

Soziale und ökonomische Folgen nächtlichen Fluglärms im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn

Prof. Dr. Eberhard Greiser

Epi.Consult GmbH, Musweiler
&

Zentrum für Sozialpolitik, Universität, Bremen
Abteilung Gesundheitsökonomie, Gesundheitspolitik und Versorgungsforschung

Im Auftrag der Bundesvereinigung gegen Fluglärm e.V.

Musweiler, 21.9.2013

Einleitung

In Deutschland sind gegenwärtig mehrere Millionen Menschen von Fluglärm betroffen. Im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn sind es nach den Flugbewegungen des Jahres 2004 am Tage ca. 250.000 Menschen, während der Nacht ca. 400.000¹. Da in der Epidemiologie seit einigen Jahren Konsens darüber besteht, dass zwischen dem Einwirken nächtlichen Fluglärms und der Entstehung von Bluthochdruck bzw. den Folgekrankheiten des Bluthochdrucks [1, 2, 3] ein ursächlicher Zusammenhang besteht, erscheint ein Versuch sinnvoll, eine Prognose über die sozialen Folgekosten des Fluglärms zu versuchen.

Unter sozialen Kosten sollen im Folgenden Krankheitskosten, Erkrankungsfälle und Todesfälle verstanden werden, die nächtlichem Fluglärm zugeschrieben werden können.

Aus den Ergebnissen einer umfassenden Fall-Kontroll-Studie im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn standen differenzierte Risikoschätzer für den Einfluss nächtlichen Fluglärms auf das Auftreten verschiedener Erkrankungen zur Verfügung [1]. Die dieser Studie zugrunde liegende Datenbasis ist mit den Daten von mehr als einer Million in gesetzlichen Krankenkassen Versicherter die bislang umfangreichste in Deutschland für eine solche Fragestellung.

Im Rahmen dieser Fall-Kontroll-Studie wurden in zusätzlichen Analysen auch weitere Erkrankungen mit Bluthochdruck als bedeutendem Risikofaktor auf einen möglichen Zusammenhang zur Exposition gegenüber nächtlichem Fluglärm untersucht. Dabei fand sich ein starker Zusammenhang mit dem Auftreten von Demenz, Psychosen und Morbus Alzheimer.

Methoden

Population: Die durch nächtlichen Fluglärm hervorgerufene Belastung im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn wurde unter Verwendung eines DES (2004) ermittelt und die Belastung in 1-dB(A)-Isophonen für jede der ca. 347.000 Hausanschriften in der Studienregion (Stadt Köln, Rhein-Sieg-Kreis, Rheinisch-Bergischer Kreis) errechnet².

¹ Berechnet aus dem DES2004 für die sechs verkehrsreichsten Monate nach AzB99.

² Avia-Consult, Strausberg.

Da die in die Studie einbezogene Stichprobe der Versicherten von acht gesetzlichen Krankenkassen lediglich 53.5% der Bevölkerung der Studienregion umfasste, wurde auf der Basis der Bevölkerungsstruktur der Studienregion die durch Fluglärm belastete Teilpopulation hochgerechnet. Für die weitergehenden Analysen wurde nur die Bevölkerung ab dem 40. Lebensjahr herangezogen. Diese Altersbegrenzung erscheint in Hinblick auf die Ergebnisse der Fall-Kontroll-Studie zu fluglärmbedingten Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn [1] plausibel und zwingend. Von den insgesamt im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn durch nächtlichen Fluglärm belasteten Personen entfielen 211.858 auf Männer und Frauen ab dem 40. Lebensjahr. Bei kardiovaskulären Erkrankungen, die einer stationären Behandlung bedurften, traten 98.3 % nach dem 39. Lebensjahr auf. Die Altersverteilung der übrigen Krankheitsentitäten stellte sich vergleichbar dar. Bei der Untersuchung der Effekte nächtlichen Fluglärms während mehrerer Zeitfenster (23-1 Uhr, 3-5 Uhr, 22-6 Uhr) fanden sich die stärksten Effekte bei Lärmexposition zwischen 23 und 1 Uhr (Tabelle 1). Neben dem Fluglärm wurden als weitere Komponenten des Umgebungslärms auch nächtlicher Straßenverkehrslärm und nächtlicher Schienenlärm als Confounder berücksichtigt.

Tabelle 1. Von nächtlichem Fluglärm (23-1 Uhr) betroffene Bevölkerung im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn.					
Altersgruppe	Exponierte Bevölkerung bei Dauerschallpegel von...dB(A)				
	40-44	45-49	50-54	55-60	40-60
40-44	9635	8423	5699	185	23.942
45-49	8473	7338	4809	165	20.785
50-54	7718	6582	4276	132	18.708
55-59	6843	5965	3746	136	16.690
60-64	7052	6245	3760	128	17.185
65-69	6783	6530	3991	83	17.387
70-74	4799	4793	2669	53	12.314
75-79	4130	4005	2235	16	10.386
80-84	2551	2449	1536	2	6.538
. Summe	57981	52330	32721	901	143.935

Erkrankungen

Kostenberechnungen können für Erkrankungen vorgenommen werden, deren Auftreten mit nächtlichem Fluglärm stark assoziiert ist. Im Rahmen der Kostenprognose werden nur Erkrankungen³, die sich in den Köln-Bonner-Untersuchungen [1] als bedeutsam erwiesen haben, berücksichtigt:

- Herz- und Kreislauferkrankungen (Myokardinfarkt, koronare Herzkrankheit, Myokardinsuffizienz, Apoplex),
- Diabetes mellitus⁴,
- Demenz und Alzheimer,
- Depression,
- Psychosen und Schizophrenie,
- Bösartige Neubildungen (außer bösartige Neubildungen der Atmungsorgane)⁵.

Die Analysen wurden für beide Geschlechter kombiniert durchgeführt.

Der Schätzung der Odds Ratios in den Köln-Bonner Studien lagen folgende Einflussfaktoren zugrunde:

- Nächtlicher Fluglärm (23-1 Uhr),
- Alter,
- Interaktion zwischen Alter und nächtlichem Fluglärm,
- Nächtlicher Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr),
- Nächtlicher Schienenlärm (22-6 Uhr),
- Sozialhilfeshäufigkeit des Ortsteils bzw. des Stadtteils,
- Dichte von Alten- und Pflegeheimplätzen bezogen auf die Bevölkerung ab dem 65. Lebensjahr,
- Fehlen der Möglichkeit der Finanzierung von Lärmschutz durch den Flughafen Köln-Bonn.

Bei sämtlichen kardiovaskulären Krankheiten in Kombination⁶ und bei Demenz und Morbus Alzheimer wurden zur Berechnung der Odds Ratios als Proxy-Variable für kardiovaskuläre Risikofaktoren gleichzeitig oder vorhergehende spezifische Arznei-

³ Bis auf Diabetes mellitus: Entlassungsdiagnose nach stationärer Krankenhausbehandlung.

⁴ Definition: ambulante Verordnung von Insulin bzw. oralen Antidiabetika.

⁵ Da für alle Malignome der Atmungsorgane das Zigarettenrauchen einen überragenden Einfluss ausübt, wurde diese Gruppe von Diagnosen aus den Analysen ausgeschlossen.

⁶ Myokardinfarkt, Myokardinsuffizienz, koronare Herzkrankheit, Apoplex.

verordnungen berücksichtigt, die als Indikatoren für bestehende Risikofaktoren betrachtet werden können (Antihypertensiva, Lipidsenker, Insulin, orale Antidabetika, Antidepressiva, Neuroleptika).

Schätzung der Krankheitskosten: Das Statistische Bundesamt führt seit 2002 in Zwei-Jahres-Aständen Berechnungen der Krankheitskosten durch. Dabei werden aus verschiedenen Datenquellen Kostenarten zusammengeführt und nach Diagnosegruppen ausgewertet. Diese Berechnungen sind online verfügbar [4]. Für die Kostenermittlung wurden uns vom Statistischen Bundesamt für das Kalenderjahr 2008 Krankheitskosten für beide Geschlechter in 10-Jahres-Altersgruppen zur Verfügung gestellt. Analog zum Anteil der Prävalenz der untersuchten Diagnosegruppen in 1-Jahres-Altersklassen wurden die Kosten für 1-Jahres-Altersklassen geschätzt. Aus den Krankheitskostenrechnungen der Jahre 2002 bis 2008 wurde eine Teuerungsrate geschätzt. Diese wurde bei der Schätzung der Krankheitskosten für die Jahre 2012 bis 2021 fortgeschrieben. Die dem nächtlichen Fluglärm zuschreibbaren Kostenanteile (Attributivanteil) wurden für jede Diagnosegruppe jeweils für prävalente als auch für inzidente Erkrankungsfälle geschätzt. Dabei wurden jeweils nur solche Odds Ratios verwendet, deren Untergrenze des Vertrauensbereichs über 1.0 lag. Bei einer Prognose über mehrere Kalenderjahre ist neben der Teuerungsrate zusätzlich zu berücksichtigen, dass ein bestimmter Anteil von Erkrankten im Laufe eines Kalenderjahres verstirbt. Für das Gebiet der Bundesrepublik existieren Daten über das Überleben nach Diagnosestellung lediglich für Krebserkrankungen. Für Zwecke dieser Prognose wurden Überlebensraten des Tumorregisters München herangezogen [5].

Für alle anderen analysierten Diagnosen musste auf internationale Literatur zurückgegriffen werden. Für Herz- und Kreislaufkrankheiten wurden die Publikationen von Jhund et al. [6], Capewell et al. [7] und Schissel et al. [8] herangezogen, für Depressionen die Publikation von Chang et al. [9], für Psychosen und Schizophrenie die Publikation von Laursen et al. [10], für Demenz die Publikation von Rait et al. [11] und für Diabetes mellitus die Publikation von Gu et al. [12].

Aus den globalen Krankheitskosten nach den Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden die Kosten pro Person durch Division der Kosten in den einzelnen Alterskategorien durch die Bevölkerung der Bundesrepublik im Jahre 2008 in den entsprechenden Altersklassen berechnet. Diese Berechnung ergab die Kosten pro Person (der Bevölkerung). Für das Umfeld des Flughafens Köln-Bonn war die Anzahl von

Personen in jeder dB(A)-Belastungsklasse und für jede 1-Jahres-Altersklasse ermittelt worden (s.o.). Durch Multiplikation der entsprechenden Population mit den Kosten pro Person ergaben sich die Gesamtkosten für die jeweilige Altersklasse nach dB(A)-Belastungsklassen. Unter Anwendung der Prävalenzraten wurde für jede dieser Klassen die Anzahl von prävalenten Erkrankungsfällen ermittelt. Die Division der Gesamtkosten durch die Anzahl der prävalenten Fälle ergab die Kosten pro Erkrankungsfall. Angewendet auf die attributablen prävalenten und inzidenten Erkrankungsfälle errechneten sich die attributablen Krankheitskosten.

Schätzung von Attributiv-Fällen und attributabler Mortalität: Aus den 1-dB(A)-Belastungsklassen-Populationen wurde der attributable Anteil geschätzt:

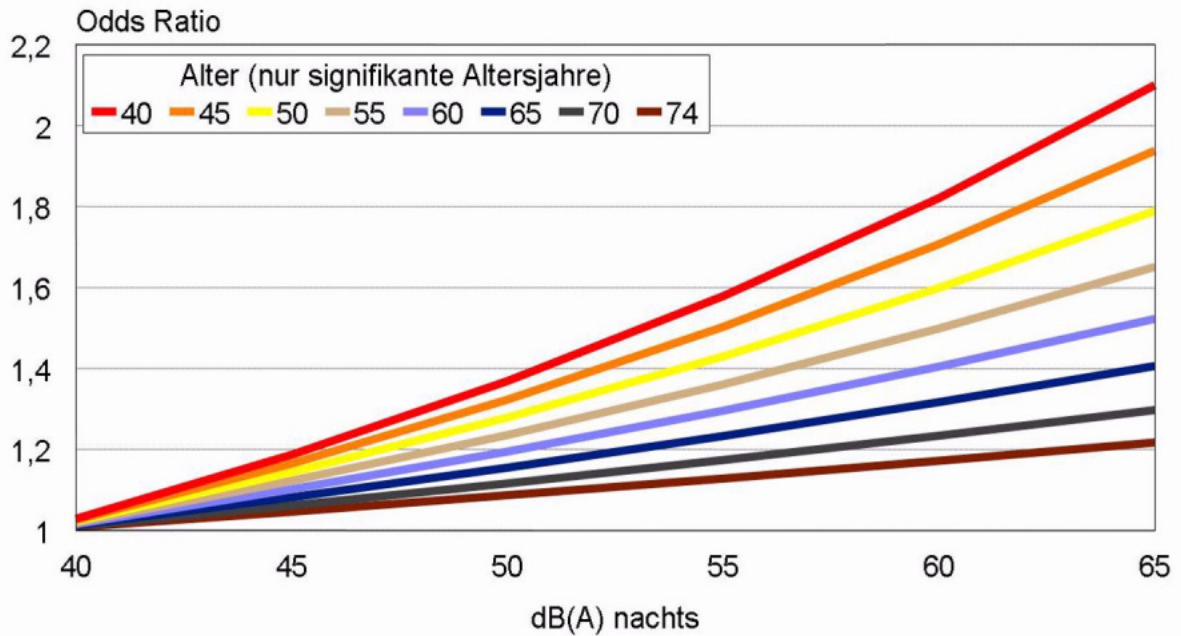
$$AR = \frac{OR - 1}{OR},$$

wobei AR den Attributiv-Anteil und OR die Odds Ratio für die entsprechende 1-dB(A)-Belastungsklasse und die 1-Jahres-Altersgruppe bezeichnet. Der in den einzelnen Prognose-Jahren attributable Anteil von Verstorbenen wurde durch Anwendung der altersentsprechenden Letalitätsfraktion auf die Anzahl attributabler Erkrankungsfälle ermittelt.

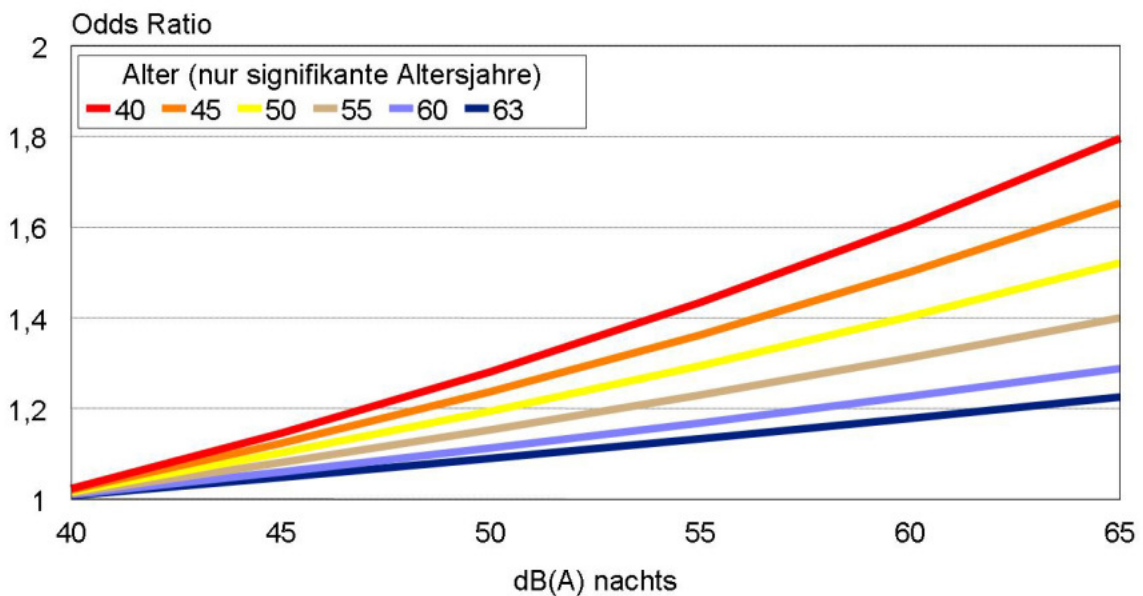
Ergebnisse

Die den Prognosen zugrunde liegenden Erkrankungsrisiken, wie sie aus den Daten der Fall-Kontroll-Studie im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn berechnet wurden, finden sich in den Abbildungen 1.A-1.F. Dabei zeigt sich bei allen diagnostischen Entitäten ein mit zunehmendem Alter abnehmendes Exzessrisiko infolge Fluglärms. Dieses Phänomen ist wahrscheinlich auf die mit zunehmendem Alter zunehmende Schwerhörigkeit zurückzuführen, da unterstellt werden kann, dass nur solche Lärmimpulse zu einer patho-physiologischen Reaktion des menschlichen Körpers führen, die über das Ohr noch wahrgenommen werden können.

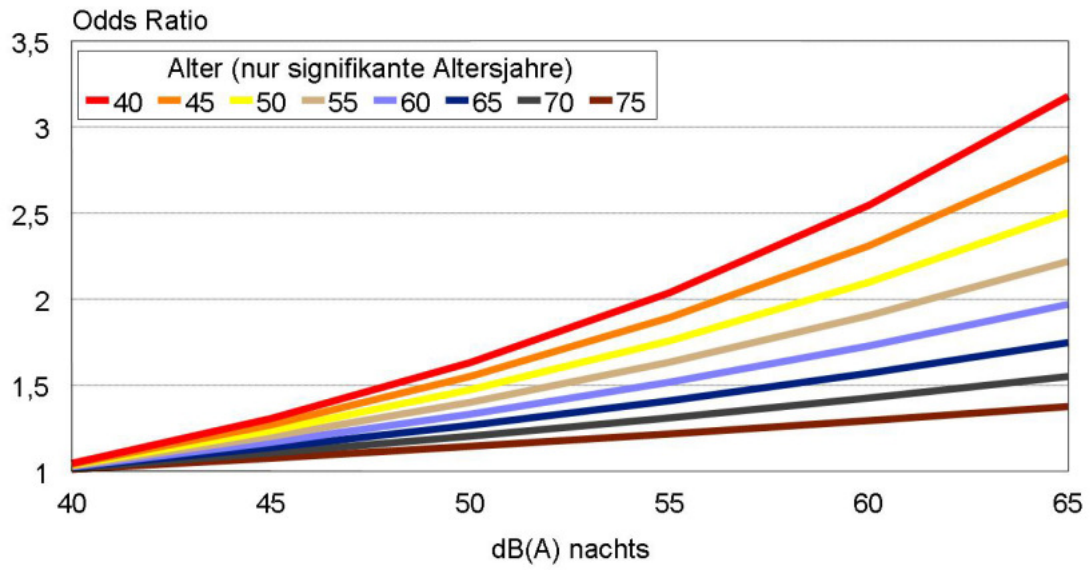
Abbildung 1. Risikoerhöhung durch nächtlichen Fluglärm bei Männern und Frauen ab dem 40. Lebensjahr ohne Möglichkeit der Schallschutzfinanzierung durch den Flughafen Köln-Bonn.



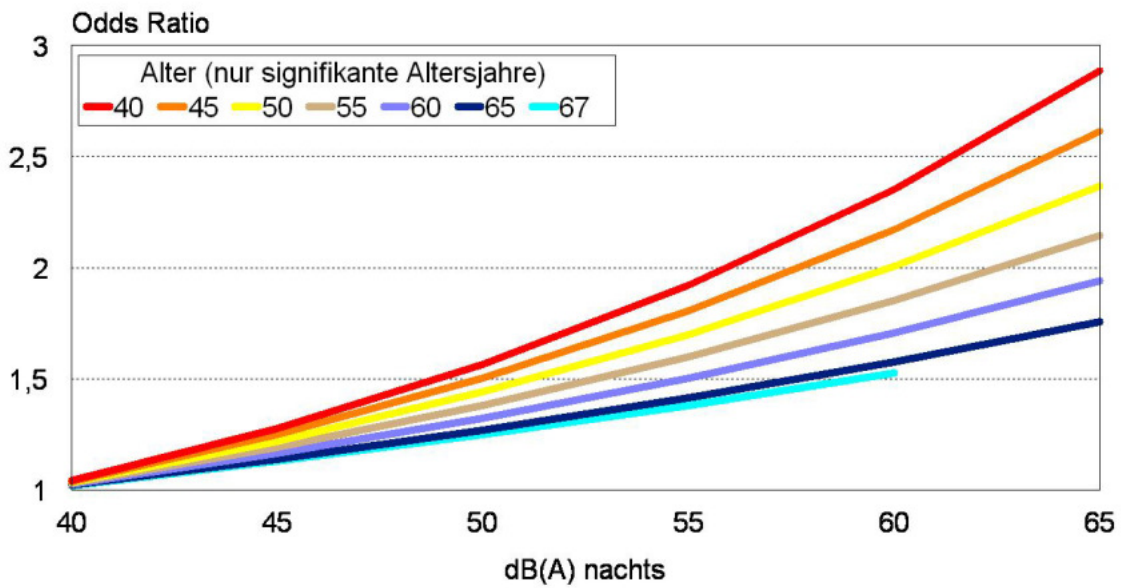
(A) Herz- und Kreislaufkrankheiten
(Myokardinfarkt, Myokardinsuffizienz, koronare Herzkrankheit, Apoplex)



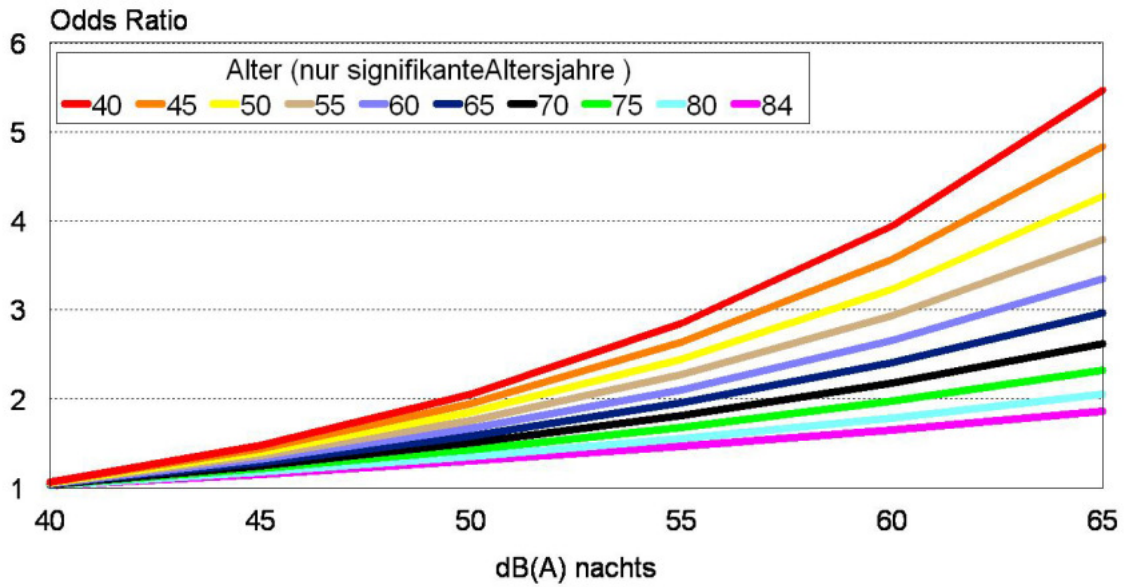
(B) Diabetes mellitus



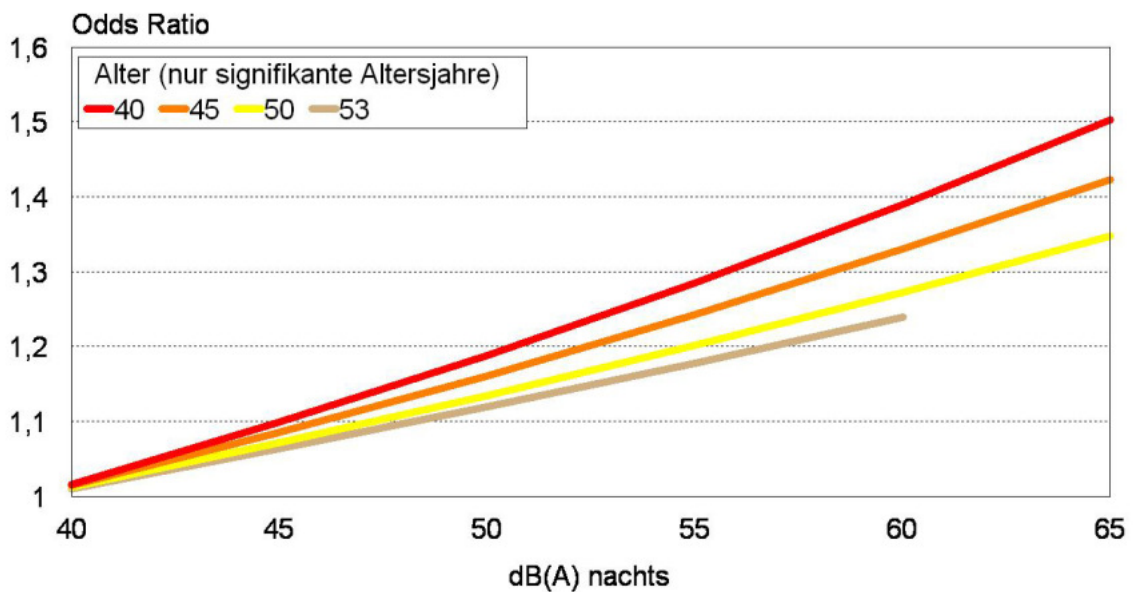
(C) Depression



(D) Psychose / Schizophrenie



(E) Demenz / Morbus Alzheimer



(F) Malignome (außer Malignome des Atemtraktes)

Dass die Altersschwellen bis zu der die logistischen Regressionen signifikante Odds Ratios erbrachten bei den verschiedenen Krankheitsgruppen unterschiedlich ausfielen, dürfte sowohl von der Anzahl von Erkrankungen abhängen als auch von unterschiedlich starken Zusammenhängen zwischen nächtlichem Fluglärm und den entsprechenden Erkrankungen.

Tabelle 2. Prognose der Folgen nächtlichen Fluglärms auf Erkrankungsrisiken, Sterblichkeit und Krankheitskosten im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn für einen 10-Jahres-Zeitraum (2012-2021)

Tabelle 2.1 Herz- und Kreislauferkrankungen (Myokardinfarkt, Myokardinsuffizienz, koronare Herzkrankheit, Apoplex)

Alter	€ Kosten pro Fall pro Jahr (2008)	Prävalenz				Inzidenz			Krankheitskosten kumulativ 2012-2021 (Millionen €)
		Rate (%)	Anzahl (2012)	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	Rate pro 1.000 pro Jahr	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	
40-44	8.913	1.1	269	47	8	<0.1	24	3	5.696
45-49	9.124	2.3	470	73	13	0.1	36	5	9.057
50-54	7.122	4.1	763	104	18	0.1	48	7	9.986
55-59	7.824	6.6	1.097	130	32	0.2	62	13	12.921
60-64	8.752	8.8	1.518	150	37	0.4	83	17	17.335
65-69	7.160	13.1	2.282	185	60	0.6	88	24	15.915
70-74	5.645	19.8	2.442	147	48	1.0	7	2	7.947
75-79	8.447	24.7	2.560	17	7	1.5	1	0	1.173
Σ			11.401	853	223		349	71	80.030

Tabelle 2.2. Diabetes mellitus

Alter	€ Kosten pro Fall pro Jahr (2008)	Prävalenz				Inzidenz			Krankheitskosten kumulativ 2012-2021 (Millionen €)
		Rate (%)	Anzahl (2012)	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	Rate pro 1.000 pro Jahr	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	
40-44	1.943	1.0	242	34	1	0.2	56	1	1.931.
45-49	1.989	2.1	447	53	3	0.3	87	3	3.092
50-54	5.165	3.9	726	71	6	0.6	111	6	10.333
55-59	5.674	6.5	1.088	86	11	0.9	132	10	13.238
60-64	3.677	8.0	1.368	78	15	1.2	54	6	5.488
65-69	3.008	10.4	1.813	4	1	1.7	1	0	0.207
70-74	2.359	12.8	1.571	-	-	2.1	-	-	-
75-79	3.529	12.3	1.283	-	-	2.0	-	-	-
Σ	-	-	8.538	326	37	2.2	441	26	34.289

Für alle mit „-“ bezeichneten Felder wurden keine Berechnungen vorgenommen, weil die entsprechenden Odds Ratios nicht signifikant waren.

Tabelle 2. Prognose der Folgen nächtlichen Fluglärms auf Erkrankungsrisiken, Sterblichkeit und Krankheitskosten im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn für einen 10-Jahres-Zeitraum (2012-2021) (Forts.)

Tabelle 2.3 Depression

Alter	€ Kosten pro Fall pro Jahr (2008)	Prävalenz				Inzidenz			Krankheitskosten kumulativ 2012-2021 (Millionen €)
		Rate (%)	Anzahl (2012)	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	Rate pro 1.000 pro Jahr	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	
40-44	6.113	1.2	281	72	1	0.2	97	1	12.696
45-49	6.257	1.4	296	69	1	0.2	97	1	12.620
50-54	5.808	1.7	319	66	2	0.3	96	2	11.340
55-59	6.380	1.7	289	53	2	0.3	83	2	10.215
60-64	5.421	1.5	261	40	3	0.3	73	3	7.079
65-69	4.435	1.7	299	39	3	0.3	77	4	5.854
70-74	2.851	2.3	280	28	3	0.4	62	4	2.837
75-79	4.266	2.9	296	9	1	0.5	30	3	1.684
Σ	-	-	2.321	376	16		615	20	64.325

Tabelle 2.4. Psychose / Schizophrenie

Alter	€ Kosten pro Fall pro Jahr (2008)	Prävalenz				Inzidenz			Krankheitskosten kumulativ 2012-2021 (Millionen €)
		Rate (%)	Anzahl (2012)	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	Rate pro 1.000 pro Jahr	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	
40-44	8.549	0.6	150	39	1	0.1	57	1	7.324
45-49	8.752	0.6	116	28	1	0.1	47	1	5.673
50-54	9.233	0.6	106	24	2	0.1	43	2	5.221
55-59	10.143	0.4	64	13	2	0.1	23	2	3.017
60-64	11.048	0.4	64	12	2	0.1	22	3	2.998
65-69	9.038	0.4	67	6	2	0.1	13	3	1.323
70-74	6.545	0.4	51	1	0	0.1	1	0	0
75-79	9.793	0.4	41	-	-	0.1	-	-	-
Σ	-	0.5	659	123	10		206	12	25.556

Für alle mit „-“ bezeichneten Felder wurden keine Berechnungen vorgenommen, weil die entsprechenden Odds Ratios nicht signifikant waren.

Tabelle 2. Prognose der Folgen nächtlichen Fluglärms auf Erkrankungsrisiken, Sterblichkeit und Krankheitskosten im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn für einen 10-Jahres-Zeitraum (2012-2021) (Schluß)

Tabelle 2.5 Demenz / M. Alzheimer

Alter	€ Kosten pro Fall pro Jahr (2008)	Prävalenz				Inzidenz			Krankheitskosten kumulativ 2012-2021 (Millionen €)
		Rate (%)	Anzahl (2012)	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	Rate pro 1.000 pro Jahr	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	
40-44	3.298	0.02	5	2	0	<0.01	4	0	0.180
45-49	4.918	0.04	8	2	0	0.01	4	0	0.372
50-54	5.739	0.07	13	4	0	0.01	7	0	0.707
55-59	6.305	0.12	19	5	0	0.02	9	0	1.040
60-64	8.121	0.25	42	11	1	0.04	22	1	2.889
65-69	6.017	0.69	120	29	5	0.12	55	6	5.185
70-74	6.834	2.02	248	53	12	0.33	92	13	10.344
75-79	10.225	4.14	425	80	28	0.70	136	31	20.996
80-84	13.827	8.92	591	97	47	1.58	54	18	19.995
Σ			1.471	284	94		383	70	61.708

Tabelle 2.6. Bösartige Neubildungen (außer Malignome der Atmungsorgane)

Alter	€ Kosten Fall pro Jahr (2008)	Prävalenz				Inzidenz			Krankheitskosten kumulativ 2012-2021 (Millionen)
		Rate (%)	Anzahl (2012)	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	Rate pro 1.000 pro Jahr	Attributive Erkrankungen 2012-2021	Attributive Todesfälle 2012-2021	
40-44	6.902	0.8	199	17	2	0.1	30	3	3.494
45-49	4.690	1.3	279	21	3	0.2	29	3	2.537
50-54	5.474	2.2	422	27	5	0.3	-	-	2.024
55-59	6.013	3.7	609	1	0	0.5	-	-	0.090
60-64	7.745	4.9	836	-	-	0.8	-	-	-
65-69	4.209	6.8	1.175	-	-	1.1	-	-	-
70-74	4.781	8.5	1.051	-	-	1.4	-	-	-
75-79	7.154	10.2	1.058	-	-	1.7	-	-	-
Σ			5.629	66	10		59	6	8.145

Für alle mit „-“ bezeichneten Felder wurden keine Berechnungen vorgenommen, weil die entsprechenden Odds Ratios nicht signifikant waren.

Bei den Kosten schlagen am stärksten zu Buche Herz- und Kreislaufkrankheiten (80

Millionen €), Demenz und Morbus Alzheimer (62 Millionen €) und Depressionen (64 Millionen €). Die Gesamtkosten belaufen sich auf 274 Millionen €.

Die infolge nächtlichen Fluglärms auftretenden Gesamtkosten von mehr als 0.25 Milliarden € im Prognosezeitraum 2012-2021 sind im Kontext der insgesamt prognostizierten Erkrankungs- und Todesfälle zu sehen (Tabelle 3). Bezogen auf einen zusätzlichen Erkrankungsfall entstehen also in dem 10-Jahreszeitraum Exzesskosten von ca. 74.400 €. In dieser Summe sind lediglich die unmittelbar mit der Erkrankung zusammenhängenden Kosten, nicht jedoch Folgekosten für Produktionsausfälle.

Tabelle 3. Prognose der auf nächtlichen Fluglärm zurückzuführenden Krankheitsfälle, Todesfälle und verlorene Lebensjahre im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn für die Jahre 2012-2021 (95%-Konfidenz-Intervall)

Erkrankung	Krankheitsfälle	...davon Todesfälle	Verlorene Lebensjahre in 2012-2021	Verlorene Lebensjahre pro Erkrankung
Herz- und Kreislauferkrankungen	1.202 (1.135-1.272)	304 (271-340)	6.387 ⁷ (6.231-6.546)	5,3
Diabetes mellitus	370 (333-410)	63 (48-81)	1.361 1.290-1.435)	3,7
Depression	991 (930-1.055)	36 (25-50)	803 (748-860)	0,8
Psychose/Schizophrenie	329 (294-367)	29 (19-42)	453 (412-497)	1,4
Demenz/Morbus Alzheimer	667 (617-720)	164 (140-191)	1.707 (1.627-1.790)	2,6
Krebserkrankungen (außer bösartigen Neubildungen der Atmungsorgane)	125 (104-149)	16 (9-26)	576 (530-625)	4,6
Summe	3.684 (3.556-3.805)	612 (564-662)	11.287 (11.080-11.497)	3,1

⁷ Auf der Basis einer Statistik der Gesundheitsberichterstattung des Bundes wurde für das Bundesland Nordrhein-Westfalen berechnet, wie viele verlorene Lebensjahre lebenslang durch zusätzliche Erkrankungen an Herz- und Kreislauferkrankungen aufgetreten sein könnten. Es ergab sich die Anzahl von 8.191 verlorenen Lebensjahren. Dieses entspricht pro Erkrankungsfall lebenslang 6.8 verlorenen Lebensjahren. Für andere Erkrankungen können die Statistiken des Statistischen Bundesamtes nicht herangezogen werden, weil sie ausschließlich auf der Haupttodesursache basieren.

Diskussion

Für die Kostenprognosen sind wissenschaftlich plausible und begründete Annahmen gemacht worden.

Für die Schätzung der Risiko-Erhöhung durch nächtlichen Fluglärm im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn wurde das Zeitfenster 23-1 Uhr ausgewählt. Bei einem Vergleich der Risiko-Erhöhung unter Zugrundelegung der Dauerschallpegel verschiedener Zeitfenster während der Nacht (23-1 Uhr, 3-5 Uhr, 22-6 Uhr) zeigte sich, dass die Lärmbelastung während der Zeit zwischen 23 - 1 Uhr die höchsten Steigerungen für das Risiko von Erkrankungen des Herzens und des Kreislaufs mit sich brachte. Publikationen belegen, dass eine Störung des Schlafs in der ersten Nachthälfte in besonderer Weise zur Beeinflussung der circadianen Variabilität des Cortisolspiegels beim Menschen führen kann [13, 14, 15]. Ein erhöhter Cortisolspiegel führt akut zu einer Blutdrucksteigerung, chronisch erhöhter Cortisolspiegel ist seinerseits mit Bluthochdruck assoziiert.

Die aus den Flugdaten des Jahres 2004 im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn ermittelten Risikokoeffizienten unterschätzen vermutlich die tatsächlichen Risikoerhöhungen durch nächtlichen Fluglärm, weil als Berechnungsbasis die fiktiven Flugrouten zugrunde gelegt wurden. Es ist offenkundig gängige Praxis, dass Fluglotsen in einer nicht bekannten Anzahl von Fällen aus wirtschaftlichen Gründen den Piloten freistellen, von den fiktiven Flugrouten abzuweichen. Dieses führt dazu, dass auch solche Personen dem Fluglärm exponiert werden, die unter den Bedingungen der fiktiven Flugrouten als nicht oder geringer exponiert klassifiziert worden wären. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass die Klassifikation der Bevölkerung in Lärmklassen nach Berechnung der Lärmpegel aus dem DES mit den zugrunde liegenden fiktiven Flugrouten in einem nicht bekannten Prozentsatz fehlerhaft sein muss, weil dem Fluglärm exponierte Personen fälschlicherweise als von Fluglärm geringer belastet bzw. unbelastet eingestuft werden. Eine solche Fehlklassifikation der Exposition führt in jedem Fall zu einer Unterschätzung realer Erkrankungsrisiken.

Für die Berechnung der Risikokoeffizienten im Rahmen der Fall-Kontroll-Studie im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn [1] waren keine Informationen über die Wohndau-

er verfügbar. Dieses führt zu einer Fehlklassifikation der realen Exposition. Allerdings führt auch diese Fehlklassifikation zu einer Unterschätzung möglicher Exzessrisiken. Dieser Effekt wurde unter anderem in der Schweizer Mortalitätsstudie [3] deutlich. Dort fanden sich in einer Untergruppe von Personen mit längerer Wohndauer signifikant höhere Exzessrisiken für die Sterblichkeit an akutem Herzinfarkt als in der Gesamtpopulation.

Zusätzlich zum Fehlen von Daten über die Wohndauer war auch über die Mobilität der Bevölkerung im Bezug auf Wohnsitze nichts bekannt. Diese Defizite sind ebenfalls als nicht-differentieller Bias der Exposition zu klassifizieren. Ein solcher Bias führt in jedem Fall zur Unterschätzung möglicher Exzessrisiken. Es wäre hilfreich gewesen, wenn Daten zur Verfügung gestanden hätten, die die Schätzung einer Latenzzeit zwischen erster Exposition gegenüber Fluglärm und Auftreten der untersuchten Erkrankungen erlaubt hätten. Eine solche Analyse wäre möglich gewesen, wenn ausschließlich die Erkrankungsrisiken von Personen untersucht worden wären, die an einem definierten Zeitpunkt in ein durch Fluglärm belastetes Gebiet ihren Wohnsitz verlegt hätten. Derartige Daten standen für die von uns durchgeführte Studie nicht zur Verfügung. Es findet sich eine derartige Analyse auch in keiner der in den letzten Jahrzehnten publizierten Studien zu möglichen Gesundheitsgefährdungen durch Fluglärm. Die Autoren weniger Studien [2, 3] konnten Analysen unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Wohndauern durchführen.

Bei der Diskussion möglicher Kausalbeziehungen zwischen der Exposition gegenüber Fluglärm und Erkrankungsrisiken kann deswegen das Kriterium der Temporalität nicht als erfüllt angesehen werden. Dieses Defizit findet sich in der Umweltepidemiologie jedoch fast ubiquitär.

Da lediglich für Herz- und Kreislauferkrankungen eine nach den Regeln der Epidemiologie festgestellte Kausalbeziehung zur Exposition gegenüber Fluglärm gesichert ist, müssen Risikoschätzungen für psychische Erkrankungen, maligne Neubildungen oder Diabetes mellitus mit einem gewissen Vorbehalt betrachtet werden. Allerdings existieren für diese Erkrankungen keine plausiblen Alternativ-Hypothesen zur Erklärung von Risikoerhöhungen in durch Fluglärm belasteten Regionen.

Ein Zusammenhang zwischen nächtlichem Fluglärm und einem erhöhten Erkrankungsrisiko an Diabetes mellitus erscheint jedoch plausibel, da mehrere Studien ei-

nen deutlichen Zusammenhang zwischen verkürztem bzw. gestörtem Nachtschlaf und der Häufigkeit von Diabetes mellitus erbracht haben [16, 17].

Für die Berechnung der Stärke der Exposition gegenüber Fluglärm sind lediglich die Flugbewegungen der sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres 2004 zugrunde gelegt worden. Eine geringere bzw. größere Anzahl von Flugbewegungen in den Jahren vor 2004 bzw. nach 2004 dürfte für die Berechnung der regionalen Lärmparameter von relativ geringer Bedeutung sein, weil erst bei einer Verdopplung von Flugbewegungen ein Anstieg der berechneten Lärmpegel um 3 dB(A) resultieren würde. Die Entwicklung der Anzahl von Flugbewegungen zwischen 1991 und 2011 zeigt relativ starke Schwankungen von Jahr zu Jahr, die jedoch vom Ausgangswert im Jahre 1991 (N=118.283) um maximal 31.6% im Jahre 2000 ansteigen, um danach wieder abzufallen [18].

Bei der Diskussion der Schätzung von attributablen Todesfällen muss berücksichtigt werden, dass bis auf Krebserkrankungen keine Datenquelle und keine Publikation zur Verfügung stand, aus der für Deutschland Überlebensraten hätten abgeleitet werden können.

Mittelbar zu den hier prognostizierten sozialen Kosten hinzuzurechnen wären Subventionen, die dem Flugverkehr durch Verzicht auf eine Besteuerung von Kerosin zu Gute kommen. Dieser Verzicht machte für die gesamte Bundesrepublik allein im Jahre 2011 die Summe von 4.8 Mrd. € aus [19].

Demgegenüber stehen positive wirtschaftliche Effekte, die noch zu beziffern wären.

Die Jahresabschlüsse des Flughafens Köln-Bonn für die Jahre 2009 und 2011 [20, 21] weisen aus, dass die Anzahl der vom Flughafen Beschäftigten seit 2008 von 1.831 auf 1.785 im Jahre 2011 zurückgegangen ist. In den Jahren 2008 und 2009 erbrachte der Flughafen seinen Anteilseignern einen Jahresverlust von 6.5 Mio. € bzw. 4.8 Mio. €, während in den Jahren 2010, 2011 und 2012 Gewinne von 15, 10 bzw. 4 Mio. € anfielen.

Ein umfassenderes Bild der Wirtschaftsleistung des Flughafens samt der Ausstrahlungseffekte auf die Region zeichnete ein Gutachten von drei Beratungsfirmen im Jahre 2008 [22]. Hierin wird u.a. positiv hervorgehoben, dass durch den Flughafen

als katalytischer Standortfaktor für die Ansiedlung von neuen Unternehmen „jährlich rd. 1.000 Arbeitsplätze in der Region“ entstünden [22, S. 32] und dass „seit 1980 in der Region Köln/Bonn **rd. 21.000 Arbeitsplätze aufgrund des Standorts Flughafen** entstanden“ seien [22, S. 33 Fettdruck im Original].

Dieses für den Flughafen überaus positive Gutachten ist von Friedrich Thießen, Professor für Betriebswirtschaftslehre an der Technischen Universität Chemnitz, analysiert worden. Thießen lobt die übersichtliche Darstellung der Ergebnisse in Grafiken und Tabellen, stellt aber über die Datenbasis und die daraus abgeleiteten Analysen ein verheerendes Zeugnis aus, weil wesentliche Regeln wissenschaftlicher Erhebungsmethoden nicht beachtet worden seien und wesentliche Details der angewendeten Methoden überhaupt nicht dargestellt würden.

Als ein Beispiel für die Verfälschung von Ausgangsdaten im Rahmen der Interpretation führt er die sogenannten katalytischen Effekte für die Neuansiedlung von Unternehmen wegen des Flughafens an. Im Fragebogen einer Unternehmensbefragung, der Basis u.a. für Aussagen über diese Neuansiedlung und entsprechende Neuschaffung von Arbeitsplätzen war, findet sich eine einzige Frage [22, S. 82] zum Zeitpunkt der Unternehmensansiedlung⁸. Thießen bemängelt zu Recht, dass „der Fragebogen keine einzige Frage oder keine Kombination von Fragen (enthielte), aus denen diese Aussage (einer Kausalbeziehung zwischen Flughafenstandort und Ansiedlung) abzuleiten wäre“.

Thießen hat sich offenkundig mit einem weiteren schwerwiegenden Defizit der Unternehmensbefragung der Beraterfirmen nicht befasst: Die Ausgangsbasis für die Fragebogenaktion waren Aussendungen an 4.885 Unternehmen in Köln bzw. im Rhein-Sieg-Kreis, die einen Fragebogen mit der Bitte um Teilnahme an der Untersuchung zugesandt bekommen hatten. Daraus resultierten 268 auswertbare Fragebögen. Eine Responserate von lediglich 5.5% erlaubt in keinem Fall Rückschlüsse auf die Gesamtheit aller in Frage kommenden Unternehmen, geschweige denn die Erarbeitung einer wissenschaftlich belastbaren Prognose.

⁸ Frage 2c „In welchem Jahr hat sich Ihr Unternehmen in der Region Köln/Bonn niedergelassen?“

Es muss deshalb konstatiert werden, dass den unabweisbaren sozialen und ökonomischen Folgen bislang keine belastbaren Daten über die wirtschaftlichen Effekte des Flughafens Köln-Bonn gegenüber stehen.

Deshalb stünden Politiker, deren Aufgabe es sein sollte, eine Abwägung zwischen sozialen Kosten und wirtschaftlichen Effekten durchzuführen, vor dem Dilemma, dass wirtschaftliche Effekte des Flughafens Köln-Bonn unbelegt behauptet werden, während die Prognose über soziale Folgen nächtlichen Fluglärms auf einer breiten, wissenschaftlich abgesicherten Datenbasis beruht.

In diesem Zusammenhang mit den Ergebnissen der hier vorgelegten Prognose ist auf die Publikation einer Studie hinzuweisen, die im Umfeld des Flughafens Frankfurt durchgeführt wurde [24]. Es ist zu antizipieren, dass die Autoren dieser Studie ihre Ergebnisse in der Argumentation gegen die Ergebnisse der hier vorgelegten Prognose heranziehen werden. Die Ergebnisse dieser Studie werden von den Autoren der Publikation dahingehend interpretiert, dass kein Zusammenhang zwischen nächtlichem Fluglärm und irgendeiner relevanten Erkrankung bestehen könnte. Allerdings zeigen die Detailergebnisse dieser Studie, dass mit zunehmendem nächtlichem Fluglärm das Risiko für relevante Erkrankungen und Arzneiverordnungen dieser Erkrankungen signifikant abnehmen. Dieses gilt für Bluthochdruck, Myokardinsuffizienz, mehr als zwei Erkrankungen, blutdrucksenkende Arzneimittel, mehr als zwei verschiedene Arzneimittel⁹. Diese Befunde einer mit zunehmendem nächtlichem Fluglärm geringeren Krankheitshäufigkeit sind bislang weltweit einzigartig. Es ist zu vermuten, dass die erheblichen Designdefizite dieser zu diesen bizarren Ergebnissen beigetragen haben könnten. Wären die Ergebnisse dieser Studie wissenschaftlich belastbar, würden folgerichtig auch keine zusätzlichen Erkrankungsfälle oder Exzesskosten resultieren können.

⁹ „Tab. A-18 Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen für den Prädiktor "Nachfluglämpege" (L_{Aeq,22.06h}). Kriterien: Gesundheitsbeschwerden (GBB), diagnostizierte Krankheiten/Morbidität, Medikamenteneinnahme.“ S. 125 in [24]

Zusammenfassung

Für das Umfeld des Flughafens Köln-Bonn wurde eine Prognose erstellt über die Entwicklung von Krankheitskosten in Abhängigkeit von nächtlichem Fluglärm. Die Prognose basiert auf Risikokoeffizienten, die im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn anhand der Daten von mehr als 1 Million gesetzlich Versicherter gewonnen worden waren, sowie auf Krankheitskostenrechnungen des Statistischen Bundesamtes für die Jahre 2002-2008. Die Prognose für die Kalenderjahre 2012-2021 wurde für sechs Diagnosegruppen durchgeführt (Herz- und Kreislaufkrankheiten, Diabetes mellitus, Depressionen, Psychosen und Schizophrenien, Demenz und Morbus Alzheimer, Krebserkrankungen außer bösartigen Neubildungen der Atmungsorgane). Über den 10-Jahreszeitraum ist mit ca. 3.700 Erkrankungsfällen zu rechnen, von denen mehr als 600 verstorben sein dürften. Die dadurch entstehenden Krankheitskosten übersteigen 274 Mio. €.

Interessenkonflikte

Der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Der Autor hat im Auftrag des Umweltbundesamtes zwei Forschungsvorhaben abgeschlossen zum möglichen Zusammenhang von nächtlichem Fluglärm und Gesundheit (1. „Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen“. FKZ 205 51 100. 2005-2006. 2. „Risikofaktor nächtlicher Fluglärm“. FKZ 3708 51 101. 2008-2009.). Das erste dieser Forschungsprojekte wurde durch den Rhein-Sieg-Kreis, verschiedene Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises und die Ärzte-Initiative für ungestörten Schlaf e.V. kofinanziert.

Gegenwärtig wird unter seiner Leitung im Auftrag des Umweltbundesamtes ein weiteres Forschungsprojekt durchgeführt („Umweltlärm und Gesundheitsgefährdung am Beispiel Bremen“. FKZ 3710 61 170). Bei diesem Forschungsprojekt erfolgt eine Kofinanzierung durch den Gesundheitssenator der Freien Hansestadt Bremen.

Literatur

[1] Greiser E, Greiser C. Risikofaktor nächtlicher Fluglärm. Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. (FKZ 3708 51 101). Schriftenreihe Umwelt und Gesundheit 01/2010.

[2] Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley ML, Savigny P, Seiffert I, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Sourtzi P, Velonakis M, Vigna-Taglianti F on behalf of the HYENA study team. Hypertension and exposure to noise near airports: The HYENA Study. *Environ Health Perspect* 2008; 116: 329-333.

[3] Huss A, Spoerri A, Egger M, Rössli M. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 2010; 21:829-836.

[4] Link:

http://www.gbebund.de/oowa921install/servlet/oowa/aw92/WS0100/_XWD_FORMPROC?TARGET=&PAGE=_XWD_534&OPINDEX=14&HANDLER=_XWD_CUBE.SETPGS&DATAcube=_XWD_560&D.000=3730&D.003=43

[5] http://www.tumorregister-muenchen.de/facts/specific_analysis.php

[6] Jhund PS, MacIntyre K, Simpson CR et al. Long-term trends in first hospitalization for heart failure and subsequent survival between 1986 and 2003. A population study of 5.1 million people. *Circulation* 2009; 119:515-523.

[7] Capewell S, Kivingston BM, MacIntyre K et al. Trends in case-fatality in 117.718 patients admitted with acute myocardial infarction in Scotland. *Eur Heart J* 2000; 21:1833-1840.

[8] Schissel C, Berger AK, Luepker RV et al. Trends in nine-year survival of stroke patients between 1980 and 2000. The Minnesota Stroke Survey. Abstract MP 080. *Circulation* 2012;125: AMP080

[9] Chang CK, Hayes RD, Broadbent M et al. All-cause mortality among people with serious mental illness (SMI), substance use disorders, and depressive disorders in southeast London: a cohort study. *BMC Psychiatry* 2010; 10:77.

[10] Laursen TM, Munk-Olsen T, Nordentoft M et al. Increased mortality among patients admitted with major psychiatric disorders: A register-based study comparing mortality in unipolar depressive disorder, bipolar affective disorder, schizoaffective disorder, and schizophrenia. *J Clin Psychiatry* 2007; 68:899-907.

[11] Rait G, Walters K, Bottomley C et al. Survival of people with clinical diagnosis of dementia in primary care: a cohort study. *BMJ* 2010; 341:c3584.

[12] Gu K, Cowie KC, Harris MI. Mortality in adults with and without diabetes in a national cohort of the U.S. population 1971-1993. *Diabetes Care* 1998; 21:1138-1145.

[13] Balbo M, Leproult R, van Cauter E. Impact of sleep and its disturbances on hypothalamo-pituitary-adrenal axis activity. *Int J Endocrinol* 2010; doi: 10.1155/2010/759234.

- [14] Stamatakis KA, Punjabi NM. Effects of sleep fragmentation on glucose metabolism in normal subjects. Chest 2010; 137:95-101.
- [15] von Treuer K, Norman TR, Armstrong SM. Overnight human plasma melatonin, cortisol, prolactin, TSH, under conditions of normal sleep, sleep deprivation, and sleep recovery. J Pineal Res 1996; 20:7-14.
- [16] Mallon L, Broman JE, Hetta J. High incidence of diabetes in men with sleep complaints or short sleep duration. Diabetes Care 2005; 28:2762-2767.
- [17] Cappuccio FP, Strazzullo P, D'Ella L, Miller MA. Quantity and quality of sleep and incidence of type 2 diabetes. A systematic review and meta-analysis. Diabetes Care 2010; 33:414-420.
- [18] Link Homepage des Flughafens Köln-Bonn, Access am 4.1.2013
www.koeln-bonn-airport.de/unternehmen/daten-fakten.html
- [19] Deutscher Bundestag. Drucksache 17/10724. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Lisa Paus, Sven-Christian Kindler, Stephan Kühn, und weiterer Abgeordneter der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drs: 17/10587) Subventionsabbau im Luftverkehr.
- [20] Flughafen Köln/Bonn. Jahresabschluss zum 31.12.2009. Download am 4.2.2013 von www.Bundesanzeiger.de.
- [21] Flughafen Köln/Bonn. Jahresabschluss zum 31.12.2011. Download am 4.2.2013 von www.Bundesanzeiger.de.
- [22] Booz Allen Hamilton, Prognos, Airport Research Center. Der Köln Bonn Airport als Wirtschafts- und Standortfaktor. Die ökonomische Bedeutung von Passagier- und Luftfrachtverkehr. Mai 2008.
- [23] Thießen F. Wirtschaftliche Effekte des Flughafens Köln Bonn. Der Köln Bonner Airport als Wirtschafts- und Standortfaktor. Qualitätssicherung. Chemnitz, 9.11.2010.
- [24] Schreckenber D, Eikmann TF, Herr CEW, zur Nieden A, Heudorf U. Fluglärm und Gesundheit in der Main-Rhein-Region 2005. Ergänzende Auswertungen der RDF-Belastigungsstudie um die Fragen zur Gesundheit. Amt für Gesundheit, Frankfurt am Main. 16.3.2009.