

**Erfassung der täglichen  
Lärmexposition und die Korrelation  
zum individuellen Gesundheitsstatus**

**LEe - Lärm: Exposition und Befinden**

**Band 19 der Schriftenreihe**

**Materialien zur Umweltmedizin**

Erfassung der täglichen Lärmexposition und die Korrelation zum individuellen Gesundheitsstatus  
LEe - Lärm: Exposition und Befinden

**Band 19 der Schriftenreihe**

Die Fachinformationen zur Umweltmedizin dienen der allgemeinen Information und im Besonderen der Fachinformation der bayerischen Gesundheitsbehörden zu Themen aus den Bereichen Umweltmedizin, Toxikologie und Umweltepidemiologie. Der vorliegende Band ist das Ergebnis eines Forschungsvorhabens des Instituts und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München.

**Herausgeber:**

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit  
Eggenreuther Weg 43  
91058 Erlangen

Telefon: 09131 764-0

Telefax: 09131 764-102

Internet: [www.lgl.bayern.de](http://www.lgl.bayern.de)

E-Mail: [poststelle@lgl.bayern.de](mailto:poststelle@lgl.bayern.de)

Fotos: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Druck: Print Com oHG, Erlangen

Stand: Dezember 2007

© Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, alle Rechte vorbehalten  
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

**Autorinnen und Autoren des Berichts:**

<sup>1</sup>Katja Radon, <sup>1</sup>Hedwig Spegel, <sup>1</sup>Vera Ehrenstein, <sup>1</sup>Sandra Hackensperger, <sup>1</sup>Ingrid Kreuzmair,

<sup>2</sup>Nicole Meyer, <sup>2</sup>Rüdiger von Kries,

<sup>1</sup>AG Arbeits- und Umweltepidemiologie & Net Teaching Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin LMU München

<sup>2</sup>Epidemiologie im Kindes- und Jugendalter Schwerpunkt Gesundheitsforschung, Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin der LMU München

**Bei fachlichen Fragen wenden Sie sich bitte an:**

Prof Dr. Katja Radon

E-Mail: [katja.rado@med.uni-muenchen.de](mailto:katja.rado@med.uni-muenchen.de)

ISSN 1862-8052

Print Ausgabe

ISSN 1862-9601

Internet Ausgabe

ISBN 978-3-939652-52-6

Print Ausgabe

ISBN 978-3-939652-51-9

Internet Ausgabe

*Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.*

*Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.*

*Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten.*

*Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.*

*Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt.*

*Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden.*

*Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.*



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung.

Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung.....	5
2	Zusammenstellung der Gesamtproblematik und bisher bekannt gewordener Ergebnisse auf dem Gebiet der Aufgabenstellung .....	8
2.1	Lärm und Gesundheit.....	8
2.1.1	Lärm und Schlafstörungen .....	9
2.1.2	Lärm und kognitive Leistungen .....	10
2.1.3	Lärm und kardiovaskuläre Erkrankungen.....	11
2.1.4	Lärm und Belästigungserleben.....	12
2.1.5	Endokrine Reaktionen auf Lärm.....	13
2.1.6	Lärm und psychische Symptome .....	15
2.1.7	Lärm und Erkrankungen aus dem psychiatrischen Formenkreis.....	15
3	Zielsetzungen der Studie.....	20
4	Planung und Ablauf der Arbeiten.....	21
5	Angewandte wissenschaftliche und technische Methoden.....	23
5.1	Stichprobenrekrutierung und Durchführung der Befragung .....	23
5.2	Expositionserfassung mittels Personendosimetrie .....	26
5.2.1	Ermittlung der Bestimmungsgrenze der Personendosimeter .....	27
5.2.2	Überprüfung der Validität der personenbezogenen Lärmmessungen .	29
5.3	Fragebogeninstrumente .....	32
5.4	Aufbereitung der Variablen.....	33
5.4.1	Exposition.....	33
5.4.2	Zielgrößen – chronische Beschwerden .....	35
5.4.3	Akute Beschwerden .....	36
5.4.4	Gesundheitsbezogene Lebensqualität .....	37
5.4.5	Blutdruck .....	38
5.4.6	Potenzielle Störgrößen.....	39
5.5	Statistische Analysen .....	46
6	Ergebnisse .....	48
6.1	Ergebnisse der Validierungsmessungen .....	48
6.2	Stichprobenbeschreibung.....	53
6.2.1	Ausschöpfung der untersuchten Stichprobe.....	53
6.2.2	Vergleich von Teilnehmern und Nichtteilnehmern mittels der Angaben aus den Kurzfragebögen .....	55

6.2.3	Reliabilität der Fragebogenangaben zur subjektiven chronischen Lärmbelastung im häuslichen Umfeld.....	59
6.2.4	Soziodemographische und sozioökonomische Merkmale.....	61
6.3	Exposition.....	63
6.3.1	Personenbezogene 24-Stunden Messung .....	63
6.3.2	Subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag .....	82
6.3.3	Übereinstimmung zwischen subjektiver und objektiver Lärmexposition	88
6.3.4	Subjektive chronische Lärmbelastung.....	93
6.3.5	Subjektive chronische Lärmbelastung und objektive Lärmbelastung am Untersuchungstag .....	99
6.3.6	Subjektive Lärmbelastung und Befinden .....	99
6.4	Potenzielle Störgrößen: Lärmsensitivität für die Gruppe der Erwachsenen	101
6.5	Potenzielle Störgrößen: Stressverarbeitung .....	101
6.5.1	Erwachsene .....	101
6.5.2	Kinder und Jugendliche.....	102
6.6	Potenzielle Störgrößen: Umweltbesorgnis der Erwachsenen und Jugendlichen.....	102
6.7	Gesundheitliche Situation der Teilnehmer: Chronische Beschwerden .....	104
6.7.1	Subjektives Befinden für die Gruppe der Erwachsenen .....	104
6.7.2	Subjektives Befinden für die Kinder und Jugendlichen .....	106
6.8	Gesundheitliche Situation der Teilnehmer: Akute Beschwerden am Untersuchungstag .....	106
6.9	Gesundheitliche Situation der Teilnehmer: Gesundheitsbezogene Lebensqualität.....	109
6.9.1	Erwachsene .....	109
6.9.2	Kinder und Jugendliche.....	112
6.10	Gesundheitliche Situation der Teilnehmer: Blutdruck.....	114
6.11	Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und chronischem Befinden .....	116
6.11.1	Schlafprobleme bei Erwachsenen.....	116
6.11.2	Einschlafprobleme bei Jugendlichen und Kindern.....	116
6.11.3	Leistungsvermögen bei Erwachsenen .....	120

6.11.4	Leistungsvermögen bei Jugendlichen und Kindern.....	120
6.12	Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen der Lärmexposition und dem akuten Befinden am Untersuchungstag .....	124
6.13	Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Lebensqualität.....	131
6.13.1	Erwachsene .....	131
6.13.2	Kinder und Jugendliche.....	133
6.14	Multiple Regressionsmodelle zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Blutdruck.....	136
6.15	Ergebnisse der Zusatzauswertungen der personenbezogenen 24-Stunden Messung unter Berücksichtigung der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase ..	139
6.15.1	Mittelwerte des Schallpegels in der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase nach Altersgruppe.....	139
6.15.2	Mittelwerte des Schallpegels in der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase nach Wohnort.....	142
6.15.3	Mittelwerte des Schallpegels in der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase nach Geschlecht .....	144
7	Während der Durchführung des Projekts bekannt gewordene Fortschritte auf diesem Gebiet bei anderen Stellen .....	148
8	Zusammenfassung und Bewertung der erzielten Ergebnisse und ihrer Konsequenzen .....	150
8.1	Personenbezogene Erfassung der täglichen Lärmexposition und Ergebnisse der Validierungsmessungen.....	150
8.1.1	Kritische Bewertung der personenbezogenen Erfassung der täglichen Lärmexposition .....	150
8.1.2	Zusammenfassung und kritische Bewertung der Validierungsstudie	151
8.1.3	Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Validierungsstudie....	153
8.2	Kritische Bewertung des Studiendesign und der Ausschöpfung der Stichprobe.....	154
8.3	Kritische Bewertung der Erhebungsinstrumente .....	156
8.4	Soziodemographische Daten .....	158
8.5	Kritische Bewertung der objektiven Lärmexposition in Bayern.....	160
8.5.1	Objektive Lärmexposition nach Altersgruppe .....	160
8.5.2	Objektive Lärmexposition nach Untersuchungsort.....	162

8.5.3	Objektive Lärmexposition nach Geschlecht .....	163
8.6	Kritische Bewertung der subjektiven Lärmexposition in Bayern .....	164
8.7	Kritische Bewertung der gefundenen Zusammenhänge zwischen Lärmexposition und Befinden.....	166
8.7.1	Chronisches Befinden .....	167
8.7.2	Akutes Befinden .....	169
8.7.3	Lebensqualität.....	170
8.7.4	Blutdruck .....	171
9	Zusammenfassung.....	173
10	Danksagung .....	178
11	Literatur .....	179
Anhang	.....	185
	Anhang C: Einzelergebnisse.....	186

# 1 Aufgabenstellung<sup>1</sup>

Die Mehrheit der Bewohner Bayerns fühlt sich durch Lärm belästigt. Als störend werden vor allem Straßen-, Flug- und Schienenverkehrslärm, laute Nachbarn sowie Industrie- und Gewerbebetriebe empfunden[1]. Dennoch beurteilten Eltern bayerischer Schulkinder im Rahmen der Studie „Kind und Umwelt“ Lärm als eines der relativ unwichtigen Umweltrisiken für die Gesundheit ihrer Kinder (Rang 36 von 40). Im Gegensatz hierzu stufte ein internationales Expertengremium Lärm auf Platz 15 der 40 potenziellen umweltbedingten Risikofaktoren für die kindliche Gesundheit ein. Lärm war damit nach Bewegungsmangel und Allergenexposition der Umweltfaktor, der von den Eltern am meisten unterschätzt wurde [2].

Während die Zahl derjenigen, die sich durch Lärm im Wohnumfeld belästigt fühlten, bis Mitte der 90er Jahre abnahm, steigt er seit 1996 wieder an. Fast ein Viertel der Bevölkerung gibt an, dass in der Bekämpfung des Lärms über einen Zeitraum von fünf Jahren eine Verschlechterung erfolgt sei [3]. Dies änderte sich auch bei der neuesten Befragung des Umweltbundesamtes 2004 nicht [4]. Als vorrangig störend wird hierbei der Straßenverkehr empfunden, gefolgt von Fluglärm, Nachbarschaftslärm, Schienenverkehrslärm sowie Industrie- und Gewerbelärm. So gaben 2006 26 Prozent der Befragten an, dass minimaler Verkehrslärm einer der drei wichtigsten Einflussfaktoren auf ein positiv wahrgenommenes Wohnumfeld sei [5]. Während diese Angaben auf der Belästigungssituation der Bevölkerung beruhen, liegen Immissionswerte nur für einzelne Lärmquellen, wie z.B. Straßenverkehrslärm, vor. Somit ist es schwierig, die Gesamtbelastung der Bevölkerung aus den vorliegenden Erhebungen zu beurteilen.

Die EU-Umgebungslärmrichtlinie (2002/49/EG) [6] fordert eine summative Betrachtung der vielfältigen Quellen des Umgebungslärms, da Menschen zumeist nicht nur einer Lärmquelle ausgesetzt sind. Eine Beurteilung der Lärmbelästigung und eine adäquate Beurteilung möglicher adverser Effekte auf die Gesundheit können somit nur durch die gemeinsame Betrachtung und Bewertung möglichst aller Lärmquellen erfolgen [7-10]. Die Summe des einwirkenden Lärms kann bislang in keiner Studie bewertet werden. Personenbezogene Umweltmessungen unter Einbeziehung der

---

<sup>1</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Soz. Hedwig Spiegel, in Vorbereitung

subjektiven Lärmqualität, die bei der Beurteilung möglicher Wirkungsendpunkte durch Lärmstress zu berücksichtigen sind, fehlen [11].

Die Exposition durch Lärm kann jedoch nicht isoliert für das häusliche Umfeld gesehen werden. Sie findet im häuslichen Umfeld ebenso statt wie am Arbeitsplatz und in der Freizeit. Einige Autoren weisen darauf hin, dass die nächtliche Lärmimmission entscheidend für die Lärmwirkungen sei [12]. Auf der anderen Seite zeigen gerade Studien an Kindern, dass Lärm in Schulen zu erhöhtem Stress führen kann [13]. Dies kann möglicherweise Konzentrationsstörungen, Lernschwierigkeiten und verminderte Schulleistungen zur Folge haben [13]. Umso wichtiger scheint ein integrativer Ansatz, der die Lärmexposition mehrerer Quellen (Straßen- und Fluglärm, Nachbarschaftslärm, Gewerbelärm, Freizeitlärm) und die Exposition während des Tages und in der Nacht gleichermaßen berücksichtigt.

Die bislang vorliegenden internationalen Studien zu potenziellen Lärmwirkungen beschreiben die folgenden möglichen unspezifischen Wirkungen auf das Wohlbefinden [11, 14]:

- Beeinträchtigung der Schlafqualität und Schlafstörungen
- Kommunikationsstörungen
- Konzentrationsschwierigkeiten
- subjektive Belästigung
- Übelkeit
- Kopfschmerzen
- Stimmungsschwankungen
- Nervosität
- Reizbarkeit

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Lärmeffekte vermutlich in Situationen, in denen mehrere Stressoren interagieren, schädlicher sein können. Das Zusammenwirken mehrerer Umweltstressoren wurde in diesem Zusammenhang bislang nicht untersucht [11]. Wie bereits oben erwähnt, wurde meist nur eine Lärmquelle isoliert betrachtet.

An chronischen Gesundheitseffekten durch Lärm werden Hypertonie, ischämische Herzerkrankungen, Migräne, Schilddrüsenerkrankungen, Stoffwechselstörungen und psychische Störungen diskutiert [15, 16].

Limitation der bislang vorliegenden Studien zu den chronischen Wirkungen von Lärm auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden in Deutschland ist das Fehlen einer repräsentativen Erhebung [16]. Darüber hinaus fehlt die integrative Betrachtung von Lärm, Luftverschmutzung und schlechten Wohnbedingungen [11, 17]. Wichtig ist darüber hinaus die individuelle Expositionserfassung der Gesamtlärmexposition über 24 Stunden ebenso wie die Erhebung der Beeinträchtigung, der subjektiven Lärmqualität und möglicher Confounder mit standardisierten, validierten Erhebungsinstrumenten. Dieses Vorgehen, das in der hier vorliegenden Studie umgesetzt wurde, ermöglicht es, die Gesamtexposition der bayerischen Bevölkerung im Umkreis von München gegenüber Lärm zu beschreiben

Gemäß der TA Lärm wurde die mittlere Schallpegelbelastung während des Tages für die Zeit von 6 bis 22 Uhr ermittelt, für die Nacht für die Zeit von 22 bis 6 Uhr. Die Ergebnisse dieser Analysen wurden im Rahmen eines Fachgesprächs am 28.3.2007 diskutiert. Es ergab sich, dass auch in der Nachtphase von 22 bis 6 Uhr vereinzelt sehr hohe Schallpegel auftraten, z.B. wenn die Probanden am Untersuchungstag eine Diskothek besuchten. Somit kann aufgrund dieser pauschalen Einteilung nicht davon ausgegangen werden, dass die nächtlichen Schallpegel den Lärm während der Nachtruhe der Probanden widerspiegeln. Es wurde daher beschlossen, zusätzliche Auswertungen durchführen, um für jeden Probanden auch die individuelle Nachtruhe zu bestimmen und so besser zwischen Lärm im häuslichen Umfeld während der Nachtruhe und durch Freizeit unterscheiden zu können.

## **2 Zusammenstellung der Gesamtproblematik und bisher bekannt gewordener Ergebnisse auf dem Gebiet der Aufgabenstellung<sup>2</sup>**

### **2.1 Lärm und Gesundheit**

Außer den bekannten auralen Lärmwirkungen wie der Schwerhörigkeit werden zahlreiche extraaurale Lärmwirkungen diskutiert. Die bislang vorliegenden internationalen Studien zu potentiellen Lärmwirkungen beschreiben spezifische und unspezifische Wirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden. Neben zahlreichen umweltbezogenen Studien liegt auch eine Vielzahl von arbeitsplatzbezogenen Studien vor, deren Lärmexposition meist höher ist als die Umweltlärmexposition. Von Bedeutung für die eigene Untersuchung sind vor allem die umweltbezogenen Studien. Daher konzentriert sich der folgende Überblick auf diesen Bereich. Arbeitsplatz - bezogene Studien werden nur erwähnt, sofern sie für den Gesamtzusammenhang von Bedeutung sind.

Den Schalldruckpegel<sup>3</sup> verschiedener Geräuschquellen vergleicht Tabelle 2-1. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Einheit des Schalldruckpegels, das Dezibel, kein lineares, sondern ein logarithmisches Maß ist. Steigt ein Messwert um 10 dB(A), entspricht das für die Hörempfindung des Menschen in etwa einer Verdoppelung der Lautstärke. In einer Diskothek mit 100 dB(A) ist es demnach nicht doppelt, sondern etwa 32-mal so laut wie in einem Restaurant mit 50 dB(A).

---

<sup>2</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Soz. Hedwig Spiegel, in Vorbereitung

<sup>3</sup> Im Nachfolgenden wird der Term Schalldruckpegel zur leichteren Lesbarkeit durch Schallpegel ersetzt.

**Tabelle 2-1: Vergleich verschiedener Geräuschquellen**

Quelle	Schallpegel
Hörschwelle	0 dB(A)
Atmung	10 dB(A)
Leerer Kinosaal, Flüstern	30 dB(A)
Wohngegend bei Nacht	40 dB(A)
	Konzentrationsschwelle (40 dB(A))
Unterhaltung	60 dB(A)
	Risikoerhöhung Herz-, Kreislauferkrankung (65 dB(A))
Verkehr	70-80 dB(A)
	unangenehm, bei längerer Einwirkung Gehörschaden (85 dB(A))
Staubsauger	80 dB(A)
Diskotheek	100 dB(A)
Schmerzgrenze	120-130 dB(A)
Flugzeugstart	140 dB(A)

### 2.1.1 Lärm und Schlafstörungen

In Laborexperimenten und in Feldstudien konnte vielfach nachgewiesen werden, dass Lärm den Schlaf stört. Dies zeigte sich vor allem in einer erhöhten Rate von Schlafphasenwechsel und Aufwachereignissen [18]. In Laborexperimenten konnte beispielsweise gezeigt werden, dass bei einer Lärmreduzierung im Innenraum die Anzahl der REM (rapid eye movements) und slow wave Schlafphasen, also der tieferen Schlafphasen, erhöht werden kann [19]. Bei einer steigenden Anzahl von nächtlichen Lärmereignissen können zwar gewisse Gewöhnungseffekte beobachtet werden, eine vollständige Gewöhnung an nächtlichen Lärm tritt jedoch nicht auf. Dies gilt vor allem für die Auswirkungen des nächtlichen Lärms auf die Herzfrequenz [18].

Geringe Assoziationen zwischen Lärm und Schlafstörungen fanden sich in Studien, die den Lärm nicht über die Innen- sondern über die Außenraumexposition bestimmten [18]. So konnte beispielsweise in einer Studie, die die Umgebung von vier Flughäfen in Großbritannien einschloss, keine Assoziation zwischen Fluglärmereignissen (<82dB) und Schlafstörungen (Aufwachen aus dem Schlaf) gefunden werden [20]. Mögliche Ursache ist eine eventuell fehlende Assoziation zwischen Außen- und Innenraumlärmexposition [18].

Im Rahmen einer aktuellen Studie um den Flughafen Zürich wurden bei 60 freiwilligen Versuchspersonen Fluglärmbelastungsdaten (Herzfrequenz, subjektive Einschätzung des Schlafes) für jede Person berechnet. In jeweils 30 aufeinander folgenden Nächten wurden unterschiedlich starke und unterschiedlich häufig Fluggeräusche simuliert. Die Versuchspersonen waren sowohl mit zunehmendem Maximalpegel als auch mit zunehmender Häufigkeit der Fluggeräusche stärker belästigt.

Fluglärm in den Morgenstunden wurde dabei als deutlich lästiger empfunden als Fluglärm zu Beginn des Nachtschlafes [21]. Zudem zeigte sich, dass sich schnelle Änderungen des Schallpegels, verursacht zum Beispiel durch ein landendes Flugzeug, bei gleichem Maximalpegel weitaus mehr auf den Schlaf auswirken als Fluggeräusche mit flacherem Pegelverlauf. Die Störwirkung eines einzelnen Überfluges hing also nicht nur von der Lautstärke, sondern auch von dessen Geräuschstruktur ab.

### **2.1.2 Lärm und kognitive Leistungen**

Mehrere Laborstudien deuten darauf hin, dass sich Lärm negativ auf kognitive Leistungen auswirkt. In einem frühen Laborexperiment, das mit 23 männlichen Psychologiestudenten durchgeführt wurde, fanden Glass und Singer [22] heraus, dass komplexe Aufgaben, die bei einer Lärmbeschallung mit sprachlichen Inhalten von 80 dB(A) ausgeführt wurden, nicht fehlerfrei gelöst wurden. Die Fehleranzahl konnte minimiert werden, wenn die Probanden Kontrolle über den Lärm erhielten.

Relativ konsistente Ergebnisse finden sich in Studien, die Lärm exponierte Kinder untersuchten. Bei chronisch exponierten Kindern fanden sich deutliche Defizite in der Lesefähigkeit, im Hörvermögen sowie in der Sprachauffassung und den Schulleistungen in standardisierten Tests [18]. Eine der aktuellsten Studien zu diesem Themenkomplex wurde in London Heathrow unter Teilnahme von 340 Kindern durchgeführt. Verglichen wurden die kognitiven Leistungen und die Stressreaktionen von Kindern aus vier Schulen, die hohen Lärmexpositionen (>66dB(A) 16 Std. Außenlärmaquivalenzpegel) ausgesetzt waren, mit Kindern aus vier, nach folgenden Merkmalen gematchten Kontrollschulen (<57dB(A) 16 Std. Außenlärmaquivalenzpegel): Alter der Kinder, andere Lärmquellen als Fluglärm, bestehende Schallschutzmaßnahmen, sozioökonomischer Status, Arbeitslosigkeit, und ethnische Zugehörigkeit. Dabei fühlten sich die Kinder aus den lärmexponierten Schulen (>66dB(A)) stärker belästigt als Kinder der Vergleichsgruppe und wiesen eine geringere Lesefähigkeit in einem standardisierten Lesetest auf [23]. Eine weitere wichtige Studie zu diesem Thema konnte 1990 in München durchgeführt werden, als der alte Flughafen geschlossen und der neue eröffnet wurde. Deren Ergebnisse zeigen, dass Kinder, die in der Umgebung des alten Flughafens wohnten, nach dessen Schließung Verbesserungen im Langzeitgedächtnis aufwiesen. Gleichzeitig wurden bei Kindern aus der Umgebung des neuen Flughafens Defizite im Langzeitgedächtnis und in der Lesefähigkeit festgestellt [24].

### 2.1.3 Lärm und kardiovaskuläre Erkrankungen

Lärm kann eine Reihe von kurzzeitigen physiologischen Reaktionen verursachen, die durch das autonome Nervensystem vermittelt werden, wie Herzfrequenzsteigerung, Blutdruckerhöhung und periphere Vasokonstriktion.

Studien, die den Zusammenhang zwischen Industrielärmexposition von  $\geq 85\text{dB(A)}$  und erhöhtem Blutdruck untersuchten, liefern die deutlichsten Hinweise für die Auswirkungen von Lärm auf das kardiovaskuläre System [25-27]. Häufiger Kritikpunkt an vielen dieser Studien ist jedoch die mangelnde Berücksichtigung von potentiellen Störgrößen.

Eine schwedische Studie konnte eine erhöhte Prävalenz von Bluthochdruck unter Bewohnern der Umgebung des Arlanda Flughafens - Stockholm nachweisen, die durchschnittlichen Schallpegeln von mindestens  $55\text{ dB(A)}$  oder Spitzenpegeln von  $>72\text{ dB(A)}$  ausgesetzt waren [28].

Babisch evaluierte einundsechzig epidemiologische Lärmstudien hinsichtlich Verkehrslärm und kardiovaskulären Endpunkten und führte unter Berücksichtigung konkreter Ein- und Ausschlusskriterien eine Meta-Analyse der Studien durch. Aus den Analysen wurde eine Dosis-Wirkungsbeziehung für den Zusammenhang zwischen Straßenverkehr und der Inzidenz von Myokardinfarkt (MI) abgeleitet. Bei Verkehrsschallpegeln über  $60\text{ dB (A)}$  zeigte sich ein kontinuierlicher Anstieg des MI-Risikos mit relativen Risiken bzw. Odds Ratios von 1,1 bis 1,5 im Vergleich zu Schallpegeln  $\leq 60\text{ dB(A)}$  [29].

Eine aktuelle Studie wurde von Willich und Kollegen [30] an der Charité Berlin durchgeführt. In einer Fall-Kontrollstudie wurden 3054 männliche und 1061 weibliche Patienten hinsichtlich eines möglichen Einflusses von chronischem Umgebungslärm (Straßenverkehr, Lärm am Arbeitsplatz) auf das Herzinfarkttrisiko untersucht. Sowohl für Männer als auch für Frauen fand sich für Umgebungslärm (Straßenverkehr  $>60\text{dB(A)}$ ) ein erhöhtes Herzinfarkttrisiko (Männer: Odds Ratio: 1.46, KI: 1.02-2.09,  $p=0.040$ ; Frauen: Odds Ratio: 3.36, KI: 1.40-8.06,  $p=0.007$ ). Problem dieser Studie ist die unzureichende Expositionsabschätzung. Für 60 Prozent der Probanden (Anwohner von Straßen mit einem Verkehrsaufkommen von  $< 6000$  Fahrzeugen pro Tag) standen keine Schallpegelmessungen zur Verfügung [30]. Zudem wurde nur der Straßenlärm im häuslichen Umfeld für die Expositionsabschätzung zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse des Spandauer Gesundheitssurveys (SGS) zeigten einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem nächtlichen äquivalenten Dauerschallpegel am Wohnort der Probanden und der Prävalenz ärztlicher Behandlungen von Hypertonie [8]. Das relative Risiko bei einem nächtlichen Schallpegel von mehr als 55 dB (A) stieg um das 1,9 –fache im Vergleich zur Referenzkategorie (< 50 dB(A)). Eine signifikante Erhöhung des relativen Risikos (OR=1,7; p=0,021) ergab sich bereits bei einem nächtlichen äquivalenten Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster von mehr als 50 dB(A). Der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6:00 – 22:00 Uhr) wies hingegen einen deutlich geringeren Zusammenhang mit den Behandlungsraten bezüglich Hypertonie auf (N=1095). Bei den statistischen Auswertungen wurden insgesamt 12 potenzielle Störgrößen berücksichtigt [8].

#### **2.1.4 Lärm und Belästigungserleben**

Die häufigste und am besten dokumentierte subjektive Antwort auf Lärm ist die Lärmbelästigung. Sowohl für Straßen- als auch für Flug- und Schienenverkehrslärm konnten Assoziationen mit dem Belästigungserleben in einer Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen werden [31, 32].

Auch bei Studien mit der Zielgruppe Kinder fanden sich hinsichtlich dem Belästigungserleben und der Lärmexposition konsistente Ergebnisse. In der Münchner Flughafenstudie gaben Kinder mit höherer Lärmexposition stärkere Belästigung an als geringer exponierte Kinder [33, 34].

Eine aktuelle Studie zur Belästigung wurde im Umfeld des Frankfurter Flughafens durchgeführt [35]. In dieser repräsentativen Bevölkerungstichprobe wurden 2312 Anwohner im Alter über 16 Jahre aus 66 Wohngebieten um den Frankfurter Flughafen im Hinblick auf Wohn-, Umwelt- und Lebensqualität untersucht. Auf der Basis der Flugbewegungen 2005 wurden für die Wohnung jedes Teilnehmers Maße für Mittelungspegel, Maximalpegel und Anzahl der Überflüge berechnet. Mittels einer fünfstufigen Lärmbelästigungsskala („überhaupt nicht belästigt“ bis „äußerst gestört“ oder belästigt) wurde die individuelle Lärmbelästigung im Wohngebiet insgesamt sowie spezifisch durch Fluglärm erfragt. Das Verhältnis zwischen dem Schallpegel und der Fluglärmbelästigung entsprach einer Dosis-Wirkungsbeziehung. Ein Viertel aller Befragten war in der Pegelklasse 50-52,5 dB(A) insgesamt hoch belästigt. Im Aktivitäts-

profil wurde die Belästigung durch Fluglärm vor allem bei (Freizeit-) Aktivitäten außerhalb der Wohnräume berichtet. Ein weiteres Ergebnis dieser Studie war der Hinweis, dass die Anzahl der Überflüge belastigungsrelevanter waren als die Maximalpegel der einzelnen Überflüge. Zudem war, wie sich auch bei der Züricher Fluglärm-Studie zeigte, (Kap. 2.1.1) die akute Belästigung durch Einzelüberflugereignisse bei gleichem Pegel bei Flugzeuglandungen größer als beim Start der Maschinen [35].

### 2.1.5 Endokrine Reaktionen auf Lärm

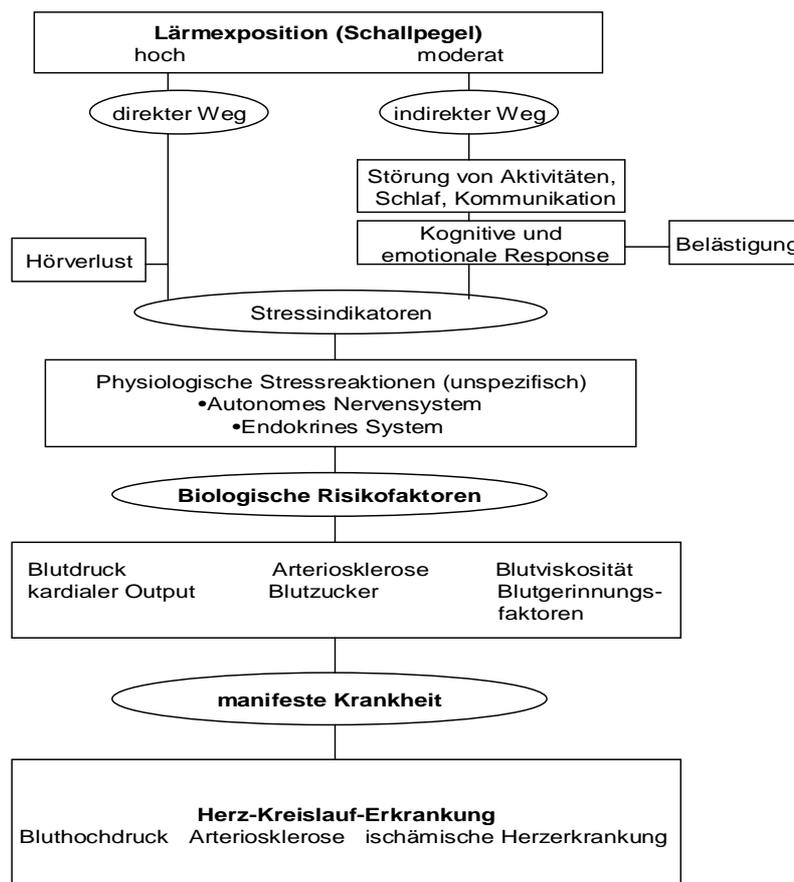
In einigen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen hohen Industrieschallpegeln und erhöhten Adrenalin- sowie Noradrenalinspiegeln im Blut gefunden [36-38]. Andere Studien konnten erhöhte Cortisolwerte im Zusammenhang mit Lärm nachweisen [36]. Für Kinder fanden sich in der Münchner Flughafenstudie signifikant höhere Spiegel von Stresshormonen bei Fluglärmexposition [33].

Evans und Kollegen untersuchten Kinder mit moderater Straßenlärmexposition (Spitzenpegel >60 dB(A); Außenlärm während des Tages) und Kinder, die in ruhigeren Gegenden lebten (Spitzenpegel <50dB(A) Außenlärm während des Tages). Im nächtlichen Sammelurin der exponierten Kinder fanden sich erhöhte Konzentrationen von freiem Cortisol und gebundenem Cortisol [39].

In der Berliner Fluglärm-Feldstudie wurde bei 28 fluglärmbelasteten Versuchspersonen die Ausscheidung von Stresshormonen gemessen. Die Versuchspersonen wurden in ihren Wohnungen mit 16 oder 64 Überflügen mit Pegeln von jeweils 55 oder 65 dB(A)<sub>innen</sub> beschallt. Die Flüge wurden nachts zwischen 0 und 4 Uhr elektroakustisch eingespielt. Die Ergebnisse beziehen sich auf 224 Untersuchungs Nächte und zeigten eine fluglärmbedingte Erhöhung der Cortisolausscheidung, deren Verlauf in den einzelnen Nächten variierte. Eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen renaler Stresshormonausscheidung und den applizierten Überflugpegeln ließ sich mit der Feldstudie jedoch nicht absichern [40].

Ein Modell, um physiologische Wirkungen von Lärm als Umweltstressor aus medizinischer Sicht zu beschreiben, ist das Lärmreaktionsmodell, das sich an dem Allgemeinen Adaptionssyndrom (General Adaptation Syndrome) von Selye [41] orientiert. Im Mittelpunkt des Modells stehen die Auswirkungen auf das kardiovaskuläre System. Danach aktivieren Stresssituationen, die durch Lärm und andere Stressoren

hervorgerufen werden können, das autonome Nervensystem und das endokrine System. Dies kann direkt über das zentrale vegetative Nervensystem (Hypophyse, Hypothalamus) oder indirekt über kognitive und emotionale Reaktionen auf lärmbedingte Störungen von Aktivitäten erfolgen. Es kommt zu stressbedingten Hormonausschüttungen im Hypothalamus, der Hypophyse und in den Nebennieren. In den Nebennieren werden Adrenalin und Cortisol ausgeschüttet, die im Sammelurin nachgewiesen werden können. Bei anhaltenden Stressreaktionen beeinflussen diese Hormone mittelfristig den Blutdruck, die Blutfettwerte, die Viskosität des Blutes, den Glucosestoffwechsel, die Auswurfraction des Herzens sowie die Blutgerinnungsfaktoren und können letztlich zu Erkrankungen wie Hypertonus, Arteriosklerose oder ischämischer Herzerkrankung führen [42]. Ising und Kruppa differenzieren in ihrem Modell zusätzlich zwischen verschiedenen Lärmarten und Stressreaktionen [43], da die Lärmqualität die Stressreaktion des Körpers möglicherweise modifiziert.



**Abbildung 2-1: Lärmreaktionsschema (nach [41])**

### **2.1.6 Lärm und psychische Symptome**

Gemeindebezogene Studien aus Regionen mit hoher Lärmbelastung berichten über eine erhöhte Prävalenz von Kopfschmerzen, Schlafstörungen und Spannungszuständen bei Anwohnern [44, 45].

Problem bei diesen Studien ist, dass die subjektive Lärmwahrnehmung möglicherweise auch zu einer erhöhten Wahrnehmung von Symptomen in Abhängigkeit von der Lärmbelastung (Antwortbias) führt [18].

### **2.1.7 Lärm und Erkrankungen aus dem psychiatrischen Formenkreis**

Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Lärmexposition und psychiatrischen Erkrankungen konnte bislang nicht bestätigt werden [18].

Frühere Studien fanden eine Assoziation zwischen der Fluglärmstärke und den Aufnahmezeiten in psychiatrischen Krankenhäusern in London und Los Angeles [46, 47]. Diese Studien wurden hinsichtlich der Bestimmung der Lärmexposition und der mangelnden Beachtung von Störgrößen (sogenannten Confoundern) kritisiert [48]. Für die entsprechenden Schallpegel wurden Erfahrungswerte für fluglärmbelastete Stadtteile eingesetzt.

In jüngeren Studien, wie der London Airport Studie, konnten diese Ergebnisse nicht repliziert werden [49]. In einer Längsschnittanalyse der Caerphilly Studie konnte nach Adjustierung für soziodemographische Merkmale und für die durchschnittliche Erkrankungshäufigkeit psychiatrischer Erkrankungen keine Assoziation zwischen Straßenlärm und psychiatrischen Erkrankungen nachgewiesen werden. Es fand sich allerdings ein geringer nicht-linearer Zusammenhang zwischen Lärm und erhöhten Ängstlichkeitsscores [50].

Im West London Survey, einer epidemiologischen Querschnittstudie, wurde eine Assoziation zwischen Fluglärm und psychiatrischen Erkrankungen – gemessen mit dem General Health Questionnaire – lediglich in zwei Subgruppen gefunden. Dieses Ergebnis warf den Verdacht auf, dass manche Personen hinsichtlich Lärmexposition vulnerabler sind als andere. In weiteren differenzierten Analysen fand sich ein Zusammenhang zwischen einer Subgruppe lärmempfindlicher Frauen und depressiven Erkrankungen sowie Phobien [14].

Eine Studie um den Militärflughafen in Kadana/Japan konnte eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Lärm und psychiatrischen Symptomen nachweisen [51]. Die Lärmexposition wurde in 5 Bereiche bis >95 dB(A) unterteilt. Für das Screening psychiatrischer Erkrankungen wurde der Today Health Index (basierend auf den Cornell Medical Index) mit den Subskalen für depressive und neurotische Symptome sowie für Nervosität und mentale Instabilität verwendet. In multiplen Analysen, adjustiert für Alter, Geschlecht, Familienstand, Wohnungsart und Dauer des Wohnens wurde eine Assoziation zwischen einer Lärmexposition ab 95 dB(A) und depressiven sowie neurotischen Symptomen gefunden. Nach der Zusammenfassung von Skalenscores des Today Health Index wurde eine Dosis-Wirkungsbeziehung gefunden [51].

Insgesamt sind die bislang vorliegenden internationalen Studien zu nicht-auditorischen psychophysiologischen und neuroendokrinen Wirkungen des Lärms eher als uneinheitlich zu bewerten. Viele der Studien werden vor allem hinsichtlich der Expositionserfassung kritisiert. In der Regel wird jeweils nur auf eine Lärmquelle wie Straßen- oder Flugverkehr zugegriffen, was den tatsächlichen Umgebungslärm nur ungenügend abbildet. Eine umfassende Betrachtung aller für den entsprechenden Zeitraum relevanter Lärmquellen fehlt bisher gänzlich. Als weiterer Kritikpunkt wird darüber hinaus häufig die mangelnde Berücksichtigung von potentiellen Störgrößen genannt [11, 14, 18].

Die deutlichsten Hinweise für negative Effekte von Lärm auf die Gesundheit liegen für subjektive Belästigung, Schlafstörungen, kognitive Leistungen bei Erwachsenen und speziell bei Kindern vor. Berufsbedingte Lärmexposition zeigt einen Zusammenhang mit erhöhtem Blutdruck. Dosis-Wirkungsbeziehungen konnten sowohl für den Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und der Inzidenz von Myokardinfarkt, als auch für den Zusammenhang zwischen Lärm und dem Belästigungserleben sowie weniger konsistent für den Blutdruck nachgewiesen werden [14, 29].

Ferner gibt es Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen chronischer Lärmexposition und Atemwegserkrankungen (Asthma bronchiale, chronische Bronchitis, Allergie) [52, 53]. Problematisch ist hierbei, dass Wohnungen an stark befahrenen Straßen meist auch eine erhöhte Luftschadstoffexposition aufweisen.

Limitation der bislang vorliegenden Studien zu den chronischen Wirkungen von Lärm auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden in Deutschland ist das Fehlen einer repräsentativen Erhebung [9].

Der hier dargestellte Forschungsstand auf dem Gebiet der Lärmforschung ist in nachfolgender Tabelle 2-2 zusammengefasst. Die Studien wurden hierbei nach Erwachsenen und Kindern sowie nach Publikationsdatum sortiert.

**Tabelle 2-2: Aktueller Forschungsstand auf dem Gebiet gesundheitlicher Effekte durch Lärmexposition in der Umwelt nach Publikationsdatum und Altersgruppe**

Studienort Referenzen	Lärmquelle / Exposition	Effekt	Zielgruppe
<b>Studien an Erwachsenen</b>			
Frankfurt [35]	Fluglärm, Leq <45, 45-50, 50-55, 55-60, ≥60 dB(A)	Dosis-Wirkungsbeziehung: Belästigungserleben und Fluglärm	Erwachsene und Jugendliche ab 16 Jahre
Metaanalyse [29]	Verkehrslärm > 60 dB (A)	Myokardinfarktrisiko, OR: 1,1-1,5	Erwachsene
Zürich [54]	Fluglärm Leq 50 und 60 dB(A)	Assoziation zwischen Fluglärm und Schlafstörungen in Abhängigkeit von der Geräuschstruktur	Erwachsene
Berlin [30]	Straßenlärm, Leq ≥ 60 dB(A)	Myokardinfarktrisiko: OR Männer: 1,46; Frauen: 3,36	Erwachsene
Berlin Spandau [9]	Nächtlicher Straßenlärm > 50dB(A)	Hypertonierisiko:OR 1,7; p=0,021	Erwachsene und Jugendliche ab 16 Jahre
Amsterdam [32]	Fluglärm, Leq, 45-75 dB(A)	Dosis-Wirkungsbeziehung mit Belästigungserleben	Erwachsene
Stockholm, Arlanda Airport [28]	Fluglärm, Leq ≥55sB(A) und Lmax ≥72dB(A)	↑ Prävalenz von Bluthochdruck	Erwachsene
Japan, Kadana Airport [51]	Fluglärm 75-79, 80-84, 85-89, 90-94, ≥95 dB(A) (L <sub>max</sub> )	Dosis Wirkungsbeziehung mit depressiven und neurotischen Symptomen	Erwachsene
Wales, Caerphilly Studie [50]	Straßenlärm, Leq 50-70 dB(A)	Keine Assoziation mit psychiatrischen Erkrankungen; geringe nicht-lineare Assoziation mit Ängstlichkeitsscores	Erwachsene
Berlin Tegel [40]	Fluglärm; Überflugpegel (Leq) von 55 oder 65 db(A)	↑ Cortisolwerte	Erwachsene
Wales, Caerphilly Study [55]	Außenlärm, 51-70 dB(A)	Plasma Viskosität, Blutplättchen ↓, Gesamtcholesterin ↑ systolischer Blutdruck↑, Östradiol ↑,	Erwachsene
Großbritannien, London Airport [49]	Fluglärm NNI <35; 35-44; 45-54, ≥55 dB(A)	Kein Assoziation mit den Aufnahmehäufigkeiten Psychiatrie	Erwachsene
Laboruntersuchung [36]	Leq 99 dB(A) vs. Leq 45 dB(A)	↑ Cortisolwerte	Erwachsene
Los Angeles [47]	Fluglärm ≥ 90 dB(A), MNA	↑ stat. Aufnahmen Psychiatrie	Erwachsene

Studienort Referenzen	Lärmquelle / Exposition	Effekt	Zielgruppe
Laboruntersuchung [56]	Beschallung (80 dB(A)) mit Sprachinhalten bei der Lösung von vorgegebenen komplexen Aufgaben	Steigerung der Fehleranzahl	Erwachsene, männliche Studenten
London [46]	Fluglärm >100 perceived noise in dB, Leq 40 – 90 dB(A)	↑ stat. Aufnahmen Psychiatrie	Erwachsene
<b>Studien an Kindern</b>			
Österreich [39]	Straßenlärm Lmax: >60 dB(A)	Erhöhte Cortisolwerte im Nachturin	Kinder
London Heathrow [23]	Fluglärmexponierte Schulen (>66 dB(A) 16 Std. Außenlärm (Leq) vs. Schulen mit geringerem Fluglärm (<57 dB(A) 16 Std. Außenlärm (Leq)	Höheres Belästigungserleben, geringere Lesefähigkeit bei Schülern von fluglärmexponierten Schulen	Kinder
München [33]	Fluglärm Leq 68 dB(A); Peak 80 dB(A) vs. Leq 59 dB(A), Peak 69 dB(A),	Defizite im Langzeitgedächtnis ↑ Adrenalin, Noradrenalinwerte Assoziation mit Belästigungserleben	Kinder

NNI: Noise and Number Index: Mittelwert der Maximalwerte und Anzahl der Flugzeuge innerhalb einer definierten Zeitperiode

Lmax: Maximalpegel

Leq: Mittelungspegel

↑: Anstieg

### 3 Zielsetzungen der Studie

Folgende Fragen sollten mit der hier vorgestellten Untersuchung beantwortet werden:

1. Wie hoch ist die integrative, personenbezogen über 24 Stunden an einer repräsentativen Stichprobe gemessene Exposition der bayerischen Allgemeinbevölkerung gegenüber Umweltlärm?
2. Wie stark ist die Variation des Umweltlärms über den Tag ? Die Einteilung des Tages und der Nacht erfolgt hierbei nach der TA Lärm von 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr, bzw. von 22:00 Uhr bis 6:00 Uhr
3. Wie gut stimmt diese objektive Expositionsmessung mit der subjektiv empfundenen Lärmbelastung überein?
4. Ist die akut über 24 Stunden gemessene Schallpegelexposition assoziiert mit der gleichzeitig über 24 Stunden erfassten akuten subjektiven Befindlichkeit?
5. Ist das 75er Perzentil der Schallpegelexposition (Hochexponierte) mit der allgemeinen subjektiven Befindlichkeit assoziiert?
6. Welche Rolle spielen in diesem Zusammenhang die individuelle Lärmempfindlichkeit sowie weitere mögliche Störgrößen (Confounder)?

Zusätzlich zu der Aufgabenstellung wurde der Blutdruck der Teilnehmer<sup>4</sup> als objektiver Marker für Stress ermittelt und überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen der Schallpegelexposition und dem Blutdruck unter Berücksichtigung potenzieller Störgrößen besteht.

Im Rahmen von Zusatzauswertungen sollte darüber hinaus die individuelle Phase der Nachtruhe bestimmt werden und die Schallpegelexposition getrennt für die individuelle Aktivphase und die Phase der Nachtruhe stratifiziert nach Altersgruppen, Wohnort und Geschlecht dargestellt werden.

---

<sup>4</sup> Zugunsten einer besseren Lesbarkeit des Textes umfassen die Begriffe „Teilnehmer“ sowie „Probanden“ jeweils männliche und weibliche Personen.

## 4 Planung und Ablauf der Arbeiten<sup>5</sup>

Ziel der in vier verschiedenen Regionen Bayerns durchgeführten bevölkerungsrepräsentativen Querschnittsstudie war die Beschreibung der Gesamtlärmbelastung der bayerischen Bevölkerung und die Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der objektiven Exposition gegenüber Lärm und dem subjektiven Befinden der Teilnehmer unter Berücksichtigung potentieller Störgrößen (so genannte Confounder) und weiterer Stressoren.

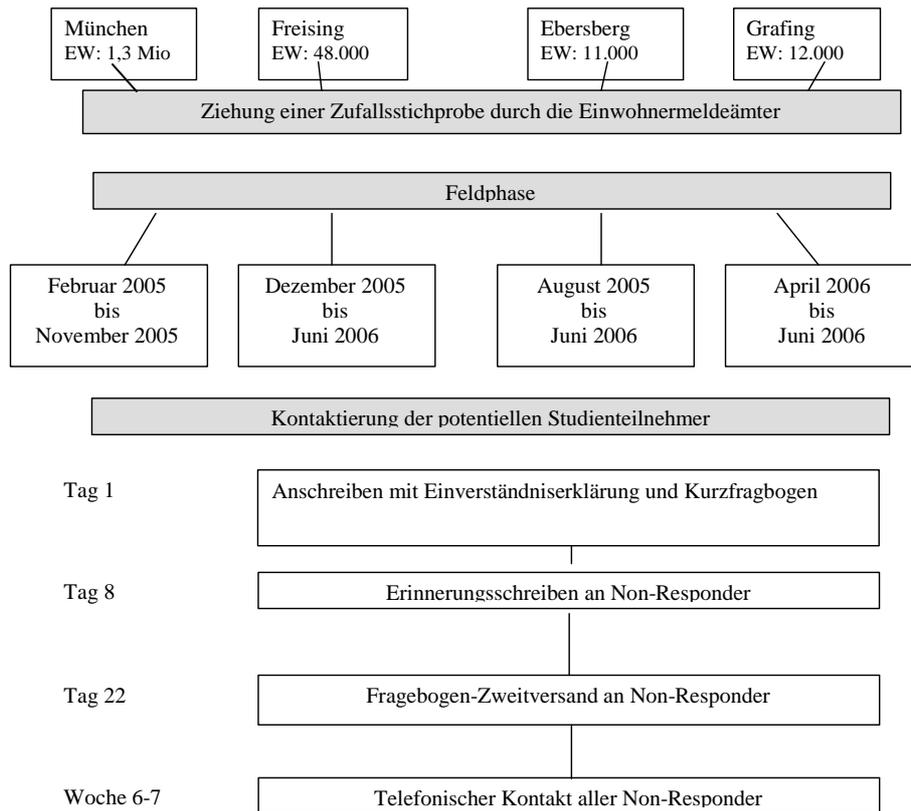
Die Studie wurde vom Institut für Arbeits- und Umweltmedizin der LMU im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz von 2004 bis 2006 durchgeführt. Von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der LMU München wurde der Studie die ethisch-rechtliche Unbedenklichkeit zuerkannt. Es nahmen insgesamt 1747 Kinder (8-12 Jahre), Jugendliche (13-17 Jahre) und Erwachsene (18-65 Jahre) an der Studie teil.

Für die verschiedenen Alterskollektive wurden unterschiedliche Erhebungsinstrumente aus validierten Fragebögen entwickelt. Diese deckten die Bereiche Soziodemographie, allgemeine Befindlichkeit über einen Zeitraum von sechs Monaten vor der Erhebung, aktuelle Befindlichkeit, Lebensqualität, Lärmempfindlichkeit, Umweltbesorgnis, soziale Unterstützung, Stressverarbeitungsstrategien sowie Persönlichkeitsfaktoren ab. Als physiologischer Parameter der möglichen Stressbelastung wurde der Blutdruck erhoben. Die objektive Lärmbelastung wurde mittels Personendosimetrie über 24 Stunden gemessen. Darüber hinaus wurden die Teilnehmer zu der subjektiv empfundenen Lärmbelastung in ihrem Wohnumfeld befragt.

Der Ablauf der Untersuchung ist in Abbildung 4-1 dargestellt.

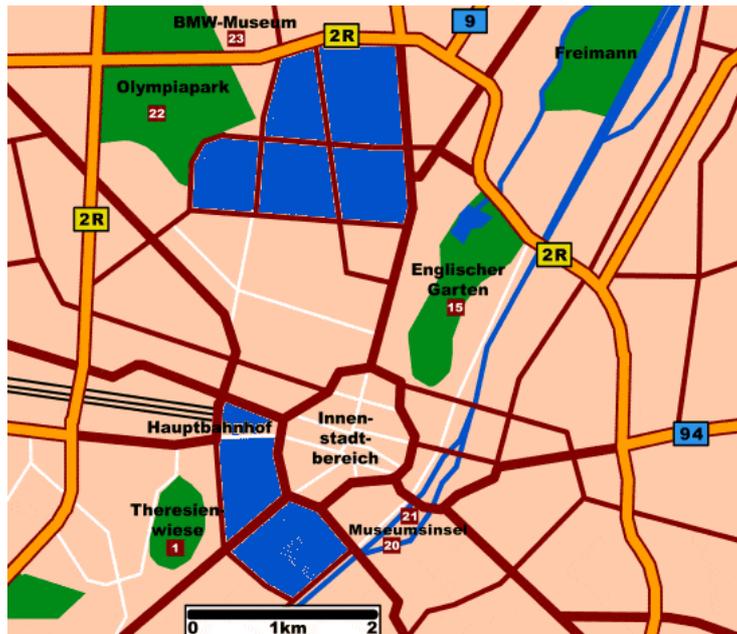
---

<sup>5</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung



**Abbildung 4-1: Untersuchungsregionen, Feldphasendauer sowie Kontaktierung der Studienteilnehmer (EW: Einwohnerzahl)**





**Abbildung 5-2: In München einbezogene Stadtbezirke (blau)**  
(<http://www.muenchen.citysam.de/muenchen-stadtplan.htm>)

Die potentiellen Studienteilnehmer wurden durch eine Zufallsstichprobe der jeweiligen Einwohnermeldeämter ausgewählt. Je Region sollten jeweils 150 Kinder, 150 Jugendliche und 150 Erwachsene in die Studie mit einbezogen werden. Zur Vermeidung eines Clustereffekts wurden Geschwister bzw. Familienangehörige ausgeschlossen. In München erfolgte die Stichprobenziehung im Dezember 2004, die Feldphase erstreckte sich von Februar 2005 bis November 2005. In Ebersberg begann die Feldphase im August 2005 und erstreckte sich bis Juni 2006. In Freising wurden die Teilnehmer von Dezember 2005 bis Juni 2006 befragt, in Grafing von April bis Juli 2006 (siehe Abbildung 4-1, S. 22).

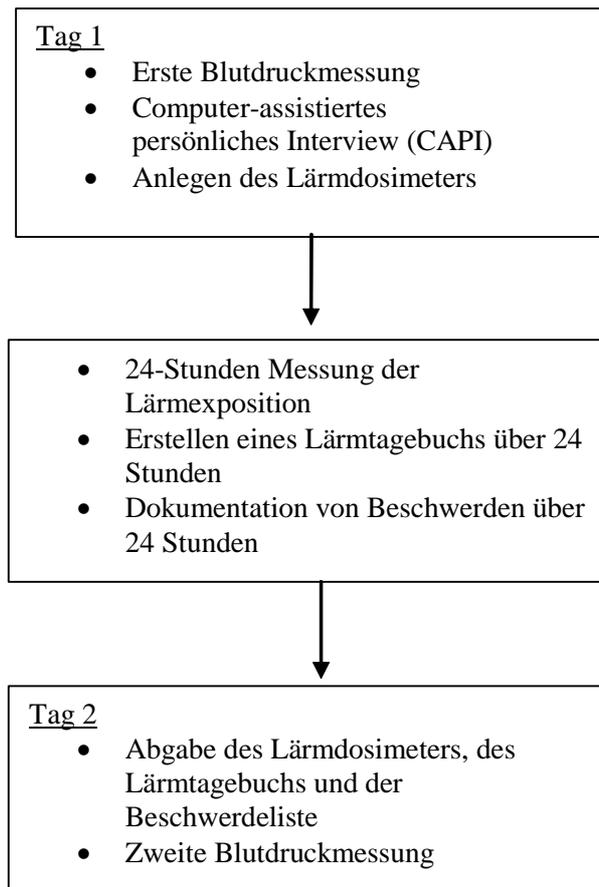
Die zur Untersuchung eingeladenen Personen erhielten ein Informationsschreiben über den Zweck und den Inhalt der Studie mit der Bitte zur Teilnahme und der Versicherung, dass die Daten anonymisiert ausgewertet und ausschließlich zu Forschungszwecken verwendet werden. Darüber hinaus wurden sie auf die Freiwilligkeit zur Teilnahme hingewiesen. Ebenso erhielten die angeschriebenen Personen eine Einverständniserklärung und einen Kurzfragebogen mit frankiertem Rückumschlag, der auch bei Nichtteilnahme ausgefüllt zurück geschickt werden sollte, um später durch eine Nichtteilnehmeranalyse die Möglichkeit zu haben, mögliche Stichprobenverzerrungen zu untersuchen. Sobald dem Institut für Arbeits- und Umweltmedizin

die Einverständniserklärung vorlag, wurde der Proband telefonisch kontaktiert, um einen individuellen Interviewtermin zu vereinbaren.

Die Anschreiben erfolgten in mehreren Wellen von etwa 30 bis 40 Adressen, um eine Kontaktierung des Probanden innerhalb von zwei Wochen zu gewährleisten. Falls die Probanden innerhalb von acht bis vierzehn Tagen nach Zusendung der ersten Einladung zur Studienteilnahme darauf noch nicht geantwortet hatten, wurde ein Erinnerungsschreiben verschickt, um die Responserate zu erhöhen. Ein zweites Erinnerungsschreiben wurde nach ca. drei Wochen verschickt. In einem weiteren Schritt erfolgte bei Personen, die auch auf das zweite Motivationsschreiben nicht antworteten und deren Telefonnummern eruiert werden konnten, nach sechs bis sieben Wochen eine telefonische Kontaktaufnahme. Dafür wurden insgesamt maximal fünf Versuche unternommen.

Die Interviews, die in München durchgeführt wurden, fanden entweder bei dem Probanden zu Hause oder in den Räumlichkeiten des Instituts und der Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin der LMU München statt. In Ebersberg, Freising und Grafing wurden aus logistischen Gründen zur Durchführung der Interviews von den Gemeinden Räume in öffentlichen Gebäuden wie dem Rathaus oder Schulen angemietet bzw. in Ebersberg kostenlos zur Verfügung gestellt.

Die computer-assistierte persönlichen Interviews (CAPI) dauerten durchschnittlich zwischen 30 Minuten (Kinder und Jugendliche) und 45 Minuten (Erwachsene). Sie wurden von zuvor intensiv geschulten Studenten der Medizin oder Sozialwissenschaften durchgeführt. Nachdem dem Probanden das Procedere und der Umgang mit dem Lärmdosimeter erklärt wurde, wurde ihm vor Durchführung des Interviews der Blutdruck gemessen. Eine zweite Blutdruckmessung fand nach 5 bis 10 minütiger Ruhepause bei Abgabe des Dosimeters am nächsten Tag, mindestens 24 Stunden nach dem Interview statt (siehe Abbildung 5-3).



**Abbildung 5-3: Untersuchungsablauf**

## 5.2 Expositionserfassung mittels Personendosimetrie

Kernstück dieser Untersuchung war die individuelle, personenbezogene Expositionserfassung mittels Personendosimetrie. Die Erfassung der Exposition erfolgte über einen Zeitraum von 24 Stunden. Hierdurch ist eine personenbezogene Abschätzung der Lärmbelastung im Tagesprofil möglich. Für die Erfassung wurden Personendosimeter Spark 703 (Larson Davis, Inc. USA) mit einem Dynamikbereich von 75 dB eingesetzt (Abbildung 5-4). Aufgrund der zu erwartenden geringen Pegel während der Nachtzeiten wurde der empfindlichste Messbereich (40–115 dB(A)) gewählt. Die Stromversorgung erfolgt über 2 AA-Batterien mit einer Aufzeichnungsdauer über 100 Stunden, das Gewicht eines Dosimeters liegt bei 238 g. Eine Kalibrierung der eingesetzten Dosimeter erfolgte in zwei-wöchigem Abstand.



**Abbildung 5-4: Personendosimeter der Firma Larson Davies**

### 5.2.1 Ermittlung der Bestimmungsgrenze der Personendosimeter<sup>7</sup>

Das Grundrauschen der Dosimeter wird herstellerseitig mit 35 dB(A) angegeben. Um diese Angabe zu überprüfen wurden am 7. April 2006 16 der 19 für die Studie benutzten Dosimeter auf ihr jeweiliges Grundrauschen geprüft. Dazu wurden die Werte betrachtet, die die Dosimeter im reflexionsarmen Raum des Landesamts für Umweltschutz (LfU) in Augsburg während einer 15-minütigen Messung aufzeichneten. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle 5-1 aufgeführt.

Es wird deutlich, dass die unteren Bestimmungsgrenzen der Dosimeter streuen. So lag das niedrigste Grundrauschen bei 26,7 dB(A), das höchste bei 42,1 dB(A). Sechs der getesteten Dosimeter wiesen einen besseren - niedrigeren - Wert auf als die vom Hersteller angegebenen 35 dB(A), zehn von ihnen einen schlechteren - höheren - Wert als diese 35 dB(A) auf. Drei der 19 Dosimeter (10492, 00563 und 17096) standen zur Messung nicht zur Verfügung. Es wurde jedoch davon ausgegangen, dass sie in ihren Eigenschaften den gemessenen Dosimetern ähneln. Deshalb wurde ihr Grundrauschen auf den Median des Grundrauschens der gemessenen Dosimeter gesetzt (36,1 dB(A)).

Nach den Ergebnissen dieser Studie wurde die untere Bestimmungsgrenze für die weiteren Auswertungen auf 40 dB(A) festgelegt. Alle aufgezeichneten Werte unterhalb von 40 dB(A) wurden nach gängiger Praxis auf die Hälfte dieser Bestimmungsgrenze (37 dB(A)) gesetzt [57].

<sup>7</sup> In Anlehnung an die Diplomarbeit von Frau Dipl.-Stat. Ingrid Kreuzmeier, Institut für Statistik der LMU München, 2006

Als obere Bestimmungsgrenze wurde der mit 115 dB(A) höchste noch zuverlässig zu interpretierende Wert festgelegt. Von über 30 Millionen Einzelmesswerten lagen 317 Messwerte über 115 dB(A).

**Tabelle 5-1: Untere Bestimmungsgrenzen in dB(A) für die einzelnen Dosimeter**  
(\*: Wert wurde rechnerisch ermittelt, da Dosimeter am Tag der Bestimmung des Grundrauschens nicht zur Verfügung stand)

Dosimeternummer	gemessene untere Nachweisgrenze	Hälfte der gemessenen unteren Nachweisgrenze
10482	36.1	33.1
10483	34.6	31.6
10484	30.2	27.2
10485	34.6	31.6
10486	38.2	35.2
10487	26.7	23.7
10488	38.1	35.1
10489	34.2	31.2
10490	36.3	33.3
10491	36.2	33.2
10492	(*) 36.1	33.1
10493	31.4	28.4
10517	42.1	39.1
10518	36.3	33.3
10519	38.0	35.0
10520	36.0	33.0
10521	36.1	33.1
00563	(*) 36.1	33.1
17096	(*) 36.1	33.1

## 5.2.2 Überprüfung der Validität der personenbezogenen Lärmmessungen<sup>8</sup>

Frühere Studien zu den möglichen gesundheitlichen Effekten von Lärm beziehen sich auf Daten, die mit stationären Geräten gemessen wurden. Deshalb wurde eine Untersuchung durchgeführt, um etwaige Unterschiede zwischen mobiler Personendosimetrie und stationärer Schallpegelmessung aufzudecken und die Validität der personenbezogenen Messung zu überprüfen.

Die Validierungsstudie wurde in der Grundschule an der Rennertstrasse in München durchgeführt. Der Schalldruckpegel im Umfeld der Kinder wurde während einer Woche erfasst; dabei erstreckte sich die Datenerhebung auf den grundlegenden Unterricht im Klassenzimmer (Heimat- und Sachunterricht, Deutsch, Mathematik), den Sportunterricht und die Pausen.

Unterricht, der in anderen Klassenzimmern durchgeführt wurde, wie Handarbeit und Religionsunterricht bzw. Ethik, ging nicht in die Untersuchung ein. Insgesamt wurde in dieser Studie der Schalldruckpegel während 17 Unterrichtsstunden im Klassenzimmer, 5 Sportstunden und fünf Pausen aufgezeichnet (Tabelle 5-2).

**Tabelle 5-2: Stundenplan der Schulklasse während der Validierungsstudie**

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
08:00 - 08:45	GRU	GRU	GRU	GRU	**
08:45 - 09:30	Sport	Sport	GRU	Sport *	**
09:30 - 10:15	GRU	GRU	GRU	Sport *	GRU
10:15 - 10:45	Pause	Pause	Pause	Pause	Pause
10:45 - 11:30	GRU	GRU	GRU	GRU	GRU
11:30 - 12:15	GRU	**	**	GRU	GRU
12:15 - 13:00					Sport

\* zusätzlicher Sportunterricht wg. Sportfest

\*\* keine Lärmmessung

Dabei wurden drei Messmethoden verwendet:

Ein Schallpegelmessgerät vom Typ 2236 des Herstellers Brüel & Kjaer, Seriennummer 1856134, war während des gesamten Zeitraums im Klassenzimmer aufgestellt. Dieses ist das in früheren Studien übliche Verfahren.

Ein Personendosimeter wurde an diesem stationärem Gerät fixiert (siehe Abbildung 5-5). Es handelte sich um das Modell Spark 703 des Herstellers Larson Davis, Seriennummer 10489/2870.

Ein weiteres Personendosimeter trug eine Projektmitarbeiterin bei sich, die während der Untersuchung in der Klasse anwesend war (Abbildung 5-6). Es wurde ebenfalls das Model Spark 703 des Herstellers Larson Davis, Seriennummer 10485/2903 eingesetzt.



**Abbildung 5-5: Schallpegelmessgerät und fixierte Personendosimeter während der Validierungsmessung**

---

<sup>8</sup> In Anlehnung an den Abschlussbericht der Validierungsstudie von Sandra Hackensperger, Dipl.-Soz. Hedwig Spegel, Dr. Georg Praml und PD Dr. Katja Radon, München, Dezember 2006



**Abbildung 5-6: Aufbau der Messgeräte im Klassenzimmer während der Validierungsmessung**

Das stationäre Messgerät und das daran fixierte Personendosimeter verblieben im Klassenzimmer, die Projektmitarbeiterin begleitete die Klasse auch während der Pausen sowie im Sportunterricht. Letzteres Vorgehen war mit den an Kindern durchgeführten Messungen in der Hauptstudie mittels Personendosimetrie vergleichbar.

Die Messgeräte zeichneten den Schallpegel in 5-Sekunden-Intervallen auf. In dieser Studie konnten je Messgerät insgesamt 13685 Schallpegelwerte ausgewertet werden, davon wurden 9393 Werte im grundlegenden Unterricht, 2487 im Sportunterricht und 1805 in der Pause aufgezeichnet.

Ebenso wie in der Hauptstudie wurden Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (40 dB(A) auf die Hälfte dieses Wertes (37 dB(A)) gesetzt (vgl. Kapitel 5.2.1). Bei der personenbezogenen Messung lagen 17 Daten unter 40 dB(A), bei dem stationären Personendosimeter handelte es sich um 2223 Werte. Weiterhin waren 2291 Schallpegeldaten des stationären Schallpegelmessgeräts betroffen.

In 19 der 5-Sekunden-Intervalle verzeichnete die personenbezogene Messung Werte über 115 dB(A), das stationäre Personendosimeter meldete vier dieser so genannten Overloads.

### 5.3 Fragebogeninstrumente

Der Fragebogen (vgl. Anhang) bestand – je nach Altersgruppe und der Beantwortung von Filterfragen - aus bis zu 233 Fragen aus den in Tabelle 5-3 dargestellten Bereichen. Diese werden nachfolgend (Kapitel 5.4.2 und 5.4.6) genauer beschrieben.

**Tabelle 5-3: Erhebungsinstrumente der zu untersuchenden Variablen.**

Zu erhebende Variable	Erhebungsinstrument bei:		
	Kindern	Jugendlichen	Erwachsenen
Allgemeine Befindlichkeit	Psychosomatic Complaints aus HBSC-Studie: „Health Behaviour in School-aged Children“ (Zeitachse: 6 Monate) [58]		Auszüge aus „Freiburger Beschwerdeliste – FBL“ (Zeitachse: 6 Monate) [59]
Aktuelle Befindlichkeit	Psychosomatic Complaints aus HBSC-Studie [58]		Symptome aus Literatur, Antwortkategorien der „Zerssen Beschwerdeliste“ [60]
Schlaf	Kinder- und Jugendgesundheitsurvey des Robert Koch-Instituts (RKI) [61, 62]		In FBL enthalten [59, 63]
Lebensqualität	Kindl-Fragebogen des RKI (Körper, Psyche, Familie, Selbstwert, Freunde, Schule) [64, 65]		SF-12 [66]
Soziodemographie	Kinder- und Jugendgesundheitsurvey des RKI [61, 62]		Analog Bundesgesundheitsurvey des RKI [67]
Lärmempfindlichkeit			NoiSeQ [68]
Umweltbesorgnis	Einstellung zur Umwelt FGB [69, 70]		Einstellung zur Umwelt FGB [69, 70]
Persönlichkeitsfaktoren	„Strengths and Difficulties Questionnaire SDQ“: emotionale Probleme, Aufmerksamkeitsprobleme, Peer-Probleme, Verhaltensprobleme, prosoziales Verhalten, Ängstlichkeit [71, 72]		„Freiburger Persönlichkeitsinventar“ – ausgewählte Faktoren: Extraversion, Emotionalität, Beanspruchung, Lebenszufriedenheit [63]
Copingstrategien	SVF-KJ [73]		SVF-78 [74]
Soziale Unterstützung	Kinder- und Jugendgesundheitsurvey des RKI [61, 62]		„Berliner Social Support Scales“ - Unterskala: wahrgenommene soziale Unterstützung [75]

## 5.4 Aufbereitung der Variablen

### 5.4.1 Exposition

#### 5.4.1.1 Objektive Lärmbelastung am Untersuchungstag

Der Schallpegel wurde von den Dosimetern im 5-Sekunden Takt ausgegeben und kontinuierlich über 24 Stunden registriert. Berechnet wurden Mittelungspegel gemäß DIN 45641. In den vorliegenden Analysen wurde neben den Stundenmittelwerten die mittlere Schallpegelbelastung am Tag zwischen 6 Uhr und 22 Uhr sowie in der Nacht zwischen 22 Uhr und 6 Uhr nach der TA Lärm berücksichtigt. Darüber hinaus wurden die 24-h-Mittelungspegel dargestellt.

#### 5.4.1.2 Zusatzauswertungen zur Bestimmung der individuellen Nachtruhe

Im Rahmen der Zusatzauswertungen wurde für jeden Probanden seine individuelle Phase der Nachtruhe bestimmt. Hierzu wurde jedes Tagesprofil individuell betrachtet und der Zeitraum bestimmt, während dem der Schallpegel ein längeres Minimum ohne größere Amplituden erreichte. Diese optisch ermittelte Phase der Nachtruhe wurde mit den Angaben des Probanden zu Ablage und Anlegen des Dosimeters im Tagebuch abgeglichen. Wichen die optisch ermittelte Nachtruhephase von der Angabe des Probanden ab, wurde das Profil von zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern noch einmal unabhängig beurteilt. In Zweifelsfällen wurde konservativ vorgegangen und somit einer Unterschätzung der Exposition während der Ruhephase Vorrang vor einer Überschätzung gegeben.

#### 5.4.1.3 Subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag

Die subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag wurde mit dem so genannten Lärmtagebuch erfasst. Dieses wurde speziell für die Untersuchung entwickelt. Mit Hilfe des Lärmtagebuchs wurde die subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag für alle drei Alterskollektive erfasst. Hierbei wurde erfragt, ob sich die Teilnehmer einer der folgenden Lärmquellen am Untersuchungstag ausgesetzt sahen:

- Straßenverkehr
- Nachbarschaftslärm
- Fluglärm

- Schienenlärm
- Kinderspielplätze
- Gewerbelärm
- Gaststätten
- Musik
- Discothekenlärm
- Sonstiges.

Zudem wurde erfasst, während welchem Zeitraum und mit welcher Stärke (4 Stufen von nicht vorhanden – sehr stark) sich die Teilnehmer diesen Lärmquellen ausgesetzt sahen.

Für die Auswertung wurde ebenso wie bei den objektiven Lärmdaten zwischen Tages- (6 – 22 Uhr) und Nachtlärm (22 – 6 Uhr) unterschieden. Eine Lärmexposition wurde dann als vorhanden angenommen, wenn sie im betrachteten Zeitraum mindestens mit der Stärke „mittelstark“ angegeben wurden. Die verschiedenen Lärmquellen wurden dann zu vermutlich „positivem Lärm“ (Gaststätten, Musik, Diskotheken) und potenziell „negativem Lärm“ (alle anderen Lärmquellen) zusammengefasst.

#### 5.4.1.4 Chronische subjektive Lärmbelastung

Die subjektive Lärmbelastung im Wohnumfeld wurde analog dem Bundesgesundheitssurvey 1998 erhoben [67, 76]. Dabei wurde zunächst gefragt, ob es im Haus oder der Wohnung Lärm von außen gibt. Bei Bejahung der Frage schloss sich die Frage mit Mehrfachantwortmöglichkeiten nach den verursachenden Lärmquellen an. Zur Auswahl standen Straßenlärm, Fluglärm, Schienenverkehrslärm, Nachbarschaftslärm, Kinderspielplätze, Gaststätten, Gewerbe und Sonstiges. Darüber hinaus wurden die jeweils genannten Lärmquellen in ihrer Stärke beurteilt. Die Antwortkategorien reichten von ‚nicht stark‘ (0), ‚mittelstark‘ (1) bis ‚sehr stark‘ (2). Für die bivariaten und multiplen Analysen wurde ein Summenscore über die Stärke aller Lärmquellen gebildet. Der Range reichte von null (alle genannten Lärmquellen werden als ‚nicht stark‘ eingeschätzt) bis acht. Der Summenscore wurde anschließend bei drei dichotomisiert. Personen, die entweder mindestens drei Lärmquellen als mittelstark oder aber mindestens zwei Lärmquellen - von denen wenigstens eine als sehr stark

empfundene wurde - angegeben, wurden basierend auf dieser Definition als subjektiv hoch Lärm belastet beschrieben.

## 5.4.2 Zielgrößen – chronische Beschwerden

### 5.4.2.1 Erwachsene

Als Zielgrößen für die chronischen Beschwerden wurde für die Erwachsenen zum einen das **Schlafverhalten** sowie zum anderen das subjektiv eingeschätzte **Leistungsvermögen** – bezogen auf die letzten 6 Monate vor der Befragung (Freiburger Beschwerdeliste [59]) – untersucht. Die Items umfassen jeweils fünf Kategorien mit den Antwortmöglichkeiten ‚praktisch nie‘, ‚etwa einmal im halben Jahr‘, ‚etwa zweimal im Monat‘, ‚etwa dreimal in der Woche‘ und ‚fast täglich‘. Für die weitere Analyse wurden aus Einzelitems Symptomgruppen gebildet und dichotomisiert. Hinsichtlich des Schlafverhaltens wurden folgende Variablen aufsummiert und für die Analysen am 75. Perzentil dichotomisiert.

- „Fühlen Sie sich morgens nach dem Aufstehen noch müde und zerschlagen?“
- „Haben Sie Schwierigkeiten einzuschlafen?“
- „Haben Sie Schwierigkeiten durchzuschlafen?“

Das Leistungsvermögen betreffend war die Vorgehensweise dieselbe und bezog sich auf folgende Items:

- „Ist Ihr körperliches Leistungsvermögen verringert?“
- „Ermüden Sie schnell?“
- „Haben Sie Konzentrationsschwierigkeiten?“

### 5.4.2.2 Kinder und Jugendliche

Subjektive Gesundheitsbeschwerden in den letzten sechs Monaten wurden - analog der WHO-Jugendgesundheitsstudie [58] - erfasst, indem die Kinder und Jugendlichen gebeten wurden anzugeben, wie oft sie in den letzten sechs Monaten folgende Symptome erlebt hatten: Kopfschmerzen, Bauchschmerzen, Rückenschmerzen und Nacken- oder Schulterschmerzen. Des Weiteren wurden sie gefragt, wie häufig sie sich allgemein schlecht fühlten, gereizt oder schlecht gelaunt waren, sich benommen oder schwindelig fühlten, nervös waren, sich ängstlich oder müde und erschöpft fühl-

ten. Als Antwortmöglichkeiten standen die Kategorien „fast täglich“, „mehrmals pro Woche“, „fast jede Woche“, „etwa einmal im Monat“ sowie „selten oder nie“ zur Verfügung. Ein Symptom galt dann als vorhanden, wenn es mindestens mit der Intensität „mehrmals pro Woche“ angegeben wurde.

**Tabelle 5-4: Zusammenfassung der subjektiven Beschwerden in den letzten 6 Monaten**

Symptomgruppe	Einzelitems
Körperliche Schmerzen	1. Hast du Kopfschmerzen? 2. Hast du Bauchschmerzen? 3. Hast du Rückenschmerzen? 4. Hast du Nackenschmerzen oder Schulterschmerzen?
Allgemeines Unwohlsein	5. Fühlst du dich allgemein schlecht?
Psychische Beschwerden	6. Bist du gereizt oder schlecht gelaunt? 7. Bist du nervös? 8. Fühlst du dich ängstlich?
Einschlafprobleme	9. Kannst du schlecht einschlafen?
Müde und erschöpft	10. Fühlst du dich müde und erschöpft?

Für die Analysen des Zusammenhangs zwischen Lärmexposition und chronischen Beschwerden wurde ebenso wie bei den Erwachsenen das Symptom „müde und erschöpft“ als Kennzeichen für eingeschränktes Leistungsvermögen verwendet. Stellvertretend für Schlafprobleme wurden bei Kindern und Jugendlichen Einschlafprobleme als Zielgröße eingesetzt.

### 5.4.3 Akute Beschwerden

Die Befindlichkeit am Morgen des Untersuchungstages [60] wurde in Bezug zu der nächtlichen Lärmexposition betrachtet. Darüber hinaus wurde das Vorliegen von Beschwerden zu irgendeinem Zeitpunkt des Untersuchungstags in Bezug zum Schallpegel über 24 h betrachtet.

Hierbei wurden folgende Zielgrößen in die Auswertung eingeschlossen:

- Kopfschmerzen
- Tinnitus
- Müdigkeit
- Konzentrationsschwierigkeiten
- Energielosigkeit
- Innere Unruhe.

Ein Symptom galt jeweils dann als vorhanden, wenn es mindestens mit der Stärke „Mäßig“ angegeben wurde.

#### **5.4.4 Gesundheitsbezogene Lebensqualität**

##### 5.4.4.1 Short Form – 12 (SF-12) (Erwachsene)

Zur Bewertung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurde für die Erwachsenen der sogenannte „Short Form-12 Health Survey“ (kurz: SF-12) eingesetzt [66]. Dieser aus 12 Fragen bestehende Fragebogen ist eine aus zwei Subskalen (emotionale und körperliche Befindlichkeit) bestehende Kurzform des weitverbreiteten „SF-36 Health Survey“ (mit 8 Subskalen). Durch den Einsatz dieses Erhebungsinstruments kann die gesundheitsbezogene Lebensqualität leicht mit den Ergebnissen anderer Studien verglichen werden. Ein höherer Skalenwert bedeutet für beide Subskalen eine bessere Lebensqualität.

Aus den Antworten auf die 12 Fragen des SF-12 wurde jeweils ein Summenscore für die körperliche und ein Summenscore für die psychische Dimension der Gesundheit berechnet (6). Die Mittelwerte, die Standardabweichungen sowie die Quartile für die Subgruppe der Erwachsenen sind im Ergebnisteil dargestellt. Grundsätzlich können der Summenscore für das psychische Wohlbefinden Werte von 6-72 und der Summenscore für die körperliche Funktionsfähigkeit Werte von 9-70 annehmen. Je höher der Scorewert ist, desto gesünder sind die untersuchten Teilnehmer in den definierten Bereichen.

Zusätzlich wurde der SF-12 Score durch einen Vergleich mit Hilfe der Referenzwerte aus der Allgemeinbevölkerung dichotomisiert. Hierbei wurde ein niedriger SF-12 Wert als ein unter dem 25. Perzentil der allgemeinen deutschen Bevölkerung liegender Score angenommen [66]. Dieser niedrige SF-12 Wert wurde für Männer und Frauen separat berechnet.

##### 5.4.4.2 KINDL® (Kinder und Jugendliche)

Für Kinder und Jugendliche wurde die gesundheitsbezogene Lebensqualität mit dem KINDL® Fragebogen erfasst [64, 65]. Dieser Fragebogen wurde spezifisch für Kinder konzipiert und wurde bereits in mehreren Studien an über 3000 Kindern eingesetzt. Der Fragebogen besteht aus 24 Items, die sechs Dimensionen zugeordnet sind: Kör-

perliches Wohlbefinden, psychisches Wohlbefinden, Selbstwert, Familie, Freunde und Funktionsfähigkeit im Alltag (Schule). Die Subskalen der sechs Dimensionen können sowohl getrennt betrachtet als auch zu einem Gesamt-Score zusammengefasst werden. Die Berechnung der Skalenwerte erfolgte durch Addition der Items einer Skala und anschließende Transformation der Werte auf den Wertebereich 0-100. Der Gesamt-Score wurde berechnet, indem die Summe aller Items durch die Anzahl der Items dividiert wurde und die Skala anschließend analog der Vorgehensweise bei den Subskalen auf 0-100 transformiert wurde. Die so erhaltenen Werte stellen ebenso wie die Werte des SF-12 Fragebogens eine Quantifizierung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität aus der Sicht der Befragten dar: Ein höherer Wert entspricht einer besseren gesundheitsbezogenen Lebensqualität.

Ebenso wie für die Erwachsenen wurde die gesundheitsbezogene Lebensqualität für die weiteren Analysen dichotomisiert. Aufgrund der Tatsache, dass hier bislang noch keine Normwerte für Deutschland vorliegen, wurden die Ergebnisse am 25er Perzentil der untersuchten Stichprobe – getrennt für Kinder und Jugendliche - geteilt.

#### **5.4.5 Blutdruck**

Der Blutdruck der Teilnehmer wurde einmal am Tag des Interviews sowie bei Rückgabe des Personendosimeters am linken Arm frühestens nach 5 Minuten bzw. 10 Minuten (bei körperlicher Belastung unmittelbar vor der Blutdruckmessung, z.B. Aufstieg der Treppen zu den Interviewräumen) mit einem automatischen Blutdruckmessgerät gemäß den Empfehlungen der Deutschen Hochdruckliga (Omron M5-I) in Ruhe ermittelt. Hierzu sollte der Arm des Probanden bequem auf dem Tisch abgelegt werden. Je nach Alter und Oberarmdicke des Probanden wurde die Manschette für Kinder oder Erwachsene verwendet.

Die Blutdruckwerte wurden direkt nach der Messung notiert und dem Probanden mitgeteilt. Bei Werten über 140/90 mmHg wurde die Empfehlung ausgesprochen, den Hausarzt aufzusuchen. Bei Werten über 180/100 mmHg wurde dem Teilnehmer geraten, sofort zum Hausarzt zu gehen.

Zur Auswertung wurden die Ergebnisse der beiden Messungen für den systolischen und diastolischen Blutdruck gemittelt.

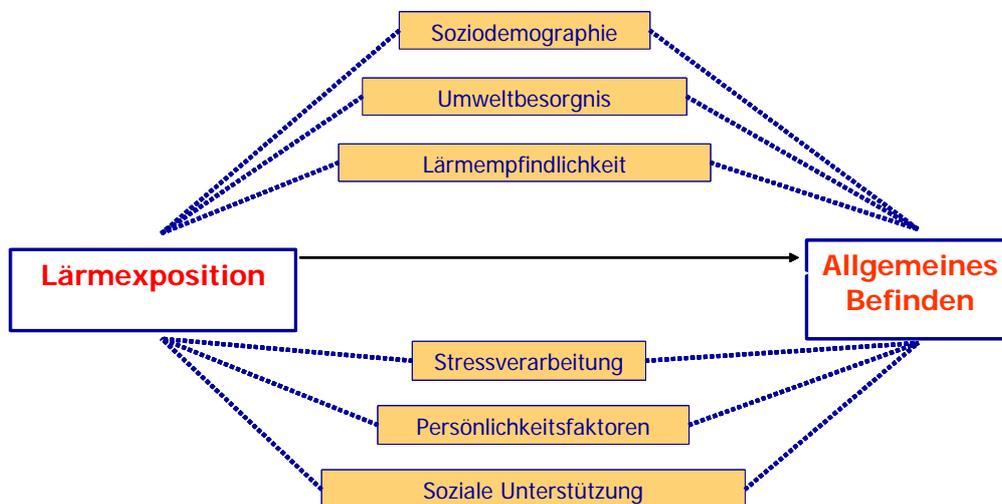
Für die Ergebnisse der zweimaligen Blutdruckbestimmungen wurde für die weiteren Auswertungen entsprechend der internationalen Empfehlung ein Richtwert für Hyper-

tonie von 140/90 mmHg zugrunde gelegt. Jugendliche und erwachsene Probanden, bei denen der systolische oder diastolische Mittelwert der beiden Blutdruckmessungen gleich oder größer dieses Richtwertes war, wurden als „hyperton“ bezeichnet [77, 78].

Für Kinder bis 12 Jahre gelten alters- und geschlechtsspezifische Referenzwerte [79]. Ein Hypertonus wird nach den Empfehlungen der International Task Force dann angenommen, wenn das 95. Perzentil dieses Referenzwertes überschritten wird. Dieses liegt für 9 jährige Mädchen bei 129/79 mmHg, für 11 jährige Jungen bei 125/83 mmHg. Die Anzahl der Kinder, die nach dieser Definition als hyperten eingestuft worden wären, war erfreulicher Weise zu gering für statistisch sinnvolle Analysen. Daher wurden die Kinder mittels des 75er Perzentils der Verteilung (118/72 mmHg) in zwei Gruppen eingeteilt.

#### 5.4.6 Potenzielle Störgrößen

Für die Auswertung des Zusammenhangs zwischen Lärmexposition und Befinden wurde das in Abbildung 5-7 dargestellte Wirkungsmodell zugrunde gelegt.



**Abbildung 5-7: Wirkungsmodell zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Befinden**

##### 5.4.6.1 Sozioökonomische Merkmale

Der sozioökonomische Status wurde für die Erwachsenen und Eltern der teilnehmenden Kinder anhand der Merkmale Einkommen, berufliche Position und Ausbil-

derung abgebildet [67]. Einkommen lag sowohl als stetiges Merkmal als auch als kategoriales Merkmal vor.

Für die Analysen wurde mit Hilfe der Angaben zur Haushaltsgröße das Nettoäquivalenzeinkommen berechnet. Das Äquivalenzeinkommen gewichtet das Haushaltsnettoeinkommen entsprechend des altersabhängigen Bedarfs der Haushaltsmitglieder. Hierzu wird das Haushaltseinkommen durch die Zahl der Haushaltsmitglieder (jeweils altersspezifisch gewichtet) dividiert. Für die Gewichtung können verschiedene Skalen angewendet werden. Nach der weit verbreiteten OECD-Skala wird der erste Erwachsene mit 1, jedes weitere Haushaltsmitglied ab 14 mit 0,8 und Haushaltsmitglieder unter 14 mit 0,5 gewichtet. Bildung lag als kategoriales Merkmal vor. Anhand des Merkmals „Stellung im Beruf“ wurde eine fünf stufige Skala für Berufsprestige erstellt [80]. Diese wurde für die weiteren Analysen in Berufe mit niedrigerem und höherem Prestige dichotomisiert.

Für die Jugendlichen wurde die besuchte Schulart als Proxy für den sozioökonomischen Status verwendet.

#### 5.4.6.2 Lärmsensitivität (Erwachsene)

Die Lärmsensitivität wurde nur für die Gruppe der Erwachsenen erhoben, da kein adäquates Instrument für Kinder und Jugendliche zur Verfügung steht. Der eingesetzte NoiSeQ [68] umfasst 35 Items mit den Antwortkategorien ‚stimmt nicht‘, ‚stimmt eher nicht‘, ‚stimmt eher‘ und ‚stimmt genau‘. Jeweils sieben Items bilden zusammen fünf Dimensionen der Lärmsensitivität ab. Für die Analysen wurden Summenscores über die einzelnen Dimensionen (Wohnumgebung, Arbeit, Freizeit, Schlaf und Kommunikation) sowie über die Gesamtskala gebildet. Zu diesem Zweck mussten neun Items umgepolt werden, so dass ein höherer Wert einer stärkeren Sensitivität entsprach. In die bivariaten und multiplen Analysen gingen die Skalen zur Lärmsensitivität beim Schlafen sowie die Gesamtskala ein, die am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen zuvor dichotomisiert wurden.

**Tabelle 5-5: Itemliste des NoiSeQ-Fragebogens zur Lärmsensitivität [68]**

Nr.	Sub-skala	Itemtext
1	Freizeit	Ich kann nicht richtig abschalten, wenn es laut um mich herum ist
11		Nach der Arbeit kann ich mich bei lauter Musik gut entspannen
18		Im Kino stört mich Flüstern und Rascheln von Papier
22		Ich finde, dass beim Tanzen die Musik so laut sein darf, wie sie will
25		Am Wochenende bevorzuge ich eine ruhige Umgebung
27		Ich finde es unangenehm, wenn Zuhause das Radio im Hintergrund läuft
31		Ich vermeide Freizeitveranstaltungen, wenn es dort laut ist
2	Arbeit	Für anstrengende Arbeiten brauche ich äußerste Ruhe
6		Routineaufgaben kann ich in lauter Umgebung ohne Schwierigkeiten durchführen
10		Meine Leistung wird durch eine große Geräuschkulisse stark beeinträchtigt
13		Neue Aufgaben kann ich nur in leiser Umgebung bearbeiten
14		Wenn Personen um mich herum laut sind, komme ich mit meiner Arbeit nicht voran
21		Wenn es an meinem Arbeitsplatz laut ist, dann versuche ich immer Abhilfe für mich zu schaffen
29		Kompliziertere Arbeiten kann ich mit Hintergrundmusik problemlos ausführen
3	Wohn- umge- bung	Für eine ruhige Wohnlage nehme ich andere Nachteile in Kauf
4		Ich bin sehr empfindlich gegenüber Geräuschen aus meiner Nachbarschaft
17		Ich kann mich schnell an Lärm in meiner Wohnumgebung gewöhnen
23		Es würde mir nichts ausmachen, an einer lauten Straße zu wohnen
24		Wenn fremde Kinder laut sind, sollten sie nicht unbedingt vor meiner Wohnung spielen
32		Laute Freizeitaktivitäten mag ich in meinem Wohngebiet nicht
33		Es würde mich stören, die Alltagsgeräusche meiner Nachbarn (z.B. Schritte, Wasserrauschen) zu hören
5	Kom- mu- nikation	Ich finde es sehr mühsam, sich bei Lärm zu unterhalten
8		Wenn ich in eine Unterhaltung vertieft bin, fällt es mir nicht auf, ob es um mich herum laut ist
12		Ich kann mich im Restaurant schlecht auf meine Unterhaltung konzentrieren, wenn am Nebentisch laut gesprochen wird
19		Ich bin der Ansicht, dass Musik ein Gespräch stört
20		Ich finde es sehr schwierig einem Gespräch zu folgen, wenn nebenbei das Radio läuft
28		Bei lauter Musik in einem Lokal stelle ich die Unterhaltung ein
35		Wenn es um mich herum laut ist, verliere ich schnell den Gesprächsfaden
7	Schlaf	Ich werde sehr unruhig, wenn ich beim Einschlafen jemanden reden höre
9		Ich kann einschlafen, obwohl es laut um mich herum ist
15		Gesunder Schlaf ist für mich nur in absolut ruhiger Umgebung möglich
16		Schon beim leisesten Geräusch kann ich schlecht einschlafen
26		Wenn es nachts laut ist, bin ich morgens unausgeschlafen
30		Ich wache beim geringsten Geräusch auf
34		Das laute Donnern eines Gewitters kann mich nicht aus dem Schlaf holen

#### 5.4.6.3 Stressverarbeitung (Erwachsene)

Zur Erfassung verschiedener **Coping-Stile** der erwachsenen Teilnehmer kam der Stressverarbeitungsfragebogen SVF 78 zum Einsatz [74]. Der Fragebogen besteht im Vergleich zur ungekürzten Fassung mit 120 Items aus 78 Items. 13 Subtests mit jeweils sechs Items können zu sechs Subbereichen zusammengefasst werden. Mit Ausnahme von zwei Subtests lassen sich die übrigen Subtests wiederum zu den Bereichen Stress vermindender („positive“) und Stress vermehrender („negative“) Verarbeitungsweisen zusammenfassen (vgl. Tabelle 5-6). Auf einer 5-stufigen Ratingskala (,gar nicht', ,kaum', ,möglicherweise', ,wahrscheinlich' und ,sehr wahrscheinlich') sollten die Befragten angeben, inwiefern verschiedene mögliche Reaktionsweisen auf sie zutreffen, wenn sie „durch irgendetwas oder irgendjemanden beeinträchtigt, innerlich erregt oder aus dem Gleichgewicht gebracht worden sind“. Die Antwortmöglichkeiten reichen von gar nicht (0) bis zu sehr wahrscheinlich (4). Jede Unterskala kann somit einen Wert zwischen 0 und 24 annehmen. Für die Analysen wurden lediglich die beiden Bereichstests der positiven und negativen Stressverarbeitung berücksichtigt.

**Tabelle 5-6: Bereiche, Bezeichnungen und Kennzeichnung der Subtests des Stressverarbeitungsfragebogens SVF 78 [74]**

Subbereiche	Subtestbezeichnung	Kennzeichnung
Positiv 1: Um- und Abwertungsstrategien	Herunterspielen	Sich selbst im Vergleich zu anderen geringeren Stress zuschreiben
	Schulabwehr	Fehlende Eigenverantwortlichkeit betonen
Positiv 2: Ablenkungsstrategien	Ablenkung	Sich von stressbezogenen Aktivitäten/Situationen ablenken bzw. stressinkompatiblen zuwenden
	Ersatzbefriedigung	Sich positiven Aktivitäten/Situationen zuwenden
Positiv 3: Kontrollstrategien	Situationskontrolle	Die Situation analysieren, Handlungen zur Kontrolle/Problemlösung planen und ausführen
	Reaktionskontrolle	Eigene Reaktionen unter Kontrolle bringen oder halten
	Positive Selbstinstruktionen	Sich selbst Kompetenz und Kontrollvermögen zusprechen
	Soziales Unterstützungsbedürfnis	Aussprache, soziale Unterstützung und Hilfe suchen
	Vermeidung	Sich vornehmen, Belastungen zu verhindern oder ihnen auszuweichen
Negativstrategien	Flucht	(Resignative) Tendenz, einer Belastungssituation zu entkommen
	Gedankliche Weiterbeschäftigung	Sich gedanklich nicht lösen können, grübeln
	Resignation	Aufgeben mit Gefühlen von Hilflosigkeit, Hoffnungslosigkeit
	Selbstbeschuldigung	Belastungen eigenen Fehlhandlungen zuschreiben

#### 5.4.6.4 Stressverarbeitungsfragebogen für Kinder und Jugendliche SVF-KJ

Der Stressverarbeitungsfragebogen für Kinder und Jugendliche stellt eine Anpassung des SVF von Janke und Erdmann an den Altersbereich von 8 bis 13 Jahren dar [73]. Dabei wurden aus dem SVF neun Subtests zur dispositionellen Stressverarbeitung ausgewählt. Diese lassen sich in fünf stressreduzierende (Bagatellisierung, Ablenkung, Situationskontrolle, positive Selbstinstruktionen sowie soziales Unterstützungsbedürfnis) und vier stressvermehrnde (passive Vermeidung, gedankliche Weiterbeschäftigung, Resignation und Aggression) Strategien unterteilen. Jeweils vier Items repräsentieren eine Strategie. Im Gegensatz zum SVF werden die Items jedoch in Bezug auf zwei fiktive Belastungssituationen erfragt, zum einen im sozialen, zum anderen im leistungsbezogenen Kontext. Insgesamt resultieren damit 72 Items. Die Validierung des SVF-KJ erfolgte an N=1123 Kindern und Jugendlichen.

Neun Subtests lassen sich zu den drei Sekundärtests ‚emotionsregulierende Bewältigung‘, ‚problemlösende Bewältigung‘ und ‚negative Stressverarbeitung‘ zusammen fassen. Weiterhin wurden die beiden erst genannten Sekundärtests kombiniert zu ‚positiver Stressverarbeitung‘. Die Skalenwerte sind die Mittelwerte über die zu den Skalen gehörenden jeweiligen Items. Analog wurde bei der Bestimmung der Sekundärtestwerte verfahren.

Für die weiteren Analysen wurden die Merkmale dichotomisiert am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen bei Kindern und Jugendlichen.

Da der Fragebogen der vorliegenden Studie neben der Stressverarbeitung diverse anderen Merkmale erfragt und die Interviewdauer 45 Minuten nicht überschreiten sollte, wurden die Belastungssituationen nur für den leistungsbezogenen Kontext erfragt. Dieser umfasst 36 Items. Darüber hinaus wurde der SVF-KJ bei Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 8 und 17 Jahren eingesetzt.

#### 5.4.6.5 Umweltbesorgnis (Erwachsene und Jugendliche)

Die Umweltbesorgnis wurde für erwachsene und jugendliche Teilnehmer mit der Skala zur Erfassung der umweltbezogenen Krankheitsbesorgnis gemessen (Tabelle 5-7) [70].

Die Skala umfasst 12 Items zur Erfassung von Besorgnis bezüglich Geruch, Lärm und elektromagnetischer Felder (EMF). Des Weiteren lassen sich zwei übergreifende Faktoren beschreiben: Makro-Besorgnis (hinsichtlich der Umwelt im Allgemeinen) vs. Mikro-Besorgnis (hinsichtlich dem Einfluss der Umwelt auf die eigene Gesundheit). Die Aussagen werden auf Basis einer vierstufigen Likert-Skala von: 1 - trifft nicht zu, 2 - trifft kaum zu, 3 – trifft eher zu bis 4 - trifft genau zu gemacht. Der Gesamtindex ergibt sich aus Summation aller zwölf Items.

Für die weiteren Analysen wurde die Subskala Lärm berücksichtigt und am 75er Perzentil dichotomisiert.

**Tabelle 5-7: Skala zur Erfassung der umweltbezogenen Krankheitsbesorgnis**

Nr.	Subskala	Itemtext
1	Allgemeine Umweltbesorgnis	Je mehr Informationen ich über die Umweltbelastungen bekomme, desto unsicherer fühle ich mich.
2	Allgemeine Umweltbesorgnis	Unsere Nachkommen werden für die Folgen der Umweltbelastung büßen müssen
3	Allgemeine Umweltbesorgnis	Ich habe Angst vor der Zukunft, wenn ich an unsere Umwelt denke.
4	Allgemeine Umweltbesorgnis	Die Menschen haben die Kontrolle über die Auswirkungen der Technik auf die Umwelt verloren.
5	Chemie	Ich denke oft darüber nach, dass ich Schadstoffe in meinen Körper aufnehme.
6	Chemie	Ich mache mir Sorgen, dass Umweltgifte meine geistigen Fähigkeiten beeinträchtigen
7	Elektromagnetische Felder	Ich denke oft darüber nach, dass ich elektromagnetische Felder mit meinen Sinnen (Körper) nicht wahrnehmen kann.
8	Elektromagnetische Felder	Die Abgase der chemischen Industrie haben die vielen Allergien erzeugt; jetzt bleibt abzuwarten, welche Folgen die Zunahme der Elektrosmogbelastung hat
<b>9</b>	<b>Lärm</b>	<b>Die dauernde Lärmbelästigung durch unsere Zivilisationsgesellschaft hat bestimmt große Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.</b>
<b>10</b>	<b>Lärm</b>	<b>Lärm kann starke Auswirkungen auf zwischenmenschliche Beziehungen haben.</b>
11	Geruch	Wenn belästigende Gerüche in meinem Wohngebiet auftreten, mache ich mir Sorgen um meine Gesundheit.
12	Geruch	Belästigende Gerüche im Wohngebiet beeinträchtigen nachbarschaftliche und private Aktivitäten.

Die verwendete Skala für Lärmbsorgnis ist grau hinterlegt und berechnet sich aus Item 9 und 10.

## 5.5 Statistische Analysen

In den statistischen Analysen wurden jeweils die drei Untersuchungskollektive (Kinder, Jugendliche, Erwachsene) getrennt betrachtet. Dies erschien notwendig, da sich zum einen die Exposition sowie die Zielgrößen zwischen den drei Kollektiven signifikant unterschieden, zum anderen die eingesetzten Erhebungsinstrumente unterschiedliche waren.

Alle berücksichtigten potentiellen Prädiktoren wie auch die Zielgrößen wurden für die bivariaten und multiplen Analysen dichotomisiert. Die Analysen erfolgten zunächst deskriptiv durch Darstellung der Verteilungen kontinuierlicher Variablen sowie durch Angabe der absoluten und relativen Häufigkeiten bei nominalen und ordinalen Merkmalen. Aufgrund möglicher Effektmodifikationen durch das Geschlecht wurden die multiplen logistischen Regressionsmodelle getrennt für Männer und Frauen erstellt.

Mit Hilfe von Chi<sup>2</sup>-Tests wurden Nominaldaten bivariat untersucht. Mittelwertvergleiche wurden mit dem t-Test durchgeführt und bei Verletzung der Normalverteilungsannahme mit dem Wilcoxon Test, bzw. Kruskal-Wallis Test überprüft. Im Anschluss daran wurden die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Prädiktoren und den Zielgrößen mittels kruder und adjustierter Odds Ratios mit 95% Konfidenzintervallen berechnet.

Bei der multiplen Modellierung des Zusammenhangs zwischen Lärmbelastung und den untersuchten Zielgrößen wurden zunächst Modelle für die Gruppe der Erwachsenen und die beiden Hauptzielgrößen Schlafproblemen bzw. subjektiv verringertes Leistungsvermögen ermittelt. Hierzu wurde folgendermaßen verfahren: alle in der bivariaten Analyse auf dem testweisen Alpha-Niveau von fünf Prozent auffälligen Merkmale wurden in die multiplen Modelle aufgenommen. Mögliche Wechselwirkungen aller Prädiktoren wurden mittels logistischer Regressionen zunächst einzeln überprüft. Zeigte sich eine Wechselwirkung als statistisch signifikant, wurde auch sie in das Modell aufgenommen.

Zur Vergleichbarkeit der Modelle für Männer und Frauen sowie die drei Altersgruppen wurden jeweils gleiche Modelle für alle Strata berechnet. Darüber hinaus sollten die Korrelationen zwischen den aufgenommenen Merkmalen kleiner als 0,50 sein.

Die multiplen Endmodelle enthielten neben der Lärmexposition am Tag und in der Nacht das Alter, die höchste Schulbildung, die Lärmempfindlichkeit beim Schlafen, subjektive Lärmbelastung, positive und negative Stressverarbeitungsmechanismen sowie die in den univariaten Analysen statistisch auffälligen Wechselwirkungen.

Zur besseren Interpretierbarkeit wurden die in Wechselwirkung stehenden Merkmale zur polytomen Variablen zusammengefasst, wobei jede Ausprägung einer möglichen Kombination der Ursprungsvariablen entspricht.

Sämtliche Analysen wurden mit dem Programmpaket SAS Version 9.1.3 (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina) durchgeführt. Die graphische Darstellung erfolgte teilweise mit STATA 9 (StataCorp LP, Texas, USA).

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Ergebnisse der Validierungsmessungen<sup>9</sup>

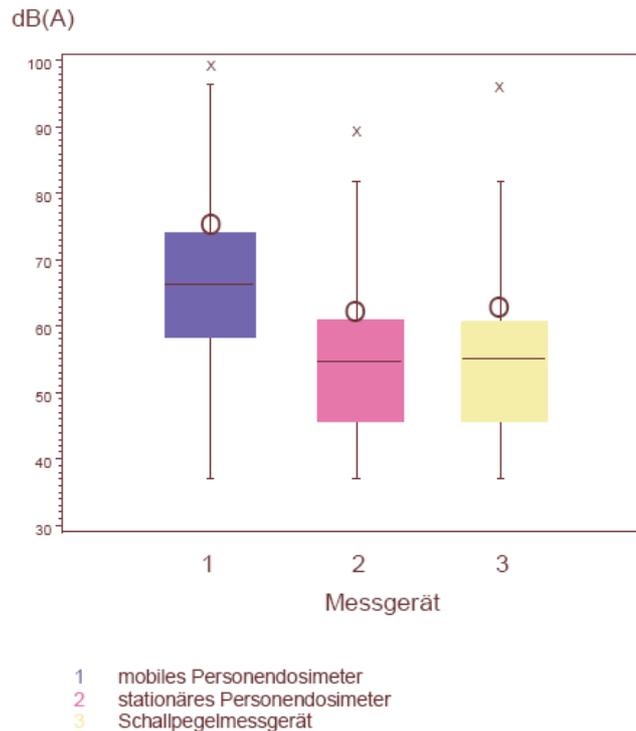
Einen ersten Überblick über die Ergebnisse der Vergleichsmessungen in der Grundschule liefern Box-Whisker-Plots über den gesamten Beobachtungszeitraum und getrennt nach grundlegenden Unterricht, Pause und Sportunterricht; die Verteilungsparameter sind dem Anhang zu entnehmen. Zusätzlich wurde in den Box-Whisker-Plots der Mittelwert als Kreis dargestellt.

In einem Box-Whisker-Plot werden Quartile grafisch veranschaulicht. Die Quartile unterteilen die gesamte Verteilung der betreffenden Variablen in vier gleich große Teile. Jedes Quartil umfasst somit 25% der Probanden. Die Box verläuft vom 25%- bis zum 75%- Quartil, d.h. 50% aller gemessenen Werte liegen innerhalb des dB(A) - Bereichs, den die Box einschließt. Der Median entspricht der oberen Grenze des zweiten Quartils, bzw. der unteren Grenze des dritten Quartils und wird durch eine quer verlaufende Linie gekennzeichnet. Die dünnen vertikalen Striche, die sog. Whiskers, verlaufen von der Box bis zum größten bzw. kleinsten Wert in der Stichprobe; falls diese Extremwerte weiter als das 1,5-fache der Breite der Box von dieser entfernt sind, werden sie durch einen Punkt gekennzeichnet.

Betrachtet man den gesamten Beobachtungszeitraum, für den 13685 Daten je Messgerät ausgewertet wurden (Abbildung 6-1), so ist zu erkennen, dass sich die Daten des stationären Messgeräts und des daran fixierten Personendosimeters kaum unterscheiden; die Boxen sind annähernd gleich groß, die Mediane liegen auf fast gleicher Höhe, ebenso Minimum und Maximum der Stichprobe. Die Ausreißerempfindlichkeit des Mittelwertes wird klar ersichtlich; bei allen drei Messgeräten liegt der empirische Mittelwert knapp über dem 75%-Quantil. Die Werte, die mittels mobilen Personendosimetern gemessen wurden, lagen über denjenigen der stationären Messgeräte - die Box ist insgesamt nach oben verschoben. Außerdem wurden auch deutlich höhere Schallpegel erfasst: das mobile Personendosimeter zeichnete ein Maximum von 99,5 dB(A) auf, das stationären Personendosimeter 90,4 dB(A) und mit dem Schallpegelmessgerät wurde als Extremwert 96,8 dB(A) gemessen.

---

<sup>9</sup> In Anlehnung an den Abschlussbericht der Validierungsstudie von Sandra Hackensperger, Dipl.-Soz. Hedwig Spiegel, Dr. Georg Praml und PD Dr. Katja Radon, München, Dezember 2006



**Abbildung 6-1: Ergebnisse der Validierungsmessung über den gesamten Beobachtungszeitraum (n=13685 Messwerte pro Messgerät)**

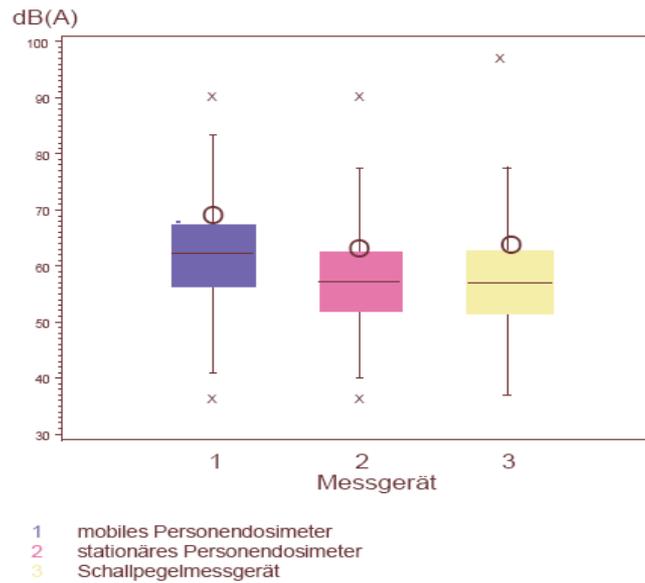
Ein differenziertes Bild liefern die Boxplots getrennt nach grundlegendem Unterricht, Sportunterricht und Pause: Während des grundlegenden Unterrichts, in dem jedes Gerät 9393 Schallpegel aufzeichnete, waren die Werte der mobilen Messung deutlich höher als die stationär gemessenen, während die Schallpegel des stationären Personendosimeters und des Schallpegelmessgeräts kaum Unterschiede zeigten. Die Boxen aller drei Messgeräte liegen symmetrisch um die Mediane, die Mittelwerte liegen wiederum weit höher. Unterschiedliche maximale Werte bei stationärem Personendosimeter und Schallpegelmessgerät entstanden, als einige Kinder sehen wollten, wie das Schallpegelmessgerät funktioniert; sie riefen in das Mikrofon und beobachteten den Ausschlag am Display. Diese wirken sich aber auf den Median bzw. Mittelwert kaum aus (vgl. Abbildung 6-2).

Der Schallpegel im Sportunterricht (hierfür standen 2487 Messzeitpunkte zur Verfügung) lieferte völlig andere Boxplots: da während des Sportunterrichts das Klassenzimmer leer war und auch sonst Ruhe im Schulhaus und auf dem Pausenhof herrschte, war es im Klassenzimmer dementsprechend leise. Fast alle aufgezeichneten Werte waren niedriger als die untere Bestimmungsgrenze und wurden daher auf

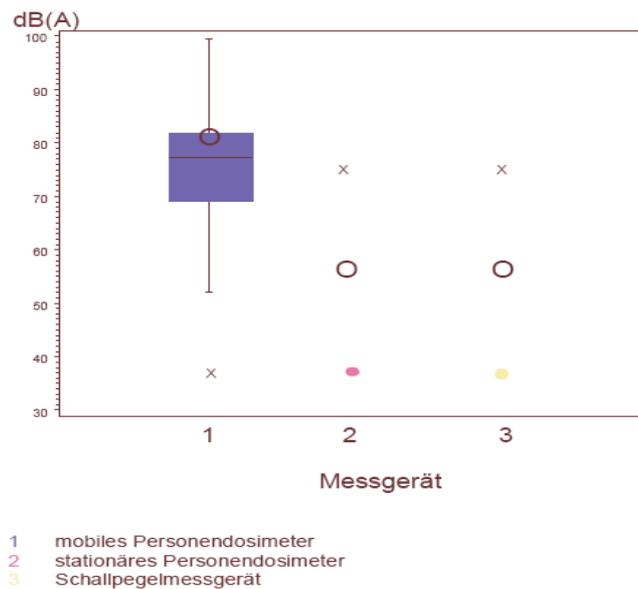
37 dB(A) gesetzt. Demzufolge ergab sich für die beiden stationären Messgeräte keine Box, sondern lediglich ein Punkt. Davon abweichende hohe Schallpegel wurden bei den Stundenwechseln vom grundlegenden Unterricht zum Sportunterricht gemessen. Mit dem mobilen Personendosimeter wurde eine deutlich höhere Lärmbelastung erfasst als während des Unterrichts im Klassenzimmer (s.o.). Der Median lag bei 76,6 dB(A), der arithmetische Mittelwert bei 81,8 dB(A) und es wurden maximale Schallpegel von 99,5 dB(A) erreicht (Abbildung 6-3). Die große Abweichung von Median und Mittelwert bei den beiden stationären Messgeräten ist die Folge hoher Schallpegel, die beim Verlassen des Klassenzimmers und bei der Rückkehr aufgezeichnet wurden.

In Pausenzeiten gab es ebenfalls große Unterschiede in den Daten des mobilen Personendosimeters und der stationären Messgeräte. Während der Pause hielten sich im Gegensatz zum Sportunterricht alle Kinder der Schule im Pausenhof auf und dieser Geräuschpegel drang über das geöffnete Fenster ins Klassenzimmer. Aus diesem Grund lag in diesem Zeitraum der Schallpegel im Klassenzimmer über dem Schallpegel im Raum während des Sportunterrichts (s.o.). Die mobile Messung zeichnete Daten mit geringer Streuung auf. Die Hälfte der gemessenen Schallpegel war im Bereich von 72,5 dB(A) bis 80,1 dB(A) bei einem Median von 75,9 dB(A) und einem Mittelwert von 80,2 dB(A) (Abbildung 6-4).

Die maximale Lärmbelastung fand während des Sportunterrichts statt, dabei lagen die arithmetischen Mittelwerte bei 80,1 dB(A) bis 82,5 dB(A). Einzelne Maximalwerte von 99,5 dB(A) wurden jeweils gegen Ende der Sportstunden erreicht. In den Pausenzeiten betrug die mittlere Lärmexposition zwischen 77,4 dB(A) und 80,8 dB(A). Die maximale Lärmbelastung erreichte vereinzelt sogar Werte von 94,8 dB(A). Die mittlere Lärmbelastung im grundlegenden Unterricht ergab Werte von 66,6 dB(A) bis 73,2 dB(A) im Wochenverlauf.

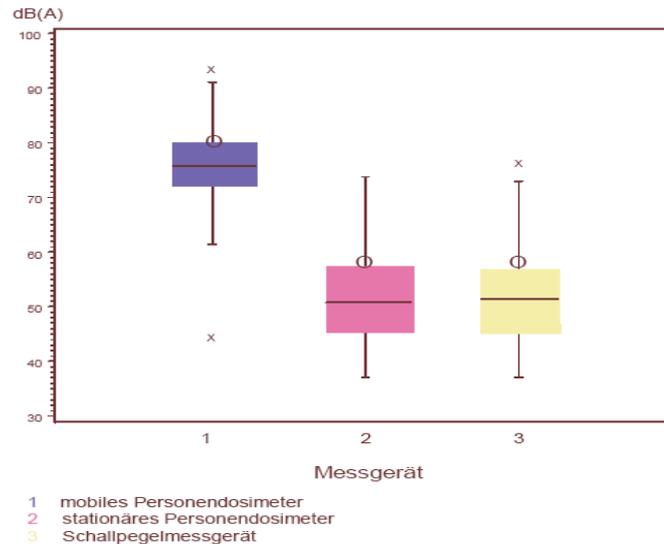


**Abbildung 6-2: Ergebnisse der Validierungsmessung während des grundlegenden Unterrichts (n=9393 Beobachtungen pro Messgerät)**



**Abbildung 6-3: Ergebnisse der Validierungsmessung während des Sportunterrichts (n=2487 Beobachtungen pro Messgerät).**

Anmerkung: Es waren keine Kinder im Klassenzimmer anwesend. Daher wurden mittels stationärem Personendosimeter und Schallpegelmessgerät nur der relativ konstante Hintergrundschallpegel aufgezeichnet. Eine Darstellung der Verteilung in Form eines Boxplots ist aufgrund der zu geringen Varianz nicht möglich.



**Abbildung 6-4: Ergebnisse der Validierungsmessung während der Pausen (n=1805 Beobachtungen pro Messgerät)**

Mittels Varianzanalyse mit Post-hoc Test nach Scheffé wurde abschließend überprüft, ob sich die 3 Meßmethoden auch statistisch signifikant unterschieden. Die Durchführung des Tests ergab keine signifikanten Unterschiede der beiden stationären Messmethoden. Das stationäre Personendosimeter zeichnete also mit dem stationären Schallpegelmessgerät vergleichbare Schallpegel auf, was die Validität der Personendosimeter belegt. Signifikante Unterschiede ergaben sich hingegen zwischen der mobilen Messung und den beiden stationären Geräten: die Schallpegel der mobilen Messung lagen stets signifikant höher als die stationäre Messung des Schallpegelmessgeräts und des daran fixierten Personendosimeters ( $p < 0,0001$ ). Dieses Ergebnis galt sowohl für den grundlegenden Unterricht als auch für den gesamten Beobachtungszeitraum.

In einem weiteren Test wurde untersucht, ob es einen Unterschied in den personenbezogenen Lärmdaten während des grundlegenden Unterrichts im Vergleich zu den Schallpegeln während des Sportunterrichts und während der Pause gab. Hierbei zeigte sich in der Varianzanalyse ein signifikant höherer Schallpegel im Sportunterricht als während der Pausen, der Schallpegel während des grundlegenden Unterrichts war stets am geringsten.

## 6.2 Stichprobenbeschreibung

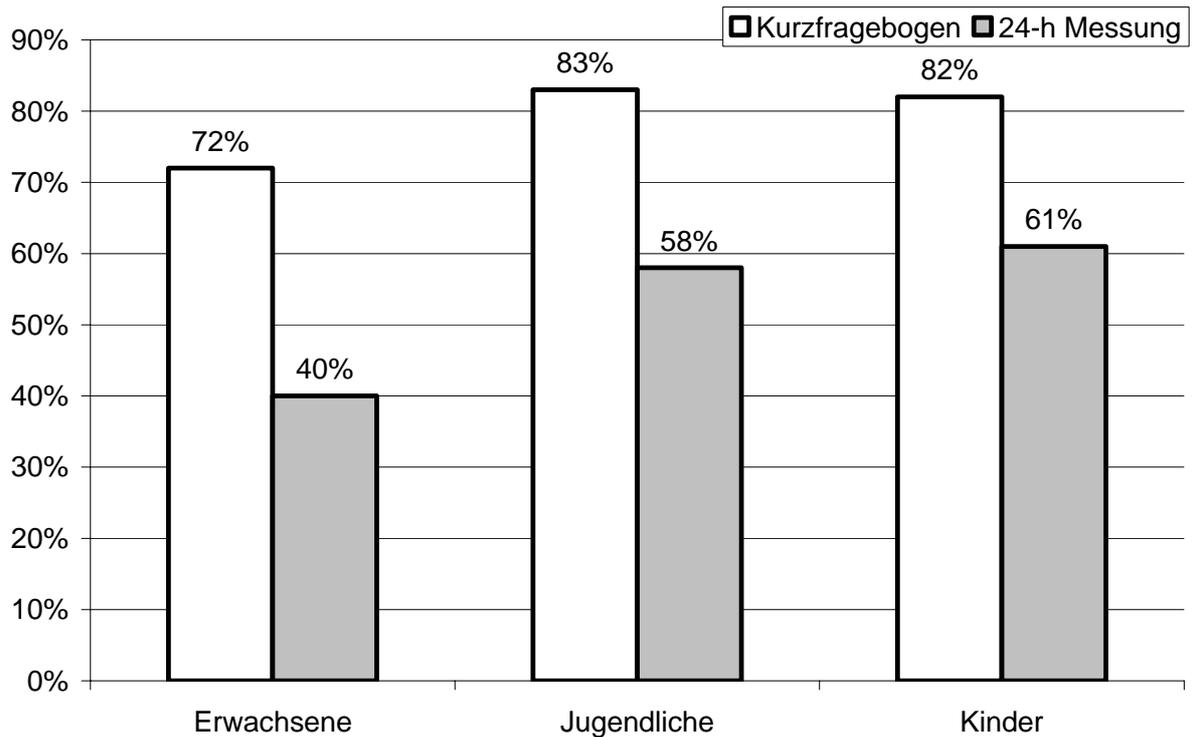
### 6.2.1 Ausschöpfung der untersuchten Stichprobe

Insgesamt wurden 2615 von 3336 versandten Kurzfragebögen (78%) beantwortet. Die Verteilung dieser Kurzfragebögen auf die vier Untersuchungsorte und die Altersgruppen zeigt Tabelle 6-1. Mehr als 80 Prozent der Kinder und Jugendlichen beantworteten den Kurzfragebogen, für die Erwachsenen lag die Teilnahmebereitschaft mit 72 Prozent deutlich niedriger aber immer noch in einem sehr guten Bereich. Erwartungsgemäß war die Teilnahmebereitschaft in der Großstadt am geringsten, in Ebersberg lag sie in der Gruppe der Jugendlichen mit 91 Prozent am höchsten.

N (%)	Erwachsene	Jugendliche	Kinder
München	284 (67)	238 (77)	202 (75)
Ebersberg	200 (85)	267 (91)	249 (89)
Freising	265 (71)	285 (82)	269 (80)
Grafring	132 (67)	109 (81)	115 (84)
GESAMT	881 (72)	899 (83)	835 (82)

**Tabelle 6-1: Absolute und relative Teilnahme am Kurzfragebogen**

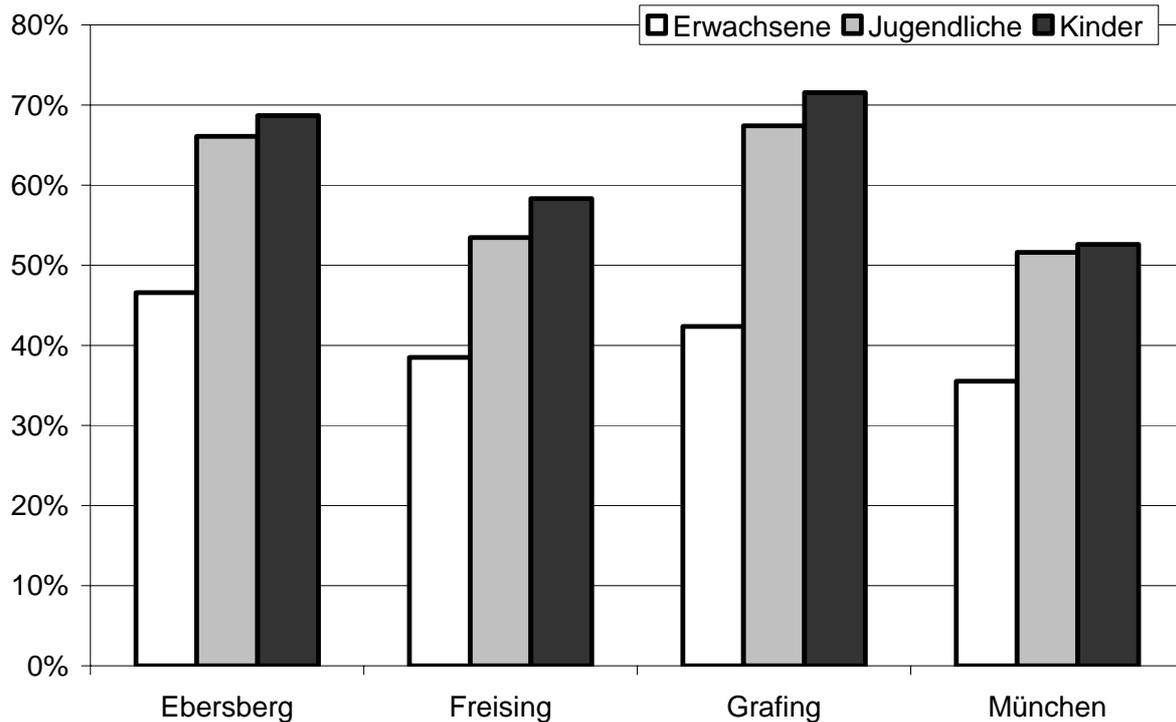
Die Teilnahmebereitschaft an den 24 h Messungen mit Interview im Vergleich zur Beantwortung des Kurzfragebogens zeigt nachfolgende Abbildung 6-5 für die drei Altersgruppen. Insgesamt nahmen 67 Prozent derjenigen, die den Kurzfragebogen beantworteten, auch an der 24 h Messung teil. Diese relative Häufigkeit variierte von 55 Prozent bei den Erwachsenen bis zu 75 Prozent bei den Kindern.



**Abbildung 6-5: Studienteilnahme am Kurzfragebogen und den 24 h Messungen nach Kollektiv**

Insgesamt nahmen 1747 Personen an der 24 h Messung teil. Die Teilnahmebereitschaft war in der Gruppe der Kinder am höchsten (61%), bei den Erwachsenen lag sie mit 40 Prozent unter der erwarteten Teilnahme.

Die relative Häufigkeit der Teilnehmer an den 24 h Messungen ist in Abbildung 6-6 nach Altersgruppe und Untersuchungsorten dargestellt. Neben dem Alter hatte auch hier die Größe und Lage des Wohnorts einen Einfluss auf die Teilnahmebereitschaft. So waren die Bewohner der Großstadt am wenigsten zur Teilnahme bereit, aber auch die Teilnahme in dem Untersuchungsort in Flughafennähe unterschritt die relative Häufigkeit der Teilnahme in der Kreis- sowie der Kleinstadt deutlich. Die Gesamtteilnehmerzahl an den 24 h Messungen belief sich auf 628 Kinder, 633 Jugendliche und 486 Erwachsene.



**Abbildung 6-6: Studienteilnahme an den 24 h Messungen nach Untersuchungsort und Kollektiv**

### 6.2.2 Vergleich von Teilnehmern und Nichtteilnehmern mittels der Angaben aus den Kurzfragebögen

Um eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse durch selektive Nichtteilnahme zu untersuchen, werden im Folgenden die Angaben der Kurzfragebögen von Teilnehmern der 24 h Messung mit denjenigen verglichen, die nur den Kurzfragebogen ausfüllten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Nichtteilnehmer einen Kurzfragebogen beantworteten (vgl. Kapitel 6.2.1). Ebenso lag für sieben Teilnehmer (6 Erwachsene, 1 Jugendlicher) kein Kurzfragebogen vor.

In der Gruppe der Erwachsenen ergaben sich Hinweise darauf, dass vermehrt Personen, die sich in ihrem Wohnumfeld durch Lärm gestört fühlten, an der Studie teilnahmen (72% vs. 61%,  $p < 0,01$ ). Aufgeschlüsselt nach Lärmquellen betraf dies vor allem den Straßen- und den Nachbarschaftslärm (Tabelle 6-2). Keine Unterschiede ergaben sich hingegen für die erwachsenen Teilnehmer und Nichtteilnehmer bezüglich der soziodemographischen Daten.

Bei den Jugendlichen zeigten sich hingegen signifikante Einflüsse der soziodemographischen Parameter auf das Teilnahmeverhalten: Hier beteiligten sich

verstärkt Gymnasiasten an der Untersuchung (47% vs. 31%;  $p < 0,001$ ), zudem waren die Teilnehmer etwas jünger (im Mittel 0,2 Jahre) als die Nichtteilnehmer. Auch hier variierte die Teilnahme an der 24 h Messung nach Wohnort: So war der Anteil der Jugendlichen aus Grafing unter den Teilnehmern signifikant höher, Jugendliche aus Freising beteiligten sich hingegen seltener auch an der 24 h Messung (Tabelle 6-3). Für die Lärmbelastung im Wohnumfeld ergab sich für die Jugendlichen insgesamt kein statistisch signifikanter Unterschied (60% unter den Nichtteilnehmern vs. 65% unter den Teilnehmern). Bei den einzelnen Lärmquellen berichteten jugendliche Teilnehmer signifikant häufiger über Straßenlärm in der Wohnumgebung, sonstige Lärmquellen wurden hingegen von den Nichtteilnehmern signifikant häufiger genannt (15% vs. 8%;  $p < 0,05$ ).

Bei den Kurzfragebögen der Kinder, die von den Eltern ausgefüllt wurden, ergaben sich die in Tabelle 6-4 dargestellten Unterschiede. Der Anteil derjenigen Kinder, bei denen die Mutter den Kurzfragebogen ausgefüllt hatte, war unter den Teilnehmern an der 24 h Messung statistisch signifikant höher (84% vs. 73%;  $p < 0,001$ ). Die Nichtteilnehmer kamen signifikant häufiger aus München und seltener aus Grafing. Eltern der Teilnehmer berichteten signifikant häufiger über Flug- und Gewerbelärm in der Wohnumgebung, während die Gesamtlärmbelastung in der Wohnumgebung von Eltern der teilnehmenden und nicht teilnehmenden Kindern nicht signifikant unterschiedlich eingeschätzt wurde (64% vs. 58%;  $p = 0,05$ ).

**Tabelle 6-2: Vergleich von Teilnehmern und Nichtteilnehmern an der 24 Stundenmessung mittels Angaben aus dem Kurzfragebogen - Erwachsene -**

	<b>Nichtteilnehmer N=388</b>	<b>Teilnehmer N=480</b>
Alter (MW +/- SD)	42,1 (12,3)	42,3 (13,0)
	%	%
Geschlecht: Weiblich	55,7	54,7
Schulabschluss: (Fach-)Abitur oder Universität/FH	50,4	45,9
Wohnort:		
München	34,5	31,3
Ebersberg	21,6	21,5
Freising	31,2	30,0
Grafing	12,6	17,3
Lärm in der Wohnumgebung**	61,3	72,1
Lärmursache (% von allen):		
Straßenverkehr***	45,7	57,2
Nachbarn**	22,9	32,4
Luftverkehr	17,9	21,0
Schienenverkehr	11,4	12,7
Kinderspielplätze*	7,0	12,1
Gewerbe	6,2	6,7
Gaststätten	9,6	7,3
Sonstiges	9,4	9,7

\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,05$ ; \*\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,01$ ; \*\*\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$

**Tabelle 6-3: Vergleich von Teilnehmern und Nichtteilnehmern an der 24 Stundenmessung mittels Angaben aus dem Kurzfragebogen - Jugendliche -**

	<b>Nichtteilnehmer N=267</b>	<b>Teilnehmer N=632</b>
Alter (MW +/- SD) (Jahre) <sup>#&amp;</sup>	15,2 (1,2)	15,0 (1,3)
	%	%
Geschlecht: Weiblich	52,4	50,2
Schulart: Gymnasium***	31,3	47,3
Wohnort**:		
München	29,2	25,3
Ebersberg	27,0	30,9
Freising	37,1	29,4
Grafing	6,7	14,4
Lärm in der Wohnumgebung	59,6	65,3
Lärmursache (% von allen):		
Straßenverkehr*	40,4	49,4
Nachbarn	20,2	24,0
Luftverkehr	16,9	18,7
Schienenverkehr	12,0	11,6
Kinderspielplätze	9,4	10,6
Gewerbe	3,0	4,4
Gaststätten	3,7	6,3
Sonstiges**	14,6	7,9

\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,05$ ; \*\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,01$ ; \*\*\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$ ; #  $p_{\text{t-Test}} < 0,001$

& 10 Fälle wurden ausgeschlossen, da hier offensichtlich das Alter der Eltern eingetragen wurde

**Tabelle 6-4: Vergleich von Teilnehmern und Nichtteilnehmern an der 24 Stundenmessung mittels Angaben aus dem Kurzfragebogen – Eltern der Kinder -**

	<b>Nichtteilnehmer N=207</b>	<b>Teilnehmer N=628</b>
Alter der Eltern (MW +/- SD) Jahre	40,9 (5,3)	41,0 (5,0)
	%	%
Fragebogen von Mutter ausgefüllt***	72,8	83,5
Schulabschluss: (Fach-)Abitur oder Universität/FH	52,0	48,5
Wohnort:		
München	29,5	22,5
Ebersberg	27,1	30,7
Freising	35,3	31,2
Grafing	8,2	15,6
Lärm in der Wohnumgebung	57,5	64,9
Lärmursache (% von allen):		
Straßenverkehr	42,5	49,0
Nachbarn	18,4	21,7
Luftverkehr**	16,4	25,6
Schienenverkehr	12,1	11,9
Kinderspielplätze	13,0	10,0
Gewerbe*	2,4	6,0
Gaststätten	6,8	7,9
Sonstiges	6,3	9,2

\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,05$ ; \*\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,01$ ; \*\*\*  $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$

### **6.2.3 Reliabilität der Fragebogenangaben zur subjektiven chronischen Lärmbelastung im häuslichen Umfeld**

Die Fragebogenangaben wurden darüber hinaus genutzt, um die Reliabilität der Frage nach Lärmquellen im häuslichen Umfeld zu überprüfen (vgl. Kapitel 6.3.4). Da hierbei nicht davon auszugehen ist, dass die Angaben bei Erstbefragung (Kurzfragebogen) und Zweitbefragung (Interview) unabhängig von einander sind, wurde anstelle des Cohens Kappa das Maß der Gesamtübereinstimmung, der positiven sowie der negativen Übereinstimmung getrennt nach Untersuchungskollektiv dargestellt (Tabelle 6-5) [81].

Erwartungsgemäß lag die positive Übereinstimmung für diejenigen Items mit einer hohen Anzahl von positiven Antworten (z.B. Gesamtlärm oder Straßenverkehr) höher, als für Fragen, die nur von wenigen Teilnehmern bejaht wurden (z.B. Gewebelärm). Umgekehrt verhält es sich bei der negativen Übereinstimmung.

Für die Gruppe der Erwachsenen wurde für alle Items eine sehr gute Gesamtübereinstimmung von mindestens 80 Prozent erreicht. Am geringsten war die Übereinstimmung für die Jugendlichen. Eine Ursache hierfür könnte sein, dass möglicherweise teilweise die Eltern der Jugendlichen und nicht die Jugendlichen selbst den Kurzfragebogen ausgefüllt haben. Es ist aber auch denkbar, dass die Angaben der Jugendlichen selbst weniger zuverlässig sind, da sie sich möglicherweise in ihrem Antwortverhalten eher von der akuten Situation am Untersuchungstag beeinflussen lassen. Aufgrund dieser Diskrepanzen wurden die Fragen zur chronischen Lärmbelastung bei Jugendlichen in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt.

**Tabelle 6-5: Übereinstimmung der Angaben des Kurzfragebogens mit den Interviewangaben zu Lärmquellen in der Wohnumgebung getrennt nach Untersuchungskollektiv**

	Gesamtübereinstimmung P <sub>0</sub>		Positive Übereinstimmung P <sub>pos</sub>		Negative Übereinstimmung P <sub>neg</sub>	
	Erwachsene	Jugendliche	Erwachsene	Jugendliche	Erwachsene	Jugendliche
Lärm in Wohnumgebung	82,6%	76,6%	87,4%	80,6%	72,2%	70,6%
Davon:						
Straßenverkehr	83,0%	78,3%	84,7%	75,8%	80,8%	80,3%
Nachbarn	79,6%	80,6%	68,1%	58,9%	85,1%	87,3%
Flugverkehr	83,6%	86,7%	65,8%	63,9%	89,1%	91,8%
Schienenverkehr	89,9%	90,8%	65,2%	58,3%	94,1%	94,8%
Kinderspielplätze	88,5%	90,2%	60,0%	59,0%	93,3%	94,4%
Gewerbe	90,3%	95,8%	42,1%	42,9%	94,7%	97,8%
Gaststätten	92,9%	94,9%	57,9%	59,2%	96,1%	97,3%
Sonstiges	80,0%	80,0%	37,2%	30,3%	88,1%	88,3%

$P_0 = (N \text{ positive Übereinstimmung} + N \text{ negative Übereinstimmung}) / N$

$P_{\text{pos}} = (2x N \text{ positive Übereinstimmung}) / (N \text{ positive Angaben Kurzfragebogen} + N \text{ positive Angaben Interview})$

$P_{\text{neg}} = (2x N \text{ negative Übereinstimmung}) / (N \text{ negative Angaben Kurzfragebogen} + N \text{ negative Angaben Interview})$

#### 6.2.4 Soziodemographische und sozioökonomische Merkmale<sup>10</sup>

Tabelle 6-6 gibt einen Überblick über die Verteilung der soziodemographischen und sozioökonomischen Merkmale der Teilnehmer. Während sich unter den erwachsenen Teilnehmern etwas mehr Frauen als Männer befanden (53,5% vs. 46,5%), überwogen bei den Kindern die Jungen (47,8% vs. 52,2%). Auffällig ist der hohe Anteil an Gymnasiasten bzw. Personen mit Abitur, der in allen Altersgruppen bei über 50 Prozent lag. Dementsprechend hatten 61 Prozent der Eltern und 44 Prozent der Erwachsenen einen Beruf mit eher hohem Prestige. Das mediane Haushaltseinkommen lag bei 3000,- Euro für die Gruppe der Eltern der teilnehmenden Kinder und bei 2700,- Euro für die erwachsenen Teilnehmer. Die meisten Eltern der teilnehmenden Kinder bzw. erwachsenen Studienteilnehmer waren verheiratet oder lebten mit einem Lebensgefährten zusammen (78,7% der Eltern, 52,8% der Erwachsenen).

---

<sup>10</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Soz. Hedwig Spiegel, in Vorbereitung

**Tabelle 6-6: Übersicht über die soziodemographischen und sozioökonomischen Stichprobenmerkmale<sup>11</sup>**

(Die Kategorien „weiß nicht“ und „Antwortverweigerung“ sind nicht vertreten und wurden in der Prozentuierung nicht berücksichtigt).

Merkmal	Kinder N=628		Jugendliche N=633		Erwachsene N=486	
	n	% m±s (Median)	n	% m±s (Median)	n	% m±s (Median)
<b>Geschlecht: Weiblich</b>	300	47,8	312	49,3	260	53,5
<b>Alter</b> (Mittelwert ± Standardabweichung)	628	10,0 ±1,2	633	15,0 ±1,3	482	42,4 ± 13,1
<b>Geschwister</b>	501	79,9	506	79,1	-	-
<b>Raucher (aktuell)</b>			125	19,8	127	26,1
<b>Schule</b>						
-Grund-/Hauptschule	401	64,2	91	14,4	-	-
-Realschule	69	11,0	179	28,4	-	-
-Gymnasium	155	24,8	327	51,9	-	-
-Ausbildung/Arbeit			33	5,2		
<b>Bildung*</b>	<b>Eltern</b>					
-Hauptschule	139	23,0	-	-	75	15,7
-Realschule	140	23,1	-	-	147	30,5
-Gymnasium / Abitur	326	53,9	-	-	257	53,8
<b>Kind lebt bei beiden Eltern*</b>	448	78,8	490	77,7	-	-
<b>Familienstand*</b>	<b>Eltern</b>					
-ledig, ohne Partner	29	4,7	-	-	76	15,9
-ledig, mit Partner	26	4,2	-	-	106	22,1
-verheiratet, mit Partner zusammenlebend	484	78,7	-	-	253	52,8
-verheiratet, vom Partner getrennt lebend	24	3,9	-	-	11	2,3
-geschieden, mit Partner	26	4,2	-	-	15	3,1
-geschieden, ohne Partner	26	4,2	-	-	18	3,8
<b>Haushaltsgröße</b>						
-1 Person					127	26,3
-2 Personen					172	35,7
-3 Personen					80	16,6
-4 Personen und mehr					103	21,3
<b>Berufstätigkeit</b>	<b>Eltern</b>					
-ja, vollzeit	552	95,0			254	55,3
-ja, teilzeit	19	3,3			90	19,6
-nein	10	1,7			80	17,4
-in Ausbildung	-	-			35	7,6
<b>Haushaltsnetto- einkommen (€)*</b>	478	3000 (Median)	-	-	410	2700 (Median)
<b>Berufsprestige*</b>	<b>Eltern</b>					
-eher niedrig	242	39,3			274	56,4
-eher hoch	376	60,7			212	43,6

\* Angaben von und zu den Eltern der Kinder in der Spalte Kinder; Angaben zu Berufsprestige und Berufstätigkeit beziehen sich auf den Vater der Kinder.

m±s: Mittelwert und Standardabweichung

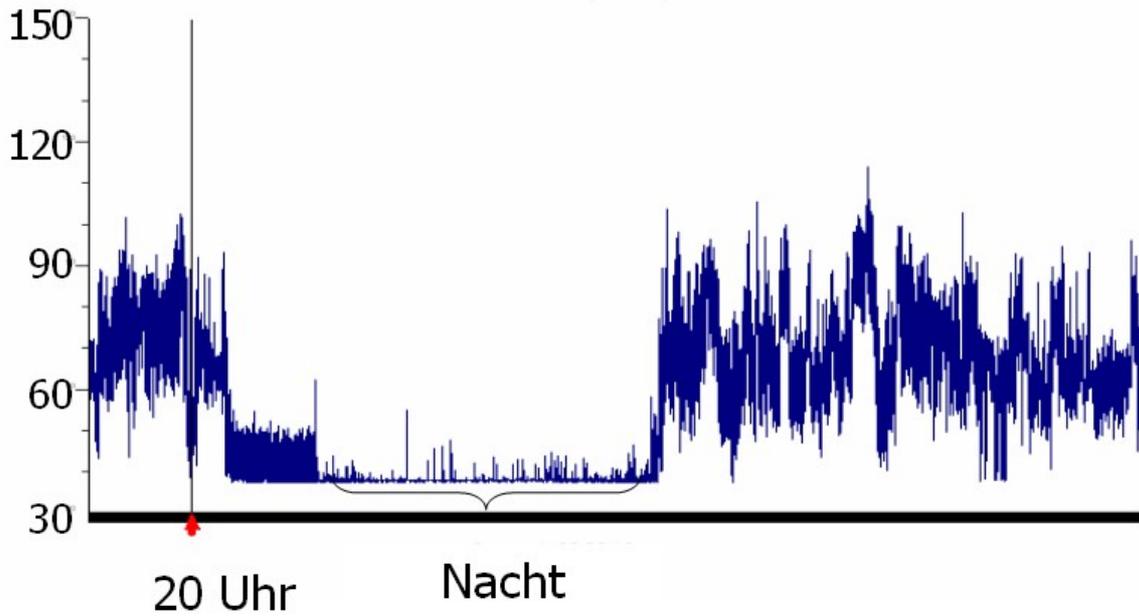
<sup>11</sup> Die Angaben in Tabelle 6-6 weichen teilweise von Tabelle 6-2 bis Tabelle 6-4 ab, da sich zum einen die Anzahl der Kurzfragebögen und der ausführlichen Interviews unterscheiden, zum anderen die Angaben des Kurzfragebogens nicht immer identisch mit denen des Interviews waren.

## 6.3 Exposition

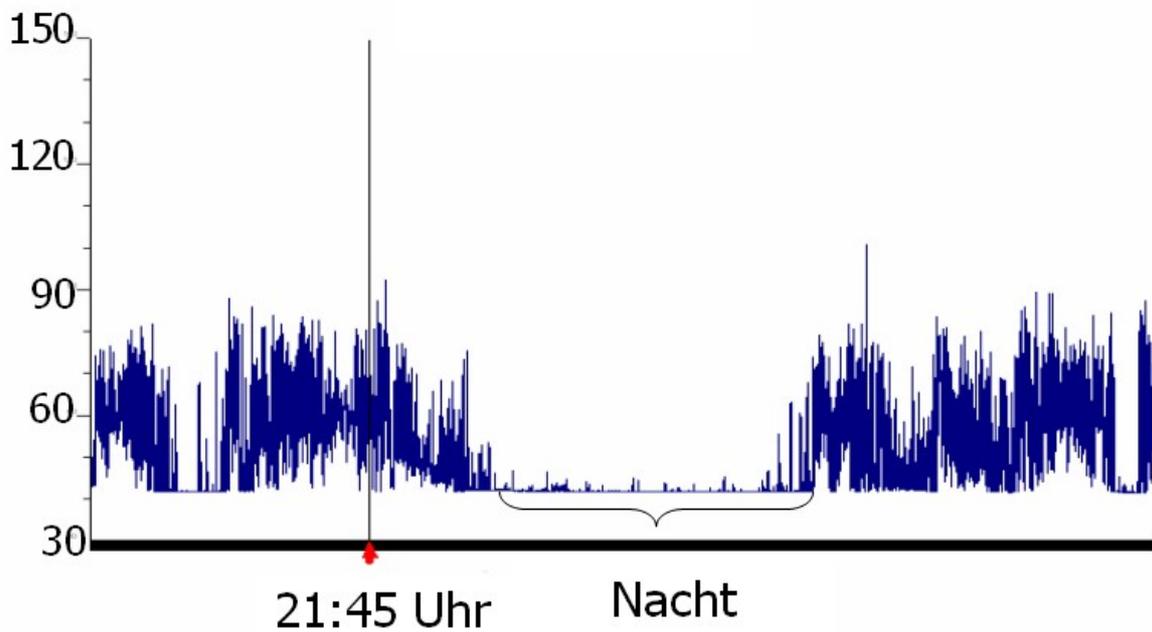
### 6.3.1 Personenbezogene 24-Stunden Messung

Typische Messprotokolle eines Kindes und eines Erwachsenen über 24 Stunden sind in Abbildung 6-7 und Abbildung 6-8 dargestellt. Man erkennt in beiden Abbildungen das nächtliche Minimum des Schallpegels, das bei dem Kind länger andauert als bei dem Erwachsenen. Vor dem nächtlichen Plateau beobachtet man bei dem Kind einen ebenfalls relativ gleichmäßigen aber etwas höheren Schallpegel als in den übrigen Nachtstunden. Dieser könnte z.B. auf einen Fernseher im Nachbarzimmer zurückzuführen sein. Am Tag erkennt man hingegen über kurze Zeiträume stark schwankende Schallpegel. Diese Schwankungen sind beim Kind stärker ausgeprägt als beim Erwachsenen.

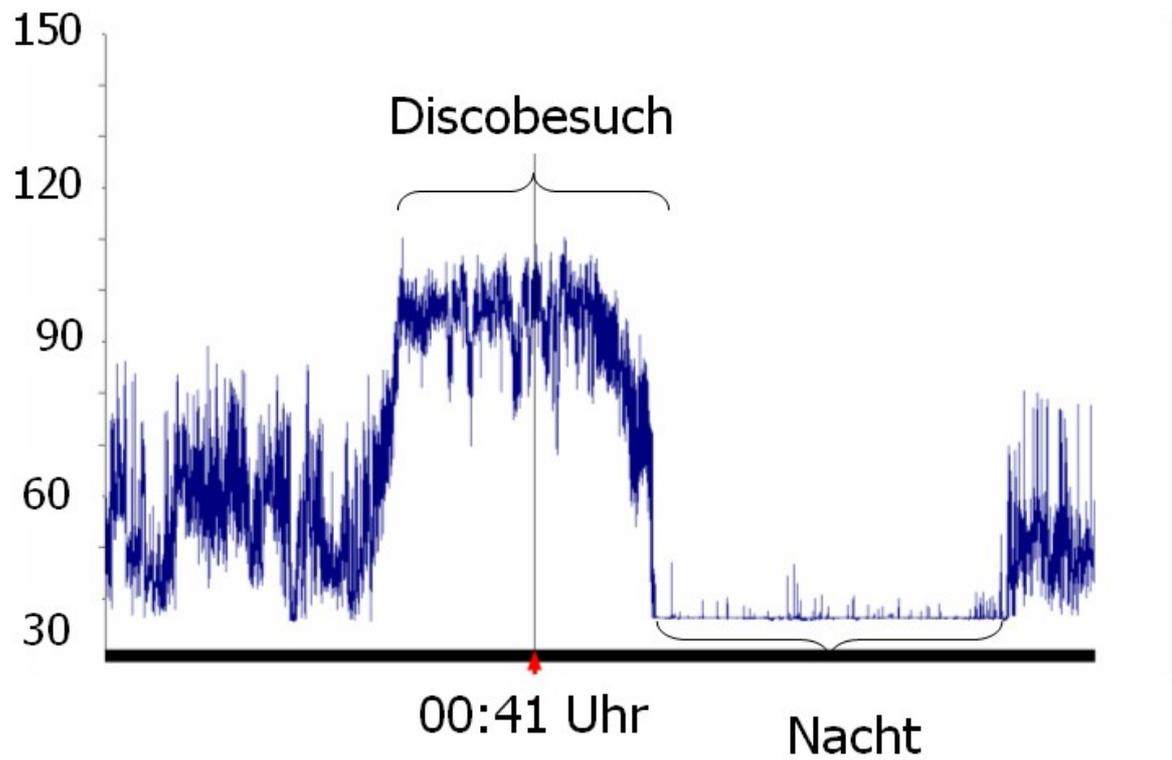
Die nachfolgende Abbildung 6-9 zeigt den Verlauf des Schallpegels über 24 Stunden für einen Jugendlichen, der während des Messzeitraumes in der Nacht über einen Diskothekenbesuch berichtete. Der Zeitraum des Diskothekenbesuches ist deutlich durch Schallpegel über 90 bis 120 dB(A) zu erkennen. Am Ende dieser lauten Phase ist zunächst nur ein leichter Abfall des Schallpegels zu erkennen, was z.B. auf eine Heimfahrt im Auto bei lauter Musik zurückzuführen sein könnte. Während der sich anschließenden Schlafenszeit liegt der Schallpegel hingegen im Bereich der Bestimmungsgrenze (40 dB(A)).



**Abbildung 6-7:** Typischer Verlauf des Schallpegels über 24 Stunden für ein Kind in dB(A)



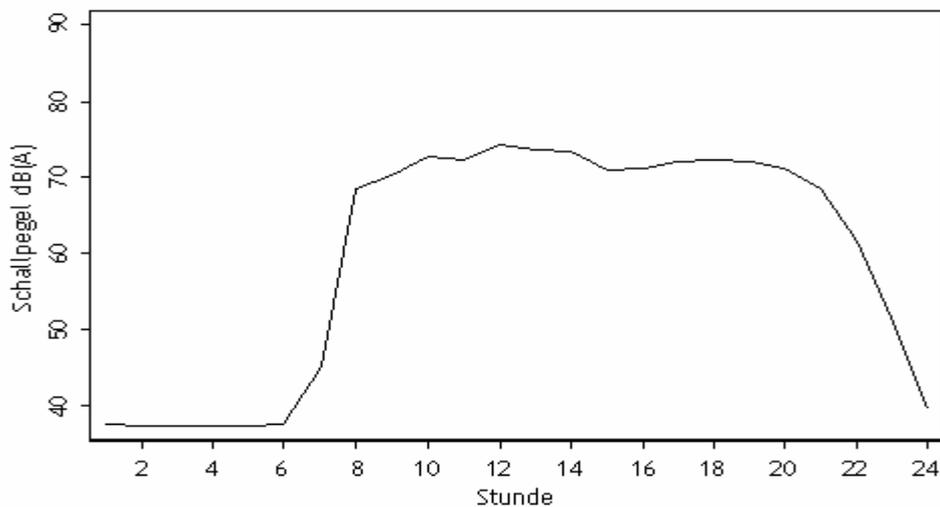
**Abbildung 6-8:** Typischer Verlauf des Schallpegels über 24 Stunden für einen Erwachsenen in dB(A)



**Abbildung 6-9:** Verlauf des Schallpegels über 24 Stunden für einen Jugendlichen, der während der Messung nach eigenen Angaben eine Diskothek besuchte (in dB(A))

### 6.3.1.1 Stundenmittelwerte der Lärmexposition über 24 Stunden

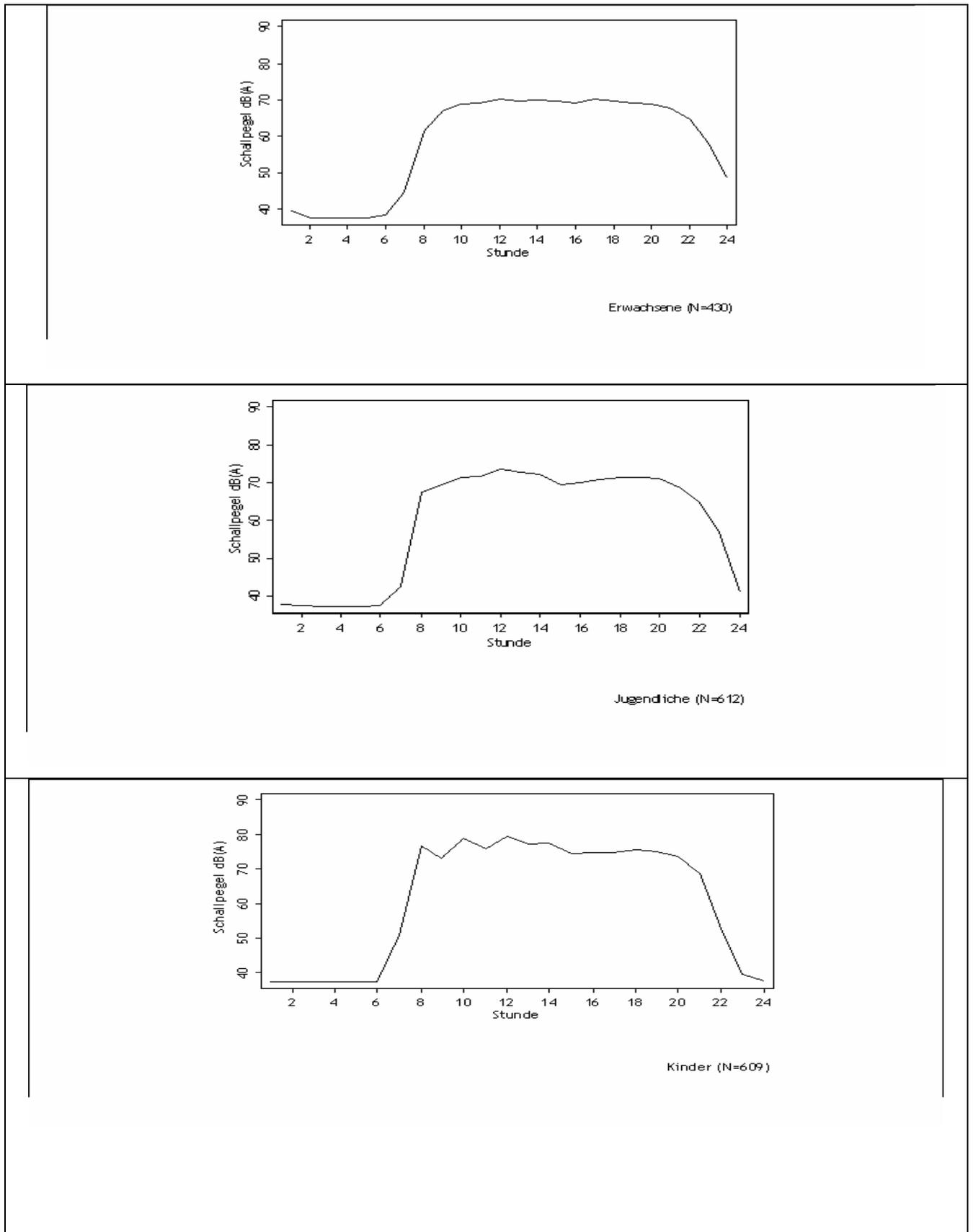
Insgesamt konnten 1651 der 1747 Messprotokolle (95%) ausgewertet werden. Die Mediane der individuellen Stundenmittelwerte für das Gesamtkollektiv sind in Abbildung 6-10 dargestellt. Deutlich zu erkennen ist der Tag-Nacht-Unterschied im Schallpegel, mit deutlich höheren Schallpegeln am Tag. Während der Nachtstunden zwischen 0 Uhr und 6 Uhr lag der Median im Bereich der Bestimmungsgrenze der Personendosimeter (40 dB(A)). Während des Tages (zwischen 8 und 22 Uhr) ergab sich ein plateauförmiger Verlauf des Medians der mittleren Schallpegel bei etwa 67-72 dB(A).



**Abbildung 6-10: Medianer stündlicher Schallpegel über 24-Stunden (in dB(A)) für das Gesamtkollektiv (n=1651)**

#### *Tagesverlauf des Schallpegels nach Altersgruppe*

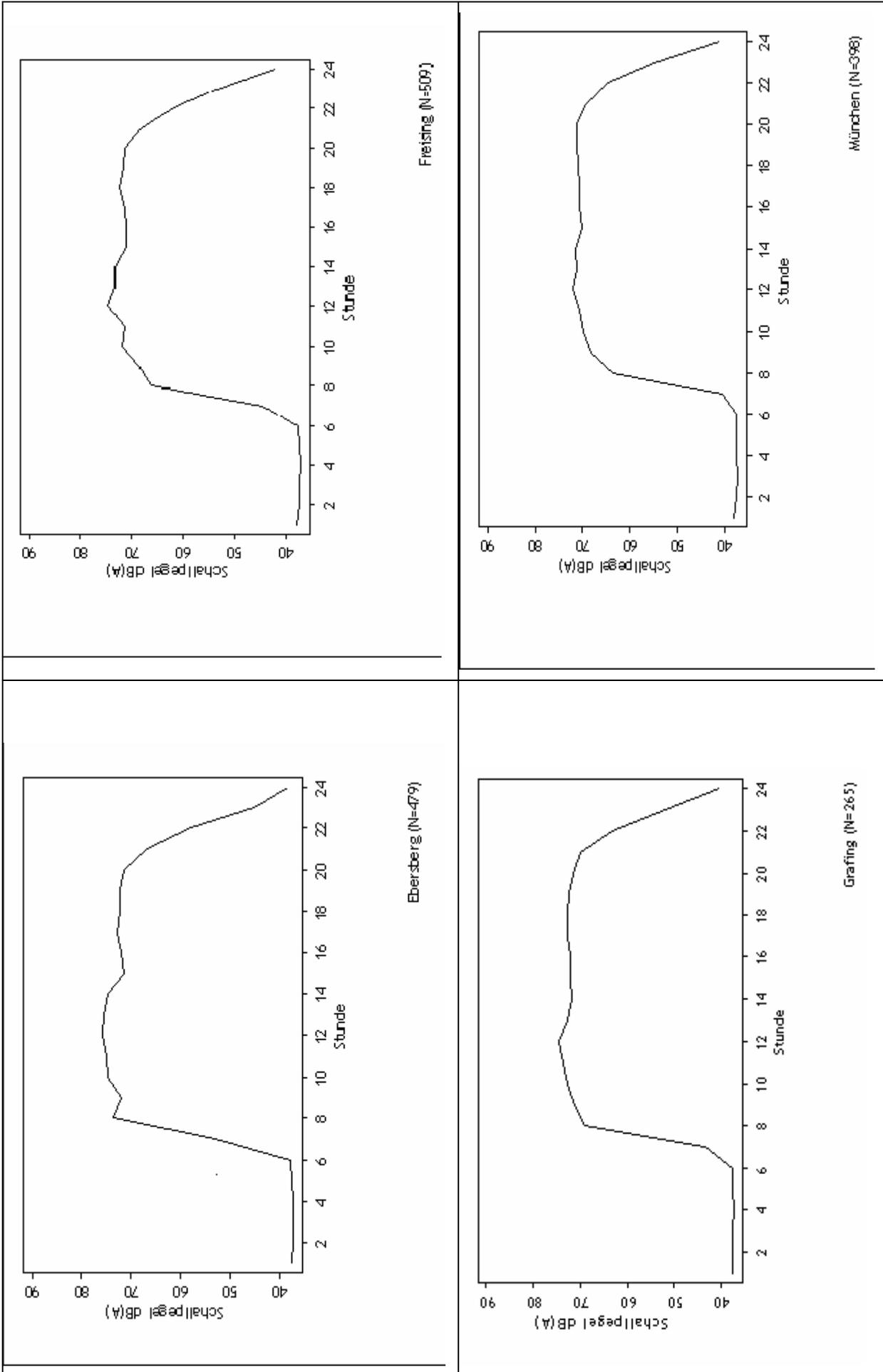
Betrachtet man den Tagesverlauf getrennt nach Altersgruppen (Abbildung 6-11), so erkennt man höhere Schallpegel am Tag für die 8-12 jährigen Kinder. Das nächtliche Ruheplateau beginnt in der Gruppe der Kinder bereits gegen 22 Uhr und ist damit erwartungsgemäß länger als bei Jugendlichen oder Erwachsenen. Die Pegelverläufe zwischen Jugendlichen und Erwachsenen unterscheiden sich hingegen nicht deutlich.



**Abbildung 6-11: Medianer stündlicher Schallpegel über 24-Stunden (in dB(A)) getrennt nach Altersgruppe**

### *Tagesverlauf der Schallpegel nach Untersuchungsort*

Der Vergleich zwischen den vier Studienorten zeigt einen vergleichbaren Verlauf in den Studienorten mit Ausnahme des morgendlichen Anstiegs des Schallpegels in München (Abbildung 6-12). Während der mediane Schallpegel in Freising, Ebersberg und Grafing zwischen 6 und 7 Uhr stark zunimmt, wird dieser Anstieg in München erst zwischen 7 und 8 Uhr deutlich. Im Tagesverlauf liegen die medianen Schallpegel in Ebersberg höher als in den übrigen Studienorten, der Median der Stundenmittelwerte in der Nacht liegt in allen Untersuchungsorten im Bereich der Bestimmungsgrenze der Personendosimeter (37 dB(A)).



**Abbildung 6-12: Medianer stündlicher Schallpegel über 24-Stunden (in dB(A)) getrennt nach Untersuchungsorten**

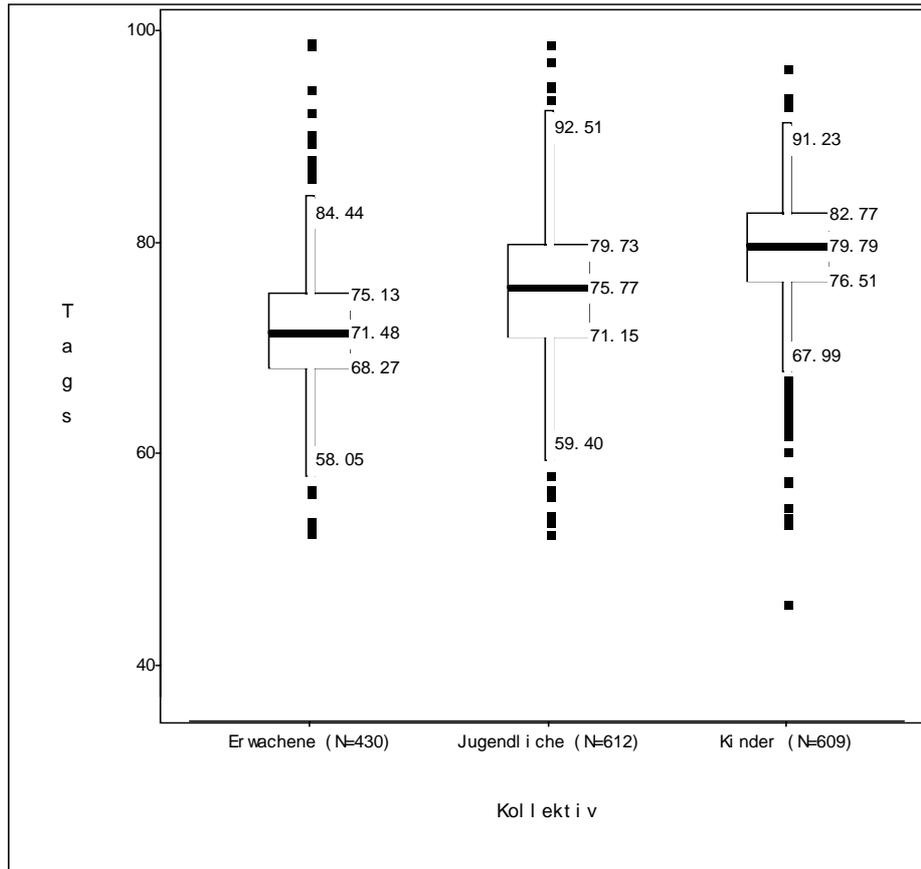
### 6.3.1.2 Tageszeitenmittelwerte des Schallpegels nach Altersgruppe

Für die weiteren Analysen wurden die Schallpegel nach Tageszeiten zusammengefasst. Die Zeit von 22 Uhr bis 6 Uhr wurde zum nächtlichen Schallpegel zusammengefasst, die Zeit von 6 Uhr bis 22 Uhr zum Tagesschallpegel. Zusätzlich wurde der mittlere Gesamtschallpegel über 24 Stunden berechnet.

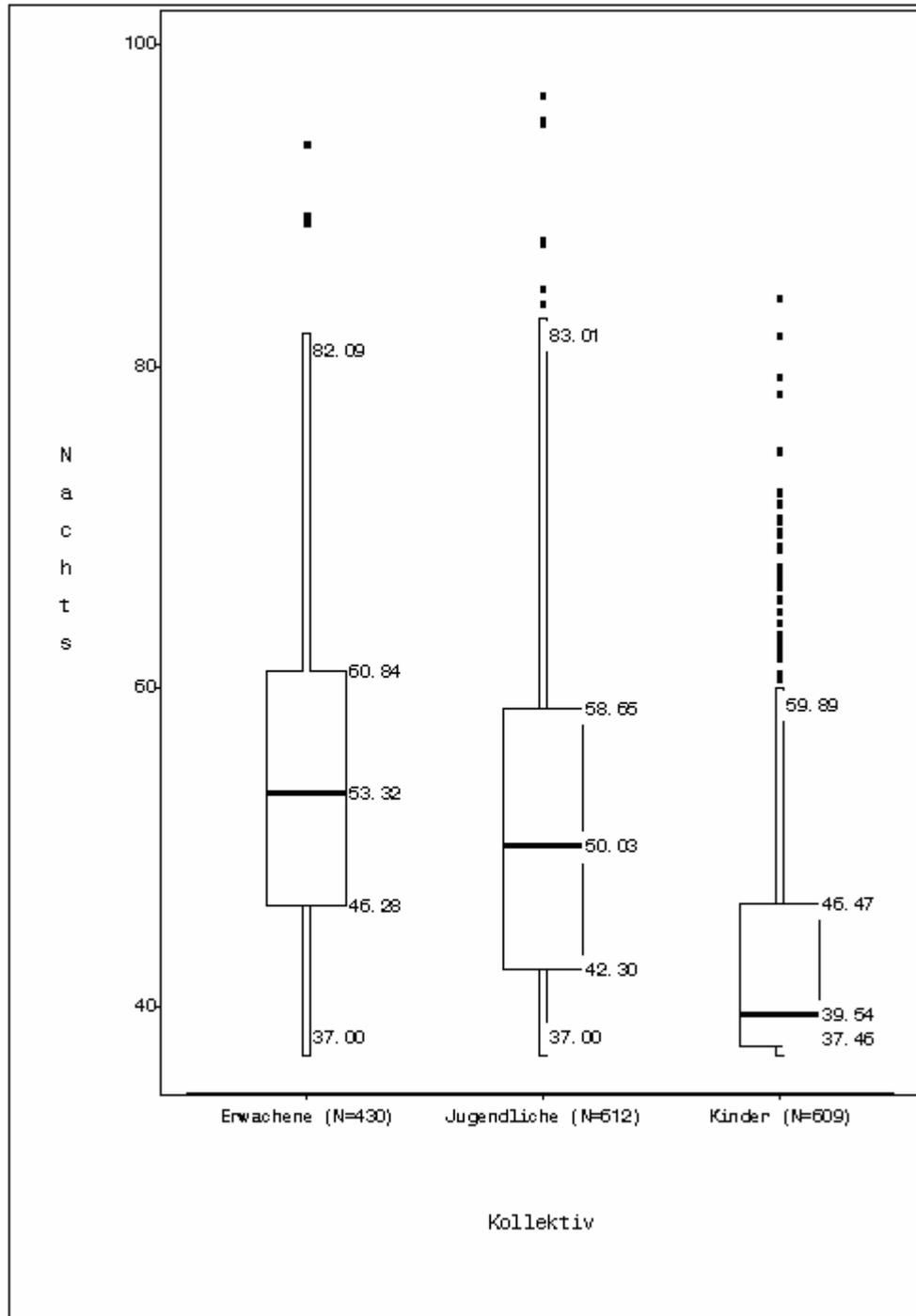
Die Ergebnisse sind in Abbildung 6-13 bis Abbildung 6-15 als Box-Whisker-Plots getrennt nach Untersuchungskollektiv (Erwachsene, Jugendliche, Kinder) dargestellt.

Man erkennt, dass die mittlere Lärmexposition sowohl über 24 Stunden (Abbildung 6-15) als auch während des Tages (Abbildung 6-13) für Kinder statistisch signifikant höher lag als in der Gruppe der Erwachsenen. Besonders auffällig variierte der Median des mittleren Tagesschallpegels (Kindern 80 dB(A), Jugendliche 76 dB(A), Erwachsene 71 dB(A)). Werden die Schallpegel über 24 h betrachtet, so zeigt sich durch die stärkere Gewichtung höherer Werte bei der Bildung der individuellen Mittelwerte ebenso wie am Tag (6 bis 22 Uhr) der höchste Median für die Kinder (78 dB(A)), der niedrigste für die Erwachsenen (70 dB(A)). Eine mögliche Ursache ist, auch aufgrund der Ergebnisse unsere Validierungsstudie, dass Kinder am Tag häufig selbst die Hauptlärmquelle sind.

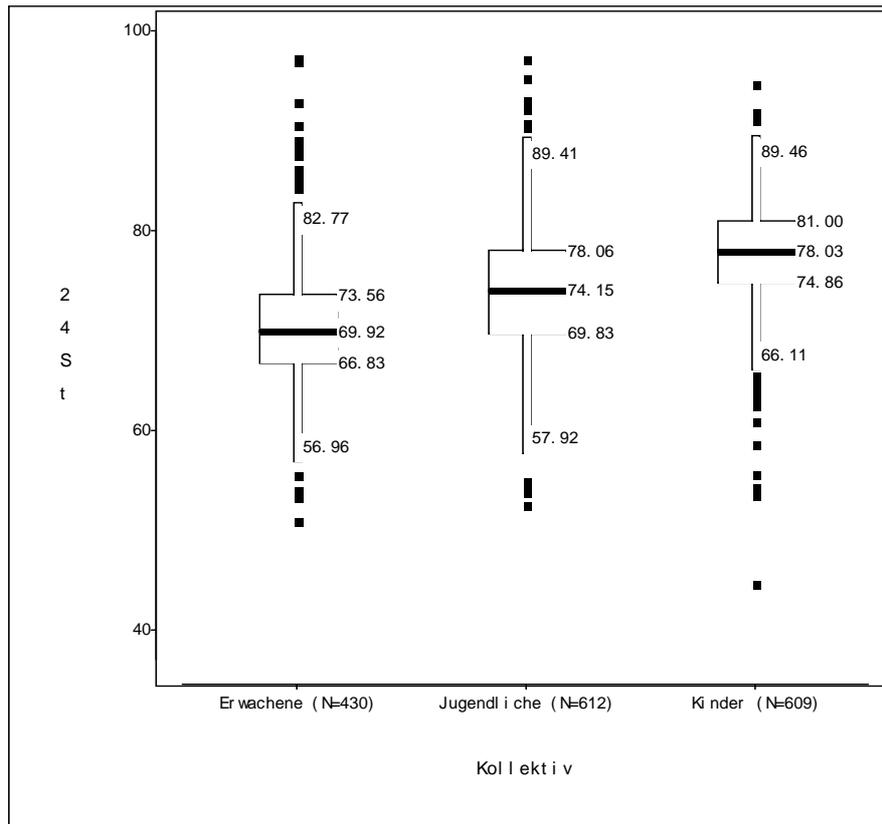
Anders ist das Bild in der Nacht (Abbildung 6-14). Hier traten bei den Kindern nur vereinzelte Werte über 61 dB(A) auf, während die Maximalwerte bei Jugendlichen und Erwachsenen über 80 dB(A) liegen. Im Median lag der mittlere nächtliche Schallpegel für Kinder bei 39 dB(A), für Jugendliche bei 50 dB(A) und für Erwachsene bei 53 dB(A). Auch dieser Unterschied war statistisch hochsignifikant ( $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ ).



**Abbildung 6-13: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegels während des Tages (6-22 Uhr) nach Altersgruppe (in dB(A),  $P_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ )**



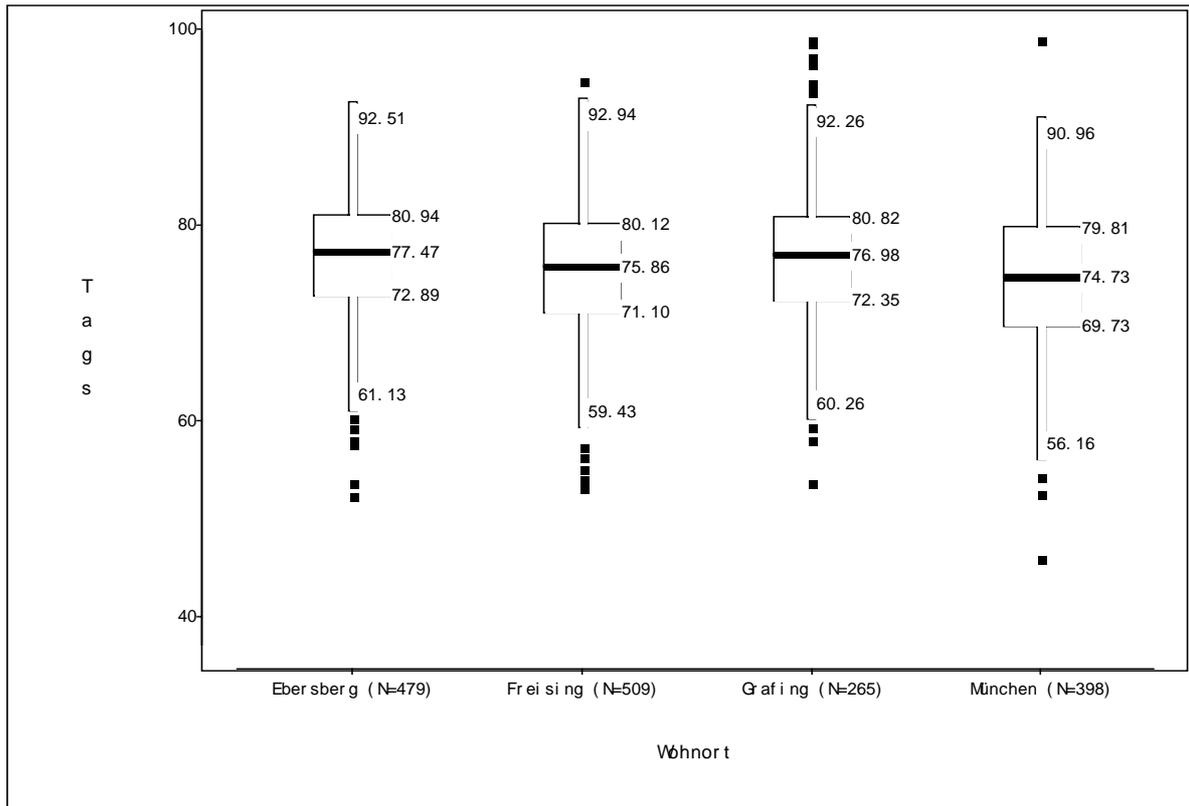
**Abbildung 6-14: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegels während der Nacht (22-6 h) nach Altersgruppe (in dB(A),  $P_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ )**



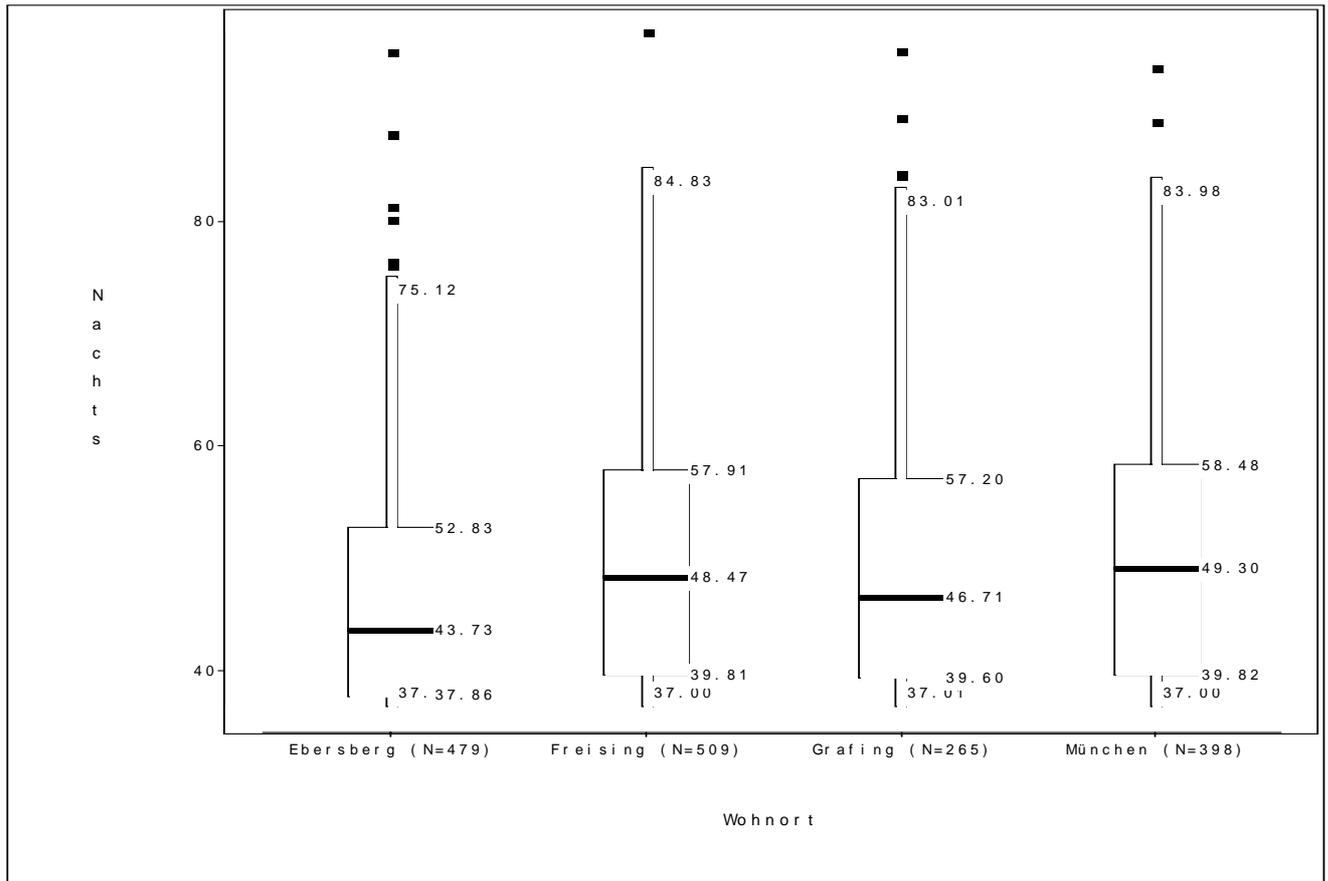
**Abbildung 6-15: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegels über 24 h nach Altersgruppe (in dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ )**

### 6.3.1.3 Tageszeitenmittelwerte des Schallpegels nach Wohnort

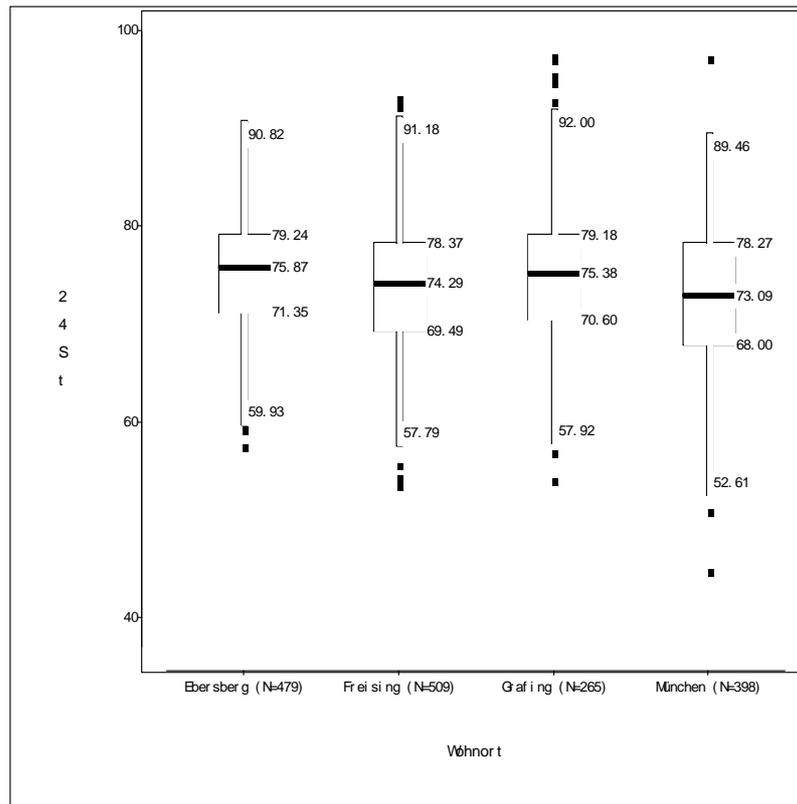
Beim Vergleich des Schallpegels nach Untersuchungsorten ergaben sich ebenfalls statistisch signifikante Unterschiede (Abbildung 6-16 bis Abbildung 6-18). Nachts lag der mittlere Schallpegel im Median in Ebersberg niedriger als in den anderen Untersuchungsorten (44 dB(A); Abbildung 6-17), tags etwas höher (77 dB(A); Abbildung 6-16). Der höchste nächtliche Schallpegel fand sich hingegen in München (49 dB(A);  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ ).



**Abbildung 6-16: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegels während des Tages (6-22 Uhr) nach Untersuchungsort (in dB(A);  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ ).**



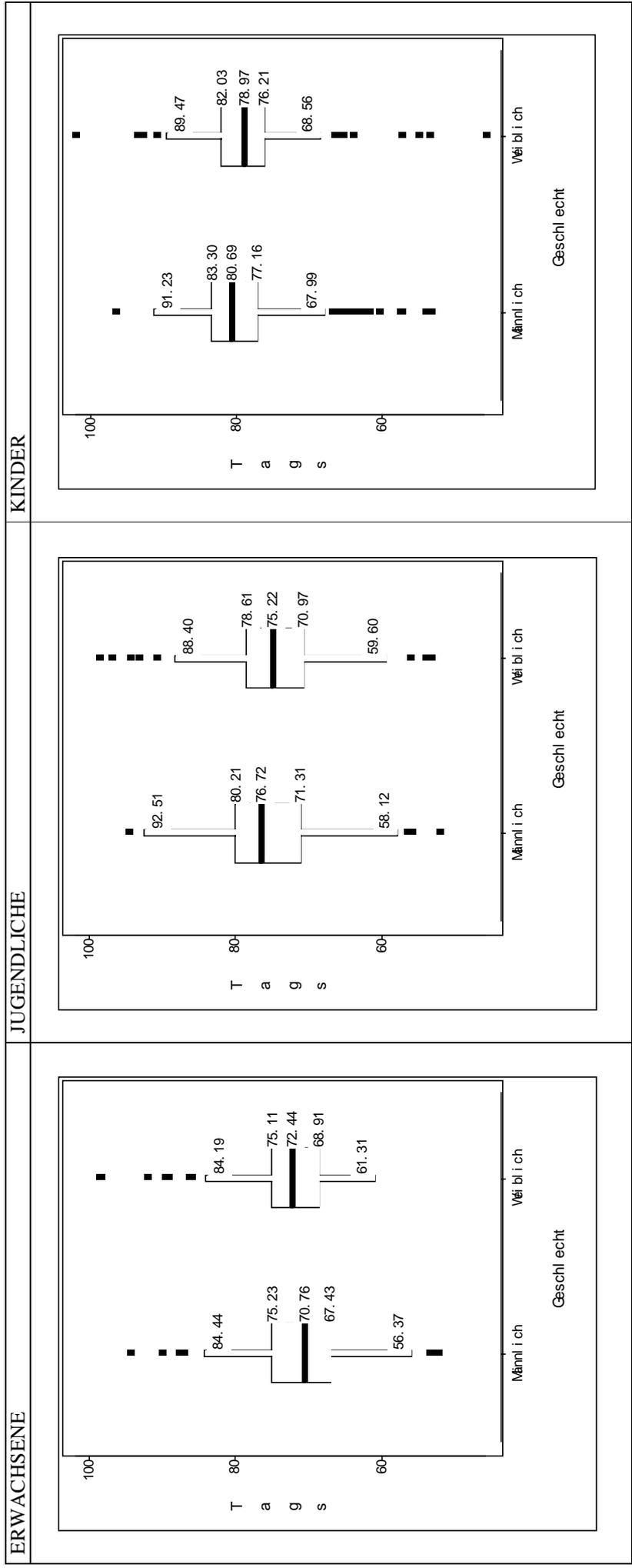
**Abbildung 6-17: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegels während der Nacht (22-6 Uhr) nach Untersuchungsort (in dB(A))  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$**



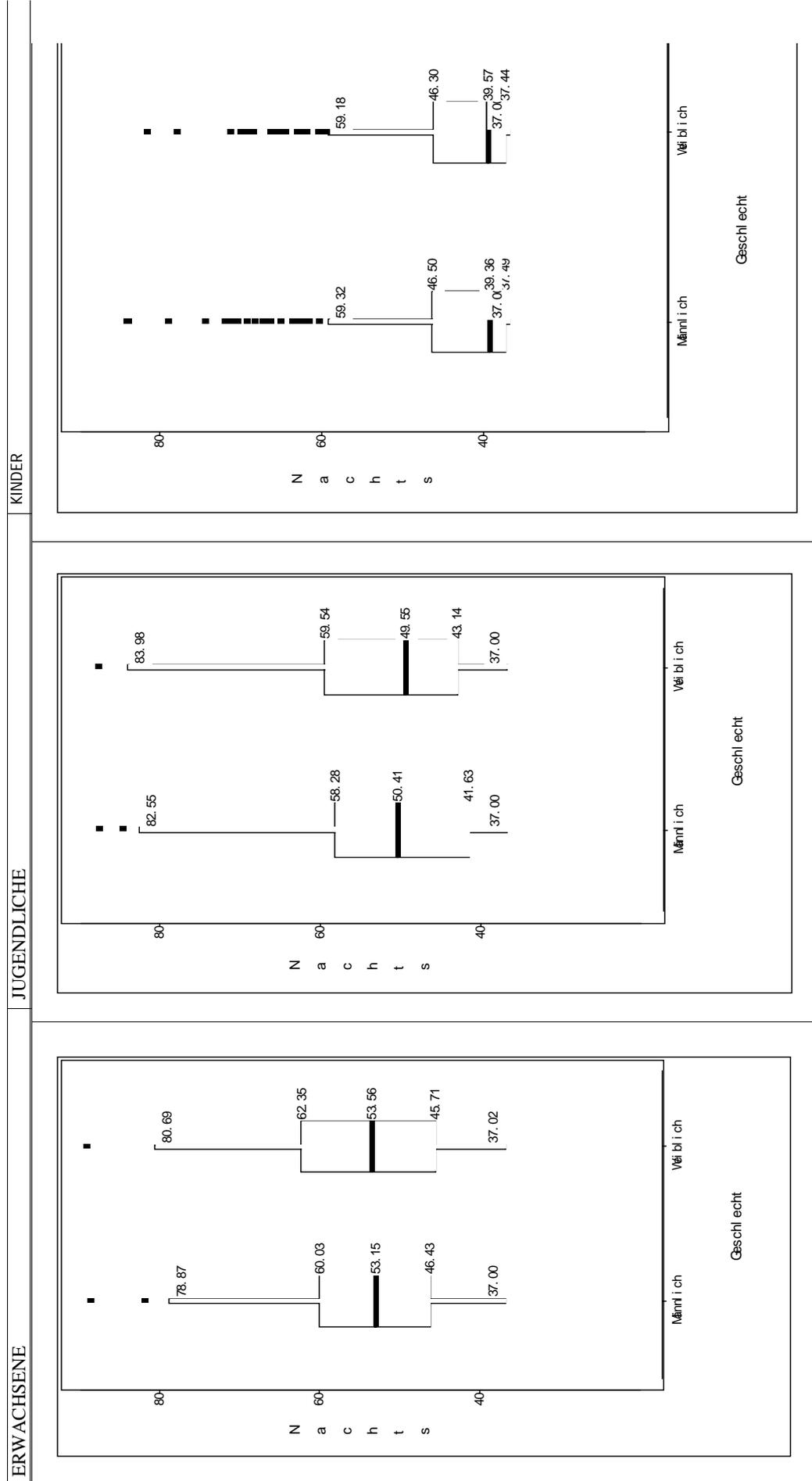
**Abbildung 6-18: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegels über 24 h nach Untersuchungsort (in dB(A)  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ )**

#### 6.3.1.4 Tageszeitenmittelwerte des Schallpegels nach Geschlecht

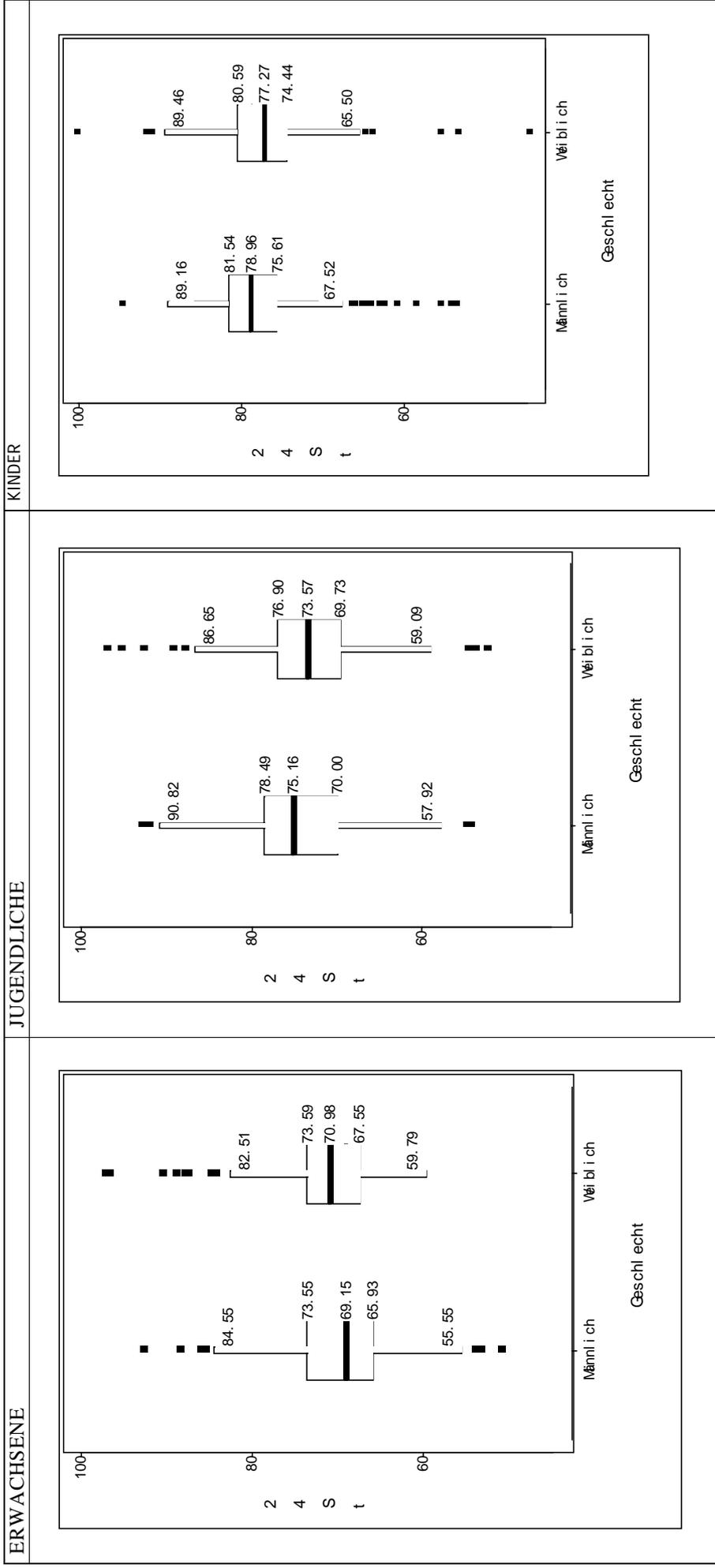
Der Vergleich der Tageszeitenmittelwerte und des 24-Stundenmittelwertes ergab am Tag sowie über 24-Stunden statistisch signifikante Unterschiede im Schallpegel der männlichen und weiblichen Teilnehmer (Abbildung 6-19 bis Abbildung 6-21). Die Richtung der Differenz unterschied sich jedoch in Abhängigkeit von der Altersgruppe. So ergaben sich für erwachsene Frauen am Tag höhere mediane Schallpegel als für Männer (72 vs. 71 dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} = 0,01$ ). Für Kinder und Jugendliche lagen die medianen Schallpegel hingegen für die Mädchen niedriger als für die Jungen. Dieser Unterschied war für die Kinder (79 vs. 81 dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,0009$ ) deutlicher ausgeprägt als für die Jugendlichen (75 vs. 76 dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} = 0,03$ ). Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Betrachtung der 24 h Mittelwerte (Abbildung 6-21). Keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen aller Altersgruppen ergaben sich hingegen während der Nachtstunden (22 – 6 Uhr; Abbildung 6-20).



**Abbildung 6-19: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegels während des Tages (6-22 Uhr) nach Altersgruppe und Geschlecht (in dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}$  für alle Altersgruppen  $< 0,05$ )**



**Abbildung 6-20: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegel während der Nacht (22-6 Uhr) nach Altersgruppe und Geschlecht (in dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}$  für alle Altersgruppen > 0,05)**



**Abbildung 6-21: Box-Whisker-Plots des mittleren Schallpegel über 24 h nach Altersgruppe und Geschlecht (in dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}$  für alle Altersgruppen  $< 0,05$ )**

### 6.3.1.5 Tageszeitenmittelwerte des Schallpegels nach Markern des sozioökonomischen Status<sup>12</sup>

Der Vergleich der Abhängigkeit des Schallpegels vom sozioökonomischen Status der Teilnehmer gemessen am Haushaltseinkommen, der Schulbildung und dem Berufsprestige ergab lediglich leichte Zusammenhänge für die Lärmexposition in der Nacht (Tabelle 6-7). Für Teilnehmer mit einem höheren Bildungsniveau ergab sich in der Zeit von 22 bis 6 Uhr ein statistisch schwach signifikant höherer Schallpegel (54 dB(A) vs. 51 dB(A);  $p < 0,05$ ). Zwischen dem Einkommen und der nächtlichen Lärmexposition zeigte sich sowohl für die Gesamtdaten als auch für Frauen eine weniger eindeutige, jedoch statistisch signifikante Assoziation. Befragte in der höchsten Einkommensgruppe hatten im Median die höchste Lärmexposition, gefolgt von der niedrigsten Einkommensgruppe.

**Tabelle 6-7: Bivariate Analyse der Merkmale des sozioökonomischen Status und der objektiven Lärmexposition für die Erwachsenen**

SES <sup>1</sup>	Lärm am Tag				Lärm in der Nacht			
	N	Median	IQR*	p-Wert	N	Median	IQR*	p-Wert <sup>2</sup>
Einkommen (€)				0,52				0,03
- < 1000	72	72,1	67,9-76,6		71	53,8	47,4-60,6	
- ≥ 1000 - < 1500	103	72,3	69,8-74,7		104	50,1	43,1-58,6	
- ≥ 1500 - < 2500	179	71,0	67,9-75,1		176	52,9	47,0-60,7	
- ≥ 2500	72	71,1	68,0-75,2		72	55,9	49,3-63,2	
Bildung				0,25				0,03
- eher niedrig	199	71,6	68,6 – 75,2		199	51,4	43,4 – 61,4	
- eher hoch	225	71,1	67,9 – 74,8		221	54,1	48,0 – 60,6	
Berufsprestige				0,68				0,19
- eher niedrig	248	71,5	68,0 – 75,1		247	52,9	44,8 – 60,7	
- eher hoch	180	71,4	68,2 – 75,2		178	54,0	46,5 – 61,4	

Anmerkung: Bildung eher niedrig: Haupt-, Realschule; Bildung eher hoch: Gymnasium, Fachoberschule  
Berufsprestige: eher niedrig (einfachere Tätigkeiten mit und ohne Ausbildung); eher hoch (verantwortungsvolle Tätigkeiten mit und ohne Führungsaufgaben und Entscheidungsbefugnissen)

<sup>1</sup>Sozioökonomischer Status

\*Interquartilsrange

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis-Anova bzw. Wilcoxon Test

Für die Jugendlichen konnte nur die besuchte Schule als Marker für den sozioökonomischen Status herangezogen werden. Hier ergab sich kein Einfluss der besuchten Schulart auf den Schallpegel am Tag oder in der Nacht (Tabelle 6-8).

<sup>12</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Soz. Hedwig Spiegel, in Vorbereitung

**Tabelle 6-8: Bivariate Analyse der Merkmale des sozioökonomischen Status und der objektiven Lärmexposition für die Jugendlichen**

SES <sup>1</sup>	Lärm am Tag				Lärm in der Nacht			
	N	Median	IQR*	p-Wert <sup>2</sup>	N	Median	IQR*	p-Wert <sup>2</sup>
Bildung				0,22				0,69
-eher niedrig	290	76,3	71,6-79,8		285	49,6	41,3-59,0	
-eher hoch	309	75,4	70,8-79,5		306	50,0	42,5-58,4	

Anmerkung: Bildung eher niedrig: Haupt-, Realschule; Bildung eher hoch: Gymnasium, Fachoberschule

<sup>1</sup>Sozioökonomischer Status

\*Interquartilsrange

<sup>2</sup>Wilcoxon-Test

Zur Erfassung des sozioökonomischen Status der Kinder wurden die Schulbildung, das Berufsprestige sowie das Einkommen der Eltern zugrunde gelegt. Auch hier ergab sich kein Zusammenhang zwischen den Markern des sozioökonomischen Status und dem Schallpegel am Tag oder in der Nacht (Tabelle 6-9).

Der für die Erwachsenen beschriebene höhere Schallpegel bei Teilnehmer mit höherer Schulbildung bestätigt sich somit weder für die Jugendlichen noch für die Kinder des Untersuchungskollektivs. Es ist hierbei denkbar, dass eigene Lärmquellen, wie z.B. Gaststättenbesuche, bzw. Unterschiede in den Schlafenszeiten in Abhängigkeit von der Schulbildung für diese Differenz ursächlich sein könnten. Dies wird in Kapitel 6.3.3 genauer untersucht.

**Tabelle 6-9: Bivariate Analyse der Merkmale des sozioökonomischen Status und der objektiven Lärmexposition für die Kinder**

SES <sup>1</sup>	Lärm am Tag (dB(A))				Lärm in der Nacht (dB(A))			
	N	Median	IQR*	p-Wert <sup>2</sup>	N	Median	IQR*	p-Wert <sup>2</sup>
Einkommen (€) <sup>3</sup>				0,94				0,96
<1000	90	80,3	75,9-83,3		88	39,0	37,5-50,1	
≥1000 - <1500	251	79,9	76,3-82,8		244	39,5	37,5-46,2	
≥1500 - <2500	210	79,8	76,9-82,5		207	39,6	37,4-46,2	
≥2500	32	79,1	77,1-84,2		32	39,3	37,5-45,8	
Bildung <sup>3</sup>				0,45				0,40
-eher niedrig	270	79,6	76,2-82,8		265	39,7	37,5-47,1	
-eher hoch	311	80,2	77,0-83,0		305	39,4	37,5-45,3	
Berufsprestige <sup>3</sup>				0,23				0,16
-eher niedrig	243	79,3	76,1-82,5		237	40,0	37,6-47,8	
-eher hoch	358	80,1	76,8-83,0		352	39,3	37,4-45,9	

Anmerkung: Bildung eher niedrig: Haupt-, Realschule; Bildung eher hoch: Gymnasium, Fachoberschule

Berufsprestige: eher niedrig (einfachere Tätigkeiten mit und ohne Ausbildung); eher hoch (verantwortungsvolle Tätigkeiten mit und ohne Führungsaufgaben und Entscheidungsbefugnissen)

<sup>1</sup>Sozioökonomischer Status

\*Interquartilsrange

<sup>2</sup>Kruskal-Wallis-Anova, bzw. Wilcoxon-Test

<sup>3</sup>Einkommen, Bildung und Berufsprestige der Eltern

## 6.3.2 Subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag

### 6.3.2.1 Erwachsene

Die Prävalenz subjektiver Lärmquellen am Untersuchungstag für die Gruppe der Erwachsenen aufgeteilt nach Untersuchungsort zeigen Tabelle 6-10 sowie Abbildung 6-22 und Abbildung 6-23. Am Tag berichteten 66 Prozent der Teilnehmer über mindestens eine der so genannten negativen Lärmquellen, in der Nacht waren es 27 Prozent. Die subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag hing stark von der Größe des Untersuchungsortes ab: Während 79 Prozent der Münchner Teilnehmer über negative Lärmquellen am Tag und 39 Prozent in der Nacht berichteten, waren es nur 50 Prozent respektive 19 Prozent der Teilnehmer aus Ebersberg. Diese subjektiven Unterschiede zwischen den Studienorten waren deutlich größer als die objektiv gemessenen Unterschiede im Schallpegel.

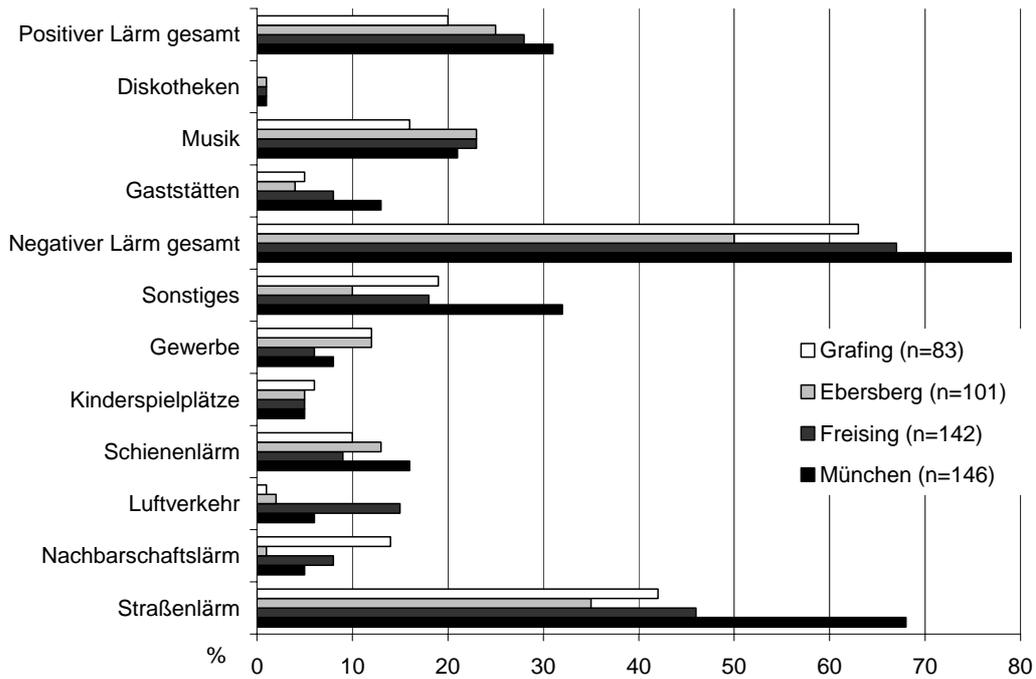
Im Vordergrund stand in allen Untersuchungsorten sowohl am Tag als auch in der Nacht der Straßenlärm, gefolgt vom Schienenlärm. So gaben in München mehr als 2/3 der Teilnehmer durch Straßenlärm und 16 Prozent durch Schienenlärm als Lärmquelle an. Nur in Freising lag der Fluglärm mit 15 Prozent am Tag höher als der Schienenlärm (9%). Die häufigste positive Lärmquelle am Untersuchungstag war laute Musik. Insgesamt gaben 27 Prozent der Teilnehmer tags und 12 Prozent nachts mindestens eine positive Lärmquelle an.

Frauen berichteten am Tag etwas häufiger über negative (69 vs. 65%) und positive Lärmquellen (29% vs. 25%) als Männer, nachts ergaben sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede (Tabelle 6-11). Mit zunehmendem Alter nahmen die so genannten positiven Lärmquellen tendenziell ab, für die negativen Lärmquellen fanden sich hingegen keine altersabhängigen Unterschiede (Ergebnisse nicht dargestellt).

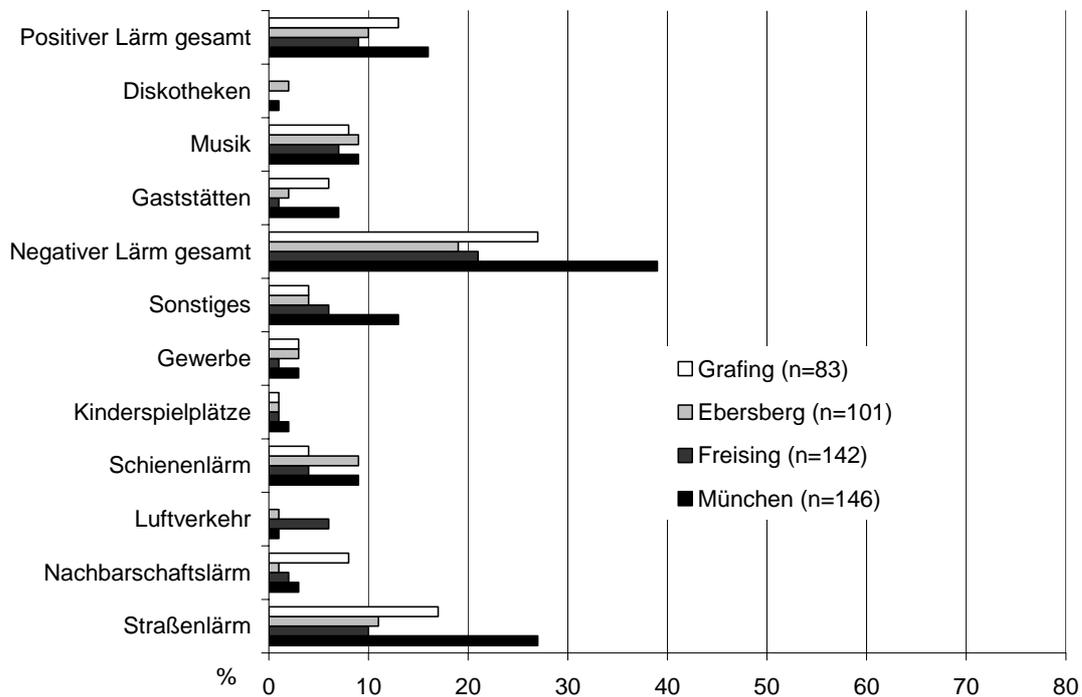
**Tabelle 6-10: Subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag nach Untersuchungsort für die Gruppe der Erwachsenen in %**

%	München n=146	Freising n=142	Ebersberg n=101	Grafring n=83
<b>Tag (6 – 22 Uhr)</b>				
Straßenlärm	68	46	35	42
Nachbarschaftslärm	5	8	1	14
Luftverkehr	6	15	2	1
Schienenlärm	16	9	13	10
Kinderspielplätze	5	5	5	6
Gewerbe	8	6	12	12
Sonstiges	32	18	10	19
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>79</b>	<b>67</b>	<b>50</b>	<b>63</b>
Gaststätten	13	8	4	5
Musik	21	23	23	16
Diskotheken	1	1	1	0
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>20</b>
<b>Nacht (22 – 6 Uhr)</b>				
Straßenlärm	27	10	11	17
Nachbarschaftslärm	3	2	1	8
Luftverkehr	1	6	1	0
Schienenlärm	9	4	9	4
Kinderspielplätze	2	1	1	1
Gewerbe	3	1	3	3
Sonstiges	13	6	4	4
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>39</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>27</b>
Gaststätten	7	1	2	6
Musik	9	7	9	8
Diskotheken	1	0	2	0
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>13</b>

LEe - Lärm: Exposition und Befinden



**Abbildung 6-22: Subjektive Lärmquellen am Untersuchungstag (6-22 Uhr) für die Gruppe der Erwachsenen nach Untersuchungsort**



**Abbildung 6-23: Subjektive Lärmquellen in der Untersuchungsnacht (22-6 Uhr) für die Gruppe der Erwachsenen nach Untersuchungsort**

**Tabelle 6-11: Subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag nach Geschlecht für die Gruppe der Erwachsenen in %**

%	Männer n=213	Frauen n=254
<b>Tag (6 – 22 Uhr)</b>		
Straßenlärm	48	51
Nachbarschaftslärm	7	7
Luftverkehr	8	7
Schienenlärm	13	12
Kinderspielplätze	3	7
Gewerbe	10	7
Sonstiges	18	23
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>64</b>	<b>69</b>
Gaststätten	7	10
Musik	19	23
Discotheken	1	0
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>25</b>	<b>29</b>
<b>Nacht (22 – 6 Uhr)</b>		
Straßenlärm	19	15
Nachbarschaftslärm	4	3
Luftverkehr	3	2
Schienenlärm	7	6
Kinderspielplätze	1	2
Gewerbe	2	3
Sonstiges	7	8
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>28</b>	<b>27</b>
Gaststätten	5	4
Musik	8	8
Discotheken	1	0
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>13</b>	<b>11</b>

### 6.3.2.2 Jugendliche und Kinder

Die subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag für Jugendliche und Kinder aufgeteilt nach Untersuchungsort zeigte ein ähnliches Muster wie bei den Erwachsenen (Tabelle 6-12). Insgesamt war die Prävalenz der subjektiven Lärmbelastung bei Kindern und Jugendlichen geringer als für die Erwachsenen. Ausnahme bildete der so genannte positive Lärm insbesondere am Tag, hier spielte laute Musik die ausschlaggebende Rolle. Vergleicht man Kinder und Jugendliche, so wird dieser Unterschied noch deutlicher (Tabelle 6-13): während 50 Prozent der Jugendlichen über laute Musik am Tag berichteten, waren es nur 28 Prozent der Kinder. Für die eher negativen Lärmquellen zeigten sich hingegen keine Unterschiede zwischen Kindern und Jugendlichen. Beim Vergleich von Jungen und Mädchen ergaben sich keine auffälligen Unterschiede (Ergebnisse nicht dargestellt).

**Tabelle 6-12: Subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag nach Untersuchungsort für die Gruppe der Kinder und Jugendlichen in %**

%	München n=289	Freising n=377	Ebersberg n=376	Grafring n=174
<b>Tag (6 – 22 Uhr)</b>				
Straßenlärm	47	35	35	44
Nachbarschaftslärm	8	8	4	6
Luftverkehr	6	18	3	3
Schienenlärm	8	4	10	13
Kinderspielplätze	10	6	6	6
Gewerbe	5	3	3	3
Sonstiges	28	21	21	27
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>69</b>	<b>62</b>	<b>56</b>	<b>66</b>
Gaststätten	11	4	3	5
Musik	43	39	36	36
Diskotheken	2	1	2	3
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>47</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>41</b>
<b>Nacht (22 – 6 Uhr)</b>				
Straßenlärm	13	10	10	13
Nachbarschaftslärm	3	3	2	2
Luftverkehr	2	8	2	1
Schienenlärm	4	2	3	8
Kinderspielplätze	3	2	2	2
Gewerbe	2	1	1	0
Sonstiges	8	5	5	6
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>25</b>
Gaststätten	7	2	1	3
Musik	18	11	15	13
Diskotheken	2	1	1	2
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>17</b>

**Tabelle 6-13: Subjektive Lärmbelastung am Untersuchungstag nach Gruppe für die Kinder und Jugendlichen in %**

%	Kinder n=617	Jugendliche n=699
<b>Tag (6 – 22 Uhr)</b>		
Straßenlärm	38	41
Nachbarschaftslärm	8	6
Luftverkehr	9	8
Schienenlärm	6	10
Kinderspielplätze	8	6
Gewerbe	2	5
Sonstiges	25	22
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>63</b>	<b>61</b>
Gaststätten	3	8
Musik	28	50
Diskotheken	1	3
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>30</b>	<b>54</b>
<b>Nacht (22 – 6 Uhr)</b>		
Straßenlärm	8	15
Nachbarschaftslärm	3	2
Luftverkehr	3	4
Schienenlärm	2	5
Kinderspielplätze	3	2
Gewerbe	0	2
Sonstiges	4	7
<b>Negativer Lärm gesamt</b>	<b>18</b>	<b>25</b>
Gaststätten	2	4
Musik	8	21
Diskotheken	0	3
<b>Positiver Lärm gesamt</b>	<b>9</b>	<b>24</b>

### 6.3.3 Übereinstimmung zwischen subjektiver und objektiver Lärmexposition

Im nächsten Schritt wurde der Zusammenhang zwischen der subjektiven und objektiven Lärmexposition – getrennt für Tag (6 bis 22 Uhr) und Nacht (22 bis 6 Uhr) untersucht. Hierzu wurde jeweils der mediane Schallpegel für Personen, die eine Lärmquelle angaben und solche, die diese Lärmexposition verneinten, mittels Wilcoxon-Test verglichen. Um multiple Vergleiche zu vermeiden, wurde dieser Test nur für die Summenparameter „negative Lärmquellen gesamt“ und „positive Lärmquellen gesamt“ durchgeführt. Auch hier wurde nach Altersgruppen stratifiziert (Tabelle 6-14-Tabelle 6-16).

#### 6.3.3.1 Erwachsene

Die größten Unterschiede im Schallpegel bezüglich der subjektiven Wahrnehmung von Lärmquellen ergaben sich für die Erwachsenen (Tabelle 6-14). Am geringsten und nicht statistisch signifikant war hierbei der Unterschied in der Summe der negativen Lärmquellen nachts. Auffällig ist, dass Teilnehmer, die nachts Kinderspielplätze als subjektive Lärmquelle angaben (<2%), einen deutlich geringeren medianen Schallpegel aufwiesen als der Rest der Population. Es ist denkbar, dass es in dem Wohnumfeld dieser Teilnehmer so leise war, dass sie auch geringe Hintergrundgeräusche wahrgenommen haben. Es verwundert allerdings, dass nachts überhaupt über Lärm von Kinderspielplätzen berichtet wurde, so dass die Validität dieser Angabe zu bezweifeln ist.

Den deutlichsten Unterschied zwischen Personen, die über nächtliche negative Lärmquellen berichteten und Teilnehmern, die subjektiv keiner Lärmquelle während der Nacht ausgesetzt waren, sieht man für den Luftverkehr (61 vs. 53 dB(A)). Hierbei ist allerdings die geringe Fallzahl derjenigen, die über Luftverkehr berichteten (2%) zu berücksichtigen.

Für alle so genannten positiven nächtlichen Lärmquellen zeigten sich hingegen deutliche Unterschiede im objektiven Schallpegel. So erreichte der mediane Schallpegel für Teilnehmer, die in den Nachtstunden Gaststätten besuchten, im Median 66 dB(A) im Vergleich zu 53 dB(A) für Probanden, die nicht über diese Lärmquelle berichteten.

Am Tag erreichte der Unterschied zwischen Teilnehmern mit und ohne negative subjektive Lärmbelastung gerade nicht statistische Signifikanz ( $p=0,09$ ). Unterschiede in den Schallpegeln zeigten sich hier für die Einzellärmquellen insbesondere für Umweltlärm durch Kinderspielplätze. Auch dies verdeutlicht wieder den von Kindern selbst verursachten Lärm, da es sich hierbei vermutlich vorwiegend um Personen handelte, die tags mit ihren Kindern einen Kinderspielplatz besuchten.

**Tabelle 6-14: Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Lärmbelastung am Untersuchungstag für die Gruppe der Erwachsenen**

Median (25er – 75er Perzentil)	Subjektive Lärmquelle	
	Vorhanden	Nicht vorhanden
<b>Exposition in dB(A) während des Tages (6 – 22 Uhr)</b>		
Straßenlärm	71,20 (68,23 – 74,84)	71,67 (68,47 – 75,23)
Nachbarschaftslärm	71,26 (68,82 – 74,11)	71,41 (68,27 – 75,15)
Luftverkehr	71,59 (68,20 – 76,65)	71,39 (68,47 – 75,10)
Schienenlärm	70,32 (68,20 – 74,08)	71,63 (68,52 – 75,21)
Kinderspielplätze	74,30 (70,59 – 76,18)	71,32 (68,20 – 75,10)
Gewerbe	72,15 (69,73 – 76,40)	71,35 (68,06 – 75,04)
Sonstiges	73,43 (69,37 – 76,18)	71,21 (68,02 – 74,67)
<b>Negativer Lärm gesamt (<math>p=0,09</math>)</b>	<b>71,63 (68,65 – 75,27)</b>	<b>70,97 (67,90 – 74,39)</b>
Gaststätten	72,88 (69,88 – 75,77)	71,32 (68,06 – 75,04)
Musik	72,28 (68,82 – 76,90)	71,22 (67,95 – 74,65)
Discotheken	76,90 (71,92 – 84,44)	71,36 (68,30 – 75,06)
<b>Positiver Lärm gesamt (<math>p=0,02</math>)</b>	<b>72,37 (69,01 – 76,28)</b>	<b>71,20 (67,93 – 74,65)</b>
<b>Exposition in dB(A) während der Nacht (22 – 6 Uhr)</b>		
Straßenlärm	54,12 (47,97 – 62,84)	53,32 (44,43 – 60,73)
Nachbarschaftslärm	53,21 (49,39 – 68,97)	53,35 (45,60 – 60,76)
Luftverkehr	61,10 (56,65 – 70,81)	53,30 (45,69 – 60,73)
Schienenlärm	53,64 (47,60 – 62,57)	53,34 (45,69 – 60,76)
Kinderspielplätze	40,64 (38,43 – 55,87)	53,39 (46,02 – 61,06)
Gewerbe	53,24 (41,99 – 57,47)	53,37 (45,88 – 61,15)
Sonstiges	54,58 (44,62 – 58,83)	53,32 (45,71 – 61,36)
<b>Negativer Lärm gesamt (<math>p=0,28</math>)</b>	<b>54,02 (46,63 – 63,07)</b>	<b>53,26 (44,90 – 60,57)</b>
Gaststätten	65,60 (49,00 – 74,62)	53,27 (45,60 – 60,12)
Musik	55,14 (50,25 – 64,15)	53,30 (44,90 – 60,24)
Discotheken	N=3	53,30 (45,69 – 60,73)
<b>Positiver Lärm gesamt (<math>p=0,005</math>)</b>	<b>57,08 (49,42 – 69,04)</b>	<b>53,17 (44,74 – 59,99)</b>

Wilcoxon-Tests auf statistisch signifikante Unterschiede wurden nur für die Summenparameter „Negativer Lärm gesamt“ und „Positiver Lärm gesamt“ durchgeführt.

### 6.3.3.2 Jugendliche

Für die Gruppe der Jugendlichen erreichten lediglich die Unterschiede im Schallpegel für den positiven Lärm in der Nacht statistische Signifikanz (Tabelle 6-15). Die größten Unterschiede ergaben sich hierbei zwischen Jugendlichen, die nachts eine Diskothek besuchten und Jugendlichen ohne diese Aktivität (64 vs. 50 dB(A); vgl. auch

Abbildung 6-9, S. 69). Die Unterschiede im nächtlichen Schallpegel waren für die negativen Lärmquellen gerade nicht statistisch signifikant ( $p=0,09$ ). Hier zeigten sich insbesondere für den Schienenverkehr große Unterschiede (53 vs. 50 dB(A)). Im Gegensatz zu den Erwachsenen war die subjektive Lärmexposition aus dem Luftverkehr hingegen mit einem geringeren Schallpegel assoziiert (46 vs. 50 dB(A)). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nur 4 Prozent der Jugendlichen über nächtliche Lärmexposition durch Luftverkehr berichteten.

Am Tag unterschieden sich die Schallpegel für Jugendliche mit und ohne subjektive Lärmexposition kaum. Wie auch bei den Erwachsenen, war insbesondere der Schallpegel für Jugendliche, die über Straßenverkehrslärm berichteten, vergleichbar, tendenziell sogar niedriger, mit dem für Jugendliche, die diese Lärmquelle nicht angaben (75 vs. 76 dB(A)). In Bezug auf die einzelnen Lärmquellen des „positiven“ Lärms zeigten sich deutliche Unterschiede auch am Tag für Jugendliche, die einen Diskothekenbesuch angaben (79 vs. 76 dB(A)). Hingegen war der objektive Schallpegel für Jugendliche, die über Lärm aus Gaststätten berichteten, sogar etwas geringer als für Jugendliche ohne diese selbst berichtete Exposition (74 vs. 76 dB(A)). Ursächlich könnte der üblicherweise am Tag relativ kurze Aufenthalt in Gaststätten gewesen sein, der sich auf den Gesamtmittelwert über die 16 Stunden des Tages nur relativ gering auswirkte.

**Tabelle 6-15: Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Lärmbelastung am Untersuchungstag für die Gruppe der Jugendlichen**

Median (25er – 75er Perzentil)	Subjektive Lärmquelle	
	Vorhanden	Nicht vorhanden
<b>Exposition in dB(A) während des Tages (6 – 22 Uhr)</b>		
Straßenlärm	75,34 (70,21 – 79,60)	76,04 (71,75 – 79,84)
Nachbarschaftslärm	73,60 (68,31 – 75,86)	75,99 (71,28 – 79,76)
Luftverkehr	75,06 (71,41 – 78,36)	75,90 (71,13 – 79,75)
Schienenlärm	75,24 (70,32 – 78,74)	75,88 (71,25 – 79,79)
Kinderspielplätze	74,63 (69,14 – 79,47)	75,84 (71,32 – 79,75)
Gewerbe	73,18 (68,54 – 78,28)	75,88 (71,29 – 79,75)
Sonstiges	76,22 (72,27 – 79,71)	75,68 (70,72 – 79,74)
<b>Negativer Lärm gesamt (p=0,29)</b>	<b>75,66 (70,87 – 79,73)</b>	<b>76,05 (71,61 – 79,81)</b>
Gaststätten	74,30 (68,43 – 79,30)	75,78 (71,25 – 79,74)
Musik	76,05 (71,56 – 79,88)	75,35 (70,92 – 79,45)
Diskotheken	79,40 (73,80 – 82,37)	75,70 (71,07 – 79,67)
<b>Positiver Lärm gesamt (p=0,32)</b>	<b>76,03 (71,08 – 79,86)</b>	<b>75,47 (71,07 – 79,45)</b>
<b>Exposition in dB(A) während der Nacht (22 – 6 Uhr)</b>		
Straßenlärm	52,78 (45,19 – 60,91)	49,50 (41,60 – 58,53)
Nachbarschaftslärm	52,95 (46,56 – 57,61)	49,83 (41,81 – 59,02)
Luftverkehr	45,78 (39,71 – 53,65)	50,19 (41,87 – 59,28)
Schienenlärm	53,30 (41,64 – 64,78)	49,75 (41,83 – 58,42)
Kinderspielplätze	51,87 (43,97 – 63,54)	49,86 (41,81 – 58,83)
Gewerbe	51,35 (46,86 – 56,06)	49,86 (41,66 – 59,09)
Sonstiges	52,82 (45,06 – 64,53)	49,68 (41,64 – 58,37)
<b>Negativer Lärm gesamt (p=0,09)</b>	<b>52,17 (44,12 – 60,75)</b>	<b>49,42 (41,28 – 58,39)</b>
Gaststätten	55,07 (42,65 – 70,66)	49,88 (42,09 – 58,42)
Musik	54,06 (45,06 – 64,28)	49,37 (41,61 – 58,06)
Diskotheken	63,83 (50,75 – 87,81)	49,89 (41,91 – 58,42)
<b>Positiver Lärm gesamt (p=0,0004)</b>	<b>54,06 (44,44 – 64,28)</b>	<b>49,30 (41,61 – 57,97)</b>

Wilcoxon-Tests auf statistisch signifikante Unterschiede wurden nur für die Summenparameter „Negativer Lärm gesamt“ und „Positiver Lärm gesamt“ durchgeführt.

### 6.3.3.3 Kinder

Für die Gruppe der Kinder ging insbesondere der positive selbst berichtete Lärm am Tag mit einem signifikant höheren medianen Tagesschallpegel einher (80 vs. 79 dB(A),  $p=0,02$ ; Tabelle 6-16). Im Vordergrund stand in dieser Altersgruppe Musik als Lärmquelle (81 vs. 79 dB(A)). Keine Unterschiede fanden sich hingegen für Kinder, die negativen Lärm wahrnahmen und solchen, die am Tag nicht über negativen Lärm berichteten (80 dB(A) für beide Gruppen).

Der wahrgenommene negative Lärm in der Nacht war mit einem höheren medianen Schallpegel assoziiert, dieser Unterschied erreichte gerade nicht statistische Signifikanz (41 vs. 39,  $p=0,06$ ). Besonders deutlich war der Unterschied für den Nachbar-

schaftslärm, über den allerdings nur 2 Prozent der Kinder berichteten, aber auch Straßen- und Luftverkehr sowie Gewerbelärm spielten eine Rolle. Nur 9 Prozent der Kinder berichteten über irgendeine positive Lärmquelle in der Nacht, für diese konnte kein statistisch signifikanter Unterschied in den medianen Schallpegeln im Vergleich zu Kindern ohne selbst berichteten positiven nächtlichen Lärm gefunden werden (40 dB(A) für beide Gruppen).

**Tabelle 6-16: Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Lärmbelastung am Untersuchungstag für die Gruppe der Kinder**

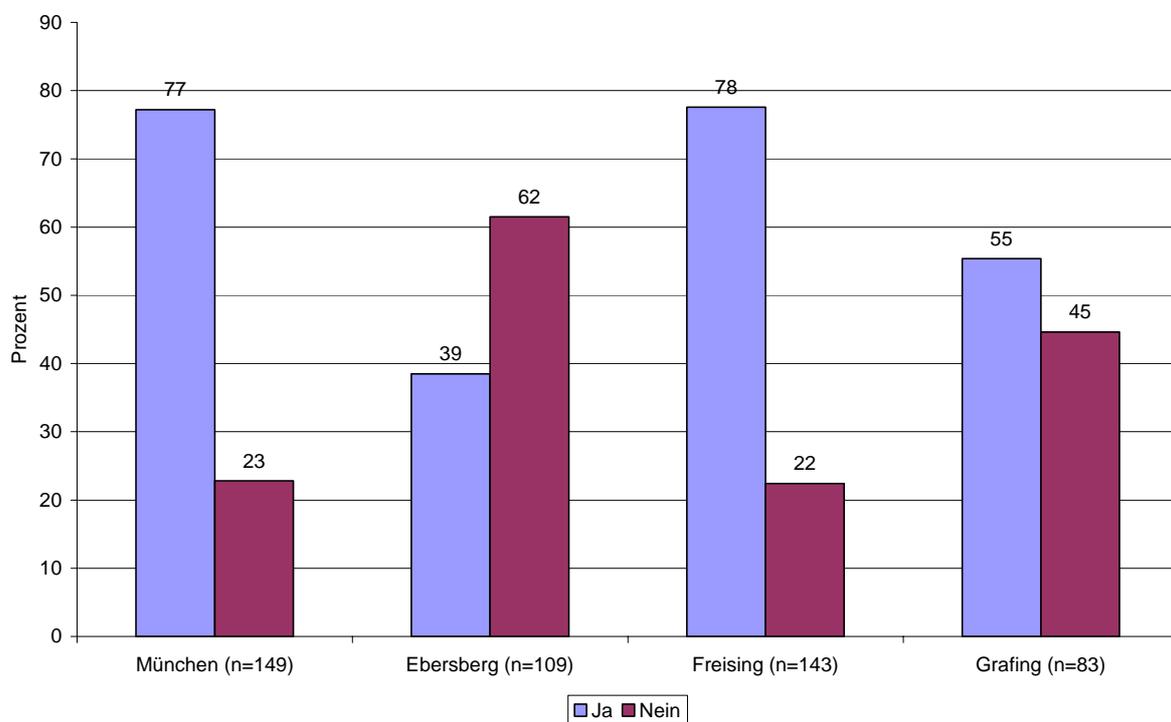
Median (25er – 75er Perzentil)	Subjektive Lärmquelle	
	Vorhanden	Nicht vorhanden
<b>Exposition in dB(A) während des Tages (6 – 22 Uhr)</b>		
Straßenlärm	79,93 (76,74 – 83,04)	79,55 (76,18 – 82,60)
Nachbarschaftslärm	78,11 (74,81 – 82,42)	79,80 (76,49 – 82,73)
Luftverkehr	79,74 (75,21 – 83,10)	79,75 (76,48 – 82,63)
Schienenlärm	78,17 (75,15 – 81,54)	79,87 (76,49 – 82,77)
Kinderspielplätze	80,45 (77,38 – 83,27)	79,66 (76,22 – 82,70)
Gewerbe	79,29 (73,28 – 84,36)	79,75 (76,48 – 82,72)
Sonstiges	80,30 (77,03 – 82,90)	79,49 (76,21 – 82,63)
<b>Negativer Lärm gesamt (p=0,54)</b>	<b>79,97 (76,48 – 82,76)</b>	<b>79,54 (76,25 – 82,70)</b>
Gaststätten	80,05 (76,79 – 82,36)	79,74 (76,48 – 82,73)
Musik	80,62 (77,16 – 83,23)	79,49 (75,90 – 82,42)
Diskotheken	N=2	79,75 (76,48 – 82,72)
<b>Positiver Lärm gesamt (p=0,02)</b>	<b>80,47 (77,16 – 83,23)</b>	<b>79,42 (75,85 – 82,42)</b>
<b>Exposition in dB(A) während der Nacht (22 – 6 Uhr)</b>		
Straßenlärm	42,09 (37,42 – 49,96)	39,43 (37,44 – 46,44)
Nachbarschaftslärm	48,55 (40,08 – 61,01)	39,47 (37,44 – 46,25)
Luftverkehr	42,43 (39,13 – 54,70)	39,52 (37,44 – 46,46)
Schienenlärm	39,43 (37,49 – 42,19)	39,56 (37,44 – 47,02)
Kinderspielplätze	41,69 (37,59 – 54,84)	39,49 (37,44 – 46,47)
Gewerbe	45,34 (37,26 – 59,89)	39,56 (37,44 – 46,50)
Sonstiges	40,28 (37,69 – 55,20)	39,52 (37,44 – 46,44)
<b>Negativer Lärm gesamt (p=0,06)</b>	<b>41,32 (37,90 – 50,51)</b>	<b>39,17 (37,42 – 46,06)</b>
Gaststätten	39,09 (37,43 – 41,69)	39,56 (37,46 – 46,54)
Musik	39,69 (37,54 – 50,09)	39,56 (37,44 – 46,47)
Diskotheken	N=0	39,56 (37,45 – 46,50)
<b>Positiver Lärm gesamt (p=0,39)</b>	<b>39,69 (37,49 – 50,09)</b>	<b>39,56 (37,44 – 46,47)</b>

Wilcoxon-Tests auf statistisch signifikante Unterschiede wurden nur für die Summenparameter „Negativer Lärm gesamt“ und „Positiver Lärm gesamt“ durchgeführt.

Für die weiteren Auswertungen wurde jeweils nur noch der Summenparameter „positiver“ bzw. „negativer Lärm“ betrachtet.

### 6.3.4 Subjektive chronische Lärmbelastung<sup>13</sup>

Die subjektive chronische Lärmbelastung wurde nur für die Gruppe der Erwachsenen ausgewertet. 65 Prozent der Teilnehmer bejahten die Frage, ob es normalerweise im Haus oder der Wohnung Lärm von außen gibt. Differenziert nach Studienort zeigen sich deutliche Unterschiede. Mit 78 bzw. 77 Prozent gaben die Teilnehmer aus Freising und München wesentlich häufiger chronische Lärmbelastung in der Wohnumgebung an als die Teilnehmer aus Ebersberg und Grafing mit 39 bzw. 55 Prozent (Abbildung 6-24).

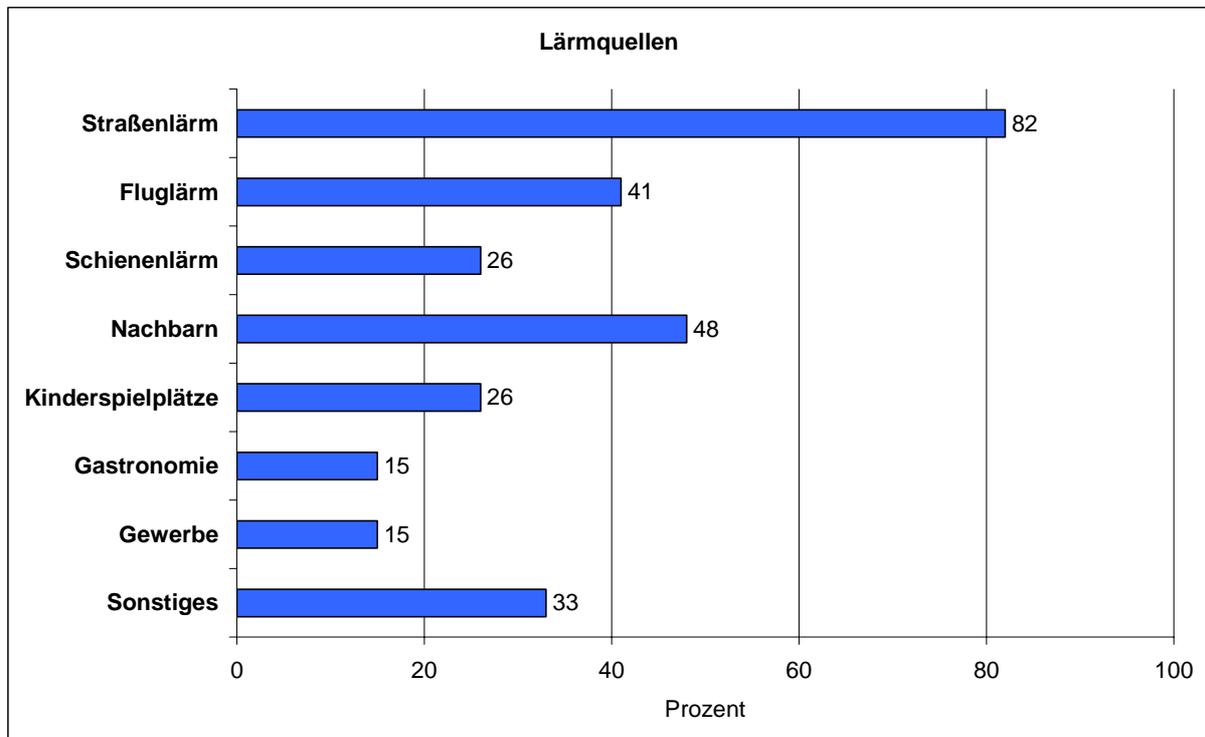


**Abbildung 6-24: Prozentuale Nennungen des Vorhandenseins von Lärm im Wohnumfeld – differenziert nach Studienort**

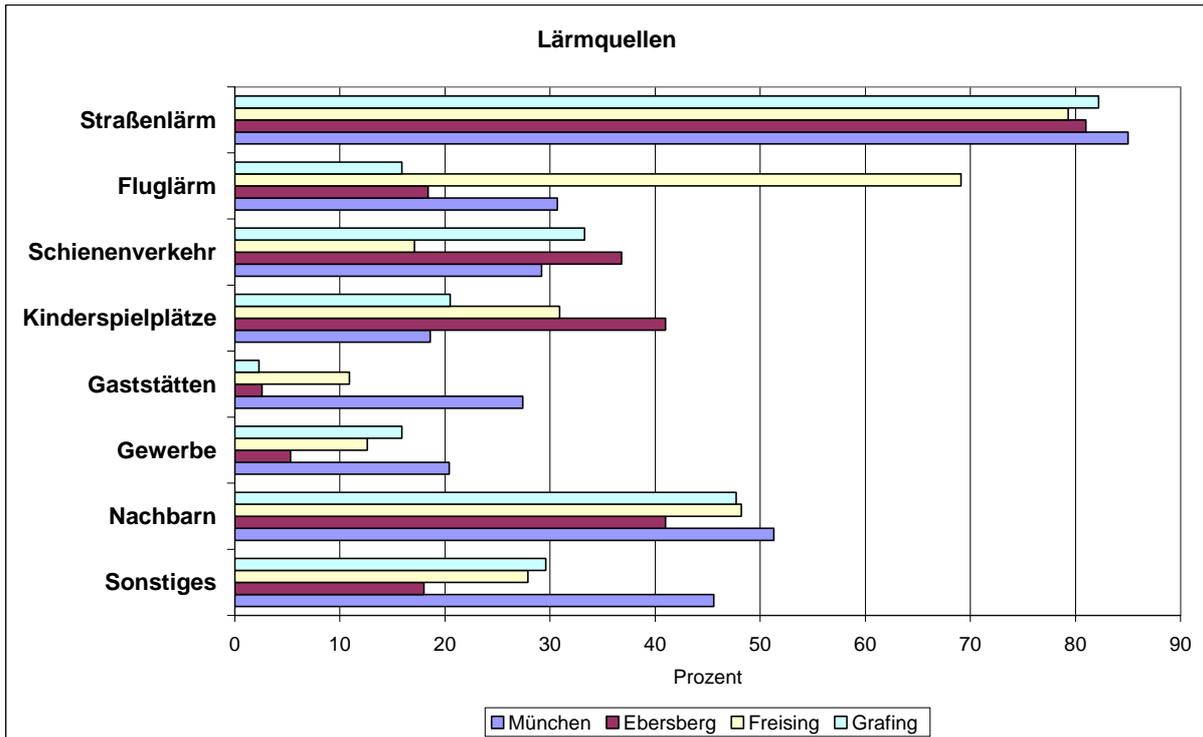
Befragt nach den verschiedenen Lärmquellen, nannten über 80 Prozent der sich als chronisch lärmbelästigt Einschätzenden den Straßenverkehr sowie knapp die Hälfte nachbarschaftlichen Lärm. Der Fluglärm wurde von mehr als 40 Prozent der Probanden des Gesamtkollektivs, die sich als chronisch Lärm belastet einschätzten und von knapp 70 Prozent der entsprechenden Probanden aus Freising als Lärmquelle ge-

<sup>13</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung

nannt (Abbildung 6-25). Gaststätten zeigten sich insbesondere für die Münchner als relevante Lärmquelle. Sie wurden von 27 Prozent der Befragten Münchner mit subjektiver chronischer Lärmbelastung genannt. Für den Straßenlärm fanden sich kaum Unterschiede nach Studienort .



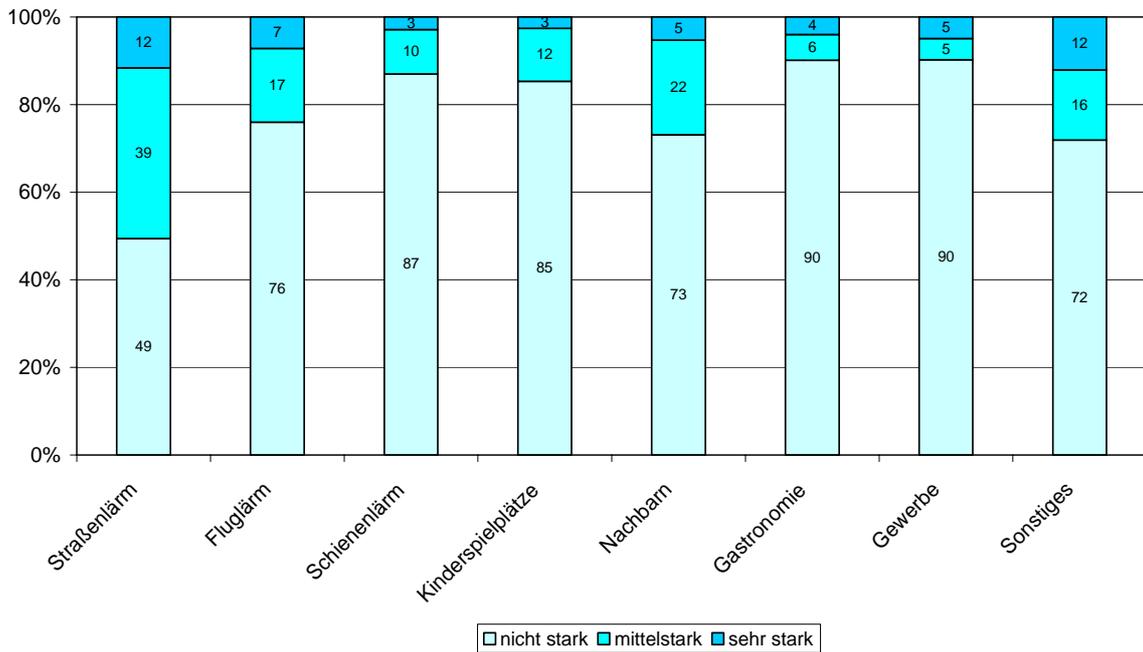
**Abbildung 6-25: Prozentuale Nennungen verschiedener Lärmquellen im Wohnumfeld**



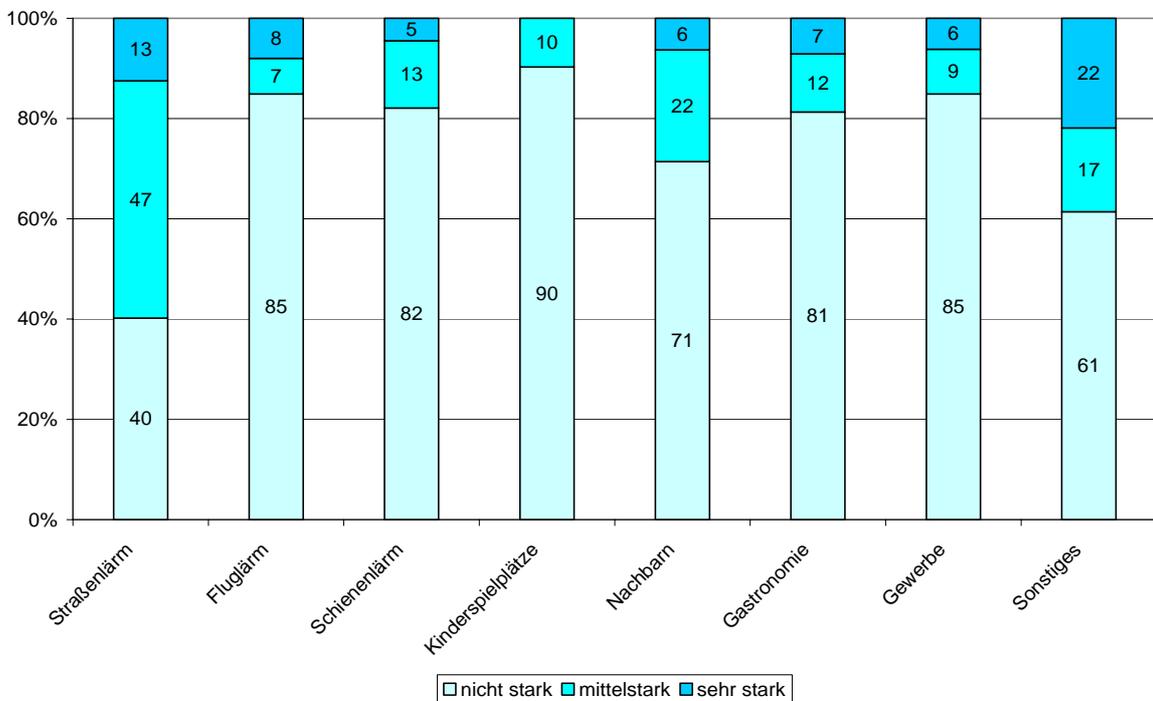
**Abbildung 6-26: Prozentuale Nennungen verschiedener Lärmquellen im Wohnumfeld – differenziert nach Wohnort**

Zusätzlich zu den Lärmquellen wurde nach der empfundenen Lärmstärke der jeweiligen Quellen gefragt. Abbildung 6-27 zeigt die prozentualen Anteile der Nennungen. Hierbei zeigte sich für das Gesamtkollektiv, dass nur der Straßenlärm von etwa der Hälfte der subjektiv chronisch lärmbelästigten als mittelstark oder sehr stark eingestuft wurde. Am zweit höchsten war die Lärmintensität für den Nachbarschaftslärm, dieser wurde von mehr als einem Viertel der sich selbst als durch Lärm belästigt Einstufenden als mittelstark bis stark angegeben.

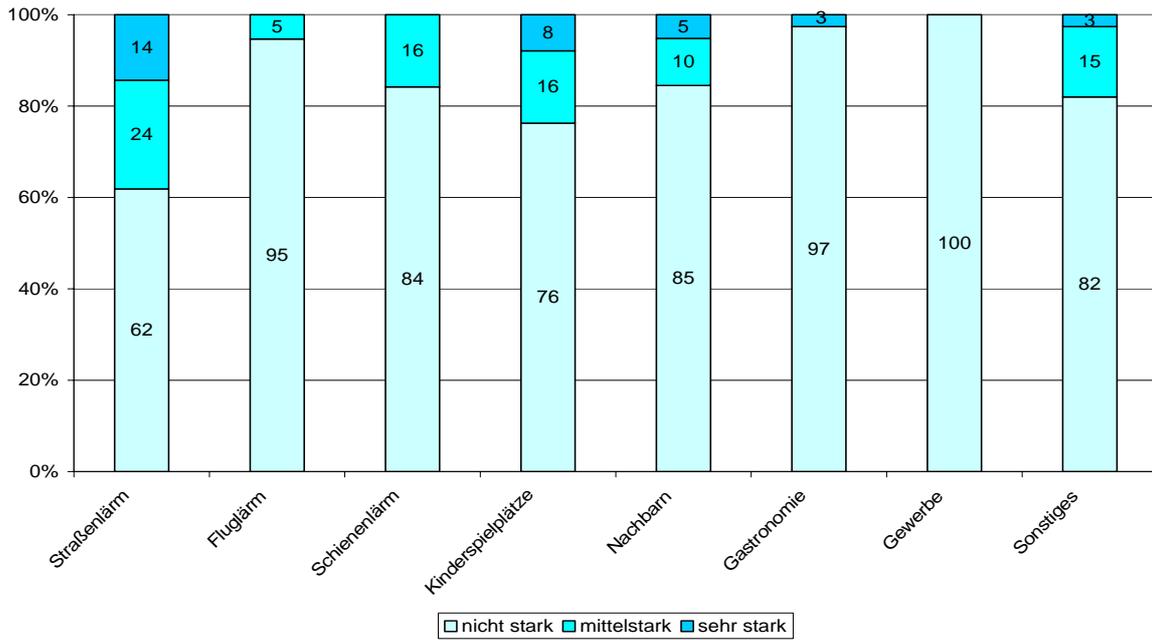
Betrachtet man entsprechende Ergebnisse für die einzelnen Studienorte, so fällt auf, dass der Straßenlärm von den subjektiv chronisch lärmbelästigten Münchnern am häufigsten (60 %) als mittelstark oder sehr stark eingestuft wurde. Ca. 50 Prozent der entsprechenden Freisinger Subgruppe stufen sowohl den Straßenlärm als auch den Fluglärm als mittelstark oder sehr stark ein. 24 Prozent der Ebersberger Teilnehmer, die sich im Wohnumfeld chronisch lärmbelästigt fühlten, stufen Kinderspielplätze als mittelstarke oder starke Lärmquelle ein (Abbildung 6-28 - Abbildung 6-31).



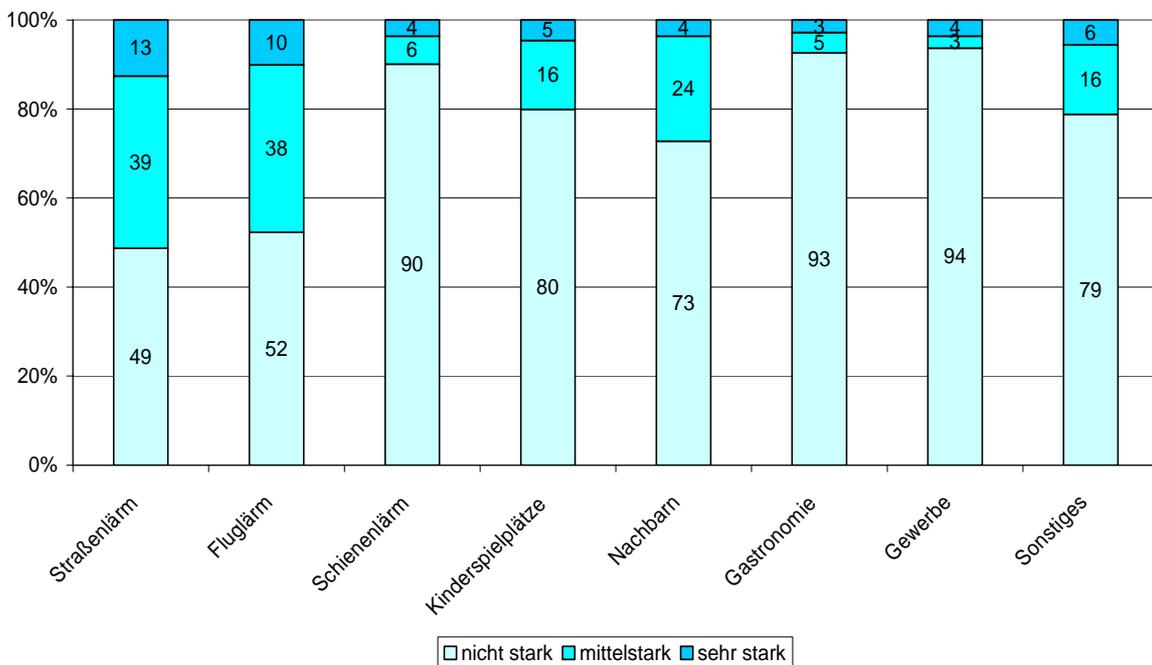
**Abbildung 6-27: Subjektive Lärmstärke der verschiedenen Lärmquellen. Angaben in Prozent**



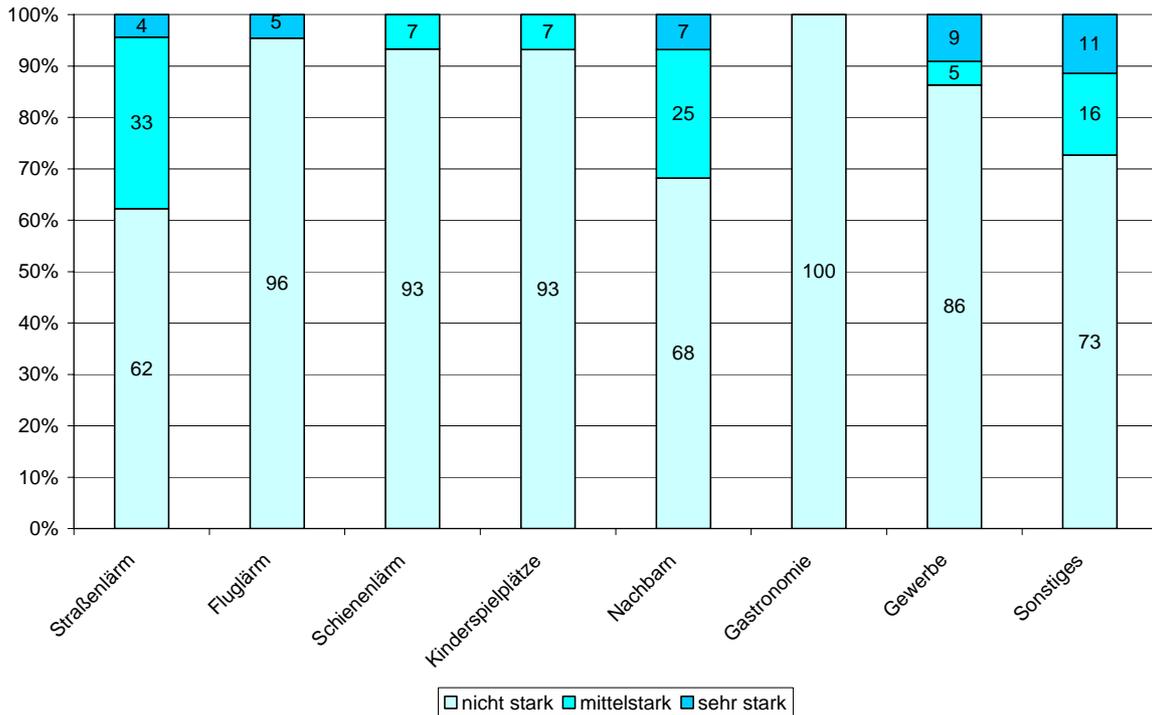
**Abbildung 6-28: München: Subjektive Lärmstärke der verschiedenen Lärmquellen - Angaben in Prozent**



**Abbildung 6-29: Ebersberg: Subjektive Lärmstärke der verschiedenen Lärmquellen - Angaben in Prozent**



**Abbildung 6-30: Freising: Subjektive Lärmstärke der verschiedenen Lärmquellen - Angaben in Prozent**



**Abbildung 6-31: Grafing: Subjektive Lärmstärke der verschiedenen Lärmquellen - Angaben in Prozent**

Für die weiteren Analysen wurde ein Summenscore über die Stärke der verschiedenen Lärmquellen erstellt (Tabelle 6-17). Dabei zeigt sich, dass 50 Prozent der Teilnehmer eine Lärmquelle als mittelstark bezeichneten. Für die bivariaten und multiplen Analysen wurde das Merkmal wiederum dichotomisiert. Als Cutpoint wurde die 3 gewählt und mit 1 kodiert. Bei einer dreistufigen Antwortkategorie mit den Ausprägungen 0 bis 2 bedeutet dies, dass Personen, die entweder drei Lärmquellen als mittelstark oder aber mindestens zwei Lärmquellen angaben, von denen wenigstens eine als sehr stark empfunden wird, als hoch subjektiv lärmbelastet eingestuft werden. Der prozentuale Anteil dieser Gruppe betrug 23 Prozent.

**Tabelle 6-17: Verteilungskennwerte des Summenscores über die Stärke der verschiedenen Lärmquellen (n=484)**

M	SD	1. Quartil	Median	3. Quartil	Range
1,44	1,85	0	1	2	0-8

Anmerkung: M=arithmetischer Mittelwert, SD=Standardabweichung

### 6.3.5 Subjektive chronische Lärmbelastung und objektive Lärmbelastung am Untersuchungstag<sup>14</sup>

Weder tagsüber (OR=1,2; 95%-KI 0,7; 2,1) noch nachts (OR=1; 95%-KI: 0,6; 1,7) zeigte sich ein Zusammenhang zwischen subjektiver chronischer Lärmbelastung und dem objektiven Schallpegel am Untersuchungstag. Auch die Berechnung der Korrelation zwischen den beiden ursprünglich kontinuierlichen Variablen ergab keine Assoziation ( $r_{\text{Spearman tags}}=0,04$ ;  $p=0,41$ ;  $r_{\text{Spearman nachts}}=0,00$ ;  $p=0,98$ ).

**Tabelle 6-18: Zusammenhang zwischen der objektiven Schallpegel-exposition und der subjektiven Lärmbelastung bei Männern und Frauen**

Mittlere Lärmexposition am Tag*	Subjektiv hohe Lärmbelastung*		OR	95%-KI
	N	%		
<b>Gesamt (n=431)</b>				
> 75 dB(A)	26	23,9	1,24	0,74; 2,08
≤ 75 dB(A)	65	20,2	1	
<b>Männer (n=198)</b>				
> 75 dB(A)	11	22,4	1,51	0,68; 3,36
≤ 75 dB(A)	24	16,1	1	
<b>Frauen (n=233)</b>				
> 75 dB(A)	15	25,0	1,07	0,54; 2,12
≤ 75 dB(A)	41	23,7	1	
<b>Mittlere nächtliche Lärmexposition *</b>				
<b>Gesamt (n=427)</b>				
> 60 dB(A)	23	21,5	0,99	0,58; 1,70
≤ 60 dB(A)	69	21,6	1	
<b>Männer (n=195)</b>				
> 60 dB(A)	6	14,0	0,69	0,27; 1,78
≤ 60 dB(A)	29	19,1	1	
<b>Frauen (n=232)</b>				
> 60 dB(A)	17	26,6	1,16	0,60; 2,24
≤ 60 dB(A)	40	23,8	1	

\*: Merkmale wurden am 75. Perzentil der Verteilungen dichotomisiert

### 6.3.6 Subjektive Lärmbelastung und Befinden

Wie Tabelle 6-19 zeigt, war die subjektiv empfundene Lärmbelastung deutlich mit dem Befinden assoziiert. So war der Anteil von Personen mit Schlafproblemen unter den subjektiv hochgradiger Lärmbelasteten statistisch signifikant höher als unter denjenigen, die sich weniger stark durch Lärm in ihrem Wohnumfeld belastet fühlten

<sup>14</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung

(OR=3,4; 95%-KI: 2,2; 5,3). Der Zusammenhang für das Leistungsvermögen war etwas schwächer ausgeprägt (OR=2,1; 95%-KI: 1,4; 3,3).

**Tabelle 6-19: Assoziation zwischen der subjektiven Lärmbelastung und dem Befinden bei Männern (n=225) und Frauen (n=259)**

Subjektive Lärmbelastung*	Schlafprobleme*		OR	95%-KI
	N	%		
<b>Gesamt (n=484)</b>				
hoch	50	45,9	<b>3,39</b>	2,15; 5,34
niedrig	75	20,0	1	
<b>Männer</b>				
hoch	17	40,5	<b>3,09</b>	1,50; 6,36
niedrig	33	18,0	1	
<b>Frauen</b>				
hoch	33	49,3	<b>3,47</b>	1,92; 6,24
niedrig	42	21,9	1	
	<b>Subjektiv verringertes Leistungsvermögen*</b>			
<b>Gesamt (n=484)</b>				
hoch	45	41,3	<b>2,13</b>	1,36; 3,34
niedrig	93	24,8	1	
<b>Männer</b>				
hoch	16	38,1	<b>2,70</b>	1,31; 5,58
niedrig	34	18,6	1	
<b>Frauen</b>				
hoch	29	43,3	1,72	0,97; 3,05
niedrig	59	30,7	1	

\*: Merkmale wurden etwa am 75. Perzentil der Verteilungen dichotomisiert

## 6.4 Potenzielle Störgrößen: Lärmsensitivität für die Gruppe der Erwachsenen<sup>15</sup>

Die Verteilung der in der weiteren Auswertung verwendeten Skalen zur Lärmempfindlichkeit zeigt Tabelle 6-20. Das im Weiteren als Cut-off verwendete 75er Perzentil lag sowohl für die Lärmsensitivität während des Schlafes als auch für die Gesamtskala bei 1,9.

**Tabelle 6-20: Verteilungskennwerte der Subskalen des NoiseQ sowie der Gesamtskala (n=486)**

Skala	M	SD	1. Quartil	Median	3. Quartil	Range
Schlaf	1,34	0,74	0,71	1,29	1,86	0-3
Gesamt	1,45	0,52	1,06	1,46	1,86	0,2-2,8

Anmerkung: M=arithmetischer Mittelwert, SD=Standardabweichung

## 6.5 Potenzielle Störgrößen: Stressverarbeitung

### 6.5.1 Erwachsene<sup>16</sup>

Auch die im Weiteren verwendeten Bereichsskalen der positiven und negativen Stressverarbeitung für das Kollektiv der Erwachsenen wurden am 75er Perzentil unterteilt. Tabelle 6-21 zeigt die Verteilungskennwerte beider Bereichstests. Es zeigt sich, dass insgesamt häufiger positive, Stress vermindernde Verarbeitungsstrategien als negative, Stress vermehrende Verarbeitungsstrategien angegeben wurden. Bei der nach Geschlecht stratifizierten Analyse ergaben sich Hinweise darauf, dass Frauen eher zu Stress vermehrenden Verarbeitungsstrategien neigen als Männer (Tabelle 5-6).

**Tabelle 6-21: Verteilungskennwerte der beiden Bereichstests des SVF 78 (n=486)**

Bereichstest	M	SD	1. Quartil	Median	3. Quartil	Range
Positive Stressverarbeitung	13,87	2,33	12,53	14,00	15,29	17,57
Negative Stressverarbeitung	9,56	3,51	7,25	9,50	12,00	21,00

Anmerkung: M=arithmetischer Mittelwert, SD=Standardabweichung

<sup>15</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung

<sup>16</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung

## 6.5.2 Kinder und Jugendliche

Sowohl bei den Kindern als auch bei den Jugendlichen zeigte sich ebenfalls, dass in belastenden Situationen häufiger Stress reduzierende Verarbeitungsmechanismen angewandt wurden als Stress vermehrende (siehe Tabelle 6-22). Bei der nach Geschlecht stratifizierten Analyse zeigten sich bei Kindern keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen. Bei Jugendlichen dagegen ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Mädchen wandten ebenfalls wie erwachsene Frauen signifikant häufiger Stress vermehrende Strategien an als Jungen.

Die dargestellten Verteilungskennwerte sind zwischen Erwachsenen und Kindern und Jugendlichen nicht direkt vergleichbar, da der Stressverarbeitungsbogen für Kinder und Jugendliche zwar inhaltlich an den der Erwachsenen angepasst wurde, die Itemanzahl wie auch die Anzahl der Subtests jedoch voneinander differierten. Für die weiteren Analysen wurden beide Bereichstests ebenso wie bei den Erwachsenen am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen dichotomisiert.

**Tabelle 6-22: Verteilungskennwerte der beiden Bereichstests des SVF-KJ bei Kindern (n=607) und Jugendlichen (n=633)**

Bereichstest	M	SD	1. Quartil	Median	3. Quartil	Range
<b>Kinder</b>						
Positive Stressverarbeitung	2,46	0,47	2,19	2,48	2,75	3,54
Negative Stressverarbeitung	1,41	0,50	1,06	1,44	1,75	3,19
<b>Jugendliche</b>						
Positive Stressverarbeitung	2,31	0,43	2,04	2,33	2,58	2,83
Negative Stressverarbeitung	1,62	0,57	1,22	1,56	2,0	3,44

Anmerkung: M=arithmetischer Mittelwert, SD=Standardabweichung

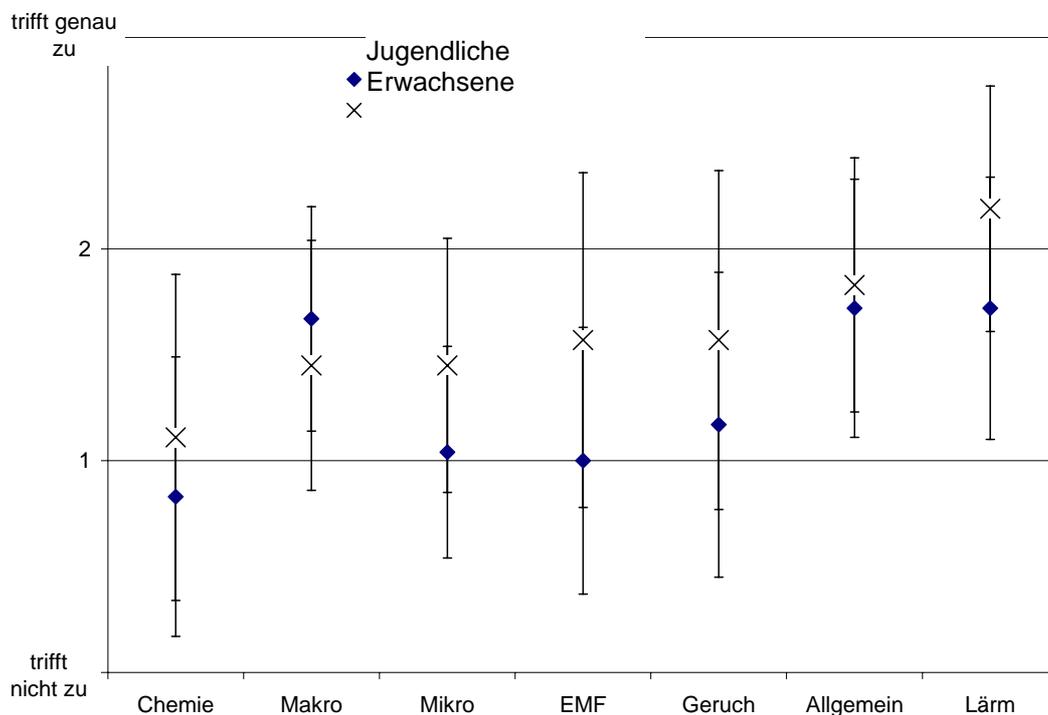
## 6.6 Potenzielle Störgrößen: Umweltbesorgnis der Erwachsenen und Jugendlichen<sup>17</sup>

Wie unter Punkt 3.3 erläutert, wurde zur Erfassung der Umweltbesorgnis die 12 Items umfassende Skala „krankheitsbezogene Umweltbesorgnis“ eingesetzt. Die

<sup>17</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Soz. Hedwig Spiegel, in Vorbereitung

Spannbreite der einzelnen Subskalenwerte reichte von 0 bis 3 („trifft nicht“ zu bis „trifft genau zu“).

Bis auf die Makrobesorgnis lag die Umweltbesorgnis bei den erwachsenen Teilnehmern höher als in der Gruppe der Jugendlichen (Abbildung 6-32). In beiden Gruppen war die Umweltbesorgnis für Lärm am stärksten ausgeprägt (Jugendliche 1,7, SD 0,6; Erwachsene: 2,2, SD 0,6). Für die Jugendlichen war der Mittelwert für Umweltbesorgnis für Lärm gleich mit der mittleren allgemeinen Umweltbesorgnis (Mittelwert 1,7, SD 0,6).



**Abbildung 6-32: Subskalen der Umweltbesorgnis für ( $\bar{x} \pm SD$ )**

Chemie = Umweltgifte, Schadstoffe	(Item 5-6)
Makro = Makrobesorgnis	(Item 1-4, 8-9)
Mikro = Mikrobesorgnis	(Item 5-7, 10-12)
EMF = elektromagnetische Felder	(Item 7-8)
Geruch = belästigende Gerüche	(Item 11-12)
Allgemein = Allgemeine Umweltbesorgnis	(Item 1-4)
Lärm = Lärmbesorgnis	(Item 9-10)

Tabelle 6-23 stellt die für die weitere Auswertung dichotomisierten Werte der Subskala Lärm für die erwachsenen Frauen und Männer sowie das Gesamtkollektiv dar. Die Bedeutung des Wertes am Trennwert 2,5 liegt zwischen den Kategorien „trifft eher

zu“ und „trifft genau zu“. Frauen äußerten sich insgesamt besorgter um die Umwelt als Männer. So berichtete 23 Prozent der Frauen über eine hohe Mikrobefürchtung im Vergleich zu nur 16 Prozent der männlichen Studienteilnehmer.

**Tabelle 6-23: Lärmspezifische Umweltbesorgnis in dichotomer Ausprägung - absolute und relative Häufigkeiten**

Skala Umweltbesorgnis		Männer (n=226)		Frauen (n=260)		Gesamt (n=486)	
		n	%	n	%	n	%
Lärm	Hoch	37	16,3	60	23,1	97	20,0
	Niedrig	189	83,6	200	76,9	389	80,0

Für die Jugendlichen wurde der Cut-off am 75er Perzentil für die Lärmbefürchtung bei 2,0 festgelegt.

## 6.7 Gesundheitliche Situation der Teilnehmer:

### Chronische Beschwerden

#### 6.7.1 Subjektives Befinden für die Gruppe der Erwachsenen<sup>18</sup>

In Tabelle 6-24 sind die für die vorliegenden Analysen berücksichtigten Beschwerden, wie sie im Fragebogen erfragt wurden, in den einzelnen Kategorien dargestellt. Dabei zeigte sich, dass über 40 Prozent der Erwachsenen sich mindestens dreimal in der Woche morgens nach dem Aufstehen noch müde und zerschlagen fühlten. 15 Prozent der Teilnehmer gaben täglich Probleme beim Durchschlafen an, knapp 8 Prozent berichteten, nur schlecht einzuschlafen. Ebenso groß war der Anteil derer, die der Meinung waren, dass das körperliche Leistungsvermögen täglich verringert sei. Etwa ein Fünftel der Studienteilnehmer gab an, mindestens dreimal wöchentlich schnell zu ermüden, über 15 Prozent gab in der gleichen Häufigkeit Konzentrationsprobleme an.

<sup>18</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung

**Tabelle 6-24: Subjektive Beschwerden in den letzten sechs Monaten. Absolute und relative Häufigkeiten (n=486)**

Körperliche Beschwerden (Bezugszeitraum: 6 Monate)	Praktisch nie		Etwa einmal im halben Jahr		Etwa zweimal im Monat		Etwa dreimal in der Wo- che		Fast täg- lich	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Fühlen Sie sich morgens nach dem Aufstehen noch müde und zerschlagen?	110	22,8	23	4,7	139	28,6	113	23,3	101	20,7
Haben Sie Schwierigkeiten einzuschlafen?	268	55,1	32	6,6	109	22,4	40	8,2	37	7,6
Haben Sie Schwierigkeiten durchzuschlafen?	226	46,5	42	8,6	83	17,1	62	12,8	73	15,0
Ist Ihr körperliches Leistungsvermögen verringert?	242	49,9	60	12,4	115	23,7	32	6,6	37	7,6
Ermüden Sie schnell?	227	46,7	43	8,8	110	22,8	63	12,9	43	8,9
Haben Sie Konzentrationsprobleme?	217	44,6	69	14,2	121	25,1	53	10,9	26	5,3

In einem weiteren Schritt wurden die in Tabelle 6-24 aufgeführten Einzelsymptome zu den Symptomgruppen Schlafprobleme und subjektiv verringertes Leistungsvermögen mittels Summation zusammengefasst (vgl. Tabelle 6-25).

**Tabelle 6-25: Zusammenfassung der subjektiven Beschwerden in den letzten 6 Monaten (Erwachsene) zu Symptomgruppen**

Symptomgruppe	Einzelitems
Schlafprobleme	Fühlen Sie sich morgens nach dem Aufstehen noch müde und zerschlagen? Haben Sie Schwierigkeiten einzuschlafen? Haben Sie Schwierigkeiten durchzuschlafen?
Subjektiv verringertes Leistungsvermögen	Ist Ihr körperliches Leistungsvermögen verringert? Ermüden Sie schnell? Haben Sie Konzentrationsprobleme?

Tabelle 6-26 zeigt die Verteilungskennwerte der beiden Skalen zu Schlafproblemen und dem wahrgenommenen verringerten Leistungsvermögen. Die Summenwerte beider Skalen reichen von 0 (alle drei Items wurden mit „praktisch nie“ angegeben) bis 12 (alle 3 Items wurden mit „fast täglich“ angegeben) und wurden wiederum am 75. Perzentil dichotomisiert.

**Tabelle 6-26: Verteilungskennwerte der Summenwerte über jeweils drei Items zu Schlafproblemen und verringertem Leistungsvermögen**

	M	SD	1.Quartil	Median	3.Quartil	Minimum	Maximum
Schlafprobleme	4,61	2,87	3	4	7	0	12
Verringertes Leistungsvermögen	3,55	3,07	1	3	6	0	12

Anmerkung: M=arithmetischer Mittelwert, SD=Standardabweichung

### 6.7.2 Subjektives Befinden für die Kinder und Jugendlichen

Zielgrößen bei den Kindern und Jugendlichen waren zum einen Einschlafprobleme in den letzten sechs Monaten als Surrogat für Schlafprobleme sowie Müdigkeit und Erschöpfung als Parameter für das subjektive Leistungsvermögen. Die Prävalenz dieser Zielgrößen ist in Tabelle 6-27 dargestellt. Sowohl für die Einschlafprobleme als auch besonders für das Leistungsvermögen ergab sich eine deutlich höhere Prävalenz für die Jugendlichen im Vergleich zu den Kindern der Stichprobe. Mehr als die Hälfte der Jugendlichen gab an, mindestens mehrmals pro Woche müde und erschöpft zu sein.

**Tabelle 6-27: Prävalenz des Auftretens subjektiver Beschwerden in den letzten 6 Monaten mit der Häufigkeit „mehrmals pro Woche“ für Kinder und Jugendliche**

Einzelitems nach Bereichen	Kinder		Jugendliche	
	n	%	n	%
Einschlafprobleme	20	3,3	30	4,8
Müde und erschöpft sein	205	34,0	348	55,0

## 6.8 Gesundheitliche Situation der Teilnehmer:

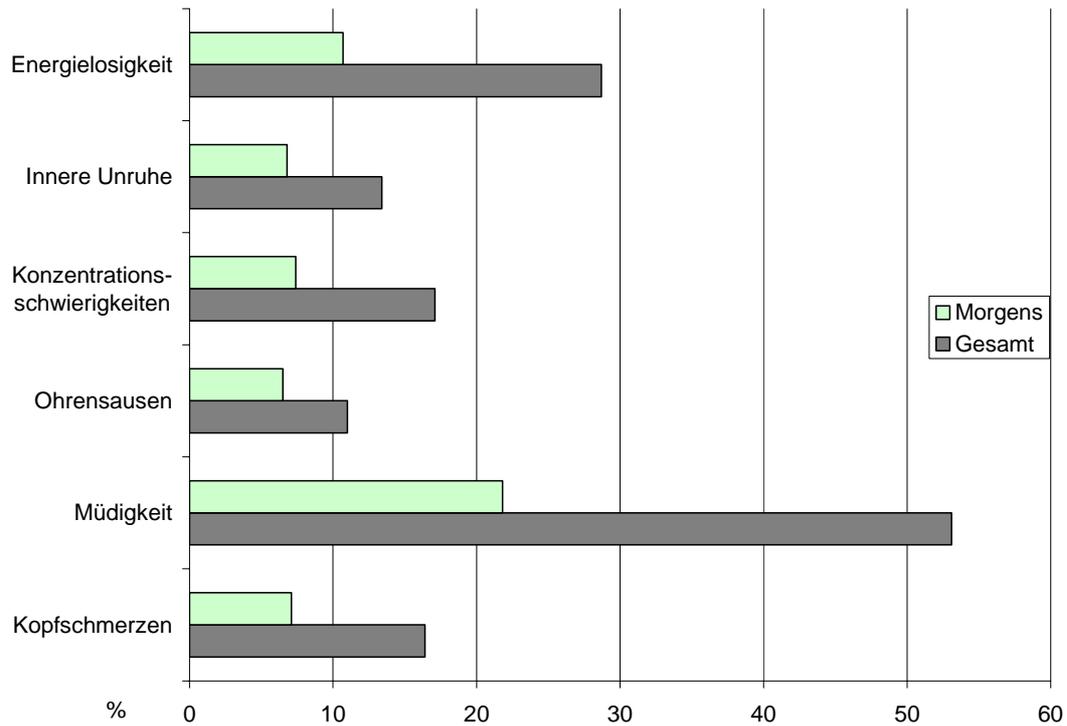
### Akute Beschwerden am Untersuchungstag

Die Probanden wurden gebeten, zu drei verschiedenen Tageszeiten (morgens, mittags, abends) des Untersuchungstags eine Beschwerdeliste mit 10 Items (Kinder und Jugendliche) bzw. 23 Items (Erwachsene) auszufüllen. Die Likert-Skala war vierstufig skaliert mit den Ausprägungen „gar nicht“ bis „stark“. Ein Symptom wurde als am Untersuchungstag insgesamt vorhanden gewertet, wenn es mindestens einmal mit der

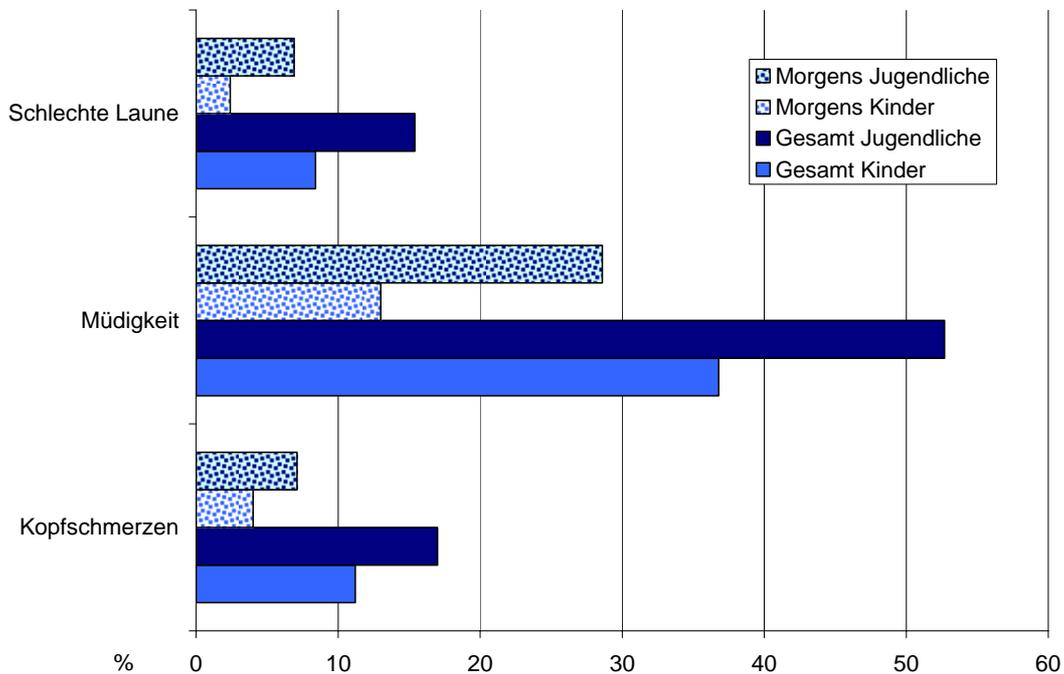
Stärke „mittelstark“ oder „stark“ angegeben wurde. Ein Symptom am Morgen galt als vorhanden, wenn es mit der Stärke „mittelstark“ oder „stark“ in der morgendlichen Beschwerdeliste angegeben wurde. Für den Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Befinden wurden a-priori die in Abbildung 6-33 und Abbildung 6-34 dargestellten Symptome als möglicherweise relevant erachtet.

Kinder berichteten seltener über Symptome als Jugendliche oder Erwachsene. Besonders ausgeprägt war dieser Unterschied für Müdigkeit am Untersuchungstag. Am Morgen des Untersuchungstags lag die Prävalenz dieser Beschwerde bei den Jugendlichen bei 29 Prozent, bei den Erwachsenen bei 22 Prozent, während nur 13 Prozent der Kinder nach dem Aufstehen müde waren. Über den Untersuchungstag betrachtet war die Prävalenz von Müdigkeit mit 53 Prozent für Jugendliche und Erwachsene gleich. Für die Erwachsenen lag die Prävalenz von Energielosigkeit mit fast 30 Prozent an mindestens einem der drei Zeitpunkte des Untersuchungstags am zweithöchsten. Diese Beschwerde wurde für Kinder und Jugendliche nicht erfasst.

Vergleicht man die Prävalenz von Kopfschmerzen in den drei Untersuchungskollektiven, so war die relative Häufigkeit wiederum für Jugendliche und Erwachsene sowohl am Morgen des Untersuchungstages (7%) als auch über den Untersuchungstag (17% bzw. 16%) etwa gleich und deutlich höher als für die Kinder (morgens 4%, Untersuchungstag 11%).



**Abbildung 6-33: Prävalenz von Beschwerden am Untersuchungstag insgesamt sowie am Morgen des Untersuchungstags in der Gruppe der Erwachsenen (n=486)**



**Abbildung 6-34: Prävalenz von Beschwerden am Untersuchungstag insgesamt sowie am Morgen des Untersuchungstags in der Gruppe der Kinder (n=628) und Jugendlichen (n=639)**

## **6.9 Gesundheitliche Situation der Teilnehmer: Gesundheitsbezogene Lebensqualität**

### **6.9.1 Erwachsene**

Aus den 12 Fragen des SF-12 wurde jeweils ein Summenscore für die körperliche und psychische Dimension der Gesundheit berechnet. Grundsätzlich kann der Summenscore für das psychische Wohlbefinden Werte von 6-72 und der Summenscore für die körperliche Funktionsfähigkeit Werte von 9-70 annehmen. Je höher der Scorewert ist, desto gesünder sind die untersuchten Teilnehmer in den definierten Bereichen. Die Mittelwerte, die Standardabweichung sowie die Quartile für die Subgruppe der Erwachsenen sind in Tabelle 6-28 dargestellt.

Im Mittel erreichten die Teilnehmer unserer Untersuchung bei der körperlichen Funktionsfähigkeit einen Wert von 50, der Median lag bei 53. Der Summenscore für das psychische Wohlbefinden lag mit einem durchschnittlichen Wert von 52 und einem Median von 54 leicht über dem Summenscore der körperlichen Funktionsfähigkeit. Beide Werte befinden sich also eher im oberen Scorebereich und lassen auf ein Untersuchungskollektiv schließen, deren gesundheitliche Situation in körperlicher und psychischer Hinsicht im Allgemeinen als gut bezeichnet werden kann.

Vergleicht man die Männer und Frauen des Untersuchungskollektivs (Abbildung 6-35), so war die körperliche Funktionsfähigkeit der Frauen (50) etwas niedriger als die der Männer (51), deutlicher waren die Unterschiede für das psychische Wohlbefinden (51 vs. 53).

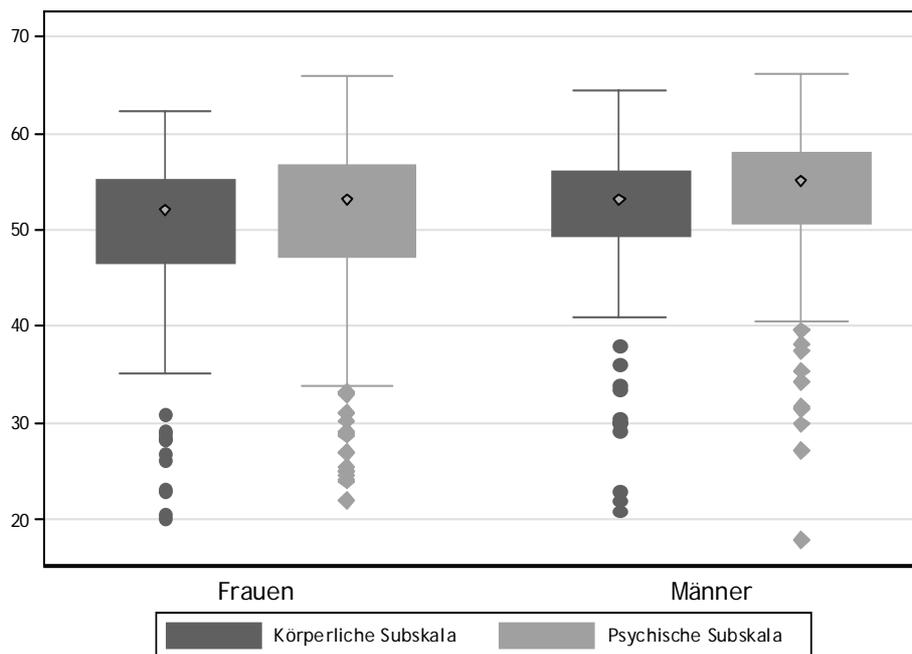
Stratifiziert man die Ergebnisse weiter nach Studienort, so zeigte sich die in Abbildung 6-36 dargestellte Verteilung mit statistisch signifikant niedrigeren Skalenergebnissen für die emotionale Lebensqualität bei den Münchner Teilnehmern (Mittelwert 51,  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}=0,03$ ) im Vergleich zu Probanden aus Ebersberg und Freising (Mittelwert 53) aber auch Grafing (52). Stratifiziert nach Geschlecht waren die Unterschiede zwischen den Studienorten nicht mehr statistisch signifikant, jedoch zeigte sich eine grenzwertig signifikant geringe körperliche Lebensqualität für die Teilnehmerinnen aus München (Mittelwert 48) im Vergleich zu Freising, Grafing und insbesondere Ebersberg (52,  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}=0,08$ ). Es fällt weiterhin die breitere Streuung der SF-12 Summenscores für die Münchner Probandinnen auf.

Für die weiteren Auswertungen wurden die Daten dichotomisiert. Eine eingeschränkte Lebensqualität wurde dann angenommen, wenn der Summenscore der jeweiligen Dimension kleiner oder gleich des unteren Quartils der Werte für die deutsche Normstichprobe [66] war. Diese Einteilung wurde geschlechtsspezifisch vorgenommen.

**Tabelle 6-28: Körperliche und emotionale Lebensqualität der Erwachsenen**

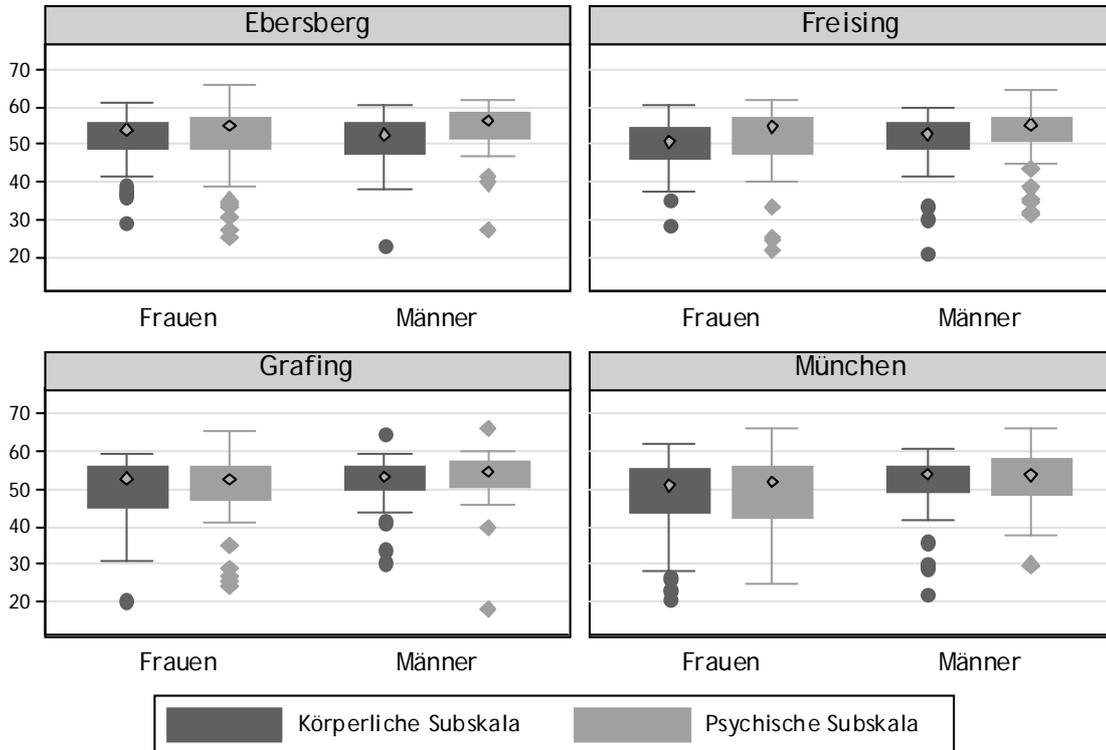
Subskala SF-12	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	1. Quartil	Median	2. Quartil	Maximum
<b>Gesamt (N=480<sup>19</sup>)</b>							
Körperliche Funktionsfähigkeit	50,48	7,45	20,22	47,78	52,61	55,50	64,38
Psychisches Wohlbefinden	51,97	8,12	17,91	49,09	54,00	57,10	66,15

**Abbildung 6-35: Körperliche und emotionale Lebensqualität nach Geschlecht**



<sup>19</sup> Für 6 Probanden konnte aufgrund fehlender Skalenwerte kein Summenscore gebildet werden

**Abbildung 6-36: Körperliche und emotionale Lebensqualität nach Untersuchungsort und Geschlecht**



Lebensqualität nach Geschlecht und Wohnort

### **6.9.2 Kinder und Jugendliche**

Tabelle 6-29 enthält sowohl die zentralen Score-Werte der einzelnen Subskalen als auch den Gesamtscore des KINDL<sup>®</sup> zur Erfassung der Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen. Diese wurden nach Geschlecht stratifiziert und den Referenzwerten einer entsprechenden Altersgruppe aus einer in Hamburg durchgeführten Erhebung gegenüber gestellt [65]. Um beide Gruppen miteinander vergleichen zu können, wurden die Mittelwerte der Verteilungen dargestellt. Insgesamt entsprach das Untersuchungskollektiv gut der Referenzpopulation Mittelwerte der Referenzpopulation, die im Vertrauensbereich (Konfidenzintervall) unserer Stichprobe liegen, sind grau hinterlegt (Tabelle 6-29). In diesem Fall zeigen sich keine Unterschiede zwischen der hier untersuchten Population und der Hamburger Referenzgruppe. Deutliche Unterschiede zeigen sich hingegen bei Kindern beim psychischen Wohlbefinden, dem Selbstwert und der schulischen Lebensqualität. Bei diesen Aspekten der Lebensqualität schneiden die bayerischen Kinder deutlich schlechter ab als die Hamburger Referenzstichprobe. Die Jugendlichen weisen lediglich beim Selbstwertgefühl (Jungen und Mädchen) und der Lebensqualität im Hinblick auf freundschaftliche Aspekte (Jungen) ähnliche Werte wie die Hamburger Referenzgruppe auf. In alle anderen Bereichen der Lebensqualität schneiden die bayerischen Jugendlichen ebenso wie die Kinder deutlich schlechter ab.

Der Gesamtscore unterschied sich nicht statistisch signifikant zwischen Kindern und Jugendlichen in Bayern. Männliche Jugendliche wiesen im Mittel jedoch einen signifikant höheren Gesamtscore auf als jugendliche Mädchen. Dies entspricht den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Befunden für die erwachsenen Teilnehmer. Keine Geschlechtsunterschiede ergaben sich hingegen für die bayerischen Kinder.

Für die weiteren Analysen wurde nur der Gesamtscore betrachtet und am 25er Perzentil für die Kinder und Jugendlichen geteilt. Dieses lag für Kinder bei 65,6 für Jugendliche bei 64,6. Kinder und Jugendliche, deren Gesamtscore unter diesen beiden Werten lag, wurden mit 1 kodiert, was einer geringeren Lebensqualität entsprach.

**Tabelle 6-29: Mittelwerte und Standardabweichung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (KINDL<sup>R</sup>) für Kinder (n=289 Mädchen, n=314 Jungen) und Jugendliche (n=312 Mädchen, n=321 Jungen) des Untersuchungskollektivs im Vergleich zur Referenzpopulation (n=1501 Hamburger Schülerinnen und Schüler [65])**

Subskalen KINDL <sup>R</sup>	Mädchen			Jungen		
	Stichprobe		Referenz- gruppe	Stichprobe		Referenz- gruppe
	m±s	95%-KI		m±s	95%-KI	
<b>Kinder</b>						
Gesamtscore	69,8±7,6	69,0-70,7	76,8±8,6	70,7±7,6	69,6-71,3	76,7±8,7
Körperliches Wohlbefinden	74,2±14,3	72,6-75,9	74,4±14,2	77,8±13,5	76,3-79,3	76,7±13,0
Psychisches Wohlbefinden	63,5±9,0	62,5-64,5	83,1±11,3	61,7±9,3	60,8-62,8	82,9±10,7
Selbstwert	55,9±17,1	53,9-57,9	66,7±17,8	56,1±17,2	54,2-56,1	66,5±19,0
Familie	84,5±13,7	82,9-86,0	84,4±12,9	84,6±11,9	83,3-85,9	83,6±13,1
Freunde	78,0±14,6	76,3-79,6	78,1±13,8	79,4±14,1	77,8-81,0	78,2±12,8
Schule	62,8±12,0	61,4-64,2	74,1±12,3	61,7±12,4	61,7-64,5	72,4±12,9
<b>Jugendliche</b>						
Gesamtscore	67,5±8,7	66,5-68,4	70,8±10,0	71,4±7,7	70,5-72,2	73,5±8,8
Körperliches Wohlbefinden	65,9±16,8	64,1-67,8	68,2±17,4	73,2±14,6	71,6-74,8	77,2±13,1
Psychisches Wohlbefinden	63,0±9,5	62,0-64,1	79,4±12,9	62,9±8,3	62,0-63,8	79,8±11,8
Selbstwert	59,2±14,7	57,6-60,9	58,1±19,1	64,8±12,8	63,3-66,2	63,3±19,3
Familie	80,5±18,6	78,4-82,6	75,5±17,7	82,9±14,9	81,3-84,6	79,6±17,1
Freunde	72,8±13,5	71,3-74,3	78,1±13,5	77,3±12,6	75,9-78,7	78,4±12,0
Schule	63,2±16,4	61,4-65,0	65,2±13,2	67,2±15,3	65,6-68,9	63,6±14,0

Anmerkung: Spannweite des Skalenscores: 0-100, hohe Skalenwerte zeigen eine bessere gesundheitsbezogene Lebensqualität. Die grau hinterlegten Mittelwerte der Referenzstichprobe liegen im Vertrauensbereich (Konfidenzintervall) unseres Untersuchungskollektivs.

## **6.10 Gesundheitliche Situation der Teilnehmer:**

### **Blutdruck**

Insgesamt ergaben sich hohe mittlere Blutdruckwerte vor allem für die erwachsenen Teilnehmer der Untersuchung (Tabelle 6-30). So lag der Mittelwert des systolischen Blutdrucks für die erwachsenen Männer dieser jungen Population bei 138 mmHg, der diastolische Blutdruck bei 85 mmHg. Auch für die Jugendlichen erreichten die systolischen Blutdruckwerte Maxima bis 179 mmHg, für den diastolischen Blutdruck lag das Maximum bei 102 mmHg.

Insgesamt gaben 17 Prozent der erwachsenen Frauen und 19 Prozent der erwachsenen Männer an, dass sie in den beiden Monaten vor der Untersuchung ein Blutdruckmedikament eingenommen hatten. Diese wurden von den weiteren Analysen ausgeschlossen. Für die Kinder und Jugendlichen wurde die Einnahme von Antihypertensiva nicht erfasst.

Für die weiteren Auswertungen wurden Jugendliche und erwachsene Probanden, bei denen der systolische Mittelwert  $\geq 140$  mmHg oder der diastolische Mittelwert  $\geq 90$  mmHg war, als Teilnehmer mit erhöhtem Blutdruck bezeichnet [77, 78]. Da die Anzahl der Kinder, die nach den internationalen Guidelines als „hyperton“ eingestuft worden wären, erfreulicher Weise zu gering für statistisch sinnvolle Analysen war, wurden diese am 75. Perzentil in zwei Gruppen geteilt (118/72 mmHg).

**Tabelle 6-30: Lage und Verteilungsmaße für den systolischen und den diastolischen Blutdruck stratifiziert nach Altersgruppe und Geschlecht**

Blutdruck <sup>20</sup> (mmHg)		n	Mittelwert	Standardabweichung	Range
<b>Erwachsene</b>					
Systolisch	gesamt	484	131	17	84 - 182
	Männer	225	138	15	87 - 178
	Frauen	259	124	15	84 - 182
Diastolisch	gesamt	484	82	10	59 - 117
	Männer	225	85	10	59 - 117
	Frauen	259	80	10	59 - 113
<b>Jugendliche</b>					
Systolisch	gesamt	621	122	13	90 - 179
	Jungen	315	127	13	92 - 179
	Mädchen	306	118	12	90 - 163
Diastolisch	gesamt	621	73	8	43 - 102
	Jungen	315	73	8	43 - 102
	Mädchen	306	73	8	56 - 98
<b>Kinder</b>					
Systolisch	gesamt	621	112	10	88 - 150
	Jungen	323	114	10	90 - 150
	Mädchen	298	111	10	88 - 146
Diastolisch	gesamt	621	68	8	43 - 109
	Jungen	323	68	8	43 - 109
	Mädchen	298	67	7	43 - 90

Unter Verwendung des Cut-Offs von 140/90 mmHg hatten 30 Prozent der Erwachsenen einen nicht medikamentös behandelten erhöhten Blutdruck. Die Prävalenz erhöhter Blutdruckwerte lag bei männlichen Probanden mit 48 Prozent deutlich höher als bei den Teilnehmerinnen mit 16 Prozent. Ähnliche geschlechtsspezifische Unterschiede wurden auch in der Gruppe der Jugendlichen deutlich. So hatten 17 Prozent der männlichen Jugendlichen aber nur 5 Prozent der weiblichen Jugendlichen erhöhte Blutdruckwerte. Leichte Unterschiede in der Prävalenz von Blutdruckwerten oberhalb des 75. Perzentils (118/72 mmHg) ergaben sich auch für Jungen (38%) und Mädchen (32%). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch die altersspezifischen Referenzwerte für Jungen höher liegen als für Mädchen.

<sup>20</sup> gemittelte Blutdruckwerte aus zwei Messungen

## **6.11 Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und chronischem Befinden**

### **6.11.1 Schlafprobleme bei Erwachsenen**

In den multiplen logistischen Regressionsmodellen ergab sich unter Adjustierung für mögliche Störgrößen für Männer mit einer mittleren nächtlichen Lärmexposition von mehr als 60 dB(A) eine signifikant erhöhte Odds Ratio für Schlafprobleme (OR=2,6; 95% Konfidenzintervall: 1,1-6,2; Tabelle 6-31). Keine Assoziation zeigte sich für den Schallpegel am Tag. Hingegen waren sowohl die subjektive Lärmbelastung im Wohnumfeld (2,9; 1,2-6,8) als auch eine hohe Lärmempfindlichkeit beim Schlafen (2,7; 1,1-9,1) signifikant mit Schlafproblemen assoziiert.

Bei Frauen ergab sich ein komplexerer Zusammenhang zwischen nächtlichem Schallpegel, der subjektiven Lärmbelastung im Wohnumfeld und hoher Lärmempfindlichkeit. Im Vergleich zu Frauen, bei denen keines der drei Merkmale hoch ausgeprägt war, gaben Frauen, die zwar einem hohen nächtlichen Schallpegel ausgesetzt waren, sich aber durch Lärm nur gering belastet fühlen und sich auch nicht für lärmempfindlich beim Schlafen hielten, signifikant weniger Schlafprobleme an (0,2; 0,0-0,8). Frauen, die einen hohen nächtlichen Schallpegel hatten, diesen auch als Belastung wahrnahmen und sich beim Schlafen als lärmempfindlich einschätzten, hatten hingegen signifikant mehr Schlafprobleme als die Vergleichspopulation (22,1; 2,5-194,8). Die sehr hohe Odds Ratio sowie das sehr breite Konfidenzintervall sind durch die geringe Fallzahl (n=9) in dem entsprechenden Stratum bedingt. Jedoch liegt auch das untere Konfidenzintervall des Risikoschätzers noch über 2. Wie auch bei den Männern hing der Tagesschallpegel nicht mit der Schlafqualität zusammen.

### **6.11.2 Einschlafprobleme bei Jugendlichen und Kindern**

Im Gegensatz zu den für die Erwachsenen gefundenen Zusammenhängen zwischen Lärmexposition in der Nacht und Schlafproblemen ließen sich solche Zusammenhänge in der Gruppe der Jugendlichen (Tabelle 6-32) und Kinder (Tabelle 6-33) nicht bestätigen. Einziger, allerdings nicht statistisch signifikanter, Prädiktor für Einschlafprobleme war in der Gruppe der Mädchen negatives Coping (OR 2,1; 95%-KI 1,0-4,3).

**Tabelle 6-31: Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen der Lärmexposition und Schlafproblemen stratifiziert nach Geschlecht für die Erwachsenen**

	Männer (n=190)				Frauen (n=224)			
	$\beta$	p	OR	95%-KI	$\beta$	p	OR	95%-KI
Alter in Jahren (kontinuierlich)	-0,02	0,14	0,98	0,95; 1,01	0,00	0,99	1,00	0,98; 1,03
Schulbildung: (Fach-) Abitur	-0,84	0,03	0,43	0,20; 0,94	0,10	0,78	1,11	0,56; 2,20
Mittlerer Schallpegel am Tag > 75 dB (A) <sup>1</sup>	0,58	0,17	1,80	0,78; 4,14	-0,35	0,39	0,70	0,32; 1,56
Nächtlicher mittlerer Schallpegel > 60 dB (A) <sup>1</sup>	0,96	<0,03	2,61	1,10; 6,22				
Hohe subjektive Lärmbelastung	1,05	<0,02	2,87	1,18; 6,75				
Hohe Lärmempfindlichkeit beim Schlafen <sup>1</sup>	1,01	<0,03	2,73	1,11; 9,10				
Hohe Stress verminderte Bewältigung <sup>1</sup>	0,57	0,20	1,77	0,73; 4,28	0,78	<0,03	2,18	1,08; 4,37
Hohe Stress vermehrende Bewältigung <sup>1</sup>	0,53	0,26	1,69	0,67; 4,27	0,98	<0,01	2,68	1,36; 5,25
Dreifach-Interaktion: Nächtliche Schallpegelbelastung * subjektive Lärmbelastung * Lärmempfindlichkeit <sup>2</sup>	Wechselwirkung nicht signifikant							
Schallpegel	Siehe Haupteffekte							
1					-2,59	<0,01	0,16	0,04; 0,76
0					-0,08	0,87	1,50	0,53; 4,24
0					-0,13	0,76	1,42	0,57; 3,56
1					0,88	0,24	3,88	0,73; 20,60
1					-1,00	0,19	0,60	0,11; 3,35
0					0,48	0,39	2,61	0,76; 8,98
1					2,61	<0,01	22,14	2,52; 194,80
0							1	

1: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen dichotomisiert

2: 1 bedeutet eine hohe Ausprägung, 0 eine niedrige Ausprägung

**Tabelle 6-32: Geschlechtsstratifizierte Ergebnisse der logistischen Regression für Jugendliche hinsichtlich Einschlafproblemen. Krude sowie adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle.**

	Männliche Jugendliche				Weibliche Jugendliche			
	N=318		N=317		N=312		N=310	
	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>
Alter in Jahren	1,11	0,77; 1,60	0,95	0,63; 1,42	1,20	0,89; 1,64	1,24	0,90; 1,71
Schulbildung: Gymnasium	2,29	0,84; 6,25	2,32	0,82; 6,60	0,61	0,28; 1,31	0,68	0,31; 1,50
Wohnort								
München	1,00		1,00		1,00		1,00	
Grafring	0,26	0,03; 2,22	0,30	0,03; 2,61	2,06	0,62; 6,86	1,96	0,55; 6,99
Freising	1,63	0,55; 4,79	2,14	0,68; 6,75	0,97	0,32; 2,93	0,94	0,30; 2,91
Ebersberg	0,39	0,10; 1,61	0,33	0,06; 1,70	1,27	0,43; 3,73	1,08	0,35; 3,33
Mittlerer Schall- pegel am Tag ≥ 79,5 dB(A) <sup>3</sup>	0,85	0,30; 2,42	0,68	0,20; 2,31	1,69	0,71; 4,03	1,84	0,73; 4,63
Nächtlicher mitt- lerer Schall- pegel ≥ 58 dB(A) <sup>3</sup>	1,27	0,44; 3,64	1,24	0,39; 3,95	0,63	0,23; 1,72	0,56	0,19; 1,60
Positives Co- ping <sup>3</sup>	1,44	0,53; 3,91	2,08	0,71; 6,11	0,31	0,09; 1,05	0,32	0,09; 1,12
Negatives Co- ping <sup>3</sup>	0,80	0,23; 2,84	0,93	0,25; 3,49	1,79	0,83; 3,86	1,47	0,65; 3,31

1: Krude Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

2: Für alle im Modell enthaltenen Merkmale adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

3: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen bei Jugendlichen dichotomisiert

**Tabelle 6-33: Geschlechtsstratifizierte Ergebnisse der logistischen Regression für Kinder hinsichtlich Einschlafproblemen. Krude sowie adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle.**

	Jungen				Mädchen			
	N=314		N=313		N=289		N=288	
	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>
Alter in Jahren	0,87	0,64; 1,17	0,87	0,60; 1,26	0,93	0,70; 1,23	0,88	0,63; 1,24
Schulbildung: Gymnasium	0,76	0,30; 1,94	0,81	0,26; 2,51	0,91	0,41; 2,01	1,12	0,43; 2,93
Wohnort								
München	1,00		1,00		1,00		1,00	
Grafring	1,14	0,37; 3,53	0,95	0,29; 3,13	1,08	0,31; 3,77	1,11	0,32; 3,93
Freising	0,74	0,26; 2,06	0,64	0,22; 1,84	1,83	0,67; 5,00	1,84	0,67; 5,11
Ebersberg	0,41	0,13; 1,28	0,39	0,12; 1,29	1,74	0,62; 4,86	1,73	0,61; 4,89
Mittlerer Schall- pegel am Tag ≥ 82,5 dB(A) <sup>3</sup>	0,99	0,43; 2,24	0,98	0,42; 2,28	1,14	0,51; 2,56	0,98	0,42; 2,27
Nächtlicher mitt- lerer Schall- pegel ≥ 46 dB(A) <sup>3</sup>	1,62	0,72; 3,63	1,47	0,63; 3,42	0,99	0,47; 2,12	1,18	0,52; 2,68
Positives Co- ping <sup>3</sup>	0,96	0,41; 2,25	0,92	0,38; 2,23	1,63	0,80; 3,32	1,94	0,91; 4,11
Negatives Co- ping <sup>3</sup>	0,66	0,24; 1,79	0,59	0,21; 1,67	1,75	0,88; 3,51	2,07	0,98; 4,33

1: Krude Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

2: Für alle im Modell enthaltenen Merkmale adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

3: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen bei Kindern dichotomisiert

### **6.11.3 Leistungsvermögen bei Erwachsenen**

In den multiplen logistischen Regressionsmodellen ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der Lärmexposition am Untersuchungstag und dem Leistungsvermögen (Tabelle 6-34). Dies galt gleichermaßen für Männer und Frauen des Untersuchungskollektivs.

Für Frauen hingegen ging eine hohe subjektive Lärmbelastung ebenso wie eine hohe generelle Lärmempfindlichkeit und Stress vermehrende Copingstrategien statistisch signifikant mit Leistungseinbußen einher. Für Männer ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen subjektiv hoher Lärmbelastung bei gleichzeitig niedrigem mittlerem Tagesschallpegel bei breitem Konfidenzintervall.

### **6.11.4 Leistungsvermögen bei Jugendlichen und Kindern**

Ebenso wie für die Gruppe der Erwachsenen war der Schallpegel am Untersuchungstag weder in der Gruppe der Jugendlichen (Tabelle 6-35) noch in der Gruppe der Kinder (Tabelle 6-36) mit dem subjektiven Leistungsvermögen assoziiert. Das Leistungsvermögen wurde für diese Altersgruppen als Müdigkeit und Erschöpfung definiert.

Ähnlich wie bei den Erwachsenen waren negative Copingstrategien für die Mädchen statistisch signifikant mit Leistungseinbußen assoziiert. Für die Jugendlichen fand sich der Zusammenhang sowohl für männliche als auch für weibliche Jugendliche.

**Tabelle 6-34: Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen der Lärmexposition und einem subjektiv verringerten Leistungsvermögen für die Erwachsenen stratifiziert für Männer und Frauen.**

	Männer (n=190)			Frauen (n=224)				
	$\beta$	p	OR	95%-KI	$\beta$	p	OR	95%-KI
Intercept	-1,49	0,04			-2,00	0,00		
Alter in Jahren	-0,01	0,71	0,99	0,97; 1,02	0,02	0,15	1,02	0,99; 1,04
Schulbildung: (Fach-) Abitur	-0,51	0,17	0,60	0,29; 1,25	0,02	0,96	1,02	0,53; 1,93
Nächtlicher mittlerer Schallpegel > 60 dB (A) <sup>1</sup>	0,33	0,47	1,40	0,57; 3,45	-0,67	0,08	0,51	0,24; 1,08
Mittlerer Schallpegel am Tag > 75 dB (A) <sup>1</sup>	Signifikante Wechselwirkung beider Merkmale siehe unten						0,51	0,24; 1,08
Hohe subjektive Lärmbelastung	0,82	0,08	2,28	0,91; 5,70	0,76	<0,04	2,14	1,05; 4,36
Hohe generelle Lärmempfindlichkeit <sup>1</sup>	0,61	0,18	1,84	0,76; 4,46	1,16	<0,01	3,20	1,67; 6,14
Stress vermehrende Bewältigung hoch <sup>1</sup>					0,69	<0,04	2,00	1,05; 3,80
Zweifach-Interaktion: Mittlerer Schallpegel am Tag * subjektive Lärmbelastung <sup>2</sup>							Wechselwirkung nicht signifikant	
Schallpegel								
1	0,36	0,40	2,10	0,83; 5,33	Siehe Haupteffekte			
0	1,13	0,01	4,54	1,71; 12,09				
1	-1,09	0,18	0,49	0,06; 4,26				
0			1					

1: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen dichotomisiert

2: 1 bedeutet eine hohe Ausprägung, 0 eine niedrige Ausprägung

**Tabelle 6-35: Geschlechtsstratifizierte Ergebnisse der logistischen Regression für Jugendliche hinsichtlich Müdigkeit und Erschöpfung. Krude sowie adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle.**

	Männliche Jugendliche				Weibliche Jugendliche			
	N=320		N=318		N=312		N=310	
	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>
Alter in Jahren	1,27	1,02; 1,59	1,20	0,95; 1,51	1,33	1,07; 1,65	1,25	0,99; 1,56
Schulbildung: Gymnasium	1,11	0,64; 1,92	1,10	0,62; 1,96	1,19	0,69; 2,05	1,22	0,69; 2,17
Wohnort								
München	1,00		1,00		1,00		1,00	
Grafring	0,43	0,16; 1,15	0,45	0,16; 1,23	1,18	0,47; 3,00	1,75	0,64; 4,77
Freising	0,78	0,37; 1,63	0,78	0,36; 1,69	1,09	0,52; 2,28	1,27	0,58; 2,76
Ebersberg	0,92	0,47; 1,82	0,93	0,45; 1,92	1,44	0,69; 2,98	1,87	0,85; 4,10
Mittlerer Schall- pegel am Tag ≥ 79,5 dB(A) <sup>3</sup>	0,74	0,40; 1,38	0,70	0,35; 1,39	0,64	0,31; 1,34	0,62	0,28; 1,36
Nächtlicher mitt- lerer Schall- pegel ≥ 58 dB (A) <sup>3</sup>	1,32	0,70; 2,47	1,29	0,66; 2,54	1,12	0,61; 2,07	1,16	0,60; 2,27
Positives Co- ping <sup>3</sup>	1,00	0,53; 1,82	1,23	0,63; 2,38	0,74	0,39; 1,41	0,95	0,48; 1,89
Negatives Co- ping <sup>3</sup>	2,16	1,15; 4,05	1,97	1,02; 3,82	3,21	1,86; 5,56	3,06	1,71; 5,47

1: Krude Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

2: Für alle im Modell enthaltenen Merkmale adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

3: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen bei Jugendlichen dichotomisiert

**Tabelle 6-36: Geschlechtsstratifizierte Ergebnisse der logistischen Regression für Kinder hinsichtlich Müdigkeit und Erschöpfung. Krude sowie adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle.**

	Jungen				Mädchen			
	N=314		N=313		N=289		N=288	
	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>
Alter in Jahren	1,03	0,81; 1,31	1,12	0,84; 1,49	1,23	0,93; 1,64	1,05	0,73; 1,51
Schulbildung: Gymnasium	0,66	0,31; 1,44	0,48	0,19; 1,19	2,07	1,00; 4,29	1,92	0,77; 4,76
Wohnort								
München	1,00		1,00		1,00		1,00	
Grafring	0,17	0,04; 0,81	0,14	0,03; 0,69	2,46	0,68; 8,94	2,55	0,68; 9,52
Freising	0,68	0,29; 1,61	0,61	0,25; 1,49	3,07	0,97; 9,65	3,10	0,96; 9,98
Ebersberg	0,98	0,43; 2,21	0,75	0,31; 1,80	1,99	0,60; 6,68	2,21	0,64; 7,61
Mittlerer Schall- pegel am Tag ≥ 82,5 dB(A) <sup>3</sup>	1,27	0,67; 2,43	1,21	0,62; 2,39	0,69	0,28; 1,75	0,67	0,25; 1,75
Nächtlicher mitt- lerer Schall- pegel ≥ 46 dB (A) <sup>3</sup>	0,46	0,20; 1,08	0,42	0,17; 1,04	1,08	0,48; 2,41	1,11	0,47; 2,59
Positives Co- ping <sup>3</sup>	0,84	0,41; 1,70	0,84	0,39; 1,78	0,48	0,19; 1,21	0,58	0,23; 1,50
Negatives Co- ping <sup>3</sup>	1,65	0,84; 3,24	1,49	0,73; 3,04	2,21	1,10; 4,46	2,14	1,02; 4,49

1: Krude Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

2: Für alle im Modell enthaltenen Merkmale adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

3: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen bei Kindern dichotomisiert

## **6.12 Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen der Lärmexposition und dem akuten Befinden am Untersuchungstag**

Für die Lärmexposition am Untersuchungstag und dem akuten Befinden ergab sich lediglich für die Mädchen in der Gruppe der Kinder ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit Kopfschmerzen (Odds Ratio 2,4; 95% Konfidenzintervall 1,03-5,39; Tabelle 6-37 bis Tabelle 6-39).

Für die nächtliche Lärmexposition und das Auftreten von Symptomen am Morgen des Untersuchungstags zeigte sich ebenfalls für Kopfschmerzen ein Zusammenhang für die Erwachsenen, dieser war nur für die Männer statistisch signifikant (9,9; 1,8-55,2; Tabelle 6-40). Ein ähnliches Ergebnis ergab sich für den Zusammenhang zwischen nächtlicher Lärmexposition und Kopfschmerzen in der Gruppe der Jugendlichen (Tabelle 6-41), hier war die Assoziation allerdings auf die Mädchen beschränkt (2,5; 1,1-5,8). Für die Kinder ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen nächtlicher Lärmexposition und dem Befinden am Morgen des Untersuchungstages (Tabelle 6-42).

Tabelle 6-37:

Logistische Regressionsmodelle für die Erwachsenen hinsichtlich der Lärmexposition über 24 h ( $\geq 75$ er Perzentil (73,56 dB(A)) vs.  $< 75$ er Perzentil) und akuten Beschwerden am Untersuchungstag.

Akutes Befinden	N	Prävalenz (%)	Odds Ratio (95%-KI)	
			Unadjustiert	Adjustiert <sup>21</sup>
<b>Gesamtkollektiv</b>	<b>486</b>			
Kopfschmerzen	477	16,4	1,14 (0,64; 2,04)	1,22 (0,66; 2,26)
Ohrsausen/Tinnitus	472	11,0	0,99 (0,49; 1,99)	0,93 (0,94; 1,96)
Konzentrationschwierigkeiten	474	17,1	0,77 (0,41; 1,42)	0,88 (0,45; 1,73)
Innere Unruhe	471	13,4	1,03 (0,54; 1,98)	1,03 (0,49; 2,16)
Müdigkeit	475	53,1	1,06 (0,68; 1,66)	1,29 (0,79; 2,10)
Energielosigkeit	470	28,7	0,88 (0,53; 1,46)	1,07 (0,62; 1,85)
<b>Männer</b>	<b>226</b>			
Kopfschmerzen	220	10,0	1,69 (0,63; 4,54)	2,03 (0,67; 6,13)
Ohrsausen/Tinnitus	216	11,1	1,10 (0,41; 2,99)	1,27 (0,41; 3,95)
Konzentrationschwierigkeiten	218	11,5	1,94 (0,76; 4,99)	2,25 (0,74; 6,86) <sup>22</sup>
Innere Unruhe	217	11,5	1,47 (0,56; 3,83)	1,72 (0,55; 5,35) <sup>†</sup>
Müdigkeit	220	43,6	1,16 (0,60; 2,25)	1,55 (0,73; 3,25)
Energielosigkeit	215	17,7	1,03 (0,42; 2,48)	1,43 (0,54; 3,76)
<b>Frauen</b>	<b>260</b>			
Kopfschmerzen	257	21,8	0,93 (0,45; 1,94)	0,93 (0,42; 2,09)
Ohrsausen/Tinnitus	256	10,9	0,90 (0,34; 2,39)	0,75 (0,26; 2,20)
Konzentrationschwierigkeiten	256	21,9	0,41 (0,17; 0,97)	0,44 (0,17; 1,12)
Innere Unruhe	254	15,0	0,78 (0,31; 1,91)	0,64 (0,23; 1,80)
Müdigkeit	255	61,2	0,98 (0,53; 1,82)	1,14 (0,57; 2,27)
Energielosigkeit	255	38,0	0,79 (0,42; 1,49)	0,92 (0,46; 1,84)

<sup>21</sup> Adjustiert für Lärmempfindlichkeit (ja/nein), Alter (18-30; 31-40; 41-50; 51-65 Jahre), Wohnort, monatl. Äquivalenzeinkommen ( $< 1000$  €; 1000-1499 €; 1500-2499 €;  $\geq 2500$  €), Bildung (Fach-/Abitur, ja/nein), Partner im Haushalt (ja/nein)

<sup>22</sup> Kategorien des Äquivalenzeinkommens:  $< 1000$  €; 1000-1499 €;  $\geq 1500$  €

**Tabelle 6-38:** Logistische Regressionsmodelle für die Jugendlichen hinsichtlich der Lärmexposition über 24 h ( $\geq 75$ er Perzentil (78,05 dB(A)) vs.  $< 75$ er Perzentil) und akuten Beschwerden am Untersuchungstag.

Akutes Befinden	N	Prävalenz (%)	Odds Ratio (95%-KI)	
			Unadjustiert	Adjustiert <sup>23</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>632</b>			
Kopfschmerzen	617	17,0	0,80 (0,47; 1,37)	0,81 (0,47; 1,40)
Gereizt/schlechte Laune	612	15,4	1,09 (0,65; 1,83)	1,14 (0,67; 1,94)
Müdigkeit	620	52,7	0,94 (0,64; 1,38)	1,10 (0,74; 1,63)
<b>Jungen</b>	<b>320</b>			
Kopfschmerzen	316	11,4	0,84 (0,38; 1,89)	0,84 (0,37; 1,92)
Gereizt/schlechte Laune	312	13,1	1,17 (0,57; 2,40)	1,28 (0,61; 2,68)
Müdigkeit	312	45,3	1,01 (0,61; 1,67)	1,15 (0,68; 1,93)
<b>Mädchen</b>	<b>312</b>			
Kopfschmerzen	301	22,9	0,89 (0,43; 1,86)	0,93 (0,43; 1,93)
Gereizt/schlechte Laune	300	17,7	1,07 (0,49; 2,31)	1,15 (0,52; 2,55)
Müdigkeit	304	60,5	1,01 (0,56; 1,85)	1,12 (0,59; 2,13)

<sup>23</sup> Adjustiert für Alter (Jahre) und Wohnort

**Tabelle 6-39: Logistische Regressionsmodelle für die Kinder hinsichtlich der Lärmexposition über 24 h ( $\geq 75$ er Perzentil (81,00 dB(A)) vs.  $< 75$ er Perzentil) und akuten Beschwerden am Untersuchungstag.**

Akutes Befinden	N	Prävalenz (%)	Odds Ratio (95%-KI)	
			Unadjustiert	Adjustiert <sup>24</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>628</b>			
Kopfschmerzen	618	11,2	1,10 (0,61; 1,99)	1,11 (0,59; 2,09)
Gereizt/schlechte Laune	617	8,4	0,67 (0,32; 1,43)	0,65 (0,29; 1,46)
Müdigkeit	617	36,8	1,25 (0,85; 1,85)	1,28 (0,85; 1,93)
<b>Jungen</b>	<b>328</b>			
Kopfschmerzen	324	8,3	0,60 (0,21; 1,66)	0,47 (0,14; 1,50)
Gereizt/schlechte Laune	324	8,3	0,77 (0,29; 2,01)	0,65 (0,22; 1,90)
Müdigkeit	323	35,3	1,32 (0,79; 2,22)	1,35 (0,77; 2,35)
<b>Mädchen</b>	<b>300</b>			
Kopfschmerzen	294	14,3	1,91 (0,90; 4,07)	<b>2,36 (1,03; 5,39)</b>
Gereizt/schlechte Laune	293	8,5	0,55 (0,16; 1,93)	0,71 (0,19; 2,67)
Müdigkeit	294	38,4	1,20 (0,66; 2,20)	1,58 (0,69; 3,65)

<sup>24</sup> Adjustiert für Alter (Jahre), Wohnort, monatl. Äquivalenzeinkommen ( $< 1000$  €;  $1000-1499$  €;  $1500-2499$  €;  $\geq 2500$  €), Bildung (Fach-/Abitur von Mutter oder Vater, ja/nein)

**Tabelle 6-40: Logistische Regressionsmodelle für die Erwachsenen hinsichtlich nächtlicher Lärmexposition ( $\geq 75$ er Perzentil (60,84 dB(A)) vs.  $< 75$ er Perzentil) und akuten Beschwerden am Morgen des Untersuchungstags.**

Akutes Befinden am Morgen	N	Prävalenz (%)	Odds Ratio (95%-KI)	
			Unadjustiert	Adjustiert <sup>25</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>			
Kopfschmerzen	480	7,1	1,77 (0,84; 3,74)	2,07 (0,94; 4,58)
Ohrensausen/Tinnitus	476	6,5	1,09 (0,47; 2,52)	1,15 (0,48; 2,81)
Konzentrationsschwierigkeiten	476	7,4	1,04 (0,45; 2,39)	1,35 (0,54; 3,38)
Innere Unruhe	473	6,8	0,47 (0,16; 1,41)	0,49 (0,16; 1,51)
Müdigkeit	481	21,8	1,18 (0,70; 2,00)	1,14 (0,65; 2,02)
Energielosigkeit	476	10,7	0,71 (0,33; 1,54)	0,76 (0,33; 1,79)
<b>Männer</b>	<b>226</b>			
Kopfschmerzen	221	4,5	4,86 (1,24; 19,02)	<b>9,87 (1,76; 55,23)</b> <sup>26</sup>
Ohrensausen/Tinnitus	218	6,9	0,53 (0,11; 2,46)	0,79 (0,16; 3,92)
Konzentrationsschwierigkeiten	218	3,2	0,59 (0,07; 5,06)	0,74 (0,08; 6,87) <sup>27</sup>
Innere Unruhe	219	4,6	0,43 (0,05; 3,60)	0,62 (0,07; 5,40) <sup>28</sup>
Müdigkeit	223	17,0	1,64 (0,71; 3,77)	2,00 (0,78; 5,18)
Energielosigkeit	220	6,4	0,99 (0,26; 3,73)	1,35 (0,30; 6,07)
<b>Frauen</b>	<b>260</b>			
Kopfschmerzen	259	9,3	1,06 (0,42; 2,71)	1,25 (0,47; 3,35)
Ohrensausen/Tinnitus	258	6,2	1,78 (0,61; 5,22)	1,31 (0,39; 4,40)
Konzentrationsschwierigkeiten	258	10,9	1,06 (0,42; 2,70)	1,30 (0,46; 3,71)
Innere Unruhe	354	8,7	0,45 (0,13; 1,62)	0,40 (0,10; 1,51) <sup>29</sup>
Müdigkeit	258	26,0	0,91 (0,47; 1,81)	0,90 (0,43; 1,88)
Energielosigkeit	256	14,5	0,57 (0,22; 1,45)	0,59 (0,20; 1,78)

<sup>25</sup> Adjustiert für Lärmempfindlichkeit (ja/nein), Alter (18-30; 31-40; 41-50; 51-65 Jahre), Wohnort, monatl. Äquivalenzeinkommen ( $< 1000$  €; 1000-1499 €; 1500-2499 €;  $\geq 2500$  €), Bildung (Fach-/Abitur, ja/nein), Partner im Haushalt (ja/nein)

<sup>26</sup> Alterskategorien: 18-40; 41-50; 51-65 Jahre; nicht adjustiert für Wohnort

<sup>27</sup> Alterskategorien: 18-40; 41-50; 51-65 Jahre; nicht adjustiert für Wohnort, Partner und Äquivalenzeinkommen

<sup>28</sup> Alterskategorien: 18-40; 41-50; 51-65 Jahre; Äquivalenzeinkommen:  $< 1000$  €; 1000-1499 €;  $\geq 1500$  €

<sup>29</sup> Äquivalenzeinkommen:  $< 1000$  €; 1000-1499 €;  $\geq 1500$  €

**Tabelle 6-41: Logistische Regressionsmodelle für die Jugendlichen hinsichtlich nächtlicher Lärmexposition ( $\geq 75$ er Perzentil (58,64 dB(A)) vs.  $< 75$ er Perzentil) und akuten Beschwerden am Morgen des Untersuchungstags.**

Akutes Befinden am Morgen	N	Prävalenz (%)	Odds Ratio (95%-KI)	
			Unadjustiert	Adjustiert <sup>30</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>632</b>			
Kopfschmerzen	618	7,1	1,56 (0,78; 3,12)	1,45 (0,71; 2,95)
Gereizt/schlechte Laune	613	6,9	1,42 (0,69; 2,90)	1,46 (0,70; 3,05)
Müdigkeit	619	28,6	1,02 (0,67; 1,54)	0,94 (0,62; 1,45)
<b>Jungen</b>	<b>320</b>			
Kopfschmerzen	315	3,8	0,28 (0,03; 2,20)	0,23 (0,03; 2,20) <sup>31</sup>
Gereizt/schlechte Laune	312	4,8	0,77 (0,21; 2,83)	0,68 (0,18; 2,55) <sup>32</sup>
Müdigkeit	315	25,7	0,93 (0,51; 1,73)	0,78 (0,41; 1,48)
<b>Mädchen</b>	<b>312</b>			
Kopfschmerzen	303	10,6	2,53 (1,12; 5,70)	<b>2,53 (1,10; 5,82)</b>
Gereizt/schlechte Laune	301	9,0	1,96 (0,81; 4,77)	2,11 (0,85; 5,25)
Müdigkeit	304	31,6	1,08 (0,61; 1,91)	1,10 (0,61; 1,99)

<sup>30</sup> Adjustiert für Alter (Jahre) und Wohnort

<sup>31</sup> Nur 1 exponierter Fall

<sup>32</sup> Adjustiert nur für Alter

**Tabelle 6-42: Logistische Regressionsmodelle für die Kinder hinsichtlich nächtlicher Lärmexposition ( $\geq 75$ er Perzentil (46,47 dB(A)) vs.  $< 75$ er Perzentil) und akuten Beschwerden am Morgen des Untersuchungstags.**

Akutes Befinden am Morgen	N	Prävalenz (%)	Odds Ratio (95%-KI)	
			Unadjustiert	Adjustiert <sup>33</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>628</b>			
Kopfschmerzen	618	4,0	0,75 (0,27; 2,03)	0,54 (0,15; 1,91)
Gereizt/schlechte Laune	618	2,4	3,12 (1,08; 9,06)	2,41 (0,70; 8,26) <sup>34</sup>
Müdigkeit	621	13,0	1,61 (0,96; 2,71)	1,26 (0,72; 2,23)
<b>Jungen</b>	<b>328</b>			
Kopfschmerzen	324	2,5	0,96 (0,19; 4,90)	0,78 (0,08; 7,34) <sup>35</sup>
Gereizt/schlechte Laune	324	3,1	1,26 (0,32; 4,98)	0,89 (0,17; 4,69) <sup>36</sup>
Müdigkeit	326	13,8	2,01 (1,02; 4,00)	1,71 (0,80; 3,65)
<b>Mädchen</b>	<b>300</b>			
Kopfschmerzen	294	5,8	0,66 (0,18; 2,37)	0,48 (0,10; 2,21)
Gereizt/schlechte Laune	294	1,7	--	--
Müdigkeit	295	12,2	1,19 (0,52; 2,70)	0,85 (0,34; 2,12)

<sup>33</sup> Adjustiert für Alter (Jahre), Wohnort, monatlichem Äquivalenzeinkommen ( $< 1000$  €; 1000-1499 €; 1500-2499 €;  $\geq 2500$  €), Bildung (Fach-/Abitur von Mutter oder Vater, ja/nein)

<sup>34</sup> Nicht adjustiert für Wohnort. Äquivalenzeinkommen ( $< 1000$  €; 1000-1499 €;  $\geq 1500$  €)

<sup>35</sup> Nicht adjustiert für Wohnort.

<sup>36</sup> Nicht adjustiert für Wohnort und Äquivalenzeinkommen

## 6.13 Multiple logistische Regression zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Lebensqualität

### 6.13.1 Erwachsene

Insgesamt ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der personenbezogenen über 24 h gemessenen Lärmexposition und der körperlichen oder emotionalen Lebensqualität. Insgesamt lagen die Odds Ratios bis auf die körperliche Funktionsfähigkeit bei Männern unter 1, was auf eine bessere Lebensqualität bei einem höheren Schallpegel hindeutet, allerdings mit breiten Konfidenzintervallen.

**Tabelle 6-43: Logistische Regressionen für Erwachsene hinsichtlich der körperlichen und emotionalen Lebensqualität (SF-12) dichotomisiert am 25er Perzentil (geringe Lebensqualität) der deutschen Normstichprobe für Männer und Frauen in Abhängigkeit vom Schallpegel über 24 h (75er Perzentil  $\geq 73,56$  dB(A))**

Niedriger SF-12 Score	N	Prävalenz (%)	Odds Ratio (95%-KI)	
			Unadjustiert	Adjustiert <sup>37</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>486</b>			
Körperliche Funktionsfähigkeit	480	14,58	0,78 (0,41; 1,47)	0,90 (0,46; 1,78)
Psychisches Wohlbefinden	480	22,92	0,73 (0,41; 1,28)	0,66 (0,36; 1,21)
<b>Männer</b>	<b>226</b>			
Körperliche Funktionsfähigkeit	224	13,39	0,93 (0,37; 2,34)	1,17 (0,43; 3,17)
Psychisches Wohlbefinden	256	23,66	0,59 (0,25; 1,37)	0,54 (0,21; 1,40)
<b>Frauen</b>	<b>260</b>			
Körperliche Funktionsfähigkeit	256	15,63	0,67 (0,27; 1,61)	0,73 (0,27; 1,94)
Psychisches Wohlbefinden	256	22,27	0,88 (0,41; 1,86)	0,70 (0,30; 1,62)

KI: Konfidenzintervall

Um zu überprüfen, ob dies ein Hinweis darauf sein könnte, dass ein höherer Schallpegel primär durch selbst verursachten, „positiven“ Lärm in Diskotheken, Gaststätten oder durch das Hören lauter Musik hervorgerufen werden könnte, wurde das Gesamtmodell um die selbst berichtete Exposition gegenüber positivem und negativem Lärm am Untersuchungstag erweitert (Tabelle 6-44). Die Odds Ratios für die Assoziation zwischen objektiver Lärmexposition und Lebensqualität änderten sich hierdurch kaum. Hierbei war insbesondere die selbst berichtete Exposition gegenüber negativen

<sup>37</sup> Adjustiert für Lärmempfindlichkeit (ja/nein), Alter (18-30; 31-40; 41-50; 51-65 Jahre), Wohnort, monatl. Äquivalenzeinkommen (<1000 €, 1000-1499 €, 1500-2499 €,  $\geq 2500$  €), Bildung (Fach-/Abitur, ja/nein), Partner im Haushalt (ja/nein)

Lärmquellen (Odds Ratio 1,9; 95% Konfidenzintervall 1,0-3,7) während des Tages mit einer schlechteren emotionalen Lebensqualität assoziiert. Kein Zusammenhang zeigte sich hingegen für die körperliche Funktionsfähigkeit.

**Tabelle 6-44: Logistische Regressionen für Erwachsene hinsichtlich der körperlichen und emotionalen Lebensqualität (SF-12) dichotomisiert am 25er Perzentil der deutschen Normstichprobe für Männer und Frauen in Abhängigkeit vom Schallpegel über 24 h (75er Perzentil  $\geq 73,56$  dB(A))**

<b>Niedriger SF-12 Score</b>	<b>Odds Ratio (95%-KI) Adjustiert<sup>38</sup></b>
<b>Körperliche Funktionsfähigkeit</b>	
Schallpegel $\geq 73,56$	0,92 (0,46; 1,85)
<b>Subjektive Lärmquellen am Untersuchungstag</b>	
Positiv (6-22 Uhr)	1,31 (0,60; 2,85)
Negativ (6-22 Uhr)	1,45 (0,70; 3,02)
Positiv (22-6 Uhr)	0,62 (0,19; 2,06)
Negativ (22-6 Uhr)	0,79 (0,37; 1,66)
<b>Psychisches Wohlbefinden</b>	
Schallpegel $\geq 73,56$	0,70 (0,37; 1,32)
<b>Subjektive Lärmquellen am Untersuchungstag</b>	
Positiv (6-22 Uhr)	1,68 (0,86; 3,27)
Negativ (6-22 Uhr)	1,90 (0,99; 3,65)
Positiv (22-6 Uhr)	0,54 (0,20; 1,49)
Negativ (22-6 Uhr)	0,91 (0,48; 1,74)

KI: Konfidenzintervall

Für die Männer zeigte sich in diesen Modellen das Einkommen als wichtigster Einflussfaktor für das psychische Wohlbefinden. So lag die Odds Ratio für Männer mit einem monatlichen Äquivalenzeinkommen von  $< 1000$  Euro bei 3,5 (95% Konfidenzintervall 1,1-10,8;  $p=0,006$ ) und damit signifikant schlechter im Vergleich zu Männern mit einem monatlichen Äquivalenzeinkommen zwischen 1500 und 2500 Euro. Für die Teilnehmerinnen zeigten sich hingegen keine Assoziationen zwischen monatlichem Äquivalenzeinkommen und der emotionalen Lebensqualität (Daten nicht dargestellt).

<sup>38</sup> Adjustiert für Lärmempfindlichkeit (ja/nein), Alter (18-30; 31-40; 41-50; 51-65 Jahre), Wohnort, monatl. Äquivalenzeinkommen ( $<1000$  €, 1000-1499 €, 1500-2499 €,  $\geq 2500$  €), Bildung (Fach-/Abitur, ja/nein), Partner im Haushalt (ja/nein), Geschlecht und alle anderen in der Tabelle aufgeführten Parameter

### 6.13.2 Kinder und Jugendliche

Ein höherer nächtlicher Schallpegel war für die männlichen Jugendlichen mit einer signifikant schlechteren Lebensqualität assoziiert (Odds Ratio 2,2; 95% Konfidenzintervall 1,1-4,6; Tabelle 6-45). Für weibliche Jugendliche hingegen ging ein höherer Schallpegel am Tag mit einer besseren Lebensqualität einher (0,4; 0,2-0,9). Sowohl für männliche als auch für weibliche Jugendliche waren negative Copingstrategien mit einer geringeren Lebensqualität assoziiert. Jugendliche aus Grafing hatten hingegen häufiger eine höhere Lebensqualität als Jugendliche aus München, dieser Zusammenhang war allerdings nur für die männlichen Jugendlichen statistisch signifikant. Eine höhere Lebensqualität hatten zudem weibliche Gymnasiasten.

In der Gruppe der Kinder waren nur die Copingstrategien mit der Lebensqualität assoziiert (Tabelle 6-46), die Lärmexposition hatte keinen Einfluss auf die Lebensqualität. Erwartungsgemäß gingen negative Copingstrategien mit einer niedrigeren, positive Copingstrategien mit einer höheren Lebensqualität einher.

**Tabelle 6-45: Logistische Regressionen für Jugendliche hinsichtlich der generellen Lebensqualität (Kindl-Gesamtskala), dichotomisiert am 25. Perzentil der jeweiligen Verteilungen für Jungen und Mädchen**

	Jungen				Mädchen			
	N=319		N=319		N=312		N=310	
	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>
Alter in Jahren	1,24	0,98; 1,58	1,11	0,85; 1,45	1,15	0,95; 1,39	1,10	0,89; 1,34
Schulbildung: Gymnasium	1,10	0,60; 2,02	1,02	0,53; 1,94	0,58	0,36; 0,93	0,54	0,32; 0,90
Wohnort <sup>3</sup>								
Grafring	0,09	0,01; 0,66	0,09	0,01; 0,71	0,58	0,25; 1,34	0,63	0,25; 1,54
Freising	0,88	0,40; 1,93	0,82	0,85; 1,91	0,71	0,38; 1,32	0,66	0,34; 1,28
Ebersberg	1,02	0,49; 2,13	1,08	0,49; 2,39	0,71	0,37; 1,33	0,71	0,35; 1,42
Mittlerer Schall- pegel am Tag $\geq$ 79,5 dB(A) <sup>4</sup>	1,12	0,59; 2,14	1,12	0,55; 2,31	0,44	0,22; 0,88	0,43	0,21; 0,90
Nächtlicher mitt- lerer Schallpegel $\geq$ 58 dB (A) <sup>4</sup>	2,22	1,16; 4,25	2,23	1,09; 4,58	1,19	0,69; 2,05	1,19	0,65; 2,17
Positives Co- ping <sup>4</sup>	0,71	0,34; 1,49	0,91	0,41; 2,02	0,34	0,18; 0,64	0,40	0,20; 0,78
Negatives Co- ping <sup>4</sup>	2,63	1,35; 5,12	2,72	1,32; 5,58	2,76	1,69; 4,51	2,38	1,41; 4,02

1: Krude Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

2: Für alle im Modell enthaltenen Merkmale adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

3: Referenzort ist München

4: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen bei Jugendlichen dichotomisiert

**Tabelle 6-46: Logistische Regressionen für Kinder hinsichtlich der generellen Lebensqualität (Kindl-Gesamtskala), dichotomisiert am 25. Perzentil der jeweiligen Verteilungen für Jungen und Mädchen**

	Jungen				Mädchen			
	N=316		N=315		N=291		N=290	
	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>	OR <sup>1</sup>	95%-KI <sup>1</sup>	OR <sup>2</sup>	95%-KI <sup>2</sup>
Alter in Jahren	0,84	0,68; 1,04	0,89	0,70; 1,14	1,06	0,86; 1,31	1,01	0,78; 1,31
Schulbildung: Gymnasium	0,48	0,24; 0,95	0,50	0,22; 1,12	1,32	0,74; 2,34	1,37	0,67; 2,79
Wohnort <sup>3</sup>								
Grafring	0,76	0,32; 1,81	0,63	0,24; 1,61	0,54	0,23; 1,28	0,49	0,20; 1,20
Freising	0,75	0,37; 1,56	0,60	0,27; 1,31	0,86	0,43; 1,70	0,80	0,39; 1,62
Ebersberg	0,68	0,33; 1,41	0,63	0,28; 1,42	0,94	0,47; 1,88	0,94	0,46; 1,94
Mittlerer Schall- pegel am Tag ≥ 82,5 dB(A) <sup>4</sup>	1,11	0,64; 1,92	1,06	0,59; 1,91	1,53	0,84; 2,78	1,52	0,81; 2,85
Nächtlicher mitt- lerer Schallpegel ≥ 46 dB (A) <sup>4</sup>	0,98	0,54; 1,77	0,89	0,46; 1,70	0,86	0,47; 1,58	0,85	0,45; 1,62
Positives Co- ping <sup>4</sup>	0,31	0,15; 0,64	<b>0,33</b>	<b>0,16; 0,70</b>	0,50	0,26; 0,94	<b>0,54</b>	<b>0,28; 1,04</b>
Negatives Co- ping <sup>4</sup>	2,76	1,57; 4,87	<b>2,22</b>	<b>1,22; 4,01</b>	2,29	1,34; 3,92	<b>2,02</b>	<b>1,16; 3,53</b>

1: Krude Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

2: Für alle im Modell enthaltenen Merkmale adjustierte Odds Ratios und zugehörige 95% Konfidenzintervalle

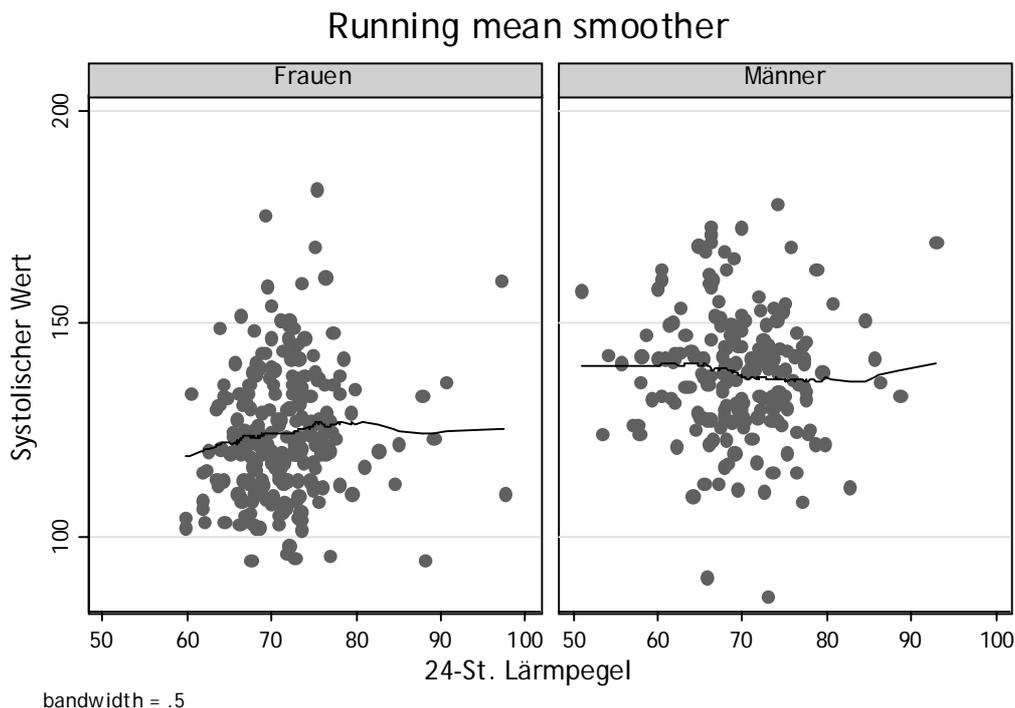
3: Referenzort ist München

4: Merkmale wurden am 75. Perzentil der jeweiligen Verteilungen bei Kindern dichotomisiert

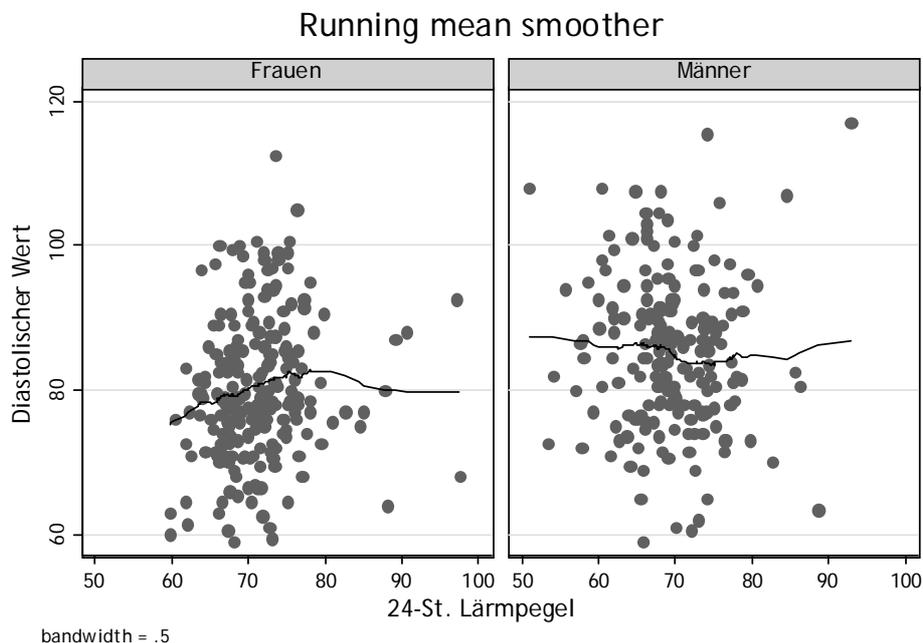
## 6.14 Multiple Regressionsmodelle zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Blutdruck

Zunächst wurden die Ergebnisse des mittleren Blutdrucks gegen den Schallpegel aufgezeichnet (Abbildung 6-37). Hierbei ergab sich für Männer kein Zusammenhang zwischen der Höhe der Lärmexposition über 24 Stunden und den Ergebnissen der Blutdruckmessung. Für Frauen deutete sich hingegen ein Trend zu höheren Blutdruckwerten mit zunehmender Exposition an, dieser Zusammenhang war allerdings nicht linear: während systolischer und diastolischer Blutdruck im Bereich zwischen 60 und 80 dB(A) zunahmen, war der Verlauf des fortlaufenden Mittelwertes im oberen Bereich nahezu konstant. Hierbei sind die geringen Fallzahlen in diesem Bereich zu berücksichtigen.

**Abbildung 6-37: Scatterplot und Trendlinie zwischen 24 h Schallpegel (dB(A)) und systolischem Blutdruck der erwachsenen Teilnehmer stratifiziert nach Geschlecht**



**Abbildung 6-38: Scatterplot und Trendlinie zwischen 24 h Schallpegel (dB(A)) und diastolischem Blutdruck der erwachsenen Teilnehmer stratifiziert nach Geschlecht**



Im multiplen logistischen Regressionsmodell zeigten sich hingegen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen dem mittleren Schallpegel über 24 h und der Prävalenz erhöhter Blutdruckwerte. Für Frauen war das Risiko mit einer Odds Ratio von 1,6 im nicht adjustierten Modell leicht, aber nicht signifikant erhöht. Nach Adjustierung für potenzielle Confounder sank die Odds Ratio auf 1,2 (95% Konfidenzintervall 0,6-2,8). In diesem Modell war das Alter der stärkste Prädiktor für erhöhte Blutdruckwerte (Daten nicht dargestellt). Tendenziell war auch die Lärmsensitivität ein Prädiktor für erhöhte Blutdruckwerte, allerdings mit breitem Konfidenzintervall.

Für Männer konnte auch im multivariaten Modell kein Zusammenhang zwischen Lärmexposition, Lärmempfindlichkeit oder selbst berichteten Lärm am Untersuchungstag und erhöhten Blutdruck belegt werden. Darüber hinaus hatten die anderen im Modell untersuchten Prädiktoren keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Prävalenz eines erhöhten Blutdrucks. Das Alter spielte nur eine schwache Rolle (Daten nicht dargestellt). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Teilnehmer, die Blutdruckmedikamente einnahmen, von den Analysen ausgeschlossen wurden.

Auch für die Jugendlichen ergab sich kein Zusammenhang zwischen Lärmexposition am Untersuchungstag und der Prävalenz erhöhter Blutdruckwerte. Bereits bei den

Jugendlichen war das Geschlecht stärkster Prädiktor für erhöhte Blutdruckwerte. Die Odds Ratio stieg für das Gesamtkollektiv mit dem Alter, bei stratifizierter Betrachtung hatte wiederum nur für die männlichen Jugendlichen das Alter einen Einfluss auf die Prävalenz eines erhöhten Blutdrucks. Die subjektive Wahrnehmung von Lärm am Untersuchungstag hatte keinen Einfluss auf den Blutdruck (Daten nicht gezeigt).

Für die Kinder, insbesondere für die Jungen, ergab sich ein protektiver Effekt einer höheren mittleren Lärmexposition über 24 h auf den Blutdruck. Auch hier war wiederum das Alter nur für die Jungen ein Prädiktor für Blutdruckwerte im obersten Quartil.

**Tabelle 6-47: Logistische Regressionen zum Zusammenhang zwischen Schallpegel am Untersuchungstag und Blutdruck nach Altersgruppe und Geschlecht**

	Prävalenz hohen Blutdrucks <sup>39</sup>		Odds Ratio (95%-KI)	
	Schallpegel		Unadjustiert	Adjustiert <sup>40</sup>
	<75. Perzentil	≥75. Perzentil		
<b>Erwachsene<sup>41</sup></b>				
Gesamt	30,1%	31,0%	0,99 (0,60; 1,71)	0,88 (0,52; 1,50 <sup>42</sup> )
Männer	50,0%	42,5%	0,74 (0,36; 1,52)	0,57 (0,28; 1,39)
Frauen	14,8%	21,3%	1,56 (0,67; 3,60)	1,24 (0,55; 2,81)
<b>Jugendliche</b>				
Gesamt	11,2%	11,3%	1,00 (0,55; 1,83)	0,97 (0,52; 1,82)
Männer	17,4%	16,1%	0,91 (0,46; 1,79)	1,10 (0,54; 2,20)
Frauen	5,4%	3,6%	0,65 (0,14; 3,01)	0,66 (0,14; 3,14)
<b>Kinder</b>				
Gesamt	37,9%	27,5%	0,62 (0,41; 0,94)	0,67 (0,44; 1,04)
Jungen	45,5%	20,7%	0,31 (0,17; 0,56)	<b>0,38 (0,20; 0,69)</b>
Mädchen	30,7%	38,2%	1,40 (0,75; 2,58)	1,45 (0,77; 2,71)

<sup>39</sup> Für Erwachsene und Jugendliche: entweder systolischer Wert ≥140 oder diastolischer Wert ≥90; für Kinder, entweder systolischer oder diastolischer Wert über 3. Quartil (>118 für systolische Werte, >72 für diastolische Werte)

<sup>40</sup> Adjustiert für Erwachsene für Lärmempfindlichkeit (ja/nein), Alter (18-30; 31-40; 41-50; 51-65 Jahre), Wohnort, monatl. Äquivalenzeinkommen (<1000 €, 1000-1499 €, 1500-2499 €, ≥2500 €), Bildung (Fach-/Abitur, ja/nein), Partner im Haushalt (ja/nein);

für Jugendliche und Kinder adjustiert nach Wohnort und Alter in Jahre

<sup>41</sup> N=406 ohne Einnahme von Blutdruckmedikamenten in den letzten 2 Monaten

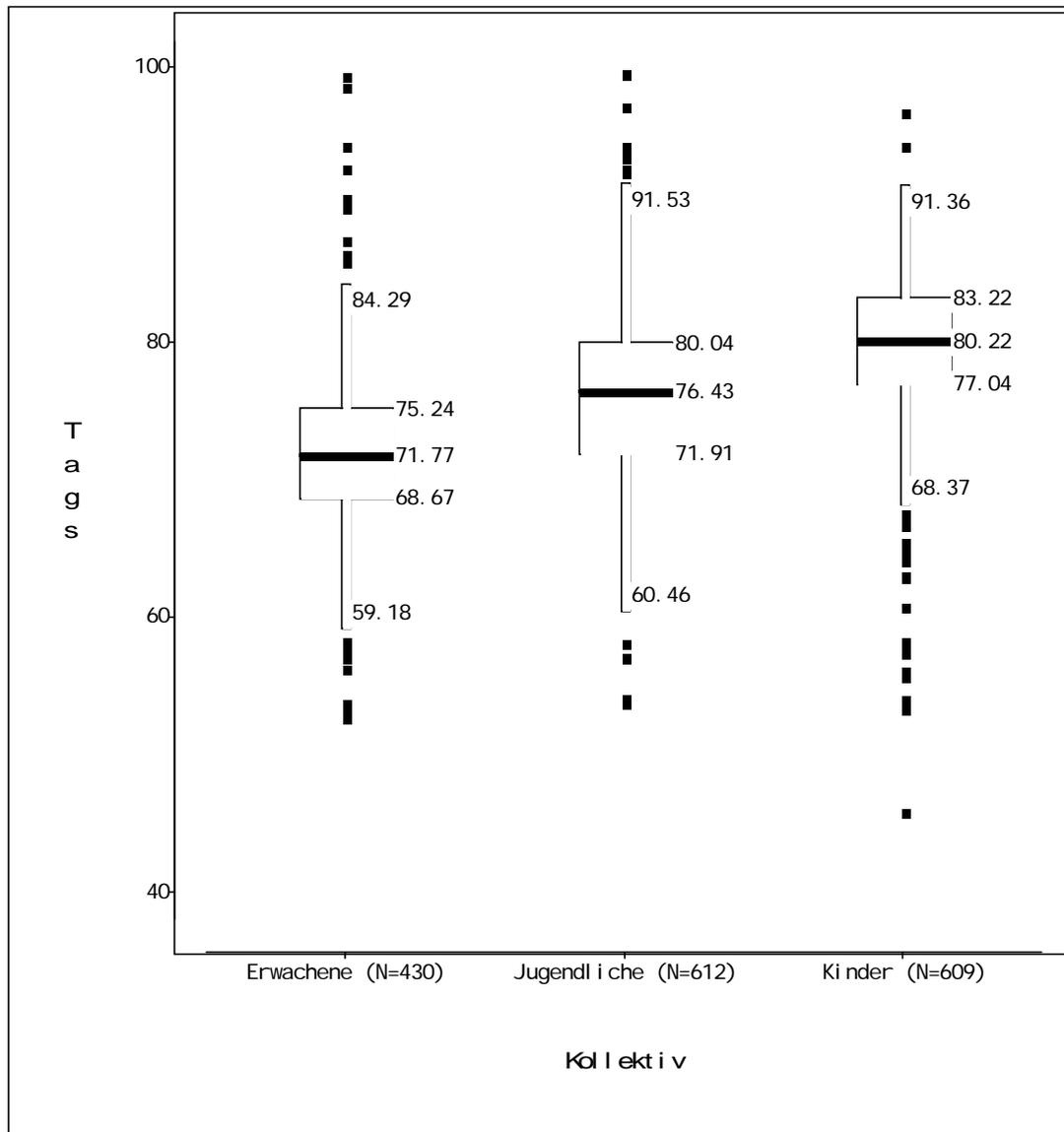
<sup>42</sup> Gesamtmodell zusätzlich für Geschlecht adjustiert

## **6.15 Ergebnisse der Zusatzauswertungen der personenbezogenen 24-Stunden Messung unter Berücksichtigung der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase**

### **6.15.1 Mittelwerte des Schallpegels in der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase nach Altersgruppe**

In den Zusatzauswertungen wurden für jeden Probanden seine Nachtruhephase und seine Wach bzw. Aktivphase individuell bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6-39 und Abbildung 6-40 als Box-Whisker-Plots getrennt nach Untersuchungskollektiv (Erwachsene, Jugendliche, Kinder) dargestellt.

Man erkennt, dass sich die Ergebnisse erwartungsgemäß für die Aktivphase kaum von der Lärmexposition während des pauschal definierten Tages (6 – 22 Uhr) unterscheiden (Abbildung 6-13). Auch hier ergaben sich für Kinder statistisch signifikant höhere Werte während der Aktivphase als für die anderen Kollektive. Der Median des mittleren Schallpegels während der Wachphase betrug für die Kinder 80 dB(A), für die Jugendlichen 76 dB(A) und für die Erwachsenen 72 dB(A).



**Abbildung 6-39: Box-Whisker-Plot des mittleren Schallpegel während der individuellen Aktivphase nach Altersgruppe (in dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ )**

Die Mittelwerte über die nächtliche Ruhephase lagen hingegen deutlich unter den pauschal für die Zeit von 22 – 6 Uhr definierten Nachtwerten (Abbildung 6-14). Nur noch sehr vereinzelt traten mittlere Schallpegel über 60 dB(A) in allen Altersgruppen auf. Dies trifft insbesondere auf die Gruppe der Jugendlichen (50 dB(A) vs. 41 dB(A)) und Erwachsenen (53 dB(A) vs. 41 dB(A)) zu. Hingegen erhöhte sich der Median des mittleren Schallpegels für die Kinder um fast 3 dB(A) (39 dB(A) vs. 42 dB(A)). Der Unterschied zwischen den drei Gruppen ist nur noch schwach statistisch signifikant ( $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} = 0,03$ ).

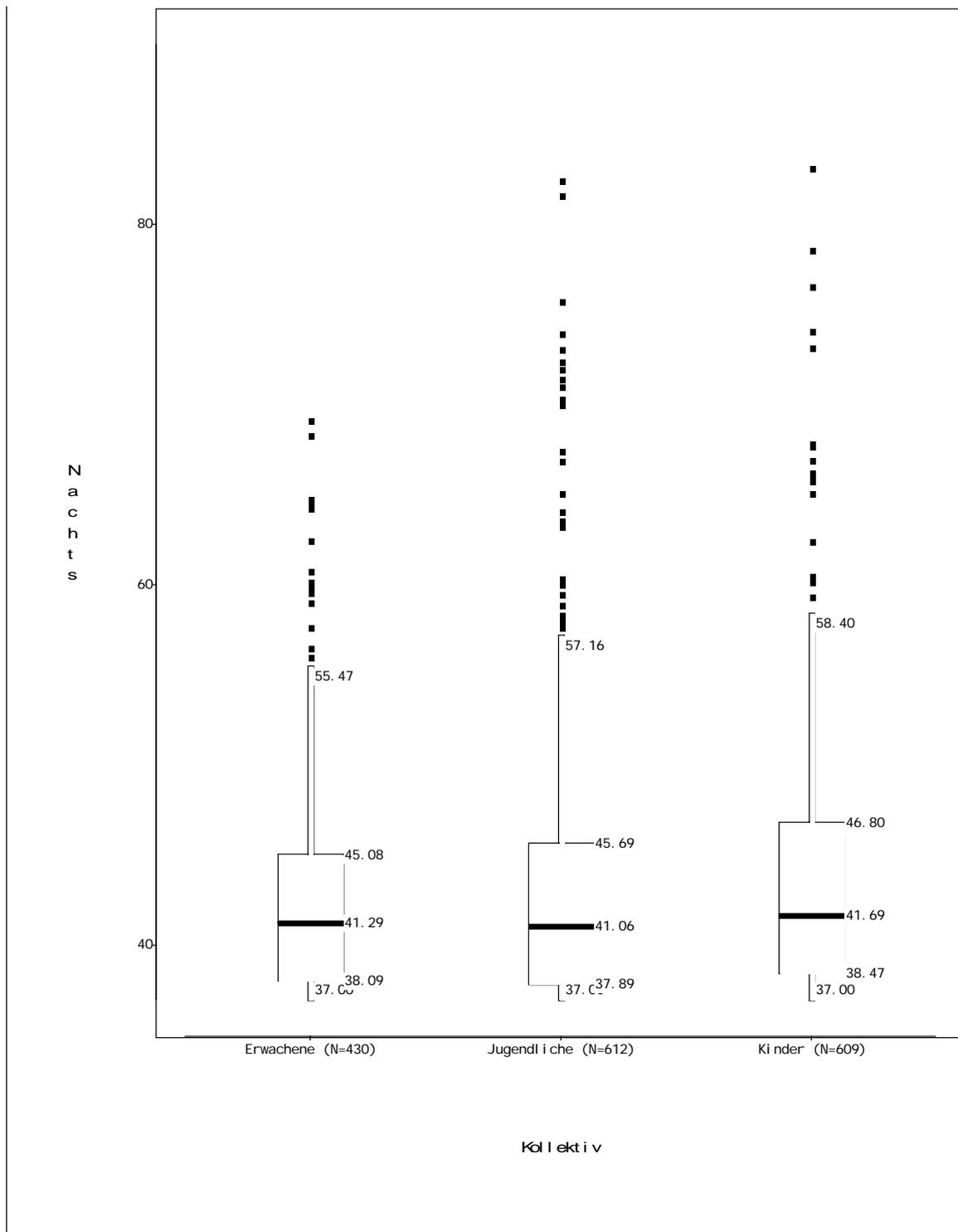
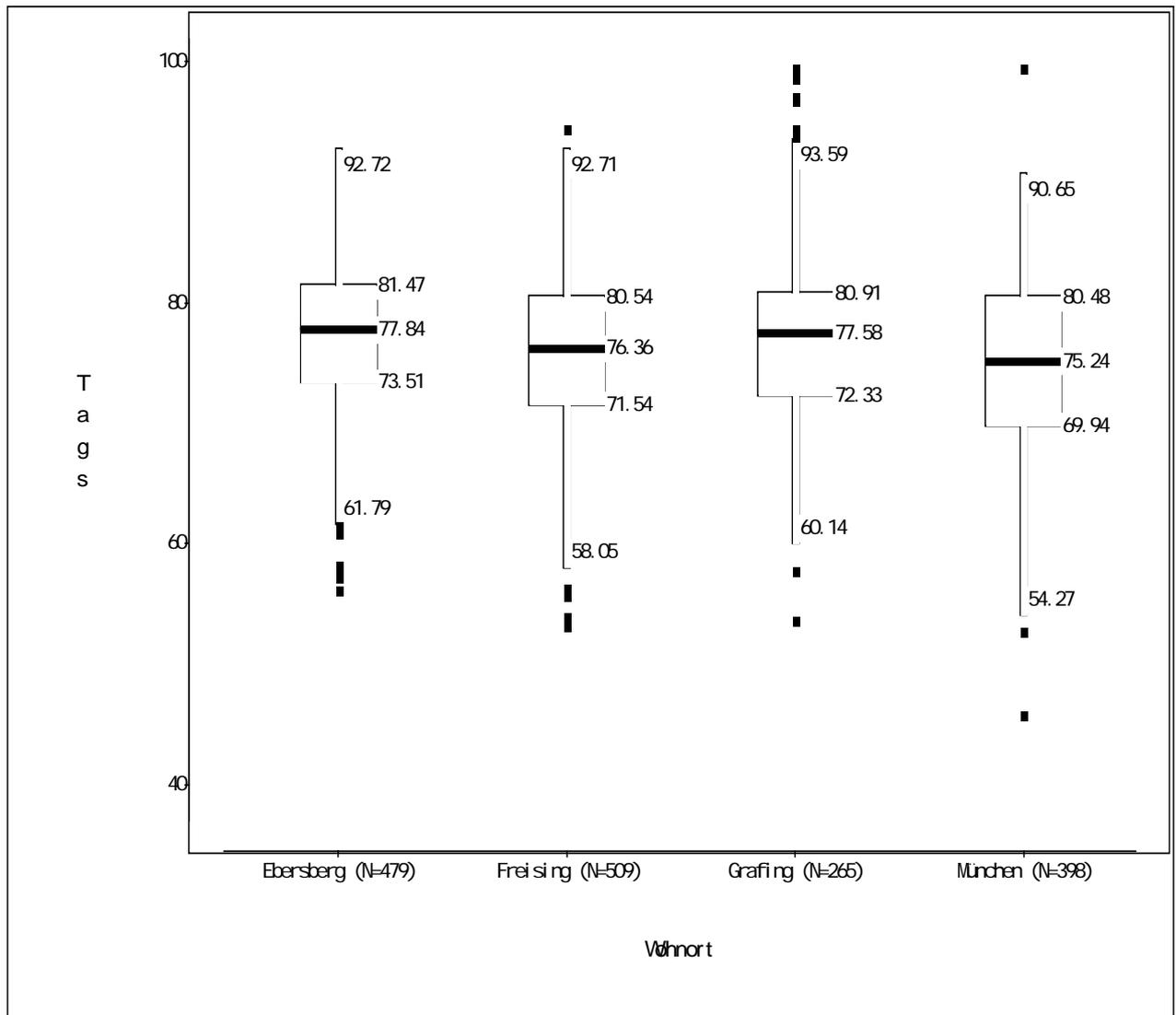


Abbildung 6-40: **Box-Whisker-Plot des mittleren Schallpegel während der individuellen Nachruhephase nach Altersgruppe (in dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}=0,02$ )**

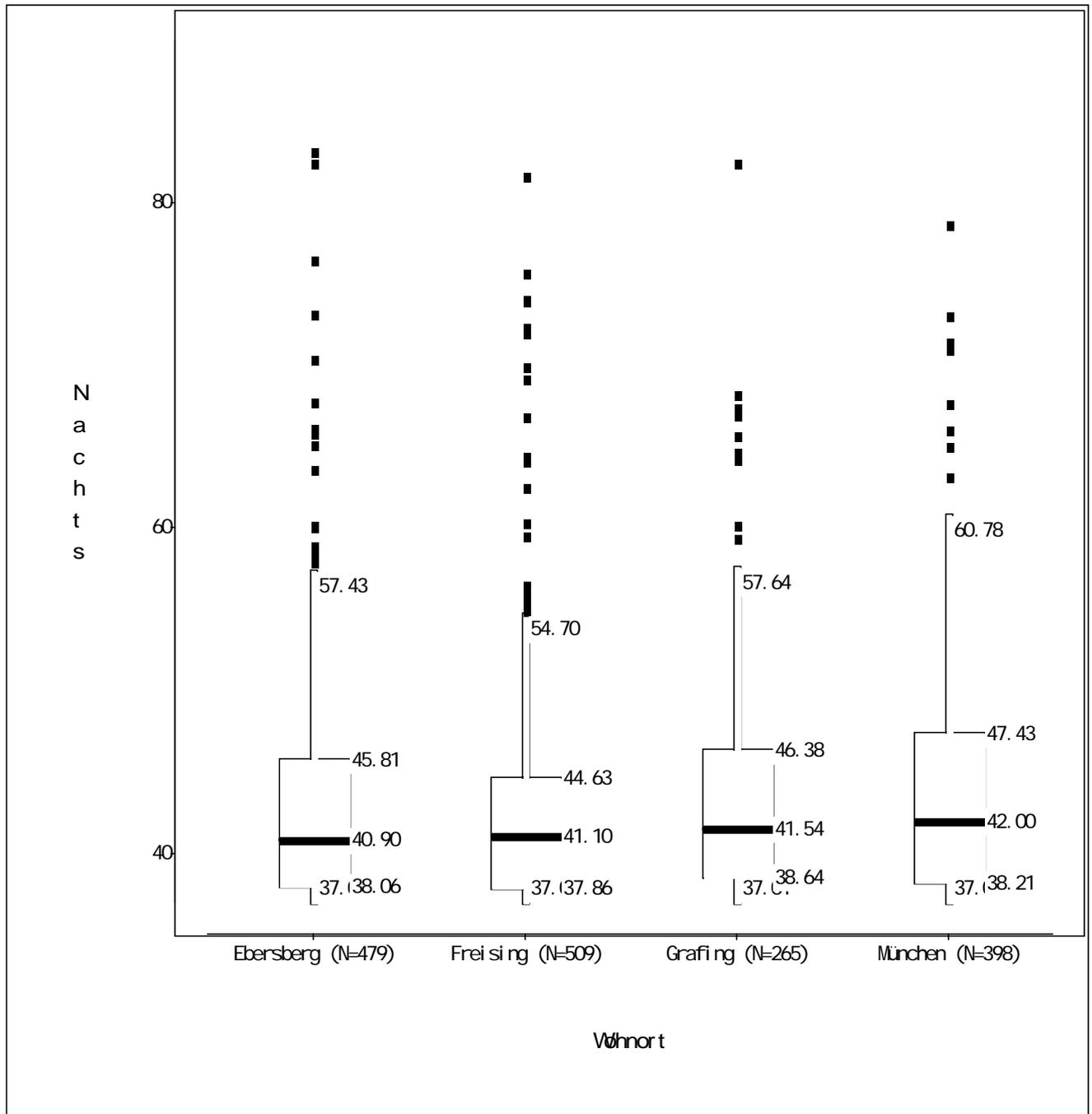
### **6.15.2 Mittelwerte des Schallpegels in der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase nach Wohnort**

Auch die Ergebnisse stratifiziert nach Untersuchungsort unterschieden sich für die individuelle Aktivphase kaum von den für die pauschal definierte Tagphase (6 – 22 Uhr) beschriebenen Ergebnisse (Abbildung 6-41). Der mediane Schallpegel lag wiederum in Ebersberg und Grafing signifikant höher als für die Münchner Teilnehmer ( $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ ).

Die Lärmexposition während der nächtlichen Ruhephase lag in allen Untersuchungs-orten unter der pauschal ermittelten Lärmexposition von 22 bis 6 Uhr. Auch bei dieser Auswertung waren die Schallpegel jedoch in München mit im Median 42 dB(A) signifikant höher als in den übrigen Studienorten (41 dB(A);  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ ; Abbildung 6-42).



**Abbildung 6-41: Box-Whisker-Plot des mittleren Schallpegel während der individuellen Aktivphase nach Untersuchungsort (in dB(A);  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}} < 0,001$ ).**

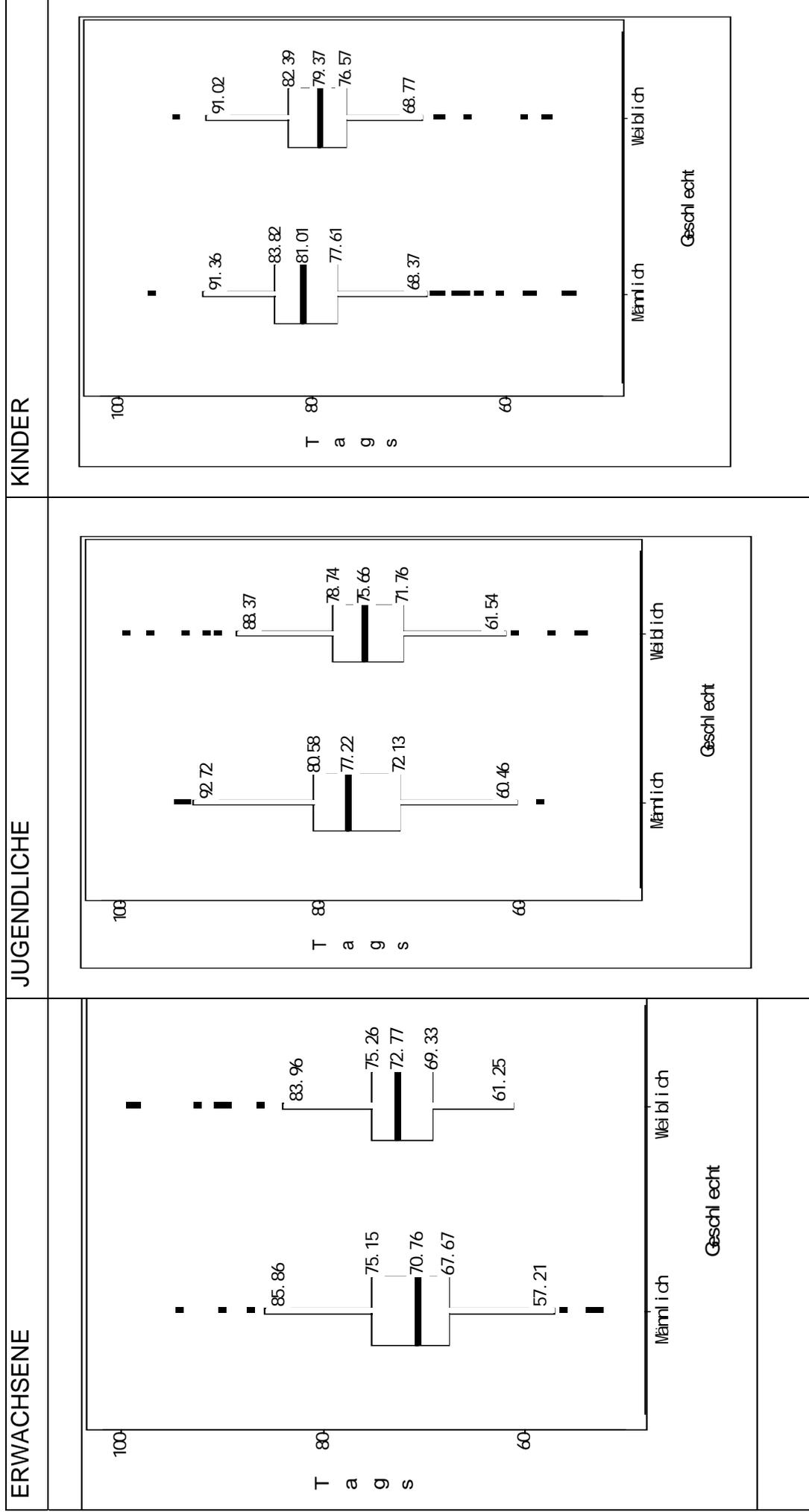


**Abbildung 6-42: Box-Whisker-Plot des mittleren Schallpegels während der individuellen Nachtruhephase nach Untersuchungsort (in dB(A)  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}=0,03$ )**

### 6.15.3 Mittelwerte des Schallpegels in der individuellen Aktiv- und Nachtruhephase nach Geschlecht

Die für die pauschale Definition des Tags (6 – 22 Uhr) gefundenen Unterschiede im Schallpegel für die weiblichen und männlichen Teilnehmer bestätigen sich auch für die individuelle Definition der Wachphase (Abbildung 6-43). Auch hier unterschied

sich die Richtung der Differenz in Abhängigkeit von der Altersgruppe. So ergaben sich für erwachsene Frauen am Tag höhere mediane Schallpegel als für Männer (73 vs. 71 dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}=0,003$ ). Für Kinder und Jugendliche lagen die medianen Schallpegel hingegen für die Mädchen niedriger als für die Jungen. Dieser Unterschied war für die Kinder (79 vs. 81 dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}<0,0006$ ) deutlicher ausgeprägt als für die Jugendlichen (76 vs. 77 dB(A),  $p_{\text{Kruskal-Wallis-ANOVA}}=0,02$ ). Keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen aller Altersgruppen ergaben sich auch hier während der individuellen nächtlichen Ruhephase (Abbildung 6-44).



**Abbildung 6-43: Box-Whisker-Plot des mittleren Schallpegel während der individuellen Aktivphase nach Gruppe und Geschlecht (in dB(A) Erw.  $p_{\text{wilcoxon-Test}}=0,001$ ; Jugendl.  $p_{\text{wilcoxon-Test}}=0,08$ ; Kinder  $p_{\text{wilcoxon-Test}}=0,04$ )**

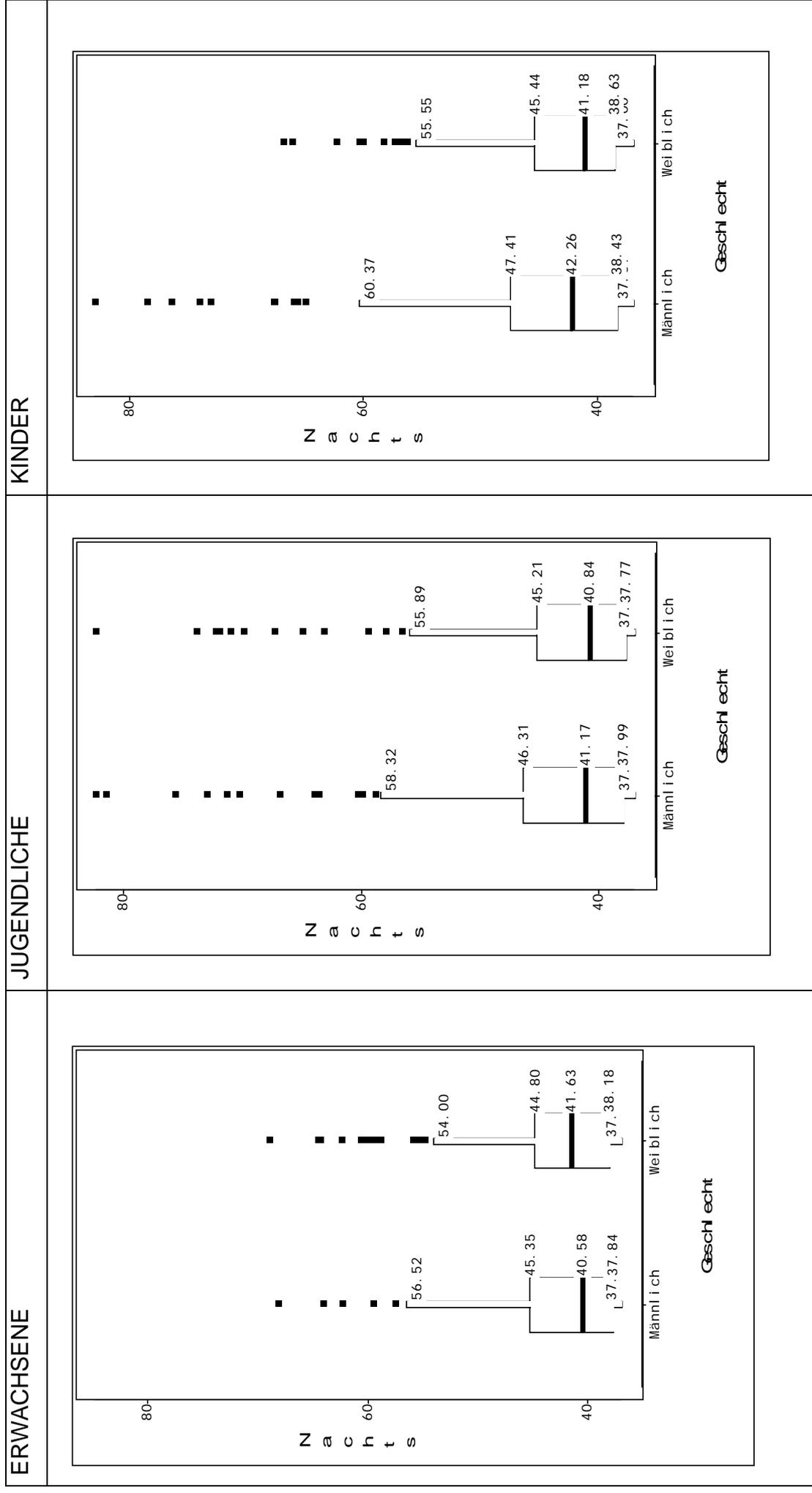


Abbildung 6-44: Box-Whisker-Plot des mittleren Schallpegel während der individuellen Nachtruhephase nach Gruppe und Geschlecht (in dB(A) Erw.  $p_{\text{wilcoxon-Test}}=0,70$ ; Jugendl.  $p_{\text{wilcoxon-Test}}=0,41$ ; Kinder  $p_{\text{wilcoxon-Test}}=0,01$ )

## **7 Während der Durchführung des Projekts bekannt gewordene Fortschritte auf diesem Gebiet bei anderen Stellen**

Der überwiegende Teil der während der Durchführung des Projekts bekannt gewordenen Fortschritte auf dem Gebiet Lärmexposition und individueller Gesundheitsstatus wurde in Kapitel 2 dargestellt. Daher werden an dieser Stelle nur einige ausgewählte Studien aus dem Jahr 2006 beschrieben.

Herr und Kollegen publizierten 2006 eine Befragung von erwachsenen Bewohnern des Rhein-Main-Gebietes, in der sie einen möglichen Einfluss des Fluglärms des Rhein-Main-Flughafens auf die Belästigung untersuchten [35]. Hierbei konnten sie eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen dem Schallpegel durch Fluglärm und dem Belästigungserleben belegen. Insbesondere die nächtliche Belästigung zeigte sich als statistisch relevant. Diese resultierte in einer Beeinträchtigung der Wohnzufriedenheit.

Darüber hinaus führte Babisch eine Metaanalyse zum Myokardinfarktrisiko durch Verkehrslärm durch. Diese systematische Zusammenfassung der aktuell vorliegenden Studien ergab eine Erhöhung des Myokardinfarktrisikos bereits ab einem Außenschallpegel von 60 dB(A) [29].

Im Rahmen der INTERPHONE Studie erschienen zudem Arbeiten zur Assoziation zwischen beruflicher oder privater Lärmexposition und dem Auftreten von Akustikusneurinomen [82]. Hierbei konnten die in früheren kleineren Fall-Kontroll-Studien gefundenen Risikoerhöhungen bestätigt werden. Ob diese Zusammenhänge valide sind, lässt sich schwer beurteilen, da die Expositionsangaben auf Eigenangaben der Teilnehmer beruhten. Insofern kann eine Verzerrung der Ergebnisse durch Erinnerungsbias (unterschiedliche Erinnerung an Expositionen durch Fälle und Kontrollen) in dieser Studie nicht ausgeschlossen werden.

Einige Ergebnisse des internationalen RANCH Projektes, das sich mit dem Zusammenhang zwischen Flug- und Verkehrslärm in der Nähe der internationale Flughäfen London Heathrow, Amsterdam Schiphol und Madrid Barajas und der Gesundheit sowie dem Lernvermögen in den Schülern anliegender Schulen beschäftigt, wurden

ebenfalls 2006 publiziert [83, 84]. Hierbei ergab sich ein negativ linearer Zusammenhang zwischen Fluglärm in der Schulumgebung und dem Leseverständnis der 9-10-jährigen Teilnehmer. Kein Zusammenhang zeigte sich hingegen mit dem Straßenlärm [83]. Für den Zusammenhang zwischen Lärmexposition im Schulumfeld und dem Blutdruck ergaben sich in dieser Studie keine eindeutigen Zusammenhänge. Allerdings zeigte sich eine signifikant positive Assoziation zwischen dem nächtlichen Schallpegel und dem Blutdruck der Schüler [84].

## **8 Zusammenfassung und Bewertung der erzielten Ergebnisse und ihrer Konsequenzen**

### **8.1 Personenbezogene Erfassung der täglichen Lärmexposition und Ergebnisse der Validierungsmessungen**

#### **8.1.1 Kritische Bewertung der personenbezogenen Erfassung der täglichen Lärmexposition**

Diese Studie stellt eine der ersten Studien zur personenbezogenen Erfassung der Lärmexposition durch Umweltlärm mittels Personendosimetrie an Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen dar. Bislang ist im außerberuflichen Bereich zu diesem Komplex nur eine Studie an erwachsenen Beschäftigten des Baugewerbes aus Seattle bekannt [85]. In dieser wurden allerdings nur männliche Erwachsene über einen Zeitraum von 40 bzw. 96 Stunden untersucht.

Die Personendosimetrie stellte sich in unserer bevölkerungsbezogenen Untersuchung als gut machbar heraus, die Akzeptanz der Teilnehmer war hoch. Nur 5 Prozent der Messungen konnten nicht in die Auswertungen einbezogen werden, weil es Probleme bzw. Unplausibilitäten in den Messwerten gab. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze traten vor allem nachts auf, Werte oberhalb des Messbereichs wurden nur sehr vereinzelt verzeichnet.

Die Auswertung der 24 h-Messungen erfolgte zum einen durch die Bildung des individuellen Mittelwertes über 24 h, sowie eines Tages- und eines Nachtmittelwertes analog zur TA Lärm. Für die Zusatzauswertungen zur Erfassung des nächtlichen Schallpegels während der Nachtruhe wurde der mittlere Schallpegel der individuellen Phase der Nachtruhe sowie der Aktivphase berechnet.

Zur Einteilung der Expositionskategorien wurde die Population am 75er Perzentil des Schallpegels der jeweiligen Altersgruppe geteilt. Personen mit einer Exposition oberhalb dieses Schallpegels wurden als höher exponiert eingestuft. Von einer Einteilung am 90er Perzentil wurde aufgrund zu geringer Fallzahlen im oberen Perzentil abgesehen. Zudem wurde bereits früher gezeigt, dass Mittelwert, Median und Perzentil eng mit einander korrelieren [86].

Vorteil der personenbezogenen Messung ist die summative Erfassung aller Lärmquellen, denen der Proband über den Untersuchungstag ausgesetzt ist. Zudem wird der Schallpegel nicht nur am Wohnort des Probanden sondern auch an seinem tatsächlichen Aufenthaltsort erfasst. Somit kann die individuelle Lärmbelastung am Untersuchungstag mit hoher Validität erfasst werden.

Nachteil der Personendosimetrie ist, dass die Lärmqualität nicht erfasst wird. So können negative Effekte auf das Wohlbefinden insbesondere auch durch die individuelle Bewertung des Schallpegels entstehen [86]. Aus diesem Grund erfassten wir in unserer Untersuchung sowohl die individuelle Lärmempfindlichkeit, die Copingstrategien als auch die subjektive chronische und akute Lärmbelastung am Untersuchungstag.

Ein weiterer Nachteil ist die nur einmalige Erfassung der Exposition an einem zufällig ausgewählten Tag. Diese Exposition muss daher nicht repräsentativ für die chronische Lärmbelastung des Teilnehmers sein. Beispiel hierfür sind die Ergebnisse von Probanden, die am Untersuchungstag eine Diskothek besuchten. Allerdings betrafen solche Expositionen nur einen kleinen Teil der Teilnehmer. Durch die Darstellung der Mediane auf Populationsebene konnte vermieden werden, dass sich solche Ausreißer auf die Ergebnisse für die Gesamtpopulation auswirkten.

### **8.1.2 Zusammenfassung und kritische Bewertung der Validierungsstudie**

Nach Abschluss der Untersuchung in München wurde eine Validierungsstudie an einer Münchner Grundschule durchgeführt. Dies erschien notwendig, da die Schallpegel insbesondere der Kinder in den Vormittagsstunden zunächst unplausibel hoch erschienen. Da bislang keine Studien zur Exposition gegenüber Umweltlärm bei Schülern mit Personendosimetern durchgeführt wurden, wurde es für sinnvoll erachtet, die Validität dieser Messungen zu überprüfen. Hierdurch sollte zum einen überprüft werden, wie gut der mit den personenbezogenen Messungen erfasste Schallpegel mit stationären Messungen übereinstimmt. Zum anderen sollten Hinweise darauf gefunden werden, ob insbesondere die jungen Studienteilnehmer die Ergebnisse durch Manipulation der Dosimeter beeinflussen konnten. Das Design und die Auswertung dieser Validierungsstudie wurden analog zu dem Vorgehen des Projektes der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin „Lärm in Bildungsstätten“ gewählt [87].

Die Validierungsmessungen an der Münchner Grundschule gaben Hinweise darauf, dass, wenn man sich bei der Erfassung der Lärmexposition von Schülern und Lehrern nur auf den Zeitraum des Unterrichts im Klassenzimmer beschränkt, die höchsten Schallpegel während des Sportunterrichts und in Pausenzeiten nicht berücksichtigt werden. Eine rein stationäre Messung unterschätzt den Schallpegel aber nicht nur für den Gesamtzeitraum. Auch im Klassenzimmer lag der Schallpegel der personenbezogenen Messung stets über dem Schallpegel der stationären Messung. Diese Unterschiede lassen sich nicht auf die Messgüte der Dosimeter zurückführen, da das stationär eingesetzt Personendosimeter mit dem stationären Messgerät vergleichbare Ergebnisse lieferte. Ursache für die Unterschiede zwischen stationärer und personenbezogener Messung ist daher möglicherweise, dass stationäre Geräte in Klassenzimmern an einem Platz aufgestellt werden, an dem sie zum einen die Kinder wenig behindern und wo sie zum anderen auch standfest und sicher sind. Sie werden daher eher am Rand des Klassenzimmers positioniert als in der Mitte des Raums. Jedoch liegen die Schallpegel in der Nähe der Schüler in der Regel höher.

In Übereinstimmung mit früheren Studien belegen unsere Ergebnisse, dass die Hauptlärmquelle in den Klassenzimmer häufig die Schüler selbst sind, Lärm von außen ist hierbei bei einer ungünstigen Lage der Schule ein zusätzlicher Faktor. Der Hintergrundschallpegel lag in der von uns gewählten Schule unterhalb der Bestimmungsgrenze der Geräte, hingegen wurden während des Sportunterrichts Spitzenpegel bis 100 dB(A) erreicht. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Betrachtung des Außenlärms allein für die Untersuchung möglicher gesundheitlicher Konsequenzen bzw. Effekte auf die Lernleistung der Schüler und die Gesundheit der Lehrer wenig sinnvoll ist. Unsere Ergebnisse belegen darüber hinaus, dass bei stationären Messungen des Schallpegels der für den Schüler relevante Schallpegel meist unterschätzt wird.

Die in unserer Validierungsstudie während des grundlegenden Unterrichts stationär gemessenen Schallpegel erreichten im Mittel 64 dB(A) und lagen damit im Bereich aktueller Daten aus Messungen in 30 Schulklassen durch die Universität Bremen an 5 Schulen in Bremen und Nordrhein Westfalen [87]. Die personenbezogenen Messungen unserer Studie lagen während des grundlegenden Unterrichts im Mittel sogar 6 dB(A) höher als in dieser Untersuchung [87]. Insgesamt lagen die Schallpegel sowohl in unseren Validierungsmessungen als auch in der Studie von Schönwalder und

Kollegen somit deutlich über den in der Arbeitsstättenverordnung für Büroarbeitsplätze geforderten 55 dB(A), noch deutlicher über den nach DIN EN ISO 11690 Teil 1, DIN 18041 in Räumen mit mentaler Arbeit wie z.B. Klassenräumen empfohlenen Höchstwerten (30-40 dB(A)). Der mittlere Schallpegel während des Sportunterrichts betrug 82 dB(A), während der Pausen 80 dB(A). Diese Werte decken sich mit Ergebnissen der Universität Oldenburg [13, 88].

### **8.1.3 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Validierungsstudie**

Diese Ergebnisse, die mit den in den Vormittagsstunden bei Kindern unserer Studienpopulation gemessenen Schallpegeln übereinstimmen, indizieren aus zwei Gründen Handlungsbedarf: Es liegen zahlreiche Studien vor, die eine negative Beeinflussung der Lernleistung bei Schülern durch erhöhte Schallpegel indizieren. Eine Ursache hierfür ist u. a. das schlechtere Sprachverständnis bei höheren Schallpegeln. Zum anderen trägt der Lärm möglicherweise zur gesundheitlichen Beeinträchtigung von Lehrern bei. Hierzu gehören neben einer möglichen psychomentalen Beeinträchtigung auch somatische Wirkungen wie Stimmverlust und, im Falle des Sportunterrichts, möglicherweise sogar Hörschäden. Eine Untersuchung der Universität Edinburgh belegte in diesem Zusammenhang einen höheren Krankenstand bei Lehrern, die in akustisch ungünstigeren Klassenräumen arbeiteten [88].

Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik stellen zum einen pädagogische Interventionen dar, die möglichst schon zu Schulbeginn in der 1. Klasse eingeführt werden sollten, um einen messbaren Effekt zu erzielen [87]. Zum anderen ist insbesondere bei Neu- und Umbauten an bautechnische Interventionen [87] zu denken. Oft reichen auch einfache Maßnahmen, wie z.B. die Erneuerung von Filzunterlagen unter den Stühlen oder großflächige Korkpinnwände, um den Schallpegel zu senken [88]. Während die baulichen Maßnahmen zur Verminderung der Nachhallzeit per se nur eine Lärminderung von 3 dB(A) erbringen, liegt der Gesamteffekt während der Schulstunden häufig im Bereich von 6-8 dB(A). Dies beruht vermutlich auf der Wechselwirkung zwischen der Verbesserung der Sprachverständlichkeit und dem daraus resultierenden Wandel des Sozialverhaltens der Schüler.

## **8.2 Kritische Bewertung des Studiendesign und der Ausschöpfung der Stichprobe**

Das Studiendesign zeigte sich als für die Fragestellung gut geeignet. Durch das mehrstufige Vorgehen konnte der Zeitraum zwischen Einladung zur Untersuchung und Durchführung der Interviews gering gehalten werden, so dass die meisten der Teilnehmer, die sich zum Interview mit 24 h-Messung bereit erklärten, auch interviewt werden konnten. Während der ersten Studienphase in München zeigte sich, dass viele Teilnehmer ein Interview in den Räumen des Instituts und der Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin gegenüber einem häuslichen Interview vorzogen. Es wurden daher in den anderen Studienorten ebenfalls städtische Räume gesucht, in denen die Interviews stattfinden konnten. Neben dem positiven Effekt für die Studienteilnehmer vereinfachte dies auch die sehr aufwändige Organisation der Studie.

Die Tatsache, dass es sich um eine Querschnittsstudie handelt, in der nur einmal über 24 h der personenbezogene Schallpegel gemessen wurde, schränkt die Aussagekraft für Langzeiteffekte ein. Hierfür müsste ein longitudinales Design oder eine Panelstudie eingesetzt werden. Für diese Designoptionen ist aber die zu erwartende Akzeptanz der Teilnehmer gering. Zudem war die Hauptaufgabenstellung dieser Studie die Erfassung des personenbezogenen Schallpegels von bayerischen Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in Abhängigkeit von der Größe des Wohnortes. Diese Aufgabenstellung konnte mit der hier durchgeführten Studie an einer großen, repräsentativen Stichprobe gut erfüllt werden.

Mehr als 80 Prozent der Eltern der Kinder sowie der Jugendlichen beantworteten den Kurzfragebogen. Diese Ausschöpfung der Stichprobe war höher als erwartet. Hierdurch konnte eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse durch systematische Nichtteilnahme an den 24 h-Messungen sehr gut abgeschätzt werden. 64 Prozent der Kinder und 59 Prozent der Jugendlichen nahmen auch an den 24 h-Messungen teil. Diese 24 h-Messungen waren für die Teilnehmer mit einem vergleichsweise hohen Aufwand verbunden (Fahrt ins Untersuchungszentrum, 30-minütiges Interview, 24 h Tragen des Dosimeters, Rückgabe des Personendosimeters im Untersuchungszentrum). Die Kinder und viele der jüngeren Jugendlichen wurden hierbei von einem Erziehungsberechtigten begleitet. Somit ist die erreichte Ausschöpfung der Stichprobe

der Kinder und Jugendlichen ungewöhnlich hoch. Dies konnte nur durch umfangreiche Nachfassmaßnahmen erreicht werden.

Die Teilnahme der Erwachsenen lag sowohl bei den Kurzfragebögen als auch bei den 24 h Messungen deutlich geringer. Sie konnte auch nicht durch das Anbieten flexibler Untersuchungstermine am Abend oder Wochenende angehoben werden. Dies liegt darin begründet, dass mehr als 75 Prozent der Erwachsenen zumindest Teilzeit berufstätig waren. Bei diesen stand der Zeitaufwand in einem unausgewogenen Verhältnis zum Nutzen durch die Studienteilnahme (Lärmexpositionsprofil sowie Einkaufsgutschein über 20,- Euro). Es ist daher nicht überraschend, dass die erwachsenen Teilnehmer häufiger als Nichtteilnehmer besorgt über Umweltlärm waren und aus diesem Grund Interesse an der Studienteilnahme hatten.

Die Teilnahmebereitschaft war in der Kreisstadt am höchsten, in der Großstadt am geringsten. Die Beobachtung, dass die Teilnahmebereitschaft in kleineren Orten höher ist als in Städten, deckt sich mit unseren Erfahrungen aus früheren Studien und der Literatur (z.B. [62, 89]).

Soziodemographische Unterschiede zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern zeigten sich vor allem bei den Jugendlichen in Bezug auf die besuchte Schulart. Während 47 Prozent der Teilnehmer im Kurzfragebogen angaben, ein Gymnasium zu besuchen, waren nur 31 Prozent der Nichtteilnehmer Gymnasiasten. Hierfür kommen verschiedene Erklärungsmöglichkeiten in Frage: Es ist denkbar, dass sich Gymnasiasten eher Gedanken über die Umwelt machen und von daher ein größeres Interesse an der Studienteilnahme hatten. Zum anderen könnte es sein, dass diejenigen, die aktuell kein Gymnasium besuchten, sich zum Teil bereits in der Ausbildung befanden oder nach der Schule in Nebenjobs arbeiteten und deshalb seltener Zeit für die Studienteilnahme hatten.

### 8.3 Kritische Bewertung der Erhebungsinstrumente<sup>43</sup>

Die eingesetzten Fragebogeninstrumente waren gut verständlich und wurden trotz der verhältnismäßig langen Interviewdauer von den Teilnehmern gut akzeptiert.

Der gesamte Fragebogen setzte sich aus validierten Erhebungsinstrumenten zusammen, die sich für Erwachsene sowie Kinder und Jugendliche in bestimmten Teilen unterschieden (vgl. Tabelle 5-3). Dies war notwendig, da für verschiedene Altersgruppen unterschiedliche Erhebungsinstrumente zur Verfügung stehen.

Das chronische Befinden der Erwachsenen wurde mit Teilen der Freiburger Beschwerdeliste erhoben [59], das der Kinder und Jugendlichen mit den „Psychosomatic Complaints“ der HBSC-Studie (Health Behaviour in School-aged Children) [58]. Beide Instrumente erfragen die Häufigkeit von Beschwerden innerhalb der letzten sechs Monate. Als Zielgrößen zur Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der objektiven Lärmexposition und dem subjektiven Befinden wurden Schlafprobleme und das subjektive Leistungsvermögen näher betrachtet. Dafür wurden für die Erwachsenen drei Items der Freiburger Beschwerdeliste summarisch zusammengefasst, in denen nach der Prävalenz von Einschlaf- und Durchschlafproblemen wie auch nach dem Befinden nach dem morgendlichen Aufstehen gefragt wurde. Im Gegensatz dazu wurde bei den psychosomatischen Beschwerden der Kinder und Jugendlichen lediglich danach gefragt, ob sie schlecht einschlafen können, nicht jedoch, ob die Schlafqualität durch Aufwachereignisse während der Nacht beeinträchtigt ist und wie sie sich nach dem Aufstehen fühlen. Dieser Unterschied erlaubt einen Modellvergleich zwischen Kinder/Jugendlichen und Erwachsenen nur bedingt. Ähnlich verhält es sich mit dem subjektiven Leistungsvermögen. Bei den Erwachsenen wurden wiederum drei Items zusammengefasst, in denen nach dem körperlichen Leistungsvermögen, Konzentrationsproblemen und Ermüdung gefragt wurde. Bei Kindern und Jugendlichen wurde das Leistungsvermögen mit einem Item abgebildet, indem nach Müdigkeit und Erschöpfung gefragt wurde. Auch diese Differenzierung ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Die akuten Symptome wurden analog zur validierten und in zahlreichen Studien eingesetzten Beschwerdeliste nach Zerßen dreimal pro Untersuchungstag erfasst

---

<sup>43</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung

[60]. Hierbei war die Liste für Kinder und Jugendliche wiederum kürzer als die Liste für Erwachsene, um die Kinder und Jugendlichen nicht mit einem zu umfangreichen Instrument zu überfordern. Zudem wurde nach den Ergebnissen der Pilotstudie davon ausgegangen, dass Kinder und Jugendliche mit Beschwerden wie z.B. „Tinnitus“ oder „Innerer Unruhe“ wenig anfangen können und die Beschwerdenprävalenz zu gering wäre, um statistische Aussagen ableiten zu können.

Die subjektive Lärmbelastung wurde analog der Befragung im Bundes-Gesundheitssurvey 1998 durchgeführt [67, 76]. Dabei wurden die Probanden gefragt, ob es Lärmquellen in ihrem Haus oder ihrer Wohnung von außen gibt. Bei Bejahung der Frage wurde weiter nach verschiedenen Lärmquellen und der Stärke der jeweiligen Lärmquelle gefragt. Auch hier ist zu bedenken, dass die objektive Lärmexposition über 24 Stunden, gemessen mit dem Lärmdosimeter Spark 703 der Firma Larson Davis, das die Probanden an der Hüfte trugen, nicht direkt mit der subjektiven Lärmbelastung vergleichbar ist, da sich letztere auf das Wohnumfeld der Probanden bezieht, der Schallpegel jedoch genau dort gemessen wurde, wo sich der Proband gerade aufhielt. Durch Verwendung der gleichen Fragen im Kurzfragebogen und dem ausführlichen Interview konnten wir die Reliabilität der Angaben überprüfen. Hier zeigte sich eine gute bis sehr gute Übereinstimmung, was auf die Güte des Erhebungsinstrumentes hinweist.

Die akute subjektive Lärmexposition am Untersuchungstag wurde mittels eines Fragebogens, den die Probanden parallel zur Erhebung der Befindlichkeit am Untersuchungstag ausfüllten, für Kinder, Jugendliche und Erwachsene erfasst.

Verschiedene Coping-Stile wurden bei Erwachsenen mit dem Stressverarbeitungsfragebogen (SVF-78 [73, 74]) erfasst. Hierzu existiert eine für Kinder und Jugendliche angepasste Version. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass mögliche Stresssituationen nicht explizit auf Lärmereignisse und deren Auswirkungen bezogen sind, da mit beiden Instrumenten eine dispositionelle Stressverarbeitung erfragt wird. Darüber hinaus werden bei Kindern und Jugendlichen die Items in Bezug auf zwei fiktive Belastungssituationen, nämlich im sozialen und leistungsthematischen Kontext erfragt, wobei aus Gründen der Praktikabilität und Akzeptanz hinsichtlich des Fragebogenumfangs lediglich die Stressverarbeitung bezogen auf die leistungsthematische Situation erhoben wurde.

Insgesamt war die Akzeptanz der Erhebungsinstrumente sehr hoch, was auch daran zu erkennen ist, dass es so gut wie keine Abbrüche während des Interviews gab. Zudem war die Vollständigkeit der Angaben sehr hoch, lediglich für die Frage nach dem Einkommen gab es, wie in anderen Studien auch, mehr als 5 Prozent fehlende Werte.

#### **8.4 Soziodemographische Daten**

Betrachtet man die soziodemographischen Daten des Untersuchungskollektivs, so fällt zunächst der hohe Bildungsstand der Teilnehmer auf. Mehr als 50 Prozent der Eltern und erwachsenen Teilnehmer hatten (Fach-)Abitur, 52 Prozent der Jugendlichen besuchten nach den Angaben des ausführlichen Interviews ein Gymnasium. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Angaben aus dem Kurzfragebogen und dem Interview leicht von einander abwichen, da die genauere Aufschlüsselung der Schularten im Interview es erlaubte, sonstige Schularten genauer zu klassifizieren. Im Bundesdurchschnitt haben unter den Erwerbstätigen 17 Prozent die Fachhochschulreife oder Abitur<sup>44</sup>, von den Schulabgängern waren 2003 39 Prozent Abiturienten<sup>45</sup>. Hierbei liegt Bayern im Bundesvergleich mit 31 Prozent Abiturienten der gleichaltrigen Wohnbevölkerung insgesamt im unteren Bereich. Der hohe Anteil der Gymnasiasten/Abiturienten in unserer Studienpopulation spiegelt ebenso wie die übrigen Parameter des sozioökonomischen Status die Struktur der Bevölkerung in und um München wieder. Dies erklärt möglicherweise auch, warum in Bezug auf den sozioökonomischen Status in dem hier untersuchten Kollektiv keine Unterschiede in der Lärmexposition belegt werden konnten, während sich diese insbesondere in Bezug auf den Straßenlärm im Bundesgesundheitssurvey deutlich zeigten [76].

Der Anteil der Verheirateten lag unter den Teilnehmern mit 53 Prozent etwas über dem Bundesdurchschnitt (46% der Frauen, 48% der Männer)<sup>44</sup>. Erwartungsgemäß lag er bei den Eltern der Kinder mit fast 80 Prozent am höchsten. Der Anteil derjenigen Erwachsenen, die in einer nichtehelichen Lebensgemeinschaft lebten, lag bei 25 Prozent. Deutlich geringer war mit 8 Prozent der Anteil der Eltern, die in nichtehelichen Lebensgemeinschaften lebten. Dennoch lebte fast ein Viertel der Kinder und Jugendlichen nicht bei beiden Eltern. Von den Erwachsenen lebten nur 21 Prozent in

---

<sup>44</sup> [http://www.destatis.de/presse/deutsch/pk/2004/mikrozensus\\_2003i.pdf](http://www.destatis.de/presse/deutsch/pk/2004/mikrozensus_2003i.pdf)

<sup>45</sup> <http://www.destatis.de/presse/deutsch/pm2004/p1400071.htm>

Haushalten mit 4 oder mehr Personen. Der Anteil der Allein Lebenden war mit 26 Prozent unter den Teilnehmern deutlich höher als im Bundesdurchschnitt (17%). Bei diesen Vergleichen mit den Ergebnissen des Mikrozensus ist zu berücksichtigen, dass sich unsere Stichprobe der Erwachsenen auf die 18 bis 65-Jährigen beschränkte<sup>44</sup>.

Während im Bundesdurchschnitt 25 Prozent der Kinder und Jugendlichen keine Geschwister haben, hatten nur 20 Prozent der teilnehmenden Kinder und Jugendlichen dieser Untersuchung keine Geschwister. Der Anteil derjenigen Kinder, bei denen mindestens ein Elternteil Vollzeiterwerbstätig war, lag in unserer Stichprobe mit 95 Prozent deutlich über dem Durchschnitt der alten Bundesländer (84% der Männer und 20% der Frauen)<sup>44</sup>. Der geringe Anteil der Vollzeiterwerbstätigen unter den erwachsenen Teilnehmern (55%) ist teilweise auf den Anteil von Personen in Ausbildung (8%) sowie Müttern mit und ohne Teilzeitbeschäftigung zurückzuführen. Außerdem waren einige der älteren Probanden bereits berentet.

Das monatliche Haushaltsnettoeinkommen lag für die Erwachsenen (Median 2700,- Euro) etwas unter dem der Eltern (Median 3000,- Euro). Im Bundesdurchschnitt lag das monatliche Haushaltsnettoeinkommen 2002 mit 2675,- Euro in vergleichbarer Höhe<sup>46</sup>. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich ein Teil der erwachsenen Teilnehmer noch in der Ausbildung befand.

---

<sup>46</sup> <http://www.destatis.de/download/d/veroe/nettoeinkommen.pdf>

## **8.5 Kritische Bewertung der objektiven Lärmexposition in Bayern**

Bei der Betrachtung der objektiven Lärmexposition zeigten sich zum einen deutliche Einflussfaktoren des Alters sowie des Geschlechts auf den mittleren Schallpegel, zum anderen hing insbesondere die nächtliche Exposition von der Größe des Untersuchungsortes ab.

### **8.5.1 Objektive Lärmexposition nach Altersgruppe**

Der Schallpegel der Kinder lag im Median während des Tages um 4 dB(A) höher als für die Jugendlichen und um 8 dB(A) höher als für die Erwachsenen. Hingegen ergaben sich in der Nacht die geringsten medianen Schallpegel in der Gruppe der Kinder (39 dB(A) vs. 50 dB(A) für die Jugendlichen und 53 dB(A) für die Erwachsenen). Eine Ursache für diesen geringeren nächtlichen Schallpegel in der Gruppe der Kinder ist die Beobachtung, dass für die 8-12-jährigen Kinder die nächtliche Messphase (22-6 Uhr) sehr gut der Schlafenszeit entsprach, während viele Jugendliche und Erwachsene während dieser Zeit aktiv waren.

Im Rahmen einer Zusatzauswertung unter Bestimmung der individuellen Ruhephase konnte diese Vermutung bestätigt werden. So fanden sich unter individueller Definition der Ruhephase kaum Unterschiede zwischen den drei Altersgruppen. Die mediane Exposition lag für die Kinder hingegen sogar etwas höher als für die Jugendlichen oder Erwachsenen und auch etwas höher als bei der pauschalen Betrachtung der Nacht (22 – 6 Uhr). Ursache für den höheren mittleren nächtlichen Schallpegel für die Gruppe der Kinder liegt vermutlich darin begründet, dass die Kinder häufig früher als die Eltern zu Bett gehen und somit ihre nächtliche Ruhephase beginnt, während im häuslichen Umfeld noch keine Nachtruhe eingetreten ist

Legt man die Ergebnisse für die Kinder als typische nächtliche Expositionswerte in Bayern zugrunde, so gibt es Hinweise darauf, dass ein mittlerer Innenraumschallpegel während der Nacht (22-6 Uhr) von 25 dB(A) nach TA Lärm [90] für etwa 75 Prozent der bayerischen Bevölkerung nicht eingehalten wird. Für die restlichen 25 Prozent lassen sich keine Aussagen treffen, da die Bestimmungsgrenze der Personendosimeter mit 37 dB(A) festgelegt wurde. Es gilt zu bedenken, dass der Schallpegel natürlich auch durch innerhäuslichen Lärm verursacht wird, sowie durch Straßenlärm, der in der TA Lärm nicht berücksichtigt wird, so dass vermutlich ein geringerer

Teil der bayerischen Kinder von Überschreitungen der TA Lärm tatsächlich betroffen sind. Dennoch gibt es Hinweise darauf, dass die Innenraumbelastung durch Lärm in Bayern ein ernst zunehmendes Problem ist. Diese Vermutung werden auch durch die Befunde unserer Zusatzauswertungen gestützt, wonach 50% der Teilnehmer aus München während der nächtlichen Ruhephase gegenüber mittleren Schallpegeln von  $> 42$  dB(A), in den übrigen Studienorten  $\geq 41$  dB(A) exponiert sind.

Bislang liegt nur eine Studie vor, in der die private Lärmexposition mittels Personendosimetrie über einen längeren Zeitraum bestimmt wurde [85]. In dieser Studie wurden 112 Mitarbeiter des Baugewerbes gebeten, über 96 Stunden ein Personendosimeter zu tragen und ihre Aktivitäten aufzuzeichnen. Die Bestimmungsgrenze der Dosimeter betrug ebenfalls 40 dB(A), Werte unter der Bestimmungsgrenze wurden auf 39,9 dB(A) gesetzt. Der mittlere Schallpegel in arbeitsfreien Tagen betrug 72 dB(A). Aufgeteilt nach Aktivitäten ergaben sich die in Tabelle 8-1 dargestellten mittleren Schallpegel. Diese Ergebnisse sind nicht unmittelbar mit unseren Daten für die männlichen Erwachsenen vergleichbar, da wir zur Darstellung der populationsbezogenen Mittelwerte den Median wählten, um Ausreißer nicht über zu bewerten. Berücksichtigt man dies, so liegen die Ergebnisse unserer Studie mit im Median 69 dB(A) für die männlichen Erwachsenen in einem vergleichbaren Bereich.

**Tabelle 8-1: Mittlere Schallpegel während außerberuflicher Tätigkeiten von 112 Bauleuten aus Seattle (nach [85])**

Aufenthaltsort/Tätigkeit	Mittlerer Schallpegel (dB(A))
Zu Hause	67
<i>Davon: Schlafenszeit</i>	49
Bar, Restaurant, Einkaufspassage, Theater	71
Musik hören	73
Sonstiges	76
Fahrten im Auto oder Bus	78

Die hohen Schallpegel während des Schulunterrichts und ihre mögliche Konsequenz für die Lernleistung bayerischer Schülerinnen und Schüler wurden bereits in Kapitel 8.1 diskutiert. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass sich Kinder ebenso wie Erwachsene durch Lärm gestört fühlen, obwohl sie es genießen, ihn selbst zu verursachen [91]. Der Effekt des Lärms hängt hierbei stark von der Tageszeit und der Aktivität ab. So werden Kinder seltener durch Lärm aufgeweckt als Erwachsene [92], dennoch wird die REM Schlafphase durch Lärm verkürzt, der Schlaf ist weniger erhol-

sam [93]. Zudem ist wie oben schon beschrieben klar belegt, dass die kognitive Leistungsfähigkeit von Kindern durch Lärmexposition negativ beeinträchtigt wird [23, 83, 94, 95]. Dieser Effekt scheint reversibel zu sein, wenn der Schallpegel gesenkt wird [94].

### **8.5.2 Objektive Lärmexposition nach Untersuchungsort**

Während der Nacht war der Schallpegel erwartungsgemäß in der Großstadt München am höchsten. Hingegen war wider erwarten der Schallpegel am Tag für die Teilnehmer aus Ebersberg am höchsten. Dieser zunächst überraschende Befund verdeutlicht nochmals den Unterschied zwischen der personenbezogenen Messung und einer stationären Messung im Wohnumfeld. Die Messung im Wohnumfeld spiegelt möglicherweise zwar die nächtliche Exposition ausreichend wider, aber durch die Aktivitäten am Tag ist diese am Wohnort gemessene Exposition nicht repräsentativ für den Einzelnen.

Hier spielt zum Beispiel eine Rolle, dass zahlreiche Teilnehmer aus den kleineren Städten in München arbeiteten und so längere Fahrwege in potenziell lauterem Straßenverkehr oder im öffentlichen Nahverkehr zurücklegen mussten.

Die nächtlichen Schallpegel in den vier Untersuchungsorten verdeutlichen aber auch wiederum das oben bereits beschriebene Problem des Zusammenhangs zwischen personenbezogener Messung und Aktivität des Probanden: Der Schallpegel hängt zum einen vom Tag-Nacht-Rhythmus ab. Zum anderen wird mittels des personenbezogenen Dosimeters nicht nur der Umweltschallpegel gemessen, dem der Proband unwillkürlich ausgesetzt ist. Hier geht auch der selbst verursachte Lärm ein. Dies wird durch die hohen Schallpegel bei den Kindern am Tag, aber auch durch den Einfluss des Diskothekenbesuchs auf die Ergebnisse der Schallpegelmessung verdeutlicht. Auf der anderen Seite konnten derartige Einflüsse durch unsere Zusatzauswertungen weitgehend limitiert werden. Zum anderen hängt die Wirkung des Lärms auf die meist subjektiven Zielgrößen auch von der Art des Schalls und der individuellen Schallbewertung ab. Hierauf gehen wir im nachfolgenden Kapitel (Kapitel 8.6, S. 164) noch genauer ein.

Die Lärmexposition in ländlichen Regionen Bayerns sowie von Bewohnern bayerischer Regionen, in denen die Bürger nicht zur Arbeit in eine größere Stadt pendeln, kann aus dieser Untersuchung nicht abgeleitet werden.

### **8.5.3 Objektive Lärmexposition nach Geschlecht**

Interessant sind auch die geschlechtsspezifischen Unterschiede im Schallpegel. Während in der Gruppe der Kinder und Jugendlichen die Jungen einem höheren Schallpegel ausgesetzt waren, ergaben sich höhere Schallpegel für erwachsene Frauen als Männer. Hier spielt vermutlich auch wiederum der selbst gemachte Lärm eine Rolle, da Kinder und Jugendliche häufig selbst eine Lärmquelle darstellen. So ist denkbar, dass Jungen lautere, geräuschvollere Spiele gegenüber gleichaltrigen Mädchen bevorzugen.

Es ist zunächst überraschend, dass die Exposition am Tag bei Frauen höher liegt als bei Männern, zumal typische „Männerberufe“ häufiger mit einem höheren Schallpegel einhergehen (z.B. Schlosser, Kfz-Mechaniker). Hierbei ist zu bedenken, dass die Teilnehmer primär leise so genannte „Weißkragenberufe“ (Berufe mit hohem Berufsprestige) ausübten. Es ist somit für die Erwachsenen denkbar, dass Frauen sich häufiger beruflich oder privat an Orten mit Kinderlärm aufhielten. Dies konnten wir mit den erhobenen Daten nicht überprüfen. Ob sie auch verstärkt selbst eine größere Lärmquelle als Männer sind, zum Beispiel durch lauteres oder häufigeres Reden, bleibt Spekulation.

## 8.6 Kritische Bewertung der subjektiven Lärmexposition in Bayern

Insgesamt 65 Prozent der erwachsenen Teilnehmer fühlten sich in ihrem Wohnumfeld chronisch durch Lärm belastet. Als Hauptlärmquelle wurde hierbei wie in früheren Studien auch der Straßenlärm genannt, doch auch Fluglärm spielte mit 41 Prozent der durch Lärm im Wohnumfeld Belästigten eine wichtige Rolle. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sicher die Wahl des Studienortes Freising in der Nähe des Münchner Flughafens eine Rolle spielte. Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen der subjektiven Lärmbelastung am Untersuchungstag wider, an dem 15 Prozent der Teilnehmer aus Freising aber nur 1-6 Prozent der Teilnehmer aus den übrigen Untersuchungsorten über Fluglärm berichteten.

Während sich keine Assoziation zwischen einer hohen chronischen selbst berichteten Lärmbelastung und einem hohen Schallpegel am Untersuchungstag für die Erwachsenen zeigte, ergaben sich Unterschiede im medianen Schallpegel in Abhängigkeit von der selbst berichteten Exposition am Untersuchungstag. Dies weist auf das Problem der einmaligen Erfassung des Schallpegels über 24 h hin, der nicht immer repräsentativ für die durchschnittliche Exposition sein muss. Ein weiteres Problem ist, dass die Wahrnehmung des Lärms auch von dessen subjektiver Bewertung abhängt. Die Wahrnehmung hängt von der physikalischen Qualität des Lärms (z.B. Tonhöhe, Häufigkeit, zeitliche Schwankung), seinen nichtakustischen Charakteristika (z.B. Tageszeit, Vorhersagbarkeit des Auftretens, Informationsgehalt) sowie individuellen Unterschieden ab [86]. Dies ist auch der Grund dafür, dass die Assoziation zwischen objektiv gemessenem Schallpegel und subjektivem Befinden häufig nur gering ist [96] (s. auch Kapitel 8.7, S. 166).

Es ist interessant, dass die geringen Unterschiede in den Schallpegeln zwischen den vier Untersuchungsorten in großen Unterschieden in der Lärmwahrnehmung resultieren. Sowohl am Tag als auch in der Nacht berichteten mehr Teilnehmer aus München über Umweltlärmquellen als Teilnehmer aus den anderen Orten. Insbesondere für die Teilnehmer aus Ebersberg, für die die objektive Exposition am Tag sogar statistisch signifikant höher lag als in den übrigen Orten, lag die subjektive Wahrnehmung von Lärmquellen am Untersuchungstag deutlich unter den anderen Untersuchungsorten.

Insgesamt berichteten Erwachsene häufiger über Lärmquellen am Untersuchungstag als Jugendliche und Kinder. Der Unterschied der Wahrnehmung von Lärmquellen zwischen Kindern und Jugendlichen war hingegen gering. Dies deutet darauf hin, dass Kinder und Jugendliche Lärm anders wahrnehmen als Erwachsene und die tatsächliche Lautstärke in ihrem Umfeld nur schlecht einschätzen können. In Bezug auf die Einschätzung von Lärmquellen finden sich in der Literatur unterschiedliche Befunde. Nach aktuellen Ergebnisse von Dockrell und Shield [97] können Kinder externe Lärmquellen relativ gut einschätzen. In einer Übersicht zu den möglichen Gesundheitseffekten von Lärm auf Kinder ziehen auch Bistrup und Kollegen den Schluss, dass Kinder Lärm gut wahrnehmen können und sich durch ihn gestört fühlen, ihn sogar meiden [93]. Eine Studie aus Schweden zeigte hingegen keinen Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommener Lärmbelästigung während der Schulstunden und dem objektiv gemessenen Schallpegel [86]. Da für unsere Untersuchung kein deutschsprachiges Instrumentarium zur Erfassung der Lärmempfindlichkeit für Kinder und Jugendliche existierte, sind unsere Befunde nur beschränkt mit diesen Ergebnissen vergleichbar.

In der Literatur finden sich weiter Hinweise darauf, dass Jugendliche Lärm teilweise gut einschätzen können [93], sich durch diesen aber teilweise weniger gestört fühlen. In unserer Untersuchung zeigten sich der schwächste Zusammenhang zwischen subjektiv berichtetem Lärm und objektiv gemessenen Schallpegel dementsprechend auch in der Gruppe der Jugendlichen.

## 8.7 Kritische Bewertung der gefundenen Zusammenhänge zwischen Lärmexposition und Befinden

Tabelle 8-2 fasst die Ergebnisse zu den gefundenen Zusammenhängen zwischen Lärmexposition und Befinden sowie Lebensqualität und Blutdruck stratifiziert nach Geschlecht zusammen. Für die Kinder ergaben sich lediglich Hinweise auf eine Assoziation zwischen Schallpegel über 24 h und akuten Kopfschmerzen. Diese Assoziation war auf die Gruppe der Mädchen beschränkt und steht in Übereinstimmung mit den Befunden für die jugendlichen Mädchen und den erwachsenen Männern für die nächtliche Exposition und Kopfschmerz am Morgen.

**Tabelle 8-2: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zwischen Lärmexposition und Befinden**

	Erwachsene		Jugendliche		Kinder	
	Männer	Frauen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen
<b>Chronisches Befinden</b>						
Schlafprobleme	Schallpegel nachts Subj. Lärmbelastung Lärmempfindlichkeit beim Schlafen	<i>Interaktion</i> Schallpegel nachts x Subj. Lärmbelastung x Lärmempfindlichkeit beim Schlafen	-	-	-	-
Leistungsvermögen	<i>Interaktion</i> Schallpegel tags x Subj. Lärmbelastung	Subj. Lärmbelastung Lärmempfindlichkeit	-	-	-	-
<b>Akutes Befinden über den Untersuchungstag</b>						
Kopfschmerzen	-	-	-	-	-	24 h Schallpegel
<b>Akutes Befinden am Morgen des Untersuchungstags</b>						
Kopfschmerzen	Schallpegel nachts	-	-	Schallpegel nachts	-	-
<b>Lebensqualität</b>						
	-	-	Schallpegel nachts	Schallpegel tags prot.	-	-
<b>Blutdruck</b>						
	-	(Lärmsensitivität)	-	-	Schallpegel über 24 h prot.	-

**Subj.** Subjektiv; **Prot.** Protektiv; **()** nicht statistisch signifikant

In Bezug auf die objektiv erfasste Lärmexposition und das chronische Befinden zeigten sich lediglich für die Erwachsenen statistisch signifikante Zusammenhänge. So war der nächtliche Schallpegel negativ mit dem Schlaf assoziiert. Darüber hinaus zeigten sich wichtige Interaktionen mit der Bewertung des Lärms sowie der Lärmempfindlichkeit. Dies wird im nachfolgenden Abschnitt diskutiert.

### 8.7.1 Chronisches Befinden<sup>47</sup>

Während weder bei Kindern noch bei Jugendlichen der Schallpegel mit Einschlafproblemen assoziiert war, ergab sich bei Erwachsenen ein positiver Zusammenhang zwischen der nächtlichen Schallpegelbelastung und Schlafproblemen. Ursache hierfür könnte sein, dass die Exposition am Untersuchungstag für die Erwachsenen der allgemeinen Lärmexposition eher entsprach als für die Kinder und Jugendlichen. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass die Erhebungsinstrumente für Kinder und Jugendliche sich von denen für die Erwachsenen unterscheiden.

Im Unterschied zu Männern, bei denen sich die objektive nächtliche Lärmbelastung als unabhängiger Prädiktor erwies, zeigte sich bei Frauen ein komplexeres Bedingungsgefüge in Abhängigkeit der Lärmsensitivität und der subjektiv empfundenen Lärmbelastung. Im Vergleich zu Frauen, bei denen alle drei Merkmale weniger stark ausgeprägt waren, hatten Frauen, die zwar einem erhöhten nächtlichen Schallpegel ausgesetzt waren, die sich aber selber zum einen als wenig lärmempfindlich einschätzen und die zum anderen die Lärmbelastung in ihrem Wohnumfeld niedrig einstufen, weniger Schlafprobleme. Anders sah es bei Frauen aus, bei denen alle drei Merkmale hoch ausgeprägt waren (n=9). Sie haben im Unterschied zur Vergleichsgruppe vermehrte Schlafprobleme. Eine mögliche Erklärung für diese Dreifach-Wechselwirkung könnte sein, dass Frauen, deren nächtlicher mittlerer Schallpegel höher ist, generell aktiver sind als Frauen, die es objektiv eher ruhiger haben. Da die Höhe des Schallpegels nicht per se negativ bewertet werden kann, ist es möglich, dass es sich um Schallquellen handelt, die freiwillig aufgesucht und auch positiv bewertet werden. Dagegen überrascht es nicht, dass Personen, die sich selber als lärmempfindlich beim Schlafen sehen, sich darüber hinaus subjektiv als lärmbelastet in ihrem Wohnumfeld einschätzen und auch objektiv einem hohen Schallpegel aus-

---

<sup>47</sup> In Anlehnung an die Dissertation von Frau Dipl.-Psych. Nicole Meyer, in Vorbereitung

gesetzt sind, tatsächlich mehr Schlafprobleme haben. Während bei Frauen der Effekt der drei Merkmale multiplikativ ist, zeigt sich bei Männern der Effekt additiv.

Interessant ist, dass die Stressverarbeitung bei den männlichen Teilnehmern aller Altersgruppen keinen Zusammenhang mit Schlafproblemen aufweist. Bei den weiblichen Teilnehmern zeigt sich hingegen auch hier ein komplexeres Bild. Von den erwachsenen Frauen haben sowohl diejenigen, die besonders negativ ( $OR=2,7$ ), aber auch diejenigen, die besonders positiv ( $OR=2,2$ ) mit belastenden Ereignissen umgehen, vermehrt Schlafprobleme. Auch wenn die Ergebnisse bei Mädchen im Alter zwischen 8 und 12 Jahren statistisch nicht signifikant sind, so zeigt sich doch auch bei ihnen ein tendenziell ähnliches Bild. Die negative Stressverarbeitung beinhaltet sowohl bei den Erwachsenen als auch bei den Kindern vor allem die gedankliche Weiterbeschäftigung und Resignation. Überraschend ist, dass auch diejenigen, die besonders Stress reduzierend mit belastenden Situationen umzugehen scheinen, vermehrt Schlafprobleme angeben. Dies könnte daran liegen, dass auf der einen Seite ein Prozess, der eine positive Stressbewältigung längerfristig zur Folge hat, jedoch akut eine gewisse gedankliche Auseinandersetzung erfordert, die sich auch auf die Nachtruhe auswirken kann. Auf der anderen Seite wäre es ebenso denkbar, dass es sich hierbei tatsächlich um eine negative Stressverarbeitung handelt, die von den Teilnehmern im Sinne eines sozial erwünschten Verhaltens uminterpretiert und positiv etikettiert wurde.

In Bezug auf das Leistungsvermögen – bei Kindern und Jugendlichen operationalisiert als Prävalenz von Müdigkeit und Erschöpfung über sechs Monate - zeigte sich die objektive Schallpegelbelastung weder am Tag noch in der Nacht als Prädiktor. Als untersuchtes Merkmal erwies sich lediglich die negative Stressverarbeitung als mit Müdigkeit und Erschöpfung assoziiert. Dabei waren die Zusammenhänge bei Jugendlichen ausgeprägter als bei Kindern und in beiden Altersgruppen bei Mädchen deutlicher als bei Jungen.

Bei den Erwachsenen zeigte sich nur bei Männern der mittlere Schallpegel am Tag in Abhängigkeit der subjektiven Lärmbelastung mit dem Leistungsvermögen assoziiert. Im Vergleich zu Männern, bei denen beide Merkmale niedrig ausgeprägt waren, nahmen Männer mit einem niedrigen mittleren Schallpegel, aber hoher subjektiver Lärmbelastung vermehrt Leistungseinbußen wahr ( $OR=4,5$ ). Männer mit hohem mitt-

lerem Schallpegel, aber niedriger subjektiver Lärmbelastung unterschieden sich dagegen nicht signifikant von der Vergleichsgruppe. Ebenso wenig zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen denen, bei denen beide Merkmale hoch ausgeprägt waren und der Vergleichsgruppe. Möglicherweise war das Ergebnis bedingt dadurch, dass hinsichtlich des objektiven Schallpegels aufgrund der Höhe nicht unterschieden werden kann zwischen selbst gewählter Exposition, selbst erzeugter Exposition und der Bewertung des Schallpegels. Dagegen kann davon ausgegangen werden, dass Personen, die eine hohe Lärmbelastung im Wohnumfeld angaben, diese auch negativ bewerten, was sich wiederum auf das subjektive Leistungsvermögen auswirken kann.

Bei Frauen zeigte sich dagegen die Schallpegelbelastung tendenziell positiv mit dem Leistungsvermögen assoziiert. Frauen mit hohen mittleren Schallpegeln nahmen demnach weniger Leistungseinbußen wahr als Frauen mit niedrigem Schallpegel. Auch hier ist eine mögliche Erklärung, dass Frauen mit höherem mittleren Schallpegel aktiver sind, Orte und Situationen wählen, an denen es lauter ist, selbst kommunikativer und daher eventuell Teil ihrer eigenen Lärmquelle sind. Aufgrund ihrer Aktivitäten sind sie möglicherweise ausgeglichener und fühlen sich dadurch auch weniger in ihrer Leistung eingeschränkt. Dieser Erklärungsansatz müsste jedoch in einer weiteren Studie untersucht werden.

Unabhängig vom objektiven Schallpegel gehen bei Frauen eine hohe Lärmbelastung im Wohnumfeld, eine hohe Lärmempfindlichkeit und negative Stressverarbeitung mit subjektiven Leistungseinbußen einher.

### **8.7.2 Akutes Befinden**

Insgesamt ergaben sich für einige Teilgruppen Anhaltspunkte dafür, dass der objektive Lärm unabhängig von der Bewertung des Lärms zu Kopfschmerzen führt. Hierfür ergaben sich schwache Hinweise insbesondere für den Zusammenhang zwischen nächtlichem Schallpegel und dem Befinden am Morgen. Bei der Gruppe der Erwachsenen ist bei diesem Vergleich zu berücksichtigen, dass u. U. ein höherer nächtlicher Schallpegel auch ein Marker für ein späteres Zubettgehen, evtl. gekoppelt mit Alkoholkonsum, sein kann. Hierfür spricht auch die Richtung des Zusammenhangs für Müdigkeit am Morgen, diese Assoziation erreichte jedoch nicht statistische Signifi-

kanz (OR 2,0). Zudem war die Anzahl der Männer mit Kopfschmerzen am Morgen sehr gering, so dass die Schätzer sehr unsicher sind.

### **8.7.3 Lebensqualität**

Bei Kindern im Alter zwischen 8 und 12 Jahren fand sich keine Assoziation zwischen der objektiven Schallpegelexposition und der Lebensqualität.

In einer Studie mit Kindern vergleichbaren Alters [33] zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang lediglich zwischen dem Schallpegel und der psychischen Lebensqualität. Da in der vorliegenden Untersuchung jedoch der Gesamtscore der Lebensqualität in die Analysen einging, der sich aus der psychischen, der körperlichen, der sozialen und der funktionalen Lebensqualität zusammensetzt, können die Ergebnisse nicht direkt miteinander verglichen werden.

Bei Jugendlichen im Alter zwischen 13 und 18 Jahren zeigten sich statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen beiden Merkmalen, die jedoch bei Jungen anderer Art sind als bei Mädchen. Während Mädchen, die einen mittleren Schallpegel am Tag von etwa 80 dB(A) und mehr aufweisen, eine bessere Lebensqualität hatten als diejenigen, bei denen es ruhiger ist, ging bei Jungen dagegen ein nächtlicher mittlerer Schallpegel von mindestens 58 dB(A) mit einer signifikant schlechteren Lebensqualität einher. Bei Mädchen könnte der hohe mittlere Schallpegel Ausdruck ihrer hohen Lebensqualität sein: sie sind möglicherweise sozial aktiver und damit kommunikativer als Jungen ihres Alters. Die signifikant schlechtere Lebensqualität von Jungen, die höherem nächtlichen Lärm ausgesetzt waren, könnte sowohl mit selbst produziertem Lärm, Fremdlärm oder beiden Lärmquellen assoziiert sein.

Für Erwachsene zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Lebensqualität. Es ergaben sich jedoch deutliche Unterschiede in Bezug auf das Alter, so nahm die Lebensqualität mit zunehmendem Alter ab. Die bereits bei den Jugendlichen gefundenen geschlechtsspezifischen Unterschiede (Lebensqualität bei Frauen geringer als bei Männern) fanden sich für die Erwachsenen noch ausgeprägter. Bei den Männern schien darüber hinaus insbesondere das Einkommen eine wichtige Rolle für das emotionale Wohlbefinden zu spielen.

#### 8.7.4 Blutdruck

Neben den subjektiven Parametern des Wohlbefindens wurde zusätzlich zu den beantragten Zielgrößen der Blutdruck als objektiver Marker der Gesundheit erhoben.

Für Jugendliche und Erwachsene ergaben sich in den hier durchgeführten Analysen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der Lärmexposition am Untersuchungstag und dem Blutdruck. Es gab jedoch Hinweise darauf, dass die subjektive Bewertung des Lärms für die Wirkungen desselben auf den Blutdruck eine Rolle spielen könnte.

Für Jungen zeigte sich zunächst wider erwarten ein inverser Zusammenhang zwischen Schallpegel und Blutdruck. Diese Assoziation könnte ein Hinweis darauf sein, dass es sich bei der Lärmexposition primär um selbst verursachte Lärmquellen handelt, die auch mit körperlicher Aktivität einhergehen und damit auf die Dauer Blutdruck mindernd wirken.

In weiteren Analysen ist zu klären, ob der Zusammenhang zwischen Schallpegel und Blutdruck möglicherweise nicht linear ist. Diese Vermutung liegt aufgrund der durchgeführten Trendanalysen nahe und bedarf der weiteren Abklärung. Diese Analysen konnten im Rahmen des Zeitplans der Studie nicht fertig gestellt werden, da sie zusätzlich zur Hauptfragestellung der Untersuchung durchgeführt wurden. In der oben beschriebenen sich anschließenden Sekundäranalyse wird zudem unter Berücksichtigung der individuell determinierten nächtlichen Ruhephase auch analysiert werden, ob, wie in früheren Studien beschrieben, der nächtliche Schallpegel und nicht der 24 Stunden Pegel mit dem Blutdruck assoziiert ist [29, 55].

Neben diesen Beobachtungen war die Prävalenz eines unbehandelten erhöhten Blutdrucks sowohl in der Gruppe der Erwachsenen als auch insbesondere bei männlichen Jugendlichen hoch. Den Betroffenen wurde empfohlen einen Arzt aufzusuchen. Die Prävalenz steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Bundesgesundheitsurvey (BGS) von 1998, wobei zu berücksichtigen ist, dass bei diesen Probanden zwischen 18 und 79 Jahren eingeschlossen wurden [98]. Vergleicht man unsere Ergebnisse für die jugendlichen Teilnehmer mit dem BGS so lagen die Mittelwerte der 13-17 Jährigen unserer Studienpopulation bereits höher als die der 18-19 Jährigen Teilnehmer des BGS (weibliche Jugendliche LEe: 118/73 mmHg, 18-19 Jährige BGS Westdeutschland: 116/70 mmHg; männliche Jugendliche LEe: 127/73

mmHg, 18-19 Jährige BGS Westdeutschland: 125/72 mmHg [98]). Da der Blutdruck nicht die primäre Zielgröße unserer Untersuchung war, wurden weitere Risikofaktoren für Hypertonus wie Body Mass Index, Bewegungsmangel, Ernährungsgewohnheiten und genetische Faktoren nicht erfasst, da sie vermutlich keine Störgrößen<sup>48</sup> im Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Blutdruck darstellen. Für die alleinige Fragestellung „Blutdruck bzw. Herz-Kreislaufkrankungen“ müsste ein anderes Studiendesign gewählt werden.

---

<sup>48</sup> Confounder in den untersuchten Zusammenhängen stellen nur Faktoren dar, die sowohl mit der Exposition (Schallpegel) als auch mit der Zielgröße (hier: Blutdruck) assoziiert sind.

## 9 Zusammenfassung

Ziel der durchgeführten Studie war es, die Exposition gegenüber Umweltlärm und der Lärmbelastung in Bayern erstmals personenbezogen zu erfassen und den Zusammenhang mit dem Befinden der Teilnehmer zu untersuchen. Als Zielgrößen dienten das allgemeine Befinden (Schlafstörungen, Leistungseinbußen, Lebensqualität) sowie das mittels Tagebuch dreimal am Untersuchungstag erfasste akute Befinden. Als zusätzliche, objektive Zielgröße wurde der Blutdruck der Teilnehmer vor und nach der 24 Stunden-Lärmmessung erfasst.

Es wurde eine Querschnittsuntersuchung an einer repräsentativen Stichprobe von fast 1800 Kindern (8-12 Jahre), Jugendlichen (13-17 Jahre) und Erwachsenen (18-65 Jahre) aus vier bayerischen Städten (München, Freising, Ebersberg, Grafing) durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden personenbezogene Messungen des individuellen Schallpegels über 24 Stunden durchgeführt und die subjektive Lärmbelastung mittels Tagebuch am Untersuchungstag erfasst. Messungen mittels Personendosimetrie wurden mit stationären Messungen während des Unterrichts an einer Münchner Grundschule überprüft. Hierdurch konnte die Validität der personenbezogenen Messungen belegt werden. Die statistischen Analysen wurden unter Berücksichtigung für den Zusammenhang potenzieller relevanter Störgrößen durchgeführt. Darüber hinaus wurde für jeden Teilnehmer die individuelle nächtliche Ruhephase bestimmt und der mittlere Schallpegel während dieser Nachtruhephase und der Aktivphase berechnet.

### ***Verteilung und Variation der Lärmexposition in Bayern***

Es waren für alle Altersgruppen deutliche Tag-Nacht-Unterschiede im Schallpegel zu erkennen. Während der Nachtstunden lag der Median im Bereich der Bestimmungsgrenze der Personendosimeter (40 dB(A)). Während des Tages ergab sich ein plateauförmiger Verlauf des Medians der mittleren Schallpegel bei 67-72 dB(A). Dieser Unterschied zeigte sich auch bei den Zusatzauswertungen mit individuell bestimmter Wach- und Ruhephase.

Darüber hinaus waren deutliche Unterschiede im Schallpegel in Abhängigkeit vom Alter der Teilnehmer zu erkennen. So ergaben sich die höchsten Schallpegel am Tag (6 bis 22 Uhr) für die Gruppe der Kinder. Diese lagen im Median bei 80 dB(A) im Vergleich zu 76 dB(A) für die Jugendlichen und 71 dB(A) für die Erwachsenen. Ursa-

che für den hohen Schallpegel bei den 8-12 Jährigen ist möglicherweise primär selbst verursachter Lärm u. a. auch während der Schulstunden. So ergaben sich während des grundlegenden Unterrichts an der in der Validierungsstudie untersuchten Grundschule mittlere Schallpegel von 70 dB(A), der Mittelwert während des Sportunterrichts lag bei 82 dB(A), während der Pausen bei 80 dB(A).

Während der Nachtstunden (22 bis 6 Uhr) wiesen die Kinder hingegen die geringsten medianen Schallpegel auf (40 dB(A)). Die Unterschiede zwischen Tages- und Nachtwerten fielen für die Jugendlichen (nächtlicher Median 50 dB(A)) und Erwachsenen (nächtlicher Median 53 dB(A)) deutlich geringer aus. Dies liegt vermutlich an den unterschiedlichen Schlafenszeiten der drei Altersgruppen. Unter Berücksichtigung der individuellen nächtlichen Ruhephasen ergaben sich für alle Altersgruppen Schallpegel von im Median 41 dB(A).

Des Weiteren zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede im Schallpegel zwischen den vier Untersuchungsorten. Erwartungsgemäß waren die nächtlichen Schallpegel in der Großstadt signifikant höher als in den drei kleineren Städten. Hingegen konnten keine deutlichen Unterschiede in der objektiven Lärmexposition am Tag festgestellt werden, wider Erwarten war der Schallpegel am Tag für die Teilnehmer aus Ebersberg am höchsten. Mögliche Ursachen sind z.B. längere Aufenthaltszeiten der Teilnehmer aus den kleineren Städten im Straßenverkehr oder höhere Lärmbelastung an Arbeitsplätzen.

Bei der geschlechtsstratifizierten Betrachtung der Lärmbelastung zeigte sich für erwachsene Frauen am Tag und in der Nacht ein höherer medianer mittlerer Schallpegel als für Männer. Dieses Ergebnis fand sich sowohl für pauschal als auch individuell berechnete Tageszeiten.

Die **subjektiv wahrgenommene Lärmbelastung** im Wohnumfeld war weder tagsüber noch nachts mit dem objektiven Schallpegel am Untersuchungstag assoziiert. Bezogen auf den Untersuchungsort war die subjektive Wahrnehmung von Umweltlärm am Untersuchungstag sowohl tags als auch nachts insbesondere für die Erwachsenen aus München deutlich höher als in den anderen Studienorten.

### ***Schallpegelexposition und akutes Befinden am Untersuchungstag***

Für die Lärmexposition am Tag und dem akuten Befinden ergab sich lediglich bei Mädchen in der Gruppe der Kinder ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit **Kopfschmerzen**. So hatten Mädchen mit einer hohen mittleren Schallpegelbelastung tagsüber signifikant häufiger Kopfschmerzen als Mädchen ihrer Vergleichsgruppe mit geringerer mittlerer Schallpegelbelastung (OR: 2,4; 95% KI: 1,0-5,4).

Für die nächtliche Lärmexposition und das Auftreten von Beschwerden am Morgen des Untersuchungstages zeigte sich ebenfalls für **Kopfschmerzen** ein Zusammenhang bei erwachsenen Männern (OR: 9,9; 95% KI: 1,8-55,2). Ein ähnliches Ergebnis ergab sich für den genannten Zusammenhang bei Jugendlichen; hier war die Assoziation allerdings auf die Mädchen beschränkt (OR: 2,5; 95% KI: 1,1-5,8).

Schwache, statistisch nicht signifikante Effekte zeigten sich zwischen dem Schallpegel am Untersuchungstag und dem Blutdruck der erwachsenen Frauen. Die geringe Fallzahl in dem Schallpegelbereich zwischen 60 und 80 dB(A) ist jedoch zu berücksichtigen (n=38). Unabhängig davon lässt sich feststellen, dass die Prävalenz von unerkanntem erhöhtem Blutdruck vor allem bei männlichen Jugendlichen (17%) und Erwachsenen (48%), die an der Studie teilgenommen haben, hoch ist. Dies stellt einen wichtigen Public Health Aspekt dar, der in Zukunft unbedingt auch im Zusammenhang mit Adipositas noch stärker Beachtung finden sollte.

### ***Schallpegelexposition und Befinden in den letzten sechs Monaten vor der Befragung***

#### ***Schlafprobleme***

Die objektive Schallexposition am Tag war weder bei Männern noch bei Frauen mit Schlafproblemen assoziiert. Im Gegensatz dazu gaben nachts hoch Schall exponierte Männer deutlich mehr Schlafprobleme an als die Vergleichsgruppe (OR:2,6; KI: 1,1-6,2). Auch bei Kindern und Jugendlichen zeigten sich keine Zusammenhänge zwischen der Schallpegelexposition und Einschlafproblemen.

#### ***Subjektive Leistungsverminderung***

Ebenso ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der Lärmexposition am Untersuchungstag und dem Leistungsvermögen. Dies galt gleichermaßen für Männer und Frauen des Untersuchungskollektivs. Ebenso wie für die

Gruppe der Erwachsenen war der Schallpegel am Untersuchungstag weder in der Gruppe der Jugendlichen noch in der Gruppe der Kinder mit dem subjektiven Leistungsvermögen assoziiert<sup>49</sup>.

### ***Schallpegelexposition und Lebensqualität***

Insgesamt ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der personenbezogen über 24 h gemessenen Lärmexposition und der körperlichen oder emotionalen Lebensqualität bei Erwachsenen. Mit Ausnahme der körperlichen Funktionsfähigkeit lagen bei Männern die Odds Ratios unter 1, was auf eine bessere Lebensqualität bei einem höheren Schallpegel hindeutet.

Ein höherer nächtlicher Schallpegel war für die männlichen Jugendlichen mit einer signifikant schlechteren Lebensqualität assoziiert (OR: 2,2; 95% KI: 1,1-4,6). Für weibliche Jugendliche hingegen ging ein höherer Schallpegel am Tag mit einer besseren Lebensqualität einher (OR: 0,4; 95% KI: 0,2-0,9). In der Gruppe der Kinder war die Schallexposition nicht mit der Lebensqualität assoziiert.

### ***Lärmempfindlichkeit, subjektive Lärmbelastung und Stressverarbeitung***

Die Lärmempfindlichkeit wurde lediglich bei Erwachsenen erfragt, da nur für diese Altersgruppe ein geeignetes Erhebungsinstrument zur Verfügung stand.

Bei Männern zeigte sich ein Zusammenhang mit Schlafproblemen und einem verringerten Leistungsvermögen, wobei die Assoziation im letzteren Fall statistisch nicht signifikant war. Bei Frauen war der Zusammenhang zwischen der Lärmempfindlichkeit und dem subjektiven eingeschränkten Leistungsvermögen signifikant.

Die subjektiv wahrgenommene Lärmbelastung im Wohnumfeld stand in keinem Zusammenhang mit der objektiven Lärmexposition, zeigte jedoch bei Männern einen Zusammenhang mit Schlafproblemen, bei Frauen mit verringertem Leistungsvermögen.

Die Art der Stressverarbeitung wirkte sich lediglich bei Frauen auf Schlafprobleme aus: Eine ausgeprägt negative Stressverarbeitung (u.a. gedankliche Weiterbeschäftigung, Resignation) ging hier erwartungsgemäß mit vermehrten Schlafproblemen einher. Ausgeprägt positive im Sinne von Stress reduzierenden Bewältigungsstrategien

---

<sup>49</sup> Das Leistungsvermögen wurde für diese Altersgruppen als Müdigkeit und Erschöpfung definiert

waren jedoch ebenso mit Schlafproblemen assoziiert. Ein möglicher Erklärungsansatz für dieses Ergebnis wurde in Kapitel 7.7.1 diskutiert.

Sehr negatives Coping war bei Frauen auch mit subjektiver Leistungsminderung assoziiert, bei Kindern und Jugendlichen mit Erschöpfung und Müdigkeit tagsüber, nicht jedoch mit Einschlafproblemen. Sowohl für männliche als auch für weibliche Kinder und Jugendliche waren negative Copingstrategien mit einer geringeren Lebensqualität assoziiert. Für weibliche Jugendliche und für männliche Kinder ging eine ausgeprägt positive Stressverarbeitung auch mit einer besseren Lebensqualität einher.

### ***Umweltbesorgnis***

Die eingesetzte Skala erfasst die Umweltbesorgnis bezüglich der Bereiche Geruchsbelästigung, Lärmexposition, Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern (EMF) und chemischen Schadstoffen. Bei Jugendlichen und Erwachsenen war die Lärm- und Umweltbesorgnis am stärksten ausgeprägt. Frauen äußerten sich generell besorgter über die Umwelt als Männer. So waren beispielsweise 23 Prozent der befragten Frauen hoch lärm- und umweltbesorgt im Gegensatz zu 16 Prozent der Männer.

**Zusammenfassend** zeigt diese Untersuchung hohe mediane mittlere Schallpegel über 24 Stunden insbesondere bei bayerischen Kindern und Jugendlichen. Lärm während des Unterrichts spielt hierbei eine besondere Rolle. Da höhere Schallpegel während des Unterrichts mit Lerndefiziten bei Schülern und Berufsunfähigkeit bei Lehrern assoziiert sind, sollte die Effektivität des Einsatzes von Interventionsmaßnahmen überprüft werden.

Der Umgang mit Stress und die subjektive Bewertung von wahrnehmbaren Umweltbelastungen sind nach den Ergebnissen wichtige Faktoren für Befindlichkeitsstörungen im Erwachsenenalter. Auch hier sollte über Interventionsstrategien nachgedacht werden.

Unsere Untersuchung zeigte dass Jugendlichen und Erwachsenen, die an der Studie teilgenommen haben, unerkannt hohe Blutdruckwerte hatten. Die Ursachen hierfür können mit der hier vorgestellten Untersuchung nicht geklärt werden.

## 10 Danksagung

Die LEe-Studie wurde durch das Bayerische Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz finanziell unterstützt. Hierdurch war es erstmals möglich, die Lärmbelastung in Bayern mittels Personendosimetrie abzuschätzen. In diesem Zusammenhang sei Frau RD Dr. Jutta Brix herzlich gedankt, die stets für alle Belange der Studie zur Verfügung stand.

Wir bedanken uns insbesondere bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern, die sowohl durch das Ausfüllen des Fragebogens als auch durch die engagierte Teilnahme an der Untersuchung diese Studie ermöglicht haben. Ein herzliches Dankeschön auch an die Stadtverwaltung sowie die Einwohnermeldeämter, in denen die Untersuchung durchgeführt wurde. Sie und ihre Mitarbeiter haben nicht nur durch die Bereitstellung von Adressen der Probanden und von Untersuchungsräumen sehr zum Erfolg der Studie beigetragen.

Ganz besonderer Dank gilt Dipl.-Soz. Hedwig Spiegel, die die Koordination der Feldstudie äußerst kompetent durchgeführt hat und auch in schwierigen Situationen einen klaren Kopf bewahrte. Durch ihr Engagement und Durchhaltevermögen haben sie sowie Dipl.-Psych. Nicole Meyer sehr dazu beigetragen, dass der Bericht rechtzeitig vorgelegt werden konnte. Vera Ehrenstein, MPH hat in dieser Studie erneut ihren Sachverstand bei der Analyse komplexer Daten unter Beweis gestellt. Die sorgfältigen Beiträge in der Planung der Studie, die wertvollen Ratschläge in allen Lebenslagen und die technische Unterstützung von Dr. Georg Praml und Dr. Rudolf Schierl haben zum Erfolg der Untersuchung beigetragen. Professor Helmut Küchenhoff und PD Christian Heumann danken wir herzlich für die statistische Beratung.

Nicht vergessen seien an dieser Stelle Ingrid Kreuzmair und Sandra Hackensperger, die durch ihre Arbeiten zum Gesamtergebnis beigetragen haben. Besonderer Dank gilt auch Dipl.-Soz. Irmtraud Lechner und Michaela Seebacher für ihr gutes Management der Feldarbeit und die kompetente Durchführung der telefonischen Nachfassmaßnahmen. Gedankt sei auch den Interviewern, die fast 1.800 Interviews durchgeführt haben, sowie den studentischen Hilfskräften, die die Tagebücher und Kurzfragebögen eingegeben haben.

München, Dezember 2006

*Katja Radon*

*Rüdiger von Kries*

*Dennis Nowak*

## 11 Literatur

1. Ortscheid, J., *Auswertung der online-Umfrage des Umweltbundesamtes. Bericht 2002*. 2002, Umweltbundesamt.
2. Höpfe, P. and R. von Kries, *Kind und Umwelt. Umweltperzeption und reale Risiken - Abschlussbericht*. 2004, Institut für Arbeits- und Umweltmedizin der LMU München: München.
3. Grunenberg, H. and U. Kuckartz, *Ergebnisse der UBA-Studie "Umweltbewusstsein in Deutschland 2002"*. 2003: Leske + Budrich.
4. Kuckartz, U. and A. Rheinganz-Heinze, *Umweltbewusstsein 2004*. 2004, Umweltbundesamt: Berlin.
5. Kuckartz, U., S. Rädiger, and A. Rheinganz-Heinze, *Umweltbewusstsein 2006*. 2006, Umweltbundesamt: Berlin.
6. *RICHTLINIE 2002/49/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm*. 2002.
7. Ortscheid, J. and H. Wende. *Lärmwirkungen und Lärmsummation. Lärmwirkungen bei mehreren und verschiedenartigen Quellen*. in *Ministerium für Umwelt und Verkehr*. 2000. Mannheim: Tagungsband Lärmkongress 2000.
8. Maschke, C., *Epidemiological research on stress caused by road traffic noise and its effects on health - Results for hypertension*. 2003.
9. Maschke, C., U. Wolf, and T. Leitmann, *Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose*, in *Forschungsbericht 29862515*, Umweltbundesamt, Editor. 2003: Berlin.
10. Maschke, C. and K. Hecht, *Noise and stress*, in *Noise and its' effects*, L. Luxon, Editor. 2003, Whurr-Publisher.
11. Stansfeld, S., M. Haines, and B. Brown, *Noise and health in the urban environment*. *Rev Environ Health*, 2000. **15**(1-2): p. 43-82.
12. Maschke, C., et al. *Nocturnal aircraft noise and adaptation*. in *Noise Effects '98, 7th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. 1998.
13. Schick, A., M. Klatte, and M. Meis. *Noise Stress in Classrooms*. in *8. Oldenburger Symposium on Psychological Acoustics*. 2000. Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg.
14. Stansfeld, S.A., et al., *A Review of Environmental Noise and Mental Health*. *Noise Health*, 2000. **2**(8): p. 1-8.
15. Koch, H.J., et al., *Umweltgutachten 2004*, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Editor. 2004: Berlin.
16. Maschke, C. and K. Hecht, *Fluglärm und Gesundheitsbeeinträchtigungen*. *Umweltprobleme des Flugverkehrs*, ed. H.J. Koch. 2003, Baden\_Baden: Nomos. 21-43.
17. Künzli, N., R. Kaiser, and R. Seethaler, *Luftverschmutzung und Gesundheit: Quantitative Risikoabschätzung*. *Umweltmed Forsch Praxis*, 2001. **6**: p. 202-12.

18. Stansfeld, S.A. and M.P. Matheson, *Noise pollution: non-auditory effects on health*. Br Med Bull, 2003. **68**: p. 243-57.
19. Vallet M, G.J., Clairet JM et.al., *Heart rate reactivity to aircraft noise after after long-term exposure*. In: Rossi G (ed) Noise as a public health problem, 1983: p. 965-75.
20. Horne, J.A., et al., *A field study of sleep disturbance: effects of aircraft noise and other factors on 5,742 nights of actimetrically monitored sleep in a large subject sample*. Sleep, 1994. **17**(2): p. 146-59.
21. Rometsch, R., et al. *Einfluss von Fluglärm in den Nachtrandstunden auf Schlafqualität und Befindlichkeit von Flughafenwohnern*. in 51. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA. 2005. Heidelberg.
22. David C. Glass, J.E.S., *Urban Stress - Experiments on Noise and Social Stressors*. 1972, Academic Press, New York and London. p. 40-45.
23. Haines, M.M., et al., *Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children*. Psychol Med, 2001. **31**(2): p. 265-77.
24. Evans GW, H.S., Bullinger M, *Chronic Noise and Psychological Stress*. American Psychological Society, 1995. **6**(6): p. 333-338.
25. Lang, T., C. Fouriaud, and M.C. Jacquinet-Salord, *Length of occupational noise exposure and blood pressure*. Int Arch Occup Environ Health, 1992. **63**(6): p. 369-72.
26. Green, M.S., et al., *Industrial noise exposure and ambulatory blood pressure and heart rate*. J Occup Med, 1991. **33**(8): p. 879-83.
27. Zhao, Y.M., et al., *A dose response relation for noise induced hypertension*. Br J Ind Med, 1991. **48**(3): p. 179-84.
28. Rosenlund, M., et al., *Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise*. Occup Environ Med, 2001. **58**(12): p. 769-73.
29. Babisch, W., *Transportation Noise and Cardiovascular Risk*. WaBoLu-Hefte, 2006.
30. Willich, S.N., et al., *Noise burden and the risk of myocardial infarction*. Eur Heart J, 2006. **27**(3): p. 276-82.
31. Schulz, T., *Synthesis of social surveys on noise annoyance*. J Acoust Soc Am, 1978. **64**(2): p. 377-405.
32. Miedema, H., *Noise and Health: How does noise affect us? - Proceedings of Inter-noise*. The Hague, 2001. **1**: p. 3-20.
33. Evans, G., S. Hygge, and M. Bullinger, *Chronic Noise And Psychological Stress*. Psychological Science, 1995. **6**(6): p. 333-338.
34. Haines, M.M., et al., *Chronic aircraft noise exposure and child cognitive performance and stress*. In: Carter N, Job RFS (eds) Proceedings of the 7th International Conference on Noise as a Public Health Problem, 1998: p. 329-35.
35. Herr, C., *Studie zur Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens*. Umweltmed Forsch Praxis, 2006. **11**(5): p. 338-340.

36. Brandenberger, G., et al., *Plasma catecholamines and pituitary adrenal hormones related to mental task demand under quiet and noise conditions*. Biol Psychol, 1980. **10**(4): p. 239-52.
37. Fruhstorfer, B., et al., *Effects of daytime noise load on the sleep-wake cycle and endocrine patterns in man. III. 24 hours secretion of free and sulfate conjugated catecholamines*. Int J Neurosci, 1988. **43**(1-2): p. 53-62.
38. Miki, K., et al., *Urinary and salivary stress hormone levels while performing arithmetic calculation in a noisy environment*. Ind Health, 1998. **36**(1): p. 66-9.
39. Evans, G., et al., *Typical Community Noise Exposure and Stress in Children*. Journal of Acoustical Society of America, 2001. **109**(3): p. 1023-1027.
40. Maschke, C., H. Ising, and D. Arndt, *Nächtlicher Verkehrslärm und Gesundheit: Ergebnisse von Labor- und Feldstudien*. Bundesgesundheitsblatt, 1995. **4/95**: p. 130-137.
41. Selye, H., *The stress of life*. 1956, New York: McGraw-Hill.
42. Babisch, W., *The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs*. Noise & Health, 2002. **4**(16): p. 1-11.
43. Ising, H. and B. Kruppa, *Zum gegenwärtigen Erkenntnisstand der Lärmwirkungsforschung: Notwendigkeit eines Paradigmenwechsels*. Umweltmed Forsch Praxis, 2001. **6**: p. 181-9.
44. Jones, D.M., A.J. Chapman, and T.C. Auburn, *Noise in the environment: a social perspective*. J Appl Psychol, 1981. **1981**(1): p. 43-59.
45. Finke, H.O., R. Guski, and R. Martin, *Proceedings of the symposium on noise in transportation*. 1974, Institute of Sound and Vibration Research.
46. Abey-Wickrama, I., et al., *Mental-hospital admissions and aircraft noise*. Lancet, 1969. **2**(7633): p. 1275-7.
47. Meecham, W.C. and H.G. Smith, *Effects of jet aircraft noise on mental hospital admissions*. Br J Audiol, 1977. **11**(3): p. 81-5.
48. Frerichs, R.R., B.L. Beeman, and A.H. Coulson, *Los Angeles airport noise and mortality-faulty analysis and public policy*. Am J Public Health, 1980(70): p. 357-62.
49. Jenkins, L., A. Tarnopolsky, and D. Hand, *Psychiatric admissions and aircraft noise from London Airport: four-year, three-hospitals' study*. Psychol Med, 1981. **11**(4): p. 765-82.
50. Stansfeld, S., et al., *Road traffic noise and psychiatric disorder: prospective findings from the Caerphilly Study*. Bmj, 1996. **313**(7052): p. 266-7.
51. Hiramatsu, K., et al., *A survey on health effects due to aircraft noise on residents living around Kadena airport in the Ryukyus*. J Sound Vib, 1997. **205**: p. 451-60.
52. Ising, H., et al., *Respiratory and dermatological diseases in children with long-term exposure to road traffic immissions*. Noise Health, 2003(5): p. 41-50.

53. Ising, H., et al., *Auswirkungen langfristiger Expositionen gegenüber Strassenverkehrs-Immissionen auf die Entwicklung von Haut- und Atemwegserkrankungen bei Kindern*. Schriftenreihe Ver Wasser Boden Lufthygiene, 2003(112): p. 81-99.
54. Wirth, K., et al., *Veränderung der Lärmbelastigung im zeitlichen Verlauf*. Umweltmed Forsch Praxis, 2005. **10**(2): p. 105-11.
55. Babisch, W., et al., *Traffic noise and cardiovascular risk. The Caerphilly study, first phase. Outdoor noise levels and risk factors*. Arch Environ Health, 1988. **43**(6): p. 407-14.
56. in *Urban stress - experiments on noise and social stressors*, D.C. Glass and J.E. Singer, Editors. 1972, Academic Press: New York and London. p. 40-5.
57. Hornung, R.W. and L.D. Reed, *Estimation of Average Concentration in the Presence of Nondetectable Values*. Applied Occupational Environmental Hygiene, 1990. **5**(1).
58. WHO, *Health Behaviour in School-Aged Children: a WHO Cross-National Study (HBSC) Research Protocol for the 1997/98 Survey*.
59. Fahrenberg, J., *Die Freiburger Beschwerdeliste FBL-R. Testmanual und Fragebogen*. 1994.
60. von Zerssen, D., *Die Beschwerden-Liste. Klinische Selbstbeurteilungsfragebögen aus dem Münchner Psychiatrischen Informationssystem*. Psychis-Manuale, Allgemeiner Teil. 1976, Weinheim: Beltz.
61. Robert Koch Institut. *KiGGS-Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland*. [cited; Available from: <http://www.kiggs.de/experten/downloads/index.html>].
62. *Aktuelles zum Kinder- und Jugendgesundheitsurvey des RKI (KiGGS): Zwischenstand und Hinweis auf zusätzliche Untersuchungsorte*. Epidemiologisches Bulletin, 2005. **22**.
63. Fahrenberg, J., R. Hampel, and H. Selg, *Das Freiburger Persönlichkeitsinventar FPI-R. Manual und Fragebogen*. 2001.
64. Ravens-Sieberer, U. and M. Bullinger, *Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results*. Qual Life Res, 1998. **7**(5): p. 399-407.
65. Ravens-Sieberer, U., E. Gortler, and M. Bullinger, *Subjektive Gesundheit und Gesundheitsverhalten von Kindern und Jugendlichen--Eine Befragung Hamburger Schüler im Rahmen der schularztliche Untersuchung*. Gesundheitswesen, 2000. **62**(3): p. 148-55.
66. Bullinger, M. and I. Kirchberger, *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand*. 1998.
67. *Schwerpunktheft zum Bundesgesundheitsurvey 1998*. Gesundheitswesen, 1999. **61**.
68. Schütte, M., E. Leue, and B. Griefahn, *Der NoiSeQ (Noise Sensitivity Questionnaire): Ein Fragebogen zur Messung der Lärmempfindlichkeit*. Diagnostica (in Rev.), 2006.
69. Eis, D., *Untersuchungen zur Aufklärung der Ursachen des MCS-Syndroms (Multiple Chemikalienüberempfindlichkeit) bzw. der IEI (Idiopathische umweltbezogene Unver-*

- träglichkeiten) unter besonderer Berücksichtigung des Beitrages von Umweltchemikalien.* 2002, Robert-Koch-Institut: Berlin.
70. Hodapp, V., H.F. Neuhann, and U. Reinschmidt, *Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung der Umweltbesorgnis.* Zeitschrift für Gesundheitspsychologie, 1996. **4**: p. 22-36.
  71. Klasen, H., et al., *Die deutsche Fassung des Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ-Deu)--Übersicht und Bewertung erster Validierungs- und Normierungsbefunde.* Prax Kinderpsychol Kinderpsychiatr, 2003. **52**(7): p. 491-502.
  72. Woerner, W., A. Becker, and A. Rothenberger, *Normative data and scale properties of the German parent SDQ.* Eur Child Adolesc Psychiatry, 2004. **13 Suppl 2**: p. I13-10.
  73. Hampel, P., B. Dickow, and F. Petermann, *Reliabilität und Validität des SVF-KJ von Janke und Erdmann.* Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 2002. **23**(3).
  74. Janke, W. and G. Erdmann, *SVF 78 Eine Kurzform des Stressverarbeitungsfragebogens SVF 120. Kurzbeschreibung und grundlegende Kennwerte.* 2002, Hogrefe Verlag: Göttingen.
  75. Schwarzer, R. and U. Schulz, *Soziale Unterstützung bei der Krankheitsbewältigung. Die Berliner Social Support Skalen (BSSS).* Diagnostica, 2003. **49**(2): p. 73-82.
  76. Hoffmann, B., B.P. Robra, and E. Swart, *Soziale Ungleichheit und Strassenlärm im Wohnumfeld--eine Auswertung des Bundesgesundheits surveys.* Gesundheitswesen, 2003. **65**(6): p. 393-401.
  77. Cifkova, R., et al., *Practice guidelines for primary care physicians: 2003 ESH/ESC hypertension guidelines.* J Hypertens, 2003. **21**(10): p. 1779-86.
  78. Deutsche Hochdruckliga. *Leitlinien Hypertonie 2003.* [cited; Available from: [www.hochdruckliga.info](http://www.hochdruckliga.info)].
  79. *Update on the 1987 Task Force Report on High Blood Pressure in Children and Adolescents: a working group report from the National High Blood Pressure Education Program. National High Blood Pressure Education Program Working Group on Hypertension Control in Children and Adolescents.* Pediatrics, 1996. **98**(4 Pt 1): p. 649-58.
  80. Hoffmeyer-Zlotnik, J.H.P., *Stellung im Beruf als Ersatz für eine Berufsklassifikation zur Ermittlung von sozialem Prestige.* ZUMA-Nachrichten, 2003. **27**(53): p. 114-127.
  81. Fitzmaurice, G., *Statistical methods for assessing agreement.* Nutrition, 2002. **18**(7-8): p. 694-6.
  82. Edwards, C.G., et al., *Exposure to loud noise and risk of acoustic neuroma.* Am J Epidemiol, 2006. **163**(4): p. 327-33.
  83. Clark, C., et al., *Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project.* Am J Epidemiol, 2006. **163**(1): p. 27-37.

84. van Kempen, E., et al., *Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project*. *Occup Environ Med*, 2006. **63**(9): p. 632-9.
85. Neitzel, R., et al., *Nonoccupational noise: exposures associated with routine activities*. *J Acoust Soc Am*, 2004. **115**(1): p. 237-45.
86. Lundquist, P., et al., *Sound levels in classrooms and effects on self-reported mood among school children*. *Percept Mot Skills*, 2003. **96**(3 Pt 2): p. 1289-99.
87. Schönwälder, H.-G., et al., *Lärm in Bildungsstätten*. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2004. **Fb1030**.
88. Klatte, M., et al., *Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?* Einblicke, 2002. **35**: p. 4-8.
89. Agnitsch, K., et al. *Town size and changes in Iowa's small towns*. 2004 [cited].
90. Umweltbundesamt, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm*. 1998.
91. Lercher, P., et al. *The assessment of noise annoyance in schoolchildren and their mothers*. in *29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*. 2000. Nizza.
92. Maschke, C. and K. Hecht, *Lärmexposition und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen*. Umed Info, 2000.
93. Bistrup, M.L., et al., *Health effects of noise on children - and perception of risk of noise*. 2001, National Institute of Public Health: Copenhagen.
94. Hygge, S., G.W. Evans, and M. Bullinger, *A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren*. *Psychol Sci*, 2002. **13**(5): p. 469-74.
95. Stansfeld, S.A., et al., *Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study*. *Lancet*, 2005. **365**(9475): p. 1942-9.
96. Job, R.F.S., *Community response to noise: A review of factors influencing the relation between noise exposure and reaction*. *Journal of Acoustical Society of America*, 1988. **83**: p. 991-1001.
97. Dockrell, J.E. and B. Shield, *Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home*. *J Acoust Soc Am*, 2004. **115**(6): p. 2964-73.
98. Thamm, M., *Blutdruck in Deutschland--Zustandsbeschreibung und Trends*. Gesundheitswesen, 1999. **61 Spec No**: p. S90-3.

## **Anhang**

Anhang A: Erhebungsinstrumente

Anhang B: Interviewanleitung

Anhang C: Einzelergebnisse

Anhänge A und B können beim Autor angefordert werden

## **Anhang C: Einzelergebnisse**

## Subjektive Beschwerden in den letzten 6 Monaten – Kinder und Jugendliche

Tabelle 1: Subjektive Beschwerden in den letzten sechs Monaten: Kinder

Einzelitems nach Bereichen	Selten oder nie		Etwa 1 mal im Monat		Fast jede Woche		Mehrere pro Woche		Fast täglich	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Körperliche Schmerzen</b>										
-Kopfschmerzen	369	61,2	158	26,2	47	7,8	18	3,0	11	1,8
-Bauchschmerzen	406	67,3	136	22,6	32	5,3	21	3,5	8	1,3
-Rückenschmerzen	488	80,9	68	11,3	25	4,2	11	1,8	11	1,8
-Nacken- oder Schalterschmerzen	497	82,4	66	11,0	24	4,0	9	1,5	7	1,2
<b>Allgemein schlecht fühlen</b>	459	76,3	112	18,6	17	2,8	11	1,8	3	0,5
<b>Psychische Beschwerden</b>										
-Gereiztheit oder schlechte Laune	235	39,2	219	36,6	92	15,4	41	6,8	12	2,0
-Nervosität	321	53,2	176	29,2	79	13,1	21	3,5	6	1,0
-Ängstlichkeit	512	84,9	71	11,8	14	2,3	5	0,8	1	0,2
-Benommenheit, Schwindel	501	83,1	73	12,1	15	2,5	9	1,5	5	0,8
<b>Einschlafprobleme</b>	384	63,7	95	15,8	55	9,1	24	4,0	45	7,5
<b>Müde und erschöpft sein</b>	221	36,7	177	29,4	119	19,7	60	10,0	26	4,3

Tabelle 2: Subjektive Beschwerden in den letzten sechs Monaten: Jugendliche

Einzelitems nach Bereichen	Selten oder nie		Etwa 1 mal im Monat		Fast jede Woche		Mehrere pro Woche		Fast täglich	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Körperliche Schmerzen</b>										
-Kopfschmerzen	332	52,5	193	30,5	66	10,4	31	4,9	11	1,7
-Bauchschmerzen	395	62,6	183	29,0	27	4,3	18	2,9	8	1,3
-Rückenschmerzen	373	58,9	152	24,0	60	9,5	34	5,4	14	2,2
-Nacken- oder Schulterschmerzen	404	64,3	127	20,1	54	8,5	24	3,8	21	3,3
<b>Allgemein schlecht fühlen</b>	402	63,8	179	24,4	32	5,1	15	2,4	2	0,3
<b>Psychische Beschwerden</b>										
-Gereiztheit oder schlechte Laune	133	21,0	280	44,2	150	23,7	60	9,5	10	1,6
-Nervosität	268	42,3	205	32,4	117	18,5	31	4,9	12	1,9
-Ängstlichkeit	523	82,8	79	12,5	21	3,3	7	1,1	2	0,3
-Benommenheit, Schwindel	459	72,5	99	15,6	42	6,6	28	4,4	5	0,8
<b>Einschlafprobleme</b>	388	61,4	134	21,2	62	9,8	32	5,1	16	2,5
<b>Müde und erschöpft sein</b>	98	15,5	187	29,5	213	33,7	101	16,0	34	5,4

Tabelle 0-3: Subjektive Beschwerden in den letzten sechs Monaten: Erwachsene

Einzelitems nach Bereichen	praktisch nie		Etwa 1 mal im halben Jahr		Etwa 2 mal im Monat		Etwa 3 mal in der Woche		Fast täglich	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Körperliche Schmerzen</b>										
-Kopfschmerzen	201	41,4	102	21,0	150	30,9	23	4,7	10	2,1
-Bauchschmerzen	319	65,6	69	14,2	75	15,4	18	3,7	5	1,0
-Nackenschmerzen	168	34,6	49	10,1	142	29,2	77	15,9	50	10,3
-Schulterschmerzen	216	44,4	50	10,3	100	20,6	62	12,6	58	11,9
-Kreuzschmerzen	153	31,8	92	18,9	125	25,7	65	13,4	51	10,5
<b>Verringertes Leistungsvermögen</b>										
-verringertes körperliches Leistungsvermögen	242	50,0	60	12,4	114	23,5	32	6,6	37	7,6
-schnelle Ermüdung	227	46,7	43	8,9	110	22,6	63	13,0	43	8,9
-Konzentrationsprobleme	216	44,5	69	14,2	121	25,0	53	10,9	26	5,4
<b>Schwindel, Benommenheit</b>										
-Schwindel, beim Aufstehen aus dem Liegen	305	62,8	54	11,1	72	14,8	33	6,8	22	4,5
-Benommenheit	350	72,2	54	11,1	56	11,6	17	3,5	8	1,7

Einzelitems nach Bereichen	praktisch nie		Etwa 1 mal im halben Jahr		Etwa 2 mal im Monat		Etwa 3 mal in der Woche		Fast täglich		
<b>Schlafprobleme</b>											
-morgens müde und zerschlagen	110	22,7	23	4,7	138	28,5	113	23,3	101	20,8	
-Einschlafprobleme	268	55,1	32	6,6	109	22,4	40	8,2	37	7,6	
-Durchschlafprobleme	226	46,5	42	8,6	83	17,1	62	12,8	73	15,0	
<b>Nicht zugeordnet</b>											
-Appetitmangel	422	86,8	24	4,9	32	6,6	5	1,0	3	0,6	
-unregelmäßiger Herzschlag	355	73,2	40	8,3	56	11,6	19	3,9	15	3,1	
-Übelkeit	377	77,6	58	11,9	36	7,4	9	1,9	6	1,2	
-Jucken der Nase	293	60,5	44	9,1	78	16,1	36	7,4	33	6,8	
-Druck hinter den Augen	329	67,7	55	11,3	73	15,0	22	4,5	7	1,4	
-unwillkürl. Zucken: Augen, Mund	301	61,9	101	20,8	61	12,6	17	3,5	6	1,2	

## **Gesundheit und Umwelt – Materialien zur Umweltmedizin**

Erstmals im Jahr 2001 hat das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz eine Reihe „Gesundheit und Umwelt - Materialien zur Umweltmedizin“ herausgegeben. Diese Reihe wird, beginnend mit dem Band 9, durch das Sachgebiet Umweltmedizin des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) fortgeführt.

Die Materialien zur Umweltmedizin dienen der allgemeinen Information und im Besonderen der Fachinformation der bayerischen Gesundheitsbehörden zu Themen aus den Bereichen Umweltmedizin, Umwelthygiene, Umwelttoxikologie und Umweltepidemiologie.

### **Bisher sind in dieser Schriftenreihe folgende Bände erschienen:**

- Band 1 Mobilfunk: Ein Gesundheitsrisiko? (2001)
- Band 2 PCB – Polychlorierte Biphenyle (2001)
- Band 3 Fortbildung Umweltmedizin (Material der Fortbildung der Bayerischen Akademie für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin am 20./21.11.2001)
- Band 4 Untersuchung und Bewertung der PCB-Belastung von Schülern und Lehrern in der Georg-Ledebour-Schule, Nürnberg (2002)
- Band 5 Aufgaben bei der Altlastenbehandlung (Material der Fortbildung der Akademien für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz am 19./21.11.2002)
- Band 6 Schutz vor der Entstehung allergischer Krankheiten: Protektive Faktoren des bäuerlichen Lebens (2003)
- Band 7 Umwelt und Gesundheit im Kindesalter. Ergebnisse einer Zusatzerhebung im Rahmen der Schuleingangsuntersuchung 2001/2002 in 6 Gesundheitsämtern (2004)
- Band 8 Projektbericht Schuleingangsuntersuchungen 2003: Umwelt und Gesundheit (2004)
- Band 9 Grundlagen und Bewertungen im Rahmen des Human-Biomonitorings (2005)
- Band 10 Longitudinale Kohortenstudie zur Erfassung akuter pulmonaler, kardialer und hämatologischer/hämostaseologischer Wirkungen von Feinstaub unter realen Umweltbedingungen (CorPuScula) (2005)
- Band 11 Umweltmedizinische Bedeutung von Dieselruß / Feinstaub (2005)
- Band 12 Kind und Umwelt - Teilprojekt Umweltpertzeption und reale Risiken (2005)
- Band 13 Aktuelle umweltmedizinische Probleme in Innenräumen, Teil 1 (2005)
- Band 14 Literaturstudie zu Acrylamid und aromatischen Aminen (2006)
- Band 15 Aktuelle umweltmedizinische Probleme in Innenräumen, Teil 2 (2007)
- Band 16 Umweltmedizinische Bedeutung perfluorierter Kohlenwasserstoffe (PFC) (2006)
- Band 17 Verhalten, Vorkommen und gesundheitliche Aspekte von Feinstäuben in Innenräumen (2007)
- Band 18 Mobilfunk: Mobilfunkbasisstationen und menschliche Befindlichkeit (2008)

sowie der vorliegende

- Band 19 Erfassung der täglichen Lärmexposition und die Korrelation zum individuellen Gesundheitsstatus LEE - Lärm: Exposition und Befinden (2008)



91058 **Erlangen**  
Eggenreuther Weg 43  
Telefon: 09131 764-0



85764 **Oberschleißheim**  
Veterinärstraße 2  
Telefon: 089 31560-0



97082 **Würzburg**  
Luitpoldstraße 1  
Telefon: 0931 41993-0



80538 **München**  
Pfarrstraße 3  
Telefon: 089 2184-0

[www.lgl.bayern.de](http://www.lgl.bayern.de)

**Bayerisches Landesamt für  
Gesundheit und Lebensmittelsicherheit**  
Eggenreuther Weg 43, 91058 Erlangen

Telefon: 09131 764-0  
Telefax: 09131 764-102

E-Mail: [poststelle@lgl.bayern.de](mailto:poststelle@lgl.bayern.de)  
Internet: [www.lgl.bayern.de](http://www.lgl.bayern.de)

Druck: Print Com, Erlangen

**ISSN** 1862-8052

Print Ausgabe

**ISSN** 1862-9601

Internet Ausgabe

**ISBN** 978-3-939652-52-6

Print Ausgabe

**ISBN** 978-3-939652-51-9

Internet Ausgabe