

# Lärmwirkungsstudie im Auftrag der Gemeinnützigen Umwelthaus GmbH, Kelsterbach

---

Forschungskonsortium:

<b>• Ruhr-Universität Bochum, 44801 Bochum; Fakultät für Psychologie, Prof. Dr. Rainer Guski (Wissenschaftliche Gesamtleitung)</b>	
Modul 1: Lärmbelästigung & Lebensqualität	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung, Sennbrink 46, 58099 Hagen, Dipl.-Psych. Dirk Schreckenberg (Modulleitung)</b></li><li>• Möhler +Partner Ingenieure AG, Paul-Heyse-Straße 27, 80336 München, Dipl.-Ing. Ulrich Möhler</li><li>• Sozialwissenschaftliches Umfragezentrum GmbH, Gallenkampstr. 20, 47051 Duisburg, Prof. Dr. Frank Faulbaum, Dipl.-Soz. Lars Ninke</li><li>• Ruhr-Universität Bochum, 44801 Bochum; Fakultät für Psychologie, Prof. Dr. Rainer Guski</li></ul>
Modul 2: Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Technische Universität Dresden, Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin, Prof. Dr. Andreas Seidler (Modulleitung)</b>, PD Dr. Jochen Schmitt, Dr. Eva Haupe in Kooperation mit Dr. Enno Swart, Institut für Sozialmedizin und Gesundheitsökonomie (ISMG) der Universität Magdeburg, Prof. Dr. Hajo Zeeb, BIPS Bremen (Teilmodul "Sekundärdatenanalyse, Fall-Kontrollstudie")</li><li>• DLR e.V. Köln, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Abt. Flugphysiologie, 51147 Köln, Dr. Uwe Müller, Dr. Eva Maria Elmenhorst, Dr. Julia Quehl (Teilmodul "Schlafqualität")</li><li>• Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Hygiene und Umweltmedizin: Prof. Dr. Caroline Herr, Prof. Dr. Thomas Eikmann, Dipl.-Ing. Anja zur Nieden, MPH (Erhebungsstelle und Teilmodul "Blutdruckmonitoring")</li><li>• Möhler +Partner Ingenieure AG, Paul-Heyse-Straße 27, 80336 München, Dipl.-Ing. Ulrich Möhler</li></ul>
Modul 3: Kognitive Leistungen und gesundheits- bezogene Lebensqualität bei Kindern	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Sozialwissenschaften, Abteilung Psychologie der Frühförderung, Priv.-Doz. Dr. Maria Klatte (Modulleitung)</b></li><li>• Hörzentrum Oldenburg GmbH, 26129 Oldenburg; Dr. Markus Meis</li><li>• Möhler +Partner Ingenieure AG, Paul-Heyse-Straße 27, 80336 München, Dipl.-Ing. Ulrich Möhler</li></ul>

## Einleitung

Ab April 2011 startet eine groß angelegten Lärmwirkungsstudie des Forum Flughafen und Region (FFR) in der Rhein-Main Region und an Vergleichsstandorten. Ziel der Studie ist es, eine möglichst repräsentative und wissenschaftlich abgesicherte Beschreibung der Auswirkungen des Lärms vom Flug-, Schienen- und Straßenverkehr im Rhein-Main-Gebiet auf die Gesundheit und Lebensqualität der betroffenen Wohnbevölkerung zu erhalten. Mehrere renommierte Forschungs- und Fachinstitutionen der Medizin, Psychologie, Sozialwissenschaft, Akustik und Physik haben sich zu einem Forschungskonsortium zusammengeschlossen, um der gesamtheitlichen Erforschung der Wirkung von Verkehrslärm nachzugehen.

In der Studie wird von einem **stresstheoretischen Ansatz** ausgegangen, wonach akute Lärmereignisse zu akuten psychischen und physischen Veränderungen im Menschen führen, deren Stärke sowohl von der Häufigkeit und Intensität des Lärms abhängt als auch von individuellen und sozialen Erfahrungen, Erwartungen und den vom aktuellen Lärm unabhängigen sonstigen Belastungen der Betroffenen. Die Wiederholung der akuten Lärmreaktionen kann solange ohne langfristige Folgen bleiben, wie es Schutz- und Ausgleichsmöglichkeiten für die Betroffenen gibt, z.B. ausreichend lange Zeiten der Ruhe, Vertrauen in die für den Lärmschutz Verantwortlichen und effektive Möglichkeiten der Mitsprache beim Management der Lärmbelastung. Sind Schutz- und Ausgleichsmöglichkeiten nicht ausreichend gegeben, dann kann die Wiederholung der akuten Lärmreaktionen langfristig zur

Beeinträchtigung der kognitiven Entwicklung von Kindern und zur Entstehung oder Verstärkung von Krankheiten führen, v.a. von Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Beeinträchtigung der kognitiven Entwicklung sowie die Entstehung von Krankheiten sehr selten auf einen einzigen Umweltfaktor, wie z.B. den Verkehrslärm, zurückführen lässt, sondern in der Regel auf eine komplexe Konstellation von körperlichen, geistigen, sozialen und Umwelt-Bedingungen.

Die Lärm-Untersuchungen im Rhein-Main-Gebiet finden im Hinblick auf den Fluglärm in einer **besonderen Situation** statt: Der Flughafen wird im Oktober eine neue Landebahn in Betrieb nehmen, es wird tagsüber mehr Flugbewegungen geben, dafür sollen in der Nacht weniger Flugzeuge fliegen, wobei noch unklar ist, wie viele Flugbewegungen es endgültig sein werden, und obendrein werden einige Flugrouten und Flugverfahren geändert, so dass einige Wohngebiete tags etwas stärker belastet werden als andere, und einige Wohngebiete nachts stärker entlastet werden als andere. Niemand kann genau vorhersagen, wie sich diese komplexen Änderungen auf die betroffene Wohnbevölkerung auswirken werden. Es ist daher Aufgabe der Lärm-Untersuchungen in diesem und den nächsten Jahren, den Auswirkungen all der Veränderungen am Flughafen in der betroffenen Bevölkerung nachzugehen und diese mit den Lärmauswirkungen bei Anrainern von drei anderen Flughäfen in Deutschland zu vergleichen. Zur Beantwortung der umfassenden Fragestellungen werden in der Studie unterschiedliche Erhebungsmethoden eingesetzt: Telefonische Befragungen, medizinische Erhebungen und kinderpsychologische Untersuchungen an bis zu 24.000 Bewohnerinnen und Bewohnern des Rhein-Main-Gebiets. Weiterhin werden Krankenversicherungsdaten von ca. 1,5 Millionen Versicherten ausgewertet und im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie von Versicherten mit Herz-Kreislauf-Neuerkrankungen sowie bei einer Kontrollgruppe individuell weitere Gesundheitsdaten und Risikofaktoren erhoben, um durch Verkehrslärm bedingte Erkrankungsrisiken quantitativ exakter abschätzen und einen möglichen Lärmeinfluss von anderen Gesundheitsrisiken trennen zu können. Für jeden Untersuchungsteilnehmer wird dessen jeweilige Verkehrslärmbelastung adressgenau ermittelt und in statistischen Analysen mit den Wirkungsdaten in Beziehung gesetzt. Die Fluglärmrechnungen für die Rhein-Main Region werden von der Gemeinnützigen Umwelthaus GmbH, Kelsterbach, für die übrigen Flughafenstandorte von Avia Consult, Strausberg, durchgeführt. Die Aufbereitung aller akustischen Daten und die Berechnungen der Schienen- und Straßenverkehrsgeräuschbelastung an allen Standorten übernimmt für alle Untersuchungsmodule die Möhler + Partner Ingenieure AG, München.

## **Modul 1: Lärmbelästigung und Lebensqualität der Wohnbevölkerung**

### *Hintergrund*

Das Untersuchungsmodul 1, das Basismodul der Lärmwirkungsstudie, befasst sich mit dem Belästigungs- und Störungserleben durch Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm der Wohnbevölkerung in der Rhein-Main-Region sowie mit den Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Lebensqualität.

Gesundheitliche Unversehrtheit und der Schutz der Wohnbevölkerung vor erheblicher Belästigung

durch Lärm sind hohe Schutzgüter. Für rechtliche und politische Rahmensetzungen sowie für die Planung wirksamer Lärminderungsmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung ist die Kenntnis von Qualität und Quantität der Wirkung von Verkehrslärm auf die betroffene Wohnbevölkerung elementar. Insbesondere in Situationen wie in der Rhein-Main Region, in der es durch den Ausbau des Frankfurter Flughafens einerseits und der Einführung aktiver Lärminderungsmaßnahmen andererseits in verschiedenen Teilregionen zu unterschiedlichen Be- und Entlastungen kommen wird, gilt es, die Auswirkungen dieser vielfältigen Veränderungen in der Wohnbevölkerung zu verfolgen, um dem Schutz der Bevölkerung Rechnung tragen und zu einer besseren Planungssicherheit beitragen zu können. Dabei soll auch untersucht werden, welche Zusammenhänge zwischen den Verkehrslärmgeräuschen, den erlebten Beeinträchtigungen durch Verkehrslärm und den von den Betroffenen berichteten Erkrankungen bestehen. Ebenso sind die Auswirkungen von Mehrfachbelastungen durch mehrere einwirkende Verkehrslärmquellen Gegenstand der Untersuchung.

### *Forschungsdesign*

Die Erhebung von Lärmbelästigung und Lebensqualität erfolgt durch mehrere telefonische Breitenerhebungen in der Wohnbevölkerung im Rhein-Main-Gebiet. Erfasst werden Angaben zu Störungen und zur Belästigung durch Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm, außerdem zur erlebten Wohn-, Schlaf- und gesundheitsbezogenen Lebensqualität und zu ärztlich diagnostizierten Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Bewertungen der Verkehrslärmarten, Einstellungen und Erwartungen zum Flughafenausbau und den damit verbundenen Planungsprozeduren und grundlegende soziodemographische Angaben gehören ebenfalls zu den erhobenen Befragungsdaten. Für die Wohnadresse jedes Studienteilnehmers werden die verschiedenen Verkehrslärmwerte bestimmt.

Da die Veränderungen am Frankfurter Flughafen in ihren Auswirkungen begleitend untersucht werden, ist eine Längsschnittstudie mit jährlichen Wiederholungsbefragungen von 7.000 Anwohnern aus der Region vorgesehen. Der Schwerpunkt der Längsschnittstudie liegt auf den Auswirkungen des Fluglärms unter Einbezug von Schienen- und Straßenverkehrslärm. Zusätzlich werden im Jahr 2012 Querschnittsstudien bei weiteren 6.800 Anwohnern aus der Rhein-Main-Region Erhebungen mit Fokus auf Schienen- und Straßenverkehrslärm sowie auf Mehrfachbelastungen durch mehrere Verkehrslärmquellen durchgeführt. Anhand von vergleichenden Lärmwirkungserhebungen an drei anderen Flughäfen, darunter am ebenfalls von Änderungen betroffenen Flughafen Berlin-Brandenburg International (BBI), lassen sich regionsspezifische Effekte bzw. Auswirkungen der besonderen Ausbausituation am Frankfurter Flughafen abschätzen. An diesen Vergleichsuntersuchungen nehmen je 2.500 bis 5.000 Anwohner pro Flughafenstandort teil. Die Ziehung der Befragungsstichproben erfolgt so, dass die ausgewählten Teilnehmer unterschiedlich stark belasteten Gebieten entstammen, um die Wirkungen von Tages- und Nachtbelastungen durch unterschiedlich laute und häufige Überflüge bzw. Fahrzeugvorbeifahrten ermitteln zu können. Somit können Belastungs-Wirkungsbeziehungen ermittelt werden, d.h. es wird festgestellt, bei welcher Lärmbelastung welches Ausmaß an Auswirkungen entsteht - z.B. welcher Anteil der Bevölkerung sich bei welchem Lärmpegel hochgradig belästigt fühlt. Diese mit statistischen Modellrechnungen ermittelten Belastungs-Wirkungsbeziehungen werden für jede Verkehrslärmart an allen untersuchten Flughafenstandorten ermittelt, in den Längsschnittstudienteilen zum Fluglärm zudem zu jedem Erhebungszeitpunkt. Durch den Vergleich der Belastungs-Wirkungsbeziehungen lassen sich

zeitliche Veränderungen in den Auswirkungen des Fluglärms sowie etwaige Unterschiede in den Wirkungen von Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm aufzeigen. Zudem kann geprüft werden, inwieweit es bei Belastungen durch mehrere gleichzeitig einwirkende Verkehrslärmquellen zu einer höheren Gesamtlärmbelastung in der Bevölkerung kommt als bei Einwirkung nur einer Lärmquelle.

### ***Durchführung***

Für die Längsschnittstudie in der Rhein-Main Region wird ein Teilnehmerpool (Access Panel) von befragungsbereiten Anwohnern aufgebaut, die von 2011 bis 2013 jährlich befragt werden. Das Untersuchungskonzept ist so angelegt, dass weitere regelmäßige Erhebungen nach 2013 möglich sind und damit ein kontinuierliches Lärmwirkungsmonitoring aufgebaut werden kann. Die für die Studie vorgesehenen Personen werden anhand von Melderegisterdaten und adressbezogenen Daten zum Fluglärm und zur Schienen- und Straßenverkehrsbelastung per Zufall, geschichtet nach aktueller und vorhergesagter künftiger Fluglärmbelastung gezogen und mit der Bitte um Teilnahme angeschrieben. In ähnlicher Weise werden auch die Teilnehmer der weiteren im Jahr 2012 stattfindenden Querschnittstudien zum Schienen- und Straßenverkehrslärm und kombinierter Verkehrslärmbelastung in einem nach Lärmpegeln geschichteten Zufallsverfahren ausgewählt. Das Gleiche gilt für die zu befragenden Anwohner an den übrigen Flughafenstandorten außerhalb der Rhein-Main-Region. Dort finden die Befragungen im Jahr 2013, am Flughafen BBI in den Jahren 2012 und 2013 statt. Anhand von Geokoordinaten, Verkehrs- bzw. Flugbewegungsdaten erfolgen adress- bzw. fassadengenaue Berechnungen akustischer Kennwerte für die Flug-, Schienen- und Straßenverkehrsräuschbelastung an der Wohnadresse jedes Untersuchungsteilnehmers.

Konzeption, verantwortliche Leitung und wissenschaftliche Auswertung der Daten des Untersuchungsmoduls 1 zur Lärmbelastung und Lebensqualität liegt bei der ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung, Hagen, unter beratender Mitwirkung der Ruhr-Universität Bochum. Den Aufbau des Access Panels und die Durchführung aller telefonischen Befragungen verantwortet die Sozialwissenschaftliche Umfragezentrum GmbH (SUZ), Duisburg.

## **Modul 2 "Gesundheit" in der Rhein-Main-Region**

Das zweite Modul der Lärmwirkungsstudie, verantwortlich geleitet vom Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin der TU Dresden, beschäftigt sich eingehend mit der Frage des Einflusses von Verkehrslärm auf die Gesundheit der betroffenen Bevölkerung in der Rhein-Main-Region. Dieser Frage wird in verschiedenen Teilprojekten nachgegangen. Dazu gehören:

## **Teilstudie 2.1: Sekundärdatenanalyse („Krankenkassenstudie“) zu Erkrankungen und darauf aufbauende Fall-Kontroll-Studie**

### ***Hintergrund***

Zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Fluglärm im Vergleich mit Straßen- und Schienenlärm bestehen erhebliche Wissenslücken. Im Ergebnis einer im Jahr 2010 von Huss und Mitarbeitern veröffentlichten Schweizer Kohortenstudie findet sich eine etwa 30%ige Risikoerhöhung für Herzinfarkte bei Fluglärm-Exposition gegenüber mindestens 60 dB(A). Diese Studie berücksichtigt allerdings nicht die wichtigsten „konkurrierenden“ Einflussfaktoren auf Herzinfarkte (u.a. Tabakkonsum). Dies gilt auch für die bisher im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn durchgeführten, ausschließlich auf Sekundärdaten basierenden Querschnittsuntersuchungen. Unsere große Sekundärdatenanalyse von Krankenkassendaten („Krankenkassenstudie“) soll den Zusammenhang zwischen der wohnortbezogenen Belastung gegenüber Fluglärm, Straßenlärm und Schienenlärm und dem Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Herzinfarkt, Herzschwäche, Schlaganfall), Krebserkrankungen (insbesondere Brustkrebs) und Depressionen aufzeigen. Eine vertiefende Ermittlung der Krankheitsrisiken unter Berücksichtigung möglicher „konkurrierender“ Einflussfaktoren (z.B. Rauchverhalten, Nachtschichtarbeit) wird mit einer auf die Krankenkassenstudie aufbauenden Fall-Kontroll-Studie erreicht. Mit diesen beiden Forschungsansätzen lassen sich die angegebenen Wissenslücken schließen.

### ***Forschungsdesign der Sekundärdatenanalyse („Krankenkassenstudie“)***

Die Sekundärdatenanalyse basiert primär auf Routinedaten gesetzlicher und möglichst auch privater Krankenkassen im Rhein-Main-Gebiet. Hierzu wird ein Krankenkassenverbund im Regierungsbezirk Darmstadt, in Mainz und Rheinhessen mit insgesamt mehr als zwei Millionen Versicherten etabliert. Berechnet werden die Fluglärm-, Straßenlärm- und Schienenlärm-bezogenen Erkrankungsrisiken an Herzinfarkten, Schlaganfällen, Brustkrebs und Depressionen im Vergleich mit nicht an diesen Erkrankungen leidenden Personen. Für alle einbezogenen Versicherten erfolgt dabei eine adressgenaue Zuordnung der Exposition gegenüber Fluglärm, Straßenlärm und Schienenlärm. Sofern Personen im dokumentierten Versicherungszeitraum umgezogen sind, erfolgt auch eine Lärmabschätzung für frühere Wohnadressen. Berücksichtigt werden ambulante und stationäre Diagnosen aus den Jahren 2007 und 2008.

### ***Durchführungskonzept der Sekundärdatenanalyse („Krankenkassenstudie“)***

Zunächst werden die acht größten gesetzlichen Krankenkassen der angegebenen Rhein-Main-Region um Beteiligung an der Studie gebeten; anschließend wird der Krankenkassenverbund um weitere gesetzliche und private Krankenversicherungen ergänzt. Die Krankenkassen spielen für alle Versicherten im Alter von mindestens 40 Jahren Routinedaten u.a. zu stationären und ambulanten Krankheitsdiagnosen und zu verschriebenen Medikamentenaus. Für die aktuelle Wohnanschrift, soweit möglich auch für frühere Wohnanschriften werden adressgenaue Lärmdaten gesondert für Flug-, Straßen- und Schienenlärm ermittelt ( $L_{DN}$  für Fluglärm,  $L_{DEN}$  für Straßen- und Schienenlärm). Die Lärmdaten werden mit den Erkrankungsdaten verknüpft. Die Berechnung der lärmbezogenen Erkrankungsrisiken erfolgt von der Auswertungsstelle beim Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS) der TU Dresden.

### *Forschungsdesign der analytischen Fall-Kontroll-Studie*

Bei alleiniger Berücksichtigung der Routinedaten der Krankenkassen sind Ergebnisverzerrungen nicht auszuschließen. Ziel der Fallkontrollstudie ist eine genauere Ermittlung der lärmbezogenen Erkrankungsrisiken unter Berücksichtigung individueller Befragungsdaten (z.B. zum Rauchverhalten, zum Gewicht, zur Berufstätigkeit einschließlich Nachtschichtarbeit). In der analytischen Fall-Kontroll-Studie werden dazu aus dem genannten Versicherten-Datensatz jeweils 6.000 Personen mit Neuerkrankung an Herzinfarkt, Herzschwäche und Schlaganfall („Fälle“) sowie 6.000 nicht an diesen Erkrankungen leidende Versicherte („Kontrollpersonen“) gezogen. Insgesamt werden also 24.000 Personen in die Fall-Kontroll-Studie einbezogen. Den angestrebten Probandenzahlen liegt eine Fallzahlplanung zugrunde, die von den bisher in wissenschaftlichen Untersuchungen gefundenen Risikoerhöhungen ausgeht. Sollten sich aus der Sekundärdatenstudie Hinweise auf ein erhöhtes Auftreten von Brustkrebserkrankungen oder Depressionen in der lärmexponierten Bevölkerung ergeben, können die drei untersuchten Fallgruppen entsprechend modifiziert werden. Mit einem vierseitigen Fragebogen – auf Wunsch der Versicherten auch mit einem Telefoninterview oder einer Online-Befragung – werden u.a. Größe und Gewicht, Rauchverhalten, Wohnsituation und Nachtschichtarbeit erhoben. Für die Zuordnung der Lärmbelastung wird mit individuellem Einverständnis der Versicherten über die Wohnadressen hinaus auf detaillierte Befragungsdaten zur Fassadenseite, Stockwerk, Ausrichtung des Schlafzimmers etc. zurückgegriffen. Aus dem Vergleich der Lärmbelastung bei den Fällen mit der Lärmbelastung bei den Kontrollpersonen lassen sich unter Berücksichtigung nicht-lärmbezogener Einflussfaktoren mit statistischen Methoden die Erkrankungsrisiken an den angegebenen Erkrankungen abschätzen.

### *Durchführungskonzept der analytischen Fall-Kontroll-Studie*

Die Erkrankungsfälle ebenso wie die Kontrollpersonen entstammen dem oben dargestellten (keine Namen oder Adressen der Versicherten enthaltenden) Auswertungs-Datensatz der Auswertungsstelle der TU Dresden. Die Krankenkassen senden den erkrankten ebenso wie den nicht erkrankten Versicherten einen kurzen Fragebogen zu. Die Versicherten senden den ausgefüllten Fragebogen mit Angabe der aktuellen sowie der früheren Wohnadressen an die Erhebungsstelle der Universität Gießen. Alternativ können sich die Versicherten auch für ein Telefoninterview oder für die Teilnahme an einer Online-Befragung entscheiden. Die Befragungsergebnisse werden von der Erhebungsstelle ohne Angabe von Namen und Adressen an die Auswertungsstelle der TU Dresden versandt. Durch die Trennung zwischen Erhebungsstelle und Auswertungsstelle ist gewährleistet, dass keine Forschungsstelle sowohl Namen und Adressen als auch Erkrankungen von Versicherten kennt.

Konzeption, verantwortliche Leitung und wissenschaftliche Auswertung aller Daten der Teilstudie 2.1 übernimmt das Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS) der TU Dresden. Sie wird bei der Sekundäranalyse unterstützt durch das Institut für Sozialmedizin und Gesundheitsökonomie (ISMHE) der Universität Magdeburg, in der Sekundärdatenanalyse und Fall-Kontroll-Studie zudem durch das Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin (BIPS; Vertrauensstelle). Zentrale Stelle für die Erhebungen in der Fall-Kontroll-Studie ist das Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen. Weiterer Partner in diesem Teilmodul ist die

## Teilstudie 2.2 Blutdruckmonitoring

In früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Lärm neben den bei hohen Schallpegeln auftretenden auralen Schäden auch zu einer veränderten Regulation physiologischer Abläufe führen kann, die mittelbar durch Lärmbelästigung oder unmittelbar durch vegetativ-hormonelle Beanspruchung hervorgerufen werden kann. Dieser Stress kann zu einer veränderten Ausschüttung von Glukokortikoiden führen (Stresshormone: Cortisol, Adrenalin und Noradrenalin). Diese können das Herz-Kreislaufsystem, den Stoffwechsel und die Blutfette beeinflussen.

In jüngerer Zeit wurden Feldstudien unternommen, um den Einfluss von Verkehrslärm auf das Entstehen kardiovaskulärer Erkrankungen genauer einschätzen zu können. Dafür ist es hilfreich, den Blutdruck mehrfach am Tage zu messen. Hier sind v.a. die internationale HYENA-Studie (Jarup et al., 2008) und eine kleinere Zeitreihenstudie (Aydin und Kaltenbach 2007) am Frankfurter Flughafen zu nennen. Im ersten Fall wurden die Messungen an einem Tag wiederholt von Untersuchungspersonal vorgenommen. Ergänzend wurden neben soziodemographischen Daten Einflussgrößen wie Alkoholkonsum, BMI und körperliche Aktivität, ärztliche Diagnose und Behandlung von Bluthochdruck erhoben. Hier zeigte sich eine statistisch überzufällig hohe Assoziationen zwischen nächtlichem Fluglärm und einer Erhöhung des Blutdrucks morgens um 14% und eine Erhöhung des Bluthochdruck-Risikos (Hypertonie) in Abhängigkeit der 24h-Straßenverkehrslärmbelastung in ähnlicher Größenordnung (Risikoerhöhung um 10%). Weiterhin wurde deutlich, dass personale Faktoren, wie etwa das Alter, das Geschlecht und der Body Mass Index, in erheblichem Maße zum Hypertonie-Risiko beitragen. In der zweiten Studie (Aydin und Kaltenbach 2007) wurden Blutdruckselbstmessungen der Untersuchungspersonen durchgeführt, und es zeigte sich einerseits, dass Selbstmessungen zuverlässige Daten erbringen können, andererseits, dass statistische Assoziationen zwischen wechselndem Fluglärm (Betriebsrichtungswechsel) und morgendlichem Blutdruck bestehen.

Im Rahmen der Lärmwirkungsstudie Rhein-Main wird das IHU Gießen insgesamt ca. 2000 Personen mit unterschiedlicher starker Verkehrslärmbelastung auswählen, in der Blutdruckselbstmessung schulen und diese Personen über einen Zeitraum von etwa 2 Wochen hinweg morgens und abends Selbstmessungen ihres Blutdrucks durchführen lassen. Während der ärztlichen Einweisung werden zusätzlich Gewicht und Bauchumfang der Untersuchungspersonen erhoben. Weiterhin füllen diese Personen Fragebögen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität und zu personalen Faktoren aus, die oft mit der Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen verbunden sind (z.B. andere Vorerkrankungen, Rauchgewohnheiten usw.). Diese Untersuchung wird 2012 (nach der Umstellung des Betriebs am Flughafen Frankfurt) und 2013 wiederholt.

Es wird erwartet, dass die chronische Belastung durch Flug-, Straßen oder Schienenlärm zu einer Erhöhung der Blutdruckwerte und der Erhöhung des kardiovaskulären Gesamtrisikos beiträgt. Weiterhin wird erwartet, dass sich die Blutdruckwerte und das kardiovaskuläre Gesamtrisiko in der durch Fluglärm betroffenen Gruppe durch die Betriebsumstellungen am Frankfurter Flughafen verändern, jedoch ist noch nicht abzusehen, in welche Richtung das geht, und ob sich mögliche Änderungseffekte schon nach einem Jahr zeigen.



Das Teilmodul "Blutdruckmonitoring" wird vom Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen geleitet und unter Beteiligung von Möhler + Partner Ingenieure AG durchgeführt.

## Teilstudie 2.3 Schlaf

### *Hintergrund*

Ein ungestörter Schlaf von ausreichender Dauer ist Voraussetzung für Leistungsfähigkeit und Gesundheit. Von außen bedingte Schlafstörungen werden vor allem durch Lärm verursacht. Das menschliche Gehör ist als allzeit funktionsfähiges Alarmsystem angelegt und kann auch während des Schlafs unterschiedliche akustische Reize wahrnehmen, ihre Bedeutung entsprechend einordnen und auf sie reagieren. Für Flughafenanwohner stellen Schlafstörungen die wesentlichste Folge des nächtlichen Fluglärms dar, wobei Beeinträchtigungen der subjektiv empfundenen Schlafqualität und kognitiven Leistung und der damit einhergehenden Belästigung dominieren.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in Köln hat in der Vergangenheit sowohl Feld- als auch Laborstudien durchgeführt, in denen die Auswirkungen des nächtlichen Fluglärms auf den Schlaf untersucht wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen am Köln/Bonner – Flughafen dienen als Grundlage für die Berechnung des Frankfurter Nachtindexes FNI und von Konturen, die zusätzliche Aufwachreaktionen in der Region um den Frankfurter Flughafen infolge des Fluglärms darstellen.

### *Forschungskonzept und Durchführung*

Es gibt bisher keine Studien zu der Fragestellung, ob lärmbedingte Belastungs-Wirkungsbeziehungen für die Aufwachwahrscheinlichkeit im Schlaf auch flughafenspezifisch sind, so wie dies in Belästigungsstudien nachgewiesen wurde. Deshalb ist es das primäre Ziel des Schlafmoduls in der Frankfurter Lärmstudie, eine regionalspezifische Datengrundlage zu schaffen. Durch Schlafmessungen an demselben Probandenkollektiv vor und nach Inbetriebnahme der Landebahn Nordwest und der damit einhergehenden Veränderungen in den Flugbewegungszahlen im Zeitraum von 23-5 Uhr besteht die Möglichkeit, unter den realitätsnahen Bedingungen einer Feldstudie die Auswirkungen der signifikanten Verminderung von Flugbewegungen in der Nacht des Nachtflugverbots auf den Schlaf zu untersuchen.

Die hierzu notwendigen Messungen der Hirnströme im Schlaf (EEG, EKG, EMG, EOG) erfordern die Applikation von Elektroden an genau definierten Positionen am Probanden, wodurch der Einsatz dieser Methode nur durch geschultes Personal, spezifische Messgeräte und einen nicht unerheblichen Zeitaufwand möglich ist. Dies limitiert i.a. die Anzahl der Flughafenanwohner, die auf diese Weise untersucht werden können. Daher ist es ein wesentliches Ziel der Schlafuntersuchungen am Frankfurter Flughafen, mit Hilfe der Hirnstrommessung im Schlaf eine Methode zu entwickeln und zu validieren, die es mit weniger Aufwand ermöglicht, das Auftreten von Aufwachreaktionen bei einer erheblich größeren Stichprobe zu bestimmen. Statistische Fallzahlberechnungen mit Hilfe der vorliegenden DLR-Feldstudiendaten belegen, dass eine Mindestanzahl von 35 Anwohnern an drei aufeinander folgenden Nächten polysomnographisch untersucht werden muss, damit eine intern valide Dosis-Wirkungskurve berechnet und die Validität einer Alternativmessmethode abgeschätzt



werden kann.

Zusätzlich zu den physiologischen Messungen wird im Schlafmodul auch anhand von Fragebogen das subjektive Schlaf- und Belästigungsempfinden retrospektiv für die jeweils vergangene Nacht erhoben. Bei allen Schlafmessungen wird der Schalldruckpegel am Ohr des Schlafers kontinuierlich aufgezeichnet.

Die Untersuchungen finden in den Jahren 2011-2013 ausschließlich in den Frühlings- und Sommermonaten Mai bis September statt, in denen die akustische Belastung in den Innenräumen für die Anwohner am größten ist. 2011 werden vor und 2012 nach Inbetriebnahme der Landebahn NW jeweils dieselben 40 Anwohner in drei aufeinander folgenden Nächten polysomnographisch untersucht. Unter der Annahme, dass die Entwicklung einer weniger aufwendigen Alternativmessmethode erfolgreich ist, werden 2012 zusätzlich 300-400 Anwohner mit der neuen Methodik untersucht, in 2013 wird dann ausschließlich dieses alternative Verfahren am selben Probandenkollektiv eingesetzt.

Konzeption, Leitung des Teilmoduls "Schlaf", die Einrichtung der Messstellen und wissenschaftliche Auswertung wird von der Abteilung Flugphysiologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Köln, verantwortet. Die Messungen vor Ort übernimmt das Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen.

## **Modul 3: Wirkungen von Fluglärm auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern**

### ***Hintergrund***

Studien, die seit den 1990er Jahren an anderen europäischen Flughafenstandorten durchgeführt wurden, deuten darauf hin, dass sich eine dauerhafte Belastung (Exposition) durch Fluglärm ungünstig auf die geistige Entwicklung von Kindern auswirken kann. In diesen Studien zeigten sich übereinstimmend schlechtere Leseleistungen bei fluglärmexponierten Kindern; teilweise wurden auch negative Wirkungen auf Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsleistungen berichtet.

Diese Befunde stellen jedoch keine Belege für eine Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Fluglärmbelastung und Leistungsdefiziten dar. Die kognitive Entwicklung und die schulischen Leistungen von Kindern werden durch viele Faktoren im Bereich des familiären Umfelds und des Unterrichts beeinflusst, die zum Teil mit der Fluglärmbelastung zusammenhängen. Um etwaige Beeinträchtigungen fluglärmbelasteter Kinder ursächlich auf den Lärm zurückführen zu können, müssen diese nicht-lärmbezogenen Einflussfaktoren sorgfältig kontrolliert werden. Dies ist in den älteren Studien oft nicht in ausreichendem Maße erfolgt. In der geplanten Kinderstudie wird der Kontrolle dieser Einflussfaktoren größte Aufmerksamkeit gewidmet, um aussagekräftige Schlussfolgerungen über die Auswirkungen des Fluglärms auf die Kindesentwicklung zu ermöglichen.

### ***Forschungsdesign***

In einer Stichprobe von 50 Schulklassen aus 25 Grundschulen (insgesamt etwa 1.000 Kinder) werden Lese-, Aufmerksamkeits- und Gedächtnisleistungen der Kinder anhand entwicklungspsychologisch fundierter Testverfahren erhoben. Darüber hinaus werden sprachliche Fähigkeiten erfasst, die für

den Leseerwerb sehr wichtig sind. Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass die negativen Wirkungen von Lärm auf das Lesenlernen durch Wirkungen auf die dem Lesen zugrunde liegenden sprachlichen Fähigkeiten zustande kommen. Die genauere Kenntnis dieser Mechanismen ermöglicht die Planung konkreter Maßnahmen zur Prävention und Kompensation der Lärmwirkungen. Neben den Testaufgaben werden Befragungen der Kinder zur umwelt- und gesundheitsbezogenen Lebensqualität und Belästigung durchgeführt. Familiäre und unterrichtsbezogene Einflussfaktoren werden durch Eltern- und Lehrerfragebögen und Daten zur Sozialstruktur in den Einzugsgebieten der Grundschulen erfasst.

### **Durchführungskonzept**

Die Zusammenstellung der Stichprobe erfolgt anhand einer Kartierung der Grundschulen nach tagesbezogenen Fluglärmpegeln ( $L_{DAY06-22}$ ). Je nach Verteilung der Schulen auf die Untersuchungsgebiete werden 4 bis 5 Belastungsgruppen mit Pegelwerten zwischen 40 bis ca. 60 dB gebildet. Straßen- und Schienenlärmbelastung der Schulen sowie bau- und raumakustische Merkmale der Klassenräume werden erfasst und bei der statistischen Analyse der Fluglärmwirkungen berücksichtigt. Neben den Pegeln an den Schulstandorten werden Flug-, Schienen- und Straßenlärmpegel individuell an den Wohnadressen der Kinder erfasst. Hierbei werden auch die Nachtpegel berücksichtigt.

Die umfangreichen Daten zur Lärmbelastung an den Schulen und Wohnadressen ermöglichen einen Querschnittsvergleich von Kindern aus unterschiedlich fluglärmexponierten Grundschulen sowie die Berechnung von Belastungs-Wirkungs-Kurven auf der Grundlage der individuellen wohnortbezogenen Pegelwerte.

Die Datenerhebung erfolgt im Frühjahr 2012. Es werden Kinder untersucht, die zu diesem Zeitpunkt am Ende der zweiten Klassenstufe stehen. Die Datenerhebung erfolgt durch qualifizierte und geschulte Untersuchungsteams. Alle Testaufgaben und Befragungen werden im Klassenverband durchgeführt. Hierfür werden pro Schulklasse zwei Doppelstunden benötigt. Aufgrund der abwechslungsreichen Aufgaben und des Wechsels zwischen Testaufgaben und Befragungen stellt dies keine Überforderung der Kinder dar.

Die Kinderstudie wird vom Fachgebiet Psychologie der Frühförderung der TU Kaiserslautern verantwortlich geleitet und in Kooperation mit der Hörzentrum Oldenburg GmbH und Möhler + Partner Ingenieure AG durchgeführt.

### **Literatur:**

Aydin Y, Kaltenbach M: Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of Frankfurt airport. Clin Res Cardiol 2007; 96: 347–58.

Huss A, Spoerri A, Egger M, Rösli M. Aircraft Noise, Air Pollution, and Mortality From Myocardial Infarction. Epidemiology 2010;21:829-836.

Jarup L, Babich W, Houthuijs D et al.: Hypertension and exposure to noise near airports – the HYENA study. Environmental health perspectives. 2008; 116: 329–33.