 bis unter 750 € ..... <input type="checkbox"/>     | 2.500 bis unter 3.000 € ..... <input type="checkbox"/> |
| 750 bis unter 1.000 € ..... <input type="checkbox"/>   | 3.000 bis unter 3.500 € ..... <input type="checkbox"/> |
| 1.000 bis unter 1.500 € ..... <input type="checkbox"/> | 3.500 bis unter 4.000 € ..... <input type="checkbox"/> |
| 1.500 bis unter 2.000 € ..... <input type="checkbox"/> | 4.000 € und mehr ..... <input type="checkbox"/>        |

91.) Wer hat diesen Fragebogen beantwortet? *(Mehrere Antworten sind möglich.)*

+ Mutter  Vater  Andere Person  +

**Herzlichen Dank für die Beantwortung der Fragen!**



## **Anhang 2: Allgemeine Einwilligungserklärung zur Befragung**

Bitte bei der Einschulungsuntersuchung abgeben bzw. zurücksenden

An das  
örtliche Gesundheitsamt

## **Einwilligungserklärung**

Als gesetzliche/r Vertreter/in von \_\_\_\_\_  
**(Vor- und Familienname des Kindes)**

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

sind wir / bin ich mit der Befragung zur Entwicklung und Gesundheit unseres/meines Kindes an Hand eines Elternfragebogens einverstanden. Der Fragebogen wird in faktisch anonymisierter Form (ohne Personenbezug) am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit und am Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin der LMU München ausgewertet.

Ich / wir sind einverstanden, dass dabei auch Daten aus der Einschulungsuntersuchung einbezogen werden. *(wenn nicht - bitte diesen Satz streichen)*

Uns / mir ist bekannt, dass die Teilnahme freiwillig ist, und uns / mir aus einer Nichtteilnahme keinerlei Nachteile entstehen.

Unsere / meine Einwilligung kann jederzeit durch schriftliche Mitteilung an das örtliche Gesundheitsamt zurückgezogen werden.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift der/des gesetzlichen Vertreterin/Vertreters

**Anhang 3: Einwilligungserklärung zur Angabe der Adresse, Zusatzblatt zur Adressabgabe und Informationsblatt für die Münchner Eltern**

Bitte bei der Einschulungsuntersuchung abgeben bzw. zurücksenden

An das  
örtliche Gesundheitsamt

## **Einwilligungserklärung**

Als gesetzliche/r Vertreter/in von \_\_\_\_\_  
**(Vor- und Familienname des Kindes)**

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

sind wir / bin ich mit der Befragung zur Entwicklung und Gesundheit unseres/meines Kindes an Hand eines Elternfragebogens einverstanden. Der Fragebogen wird in faktisch anonymisierter Form (ohne Personen- und Adressenbezug) am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit und am Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin der LMU München ausgewertet.

Ich / wir sind einverstanden, dass dabei auch Daten aus der Einschulungsuntersuchung einbezogen werden. *(wenn nicht - bitte diesen Satz streichen)*

Durch die Angabe unserer / meiner Adresse auf dem Zusatzblatt erklären wir / erkläre ich mich einverstanden, dass unsere / meine Adresse für den Bezug auf Messdaten zu Lärm und Luftschadstoffen verwendet wird. Unsere / meine Adresse wird nach dieser Zuordnung der Umweltdaten vernichtet und nicht direkt mit dem Fragebogen ausgewertet. Das Informationsblatt habe ich erhalten.

Uns / mir ist bekannt, dass die Teilnahme freiwillig ist, und uns / mir aus einer Nichtteilnahme keinerlei Nachteile entstehen.

Unsere / meine Einwilligung kann jederzeit durch schriftliche Mitteilung an das örtliche Gesundheitsamt zurückgezogen werden.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift der/des gesetzlichen Vertreterin/Vertreters

## Zusatzblatt zum Elternfragebogen

### „Entwicklung und Gesundheit von Kindern in Bayern“

FB-Nummer

Warum wir Sie um Ihre Adresse bitten:

Umweltfaktoren haben einen Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden Ihres Kindes. Wir möchten daher Ihre Angaben aus dem Fragebogen mit Messdaten aus der Umwelt (z.B. Lärm oder Luftschadstoffe) zusammenführen.

Deshalb bitten wir Sie, uns Ihre Adresse (wo Ihr Kind wohnt) anzugeben.

Hinweise:

- Dieses Blatt wird sofort dem Fragebogen entnommen und getrennt aufbewahrt.
- Ihre Adressdaten werden nach der Zuordnung zu den Umweltdaten vernichtet.
- Die Daten werden ausschließlich für den Zweck dieser Studie verwendet und nicht an Dritte weitergegeben.
- Ihre Angaben im Fragebogen werden ohne Personen- und Adressenbezug mit den Umweltmessergebnissen ausgewertet.

---

**Straße, Hausnummer**

---

**Postleitzahl**

Bitte füllen Sie den Elternfragebogen auch dann aus, wenn Sie uns nicht Ihre Adresse auf diesem Blatt angeben möchten. Ihnen entstehen dadurch keinerlei Nachteile.

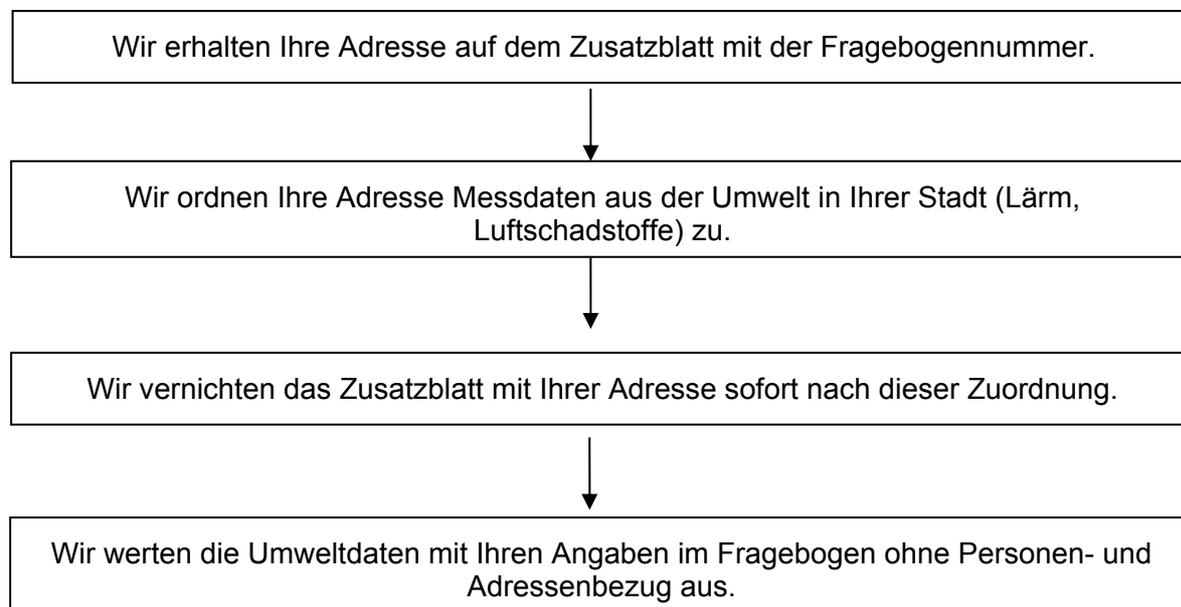
**Herzlichen Dank für das Ausfüllen dieses Blattes!**

# Informationsblatt zur Elternbefragung zur Einschulungsuntersuchung

## Warum wir Sie um Ihre Adresse bitten:

Umweltfaktoren haben einen Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden Ihres Kindes. Wir möchten daher Ihre Angaben aus dem Fragebogen mit Messdaten aus der Umwelt (z.B. Lärm oder Luftschadstoffe) zusammenführen.

## Was machen wir mit Ihren Adresdaten?



Wenn Sie Rückfragen zu den Umweltdaten haben, wenden Sie sich bitte an folgende Kontaktadresse:

Bayerisches Landesamt für Gesundheit  
und Lebensmittelsicherheit  
Sachgebiet Umweltmedizin  
Veterinärstraße 2  
85764 Oberschleißheim

Ansprechpartnerinnen:  
Frau Dr. Twardella: Tel. 089-31560-166  
[dorothee.twardella@lgl.bayern.de](mailto:dorothee.twardella@lgl.bayern.de)  
Frau Kohlhuber: Tel. 089-31560-403  
[martina.kohlhuber@lgl.bayern.de](mailto:martina.kohlhuber@lgl.bayern.de)

Martina Kohlhuber

Blücherstraße 7

80634 München

Matrikel-Nummer: 1853071

**Eidesstattliche Erklärung zur Dissertation mit dem Titel:**

*„Exposition von Kindern im Einschulalter gegenüber Umweltlärm und ihre Auswirkungen auf Schlafstörungen: Auswertung von Daten der Gesundheits-Monitoring-Einheiten in Bayern.“*

Hiermit erkläre ich,

1. dass ich die eingereichte Arbeit selbst verfasst habe,
2. dass ich bei der Abfassung der Arbeit nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt und wörtlich oder inhaltlich übernommene Stellen als solche gekennzeichnet habe,
3. und dass ich die eingereichte Arbeit nur in diesem und keinem anderen Promotionsverfahren eingereicht habe und diesem Promotionsverfahren keine endgültig gescheiterten Promotionsverfahren vorausgegangen sind.

München, den 30. Juni 2011