

Hessischer Verwaltungsgerichtshof
Brüder-Grimm-Platz 1

34117 Kassel

29. März 2004

In dem Verwaltungsstreitverfahren

xxxxxx

gegen

Land Hessen

- 2 A 1651/02

I. Sachverhalt

Die Kläger begehren Schutz gegen eine Gesundheitsgefährdung und – Schädigung durch Immissionen des Betriebes des Flughafens Frankfurt (Main).

Die Betriebsgenehmigung für den schon vor dem Zweiten Weltkrieg angelegten Flughafen Frankfurt (Main) wurde durch Bescheid des damaligen Hessischen Ministers für Wirtschaft und Verkehr vom 20. Dezember 1957 neu gefasst; sie enthält einen allgemeinen Auflagenvorbehalt, jedoch keine ausdrückliche Einschränkung der Betriebszeit.

Auf der Grundlage weiterer Genehmigungen vom 27. Oktober 1960 und 3. Juni 1964 wurden die Start- und Landebahn 07 L/25 R (Nord) auf 3.900 m sowie die parallel verlaufende Start- und Landebahn 07 R/25 L (Süd) auf 3.750 m verlängert. Mit Bescheid vom 23. August 1966 wurden im Zuge des geplanten Ausbaus des Flughafens die nochmalige Verlängerung der beiden Parallelbahnen mit den dazugehörigen Rollbahnen und Befeuerungsanlagen und der Betrieb auf einer Länge von jeweils 4.000 m nach Verlegung der Schwellen 25 R und 25 L um 588 m bzw. um 670 m nach Westen sowie die Anlage der Startbahn 18 (West) mit einer Länge von ebenfalls 4.000 m mit den dazugehörigen Rollbahnen und Befeuerungsanlagen und der Betrieb für Starts nur in Richtung Süd genehmigt.

Durch Beschluss vom 23. März 1971 (StAnz. S. 752 bis 760) wurde der Plan für die Errichtung der Startbahn 18 (West) und die Verlängerung des bestehenden Parallelbahnsystems im Wesentlichen entsprechend dem genehmigten

Ausbauplan festgestellt. In der Begründung dieses Planfeststellungsbeschlusses ist ausgeführt, der Flughafen Frankfurt (Main) habe sich zu einem der bedeutendsten Knotenpunkte des innerdeutschen und des Weltluftverkehrs entwickelt. Die Erweiterung des Start- und Landebahnsystems sei notwendig, um das künftig zu erwartende hohe Verkehrsaufkommen abwickeln zu können. Einschränkende Betriebsregelungen enthält der Planfeststellungsbeschluss nicht; allerdings soll der Flughafenunternehmer nach Abschnitt C 10 der Entscheidung darauf hinwirken, dass bei der Festlegung der An- und Abflugverfahren unter Berücksichtigung der neuesten Erkenntnisse der Technik dem Ruhebedürfnis der Bevölkerung in der Umgebung des Flughafens so weit wie möglich Rechnung getragen wird. Das Gegenteil dessen, was 1971 Gegenstand und Grundlage der planerischen Abwägung gewesen ist - nämlich eine in den Planunterlagen ausdrücklich angesprochene Verringerung der Lärmbelastung -, ist in Wirklichkeit eingetreten; maßgeblich hierfür sei die Häufigkeit der Einzelschallereignisse, die an anderen deutschen Flughäfen auch nicht annähernd erreicht werden.

In mehreren Nachträgen zur Betriebsgenehmigung wurden nach der Inbetriebnahme der Startbahn 18 (West) im April 1984 schrittweise gewisse Einschränkungen des zivilen Nachtflugverkehrs angeordnet. Durch Nachtrag vom 16. Juli 1999 traf das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL) u. a. auch für lärmzertifizierte "Kapitel - 3 - Flugzeuge" folgende Regelung:

- 3.1 Starts und Landungen von Flügen, die nicht spätestens am Vortag vom Flugplankoordinator koordiniert wurden (ad-hoc-Charter, insbesondere Einzelflüge aus bestimmten Anlässen ohne öffentliches Interesse) sind nicht zulässig von 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr Ortszeit.

- 3.2 Starts und Landungen zur Durchführung von Übungs-, Überprüfungs- und Trainingsflügen sind nicht zulässig von 23.00 Uhr bis 06.00 Uhr Ortszeit.

- 3.3 Landungen für alle Arten von Flugzeugen sind nicht zulässig von 00.00 Uhr bis 05.00 Uhr Ortszeit.

...

- 4.3 Von den Einschränkungen nur nach Nr. 3 sind ausgenommen: Luftfahrzeuge, deren Betreiber solche Luftfahrtunternehmen sind, die der Genehmigungsbehörde nachgewiesen haben, dass sie in Frankfurt den Schwerpunkt ihres Geschäfts- und Wartungsbetriebes unterhalten.

Landungen derartiger Luftfahrzeuge sind jedoch nicht zulässig von 01.00 Uhr bis 04.00 Uhr Ortszeit.

Trotz dieser Einschränkungen stieg die Anzahl der Nachtflugbewegungen weiter, zum Teil sprunghaft, an.

Wegen der überproportional hohen Zunahme von Fluglärmbeschwerden seit 1998 und der deutlichen Steigerung der nächtlichen Flugbewegungen in den Jahren 1999 und 2000 sowie im Hinblick auf zahlreiche Anträge - u. a. der Klägerin zu 1. - auf Anordnung von Flugbeschränkungen sah das HMWVL Veranlassung, die Beigeladene für den 24. Mai 2000 zu einem luftverkehrlichen Aufsichtsgespräch und um die Vorlage eines aktuellen lärmphysikalischen Gutachtens zu bitten. Hierzu wurde einvernehmlich festgelegt, dass in dem Gutachten auf der Basis der sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres 2000 (Mai bis Oktober) die rechnerisch ermittelte Fluglärmbelastung in der Umgebung des Flughafens für den Betriebsfall 2000 (460.000 Flugbewegungen pro Jahr) und für den Betriebsfall 200X (500.000 Flugbewegungen pro Jahr) unter Zugrundelegung bestimmter Kriterien und Parameter darzustellen sei. Das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) daraufhin erstellte

Gutachten wurde - und zwar auch in seiner überarbeiteten Fassung vom 14. Dezember 2000 - von dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) "qualitätsgesichert". Auf seiner Grundlage leitete das HMWVL durch Schreiben vom 4. Januar 2001 eine Anhörung nach § 28 HVwVfG mit dem Hinweis darauf ein, dass in beiden untersuchten Betriebsfällen in der Nachtzeit Wohngebiete von dem sog. Jansen-Kriterium erfasst würden und damit für diese Gebiete die Zumutbarkeitsschwelle für die Beeinträchtigung durch nächtlichen Fluglärm überschritten werde; auch unter Einbeziehung ökonomischer und ökologischer, arbeitsmarkt- und strukturpolitischer Aspekte werde Handlungsbedarf gesehen und sei beabsichtigt, Maßnahmen des aktiven und passiven Lärmschutzes vorzusehen, um die Lärmbelastung der Wohnbevölkerung in der Umgebung des Flughafens Frankfurt (Main) zu reduzieren.

Die Kläger hatten beim HMWVL beantragt, Beschränkungen des Flughafenbetriebs mit dem Ziel einer wirksamen Lärminderung, insbesondere in den Nachtstunden, in der Weise anzuordnen, dass von 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr ein Nachtflugverbot und generell die Einführung des CDA-Anflugverfahrens angeordnet werden sollte.

Durch an die Beigeladene gerichteten Bescheid vom 26. April 2001 ordnete das HMWVL eine "vorläufige weitere Einschränkung und Konkretisierung der Betriebsgenehmigung nach § 6 LuftVG" an, und zwar ausdrücklich in Anwendung von § 6 Abs. 2 Satz 4 i.V.m. § 29b LuftVG sowie unter Inanspruchnahme des früher ausgesprochenen Vorbehaltes weiterer Einschränkungen hinsichtlich des Schutzes der Bevölkerung vor Fluglärm. In dem nur den Winterflugplan 2001/2002 betreffenden Teil A I dieser für sofort vollziehbar erklärten Entscheidung ("Lärmbegrenzende Betriebsbeschränkungen") wurde der Flugbetrieb über die nach dem Bescheid vom 16. Juli 1999 bestehende Nachtflugregelung hinaus dadurch beschränkt, dass die Anzahl der planbaren Flugbewegungen in der Zeit von 23.00 Uhr bis 05.00 Uhr (Ortszeit) auf der Grundlage der koordinierten Nachtflugbewegungen des Winterflugplans 2000/2001 - auf insgesamt nicht mehr als 6.297 Nachtflugbewegungen - begrenzt wurde. In dem über den Winterflugplan 2001/2002 hinaus geltenden Teil A II der Entscheidung ("Baulicher Schallschutz") wurde die Beigeladene verpflichtet, in einem Nachtschutzgebiet, das von der Umhüllenden einer auf der Grundlage von 150 Nachtflugbewegungen berechneten "Isophone 6 x 75" (sechsmalige Überschreitung des Maximalpegels 75 dB(A) _{außen}) und der Isophone 55 dB(A) Leq (3) außen gebildet wird, baulichen Schallschutz (Schallschutzmaßnahmen) an Wohngebäuden anzubieten und durchzuführen oder durchführen zu lassen, und zwar, wie von der Beigeladenen selbst angeboten, mit dem Ziel, dass im belüfteten Rauminnern in zum Schlafen geeigneten Räumen bei geschlossenen Fenstern am Ohr des Schlafers ein Maximalpegel von 52 dB(A) L_{max} nicht regelmäßig überschritten wird. Die Genehmigungsbehörde kündigte ferner an, dass die Beigeladene, wie sie selbst angeboten habe, baulichen Schallschutz nach den vorgenannten Kriterien auch für Krankenhäuser, Altenwohnanlagen, Schulen und Kindertagesstätten und ähnlich besonders schutzwürdige Einrichtungen, die dem ständigen Aufenthalt von Menschen zu dienen bestimmt sind, sicherstellen werde, sofern sich diese Einrichtungen in dem definierten Schutzgebiet befinden. In Teil A III ("Lärmgutachten") wurde die Beigeladene verpflichtet, in Ergänzung des Gutachtens vom 14. Dezember 2000 ein weiteres lärmphysikalisches Gutachten vorzulegen, das sowohl den Flug- als auch den Bodenlärm - diesen "in Anlehnung an die TA-Lärm" - ermittelt und darstellt, und zwar unter Berücksichtigung der seit April 2001 veränderten Streckenführung und -belegung. In Teil A IV ("Fluglärmmessungen") wurde die Beigeladene sodann

verpflichtet, die von ihr nach § 19a LuftVG eingerichteten und zu betreibenden Fluglärmmessanlagen auf die Richtigkeit der Fluglärmfassung und der Messungen sowie der Auswertung von einer fachlichen anerkannten Stelle überprüfen und sich die Ordnungsmäßigkeit der Datenerfassung und Auswertung jährlich bestätigen zu lassen.

Am 20. August 2001 fand zwischen Vertretern der Luftverkehrswirtschaft und der Genehmigungsbehörde eine Besprechung über die Umsetzung des Bescheides vom 26. April 2001 sowie über die wirtschaftlichen Auswirkungen einer bis zum Abschluss des baulichen Schallschutzprogramms befristeten Lärmkontingentierung statt; diese Besprechung wurde zugleich als Anhörung im Sinne des § 28 HVwVfG zu der anstehenden Folgeentscheidung durchgeführt.

Durch für sofort vollziehbar erklärten Bescheid vom 24. September 2001 änderte das HMWVL die Genehmigung zum Betrieb des Flughafens Frankfurt (Main) sodann in der Weise ab, dass für die einzelnen Flugplanperioden, beginnend mit dem Sommerflugplan 2002 und endend mit dem Winterflugplan 2005/2006, eine auf die Zeit von 23.00 Uhr bis 05.00 Uhr (Ortszeit) begrenzte und auf die jeweilige Flugplanperiode bezogene, in einem bestimmten Lärmkontingentkonto ausgedrückte Lärmkontingentierung für die Flüge vorgenommen wurde, für die durch den Flughafenkoordinator in diesem Zeitraum Zeitnischen (Slots) zugeteilt werden. Das jeweilige Lärmkontingentkonto wurde auf der Grundlage der koordinierten Nachtflüge des Sommerflugplans 2000 mit 217 Tagen und des Winterflugplans 2000/2001 mit 147 Tagen sowie des jeweiligen Flottenmixes unter Berücksichtigung der Zuordnung der Luftfahrzeuge in insgesamt sieben Lärmkategorien ermittelt; diese Zuordnung, die Bestandteil der Entgeltregelung für den Flughafen Frankfurt (Main) ist, erfolgte nach dem von der Beigeladenen für das Jahr 2000 ermittelten durchschnittlichen Startlärmpegel der einzelnen betrachteten oder als Gruppen zusammengefassten Flugzeugtypen.

Nach Vorlage weiterer lärmphysikalischer Gutachten änderte das HMWVL die Genehmigung zum Betrieb des Flughafens Frankfurt (Main) durch wiederum für sofort vollziehbar erklärten Bescheid vom 25. November 2002 in der Weise ab, dass das in dem Bescheid vom 26. April 2001 festgesetzte Nachtschutzgebiet ausgedehnt wurde, aber noch immer nicht das Verwaltungsgebiet der kommunalen Kläger erfasst. Zur Begründung des Bescheides führt das HMWVL aus, aus den Ergebnissen der erneut durch das HLUG qualitätsgesicherten DLR-Gutachten sei zu erkennen, dass bereits ohne Berücksichtigung des militärischen Flugbetriebes die Belastung der Bevölkerung durch nächtlichen Fluglärm in der Flughafenumgebung gebietsweise ein solches Ausmaß erreicht habe, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen nur durch Schutzmaßnahmen in Form eines baulichen Schallschutzes ausgeschlossen werden könnten.

Der Flugbetrieb steigerte sich in den vergangenen Jahren in einem bei Erlaß des Planfeststellungsbeschlusses im Jahr 1971 nicht vorhersehbaren Ausmaß. So verfünffachten sich die Nachtflüge. Die damit über den Wohnhäusern der Kläger verbundene Lärmbelastung überschreitet das Maß erheblicher Belästigung, was im Weiteren in diesem Schriftsatz begründet wird.

Die Städte Flörsheim und Mörfelden-Walldorf haben die Gesellschaft für sensorische Messtechnik deBAKOM mit der Erstellung von Fluglärmmessungen beauftragt. Als Beweismittel beziehen sich die Kläger auf die von beiden Kommunen in Parallelverfahren vorgelegten Messergebnisse, deren Zusammenfassung sie auf Seite 6 ihrer Klage vom 19. Juni 2002 vorgetragen haben und die in dieser Größenordnung an allen Wohnhäuser aller Kläger auftreten.

Dieses inzwischen erreichte Maß an Fluglärmimmissionen zu Lasten der Kläger ist weder durch die für den Flughafen Frankfurt (Main) erteilte Betriebsgenehmigung noch durch den 1971 erlassenen Planfeststellungsbeschluss gedeckt. Mit dem Bau einer dritten Startbahn sowie der Verlängerung und Westverschiebung des damals bereits vorhandenen Parallelbahnsystems sollte eine Verbesserung der Lärmsituation für die u.a. in Verlängerung der Parallelbahnen im Westen und Osten des Flughafens gelegenen Kommunen herbeigeführt werden; tatsächlich ist dort jedoch heute eine erhebliche Verschlechterung sowohl tags als auch insbesondere nachts eingetreten.

Alle am Luftverkehr Beteiligten sind verpflichtet, unnötigen Lärm (§ 29 b LuftVG) und vermeidbare Schadstoffbelastungen (Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG, Art. 20 Abs. 2 GG und Art. 20 a GG) zu vermeiden. Eine Maßnahme dazu ist die Nutzung lärmindernder Abflugverfahren; zu diesen zählt ein Abflug mit steilerem Steigwinkel als er bislang praktiziert wird.

II. Begründung

1. Zulässigkeit der Klage

Gemäß § 42 Abs. 2 VwGO ist, soweit gesetzlich nichts anderes bestimmt ist, die Klage zulässig, wenn der Kläger geltend macht, durch den Verwaltungsakt oder seine Ablehnung oder Unterlassung in seinen Rechten verletzt zu sein. Ein Kläger genügt seiner Darlegungspflicht, wenn er hinreichend substantiierte Tatsachen vorträgt, die es zumindest als möglich erscheinen lassen, dass er - im Falle einer Verpflichtungsklage - durch Ablehnung oder Unterlassung eines beantragten Verwaltungsakts in einem e i g e n e n Recht verletzt wird.

vgl. Urteil des BVerwG vom 24. September 1998 - 4 CN 2.98 -, BVerwGE 107, 215, 217

Die Kläger machen im Hinblick auf die ihnen nach Art. 2 Abs. 2 Satz 1 und Art. 14 Abs. 1 GG zustehenden Rechte unter Bezugnahme auf die Sachverständigengutachten von Dr. Kühner (deBAKOM) geltend, der Nachtflugbetrieb auf dem Flughafen Frankfurt (Main) führe für sie zu einer gegen die vorgenannten verfassungsrechtlichen Gewährleistungen verstoßenden Immissionsbelastung durch Fluglärm.

Die Ausrichtung der bei dem vorhandenen Parallelbahnsystem in Betracht kommenden An- und Abflugrouten lassen es als möglich erscheinen, dass die durch den aktuellen Flughafenbetrieb verursachten Lärmimmissionen an den Wohnhäusern der Kläger zu einer möglicherweise sogar die verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsschwelle übersteigenden Belastung ihrer Wohngrundstücke führen. Denn alle klägerischen Grundstücke liegen in der engeren Flughafenumgebung und teilweise in einem Bereich, der zum Nachtschutzgebiet zählt und in dem passiver Schallschutz realisiert werden soll.

Bloß passiver Schallschutz ist untauglich, um die für die Zeit von 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr den Klägern drohende Gefährdung ihrer Gesundheit durch Luftverkehrslärm auszuschließen. Denn die Privatkläger müssen ihre Außenwohnbereiche im Sommer auch nach 22.00 Uhr ohne fluglärmbedingte Kommunikationsstörungen zu Erholungszwecken nutzen können.

Es erscheint zumindest als rechtlich nicht von vornherein ausgeschlossen, dass die Kläger weitergehenden (aktiven) Lärmschutz beanspruchen können, als er (auch) ihnen durch die Bescheide des HMWVL vom 26. April 2001, 24. September 2001 und 25. November 2002 - in Form einer mit dem Winterflugplan 2005/2006 endenden Lärmkontingentierung - bereits gewährt worden ist.

2. Der verfassungsrechtliche Schutz gegen gegenüber Verkehrslärm

Das Grundrecht auf körperliche Unversehrtheit (Art. 2 Abs. 2 GG) schützt den Staatsbürger nicht nur als subjektives Abwehrrecht gegen staatliche Eingriffe. Vielmehr folgt darüber hinaus aus den objektiv-rechtlichen Gehalt dieses Grundrechts die Pflicht der staatlichen Organe, sich schützend und fördernd vor die in Art. 2 Abs. 2 GG genannten Rechtsgüter zu stellen und sie insbesondere vor rechtswidrigen Eingriffen von seiten anderer zu bewahren. Diese zunächst im Urteil zur Fristenlösung

BVerfGE 39, 1 (41)

entwickelte und im Schleyer-Urteil

BVerfGE 46, 160 (164)

bestätigte Rechtsprechung hat das Bundesverfassungsgericht in zwei frühen Entscheidungen zum Atomrecht inzwischen auch auf den Umweltschutz angewandt.

BVerfGE 49, 89 (141) - Kalkar;
BVerfGE 53, 30 (57) - Mülheim-Kärlich

Die aus Art. 2 Abs. 2 GG folgende Schutzpflicht beschränkt sich nicht auf einen Schutz der körperlichen Unversehrtheit in biologisch-physiologischer Hinsicht, sondern erstreckt sich auch auf den geistig-seelischen Bereich, also das psychische Wohlbefinden

so etwa Kloepfer, Zum Grundrecht auf Umweltschutz, 1978, S. 28

und umfasst auch das soziale Wohlbefinden.

Der Begriff der körperlichen Unversehrtheit in Art. 2 Abs. 2 GG ist mit dem Begriff der Gesundheit gleichzusetzen, wie ihn die Weltgesundheitsorganisation in ihrer Satzung vom 22. Juli 1946 definiert hat. Fluglärmfolgen sind daher nicht nur wegen somatischer, sondern bereits wegen solcher psychischer und das soziale Wohlbefinden beeinträchtigender Auswirkungen zu bekämpfen, die über die Grenzen des sozial Adäquaten hinausgehen. Denn in der genannten Satzung wird als Gesundheit "der Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Freisein von Krankheit und Gebrechen" bezeichnet. Als gesundheitliche Beeinträchtigung in diesem Sinne ist Fluglärm schon deswegen geeignet, weil er die Kommunikation im weitesten Sinne stört, den Erholungswert der Wohnung und ihres Umfeldes herabsetzt, Konzentration und Aufmerksamkeit mindert, Nervosität und Irritiertheitsgefühle verursacht sowie Erschrecken, Verärgerung und Furchtassoziationen auslöst.

vgl. etwa Rohrmann und Oeser, in: Umweltrecht im Wandel, Materialdienst Nr. 18/79 der Evangelischen Akademie Bad Boll, S. 92 ff.

Gegen die Zugrundelegung des weiten Gesundheitsbegriffs der Weltgesundheitsorganisation lässt sich nicht überzeugend einwenden, es sei - wenn das dem Willen des Verfassungsgesetzgebers entsprochen hätte - schwer erklärlich, dass der Parlamentarische Rat diesen seit 1946 bekannten Begriff nicht übernommen, sondern stattdessen nur die "körperliche Unversehrtheit" grundrechtlich geschützt hat. Denn eine Beschränkung des Schutzes allein auf solche Einwirkungen, die Verletzungen des Körpers darstellen, wird der Bedeutung dieses Grundrechts jedenfalls dann nicht gerecht werden, wenn es im Lichte des Art. 1 GG und der darin verbürgten Unantastbarkeit der Menschenwürde ausgelegt wird.

BVerfG Beschluss vom 14. Januar 1981 Az. 1 BvR 612/72

Auch ist eine solche Beschränkung nicht mit dem Verständnis des Menschen als einer Einheit von Leib, Seele und Geist sowie mit der Wechselwirkung zwischen psychischen und physischen Gesundheitsstörungen vereinbar. Verfassungsrechtlich wird nur eine weite Auslegung der Funktion des Grundrechts als Abwehrrecht gegen staatliche Eingriffe etwa durch psychische Folterungen, seelische Quälereien und entsprechende Verhörmethoden gerecht. Da die Einfügung gerade dieses Grundrechts auf körperliche Unversehrtheit auf Erfahrungen der Nazi-Herrschaft beruhte, darf dieser Gesichtspunkt nicht vernachlässigt werden. Das Grundrecht erfasst daher solche zumindestens nichtkörperlichen Einwirkungen, die ihrer Wirkung nach körperlichen Eingriffen gleichzusetzen sind. Das sind jedenfalls solche, die das Befinden einer Person in einer Weise verändern, die der Zufügung von Schmerzen entspricht. Diese Auslegung entspricht der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts. So wurde die Frage, ob hirnelektrische Untersuchungen in die körperliche Unversehrtheit eingreifen können, nicht etwa von vornherein verneint, sondern wegen der Harmlosigkeit solcher Untersuchungen offengelassen.

BVerfGE 17, 108, 114 f.

In der Entscheidung zum Räumungsschutz ist die psychische Erkrankung des Beschwerdeführers und die Gefahr von Selbstmorden als relevant im Sinne des Art. 2 Abs. 2 GG angesehen worden.

BVerfGE 52, 214, 220 f.

Die weite Auslegung des Grundrechts entspricht auch den Lärmschutzvorschriften. Schon die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm schon in der Fassung vom 16. Juli 1968 (Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 137 vom 26. Juli 1968) und vor allem das Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 bezeichnen Geräusche, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, "Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft" herbeizuführen, als schädliche Umwelteinwirkungen. Die gleichen Kriterien verwenden die durch das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm geänderten und neu eingeführten Vorschriften der §§ 29, 29a LuftVG. Auch das geplante Verkehrslärmschutzgesetz erstrebte einen Schutz gegen "erheblich belästigende und billigerweise unzumutbare Lärmeinwirkungen" (BTDrucks. 8/3730, S. 4).

3. Bisher unterstellte Zumutbarkeitsschwelle des Luftverkehrsrechts

Das Luftverkehrsgesetz fordert eine angemessene Berücksichtigung des Schutzes vor Fluglärm (§ 6 LuftVG); aktiver oder passiver Fluglärmschutz ist danach geboten, wenn er zur Sicherung der Benutzung benachbarter Grundstücke gegen Gefahren oder Nachteile notwendig ist (§ 9 LuftVG). Das Maß der erheblichen Verkehrsgeräusche bemisst sich nach der **Zumutbarkeit**. Erheblich sind solche Verkehrsgeräusche, die der jeweiligen Umgebung mit Rücksicht auf deren durch die Gebietsart und die konkreten tatsächlichen Verhältnisse bestimmte Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit nicht mehr zugemutet werden können. Dazu ist die Gebietsart (Kurgebiet, Altenheim, Krankenhaus, reines Wohngebiet, allgemeines Wohngebiet, Dorf- oder Mischgebiet, Kern- oder Gewerbegebiet) der näheren Umgebung des betroffenen Grundstückes nach den Kriterien der Baunutzungsverordnung zu bestimmen. Eine vorhandene Lärmvorbelastung wirkt schutzmindernd, so lange das Maß des Zumutbaren nicht überschritten ist. In einem nicht vorbelasteten Wohngebiet muß nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts innerhalb des Gebäudes tagsüber eine ungestörte Kommunikation unter Einschluß der Medien Telephon, Rundfunk, Fernsehen und in der Nacht die Möglichkeit des **störungsfreien Schlafens** auch bei gelegentlich geöffneten Fenstern gewährleistet sein.

BVerwGE 87, 373 München II

Details sind nicht durch Gesetzesauslegung, sondern durch lärmmedizinische Sachverständigengutachten zu klären. Da der relevante Gesundheitsbegriff auch unter den lärmmedizinischen Sachverständigen umstritten ist,

Scheuch/ Jansen Medizinisches Gutachten über die Auswirkungen des Fluglärms im Rahmen der vorgesehenen Änderung der Nachtflugregelung für den Flughafen München II vom 28.09.1999, S. 10 (die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass nicht jede somatische Veränderung durch Lärm eine Gesundheitsbeeinträchtigung oder Gesundheitsgefährdung darstelle)

haben die Gerichte den Gutachtern den zu bewertenden relevanten Gesundheitsbegriff vorzugeben.

Als Ergebnis solcher in der Vergangenheit eingeholter lärmmedizinischer Sachverständigengutachten zu Flughafenplanungen wurden in der Rechtsprechung Schutzwerten für den Lärmschutz am Tage an den Außenwohnbereichen von $L_{eq} = 70 \text{ dB(A)}$

BVerwG ZLW 1991, 187 Stuttgart

und im Innern der Wohnräume von $L_{eq} = 40 \text{ dB(A)}$

NJW 1995, 2572

bzw. $L_{max} = 55 \text{ dB(A)}$ ermittelt. Für den Fluglärmschutz zur Nachtzeit wurden Schwellen von $L_{max \text{ außen}} = 5 \times 79 \text{ dB(A)}$,

NVwZ 1990, 263 Düsseldorf

$L_{eq \text{ außen}} = 60 \text{ dB(A)}$,

Flughafen Stuttgart

$L_{\max \text{ innen}} = 55 \text{ dB(A)}$

NVwZ 1999, 647 Erfurt; NVwZ 1990, 263 Düsseldorf; München NVwZ-RR 1991, 601

sowie für stark belastete Gebiete ($L_{\max \text{ außen}} > 90 \text{ dB(A)}$) von nur $L_{\max \text{ innen}} = 45 \text{ dB(A)}$

NVwZ-RR 1991, 601 München

unbeanstandet gelassen.

4. Bestimmung der Schwelle zu erheblichen Belästigungen

Es ist anzunehmen, daß hochgradige Fluglärmbelästigungen langfristig zu gesundheitlichen Schäden führen können, die definitionsgemäß unzumutbar sind und keiner Abwägung unterliegen können. Diese erste Schwelle beschreibt die Grenze, ab der **gesundheitliche Gefahren** oder andere nicht mehr mit technischen Maßnahmen zu kompensierenden Auswirkungen anzunehmen sind. Andererseits gibt es einen Bereich, in dem die Belästigung noch als erheblich für das ebenfalls durch Art. 2 GG geschützte Wohlbefinden anzusehen ist, jedoch Gesundheitsgefahren weniger wahrscheinlich sind. Diese zweite Schwelle beschreibt die Grenze, ab der Fluglärm im **rechtlichen** Sinne **relevant** wird; im Gegensatz zur ersten Schwelle ist hier noch eine Abwägung zwischen den Interessen des Lärmerzeugers und der Betroffenen möglich. Beide Schwellen sind aufgrund der Streuung des Maßes der Betroffenheit von Einzelpersonen mit erheblichen Unschärfen belastet. Dabei spielen individuelle Faktoren eine große Rolle und es fragt sich, wie die Belästigung ermittelt werden kann.

In der Literatur schälen sich drei Methoden zur Bestimmung der Schwelle heraus; erstens wird in medizinischen Studien ein Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Gesundheitsschäden untersucht, zweitens werden solche bei Befragungen der Bevölkerung gewonnene Beschreibungen der Belästigungen ausgewertet und drittens werden nach der Befragung Häufigkeit und Art der Lärmbeschwerden ausgewertet.

Kryter K. D., The Effects of Noise on Man, AP Press 1998

5. Die neuen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung

Nach den neuen umweltmedizinischen Erkenntnissen bewirkt Straßenverkehrslärm schon ab einer Schwelle von 55 dB(A) eine Gefährdung der durch Art. 2 Abs. 2 GG geschützten körperlichen Unversehrtheit.

Unabhängig von der konkreten Schwelle wurde dies schon im Hearing des Bundestags-Ausschusses für Verkehr und für das Post- und Fernmeldewesen vom 8. November 1978 zum Entwurf des gescheiterten Verkehrslärmschutzgesetzes bestätigt (vgl. StenProt. der 39. Sitzung, S. 45 ff.). Die Mehrheit der Experten sowie der sachverständigen Behörden und Verbände vertraten dort die Auffassung, dass erheblich belästigender Verkehrslärm ein Gesundheitsrisiko darstelle, dass hingegen wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse darüber, ob und ab welchen Pegelwerten bei Verkehrslärm Gesundheitsschäden physiologischer Art auftreten könnten, zur Zeit nicht

bekannt seien (dazu ausführlich die Ausschußdrucksache 0162 vom 18. September 1978, S. 63 ff.).

5.1 Studie *Spandau Health-Survey* und die Studie der Charité

Die im Auftrag des Umweltbundesamtes seit 1982 vom Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt Spandau durchgeführte und im Jahr 2003 publizierte Längsschnittstudie "Spandau Health-Survey" weist erstmals auf einer mit 1.700 Teilnehmern breit angelegte Basis den Zusammenhang zwischen einer starken Belastung durch Verkehrslärm und einer Erhöhung des Blutdruckes und des Stoffwechsels (Behandlung aufgrund erhöhter Blutfette) als Gesundheitsschaden nach. Die 1.700 Teilnehmer waren langjährig durch (insbesondere nächtlichen) Straßenverkehrslärm und dem vergleichsweise moderaten Fluglärm des Flughafens Tegel (Nachtflugverbot von 22:00 bis 05:00 Uhr) belastet. Das Risiko für ärztlich gebotene Behandlungen wegen Bluthochdruck (Hypertonie) und erhöhter Blutfette stieg bei den Probanden signifikant an, die einem nächtlichen äquivalenten Dauerschallpegel von außen mehr als 55 dB(A) durch den Straßenverkehr ausgesetzt waren und bei geöffneten Fenster schliefen.

Beweis: Forschungsbericht 298 62 515 UBA-FB 000387 des Umweltbundesamtes, Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluß von Lärmstreß auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose, von PD Dr.-Ing. Christian Maschke, Dr. med. Ute Wolf und Dipl.-Ing. Thilo Leitmann, Robert Koch Institut, Berlin, Februar 2003, veröffentlicht in der Schriftenreihe WaBoLu Nr. 01/03 ISSN 0175-4011

Der Mitautor Privatdozent Dr. Ing. Christian Maschke von der Technischen Universität Berlin berichtete während des Symposiums des Rhein-Main-Institutes „Neue Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung“ vom 7. Juli 2003 über den ermittelten Zusammenhang zwischen Lärm und Bluthochdruck. Bei der Längsschnittstudie „Spandauer Gesundheits-Survey“ wurden 1.718 Probanden danach untersucht, in wieweit zwischen Lärmbelastung durch Straßenverkehr und behandlungsbedürftigem Bluthochdruck ein Zusammenhang besteht. Es fand sich eine Zunahme von Probanden mit behandlungsbedürftigem Bluthochdruck um 60 % in der Gruppe mit nächtlicher Lärmbelastung von 50-55 dB(A) und eine Zunahme um 90 % in der Gruppe mit Lärmbelastung von über 55 dB(A), jeweils im Vergleich mit der Gruppe unter 50 dB(A). Wurden die Probanden, die bei offenem Fenster schliefen, gesondert betrachtet, ergab sich beim Vergleich eines Außenpegel unter 50 dB(A) mit einem Pegel von über 55 dB(A) sogar eine Zunahme um das Sechsfache. Damit zeigt diese Studie deutliche Dosis-Wirkungsbeziehungen, das heißt je mehr Lärm, desto häufiger die Behandlungsnotwendigkeit wegen Bluthochdrucks. Für die Kausalität ist dieser Zusammenhang zwischen Stärke der Noxe und Ausmaß der Schädigung ein wichtiges Indiz.

Andererseits fand sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Häufigkeit der Hypertonie und der Lärmbelastung während des Tages und auch keine Beziehung zu der Stärke der subjektiv empfundenen Lärmbelästigung. Es folgt daraus, dass die Regulation des Herz-Kreislaufsystems besonders durch Nachtlärm beeinträchtigt wird, und dass diese Beeinträchtigung auch diejenigen betreffen kann, die sich durch den Lärm subjektiv nicht gestört fühlen.

Die Grenze zur nachweisbaren Schädigung scheint etwa bei einem Außenschallpegel des Straßenverkehrslärms von 50 dB(A) zu liegen. Um vor einer Schädigung der Gesundheit geschützt zu sein, darf also ein energieäquivalenter Außenpegel von 45 dB(A) keinesfalls überschritten werden.

Bedenkt man, dass Fluglärm gegenüber Straßenlärm nach internationaler Übereinstimmung mit einem „Malus“ von 5 dB(A) zu versehen ist, so liegt die Grenze für Fluglärm bei 40 dB(A) außen. Diese Grenze deckt sich gut mit internationalen Empfehlungen und mit der von fast allen deutschen Lärmwirkungsforschern in der Stellungnahme von Neufahrn abgegebenen EntschlieÙung, wonach der nächtliche Fluglärm 45 dB(A) außen nicht überschreiten darf.

Das Umweltbundesamt hat die Zusammenhänge zwischen Lärmbelastung und vermehrtem Auftreten von Herzinfarkten durch eine Ärztgruppe am Universitätsklinikum Charité (Berlin) untersuchen lassen.

Da der arterielle Bluthochdruck einen Hauptrisikofaktor für den Herzinfarkt darstellt, liegt ein Zusammenhang nahe. Er zeigte, dass die bisher vorliegenden, älteren Studien auf einen Zusammenhang hinweisen. So ergaben 25 von 34 Auswertungen einen Zusammenhang, wenn auch eine statistische Signifikanz nur selten erreicht wurde.

Das Umweltbundesamt hat daher in der im Januar 2004 publizierte Studie an 32 Berliner Krankenhäusern an insgesamt 4.115 Patienten mit und ohne Infarkt die Kausalität von Verkehrslärm auf das Risiko eines Myocardinfarktes untersuchen lassen.

Ergebnis der so genannten „NaRoMi“-Studie ist eine Zunahme der Infarkthäufigkeit durch Lärm um 20 – 30 %, wobei wiederum die Ergebnisse auch in dieser Studie nur teilweise statistisch signifikant waren. Die Untersuchung bestätigt aber die früheren Befunde sowohl hinsichtlich der gerichteten Beziehung als auch quantitativ. Der verantwortliche Fachbegleiter des Umweltbundesamtes, Dr. Wolfgang Babisch, wies in seinem Beitrag zu dem Symposium „Neue Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung“ darauf hin, dass eine in Holland durchgeführte Metaanalyse den Zusammenhang zwischen Lärm und vermehrtem Auftreten von Infarkten erhärtet habe. Ziehe man die neue UBA-Studie in Betracht, sei an der Evidenz einer Erhöhung des Infarkttrisikos durch Fluglärm kaum zu zweifeln.

Die Zunahme der Infarkthäufigkeit um 20 – 30 % hat bei dieser sehr häufigen Erkrankung mit 300.000 Fällen pro Jahr in Deutschland beträchtliche Konsequenzen. Man muss davon ausgehen, dass 20 % der Bevölkerung durch Lärm erheblich belastigt werden, die Zunahme der Infarkthäufigkeit um 20 - 30 % entspricht also 12.000 bis 18.000 Herzinfarkten pro Jahr.

Wegen der Bedeutung der Studie für die von den Klägern erstrebte Herabsetzung der Schwelle zu den hier eingeklagten Lärminderungsmaßnahmen werden die Details beider Studien nachfolgend dargestellt.

5.2 Details der Spandau Health Survey

Unter der Bezeichnung "Spandauer Gesundheits-Survey" (SGS) wird seit 1982 eine Längsschnittuntersuchung durchgeführt, die vom Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Bezirksamt Spandau (Gesundheitsamt) geleitet wird. In dieser Studie wird der Gesundheitszustand der Teilnehmer periodisch im zeitlichen Abstand von zwei Jahren untersucht, um allgemeingültige Präventionsstrategien abzuleiten. Anders als bei vielen anderen epidemiologischen Studien, denen ein expliziter Ziehungsschlüssel der Probanden zugrunde liegt, rekrutierte sich die Spandauer Kohorte aus Personen, die sich aufgrund von Aufrufen angesprochen fühlten, an der Untersuchung

teilzunehmen. Der 9. Durchgang des SGS umfasste 2015 Probanden. 1714 nahmen mindestens zum 5. mal an der Untersuchung teil.

Der Spandauer Gesundheits-Survey soll den Teilnehmern auch die Möglichkeit geben, den eigenen Gesundheitszustand über mehrere Jahre regelmäßig kontrollieren zu lassen, auffällige gesundheitliche Veränderungen frühzeitig zu erkennen und diese ggf. schnell einer ärztlichen Behandlung zuzuführen. Beim Vorliegen von Risikofaktoren (Übergewicht, Bluthochdruck, Störungen des Fettstoffwechsels usw.) wurden den Probanden gezielt Hinweise auf die vom Bezirksamt angebotenen Präventionsmaßnahmen und Kurse zur Gesundheitsförderung gegeben. Die in der Studie durchgeführten klinischen und anamnestischen Erhebungen umfassten unter anderem Befragungen, Messungen und ärztliche Gespräche zu:

- sozio-ökonomischen Daten (Alter, Geschlecht, Bildung, Beruf, Familienstand usw.)
- Ernährung (u.a. Fetthaushalt, Flüssigkeitshaushalt)
- Alkohol- und Tabakkonsum
- Gesundheitszustand
- aktive Gesundheitsprävention
sowie:
- Blutdruck
- Urinuntersuchung
- Größe und Gewicht
- Atemfunktionsprüfung
- Blutuntersuchung

Alle Teilnehmer erhielten über ihren "Gesundheitscheck" eine zusammenfassende medizinische Beurteilung und wurden bei auffälligen Befunden aufgefordert, sich in ärztliche Behandlung zu begeben.

Mit dem SGS konnte demzufolge ein Kollektiv, das überwiegend aus älteren, gesundheitsbewussten Probanden bestand, über viele Jahre medizinisch beobachtet und betreut werden. Der Survey ermöglicht somit vergleichende Längsschnitt-Analysen. Nahezu die Hälfte aller Teilnehmer der Spandauer Untersuchung gab im 9. Durchgang an, sehr stark (14 %) oder stark (35 %) auf die eigene Gesundheit zu achten. Nur etwa 5 % der Teilnehmer achteten darauf weniger oder gar nicht. Im Mittel waren die Probanden 60 Jahre alt. Der jüngste Teilnehmer gab ein Alter von 18 Jahren an, der älteste Teilnehmer ein Alter von 90 Jahren.

Zusätzlich zu der obligatorischen Datenerhebung wurde im 9. Durchgang des SGS die Geräuschbelastung der Teilnehmer außen an ihrer Wohnung erhoben, und sie wurden danach befragt, wie sehr sie sich am Wohnort durch Verkehrslärm gestört fühlen. Die Geräuschbelastung an den Wohnadressen durch Straßenverkehr wurde getrennt für den Tag und die Nacht aus der Lärmdatenbank (Lärmkarte) der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung ausgelesen. Die Datenbank stellte für jede Wohnadresse einen Kartenausschnitt zur Verfügung, der es gestattete, die Lage des Wohnhauses (der Wohnung) zur Straße zu vermessen. Die aus der Lärmkarte gewonnenen Lageinformationen wurden mit Fragebogenangaben der Versuchspersonen zur Lage der Wohn- und Schlafräume abgeglichen bzw. ergänzt. Auf diesen Datengrundlagen wurden die Untersuchungspersonen in 5 dB(A)-Kategorien des A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegels (Immissionspegel) eingruppiert.

In einer Unterstichprobe des SGS (96 Wohnadressen) wurde der energieäquivalente Dauerschallpegel über 24 Stunden hinweg an der Fassade der Wohnungen der Probanden gemessen. Mit Hilfe der gemessenen Dauerschallpegel für den Tag und die Nacht wurden die "Datenbankpegel" überprüft und Korrekturfaktoren für die Lagekategorien der Wohnungen ermittelt. Zusätzlich wurde für jede Wohnadresse die retrospektive Schallbelastung durch Straßenverkehr für die Jahre 1982 und 1993 erhoben. Ein Vergleich der Dauerschallpegel zeigte, dass sich die Geräuschbelastung der Wohnorte durch Straßenverkehr seit 1993 nicht wesentlich verändert hatte. Zum Zeitpunkt der Untersuchung lebten mehr als 50 % der Probanden länger als 25 Jahre, 75 % länger als 15 Jahre und 85 % länger als 10 Jahre in der angegebenen Wohnung. Die lange Wohndauer und die seit 1993 gleichbleibende Geräuschbelastung der Spandauer Probanden ermöglichen es, mit dem SGS chronische Auswirkungen einer Lärmbelastung auf die Gesundheit zu erfassen. Bei Teilnehmern, die an ihrem Wohnort mit Fluglärm belastet waren, ging zusätzlich die Fluglärmbelastung anhand der Fluglärmzonen des Flughafens Berlin-Tegel in die Auswertung ein.

Zusätzlich zur Standardbefragung im SGS wurde mit den Fragen "Wie stark fühlen Sie sich in ihrer Wohnung / Ihrem Haus durch folgende Lärmquellen am Tage (in der Nacht) gestört" die individuelle Störung durch Straßenverkehrslärm, durch Fluglärm und durch Schienen- sowie Gewerbelärm erhoben. Neben den lärmbedingten Störungen wurde mit dem Lärmfragebogen auch die Lärmempfindlichkeit der Probanden erfasst und die Lageinformationen von Wohn- und Schlafräum in Bezug zu den umgebenden Straßen gewonnen. Insgesamt füllten 1801 Probanden den zusätzlich ausgegebenen Lärmfragebogen aus.

Die Überprüfung von statistischen Zusammenhängen zwischen der Lärmbelastung und gesundheitlichen Wirkungsendpunkten muss dem Umstand gerecht werden, dass sowohl bei Erkrankungen als auch Risikofaktoren von einer multifaktoriellen Beeinflussung ausgegangen werden muss. Bei der Studienauswertung müssen daher multiple statistische Verfahren eingesetzt werden, die sich an dem Pathogenesemechanismus und dem Skalenniveau der erhobenen Variablen orientieren. In dieser Studie kam die multiple logistische Regressionsrechnung zum Einsatz. Mit ihr kann ein Schätzer ("Odds-Ratio", OR) für das relative Risiko des Eintritts eines Ereignisses (z. B. Prävalenz einer Erkrankung) in Abhängigkeit von dem zu untersuchenden Faktor (z. B. der Geräuschbelastung, der Lärmbelästigung) unter gleichzeitiger Berücksichtigung von anderen Einflussfaktoren (Kontrollvariablen) bestimmt werden. In den Auswertungen wurden insgesamt 12 Kontrollvariablen berücksichtigt, bei denen insbesondere bezüglich Erkrankungen des Herz- Kreislaufsystems von einer Einflussnahme auszugehen war. Es sind dies das "Lebensalter", das "Geschlecht", der "Body Mass Index", der "Sozio-ökonomische Index", der "Partnerverlust in der Ehe", der "Alkoholkonsum", der "Tabakkonsum", "Bewegung im ' Beruf", die "Sportliche Aktivität", die "Lärmempfindlichkeit", die "Hörfähigkeit" sowie die "Jahreszeit der Untersuchung". In bezug auf andere betrachtete Wirkungs-Endpunkte (z. B. aus dem immunologisch/allergisch vermittelten Bereich) ist der Kontrollvariablensatz jedoch als weniger vollständig zu betrachten, was eine zurückhaltende Interpretation diesbezüglicher statistische Lärmeffekte erfordert.

Die Lärm-bezogenen Auswertungen erfolgten in der "Arbeitsstichprobe Lärm" (N = 1718), für die vollständige Angaben im Lärm-Fragebogen vorlagen. Es ergaben sich statistische Zusammenhänge zwischen der nächtlichen Verkehrsgeräuschbelastung am Wohnort der Probanden (22:00-6:00 Uhr) und Beeinträchtigungen des Herz-Kreislaufsystems (Behandlung aufgrund von Hypertonie), des Immunsystems (Behandlung von Asthma) und des

Stoffwechsels (Behandlung aufgrund erhöhter Blutfette). Im Gegensatz zum nächtlichen Verkehrslärmpegel wies der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6:00-22:00 Uhr) einen deutlich geringeren Zusammenhang mit der Prävalenz ärztlicher Behandlungen der genannten Krankheiten auf (Ausnahme chronische Bronchitis). Bei der Prävalenz ärztlicher Behandlungen von psychischen Störungen zeigte sich dagegen ein starker Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tage.

Im folgenden werden einige Untersuchungsergebnisse kurz vorgestellt. Bei den statistischen Auswertungen wurde zwischen der "Perioden-Prävalenz" (ärztliche Behandlung im Intervall zwischen dem 8. und 9. Durchgang des SGS) und der "Lebenszeit-Prävalenz" (ärztliche Behandlung irgendwann im Laufe des Lebens) unterschieden. Als Effekt-Schätzer wird jeweils das relative Risiko (berechnet als Odds-Ratio (OR)) mit dem zugehörigen Vertrauensbereich (95%-Konfidenzintervall (KI)) angegeben.

Bezüglich ärztlicher Behandlungen wegen **Hypertonie** war bei der Perioden-Prävalenz eine signifikante Erhöhung des relativen Risikos zu verzeichnen, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel des Straßenverkehrs an den Wohnungen der Probanden über 55 dB(A) lag. Das relative Risiko lag im Vergleich zu Probanden aus Straßen mit einem äquivalenten Dauerschallpegel unter 50 dB(A) (Referenzkategorie) bei annähernd $OR=1,9$ ($KI=1,1-3,2$). Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so ergab sich ein ähnlicher Befund. Bei einem Außenpegel über 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster stieg das relative Risiko hypothesenkonform (größere Lärm-Effekte bei höherem Innenraumpegel) auf $OR=6,1$ ($KI=1,3-29,2$) im Vergleich zu Probanden, die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Auch die Auswertung der retrospektiven Anamnesedaten bestätigte die besondere Bedeutung der nächtlichen Schallbelastung bei der Ausbildung einer Hypertonie. Das Risiko für eine Hypertoniebehandlung war auch bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz bei Probanden mit einem nächtlichen Dauerschallpegel über 55 dB(A) mit $OR=1,8$ ($KI=1,1-2,9$) signifikant erhöht.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen wegen **erhöhter Blutfette** war mit $OR=1,5$ ($KI=0,9-2,5$) hypothesenkonform erhöht (Perioden-Prävalenz) und grenzwertig signifikant, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel des Straßenverkehrs bei den Probanden über 55 dB(A) lag (im Vergleich zu denen, bei denen er unter 50 dB(A) lag). Bei einem Außenpegel von 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster erhöhte sich das Risikohypothesenkonform auf $OR=1,8$ ($KI=0,6-5,4$) im Vergleich zu Probanden, die in der Referenzkategorie (unter 50 dB(A)) mit geöffnetem Fenster schliefen, war aber nicht signifikant. Bei der Auswertung der Behandlungen aufgrund erhöhter Blutfette im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) stellten sich die Befunde mit einem Schätzer für das relative Risiko von $OR=1,5$ ($KI=0,9-2,3$) ähnlich dar.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen **chronischer Bronchitis** (Perioden-Prävalenz) zeigte eine nicht signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tage. Es war gegenüber der Referenzkategorie (unter 55 dB(A)) in allen Pegelklassen erhöht (OR's zwischen 1,6 und 3,6), nahm aber entgegen der Hypothese bei höheren Schallpegeln (Kategorien >60-65 dB(A) und >65 dB(A)) mit steigender Schallbelastung ab. Für die nächtliche Geräuschbelastung war kein Zusammenhang mit den ärztlichen Behandlungen aufgrund chronischer Bronchitis zu verzeichnen. Bei der Lebenszeit-Prävalenz bestätigte sich das heterogene Bild. Für den äquivalenten Dauerschallpegel am Tage ergab sich hier zwar ein signifikant erhöhtes relatives Risiko für Probanden mit Wohnungen in der Schallpegelklasse 60-65 dB(A) von

OR=2,7 (KI=1,0-7,4), allerdings lag das relative Risiko in der höchsten Lärmkategorie (über 65 dB(A)) leicht unter 1. Insgesamt waren keine Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge zu verzeichnen.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen von **Asthma bronchiale** (Perioden-Prävalenz) zeigte keine nennenswerte Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tage oder in der Nacht. Die Auswertung der Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ergab dagegen ein anderes Bild. Mit dem äquivalenten Dauerschallpegel am Tage wurde zwar kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen, doch zeigten sich steigende relative Risiken mit zunehmender Schallbelastung. Bezüglich der Schallbelastung in der Nacht ergab sich aus den Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen aufgrund von Asthma bronchiale ein signifikant erhöhtes Risiko von OR=1,5 (KI=1,0-2,5), wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel 55 dB(A) überstieg.

Ein aus dem allgemeinen Stressmodell ableitbarer Wirkungsendpunkt, der in der Lärmwirkungsforschung noch nie zuvor betrachtet wurde, stellt die **Krebserkrankung** dar, die bei chronischem Lärmstress in Folge eines gestörten Immunsystems möglicherweise vermehrt auftreten könnte. Hier deutete sich in der Studie für die Behandlung von Krebserkrankungen bei der Perioden-Prävalenz, nicht jedoch bei der Lebenszeit-Prävalenz, ein: Trend in Richtung eines monoton ansteigenden relativen Risikos mit steigendem nächtlichen Verkehrslärmpegel an. Das Risiko der Probanden der Schallpegelkategorie über 55 dB(A) war gegenüber denen der Referenzkategorie unter 50 dB(A) mit OR=4,2 (KI=0,9-20,0) erhöht; die statistische Signifikanz wurde jedoch verfehlt und das Vertrauensintervall für den Schätzer des relativen Risikos war sehr groß.

Das Risiko für ärztliche **Schilddrüsenbehandlungen** (Perioden-Prävalenz) zeigte im SGS keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs, weder für den Tag noch für die Nacht. Eine deutliche Abhängigkeit der Anzahl der Schilddrüsenbehandlungen zeigte sich dagegen bei der Betrachtung der Fluglärmzonen. Hier wiesen die Probanden, die in der Fluglärmzone 2 wohnten (äquivalenter Dauerschallpegel berechnet nach dem Fluglärmgesetz: >67 bis 75 dB(A)), ein signifikant erhöhtes relatives Risiko von OR=3,8 (KI=1,3-11,3) gegenüber denen außerhalb der Fluglärmzone 3 auf 62 dB(A), gemäß Raumordnungsplanung). Bei Personen mit Wohnungen innerhalb der Fluglärmzone 3 (62 bis 67 dB(A)) war das Risiko leicht erniedrigt. Auch bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz ergab sich ein erhöhtes, aber nicht signifikantes, Risiko für Probanden, die in der Fluglärmzone 2 wohnten von OR=2,3 (KI=0,7-7,2).

Das Risiko für ärztliche Behandlungen von **psychischen Störungen** zeigte bei Betrachtung der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage oder in der Nacht. Jedoch deutete sich bezüglich der nächtlichen Lärmbelastung ein Trend zu einem monoton ansteigenden relativen Risiko mit zunehmendem Straßenverkehrs Geräuschpegel an. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) Hypothesen konform von OR=1,8 auf OR=2,0 (KI=0,7-5,5), erreichte aber ebenfalls keine statistische Signifikanz. Eindeutig war der statistische Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Verkehrslärm am Tage. Bei der Perioden-Prävalenz von psychischen Störungen ergab sich eine hoch signifikante Risikoerhöhung von OR=2,7 (KI=1,3-5,6) für "stark" (Kategorien 3+4+5 auf 5-stufiger Skala) gestörte Probanden gegenüber "wenig" gestörten Probanden (Kategorien 1+2), die auch für die kombinierte Störung durch Flug- und

Straßenverkehrslärm mit $OR=2,9$ ($KI= 1,4-6,0$) zu verzeichnen war. Bezüglich der nächtlichen Störung durch Straßenverkehrslärm war das Risiko für die "stark" gestörte Gruppe der Probanden dagegen mit $OR=1,5$ ($KI=0,7-3,1$) geringer und nicht mehr signifikant.

Zusammenfassend weist der Spandau Health Survey aufgrund statistischer Analysen für die nächtliche Lärmbelastung eine (monoton steigende) Dosis-Wirkungs-Beziehung nach. Das ist nach den Ergebnissen vorliegender experimenteller Studien nicht unerwartet und psychobiologisch plausibel. So ist die Empfindlichkeit des menschlichen Organismus (zirkadianer Rhythmus) gegenüber Lärm in der Nacht bei in der Regel stark eingeschränkter Mobilität deutlich höher als am Tage. Am Tage ist von sehr unterschiedlichen Aktivitätsprofilen der Probanden und damit unterschiedlichen Belastungssituationen auszugehen. Vor diesem Hintergrund ist für die Bewertung gesundheitlicher Risiken eine unabhängige Erhebung der nächtlichen Geräuschbelastung in Lärmwirkungsstudien nicht nur sinnvoll, sondern zu fordern. Der Spandau Health Survey ist eine der wenigen epidemiologischen Studie, in der unabhängig von der Schallbelastung am Tage auch die Schallbelastung in der Nacht als unabhängigen Risikofaktor für Erkrankungen unter Dosis- Wirkungsgesichtspunkten untersucht wurde.

Ein zweiter wesentlicher Beitrag der Studie zum wissenschaftlichen Kenntnisstand ist der direkte Vergleich zwischen der objektiven Schallbelastung (äquivalente Dauerschallpegel) und der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm, im Hinblick auf den möglichen Zusammenhang mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Die Störung durch Lärm zeigte insgesamt einen deutlich schwächeren Zusammenhang mit der relativen Häufigkeit ärztlicher Behandlungen als der nächtliche Dauerschallpegel an der Wohnung. Andererseits bestand ein deutlicher Zusammenhang zwischen psychischen Störungen und dem Lärmerleben (subjektiv empfundene Störung), der auch in der Literatur wiederholt berichtet wurde. Dort wird die Vermutung geäußert, dass dieser Zusammenhang stark durch nicht-akustische Komponenten bestimmt ist.

Ein dritter Aspekt des Spandau Health Survey betrifft den Vergleich zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm hinsichtlich des Zusammenhangs mit den gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Bei grober Betrachtung der Ergebnisse des Survey könnte man geneigt sein, die Ergebnisse insgesamt in Richtung einer stärkeren gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Straßenverkehrslärm als durch Fluglärm zu interpretieren. Diese Schlussfolgerung kann jedoch bei einer detaillierteren Betrachtung nicht aufrechterhalten werden, da die Fluglärmbelastung u. a. nicht - wie beim Straßenverkehr für jede Wohnadresse aus dem aktuellen Verkehrsaufkommen berechnet - in vergleichbaren Pegelkategorien klassifiziert werden konnte wie der Straßenverkehrslärm, sondern anhand der 1976 (1984) bestimmten Fluglärmzonen quantifiziert wurde. Insofern sind direkte quantitative Vergleiche zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm nicht möglich. Zusätzlich ist bei der Interpretation der Befunde zur nächtlichen Störung durch Fluglärm zu berücksichtigen, dass die überwiegend in Spandau wohnende Kohorte mit dem Fluglärm des Flughafens Berlin-Tegel belastet war und für diesen Flughafen eine besondere Nachtflugregelung besteht, die von 22:00 bis 5:00 Uhr keine planmäßigen Starts und Landungen zulässt. Ausgenommen von dieser Regelung sind verspätete Starts und Landungen planmäßiger Maschinen bis 23:00 Uhr. Die nächtliche Fluglärmbelastung in Spandau ist demzufolge im Vergleich mit anderen Verkehrsflughäfen als eher moderat einzustufen. Ein Vergleich zwischen beiden Lärmarten hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkungen kann vor diesem Hintergrund nur mit der Lärmbelastung am Tage erfolgen. Hier bestanden in der Studie ähnliche, aber nicht signifikante, Tendenzen in Richtung eines erhöhten Risikos für Hypertonie jeweils in der höchsten Lärmkategorie.

Die Ergebnisse des Spandauer Gesundheits-Survey zum Straßenverkehrslärm unterstützen die Vermutung, dass die nächtliche Lärmbelastung möglicherweise eine wesentlich stärkere Rolle bei der Entstehung gesundheitlicher Beeinträchtigungen spielt als die Lärmbelastung am Tage - insbesondere, was Beeinflussungen des Herz-Kreislaufsystems anbetrifft.

Die aus dem allgemeinen Stressmodell abgeleitete und in Lärmwirkungsexperimenten beobachtete enge Verzahnung zwischen Immunsystem, Nervensystem und endokrinem System deutete sich in dieser Studie für langjährige Verkehrsgeräuschbelastung auch auf epidemiologischer Ebene an. So ergaben sich Hinweise auf die Möglichkeit, dass die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen aufgrund von Asthma bronchiale und Krebserkrankungen mit steigender Schallbelastung der Wohnungen der Probanden zunimmt. Dies könnte über Störungen des Immunsystems vermittelt sein. Da derartige Wirkungsmechanismen jedoch sehr komplex sind, und wesentliche andere Einflussfaktoren und Ursachen für diese Krankheiten in dieser Studie nicht kontrolliert werden konnten (z. B. Arbeitsplatzbedingte Exposition, familiäre Vorbelastung), sind diese Untersuchungsergebnisse mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Auch Luftschadstoffe, die im Verkehr die gleiche Herkunft haben, wie der Lärm, könnten hier einen starken konfundierenden (ergebnisverzerrenden) Einfluss ausgeübt haben.

Bei der Untersuchungs-Stichprobe handelt es sich um ein selektiertes Probandenkollektiv, in dem sich aufgrund des Ziehungsschlüssels überwiegend ältere, gesundheitsbewusste Personen befanden. Es ist nicht auszuschließen, dass überproportional viele Personen mit Gesundheitsproblemen an dem Gesundheits-Survey teilnahmen, der den Probanden eine regelmäßige und umfangreiche Kontrolle ihres Gesundheitszustandes ermöglichte. Insofern wäre es möglich, dass gewissermaßen eine Risikogruppe untersucht wurde, in der Lärmeffekte sich stärker manifestieren könnten als in der Allgemeinbevölkerung.

In dem Spandau Health Survey wurden statistische Zusammenhänge zwischen der Umweltlärmaxposition der Probanden des SGS vorwiegend bei Wirkungsendpunkten im Bereich des Herz-Kreislauf-Systems beobachtet. Dies ist in Übereinstimmung mit einer Reihe anderer epidemiologischer Lärmstudien. Aufgrund der Vielzahl der getesteten Zusammenhänge zwischen Lärmvariablen und möglichen gesundheitlichen Wirkungen und aufgrund methodischer Grenzen (Querschnittstudie) hat der Spandau Health Survey in erster Linie explorativen Charakter und dient neben der Verfestigung bestehender Wirkungshypothesen auch der Ableitung von neuen Wirkungshypothesen, die in weiteren analytischen Studien zu überprüfen sind. Darüber hinaus gibt sie Hinweise auf verbesserte methodische Ansätze, was die Bestimmung und statistische Behandlung der Lärmexposition der Untersuchungspersonen in derartigen Studien angeht.

Wege der Bedeutung für den Erfolg der Anträge der Kläger werden nachfolgend Details aus der Untersuchung des Wirkungszusammenhangs von Lärmstress und Herz- Kreislaufsystem in Kapitel 10.5.1 der Studie im Einzelnen vorgestellt:

Bluthochdruck stellt ein eigenständiges Krankheitsbild dar. Im Spandauer Gesundheits-Survey (9. SGS) wurde der gemessene Blutdruck als auch die Häufigkeit von ärztlichen Hypertoniebehandlungen erhoben. Grundsätzlich wurden die Untersuchungspersonen in allen Phasen des SGS bei Vorliegen eines klinischen Befundes von Bluthochdruck (und anderer auffälliger Befunde) aufgefordert, einen Arzt zu konsultieren.

Der Blutdruck wurde im SGS durch die indirekte Messung des arteriellen Drucks nach Riva- Rocci und Korotkoff bestimmt. Die Aufzeichnung erfolgte sowohl im steigenden als auch im fallenden Manschettendruck. Zur Festlegung des systolischen Drucks dienten die Kriterien für Phase 1 und für den diastolischen Druck die Kriterien für Phase 5. Die Messungen erfolgten unter weitgehender Einhaltung einer Ruhezeit von 5 Minuten zu Beginn der Untersuchung (Messung 1) und am Ende der Untersuchung (Messung 2) nach dem Arztgespräch. Zwischen bei den Messungen verging eine Zeit von 45 bis 60 Minuten. Aus den Messergebnissen bei steigendem und fallendem Druck wurde der Mittelwert für den systolischen und den diastolischen Wert gebildet. Grundsätzlich dienten zur Beurteilung der Messwerte die von der WHO angegebenen, zwischenzeitlich im Jahr 1999 nach unten korrigierten Grenzwerte. Bei der ärztlichen Diagnose wurde jedoch die Altersabhängigkeit der Blutdruckwerte berücksichtigt.

In den bisher veröffentlichten Lärmstudien, etwa von Babisch, wurde Bluthochdruck entweder auf der Grundlage eigens durchgeführter klinischer Messungen oder anamnestischer Erhebungen zur Behandlungsgeschichte der Untersuchungspersonen diagnostiziert. Unter den spezifischen Bedingungen der Spandauer "Follow-up"-Studie (einheitliche ärztliche Kontrolle seit 18 Jahren) wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen als die verlässlichere Datengrundlage von beiden angesehen. Die Auswertung der im 9. Durchgang gemessenen Blutdruckwerte stellt auf den ersten Blick zwar eine naheliegende Alternative dar. Eine Auswertung der Blutdruckmessungen ist in diesem klinisch überwachten Kollektiv jedoch nur bei gleichzeitiger Berücksichtigung von therapeutischen Maßnahmen, sowie der Einnahme von Medikamenten sinnvoll. Diese Informationen wurden im Spandauer Datensatz nicht vermerkt, flossen aber durch das ärztliche Gespräch in die Diagnosen ein. Es wird davon ausgegangen, dass die ärztlichen Hypertoniebehandlungen im wesentlichen durch die Diagnosen im Rahmen des SGS aufgenommen wurden. Diese Diagnosen wurden für alle Probanden vom gleichen Ärzteteam, unter standardisierten Bedingungen und nach gleichen Kriterien gestellt.

Für die Lärmstudie wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen innerhalb verschiedener retrospektiver Beobachtungszeiträume ausgewertet. Neben den Angaben über ärztliche Behandlungen zwischen dem 8. und 9. Durchgang des SGS (Perioden-Prävalenz) wurden auch ärztliche Bluthochdruckbehandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ausgewertet, die ebenfalls im ärztlichen Gespräch erhoben wurden. Die Gespräche wurden vom gleichen Ärzteteam unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Die Verlässlichkeit der medizinischen Daten kann insgesamt, auch im Vergleich mit den bisher publizierten Studien, als gut bezeichnet werden.

Bezüglich des Zusammenhanges zwischen Verkehrslärm und Hypertonie zeigte sich in den bisher vorliegenden Studien ein heterogenes Bild. Einige frühe Studien, u.a. von Knipschild (1977), Eiff (1980), Eiff (1981), Neus (1983) und Schulze (1983) ermittelten signifikante relative Risiken für Personen, die an ihrem Wohnort durch Fluglärm mit Tagesmittelungspegeln von 60-70 dB(A) belastet waren. Das relative Risiko (Prävalenzrate) lag in der Größenordnung von 1.5 bis 2.4. Späteren Untersuchungen, denen aufgrund der besseren Kontrolle potentieller Störeinflüsse (Confounder) eine höhere Validität zugeschrieben wurde, bestätigten den statistischen Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Bluthochdruck nicht mehr (Knipschild, 1984, Herbold, 1989, Lercher, 1992, Babisch 1992). Hier lagen die ermittelten relativen Risiken für Extremgruppenvergleiche bezüglich der, Lärmbelastung zwischen 0.5 und 1.0 und waren zumeist nicht signifikant.

In der Spandauer Studie wurde eine umfangreiche Kontrolle potentieller Störeinflüsse vorgenommen (vgl. Kapitel 8.1). Dabei zeigte sich in den statistischen Analysen die erwartete signifikante Abhängigkeit der Hypertonie vom Alter und vom relativen Körpergewicht ("Body Mass Index"). Mit zunehmendem Alter und zunehmendem Body Mass Index war das Risiko für eine ärztliche Hypertoniebehandlung erhöht. Bei den Auswertungen zur nächtlichen Geräuschbelastung war zusätzlich die Lärmempfindlichkeit als zusätzlicher signifikanter Faktor zu beachten. Das Risiko für eine ärztliche Hypertoniebehandlung stieg mit zunehmender Lärmempfindlichkeit an.

Darüber hinaus war - gemäß der Arbeitshypothese - in der Gesamtstichprobe sowie in allen betrachteten Teilstichproben (vgl. Kapitel 9.1.1) eine signifikante Erhöhung des relativen Risikos (berechnet als Odds Ratio) für Hypertoniebehandlungen zu verzeichnen, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel durch Straßenverkehrslärm am Wohnort der Probanden 55 dB(A) überschritt ($p = 0,019$). Das relative Risiko lag im Vergleich zu Probanden mit einem nächtlichen Immissionspegel unter 50 dB(A) (Referenzkategorie) bei annähernd 1,9 (Perioden-Prävalenz). Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko nur leicht auf über 1,9 ($p = 0,025$). Dieses Ergebnis ist auch deshalb von präventivmedizinischer Bedeutung da über 85 % der Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung mehr als 10 Jahren in der gleichen Wohnung lebten. Eine Zeitspanne die geeignet ist organische Befunde auszubilden (vgl. Reimer/Hempfung/Dahme, latrone Chronifizierung in der Vorbehandlung psychogener Erkrankungen, Praxis Psychother. Psychosom. 1979, 24, S. 123-133, von Uexküll, Psychosomatische Medizin, 1990, S. 5 ff.).

Bezüglich der Schallbelastung am Tage verzeichnet die Spandau Health Survey keine signifikante Erhöhung der relativen Risiken. Das relative Risiko für Personen, die an ihrem Wohnort tagsüber Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren, lag bei 1,6.

Wird die nächtliche Schallbelastung als ursächlich für die erhöhten relativen Risiken angenommen, so ist für Probanden, die üblicherweise bei offenem Fenster schlafen, ein deutlich höheres Risiko zu erwarten, da der Schallpegel am Ohr des Schläfers erheblich höher ist. Das in dem Spandau Health Survey ermittelte relative Risiko für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Bluthochdruck (Perioden-Prävalenz) erhöhte sich hypothesenkonform bei einem Außenpegel von 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster auf 6,1 ($p = 0,023$), im Vergleich zu Probanden, die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Dieses Ergebnis unterstützt die These, dass insbesondere die nächtliche Schallbelastung zur Ausbildung einer Hypertonie beiträgt.

Auch die Auswertung der Lebenszeit-Prävalenz lässt die besondere Bedeutung der nächtlichen Schallbelastung bei der Ausbildung einer Hypertonie erkennen. Das relative Risiko für eine Hypertoniebehandlung im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) war bei einem nächtlichen Dauerschallpegel über 55 dB(A) ebenfalls signifikant erhöht ($OR = 1,8$; $p = 0,024$). Zwischen der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tage und der Lebenszeit-Prävalenz für Hypertoniebehandlungen bestand dagegen, wie bei der Perioden-Prävalenz, kein signifikanter Zusammenhang. Das höchste relative Risiko war jedoch für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren ($OR = 1,5$).

Das Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wird üblicherweise zur Unterstützung eines vermuteten Kausalzusammenhangs herangezogen. Dosis-Wirkungs-Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Bluthochdruck lagen bisher jedoch kaum vor. Entsprechend uneinheitlich fiel die Gesamtbewertung der wissenschaftlichen Evidenz zu dem Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Bluthochdruck aus. Es überwog das Urteil einer eingeschränkten Nachweislage (Babisch, Noise and Health 2000, Heft 2 (8), S. 9-32).

Im Spandauer Gesundheits-Survey ergab sich für die Hypertonie-Perioden-Prävalenz eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Mit steigenden Schallpegeln waren monoton steigende relative Risiken zu verzeichnen. Die Dosis- Wirkungs-Beziehung blieb in allen Teilstichproben stabil. Auch bei der Lebenszeit-Prävalenz zeigte sich eine streng monoton steigende Dosis- Wirkungs-Beziehung mit der nächtlichen Geräuschbelastung.

Die Ergebnisse des Spandau Health Survey zeigen,

*„dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Bluthochdruck für Personen erhöht ist, die in an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln von mehr als **50 dB(A)** ausgesetzt sind.“(S. 305)*

Im Gegensatz zum nächtlichen Dauerschallpegel waren für die Angaben einer starken (subjektiver) Störungen durch Straßenverkehrslärm am Tage oder in der Nacht keine nennenswerten Zusammenhänge mit den ärztlichen Behandlungen von Bluthochdruck zu verzeichnen. Die adjustierten Odds-Ratios lieferten keine Anhaltspunkte für eine Dosis- Wirkungs-Beziehung. Dies widerspricht sowohl der Arbeitshypothese als auch der klassischen Stresstheorie, die das Ausmaß einer Beeinträchtigung mit der Fähigkeit des Individuums verknüpft, die (Lärm-)Belastung zu bewältigen. Die Auswertungen bezüglich der ärztlichen Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit- Prävalenz) zeigten vergleichbare negative Ergebnisse.

Diese Ergebnisse des Spandau Health Survey lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine ärztliche Hypertoniebehandlung für Personen, die sich am Tage oder in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlen, nicht erhöht ist. Da in der vorliegenden Studie andererseits signifikante Zusammenhänge zwischen der subjektiven Störung durch Verkehrslärm am Tage und psychischen Störungen bestanden (vgl. Kapitel 9.4.1) wäre es denkbar, dass für die verschiedenen Funktionssysteme unterschiedliche Pathogenesemechanismen wirksam sind. Hier besteht ein erheblicher Klärungsbedarf.

Für Fluglärm war eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos für Bluthochdruckbehandlungen (Perioden-Prävalenz) nur in der Fluglärmzone 2 zu verzeichnen (OR = 1,5). Bei den Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz erhöhte sich das geschätzte relative Risiko auf 2,3 und war grenzwertig signifikant ($p = 0,079$). Für Probanden mit Wohnungen in der Fluglärmzone 3 war weder bei der Perioden- noch bei der Lebenszeit-Prävalenz eine Risikoerhöhung zu verzeichnen. Frühe Studien, die in Amsterdam, Bonn und Erfurt durchgeführt wurden (Knipschild 1977, v. Eiff et al. 1981, Schulze et al. 1983), ergaben ein vergleichbares Hypertonierisiko bei Personen, die in Gebieten mit Außenlärm-Mittelungspegeln von tagsüber 60-70 dB(A) wohnten. In diesen Studien wurden signifikante relative Risiken zwischen 1.5 and 2.4 ermittelt. Es ist jedoch anzumerken, dass in dem Spandau Health Survey die Fluglärm-Belastungsdaten der Probanden auf der Grundlage älterer Fluglärmzonen zugeordnet wurden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die in Spandau lebende Kohorte mit dem Fluglärm des Flughafens Berlin Tegel belastet war, für den eine Nachtflugregelung besteht, die von 22:00 bis 5:00 Uhr keine planmäßigen Starts und Landungen zulässt. Für verspätete Starts und Landungen gibt es bis 23:00 Uhr eine Ausnahmeregelung. Die nächtliche Fluglärmbelastung in Spandau ist im bundesdeutschen Vergleich als eher moderat einzustufen.

Die Analysen liefern einen Hinweis darauf, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Bluthochdruck für Personen erhöht sein könnte, die in der Fluglärmzone 2 wohnen. Die Auswirkung einer Fluglärmbelastung und insbesondere der nächtlichen Fluglärmbelastung auf die Entwicklung von Bluthochdruck sollte daher in einer weiteren Studie überprüft werden.

Die Ergebnisse der Spandauer Studie erhöhen die Evidenz dafür, dass nächtlicher Straßenverkehrslärm die Entwicklung von Bluthochdruck

beschleunigt oder fördert. Im Gegensatz zu den bisher publizierten Studien wurde bei der Erhebung der Schallbelastung die örtliche Lage der Wohnung umfassend berücksichtigt und eine eigenständige Erhebung der nächtlichen Schallexposition vorgenommen. Das Ergebnis, dass der nächtlichen Straßenverkehrsgeräuschbelastung in bezug auf Hypertonie eine wesentlich größere Bedeutung beigemessen werden muss, als der Geräuschbelastung am Tage, ist biologisch plausibel und deckt sich mit Ergebnissen experimenteller Untersuchungen zum gestörten Schlaf (vgl. Kapitel 4.4.2).

5.3 Details der Studie: Noise and Risk of Myocardial Infarction (NaRoMi)

In der von der Berliner Charité erstellten Fall-Kontroll-Studie wurde der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Myokardinfarkt erstmals über einen langen Zeitraum mit einer großen Probandengruppe untersucht. Herzinfarktpatienten und nach Alter und Geschlecht "gematchte" Kontrollpatienten aus 32 Berliner Krankenhäusern wurden von 1998 bis 2001 konsekutiv rekrutiert. Die Untersuchungsstichprobe umfasste insgesamt 4.115 Patienten. Während ihres Krankenhausaufenthaltes wurden standardisierte Interviews zur Belästigung durch verschiedene Umwelt- und Arbeitslärmquellen durchgeführt. Die Straßenverkehrslärmexposition der Probanden außerhalb der Wohnungen wurde auf der Grundlage der Berliner Verkehrslärmkarte bestimmt. Zur Berechnung relativer Risiken und zur Kontrolle des Einflusses potenzieller Störvariablen auf die Ergebnisse wurden konditionale logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Zu den berücksichtigten Störvariablen gehörten die Prävalenz von Diabetes mellitus, die Prävalenz von Bluthochdruck, die MI-Familiengeschichte, das relative Körpergewicht, die Rauchgewohnheiten, die Schulausbildung, der Berufsstatus, der Familienstatus, Schichtarbeit, Arbeitslärm und andere.

Bei Männern bestand eine Dosis-Wirkungs-Beziehung in Form eines ansteigenden MI-Risikos mit steigender Verkehrslärmbelastung. Das Odds Ratio für Männer in den beiden höchsten Schallpegelkategorien betrug zusammengenommen $OR = 1,18$ (95%-KI: 0,93-1,49; $p=0,171$) im Vergleich zu denen der Referenzgruppe (Immissionspegel tags außerhalb der Wohnung > 65 dB(A) versus ≤ 60 dB(A)). In der Teilstichprobe von Männern, die 10 Jahre lang nicht umgezogen waren, war der Befund statistisch signifikant. Zwei unterschiedliche Berechnungsverfahren führten auf Odds Ratios von $OR = 1,33$ (95%-KI: 1,00-1,76; $p=0,046$) und $1,45$ (95%-KI: 1,03-2,05; $p=0,034$) für den Vergleich. Bei den Frauen wurde kein schallpegelabhängiger Zusammenhang mit dem Herzinfarktrisiko gefunden. Bei Männern war die Belästigung durch Straßenverkehrslärm und bei Frauen die Belästigung durch Fluglärm in der Nacht signifikant mit einem höheren MI-Risiko verbunden. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass chronische Verkehrslärmexposition das Risiko für ischämische Herzkrankheiten erhöht.

Beweis: Forschungsbericht 297 61 003 UBA-FB 000538 des Umweltbundesamtes, Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt, Ergebnisse der „NaRoMi“-Studie, Abschlußbericht des Instituts für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie der Charité-Universitätsmedizin Berlin mit Auswertung, Bewertung und vertiefenden Analysen sowie Kommentar zum Abschlußbericht des Fachbegleiters im Umweltbundesamt und ergänzenden Betrachtungen der Fachbegleiter in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, veröffentlicht in der Schriftenreihe WaBoLu Nr. 02/04 ISSN 0175-4211

Auch dieser Forschungsbericht wird wegen seiner Bedeutung nachfolgend im Detail dargestellt.

(1) Einleitung

Epidemiologische Studien über den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm (Straßen- und Flugverkehrsgeräusche) und ischämischen Herzkrankheiten deuten auf ein erhöhtes Risiko für den Herzinfarkt bei Personen hin, die hohen Verkehrslärmpegeln ausgesetzt sind.

Beweis: sachverständiges Zeugnis Dr. Wolfgang Babisch; Dr. Wolfgang Babisch, Traffic noise and cardiovascular disease: epidemiological review and synthesis. Noise and Health 2000, Heft 2(8): Seite 9 - 32

Die bekannten Studien zeigen insgesamt einigermaßen konsistente Ergebnisse, die statistische Signifikanz wird in den Einzelstudien aufgrund geringer Teststärke jedoch nur selten erreicht.

Beweis: sachverständiges Zeugnis Dr. Wolfgang Babisch; Dr. Wolfgang Babisch, Gesundheitliche Wirkungen von Umweltlärm, Zeitschrift für Lärmbekämpfung Heft 47 (2000) Seite 95 – 102

Expertengruppen beurteilen die Evidenz der Beziehung zwischen Lärm und Herzinfarkt zwischen "begrenzt" und "hinreichend".

Beweis: sachverständiges Zeugnis Dr. Wolfgang Babisch; Dr. Wolfgang Babisch, The noise/stress concept, risk assessment and research needs, in: Noise and Health Heft 4 (16)/2002, S. 1 – 11; Passchier-Vermeer, W. und Passchier, W.F., Noise exposure and public health, in: Environmental Health Perspectives Heft 108, suppl. 1/2000, S. 123-131

Den publizierten Daten zufolge steigt das Risiko für ischämische Herzkrankheiten an, wenn die Immissionsschallpegel außerhalb der Wohnungen tagsüber 65-70 dB(A) betragen (Schwellenmodell).

Beweis: sachverständiges Zeugnis Dr. Wolfgang Babisch; Health Council of the Netherlands, 1994 Noise and health. Report by a committee of the Health Council of the Netherlands. Publication No. 1994/15E, Health Council of the Netherlands, The Hague; Health Council of the Netherlands 1999 Public health impact of large airports, Report by a committee of the Health Council of the Netherlands. Publication No. 1999/14E, Health Council of the Netherlands, The Hague; Dr. Wolfgang Babisch, Risikobewertung in der Lärmwirkungsforschung, Zum Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch chronischen Lärmstress, in: Umweltmedizin Forschung und Praxis, Heft 6/2001, Seite 243-250;

Das Studienkonzept der jetzt publizierten Studie mit dem Akronym "NaRoMI" ("Noise and Risk of Myocardial Infarction") orientierte sich in weiten Teilen der Erhebung an einer früheren epidemiologischen Lärmstudie des damaligen Bundesgesundheitsamtes. Diese im ehemaligen politischen Westteil der Stadt Berlin durchgeführte bevölkerungsbezogene ("population- based") Fall-Kontroll-Studie ("Berliner Verkehrslärmstudie") ergab für den Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Herzinfarkttrisiko bei Männern, die wenigstens 15 Jahre lang nicht umgezogen waren und an Straßen mit Tages-Immissionspegeln (A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel) von mehr als 70 dB(A) wohnten, im

Vergleich zu denen mit Tages-Immissionspegeln bis zu 60 dB(A) einen Schätzwert für das relative Herzinfarkttrisiko von OR = 1,32 (95%-KI: 0,89-1,96; p=0,171; Abkürzungen: OR = Odds Ratio, KI = Konfidenzintervall, p = Irrtumswahrscheinlichkeit).

Babisch, W., Ising, H., Kruppa, B., Wiens, D. Verkehrslärm und Herzinfarkt, Ergebnisse zweier Fall-Kontroll-Studien in Berlin, 1992, WaBuLu Hefte Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin

Der NaRoMI-Studie liegen dieselben Test-Hypothesen zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Straßenverkehrslärmexposition und dem Risiko für den Herzinfarkt zugrunde. Sie beruht auf einer größeren Anzahl von Fällen (Personen mit Herzinfarkt) als die Vorgängerstudie. Es wurden mehr potenzielle Störvariablen ("confounder") berücksichtigt, und es standen verbesserte Methoden der Expositionserfassung zur Verfügung. Im Gegensatz zu der Berliner Verkehrslärmstudie handelt es sich bei der NaRoMI-Studie um eine Krankenhaus-bezogene ("hospital-based") Fall-Kontroll-Studie.

(2) Methoden

a. Stichprobe (Fälle und Kontrollen) [vgl. *Charite-Bericht, Kapite/2.4*]

Zur Bestimmung des potenziellen Risikos für die Inzidenz von Herzinfarkt wurden Patienten, die innerhalb eines fortlaufenden Zeitraums von drei Jahren von 1998 bis 2001 in 32 größeren Berliner Krankenhäusern aufgrund gesicherter Diagnosen wegen akutem Myokardinfarkt (MI) behandelt wurden oder reanimierte Überlebende eines plötzlichen Herztodes waren, erfasst. Die diagnostischen Kriterien entsprachen den WHO-Definitionen (ischämische Zeichen im EKG, klinische Symptome, Veränderungen im Enzymstatus). Krankenhaus-Kontrollen wurden auf der Grundlage von Alter (5-Jahres-Kategorien) und Geschlecht individuell zugeordnet ("matched controls"). Wegen der niedrigeren Inzidenzrate für MI bei Frauen wurde bei ihnen ein Fall:Kontroll-Verhältnis von 1:2 gewählt, um die statistische Teststärke zu erhöhen, bei Männern betrug das Verhältnis 1: 1. Die Kontroll-Patienten mit Diagnose Unfall (Wohnung, Arbeit, Freizeit/Sport, Verkehr, Sonstige), Leistenbruch, gutartige Schilddrüsenvergrößerung oder darmchirurgische Operation entstammten denselben Krankenhäusern wie die Fall-Patienten. Es wurde davon ausgegangen, dass die Kriterien zur Auswahl von Kontrollpersonen unabhängig von der Lärmbelastung der Probanden waren.

Insgesamt nahmen 4.115 Untersuchungspersonen im Alter von 20-69 Jahren an der Studie teil (Einschlusskriterien: obere Altersbegrenzung unter 70 Jahre, Berliner Wohnsitz seit mindestens 5 Jahren und mindestens 6 Monate im Jahr in Berlin anwesend, ausreichende deutsche Sprachkenntnisse). Dies umfasste 3.054 Männer und 1.061 Frauen (mittleres Alter 57,7 Jahre, Standardabweichung 8,7 Jahre). Die Response-Rate betrug 86% und war bei Fällen und Kontrollen annähernd gleich.

b. Kontrollvariablen (vgl. *Charite-Bericht, Kapitel 2.7*)

Während des Aufenthaltes der Patienten in der Klinik (nach der Verlegung auf periphere Stationen) wurden nach schriftlicher Einwilligung der Personen standardisierte Interviews durchgeführt, mit denen Informationen über die Wohnung, das häusliche Wohnumfeld, soziodemografische und andere

potenziell konfundierende Faktoren erhoben wurden. Dies umfasste die hereditäre Infarktbelastung (MI-Familiengeschichte bei Eltern oder Geschwistern: Kategorien "nein/ja"), Rauchgewohnheit ("Nie-Raucher/Ex-Raucher/derzeitiger Raucher"), Schulausbildung („(Fach-)Abitur/ohne Abitur", Familienstatus ("mit Partner/alleinstehend"), beruflicher Status ("erwerbstätig/arbeitslos/nicht berufstätig aus anderen Gründen"), wöchentliche Arbeitszeit („≤40 Stunden"/>40 Stunden"), Schichtarbeit ("nein/ja"), Nebentätigkeit ("nein/ja"), subjektive Lärmempfindlichkeit (kontinuierliche Skala von 1 bis 6 gemäß Weinstein-Fragebogen). Klinische Diagnosen bezüglich der Prävalenz von Diabetes mellitus ("nein/ja"), Hypertonie ("nein/ja"), Hyperlipidämie ("nein/ja") und relativem Körpergewicht (Body Mass Index: „<25 kg/m²/25-<30 kg/m²~30 kg/m²/keine Angabe") wurden den Krankenakten entnommen. Die jeweils erstgenannte Kategorie fungierte in den Analysen als Referenzkategorie. Da es zu der Vermutung Anlass gab, dass die Informationen zu erhöhten Blutfetten bei den Kontrollpersonen unvollständig waren (für die Behandlung nicht notwendig), wurde Hyperlipidämie nur in Sensitivitätsanalysen berücksichtigt. Es zeigte sich jedoch, dass der *Ein-* oder Ausschluss der Variablen bei den multiplen Analysen die Effektschätzer des Lärms nur unwesentlich veränderte. Die körperliche Aktivität (Stunden/Tag) wurde als Summe beruflicher und freizeitbezogener Aktivitäten erhoben. Es bestanden keine relevanten Unterschiede zwischen Fällen und Kontrollen, weshalb die Variable als Adjustierungsvariable unberücksichtigt blieb.

Die über 10 Jahre retrospektiv erhobene Arbeitslärmbelastung (Schallpegel) wurde nach ISO 9921/1 bezüglich der Sprachkommunikation am Arbeitsplatz sowie auf der Grundlage von Katalogwerten für Arbeitsplätze und Maschinen ermittelt und quantifiziert. Der Gebrauch von persönlichem Gehörschutz wurde bei der Operationalisierung der Variablen berücksichtigt. In den verkehrslärmbezogenen Auswertungen des Umweltbundesamtes wurde eine Arbeitslärmpegel-Indikatorvariable zur Kontrolle möglicher Störeinflüsse berücksichtigt (≤ 55 dB(A)/ > 55-70 dB(A)/ > 70-85 dB(A)/ > 85 dB(A)/keine Angabe", korrigiert für den Gebrauch von Gehörschutz). Der Austausch dieser Variablen gegen andere objektive Arbeitslärmvariablen in den statistischen Auswertungen hatte wenig Einfluss auf die verkehrslärmbezogenen Ergebnisse.

c. **Verkehrslärmpegel** (vgl. *Charite-Bericht, Kapitel 2.5.1* sowie Anhang 2)

Die Ermittlung der objektiven Straßenverkehrslärmbelastung (Schallpegel) der Untersuchungspersonen erfolgte auf der Grundlage der Lärmkarte der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Die Straßenverkehrslärm-Immissionspegel (mittlerer A-bewerteter äquivalenter Schalldruckpegel) in der Lärmkarte beziehen sich für jedes betreffende Straßensegment (Teilstück zwischen einmündenden Straßen) auf den mittleren Gebäudeabstand an der am stärksten betroffenen Häuserfront (im allgemeinen der Straße zugewandt) am Tag (6-22 Uhr) und in der Nacht (22-6 Uhr) in diesem Teilstück. Die Angaben in der Lärmkarte berücksichtigen saisonale Schwankungen und stellen Jahresmittelungswerte dar. Die Berechnungen erfolgten auf der Grundlage von in Deutschland üblichen amtlichen Berechnungsverfahren (RLS-90, Schall 03), wobei beidseitig unterschiedliche Gebäudeabstände und Reflexionen von gegenüberliegenden Gebäuden berücksichtigt wurden. Die Lärmkarte (Bezugszeitraum 1998) umfasste das gesamte übergeordnete Straßennetz (Hauptstraßen) mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als ca. 6.000 Kfz. Für diese Straßen lagen exakt berechnete Immissionswerte an den Gebäudefluchten vor.

Straßen mit einem geringeren Verkehrsaufkommen (Nebenstraßennetz) wurden im Rahmen der Studie als "ruhig" eingestuft. Für diese Straßen konnten keine berechneten Schallpegelwerte angegeben werden; das Referenzgruppen-Kriterium ("Cut-Off") entspricht jedoch Immissionspegeln von tags ca. 60 dB(A) und nachts ca. 50 dB(A) in einer Entfernung von 25 Metern von der Straßenmitte (zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h, 5-10 % Lkw-Anteil). Die maximal zulässige Geschwindigkeit in 85% aller Nebenstraßen betrug 30 km/h, wohingegen sie in den Hauptstraßen (Ausnahme Stadtautobahn) 50 km/h betrug. In solchen Tempo-30-Zonen sind gegenüber dem obigen Berechnungsansatz für Stadtstraßen mit Tempo 50 bei gleichem Verkehrsaufkommen und Einhalten der Geschwindigkeitsbegrenzung noch ca. 2-3 dB(A) niedrigere Schallpegel zu erwarten. Die Gruppe der Probanden, die in Nebenstraßen wohnten, diente in den statistischen Analysen hypothesengemäß, wie auch in der Vorgängerstudie, als Referenzgruppe zur Berechnung des relativen Herzinfarkttrisikos von stärker lärmbelasteten Untersuchungspersonen mit Wohnungen an Hauptstraßen. Auf der Grundlage von mittlerweile vorliegenden vollständigen Verkehrslärmerhebungen im Nebenstraßennetz von 4 (von 12) Berliner Stadtbezirken, die bei den jeweiligen Umweltämtern eingesehen wurden (Bezirke: Pankow, Neukölln, Tempelhof, Charlottenburg- Wilmersdorf), konnte der Referenzgruppen-Ansatz zusätzlich validiert werden.

Alle Wohnungen der Studienteilnehmer wurden in bezug auf die Straßenverkehrslärmexposition der am stärksten belasteten Gebäudeseite in folgende Kategorien eingeordnet: ≤ 60 dB(A)/ > 60 bis ≤ 65 dB(A)/ > 65 bis ≤ 70 dB(A)/ > 70 dB(A). Im einem ersten Schritt der Schallpegelzuordnung erfolgte dies bezüglich der Straße, die der Postadresse entsprach (in den meisten Situationen die nächste Straße zum Gebäude). Im zweiten Schritt wurden alle Probandenwohnungen bezüglich der Lärmeinwirkung von anderen Straßen (als der Adressstraße) überprüft. Auf der Grundlage hochauflösender GIS-Informationen (geografisches Informationssystem: digitalisierte topografische Karten im Maßstab 1 :500) wurden die Entfernungsabstände zu allen Hauptstraßen gemessen, für die exakte Schallpegel in der Lärmkarte verzeichnet waren. Wenn eine Probandenadresse auf der Grundlage physikalische Gesetze der Schallausbreitung in relevantem Abstand zu solchen Straßen lag und nicht vollständig durch andere Gebäude von ihnen abgeschirmt war, wurden exakte Schallpegelberechnungen für die von diesen Straßen ausgehende Lärmbelastung durchgeführt und die Probanden gegebenenfalls in eine andere (höhere) Schallpegelkategorie eingeordnet. Anderenfalls verblieben die Probanden in der ihnen im ersten Schritt zugewiesenen Schallpegelkategorie. Alle Schallpegelberechnungen erfolgten sowohl für die Belastung der Gebäudevorderseite als auch der Rückseite. Die Schallpegelzuordnung der Probanden erfolgte somit auf der Grundlage der akustisch am stärksten einwirkenden Straße, unabhängig davon, welche Häuserfront betroffen war ("maximale Schallpegelbelastung").

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Auswertungen zur Schallpegelbelastung tags und nachts sich auf dieselben Straßen und Gebäudeseiten beziehen, also Nacht-Pegel prinzipiell nicht die Belastung der Schlafräume beschreiben, die sich häufiger auf abgeschirmten Gebäuderückseiten befinden als die Wohnräume. Aus den in der NaRoMi-Studie dazu nur teilweise vorhandenen Daten geht hervor, dass bei Probanden mit Wohnungen an Hauptstraßen 57% der Wohnräume und 34% der Schlafräume zu den Straßen ausgerichtet waren. Ergebnisdarstellungen, die sich auf den nächtlichen Immissionspegel beziehen, sind daher mit erheblicher Expositions-Missklassifikation behaftet, wenn sie im Sinne möglicher

Schlafbeeinträchtigungen durch nächtlichen Straßenverkehrslärm herangezogen werden.

Zur Kontrolle des Einflusses von Lärm durch andere Verkehrslärmquellen (Schienenlärm, Fluglärm) wurden in den multiplen statistischen Analysen dichotome Variablen berücksichtigt, mit denen zwischen Probanden unterschieden wurde, die innerhalb bzw. außerhalb der 60 dB(A)-Konturen um die drei Berliner Flughäfen (Tages-Immissionspegel berechnet nach Fluglärmgesetz mit Halbierungsparameter $q=3$) oder in der Nähe von Eisenbahnlinien wohnten (Schienenverkehrs-Modul der Berliner Lärmkarte). Die Schallimmissionen von Straßenbahnen wurden hingegen dem Straßenverkehrslärm zugerechnet (ohne "Schienenbonus"). Zur Verminderung von Expositions-Fehlklassifikation auf Grund der langen Latenzzeit bis zur Manifestation der Krankheit (MI) und daraus möglicherweise resultierender Effekt-Modifikation wurde die Wohndauer (in Jahren) an der aktuellen Adresse erfasst und in den Auswertungen berücksichtigt.

d. Lärmbelästigung (vgl. *Charite-Bericht, Kapitel 2.5.2 sowie Anhang 1*)

Die subjektive Lärmexposition (Lärmbelästigung) wurde mittels Fragebogen erhoben und entsprach in der Fragestellung und Skalierung weitgehend international standardisierten Vorgaben [24,25,31]. Die persönlichen Interviews wurden in den Kliniken durchgeführt. Belästigungsreaktionen durch Umweltlärm wurden auf einer 5-stufigen numerischen Skala erfasst, deren Endpunkte verbal unterlegt waren (1 = überhaupt nicht gestört, 5 = sehr gestört).

Acht Lärmquellen in der Wohnung und im Wohnumfeld wurden berücksichtigt. Dies umfasste: Straßenverkehrslärm, Fluglärm, Schienenverkehrslärm (ohne Straßenbahn), Baulärm, Industrie- und Gewerbelärm, sonstiger Lärm von außen, Trittschall, sonstiger Lärm von innen aus dem Haus. Die Items wurden in zwei Listen präsentiert; die eine bezog sich auf Störungen am Tage, die andere auf Störungen in der Nacht. Zur statistischen Kontrolle des Einflusses von Belästigungen durch Lärm am Arbeitsplatz wurde eine Summen-Indikatorvariable verwandt, die eine Kombination aus den Antworten im Lärmfragebogen zu Lärmbelästigungen durch Geräusche von außen (Umweltgeräusche), selbsterzeugte Geräusche, und nicht selbst erzeugte arbeitsplatzzugehörige Geräusche darstellte (Kategorien: "niedrig (1.Quartil)/eher niedrig (2. Quartil)/eher hoch (3. Quartil)/hoch (4. Quartil)/ohne Angabe/ohne Job im 10-Jahreszeitraum").

e. Statistische Auswertung

Zur Berechnung von Effektschätzern (Odds Ratio) des relativen Risikos und zur Kontrolle von Störeinflüssen durch potenziell konfundierende Variablen wurden konditionale logistische Regressionsanalysen durchgeführt (gepaarte Auswertung, "matched analysis"). Des Weiteren kamen nicht-parametrische Regressionsanalysen zum Einsatz. Die statistischen Analysen wurden mit den Programmsystemen "LogXAct", Version 4.02 und "SPSS", Version 9.0 durchgeführt.

Die Beziehungen zwischen dem Immissionsschallpegel und der MI-Inzidenz wurden sowohl in der Gesamtstichprobe untersucht, als auch stratifiziert nach Probanden, die wenigstens 10 Jahre lang nicht umgezogen waren. Die Betrachtung von Teilstichproben mit längerer Wohndauer trägt dem Sachverhalt Rechnung, dass die Wohndauer eine wesentliche expositionsbestimmende

Größe ist und adverse Wirkungen chronischer Lärmbelastung angesichts langer Induktionszeiten bis zur Manifestation eines Herzinfarktes nach der Wirkungshypothese erst nach langjähriger Exposition zu erwarten sind. In früheren Untersuchungen zeigte sich, dass nach Stratifizierung bezüglich der Wohndauer engere Zusammenhänge zwischen der Lärmbelastung und gesundheitlichen Endpunkten bestanden. Solche Betrachtungen können zur Unterstützung einer kausale Interpretation von statistischen Zusammenhängen herangezogen werden. Die Berücksichtigung von Mindest-Wohndauern von 10-15 Jahren hat sich als pragmatisch sinnvoller Ansatz erwiesen, der einerseits den langen Induktionszeiten der Krankheitsentstehung Rechnung trägt und andererseits unter Teststärke-Gesichtspunkten hinreichende Probandenzahlen gewährleistet.

Unter methodischen Gesichtspunkten ist anzumerken, dass stratifizierte Datenanalysen und Ergebnisdarstellungen sowohl zur "Confounder"-Kontrolle, als auch zur Bestimmung von Effekt-Modifikatoren eingesetzt werden (Restriktion ist eine Methode stratifizierter Auswertung). Während es im ersten Fall um Korrekturen für die Berechnung eines unverfälschten Effektschätzers der Gesamtstichprobe geht, ist es im zweiten Fall gerade das Anliegen, Unterschiede der Effektschätzer in Teilgruppen der Stichprobe zu erkennen und als solche zu interpretieren. Obwohl das Verfahren der Stratifizierung von Ergebnissen nicht frei von möglichen Verzerrungseinflüssen durch Selektions-Bias ist, wird es grundsätzlich für Kohorten- als auch Fall-Kontroll-Studien empfohlen. Dies gilt in "gematchten" Fall-Kontroll-Studien für die "gematchten" ebenso wie für die "ungemachten" Variablen, wobei allerdings auf Limitationen im Hinblick auf die statistische Teststärke aufmerksam gemacht wird, die sich aus der Tatsache ergeben, dass eine Anzahl diskordanter Paare zusätzlich verloren geht. Zur statistischen Kontrolle möglicher Ergebnisverzerrungen ist in den Analysen der Teilstichproben derselbe Satz von potenziellen Störvariablen berücksichtigt worden wie in der Gesamtstichprobe. Darüber hinaus wurde überprüft, dass die Wohndauer nicht wesentlich mit der Lärmbelastung oder der MI-Inzidenz korreliert war.

Neben dem Verfahren der Teilstichprobenbildung wurde zum Vergleich auch ein Modell-adjustierendes Verfahren angewandt, bei dem über den üblichen regressionsanalytischen Ansatz eine Stratifizierung der Effekte nach Wohndauer und Lärmexposition vorgenommen wurde. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass keine Paare mit ungleichen Expositionsjahren verloren gehen; es ist jedoch aufgrund der unterlegten Modellannahmen (lineare Beziehungen der Variablen untereinander) und der Komplexität multipler statistischer Verfahren auch nicht frei von Problemen residualen "Confoundings" und der möglichen Einführung von "Bias".

(3) Ergebnisse

a. Testhypothese

Bei der Konzipierung des Studiendesigns wurde in Absprache mit dem Umweltbundesamt festgelegt, dass der Zusammenhang zwischen der Herzinfarkt-Inzidenz und dem Straßenverkehrslärm auf der Grundlage der Berliner Verkehrslärmkarte erfolgen sollte. In der Lärmkarte wird zwischen stark verkehrsbelasteten Straßen (Hauptstraßen), für die Schallpegelberechnungen auf der Grundlage von Verkehrszählungen vorgenommen wurden, und wenig verkehrsbelasteten Straßen (Nebenstraßen), für die explizite Schallpegelberechnungen aus Relevanz- und Aufwandsgründen zum Zeitpunkt

der Datenerhebung nicht vorlagen, unterschieden. Daraus folgt, dass die Schallpegelbestimmung nicht beliebig nach unten, zu niedrigen Schallpegeln hin, aufgelöst werden konnte, sondern das oben beschriebene Referenzgruppenkriterium ("tags/nachts $\leq 60/50$ dB(A)") für alle Nebenstraßen global anzusetzen war. Dabei war aus messtechnischer Erfahrung davon auszugehen, dass für den Großteil der betroffenen Nebenstraßen die tatsächliche Lärmbelastung weitaus niedriger war (tags: 45-55 dB(A)). Der a priori Hypothese folgend, die auch der Vorgängerstudie zugrunde lag, stellen die Probanden mit Wohnungen an Nebenstraßen die Referenzkategorie für die Berechnung von Lärmeffekten (relatives MI-Risiko) bei Probanden höherer Lärmkategorien mit Wohnungen an Hauptstraßen dar. Insofern war davon auszugehen, dass das wahre relative Risiko für Probanden höherer Lärmkategorien eher unterschätzt wird. Andererseits werden nach gegenwärtigem Wissensstand Schallpegel von etwa 65/55 dB(A) als mögliche Schwellenwerte angesehen, oberhalb derer adverse Lärmeffekte auftreten, was das Vorgehen rechtfertigt. Die Ermittlung der Lärmbelastung der Probanden erfolgte im Rahmen der Zusammenarbeit durch das Umweltbundesamt, das auch die relevanten Testhypothesen formulierte.

Während der Durchführung der statistischen Berechnungen ergab sich ein unerwarteter Befund. Aufgrund unterschiedlicher Kodierung im Datensatz wurden zwei Teilgruppen der Referenzgruppe betrachtet, die sich in ihrem Herzinfarktrisiko unterschieden (a posteriori Befund). Die eine Untergruppe ist im folgenden "Teilgruppe 1" genannt, die andere "Teilgruppe 2". Die Probanden der Teilgruppe 1 wohnten in Nebenstraßen und waren akustisch nicht durch eine entfernte Hauptstraße betroffen ("Hauptstraße nicht relevant"). Entweder lag eine vollständige Abschirmung durch andere Gebäude vor, oder die gemessene Entfernung zu diesen Straßen war groß genug, um sicherzustellen, dass das Referenzgruppenkriterium selbst bei ungünstigsten Annahmen über die Emissionspegel eingehalten wurde. Die Probanden der Teilgruppe 2 wohnten ebenfalls in Nebenstraßen, waren aber potenziell (geringer Abstand) durch eine Hauptstraße betroffen ("Hauptstraße relevant"). Explizite Pegelberechnung bezüglich dieser Hauptstraßen hatten aber ergeben, dass das Referenzgruppenkriterium für die Immissionsbelastung dennoch eingehalten war (weil die Emissionspegel vergleichsweise gering waren).

Neben der "primären Auswertung" bezüglich der gesamten Referenzgruppe (a priori Hypothese), finden sich in den Ergebnisdarstellungen auch "sekundäre Auswertungen", bei denen beide Teil-Referenzgruppen separat betrachtet werden (a posteriori Hypothese). Die beiden Gruppen waren anhand akustischer Kriterien vor und nach Studienbeginn nicht zu unterscheiden (vgl. *Charite-Bericht, Kapitel 4.2*). Hierin liegt der Dissens des Umweltbundesamtes mit den beteiligten Wissenschaftlern der Charite, die ihre Ergebnisdarstellungen und wesentlichen Ergebnisinterpretationen auf der Grundlage allein der Teilgruppe 2 als Referenzgruppe aufbauen. Dafür gibt es nach Bewertung des Fachbegleiters des Umweltbundesamtes keine mit akustischen Gesichtspunkten begründbare Basis.

b. Kontrollvariablen [vgl. *Charite-Bericht, Kapitel 3.1*]

Bei der Auswertung der Zusammenhänge zwischen den Kontrollvariablen und der MI-Inzidenz, die auf multiplen logistischen Regressionsmodellen beruhen, in denen nur die aufgeführten Faktoren berücksichtigt wurden (keine Lärm-Variablen), erwiesen sich die etablierten biologischen und nicht-biologischen Risikofaktoren (Diabetes mellitus, Hypertonie, positive MI-Familiengeschichte,

Rauchen) erwartungsgemäß als signifikante Determinanten für das Herzinfarktisiko. Die ermittelten Odds Ratios bewegten sich zwischen OR = 1,7 und OR = 3,1 und lagen im Bereich üblicher Befunde aus epidemiologischen Studien.

c. Verkehrslärmpegel [vgl. Charite-Bericht, Kapitel 3.2.2 sowie Anhang 2]

Die Probanden wurden durch Straßenverkehr tags (6-22 Uhr) zu 60 % durch Lärm bis 70 dB(A) und nachts (22-6 Uhr) zu ebenfalls 60 % durch Lärm knapp über 60 dB(A) belastet. Die restlichen ca. 30 % der Probanden wird in drei annähernd gleich großen Gruppen mit jeweils sich steigend 5 dB(A) mehr belastet.

Die Immissionsschallpegel beziehen sich auf die am stärksten durch Straßenverkehrslärm belastete Gebäudeseite. Da die Tages- und Nachtwerte in den Auswertungen sich jeweils auf dieselbe Gebäudefassade beziehen, waren die nicht-kategorisierten Rohwerte aller Straßen, für die Immissionspegelberechnungen explizit durchgeführt worden sind (n= 1678), hoch korreliert ($r_p = 0,97$ (Pearson) bzw. $r_s = 0,98$ (Spearman)).

Den Tabellen 3 und 5 des Beitrages von Babisch (Die NaRoMi-Studie, in: Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt, Forschungsbericht 297 61 003 des Umweltbundesamtes, S. 20, 22) können jeweils die genauen Anzahlen von Probanden in den Straßenverkehrskategorien tags entnommen werden. Weitergehende Angaben finden sich im Abschlussbericht der Charite sowie im *Anhang 2* des Umweltbundesamtes zur Schallpegelerhebung. Die mittlere Differenz zwischen Tag- und Nachtwerten betrug 7,3 dB(A). Dies erklärt die scheinbar vorliegenden Verteilungsunterschiede zwischen der Tages- und Nachtlärmbelastung bei den kategorisierten Daten, wo die Kategorienbildung in ganzen 5 dB(A)-Klassen erfolgte. Die Ergebnisse spiegeln in etwa die Lärmbelastung wieder, wie sie für die bundesdeutsche Bevölkerung hochgerechnet wurde. Danach waren ca. 16% der untersuchten Personen tagsüber außerhalb der Wohnungen gegenüber Immissionsschallpegeln über 65 dB(A) exponiert.

69 Prozent der Probanden waren wenigstens 10 Jahre lang nicht umgezogen. Infarktpatienten wohnten im Mittel 17,9 ($s_x = 12,8$) Jahre und Kontrollpatienten 17,8 ($s_x = 12,9$) Jahre an ihrer aktuellen Adresse. Es bestanden keine auffälligen Zusammenhänge zwischen der Wohndauer und der Lärmexposition. Der Korrelationskoeffizienten (Spearman) zwischen der Wohndauer und dem Verkehrslärmpegel (4 Kategorien) betrug bei den MI-Patienten den Wert $r_s = -0,02$ und bei den Kontrollpersonen den Wert $r_s = -0,04$. Bei den Frauen ergab sich für den Zusammenhang ein Korrelationskoeffizient von $r_s = -0,03$ und bei den Männern

ebenfalls von $r_s = -0,03$. Keiner der Werte war statistisch signifikant, was für die Ergebnisse ohne inhaltliche Bedeutung ist, da auch geringe Korrelationen bei großen Stichproben signifikant werden.

d. Zusammenhänge zwischen Verkehrslärmpegel und Herzinfarkt [vgl. Charite-Bericht, Kapitel 3.2.3]

Die relativen MI-Risiken für die verschiedenen Expositionsgruppen erbrachte das Ergebnis: Mit steigender Verkehrslärmbelastung ist ein stetiger leichter Anstieg

des Odds Ratios bei den Männern zu beobachten, wobei die Relevanzschwelle bei 60 dB(A) liegt.

Das relative Risiko von $OR = 1,27$ (95%-KI: 0,88-1,84) für Männer der höchsten Belastungskategorie (>70 dB(A)) im Vergleich zu denen der niedrigsten (≤ 60 dB(A)) ist statistisch nicht signifikant ($p=0,200$). Es deutet sich ein positiver monotoner Dosis-Wirkungs-Zusammenhang an. Fasst man die obersten beiden Lärmkategorien zusammen (für Vergleichszwecke), so ergibt sich für die Männer mit Immissionspegeln tags über 65 dB(A) ein Odds-Risiko von $OR=1,18$ (95%-KI: 0,93-1,49; $p=0,171$). Bei den Frauen zeigt sich ein entgegengesetzter Trend. Das relative Risiko für diejenigen der höchsten Verkehrslärmkategorie von $OR = 0,66$ (95%-KI: 0,32-1,35) ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0,254$). Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 7 und 8 bei Babisch (a.a.O. S. 25) grafisch dargestellt.

In der Teilstichprobe von Untersuchungspersonen, die in den zurückliegenden 10 Jahren nicht umgezogen waren, bestand hingegen ein stärkerer monotoner Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und MI-Risiko als in der Gesamtstichprobe. Das Odds Ratio für Männer aus der höchsten Straßenverkehrslärmkategorie beträgt $OR=1,81$ (95%-KI: 1,02-3,21) und ist signifikant ($p=0,043$).

Wenn nur Probanden berücksichtigt werden, die wenigstens 15 Jahre lang nicht umgezogen waren, ergibt sich ein entsprechender Befund, der bei geringen Anzahlen jedoch nicht signifikant ist $OR=1,79$ (95%-KI: 0,86-3,72). Fasst man die obersten beiden Lärmkategorien zusammen (für Vergleichszwecke), so ergibt sich für Männer mit Immissionspegeln tags über 65 dB(A) ein Odds-Risiko von $OR=1,45$ (95%-KI: 1,03-2,05; $p=0,034$). Da das volle statistische Modell bei der Betrachtung von Frauen der Teilstichprobe aufgrund der kleinen Stichprobengröße nicht konvergierte, wurden reduzierte Modelle für Frauen und Männer (zum Vergleich) berechnet, in denen als Kontrollvariablen nur die klassischen Risikofaktoren (Diabetes mellitus, Hypertonie, MI-Familiengeschichte und Rauchverhalten) berücksichtigt wurden. Bei den Frauen zeigt sich kein auffälliger Zusammenhang zwischen dem Straßenverkehrslärmpegel und dem MI-Risiko.

Zur regressionsanalytischen Berücksichtigung der Wohndauer im multiplen Modell als Alternative zu dem oben beschriebenen Ausschlussverfahren wurde eine neue Variable gebildet, die aus den Faktorstufen ≤ 60 dB(A)/ <10 Jahre, ≤ 60 dB(A)/ ≤ 10 Jahre, $>60-65$ dB(A)/ <10 Jahre, $>60-65$ dB(A)/ ≥ 10 Jahre, $>65-70$ dB(A)/ <10 Jahre, $>65-70$ dB(A)/ ≥ 10 sowie >70 dB(A)/ <10 Jahre und >70 dB(A)/ ≥ 10 Jahre bestand ("counterfactual approach"). Die Personen mit Verkehrslärm-Immissionspegel tags bis 60 dB(A) und einer Wohndauer unter 10 Jahren waren hierbei die Referenzgruppe. In den ersten Berechnungen zeigte sich jedoch, dass sich die gering lärmbelasteten Personen mit Wohndauern unter 10 Jahren und Wohndauern von 10 und mehr Jahren hinsichtlich ihres Herzinfarkttrisikos nicht unterschieden (Männer: $OR=1,01$ und Frauen: $OR=0,97$). Sie wurden für die weiteren Analysen daher zu einer Referenzgruppe zusammengefasst. Keines der berechneten Odds Ratios ist signifikant. Dennoch lassen sich einige Charakteristiken erkennen. Der sich schon in den vorangegangenen Auswertungen andeutende Trend einer Abnahme des MI-Risikos mit steigender Lärmbelastung bei Frauen ist bei denjenigen mit kurzer Wohndauer ausgeprägter als bei denen mit langer Wohndauer. Bei den Männern deutet sich - weniger ausgeprägt als in den stratifizierten Analysen - bei denjenigen mit längerer Wohndauer im Vergleich zu denen mit kurzer Wohndauer ein stärkerer Anstieg des Odds Ratios mit steigender Lärmbelastung an. Da sich die Männer der Verkehrslärmkategorien $>65-70$ dB(A) und >70 dB(A) hinsichtlich des Herzinfarkttrisikos nicht unterschieden ($OR=1,33$ bzw. 1,34),

wurden die Kategorien zur Erhöhung der Teststärke zusammengefasst. In dieser Betrachtung ergibt sich für die Männer mit Wohndauern von 10 oder mehr Jahren an Straßen mit Tagesimmissionspegeln von mehr als 65 dB(A) ein gegenüber der Referenzgruppe signifikant ($p=0,046$) erhöhtes Risiko von $OR=1,33$ (95%-KI: 1,00-1,76).

Bei den Ergebnissen der sekundären Auswertungen, bei denen zwischen den Referenz-Teilgruppen „1“ (Hauptstraße nicht relevant) und „2“ (Hauptstraße relevant) unterschieden wird, weisen überraschenderweise die männlichen mit $OR=0,67$ (95%-KI: 0,52-0,85) und weiblichen Probanden der "Teilgruppe 2" mit $OR=0,45$ (95%-KI: 0,27-0,76) in der Gesamtstichprobe ein signifikant niedrigeres MI-Risiko auf als diejenigen der Teilgruppe 1 ($p=0,001$ bzw. $p=0,003$). Dies ist bei Babisch (a.a.O. Seite 31 f.) in den Abbildungen 13 und 14 für die Gesamtgruppe und in den Abbildungen 15 und 16 für die Teilstichprobe der Probanden, die mindestens 10 Jahre lang nicht umgezogen waren, grafisch dargestellt. Qualitativ zeigen sich ähnliche Zusammenhänge wie in den primären Analysen, quantitativ fallen die Lärmeffekte für Probanden der höheren Lärmkategorien geringer aus. Das relative Risiko für Männer in der Verkehrslärmkategorie >70 dB(A), die wenigstens 10 Jahre lang nicht umgezogen waren, von $OR=1,67$ (95%-KI: 0,93-3,0) ist bei der "zweiseitigen Testung" nur noch grenzwertig signifikant ($p=0,084$). Der protektive statistische Effekt für Männer und Frauen der Teil-Referenzgruppe 2 ist ebenso nur noch grenzwertig signifikant ($p=0,090$ bzw. $p=0,091$).

e. **Lärmbelastigung** [vgl. *Charite-Bericht, Kapitel 3.2.2*]

Von den Untersuchungspersonen waren 13% in ihrer Wohnung durch Straßenverkehrslärm tagsüber "stark" (Kategorien 4+5) gestört. 8% waren nachts durch Straßenverkehrslärm "stark" gestört. Dies ist ein Abbild dessen, was in repräsentativen Befragungen in Deutschland gefunden wird. Lediglich Lärmbelastigungen durch Fluglärm wurden in der Studie häufiger beobachtet als im bundesdeutschen Querschnitt üblich, was daran liegen dürfte, dass Berlin über mehrere internationale Flughäfen verfügt.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen können als Validitätsprüfung bezüglich der Erhebung der Lärmbelastung angesehen werden. Erwartungsgemäß waren die objektiven Variablen zum Straßen-, Flug- und Schienenverkehrslärm jeweils mit den subjektiven Variablen zur Belästigung durch dieselben Lärmquellen stärker korreliert, wohingegen nur geringe Zusammenhänge mit den Belästigungsvariablen bezüglich anderer Lärmquellen bestanden. Die Zusammenhänge waren tags stärker als nachts. Dies liegt daran, dass die Schlafräume häufiger von den bodengebundenen Lärmquellen (Straße, Bahn) abgewandt waren (vgl. *Charite-Bericht Kapitel 2.3*) bzw. nachts kein oder nur geringer Flugbetrieb herrschte (Nachtflugbeschränkung).

Die subjektive Lärmempfindlichkeit war mit allen Lärmbelastigungsvariablen stärker, mit den objektiven Expositionsvariablen aber gering korreliert. Dies entspricht dem sozialpsychologischen Konzept der Lärmempfindlichkeit, die eine wesentliche Determinante für die Lärmbelastigung ist. Daraus ergeben sich jedoch auch methodische Konsequenzen für die Berücksichtigung der Variablen in epidemiologischen Studien, in denen analytische Gesichtspunkte (Interpretation einzelner Effektschätzer) und nicht Vorhersagegesichtspunkte (bestmögliche Modellanpassung unabhängig von der inhaltlichen Interpretation einzelner Effektschätzer) im Vordergrund stehen. Insofern wurde die apriori Entscheidung, die Lärmempfindlichkeit nicht in den Zusammenhangsanalysen

zwischen der Lärmbelastigung und der MI-Inzidenz zu berücksichtigen, bestätigt. Die Bedeutung der bezüglich der Lärmempfindlichkeitseffekte auspartialisierten Belastungsvariablen wäre inhaltlich eine andere als die der in sozialwissenschaftlichen Untersuchungen üblicherweise erhobene Belastungsvariablen (die die Komponente der Lärmempfindlichkeit einschließen), über die Aussagen getroffen werden sollen. Die Belastungsreaktionen waren nur gering mit der Wohndauer korreliert. Bei den Zusammenhängen zwischen dem Straßenverkehrslärmpegel und den Belastungsreaktionen zeigen sich monotone Zusammenhänge (höhere Belastung bei höherer Verkehrslärmexposition), was nach der Vielzahl bekannter sozial wissenschaftlicher Untersuchungen zur Lärmbelastigung auch zu erwarten ist. Die geringste Belastung durch Straßenverkehrslärm lag in der Teilgruppe 1 von Probanden mit Wohnungen in Nebenstraßen vor, die durch Lärm von Hauptstraßen nicht potenziell beeinflusst waren.

f. **Zusammenhänge zwischen Lärmbelastigung und Herzinfarkt** [vgl. *Charite-Bericht, Kapitel 3.2.3*]

Die Zusammenhänge zwischen der Lärmbelastigung und dem MI-Risiko werden bei Babisch in Tabelle 11 wiedergegeben. Für die Belästigungen während des Tages und der Nacht wurden unabhängige Modellrechnungen durchgeführt. Um die jeweils 8 Lärmquellen und die Kontrollvariablen in einem multiplen Modell simultan auswerten zu können, wurden die Belästigungsvariablen als kontinuierliche Variablen behandelt. Die Effektschätzer (Odds Ratios und 95%-Konfidenzintervalle) geben das relative Risiko pro Einheit auf der 5-stufigen Belästigungsskala wieder. Alle schallpegelbezogenen Variablen wurden von der Modellbildung aus Gründen der Kollinearität zwischen Variablen ausgeschlossen, ebenso wie die subjektive Lärmempfindlichkeit. Die Belästigung durch Lärm am Arbeitsplatz hingegen wurde mit in die Modelle als konkurrierende Variable aufgenommen.

Als Ergebnis zeigte sich, dass nur die Belästigung durch Straßenverkehrslärm nachts bei den Männern mit OR=1,10 (95%-KI: 1,01-1,20) und die Belästigung durch Fluglärm nachts bei den Frauen mit OR=1,28 (95%-KI: 1,01-1,63) statistisch signifikant ($p=0,032$ bzw. $p=0,045$) mit einem erhöhten Herzinfarktrisiko verbunden waren.

Relatives MI-Risiko [OR, 95 %-KI] pro Skaleneinheit				
Lärmbelastigung [5-stufige Skala]	Frauen		Männer	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Straßenverkehrslärm	1,03 (0,90-1,18)	0,98 (0,84-1,14)	1,04 (0,97-1,12)	1,10 (1,01-1,20)
Fluglärm	1,13 (0,97-1,32)	1,28 (1,01-1,63)	1,01 (0,93-1,10)	1,05 (0,93-1,19)
Schienenverkehrslärm	0,96 (0,78-1,18)	0,94 (0,71-1,24)	0,92 (0,82-1,04)	0,99 (0,85-1,15)

Tabelle 11: Zusammenhänge zwischen Lärmbelastigung und Herzinfarktrisiko

(4) Diskussion

a. Ergebnisse im Kontext mit anderen Lärmstudien

Extra-aurale Lärmeffekte werden seit geraumer Zeit wissenschaftlich untersucht. Das Interesse der Lärm-Epidemiologie richtet sich insbesondere auf die Wirkungen des Lärms auf das Herz-Kreislaufsystem einschließlich Bluthochdruck und ischämischen Herzkrankheiten. Die biologische Plausibilität des vermuteten Zusammenhangs ist über das allgemeine Stressmodell erklärt und in unzähligen Labor- und Tierexperimenten nachgewiesen. Die klinische und gesundheitspolitische Relevanz der Effekte ist Gegenstand einer anhaltenden Diskussion. Es wurde geschätzt, dass ca. 2-3 % der ischämischen Herzkrankheiten in der Gesamtbevölkerung auf den Verkehrslärm zurückzuführen sein könnten, wenn die Lärm-Hypothese stimmt.

In der von der Gutachtergruppe Keil/ Stallmann/ Wegscheider/ Willich vom Institut für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie der Charité-Universitätsmedizin erstellten epidemiologischen Fall-Kontroll-Studie wurde in der Gesamtstichprobe bei männlichen Untersuchungspersonen, deren Wohnungen tagsüber mit Verkehrslärmimmissionspegeln von mehr als 70 dB(A) belastet waren, im Vergleich zu Männern, deren Wohnungen mit Immissionspegeln bis 60 dB(A) belastet waren, ein um ca. **30% erhöhtes Herzinfarktrisiko** (OR = 1,27; 95%-KI: 0,88-1,84) ermittelt

(Extremgruppenvergleich). Der Effekt war statistisch nicht signifikant, bestätigt aber auch quantitativ die Ergebnisse der früheren großen Fall-Kontroll-Studie von Babisch/ Ising/ Kruppa/ Wiens (The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise – the Berlin case-control studies, 1994, in: Environment International Heft 20, S. 469 ff.), die in demselben Untersuchungsgebiet durchgeführt wurde. Dort wurde bei weitgehend identischem Vorgehen, was die Expositionsbestimmung und die MI-Diagnose anbelangt, für denselben Vergleich ein um ca. **20%** erhöhtes Herzinfarktrisiko gefunden (OR = 1,17; 95%-KI: 0,81-1,67) nachgewiesen.

Betrachtet man nur Personen, die über viele Jahre hinweg nicht umgezogen waren (10 oder 15 Jahre), so ergeben sich in beiden Studien für den Extremgruppenvergleich (>70 dB(A) versus ~60 dB(A)) höhere Effektschätzer. In der Vorgängerstudie stieg das Risiko für die höchste Belastungsgruppe auf OR = 1,32 (95%-KI: 0,89-1,96) und in der vorliegenden Studie bei stratifizierter Analyse auf OR = 1,81 (95%-KI: 1,02-3,21) und bei modell-adjustierter Auswertung auf OR = 1,34 (95%-KI: 0,85-2,09) an.

Während die Vorgängerstudie Hinweise gab, die für die Annahme eines Schwelleneffekts sprachen, wurde nunmehr eher ein stetig ansteigendes Risiko über die Verkehrslärmkategorien hinweg beobachtet (Dosis-Wirkungs-Beziehung). Die Tatsache, dass die beobachteten relativen Risiken größer waren, wenn die Probanden an ihrer Wohnadresse länger ansässig waren (alterskontrolliert), ist biologisch plausibel und im Einklang mit der Wirkungshypothese. Berücksichtigt man, dass kardiovaskuläre Veränderungen langen Induktionszeiten unterliegen und der Stressor Umweltlärm im Vergleich zu anderen Risikofaktoren ein vergleichsweise schwacher Einflussfaktor ist, so bedarf es sicherlich viele Jahre einer chronischen Exposition, bis sich klinisch relevante pathologische Effekte (z. B. Bluthochdruck, Arteriosklerose, Herzinfarkt) im Organismus manifestieren. Die Wohndauer erwies sich auch in anderen Lärmstudien als ein wichtiger Effekt-Modifikator (vgl. die Nachweise von Babisch auf die in seinem Literaturverzeichnis unter den Nr. 7, 9, 13, 20 und 55 aufgeführten Studien).

Wegen methodisch bedingter Unabwägbarkeiten im Hinblick auf mögliche Fehlereinflüsse bei der Teilstichprobenbildung will Babisch die ermittelten Odds Ratios bei den Untersuchungspersonen mit längerer Wohndauer (OR = 1,8 bzw. 1,3 je nach Analysenmethode) in ihrer numerischen Größe nicht überinterpretiert wissen. Wichtig ist nach seiner Bewertung aber der grundsätzliche Befund, dass gegenüber den Ergebnissen in der Gesamtstichprobe stärkere und in einigen Auswertungen statistisch signifikante Zusammenhänge gefunden werden, wenn Personen mit längerer Wohndauer an der aktuellen Adresse gesondert betrachtet werden. Dies wird besonders deutlich, wenn man die Männer aus den bei den höchsten Lärmkategorien mit Immissionspegeln über 65 dB(A) zusammenfasst. Dann ergibt sich in der Gesamtstichprobe ein nicht signifikantes Odds Ratio von OR = 1,18 (95%-KI: 0,93-1,49; p=0,171) wohingegen sich in der Teilstichprobe mit einer Wohndauer von mindestens 10 Jahren je nach Analyseverfahren Odds Ratio von OR = 1,33 (95%-KI: 1,00-1,76; p= 0,046) bzw. OR = 1,45 (95%-KI: 1,03- 2,05; p=0,034) ergeben, die beide signifikant sind.

In den genannten früheren Untersuchungen zum Herzinfarktrisiko wurden Frauen nicht berücksichtigt. In der vorliegenden Untersuchung ergab sich bei den Frauen kein erhöhtes Risiko für den Herzinfarkt in Abhängigkeit vom Straßenverkehrslärmpegel. Dies wird u. a. unterstützt durch die Tatsache, dass auch nur bei Männern ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Belästigung durch Straßenverkehrslärm (nachts) und dem Herzinfarktrisiko

gefunden wurde und nicht bei den Frauen. Insofern besteht eine interne Konsistenz in den Daten und Ergebnissen.

Eine umfassende Erklärung für die Unterschiede zwischen den Geschlechtern wird von Babisch nicht gegeben. Der mögliche Einfluss von weiblichen Sexualhormonen als Risiko- oder Schutzfaktoren (Menopause, Kontrazeptiva, Substitutionspräparate) konnte in den Datenanalysen nicht berücksichtigt werden. Babisch verweist darauf, dass die negativen Befunde einer niederländischen Straßenverkehrslärmstudie in bezug auf kardiovaskuläre Endpunkte unter Gesichtspunkten der Einnahme von Sexualhormonen diskutiert wurden. Im Lärmbelastungsexperiment zeigten Männer stärkere vegetative Reaktionen als Frauen. In experimentellen Untersuchungen zum Einfluss von Umweltlärm auf die nächtliche Stresshormon-Ausscheidung wurden bei Männern stärkere Lärmeffekte beobachtet als bei Frauen. In der Lübecker Blutdruckstudie zum Einfluss von Straßenverkehrslärm auf das Hypertonierisiko (klinisch gemessener Blutdruck) wurde in einer großen Bevölkerungsstichprobe bei Männern kein Zusammenhang und bei Frauen eine signifikante Abnahme des Risikos mit zunehmendem Immissionspegel gefunden. In bezug auf die subjektive Einschätzung des Straßentyps zeigte sich bei den stark lärmbelasteten Männern ein grenzwertig signifikant erhöhtes Risiko, bei Frauen bestand kein Zusammenhang mit dem Lärm. Insofern ist der negative Befund bei Frauen nicht unerwartet. Lärm wirkt sich wahrscheinlich besonders im Zusammenspiel mit anderen Stressoren gesundheitlich nachteilig aus. Von daher spielen möglicherweise unterschiedliche Aktivitätsprofile eine Rolle. Hierzu bedarf es genauerer Untersuchungen. Bei männlichen Untersuchungspersonen, die stark Arbeitslärm - exponiert waren, zeigten sich stärkere Verkehrslärmeffekte als bei gering durch Arbeitslärm Belasteten.

Derzeit gibt es keine Erklärung für den starken protektiven Effekt, der für eine Teilgruppe der Probanden der Referenzgruppe gefunden wurde. Es mag verlockend sein, nur diese "Teilgruppe 2" (Hauptstraße relevant) als Referenzgruppe für die Lärmeffekte stärker verkehrslärmbelasteter Probanden heranzuziehen. Die Probanden höheren Lärmgruppen würden dann zumeist einem signifikant erhöhten MI-Risiko unterliegen, insbesondere auch die Frauen in der Stichprobe. Derartige Dateninterpretationen sind nach der Bewertung von Babisch inadäquat, da sie die akustischen Gesichtspunkte der Datenerfassung ignorieren. Aufgrund der Vorgehensweise bei der Lärm-Expositionsbestimmung unter Verwendung der Verkehrslärmkarte unterscheiden sich beide Gruppen unter akustischen Gesichtspunkten nicht. Das Ergebnis und die hier gemachte Aussage, dass Straßenverkehrslärm-belastete Frauen keinem erhöhten Herzinfarktrisiko unterliegen, steht somit im Gegensatz zu den Ausführungen, die im Abschlussbericht der Charite gemacht werden. Dies liegt an der unterschiedlichen Wahl der Referenzgruppe in den statistischen Analysen.

b. Das Problem der "richtigen" Referenzgruppe

Das Vorgehen bei der Wahl der adäquaten Referenzgruppe ist für Ergebnisinterpretationen von essenzieller Bedeutung. Während der Durchführung der statistischen Auswertungen hat sich zufällig gezeigt, dass die Referenzgruppe aller Probanden mit Immissionspegeln bis 60/50 dB(A) tags/nachts (Referenzgruppenkriterium) aus zwei Teilgruppen bestand, die sich bezüglich des Herzinfarktrisikos unterschieden. Das lag daran, dass Probanden mit Wohnungen in Nebenstraßen mit potenzieller Beeinflussung durch Lärm von anderen Straßen ("Teilgruppe 2": Hauptstraße relevant) gegenüber solchen ohne Beeinflussung durch entferntere Hauptstraßen ("Teilgruppe 1 ": Hauptstraße nicht relevant) von den beteiligten Statistikern, anders als nach der

Testhypothese ursprünglich vorgesehen, als eigenständige Expositions-kategorien behandelt wurden.

(5) Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Charité-Studie bekräftigen die Hypothese, dass starke Verkehrslärmbelastung das Risiko für den Herzinfarkt erhöht. Die Ergebnisse stellen einen wichtigen Baustein in der Beurteilung des verkehrslärmbedingten Gesundheitsrisikos dar. Die Studie ist von großem Wert für die Lärmwirkungsforschung, weil sie einen hohen Evidenzgrad besitzt und im konventionellen statistischen Sinn signifikante Ergebnisse lieferte (bei Männern mit hinreichend langer Wohndauer). Dies liegt wahrscheinlich an der erheblich verbesserten Erhebung der individuellen Lärmbelastung auf der Grundlage der in ein geografisches Informationssystem implementierten Berliner Lärmkarte. Lärmbelastungen durch alle potenziellen Verkehrslärmquellen auf den Vorder- und Rückseiten der Gebäude wurden berücksichtigt. Die in der Charité-Untersuchung ermittelten Effektschätzer bewegen sich in dem Bereich der Abschätzungen früherer Untersuchungen und bestätigen die Vermutung, dass besonders oberhalb von Tages-Immissionspegeln von 65 dB(A) außerhalb der Wohnungen das Herz-Kreislauf-Risiko für Männer nachhaltig ansteigt, und zwar in einer Größenordnung von 20 Prozent (ohne Berücksichtigung der Wohndauer) bis 30 Prozent (bei Betrachtung von Personen mit längerer Wohndauer) gegenüber Männern aus ruhigeren Gebieten mit Tages-Immissionspegeln bis 60 dB(A). Die Daten insgesamt können für meta-analytische Betrachtungen zur quantitativen Ableitung des Gesundheitsrisikos durch Verkehrslärm herangezogen werden und die bestehenden Abschätzungen verbessern und absichern.

Die Frage, warum die Effekte nur bei Männern und nicht bei Frauen beobachtet wurden, kann sich nach Babisch aus unterschiedlichen Aktivitätsprofile erklären. Möglicherweise wirkt sich der Verkehrslärm insbesondere dann nachteilig auf die Gesundheit aus, wenn er als zusätzliche Belastung nicht nur mit anderen Lärmfaktoren, sondern auch mit weiteren Belastungsfaktoren des täglichen Lebens auftritt. Zum anderen wurden innerhalb der Gruppe der wenig Lärmbelasteten große Unterschiede im Herzinfarktrisiko beobachtet, für die die bisherigen Auswertungen keine Erklärung geben. Unbekannte, nicht lärmbezogene, Einflüsse spielen dabei eine Rolle.

5.4 „West London School Study“

Den Einfluss von Fluglärm auf die intellektuelle Leistungsfähigkeit und psychologische Eigenschaften von Kindern hat der Sachverständige Dr. Mark Matheson von der Medizinischen Fakultät der Queen Mary Universität in London untersucht. In dem Symposium des Rhein-Main-Institutes „Neue Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung“ vom 7. Juli 2003 berichtet er über die Ergebnisse. In zahlreichen früheren Studien sei ein Einfluss von Lärm auf Lesefähigkeiten, Gedächtnis und Motivation beschrieben worden, so zum Beispiel in der über zwei Jahre durchgeführten Längsschnittstudie vor und nach Inbetriebnahme des neuen Franz Joseph Strauss- Flughafens in München. Die neuere in Schulen im Westen von London durchgeführte „West London School Study“ zeigt in Bestätigung der früheren Untersuchungen eine Beeinträchtigung der intellektuellen Fähigkeiten von Schulkindern unter vermehrter Fluglärmbelastung

, wobei die Beeinträchtigungen speziell beim Lösen schwieriger Aufgaben gefunden wurden.

Matheson berichtete anschließend über eine neue, internationale Studie, die in Großbritannien, Spanien und den Niederlanden durchgeführt wurde. Als vorläufiges Ergebnis teilte er mit, dass auch nach akribischem Ausschluss aller möglicher Irrtumsfaktoren die Beeinträchtigung intellektueller Leistungsfähigkeiten durch Fluglärm bestätigt worden sei. Dabei waren das Leseverständnis und bestimmte Gedächtnisfunktionen besonders betroffen. Auch in dieser Studie wurde eine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen beim Vergleich von Lärmbelastungen am Tag beginnend mit

50,5 dB(A)

und sich steigend bei 56,5 dB(A) und 62,5 dB(A) äußert. Mit der Zunahme der Lautstärke des Lärms nimmt kausal die Wirkung des Fluglärms auf die intellektuellen Störungen bei Kindern deutlich zu.

Beweis: Sachverständiges Zeugnis Dr. Mark Matheson, Department of Psychiatry, St Bartholomew's and The Royal London Medical School, Queen Mary University of London

5.5 Längsschnittstudie „Blutdruck- und Herzfrequenzverhalten unter wechselnder Flugimmissionsbelastung“

Die derzeit sich noch in der Phase der Auswertung befindliche wissenschaftliche Längsschnittstudie „Blutdruck- und Herzfrequenzverhalten unter wechselnder Flugimmissionsbelastung“, die von Prof. Martin Kaltenbach (Frankfurt am Main) und Prof. Björn Lemmer (Heidelberg) durchgeführt wird, untersucht die Grenze der Lärmverträglichkeit von Fluglärm auf Hypertonieerkrankungen unter realen Bedingungen.

Die Kläger beziehen sich zum Beweis, dass bei Probanden unter realen Lärmbelastungen in der Umgebung des Frankfurter Flughafens in chronischer und akuter Form gerichtete, lärmabhängige Veränderungen des arteriellen Blutdrucks und der Herzfrequenz, sowie deren Regulation auftreten, auf das

sachverständiges Zeugnis Prof. Dr. Martin Kaltenbach, Facharzt für Innere Medizin und emeritierter Chefarzt der Kardiologie der Universitätsklinik Frankfurt am Main, Falltorweg 8, 63303 Dreieich und Prof. Dr. Björn Lemmer, zu laden über die Universität Heidelberg

5.6 Diskussion der Ergebnisse von Griefahn/Jansen/Scheuch/Spreng

Der Senat hat sich in der Neu Isenburg-Entscheidung auf die Erkenntnisse von Griefahn/Jansen/ Scheuch/Spreng (Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen, ZfL 2002, 171, 174 f.) gestützt.

Griefahn/Jansen/Scheuch/Spreng schlagen in Tabelle 2 zur Vermeidung von extraauralen Gesundheitsschäden/Krankheiten Bewertungsgrenzen vor, die insoweit zwischen einem "kritischen Toleranzwert" (äquivalenter

Dauerschallpegel $L_{eq} 16 h = 70 \text{ dB(A)}$; Maximalpegel $L_{max} 16 h = 19 \times 99 \text{ dB(A)}$ und einem "präventiven Richtwert" ($L_{eq} 16 h = 65 \text{ dB(A)}$; $L_{max} 16 h = 25 \times 90 \text{ dB(A)}$) differenzieren. Die Autoren erläutern das angesprochene Schutzziel dahin, dass gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse zur Schädigungsgrenze bei Umweltlärm am Tag noch nicht ausreichend vorlägen, eine gemeinsame Betrachtung mit dem Nachtbegrenzungswert beim gegenwärtigen Wissensstand nicht möglich sei und eine Tag-Nacht-Trennung vorgenommen werden sollte.

Diesen Autoren haben das Schutzziel nicht aus einer Feldstudie, sondern aus einer Literaturlauswertung im Auftrag der Fraport AG abgeleitet.

Der Senat folgte den von den vier Autoren entwickelten Schutzziel mit der Maßgabe, dass es für die Anwendbarkeit der Widerrufsvorschrift des § 49 Abs. 2 Satz 1 Nr. 5 HVwVfG auf eine Überschreitung des kritischen Toleranzwertes, nicht hingegen des präventiven Richtwerts ankommt; denn bei letzterem handelt es sich nach der Autorendefinition um einen Vorsorgewert, bei dessen Einhaltung Gesundheitsgefährdungen weitgehend ausgeschlossen sind, Beeinträchtigungen und Störungen aber insbesondere bei sensiblen Gruppen auftreten können. Die wissenschaftliche Begründung präventiver Richtwerte erschien dem Senat plausibel.

Die Kläger legen mit den zwei vom Umweltbundesamt begleiteten und qualitätsgeprüften Studien erstmals wissenschaftliche Feldstudien vor, die gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse zur Schädigungsgrenze bei Straßenverkehrslärm ab einem Dauerschallpegel von 50 dB(A) erbringen, denen die Probanden ausgesetzt waren. Sie ergänzen diesen Vortrag durch die Ergebnisse der West-London Scholl Study und dem Beweisantrag zur Vernehmung der beiden Untersuchungsführer einer rund um den Frankfurter Flughafen durchgeführten und noch nicht abgeschlossenen Längsschnittstudie.

5.7 Vergleich der Lärmpegel des Straßen- und Luftverkehrs

Die in der Studie des Robert-Koch-Institutes als gesundheitsrelevant ermittelte Schwelle der Straßenlärmmmissionen von 50 dB(A) kann nicht mit diesem identischen Wert als Begrenzung auch von Fluglärmmmissionen übertragen werden. Denn da Fluglärm anders als Straßenverkehrslärm auf alle Seiten eines Gebäudes einwirkt, besteht die Vermutung, dass die physiologischen Wirkungen aufgrund fehlender Ausweichmöglichkeiten innerhalb der Wohnräume und der bekanntermaßen stärkeren Belästigungsreaktionen der Bevölkerung gegenüber Fluglärm größer sein können als bei dem durch das Robert Koch Institut untersuchten Straßenverkehrslärmmmissionen.

Nach den im Bericht des holländischen Gesundheitsrates von 1997

Assessing noise exposure for public health purposes, 1997 Health Council of the Netherlands, No. 1997/23E

zusammengefassten internationalen Erkenntnissen und den Empfehlungen der EU Kommission

„Position Paper On Dose Response Relationships Between Transportation Noise And Annoyance“ 20. Februar 2002
http://europa.eu.int/comm/environment/noise/noise_expert_network.pdf

fühlen sich bei einem Pegel von $L_{den} = 50 \text{ dB(A)}$ bei Fluglärm rund 19 %, bei Straßenlärm aber nur 11 % und bei Schienenlärm sogar nur 5 % der Bevölkerung belästigt (annoyed, „A“).

Verkehrsart	Flugverkehr	Straßenverkehr	Schiene
Lärm	Belästigte	Belästigte	Belästigte
45 dB(A)	11 %	6 %	3 %
50 dB(A)	19 %	11 %	5 %
55 dB(A)	28 %	18 %	10 %
60 dB(A)	38 %	26 %	15 %
65 dB(A)	48 %	35 %	23 %
70 dB(A)	60 %	47 %	34 %
75 dB(A)	73 %	61 %	47 %

Dem Anteil der 11 % Belästigter durch Straßenverkehrslärm entspricht ein Fluglärmpegel von 45 dB(A), bei dem sich ein gleicher Prozentsatz (11 %) Betroffener durch Fluglärm stark gestört fühlt. Daraus ist abzuleiten, dass der vom Robert Koch Institut für Straßenverkehrslärm ermittelte Schwellenwert von 50 dB(A) einem Schwellenwert von $L_{den} = 45$ dB(A) des Fluglärms entspricht. Diese Abstufung der Belästigungswirkung zwischen Straßen- und Fluglärm ist nach den Befragungsuntersuchungen, die der Bericht des holländischen Gesundheitsrates zusammenfasst, empirisch gesichert.

Beweis: Sachverständiges Zeugnis Dr. W. Babisch; sachverständiges Zeugnis Dr. Kühner

Kühner verweist zur Erklärung

Kühner (deBAKOM) Fluglärmmessungen Main-Kinzig-Kreis 2002, S. 10

auf den messbaren Unterschied der Lautheit der drei Quellenarten in Räumen bei gleichem Mittelungspegel vor dem Gebäude und auf die Unterschiede in der Frequenzzusammensetzung und dem zeitlichen Verlauf beider Pegel; beim Fluglärm treten schnelle Pegeländerungen und tonale Phasen auf, die bei den beiden anderen Verkehrslärmarten selten zu beobachten sind.

Zu einer ähnlichen Abstufung zwischen den Lärmarten kommt die DIN 45645. Nach den fachlich bewährten Methoden, die in der DIN 45645 dargestellt sind, muß ein Flugereignis mit einem Tonzuschlag von 6 dB und einem Impulzzuschlag bzw. einem Zuschlag für Informationshaltigkeit nach der TA-Lärm von bis 6 dB versehen werden.

Ein ähnlicher Fluglärm malus ermittelt sich, wenn man Außenschallpegel der drei oben angesprochenen Verkehrslärmarten mit Innenraumpegeln vergleicht. Denn aufgrund der unterschiedlichen Frequenzstruktur ist die mittlere Schalldämmung gegenüber Fluglärm ca. 6 bis 10 dB niedriger als gegenüber Straßenverkehrslärm und andererseits wird Schienenverkehrslärm ca. 4 bis 8 dB besser gegenüber Straßenverkehrslärm gedämmt. Dies bestätigt die Richtigkeit der empirischen Befunde aus den Befragungen. Dem ist auch der Verordnungsgeber gefolgt; die 16. BImSchV (Verkehrslärmschutzverordnung) berücksichtigt die im Bericht des holländischen Gesundheitsrates von 1997 zugunsten des Schienenverkehrs empirisch dokumentierten geringeren Störpotentials durch einen Schienenbonus von 5 dB, das heißt die real beim Schienenverkehr gemessenen Pegel werden um 5 dB reduziert.

5.8 Neubestimmung der Schwelle des Gesundheitsschutzes gegen Fluglärm

Die Ergebnisse epidemiologischen Untersuchungen des Robert Koch Institutes zur Erhöhung des Risiko einer Hypertonieerkrankung durch nächtlichen Verkehrsschallpegel begründen eine gebotene Korrektur der von der Rechtsprechung bislang entwickelten Schwellenwerte zur Abwehr von Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. -gefahren durch Fluglärm. Die Schwelle des Fluglärmschutzes zur Nachtzeit ist auf $L_{eq\text{ außen}} 45\text{ dB(A)}$ herabzusetzen.

Bei dem Wert von 45 dB(A) ist noch keine Sicherheitsmarge gegenüber Gesundheitsgefahren durch Fluglärm berücksichtigt. Ist aber wissenschaftlich bewiesen, dass ein äquivalenter Dauerschallpegel des Fluglärm von 45 dB(A) die Gesundheit der Betroffenen auf Dauer schädigt, folgt aus der Schutzpflicht des Staates gegenüber dem Grundrechten der Kläger, dass ein Schutz schon vor Erreichen der Schwelle zur Gesundheitsbeeinträchtigung einsetzen muss.

Der damit eingeforderte Abstand zur Schwelle der nachgewiesenen Gesundheitsschädigung unterscheidet sich von Vorsorgewerten, denn er stellt lediglich sicher, dass der Lärmbetroffene nicht durch Fluglärm krank wird.

Dass auch eine auf Grundrechtsgefährdungen bezogene Risikovorsorge von der Schutzpflicht der staatlichen Organe umfasst werden kann, ist in der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts bereits mehrfach zum Ausdruck gekommen.

vgl. BVerfGE 49, 89 (140 ff.) - Kalkar; ferner BVerfGE 53, 30 (57) - Mülheim-Kärlich; BVerfGE 52, 214 (220) – Vollstreckungsschutz

Die verfassungsrechtliche Schutzpflicht könne - so heißt es in der Kalkar-Entscheidung - eine solche Ausgestaltung der rechtlichen Regelungen gebieten, dass auch die Gefahr von Grundrechtsverletzungen eingedämmt bleibe; ob, wann und mit welchem Inhalt eine solche Ausgestaltung von Verfassungs wegen geboten sei, hänge von der Art, der Nähe und dem Ausmaß möglicher Gefahren, der Art und dem Rang des verfassungsrechtlich geschützten Rechtsguts sowie von den schon vorhandenen Regelungen ab.

Die aus dem Grundrecht auf körperliche Unversehrtheit (Art. 2 Abs. 2 GG) herleitbare Schutzpflicht des Staates umfasst daher auch die Pflicht zur Bekämpfung von gesundheitsgefährdenden Auswirkungen des Fluglärms.

Nach Bewertung der Kläger erfordert der so begründete Gesundheitsschutz eine Definition der Schwelle von 42 dB(A).

5.9 Einordnung des Ergebnisses

Das Ergebnis ordnet sich in Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften zum Verkehrslärm ein. Die Betrachtungsweise mit Bonus und Malus je nach Art des Verkehrsgeräusches ist international üblich und hat Eingang in die ISO 1996-1 gefunden; dort wird für Fluglärm ein Malus von 3 bis 6 dB und ein Schienenbonus von -3 bis -6 dB eingeführt, so dass diese Bonus-Malus Betrachtung als Stand der Technik der Lärmbewertung angesehen werden kann. Entsprechende Werte werden in der Literaturstudie von Ortscheid und Wende

im Auftrag des Umweltbundesamtes abgeleitet. Ein ähnliches Resultat (53/43 dB(A)) leitet sich aus der TA Lärm ab, wenn man den Sachverständigen folgt, dass Gewerbelärm genauso belästigend wie Fluglärm ist.

Beweis: sachverständiges Zeugnis Dr. Kühner

Die TA Lärm legt für allgemeine Wohngebiete die Immissionsrichtwerte von 55 dB(A) tags und 40 dB(A) nachts entsprechend einem L_{dn} -Wert von 53,5 dB(A) fest.

5.10 Anwendung des Ergebnisses

Die Ergebnisse der Fluglärmmessungen von deBAKOM für Flörsheim und Mörfelden-Walldorf belegen, dass die derzeit die Kläger belastenden Fluglärmimmissionen die Schwelle zur Gesundheitsschädigung überschreiten und daher ein Tätigwerden des Landes Hessen zur Abwehr des damit verbundenen Grundrechtseingriffs geboten ist.

Die Kläger begehren hier vorrangig aktiven Schallschutz durch Anordnung eines Nachtflugverbotes oder doch zumindestens von Einschränkungen der durch Nachtflug hervorgerufenen Immissionen auf eine gesundheitsverträgliches Maß. Als Zielgröße leiten die Kläger aus der Untersuchung des Robert-Koch-Institutes einen Wert L_{eq} (3) von 43 dB(A) ab.

Dieser ist mit bauphysikalischen Mitteln an ihren vorhandenen Wohnhäusern nicht zu erreichen, weil die Gebäude angesichts der derzeit vorhandenen Fluglärmimmissionen zur Nachtzeit nicht ohne einen Neubau auf ein solches Maß nachzurüsten sind.

Die Kläger begründen ihr Begehren zudem damit, dass sich schon nach den Vorstellungen des Landes Hessen bei Erlass des zeitlich letzten Planfeststellungsbeschlusses im Jahr 1971 dessen Schallauswirkungen nicht erheblich belästigend, ganz sicher aber nicht gesundheitsschädigend zu Lasten der Kläger auswirken sollte. Denn ansonsten wäre der beabsichtigte Eingriff in ihr Grundrecht auf Gesundheit und Eigentum in dem Beschluss geregelt worden.

Ebenso wenig wie die insoweit fachkundige Planfeststellungsbehörde konnten die Kläger ahnen, dass der Betrieb des planfestgestellten verlängerten Parallelbahnsystems 30 Jahre später zu einer Gesundheitsgefahr für die Anwohner entwickeln würde.

Daher ist hier der klassische Fall einer nicht voraussehbaren Wirkung des Beschlusses gegeben, ebenso wie bei einer Eisenbahnstrecke die im Jahre 1860 für die Technologie des Adler genehmigt und heute im 5-Minuten-Takt durch schwere Güterzüge mit Diesellokomotiven betrieben würde.

Zudem bewirkt die Gesundheitsgefährdung durch den Fluglärm schwere Nachteile für das Gemeinwohl im Sinne des § 49 Abs. 2 Satz 1 Nr. 5 HVwVfG. Um diese zu beseitigen, muss die der Beigeladenen für den Ausbau des Flughafens Frankfurt (Main) erteilt Planfeststellung "als letztes Mittel" mit dem Ziel eines Nachtflugverbotes (teilweise) bzw. mit dem Ziel, dass auf den

Grundstücken der Kläger wieder über 24 Stunden keine höheren Dauerschallpegel als 43 dB(A) außen einwirken, widerrufen werden.

Hilfsweise beantragen die Kläger, dass

ihre Grundstücke in das Schutzgebiet für obligatorischen passiven (baulichen) Schallschutz mit dem Schutzziel eines Innenpegels von L_{eq} 33 dB(A) und L_{max} 52 dB(A) einbezogen werden

weiter Hilfsweise

die Verpflichtung des Landes Hessen unter Beachtung der Rechtsauffassung des Gerichtes zu dem passiven Schallschutz neu zu bescheiden.

Möller-Meinecke, Rechtsanwalt

Anlagenverzeichnis

1. Lageplan Wohnhaus der Kläger xxxxxx in Flörsheim
2. Lageplan Wohnhaus der Kläger xxxxxx in Mörfelden
3. Lageplan Wohnhaus der Kläger xxxxxx in Wicker
4. Lageplan Wohnhaus des Klägers xxxxxx in Offenbach
5. Lageplan Wohnhaus der Kläger xxxxxx
6. Radarspuren (rot) von Starts und Landeanflügen über den Wohnhäuser der Kläger
7. Matheson, Health Effects of Noise Pollution on Childrens, Folienvortrag vom 7. Juli 2003 vor dem Rhein-Main-Institut
8. Forschungsbericht 298 62 515 UBA-FB 000387 des Umweltbundesamtes, Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose, von PD Dr.-Ing. Christian Maschke, Dr. med. Ute Wolf und Dipl.-Ing. Thilo Leitmann, Robert Koch Institut, Berlin, Februar 2003, veröffentlicht in der Schriftenreihe WaBoLu Nr. 01/03 ISSN 0175-4011 – mit Paketpost übersandt –
9. Forschungsbericht 297 61 003 UBA-FB 000538 des Umweltbundesamtes, Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt, Ergebnisse der „NaRoMi“-Studie, Abschlußbericht des Instituts für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie der Charité-Universitätsmedizin Berlin mit Auswertung, Bewertung und vertiefenden Analysen sowie Kommentar zum Abschlußbericht des Fachbegleiters im Umweltbundesamt und ergänzenden Betrachtungen der Fachbegleiter in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, , veröffentlicht in der Schriftenreihe WaBoLu Nr. 02/04 ISSN 0175-4211 – mit Paketpost übersandt -