

Flughafen Hahn GmbH & Co. KG			
Eing.	20. Juni 1997		
z.K.			
z.Erl.			

Prof. Dr. med. Dr. phil. Gerd Jansen

Oberer Pustenberg 6
45239 Essen

Gutachterliche Stellungnahme

Bedeutung des Hormons
Cortisol
bei der medizinischen Beurteilung
von Nachtfluglärmbelastungen und Schlußfolgerungen hieraus
durch Professor Dr. Spreng im Rahmen des Erörterungstermins
vor dem OVG Rheinland - Pfalz vom 25. und 26.06.1996

Aufgabenstellung:

Im Rahmen einer vor dem Oberverwaltungsgericht Rheinland - Pfalz in Koblenz am 25.06.1996 erfolgten Anhörung des Erlanger Physiologen Professor Dr. Spreng wurden durch diesen Ausführungen gemacht, die einen Unterschied zum durch den Verfasser erstellten medizinischen Gutachten erkennen ließen und weitergehende Forderungen nahelegen würden. Im wesentlichen schlug Herr Professor Dr. Spreng abweichend von der bisherigen Rechtsprechung statt einem Schwellenwert von 55 dBA aus medizinischen Gründen und neueren Untersuchungsergebnissen einen Schwellenwert von 53 dBA als Höchstgrenze vor, wobei er dies insbesondere auf den Zeitraum zwischen 0.00 Uhr und 4.00 Uhr morgens bezog. Hierbei stützte er sich im wesentlichen auf die durch Maschke und Ising 1995 veröffentlichte Untersuchung „Nachfluglärmwirkungen auf Anwohner“. Er erklärte dabei wörtlich:

„Insofern ist ... (der) der mit Lärmstimulation in diesem Anstieg des Cortisols hineinfällt, zumindest als bedenklich zu kennzeichnen. Das wäre also der Grund, der mich bewegt, anstatt 55 dBA höchstens 53 dBA als Grenze anzugeben“; und etwas weiter „... betrifft den Bereich 22.00 Uhr bis 24.00 Uhr. In diesem Bereich ist aus meiner Sicht ein Nachtflug mit gewissen Einschränkungen denkbar und auch möglich, wenn ich ihn hier in der Zeit zwischen 0.00 Uhr und 4.00 Uhr morgens eher ablehnen würde, es sei denn, man würde ..(die) .. Griefahn - Kurve entsprechend verschieben“.

Das OVG Rheinland - Pfalz hat dies in seinem Beschluß vom 28.06.1996 berücksichtigt und ausgeführt, daß es „zumindest zum Zwecke der Abwägung erforderlich (wäre), sich die Größe eines betroffenen Gebietes auch bei einer maßgeblichen Schwelle von 52 - 53 dBA vor Augen zu führen“.

Sofern diese Aussagen eindeutig sind und wissenschaftlich nicht angegriffen werden können, wäre in der Tat eine Korrektur der Immissionswertbetrachtungen im medizinischen Gutachtens des Verfassers erforderlich. Es erfolgte daher an den Verfasser des medizinischen Gutachtens der Auftrag, zur Aussage erhöhter Cortisol - Ausscheidungen bei Lärmbelastungen in der Nacht und den Ausführungen von Herrn Professor Spreng Stellung zu nehmen.

I.

Zur Bedeutung des Hormons Cortisol

Cortisol ist ein durch die Nebennierenrinde neben anderen Hormonen gebildetes Hormon und wird in das Blut freigesetzt. Es beeinflusst Stoffwechselprozesse unter Basalbedingungen (Ruhe), aber auch bei starken akuten Anforderungen (Streß). So kommt es bei körperlicher Arbeit, bei emotionalen und mentalen Belastungen sowie bei Krankheiten zu erhöhten Ausschüttungen von Cortisol.

Die spontane Bildung und Abgabe in das Blut folgt einem stabilen circadianen Rhythmus (Tagesschwankungen), so daß eine Änderung und Aufhebung dieses circadianen Rhythmus in der inneren Medizin (Endokrinologie) als ein „Diagnostikum“ (z. B. zur Diagnose des Morbus Cushing) verwandt wird.

Die Darstellung einer lückenlosen Physiologie und Pathologie des Cortisols, die im übrigen nur im engen Zusammenhang mit den Funktionen der übrigen Corticoide, insbesondere der Vorläufermoleküle, z. B. Cholesterin, aus denen diese Corticoide synthetisiert werden, erfolgen kann, würde den Rahmen dieser Stellungnahme sprengen. Es soll daher ebenfalls auch nicht auf die Problematik eingegangen werden, daß Corticoide durch bestimmte Transportproteine im Blut geschützt werden und sich hieraus bestimmte meßtechnische Probleme ergeben können.

Bedeutsam für die vorliegende Fragestellung ist jedoch, in welchen Bereichen die Konzentrationen des Hormons Cortisol liegen. Wie bereits oben ausgeführt, weist die Cortisol - Sekretion einen sehr stabilen circadianen Rhythmus mit sekretorischen Episoden auf. Während der frühen Morgenstunden haben diese Sekretionen eine höhere Frequenz und Amplitude. Über den Tag hinweg nehmen sie dagegen kontinuierlich ab. Unter Ruhebedingungen wird Cortisol hauptsächlich während einer etwa sechsstündigen Periode am Tagesbeginn sezerniert, d. h. von etwa 24.00 Uhr bis etwa 6.00 Uhr / 8.00 Uhr morgens. Danach ist das System für etwa 18 Stunden nahezu inaktiv, ausgenommen eine ziemlich regelmäßige zusätzliche Cortisol - Sekretion zur Mittagszeit. Der Beginn der morgendlichen Sekretion ist eng gekoppelt an die EEG - Phasen, die das Erwachen charakterisieren. Der circadiane Rhythmus von Cortisol ist, wie schon gesagt, sehr stabil und wird nur langsam von äußeren Verhältnissen beeinflusst, so daß sich erst mehrere Tage nach einem Wechsel des Tag - Nacht - Rhythmus eine neue 24 - Stunden - Rhythmik aufbaut. Dieses Phänomen kann man sehr gut an sich selbst beobachten, etwa bei Flugreisen über mehrere Längengrade, bei denen der sogenannte Jet-lag auftritt.

Unter bestimmten Bedingungen kommt es zu einer Stimulation der Sekretionen und zu einer erhöhten Konzentration des Cortisols. Hier sind neben einer körperlichen Arbeit auch psychische Belastungen (z. B. Angst) zu nennen. Ebenso häufig wird bei vielen Krankheiten vermehrt Cortisol produziert. Bei körperlichen Höchstleistungen, z. B. im Sport, ist ca. 20 Minuten nach dem stimulierenden Reiz ein Sekretionsgipfel von Cortisol zu beobachten. Wenn diese durch die Belastung hervorgerufene Mehrsekretion längere Zeit anhält, und das ist bei schweren körperlichen aber auch psychischen Krankheiten der Fall (Sepsis, Depression), dann wird auch in der zweiten Tageshälfte Cortisol gebildet und damit der circadiane Sekretionsrhythmus abgeschwächt oder gar aufgehoben.

Die Cortisolkonzentration wird entweder im Blutserum bzw. -plasma oder aber aus dem Urin bestimmt. Die Maßeinheiten, in denen Cortisolsekretion angegeben wird, kann entweder in Form von nmol/L bzw. µg/dl im Plasma angegeben werden. Wird beispielsweise bei der Plasmabestimmung in den Morgenstunden zwischen 8.00 Uhr und 12.00 Uhr ein Plasmawert von Cortisol in der Größenordnung von etwa 8 - 10 µg/dl unter Ruhebedingungen gefunden, so erhöht sich dieser bei Examina auf das Doppelte, bei schwerer Ergometerarbeit bis zum 1,5 - 2-fach. Bei Operationen wird ein vierfach höherer Wert (zwischen 40 und 50 µg) erreicht, so daß die Cortisolbestimmungen sich auch als Belastungsparameter eignen würden. Kennzeichnend für alle diese genannten Phasen sind erhöhte Stoffwechselftätigkeiten, was dazu geführt hat, daß Cortisol als Streßparameter angesehen wird.

Liefert die Blutbestimmung des Cortisols verlässliche Werte, kommt es dagegen bei der Urinbestimmung sehr oft zu Fehlern. Häufigste Fehlerquelle ist ungenaues Sammeln des 24-Stunden-Sammelurins (vergleiche hierzu Scheffler, Braun, Renz, Klinikleitfaden 1993, Seite 329). In jedem Fall ist der genauen Anweisung zu folgen, daß der erste Morgenurin verworfen werden soll und dann eine kontinuierliche Urinsammlung bis einschließlich des ersten Morgenurins des folgenden Tages vorgenommen wird. Die so bestimmbareren freien Cortisolmengen haben Normwerte von 50 bis 280 nmol/24 Stunden, was einem Vergleichswert von 20 bis 100 µg/24 Stunden entspricht. In diesem Zusammenhang ist allerdings darauf hinzuweisen, daß Medikamenteneinnahmen (so z. B. auch Ovulationshemmer) und bestimmte körperliche Zustände (Schwangerschaft) zu einer Verdoppelung dieser genannten Werte führen.

Die Urinbestimmung selbst eignet sich jedoch kaum zur Feststellung des circadianen Rhythmus, wie dies bei Blutplasmabestimmungen möglich ist. Für Sammelurine pro 24 Stunden sind daher zumindest Streubreiten anzugeben, wenn Belastungen bei größeren Probandengruppen zuverlässig ermittelt werden sollen.

II.

Zur Aussage von Professor Spreng

In der eingangs zitierten Aussage von Herrn Professor Spreng im Erörterungstermin vom 25.06.1996 vor dem OVG Koblenz hat dieser ausgeführt, daß er aufgrund seiner eigenen Untersuchungen, die sich allerdings nicht auf den Nachweis von Cortisol beziehen, zu der Auffassung kommt, der Grenzwert für die Lärmbelastung liege unter 55 dBA. Maßgeblich hierfür sei eine schlechte Rückregelung, also ein ungünstiges Regelverhalten im Neurovegetativum. In diesem Zusammenhang stellte er fest, daß auch der Anstieg des Cortisols durch Lärmbelastung erklärbar sei.

Ein mündlicher Austausch mit Professor Spreng ergab, daß er sich hierbei auf Untersuchungen von Keidel und Spreng 1976 sowie auf eine eigene Veröffentlichung aus dem Jahre 1984 bezieht. Beim Menschen und zusätzlich auch in Modellversuchen mit Tieren ermittelte er einen Schwellenpegel von 62,8 dBA für nervöse Schallreizverarbeitungen in bestimmten Hirnarealen, durch die periphere vegetative Reaktionen hervorgerufen werden. Dies stimmt mit unseren eigenen Untersuchungen insoweit überein, als daß vegetative Reaktionen im peripheren Kreislaufsystem schon zwischen 60 und 65 dBA am Tage meßtechnisch nachweisbar sind. In der Nacht setzen die vegetativen Reaktionen um etwa 10 dB früher ein, d. h. zwischen 50 und 55 dBA. In diesem Zusammenhang sei auf die Abbildung 2 im medizinischen Gutachten verwiesen, aus der eindeutig hervorgeht, daß erste vegetative Reaktionen im Schlaf bei Belastungen mit 55 dBA erfolgen, so daß dieser Wert als Schwelle für lärmbedingte vegetative Reaktionen im

Schlaf gilt. Voraussetzung für ein Aufwachen ist jedoch, daß ein bestimmter vegetativer Erregungszustand erreicht werden muß, der dann in das Aufwachen einmündet. Somit erklären die eigenen Untersuchungen mit vegetativen Reaktionsschwellen von 55 dBA das Aufwachen beim Maximalpegel von 60 dBA.

Ausgehend von seinen früheren Untersuchungen hat Professor Spreng dann schließlich auch die neueren Befunde von Maschke et al. bezüglich des Cortisols eingehend betrachtet. Hierzu beabsichtigt er, in Kürze eine Veröffentlichung herauszubringen, in welcher die unterschiedlichen Regelungs- und Verhaltensweisen des vegetativen Systems dargestellt werden sollen. Zu diesem Zweck hat er bereits Berechnungen angestellt. Dabei sind auch die Werte von Maschke et al. (1995) von nmol/24 Stunden umgerechnet worden auf µg pro 24 Stunden. Professor Spreng gibt dabei als Normbereich 30 bis 90 µg an. Die klinische Literatur setzt jedoch einen etwas höheren Normbereich (20 bis 100 µg pro 24 Stunden) an. Die im Rahmen der Umrechnung ermittelten Werte betragen 138 µg ohne Fluglärmbelastung und 164 µg mit Fluglärmbelastung. Damit kommt es in jedem Fall zu einer Überschreitung des Normbereiches, selbst wenn man den in der Literatur angegebenen größeren Normbereich bis zu 100 µg pro 24 Stunden zum Maßstab macht.

Betrachtet man die Originalarbeit von Maschke et al. (Nachtfluglärmwirkungen auf Anwohner Gustav-Fischer-Verlag 1995), findet man dort auf den Seiten 84 und 87 Angaben über die Cortisolausscheidungen. Bei einem in der Literatur angegebenen Normbereich von 50 bis 280 nmol ergeben sich als Durchschnittswerte 196,12 nmol für die Ruhenächte und 232,48 nmol für die Lärnnächte, was einem Unterschied von 36,36 nmol entspricht (18,54 %) und als statistisch signifikant ermittelt wurde. Die Streubereiche bei Maschke liegen im unteren Bereich zwischen 50 und 100 nmol und im oberen Bereich zwischen 280 und 330 nmol. Das heißt, die einzelnen Probanden in den Ruhenächten verteilen sich entsprechend den vorgegebenen Normbereichen. Bei der Cortisolermittlung in den Lärnnächten ergibt sich in der dritten Lärnacht der höchste Wert von etwa 280 nmol bei einer Streubreite von 75 bis 480 nmol, so daß der Mittelwert zwar noch in der normalen Streubreite liegt, die Standardabweichung jedoch im oberen Bereich weit darüber hinausgeht. Hieraus folgert Maschke, daß die mittlere Cortisolausscheidung unter Nachtfluglärm zeitverzögert zunimmt.

Nun ist es üblich, Reaktionen zu beobachten (und die Steigerung von Cortisol ist als eine solche Reaktion einzustufen) und auf ihre gesundheitlichen Auswirkungen zu überprüfen. Bei genauerer Betrachtung der oben dargestellten sogenannten zeitverzögerten Cortisolerhöhung läßt sich zwar eine Zunahme von der ersten bis zur dritten Nacht erkennen, in der vierten Nacht ist jedoch wieder ein Abfall zu verzeichnen.

Hierauf haben Maschke et al. selbst hingewiesen (vergleiche Seite 128) und schreiben „...die auf vier Nächte limitierte Versuchsdauer läßt keine Rückschlüsse auf mögliche biorhythmische Schwankungen während einer Langzeitexposition zu“. Trotz dieser erheblichen Einschränkungen kommen Maschke et al. (Seite 128 zusammenfassender Abschnitt untere Seite) zu der Auffassung „Damit ist das gesundheitliche Risiko der Nachtlärmexponierten als erhöht zu betrachten, wobei die chronische Exposition solange als gesundheitsgefährdend gelten muß, wie nicht das Gegenteil erwiesen ist. Aus diesem Grunde sind Langzeituntersuchungen unter Einbeziehung weiterer hormoneller Parameter (...) unabdingbar“. Weiter wird im letzten Abschnitt ausgeführt, „... darüberhinaus sollten epidemiologische Untersuchungen zur Klärung der Frage beitragen, ob Personen mit nachtlärmbedingter erhöhter Cortisolausscheidung vermehrt zu Infektanfälligkeit auf Basis einer Immunsuppression neigen.“

Aus dieser Gegenüberstellung kann eigentlich dann nur der Schluß gezogen werden, daß über die Verursachung von Erkrankungen noch keine eindeutige Aussage getroffen werden kann.

Betrachtet man nun die Cortisolkonzentrationsberechnung von Spreng aufgrund der Untersuchungsergebnisse von Maschke, so ergibt sich, daß die Cortisolausschüttung unter Fluglärmexpositionen die Ausschüttungen übertreffen, die ohne Fluglärmbelastung zu ermitteln war, jedoch in den fluglärmfreien Nächten bereits Cortisolkonzentrationen oberhalb der von Spreng angegebenen und in der Literatur auch zu findenden Nombereichen gemessen wurden (138 µg pro 24 Stunden).

Aus den Originaldaten von Maschke, ebenso wie aus den Berechnungen von Spreng, ist daher zunächst nur die Folgerung zu ziehen, daß es durch Fluglärm, insbesondere am Beginn einer Belastungsphase, zur erhöhten Cortisolausscheidung kommen kann. Kausal durch Lärm hervorgerufene Erkrankungen sind bisher jedoch nicht nachgewiesen. Lärm kann daher weiterhin als einer der Risikofaktoren angesehen werden, der zu einer erhöhten Cortisolausscheidung führen mag.

Ferner schreiben Maschke et al. in der oben zitierten Arbeit auf Seite 121, daß „... ein Zusammenhang zwischen Überflugpegel und humoraler Ausscheidung in der Feldstudie nicht abgesichert werden kann. Die erhöhte Adrenalin - und Cortisolausscheidung war statistisch unabhängig von der Höhe des Überflugpegels“. Daraus ergibt sich, daß mit dem Meßparameter Cortisolausscheidung auf keinen Fall differenziert werden kann zwischen 55 und 65 dBA Maximalpegel. Eine Berücksichtigung des Risikofaktors Lärm für die Cortisolausscheidung wäre somit auch dann garantiert, wenn man einen Maximalpegel von 60 dBA zum Immissionsrichtwert macht.

III.

Weitere Untersuchungen zur Cortisolausscheidung unter Lärm

Im Rahmen der Tagung Internoise '96 (30.07. - 02.08.1996) in Liverpool wurde von PIMENTEL SUSA, F. et al. eine Arbeit „Noise und Sleep-Quality in two Hospitals in the City of Belo-Horizonte Brazil“ vorgestellt.

Hierbei wurden die Patienten eines Universitätskrankenhauses mit einem nächtlichen Mittelungspegel von 53,7 dBA sowie die Patienten eines Vorstadtkrankenhauses mit einem nächtlichen Mittelungspegel von 45,5 dBA untersucht. Beide Gruppen waren hinsichtlich ihrer Zusammensetzung standardisiert, so daß sie vergleichbar waren und sich nur in der Lärmbelastung unterschieden. Als einzig schlafstörender Faktor konnte statistisch signifikant der Lärm ermittelt werden.

In dieser sehr genauen Untersuchung, die auch die Lärmbelastung zu Hause mit berücksichtigte, wurde ferner festgestellt, daß das laute Hospital Maximalpegel von 59,1 dBA und das ruhige Hospital Maximalpegel von 50,6 dBA aufwies. Während die Beurteilung des Schlafes und auch die EEG - Messung signifikante Unterschiede zwischen den Patienten beider Hospitäler erkennen ließen, fanden die Autoren dagegen bezüglich der Cortisolausscheidung keine Unterschiede. Sie schreiben wörtlich (übersetzt) „Der nächtliche

Mittelungspegel der zwei Krankenhäuser war statistisch signifikant auf einem 5 % - Niveau, aber die Urinkonzentrationen des Cortisols zeigten keine statistisch unterschiedlichen Konzentrationen. Dies wurde dahingehend gedeutet, daß der Lärmstreß keine Erschöpfungsgrade bewirkt“.

Weitergehende Folgerung dieser Aussage dürfte sein, daß Lärm dieser Größenordnung keine die Norm überschreitenden Cortisolausscheidungen hervorruft, daß aber im Hinblick auf die Gesundheitsstörung Lärm als Risikofaktor weiterhin angesprochen werden muß. Unter Berücksichtigung der obigen Erkenntnisse dürfte dahingehend ein Maximalpegelwert von 60 dBA weiterhin als Immissionsrichtwert für gesundheitliche Beeinträchtigungen seine Gültigkeit behalten.

IV.

Zusammenfassung

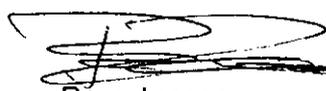
Nach Analyse der neueren Untersuchungen und Veröffentlichungen, die im Rahmen des Erörterungstermins vom 25.06.1996 behandelt wurden, ergibt eindeutig, daß die erhöhte

Ausscheidung von Cortisol unter Lärmbelastigung im Rahmen der Normwerte verbleibt und daher nicht als Gesundheitsbeeinträchtigung anzusehen sind. Unter Berücksichtigung der derzeit nicht vorliegenden Langzeitstudien und der Tatsache, daß sich in bisherigen Untersuchungen gegen Ende der Versuchsperiode sogar eine Abnahme der hormonellen Ausschüttung zeigte, wird daher vorgeschlagen, an der bisherigen Beurteilungsgrundlage in Form der Aufwachreaktion bei Maximalpegeln von 60 dBA als praktikablen und den bisherigen Erkenntnissen der Wissenschaft entsprechenden Kriterium festzuhalten.

gez.

Prof. Dr. Dr. Gerd Jansen

für die Richtigkeit



Peer Jansen
Rechtsanwalt

Helmut Becker, Rechtsanwalt und Notar a.D.

Helmut Harlos, Rechtsanwalt und Notar

Peer Jansen, Rechtsanwalt

Zweigertstraße 20, 45130 Essen

Tel.: 02 01 / 77 52 51 u. 78 30 85, Fax: 77 19 47

Postbank Essen BLZ 360 100 43, Kto. 122 80-436

Allerdings hat die erinnerbare Aufwachreaktion eine andere Qualität als die Aufwachreaktion allgemein. Die Aufwachphase wegen Krankheit, eines Ganges zur Toilette oder schreiender Kinder ist i.d.R. länger, als wenn Fluglärm die Ursache dafür darstellt. Meist hat das Vorkommen einer dieser drei Ursachen den Vorgang des Aufstehens zur Folge, was beim Aufwachen wegen Fluglärms nicht zutrifft. Die Dauer des Flugereignisses dürfte in vielen Fällen so kurz sein, daß die Aufwachreaktion dann erfolgt, wenn das Fluggeräusch nicht mehr bewußt wahrnehmbar ist. In der Erinnerung wird das Aufwachen damit vermutlich nicht immer dem Flugereignis zugeschrieben. Damit dürfte das Aufwachen wegen Fluglärms in Befragungen tendenziell unterschätzt werden.

Insgesamt scheinen die Studienergebnisse mit etlichen Unsicherheiten behaftet zu sein. Die Aktimetrie-Methode bedarf weiterer Untersuchungen, bis sie als Ersatz für EEG-Messungen angesehen werden kann. Die Berücksichtigung von Gewöhnungseffekten unter Verwendung einer nicht exponierten Kontrollgruppe sowie getrennte Auswertungen nach den jeweiligen Charakteristika der Aufzeichnungsorte könnten möglicherweise die Lücke zwischen den Untersuchungsergebnissen von Ollerhead [17] und dem bisherigen Stand der Lärmforschung schließen.

2.4 Präventivmedizinische Überlegungen

Die von Griefahn [6] in der „Zeitschrift für Lärmbekämpfung“ veröffentlichten Vorschläge gehen ebenfalls von den im vorstehenden Abschn. 2.1 dargestellten Überlegungen aus. Griefahn [6] zieht ebenfalls die Erkenntnisse aus der Lärmwirkungsforschung heran. Dabei stellt sie fest, daß das heutige Wissen noch nicht voll ausreicht, um eine medizinische (pathologische) Beurteilung für alle Situationen klar durchzuführen. Im Verlauf ihrer Darstellung bemüht sich Griefahn [6], auf der Grundlage der gesicherten Forschungsergebnisse weitergehende Korrekturen im Sinne einer Grenzfindung zu entwickeln. Dies ist unter präventivmedizinischen Aspekten eine durchaus legitime Vorgehensweise. Sie findet auch dadurch ihre Berechtigung, daß den politischen, administrativen und juristischen Institutionen Hilfestellungen geleistet werden müssen. Es ist nicht möglich und auch nicht zumutbar, daß diese Institutionen so lange warten, bis eindeutige wissenschaftliche Ergebnisse vorliegen, um entsprechende Grenzwerte und damit einzuleitende Maßnahmen festlegen zu können.

In einem solchen Bemühen ist es unumgänglich, daß bei Weiterführung der wissenschaftlichen Ergebnisse Annahmen gemacht werden, um zu eindeutigen Ergebnissen für die Immissionswertfestlegung zu kommen. Derjenige, der derartige präventivmedizinische Überlegungen anstellt, muß allerdings Begründungen für seine Annahmen liefern und auch gewärtig sein, daß seine Annahmen in Zweifel gestellt werden oder daß sie durch andere Annahmen ergänzt bzw. ersetzt werden. Ein solches Vorgehen ist für den Kritiker genauso legitim wie das Vorgehen des ursprünglichen Autors.

Die Öffentlichkeit und die Institutionen, die Maßnahmen auf der Grundlage präventivmedizinischer Überlegungen vornehmen, können im konkreten Fall auch festlegen, welche Annahmen für sie relevant sind. Aus diesen Überlegungen folgt, daß es von medizinisch-wissenschaftlicher und psychologisch-sozialwissenschaftlicher Seite ausgehend möglich ist, durch Konvention begründete Immissionswerte festzulegen. Die Festlegung eines solchen Wertes impliziert aber immer, daß in der Gesellschaft vorhandene, bestimmte Vorstellungen über zumutbare und nicht zumutbare Bedingun-

gen und Verhaltensweisen bestehen. So dürften z.B. bereits in Mitteleuropa je nach unterschiedlicher klimatischer Situation allein von der Bausubstanz her unterschiedliche Dämmmaße vorliegen, so daß die Einbeziehung etwa der Dämmwirkung von Fenstern, Türen oder Dächern in Holland und Deutschland einen unterschiedlichen Wert aufweist. Da sich aber die Lärmwirkung, insbesondere die physiologische Lärmwirkung, immer danach richtet, was vom Hörorgan des Menschen aufgenommen wird, d.h. von seiner Belastung am Ohr, sind dementsprechend auch die Immissionswerte für Außenpegel unterschiedlich festzulegen. So sind beispielsweise allein durch die Verwendung von Doppelfenstern in den kälteren Regionen Europas (aber auch schon innerhalb Deutschlands) sowie durch die offenere Bauweise in südlichen Ländern die Immissionsrichtwerte für Außenbelastungen unterschiedlich festzulegen.

Ausgangspunkt der Überlegungen von Griefahn [6] ist die Bestimmung des Grenzpegels auf der Grundlage der Aufwachreaktionen. Sie faßt diese Beziehung zwischen Maximalpegel und Aufwachwahrscheinlichkeit in eine Gleichung, aus der man die prozentuale Reaktionshäufigkeit und deren Anwachsen in Abhängigkeit vom Schalpegel exakt bestimmen kann. Auch hier gilt, daß nur für einen mittleren Bereich zwischen 10% und 90% diese Beziehung richtig ist. Wenn man die besonders empfindlichen Personen (10%) unberücksichtigt läßt, errechnet sich nach dieser Gleichung für 90% der Betroffenen eine mittlere Weckschwelle bei rund 68 dB(A). Griefahn [6] definiert diesen Wert als obere Immissionsgrenze. Dann nimmt Griefahn an, daß während der gesamten Nacht nur die empfindlichste Schlafstufe aufträte. Die Aufwachwahrscheinlichkeit ist im Stadium REM am höchsten und im Tiefschlaf deutlich geringer; Griefahn stellt dadurch ihre Beurteilung de facto auf die Aufwachwahrscheinlichkeit im REM-Schlaf ab, d.h. sie nimmt an, daß sich der Schläfer die ganze Nacht in der hochempfindlichen REM-Phase befindet. Dies ist natürlich eine fiktive Annahme, die mit der Realität überhaupt nicht übereinstimmt.

Sie nimmt sodann die Prozentzahlen der Gesamtschlafzeit im Stadium REM bei einem Kollektiv, welches der aufgestellten Reiz-Reaktions-Kurve zugrunde liegt (Durchschnittsalter 40 Jahre) und rechnet die typische Schlafstadienverteilung dieser Altersgruppe um. Hierbei kommt sie zu einer Pegeldifferenz nach der von ihr aufgestellten Gleichung von 2,1 dB(A). Unter der Annahme, daß während der gesamten Nacht nur das empfindlichste Schlafstadium REM erreicht wird, ist somit der Grenzwert um diesen Betrag zu senken.

Es erfolgt eine weitere Korrektur des Grenzpegels auf der Grundlage der Altersverteilung in der Bevölkerung. Der Grenzwert von rd. 68 dB(A) war, wie gesagt, auf das durchschnittliche Lebensalter von 40 Jahren abgestellt worden. Dieses bedeutet aber, daß unter 53% der Bevölkerung geschützt sind. Um nun einen möglichst umfassenden Schutz für die Gesamtbevölkerung zu bekommen, wird gefordert, daß 90% der Bevölkerung zu schützen sind. Dieses bedeutet, daß Personen bis zum Alter von 71 Jahren einbezogen werden. Dies bedeutet aber auch, daß jüngere Leute z.B. in jedem Fall ganz sicher geschützt sind, obwohl die gesundheitliche Toleranz in diesem Alter erheblich größer ist als die der 71jährigen; unter präventivmedizinischem Gesichtspunkt ist jedoch davon auszugehen, daß auch 45jährige altern und in absehbarer Zeit die Empfindlichkeit der 71jährigen aufweisen. Die Aufwachwahrscheinlichkeit vom Alter von 40 Jahren nimmt bis zum Lebensjahr von 71 Jahren um 6,8% zu, was einer Pegeldifferenz von 5,1 dB(A) entspricht. Dies bedeutet, daß die erhöhte Empfindlichkeit älterer Menschen

durch Subtraktionen dieses Betrages vom Grenzwertpegel berücksichtigt werden muß.

Durch diese beiden Korrekturen kommt es somit zu einer Absenkung des Grenzpegels um etwas mehr als 7 dB(A). Hieraus resultiert eine Belastungsgrenze von 60,7 dB(A). Dieser Wert entspricht aber dem ursprünglich gefundenen, durchschnittlichen und durch Experimente ermittelten Aufwachwert von rund 60 dB(A). Dies würde bedeuten, daß man auch nach den präventivmedizinischen Überlegungen von Griefahn [6] über den Umweg der durchgeführten Korrekturen doch wieder zu dem in dem früheren Abschnitt beschriebenen Schwellenwert von 60 dB(A) für Aufwachen zurückkommt.

Die bisher betrachtete Aufwachwahrscheinlichkeit bezieht sich immer nur auf den einzelnen Schallreiz im Verlaufe der Nacht. Das Risiko, durch Lärm geweckt zu werden, nimmt jedoch mit der Anzahl der Schallreize zu, was konsequenterweise zu einer Begrenzung der Häufigkeit führen sollte. Zu der Frage der Häufigkeit von Aufwachreaktionen im Verlaufe der Nacht gibt es ebenfalls Untersuchungsergebnisse. Hiernach nimmt die Aufwachreaktion mit der Anzahl der Schallreize zu, die Beziehung ist jedoch nicht linear. Das Risiko des Aufwachens wird mit steigender Zahl der Schallreize pro Nacht geringer. Aus der mathematischen Bestimmung dieses Zusammenhangs läßt sich ermitteln, daß bei 10% der Betroffenen eine Aufwachreaktion zu erwarten ist, wenn je Nacht eine theoretische Anzahl von 1,38 Schallreizen auftritt.

Griefahn [6] folgert nun, daß eine Überschreitung dieses Risikos nur dadurch vermieden werden kann, daß die Maximalpegel bei zunehmender Häufigkeit heruntergesetzt werden.

Diese an sich logische und konsequente Überlegung kommt aber nicht an der Tatsache vorbei, daß bei 60 dB(A) die Schwelle für die Aufwachreaktionen liegt. Es muß daher erlaubt sein zu fragen, ob die Kombination der Formel für die Bestimmung maximal zulässiger Schalldruckpegel für Aufwachreaktionen und die Bestimmung der Aufwachreaktionen in Abhängigkeit von der Anzahl der Schallreize pro Nacht miteinander kombiniert werden dürfen, wie dies von Griefahn [6] durchgeführt worden ist.

Die nach Griefahn [6] korrigierten Grenzpegel für die Aufwachreaktionen liegen ja schon bei 60 dB(A), was mit der experimentellen Erkenntnis übereinstimmt; während für die Anzahl der Schallreize pro Nacht die Beziehung nur für die Überschreitungen dieses Wertes von 60 dB(A) gilt. Die von Griefahn angegebene graphische Darstellung der Begrenzung nächtlicher Schallimmissionen (für gewohnte und informationsarme Geräusche) nach Anzahl der Schallereignisse und Maximalpegel (Bild 5 in [6]) kann sich daher nur auf die Pegel oberhalb von 60 dB(A) beziehen und darf nicht in den darunterliegenden Bereich extrapoliert werden. Als weitere Frage erhebt sich zu dieser genannten Abbildung die völlig unerwartete Einführung der Grenze für vegetative Reaktionen bei 55 dB(A). Es ist doch bekannt, daß dieser Schwellenwert für vegetative Reaktionen mit Sicherheit nicht als ein gesundheitsschädlicher Wert anzusehen ist, auch wenn in der Vorgabe des deutschen Bundesverwaltungsgerichtes dieser Wert als Schutzziel angegeben ist. Man kann diesen Wert zwar als ein Schutzziel bezeichnen, muß sich dabei aber jedoch bewußt sein, daß es sich hier nicht um einen Wert für Gesundheitsgefährdung in dem Sinne handelt, wie dies für den Aufweckwert von 60 dB(A) gilt. Weiterhin ist kritisch einzuwenden, daß eine Verrechnung von Maximalpegeln und Häufigkeiten durch die bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse nicht gerechtfertigt ist. Es ist seit langem gesicherte Erkenntnis, daß die Anwen-

dung des Mittelungspegels als Beurteilungskriterium für die Störung der Nachtruhe keine Berücksichtigung findet, sondern daß vom Maximalpegel ausgegangen wird. Wenn somit von Griefahn [6] die Häufigkeit mit dem Maximalpegel wie der verrechnet wird, könnte statt des Maximalpegels wieder das Mittelungsverfahren angewandt werden. Das Mittelungsverfahren ist insofern noch genauer als die einfache Verknüpfung von Pegel und Häufigkeit, weil im Mittelungsverfahren noch die Zeitdauer der einwirkenden Geräuschbelastung in die Berechnung mit einbezogen wird.

In dem Vorschlag von Griefahn [6] ist weiterhin im Rahmen der Besprechung besonderer akustischer Situationen auch von den seltenen Überschreitungen die Rede. Sie führt aus, daß unter kontrollierten laborexperimentellen Bedingungen nach der Überschreitung der zulässigen Exposition sogenannte „Rebound Effects“ auftreten. Hierunter wird verstanden, daß nach einer belasteten Nacht sieben weitere unbelastete Nächte folgen müssen. Dies würde bedeuten, daß im Laufe eines Jahres in 45 Nächten Überschreitungen der zulässigen Pegel möglich sind. Einschränkend wird allerdings von Griefahn auch darauf hingewiesen, daß in der Realsituation noch zahlreiche weitere Faktoren auf den Menschen einwirken, die eine Kompensation unter Umständen früher oder auch später möglich erscheinen lassen. Sie folgert ganz allgemein, daß geringfügige Überschreitungen der Grenzbelastung in einer Nacht nur dann zulässig sind, wenn anschließend mehrere Nächte eine strikte Einhaltung bzw. Unterschreitung der Grenzwerte gewährleistet ist.

3

Beurteilungen lärmbedingter Schlafstörungen unter dem Gesichtspunkt „Gesundheit – Krankheit“

Aus den Forschungen über Lärmwirkungen im menschlichen Organismus ist hervorgegangen, daß Lärm das vegetative Nervensystem erregt und somit zu einer Funktionsbeeinflussung im Sinne einer Aktivitätssteigerung führt. Diese äußert sich je nach Organ oder Funktion unterschiedlich. Am leichtesten ist diese „Erregung“ im peripheren Kreislaufsystem nachzuweisen, wo die zuvor schon beschriebenen Gefäßverengungen (Vasokonstriktionen) auftreten.

Für den Schlafzustand ist festzustellen, daß sich das vegetative Nervensystem in einer (trophotropen) Sparschaltung befindet, so daß die Lärmreize schon bei sehr viel geringeren Belastungsgrößen Wirkungen hervorrufen können als im Wachzustand. Es ist ein gesichertes Ergebnis der medizinischen Lärmforschung, daß das vegetative Nervensystem im Schlaf um 10–12 dB(A) empfindlicher ist als am Tage. Wenn somit im Wachzustand Vasokonstriktionen bei Mittelungspegeln ab etwa 65 dB(A) beginnen, so sind sie im Schlaf schon ab 55 dB(A) erkennbar.

Für die lärmbedingten Reaktionen im Schlaf gilt prinzipiell die gleiche Feststellung wie bei der Beurteilung von lärmbedingten Vasokonstriktionen am Tage; nicht jede Reaktion ist als eine schädliche Reaktion, sondern in mittellauten Belastungsbereichen als eine natürliche Reizantwort zu beurteilen. Parallel zu den Vasokonstriktionen treten auch Änderungen in der Schlafiefe auf, wie sich durch EEG-Messungen leicht demonstrieren läßt. Schon bei Schallpegeln unter 40 dB(A) lassen sich geringe EEG-Veränderungen nachweisen. Diese lärmbedingten Schlafiefeänderungen in Abhängigkeit von den Maximalpegeln stehen auf gleicher Stufe mit anderen z.T. psychoreaktiven, z.T. durch Fehlregulationen hervorgerufenen „Schlafstörungen“.

Schlafstörungen kommen in der Bevölkerung insgesamt recht häufig vor und nehmen auch mit steigendem Lebensalter zu, insbesondere jenseits des 50. Lebensjahres. Man