



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Landwirtschaft,
Umweltschutz und Raumordnung



Schallimmissionen im Umfeld von Verkehrslandeplätzen im Land Brandenburg

Die Ausweisung von Planungszonen Siedlungsbeschränkung – ein Beitrag zum Immissionsschutz

Studien und Tagungsberichte
Band 43



LANDESUMWELTAMT
BRANDENBURG

Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe - ISSN 0948-0838

Herausgeber:

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)

Berliner Straße 21–25

14467 Potsdam

Tel.: 03 31 - 2 32 32 59

Fax: 03 31 - 29 21 08

E-mail: infoline@lua.brandenburg.de

Band 43

Schallimmissionen im Umfeld von Verkehrslandeplätzen im Land Brandenburg

Die Ausweisung von Planungszonen Siedlungsbeschränkung – ein Beitrag zum Immissionsschutz

Bearbeitung:

LUA, Abteilung Immissionsschutz, Referat Lärm- und Schwingungsschutz I7

Dr. rer. nat. H.-J. Albrecht; Dipl. Ing. (FH) W. Fiebig; Dipl. Phys.

E. Peters; Dipl. Ing.(FH) H. Schimke

Potsdam/Frankfurt (Oder), im April 2003

Gesamtherstellung: Digital und Druck, Inh. Matthias Greschow, 03119 Welzow

Schutzgebühr 7 EUR



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Schallimmissionen im Umfeld von Verkehrslandeplätzen im Land Brandenburg

Die Ausweisung von Planungszonen Siedlungsbeschränkung – ein Beitrag zum Immissionsschutz

Studien und Tagungsberichte

Band 43



LANDESUMWELTAMT
BRANDENBURG

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	3
1 Einleitung	3
2 Flugplätze im Land Brandenburg	4
3 Berechnungsgrundlagen	6
3.1 Flugzeuggruppen	6
3.2 Flugbewegungen	7
3.2.1 Zeitliche Verläufe der Flugbewegungen	7
3.2.2 Flugstrecken	8
3.2.3 Anzahl der Flugbewegungen in den verschiedenen Flugzeuggruppen	15
3.3 Schallemissionsdaten motorgetriebener Propellerflugzeuge	16
3.3.1 Datengrundlage zur Bestimmung der Schallemission	16
3.3.2 Ermittlung der Schallemission von Propellerflugzeugen bis 9 t aus technischen Parametern	18
3.3.3 Vergleich messtechnisch ermittelter Schallemissionsdaten mit Daten, die für die Berechnung der Planungszonen Siedlungsbeschränkung verwendet wurden	21
4 Ergebnisse der Schallimmissionsberechnungen als Grundlage für die Ausweisung von Planungszonen Siedlungsbeschränkung	22
5 Verzeichnisse	24
Quellenverzeichnis	
Verzeichnis der Abbildungen	
Verzeichnis der Tabellen	
Verzeichnis der Abkürzungen	

Zusammenfassung

Zur Gewinnung von objektiven Modelleingangsgrößen für akustische Berechnungen wurden vom Landesumweltamt Brandenburg Untersuchungen über den Flugbetrieb an verschiedenen Verkehrslandeplätzen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die meisten Flugbewegungen an den Wochenendtagen erfolgen. Das sind gleichzeitig die Tage mit der höchsten Störwirkung. Es wird eine allgemeine Beziehung zwischen der Zahl der Flugbewegungen in den sechs verkehrsreichsten Monaten und dem prozentualen Anteil am Wochenende angegeben.

Es wurden systematische Abweichungen von der vorgeschriebenen Flugroute in der Platzrunde festgestellt. Die Abweichung wächst mit dem Abstand des Flugzeugs vom Abrollpunkt. Sie erreicht nach der vierten Kurve ihr Maximum und ist im Endanflug nahezu Null.

Die Zahl der in Deutschland zugelassenen motorgetriebenen Luftfahrzeuge hat sich seit 1985 um nahezu 4.000 auf ca. 12.000 im Jahr 2001 erhöht. Der relative Anteil der Flugzeuge bis 2 t verringerte sich in demselben Zeitraum um etwa 10 % auf ca. 60 %. Festgestellt wurde die Zunahme des Anteils von Flugzeugen, die die Bedingungen des erhöhten Schallschutzes erfüllen. Dieser Anteil übersteigt in der Klasse bis 2 t im Jahr 2001 mit etwa 48 % den Anteil von Flugzeugen, die nur das Kriterium einfacher Schallschutz erreichen, um etwa 10 %. Es deutet sich hier eine langsame Veränderung des Flottenmix an.

Es wurde die Abhängigkeit der Schallemission von technischen Parametern der Propellerflugzeuge bis 9 t untersucht, und es wurden Beziehungen zur Berechnung der Schalleistungspegel für den Horizontalflug bei maximaler Dauerleistung und für den Steigflug gefunden.

Der Schalleistungspegel der Flugzeuggruppe P 1.3 der Landeplatz-Fluglärmleitlinie (AzB-L) [7] aus dem Jahre 1997 stimmt gut überein mit dem Schalleistungspegel von Flugzeugen mit einer Starthöchstmasse bis 2 t, die die Bedingungen des einfachen Schallschutzes erfüllen.

Nach Abschluss der Arbeiten am vorliegenden Bericht wurden im November 2002 die Schallemissionsdaten der AzB-L von 1997 überarbeitet. Dabei wurde berücksichtigt, dass der normale Flugbetrieb nicht mit maximaler Dauerleistung und mit maximaler Zuladung erfolgt. Daraus resultieren insbesondere für die Klasse P 1.3 für den Horizontalflug geringere Schalleistungspegel. Die Schallimmissionsberechnungen erfolgen nicht mehr für eine worst-case-Situation.

Es ist zu erwarten, dass die Geräuschimmissionen im Umfeld von Flugplätzen realistischer dargestellt werden. Die Planungszonen Siedlungsbeschränkung werden bei gleicher Flugbewegungszahl kleiner sein. Neu auszuweisende Wohnbebauung kann zukünftig wieder dichter an die Flugplätze heranrücken. Mit der zunehmenden Besiedlungsdichte im Umfeld der Flugplätze werden auch die Belästigungszahlen ansteigen. Das führt dazu, dass der Druck auf die Flugplätze zunimmt.

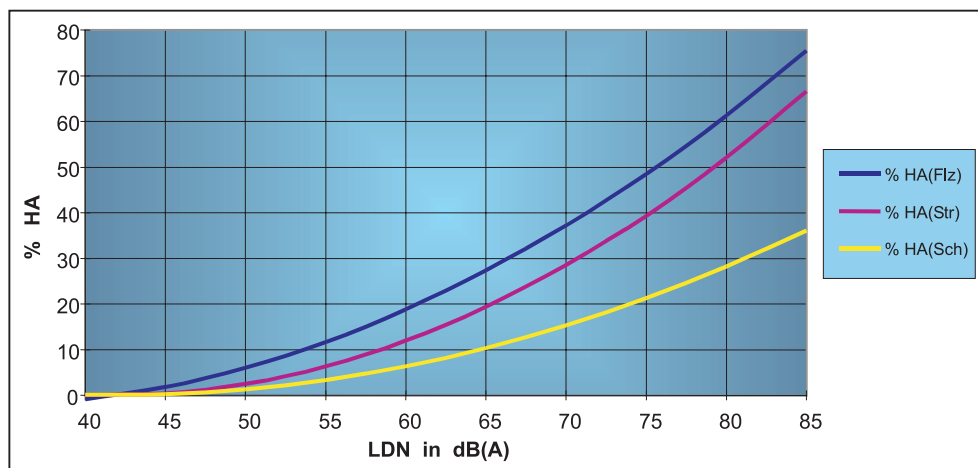
1 Einleitung

Nach Erhebungen des Umweltbundesamtes [1] ist in Deutschland der Flugverkehr nach dem Straßenverkehr die zweithäufigste Ursache für Belästigungen durch Lärm. Danach fühlten sich im Land Brandenburg im Jahre 1998 11,4 % der Einwohner durch Fluglärm belästigt. Die im Folgenden dargestellten

Untersuchungen des Landesumweltamtes Brandenburg sollen dazu beitragen, dass dieser Anteil nicht weiter ansteigt.

Die Störwirkung der durch den Luftverkehr verursachten Geräusche ist größer als die Störwirkung durch den Straßen- oder Schienenverkehr [2] (Abb. 1).

Abb. 1:
Prozentualer Anteil stark belästigter Personen (%HA) in Abhängigkeit vom Außenpegel (LDN) für verschiedene Geräuschquellen [2]
Flz: Luftverkehr; Str: Straßenverkehr; Sch: Schienenverkehr



Die Ursachen für die unterschiedlichen Störwirkungen sind vielfältig. Eine Ursache besteht darin, dass man sich vor Straßen- oder Schienenverkehrsgläuschen leichter schützen kann als vor Flugzeuggeräuschen. Die Verlagerung des Aufenthaltsortes auf die der Straße oder Schiene abgewandten Seite des Hauses bewirkt eine spürbare Pegelminderung. Hinzu kommt, dass an den Verkehrslandeplätzen häufig ein ausgeprägter Wochen- gang mit einem Maximum der Flugbewegungen an den Wochenenden in den Sommermonaten zu verzeichnen ist. Dadurch kommt es zu Interessen- und Nutzungskonflikten mit den Bürgern, die an den Wochenenden im Freien Ruhe und Entspannung suchen.

Diese Nutzungskonflikte sind um so größer, je größer die Zahl der Flugbewegungen und je größer die Besiedlungsdichte im Umfeld der Flugplätze ist. Weiterhin ist zu beobachten, dass (ohne genauere Zahlen nennen zu können) die Belästigung von Bürgern, die ihren Wohnsitz aus innerstädtischen Bereichen in den ländlichen Raum in die Nähe von Flugplätzen verlagert haben, vergleichsweise hoch ist. In der Vorstellung vieler Menschen ist der ländliche Raum mit „Ruhe und Frieden“ verknüpft. Entsprechend [3] ist die Störwirkung von Geräuschen in Gebieten mit einem niedrigen Umgebungsgeräuschpegel höher als bei gleichem Pegel in Gebieten mit einem hohen Umgebungsgeräuschpegel.

2 Flugplätze im Land Brandenburg

Für die wirtschaftliche, touristische und soziale Entwicklung des Landes Brandenburg ist es erforderlich, auch den Luftverkehr angemessen zu entwickeln.

Vom Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr wurde im Jahre 1995 die Luftverkehrskonzeption [4] und im Jahre 2000 die erste Fortschreibung [5] erarbeitet. Darin wird der Rahmen für die Entwicklung des Luftverkehrs im Land Brandenburg umrissen. Die Konzeption gibt Auskunft über die Anzahl der Flugplätze im Land Brandenburg (Tab. 1 und Abb. 2).

Um zu verhindern, dass die vorgesehene Entwicklung zu einer Verschärfung der Nutzungskonflikte und zu einer Zunahme der Belästigungen führt, wurden und werden vom Landesumweltamt Brandenburg entsprechend einer Empfehlung der Ministerkonferenz für Raumordnung aus dem Jahre 1998 [6] im Auftrag der Planungsbehörden für ausgewählte Verkehrslandeplätze akustische Berechnungen als Grundlage für die

Festlegung von Planungszonen Siedlungsbeschränkung durchgeführt.

Tab. 1: Anzahl der verschiedenen Flugplätze im Land Brandenburg

Flugplatzkategorie	Anzahl
Internationaler Verkehrsflughafen	1
Verkehrslandeplätze	14
Sonderlandeplätze	21
Segelfluggelände	4
Hubschraubersonderlandeplätze für die Luftrettung	15
Sonstige Hubschrauber-Sonderlandeplätze	5
Militärflugplätze	2



Flugzeuge, die für Verkehrslandeplätze typisch sind, auf der Abstellfläche in Schönhagen; Quelle: Flugplatzgesellschaft Schönhagen m.b.H.



Abb. 2: Lage der Flugplätze im Land Brandenburg (Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr)



Flug einer Aquilla über Schönhagen; Quelle: Flugplatzgesellschaft Schönhagen m.b.H.



Landeanflug auf den Flugplatz Stralsund; Quelle: Flugplatz Stralsund GmbH

3 Berechnungsgrundlagen

Für die Berechnung der Schallimmissionen wird die vom Länderausschuss für Immissionsschutz im Jahre 1997 veröffentlichte Landeplatz-Fluglärmleitlinie (AzB-L) [7] verwendet. Diese Leitlinie basiert im Wesentlichen auf dem im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm [8] festgelegten und in der Anleitung zur Berechnung (AzB) [9] beschriebenen Berechnungsverfahren.

Dieses Berechnungsverfahren mit den dazugehörigen akustischen und flugtechnischen Parametern der Flugzeugklassen wurde in den 70er Jahren für die Berechnung der Lärmschutzbereiche an Verkehrsflughäfen und Militärflugplätzen mit Strahlflugzeugen entwickelt. In der Landeplatz-Fluglärmleitlinie sind die akustischen und flugtechnischen Parameter sowie die Kennzeichnungszeit dem technischen Fortschritt, dem Typenmix und dem Flugbetrieb an Verkehrslandeplätzen angepasst.

Die Kennzeichnungszeit ist der Zeitabschnitt, für den die Kenngrößen die Geräuschimmission beschreiben und für den die Anzahl der Flugbewegungen zu ermitteln ist.

Als akustische Kenngröße werden in Anlehnung an die AzB zwei energieäquivalente Dauerschallpegel (L_a und L_b) ermittelt. Der Pegel L_a gilt für die Zeit von 06.00 bis 22.00 Uhr. Der Pegel L_b wird für den Zeitraum von 00.00 bis 24.00 Uhr bei Verwendung verschiedener Gewichtungsfaktoren für die Flugbewegungen im Zeitraum 06.00 bis 22.00 Uhr und im Zeitraum 22.00 bis 06.00 Uhr berechnet. Der größere Pegel ist der maßgebliche Fluglärmpegel. An Verkehrslandeplätzen ist das in aller Regel der Pegel L_a .

3.1 Flugzeuggruppen

Die AzB-L unterteilt die Flugzeuge entsprechend ihren technischen Parametern in verschiedene Flugzeuggruppen (Tab. 2).

Für die Ermittlung der Schallimmissionspegel in Raumordnungsverfahren bzw. im Rahmen der Bauleitplanung ist für jede Betriebsrichtung mit der vollen Zahl der Flugbewegungen zu rechnen (100 %-Regelung). Das Gebiet mit einem Mittelungspegel größer als 55 dB(A) wird als Planungszone der Siedlungsbeschränkung bezeichnet. Innerhalb dieser Zone sollen in Flächennutzungsplänen, Bebauungsplänen sowie Vorhaben- und Erschließungsplänen keine neuen Flächen für Wohnnutzungen oder schutzbedürftige Einrichtungen ausgewiesen werden.

Das Berechnungsverfahren der Landeplatz - Fluglärmleitlinie (AzB-L) weist gegenüber dem der AzB folgende Modifikationen auf:

- (1) Verwendung des Halbierungsparameters $q = 3$
- (2) Einwirkzeit wird berechnet aus $0,5 \cdot t_{10}$
(t_{10} ist die Zeit, in der der Schalldruckpegel 10 dB niedriger als der Maximalpegel ist – 10 dB down time)
- (3) Variable Kennzeichnungszeit

Vom Landesumweltamt Brandenburg können zusätzlich zu dem in der AzB-L definierten Pegel auch die Pegel allein für den Zeitraum 22.00 bis 06.00 Uhr und für die lauteste Nachtstunde berechnet werden. Darüber hinaus können die Maximalpegel und die Häufigkeitsverteilung der Maximalpegel ermittelt werden.

Jeder Flugzeuggruppe werden für die Startphase und für den Landeanflug spezielle akustische und flugtechnische Daten zugeordnet. Dadurch wird sichergestellt, dass für alle Flugplätze die gleichen Flugzeugklassendaten verwendet werden.

Flugzeuggruppe	Erläuterung
P 1.1	Motorgetriebene Luftsportgeräte und Motorsegler
P 1.2	Propellerflugzeuge beim Segelflugschlepp mit einer M_{max} bis 2 t
P 1.3	Propellerflugzeuge mit einer M_{max} bis 2 t
P 1.4	Propellerflugzeuge mit einer M_{max} über 2 bis 5,7 t
P 2.1	Propellerflugzeuge mit einer M_{max} über 5,7 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 10 entsprechen [11]
P 2.2	Propellerflugzeuge mit einer M_{max} über 5,7 t, die nicht der Flugzeuggruppe P 2.1 zugeordnet werden können
S 1.0	Strahlflugzeuge mit einer M_{max} bis 34 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die zivile Luftfahrt, Band I, Kapitel 2 entsprechen [11]
S 5.1	Strahlflugzeuge mit einer M_{max} bis 50 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 entsprechen [11]

Tab. 2:
Zuordnung der Flugzeuge entsprechend ihrer Höchstabflugmasse M_{max} zu Flugzeuggruppen [7]

3.2 Flugbewegungen

3.2.1 Zeitliche Verläufe der Flugbewegungen

Der Flugbetrieb an Verkehrslandeplätzen weist einen ausgeprägten Jahresgang mit einem Maximum in den Sommermonaten und einem Minimum in den Wintermonaten auf (Abb. 3).

Die Berechnung der Schallimmissionen erfolgt im Land Brandenburg auf der Grundlage der Flugbewegungszahlen der sechs verkehrsreichsten Monate.

Wie eingangs schon erwähnt, ist die Störwirkung des Flugbetriebes an Verkehrslandeplätzen an den Wochenenden im Sommerhalbjahr besonders groß. Deshalb wurden vom Landesumweltamt Brandenburg Untersuchungen über den Anteil der Flugbewegungen an den Wochenendtagen Samstag und Sonntag durchgeführt.

Als Beispiele für den Wochengang sind in Abbildung 4 die wöchentlichen Verläufe der Anzahl der Flugbewegungen für die drei Flugplätze Schönhagen, Strausberg und Finow in den Jahren 1992, 1994 und 2000 dargestellt. Das Maximum der Flugbewegungen fällt immer auf das Wochenende. Vom Landesumweltamt Brandenburg werden deshalb in Übereinstimmung mit [7] die Wochenendtage der sechs verkehrsreichsten Monate als Kennzeichnungszeit verwendet.

Den allgemeinen Zusammenhang zwischen der Zahl der Flugbewegungen in den sechs verkehrsreichsten Monaten und ihrem prozentualen Anteil an den Wochenenden zeigt Abbildung 5. Daraus ist ersichtlich, dass mit zunehmender Anzahl der Flugbewegungen ihr prozentualer Anteil an den Wochenenden abnimmt.

Abb. 3:
Jahresgang der Flugbewegungen an zwei Flugplätzen im Land Brandenburg

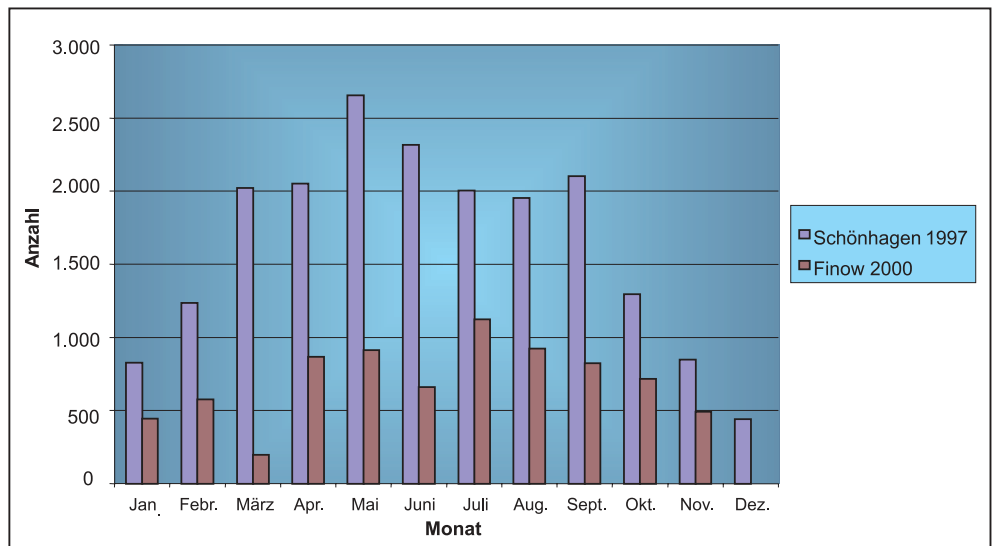
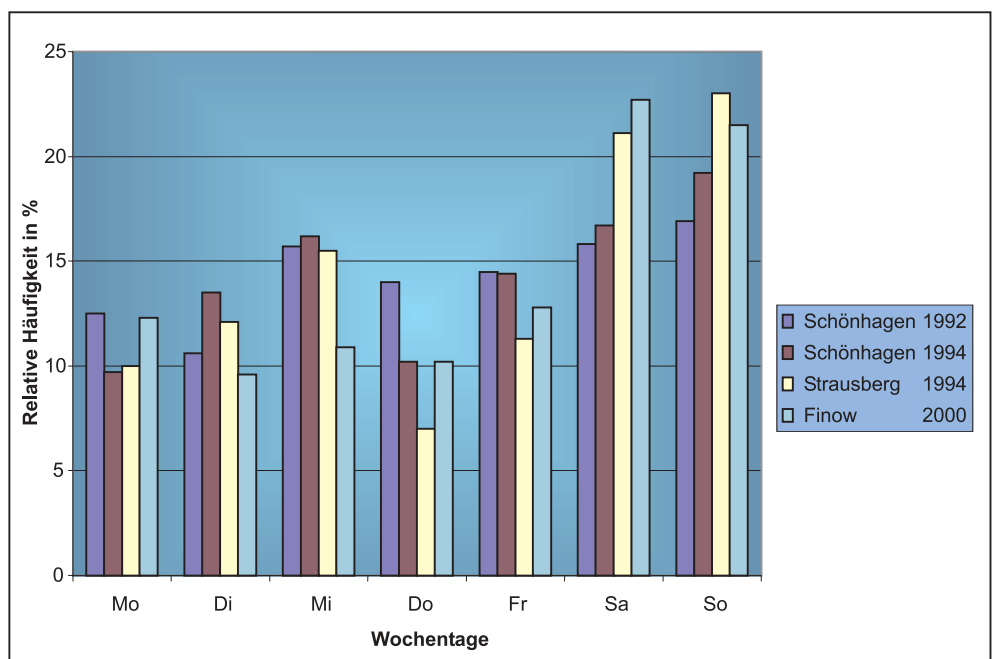


Abb. 4:
Relative Häufigkeit der Starts an den einzelnen Wochentagen der sechs verkehrsreichsten Monate an drei Flugplätzen im Land Brandenburg



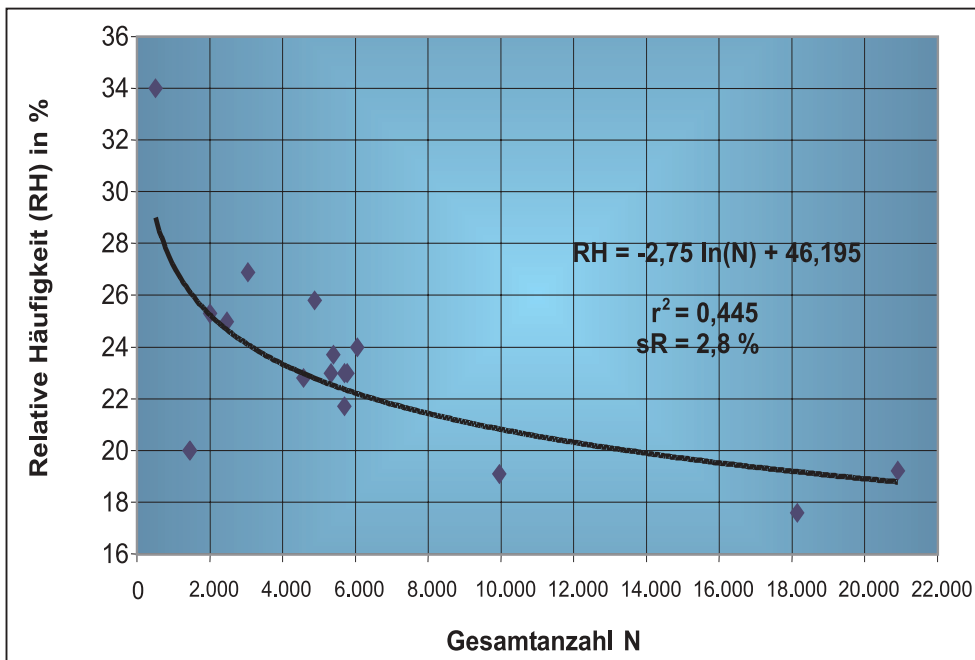


Abb. 5:
Relative Häufigkeit (RH) der Starts an den Wochenenden (Samstag oder Sonntag) der sechs verkehrsreichsten Monate in Abhängigkeit von der Gesamtanzahl (N)

3.2.2 Flugstrecken

Die Analyse des Flugbetriebes schließt eine Untersuchung über die Verteilung der Flugbewegungen auf den verschiedenen An- und Abflugstrecken einschließlich der Häufigkeit von Platzrundenflügen ein. Die Aufteilung in Platzrunden- und Streckenflüge kann den Aufzeichnungen, die an jedem Flugplatz vorliegen, entnommen werden.

In Tabelle 3 ist der prozentuale Anteil der Platzrundenflüge und Streckenflüge am Gesamtaufkommen der Flugbewegungen beispielhaft für verschiedene Flugplätze im Land Brandenburg zusammengestellt. Daraus ist erkennbar, dass mehrfach etwa die Hälfte der Flugbewegungen aus Flügen im Platzrundenbereich resultiert. Die Zunahme der relativen Häufigkeit der Platzrundenflüge an einigen Flugplätzen im Jahr 2000 im Vergleich zu 1998 kann an einer Veränderung bei der Erfassung der Flugbewegungen liegen. Seit 1999 erfolgt die Aufbereitung der jährlichen Statistik der Flugbewegungen nicht mehr durch das Landesamt für Bauen, Verkehr und Straßenwesen (LBVS), sondern durch das Statistische Bundesamt. Bis 1998 wurden auch erweiterte Platzrundenflüge ausgewiesen. Diese Flüge wurden den Streckenflügen zugeordnet.

In der Statistik des Jahres 2000 fehlt diese Zuordnung. Neu ist eine Kategorie Rundflüge. Es muss verfolgt werden, wie sich die beiden Anteile in den nächsten Jahren entwickeln. Als erste Näherung wird zunächst weiterhin angenommen, dass Platzrundenflüge und Streckenflüge etwa zu gleichen Anteilen realisiert werden.

Die Lage der Platzrunde kann der jeweiligen Sichtenflugkarte des Flugplatzes entnommen werden. Die An- und Abflugstrecken mit den dazugehörigen Flugbewegungen sind vom Flugplatzbetreiber vorzugeben. Hierzu ist anzumerken, dass der Flugbetrieb an kleineren Verkehrslandeplätzen im Allgemeinen nach Sichtflugregeln erfolgt. Es sind keine regulären An- und Abflugrouten festgelegt. Es lassen sich jedoch häufig genutzte Flugwege angeben, die hilfsweise der Berechnung

Tab. 3:

Prozentualer Anteil der Platzrundenflüge (PR) und Streckenflüge (STR) am Gesamtaufkommen der Flugbewegungen

Flugplatz	1997		1998		2000	
	PR	STR	PR	STR	PR	STR
Bienenfarm	53,6	46,2	54,1	45,9	68,0	32,0
Dedelow	33,2	66,8	36,7	63,3	58,4	41,6
Eggersdorf	63,5	36,5	62,6	37,2	68,7	31,3
Finow	39,0	61,0	37,5	62,5	54,1	45,9
Neuhausen	41,7	58,3	42,2	57,8	49,4	50,6
Oehna	54,8	45,2	57,6	42,4	59,9	40,1
Schönhagen	48,0	52,0	48,1	51,9	62,5	37,5
Strausberg	47,1	52,9	45,2	54,8	65,6	34,4

zugrunde gelegt werden. In den Sichtenflugkarten sind diese Flugrouten nicht enthalten. Hier ist nur die Lage und die Flughöhe in der Platzrunde vorgeschrieben.

Eine weitere Eingangsgröße bei den akustischen Berechnungen ist die Korridorbreite entlang der Flugstrecken. Die Flugplatzbetreiber können in der Regel darüber keine Auskunft geben. Deshalb wurden vom Landesumweltamt im Bereich der Platzrunden verschiedener Flugplätze im Land Brandenburg spezielle Untersuchungen zur Ermittlung der Flugbahn mittels optischer und laseroptischer Messungen durchgeführt.

Abbildung 6 zeigt eine schematische Platzrunde mit der Lage der Messpunkte für die fluggeometrischen Untersuchungen. Die Messungen erfolgten an mehreren Flugplätzen immer synchron an zwei Messstellen. Die geradlinige Verbindung zwischen den beiden Messstellen befand sich im rechten Winkel zur Flugrichtung. Aus diesen Messungen wurden die Korridorbreite (b) sowie die Verteilungsfunktionen $v(\eta)$ nach AzB [9] und die tatsächliche Verteilungsfunktion $f(u)$ für eine Normalverteilung nach Gauß ermittelt.

Für $v(\eta)$ gilt:

$$(1) \quad v(\eta) = 30 \cdot [(0,25 - \eta(\rho))^2]$$

$$\eta(\rho) = \rho/b$$

ρ : Abstand des Lotpunktes des Flugzeugs von der Projektion der vorgeschriebenen Flugstrecke auf die Erdoberfläche

b : Korridorbreite

Unter der Voraussetzung, dass alle Flugbewegungen im Platzrundenbereich innerhalb eines gewissen Korridors erfolgen, gilt für Verkehrslandeplätze folgender Zusammenhang:

$$(2) \quad b = 4,8 \cdot \sigma_p$$

σ_p Streuung

Für $f(u)$ gilt:

$$(3) \quad f(u) = \frac{\Phi(u)}{\sigma_p} \cdot b$$

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{u(p)^2}{2}\right)$$

$$u(p) = \frac{\rho - \mu_p}{\sigma_p}$$

μ_p - Mittelwert der Abweichung von der vorgeschriebenen Platzrunde

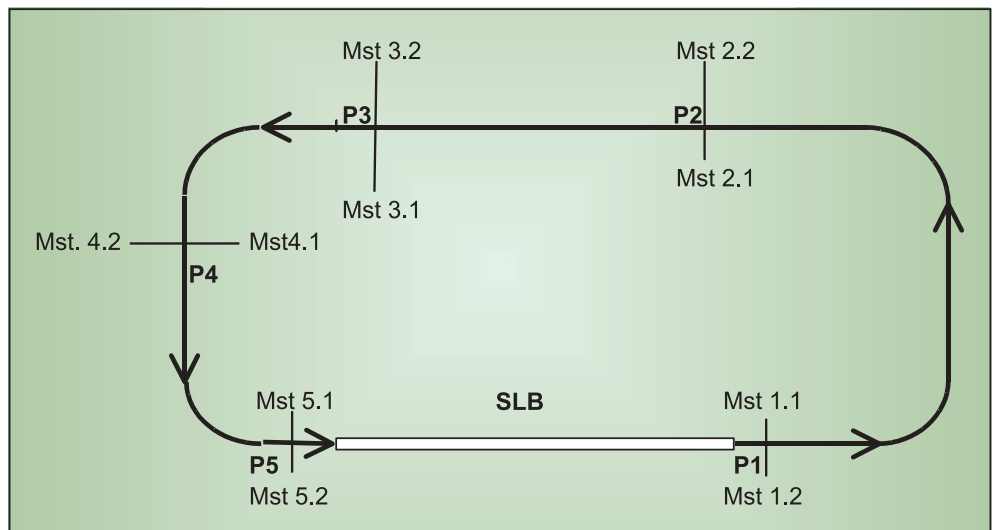


Abb. 6:
Schematische Platzrunde mit Messpunkten (P1 bis P5) und Messstellen (Mst) zur Untersuchung der fluggeometrischen Parameter

Im Folgenden werden die Messergebnisse in Form von Punktwolken und als Verteilungsdichtefunktionen in der Reihenfolge der Messpunkte P1 bis P5 dargestellt. In den Punktwolken (Abb. 7 bis 11) bedeuten positive Werte Abweichungen in Flugrichtung gesehen nach rechts und negative Werte Abweichungen nach links.

In den Abbildungen 7a bis 11a wird die tatsächliche Verteilungsdichtefunktion $f(u)$ der Verteilungsdichtefunktion $v(\eta)$ nach AzB gegenübergestellt. Man erkennt zunächst, dass die Verteilungsfunktion nach AzB achsensymmetrisch zur Flugstrecke angeordnet ist. Der Schwerpunkt der tatsächlichen Verteilungsfunktion verlagert sich in Flugrichtung gesehen systematisch nach rechts, d. h. nach außerhalb der Platzrunde.

Der Schwerpunkt der Abweichung erreicht am Messpunkt P4 mit fast 500 m ein Maximum. Im Endanflug (P5) ist sie fast Null.

Diese Untersuchungen zeigen, dass mit größeren Abweichungen von der vorgeschriebenen Platzrunde zu rechnen ist. Dieses kann dann bedeutsam sein, wenn sich geräuschempfindliche Baugebiete in unmittelbarer Nachbarschaft der Flugplätze befinden. In diesen Fällen ist es empfehlenswert, dass der Gutachter neben den akustischen auch fluggeometrische Untersuchungen durchführt. Werden dabei systematische Abweichungen von der vorgeschriebenen Flugstrecke Platzrunde festgestellt, muss der Flugplatzbetreiber durch die zuständige Behörde beauftragt werden, die Einhaltung der festgelegten Platzrunde am Flugplatz zu gewährleisten.

linkes Bild: Flug einer Cessna über Fürstenwalde;
Quelle: Flugplatzbetriebsgesellschaft Fürstenwalde



rechtes Bild: Landung einer Cessna 150 am Flugplatz Neuhausen;
Quelle: Flugplatzgesellschaft Cottbus-Neuhausen m.b.H.



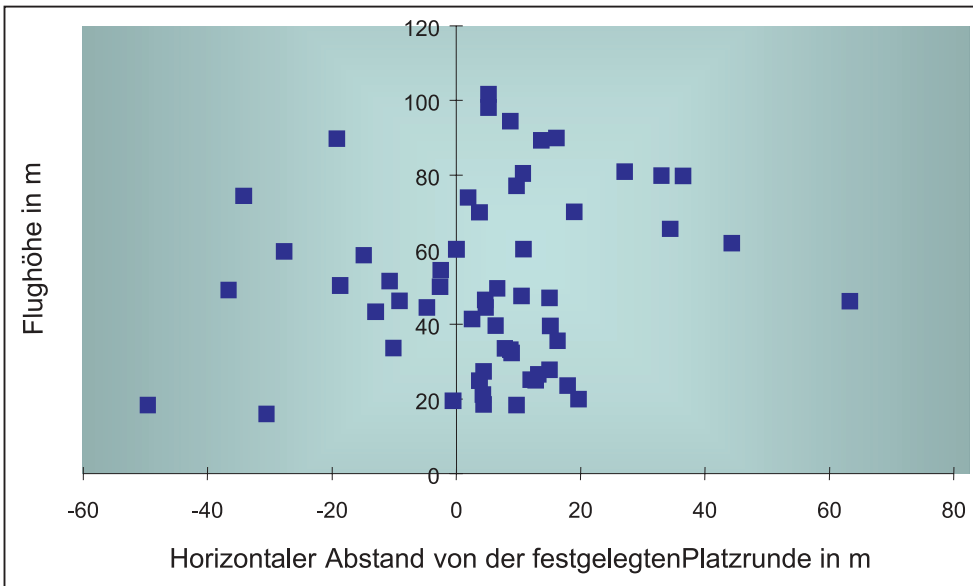


Abb. 7:
Verteilung der Flugzeuge am
Messpunkt P1

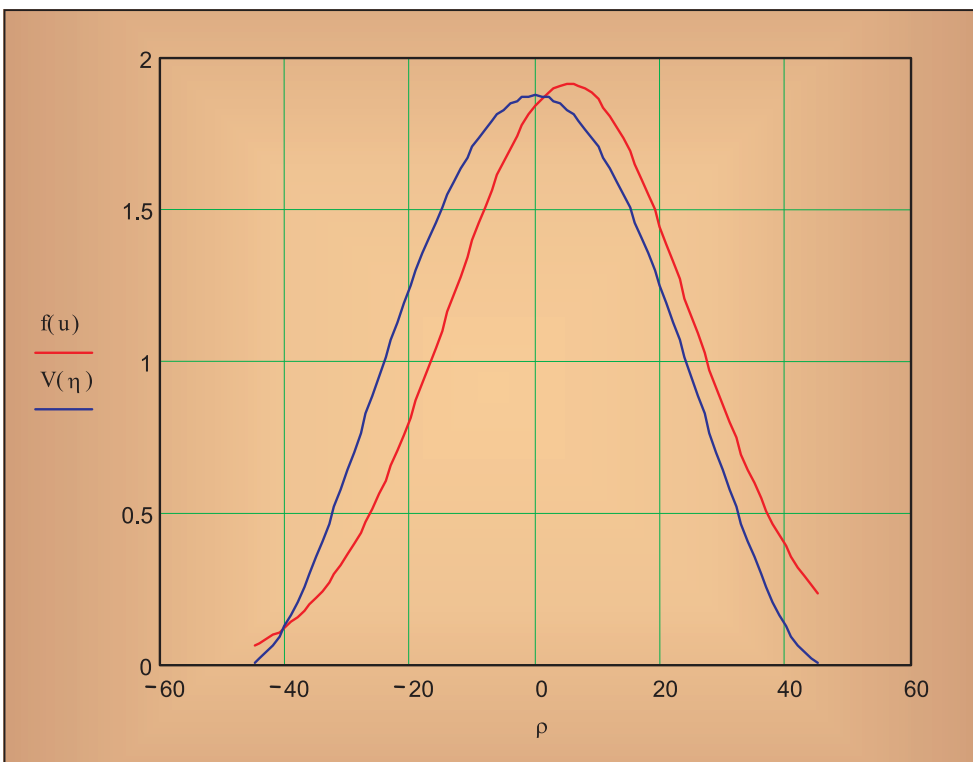


Abb. 7a:
Verteilungsdichtefunktionen
am Messpunkt P1

$f(u)$: Tatsächliche Verteilungsfunktion
 $v(\eta)$: Verteilungsfunktion nach AzB
 ρ : horizontaler Abstand von der
festgelegten Platzrunde in m

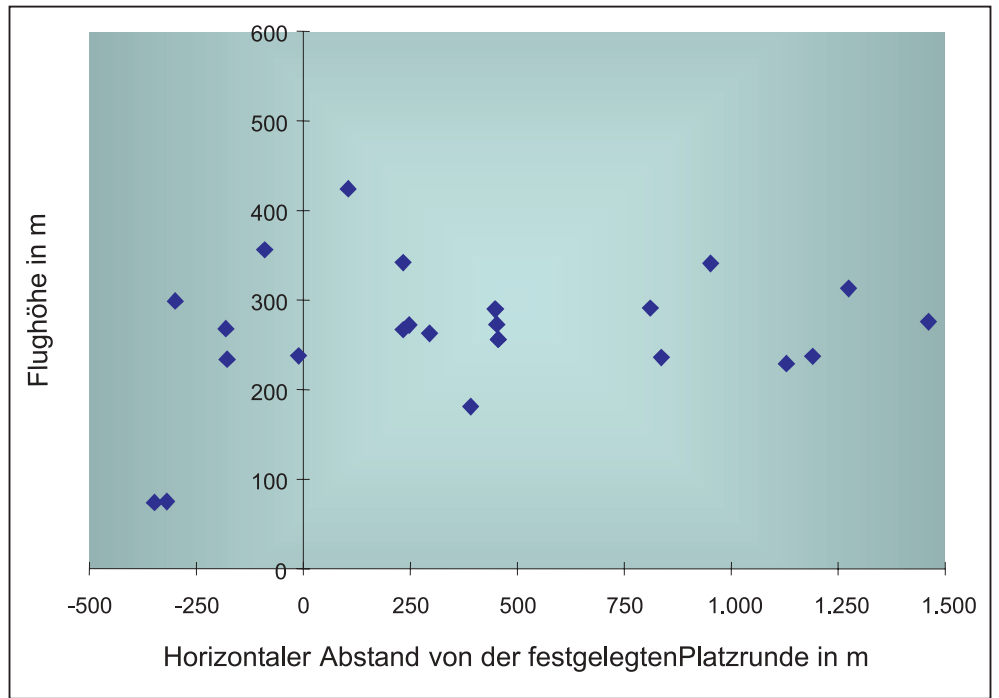


Abb. 8:
Verteilung der Flugzeuge am
Messpunkt P2

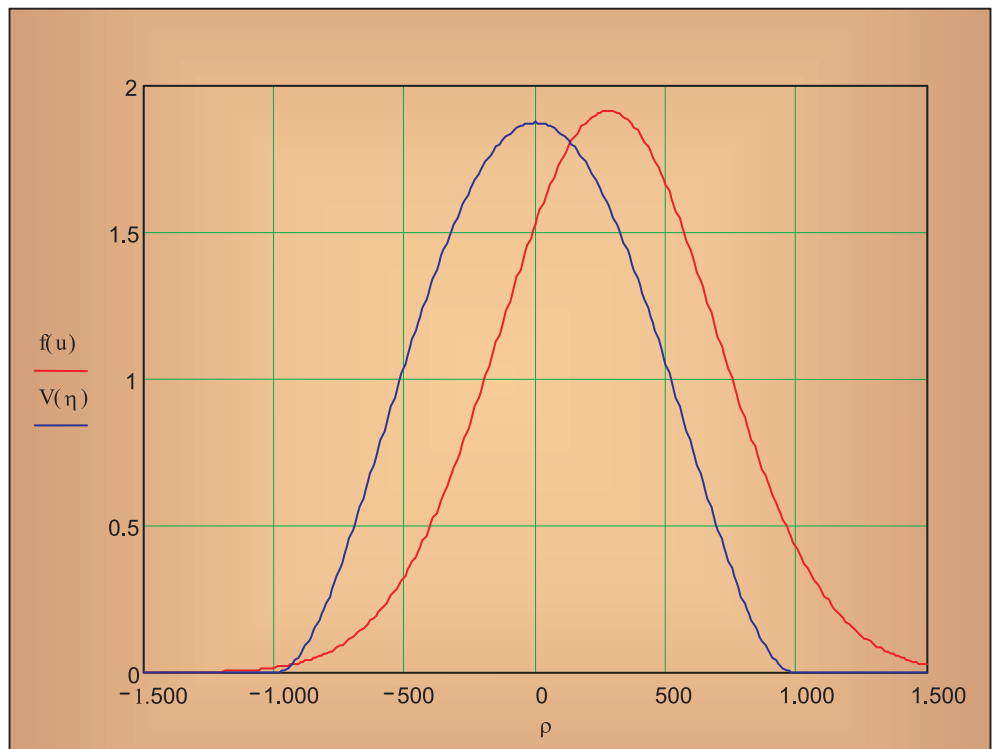


Abb. 8a:
Verteilungsdichtefunktionen
am Messpunkt P2

$f(u)$: Tatsächliche Verteilungsdichte-
funktion
 $v(\eta)$: Verteilungsdichtefunktion nach
AzB
 ρ : horizontaler Abstand von der
festgelegten Platzrunde in m

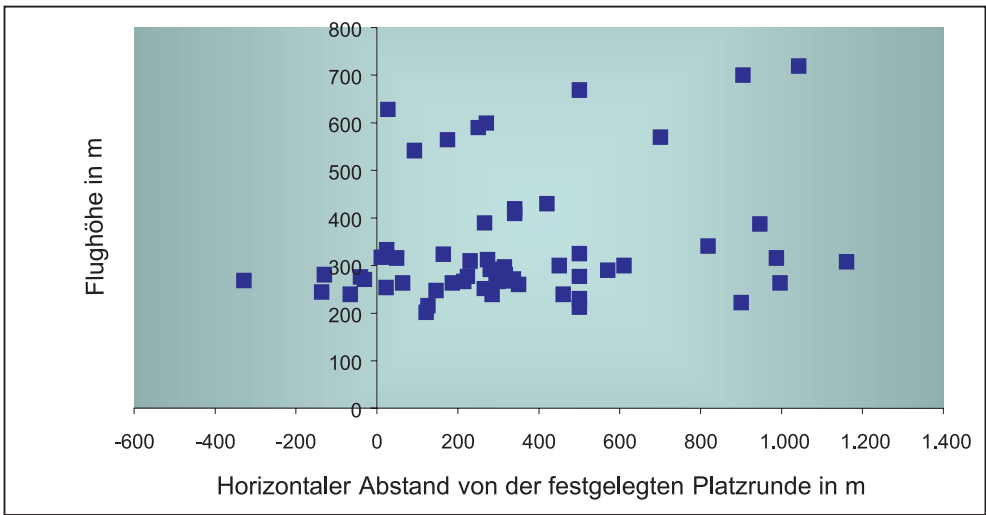


Abb. 9:
Verteilung der Flugzeuge am Messpunkt P3

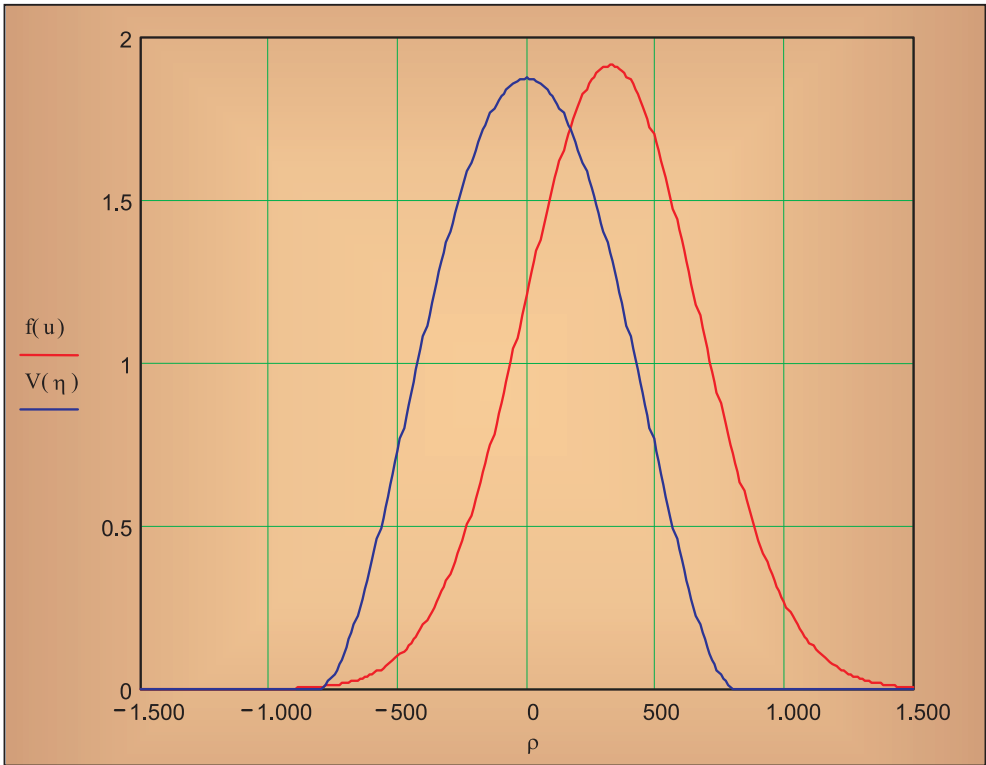


Abb. 9a:
Verteilungsdichtefunktionen am Messpunkt P3

$f(u)$: Tatsächliche Verteilungsfunktion
 $v(\eta)$: Verteilungsfunktion nach AzB
 ρ : horizontaler Abstand von der festgelegten Platzrunde in m

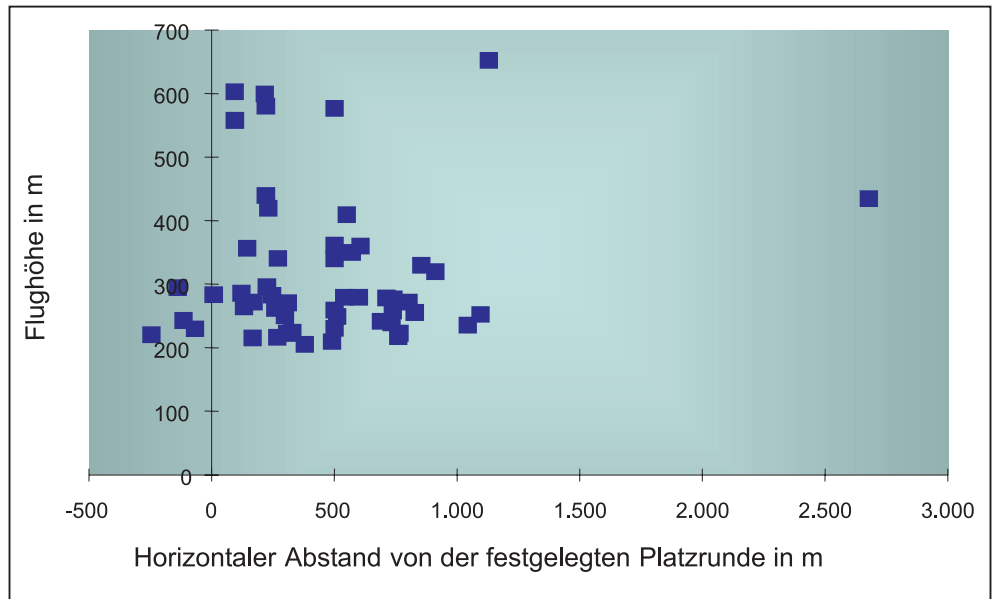


Abb. 10:
Verteilung der Flugzeuge am
Messpunkt P4

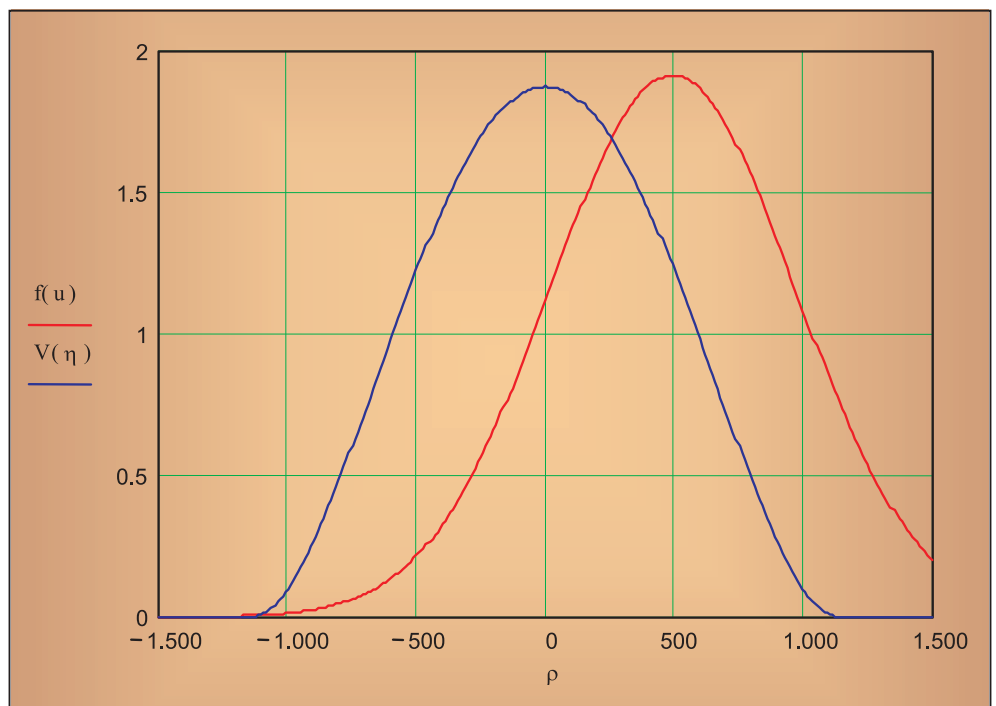


Abb. 10a:
Verteilungsdichtefunktionen
am Messpunkt P4

$f(u)$: Tatsächliche Verteilungsfunktion
 $v(\eta)$: Verteilungsfunktion nach AzB
 ρ : horizontaler Abstand von der
festgelegten Platzrunde in m

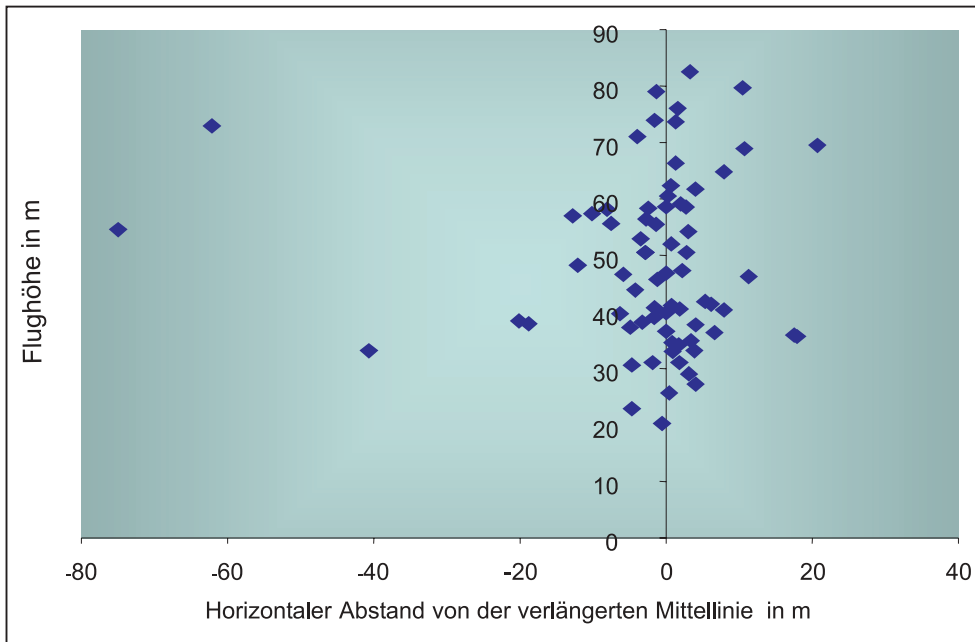


Abb. 11:
Verteilung der Flugzeuge am
Messpunkt P5

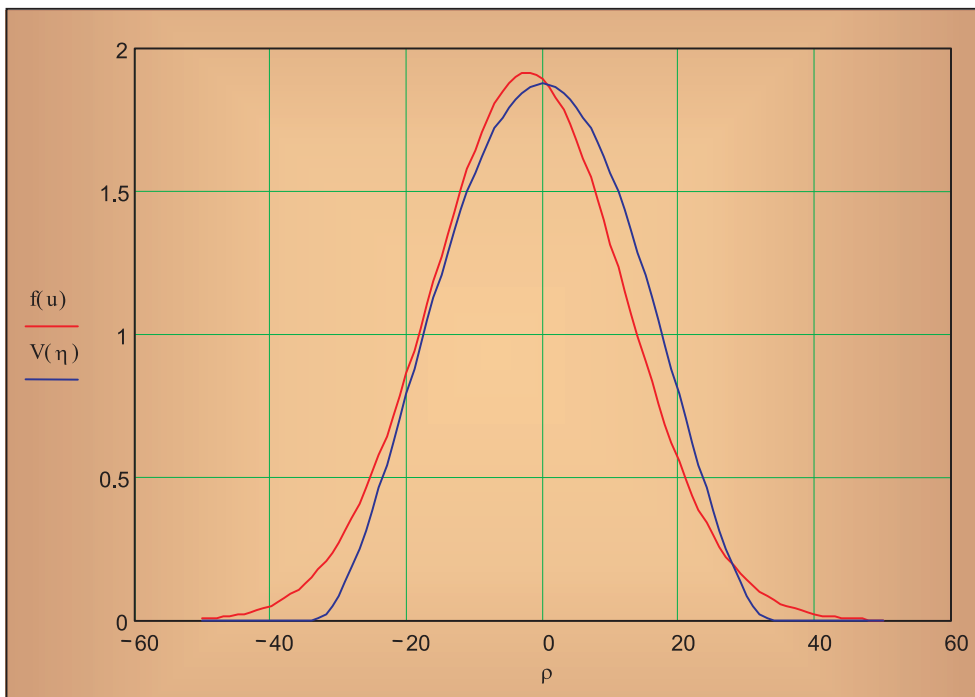


Abb. 11a:
Verteilungsdichtefunktionen
am Messpunkt P5

$f(u)$: Tatsächliche Verteilungsfunktion
 $v(\eta)$: Verteilungsfunktion nach AzB
 ρ : horizontaler Abstand von der
festgelegten Platzrunde in m

3.2.3 Anzahl der Flugbewegungen in den verschiedenen Flugzeuggruppen

An Verkehrslandeplätzen im Land Brandenburg verkehren in der Regel Flugzeuge bis zu einer Starthöchstmasse M_{\max} von 5,7 t. Größere Flugzeuge bis etwa 20 t sind im Verkehrsaufkommen an Verkehrslandeplätzen die Ausnahme, weil im Regelfall weder die technischen Voraussetzungen für die Abfertigung noch ein entsprechender Flugverkehrsbedarf vorhanden ist. Dies zeigt sich auch an dem in Deutschland zugelassenen Typenmix. In Abbildung 12 ist die zeitliche Entwicklung der in Deutschland zugelassenen Gesamtanzahl und der prozentuale Anteil der Flugzeuggruppen dargestellt.

Danach hat sich die Gesamtanzahl der motorgetriebenen Luftfahrzeuge seit 1985 um ca. 4.000 auf nahezu 12.000 Maschinen im Jahre 2001 erhöht. Den höchsten Anteil daran machen mit ca. 60 % die Flugzeuge mit einer Starthöchst-

masse bis 2 t aus. Es folgen mit ca. 20 % die Motorsegler. Der Anteil der übrigen Luftfahrzeuggruppen liegt bei ca. 5 %.

Dieses Bild der Zulassungszahlen lässt sich in grober Näherung auf die mittlere Zusammensetzung der Flugbewegungen im Land Brandenburg übertragen (Abb. 13). Man erkennt, dass auch im Land Brandenburg Flugzeuge mit einer Starthöchstmasse bis 2 t den Hauptanteil der Flugbewegungen ausmachen. Der Anteil von nahezu 75 % an den Flugbewegungen übersteigt in den Jahren 1995 bis 1998 den Anteil an den Zulassungen etwa um 10 %. Der Anteil der anderen Flugzeuggruppen an den Flugbewegungen ist geringer als der Anteil an den Zulassungen. Der Typenmix hat sich im Zeitraum 1995 bis 1998 nicht wesentlich verändert. Dabei ist allerdings zu beachten, dass zwischen den einzelnen Flugplätzen z. T. erhebliche Abweichungen von Abbildung 13 auftreten können. Deshalb sollen bei Prognosen des Typenmix die lokalen Besonderheiten im Flugbetrieb unbedingt berücksichtigt werden.

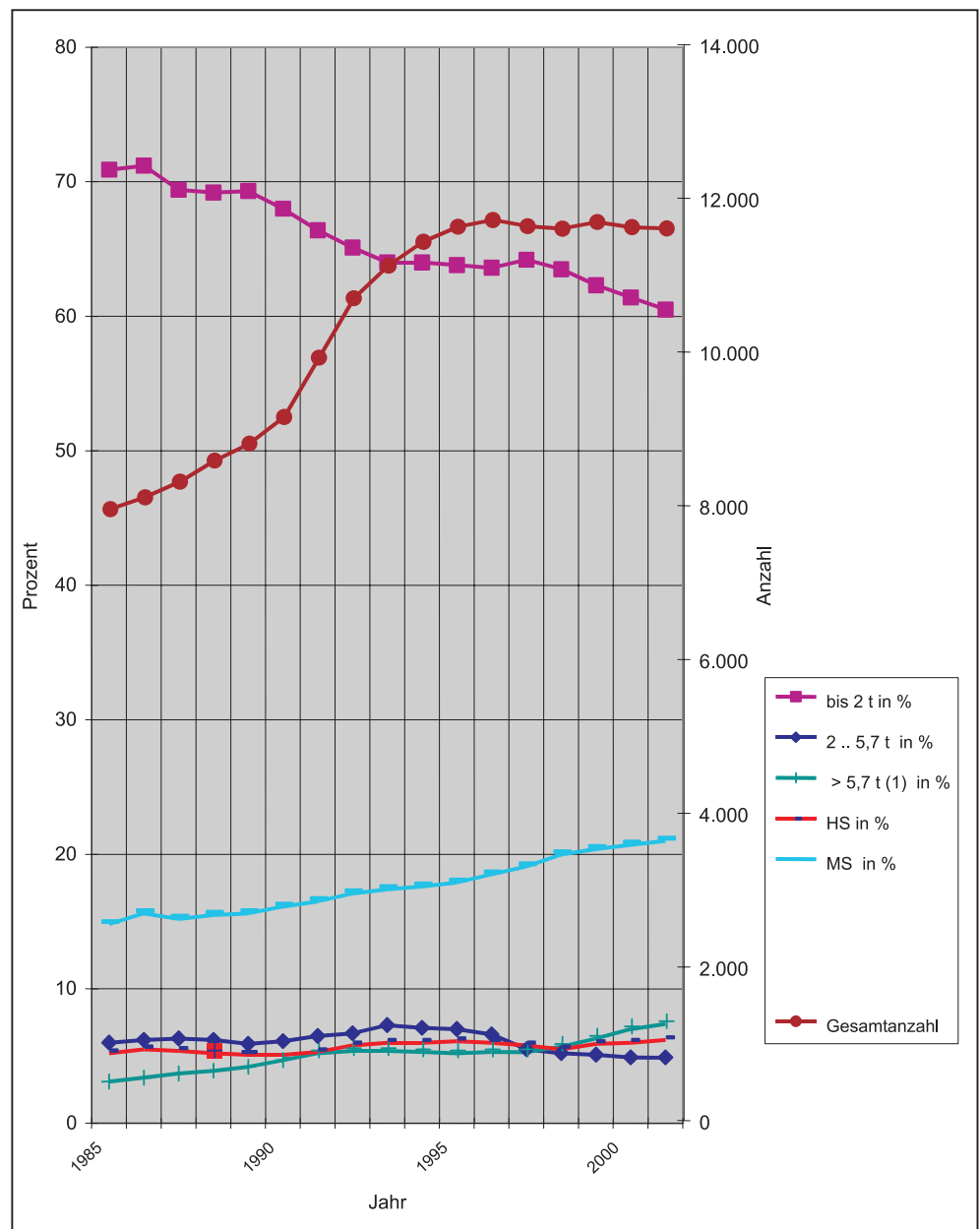


Abb. 12: Gesamtanzahl der in Deutschland zugelassenen motorgetriebenen Luftfahrzeuge und der prozentuale Anteil der Luftfahrzeuggruppen (1) Flz.-Kl.: 5,7–14 t; 14–20 t; > 20 t

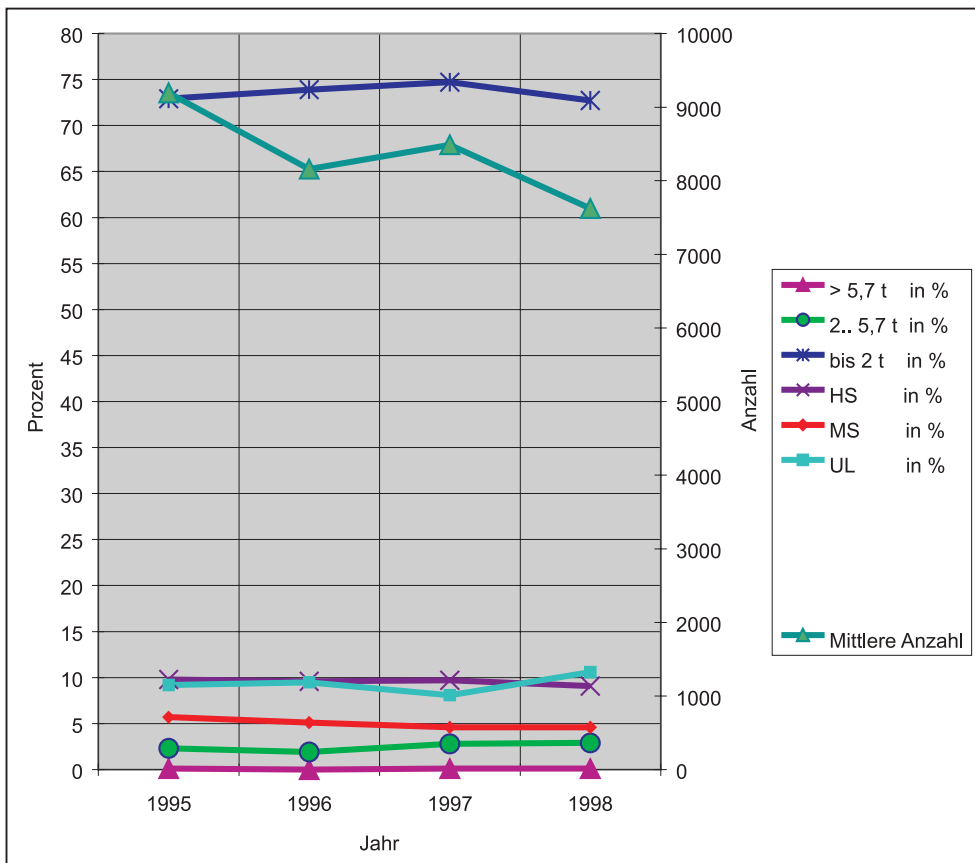


Abb. 13:
Mittelwerte der Starts von fünf Verkehrslandeplätzen im Land Brandenburg und der prozentuale Anteil der Luftfahrzeuggruppen

3.3 Schallemissionsdaten motorgetriebener Propellerflugzeuge

3.3.1 Datengrundlage zur Bestimmung der Schallemission

Im Folgenden werden die Schallemissionsdaten von Flugzeugen, die durch das Luftfahrt-Bundesamt bzw. durch die Deutsche Flugsicherung GmbH im Zusammenhang mit Musterzulassungen veröffentlicht wurden, analysiert. Entsprechend Luftverkehrsgesetz [10] darf ein Flugzeug nur dann zum Verkehr zugelassen werden, wenn das durch den Betrieb entstehende Geräusch ein bestimmtes Maß nicht überschreitet. Von der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) wurden dafür entsprechende Regelungen erlassen [11]. Mit der Bekanntmachung der Neufassung der Lärmschutzforderungen für Luftfahrzeuge (LSL) [12] wurden diese internationalen Regelungen bei gleichzeitiger Verschärfung für bestimmte Luftfahrzeuge und Motorsegler in deutsches Recht überführt. In der LSL werden für die verschiedenen Luftfahrzeugklassen die höchstzulässigen Schallpegel, die bei genau festgelegten Flug- und Messverfahren nicht überschritten werden dürfen, definiert. Die Messverfahren und die zulässigen Grenzwerte für Propellerflugzeuge und Motorsegler bis zu einer Starthöchstmasse von 9.000 kg sind in der LSL in den Kapiteln VI 2.4 und X 2.4 festgelegt. Messungen nach Kapitel VI wurden bei Anträgen für Musterzulassungen bis zum 1. Dezember 1993 durchgeführt. Messungen nach Kapitel X werden im Rahmen von Musterzulassungen seit dem 1. Januar 1991 vorgenommen. Der Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1993 gilt als Übergangszeitraum, in dem die Musterzulassungen nach Kapitel VI 2.4 oder nach Kap. Kapitel X 2.4 erfolgen konnten.

Bei Messungen nach Kapitel VI wurde der Messpunkt im Horizontalflug in einer Höhe von 300 m mit höchstzulässiger Dauerleistung bei zugehöriger maximaler Dauerdrehzahl und höchstzulässiger Startmasse überflogen (Abb. 14). Dazu ist anzumerken, dass dieser Betriebszustand mit der höchsten Schallemission während des Horizontalfluges bei normalem Flugbetrieb im Regelfall nicht auftritt.

Der zulässige Grenzwert ist abhängig von der höchstzulässigen Startmasse. In Abbildung 15 sind zum Vergleich die zulässigen Grenzwerte entsprechend der ICAO-Regelung [11] und die verschärften Grenzwerte nach LSL Kapitel VI 2.4 [12] dargestellt. Aus den Messwerten nach Kapitel VI kann der Schallleistungspegel als Maß für die emittierte Schallenergie berechnet werden. Dadurch kann die Schallemission der verschiedenen Flugzeugtypen direkt verglichen werden.

Bei Messungen nach Kapitel X befindet sich das Flugzeug im Steigflug. Der Flug wird mit maximaler Startmasse, maximaler Dauerdrehzahl und maximaler Dauerleistung bei einer Steiggeschwindigkeit, die dem besten Steigen entspricht, durchgeführt. Der Überfluggmesspunkt ist auf der verlängerten Mittellinie der Start- und Landebahn (SLB) in einem Abstand von 2.500 m vom Abrollpunkt angeordnet. Das Mikrofon befindet sich dabei mit der Membran 7 mm über einer 2,5 mm dicken Metallplatte mit einem Durchmesser von 40 cm (Abb. 16). Da bei dieser Messanordnung die Überflughöhe unbekannt ist, sind die Schallemissionen der verschiedenen Flugzeugtypen nicht miteinander vergleichbar. Die Flughöhe über dem Mikrofon ist auf maximal 450 m begrenzt.

Abb. 14:
Anordnung des Messpunktes bei Messungen nach LSL Kapitel VI

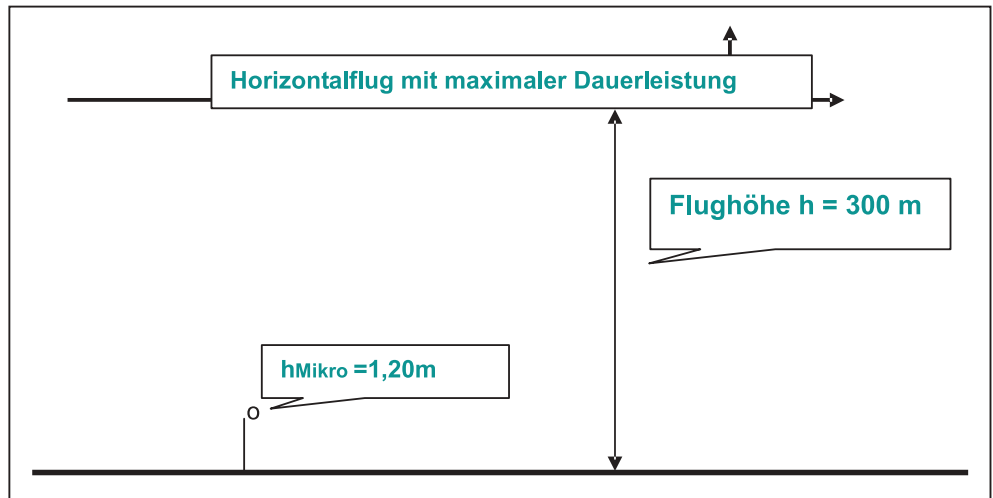


Abb. 15:
Grenzwerte nach ICAO (L_{GW1}) [11] und LSL (L_{GW2}) [12] bei Zulassung nach Kapitel VI 2.4 für M_{max} bis 2 t

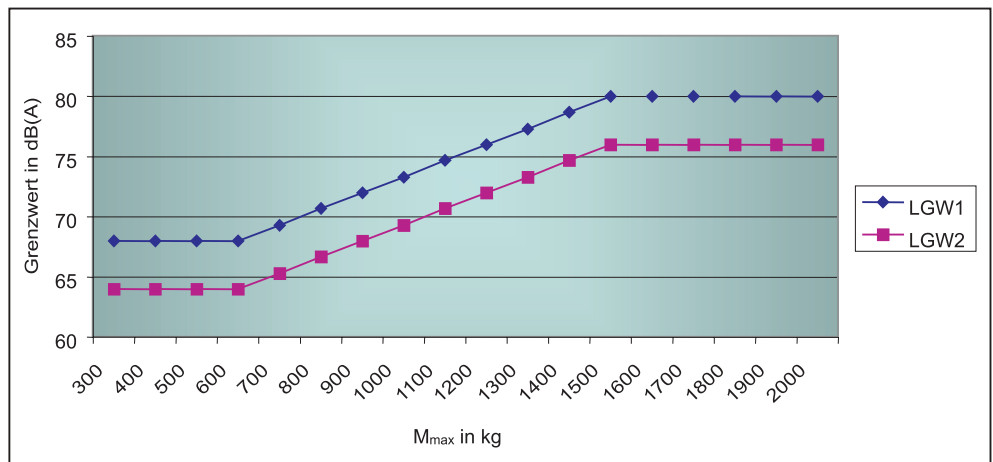
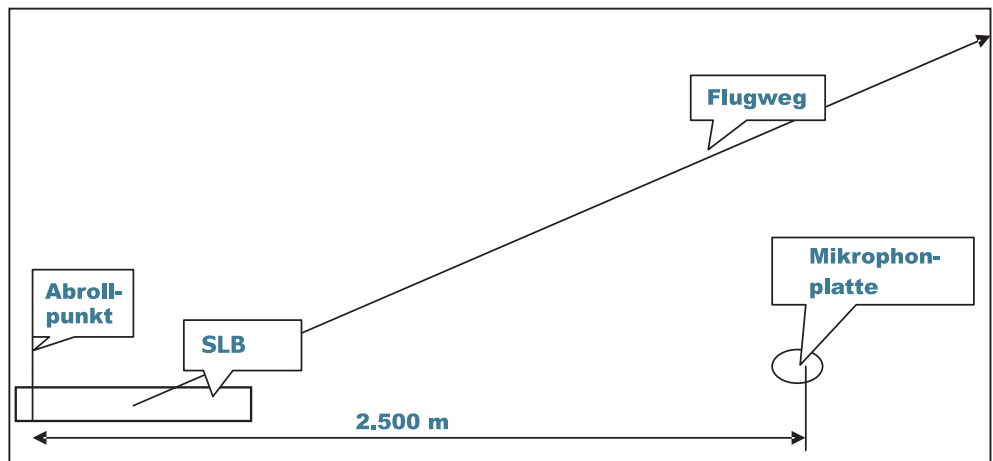


Abb. 16:
Anordnung des Messpunktes bei Messungen nach LSL Kapitel X



Die Abhängigkeit der Grenzwerte von der höchstzulässigen Startmasse nach der ICAO-Richtlinie [11] und der LSL [12] Kapitel X 2.4 zeigt Abbildung 17.

Wird der zulässige Grenzwert entweder nach Kapitel VI 2.4 um mindestens 4 dB oder nach Kapitel X 2.4 um mindestens 5 dB unterschritten, so wird das Kriterium für erhöhten Schallschutz nach Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung [13] erfüllt.

Eine weitere Verschärfung der Grenzwerte für Flugzeuge ab dem Baujahr 2000 um 2 dB wird bei den folgenden Betrachtungen nicht berücksichtigt. Beträgt die Differenz zwischen Messwert und Grenzwert weniger als 4 bzw. 5 dB gilt einfacher Schallschutz. Flugzeugen mit erhöhtem Schallschutz werden in der Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung [13] Benutzervorteile eingeräumt.

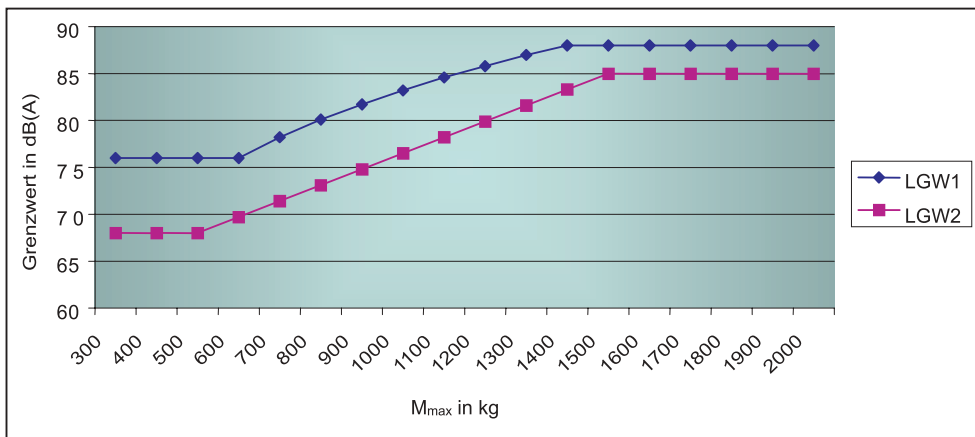


Abb. 17:
Grenzwerte nach ICAO (L_{GW1}) [11] und LSL (L_{GW2}) [12] bei Zulassung nach Kapitel X 2.4 für M_{max} bis 2 t

3.3.2 Ermittlung der Schallemission von Propellerflugzeugen bis 9 t aus technischen Parametern

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen technischen Parametern der Flugzeuge und ihrer Schallemission während des Horizontalfluges mit maximaler Dauerleistung untersucht. Das Ziel besteht zum einen darin, aus allgemein zugänglichen technischen Parametern der Flugzeuge die Schallemission zu ermitteln. Dadurch wird die Möglichkeit eröffnet, bei Bedarf sehr detaillierte Schallimmissionsberechnungen vorzunehmen, in denen die Besonderheiten des Flugbetriebes an dem jeweiligen Verkehrslandeplatz berücksichtigt werden können. Datengrundlage bilden die in [14] für das Jahr 1994 veröffentlichten Messwerte der Deutschen Flugsicherung GmbH. Aus den Messwerten nach Kapitel VI wurde vom Landesumweltamt Brandenburg der Schalleistungspegel L_{WA_h} als Maß für die Schallemission während des Horizontalfluges berechnet. Dabei gingen über 1.000 Messwerte in die Betrachtung ein.

Die Anzahl der in Deutschland zugelassenen Muster und Baureihen von Propellerflugzeugen bis 9.000 kg und Motorseglern, die die Lärmschutzforderungen nach [12] erfüllen, ist aus Abbildung 18 ersichtlich.

Zunächst wurde der Anteil von Mustern und Baureihen untersucht, der die erhöhten Schallschutzanforderungen nach Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung [13] erfüllt. Diese Ergebnisse werden für die Jahre 1994, 1996 und 2001 für die Flugzeugklassen mit einer maximalen Startmasse M_{max} bis 2 t, über 2 bis 5,7 t und über 5,7 bis 9 t in Abbildung 19 gezeigt.

Zunächst widerspiegelt sich in dieser Abbildung das aus Abbildung 14 her bekannte Bild der Verteilung der Flugzeuggruppen. Erst mit der Veröffentlichung der Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung [13] im Jahre 1999 sind auch für Flugzeuge über 2 t Bedingungen für den erhöhten Schallschutz definiert und es werden Benutzungseinschränkungen für Flugzeuge, die die erhöhten Schallschutzanforderungen nicht erfüllen, festgelegt. Die Auswirkungen auf die Zusammensetzung des Typenmix zeigen sich in Abbildung 19 für das Jahr 2001. Der Anteil von Flugzeugen mit erhöhtem Schallschutz ist ca. 10 % größer als der mit einfachem Schallschutz und es werden Flugzeuge über 2 t betrieben, die die Bedingungen für erhöhten Schallschutz erfüllen.

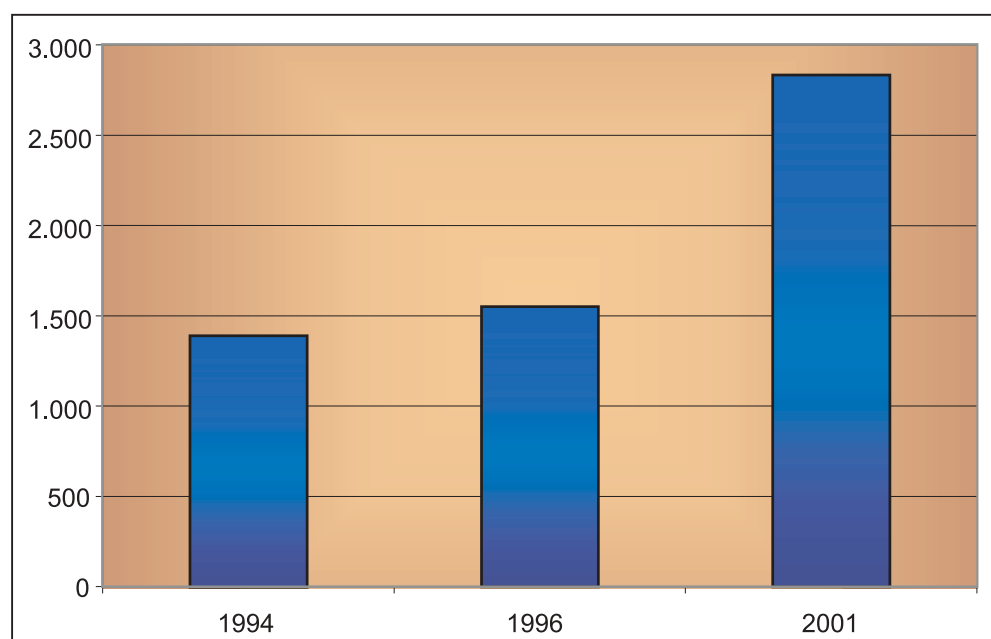


Abb. 18:
Gesamtanzahl der in Deutschland zugelassenen Muster und Baureihen von Propellerflugzeugen bis 9.000 kg und Motorseglern, die die Lärmschutzforderungen für Luftfahrzeuge [12] erfüllen

Abb. 19:
Prozentualer Anteil von Musterzulassungen mit einfachem und erhöhtem Schallschutz in den Flugzeugklassen bis 2 t, 2 bis 5,7 t und 5,7 bis 9 t

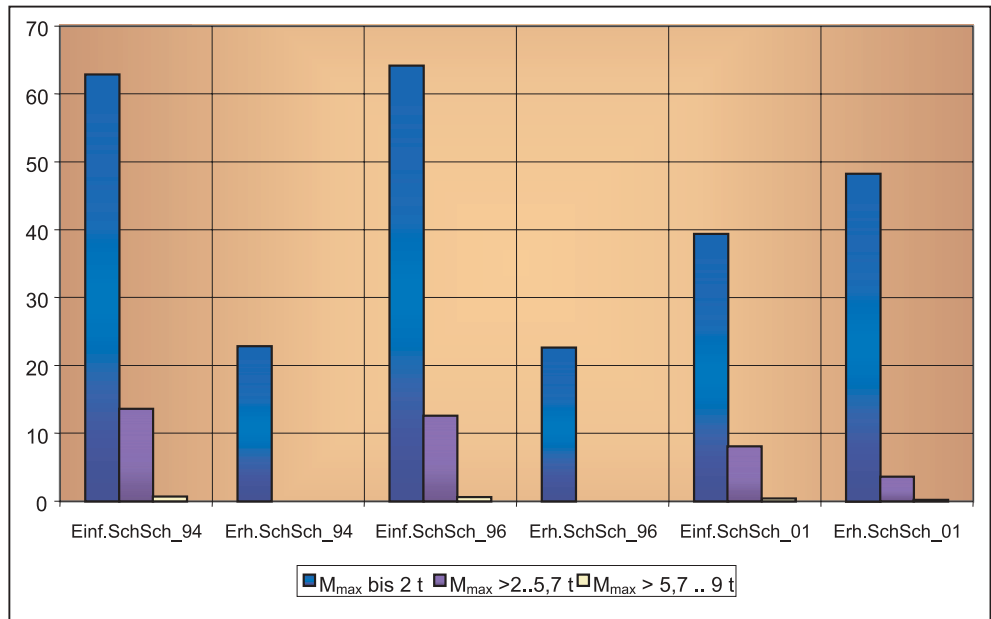
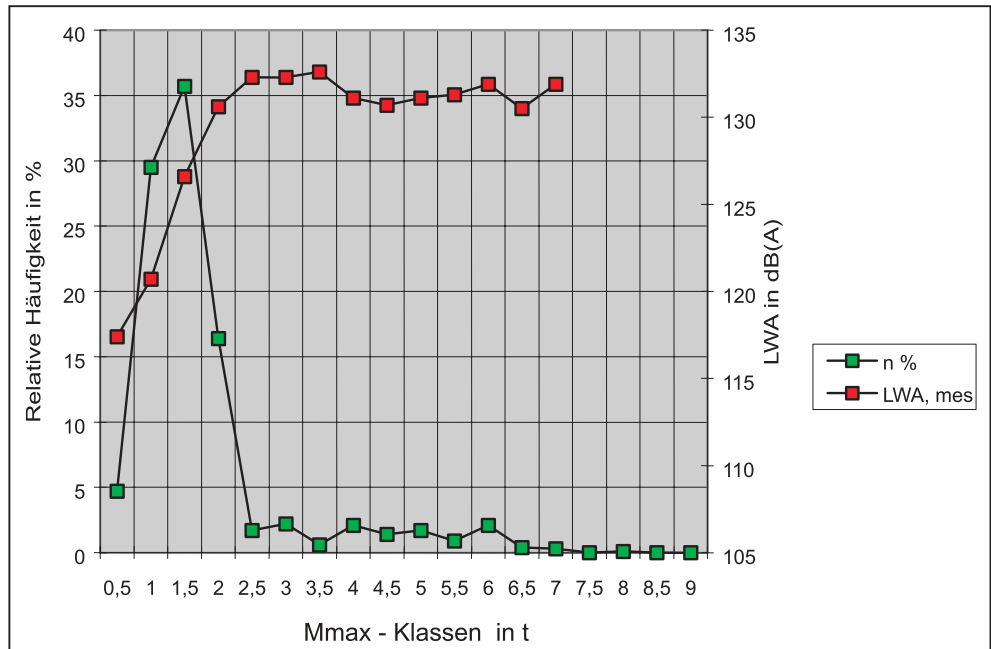


Abb. 20:
Messtechnisch ermittelter Schalleistungspegel ($L_{WA, mes}$) für den Horizontalflug und relative Häufigkeit ($n \%$) in Klassen der maximalen Startmasse (M_{max})



Im Weiteren wird die Abhängigkeit der Schallemission von der maximalen Startmasse betrachtet. Dafür wurden Klassen mit einer Breite von jeweils 500 kg gebildet und der mittlere arithmetische Schalleistungspegel berechnet. Die Ergebnisse werden in Abbildung 20 zusammenfassend dargestellt. Daraus kann neben dem Schalleistungspegel für die jeweilige Starthöchstmasse auch der prozentuale Anteil dieser Klasse entnommen werden.

Es wird ersichtlich, dass eine deutliche Abhängigkeit des Schalleistungspegels von der Startmasse für den Horizontalflug nur bis etwa 2 bis 2,5 t gegeben ist. In diesem Bereich der Startmasse ist auch der relative Anteil in den einzelnen Klassen sehr variabel. Bei Flugzeugen mit einer größeren Startmasse als 2,5 t ist der Schalleistungspegel nahezu konstant.

Wie Tabelle 2 zeigt, wird der Bereich der Flugzeuge mit einer maximalen Startmasse bis 2 t in der Landeplatz-Fluglärmleitlinie

[7] durch zwei Flugzeuggruppen (P 1.1 und P 1.3) abgedeckt. Nach Abbildung 20 variiert der Schalleistungspegel in diesen beiden Gruppen um ca. 15 dB. Für den Fall, dass eine sehr genaue Geräuschdiagnose oder -prognose erforderlich ist, kann diese Einteilung in zwei Gruppen zu grob sein. Für eine detaillierte Geräuschdiagnose ist die genaue Kenntnis der Schallemissionen der an einem Flugplatz verkehrenden Flugzeuge erforderlich. Im Folgenden wird gezeigt, dass diese mit hinreichender Genauigkeit aus technischen Parametern der Flugzeuge ermittelt werden können.

Regressionsanalyse:

Als Maß für die Schallemission wird der Schalleistungspegel verwendet. Dieser wurde aus den Messwerten nach Kapitel VI [14] berechnet. Die Ausgangsdaten wurden nach einfachem

und erhöhtem Schallschutz klassiert. Für die Regressionsanalyse wurden folgende Einflussgrößen ausgewählt:

- die maximale Startmasse M_{\max} in kg
- die aus maximaler Drehzahl und Propellerdurchmesser berechnete Blattspitzenmachzahl (Ma)
- die maximale Dauerleistung P_{\max} in kW [Wegen einer hohen Korrelation zwischen P_{\max} und M_{\max} wird P_{\max} nicht immer als signifikante Einflussgröße berücksichtigt.]

Zur Bewertung der Qualität der gefundenen Beziehungen wurden der Korrelationskoeffizient r und die Reststreuung S_R ermittelt.

Darüber hinaus wurde an statistisch unabhängigem Material [15], [16] mit Hilfe des t-Testes geprüft, ob es zwischen den auf der Grundlage der Regressionsgleichungen berechneten und den messtechnisch ermittelten Schalleistungspegeln signifikante Differenzen gibt.

Es wurden folgende Zusammenhänge gefunden:

**Erhöhter Schallschutz nach LSL Kapitel VI (Liste A)
Starthöchstmasse bis 2 t**

$$(4) L_{WA,ber,h} = 106,4 + 1,23 \cdot \left(\frac{Ma}{0,675}\right)^5 + 18,37 \arctan \frac{M_{\max}}{1250} + 0,008 \cdot P_{\max}$$

$r^2 = 0,86 \qquad S_R = 1,9 \text{ dB}$

**Einfacher Schallschutz nach LSL Kapitel VI (Liste A)
Starthöchstmasse bis 2 t**

$$(5) L_{WA,ber,h} = 112,5 + 0,37 \cdot \left(\frac{Ma}{0,675}\right)^5 + 17,92 \arctan \frac{M_{\max}}{1250} + 0,01 \cdot P_{\max}$$

$r^2 = 0,88 \qquad S_R = 1,5 \text{ dB}$

**Einfacher Schallschutz nach LSL Kapitel VI (Liste A)
Starthöchstmasse 2 bis 5,7 t**

$$(6) L_{WA,ber,h} = 124,8 + 1,94 \cdot \left(\frac{Ma}{0,675}\right)^5 + 3,2 \cdot \arctan \frac{M_{\max}}{1250}$$

$r^2 = 0,24 \qquad S_R = 1,8 \text{ dB}$

**Einfacher Schallschutz nach LSL Kapitel VI (Liste B)
Starthöchstmasse bis 2 t**

$$(7) L_{WA,ber,h} = 112,9 + 0,185 \cdot \left(\frac{Ma}{0,675}\right)^5 + 24,02 \cdot \arctan \frac{M_{\max}}{1250} + 0,001 \cdot P_{\max}$$

$r^2 = 0,91 \qquad S_R = 1,2 \text{ dB}$

Weitere Messwerte im Zusammenhang mit der Prüfung auf Musterzulassung wurden von der Deutschen Flugsicherung in [15] und [16] veröffentlicht. Diese Daten sind vom Entwicklungskollektiv [14] statistisch unabhängig. Sie wurden für die Qualitätskontrolle der Regressionsgleichungen (4) bis (7) verwendet. Zu diesem Zweck wurde aus den Messwerten nach Kapitel VI der mittlere Schalleistungspegel für den Horizontalflug $L_{WA,mes,h}$ bestimmt und den aus den Gleichungen (4) bis (7) berechneten Schalleistungspegel $L_{WA,ber,h}$ gegenübergestellt (Tab. 4).

Kategorie	LWA, mes, h dB(A)	LWA, ber, h dB(A)	Bemerkung
Erhöhter Schallschutz 2 t; Gl. (4)	117,2	118,8	Im Prüfkollektiv überdurchschnittliche Zahl Motorsegler
Erhöhter Schallschutz 2 t; Gl.(4)	122,5	122,5	Test am Entwicklungskollektiv [14]
Einfacher Schallschutz 2 t; Gl. (5)	126,9	126,8	Test am Prüfkollektiv
Einfacher Schallschutz 2 t; Gl. (7), Liste B	130,5	130,4	Test am Prüfkollektiv

Tab. 4: Vergleich der mittleren messtechnisch bestimmten $L_{WA,mes,h}$ und der mittleren berechneten Schalleistungspegel $L_{WA,ber,h}$ auf der Grundlage statistisch unabhängiger Daten (Prüfkollektiv) [15], [16]

Die Gleichung (6) konnte wegen fehlender Datengrundlage nicht überprüft werden.

Dieser erste Test zeigt, dass es zwischen den berechneten und den messtechnisch ermittelten Schalleistungspegeln eine hinreichend gute Übereinstimmung gibt.

Eine weitere Überprüfung der Ergebnisse erfolgte auf der Grundlage der vom Luftfahrt-Bundesamt im Jahr 2001 veröffentlichten Daten [17]. Für die Überprüfung wurde der vollständige Datensatz, der einen Umfang von mehr als 2.800 Messwerten hat, verwendet. Dazu ist anzumerken, dass in diesem Datenkollektiv auch die Werte des ursprünglichen Entwicklungskollektivs aus dem Jahre 1994, das weniger als die Hälfte des Gesamtkollektivs ausmacht, enthalten sind. Die berechneten Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Damit wird die auf der Grundlage der Tabelle 4 gezogene Schlussfolgerung, dass zwischen den messtechnisch und rechnerisch ermittelten Schalleistungspegeln keine statistisch signifikante Differenz besteht, bestätigt.

Tab. 5: Vergleich der mittleren messtechnisch bestimmten $L_{WA,mes,h}$ und der mittleren berechneten Schalleistungspegel $L_{WA,ber,h}$ auf der Grundlage der vom Luftfahrt-Bundesamtes veröffentlichten Messwerte [17]

Kategorie	LWA, mes, h dB(A)	LWA, ber, h dB(A)
Erhöhter Schallschutz 2 t; Gl. (4)	122,0	121,9
Einfacher Schallschutz 2 t; Gl.(5)	126,8	126,9
Einfacher Schallschutz > 2 ... 5,7 t; Gl. (6)	132,4	132,0

Darüber hinaus zeigt Tabelle 5, dass der Schalleistungspegel von Flugzeugen, die das Kriterium für erhöhten Schallschutz nach LSL Kapitel VI [12] erfüllen, mehr als 4 dB kleiner ist als von Flugzeugen, die nur die Bedingungen für einfachen Schallschutz erfüllen.

Aus Abbildung 20 ist ersichtlich, dass der Schalleistungspegel oberhalb der maximalen Startmasse von 2 t nahezu konstant ist. Die Berechnungsergebnisse mit Gleichung (6) weisen ebenfalls nur eine geringe Schwankungsbreite aus. Die Streuung um den berechneten Mittelwert beträgt $s = 1$ dB. Deshalb ist es hinreichend, bei Schallimmissionsberechnungen für die Flugzeugkategorie „einfacher Schallschutz über 2 t“ einen konstanten Schalleistungspegel von 132 dB(A) zu verwenden.

Im Folgenden wird untersucht, ob das Kriterium „erhöhter Schallschutz“, das bei Messungen nach LSL Kapitel X für den Steigflug erfüllt wird, auch auf den Horizontalflug mit maximaler Dauerleistung und mit maximaler Dauerdrehzahl übertragbar ist. Dafür wurden die Schalleistungspegel für den Horizontalflug mit Hilfe der Gleichungen (4) und (5) für Flugzeuge mit einer Musterzulassung nach LSL Kapitel X berechnet (Tab. 6). Datengrundlage ist die Veröffentlichung des des Luftfahrt-Bundesamtes [17].

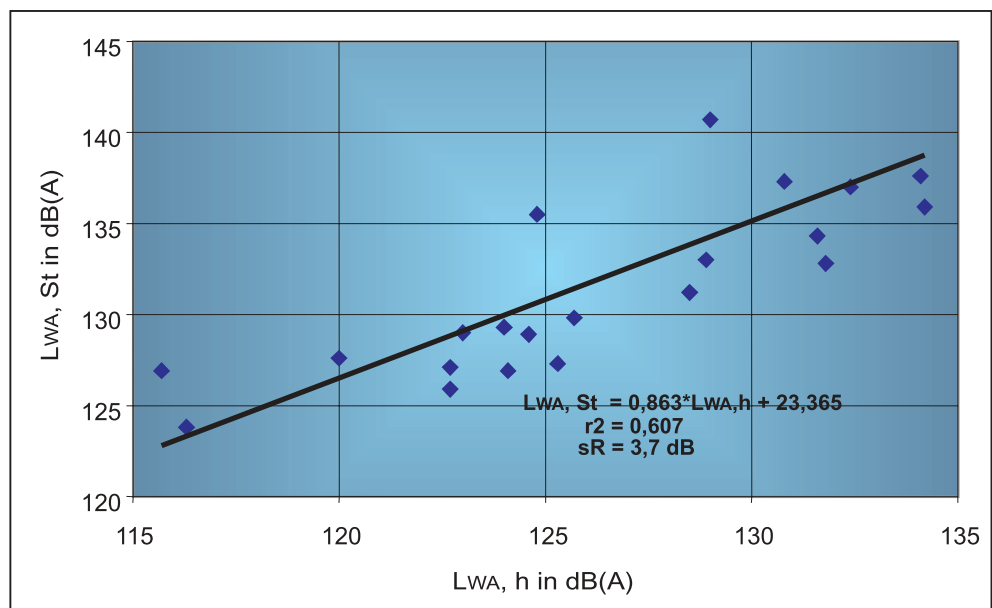
Tab. 6: Mittlere berechnete Schalleistungspegel in dB(A) für einfachen und erhöhten Schallschutz nach LSL Kapitel VI und Kap. Kapitel X

Kenngröße	Einfacher Schallschutz		Erhöhter Schallschutz	
	Kapitel VI	Kapitel X	Kapitel VI	Kapitel X
LWA, ber, h	126,9	124,9	121,9	122,9
Streuung in dB	4,1	4,0	5,0	3,8

Tabelle 6 zeigt, dass in der Kategorie „einfacher Schallschutz“ der Schalleistungspegel von Flugzeugen, die nach Kapitel X vermessen worden sind, im Mittel um 2 dB niedriger ist als bei Vermessung nach Kapitel VI. In der Kategorie „erhöhter Schallschutz“ ist das Verhältnis umgekehrt. Hier ist der mittlere Schalleistungspegel beim Horizontalflug von Flugzeugen, die nach Kapitel X vermessen wurden, ca. 1 dB höher als bei Vermessung nach Kapitel VI. Die Differenz zwischen einfachem und erhöhtem Schallschutz beträgt bei Vermessung nach Kapitel VI 5 dB und bei Vermessung nach Kapitel X nur 2 dB. Dies ist etwas überraschend, denn das Prädikat „erhöhter Schallschutz“ wird entsprechend der Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung [13] nur vergeben, wenn der Messwert nach Kapitel X mindestens 5 dB kleiner als der Grenzwert ist (siehe auch Punkt 3.3.1). Dieser Vergleich zeigt, dass das Prädikat „erhöhter Schallschutz“ nach Kapitel X, das für den Steigflug gilt, nicht oder nur bedingt auf den Horizontalflug übertragbar ist.

Abschließend wird in Abbildung 21 der Zusammenhang zwischen dem Schalleistungspegel für den Horizontalflug und für den Steigflug bei Propellerflugzeugen gezeigt. Dazu wurden an mehreren Flugplätzen Messungen im Abflugbereich durchgeführt. In Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Tower erfolgte über die Kennung eine Zuordnung der Messwerte zu den im Lärmschutzzeugnis für den Horizontalflug angegebenen Schallpegeln. In den Fällen, in denen nur der Flugzeugtyp bekannt war, wurde aus [14] der mittlere Schalleistungspegel beim Horizontalflug für den jeweiligen Flugzeugtyp berechnet und dem beim Steigflug ermittelten Wert zugeordnet.

Abb. 21: Zusammenhang zwischen dem Schalleistungspegel beim Steigflug ($L_{WA, St}$) und beim Horizontalflug ($L_{WA, h}$)



3.3.3 Vergleich messtechnisch ermittelter Schallemissionsdaten mit Daten, die für die Berechnung der Planungszonen Siedlungsbeschränkung verwendet wurden

In der Landeplatz-Fluglärmleitlinie (AzB-L) [7] sind neben dem Berechnungsverfahren auch die Schallemissionsdaten für die einzelnen Flugzeuggruppen vorgegeben. Zur qualitativen Bewertung der Berechnungsergebnisse werden die Schallemissionsdaten der AzB-L mit Messwerten verglichen (Tab. 7).

Tabelle 7 zeigt in den Gruppen P 1.3 und S 5.1 eine gute Übereinstimmung zwischen den für die Berechnung verwendeten Schallemissionsdaten der AzB-L und den messtechnisch ermittelten Schalleistungspegeln. Dies ist insbesondere auch für die Flugzeuggruppe P 1.3 bedeutsam. Nach den vorliegenden Untersuchungen erfolgt der überwiegende Teil der Flugbewegungen an den Verkehrslandeplätzen im Land Brandenburg in dieser Gruppe. In den anderen beiden Flugzeuggruppen, deren Anteil auf Brandenburger Flugplätzen deutlich unter 5 % liegt, sind die für die Berechnung zu

Tab. 7: Schallemissionsdaten ausgewählter Flugzeuggruppen der Landeplatz-Fluglärmleitlinie [7] im Vergleich zu Messwerten

Flugzeuggruppe	LWA, Leitl dB(A)	LWA, mess DB(A)	S dB	
P 1.3	Abflug	133	133 *	
	Horizontalflug	128	127	4,2
P 1.4	Abflug	142	137 *	
	Horizontalflug	138	132	2,1
P 2.1	Horizontalflug	137	132	
S 5.1	Abflug	141	139 **	
	Horizontalflug	138		
	Anflug	136	137 **	

* aus Abbildung 21 bestimmt

** aus Messwerten der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA

verwendenden Schalleistungspegel wesentlich größer als die messtechnisch ermittelten. Weiterhin wird deutlich, dass die für den Horizontalflug verwendeten Schalleistungspegel charakteristisch sind für Flugzeuge mit einfachem Schallschutz bei Flügen mit maximaler Dauerleistung.

Den Berechnungen wird demzufolge ein Flugbetriebszustand mit maximaler Schallemission zugrunde gelegt. Flüge innerhalb der Platzrunde erfolgen im Regelfall mit verringerter Leistung und verringerter Drehzahl. Deshalb wird bei diesen Flügen ein Korrekturwert von 4,5 dB(A) berücksichtigt. Diese Untersuchungen zeigen in Verbindung mit dem in Abbildung 19 aufgezeigten Trend der Zunahme des Anteils von Flugzeugen mit erhöhtem Schallschutz, dass bei vergleichbarer Anzahl der Flugbewegungen die tatsächlichen Schallimmissionspegel immer niedriger als die berechneten sein werden.

4 Ergebnisse der Schallimmissionsberechnungen als Grundlage für die Ausweisung von Planungszonen der Siedlungsbeschränkung

Wie bereits eingangs erwähnt, gibt es eine Entschließung der Ministerkonferenz für Raumordnung vom 16. September 1998 [6], wonach an Landeplätzen im Interesse einer konfliktfreien Siedlungs- und Flugplatzentwicklung Planungszonen der Siedlungsbeschränkung ausgewiesen werden sollen. Im Land Brandenburg sind dafür die Regionalen Planungsämter verantwortlich. Die dafür erforderlichen akustischen Untersuchungen erfolgen im Zusammenhang mit Genehmigungs- oder Änderungsgenehmigungsverfahren nach Luftverkehrsgesetz im Auftrag der Flugplatzbetreibergesellschaften durch entsprechende Ingenieurbüros. In anderen Fällen werden die Berechnungen im Auftrag der Regionalen Planungsämter durch das Landesumweltamt Brandenburg durchgeführt. Als Planungshorizont wurde einheitlich das Jahr 2020 festgesetzt.

Die Berechnungsergebnisse finden Eingang in die Regionalplandentwürfe. Diese Entwürfe werden in einem Beteiligungsverfahren mit den Trägern der öffentlichen Belange abgestimmt. Sie erlangen erst mit dem Inkrafttreten des Regionalplanes Rechtskraft.

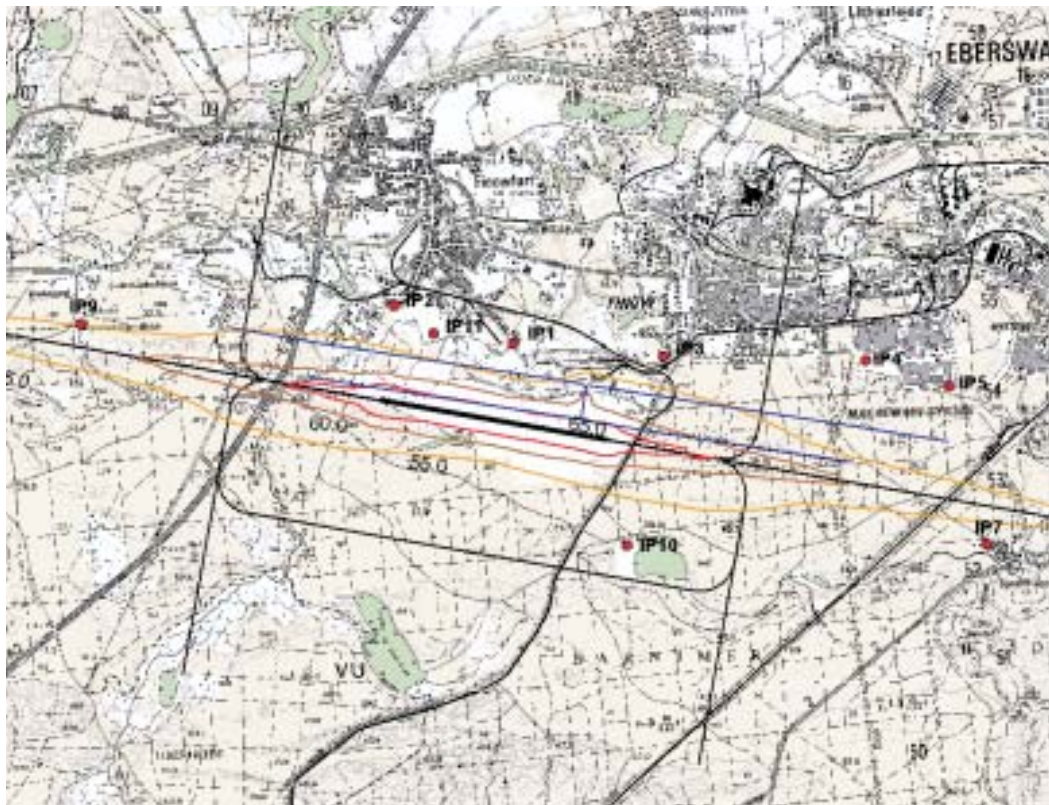
In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass erst mit der Übernahme der Berechnungsergebnisse in die Regionalpläne tatsächlich von einer Planungszone Siedlungsbeschränkung gesprochen werden kann. Bis zu diesem Zeitpunkt haben die Berechnungsergebnisse keine rechtliche Bedeutung. Weiterhin ist hervorzuheben, dass diese Zonen ein Planungselement sind und deshalb keine Rückschlüsse auf die aktuelle Geräuschsituation an den jeweiligen Flugplätzen zulassen.

Mit Stand vom Mai 2002 wurden im Land Brandenburg für insgesamt zwölf Flugplätze die akustischen Berechnungen im Zusammenhang mit der späteren Festlegung von Planungszonen Siedlungsbeschränkung durchgeführt, davon für acht Flugplätze vom Landesumweltamt.

Als Beispiel für die im Zusammenhang mit der geplanten Ausweisung einer Planungszone Siedlungsbeschränkung berechneten Schallimmissionen sind in Abbildung 22 die Isophonen für den Verkehrslandeplatz Finow dargestellt.



VLP Finow Leq Tag; BR Ost und West; PZS 2020



0 1 2 3 4 5 6 7 8 Kilometer

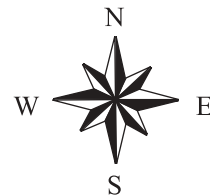


Abb. 22: Isophonen des Verkehrslandeplatzes Finow für 2020



5 Verzeichnisse

Quellenverzeichnis

- [1] ORTSCHIED, J., WENDE, H.: Fluglärmwirkungen. Umweltbundesamt, Berlin 2000
- [2] Health Council of the Netherlands: Committee on a Uniform Noise Metric. Assessing Noise Exposure for Public Health Purposes. Nr. 1997/23E. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1997
- [3] Norm – Entwurf ISO/DIS 1996-1 (2001): Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures
- [4] Luftverkehrskonzeption für das Land Brandenburg. Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr., Potsdam 1995
- [5] Luftverkehrskonzeption für das Land Brandenburg – Erste Fortschreibung –. Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr, Potsdam 2000
- [6] Entschließung der Ministerkonferenz für Raumordnung „Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm“ vom September 1998
- [7] Leitlinie zur Ermittlung und Beurteilung der Fluglärmimmissionen in der Umgebung von Landeplätzen durch die Immissionsschutzbehörden der Länder – Landeplatz-Fluglärmleitlinie – (AzB-L). Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) am 14.05.1997
- [8] Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971, (BGBl. I S 282), zuletzt geändert durch das Gesetz zur Überleitung von Bundesrecht nach Berlin (West) vom 25. September 1990 (BGBl. I S. 2106)
- [9] Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971 – Anleitung zur Berechnung (AzB) – vom 27. Februar 1975 (GMBI S. 162)
- [10] Luftverkehrsgesetz (LuftVG). In der Fassung der Bekanntmachung vom 27. März 1999 (BGBl I, S. 550)
- [11] International Civil Aviation Organization (ICAO): International Standards and Recommended Practices. Environmental Protection, Annex 16, Vol. I; Aircraft Noise (1993), Third Edition – July 1993
- [12] Bekanntmachung der Neufassung der Lärmschutzforderungen für Luftfahrzeuge (LSL) vom 1. Januar 1991: BAnz. 43; Nr. 54a; 19. März 1991, ergänzt durch die Bekanntmachung vom 3. Dezember 1996 (NfL II – 4/97)
- [13] Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung (Landeplatz-LärmschutzV) vom 5. Januar 1999: (BGBl I, S. 35)
- [14] Umweltfreundliche Propellerflugzeuge bis 9000 kg Höchstmasse und Motorsegler – Veröffentlichung der Lärmwerte, Stand 11. Februar 1994 –: DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Offenbach 1994
- [15] Nachrichten für Luftfahrer: NfL II – 34/94: Ergänzungen und Korrekturen zur Liste Umweltfreundliche Propellerflugzeuge bis 9000 kg Höchstmasse und Motorsegler
- [16] Nachrichten für Luftfahrer: NfL II – 2/97: Ergänzungen und Korrekturen zur Liste Umweltfreundliche Propellerflugzeuge bis 9000 kg Höchstmasse und Motorsegler, Veröffentlichung der Lärmwerte vom 3. Juli 1996
- [17] Umweltfreundliche Propellerflugzeuge bis 9000 kg Höchstmasse und Motorsegler; Liste A und Liste B, Luftfahrt-Bundesamt, Veröffentlichung im Internet, Stand: 20. September 2001

Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1: Prozentualer Anteil stark belastigter Personen (%HA) in Abhängigkeit vom Außenpegel (LDN) für verschiedene Geräuschquellen [2]
- Abb. 2: Lage der Flugplätze im Land Brandenburg (Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr)
- Abb. 3: Jahresgang der Flugbewegungen an zwei Flugplätzen im Land Brandenburg
- Abb. 4: Relative Häufigkeit der Starts an den einzelnen Wochentagen der sechs verkehrsreichsten Monate an drei Flugplätzen im Land Brandenburg
- Abb. 5: Relative Häufigkeit der Starts an den Wochenenden (Samstag oder Sonntag) der sechs verkehrsreichsten Monate in Abhängigkeit von der Gesamtzahl (N)
- Abb. 6: Schematische Platzrunde mit Messpunkten (P1 bis P5) und Messstellen (Mst) zur Untersuchung fluggeometrischer Parameter
- Abb. 7: Verteilung der Flugzeuge beim Steigflug am Messpunkt P1
- Abb. 7a: Verteilungsdichtefunktionen am Messpunkt P1
- Abb. 8: Verteilung der Flugzeuge in der Platzrunde am Messpunkt P2
- Abb. 8a: Verteilungsdichtefunktionen am Messpunkt P2
- Abb. 9: Verteilung der Flugzeuge in der Platzrunde am Messpunkt P3
- Abb. 9a: Verteilungsdichtefunktionen am Messpunkt P3
- Abb. 10: Verteilung der Flugzeuge in der Platzrunde am Messpunkt P4
- Abb. 10a: Verteilungsdichtefunktionen am Messpunkt P4
- Abb. 11: Verteilung der Flugzeuge am Messpunkt P5
- Abb. 11a: Verteilungsdichtefunktionen am Messpunkt P5
- Abb. 12: Gesamtanzahl der in Deutschland zugelassenen motorgetriebenen Luftfahrzeuge und der prozentuale Anteil der Luftfahrzeuggruppen
- Abb. 13: Mittelwerte der Starts von fünf Landeplätzen im Land Brandenburg und der prozentuale Anteil der Luftfahrzeuggruppen
- Abb. 14: Anordnung des Messpunktes bei Messungen nach LSL Kapitel VI
- Abb. 15: Grenzwerte nach ICAO (L_{GW1}) [11] und LSL (L_{GW2}) [12] bei Zulassungen nach Kapitel VI 2.4 für M_{max} bis 2 t

- Abb. 16: Anordnung des Messpunktes bei Messungen nach LSL Kapitel X
 Abb. 17: Grenzwerte nach ICAO (L_{GW1}) [11] und LSL (L_{GW2}) [12] bei Zulassungen nach Kapitel X 2.4 für M_{max} bis 2 t
 Abb. 18: Gesamtanzahl der in Deutschland zugelassenen Muster und Baureihen von Propellerflugzeugen bis 9000 kg und Motorseglern, die die Lärmschutzforderungen für Luftfahrzeuge [12] erfüllen
 Abb. 19: Prozentualer Anteil von Musterzulassungen mit einfachem und erhöhtem Schallschutz in den Flugzeugklassen bis 2 t, 2 bis 5,7 t und 5,7 bis 9 t
 Abb. 20: Messtechnisch ermittelter Schalleistungspegel ($L_{WA,mes}$) für den Horizontalflug und relative Häufigkeit (n%) in Klassen der maximalen Startmasse (M_{max})
 Abb. 21: Zusammenhang zwischen dem Schalleistungspegel beim Steigflug ($L_{WA,st}$) und beim Horizontalflug ($L_{WA,h}$)
 Abb. 22: Isoophonen des Verkehrslandeplatzes Finow für 2020

Verzeichnis der Tabellen

- Tab. 1: Anzahl der verschiedenen Flugplätze im Land Brandenburg
 Tab. 2: Zuordnung der Flugzeuge entsprechend ihrer Höchstabflugmasse M_{max} zu Flugzeuggruppen [7]
 Tab. 3: Prozentualer Anteil der Platzrundenflüge (PR) und Streckenflüge (STR) am Gesamtaufkommen der Flugbewegungen
 Tab. 4: Vergleich der mittleren messtechnisch bestimmten $L_{WA,mes,h}$ und der mittleren berechneten Schalleistungspegel $L_{WA,ber,h}$ auf der Grundlage statistisch unabhängiger Daten (Prüfkollektiv) [15], [16]
 Tab. 5: Vergleich der mittleren messtechnisch bestimmten $L_{WA,mes,h}$ und der mittleren berechneten Schalleistungspegel $L_{WA,ber,h}$ auf der Grundlage der Messungen der vom Luftfahrt-Bundesamt veröffentlichten Messwerte [17]
 Tab. 6: Mittlere berechnete Schalleistungspegel in dB(A) für einfachen und erhöhten Schallschutz nach LSL Kapitel VI und Kapitel X
 Tab. 7: Schallemissionsdaten ausgewählter Flugzeuggruppen der Landeplatz-Fluglärmleitlinie [7] im Vergleich zu Messwerten

Verzeichnis der Abkürzungen

AzB	Anleitung zur Berechnung
AzB-L	Anleitung zur Berechnung für die Landeplatz-Fluglärmleitlinie
BR	Betriebsrichtung
einf. SchSch	einfacher Schallschutz
erh. SchSch	erhöhter Schallschutz
f(u)	tatsächliche Verteilungsfunktion
HS	Hubschrauber
Ho1fls.shp	Flugstrecke für Hubschrauber bei Start in Richtung Ost
Hw1fls.shp	Flugstrecke für Hubschrauber bei Start in Richtung West
ICAO	Internationale Zivilluftfahrt-Organisation
L_{GW1}	Grenzwert des Schalldruckpegels nach ICAO bei Baumusterzulassungen
L_{GW2}	Grenzwert des Schalldruckpegels nach LSL bei Baumusterzulassungen
LSL	Lärmschutzforderungen für Luftfahrzeuge
L_{WA}	Schalleistungspegel
$L_{WA,mes}$	messtechnisch ermittelter Schalleistungspegel
$L_{WA,mes,h}$	messtechnisch ermittelter Schalleistungspegel für den Horizontalflug
$L_{WA,ber,h}$	berechneter Schalleistungspegel für den Horizontalflug
$L_{WA,St}$	Schalleistungspegel für den Steigflug
$L_{WA,Leitl}$	Schalleistungspegel ermittelt aus den Emissionsdaten der Landeplatz-Fluglärmleitlinie
Ma	Blattspitzenmachzahl
M_{max}	Höchstabflugmasse [In der Luftfahrt wird für die Höchstabflugmasse im allgemeinen die Abkürzung MTOM verwendet]
MS	Motorsegler
N	Anzahl der Starts in den sechs verkehrsreichsten Monaten eines Jahres
P_{max}	maximale Dauerleistung
PZS	Planungszone Siedlungsbeschränkung
RH	relative Häufigkeit
r	Korrelationskoeffizient
ρ	Abstand des Lotpunktes des Flugzeuges von der Projektion der vorgeschriebenen Flugstrecke auf die Erdoberfläche
SLB	Start- und Landebahn
S_R	Reststreuung
σ_p	Streuung von ρ
So1fls.shp	Flugstrecke für Flugzeuge bei Start in Richtung Ost
Sw1fls.shp	Flugstrecke für Flugzeuge bei Start in Richtung West
UL	Ultraleichtflugzeug
v(h)	Verteilungsfunktion nach AzB
VLP	Verkehrslandeplatz

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)
Berliner Straße 21–25
14467 Potsdam
FON: 0331/23 23 259 • FAX: 0331/29 21 08
E-Mail: infoline@lua.brandenburg.de

Schriftenreihe „Studien und Tagungsberichte“ (ISSN 0948-0838)

- Band 1 Geotechnik im Deponiebau (1994)
- Band 2 Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg (1993)
- Band 3 Das Trockenjahr 1992 im Land Brandenburg (1994)
- Band 4 Abfallwirtschaft und Bergbau (1995)
- Band 5 Luftqualität 1975–1990 (1995)
- Band 6 Wasserbeschaffenheit in Tagebaurestseen (1995)
- Band 7 Rüstungsaltpasten (1995)
- Band 8 Die Havel (1995)
- Band 9 Rieselfelder Brandenburg-Berlin (1995)
- Band 10 Ausweisung von Gewässerrandstreifen (1996)
- Band 11 Brandenburger Ökologietage I (1996)
- Band 12 Radioaktive Altlasten auf WGT-Flächen (1996)
- Band 13/14 Rieselfelder südlich Berlins (1996)
- Band 15 Die sensiblen Fließgewässer und das Fließgewässerschutzsystem im Land Brandenburg (1998)
- Band 16 Das Sommerhochwasser an der Oder 1997 – Brandenburger Ökologietage II (1998)
- Band 17 Naturschutz in der Bergbaufolgelandschaft – Leitbildentwicklung – (1998)
- Band 18 Landschaftsökologische Untersuchungen am ...Niedermoor in Nuthe-Nieplitz-Niederung (1998)
- Band 19 Umweltradioaktivität – Bericht 1998 (1999)
- Band 20/21 Untersuchungen der Oder zur Belastung der Schwebstoff- bzw. Sedimentphase ... 1998 (1999)
- Band 22 Schadstoffbelastung von Böden im NP Unteres Odertal vor/nach Oderhochwasser 1997 (1999)
- Band 23 Geogene Grundbelastung der Fließgewässer Spree/Schwarze Elster und Einzugsgebiete (1999)
- Band 24 Brandenburgisches Symposium zur bodenschutzbezogenen Forschung (2000)
- Band 25 Humanarzneimittel in der Umwelt (2000)
- Band 26 Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt (2001)
- Band 27 Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg (2001)
- Band 29 Tierarzneimittel in der Umwelt (2001)
- Band 30 Pflanzenschutzmittel in der Umwelt (2001)
- Band 31 Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen-/Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch (2001)
- Band 32 Weiterentwicklung von Schutzgebietssystemen auf naturräumlicher Grundlage... (2001)
- Band 33 Morphologische Referenzzustände für Bäche im Land Brandenburg (2001)
- Band 34 Humantoxikologisches Potenzial von Holzstäuben (2001)
- Band 35 Tagebaurestseen: Wasserbeschaffenheit und wassergütewirtschaftliche Sanierung... (2001)
- Band 36 Staubbiederschlag und Niederschlagsdeposition im Land Brandenburg (2002)
- Band 37 Strukturgröße von Fließgewässern Brandenburgs (2002)
- Band 38 Naturschutz in der Bergbaufolgelandschaft – Fachtagung im Juni 2001 (2002)
- Band 39 Ökotoxikologische Bewertung von Humanarzneimitteln in aquatischen Ökosystemen (2002)
- Band 40 Luftqualität 1991 bis 2000 – Ein Überblick für das Land Brandenburg – (2002)
- Band 41 Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit 1995–2000 im Land Brandenburg (2002)
- Band 42 Schutz vor verkehrsbedingten Immissionen – Beurteilung nicht reglementierter Abgaskomponenten Palladium – (2002)
- Band 43 Schallimmissionen im Umfeld von Verkehrslandeplätzen im Land Brandenburg – (2003)