



# NORAH

Noise-related annoyance, cognition, and health

## Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld

---

Band 7:

Gesamtbetrachtung des Forschungsprojekts NORAH

## AUTOREN, PROJEKTBEARBEITUNG

Rainer Guski

Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Dirk Schreckenber

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

## HERAUSGEBER, AUFTRAGGEBER

Gemeinnützige Umwelthaus GmbH  
Rüsselsheimer Str. 100  
65451 Kelsterbach

## GESAMTKOORDINATION DER NORAH-STUDIE

Rainer Guski

Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Dirk Schreckenber

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

Sämtliche in diesem Dokument enthaltenen wissenschaftlichen Texte, Grafiken, Tabellen und sonstigen Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. 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.

07. Oktober 2015

## INTERNE QUALITÄTSSICHERUNG

Ali Erdogan	Justus-Liebig-Universität, Gießen
Caroline Herr	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, München
August Schick	Universität Oldenburg
Rudolf Schuemer	Fernuniversität Hagen
Enno Swart	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Berthold Vogelsang	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover
Hajo Zeeb	Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie - BIPS GmbH

## WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT - EXTERNE QUALITÄTSSICHERUNG

Mark Brink	ETH Zürich
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
Wolfgang Hoffmann	Universitätsmedizin Greifswald
Christian Maschke	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, Potsdam
Lothar Ohse	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
Georg Thomann	Amt für Natur und Umwelt, CH-Graubünden
Irene van Kamp	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, NL-Bilthoven
Joachim Vogt	Technische Universität Darmstadt

## 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

# Inhalt

Inhalt .....	5
Zusammenfassung .....	7
Summary .....	10
1 Einführung .....	13
1.1 Die vielfältige Gesundheits-Landschaft: von Wohlbefinden bis Herzinfarkt ....	13
1.2 Das NORAH-Forschungsverbundprojekt .....	15
2 Ziele des Forschungsverbundprojekts .....	18
2.1 Übergeordnete Ziele .....	18
2.2 Ziele des Moduls 1, „Belästigung und Lebensqualität“ .....	19
2.3 Ziele des Moduls 2, „Gesundheit“ .....	19
2.3.1 Ziele der Teilstudie „Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung zu Erkrankungsrisiken“ .....	20
2.3.2 Ziele der Teilstudie „Blutdruckmonitoring“ .....	20
2.3.3 Ziele der Schlafstudie .....	20
2.4 Ziele des Moduls 3, „Kognitive Entwicklung und Lebensqualität von Kindern“ .....	21
2.5 Ziele der modulübergreifenden „Erfassung der Verkehrsgerauschempositionen“ .....	22
3 Arbeitsgruppen.....	24
4 Methodik .....	25
4.1 Wissenschaftliche Ergebnisse hängen von der Art der Fragestellung und der Untersuchungsmethodik ab .....	25
4.2 Fragestellungen der Teilstudien .....	26
4.2.1 Fragestellungen des Moduls „Belästigung und Lebensqualität“ .....	26
4.2.2 Fragestellungen der sekundärdatenbasierten Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung .....	27
4.2.3 Fragestellungen des Blutdruckmonitorings .....	28
4.2.4 Fragestellungen der Schlafstudie .....	28
4.2.5 Fragestellungen der Kinderstudie .....	29
4.3 Analyse-Ansätze und Stichprobenziehung in den Teilstudien .....	29
4.3.1 Untersuchung in Wohngebieten im Flughafenumfeld .....	29
4.3.2 Studienregion, räumlicher Bezug .....	29
4.3.3 Gewinnung von Teilnehmenden, Stichprobenziehung in den Teilstudien .....	37

4.4	Untersuchungsmethoden in den Teilstudien .....	46
4.4.1	Modul 1: „Belästigung und Lebensqualität“ .....	46
4.4.2	Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie .....	46
4.4.3	Blutdruckmonitoring .....	47
4.4.4	Schlafstudie .....	48
4.4.5	Kinderstudie.....	49
5	Zentrale Ergebnisse .....	50
5.1	Belästigung und Lebensqualität.....	51
5.1.1	Die wichtigsten Ergebnisse zur Belästigung und Lebensqualität.....	51
5.1.2	Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse der Untersuchungen zu Belästigung und Lebensqualität .....	61
5.2	Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung.....	63
5.2.1	Die wichtigsten Ergebnisse zu den einzelnen Erkrankungen .....	64
5.2.2	Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse der NORAH-Fallkontrollstudie.....	72
5.3	Blutdruckmonitoring.....	74
5.4	Schlafstudie.....	76
5.5	Kognitive Entwicklung und Lebensqualität von Kindern.....	78
6	Generalisierbarkeit der Aussagen .....	81
6.1	Für wen gelten die NORAH-Aussagen? .....	81
6.2	Welchen Einfluss haben Response-Raten auf die NORAH-Ergebnisse?.....	82
6.3	Welchen Einfluss haben Teilnahme-Verweigerungen auf die NORAH-Ergebnisse?.....	83
7	Stärken des NORAH-Forschungsverbundprojekts.....	85
7.1	Generelle Stärken: .....	85
7.2	Stärken der Studie „Belästigung und Lebensqualität“ .....	86
7.3	Stärken der sekundärdatenbasierten Fallkontrollstudie .....	87
7.4	Stärken des Blutdruckmonitorings.....	88
7.5	Stärken der Schlafstudie .....	88
7.6	Stärken der Kinderstudie .....	89
8	Herausforderungen für das NORAH-Forschungsverbundprojekt.....	90
9	Fazit .....	91
	Literatur .....	95

## Zusammenfassung

**Ziele:** Das Forschungsverbundprojekt NORAH (Noise Related Annoyance, Cognition and Health) hatte das Ziel, eine breite und wissenschaftlich abgesicherte Beschreibung der Auswirkungen der Geräusche vom Luft-, Schienen- und Straßenverkehr auf die Gesundheit und Lebensqualität der betroffenen Wohnbevölkerung zu erhalten. Folgende Inhaltsbereiche wurden betrachtet: Belästigung und Lebensqualität (Modul 1), Gesundheit (Modul 2, mit Blutdruckregulation, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Brustkrebs, unipolaren depressiven Episoden und Schlafstörungen) sowie kognitive Entwicklung von Kindern (Modul 3). Soweit möglich, wurden auch die Folgen der Änderungen untersucht, die mit der Inbetriebnahme einer neuen Landebahn am Flughafen Frankfurt sowie der Einführung einer „Kernruhezeit“ zwischen 23 und 05 Uhr und die Verlegung von Flugrouten verbunden waren.

**Untersuchungsmethoden:** Je nach Fragestellung wurden unterschiedliche Untersuchungsmethoden verwendet: Im Fall der Lärmbelästigung und Lebensqualität wurden ausschließlich Befragungen durchgeführt. Es handelte sich um eine Panelstudie mit drei Befragungswellen 2011-2013 im Bereich des Flughafens Frankfurt, Querschnittsuntersuchungen an den Flughäfen Köln/Bonn, Berlin-Schönefeld und Stuttgart, Querschnittsuntersuchungen zum Vergleich der Auswirkungen von Straßen-, Schienen- und Luftverkehrsgeräuschen sowie zur Kombination von Luft- und Straßenverkehrs- bzw. Luft- und Schienenverkehrsgeräuschen.

Im Fall der Risiken für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Brustkrebs und depressive Episoden wurde eine sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung im Regierungsbezirk Darmstadt, den Städten Mainz und Worms sowie den Landkreisen Mainz-Bingen und Alzey-Worms durchgeführt.

Zur Frage der langfristigen Auswirkungen von Verkehrsgeräuschen auf die Blutdruckregulation wurden drei Wochen lang Blutdruckwerte in zwei Untersuchungswellen (2012 und 2013) im Bereich des Flughafens Frankfurt erhoben („Blutdruck-Monitoring“).

Zur Untersuchung der kurzfristigen Auswirkungen nächtlicher Luftverkehrsgeräusche auf den Schlaf von Anwohnerinnen und Anwohnern wurden Schlafuntersuchungen in den Wohnungen Betroffener in den Jahren 2011-2013 durchgeführt.

Die Auswirkungen chronischer Belastung (Exposition) durch Luftverkehrsgeräusche auf die kognitive Entwicklung und Lebensqualität von Schulkindern wurden im Bereich des Flughafens Frankfurt mittels kognitiver Leistungstests sowie durch Befragungen der Kinder, Eltern und Lehrkräfte untersucht.

Für alle Untersuchungsteilnehmerinnen und -teilnehmer (außer denen der Schlaf-Untersuchungen, die eigene Messungen benutzten) standen adressgenau berechnete Dauerschallpegel unterschiedlicher Bezugszeiten für Luft-, Schienen- und Straßenverkehrsgeräusche zur Verfügung (teilweise auch Maximalpegel und Häufigkeiten von lauten Schallereignissen), die in die Auswertungen einbezogen wurden.

### Wichtigste Ergebnisse:

1. An allen Flughäfen fiel der Prozentsatz stark durch Luftverkehrsgeräusche belästigter Personen bei vergleichbaren Dauerschallpegeln höher aus als nach den sog. „EU-Standardkurven“ (Miedema & Oudshoorn, 2001) zu erwarten war. Im Bereich des Flughafens Frankfurt zeigten sich schon 2011 (vor Inbetriebnahme der NW-Landebahn) höhere Belästigungswerte als bei einer vergleichbaren Untersuchung im Jahr

2005 (Schreckenbergs & Meis, 2006); diese Werte stiegen 2012 noch einmal an und gingen 2013 leicht zurück. In den Querschnittstudien zeigte sich, dass Luftverkehrsgeräusche bei vergleichbaren Pegeln mit höherer Belästigung verbunden sind als Geräusche des Straßen- und Schienenverkehrs - die beiden Letztgenannten unterscheiden sich aber hinsichtlich der Belästigung kaum. Bei den Querschnittsstudien zur Kombinationsbelastung durch Luft- plus Straßen- bzw. Luft- plus Schienengeräusche zeigte sich, dass die Gesamtbelästigung primär der quellenspezifischen Belästigung durch Luftverkehrsgeräusche folgt.

2. Die statistisch größten mit Verkehrsgeräuschen verbundenen Erkrankungsrisiken zeigten sich in Bezug auf die 10-dB-Pegelzunahme v.a. hinsichtlich einer unipolaren depressiven Episode - und zwar statistisch signifikant für alle drei Verkehrsarten. Hinsichtlich der Herz-Kreislauf-Erkrankungen waren die Effekte der Schienen- und Straßenverkehrsgeräusche auf Herzinsuffizienz, Herzinfarkt und Schlaganfall deutlicher als die der Luftverkehrsgeräusche. Bei Straßenverkehrsgeräuschen zeigten sich die höchsten statistisch signifikanten Risiko-Anstiege pro 10 dB Pegelzunahme bei depressiven Episoden (4,1%), Herzinfarkt (2,8%), Herzinsuffizienz (2,4%) und Schlaganfall (1,7%). Bei Schienenverkehrsgeräuschen betrug die entsprechenden höchsten statistisch signifikanten Risiko-Anstiege für depressive Episoden 3,9%, Herzinsuffizienz 3,1% und Schlaganfall 1,8%. Bei Luftverkehrsgeräuschen waren die entsprechenden höchsten statistisch signifikanten Risiko-Anstiege bei depressiven Episoden (8,9%) und Herzinsuffizienz (1,6%) zu finden. Bei Verwendung der (nur grob abschätzbaren) Innenraumpegel konnte teilweise ein statistisch signifikanter Anstieg der Krankheitsrisiken im Vergleich zu den Außenpegeln beobachtet werden. Hinsichtlich des Brustkrebsrisikos konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang nur mit dem Luftverkehrsgeräuschpegel der Nacht zwischen 23 und 5 Uhr festgestellt werden.
3. Personen mit einem vergleichsweise geringen Luftverkehrs-Dauerschallpegel von <40 dB, bei denen vor Einführung der Kernruhezeit am Flughafen Frankfurt nächtliche Maximalpegel von >50 dB auftraten, wiesen in zahlreichen Analysen - beim Schlaganfall und bei der Herzinsuffizienz statistisch signifikant - erhöhte Risikoschätzer auf. Solche Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Berücksichtigung der nächtlichen Maximalpegel für die Abschätzung der Erkrankungsrisiken bei Luftverkehrsgeräuschen bevölkerungsbezogen relevant erscheint, aber einer weiteren Absicherung bedarf.
4. Die mittleren systolischen und diastolischen Blutdruckwerte waren im Fall des Luftverkehrs mit zunehmendem Pegel (statistisch nicht signifikant) leicht erhöht; beim Schienenverkehr zeigte sich ein schwacher (statistisch nicht signifikanter) Effekt auf den systolischen Blutdruck. Auch konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Verkehrsgeräuschpegeln einerseits und Herzfrequenz, Blutdruckamplitude, Hypertonie und 10-Jahres-Herzinfarkttrisiko (PROCAM-Score) andererseits festgestellt werden.
5. Die Ergebnisse der Schlafstudie zeigen, dass sich mit der Einführung der Kernruhezeit und der damit einhergehenden Verringerung an Überflügen im betrachteten Nachtzeitraum die fluglärmassoziierte Aufwachhäufigkeit pro Nacht der Personen in der Bettzeitgruppe 1 (22-22:30 Uhr bis 6-6:30 Uhr) im Mittel von 2011 auf 2012 von 2,0 auf 0,8 vermindert hat und somit das Hauptziel der Einführung der Kernruhezeit erreicht wurde. Mit zunehmender Anzahl an Fluggeräuschen traten auch mehr fluglärmassoziierte Aufwachreaktionen auf, die zu einer Fragmentierung des Schlafs (verminderte Kontinuität) führen, ohne dass dabei die Gesamtschlafdauer verkürzt

wird. Die Bettzeitgruppe 2 (23-23:30 Uhr bis 7-7:30 Uhr) hatte im Jahr 2012 eine mittlere fluglärmassoziierte Aufwachhäufigkeit von 1,9. Der Unterschied gegenüber der Bettzeitgruppe 1 ist in der um eine Stunde längeren Fluglärmexposition in dieser Gruppe in den Morgenstunden bedingt. Bei einem Hintergrundpegel von 28,8 dB(A) erhöhte sich in beiden Jahren pro 10 dB(A)-Anstieg des Maximalpegels eines Überflugeräusches die Odds aufzuwachen um 23 %. Gesamtschlafdauer, Einschlaf latenz, Schlafeffizienz, Wachdauer nach dem Einschlafen und prozentualer Wachanteil ab 4:30 Uhr unterschieden sich in beiden Jahren statistisch nicht signifikant.

6. Personen, die den Flugverkehr eher positiv bewerteten, zeigten weniger objektiv gemessene Schlafstörungen. Die Kausalität des Zusammenhangs, ob also der gestörtere Schlaf eine negative Einstellung nach sich zieht oder umgekehrt, kann nicht aufgeklärt werden. Die subjektiven Schläfrigkeits- und Müdigkeitsbewertungen lagen in allen drei Untersuchungsjahren auf einem mittleren Niveau. Die subjektive Gewöhnung an Fluglärm, das subjektive Lautstärkeempfinden in der Wohngegend, das Alter und der Chronotyp der Probanden beeinflussten die Schläfrigkeits- und Müdigkeitsbewertungen statistisch signifikant. Das subjektive Erleben guten Schlafs verschlechterte sich trotz Einführung der Kernruhezeit statistisch signifikant vom Jahr 2011 bis zum Jahr 2013 um 5 % bzw. 11 %, unabhängig von der Fluglärmbelastung. Dieser Effekt muss daher auf nicht erhobene Faktoren zurückgeführt werden. Dieses Ergebnis gilt auch für die Probanden, die in allen drei Jahren teilnahmen.
7. In der Kinderstudie zeigte sich eine statistisch signifikante Verringerung der Leseleistung durch Luftverkehrsgeräusche: Bei 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels wurde eine Verzögerung der Leseentwicklung um etwa einen Monat beobachtet. Die Lehrkräfte aus den vergleichsweise stark exponierten Schulen berichteten übereinstimmend über erhebliche Beeinträchtigungen des Unterrichts durch die Luftverkehrsgeräusche. Weiterhin zeigten sich statistisch signifikante Zusammenhänge geringer Effektstärken zwischen höheren Dauerschallpegeln und weniger positiven Beurteilungen des körperlichen und psychischen Wohlbefindens und der Schuleinstellungen der Kinder.

Modulübergreifend erscheinen zwei parallele Ergebnisse bemerkenswert:

1. der Umstand, dass ärztlich diagnostizierte unipolare depressive Episoden den stärksten linearen Anstieg bei Zunahme des Luftverkehrsgeräusch-Dauerschallpegels hatten und auch die Selbsteinschätzungen der psychischen Lebensqualität (Mental Component Summary (MCS), inclusive depressiver Tendenzen) in derjenigen Panel-Gruppe am geringsten war, die einen Anstieg der Luftverkehrsgeräusch-Belastung im Jahr 2011 erwarteten oder (2012 und 2013) erlebten, und
2. die Tatsache, dass sowohl die physiologischen Schlafuntersuchungen als auch die Befragungen im Modul „Belästigung und Lebensqualität“ nach Einführung der „Kernruhezeit“ (23-05 Uhr) eine Verbesserung des (Durch-)Schlafens während dieser Zeit verzeichneten, obwohl der nächtliche Mittelungspegel  $L_{pAeq,22-06h}$  zwischen 2011 und 2012 in der Panelstichprobe des Moduls „Belästigung und Lebensqualität“ nur um 0,6 dB sank. Gleichzeitig zeigten aber beide Untersuchungen einen Anstieg der negativen Bewertungen der Betroffenen hinsichtlich der Morgenzeit (z.B. Ausschlafstörungen bzw. Müdigkeit und Schläfrigkeit).