

# NORAH

Noise-related annoyance, cognition, and health

## Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld

### Erfassung der Verkehrsgeräuscheexposition

---

Endbericht, Band 2:

Dokumentation zur Berechnung der akustischen Daten in NORAH

## AUTOREN, PROJEKTBEARBEITUNG

Ulrich Möhler  
Manfred Liepert  
Maximilian Mühlbacher  
Alfred Beronius  
Martin Nunberger

Möhler + Partner Ingenieure AG, 80336 München

Gerd Braunstein  
Michael Gillé  
Jochen Schaal

SoundPLAN GmbH, 71522 Backnang

Rüdiger Bartel

Avia Consult, 15344 Strausberg

## HERAUSGEBER, AUFTRAGGEBER

Gemeinnützige Umwelthaus GmbH  
Rüsselsheimer Str. 100  
65451 Kelsterbach

## GESAMTKOORDINATION DER NORAH-STUDIE

Rainer Guski

Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Dirk Schreckenberg

Zeus GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie,  
Umwelt- und Sozialforschung, 58093 Hagen

## INTERNE QUALITÄTSSICHERUNG DIESES TEILPROJEKTS

Berthold Vogelsang	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover
Alois Heiß	Garching

## WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER EXTERNEN QUALITÄTSSICHERUNG

Mark Brink	ETH Zürich Schweiz
Erland Erdmann	Universität zu Köln
Kerstin Giering	Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld
Barbara Griefahn	Leibniz-Institut für Arbeitsforschung, TU Dortmund
Jürgen Hellbrück	Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt (ab Januar 2014)
Wolfgang Hoffmann	Universitätsmedizin Greifswald
Christian Maschke	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, Potsdam (bis Dezember 2013)
Lothar Ohse	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
Georg Thomann	Amt für Natur und Umwelt, CH-Graubünden (ab Januar 2013)
Irene van Kamp	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, NL-Bilthoven
Joachim Vogt	Technische Universität Darmstadt (ab April 2014)

Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen wissenschaftlichen Texte, Grafiken, Tabellen und sonstigen Inhalte sind urheberrechtlich geschtzt. Sie dürfen ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Urhebers oder des Herausgebers weder ganz, noch auszugsweise kopiert, verändert, vervielfältigt oder veröffentlicht werden. Eine - auch auszugsweise - Veröffentlichung oder Verwendung dieses Dokumentes ist auch mit Zustimmung von Urheber bzw. Herausgeber grundsätzlich nur unter Angabe der vollständigen Quelle zulässig.

Stand 30. September 2015

## ZUR STUDIE NORAH - VERKEHRSLÄRMWIRKUNGEN IM FLUGHAFENUMFELD – ERSCHIENENE BÄNDE

- Band 1 Kognitive Entwicklung und Lebensqualität von Kindern
- Band 2 Erfassung der Verkehrsgeräuschexpositionen
- Band 3 Belästigung und Lebensqualität
- Band 4 Fluglärm und nächtlicher Schlaf
- Band 5 Blutdruckmonitoring
- Band 6 Erkrankungsrisiken
- Band 7 Gesamtbetrachtung

## Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht wird die Ermittlung der Verkehrsgeräuschexposition für die 3 Module der NORAH Studie, Modul 1 „Belästigung und Lebensqualität“, Modul 2 „Gesundheit“ und Modul 3 „Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern“ beschrieben und dokumentiert. Ziel war es, für jeden einzelnen Untersuchungsteilnehmer die individuelle Lärmsituation in der jeweiligen Wohnsituation außerhalb und teilweise innerhalb der Wohnung getrennt für Luftverkehrs-, Straßenverkehrs- und Schienenverkehrsgeräusche quellenspezifisch möglichst realistisch zu erfassen. Der Untersuchungsraum umfasste für die Studienmodule 1 und 3 das Gebiet um den Flughafen Frankfurt/Main mit einem Dauerschallpegel  $\geq 40$  dB(A) sowie die entsprechenden Untersuchungsräume im Umfeld der Flughäfen Köln/Bonn, Stuttgart und Berlin/Schönefeld. Der Untersuchungsraum des Studienmoduls 2 erstreckte sich auf den gesamten Regierungsbezirk Darmstadt des Landes Hessen und Teile des Landes Rheinland - Pfalz. Im Studienmodul 1 war die akustische Belastung im Bereich des Flughafens Frankfurt für ca. 22.000 Adressen und im Bereich der Vergleichsflughäfen Köln/Bonn, Stuttgart und Berlin/Schönefeld für insgesamt ca. 22.200 Adressen zu ermitteln. Im Studienmodul 2 war für ca. 863.200 Gebäudeadressen die Lärmbelastung festzustellen, im Studienmodul 3 für ca. 1.300 Adressen. Der Immissionsort bei der Bestimmung der Lärmexposition durch Straße und Schiene lag vor der „lautesten“ Fassade der jeweiligen Adresse, bei Luftverkehrsgeräuschen am Gebäudeschwerpunkt. In den Studienmodulen 2 und 3 konnten aus den Befragungsdaten Informationen zur Ausrichtung der Schlaf- und Wohnräume zur jeweiligen Verkehrslärmquelle gewonnen werden; in diesen Fällen wurden die Schallpegel auf die so konkretisierte Fassade bezogen. Zusätzlich zu den o.a. Außenpegeln wurden für die Adressen der Fallkontrollstudie zu Erkrankungsrisiken im Studienmodul 2 die Innenpegel auf der Grundlage der erfragten Fensterstellgewohnheit abgeschätzt. Im Zusammenhang mit der Teilstudie „Blutdruckmonitoring“ des Studienmoduls 2 und mit dem Studienmodul 3 wurden vom Erhebungspersonal detaillierte Angaben zur akustischen Beschaffenheit der Außenbauteile erhoben. Auf der Grundlage dieser Daten wurden für diese ca. 1.400 Adressen zusätzlich Innenpegel berechnet. Die Kennzeichnung der Verkehrsgeräuschbelastung erfolgte sowohl über den Mittelungspegel für unterschiedliche Zeitbereiche als auch über den Maximalpegel. Als Bezugszeiten zur Bildung des Mittelungspegels wurden die - auch in der Gesetzgebung verwendeten - Zeiträume Tag, Abend, Nacht, 24h verwendet; zusätzlich wurden - je nach Aufgabenstellung - die Dauerschallpegel für weitere Zeitscheiben ermittelt. Die so ermittelte Verkehrsgeräuschbelastung sollte sich auf den Zeitraum beziehen, in denen die Befragungen stattfanden; dies waren in den Studienmodulen 1 und 3 die Jahre 2010 bis 2014; für das Studienmodul 2 war es erforderlich, zusätzlich die Verkehrsgeräuschbelastung bei den Probanden in den zurückliegenden Jahren bis zum Jahr 1996 abzubilden. Die Mittelungspegel und Maximalpegel der Luftverkehrsgeräusche wurden nach der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) ermittelt. Für den im Studienmodul 2 zu berücksichtigenden Umgriff war die Grundlage des Datenerfassungssystems (DES) nicht ausreichend; zudem standen die erforderlichen Daten nicht für alle Un-

tersuchungsjahre zur Verfügung. Durch die direkte Verwendung individueller Radardaten konnten die Anforderungen an den Umgriff des Untersuchungsgebietes und an die Dokumentation vergangener Jahre erfüllt werden, jedoch musste hierzu ein Verfahren entwickelt werden, das die Flugbahnen einzelner Flüge, die durch das Radar der Flugsicherung aufgezeichnet werden, einzeln verarbeiten kann. Für dieses Verfahren wurden Möglichkeiten der Berücksichtigung von Radardaten geprüft und Vergleichsrechnungen durchgeführt. Diese wurden mit Messungen verifiziert, indem die berechneten Mittelungspegel mit den an Monitoring-Stationen ermittelten Werten verglichen wurden. Das schließlich festgelegte Verfahren zeigte eine gute Übereinstimmung mit den Messungen. Die Eingangsdaten für die Fluglärmrechnungen wurden von der DFS für die o.a. benötigten Jahre zur Verfügung gestellt; die erforderlichen Daten für Straßenverkehr wurden aus Verkehrszählungen gewonnen, die Daten für den Schienenverkehr wurden aus Angaben des Eisenbahn-Bundesamtes und des Bahnumweltzentrums abgeleitet. Die Ermittlung der Pegelminderung auf dem Ausbreitungsweg zwischen Schallquelle und Immissionsort erfolgt auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells, das sowohl das Gelände als auch die Gebäudeumringe umfasste. Für die Festlegung von Schallschutzwänden und Wällen an Straßen- und Schienenwegen wurden zusätzliche Informationsquellen genutzt. Die Mittelungspegel der Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche wurden auf der Grundlage der für die EU-Lärmkartierung verwendeten Berechnungsverfahren (VBUS, VBUSCH) ermittelt. Da für den Maximalpegel für Straßenverkehrs- und Schienenverkehrsgeräusche keine standardisierten Berechnungsverfahren vorliegen, wurden hierfür Methoden zur Abschätzung der Maximalpegel abgeleitet. Die errechneten Daten wurden in Datenbanken abgelegt; vor Übergabe der Daten an die Studienmodule wurden die Berechnungsergebnisse einer Plausibilitätskontrolle unterzogen und ggfs. Korrekturen vorgenommen. Unsicherheiten oder auch Zufallsfehler sind generell in akustischen Kenngrößen enthalten, unabhängig davon, ob es sich um berechnete oder um gemessene Pegelkenngößen handelt. Die messbedingte Unsicherheit ergibt sich bereits aufgrund der Unsicherheit der Messgeräte; sie wird aber noch durch die umgebenden Messbedingungen, d. h. (in der Regel stochastische) Schwankung der Emission, der Wetterbedingungen und der Fremdgeräusche erhöht. Berechnungen gehen dagegen von akustischen Modellen aus, welche die Situation annähern. In beiden Fällen ist bei der Ermittlung der akustischen Belastung immer eine Unsicherheit enthalten, auch wenn dies nicht immer explizit erwähnt wird. Da diese Unsicherheit die Beziehung zwischen Exposition und Wirkung beeinflussen kann, wurde diese Unsicherheit im Rahmen der NORAH Studie bewusst quantifiziert, um deren Auswirkungen auf die Studienergebnisse darstellen zu können und somit zu einer höheren Transparenz beizutragen. Zu diesem Zweck wurde eine detaillierte schrittweise Fehlerbetrachtung getrennt für die betrachteten Verkehrsgeräuscharten und die wesentlichen Einflussfaktoren der Schallemission und der Schallausbreitung ermittelt. Zusammenfassend zeigte sich, dass die kombinierte Standardunsicherheit zwischen 3 und 5 dB liegt. Der Einfluss der Berechnungsunsicherheit auf die Ergebnisse der Exposition-Wirkungsbeziehung wurde am Beispiel des Studienmoduls 3 überprüft. Dabei zeigte sich, dass sich durch den Einbezug der Unsicherheit der Verkehrsgeräuschexposition in die interdisziplinären Auswertungen zwar die Gesamtunsicherheit erhöht, der Verlauf der Expositions-Wirkungsbeziehung jedoch nur unerheblich beeinflusst wird.