

Wirkungen von Fluglärm auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern im Umfeld des Flughafens Frankfurt/Main

Ergebnisse aus der NORAH-Kinderstudie

Maria Klatte, Jan Spilski^a, Jochen Mayerl^b, Ulrich Möhler^c,
Thomas Lachmann^a & Kirstin Bergström^a

^a Kognitions- und Entwicklungspsychologie , TU Kaiserslautern

^b Empirische Sozialwissenschaften, TU Kaiserslautern

^c Möhler + Partner Ingenieure AG , München

- Forschungshintergrund
- Methodisches Vorgehen
- Ergebnisse
 - Leseleistungen
 - Gesundheitsbezogene Lebensqualität
 - Auswirkungen des Fluglärms auf den Unterricht

Frühere Studien zur Wirkung von Fluglärm auf Kinder zeigten...

- schlechtere Leseleistungen bei stark fluglärmexponierten Kindern
Haines et al., 2001; Hygge et al. 2002, Stansfeld et al., 2005, Stansfeld et al, 2009
- widersprüchliche Befunde bezüglich anderer kognitiver Leistungen
(Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, Textgedächtnis)
Haines et al., 2001; Hygge et al. 2002, Stansfeld et al., 2005, Stansfeld et al, 2009
- geringere gesundheitsbezogene Lebensqualität
Bullinger et al., 1998
- Kleine Effektstärken ($< 1/5$ SD)
- Höhere Fluglärmbelastung geht mit niedrigerem Sozialstatus
in der Wohnbevölkerung einher → Konfundierung!

- *Untersuchungsgruppe:* 2.844 Kinder aus unterschiedlich fluglärmbelasteten Schulen im Umfeld der Flughäfen London, Amsterdam, Madrid.
- *Wichtigstes Ergebnis:* Je höher die Fluglärmbelastung, desto schlechter die Leseleistungen der Kinder.

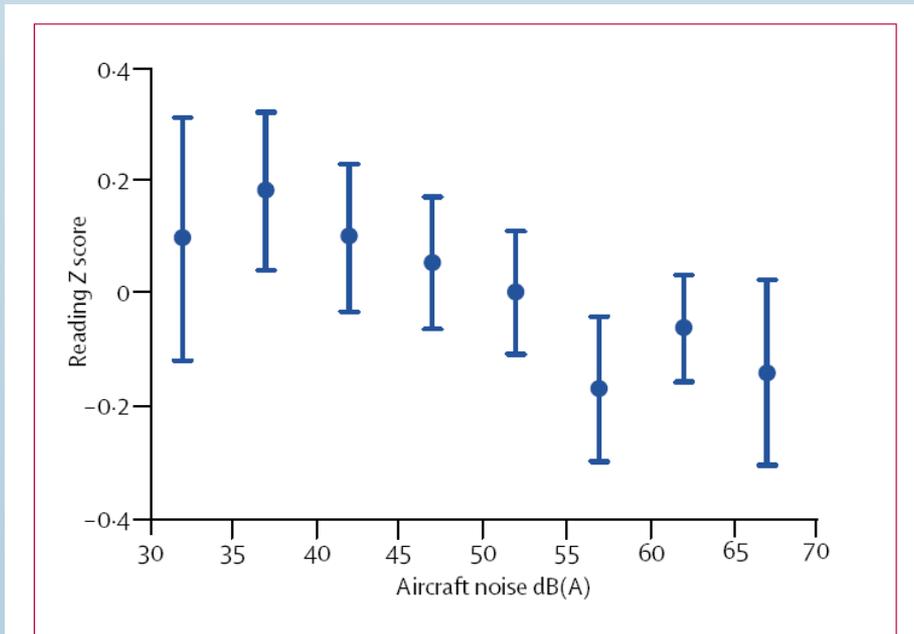


Figure 1: Adjusted mean reading Z score (95% CI) for 5 dB bands of aircraft noise (adjusted for age, sex, and country)

Lineare Expositions-Wirkungs-Kurve

Bei Zunahme des Fluglärms um 20 dB verschlechtert sich die Leseleistung um 1/5 bis 1/8 einer Standardabweichung

→ statistisch signifikanter Effekt

→ geringe Effektstärke

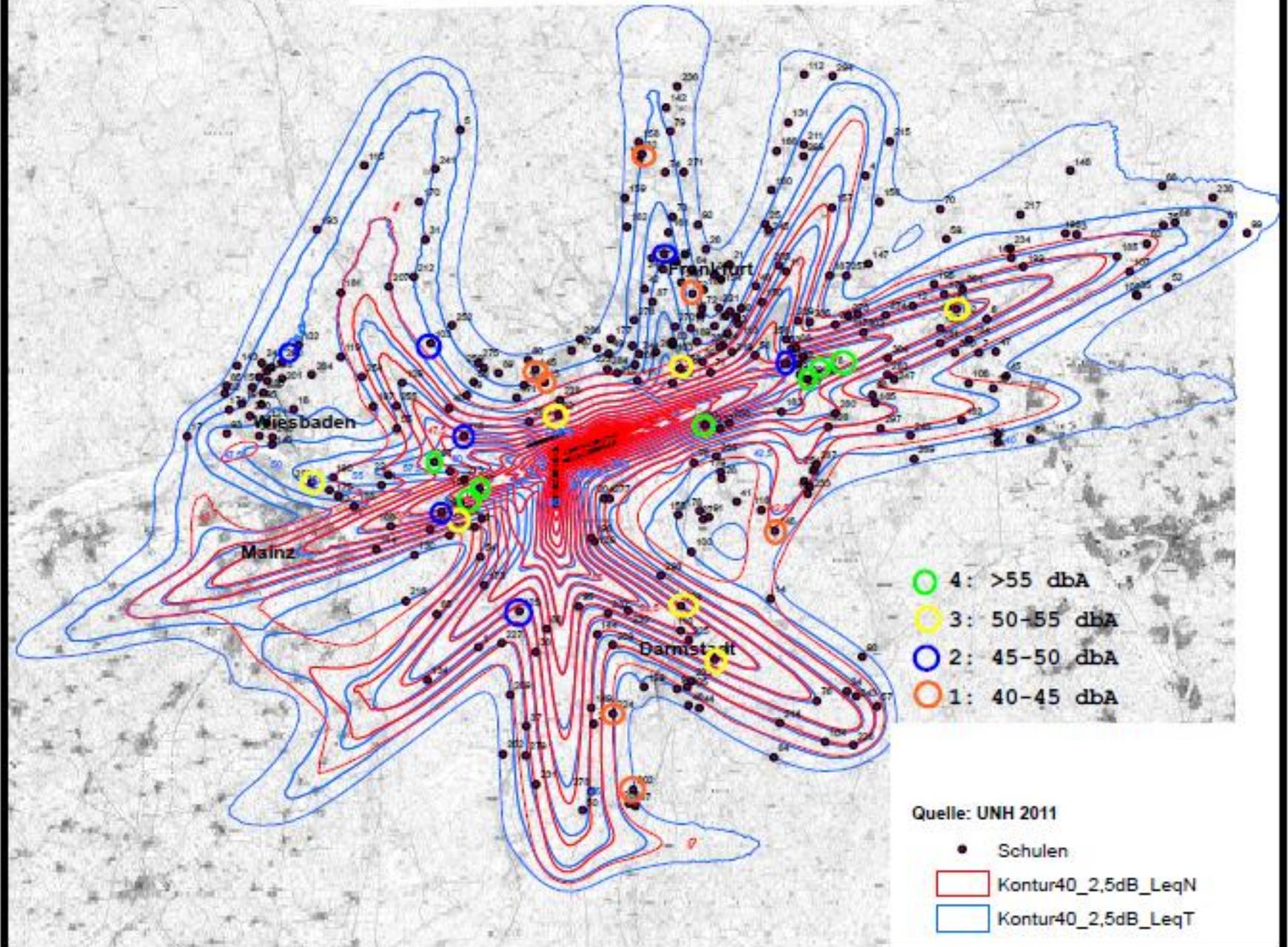
Ergebnisse der RANCH-Studie können nicht einfach auf das Rhein-Main-Gebiet übertragen werden

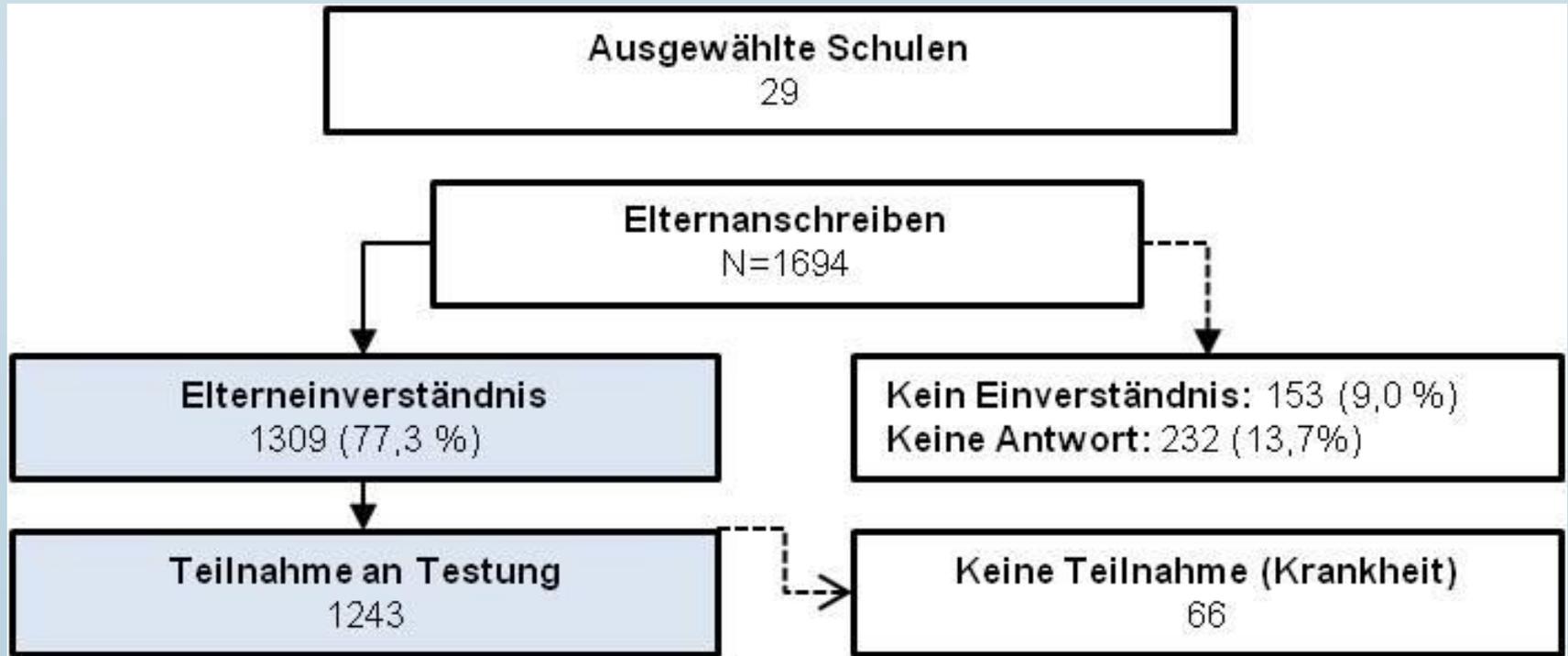
- Kinder in RANCH waren stärkerer Fluglärmbelastung ausgesetzt
 - Fluglärmpegel an Schulstandorten RANCH: **bis 77 dB(A)**
 - Fluglärmpegel an Schulstandorten NORAH: **bis 59 dB(A)**
- Individuelle und schulklassenbezogene Einflussfaktoren sollten noch genauer kontrolliert werden.
- Besonderheiten des Lesenlernens im Deutschen sollten berücksichtigt werden.

- Schriftliche Befragung aller 297 Grundschulen im Untersuchungsgebiet
- Auswertbarer Rücklauf von 160 Schulen
- Auswahl von 29 Grundschulen für die Teilnahme an der Studie
 - Unterschiedlich starke Fluglärmbelastung
Die am stärksten belasteten Schulen wurden als erste aufgenommen

- Schriftliche Befragung aller 297 Grundschulen im Untersuchungsgebiet
- Auswertbarer Rücklauf von 160 Schulen
- Auswahl von 29 Grundschulen für die Teilnahme an der Studie
 - Unterschiedlich starke Fluglärmbelastung
Die am stärksten belasteten Schulen wurden als erste aufgenommen
 - Auswahl weiterer Schulen anhand einer Rangreihe von Kriterien.
Ziel: Vergleichbarkeit hinsichtlich anderer Einflussfaktoren auf Leistungen und Lebensqualität
 - Sozialstruktur im Einzugsgebiet
 - Migrationshintergrund und Deutschkenntnisse der Kinder
 - Keine sehr starke Belastung durch andere Lärmquellen
 - Möglichst breite Verteilung im Untersuchungsgebiet

Schulen Lärmwirkungsstudie





- 85 zweite Klassen aus 29 Schulen
- Fluglärmpegel an den Schulen: 39 bis 59 dB [$L_{A,eq, 08-14}$]
- 1.243 Kinder, mittleres Alter: 8 Jahre, 4 Monate
- 60 % Migrationshintergrund

Untersuchungsbereiche und Methoden

<p>Kognitive Leistungen der Kinder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lesefähigkeit • Kurz- und Langzeitgedächtnis für sprachliche Informationen • Sprachwahrnehmung • Lautverarbeitung • nichtsprachliche Fähigkeiten 	<p>Standardisierte Gruppentests in den Klassen</p>
<p>Lebensqualität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wohlbefinden der Kinder in der Schule und zu Hause • Lärmbelastung in der Schule und zu Hause <p>familiärer Kontext</p> <ul style="list-style-type: none"> • sozioökonomischer Status • Migrationshintergrund, Sprachkenntnisse 	<p>Kinder-Befragung, Elternfragebogen, Lehrerfragebogen</p> <p>Elternfragebogen, Lehrerbeurteilung</p>
<p>Daten zur Akustik</p>	
<p>Flug-, Schienen- und Straßenlärmbelastung an Schule und Wohnort</p>	<p>Berechnete Daten aus dem NORAH- Akustikteam</p>
<p>Bau- und Raumakustik der Klassenräume</p>	<p>Schätzverfahren zur Bestimmung von Nachhallzeit und Schalldämmung</p>

Akustische Daten

- Berechnete **Fluglärmpegel** ($L_{A,eq}$) an Schulen und Wohnadressen auf Grundlage der Radaraufzeichnungen der Deutschen Flugsicherung GmbH (DSF):
 - Schulstandorte: Zeitscheibe 08:00 bis 14:00 Uhr (Mo – Fr)
 - Wohnadressen: Zeitscheiben 06 – 18 Uhr (Tag), 20 – 06 Uhr (Nacht)
- Berechnete Straßen- und Schienenlärmpegel an Schulen und Wohnadressen

Akustische Daten

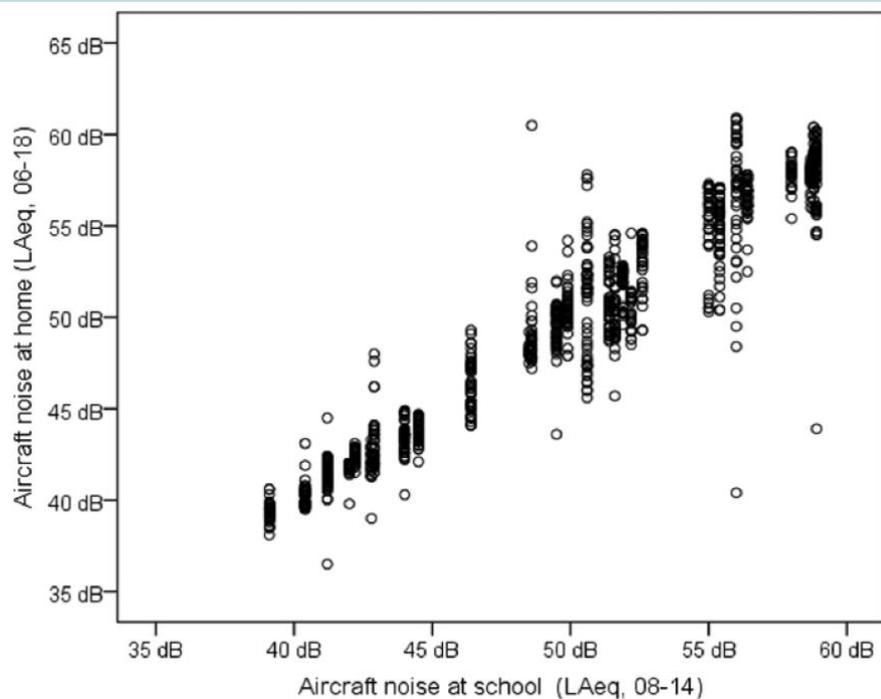
- Berechnete **Fluglärmpegel** ($L_{A,eq}$) an Schulen und Wohnadressen auf Grundlage der Radaraufzeichnungen der Deutschen Flugsicherung GmbH (DSF):
 - Schulstandorte: Zeitscheibe 08:00 bis 14:00 Uhr (Mo – Fr)
 - Wohnadressen: Zeitscheiben 06 – 18 Uhr (Tag), 20 – 06 Uhr (Nacht)
- Berechnete Straßen- und Schienenlärmpegel an Schulen und Wohnadressen
- Bezugszeitraum: 12 Monate vor der Datenerhebung in den Schulen
- Bereitstellung der Daten durch Akustik-Team des NORAH Konsortiums Möhler + Partner Ingenieure (2014)
- Bau- und Raumakustik:
 - Schätzverfahren zur Schalldämmung der Klassenräume
 - Schätzverfahren zu Nachhallzeiten



- 3 bis 4 Unterrichtsstunden pro Klasse
- Durchführung der Sprachtests mittels Funkkopfhöreranlage
- Kinderkopfhörer mit Außengeräuschkämpfung
→ Ausschluss von Einflüssen von Sitzposition, Nachhallzeit, Störgeräuschen.

Table I. Aircraft Noise Exposure at School and at Home.

	<i>M (SD)</i>	<i>Mdn</i>	Range
Exposure at school: $L_{Aeq,08-14}$ (dB)	49.52 (6.12)	50.60	39.10-58.90
Daytime exposure at home: $L_{Aeq,06-18}$ (dB)	49.39 (6.17)	50.00	40.00-60.90
Nighttime exposure at home: $L_{Aeq,20-06}$ (dB)	44.79 (5.99)	45.58	34.1-56.60



Hohe Korrelationen zwischen

- Fluglärmpegeln an Wohnort und Schule
 $r = .96$
 - Fluglärmpegeln am Tage und in der Nacht
 $r = .95$
- Studie erlaubt keine Schlussfolgerungen über differentielle Wirkungen.

I Leseleistungen

Standardisierter Schulleistungstest für Grundschul Kinder

3 Untertests:

- Wortlesen
- Satzlesen
- Textlesen

• **GESAMTTEST**

Leistungsmaß: T-Werte

Mittelwert 50, Standardabweichung 10

T-Werte zwischen 40 und 60: durchschnittliche Leistung

Leseleistung GESAMTTEST

N=1090 ICC=0,081	Unadjustiertes Modell		Teiladjustiertes Modell		Endmodell (volladjustiert)	
	b (SE)	p	b (SE)	p	b (SE)	p
	46,92 (0,384)		45,97 (0,543)		45,94 (0,534)	
	-0,081 (0,064)	0,103	-0,103 (0,049)	0,018	-0,097 (0,050)	0,027
			-0,101 (0,041)	0,013	-0,100 (0,041)	0,014
			0,085 (0,467)	0,855	0,082 (0,467)	0,860
				0,022	0,120 (0,053)	0,024
					1,649 (0,617)	0,008
					0,337 (0,337)	<0,001
						0,001
Deutsche Anzahl Kinderbucher Nichtsprachliche Fähigkeiten Auditives Gedächtnis Bildertest Phonologische Bewusstheit						
Level 2						
Klasse: mittlerer SWI			-0,165 (0,210)	0,437		
Klasse: Anteil MMM			-2,349 (2,205)	0,287	-1,800 (2,205)	0,417
Klassengröße			0,123 (0,108)	0,255	0,078 (0,110)	0,320
Elterliches Engagement			0,219 (0,680)	0,747	0,069 (0,687)	0,920
Schalldämmung					0,009 (0,038)	0,809
Straßenverkehrslärm					-0,270 (0,149)	0,070
Schienenverkehrslärm					0,320 (0,342)	0,349
R^2						
Level 1 (Within Level)			0,441		0,441	
Level 2 (Between Level)	0,036		0,120		0,208	

Statistische Auswertung durch Mehrebenenanalysen,
um hierarchische Datenstruktur zu berücksichtigen.
Level 2: Schulklassenebene (z.B. Klassengröße, Schalldämmung)
Level 1: individuelle Ebene (Kinder)

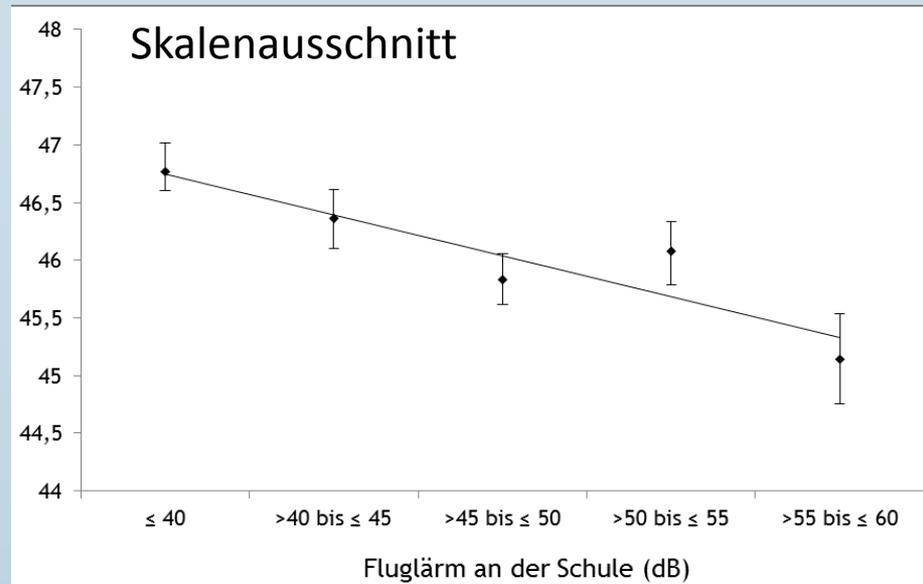
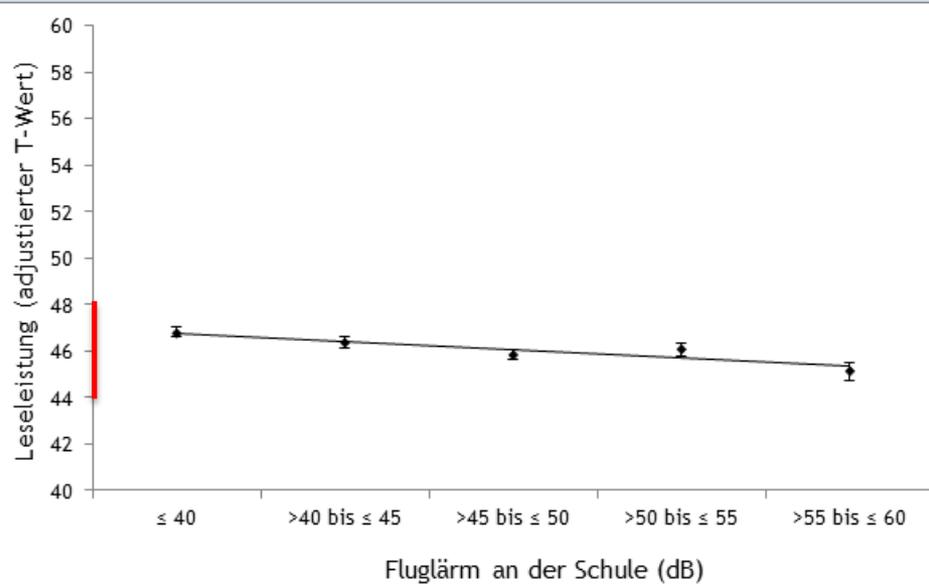
Ergebnisse Gesamtgruppe

Leseleistung GESAMTTEST

N=1090 ICC=0,081	Unadjustiertes Modell		Teiladjustiertes Modell		Endmodell (volladjustiert)	
	b (SE)	p	b (SE)	p	b (SE)	p
Intercept	46,92 (0,384)		45,97 (0,543)		45,94 (0,534)	
Fluglärm (Schule) - Level 2	-0,081 (0,064)	0,103	-0,103 (0,049)	0,018	-0,097 (0,050)	0,027
Level 1						
Alter			-0,101 (0,041)	0,013	-0,100 (0,041)	0,014
Geschlecht (0=m, 1=w)			0,085 (0,467)	0,855	0,082 (0,467)	0,860
SWI (Haushalt)			0,121 (0,053)	0,022	0,120 (0,053)	0,024
Migrationshintergrund			1,164 (0,614)	0,009	1,649 (0,617)	0,008
Deutschrating			1,686 (0,337)	<0,001	1,723 (0,337)	<0,001
Anzahl Kinderbücher			0,663 (0,206)	0,001	0,673 (0,205)	0,001
Nichtsprachliche Fähigkeiten			0,583 (0,218)	0,007	0,581 (0,218)	0,008
Auditives Gedächtnis			1,094 (0,191)	<0,001	1,087 (0,191)	<0,001
Bildertest			3,116 (0,280)	<0,001	3,111 (0,278)	<0,001
Phonologische Bewusstheit			2,018 (0,241)	<0,001	2,002 (0,239)	<0,001
Level 2						
Klasse: mittlerer SWI			-0,165 (0,210)	0,431	-0,188 (0,212)	0,376
Klasse: Anteil MMM			-2,349 (2,205)	0,287	-1,805 (2,136)	0,398
Klassengröße			0,123 (0,108)	0,255	0,078 (0,110)	0,476
Elterliches Engagement			0,219 (0,680)	0,747	0,069 (0,687)	0,920
Schalldämmung					0,009 (0,038)	0,809
Straßenverkehrslärm					-0,270 (0,149)	0,070
Schienenverkehrslärm					0,320 (0,342)	0,349
R^2						
Level 1 (Within Level)			0,441		0,441	
Level 2 (Between Level)	0,036		0,120		0,208	

Statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Fluglärm und verringerten Leseleistungen.

Expositions-Wirkungskurve GESAMTTEST



Linearer Zusammenhang zwischen Fluglärm und Leseleistung

- Bei Zunahme des Dauerschallpegels um 10 dB verringert sich die Leseleistung um 1/10 SD (1 T-Wertpunkt). Dies entspricht einer Verzögerung um etwa einen Monat in der Leseentwicklung.
- Replikation des RANCH-Ergebnisses.
- Zwischen den am geringsten und den am höchsten belasteten Kindern im Untersuchungsgebiet ist mit einem Unterschied von etwa 2 Monaten in der Leseentwicklung zu rechnen.

Vorläuferfertigkeiten

- Bezüglich der sprachlichen Vorläuferfertigkeiten waren keine Effekte des Fluglärms nachweisbar.
- Die Annahme, dass der Fluglärmeffekt auf das Lesen über Vorläuferfertigkeiten vermittelt wird, konnte somit nicht bestätigt werden.

Wirkungen auf das Lesen bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund

- Bei nach Gruppen getrennten Analysen erreichte der Effekt des Fluglärms bei Kindern mit Migrationshintergrund keine statistische Signifikanz, zeigte aber in dieselbe Richtung (Untertest Textverständnis: $p < .065$).
 - bedeutet nicht, dass diese Kinder unempfindlich gegenüber Fluglärm sind!
 - Nicht-Signifikanz in dieser Gruppe wahrscheinlich Folge der Überlagerung ungünstiger Einflussfaktoren auf das Lesenlernen, sodass der relativ kleine Effekt des Fluglärms nicht mehr nachweisbar ist (→ Problem der statistischen Power).
 - Betrachtet man nur die Kinder ohne Migrationshintergrund, ist eine Zunahme des Fluglärms um 10 dB mit einem Leserückstand von etwa 1,5 Monaten verbunden; d.h. bei den am stärksten belasteten Kindern ist relativ zu den am wenigsten belasteten mit fast 3 Monaten Rückstand zu rechnen.
 - *Bei den untersuchten Zweitklässlern entsprechen 2 bis 3 Monate Lernzeit 9 bis 14% der Unterrichtszeit.*

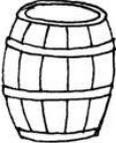
II Lebensqualität

Kinderbefragung, Elternfragebogen

- körperliches Wohlbefinden, Schlafqualität
- psychisches Wohlbefinden
- Wohlbefinden in der Schule

Beispiel aus Kinderbefragung:

„In der letzten Woche war ich müde und schlapp“.

Nie	manchmal	ganz oft
		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

II Lebensqualität

Kinderbefragung, Elternfragebogen

- körperliches Wohlbefinden, Schlafqualität
- psychisches Wohlbefinden
- Wohlbefinden in der Schule

Beispiel aus dem Elternfragebogen

Körperliches Wohlbefinden		nie	selten	manch- mal	oft	fast immer
<i>In den letzten vier Wochen....</i>						
1.	... hat mein Kind sich krank gefühlt.	<input type="checkbox"/>				
2.	... hatte mein Kind Kopfschmerzen oder Bauchschmerzen.	<input type="checkbox"/>				
3.	... war mein Kind müde und schlapp.	<input type="checkbox"/>				
4.	... hatte mein Kind viel Kraft und Ausdauer.	<input type="checkbox"/>				
5.	... konnte mein Kind gut schlafen.	<input type="checkbox"/>				

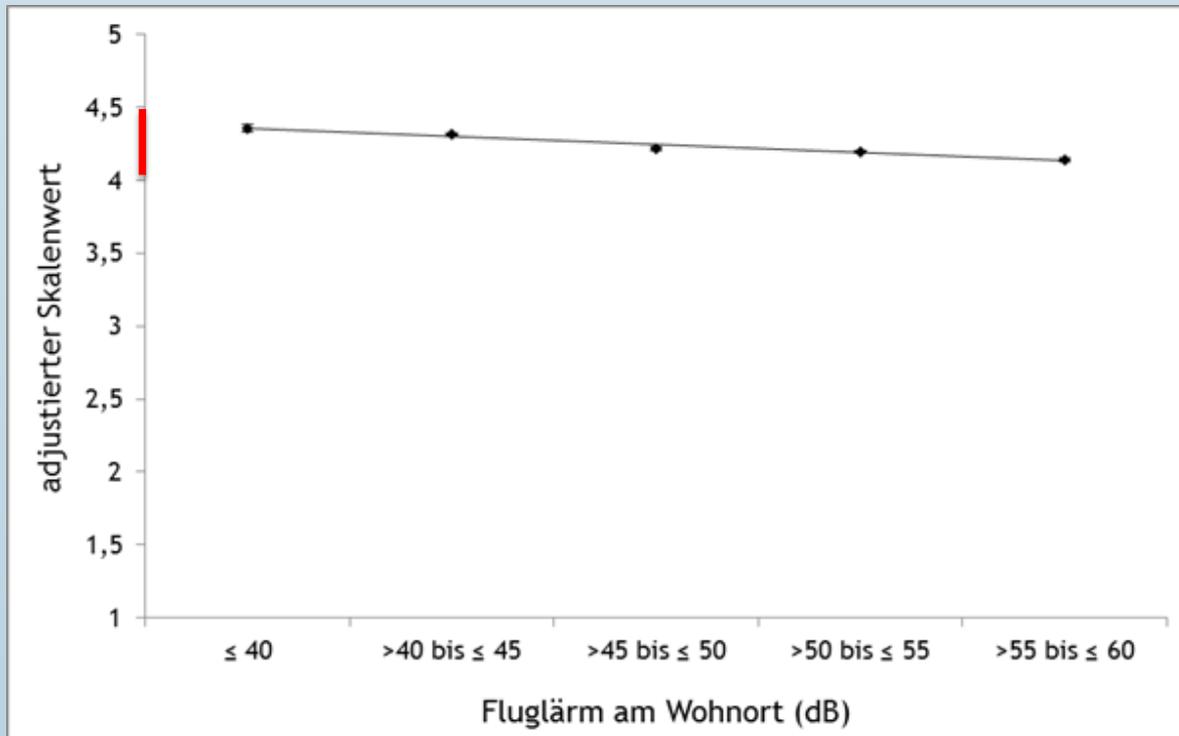
II Lebensqualität

Kinderbefragung, Elternfragebogen

- körperliches Wohlbefinden, Schlafqualität
- psychisches Wohlbefinden
- Wohlbefinden in der Schule

Outcome Variable	Beurteiler	Reliabilität (Cronbach's α)
Körperliches Wohlbefinden	Eltern	0.77
Psychisches Wohlbefinden	Eltern	0.76
Wohlbefinden in der Schule	Kinder	0.78

Elternbeurteilungen



Körperliches Wohlbefinden In den letzten 4 Wochen..

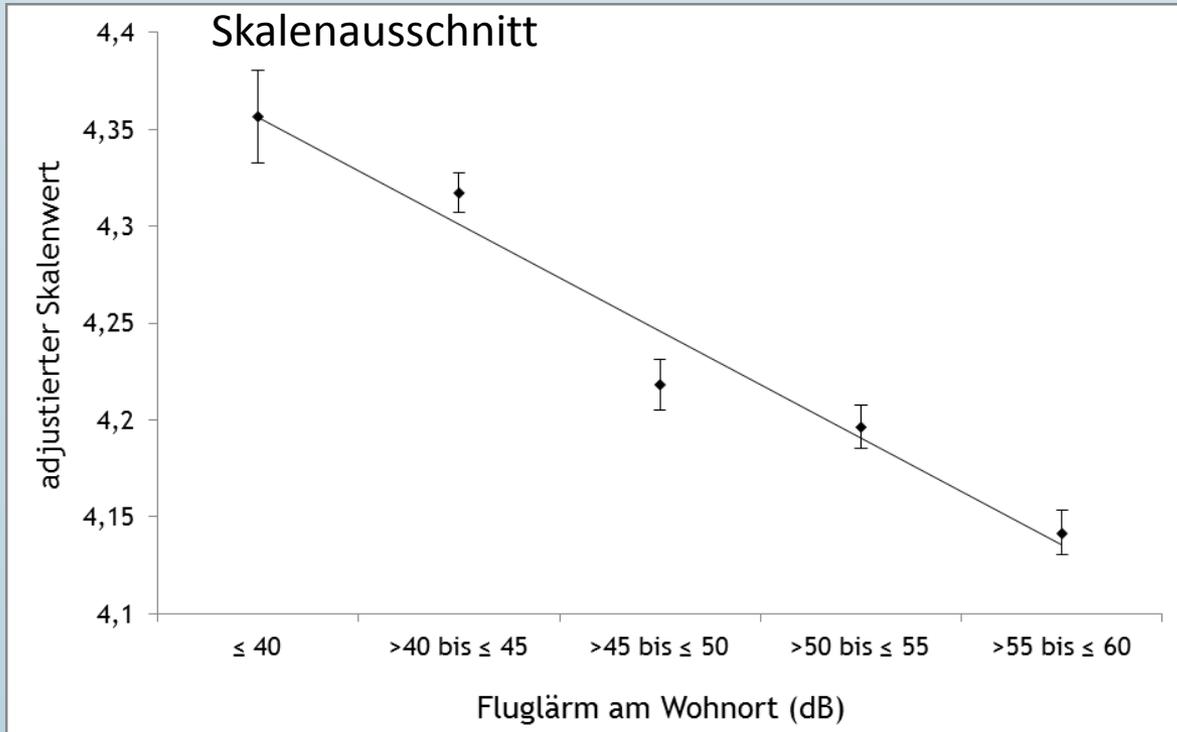
- ... hatte mein Kind Kopf- oder Bauchschmerzen
- ... hat mein Kind sich krank gefühlt.
- ... war mein Kind müde und schlapp.

5-stufige Skala:

„nie“ bis „fast immer“

- **Insgesamt wird das Befinden sehr positiv beurteilt**
Skalenwert 5 entspricht bestmöglicher Beurteilung!
- **Signifikanter Einfluss des Fluglärms auf die Beurteilungen**
Lineare Expositions-Wirkungs-Kurve

Elternbeurteilungen



Körperliches Wohlbefinden In den letzten 4 Wochen..

- ... hatte mein Kind Kopf- oder Bauchschmerzen
- ... hat mein Kind sich krank gefühlt.
- ... war mein Kind müde und schlapp.

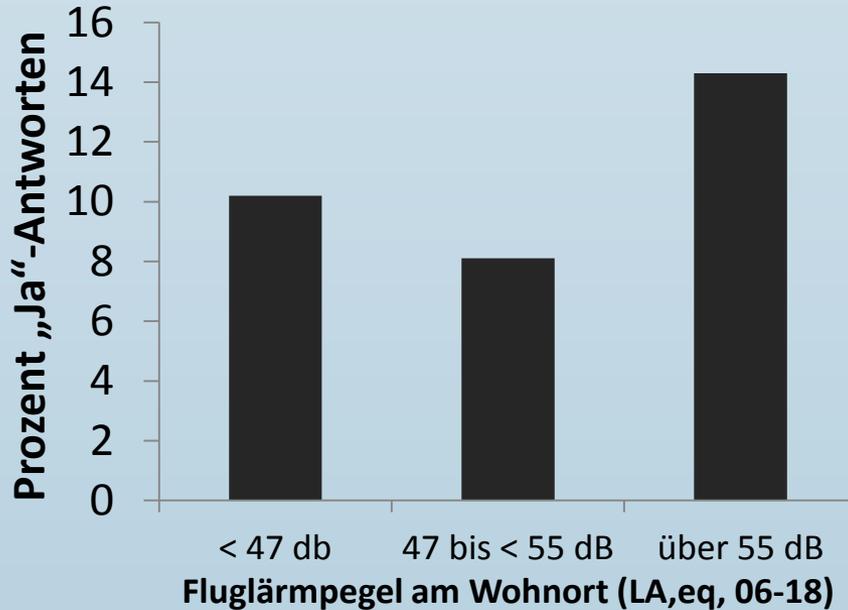
5-stufige Skala:

„nie“ bis „fast immer“

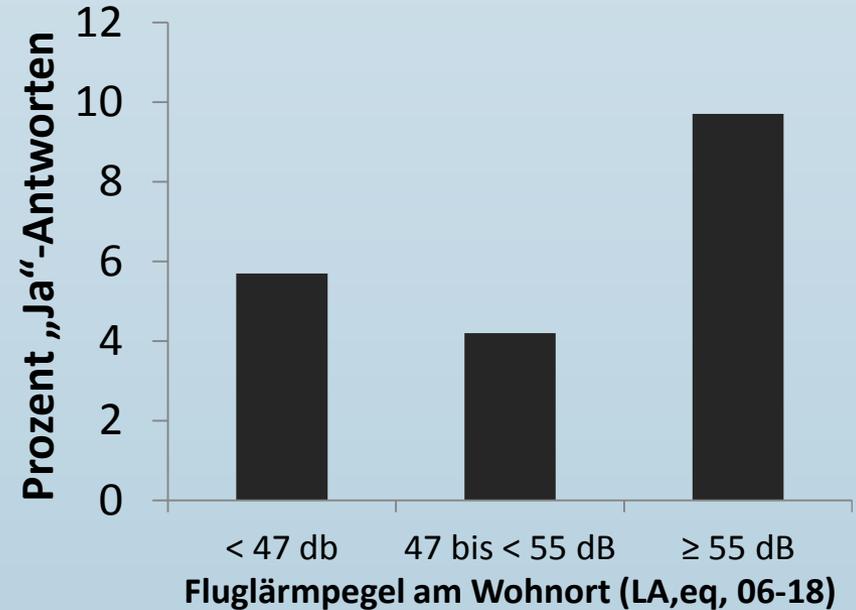
- Bei einer Zunahme des Fluglärms um 10 dB verschlechtert sich die Beurteilung des körperlichen Wohlbefindens um 1/8 Skaleneinheiten auf der 5-stufigen Skala.
- Ähnliche Effekte bezüglich des psychischen Wohlbefindens.
- Es handelt sich um statistisch signifikante Effekte geringer Effektstärken.

Elternbefragung

Wurde bei Ihrem Kind einmal eine Sprech- oder Sprachstörung ärztlich diagnostiziert?

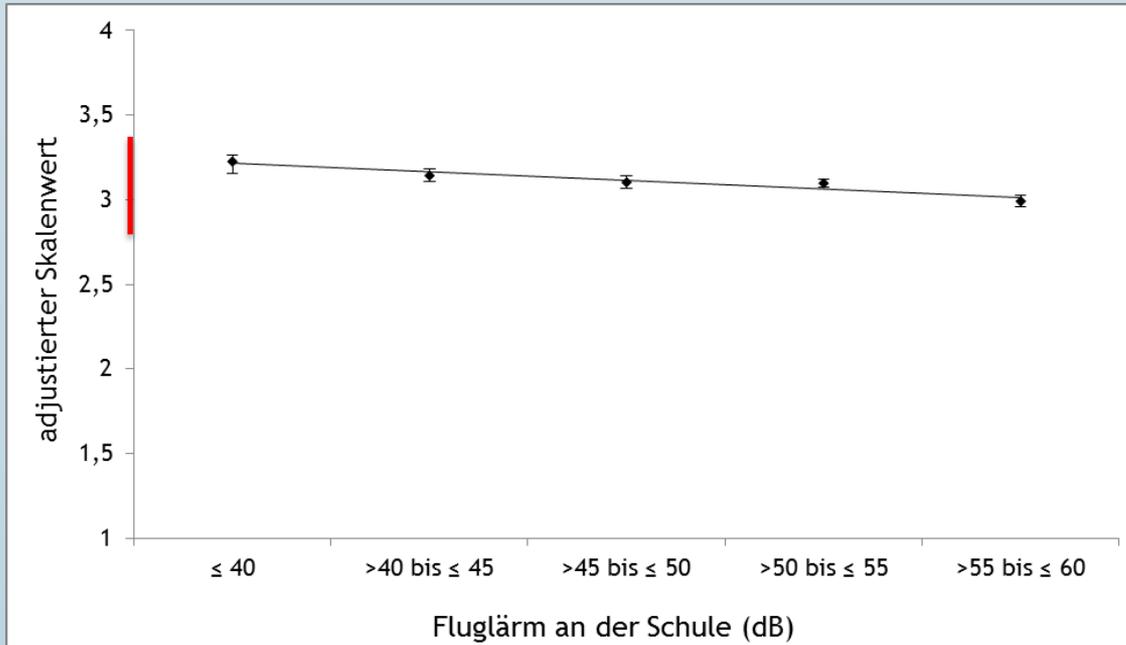


Nimmt Ihr Kind derzeit ärztlich verordnete Medikamente ein?



- Erhöhter Anteil von „Ja“-Antworten in der hoch fluglärmbelasteten Gruppe
 - Unklar, um welche Störungen bzw. Medikamente es sich genau handelte.
 - Als diagnostiziert benannte Kinder unterschieden sich hinsichtlich der Leseleistungen nicht von den übrigen Kindern, daher wahrscheinlich keine gravierenden Störungen.
- **Folgeuntersuchungen notwendig!**

Kinderbeurteilungen des Wohlbefindens



Schulbezogenes Wohlbefinden

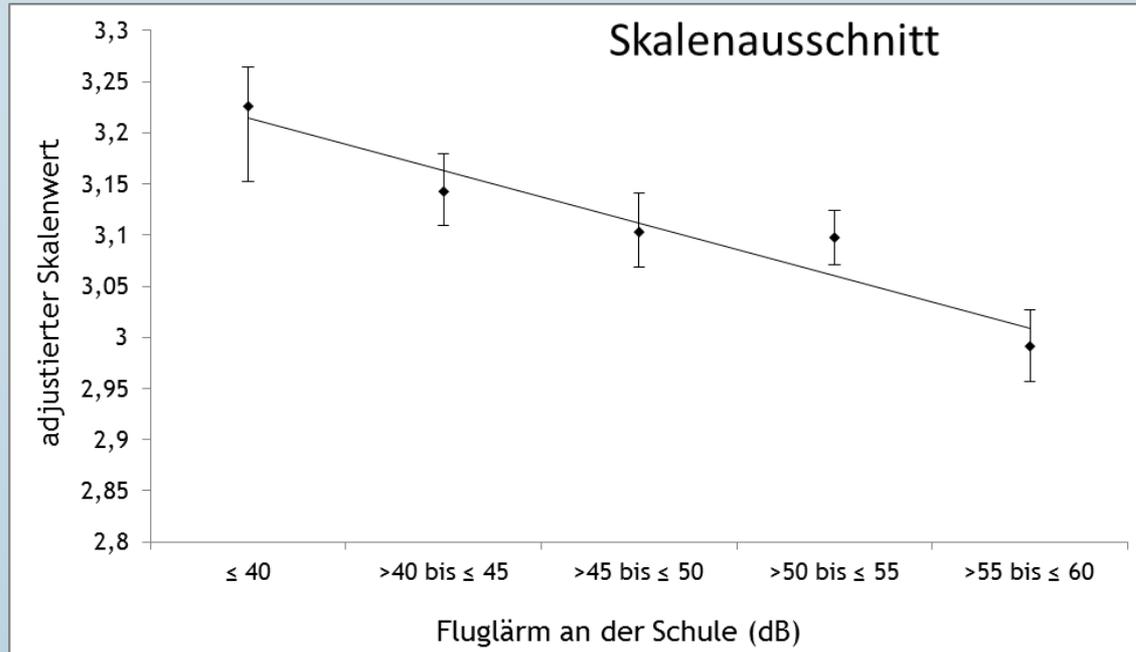
- Ich freue mich darauf, in der Schule neue Sachen zu lernen.
- In unserer Schule fühle ich mich wohl.
- ...

4-stufige Skala: „stimmt gar nicht“ bis „stimmt ganz genau“

➤ **Insgesamt wird das schulbezogene Wohlbefinden sehr positiv beurteilt**
Skalenwert 4 entspricht bestmöglicher Beurteilung!

➤ **Signifikanter Einfluss des Fluglärms auf die Beurteilungen**
Lineare Expositions-Wirkungs-Kurve

Kinderbeurteilungen des Wohlbefindens



Schulbezogenes Wohlbefinden

- Ich freue mich darauf, in der Schule neue Sachen zu lernen.
- In unserer Schule fühle ich mich wohl.
- ...

4-stufige Skala: „stimmt gar nicht“ bis „stimmt ganz genau“

- Bei einer Zunahme des Fluglärms um 10 dB verschlechtert sich die Beurteilung des schulbezogenen Wohlbefindens um etwa 1/8 Skalenpunkte auf der 4-stufigen Skala.

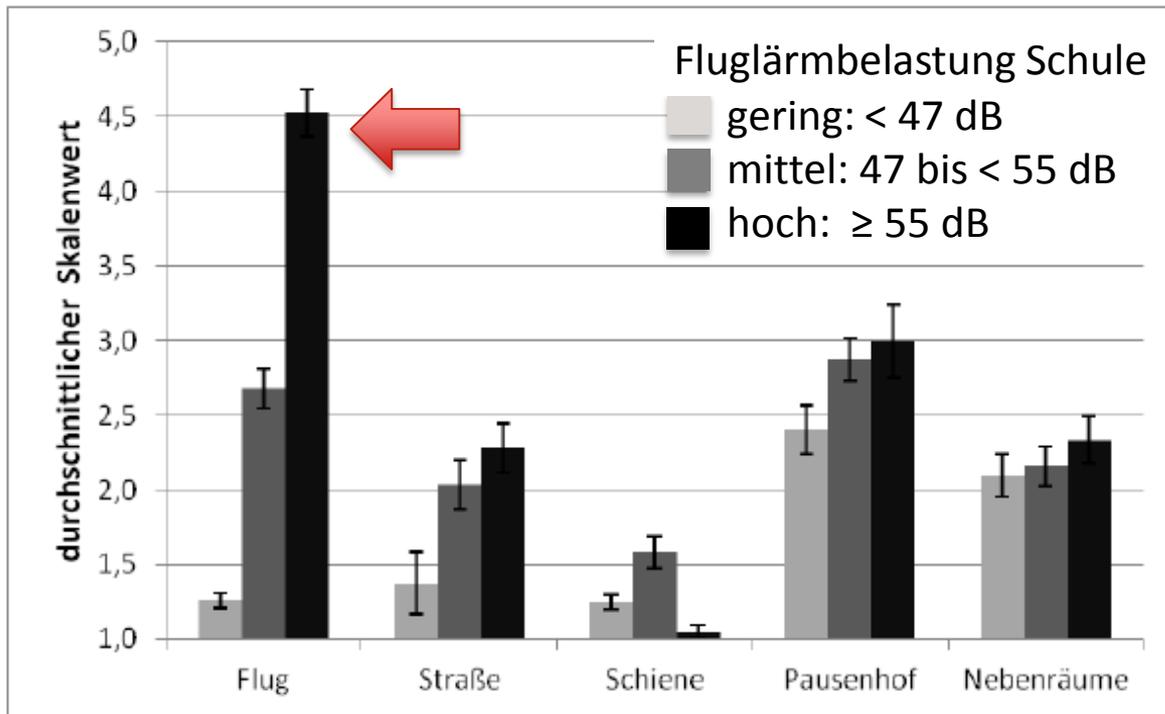
III Auswirkungen des Fluglärms an den Schulen auf den Unterricht

Ergebnisse der Lehrerbefragung

85 Klassenlehrkräfte

- 32 aus Schulen mit **geringer** Fluglärmexposition (< 47 dB)
- 32 aus Schulen mit **mittlerer** Fluglärmexposition (47 bis < 55 dB)
- 21 aus Schulen mit **hoher** Fluglärmexposition (≥ 55 dB)

Auswirkungen auf den Unterricht

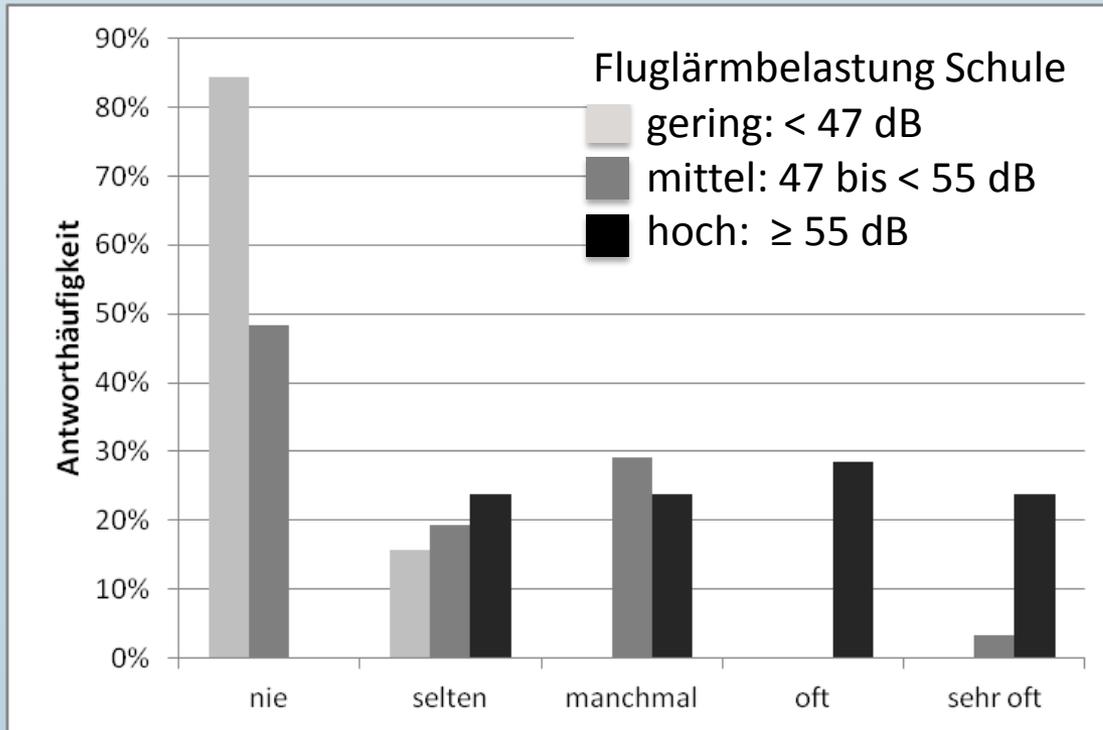


Beurteilungen der *Unterrichtsbelastung* durch verschiedene Lärmquellen durch Lehrkräfte aus unterschiedlich stark fluglärmexponierten Schulen

5-stufige Skala:
 1 = keine Belastung;
 5 = sehr hohe Belastung

- 20 der 21 Lehrkräfte aus den hoch fluglärmexponierten Schulen beurteilten die Belastung des Unterrichts durch Fluglärm mit „sehr hoch“ oder „hoch“, eine mit „gering“.
- Korrelation zwischen den Beurteilungen der Fluglärmbelastung und dem Pegel am Schulstandort: $r = .85$

Auswirkungen auf den Unterricht

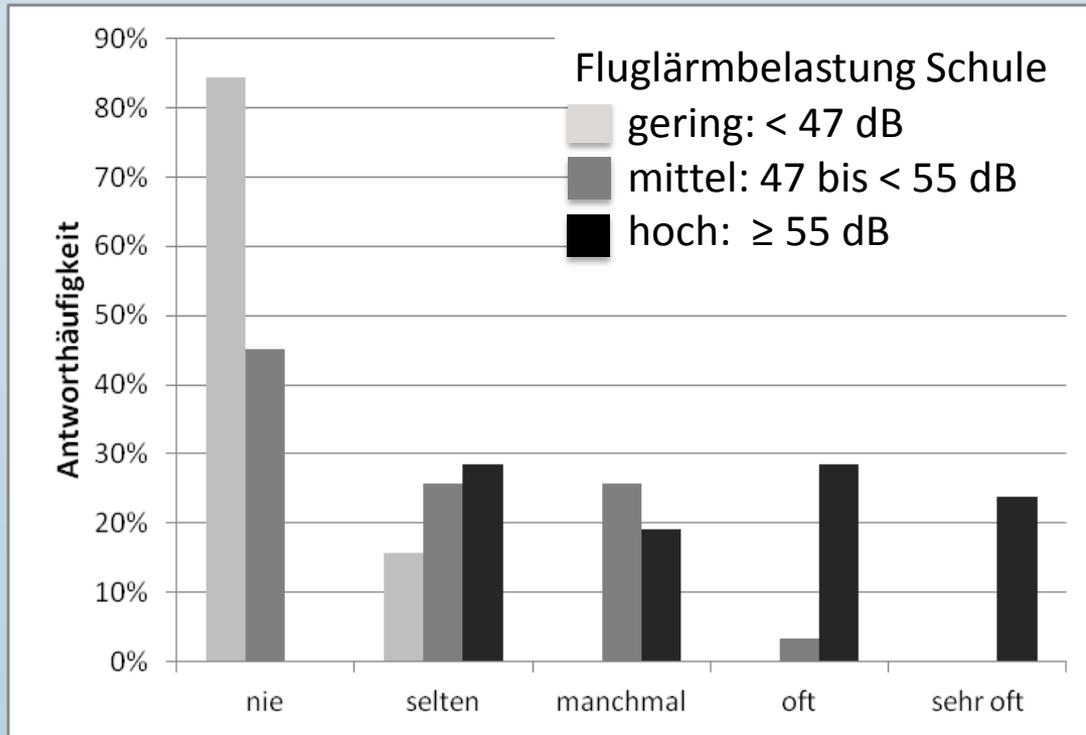


Unterrichtsunterbrechungen

- „Wegen des Fluglärms muss ich das Unterrichtsgespräch / meine Rede kurzzeitig unterbrechen“
- 5-stufige Skala: „nie“ bis „sehr oft“

- 52% der Lehrkräfte aus den hoch fluglärmbelasteten Schulen gaben an, dass sie das Unterrichtsgespräch „oft“ oder „sehr oft“ wegen des Fluglärms unterbrechen müssen.

Auswirkungen auf den Unterricht

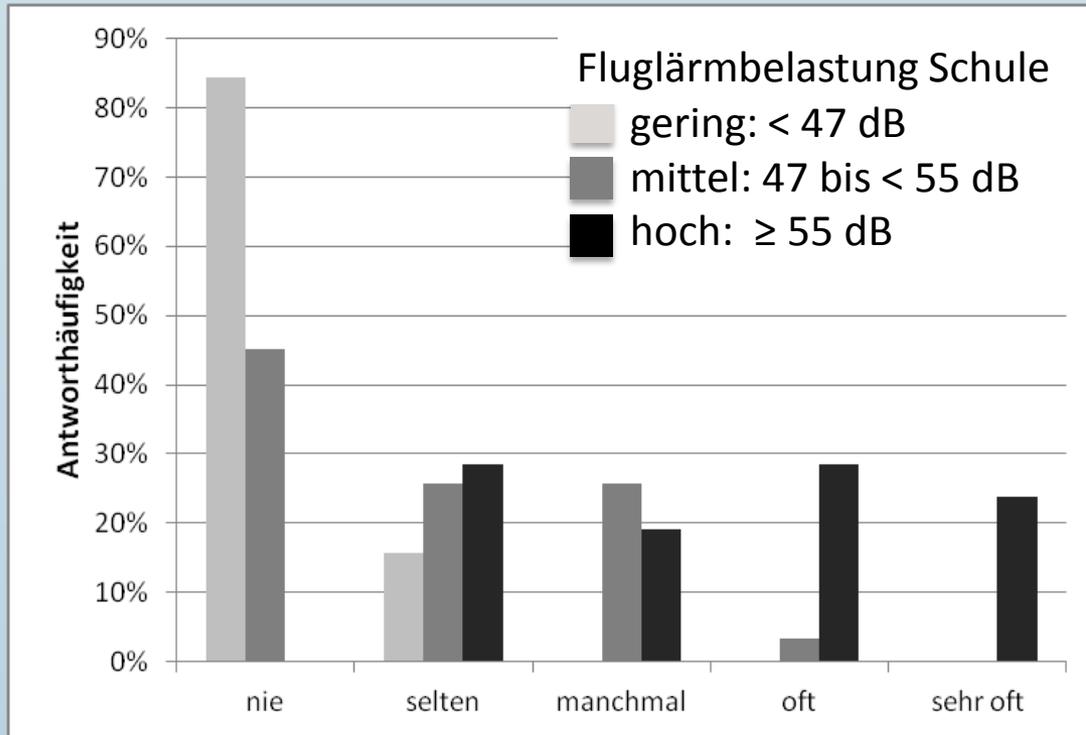


Ablenkungen der Kinder

- „Während des Unterrichts werden die Kinder durch den Fluglärm abgelenkt, z.B. Unterbrechen der Arbeit, zum-Fenster-Schauen o.ä.“
- 5-stufige Skala: „nie“ bis „sehr oft“

- 52% der Lehrkräfte aus den hoch fluglärmbelasteten Schulen gaben an, dass die Kinder „oft“ oder „sehr oft“ wegen des Fluglärms merklich vom Unterricht abgelenkt werden.

Auswirkungen auf den Unterricht



Ablenkungen der Kinder

- „Während des Unterrichts werden die Kinder durch den Fluglärm abgelenkt, z.B. Unterbrechen der Arbeit, zum-Fenster-Schauen o.ä.“
- 5-stufige Skala: „nie“ bis „sehr oft“

- 52% der Lehrkräfte aus den hoch fluglärmbelasteten Schulen gaben an, dass die Kinder „oft“ oder „sehr oft“ wegen des Fluglärms merklich vom Unterricht abgelenkt werden.

Weitere Ergebnisse:

- 57% halten wegen des Fluglärms auch bei warmem Wetter die Fenster geschlossen
- 76% gaben an, dass Fluglärm auch bei geschlossenem Fenster „oft“ oder „sehr oft“ zu hören sei. 38 % berichten weniger Aktivitäten im Freien.

Auswirkungen auf den Unterricht

Die Lehrkräfte aus den hoch fluglärmexponierten Schulen berichteten übereinstimmend erhebliche Störungen des Unterrichts durch den Fluglärm.

Mögliche Folgen für die Kinder:

- Häufiges „Verpassen“ von Lerngelegenheiten durch Ablenkungen und schlechte Sprachverständlichkeit
→ *mehr als ein Drittel der Kinder aus den hoch belasteten Schulen gaben an, dass sie die Lehrerin wegen des Fluglärms manchmal nicht verstehen können.*
- Langfristige negative Auswirkungen auf Leistungen in anderen Fächern als dem Lesen?

VIELEN DANK!

TU Kaiserslautern

Fachbereich Sozialwissenschaften

Kirstin Bergström

Jan Spilski

Jochen Mayerl

Thomas Lachmann

NORAH-Konsortium

Dirk Schreckenberg

Rainer Guski

Ulrich Möhler

Andreas Seidler

Markus Meis

*Kinder, Eltern, Lehrkräfte, Schulleiterinnen und
Schulleiter der teilnehmenden Grundschulen*