

Fluglärmmessungen

Stadt Mülheim

2008

19. September 2008

Datum

19092008 / 1967

Bericht/Gutachten Nr.

Stadt Mülheim

Auftraggeber

Dr. Knauß

Sachbearbeiter

Gesellschaft für sensorische Messtechnik

Akustik

Schallschutz

Olfaktometrie

deBAKOM

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	BEWERTUNG VON FLUGLÄRM	3
2.1	MITTELUNGSPEGEL	4
2.2	MAXIMALPEGEL, EINZELEREIGNISPEGEL	7
2.3	BELÄSTIGUNG	8
2.3.1	<i>Einführung</i>	8
2.3.2	<i>Erhebliche Belästigung</i>	12
2.3.3	<i>Unzumutbarkeit</i>	15
2.3.4	<i>Irrelevanzschwelle</i>	18
2.3.5	<i>Zusammenfassung Bewertung von Fluglärmbelastung</i>	18
2.4	BELÄSTIGUNG DURCH EINZELEREIGNISSE	19
2.5	BELÄSTIGUNG DURCH EINZELEREIGNISSE TAGSÜBER	23
2.6	WERTVERFALL VON IMMOBILIEN	23
2.7	BEURTEILUNGSPEGEL	24
2.7.1	<i>Definitionen Beurteilungspegel</i>	24
2.7.2	<i>Fluglärmgesetz</i>	25
2.7.3	<i>Maßgeblicher Fluglärmbeurteilungspegel nach DIN 45643 Teil 1 $L_{rFI,M1}$</i>	25
2.7.4	<i>Maßgeblicher Fluglärmbeurteilungspegel nach DIN 45643 Teil 3 $L_{rFI,M2}$</i>	26
2.7.5	<i>Ldn-, Ln-Pegel</i>	26
2.7.6	<i>Lden-Pegel</i>	27
2.7.7	<i>VDI 3723 Bl. 1</i>	27
2.7.8	<i>Erfassung des Bezugszeitraumes der 6 verkehrsreichsten Monate</i>	27
2.7.9	<i>100/100-Regelung</i>	27
3	IMMISSIONSMESSUNGEN	28
3.1	MESSPUNKT UND ZEITPUNKT DER MESSUNGEN	28
3.2	MESSGERÄTE	30
3.3	MESSGRÖßEN	30
3.4	ERGEBNISSE DER IMMISSIONSMESSUNG UNDIFFERENZIIERT NACH DEN VERSCHIEDENEN GERÄUSCHARTEN 31	
3.4.1	<i>Definitionen</i>	31
3.4.2	<i>Allgemeine statistische Auswertung nach VDI 3723 Bl. 1, Ortsüblichkeit</i>	31
3.4.3	<i>Spektrale Auswertung</i>	33
3.4.4	<i>Auswertung der Überflüge nach DIN 45643</i>	39
3.4.5	<i>Fluglärmbelastung an lauten Tagen</i>	51
3.4.6	<i>Abschätzung von Abweichungen</i>	52
3.4.7	<i>Bewertung</i>	54

3.5	WERTVERFALL	57
4	ZUSAMMENFASSUNG	58
5	SCHRIFTTUM	59

Anhänge auf beiliegender CD-ROM:

- Anhang A: Beschreibung der Messstation
- Anhang B: Messprotokolle
- Anhang C: Auswertung der Pegel
- Anhang D: Auswertung der Spektren
- Anhang E: Auswertung der Flugereignisse
- Anhang F: Aufzeichnungen Deutscher Fluglärmdienst

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1.1:	Untersuchungsgebiet schematisch, Karte genordet (Quelle: Falk.de).....	2
Abb. 1.2:	An- und Abflugrouten im Bereich des Messpunktes.....	2
Abb. 2.1	Pegelverlauf $L_p(t)$ eines Überflugs $p^2(t)/p_o^L = 10^{0,1 L_p(t)}$ und eines kurzen Ereignisses, wie z.B. ein Impuls durch einen fallenden Gegenstand.....	7
Abb. 2.2:	Beziehung zwischen starker Belästigung und dem Tag/Nacht-Pegel L_{den} [14].....	10
Abb. 2.3	A-bewerteter Schalldruckpegel eines landenden Flugzeugs und eines Pkw. Die Geräuschidentifikation zeigt den Hintergrundpegel, Fluglärm, schnelle Pegeländerung, Töne, Pkw.....	11
Abb. 3.1:	Lageplan Messpunkt MP1, Mülheim, Am Stoot 21.....	29
Abb. 3.2:	Tagesgang der Pegel (L_{01} , L_{eq} , L_{95}) über die Messzeit, MP1, Am Stoot 21.....	32
Abb. 3.3:	L_{eq} , L_{95} und L_{01} in Abhängigkeit von der Messzeit, MP1, Mülheim, Am Stoot 21.....	33
Abb. 3.4:	Perzentspektren für die Tagzeit für die Betriebsrichtung Ost , von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	34
Abb. 3.5:	Perzentspektren für die Tagzeit für die Betriebsrichtung West , von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	35
Abb. 3.6:	Perzentspektren für die Nachtzeit für die Betriebsrichtung Ost , von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	36
Abb. 3.7:	Perzentspektren für die Nachtzeit für die Betriebsrichtung West , von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	36
Abb. 3.8:	Differenzspektrum Seq-S10 für den Ostbetrieb , Tagzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	37
Abb. 3.9:	Differenzspektrum Seq-S10 für den Westbetrieb , Tagzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	37
Abb. 3.10:	Differenzspektrum Seq-S10 für den Ostbetrieb , Nachtzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	38
Abb. 3.11:	Differenzspektrum Seq-S10 für den Westbetrieb , Nachtzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, MP1	38
Abb. 3.12:	Beispiel Pegelverlauf MP1 (grau: Flugereignisse).....	40
Abb. 3.13:	Mittlerer Tagesgang der Anzahl der Flugereignisse, MP1 (gesamt).....	43
Abb. 3.14:	Mittlerer Tagesgang der Anzahl der Flugereignisse, MP1 (>70 dB(A)).....	43
Abb. 3.15:	Mittlerer Tagesgang der Ereignispegel L_{AX} , L_{max} , L_{eq} , MP1	44
Abb. 3.16:	Summenprozentwerte des L_{Amax} , L_{AX} und L_{AZ} , MP1 , Nacht.....	45
Abb. 3.17:	Lautestes Flugereignis, MP1 , 27.07.08, 16:06:23 Uhr.....	45
Abb. 3.18:	Mittlere tägliche Überschreitungszahl L_{ASmax} am Tage und in der Nacht, MP1	46

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 3-1:	Messpunkt und Messperiode	28
Tabelle 3-2:	Hintergrund-, Mittelungs- und Spitzenpegel MP1 (alle Geräusche).....	32
Tabelle 3-3:	Abschätzung der Fluglärmpegel aus den Spektren, MP1	39
Tabelle 3-4:	Filterparameter für Fluglärmereignisse	40
Tabelle 3-5:	Mittlerer Tagesgang der Flugereignisse, MP1 bei 189 registrierten Bewegungen tagsüber und 15 nachts 42	
Tabelle 3-6:	Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für die Messzeit basierend auf Pegelschrieben * bezogen auf Stunden mit Flugereignissen, sonst Mittelwert.....	47
Tabelle 3-7:	Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für die Messzeit basierend auf Ereignissen	48
Tabelle 3-8:	Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für Betriebsrichtung West basierend auf Pegelschrieben * bezogen auf Stunden mit Flugereignissen, sonst Mittelwert.....	49
Tabelle 3-9:	Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für Betriebsrichtung West basierend auf Ereignissen	49
Tabelle 3-10:	Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für BR Ost basierend auf Pegelschrieben* bezogen auf Stunden mit Flugereignissen, sonst Mittelwert.....	50
Tabelle 3-11:	Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für BR Ost basierend auf Ereignissen....	50
Tabelle 3-12:	Tag mit den höchsten Tagpegeln (L_d) für MP1, Am Stoot 21.....	51
Tabelle 3-13:	Tag mit den höchsten Nachtpegeln (L_n) für MP1, Am Stoot 21.....	51
Tabelle 3-14:	Vergleich der Ergebnisse mit unterschiedlichen Filterkriterien.....	52
Tabelle 3-15:	Verteilung der Betriebsrichtungen während der Zeit mit Informationen zu den Betriebsrichtungen	53
Tabelle 3-16:	Zusammenstellung der Pegel L_{dn} , L_d , L_n , L_{den} einschließlich der Korrektur für die Betriebsrichtungen	54
Tabelle 3-17:	Überschreitungen der Erheblichkeitsschwelle $L_{dn} = 53 \text{ dB(A)}$, $L_n = 43 \text{ dB(A)}$ unter Berücksichtigung von Tabelle 3-6 und Tabelle 3-16.....	55
Tabelle 3-18:	Prozentsatz erheblich Belästigter auf Basis des L_{dn} und L_n	55
Tabelle 3-19:	Prozentsatz erheblich Belästigter auf Basis des $L_{dn,10}$ und $L_{n,10}$	56
Tabelle 3-20:	Kommunikationsstörungen berechnet für Spaltlüftung am Tage	56
Tabelle 3-21:	Vergleich Messungen Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [2].....	57

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Zur Erfassung der Fluglärmbelastung in Mülheim-Mintard ausgehend vom Flugverkehr des Flughafens Düsseldorf sind im Auftrag der Stadt Mülheim Fluglärmmessungen durchzuführen. Ziel der Messungen ist es, die Fluglärmpegel sowie die Überflugpegel zu bestimmen. Die Auswertung erfolgt nach DIN 45643 [1].

Das Gutachten gliedert sich in 4 Teile:

Messung und Bewertung	(Abschnitt 2)
Allgemeine Auswertung für alle Lärmquellen	(Abschnitt 3.4.2)
Auswertung Fluglärm	(Abschnitt 3.4.3 - 3.4.5)
Bewertung der Ergebnisse	(Abschnitt 3.4.7).

Die Auswertung der Fluglärmmessungen umfasst die Schallimmissionssituation, undifferenziert nach den unterschiedlichen Quellen dargestellt, sowie eine statistische Trennung des Fluglärms von den übrigen Geräuscharten wie z.B. Straßenlärm. Des Weiteren erfolgt die Trennung des Fluglärms von den übrigen Geräuschen anhand von Pegelschrieben und einer Mustererkennung, mit der Fluglärm vom übrigen Lärm unterschieden werden kann. Dies wird durch eine umfangreiche Darstellung der Messergebnisse und eine Diskussion möglicher Abweichungen ergänzt. Im Anschluss erfolgt die Bewertung anhand der in Abschnitt 2 dargestellten Kriterien.

Das Untersuchungsgebiet ist in Abb. 1.1 dargestellt. Des Weiteren sind Flugrouten im Bereich des Untersuchungsgebiets in Abb. 1.2 wiedergegeben.

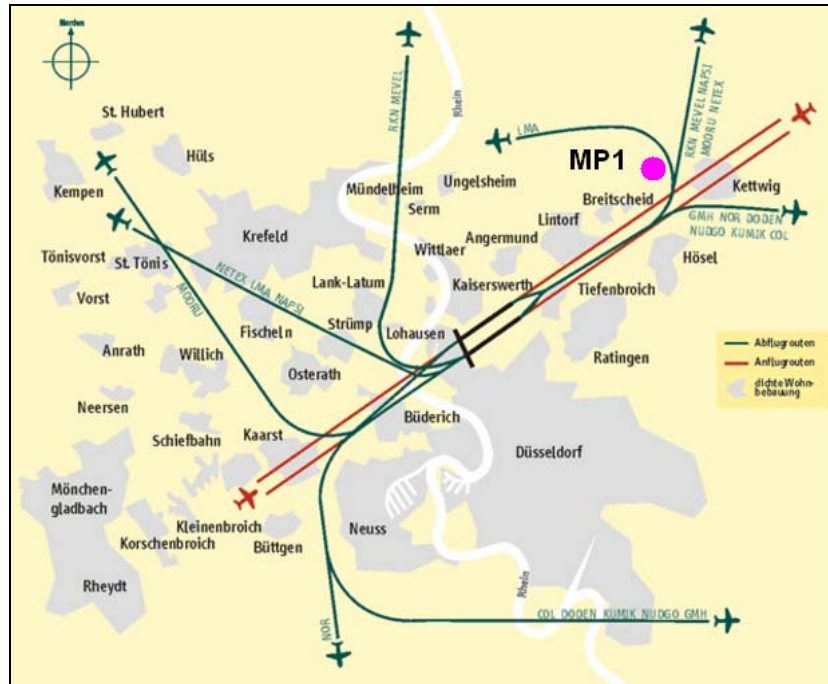


Abb. 1.1: Untersuchungsgebiet schematisch, Karte genordet (Quelle: Falk.de)

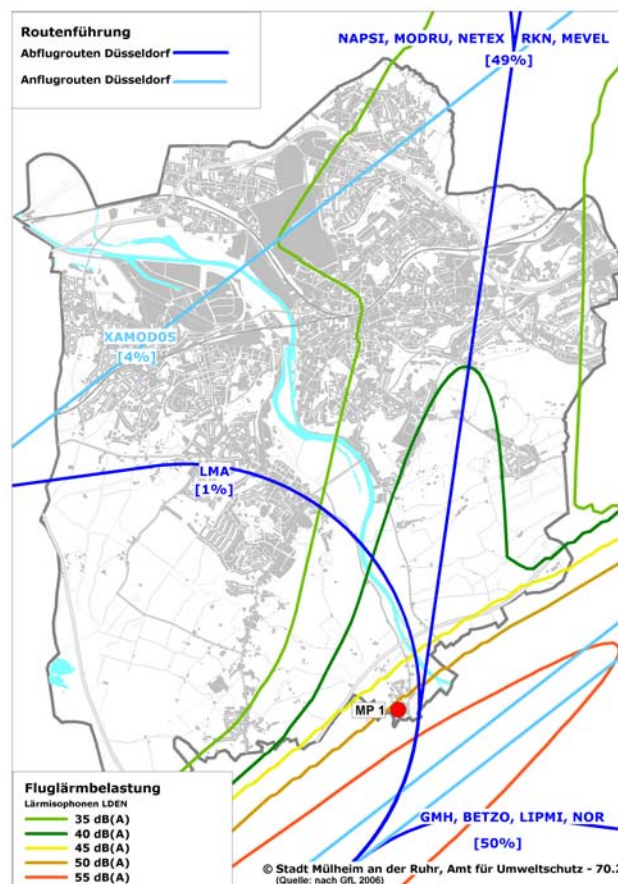


Abb. 1.2: An- und Abflugrouten im Bereich des Messpunktes

2 Bewertung von Fluglärm

Mit der Novellierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (31.10.2007) [2] gibt es Schwellenwerte für den Tag und die Nacht, die die „*Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm*“ schützen sollen. Darüber hinaus ergeben sich anhand dieser Schwellenwerte Schutzzonen, die wie bisher eine bauliche Nutzungseinschränkung beinhalten. Für bestehende zivile Flughäfen sind dies folgende Schutzzonen:

- Tag-Schutzzone 1 65 dB(A)
- Tag-Schutzzone 2 60 dB(A)
- Nachtschutzzone max. [55 dB(A), 6x57 dB(A)].

Für einen Neubau oder bei einer wesentlichen Änderung sind folgende Schutzzonen definiert:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| • Tag-Schutzzone 1 | 60 dB(A) |
| • Tag-Schutzzone 2 | 55 dB(A) |
| • Nachtschutzzone (bis 31.12.2010) | max. [53 dB(A), 6x57 dB(A), LASmax] |
| • Nachtschutzzone (ab 01.01.2011) | Max. [50 dB(A), 6x53 dB(A), LASmax]. |

Die Pegel geben dabei den energieäquivalenten Dauerschallpegel (L_{eq3}) an, während für die Nachtschutzzone neben dem Dauerschallpegel maximale Pegel (L_{ASmax}) für Einzereignisse im Rauminneren angegeben sind. Die Nachtschutzzone ergibt sich aus diesen beiden Zonen als die Kontur mit der größten Ausdehnung.

Gegenüber dem Gesetz aus dem Jahre 1971 [3] hat sich neben den Pegelschwellen (Schutzzonen) auch die Kenngröße verändert. Der bisher verwendete Leq4 wird durch den Leq3 ersetzt, wie er auch für andere Geräuscharten (Straße, Schiene, Gewerbe) gebräuchlich ist. Beide Pegel unterscheiden sich um ca. 3 dB, wobei der Leq3 der höhere Pegel ist. Ein weiterer Unterschied liegt im Berechnungsverfahren. In der Neufassung des Gesetzes kommt die so genannte sigma-Regelung zur Anwendung. Diese soll die variierende Nutzung der Betriebsrichtungen der vergangenen 10 Jahre berücksichtigen, wobei sigma die Standardabweichung der Betriebsrichtungsnutzungen beschreibt. Für den Tag und die Nacht beträgt der sich aus der Streuung der Nutzungsanteile ergebende Zuschlag 3 sigma, d.h. dass die Fluglärmpegel, die sich für ca. 99 % aller Betriebsrichtungsverteilungen ergeben, niedriger liegen als der berechnete Fluglärmpegel. Grundlage der Berechnungen sind wie

bisher die 6 verkehrsreichsten Monate des Jahres. Rechtliche Aspekte des neuen Fluglärmsgesetzes können z.B. [4] entnommen werden.

Es hat sich gezeigt, und wird auch im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm berücksichtigt, dass neben dem Mittelwert weitere Größen benötigt werden, die insbesondere die von Einzelereignissen ausgehenden Störungen näher beschreiben. Dies kann durch den Maximalpegel oder den international eingeführten Ereignispegel geschehen, und erlaubt Aussagen über die Wahrscheinlichkeit von Kommunikationsstörungen und Aufwecken, genauso wie es heute gesicherte Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Belästigung und Mittelungspegel gibt. Im Folgenden soll dies näher erläutert werden.

2.1 Mittelungspegel

Im Folgenden soll eine Beschreibung der verschiedenen Mittelungspegel erfolgen, wie sie derzeit und in der Vergangenheit (Leq4) verwendet werden bzw. wurden, um die Unterschiede zu verdeutlichen. Obwohl im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [2] der Leq4 nicht mehr verwendet wird, soll dieser dennoch beschrieben werden, da Messungen und Berechnungen in der Vergangenheit auf diese Größe abgestellt haben.

Schall manifestiert sich physikalisch einerseits durch eine Erhöhung oder Minderung des Luftdruckes gegenüber dem momentanen Mittelwert des Luftdruckes und einer kollektiven Bewegung der Luft. Die erste Größe wird als Schalldruck P bezeichnet und in N/m^2 angegeben, die zweite als Schallschnelle v in m/s . Das menschliche Gehör ist ausschließlich in der Lage, den Schalldruck wahrzunehmen. Daher bauen alle Bewertungen auf dem Schalldruck und nicht, wie immer wieder behauptet wird, auf der Schallenergie auf. Der Schalldruckpegel $L_p(t)$ ist definiert durch

$$(2.1.1) \quad L_p(t) = 10 \log(\tilde{P}^2(t) / p_o^2) \quad \text{dB},$$

wobei $\tilde{P}^2(t)$ der Effektivwert des Schalldruckquadrates ist und p_o der Bezugsschalldruck von $2 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}^2$ und t die Zeit. Der Effektivwert wird durch eine gleitende zeitliche Mittelung gewonnen, die sich vereinfacht durch die folgende Integration darstellen lässt:

$$(2.1.2) \quad \tilde{P}^2(t) = \frac{1}{t_r} \int_{\tau=t-t_r}^{\tau=t} P^2(\tau) d\tau,$$

wobei t_r die Integrationszeit ist. Bei Fluglärm wird die Größe $t_r = 1$ s benutzt. Dies entspricht der Anzeigeart „langsam“ und wird mit dem Index „s“ für „slow“ am Schalldruckpegel angezeigt. Bei sonstigen Verkehrsgeräuschen und insbesondere bei Gewerbegeräuschen wird auf $t_r = 0.125$ s entsprechend der Anzeigeart „schnell“ abgestellt, die mit „f“ für „fast“ indiziert wird. Verkürzt wird der Schalldruckpegel mit $L_s(t)$ oder $L_f(t)$ angegeben. Der mittlere quadratische Schalldruck ergibt sich aus:

$$(2.1.3) \quad \overline{P^2} = \frac{1}{T} \int_0^T \tilde{P}^2(t) dt$$

Die Integrationszeit t_r hat keine weiteren Auswirkungen. Durch Einsetzen in (2.1.1) erhält man den **energieäquivalenten Dauerschallpegel $Leq(3)$** [5]:

$$(2.1.4) \quad Leq(3) = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p(t)/10} \cdot dt \quad \text{dB},$$

wobei T die Kennzeichnungszeit ist und die 3 anzeigt, dass eine Verdopplung der Anzahl von Flugereignissen zu einer Pegelerhöhung um 3 dB führt. Beim Straßenverkehr ist T mit den Zeiten gleichzusetzen, in denen die durchschnittliche Verkehrsmenge für verkehrsreichere Wochentage auftritt. Bei Fluglärm ist T die Zeit, die die 6 verkehrsreichsten Monate des Jahres abdeckt und bei Gewerbe- und Industrielärm eine lange Zeit, die alle Betriebs- und Klimazustände umfasst.

Aus der DFG-Studie [6] geht hervor, dass das Maß der Belästigung bei Verdopplung der Anzahl der Flugereignisse stärker, d.h. eher mit 4 dB zunimmt. Dies wurde im Mittelungsverfahren nach dem alten Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [3] berücksichtigt. Nach DIN 45643 Teil 1 [1] lässt sich der **äquivalente Dauerschallpegel $Leq(4)$** wie folgt durch Integration gewinnen:

$$(2.1.5) \quad Leq(4) = 13.3 \cdot \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_s(t)/13.3} \cdot dt + 4 \quad \text{dB},$$

wobei der Wert von $Leq(4)$ von der Integrationszeit der Pegelanzeige t_r abhängt, die nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [3] mit $t_r = 1$ s für die Anzeigeart „langsam“ festgesetzt ist. Die obige Formel rechnet in sehr guter Näherung in die nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm gültige Berechnungsformel für den äquivalenten Dauerschallpegel um:

$$(2.1.6) \quad Leq(4) = 13.3 \log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \cdot t_{10,i} \cdot 10^{L_{s,max,i} / 10} / 13.3 \right) \text{ dB},$$

wobei der $L_{s,max}$ für den Maximalpegel in der Zeitbewertung „langsam“ steht und n die Anzahl der Flugereignisse in der Zeit T darstellt und $t_{10,i}$ die t_{10} -Zeit des Flugereignisses i bezeichnet. Unter t_{10} -Zeit versteht man den Zeitraum eines Überflugs, in dem der Pegel größer $L_{s,max}-10$ ist. Diese Formel approximiert die Integration von Gl. (2.1.5) durch eine Multiplikation des Maximalwertes mit der Zeitdauer t_{10} . Eine Verdopplung der Anzahl der Flugereignisse führt zu einem Anstieg des äquivalenten Pegels $Leq(4)$ um 4 dB.

Auf den ersten Blick erscheint es so, als würde diese Eigenschaft des $Leq(4)$ jeweils zu einem höheren Pegel führen als der $Leq(3)$. Die Erfahrung mit Messungen von Fluglärm ergibt jedoch zweifelsfrei, dass der $Leq(4)$ stets deutlich niedriger ausfällt als der $Leq(3)$. Bei gleichen Maximalpegeln, etwa 14 Flugereignissen pro Stunde und t_{10} -Zeiten um 30 s, werden $Leq(4)$ und $Leq(3)$ in etwa gleich. Berücksichtigt man jedoch die Varianz der Überflugpegel, so erhöht sich die obige Zahl der Überflüge um ein Vielfaches, bei einer Spanne von 20 dB auf ca. 30 Überflüge pro Stunde. Würde man den $Leq(4)$ zur Bewertung der Lästigkeit von Fluglärm heranziehen, würde dies im Vergleich zum Straßenverkehrslärm, der mit $Leq(3)$ bewertet wird (16. BImSchV [7]), stets zu einem **Fluglärmbonus führen** (siehe dazu auch Abschnitt 2.3). Dies steht im Widerspruch zu allen uns bekannten sozialwissenschaftlichen Untersuchungen. Der $Leq(4)$ privilegiert also den Fluglärm. Dieser Widerspruch zur eigentlichen Erwartung ist auch von Richtern trotz Anhörung von Sachverständigen nicht im vollen Umfang erkannt worden, wie z.B. dem Urteil des OVG Rheinland Pfalz vom 01.07.97, Seite 45 [8] zu entnehmen ist. Die hohen Verkehrszahlen, bei denen $Leq(4) > Leq(3)$ wird, werden unter realen Bedingungen insbesondere in Flugplatznähe nicht erreicht. Deshalb ist auch die Verwendung des $Leq(3)$ im neuen Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm gerechtfertigt.

Bezüglich der Mittelungspegel wird in Deutschland in der Regel zwischen einem Tagesmittelwert L_d von 6 bis 22 Uhr und einem Nachtmittelwert L_n von 22 bis 6 Uhr unterschieden. International wird, wie beim Fluglärmpegel nach dem bisherigen Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, ein 24 h Pegel benutzt, d.h. es wird über 24 h gemittelt und der Nachtpegel mit einem Zuschlag von 10 dB versehen. Ein solcher Tag-Nacht-Mittelungspegel wird mit L_{dn} bezeichnet. Die europäische Kommission möchte zur Charakterisierung der Lärmbelastung sowohl den L_{dn} als auch den L_n (Mittelungspegel für die Nachtzeit) einführen. Das Übergewicht der internationalen Literatur zum Lärm bezieht sich auf diese Werte.

2.2 Maximalpegel, Einzelereignispegel

In zahlreichen richterlichen Entscheidungen [z.B. 9, 10] wird darauf verwiesen, dass die Lästigkeit von Fluglärm nicht nur mit einem Mittelungspegel beschrieben werden kann, sondern dass die bei den Überflügen auftretenden Einzelpegel mit zu berücksichtigen sind. In der Fachwelt ist dies unstrittig. Dieser Pegel ist international in der ISO 3891 [11] und national in der DIN 45643 Teil 1 Abschnitt 3.1.2 [1] beschrieben:

$$(2.2.1) \quad L_{AX} = 10 \log \left(\frac{1}{t_{ref}} \int_t \frac{\tilde{p}(t')^2}{p_o^2} \cdot dt' \right) \quad \text{dB},$$

wobei t_{ref} mit 1 s gewählt ist und t die Zeitdauer des Ereignisses beschreibt. Häufig wird auch in Deutschland statt L_{AX} die Abkürzung SEL für „sound exposure level“ benutzt. In Abb. 2.1 ist ein typischer Pegelverlauf eines Flugereignisses und eines Impulses dargestellt. Die Ereignisdauer des Flugereignisses beträgt ca. 70 s; darunter wird die Zeit verstanden, in der der Pegel größer als -10 dB des Maximalwertes ist (t_{10} -Zeit). Der L_{AX} beträgt 72 dB(A). Für den kurzen Impuls mit einer t_{10} -Zeit von ca. 2.5 s ergibt sich ein L_{AX} von 57.5 dB(A), d.h. ca. 14 dB niedriger. Diese Gegenüberstellung zeigt, dass der L_{AX} neben der maximalen Pegelhöhe auch die Dauer der Exposition berücksichtigt.

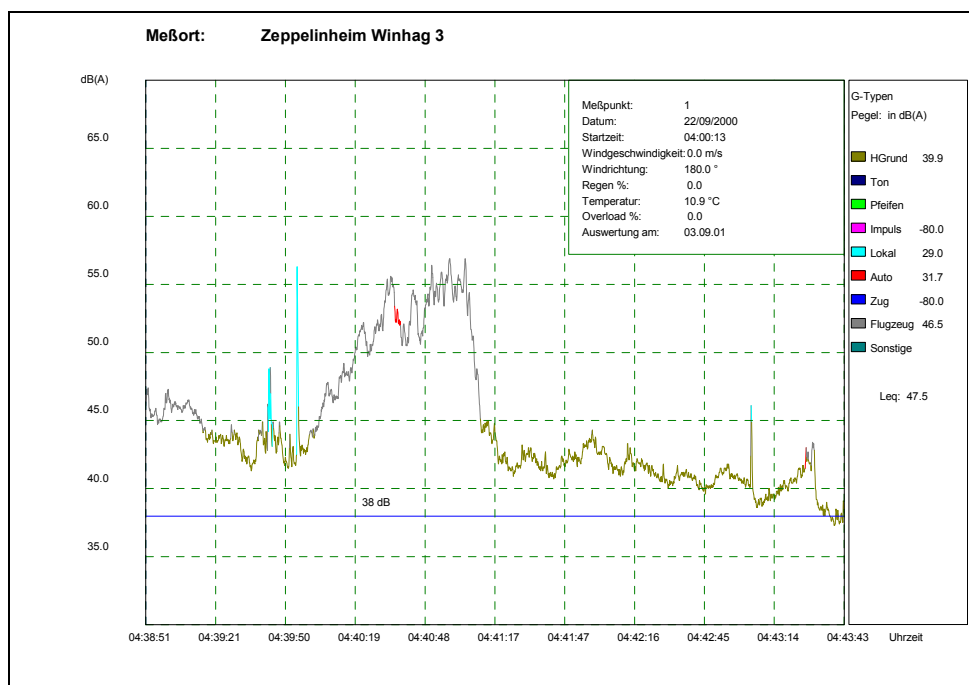


Abb. 2.1 Pegelverlauf $L_p(t)$ eines Überflugs $p^2(t)/p_o^L = 10^{0.1 L_p(t)}$ und eines kurzen Ereignisses, wie z.B. ein Impuls durch einen fallenden Gegenstand

Unterschiede bestehen jedoch darin, welche physikalische Messgröße für diese Bewertung herangezogen werden soll. Der Fachliteratur ist zu entnehmen, dass in Deutschland der Maximalwert in der Zeitbewertung „langsam“ L_{ASmax} herangezogen wird, in der angelsächsischen Literatur wird ausschließlich der Einzelereignispegel (sound exposure level) benutzt.

Nach DIN 45643 [1] kann der L_{AX} auch über den Maximalpegel abgeschätzt werden, wenn die t_{10} -Zeit des Ereignisses bekannt ist:

$$(2.2.2) \quad L_{AX} \approx L_{ASmax} + 10 \log (t_{10}/t_{ref}) - 3 \quad \text{dB.}$$

Die obige Näherungsgleichung zeigt, dass der Ereignispegel L_{AX} und die maximale Pegelhöhe L_{ASmax} sowie die Ereignisdauer miteinander verknüpft sind. Bei alleiniger Betrachtung des L_{ASmax} werden Ereignisse unterschiedlicher Dauer gleich bewertet, d.h. die Vorbeifahrt eines Pkw mit einem $L_{ASmax} = 70$ dB bei einer Dauer von 7 s wird genauso bewertet wie ein Überflug mit gleichem Maximalpegel und einer Dauer von 50 s. Aus diesem Grund benutzen die uns bekannten internationalen Untersuchungen zu Belästigungen bzw. Störungen des Nachtschlafes, die von Einzelereignissen ausgehen, stets den L_{AX} als Basisgröße. Eine Umrechnung ist nach obiger Gleichung nur möglich, wenn die t_{10} -Zeit bekannt ist; die t_{10} -Zeit ist jedoch stark vom Standort abhängig und nimmt mit abnehmenden Pegeln zu. Typische Werte für die t_{10} -Zeit sind 20-30 s.

Die DIN 45643 Teil 1 [1] kennt weiter einen Ereignispegel L_{AZ} , der über das Leq(4)-Verfahren gemäß Gl. (2.1.5) ohne den in dieser Gleichung angegebenen 4 dB Zuschlag bestimmt wird. Als Referenzzeit wird 10 s gewählt.

2.3 Belästigung

2.3.1 Einführung

Hochgradige Belästigungen können langfristig zu gesundheitlichen Schäden führen, die definitionsgemäß unzumutbar sind und keiner Abwägung unterliegen können. Andererseits gibt es einen Bereich, in dem die Belästigung noch als erheblich anzusehen ist, jedoch Gesundheitsgefahren weniger wahrscheinlich sind. Das bedeutet, dass zur Bewertung von Lärm zwei Schwellen zu betrachten sind; die erste soll die Grenze beschreiben, ab der der Lärm im rechtlichen Sinne relevant wird, d.h. erheblich belästigt, und die zweite, ab der **gesundheitliche Gefahren** oder andere **nicht mehr mit technischen Maßnahmen zu kompensierende Auswirkungen** anzunehmen sind. Im Gegensatz zur ersten Schwelle ist bei der letzteren eine Abwägung zwischen den Interessen des Lärmerzeugers und den Betroffen-

nen nicht mehr möglich. Aus obiger Formulierung wird deutlich, dass beide Schwellen aufgrund der Streuung des Maßes der Betroffenheit von Einzelpersonen mit erheblichen Unschärfen behaftet sind.

Zu diesen beiden Schwellen ist noch eine dritte Schwelle zu berücksichtigen, bei deren Überschreitung eine weitere Abwägung und planerische Berücksichtigung der Auswirkungen des Lärms nicht mehr erforderlich sind.

Stellt man sich die Frage, wodurch die Belästigung ausgelöst wird, wird schnell deutlich, dass individuelle Faktoren eine große Rolle spielen. Sind es u.a. das nächtliche Aufwecken durch Überflüge oder die Störung der Kommunikation tagsüber, die Belästigung auslösen und der Fluglärm verstärkt lediglich diesen Effekt. Daraus leitet sich die Frage ab, ob und wie Belästigung überhaupt gemessen werden kann. Die meisten Untersuchungen über Belästigung lassen sich nach Kryter [12] in zwei Typen unterteilen. Beim ersten Typ werden Befragungen der Bevölkerung durchgeführt, bei denen der Grad der Belästigung klassifiziert wird durch Begriffe wie z.B.: „keine“, „etwas“, „gemäßigt“, „sehr“, „sehr stark“, wobei bei den Befragungen zusätzliche Begriffe gebraucht werden, die es erlauben, das Befragungsergebnis nach solchen Kategorien einzuordnen. Der zweite Befragungstyp wertet die Häufigkeit und Art von Lärmbeschwerden aus. Dies schließt auch die Häufigkeit ein, mit der rechtliche Schritte von den Betroffenen eingeleitet werden. Entscheidend ist bei den Befragungen nach Typ 1, die heute die dominierende Methode ist, weiter, dass die Belastung durch objektive Messwerte möglichst genau beschrieben wird und die Anzahl der Befragungen möglichst hoch ist, um im statistischen Sinne scharf eingrenzbare Kriterien zu erhalten. Kryter [12] schreibt, dass die Befragungsergebnisse durchaus Differenzierungen in der Größenordnung von 0.5 dB erlauben.

Resultate von Befragungen vom Typ 1, die über die Zeit von 1970 bis 1995 in Deutschland, Schweiz, England, USA, Kanada und Holland durchgeführt wurden, sind in die grundlegenden Arbeiten von Miedema [13] eingegangen. In einem Bericht des Holländischen Gesundheitsrates von 1997 [14] wurden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst. Die Studie [14] unterscheidet bezüglich der Belästigung zwischen „annoyed“ und „highly annoyed“ und gibt den Zusammenhang zwischen dem Reiz - hier ein 24 h Mittelungspegel L_{dn} - und dem Prozentsatz der Bevölkerung an, der sich belästigt (A) bzw. stark belästigt (HA) fühlt. Das Letztere ist in Abb. 2.2 dargestellt, wobei der grundsätzliche Zusammenhang schon von Schultz 1978 [15] publiziert wurde und in die internationale Normung (ISO 1996-1 [16]) übernommen wurde.

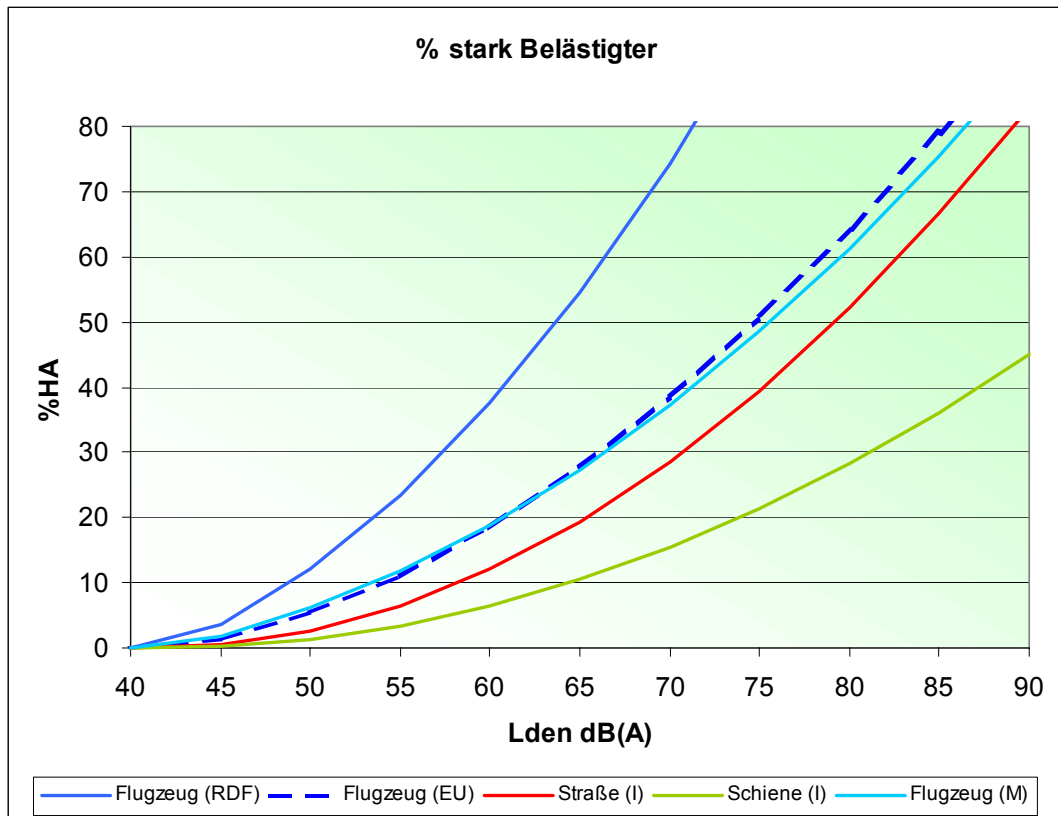


Abb. 2.2: Beziehung zwischen starker Belästigung und dem Tag/Nacht-Pegel Lden [14]¹

In Abb. 2.2 wird zwischen den unterschiedlichen Verkehrstypen Flug, Straße und Schiene differenziert, wobei der L_{dn} der oben definierte 24 h Mittelungspegel ist, der dadurch gebildet wird, dass die Pegel der Nachtzeit einen Zuschlag von 10 dB für ihren erhöhten Störcharakter erhalten. Bei einem Pegel von **60 dB(A)** fühlen sich bei Fluglärm **19 %**, bei Straßenverkehrslärm **12.4 %** und bei Schienenverkehrslärm **6.4 %** stark belästigt. Im statistischen Sinne sind die Unterschiede nicht signifikant; sie stellen jedoch den besten derzeitigen Stand der Kenntnisse dar, wie in [14] erläutert wird. Zum Vergleich mit den hier verwendeten Pegel-Belästigungs-Beziehungen (Straße I, Schiene I, Flugzeug I), die auf [13, 14] beruhen, ist hier die im Positionspapier der EU [17] verwendete Beziehung für Fluglärm angegeben (Flugzeug II). Wie der Abbildung zu entnehmen ist, ergeben sich zwischen den beiden Relationen (Flugzeug I und Flugzeug II) keine relevanten Unterschiede. Neueste Untersuchungen im Rahmen des regionalen Dialogforums [18] ergaben im Vergleich zu dem

¹ Ldn entspricht DNL, Tag/Nacht-Pegel

Positionspapier der EU [17] und den Untersuchungen von Miedema [13] jedoch eine ca. **2mal höhere** Zahl von stark Belästigten Personen durch Fluglärm bei gleichem Lden.

Bei Fluglärm von 54 dB(A), Straßenverkehrslärm von 59 dB(A) und Schienenverkehrslärm von 64 dB(A) fühlen sich jeweils 10 % der Bevölkerung stark belästigt. Die obigen Zusammenhänge zwischen Belästigung und Schallpegeln der verschiedenen Geräuscharten sind empirisch gesichert, offen ist die Erklärung für die Unterschiede. Ein Erklärungsversuch basiert auf dem **messbaren Unterschied der Lautheit der drei Quellenarten** in Räumen bei gleichem Mittelungspegel vor dem Gebäude, ein anderer beruht darauf, dass Schutz vor Fluglärm im Gegensatz zu Straßen- und Schienenlärm durch ein Ausweichen ins Gebäude kaum möglich ist. Eine dritte Erklärung für die erhöhte Belästigungswirkung von Fluglärm ergibt sich aus der Frequenzzusammensetzung und dem zeitlichen Verlauf des Pegels. Sowohl beim Landen als auch beim Starten treten schnelle Pegeländerungen und tonale Phasen auf, die bei Eisenbahnlärm und bei Straßenverkehrslärm nur sehr selten zu beobachten sind. Dies lässt sich aus Abb. 2.3 ablesen, in der ein Landevorgang dargestellt ist:

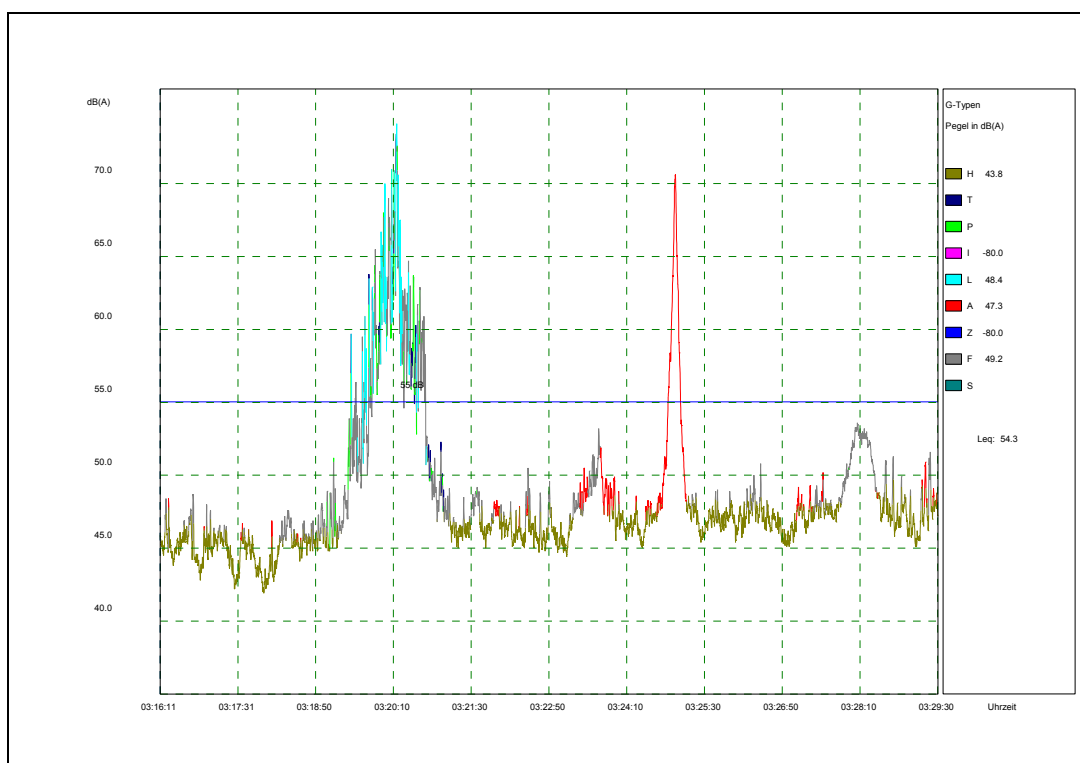


Abb. 2.3 A-bewerteter Schalldruckpegel eines landenden Flugzeugs und eines Pkw. Die Geräuschidentifikation zeigt den Hintergrundpegel, Fluglärm, schnelle Pegeländerung, Töne, Pkw

Die automatische Geräuschidentifikation ordnet dem Überflug, der grau unterlegt ist, Phasen mit schnellen Pegeländerungen, d.h. hohem Informationsgehalt und tonale Phasen (Pfeifen) zu, d.h. grau wird bei typischen Fluglärmgeräuschen und der typischen tonalen Rauigkeit dargestellt, überwiegt jedoch die Tonalität oder liegen schnelle Pegeländerungen vor, erhält diese Zuordnung Priorität. Nach dem Überflug ist eine Pkw-Vorbeifahrt (roter Pegelverlauf) zu erkennen, die solche Merkmale nicht aufweist. Nach den bewährten Methoden, die in der DIN 45645 [19] bzw. DIN 45680 [20] dargestellt sind, würde ein Flugereignis wie in Abb. 2.3 dargestellt, mit einem Tonzuschlag von bis zu 6 dB und einem Impulzzuschlag bzw. Zuschlag für Informationshaltigkeit nach TA-Lärm [21] von bis 6 dB versehen, d.h. das Geräusch dieses Überflugs könnte mit einem Gesamtzuschlag von bis zu 12 dB bei der Bildung des Beurteilungspegels nach DIN 45643 Teil 3 [1] in Verbindung mit DIN 45645 Teil 1 [19] versehen werden. Im Mittel über viele Flugereignisse, die nicht alle so auffällig sind, wie oben dargestellt, sind Zuschläge auf diesem Weg zwischen 4 und 8 dB realistisch und liegen damit in der Größenordnung, die sich aus Abb. 2.1 für Fluglärm gegenüber Schienen- und Straßenverkehr ergibt, d.h. mit dem bewährten Beurteilungsverfahren nach TA-Lärm [21] bzw. DIN 45645 Teil 1 [19] gelangt man zu einem Zuschlag für Fluglärm, der mit den in der holländischen Studie [14] dargestellten Unterschieden übereinstimmt. Dies korrespondiert auch mit den Ansätzen, die in der ISO 1996-1 [16] dargestellt sind.

2.3.2 Erhebliche Belästigung

Ähnliche Resultate kann man gewinnen, wenn man Außenschallpegel ausgehend von Straßen-, Schienen- und Fluglärm mit Innenraumpegeln vergleicht. 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. Auch dies ist ein deutlicher Hinweis auf die Richtigkeit der empirischen Befunde aus Befragungen.

Die in Abb. 2.2 dargestellten Kurven stellen die (kontinuierliche) Zunahme der Zahl der stark Belästigten mit zunehmendem Pegel dar, nicht jedoch Bewertungsschwellen, die die Begriffe „erheblich“ oder „unzumutbar“ im rechtlichen Sinne fixieren. Die „Verkehrslärmschutzverordnung“ 16. BImSchV [7] regelt, ab welchen Tag- und Nachtpegeln beim Neubau oder einer wesentlichen Änderung einer Straße Schallschutzmaßnahmen für die Anwohner erforderlich sind. Bei Wohngebieten ist dies durch die Grenzwerte

	59 dB(A)	tagsüber
und	49 dB(A)	nachts

beschrieben, die bei strenger Anwendung des in der 16. BImSchV [7] festgelegten Verfahrens einem L_{dn} -Wert von 58.1 dB(A) entsprechen. Angewandt auf die Abbildung 2.2 ergibt sich für Straßenverkehr ein Anteil von 9.6 %, der sich bei Erreichen der obigen Grenzwerte durch den Straßenverkehrspegel stark belästigt fühlt. Dieser Wert für den Prozentsatz stark Belästigter kann als der Schwellenwert angesehen werden, ab dem von **erheblicher Belästigung** auszugehen ist. Die 16. BImSchV [7] berücksichtigt das geringere Maß an Belästigung, das vom Eisenbahnverkehr ausgeht, durch den so genannten Schienenbonus von 5 dB, d.h. die gemessenen Pegel werden um 5 dB reduziert. Das bedeutet, dass der entsprechende L_{dn} , ab dem im rechtlichen Sinne eine **erhebliche Belästigung** vorliegt, 63.1 dB beträgt, entsprechend einem Prozentsatz stark Belästigter nach Abb. 2.2 von 8.8 %. Dieser Prozentsatz an starker Belästigung wird bei Fluglärm unter Zugrundelegung der in Abb. 2.2 mit Flugzeug (M) gekennzeichneten Kurve bei L_{dn} 52.6 dB(A) erreicht, d.h. ausgehend von den Grenzwerten der 16. BImSchV kann über die Abb. 2.2 die Schwelle abgeschätzt werden, ab der Fluglärm als **erheblich belästigend** anzunehmen ist, wenn die gleichen Maßstäbe wie beim Straßen- und Schienenverkehr angewendet werden. Diese Schwelle entspricht einem mittleren Tagespegel von

$$L_d = 53 \text{ dB(A)}$$

und einem mittleren Nachtpegel von

$$L_n = 43 \text{ dB(A)}.$$

Im Rahmen der Rundung auf ganze Zahlen erhält man, wenn man den Straßenverkehr zugrunde legt, das gleiche Resultat. Bei Verwendung der Belästigungsbeziehung nach der RDF-Studie [18] ergeben sich ca. 4 dB niedrigere Schwellen für den Flugverkehr. Das Ergebnis der Analyse kann auch entsprechend der 16. BImSchV mit einem **Fluglärmmalus von 6 dB** ausgedrückt werden (siehe OLG Koblenz Urteil Mai 98 [22]) und ordnet sich damit zwanglos in höchstrichterliche Rechtsprechung bzw. in die bestehenden Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften zum Verkehrslärm ein. Die Betrachtungsweise mit Bonus oder Malus je nach Geräuschart ist international üblich und hat Eingang in den Entwurf der ISO 1996-1 [16] gefunden. Dort wird für Fluglärm ein Malus von 3 bis 6 dB und ein Schienenbonus von –3 bis –6 dB eingeführt, so dass die Bonus-Malus-Betrachtung als Stand der Technik bei der Lärmbewertung angesehen werden kann. Dies ist auch dem Entwurf der Landeplatzrichtlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) [23] zu entnehmen. Entsprechende Werte werden von Ortscheid und Wende [24] aufgrund des gleichen Ansatzes abgeleitet.

Aufgrund obiger Überlegungen lässt sich für Kurgebiete und Krankenhäuser 56.1 dB(A) als L_{dn} nach der 16. BImSchV ableiten. Daraus ergibt sich für Fluglärm in Kurgebieten

$L_d = 51 \text{ B(A)}$ tagsüber
und $L_n = 41 \text{ dB(A)}$ nachts.

Die obigen Resultate lassen sich auch ableiten, wenn man die TALärm [21] heranzieht und annimmt, dass Gewerbelärm genauso belästigend ist wie Fluglärm. Die TALärm legt für allgemeine Wohngebiete die Immissionsrichtwerte von

55 dB(A) tagsüber
und 40 dB(A) nachts,

entsprechend einem L_{dn} von 53.5 dB(A) fest, ein Wert, der 0.9 dB über dem über das Diagramm abgeleiteten Wert liegt. Dies zeigt, dass aufgrund des Störcharakters von Fluglärm, der durch tieffrequente Geräusche bis 400 und 500 Hz ähnlich wie Gewerbelärm gekennzeichnet ist, dieser auch ähnlich zu bewerten ist. Der Gewerbelärm kennt neben dem Mittelungspegel noch den Spitzenpegel in der Zeitbewertung "schnell", der für allgemeine Wohngebiete tagsüber 85 dB(A) und nachts 60 dB(A) beträgt. Übertragen auf Fluglärm, der in der Zeitbewertung "langsam" gemessen wird, bedeutet dies, dass

82 dB(A) tagsüber
und 57 dB(A) nachts

(gemessen vor dem Gebäude bei geöffnetem Fenster) nicht überschritten werden sollen und bei Geräuschübertragung in Gebäude nachts (35 dB LAFmax umgerechnet in LASmax = LAFmax-3)

32 dB(A)

nicht überschritten werden sollte. Der Umrechnungsfaktor von der Zeitbewertung "schnell" auf "langsam" ist ein aus Messungen von Fluglärm gewonnener Erfahrungswert.

Die Bedeutung des Begriffes „erhebliche Belästigung“ ist so zu verstehen, dass durch den Verursacher Maßnahmen zu ergreifen sind, die diese Belästigung auf ein Maß reduzieren, das nicht mehr erheblich ist, d.h. entweder aktive Schallschutzmaßnahmen an den Lärmerzeugern ergreifen, oder passive Maßnahmen an den betroffenen Wohngebäuden finanzieren. Bei Straßen- und Schienenverkehr ist die Ausführung solcher Maßnahmen durch die 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung) [25] festgelegt.

2.3.3 Unzumutbarkeit

Die grundsätzlichen Schwierigkeiten, die bei der Festlegung eines Grenz- oder Schwellenwertes auftreten, ab dem Gesundheitsstörungen durch Lärm auftreten, sind von Frau Prof. Dr. Griefahn im Rahmen der öffentlichen Anhörung des Bundestages vom 12.11.1987 detailliert dargelegt worden (siehe Seite 80 der Drucksache 816):

„Wie bereits erwähnt, ist Lärmschwerhörigkeit die einzige monokausal durch Lärm verursachte Erkrankung. Weitere Erkrankungen oder gar Todesfälle durch Lärm sind bisher nicht nachgewiesen. Die primären Auswirkungen von Lärm und deren unmittelbare Folgen lassen jedoch vermuten, dass Lärm langfristig zur Entwicklung multifaktorieller Erkrankungen beiträgt und deren Manifestation beschleunigt“.

Unter den hier angesprochenen primären Auswirkungen sind kardiovaskuläre Reaktionen zu verstehen, die sich in der Änderung der Herzfrequenz, der peripheren Durchblutung und Volumenpuls manifestieren. Griefahn hat demonstriert, dass diese Änderungen durch Geräuschepisoden ausgelöst werden können, deren Dauerschallpegel zwischen 62 und 80 dB(A) liegt, wobei zwischen den Geräuschen, die jeweils 19 s dauerten, Pausen von 25 bis 50 Sekunden lagen (Barbara Griefahn, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 41 (1994) 31-36, Springer Verlag). Nach dem Versuchsdesign ist für die gesamte Versuchsanordnung ein energieäquivalenter Dauerschallpegel von 74 dB(A) anzunehmen.

In diesem Zusammenhang ist die Definition „Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte“ aus der MAK- und BAT-Werte Liste der Deutschen Forschungsgemeinschaft Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe zu nennen (siehe z.B. Ausgabe 2000 im Verlag Wiley VCH). Dort heißt es:

„Der BAT-Wert (**B**iologischer **A**rbeitsstoff **T**oleranz Wert) ist die beim Menschen höchstzulässige Quantität eines Arbeitsstoffes-, bzw. Arbeitsstoffmetabolika oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, die nach dem gegenwärtigen Stand wissenschaftlicher Kenntnis im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt, wenn sie durch Einflüsse des Arbeitsplatzes regelhaft erzielt wird..... (BAT-Werte) werden unter Berücksichtigung der Wirkungscharakteristika der Arbeitsstoffe und einer angemessenen Sicherheitsspanne.....aufgestellt.“

Zieht man die Griefahn'schen Ergebnisse unter Berücksichtigung der BAT-Definition heran, sind Abweichungen vom Mittelwert bei 74 dB(A) gemäß ihrer Versuchsanordnung zu berücksichtigen. So sind kardiovaskuläre Auswirkungen bei einem Mittelungspegel von 62 dB(A) oder unter Berücksichtigung der Pausen zwischen den applizierten Geräuschen bei 57 dB(A) noch zu erwarten. Geht man von Spaltlüftung mit einem resultierenden Schalldämmmaß der Fassade zwischen 10 und 15 dB aus, dann entsprechen 57 dB(A) einem Außenpegel zwischen 67 und 72 dB(A). Dabei ist die Frage, ob tatsächlich Schädigungen eintreten, nicht entscheidend, sondern die Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, die die Vermutung nahe legt, dass mit einer endlichen, nicht unbedingt näher quantifizierbaren Wahrscheinlichkeit gesundheitliche Beeinträchtigungen bei Außenpegeln um 70 dB(A) zu erwarten sind.

Genau dieser Wert findet sich in §1. Absatz (2) Satz 2 der 16. BImSchV [7] wieder. Dort werden zwei Grenzwerte eingeführt, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten in jedem Fall im Sinne der 16. BImSchV von einer wesentlichen Änderung auszugehen ist, da bei diesen Werten die Belastung schon so hoch ist, dass jede auch nur so geringfügige Änderung als wesentlich in Bezug auf die Wirkung anzusehen ist. Diese Regelung ist die praktische Umsetzung der Hypothese, dass bei Tag-Nacht-Pegeln von 70 dB(A) für Straßenverkehr Gesundheitsgefahren nicht mehr ausgeschlossen werden können.

Dieselben Werte finden sich in der Entschädigungsrichtlinie des Bundes [26], in der geregelt wird, ab welchen Pegeln durch den Projektträger Entschädigungen zu leisten sind. Diese Grenzwerte betragen:

$L_d = 70 \text{ dB(A)}$ tagsüber
und $L_n = 60 \text{ dB(A)}$ nachts,

entsprechend einem L_{dn} von 69.1 dB, ein Wert, der nur 3 dB unter dem Wert liegt, der sich unmittelbar aus der Untersuchung von Griefahn ableiten lässt. Inwieweit die von der DFG genannte Sicherheitsspanne 3 dB oder in Bezug auf den energetischen Mittelwert des Gesamtexperiments bis 20 dB beträgt, ist unserer Auffassung nach nicht entscheidend. Entscheidend ist vielmehr, dass ab L_{dn} -Werten von 69.1 dB(A) ausgehend vom Straßenverkehr die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von gesundheitsrelevanten Effekten anzunehmen ist, bzw. dass ein derzeit noch nicht quantifizierbarer Abstand besteht, ab dem Gesundheitsgefahren anzunehmen sind.

Die Höhe der Sicherheitsspanne kann für unterschiedliche Geräusche unterschiedlich sein und sollte den derzeitigen Stand der Kenntnisse zur Belästigung berücksichtigen, da es nahe liegend ist, dass die gesundheitsrelevanten Reaktionen zumindest im unteren Grenzbereich auch mit der Belästigung korrelieren.

Bei einem $L_{dn} = 69.1$ dB(A) für Straßenverkehr fühlen sich 26.7 % der Betroffenen stark belästigt, hingegen bei 74.1 dB(A) für Schienenverkehr (5 dB Bonus) 20.1 %.

Das bedeutet, dass sich 20.1 % der Betroffenen bei diesen Pegeln nach Abb. 2.2 stark belästigt fühlen, bei Straßenverkehr 26.7 %. Dies legt nahe, dass ab ca. 20 % stark Belästigter davon auszugehen ist, dass solche Schallimmissionen für die Betroffenen unzumutbar sind, da potentielle Gesundheitsgefahren nicht mehr ausgeschlossen werden können. Auf Fluglärm übertragen ergibt sich daher eine Schwelle für die **Unzumutbarkeit** von

$L_d = 61$ dB(A) tagsüber
und $L_n = 51$ dB(A) nachts.

In diesem Wert sind nicht unbedingt alle Gesundheitsgefahren berücksichtigt. Für die Nachtzeit erscheint eine weitere Differenzierung notwendig, die sich aus Aufweckreaktionen durch Einzelüberflüge ergibt.

Wird bei Überschreitung einer Schwelle der starken Belästigung, wie z.B. 25 bis 28 % nach Griefahn, Jansen, Spreng und Scheuch [27] angenommen, dann liegt der obige Wert in der Mitte von dem genannten Bereich. Da die Belästigung auf der Basis der Langzeitmittelung abgeleitet wurde, kann diese Schwelle mit dem 6-Monats-Mittelungspegel der 6 verkehrsreichsten Monate des Jahres verknüpft werden.

Betrachtet man die Belästigung als solche als Schutzziel, dann wird man die genannten Schwellenwerte eher als Schwellenwerte interpretieren, die an nicht mehr als 10 % aller Tage überschritten sind, d.h. die Überschreitung ist dann auf höchstens 18 Tage während der 6 lautesten Monate eingegrenzt.

Weitere Studien zum Thema nächtliche Schlafstörung sind in der Stellungnahme von Maschke [28] zum Lärmmedizinischen Gutachten im Planfeststellungsverfahren Flughafen Kassel-Calden genannt und den Ausführungen zum Spandauer Gesundheits-Survey [29]. Dort wird für den nächtlichen Dauerschallpegel außen eine Schwelle von 50 dB(A) zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken genannt. Bei einer mittleren Schallpegeldifferenz zwischen innen und außen von etwa 13 dB (Spaltlüftung) entspricht dies 37 dB(A) am Ohr des

Schläfers. Die in diesen Untersuchungen ermittelte Schwelle von 50 dB(A) außen entspricht somit der in 2.3.3 abgeleiteten Schwelle für Gesundheitsbeeinträchtigungen nachts. Weitere Schwellen bezüglich starker Belästigung und Gesundheitsgefahren von Bartels und Ising mit 45/50 dB(A) (L_{eq3} , außen) finden sich in der Zusammenfassung zum Workshop „Nachtflugproblematik“ in Neufahrn [30]. Diese beiden Schwellen entsprechen somit der oben abgeleiteten Schwelle nachts von 51 dB(A) außen hinsichtlich Gesundheitsgefahren.

2.3.4 Irrelevanzschwelle

Wie schon in der Einleitung umrissen, ist diese Schwelle mit dem Wert gleich zu setzen, bei dem Fluglärm in der Planung nicht mehr zu berücksichtigen ist, weil die von ihm ausgehende Belästigung de facto auf Null abgesunken ist. Geht man vom Diagramm der Abb. 2.2 aus, dann liegt dieser Wert bei 42 dB(A) für den L_{dn} . Setzt man die Schwelle auf 1 % stark Belästigter, liegt die Irrelevanzschwelle bei $L_{dn} = 44$ dB(A) bzw. $L_n = 34$ dB(A), d.h. ca. 9 dB unter der Schwelle der erheblichen Belästigung. Bei diesen Pegeln gibt es auch praktisch keine Differenzierung nach den Geräuschquellen. Lehnt man sich an die TALärm an, würde die Schwelle mit -6 dB von der Schwelle der erheblichen Belästigung bei 47 dB(A) für den L_{dn} und bei 37 dB(A) für den L_n liegen.

2.3.5 Zusammenfassung Bewertung von Fluglärmbelastung

Zusammenfassend ergeben sich aus den obigen Ausführungen zwei Belastungsbereiche für den Fluglärm:

- Bei Fluglärmbelastungen (außen) von tags 53 dB(A) und nachts 43 dB(A) wird die Grenze der erheblichen Belästigung erreicht.
- Bei Fluglärmbelastungen (außen) von tags 61 dB(A) und nachts 51 dB(A) wird die Schwelle der Unzumutbarkeit erreicht. Oberhalb dieser Schwellen sind Gesundheitsbeeinträchtigungen nicht mehr auszuschließen.

Bei den Schwellenwerten ist noch nicht berücksichtigt, dass die subjektiv empfundene Störwirkung des Fluglärms auch vom Hintergrundpegel abhängig ist.

2.4 Belästigung durch Einzelereignisse

Die Frage, wann Lärm nachts als erheblich belästigend anzusehen ist, ist eng mit der Häufigkeit und Höhe der Schallereignisse verknüpft, wobei häufig die Spitzenpegel und deren Häufigkeit als Kenngröße herangezogen werden.

Die wissenschaftliche Diskussion in Deutschland ist mit den Namen Griefahn, Jansen, Maschke, Kastka, Ising etc. verbunden, deren Ziel es war, ein Kriterium zu finden, mit dem die Frage nach der noch akzeptablen Häufigkeit des Aufweckens beantwortet werden kann. Das in einer Reihe von richterlichen Entscheidungen dafür herangezogene und von Griefahn entwickelte Kriterium [31] lautet:

$$(2.4.1) \quad L > (-0.09 + 0.129n - 0.0018n^2)^{-1} + 53.16 \text{ dB(A)}$$

mit L = Maximalpegel ($L_{A_{\max}}$) und n = Anzahl der Ereignisse pro Nacht. Ist die obige Grenzbedingung erfüllt, ist mit einer Aufweckreaktion bei mehr als 10 % der Betroffenen zu rechnen. Griefahn hat dieses Kriterium [31] durch Zusammenfassung mehrerer Studien gewonnen.

Im Zusammenhang mit dem Mediationsverfahren [32] ist von Kastka das **so genannte NAT-Kriterium** entwickelt worden, mit dem die Belästigung mit der Häufigkeit von Fluglärmereignissen verknüpft wird, die einen Schwellenwert überschreiten (NAT = **number of events above threshold**). Kastka geht nach dem Mediationsbericht davon aus, dass tagsüber **60 Ereignisse** und nachts **8 Ereignisse** mit mehr als **70 dB(A)** (NAT 70) noch zumutbar sind, wobei die Zeitbewertung „langsam“ zur Anwendung kommt. Bei bekannter Varianz der Spitzenpegel lässt sich das NAT-Kriterium weitgehend auf das L_{dn} -Schema zurückführen, d.h. die beiden Schwellen – Maximalpegelkriterium und Schwellenwert Pegel – können ineinander umgerechnet werden. So kann bei 60 bzw. 8 Ereignissen über 70 dB, die im Mittel bei 75 dB(A) liegen sollen, davon ausgegangen werden, dass der L_{dn} bei 59.6 dB(A) liegt, wobei angenommen ist, dass die doppelte Anzahl von Überflügen jeweils bei 65 dB(A) liegt und die t_{10} -Zeit bei 30 s. Der nach Kastka noch nicht als erheblich belästigend anzusehende Pegel liegt damit 6.6 dB über dem Wert, der aus der 16. BImSchV abzulesen ist, und 1.4 dB unter der Unzumutbarkeitsschwelle. Dies legt nahe, dass der von Kastka angedachte NAT 70 eher die Unzumutbarkeitsschwelle beschreiben soll. Das so genannte Jansen-Kriterium geht davon aus, dass nachts 6 Ereignisse über 75 dB noch zumutbar sind. Mit den obigen Ansätzen ergibt sich ein Mittelungspegel nachts von 54.9 dB(A)!

International wird die Frage der Zumutbarkeit von Lärm - wie schon im Abschnitt 2.2 dargestellt - nicht über Maximalpegel abgeleitet. In der schon genannten Studie des Holländischen Gesundheitsrates [14] wird dazu ein Innenraumkriterium für die Häufigkeit P_w in % von Aufweckreaktionen angegeben:

$$(2.4.2) \quad P_w \% = \sum_{i=1}^n 0.18 \cdot (L_{AXi} - 55) ,$$

wobei der L_{AXi} der Einzelereignispegel des Überflugs i nach DIN 45643-1 [1] am Ohr des Schlafers und n die Anzahl der Ereignisse ist.

Für den Raum Mintard sind Zeiten, in denen noch relevante Beiträge zur Integration vorliegen (t_{10} -Zeit) typischerweise bei 30 s. Legt man dies zugrunde, ergibt sich nach Gl. (2.2.2)

$$L_{AX} = L_{ASmax} + 12 \quad \text{dB.}$$

Geht man von einem geöffneten Fenster aus, dann beträgt die Pegeldifferenz zum Außenpegel 8 bis 10 dB, bei gekipptem Fenster 10 bis 15 dB, wobei diese Relation nach unserer Kenntnis nicht systematisch geprüft ist.

Bei 6 Ereignissen mit einem Maximalpegel von 55 dB(A) innen wird die Grenzkurve nach Griefahn [31] Gl. (2.4.1) erreicht, die Aufweckwahrscheinlichkeit liegt bei 10 %, wie von Griefahn angegeben und wie sich aus Gl. (2.4.2) ergibt. Die Gl. (2.4.2) stellt eine Verallgemeinerung der Griefahn'schen Resultate dar.

Setzt man die Schwelle der **erheblichen Belästigung** nach Griefahn mit einer Aufweckwahrscheinlichkeit von 10 % gleich, unterstellt man 6 Ereignisse am Ohr des Schlafers mit einem Ereignispegel L_{AX} von 65 dB(A) entsprechend einem L_{AX} von 80 dB(A) außen bei gekipptem Fenster, ergibt sich ein Mittelungspegel L_n für die Nacht außen von

$$43.2 \text{ dB(A)},$$

d.h. dass das Griefahn'sche Kriterium mit den aus Belästigungsbefragungen abgeleiteten Schwellenwerten korrespondiert!

Interessant im Zusammenhang mit der Ableitung von Schwellenwerten ist eine weitere Überlegung. Angenommen der Nachtmittelungspegel außen wird durch einen lauten Überflug mit einem Einzelereignispegel L_{AX} von

$$87.8 \text{ dB(A)}$$

erzeugt, entsprechend 6 Flugereignissen mit 80 dB(A). Der Prozentsatz der durch diesen einen lauten Überflug Geweckten beträgt lediglich 3.2 % gegenüber 10 % bei 6 Überflügen und 80 dB(A). Bei 10 Überflügen mit einem L_{AX} von 77.8 dB(A) ergeben sich jedoch 14 % Geweckte und bei 20 bis 25 Überflügen ca. 17 %. In allen Fällen ist der Mittelungspegel über die Nacht 43 dB(A). Daraus leitet sich ab, dass auch bei sinkendem Mittelungspegel bei gleichzeitiger Erhöhung der Überflugzahl die Belästigung bzw. die Aufweckreaktionen zunehmen können. So kann bei einer Reduzierung des Mittelungspegels von 53 auf 50 dB(A) bei gleichzeitiger Erhöhung von 5 auf 10 Überflüge der Prozentsatz der Aufweckreaktion von 18 auf 26.3 % steigen. Das bedeutet, dass die Störung des Nachtschlafes nicht dem Energieäquivalenzprinzip folgt, sondern stark mit der Anzahl verknüpft ist. Nach der Studie des holländischen Gesundheitsrates [14] kann die aus der Störung des Schlafes resultierende Belästigung wie folgt berechnet werden:

$$\% HS = 0.48 (L_n - 32.6),$$

wobei in der Studie die Nacht von 23 bis 7 Uhr definiert ist. Danach ist bei Fluglärmpegeln L_n von 53 dB(A) mit 9.8 % stark Belästigter durch Störung des Nachtschlafes zu rechnen, bei 43 dB(A) Nachtpegel beträgt der Anteil noch 5 % entsprechend 3 Überflügen. Daraus leitet sich analog ab, dass zwischen der Schwelle der erheblichen Belästigung und der Unzumutbarkeitsschwelle ein Faktor 2 im Anstieg der starken Belästigung liegt.

In diesem Zusammenhang erscheint es auch sinnvoll, auf die Veröffentlichung 2002 von Griefahn, Jansen, Scheuch und Spreng [27] einzugehen. Diese Autoren führen drei Schwellenwerte ein:

	Kritischer Toleranzwert	(KTW)
	präventiver Richtwert	(PRW)
und	Schwellenwert	(SW).

Der PRW-Wert entspricht in seiner Definition der hier eingeführten Schwelle der Unzumutbarkeit, bei Überschreitung des KTW-Wertes ist nach den wissenschaftlichen Erkenntnissen Gesundheitsgefährdung nicht mehr auszuschließen. Der SW-Wert entspricht hier der Schwelle der erheblichen Belästigung. Weiter werden für die Kommunikationsstörung ebenfalls drei Schwellenwerte (KTW, PRW, SW) eingeführt. Die hier angenommenen Schwellen von 57 dB außen und 42 dB innen entsprechen dem Mittel aus PRW und SW nach [27].

Für Schulen und Kindergärten werden Innenpegel von 36 und 40 dB(A) gefordert.

Zur Verminderung von Schlafstörungen wird vorgeschlagen:

KT	:	weniger als 6 Ereignisse > 60 dB(A)	$L_n < 40 \text{ dB(A)}$
PW	:	weniger als 13 Ereignisse > 53 dB(A)	$L_n < 35 \text{ dB(A)}$
SW	:	weniger als 23 Ereignisse > 40 dB(A)	$L_n < 30 \text{ dB(A)}$.

Für zwei Grenzfälle lässt sich dieser Ansatz auf Aufweckhäufigkeiten umrechnen. Im ersten Fall wird angenommen, dass gerade 6, 13 bzw. 23 Ereignisse auftreten, die alle etwa gleich sind, im zweiten Fall wird angenommen, dass alle Überflüge gerade unter der Schwelle liegen. Damit ergibt sich:

	Aufweckhäufigkeiten in %	
	Fall 1	Fall 2
KT	13.8	73.9
PW	31.4	53.8
SW	5.9	0

Die Gegenüberstellung macht deutlich, dass der KT für Schlafstörungen je nach Situation einer Aufweckhäufigkeit von 14 % oder 74 % entspricht. Für den präventiven Wert PW ist die Störung des Schlafes nicht anders als für den KT-Wert, erst der SW-Wert erscheint akzeptabel. Der Ansatz von Griefahn, Scheuch, Jansen und Spreng [27] steht daher im Widerspruch zur Studie des Holländischen Gesundheitsrates. Die Autoren gehen auf dieses Problem nicht ein. Des Weiteren sei hier auf die Veröffentlichung [33] hingewiesen.

Entsprechende Ergebnisse lassen sich aus der Feldstudie Basner et al. [34] ableiten, deren Ansätze näherungsweise denen des holländischen Gesundheitsrates [14] entsprechen, wenn man diese gemäß der unterschiedlichen Definition des Aufwachens mit 2 multipliziert. Dabei basiert die DLR-Studie auf der Untersuchung schlafgesunder Probanden im Alter zwischen 18 und 65 Jahren. Dies entspricht etwa 30 % der Bevölkerung. Aus anderen epidemiologischen Untersuchungen [35] ist jedoch bekannt, dass kranke Personen eine um mindestens 11 dB gegenüber gesunden Personen hiervon abweichende lärmbedingte Reaktion aufweisen, d.h. der Grenzwert der Belastbarkeit ist nach dieser Studie [35] 11 dB niedriger anzusetzen.

Unabhängig von der jeweiligen Definition macht eine Limitierung der Störung des Nachtschlafes nur Sinn, wenn man diese für die 10% Nacht während der 6 verkehrsreichsten Monate des Jahres festsetzt. Folgt man dem Jansen-Kriterium von $6 \times 75 \text{ dB(A)}$ außen, dann entspricht dieses Kriterium nach der DLR-Studie [34] **36 %**, d.h. im Feld wacht jeder Dritte

ca. einmal zusätzlich pro Nacht auf (KTW). Die erhebliche Belästigung kann bei 18 % (PRW) und die Irrelevanzschwelle bei 4 bis 9 % angesetzt werden.

2.5 Belästigung durch Einzelereignisse tagsüber

Die Belästigung tagsüber ist insbesondere bei Fluglärm durch die Überflugpegel bzw. die Maximalpegel L_{ASmax} bestimmt, die bei Unterhaltungen, Besprechungen und Unterricht im Freien oder in Räumen dazu führen, dass Sprachverständlichkeit nicht mehr gegeben ist. Die Bewertung der Sprachverständlichkeit in Arbeitsstätten unter Einbeziehung von Störgeräuschen ist in der DIN 33410 [36] geregelt und kann hier unmittelbar angewendet werden. Sprachverständlichkeit ist dabei noch anzunehmen, wenn

$$L_{ASmax} \leq 60 - 20 \log r/r_0 \quad \text{dB}$$

ist, mit $r_0 = 1$ m. Nimmt man als Ausgangsbasis einen Konferenz- oder Schulungsraum an mit einem Abstand von 8 m zwischen Sprecher und Zuhörer, sollte $L_{ASmax} \leq 42$ dB(A) im Raum nicht überschreiten. Bei geöffnetem Fenster entspricht dies einem Außenpegel von 57 dB(A).

Folgt man dem Vorschlag von Kastka bezüglich des NAT 70, dann kann bei 60 Ereignissen, deren t_{10} ca. 35 s dauern und der Pegel im Mittel bei 75 dB(A) liegt, angenommen werden, dass täglich der Außenpegel 4.200 s oberhalb von 57 dB(A) liegt, d.h. für mehr als eine Stunde! Bei gehobener Stimme (+10 dB) ergibt sich immer noch eine Zeit von 25 Minuten täglich.

2.6 Wertverfall von Immobilien

Die Frage des Wertverfalls von Immobilien durch Fluglärm ist bisher in Deutschland nicht umfangreich untersucht worden. Nach unserer Kenntnis liegt lediglich eine Studie des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 1988 vor [37], die zu vergleichbaren Schlussfolgerungen kommt, wie das schon mehrfach zitierte Buch von Kryter [12]. Kryter trifft aufgrund britischer, kanadischer und amerikanischer Studien die Feststellung, dass der Wertverfall signifikant von der Qualität der Gebäude und damit von deren Preis abhängt. Diese Aussage leitet sich nach Kryter [12] insbesondere aus britischen Studien ab. Dabei wird angenommen, dass bei Gebäuden mit hohem Preis der Wertverfall bei 1 % pro dB und bei mittleren und niedrigen Preisen bei 0.75 % pro dB liegt. Eine Studie der Federal Aviation Administration (FAA) ergab nach Kryter einen Wertverfall von 0.5 % pro dB.

Kryter führt weiter aus, dass es auch einen gegenteiligen Effekt gibt, der mit der Nähe zum Flughafen zusammenhängt. Dies betrifft die Nachfrage bei Personen, die aus beruflichen Gründen die Nähe zum Flughafen suchen. In diesem Fall wird der Lärmschaden teilweise kompensiert.

Folgt man Kryter [12], dann beginnt der Wertverfall für den Bereich von Immobilien der gehobenen Preisklasse bei einem $L_{dn} > 55$ dB(A) und der für mittlere und niedrige Preise bei $L_{dn} > 60$ dB(A), wenn man die Befunde für Städte unterstellt, deren Klima den nördlichen geographischen Breiten zuzuordnen ist, wie z.B. Deutschland.

Neuere Untersuchungen zum Thema Immobilien und Fluglärm wurden von der Technischen Universität Chemnitz [38] für das Rhein-Main-Gebiet durchgeführt. Dort wird ein NSDI „Noise Sensitivity Depreciation Index“ zwischen 0.3 % und 0.83 % je dB(A) angegeben. Eine Schwelle, ab der eine Wertminderung einsetzt, wird nicht angegeben. Jedoch kann den Ausführungen entnommen werden, dass sich die Wertminderung aus der Pegeldifferenz ergibt. Bei einer Erhöhung des Fluglärmpegels um z.B. 10 dB(A) und einem NSDI von 0.3 % ergibt sich eine Wertminderung von 3 %.

Entscheidend ist für die vorliegende Untersuchung nicht die tatsächliche Höhe der Wertminderung, wie sie in einer konkreten Situation eintreten kann, sondern vielmehr die Tatsache, dass alle Publikationen von einer Wertminderung ausgehen. Aus dieser Sicht wird daher im vorliegenden Fall auf die konservativste Abschätzung zurückgegriffen, da lediglich die Wirkung des möglichen Wertverfalls in Bezug auf die Gesamtbelastung der Betroffenen bewertet werden soll und nicht tatsächlich eintretender Vermögensverlust.

2.7 Beurteilungspegel

Der folgende Abschnitt gibt eine kurze Zusammenfassung der verschiedenen Fluglärmpegel:

2.7.1 Definitionen Beurteilungspegel

Unter Beurteilungspegel versteht man in der Akustik einen Pegel, der sich aus dem Mittelungspegel zuzüglich Zu- und Abschlügen, die den Störcharakter des Geräusches beschreiben sollen, zusammensetzt, und zu dessen Vergleich Schwellenwerte herangezogen werden. Die Verfahren zur Bildung des Mittelungspegels und der Zu- und Abschlügen sind in verschiedenen Normen und Regelwerken für die jeweilige Geräuschart niedergelegt und werden zur Klarheit hier zusammenfassend dargestellt. In den entsprechenden EU-Gremien

wird zurzeit als Beurteilungsgrundlage der L_{dn} (Tag-Nacht-Pegel), sowie der L_{den} (Tag-Abend-Nacht-Pegel) diskutiert (siehe 2.7.6).

2.7.2 Fluglärmgesetz

Der Beurteilungspegel nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [2] basiert auf dem L_{eq(3)}, der wie folgt über die Bezugszeit T gebildet wird:

$$(2.7.2.1) \quad L_{Aeq} = 10 \cdot \lg \left[\frac{g_N}{T} \cdot \sum \cdot t_{10_i} \cdot 10^{L_{AS \max i} / 10} \right],$$

wobei der L_{ASmax} der maximale gemessene Schalldruckpegel mit der Frequenzbewertung A des Überflugs i ist. Das Zeitintervall T erstreckt sich über die 6 **verkehrsreichsten** Monate des Jahres. g_N ist ein Faktor für Tag- und Nachtflüge. Für den Tag beträgt g_N = 0.75 und für die Nacht g_N = 1.5 Die Beurteilungszeit T entspricht den 180 verkehrsreichsten Tagen. Die Summe über alle Flugbewegungen der einzelnen Betriebsrichtungen Tag und Nacht wird dabei mit einem Zuschlag (3-Sigma) versehen, um die variierte Nutzung der Betriebsrichtungen zu berücksichtigen.

2.7.3 Maßgeblicher Fluglärmbeurteilungspegel nach DIN 45643 Teil 1 L_{rFL,M1}

Der maßgebende Fluglärm-Beurteilungspegel nach DIN 45643-1 [1] L_{rFL,M1} wird auf Basis des L_{eq(3)} ermittelt. Das zugrunde gelegte Zeitintervall T erstreckt sich über die 6 verkehrsreichsten Monate des Jahres. Es werden alle Tage - auch solche an denen nicht geflogen wird - bei der Berechnung des Fluglärmpegels berücksichtigt unter der Voraussetzung, dass der Flugbetrieb in die 6 verkehrsreichsten Monate fällt.

Der L_{eq(3)} ergibt sich wie folgt:

$$(2.7.3.1) \quad L_{eq(3)} = 10 \cdot \log \left[\sum_i \frac{0.5 \cdot t_{10}}{T} 10^{L_{AX,i} / 10} \right],$$

wobei T sich über die 6 verkehrsreichsten Monate des Jahres erstreckt und Tag und Nacht getrennt betrachtet werden. Weiter beinhaltet dieser Beurteilungspegel, dass Ton- und Impulsschläge berücksichtigt werden. Der Tagesbeurteilungspegel ergibt sich aus:

$$(2.7.3.2) \quad L_{rFLM1,t} = 10 \log \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} 10^{L_{eq(3)i} + KI + KT},$$

der Nachtbeurteilungspegel aus

$$(2.7.3.3) \quad L_{rFlM1, n} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 10^{Leq(3)i + KI + KT}.$$

2.7.4 Maßgeblicher Fluglärmbeurteilungspegel nach DIN 45643 Teil 3 $L_{rFl, M2}$

Nach DIN 45643 Teil 3 [1] kann auch eine Beurteilung auf der Basis der DIN 45645 Teil 1 "Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen" [19], die auf Tage und Nächte abstellt, in denen geflogen wird, vorgenommen werden. Das bedeutet, dass dieser Beurteilungspegel die Tage bzw. Nächte kennzeichnet, in denen geflogen wird. Der Beurteilungspegel berücksichtigt weiter eine erhöhte Empfindlichkeit der Bevölkerung tagsüber in der Zeit von 6 bis 7 Uhr und 19 bis 22 Uhr mit einem Ruhezeitzuschlag von 6 dB. Die Bewertung der Störung während der Nachtzeit erfolgt auf der Basis der lautesten Nachtstunde. Ansonsten entspricht das Berechnungsverfahren dem des $L_{rFl, M1}$. Der aus diesem Ansatz resultierende maßgebliche Beurteilungspegel wird im Folgenden als

$$L_{rFl, M2}$$

bezeichnet.

Die maßgeblichen Beurteilungspegel werden nach DIN 45643 [1] in beiden Fällen ($L_{rFl, M1}$ und $L_{rFl, M2}$) für die Tageszeit und die Nachtzeit getrennt auf der Basis des $Leq(3)$ berechnet. Dies entspricht dem in der TALärm [21] für Gewerbelärm definierten Verfahren.

2.7.5 L_{dn} -, L_n -Pegel

Als weitere Größe zur Beschreibung des Fluglärms wird der L_{dn} verwendet. Der L_{dn} ergibt sich aus dem $Leq(3)$ wie folgt:

$$(2.7.5.1) \quad L_{dn} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{0.1 \cdot Leq, Tag(3)} + 8 \cdot 10^{0.1 (Leq, Nacht(3) + 10)} \right) \right].$$

Der L_{dn} ist ein über 24 Stunden gemittelter Pegel, bei dem die Pegel (L_{eq}) der Nachtstunden mit einem Zuschlag von 10 dB versehen werden. Der Nachtpegel wird wie folgt bestimmt:

$$(2.7.5.2) \quad L_n = Leq, Nacht(3).$$

2.7.6 Lden-Pegel

Seitens der Europäischen Union liegt die Richtlinie des Europäischen Parlaments auf Vorschlag der Kommission zur Berechnung von Lärmkarten vor [END, European Noise Directive „Assessment and Management of Environmental Noise, 2002; VBUF]. In dieser Richtlinie wird ein Tag- und Nachtpegel eingeführt, in dem der Pegel L_e über 4 h am Abend mit einem Zuschlag von 5 dB ergänzend berücksichtigt wird:

$$(2.7.6.1) \quad L_{den} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \cdot (12 \cdot 10^{0.1 \cdot L_d} + 4 \cdot 10^{0.1(L_e+5)} + 8 \cdot 10 \cdot 10^{0.1 L_n}) \right]$$

2.7.7 VDI 3723 Bl. 1

Diese VDI-Richtlinie [39] wurde entwickelt, um die Schallimmissionen an einem Immissionsort unabhängig von der Quellenart zu beschreiben. Die Beschreibung basiert auf dem energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} oder Mittelungspegel M der jeweiligen Stunde, dem Hintergrundpegel und dem Spitzenpegel. Der Hintergrundpegel wird für höchstens 3 Minuten einer Stunde unterschritten, der Spitzenpegel für höchstens 36 s. So ist beispielsweise bei einem Hintergrundpegel von 20 dB ein vorbeifahrendes Auto mit einem Maximalpegel von 45 dB deutlich wahrnehmbar, während das gleiche Fahrzeug gerade noch wahrgenommen werden kann, wenn der Hintergrundpegel 45 dB beträgt, d.h. die VDI 3723 [39] beschreibt die Schallimmissionsbelastung quellenunspezifisch, um so beispielsweise den unbestimmten Rechtsbegriff der Ortsüblichkeit im akustischen Sinne zu interpretieren.

2.7.8 Erfassung des Bezugszeitraumes der 6 verkehrsreichsten Monate

Bei der Bestimmung der maßgeblichen Beurteilungspegel wurde innerhalb der 6 verkehrsreichsten Monate gemessen.

2.7.9 100/100-Regelung

Die 100/100-Regelung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) besagt, dass die Bewertung von Fluglärm nicht auf der Basis des in Abschnitt 2.7.8 beschriebenen 6-monatigen Bezugszeitraum erfolgt, sondern nach den Betriebsrichtungen, die im Falle Düsseldorf durch die Ost- und Westbetriebsrichtung gekennzeichnet sind. Die Berechnung oder Messung erfolgt zuerst für die jeweiligen Betriebsrichtungen getrennt. Zur Beurteilung des Fluglärms wird der jeweils höhere Beurteilungspegel der beiden Betriebsrichtungen herangezogen.

Mit dieser Regelung soll dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die Reaktion der Bevölkerung sich jeweils auf die Betriebsrichtung bezieht, bei der die höheren Belastungen auftreten. Das bedeutet, dass die Bewertung der Belastung nicht auf die durchschnittliche Situation, sondern auf die für die Betroffenen ungünstigsten Tage abstellt. Innerhalb der einzelnen Betriebsrichtungen können jedoch Schwankungen von Tag zu Tag auftreten, die deutlich größer sind als die für den Wechsel der Betriebsrichtungen. Dies ist an solchen Orten der Fall, die sowohl durch landende als auch startende Flugzeuge belastet sind.

Das Konzept der Bewertung auf die Tage auszurichten, die die höheren Belastungen durch Fluglärm beschreiben, lässt sich dadurch erreichen, dass der Bewertung der Tagesbeurteilungspegel zugrunde gelegt wird, der höchstens für 10 % aller Tage überschritten ist. Rechnerisch ist dieses Konzept ebenfalls nachbildbar, jedoch ist der Rechengang nicht so einfach wie bei der 100/100-Regelung, da diese für Bereiche, die durch die häufigste Betriebsrichtung belastet sind, den 10%-Wert unterschätzt.

3 Immissionsmessungen

3.1 Messpunkt und Zeitpunkt der Messungen

Gemessen wurde an einem Messpunkt, der in Abstimmung mit der Stadtverwaltung Mülheim ausgewählt wurde. Die Lage des Messpunktes ist in Abb. 3.1 eingezeichnet. Die Messzeit kann der Tabelle 3-1 entnommen werden.

MP	Standort	Messzeit
MP1	Mülheim, Am Stoot 21	04.07.2008 – 19.08.2008

Tabelle 3-1: Messpunkt und Messperiode

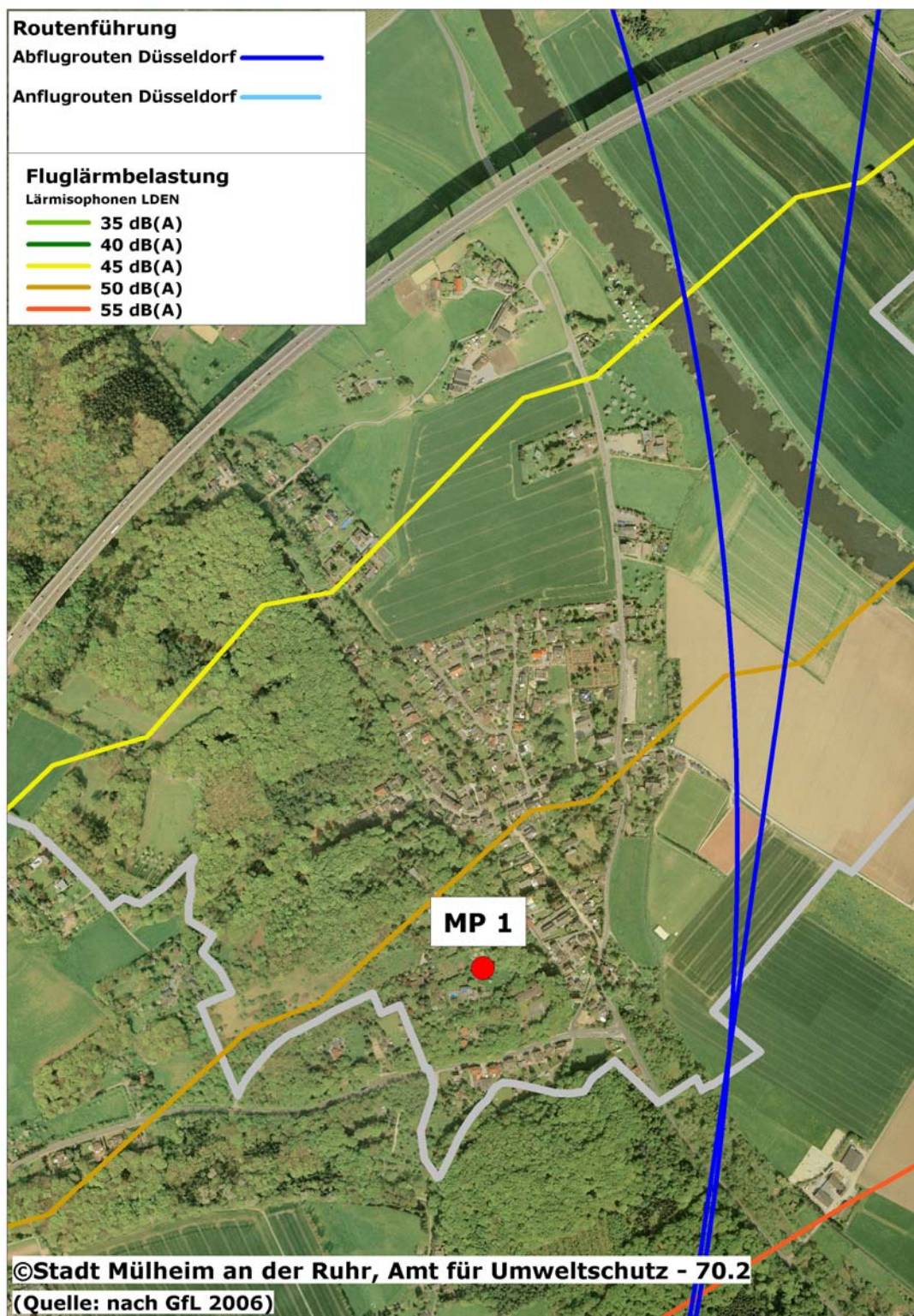


Abb. 3.1: Lageplan Messpunkt MP1, Mülheim, Am Stoot 21

Die Position des Messpunkts wurde mittels GPS bestimmt. Die Gauß-Krüger-Koordinaten lauten ($\pm 5\text{m}$)

MP1

²⁵ 62819, ⁵⁶ 93128.

3.2 Messgeräte

Die Messungen wurden mit einer mobilen Schallmessstation deBAKOM 2000 M durchgeführt. Der technische Aufbau der geeichten Messstation ist im Anhang A beschrieben. Die Datenerfassung wurde bezüglich ihrer Justierung mit einem geeichten Schallmess-Kalibrator, Typ Hentschel SK 148, geprüft. Sie entspricht DIN-IEC 651; die angezeigten Pegel werden am Immissionsort vor und nach der Messung und bei der Wartung mit einem geeichten Schallpegelmessgerät ergänzend kontrolliert. Die detaillierte Beschreibung der Messstation und des Auswertesystems ist ebenfalls dem Anhang A zu entnehmen.

3.3 Messgrößen

Bei den Dauermessungen wurden in der Frequenzbewertung "A" und der Zeitbewertung "FAST" nach VDI 3723 Bl. 1 [39] die folgenden Messgrößen kontinuierlich erfasst und über den Tag und die Nacht stündlich gespeichert:

- | | | | |
|---|----------|---|------------------------------------|
| - | L_{eq} | : | Mittelungspegel nach DIN 45641 [5] |
| - | L_{95} | : | Hintergrundpegel |
| - | L_1 | : | Spitzenpegel |

und ergänzend dazu

- $L_{99}, L_{95}, L_{90}, L_{70}, L_{50}, L_{30}, L_{20}, L_{10}, L_5, L_{01}, L_{0.1}$
- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung
- Temperatur
- relative Feuchte
- Regen als Ja/Nein-Abfrage in Prozent der Stunde.

Zusätzlich wurden in Echtzeit die Spektren bis 4 kHz aufgezeichnet und stündlich als Perzentilspektren kontinuierlich tags und nachts gespeichert. Außerdem wurde von der Messstation der Pegelverlauf der A-Schallpegel mit 10 Hz aufgezeichnet.

Zur Auswertung des Fluglärms nach **DIN 45643** wurden Pegelschriebe (Pegel-Zeitverlauf) in „SLOW“ aufgezeichnet.

3.4 Ergebnisse der Immissionsmessung undifferenziert nach den verschiedenen Geräuscharten

In diesem Abschnitt werden die erfassten Schallpegel dargestellt.

3.4.1 Definitionen

Unter Hintergrundpegel „H“ versteht man den Pegel, der während einer Stunde praktisch nicht unterschritten wird. Er wird durch den L_{95} charakterisiert, d.h. der Pegel, der 95 % der Stunde - also für 57 Minuten - überschritten ist. Der Mittelungspegel „M“ ist der schon eingeführte energieäquivalente Dauerschallpegel über eine Stunde. Der mit „S“ bezeichnete Pegel, der durch den 1%-Pegel L_{01} definiert ist, entspricht dem Spitzenpegel, d.h. es ist der Pegel der für 36 s einer Stunde überschritten ist. $L_{\max}$ ist der höchste in der Zeitbewertung „schnell“ gemessene Pegel einer Stunde.

3.4.2 Allgemeine statistische Auswertung nach VDI 3723 Bl. 1, Ortsüblichkeit

Die Ergebnisse der Messungen (Fluglärm, Straße usw.) sind im Anhang C für den Messpunkt aufgelistet. Der Anhang enthält eine Tabelle mit dem Tagesgang der Pegel, eine Tabelle mit den Kenngrößen H_m (Grundgeräusch-Mittelungspegel), M_m (Mittelungspegel) und S_m (Spitzengeräusch-Mittelungspegel), sowie eine Tabelle mit den Überschreitungspegeln für H, M und S (VDI 3723 Bl. 1 [39]). Der H_{90} z.B. gibt den Hintergrundpegel an, der in 90 % der Zeit überschritten ist. Die anderen Kenngrößen sind entsprechend definiert.

Die Abb. 3.2 zeigt den mittleren Tagesgang der Pegel, die Summenhäufigkeit der Pegel L_{95} (Hintergrund), $L_{eq}(3)$ und L_{01} (Spitzenpegel).

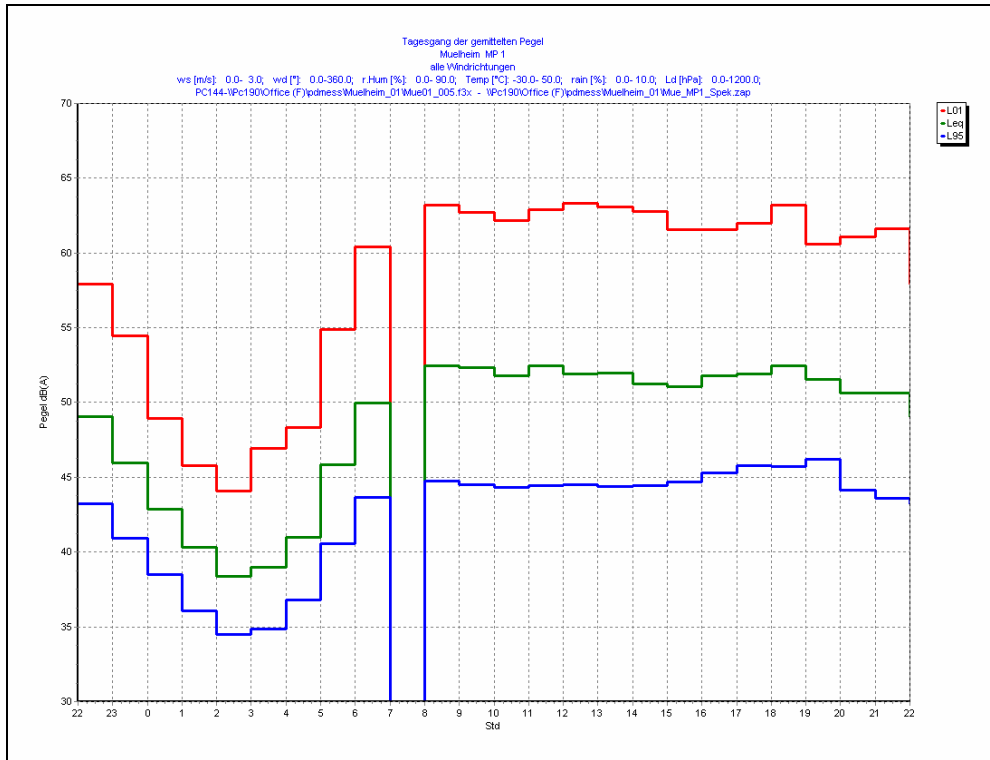


Abb. 3.2: Tagesgang der Pegel (L_{01} , L_{eq} , L_{95}) über die Messzeit, MP1, Am Stoot 21

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Kenngrößen nach VDI 3723 Bl. 1:

Messort	H_m		M_m		S_m	
	dB(A)		dB(A)		dB(A)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
MP1 Mülheim, Am Stoot 21	44.7	39.2	51.7	44.3	62.3	52.6

Tabelle 3-2: Hintergrund-, Mittelungs- und Spitzenpegel MP1 (alle Geräusche)

In der Abbildung 3.2 ist der für Straßenverkehr typische Anstieg des Pegels um ca. 5 Uhr in allen drei Kurven zu erkennen. Die Stunde zwischen 7:00 und 8:00 Uhr wurde aufgrund von Glockenläuten ausgeblendet. Die nachfolgende Abbildung 3.3 zeigt den Verlauf der Pegel L_{eq} , L_{95} und L_{01} für die gesamte Messzeit.

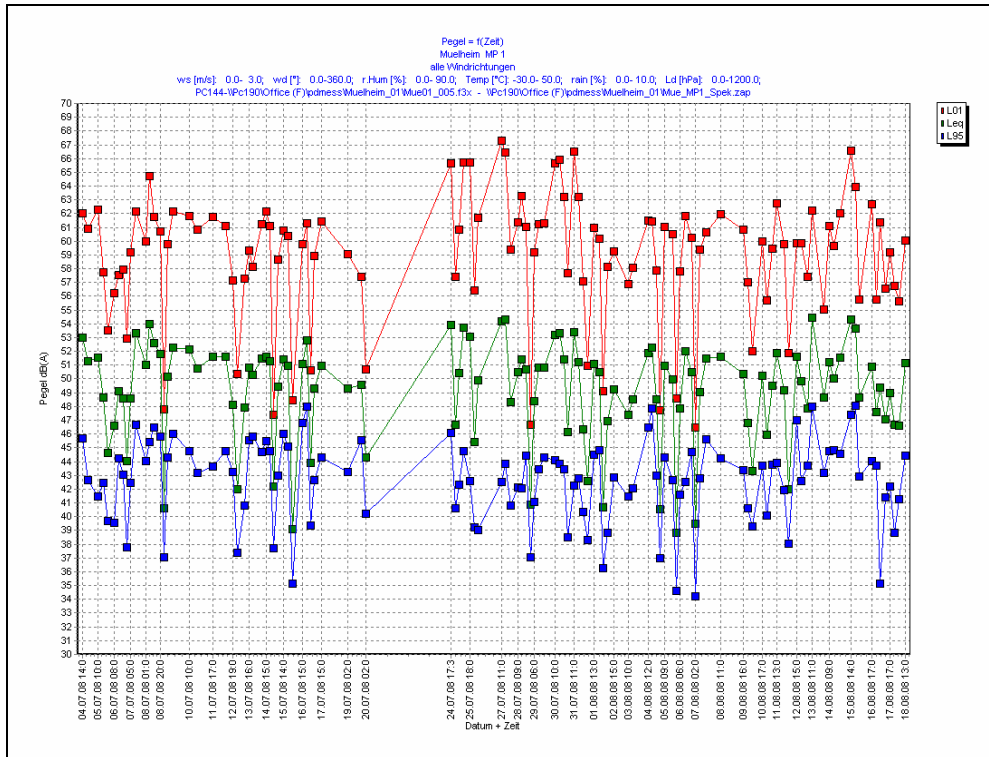


Abb. 3.3: L_{eq} , L_{95} und L_{01} in Abhängigkeit von der Messzeit, MP1, Mülheim, Am Stoot 21

Mit der Abb. 3.3 ergibt sich ein Überblick über eventuelle Ausfallzeiten (z.B. Regen, Windgeschwindigkeiten über 3m/s), sowie die zeitliche Struktur der Pegel (z.B. Pegeländerungen am Wochenende). Die in der Abbildung zu erkennende Lücke (21.07. – 24.07.2008) ist auf einen technischen Problem der Messstation zurück zu führen.

Für den Messpunkt ist festzuhalten, dass der ständig einwirkende Geräuschpegel (L_{95}) tags im Mittel bei ca. 45 dB(A) und nachts bei ca. 39 dB(A) liegt. Der Nachtwert ist typisch für Bereiche mit entfernter Autobahn. In sehr ländlichen Gebieten ohne größere überregionale Straßen ergeben sich Werte, die etwa 5 bis 6 dB niedriger liegen.

3.4.3 Spektrale Auswertung

Im Folgenden sind die gemessenen Tages- und Nacht-Perzentspektren dargestellt. Unter dem S95-Spektrum einer Stunde wird das Spektrum aller Zeiten verstanden, in denen der Pegel kleiner dem L_{95} , dem Hintergrundpegel, war. Das Seq-Spektrum enthält die über die gesamte Stunde gemittelten A-bewerteten Geräusche etc.

Im Spektrum selbst ist der A-bewertete Schallpegel über einer Frequenzbandbreite von 10 Hz dargestellt. Die Analyse der Perzentilspektren ermöglicht eine Trennung der unterschiedlichen Geräuscharten auf der Basis charakteristischer Spektren. Bezüglich Fluglärm wird dabei nicht auf einzelne Flugereignisse abgestellt, sondern auf die Summe des Fluglärms für die jeweilige Tageszeit und Betriebsrichtung. Diese Trennung ist jedoch nur eindeutig möglich, wenn eine Geräuschart einen dominierenden Einfluss in einem definierten Frequenzbereich aufweist.

Bei den nachfolgenden spektralen Auswertungen wird nach den beiden Betriebsrichtungen Ost (05) und West (23) differenziert.

Anmerkung: Alle im Folgenden dargestellten Spektren zeigen den A-bewerteten Pegel pro Frequenzband. Dies wird auf der Ordinate durch „dB(A)“ bezeichnet. Die Breite des Frequenzbandes ergibt sich aus der Frequenzauflösung (10 Hz).

3.4.3.1 MP1, Mülheim, Am Stoot 21

In den Abbildungen 3.4 bis 3.7 sind die Perzentilspektren zur Tag- und Nachtzeit für die Betriebsrichtungen West und Ost (Ost: Landungen aus Richtung Westen, Starts nach Osten) dargestellt:

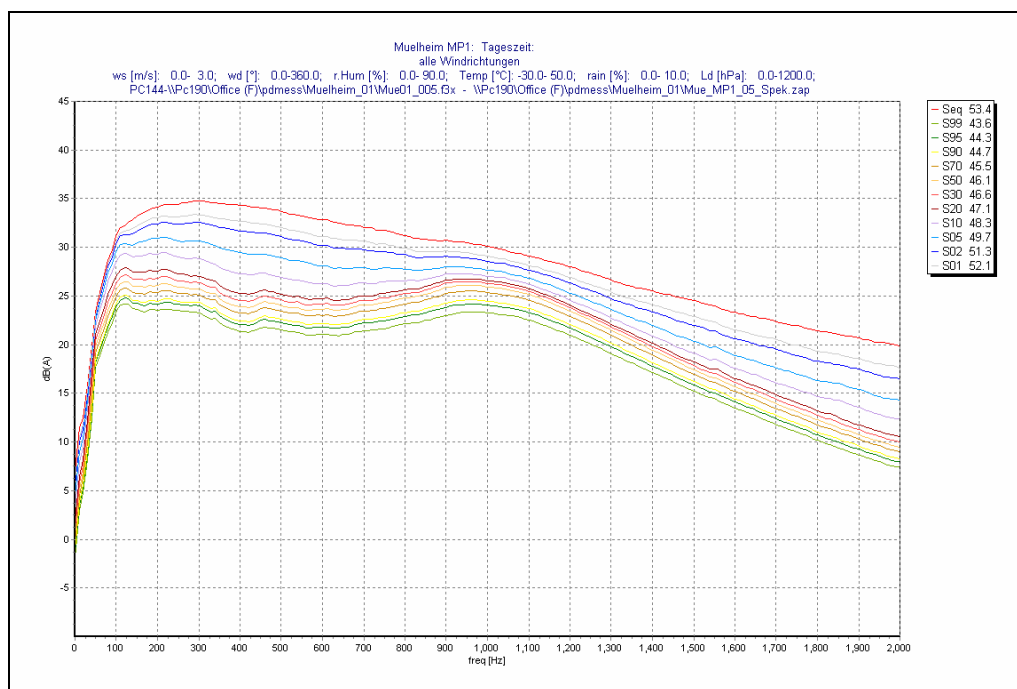


Abb. 3.4: Perzentilspektren für die *Tagzeit* für die **Betriebsrichtung Ost**, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

In der Abbildung 3.4 ist in den Spektren S99, S50 und S30 der Einfluss des Straßenverkehrs an der Schulter der Spektren bei ca. 1 kHz zu erkennen. Die Seq- und S01- bis S10-Spektren weisen einen deutlich erkennbaren Anteil von Fluglärm auf. Dies ist am Verlauf des Spektrums zwischen 200 und 500 Hz zu erkennen. Das bedeutet, dass am Messort MP1 bei Betriebsrichtung Ost am Tage im Mittel über ca. 10 % der Messzeit Fluglärm die Pegel bestimmt!

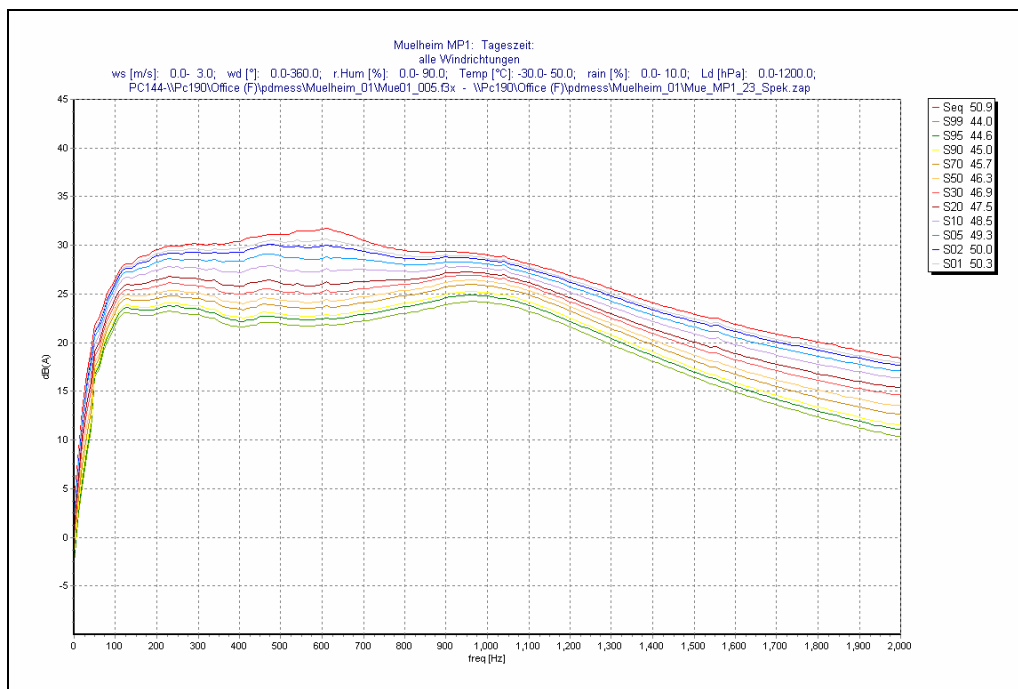


Abb. 3.5: Perzentilspektren für die *Tagzeit* für die **Betriebsrichtung West**, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

Für die Betriebsrichtung West (Landungen aus Osten), Abb. 3.5, zeigen die Spektren einen etwas anderen Verlauf. Der Einfluss des Fluglärms tritt nicht so deutlich hervor, ist jedoch an der Anhebung der Spektren im Frequenzbereich zwischen 200 und 500 Hz noch zu erkennen.

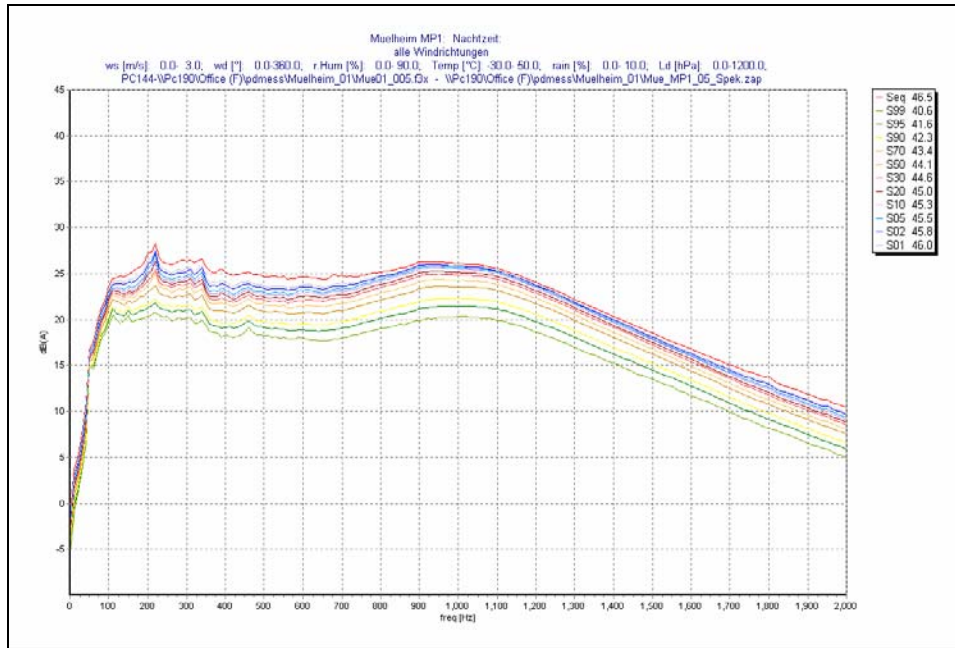


Abb. 3.6: Perzentilspektren für die *Nachtzeit* für die **Betriebsrichtung Ost**, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

Die Spektren in Abb. 3.6 zeigen nachts einen gänzlich anderen Verlauf als für die Tageszeit, da der Fluglärm hier keinen dominierenden Einfluss hat. Dies gilt im Wesentlichen auch für die Betriebsrichtung West, deren Spektren in Abb. 3.7 dargestellt sind.

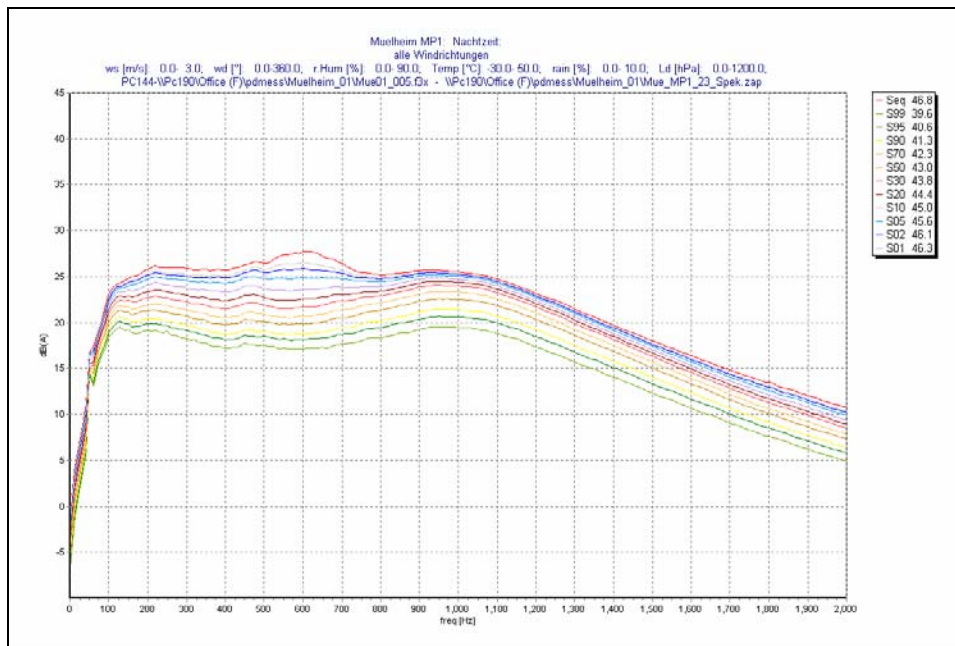


Abb. 3.7: Perzentilspektren für die *Nachtzeit* für die **Betriebsrichtung West**, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

Der Geräuschcharakter für die lauterer 6 Minuten (ca. 10 % der Messzeit) der Stunde kann durch das Differenzspektrum Seq-S10 beschrieben werden. In Abb. 3.8 bis 3.11 sind für die beiden Betriebsrichtungen diese Differenzspektren dargestellt.

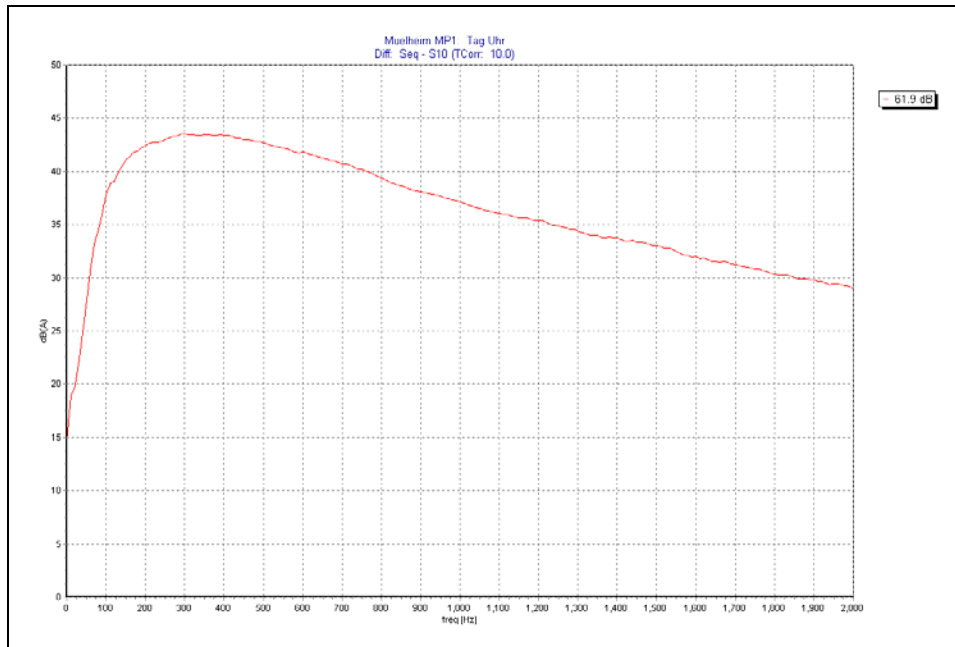


Abb. 3.8: Differenzspektrum Seq-S10 für den **Ostbetrieb**, Tagzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

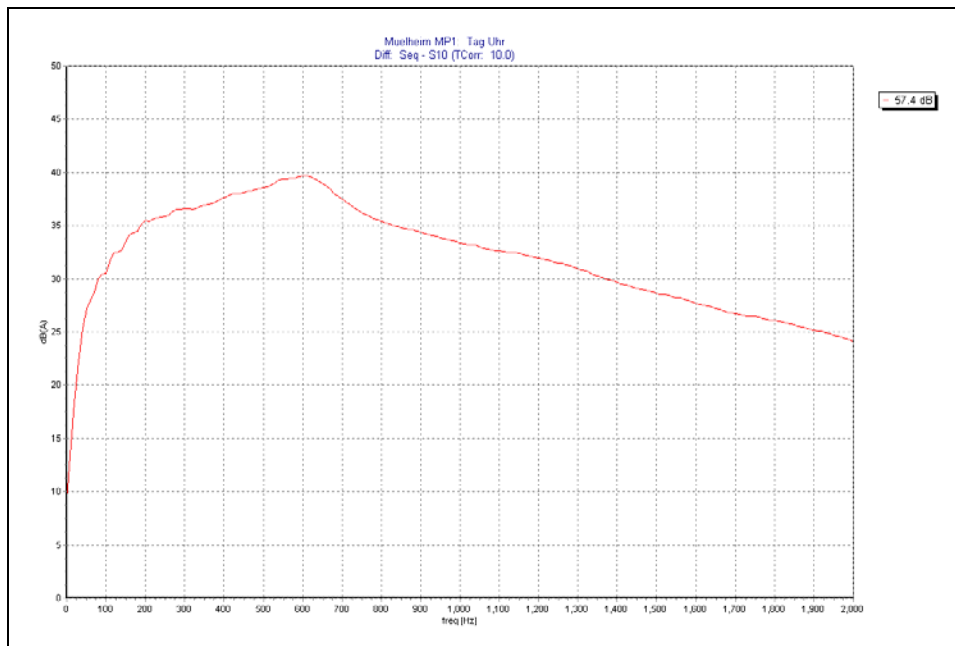


Abb. 3.9: Differenzspektrum Seq-S10 für den **Westbetrieb**, Tagzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

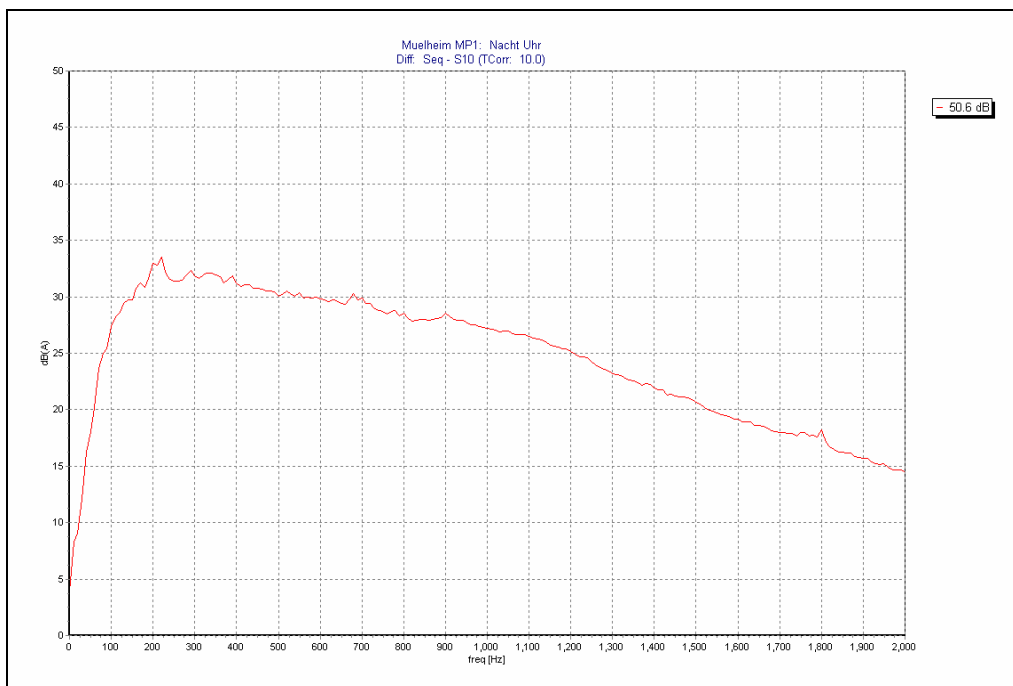


Abb. 3.10: Differenzspektrum Seq-S10 für den **Ostbetrieb**, Nachtzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

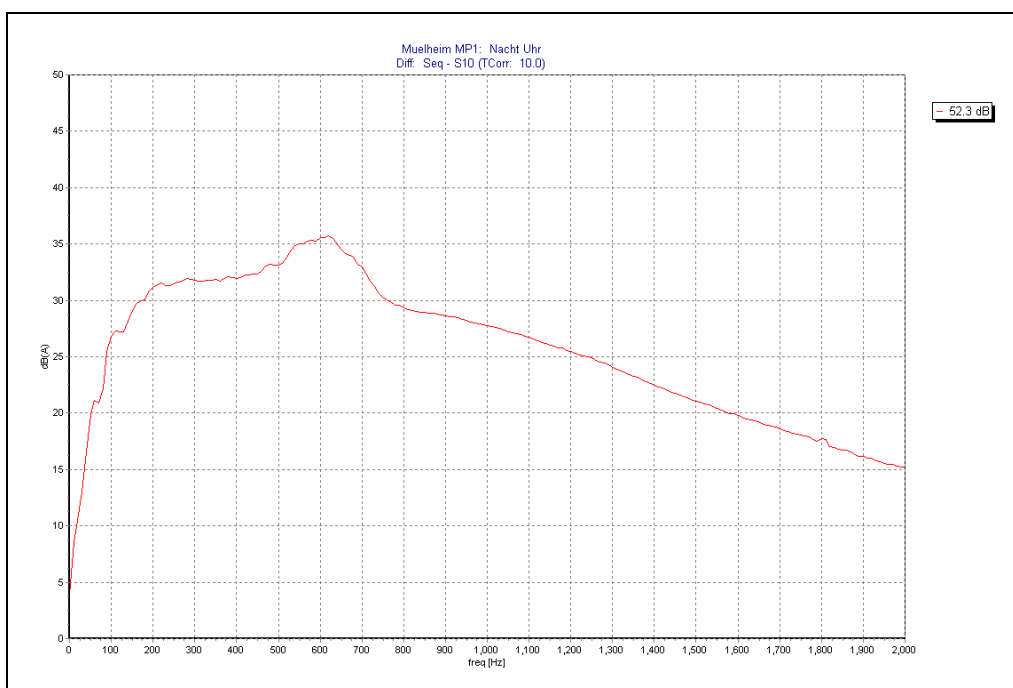


Abb. 3.11: Differenzspektrum Seq-S10 für den **Westbetrieb**, Nachtzeit, von 0 bis 2 kHz dargestellt über den A-bewerteten Pegel pro 10 Hz, **MP1**

Tabelle 3-3 gibt eine Zusammenfassung der aus den Spektren ermittelten Pegel. Der Pegel Betriebsrichtung (BR) Ost+West ergibt sich aus der prozentualen Verteilung der Betriebsrichtungen Tag/Nacht mit **83.3 % / 81.2 % West** (tags 83.3 % der Landungen aus Richtung Ost) und **16.7 % / 18.8% Ost**.²

	Pegel dB(A), Tag	Pegel dB(A), Nacht
BR Ost	52	< 40
BR West	47	< 40
BR Ost + West	48.3	< 40

Tabelle 3-3: Abschätzung der Fluglärmpegel aus den Spektren, MP1

3.4.4 Auswertung der Überflüge nach DIN 45643

Im vorherigen Abschnitt erfolgte die Trennung der Geräusche anhand der spektralen Struktur auf statistischer Basis, ohne Betrachtung des Einzelüberflugs. Im folgenden Abschnitt werden die Pegel der einzelnen Flugereignisse bestimmt. Dabei erfolgt im ersten Schritt eine Auswertung für die gesamte Messzeit, unabhängig von der Betriebsrichtung. **Die Aufzeichnung des Pegel-Zeitverlaufs erfolgt dabei in der Zeitbewertung „slow“.**

Anhand der aufgezeichneten Pegelschriebe und dem für Überflüge charakteristischen Zeitverlauf lassen sich Überflüge von anderen Ereignissen anhand typischer Pegelverläufe (Zeitauflösung 10 Hz) trennen. Die Abbildung 3.12 zeigt exemplarisch Pegel-Zeitverläufe über eine Stunde für den Messpunkt. In der Abbildung sind Flugereignisse grau gekennzeichnet.

² Auswertung nur für die Zeiten mit Angaben zur Betriebsrichtung

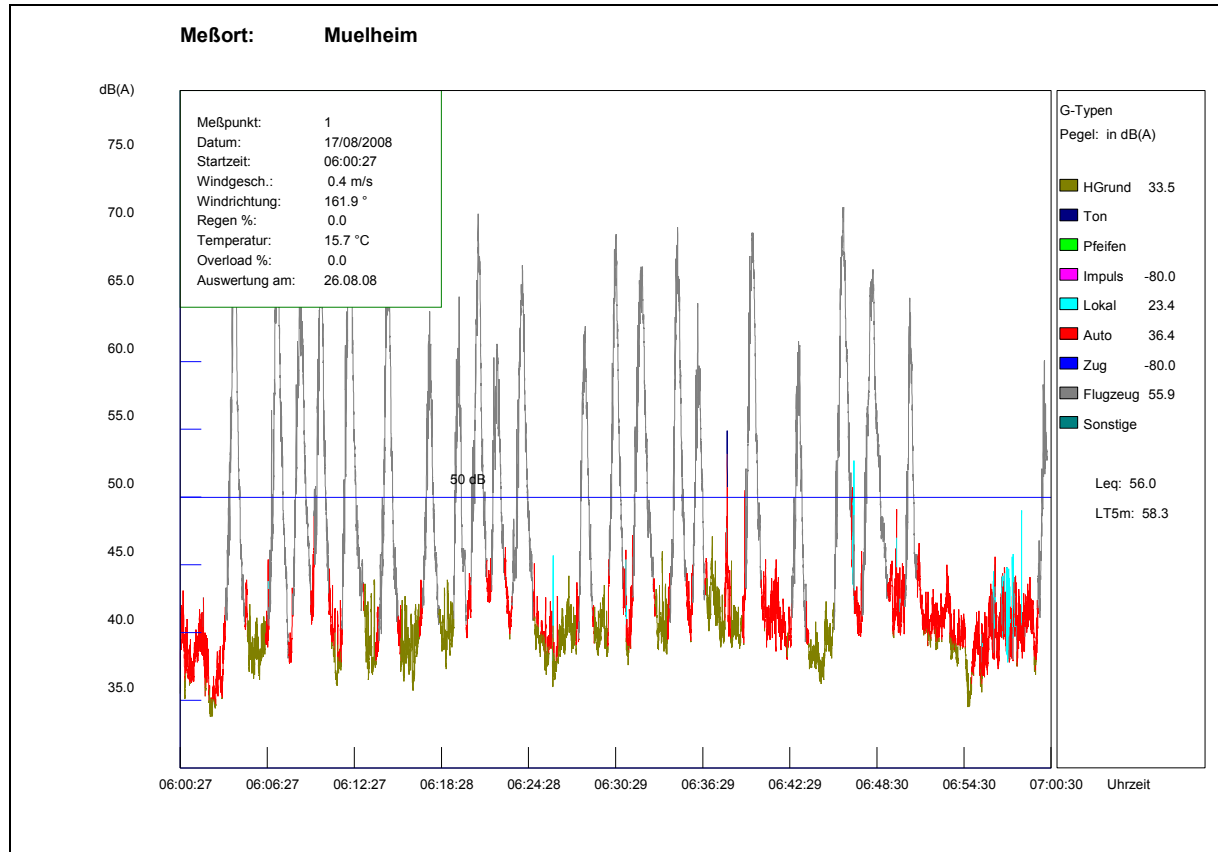


Abb. 3.12: Beispiel Pegelverlauf MP1 (grau: Flugereignisse)

Die Auswerteparameter zur Identifikation von Flugereignissen sind in Tabelle 3-4 genannt. Für die vorliegende Auswertung wurden alle Ereignisse am Messpunkt mit folgenden Parametern nach DIN 45643 ergänzend gefiltert:

Größen	MP1	
t_{10}	10-60	S
$L_{\max}$	55-120	dB(A)
T_s	10-120	S
L_{AX}	0-120	dB(A)
L_{AZ}	0-120	dB(A)

Tabelle 3-4: Filterparameter für Fluglärmereignisse

In Tabelle 3-6 sind die Ergebnisse der Auswertung der Überflüge an MP1 zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der Auswertung der Überflugereignisse befindet sich im Anhang E.

Die in der Tabelle 3-6 angegebenen Größen sind nach DIN 45643 Teil 1 [1] wie folgt definiert:

- $L_{\max}$: Maximalpegel eines Fluglärmereignisses. In der Tabelle ist der Mittelwert genannt.
- t_s : Zeitspanne, während der der Schalldruckpegel $L_{a(t)}$ über der Schwelle liegt
- t_{10} : Zeitspanne, während der der Schalldruckpegel $L_{a(t)}$ um nicht mehr als 10 dB unter dem Schalldruckpegelmaximum $L_{A\max}$ des Fluglärmereignisses liegt.
- t_0 : Referenzzeit 1 s.
- L_{AZ} : Einzelereignispegel, entspricht dem über das Fluglärmgesetz zeitlich ($q=4$) gemittelten und auf 10 s umgerechneten Schallpegel.
- L_{AX} : Einzelereignispegel entspricht dem über das Fluglärmereignis zeitlich ($q=3$) gemittelten und auf 1 s umgerechneten Schallpegel.
- L_{eq} Energieäquivalenter Dauerschallpegel nach ISO 3891 [11].

Die Mittelwerte ergeben sich aus der folgenden Tabelle:

- | | |
|---------------------|---|
| Betroffene Stunden: | Prozentsatz der Stunden in der Messzeit, in denen Flugereignisse festgestellt wurden. |
| Anzahl Schriebe: | Mittlere Anzahl von Flugereignissen pro Tagesstunde. |

3.4.4.1 MP1 Mülheim, Am Stoot 21

Mittlerer Tagesgang der Pegelschrieb-Daten

Messort : Muelheim, Stoot, MP1
 Messzeit : 04.07.08 bis 19.08.08
 Auswertzeit : 04.07.08 bis 19.08.08

Zeitraum	betroffene Stunden %	Anzahl Schriebe	t ₁₀ s	t _s s	L _{max} dB (A)	L _{az} dB (A)	L _{ax} dB (A)	L _{eq} dB (A)
22 bis 23 Uhr:	86.7	11.51	34.5	43.9	60.5	62.9	72.2	47.3
23 bis 24 Uhr:	71.1	2.91	35.6	57.0	60.2	63.1	72.3	41.4
0 bis 1 Uhr:	11.1	0.11	29.0	51.5	59.1	61.6	71.0	25.9
1 bis 2 Uhr:	2.2	0.02	38.6	53.4	55.4	59.2	68.2	16.1
2 bis 3 Uhr:	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 bis 4 Uhr:	4.4	0.04	31.6	65.5	55.4	58.0	67.4	18.3
4 bis 5 Uhr:	4.4	0.04	29.6	58.2	57.6	59.0	68.4	19.4
5 bis 6 Uhr:	57.8	0.69	39.9	65.5	60.2	63.8	72.9	35.7
6 bis 7 Uhr:	93.3	5.98	31.1	48.9	65.0	66.4	76.0	48.2
7 bis 8 Uhr:	93.3	10.33	29.6	39.5	64.0	65.7	75.2	49.8
8 bis 9 Uhr:	93.3	10.42	29.5	44.0	63.8	65.5	75.0	49.6
9 bis 10 Uhr:	93.3	14.71	28.5	40.0	63.9	65.3	74.9	51.0
10 bis 11 Uhr:	93.3	13.62	27.5	41.0	64.7	65.7	75.4	51.2
11 bis 12 Uhr:	93.3	17.22	28.4	40.5	64.2	65.6	75.2	52.0
12 bis 13 Uhr:	93.3	11.98	27.1	41.3	65.3	66.3	76.0	51.2
13 bis 14 Uhr:	93.3	12.22	27.7	42.0	65.3	66.4	76.1	51.4
14 bis 15 Uhr:	93.3	9.58	28.1	39.2	65.2	66.0	75.8	50.0
15 bis 16 Uhr:	91.1	10.13	28.0	38.6	64.3	65.4	75.0	49.5
16 bis 17 Uhr:	93.3	12.38	27.6	36.6	64.1	65.2	74.9	50.2
17 bis 18 Uhr:	93.3	11.60	27.5	35.0	64.5	65.5	75.2	50.2
18 bis 19 Uhr:	95.6	13.73	28.2	37.3	64.8	66.0	75.7	51.5
19 bis 20 Uhr:	93.3	11.56	29.1	39.0	64.4	65.9	75.5	50.5
20 bis 21 Uhr:	95.6	11.24	31.6	40.4	63.1	64.9	74.4	49.4
21 bis 22 Uhr:	95.6	12.78	32.1	42.2	62.9	64.7	74.2	49.7
Mittelwert	72.3	8.53	29.2	43.4	63.1	64.6	74.2	48.9
tags	93.6	11.84	28.9	40.3	64.4	65.7	75.3	50.4
nachts	29.7	1.92	29.9	49.4	58.2	61.0	70.2	39.5

Tabelle 3-5: Mittlerer Tagesgang der Flugereignisse, MP1 bei 189 registrierten Bewegungen tagsüber und 15 nachts

Die mittlere t_{10} -Zeit liegt bei 29.2 s. Deutlich ist die Reduzierung der Flughafenaktivitäten zwischen 23:00 und 6:00 Uhr zu erkennen. Nachts beträgt die Aktivität pro Stunde im Mittel ca. 16 % der Aktivität des Tageszeitraums. Der L_{ASmax} in Tabelle 3-5 gibt den mittleren Wert über die Messzeit für die jeweilige Stunde an, d.h. in der Zeit zwischen 7 und 8 Uhr liegt der L_{ASmax} bei 64.0 dB(A). Für die anderen Größen in der Tabelle gilt Entsprechendes. Zu den t_{10} -Zeiten ist noch anzumerken, dass diese von der Entfernung, der Geschwindigkeit und dem Pegel abhängig sind. Für leise Überflüge lässt sich die t_{10} -Zeit nur näherungsweise bestimmen.

Die Abb. 3.13 zeigt die mittlere Anzahl der Überflüge, die schon in Tabelle 3-5 aufgelistet sind. In Abb. 3.14 ist die Anzahl der Überflüge für Pegel ($L_{A\max}$) größer als 70 dB(A) angegeben.

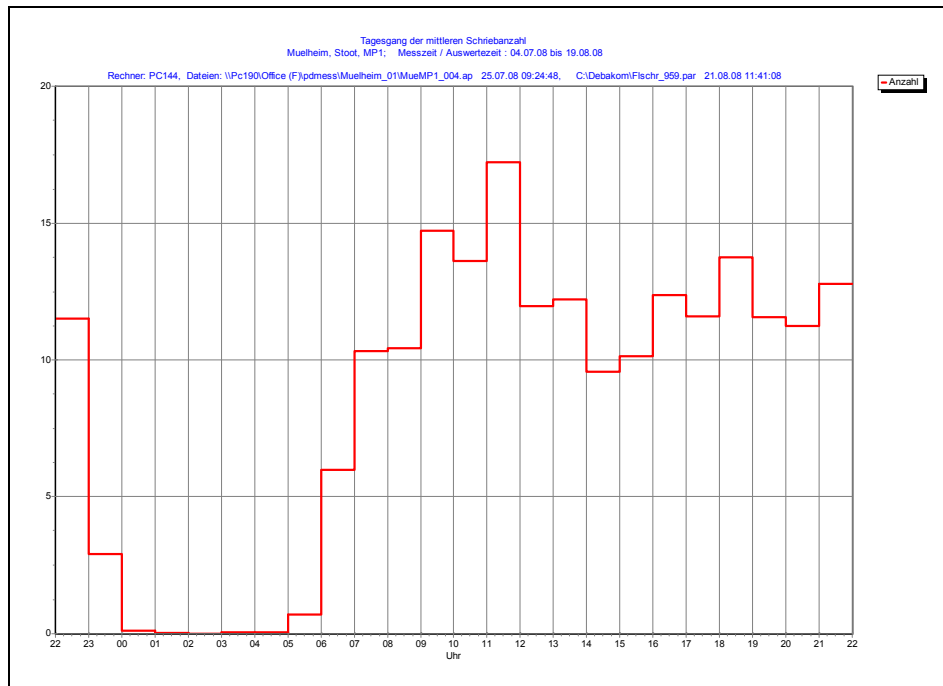


Abb. 3.13: Mittlerer Tagesgang der Anzahl der Flugereignisse, **MP1** (gesamt)

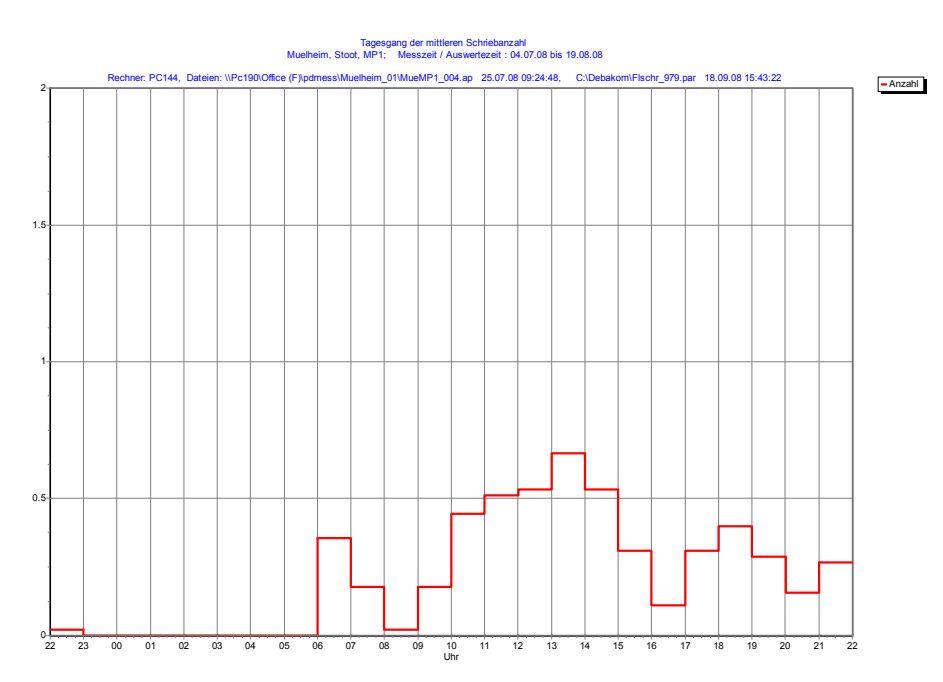


Abb. 3.14: Mittlerer Tagesgang der Anzahl der Flugereignisse, **MP1** (>70 dB(A))

In Abb. 3.15 ist der mittlere Tagesgang des L_{AX} , L_{max} und L_{eq} dargestellt. Die in der Abbildung angegebenen Pegel stellen Mittelungspegel über die während der gesamten Messzeit registrierten Einzelereignispegel dar.

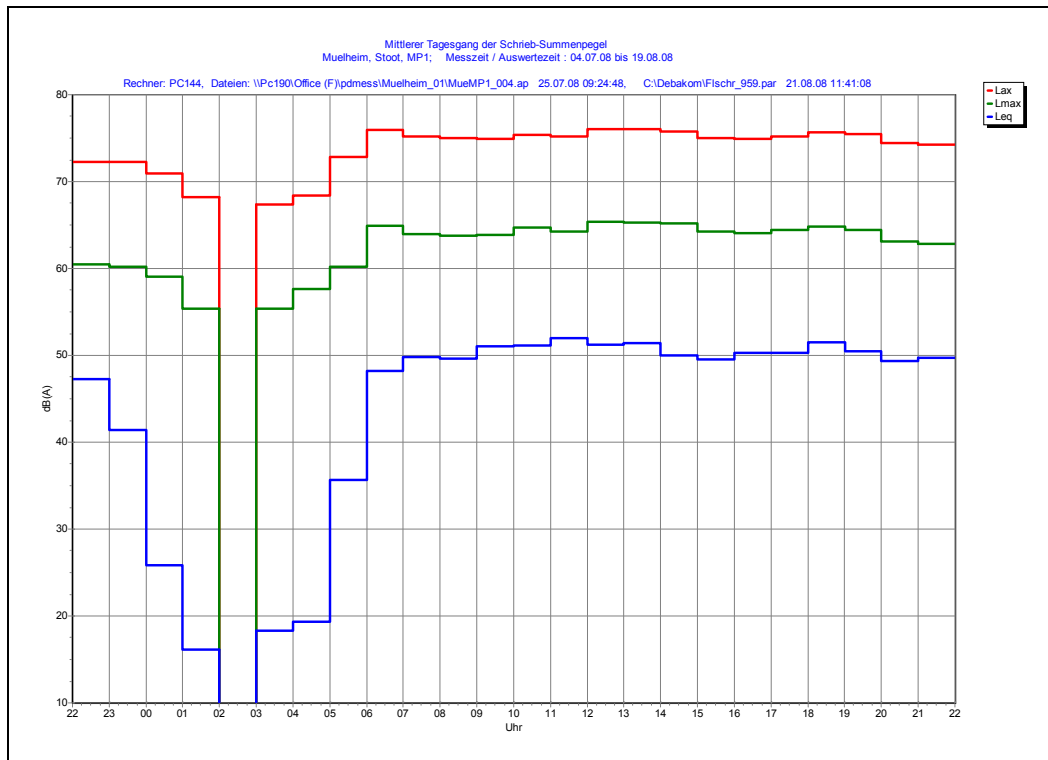


Abb. 3.15: Mittlerer Tagesgang der Ereignispegel L_{AX} , L_{max} , L_{eq} , MP1

In Abb. 3.16 sind die Summenprozentwerte des L_{Amax} , L_{AX} und L_{AZ} in der Nachtzeit dargestellt, die zur Bestimmung der NAT-Werte geeignet sind.

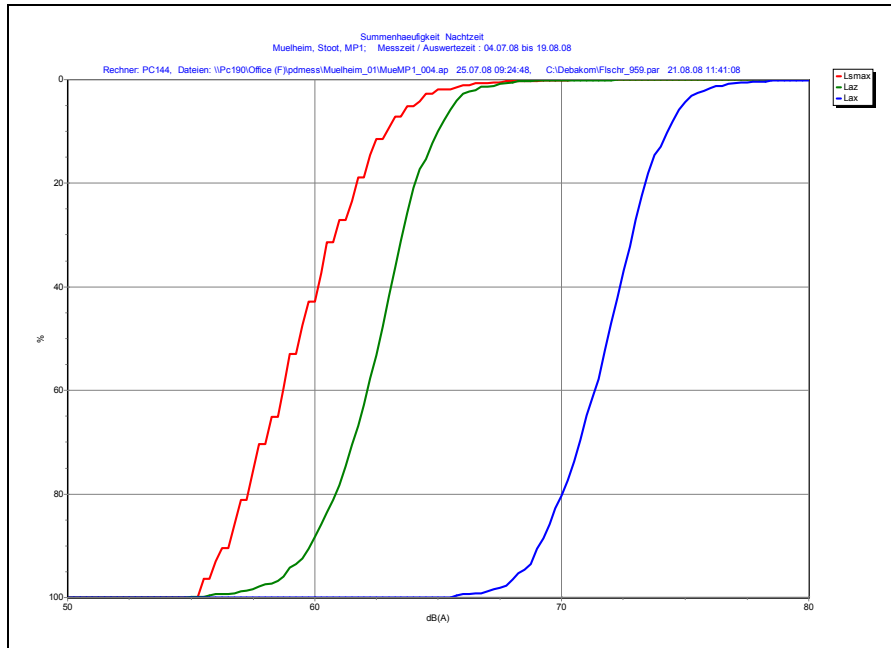


Abb. 3.16: Summenprozentwerte des L_{Amax} , L_{AX} und L_{AZ} , MP1, Nacht

Etwa 80 % der Flugzeuge erreichen Maximalwerte von mehr als 57 dB(A). 20 % der Flugzeuge erreichen Pegel von mehr als 62, im Allgemeinen aber weniger als 72 dB(A). Gelegentlich sind sehr laute Überflüge zu verzeichnen, wie der Abb. 3.17 zu entnehmen ist. Folgender Höchstwert wurde erreicht:

MP1 Mülheim, Am Stoot 21

79.7 dB(A).

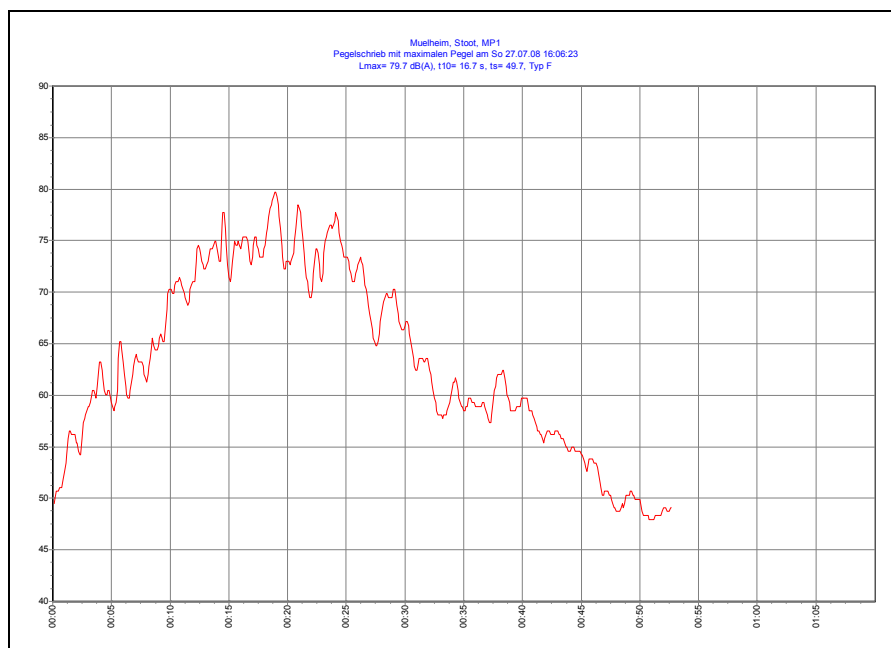


Abb. 3.17: Lautestes Flugereignis, MP1, 27.07.08, 16:06:23 Uhr

In der folgenden Abbildung 3.18 ist für den Tag und die Nacht nochmals die mittlere tägliche Anzahl der Flugereignisse in Abhängigkeit vom L_{ASmax} aufgetragen. Anhand der Graphik kann für jeden L_{ASmax} -Wert die Anzahl der registrierten Flugereignisse ermittelt werden.

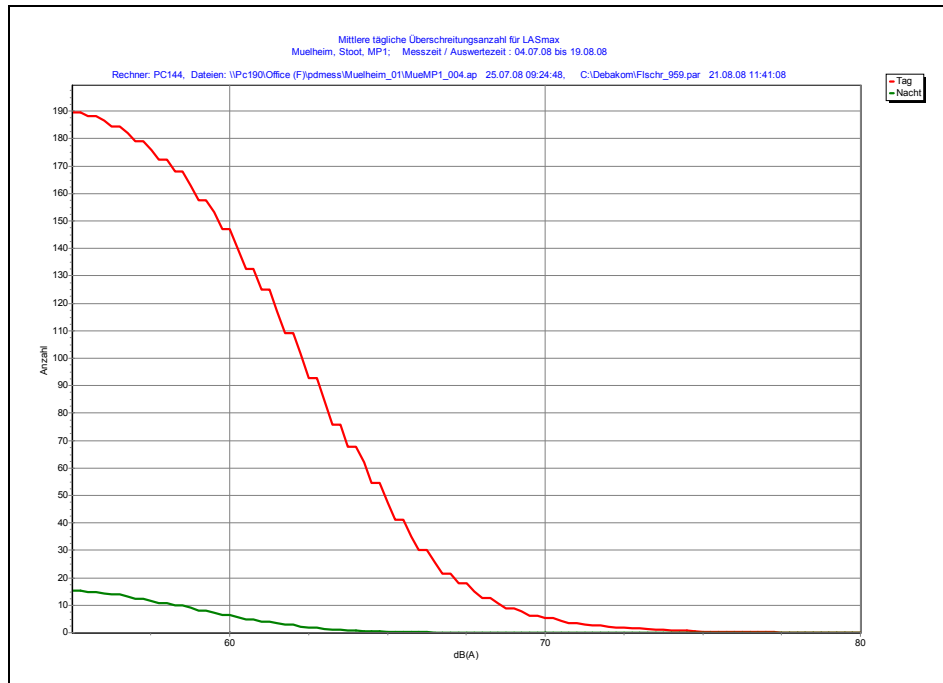


Abb. 3.18: Mittlere tägliche Überschreitungsanzahl L_{ASmax} am Tage und in der Nacht, MP1

3.4.4.2 Zusammenfassung der Auswertung nach DIN 45643

Am Messpunkt 1 in Mülheim entspricht die erfasste Tag-Nacht-Verteilung nicht dem langfristigen Mittel von West 76% und Ost 24% für den Tag- bzw. Nachtbetrieb, so dass die Werte in Tabelle 3-10 **nicht repräsentativ für die durchschnittlichen Werte sind.**

In der Tabelle 3-6 sind die wesentlichen Beurteilungsgrößen nach Abschnitt 3 zusammengefasst. Die mit „m“ indizierten Größen wurden durch energetische Mittelung gebildet, wobei beim L_{eq} äquivalent gemittelt wurde. Die mit „10“ indizierten Größen wurden auf der Basis der 10 % lautesten Tage bzw. Nächte gebildet. Sie geben die Schwelle an, die die Tagespegel während der 10 % lautesten Tage überschreiten. Für die mit „m“ indizierten Größen und die Größen L_n und L_{dn} liegen die Vertrauensbereiche nach VDI 3723 Bl. 1 [39] bei ± 0.5 dB, für die mit „10“ indizierten Größen bei ± 1 dB.

Nach den verschiedenen Auswerteverfahren ergeben sich die folgenden Pegel für die Auswertung über die gesamte Messzeit:

	MP1 Am Stoot 21 dB(A)	Erläuterungen
$Leq(4)_m$	49.8	LrFI Gesetz
$Leq(4)_{,10}$	52.1	10% lauteste Tage
$LDIN,t,m$	52.5	LrFITag, DIN 45643
$LDIN,t,10$	55.4	10% lauteste Tage
$LDIN,n,m$	47.4	LrFI, Nacht
$LDIN,n,10$	49.6	10% lauteste Tage
$L_{max,t,m}$	64.4	Mittl. Maximalpegel tags
$L_{max,t,10}$	66.9	10% lauteste Tage
$L_{max,n,m}$	60.4	Mittl. Maximalpegel nachts
$L_{max,n,10}$	62.6	10% lauteste Nächte
$L_{AX,t,m}$	75.3	Mittl. Ereignispegel tags
$L_{AX,t,10}$	77.6	10% lauteste Tage
$L_{AX,n,m}$	72.3	Mittl. Ereignispegel nachts
$L_{AX,n,10}$	74.1	10% lauteste Nächte
$L_{dn,m}$	50.2/(51.6)	Mittl. Tag-Nacht-Pegel
$L_{dn,10}$	51.9	10% lauteste Tage
L_d	50.4/(50.4)	Tagesmittelungspegel
L_n,m	39.5/(44.8)	Nachtpegel
$L_n,10$	41.6	10% lauteste Nächte
$L_{den,m}$	51.5	Tag-Abend-Nacht-Pegel

Tabelle 3-6: Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für die **Messzeit** basierend auf Pegelschrieben * bezogen auf Stunden mit Flugereignissen, sonst Mittelwert

	MP1	Erläuterungen
NAT72d	2.1	Number of events >72 dB tags
NAT72n	0	Number of events >72 dB nachts
NAT70d	5.3	Number of events >70 dB tags
NAT70n	0.02	Number of events >70 dB nachts
NAT68d	12.7	Number of events >68 dB tags
NAT68n	0.04	Number of events >68 dB nachts
% A	18.7	Aufweckhäufigkeit in % (–10 dB) ³
% A	33.3	10% lauteste Tage
% A	5.5	Aufweckhäufigkeit in % (–15 dB) ⁴
% A	9.1	10% lauteste Tage
N _d	189	Mittlere Zahl deutlich wahrnehmbarer Flugereignisse, tags
N _n	15	Mittlere Zahl deutlich wahrnehmbarer Flugereignisse, nachts

Tabelle 3-7: Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für die **Messzeit** basierend auf Ereignissen

Berücksichtigt man die Feldstudie nach Basner et al. [34] bezüglich des Aufwachens, ist mit Aufweckhäufigkeiten zu rechnen, die etwa doppelt so hoch sind, wenn, wie in der Studie untersucht, von gesunden Personen ausgegangen wird.

3.4.4.3 Auswertung für Betriebsrichtung West

Die nachfolgende Auswertung nach Betriebsrichtungen erfolgt auf Basis der Flugspuraufzeichnungen des DFLD (Deutscher Fluglärmdienst). Berücksichtigt man nur die Tage mit Betriebsrichtung West (Landungen aus Richtung Osten), ergeben sich die in Tabelle 3-8 und Tabelle 3-9 angegebenen Werte, wobei ausschließlich die Mittelwerte dargestellt sind, da die

³ Geöffnetes Fenster mit 10 dB Pegelreduzierung zwischen außen und innen

⁴ Spaltlüftung mit 15 dB Pegelreduzierung zwischen außen und innen

10%-Werte für die jeweilige Betriebsrichtung nicht relevant sind, weil die Tage mit den höchsten Belastungen aus der Gesamtauswertung abzulesen sind.

	MP1 Am Stoot 21 dB(A)	Erläuterungen
$Leq(4)_{,m}$	50.4	LrFI Gesetz
$LDIN,t,m$	51.7	LrFITag, DIN 45643
$LDIN,n,m$	46.2	LrFI, Nacht
$Lmax,t,m$	63.4	Mittl. Maximalpegel tags
$Lmax,n,m$	60.2	Mittl. Maximalpegel nachts
$L_{AX,t,m}$	74.5	Mittl. Ereignispegel tags
$L_{AX,n,m}$	72.1	Mittl. Ereignispegel nachts
Ldn,m	50.9/(51.2)	Mittl. Tag-Nacht-Pegel
Ld	49.7/(49.7)	Tagesmittelungspegel
Ln,m	44.7/(46.2)	Nachtpegel

Tabelle 3-8: Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für Betriebsrichtung **West** basierend auf Pegelschrieben * bezogen auf Stunden mit Flugereignissen, sonst Mittelwert

	MP1	Erläuterungen
NAT72d	0.2	Number of events >72 dB tags
NAT72n	0	Number of events >72 dB nachts
NAT70d	1.2	Number of events >70 dB tags
NAT70n	0	Number of events >70 dB nachts
NAT68d	4.9	Number of events >68 dB tags
NAT68n	0.1	Number of events >68 dB nachts
N_d	190.7	Mittlere Zahl deutlich wahrnehmbarer Flugereignisse, tags
N_n	52.7	Mittlere Zahl deutlich wahrnehmbarer Flugereignisse, nachts

Tabelle 3-9: Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für Betriebsrichtung **West** basierend auf Ereignissen

3.4.4.4 Auswertung für Betriebsrichtung Ost

Berücksichtigt man nur die Tage mit Betriebsrichtung Ost (Starts nach Osten), ergeben sich die in Tabelle 3-10 und Tabelle 3-11 angegebenen mittleren Werte:

	MP1 Am Stoot 21 dB(A)	Erläuterungen
$L_{eq(4),m}$	52.2	LrFI Gesetz
$L_{DIN,t,m}$	55.9	LrFITag, DIN 45643
$L_{DIN,n,m}$	41.2	LrFI, Nacht
$L_{max,t,m}$	67.3	Mittl. Maximalpegel tags
$L_{max,n,m}$	62.9	Mittl. Maximalpegel nachts
$L_{AX,t,m}$	77.7	Mittl. Ereignispegel tags
$L_{AX,n,m}$	74.6	Mittl. Ereignispegel nachts
$L_{dn,m}$	52.7/(53.4)	Mittl. Tag-Nacht-Pegel
L_d	53.1/(53.1)	Tagesmittelungspegel
L_n	40.1/(42.7)	Nachtpegel

Tabelle 3-10: Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für BR **Ost** basierend auf Pegelschrieben* bezogen auf Stunden mit Flugereignissen, sonst Mittelwert

	MP1	Erläuterungen
NAT72d	11.9	Number of events >72 dB tags
NAT72n	0	Number of events >72 dB nachts
NAT70d	20.9	Number of events >70 dB tags
NAT70n	0.4	Number of events >70 dB nachts
NAT68d	52	Number of events >68 dB tags
NAT68n	0.4	Number of events >68 dB nachts
N_d	202.7	Mittlere Zahl deutlich wahrnehmbarer Flugereignisse, tags
N_n	10.2	Mittlere Zahl deutlich wahrnehmbarer Flugereignisse, nachts

Tabelle 3-11: Zusammenstellung der verschiedenen Bewertungsgrößen für BR **Ost** basierend auf Ereignissen

3.4.5 Fluglärmbelastung an lauten Tagen

Eine weitere Information zur Beurteilung von Fluglärm liefert eine Auswertung der Fluglärm-aufzeichnungen für den Tag bzw. Nacht mit der höchsten Belastung. Tabelle 3-12 und Tabelle 3-13 geben eine Zusammenfassung der an Messpunkt 1 an den jeweiligen Tagen registrierten Pegel und Überflugzahlen.

	MP1, Am Stoot 21
Datum	27.7.08
Ldn dB(A)	53.1
Ld dB(A)	53.9
Ln dB(A)	40.9
Nd	238
Nn	21

Tabelle 3-12: Tag mit den höchsten Tagpegeln (Ld) für MP1, Am Stoot 21

Für die Nacht ergibt sich entsprechend:

	MP1, Am Stoot 21
Datum	8.07.08
Ldn dB(A)	52.1
Ld dB(A)	51.9
Ln dB(A)	42.6
Nd	260
Nn	31

Tabelle 3-13: Tag mit den höchsten Nachtpegeln (Ln) für MP1, Am Stoot 21

3.4.6 Abschätzung von Abweichungen

Messresultate weichen stets mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit von einem fiktiven wahren Wert ab. Die Abweichungen setzen sich aus Zufallsfehlern und systematischen Fehlern zusammen. Die Zufallsfehler lassen sich mit der VDI 3723 Bl. 1 für die vorliegenden Messungen im Mittel auf ± 0.6 dB abschätzen. Die systematischen Fehler lassen sich durch Vergleich mit theoretischen Berechnungen und Vergleich mit Resultaten bestimmen, die mit unterschiedlichen Verfahren ermittelt wurden. Im Folgenden soll dieser Bereich unter verschiedenen Gesichtspunkten abgeschätzt werden.

3.4.6.1 Vergleich mit unterschiedlichen Filterkriterien

Bezüglich der Flugereignisse ist nicht auszuschließen, dass Geräusche fälschlicherweise dem Flugverkehr zugeordnet werden und andererseits Flugverkehrspegel nicht erkannt werden. Je niedriger der Pegel, umso wahrscheinlicher eine Fehlzuordnung. Die Größenordnung dieser Abweichung lässt sich dadurch abschätzen, dass man gegenüber den Ergebnissen in Tabelle 3-14 die Pegelklasse, ab der Flugereignisse angenommen werden, um 5 dB erhöht. Dabei ergibt sich:

MP	Differenz in dB	
	Tag	Nacht
MP1	0.3	0.9

Tabelle 3-14: Vergleich der Ergebnisse mit unterschiedlichen Filterkriterien

Unterstellt man Abweichungen von beiden Seiten, d.h. dass unterschwellige Ereignisse nicht berücksichtigt werden, kann tags von einem Zuordnungsfehler von ± 0.6 dB im Mittel ausgegangen werden. Nachts ergibt sich eine höhere Differenz, da aufgrund des geringeren Hintergrundpegels auch Überflüge mit niedrigeren Pegeln erfasst werden und somit bei einer Anhebung der Auswerteschwelle diese entfallen.

3.4.6.2 Repräsentativitätsfehler

Systematische Abweichungen können dadurch entstehen, dass die Flugbewegungszahlen in der Messzeit vom Mittel über die 6 verkehrsreichsten Monate, die in Düsseldorf die Monate Mai bis Oktober umfassen, abweichen. Signifikante Abweichungen ergeben sich aus den uns vorliegenden Daten nicht, d.h. die Flugverkehrszahlen für die Messzeit sind weniger als 10 % niedriger als in den 6 verkehrsreichsten Monaten des Jahres; dies entspricht einer Pegelanhebung von maximal 0.5 dB.

3.4.6.3 Vergleich mit spektraler Trennung

Die spektrale Auswertung des Fluglärms führt im Vergleich zur Auswertung nach DIN 45643 zu Pegeln, die im Mittel ca. 2 dB niedriger liegen. Der Unterschied zwischen beiden Auswertungen ist darauf zurückzuführen, dass für die Auswertung nach DIN 45643 die Form des Pegel-Zeitverlaufs als Dreieck angenommen wird. Wird dagegen der tatsächliche Pegel-Zeitverlauf zugrunde gelegt, ergeben sich im Mittel niedrigere Pegel.

3.4.6.4 Repräsentativität

Eine weitere Möglichkeit für Abweichungen liegt, wie oben ausgeführt, darin, dass die Häufigkeit von Ostbetriebs- und Westbetriebsrichtung (BR) vom längerfristigen Trend für die entsprechende Messzeit signifikant vom langfristigen Mittel abweicht. Im langfristigen Mittel ergibt sich folgende Verteilung:

BR West Tag/Nacht	76%
BR Ost Tag/Nacht	24%.

Für die Messzeit hingegen ergeben sich folgende Verteilungen:

BR	MP1	
	Tag %	Nacht %
West	83.3	81.2
Ost	16.7	18.8

Tabelle 3-15: Verteilung der Betriebsrichtungen während der Zeit mit Informationen zu den Betriebsrichtungen

3.4.6.5 Zusammenfassung der Betrachtung zu möglichen Abweichungen

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass in Summation aller möglichen Abweichungen die Messresultate eine mögliche Abweichung um ± 1 dB aufweisen. Dabei ist die Betriebsrichtungsverteilung nicht berücksichtigt.

3.4.7 Bewertung

Für die nachfolgende Bewertung werden die Pegel, wie sie im **langfristigen Mittel**, d.h. bei der langjährigen Betriebsrichtungsverteilung zu erwarten sind, zugrunde gelegt, d.h. der L_d , L_{dn} , L_{den} und L_n aus Tabelle 3-6 werden entsprechend den Betriebsrichtungsverteilungen korrigiert. Neben dem langfristigen Mittel sollen zwei weitere Verteilungen betrachtet werden: eine extreme Verteilung Ost und eine Verteilung, wie sie den Berechnungen zugrunde gelegt wird. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der korrigierten Werte.

dB(A)	76/24 %	70/30 %	80/20%	Erläuterungen
	Langfristiges Mittel	Extrem	Prognose	
$L_{dn,m}$	51.4	51.5	51.3	Mittl. Tag-Nacht-Pegel
$L_{d,m}$	50.8	51	50.6	Tagesmittelungspegel
$L_{n,m}$	39.3	39.1	39.4	Nachtpegel
$L_{den,m}$	51.8	52.0	51.7	Tag-Abend-Nacht-Pegel

Tabelle 3-16: Zusammenstellung der Pegel L_{dn} , L_d , L_n , L_{den} einschließlich der Korrektur für die Betriebsrichtungen

Wie ein Vergleich der Pegel in Tabelle 3-6 und 3-16 zeigt, ergeben sich zwischen den Werten Abweichungen von im Mittel 0.1 dB, d.h. die Werte in Tabelle 3-16 sind im Mittel **0.1** dB höher als die Werte in Tabelle 3-6. Die im Folgenden zugrunde gelegten Pegel entsprechen den **Werten in Tabelle 3-6 und Tabelle 3-16**. Für die Nachtpegel wurde bei der Berechnung eine Korrektur von 4.7 dB berücksichtigt, da die Pegel in den Tabellen 3-8 und 3-10 nur Zeiten mit Fluglärm enthalten, die Pegel in Tabelle 3-6 jedoch nachts auf 8 Stunden bezogen sind. Der Faktor 4.7 dB ergibt sich dabei aus der Randbedingung, dass sich bei der Be-

triebrichtungsverteilung, wie sie während der Messung vorlag, die entsprechenden Pegel ergeben.

3.4.7.1 Erhebliche Belästigung in Wohngebieten durch Fluglärm, Unzumutbarkeit

Der Schwellen- oder Grenzwert, ab dem nach dem Stand der rechtlichen Regelungen bei Straße und Schiene von erheblicher Belästigung auch für Fluglärm auszugehen ist, ist nach Abschnitt 2 für den L_{dn} 53 dB(A) und für den L_n 43 dB(A). Der Tabelle 3-17 können die folgenden Differenzen entnommen werden:

MP	$L_{dn,m}-53$ dB	$L_{dn,10}-53$ dB	$L_{n,m}-43$ dB	$L_{n,10}-43$ dB
MP1	-1.6	-1.1	-3.7	-1.4

Tabelle 3-17: Überschreitungen der Erheblichkeitsschwelle $L_{dn} = 53$ dB(A), $L_n = 43$ dB(A) unter Berücksichtigung von Tabelle 3-6 und Tabelle 3-16

Der Prozentsatz zu erwartender stark Belästigter (%HA) und der Prozentsatz der durch nächtliches Aufwecken stark Belästigter (%HS) können den folgenden Tabellen entnommen werden⁵:

	MP1
%HA	7.5
%HS	3

Tabelle 3-18: Prozentsatz erheblich Belästigter auf Basis des L_{dn} und L_n

⁵ Die Werte ergeben sich nach folgenden Formeln [13]:

$$\%HS = 0.48 \cdot (L_n - 32.6); \quad \%HA = 0.0285 \cdot (L_{dn} - 42)^2 + 0.53 \cdot (L_{dn} - 42)$$

	MP1
%HA	8
%HS	4

Tabelle 3-19: Prozentsatz erheblich Belästigter auf Basis des $L_{dn,10}$ und $L_{n,10}$

Bezüglich der zu erwartenden Aufweckwahrscheinlichkeit sind in Tabelle 3-7 zwei Fälle dargestellt. Im Fall 1 ist angenommen, dass die Pegeldifferenz zwischen Innenpegel und Außenpegel 10 dB und im zweiten Fall 15 dB beträgt. Die beiden Abschätzungen dienen dazu, die Häufigkeit des Aufwachens von den jeweiligen Gegebenheiten bezüglich der Lüftung über geöffnete bzw. gekippte Fenster darzustellen. Der Fall 2 entspricht einem Lüftungsverhalten während warmer Sommernächte, der Fall 1 Spaltlüftung, wie sie eher in den übrigen Jahreszeiten üblich ist. Im Einzelfall wird sich die Pegeldifferenz zwischen innen und außen in dem umrissenen Bereich bewegen. Zuverlässige Studien zu dieser Pegeldifferenz existieren derzeit nicht. Auch ist die Wirkung der Akustik des Schlafrumes hier nur sehr grob berücksichtigt. Des Weiteren kann auf Grundlage der Studie des RDF [18] von einem etwa 2mal so hohen Prozentsatz der vom Lärm stark betroffenen Personen ausgegangen werden, als dies in den beiden Tabellen 3-18 und 3-19 angegeben ist.

3.4.7.2 Kommunikationsstörung bei gekipptem Fenster

Ausgehend von den dem Fluglärm zugeordneten Pegelverläufen lässt sich abschätzen, über welche Zeit tagsüber der Pegel außen über **57 dB(A)** liegt.

	MP1	
Gesamtstörungszeit für Kommunikation	52	min

Tabelle 3-20: Kommunikationsstörungen berechnet für Spaltlüftung am Tage

Das heißt, an Messpunkt 1 ist im Mittel 52 Minuten an jedem Tag die Kommunikation gestört.

3.4.7.3 Fluglärmschutzgesetz

Im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (Neufassung 31.10.2007) [2] werden für bestehende zivile Flugplätze folgende Schutzzonen vorgegeben:

Tages-Schutzzone 1	LAeq, Tag = 65 dB(A)	(TS 1)
Tages-Schutzzone 2	LAeq Tag = 60 dB(A)	(TS 2)
Nachtschutzzone	LAeq Nacht = 55 dB(A), L _{Amax} = 6 mal 57 dB(A) (bis Ende 2010).	

Die Schutzzonen regeln dabei bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz in der Umgebung der Flugplätze, sowie Entschädigungen für Beeinträchtigung durch Fluglärm. Die Nachtschutzzone ergibt sich aus der Umhüllenden der beiden „Grenzlinien“ LAeq und L_{Amax}. Tabelle 3-21 gibt einen Vergleich der messtechnisch ermittelten Pegel mit den Schutzzonen.

Messpunkt	Tagpegel L _d dB(A)	Nachtpegel L _n dB(A)	Ereignisse L _A S _{max} ≥ 57 dB(A) ⁶ nachts	Differenz L _d -TS 1	Differenz L _d -TS 2	Differenz L _n -53 dB(A)	Zahl der Ereignisse > 6
MP1	50.8	39.3	0	-14.2	-9.2	-13.7	nein

Tabelle 3-21: Vergleich Messungen Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [2]

Wie der Tabelle 3-21 zu entnehmen ist, liegen die Pegel und Überflughäufigkeiten (nachts) deutlich unter den Schwellen des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm.

3.5 Wertverfall

Der Wertverfall ist im Einzelfall nur schwer nachweisbar. Geht man von einem Wertverfall von 1% je dB bei einer Schwelle von 55 dB(A) (L_{dn}) aus [37], ergibt sich für den Messpunkt kein Wertverfall nach dieser Faustformel. Der Wertverfall im Einzelnen kann je nach sonstigen örtlichen Gegebenheiten hiervon abweichen [siehe z.B. 38].

⁶ der Pegel 57 dB(A) ist der Pegel im Rauminnen. Der Pegel außen ist 15 dB höher, d.h. 72 dB(A)

4 Zusammenfassung

Für den Bereich Mülheim Mintard ergeben sich im langfristigen Mittel Fluglärmpegel (L_{eq3}) von tags 50.8 dB(A) und nachts 39.3 dB(A). Im Mittel ergeben sich tags ca. 189 deutlich wahrnehmbare Flugereignisse, nachts ca. 15. Diese Werte beziehen sich dabei tags auf die 16 Tagstunden (6-22 Uhr) bzw. die 8 Nachtstunden (22-6 Uhr). Nachts konzentriert sich der Flugbetrieb jedoch in der Stunde von 22 bis 23 Uhr. Hier werden im Mittel Pegel von 47.3 dB(A) und eine Überflugzahl von ca. 12 erreicht, d.h. der Nachtbetrieb findet zu ca. 80 % in dieser Stunde statt.

An extremen Tagen/Nächten werden Fluglärmpegel von tags 53.9 dB(A) und nachts 42.6 dB(A) erreicht. Einzelne Überflüge erreichen dabei Pegel (L_{Amax}) von bis zu 79.7 dB(A).

E. Wesemann

Dr. Knauß

5 Schrifttum

- [1] DIN 45643 Teil 1, Messung und Beurteilung von Flugzeuggeräuschen, Mess- und Kenngrößen, Beuth-Verlag, Berlin, Okt. 1984

DIN 45643 Teil 2, Messung und Beurteilung von Flugzeuggeräuschen, Fluglärmüberwachungsanlagen im Sinne von § 19a Luftverkehrsgesetz, Beuth-Verlag, Berlin, Okt. 1984

DIN 45643 Teil 3, Messung und Beurteilung von Flugzeuggeräuschen, Ermittlung des Beurteilungspegels für Fluglärmimmissionen, Beuth-Verlag, Berlin, Okt. 1984
- [2] Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm in der Fassung der Bekanntmachung vom 31.10.2007
- [3] Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, März 1971 (BGBl. I S. 282)
- [4] Rechtliche Aspekte des neuen Fluglärmgesetzes, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Bd. 2 (2007) Nr. 6
- [5] DIN 45641, Mittelung von Schallpegeln, Beuth-Verlag, Berlin Juni 1990
- [6] DFG, Forschungsbericht, Fluglärmwirkung, eine interdisziplinäre Untersuchung des Fluglärms auf den Menschen, H.Boldt-Verlag, Boppard 1974.
- [7] 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), vom 12.06.1990 (BGBl. I. S. 1096)
- [8] Urteil OVG Rheinland Pfalz vom 01.07.1997, Az: 7 C 11843/93.OVG
- [9] BVerwGE 107, 313, Urteil v. 27.10.98 – 11 A 1.97 – (Flughafen Erfurt)
- [10] BVerwGE 87, 332, Urteil v. 29.01.91 – 4 C 51.89 – (Flughafen München II)
- [11] ISO 3891, Akustik – Verfahren zur Beschreibung von Fluglärm, der am Boden gehört wird, Beuth-Verlag, Berlin, Januar 1978
- [12] K. D. Kryter The Effects of Noise on Man, AP Press 1998
- [13] H.M.E. Miedema, Response function for environmental noise in residential areas TNO-Gezondheidsonderzoek, Sept. 1992, NIPG-No. 92.021

- [14] Assessing noise exposure for public health purposes, 1997 Health Council of the Netherlands, No. 1997/23E
- [15] Schultz, Theodore J. „Synthesis of social surveys on noise annoyance“, Acoust. Soc. Am. 64(2), 337-405 (August 1987)
- [16] ISO 1996-1, Acoustics – Description, assessment and measurement of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures, Entwurf 13.07.2000
- [17] EU Position Paper on Dose Response Relationships between Transportation Noise and Annoyance, 20. Februar 2002
- [18] Gutachten, Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens, im Auftrag des RDF, erstellt durch ZEUS GmbH, 2006
- [19] DIN 45645 Teil 1, Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Beuth-Verlag, Berlin, Januar 1994
- [20] DIN 45680, Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft, Beuth-Verlag, Berlin, 1997-03
- [21] TA-Lärm, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, rechtsgültige Fassung vom 26.08.1998, GMBI 1998, Nr. 26, Seite 503)
- [22] Urteil OLG Koblenz vom 06. Mai 1998 wegen Entschädigung für Lärmbeeinträchtigung durch Militärflughafen
- [23] Leitlinie zur Berechnung und Beurteilung der Fluglärmimmissionen in der Umgebung von Landeplätzen durch die Immissionsschutzbehörde der Länder (Landeplatz-Fluglärmrichtlinie) Entwurf, Entwurfsverfasser: B.M. Vogelsang (NLÖ 2.2000)
- [24] Jens Ortscheid, Heidemarie Wende, Fluglärmwirkungen, Umweltbundesamt, Dt. Bundestag Drucksache 13/11140, 36.6.1998
- [25] 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verkehrswege-Schallschutzmassnahmenverordnung – 24. BImSchV, in der Fassung vom 23.09.1997 (BGBl. I S. 2329-2344)
- [26] Richtlinie für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstrassen in der Baulast des Bundes – VLärmSchR 97 – Verkehrsblatt, Amtlicher Teil, 1997, 434

- [27] B. Griefahn, G. Jansen, K. Scheuch, M. Spreng, Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49 (2002) Nr. 5 - September
- [28] Maschke, Gutachterliche Stellungnahme zum Lärmmedizinischen Gutachten im Planfeststellungsverfahren Flughafen Kassel-Calden, Entwurf Stand Dez. 2005-12-20
- [29] Maschke, Hecht: Pathogenesemechanismen bei lärminduzierten Krankheitsbildern – Schlussfolgerungen aus dem Spandauer Gesundheits-Survey
- [30] Überblick nationaler und internationaler Fluglärmschutzkonzepte, Öko-Institut, Darmstadt, 03/2003
- [31] Griefahn, Taschenbuch der Technischen Akustik 2. Auflage, Springer Verlag 69-85
- [32] Das Mediationsverfahren Flughafen Frankfurt 2000, Hessische Staatskanzlei, Wiesbaden
- [33] Fraport Synopse weiter fraglich, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Bd. 2 (2007) Nr. 6
- [34] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Nachtfluglärmwirkungen, Band 1, Zusammenfassung, M. Basner et al., April 2004
- [35] Grenzwerte vegetativer Belastbarkeit, B. Griefahn, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 29, 131-136 (1982)
- [36] DIN 33410, Sprachverständigung in Arbeitsstätten unter Einwirkung von Störgeräuschen – Begriffe, Zusammenhänge, Beuth-Verlag, Berlin, Dezember 1981
- [37] Penn-Bressel, G., Umweltbundesamt, Immobilien, Verkehrslärm und Wohnstandortverhalten, Auswirkungen auf Mieten und Immobilienpreise. Die freie Wohnungswirtschaft, Zeitschrift des Bundesverbandes freier Wohnungsunternehmen, Oktober 1988
- [38] Immobilien und Fluglärm, F. Thießen, Stephan Schnorr, Technische Universität Chemnitz, WWDP 69/2005 ISSN 1618-1352
- [39] VDI 3723 Bl. 1, Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschimmissionen, Beuth-Verlag, Berlin, Mai 1993

Datenträger

mit Bericht und Anhängen A bis F