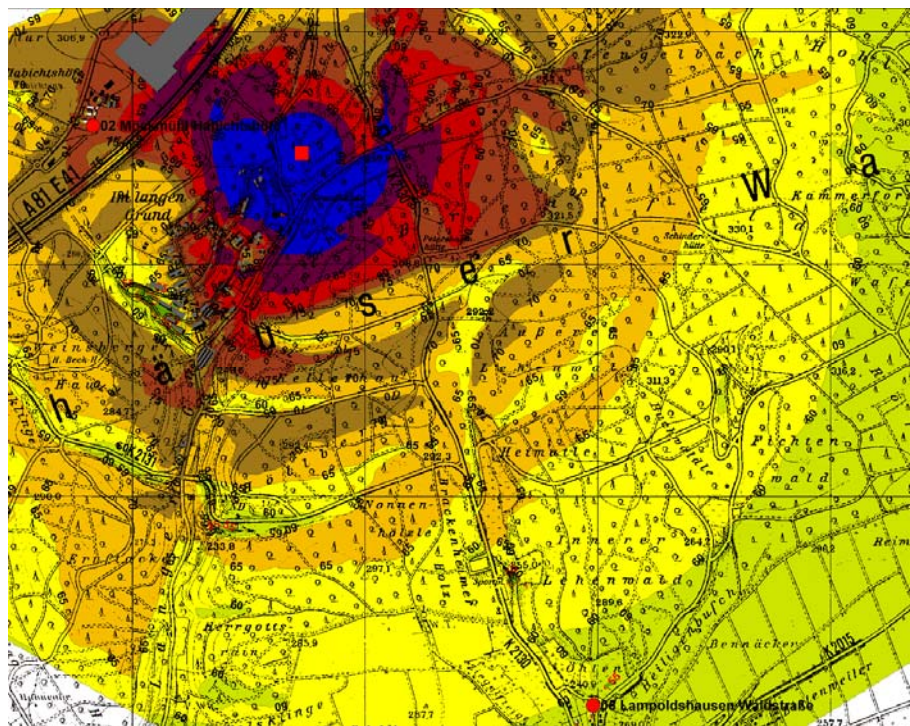


FICHTNER GMBH & CO. KG

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

**Schalltechnische Untersuchung
DLR-Forschungszentrum in Lampoldshausen**

Erläuterungsbericht



Projekt-Nr. 612-1429a

August 2011

FICHTNER
WATER & TRANSPORTATION

Versions- und Revisionsbericht

Nr.	Datum	Erstellt	Geprüft	Beschreibung
1	24.08.2011	A. Colloseus	R. Gier	

ppa. Dr. Andreas Clausen

i. A. Alexander Colloseus

Fichtner Water & Transportation GmbH

Linnéstraße 5, 79110 Freiburg

Deutschland

Telefon: +49-761-88505-0

Fax: +49-761-88505-22

E-Mail: info@fwt.fichtner.de

Copyright © by FICHTNER WATER & TRANSPORTATION GMBH

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	1
2. Grundlagen.....	1
2.1 Allgemeines.....	1
2.2 Beurteilungsgrundlagen	2
2.3 Gewerbelärm.....	2
2.3.1 Beurteilungszeiten	3
2.3.2 Immissionsrichtwerte	3
2.3.3 Tieffrequente Geräusche	4
2.3.4 Verkehrsgeräusche	4
2.3.5 Fremdgeräusche	5
3. Schalltechnische Berechnungen	6
3.1 Allgemeines.....	6
3.2 Emissionen.....	7
3.2.1 Schalltechnische Messungen	7
3.2.2 Ableiten von Schallemissionen.....	8
3.2.3 Emissionen des Prüfstands P5.....	9
3.2.4 Emissionen der anderen Großprüfstände	10
3.3 Immissionen	10
3.3.1 Prüfstand P5.....	10
3.3.2 Tieffrequente Geräusche.....	11
3.4 Bewertung der Ergebnisse.....	12
4. Zusammenfassung	13
5. Empfehlungen	13
5.1 Fremdgeräusche	13

5.2	Schalltechnische Messungen	13
5.3	Lärmschutzmaßnahmen	14

Anlagen

Anlage 1	Lageplan der Prüfstände und Immissionsorte
Anlage 2	Isophonen Mittelungspegel – Prüfstand P5

Quellenverzeichnis

DIN 45680	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 45680 – Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, März 1997
DIN ISO 9613-2	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN ISO 9613-2 – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, 1999
DLR 2009	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: P5_M229_04 Akustikmessung am Seehaus vom 25.09.2009
Hellbrück 2010	Prof. Dr. Jürgen Hellbrück: Wirkungen von Lärm auf Erleben, Verhalten und gesundheit, Vortrag auf dem Seminar „Lärmarme Straßenbeläge“, März 2010
TA Lärm	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998
UBA 2009	Umweltbundesamt: Methodik zur Ermittlung der Geräuschimmissionen von Triebwerksprobeläufen, 2009
Wölfel 2009	Wölfel Beratende Ingenieure GmbH+Co. KG, Versuch am Vulcain Prüfstand P5 – Standort Lampoldshausen - Pegelmessungen zum Schallimmissionsschutz am 05.06.2009, Projektnummer: X0034/001

1. AUFGABENSTELLUNG

Das Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) führt auf einem Versuchsgelände in Hardthausen OT Lampoldshausen mit verschiedenen Prüfständen Heißlaufversuche für Raketentriebwerke durch. Die bisherige Nutzung des Areals ist im bestehenden Bebauungsplan „DLR-Forschungszentrum“ geregelt.

Aufgrund der sehr hohen Schallemissionen während der Brennversuche treten auch in großen Entfernungen noch nennenswerte Immissionen auf.

Derzeit ist eine Erweiterung des Versuchsgeländes geplant, wobei ein neuer Prüfstand entstehen soll, dessen Leistungsvermögen deutlich geringer als der des bestehenden für die Schallemissionen maßgebenden Prüfstands P5 sein wird. Mit der geringeren Leistung der zu testenden Triebwerke am Prüfstand Px ist auch eine geringere Schallemission verbunden. Der neue Prüfstand (Px) soll ca. 1 bis 2-mal pro Woche (rund 40 Versuche pro Jahr (von Montag bis Freitag)) verwendet werden. Durch den Betrieb des neuen Prüfstands Px wird die Anzahl der jährlichen Versuche nicht erhöht. Ein Parallelbetrieb der hier betrachteten Großprüfstände schließt sich aus Sicherheitsgründen und der vorliegenden Betriebsgenehmigung aus. Versuche an kleinen Prüfständen, die in der Umgebung des Versuchsgeländes nicht zu relevanten Lärmeinwirkungen führen, sind für die vorliegende schalltechnische Untersuchung nicht von Bedeutung.

Zur Einschätzung der Lärmemissionen kann auf vorliegende schalltechnische Messungen und Untersuchungen des bestehenden Großprüfstands P5 auf Grund seines mit Abstand größten Leistungsvermögens und Schallemissionen als bestimmende Größe zurückgegriffen werden. Aufgrund des spezifischen Frequenzspektrums der Triebwerke sind die Emissionspegel aus den Messdaten frequenzabhängig abzuleiten.

Das Berechnungsmodell der Schallausbreitung wird dann anhand der Messdaten an verschiedenen Immissionsorten geeicht, so dass auch die künftige Situation hinreichend beschrieben werden kann.

2. GRUNDLAGEN

2.1 Allgemeines

Schall bezeichnet mechanische Schwingungen und Wellen in einem elastischen Medium (z. B. Luft). Schallpegel werden üblicherweise in der Einheit dB(A) (Dezibel) dargestellt. Dabei handelt es sich um eine Hilfsgröße, die einen Schalldruckpegel in ein Verhältnis zur menschlichen Hörschwelle setzt. Durch den logarithmischen Maßstab entstehen dabei besser handhabbare Werte.

Das menschliche Gehör nimmt Frequenzen ungefähr zwischen 16 Hz und 20 KHz wahr. Die Hörschwelle liegt in Abhängigkeit von der Frequenz ungefähr bei 0 dB. Die Schmerzgrenze liegt bei ca. 130 dB. Die Abhängigkeit von wahrgenommener Lautstärke und Schalldruckpegel ist stark frequenzabhängig. Durch eine frequenzabhängige Gewichtung wird der bewertete Schalldruckpegel gebildet. Üblich ist dabei die Verwendung des A-bewerteten Schallpegels (dB(A)).

Als Lärm werden Schallereignisse bezeichnet, die subjektiv als störend empfunden werden. Lärm ist also „unerwünschter Schall, der das physische, psychische und soziale Wohlbefinden der Menschen erheblich beeinträchtigen kann.“ (Hellbrück 2010)

Bei üblichen Schallpegeln von z. B. Gewerbe- oder Verkehrsgeräuschen kann davon ausgegangen werden, dass medizinisch relevante Lärmwirkungen durch chronische Lärmbeeinträchtigungen entstehen.

2.2 Beurteilungsgrundlagen

Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen der unterschiedlichen Lärmarten (z.B. Verkehr, Gewerbe, Freizeit) werden durch entsprechende Richtlinien bzw. Verordnungen vorgegeben. Hierbei erfolgt eine sektorale Betrachtung, d.h. bei den schalltechnischen Überprüfungen sind die Lärmquellen der unterschiedlichen Lärmarten einzeln zu ermitteln und die daraus berechneten Beurteilungspegel den jeweiligen Grenz-, Richt- oder Orientierungswerten gegenüberzustellen.

Eine Aggregation mehrerer Lärmarten erfolgt in der Regel nicht. Schallquellen, die keiner Lärmart zuzuordnen sind (z.B. Naturgeräusche, Wind, Wasser, etc.) werden bei den schalltechnischen Untersuchungen nicht betrachtet.

Für die schalltechnischen Berechnungen werden zunächst die Schallemissionen ermittelt oder abgeschätzt, d. h. der von einer Schallquelle ausgehende Lärm betrachtet. In Abhängigkeit der Lage, Höhe, Abschirmungen, Reflexionen, etc. werden daraus die Schallimmissionen ermittelt, also der auf den jeweils maßgebenden Immissionsort (z. B. ein Wohngebäude) einwirkende Lärm bestimmt.

Mit den Zuschlägen der jeweiligen Berechnungsrichtlinien z. B. für Ruhezeiten oder bestimmte Lärmarten werden aus den Immissionspegeln die Beurteilungspegel gebildet.

Alle im vorliegenden Bericht genannten Schallausbreitungsberechnungen wurden mit dem Ausbreitungsmodell SoundPLAN (Version 7.0, Braunstein + Berndt GmbH) durchgeführt.

2.3 Gewerbelärm

Berechnungs- und Bewertungsgrundlage für den Gewerbelärm ist die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm).

Nach TA Lärm ist sicherzustellen, dass die von einer gewerblichen Anlage emittierten Geräusche an umgebenden Gebäuden bestimmte Immissionsrichtwerte nicht überschreiten. In die Beurteilung der Anlage gehen neben den durch die Planung neu entstehenden Geräusche (Zusatzbelastungen) auch die bereits durch gewerbliche Anlagen vorhandenen Geräusche (Vorbelastungen) ein.

2.3.1 Beurteilungszeiten

In der TA Lärm werden Immissionsrichtwerte für den Gewerbelärm von genehmigungsbedürftigen und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen vorgegeben. Dabei wird zwischen den Beurteilungszeiten

- Tag: 6 bis 22 Uhr und
- Nacht: 22 und 6 Uhr unterschieden.

„Die Nachtzeit kann bis zu einer Stunde hinausgeschoben oder vorverlegt werden.“ (TA Lärm, 1998) Dabei muss eine achtstündige Nachtruhe gewährleistet sein.

Der Beurteilungszeitraum für den Tag beträgt 16 Stunden. Für die Nacht ist zur Beurteilung die volle Stunde anzusetzen, die den höchsten Beurteilungspegel aufweist.

2.3.2 Immissionsrichtwerte

In der nachfolgenden Tabelle sind für die verschiedenen Nutzungsarten die im Abschnitt 6.1 der TA-Lärm angegebenen Immissionsrichtwerte für Gewerbelärm aufgeführt. Sie beziehen sich auf Immissionsorte außerhalb von Gebäuden.

Nutzungsart	Immissionsrichtwerte der TA Lärm in dB(A)	
	Tag	Nacht
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45	35
Reine Wohngebiete	50	35
Allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	55	40
Kern-, Dorf- und Mischgebiete	60	45
Gewerbegebiete	65	50
Industriegebiete	70	70

Tab. 2-1: Immissionsrichtwerte der TA Lärm

Einzelne **kurzzeitige Geräuschspitzen** sind zulässig. Sie dürfen aber die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

Seltene Ereignisse sind gemäß Punkt 7.2 der TA Lärm voraussehbare Besonderheiten beim Betrieb einer Anlage. In diesen seltenen Fällen, die nicht an mehr als zehn Tagen oder Nächten eines Kalenderjahres und an nicht mehr als zwei aufeinanderfolgenden Wochenenden auftreten dürfen, können Überschreitungen der oben aufgeführten Immissionsrichtwerte zugelassen werden.

Die Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse betragen außerhalb von Gebäuden

- am Tag: 70 dB(A) und
- in der Nacht: 55 dB(A).

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen diese Immissionsrichtwerte um nicht mehr als die nachstehend genannten Werte überschreiten:

Nutzungsart	Überschreitungen durch kurzzeitige Geräuschspitzen in dB(A)	
	Tag	Nacht
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten, Reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete, Kern-, Dorf- und Mischgebiete	20	10
Gewerbegebiete	25	15

Tab. 2-2: Kurzzeitige Geräuschspitzen bei seltenen Ereignissen

2.3.3 Tieffrequente Geräusche

Als tieffrequente Geräusche nach TA Lärm werden Geräusche mit vorherrschenden Energieanteilen im Frequenzbereich unter 90 Hz bezeichnet. Nach Nr. 7.3 der TA Lärm sind schädliche Umwelteinwirkungen durch tieffrequente Geräusche insbesondere dann zu erwarten, wenn die in schutzbedürftigen Räumen bei geschlossenen Fenstern ermittelte Differenz $L_{Ceq} - L_{Aeq}$ den Wert 20 überschreitet. Das bedeutet, dass in diesen Fällen die tieffrequenten Geräuschanteile vorherrschend sind und weitere Untersuchungen zu Schallpegeln im Frequenzbereich unter 90 Hz erforderlich sind.

Im Anhang der TA Lärm wird dazu auf die DIN 45680 und das zugehörige Beiblatt 1 verwiesen, in der Hinweise zur Ermittlung und Bewertung von tieffrequenten Geräuschen enthalten sind. Der DIN 45680 sind auch Anhaltswerte zu entnehmen, bei deren Einhaltung keine schädlichen Umwelteinwirkungen zu erwarten sind.

2.3.4 Verkehrsgeräusche

Die Berücksichtigung von Verkehrsgeräuschen bei der Beurteilung von Gewerbelärm ist in Nr. 7.4 der TA-Lärm geregelt. Demnach sind Verkehrsgeräusche auf dem Be-

triebsgelände sowie bei der Ein- und Ausfahrt bei der Ermittlung der Lärmemissionen eines Betriebes mit zu berücksichtigen.

Geräusche des An- und Abfahrtverkehrs sind nur zu erfassen, wenn sie

- den Beurteilungspegel der Verkehrsgeräusche um mindestens 3 dB(A) erhöhen,
- keine Vermischung mit dem öffentlichen Verkehr erfolgt ist und
- die Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV überschritten werden.

2.3.5 Fremdgeräusche

Nach Nr. 3.2.1, Abs. 5 der TA Lärm sind gewerbliche Anlagen auch bei einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte zulässig, „wenn infolge ständig vorherrschender Fremdgeräusche keine zusätzlichen schädlichen Umwelteinwirkungen durch die zu beurteilende Anlage zu befürchten sind.“ (TA Lärm)

Davon ist auszugehen wenn

- keine Zuschläge für Ton-, Informations oder Impulshaltigkeit zu verwenden sind,
- keine Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche nach Nr. 7.3 der TA Lärm erforderlich ist und
- die Fremdgeräusche in mehr als 95% der Betriebszeit der Anlage höher als der Mittelungspegel der Anlage sind.

3. SCHALLTECHNISCHE BERECHNUNGEN

3.1 Allgemeines

Basierend auf schalltechnischen Messungen während Heißlaufversuchen am Prüfstand P5 auf dem Versuchsgelände werden nachfolgend die Beurteilungspegel in der Umgebung des Geländes abgeleitet. Der P5 ist der größte Prüfstand mit dem schubstärksten Triebwerk VULCAIN II.

Grundsätzlich sind nach TA Lärm alle auf dem Betriebsgelände entstehenden Geräusche gemeinsam zu beurteilen. Dabei ist nach TA Lärm auch die Lärmvorbelastung durch andere Gewerbebetriebe zu berücksichtigen. An den maßgebenden Immissionsorten sind die Richtwerte auch in der Überlagerung aller Lärmquellen sowohl der zu beurteilenden Anlage als auch durch andere gewerbliche Lärmquellen einzuhalten.

Die weiteren Berechnungen gehen davon aus, dass ein Parallelbetrieb der Großprüfstände aus Sicherheitsgründen und der vorliegenden Betriebsgenehmigung ausgeschlossen ist. Damit kann eine getrennte Betrachtung der einzelnen Prüfstände erfolgen. Die maximale Anzahl der relevanten Versuche an den Großprüfständen liegt bei ca. 40 Versuchen im Jahr.

Zudem geht die Untersuchung davon aus, dass (außer bei Versuchen an P5) durch die übrigen Großprüfstände künftig keine Lärmimmissionen hervorgerufen werden, die über den Immissionsrichtwerten der TA Lärm liegen. Sofern beim bisherigen Betrieb der anderen Prüfstände Überschreitungen eingetreten sind, werden durch das DLR emissionsmindernde Maßnahmen am Prüfstand durchgeführt, die geeignet sind, zukünftige Überschreitungen zu vermeiden. Die Wirksamkeit der Maßnahmen wird während der Versuche durch Messungen überprüft.

Unter dieser Voraussetzung kann sich die schalltechnische Untersuchung auf die durch den Prüfstand P5 hervorgerufenen Schallimmissionen beschränken. Wenn also durch die übrigen Prüfstände die regulären Immissionsrichtwerte der TA Lärm eingehalten werden und nicht mehr als 10 Versuche pro Jahr stattfinden, sind damit die Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse maßgebend.

Die gewerbliche Lärmvorbelastung wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht detailliert erfasst. Die Berechnungen gehen von keiner relevanten Vorbelastung aus. Dies sollte in den meisten Fällen auch der tatsächlichen Situation entsprechen. In Einzelfällen können aber neben lärmintensiven Betrieben noch weitere Immissionsorte maßgebend sein.

Neben den Schallemissionen während der Versuche ist aufgrund der großen Abstände zu umgebenden Wohngebäuden nicht davon auszugehen, dass weitere Schallquellen (z. B. Kfz-Verkehr oder Verladetätigkeiten auf dem Gelände) einen relevanten Einfluss auf die Lärmeinwirkung in der Umgebung aufweisen. Sie werden deshalb nicht weiter untersucht.

Auch hinsichtlich der Berücksichtigung der Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Straßen nach Nr. 7.4 der TA Lärm kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen (Keine Vermischung mit übrigen Verkehr, Überschreitung der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV, Erhöhung der Immissionen durch betriebsbedingten Verkehr um 3 dB(A)) nicht erfüllt sind.

3.2 Emissionen

Während der Heißlaufversuche mit Raketentriebwerken entstehen an den bestehenden Großprüfständen erhebliche Geräuschemissionen. Entsprechend können auch in mehreren Kilometern Entfernungen relevante Lärmbeeinträchtigungen entstehen.

Zur Ermittlung der Schallemissionen der Triebwerksprüfstände können keine standardisierten Literaturangaben herangezogen werden. Die Emissionen hängen von den jeweils verwendeten Triebwerken, Schubkräften und der Ausgestaltung des Prüfstands ab. Somit können auch am selben Prüfstand zwischen verschiedenen Probeläufen deutlich unterschiedliche Lärmemissionen entstehen.

Die Versuche finden nur in der Tageszeit nach TA Lärm (6 bis 22 Uhr) statt, so dass auf eine Betrachtung des Nachtzeitraums verzichtet werden kann. Am Tag ist sowohl der über die Beurteilungszeit von 16 Stunden gemittelte Tagesmittelungspegel als auch der Spitzenpegel zu untersuchen.

3.2.1 Schalltechnische Messungen

Für die Ableitung der Schallemissionen der bestehenden Prüfstände liegen verschiedene schalltechnische Messungen während Versuchen am Prüfstand P5 (Wölfel 2009 und DLR 2009) vor.

Im Juni 2009 wurde eine Messung von Wölfel Beratende Ingenieure GmbH+Co. KG in Jagsthausen durchgeführt. Die Messdaten ergaben während eines Versuchs auf dem P5-Prüfstand „keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne der TA Lärm“. Der Tagesmittelungspegel lag mit < 39 dB(A) wie auch der Spitzenpegel mit 58 dB(A) deutlich unterhalb der Immissionsrichtwerte der TA Lärm für allgemeine Wohngebiete.

Hinsichtlich der tieffrequenten Geräusche wurde keine abschließende Aussage getroffen. Das Prüfkriterium nach Nr. 7.3 der TA Lärm ($L_{Ceq} - L_{Aeq} > 20$; vgl. 2.3.3) wird am Messort teilweise überschritten. Da sich die Vorgabe der TA Lärm auf einen schutzbedürftigen Innenraum mit geschlossenen Fenstern bezieht, jedoch im Freien gemessen wurde, konnte daraus nicht auf Überschreitungen des Prüfkriteriums der TA Lärm geschlossen werden. Eine Abschätzung ist kaum möglich, da keine hinreichenden Daten zur Schalldämmung tieffrequenter Geräusche durch Außenbauteile (Wände, Fenster) von Gebäuden vorliegen.

Im September und November 2009 wurden von der DLR Messungen am Seehaus nordöstlich des Versuchsgeländes während Probeläufen auf dem P5-Prüfstand durch-

geführt. Der Mittelungspegel des Beurteilungszeitraums Tag lag dabei mit 60 bis 62 dB(A) über dem regulären Immissionsrichtwert für Mischgebiete von 60 dB(A). Der Richtwert für seltene Ereignisse von 70 dB(A) wird dabei nicht überschritten. Den Messdaten ist auch die Frequenzverteilung der Geräuschimmissionen zu entnehmen.

Daneben werden auch für andere Großprüfstände (P3.2, P4-DE, P4.1, P4.2, P8.1, P8.2) regelmäßig schalltechnische Messungen durch das DLR durchgeführt. An den aufgeführten Prüfständen wurden allein zwischen Januar 2010 und Juli 2011 197 dokumentierte Messungen durchgeführt. Diese Messungen beziehen sich, wie unter Abschnitt 3.1 ausgeführt, auf Prüfstände für Triebwerke mit deutlich geringerer Leistung als an P5.

Da zudem lärmindernde Maßnahmen getroffen werden sollen, mit denen eine Einhaltung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm sichergestellt wird, können die bisherigen Messungen nicht als repräsentativ für eine zukünftige Beurteilung angesehen werden. Die fortlaufenden Messungen dienen dann der Überprüfung der Wirkung der Maßnahmen und der Kontrolle hinsichtlich der Einhaltung der Vorgaben der TA Lärm.

Die Messungen sollen zukünftig insofern ausgeweitet werden, dass entsprechende Korrelationen mit den Wetterbedingungen, Versuchsbedingungen, Jahreszeiten, etc. statistisch abgeleitet werden können.

Die folgenden schalltechnischen Berechnungen beziehen sich jeweils auf den Prüfstand P5.

3.2.2 Ableiten von Schallemissionen

Aus den Messdaten waren in einem ersten Schritt die Geräuschemissionen des Prüfstands P5 einzuschätzen. Aufgrund des Einflusses beispielsweise der Witterung und nicht ausreichenden Vergleichsmessungen an verschiedenen Stellen während des gleichen Versuchs konnte hier nur eine überschlägige Einordnung der Geräuschemissionen erfolgen. Die Eichung wurde dabei jeweils anhand der höchsten gemessenen Immissionen vorgenommen.

Für die Umrechnung der Messdaten auf die Schallemissionen des Prüfstands wurden verschiedene Immissionsorte in Abhängigkeit von der Lage und Geländestruktur berechnet. Die Immissionsorte sind in Anlage 1 dargestellt.

Die Ausbreitungsberechnung bzw. Umrechnung auf die Emissionen des Prüfstands erfolgte anhand der DIN ISO 9613-2 ohne Korrekturen für Witterungsbedingungen.

Mit den gemessenen Werten wurde jeweils auf eine ideale in alle Richtungen gleichmäßig Schall abstrahlende Punktschallquelle zurückgerechnet. Eine Richtungsabhängigkeit der Emissionen konnte aus den vorliegenden Daten nicht abgeleitet werden.

Eine exakte Bestimmung der tatsächlichen Emissionspegel des Großprüfstands P5 ist aus den einzelnen Messdaten nicht möglich. Zudem können aufgrund von Schwan-

kungen der Randbedingungen der Probeläufe (Eingesetzte Triebwerke, Schubkraft) auch höhere Emissionen des Prüfstands nicht ausgeschlossen werden. Dies kann beispielsweise über Zuschläge auf die ermittelten Pegel oder weitere Messungen bei voller Auslastung des Prüfstands abgedeckt werden.

Den Messdaten waren teilweise auf den Beurteilungszeitraum Tag (16 Stunden) gemittelte Pegel und die Spitzenpegel während der Versuche zu entnehmen. Den Messdaten sind Differenzen zwischen den Tagesmittelungspegeln und Spitzenpegeln von 20 bis 23 dB(A) zu entnehmen. Spitzenpegel dürfen nach TA Lärm die regulären Richtwerte für Mittelungspegel um bis zu 30 dB(A) bzw. 20 dB(A) bis 25 dB(A) (nur in Gewerbegebieten) über den Richtwerten für seltene Ereignisse liegen. Die Spitzenpegel können für die Beurteilung der durch den Versuchsbetrieb an P5 hervorgerufenen Schallimmissionen somit nur dann maßgebend sein, wenn die gemittelten Tagespegel die Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse um weniger als 3 dB(A) unterschreiten.

3.2.3 Emissionen des Prüfstands P5

Für den Prüfstand P5 konnten Messungen am Seehaus (DLR 2009) und in Jagsthausen (Wölfel 2009) herangezogen werden.

Maßgebend für die Ermittlung der Emissionen der Punktschallquelle war die Messung am Seehaus mit einem Immissionspegel von 62 dB(A) in der Mittelung über den Tag. Setzt man die entsprechenden Emissionen am Prüfstand P5 an, ergibt sich ein Beurteilungspegel in Jagsthausen, der über dem Messwert (Wölfel 2009) liegt. Da beide Immissionsorte annähernd in der gleichen Himmelsrichtung zum Versuchsgelände liegen, sollten die Differenzen nicht auf eine Richtwirkung der Geräuschemissionen, sondern auf Differenzen der Schallemissionen der beiden Versuche zurückzuführen sein.

Den Daten der Messposition Vorderseite Seehaus am 25.09.2009 (DLR 2009) können auch die Frequenzanteile der Schallimmissionen entnommen werden. Aus den Messdaten und Literaturangaben (UBA 2009) konnte eine Abschätzung der Frequenzanteile der Schallemissionen der Prüfstände vorgenommen werden.

Dabei ist keine genaue Eichung aller Frequenzen möglich, da die Messdaten immer auch Fremdgeräusche umfassen. Insbesondere in hohen Frequenzbereichen ist von einer relativ hohen Abschirmung auf dem Ausbreitungsweg und eine starke Überlagerung mit Fremdgeräuschen zu erwarten. Im Bereich tiefer Frequenzen ist hingegen eine stärkere Beugung um Hindernisse herum vorhanden, so dass sich geringere Pegelminderungen ergeben.

Aus einem Vergleich der gemessenen und auf die Schallquelle zurückgerechneten Frequenzanteile und den Literaturdaten wurde das Frequenzspektrum des Prüfstands P5 abgeleitet und für die weiteren Ausbreitungsberechnungen verwendet.

3.2.4 Emissionen der anderen Großprüfstände

Für die anderen Großprüfstände liegen noch keine Messungen für eine Charakterisierung der künftigen Schallemissionen vor. Durch den Einsatz lärmindernder Maßnahmen direkt an den Prüfständen wird erwartet, dass die Emissionen weiter reduziert werden und damit deutlich unter den Emissionen des größten Prüfstandes P5 liegen.

Im Vergleich zu P5 bildet sich zwar durch die abweichende Lage auch eine unterschiedliche Schallausbreitung in der Umgebung aus, dies wird aber vermutlich durch die geringeren Emissionen der Prüfstände zumindest kompensiert. Ggf. können durch die lärmindernden Maßnahmen am Prüfstand schädliche Umweltauswirkungen vermieden werden. Auf eine gesonderte Betrachtung der anderen bestehenden oder geplanten Großprüfstände kann somit verzichtet werden.

3.3 Immissionen

Mit den aus Messdaten abgeleiteten Emissionspegeln des Prüfstandes P5 wurden die Schallimmissionen in Abhängigkeit von der Lage und der Geländestruktur in der Umgebung des Versuchsgeländes berechnet.

3.3.1 Prüfstand P5

Mit den Emissionen des Prüfstands P5 aus den schalltechnischen Messungen am Seehaus wurde ein Isophonenplan erstellt (Anlage 2). Daraus sind die Tagesmittelungspegel in der Umgebung des Versuchsgeländes abzulesen. Isophonenpläne stellen Bereiche gleicher Immissionspegel farbig abgestuft dar. Dabei wurden in 5 dB(A)-Schritten Klassen gebildet. Der Plan wurde für eine Höhe von 5m über Gelände erstellt.

Aus dem Isophonenplan können u. a. folgende Informationen entnommen werden:

- In Ernstein ergeben die Berechnungen Immissionen von ca. 55-60 dB(A). Damit liegen die Pegel zwischen dem regulären Immissionsrichtwert für allgemeine Wohngebiete (55 dB(A)) und für Kern-, Dorf- und Mischgebiete von 60 dB(A) und deutlich unter dem Immissionsrichtwert für seltene Ereignisse von 70 dB(A).
- An den Habichtshöfen (Möckmühl) ergibt sich ein Immissionspegel von ca. 60 dB(A). Das entspricht ungefähr dem regulären Immissionsrichtwert für Kern-, Dorf- und Mischgebiete.
- Am Seehaus liegt der Immissionspegel mit 60 bis 65 dB(A) zwar über dem regulären Immissionsrichtwert für Mischgebiete (60 dB(A)), der auch für Wohngebäude im Außenbereich herangezogen wird, der Richtwert für seltene Ereignisse wird aber um mehr als 5 dB(A) unterschritten.

- In Jagsthausen wird der Immissionsrichtwert für allgemeine Wohngebiete von 55 dB(A) deutlich unterschritten.
- An den nördlichen Gebäuden von Lampoldshausen sind Immissionspegel von 55 bis 60 dB(A) festzustellen. Der reguläre Richtwert für allgemeine Wohngebiete wird dort geringfügig überschritten, der Richtwert für seltene Ereignisse von 70 dB(A) jedoch deutlich eingehalten.
- Am Aussiedlerhof im Nordwesten von Lampoldshausen ergibt sich ein Pegel von 60 bis 65 dB(A), der damit über dem Richtwert von 60 dB(A) für Mischgebiete liegt, aber ebenfalls deutlich unter dem Richtwert für seltene Ereignisse.

Ausgehend von den schalltechnischen Messungen im Bereich Seehaus ergeben sich in der Umgebung teilweise geringfügige und kurzzeitige Überschreitungen der regulären Immissionsrichtwerte der TA Lärm. Unter der Voraussetzung, dass durch die übri-gen Prüfstände keine Überschreitungen der Immissionsrichtwerte hervorgerufen werden und an P5 nicht mehr als 10 Versuche pro Jahr stattfinden, sind die Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse maßgebend. Diese werden in der Umgebung des Versuchsgeländes durchweg deutlich (> 5 dB(A)) eingehalten. Somit werden auch hinsichtlich der Spitzenpegel während der Versuche die Vorgaben der TA Lärm eingehalten.

Es ist zu beachten, dass aus den Ergebnissen nur eingeschränkte Aussagen zur räumlichen und zeitlichen Verteilung der Immissionen während der Versuche an P5 abzuleiten sind. Vor allem sind in den Berechnungen zur Schallausbreitung keine Richtungsabhängigkeit der Schallausbreitung und Informationen zur Schwankungsbreite der Höhe der Schallemissionen zwischen den Versuchen enthalten. Diese Daten sollten möglichst auch frequenzabhängig durch Messungen bestimmt werden, um die Immissionen in der Umgebung besser bestimmen zu können.

3.3.2 Tieffrequente Geräusche

Zur Einschätzung der Zulässigkeit der tieffrequenten Geräuschanteile liegen Messdaten während Versuchen am Prüfstand P5 vor. Aus den Messdaten und Literaturangaben (vgl. 3.2.3) wurde die Frequenzverteilung der Schallemissionen abgeleitet.

Für den Prüfstand P5 konnten in Jagsthausen keine abschließenden Aussagen aus den Messdaten abgeleitet werden, da sich die Anforderungen der TA Lärm in Verbindung mit der DIN 45680 auf Innenräume beziehen, in denen keine Messung vorgenommen wurde. Mit den von P5 übertragenen Schallemissionen inkl. des Frequenzspektrums wurden frequenzabhängig die Teilpegel an einzelnen Immissionsorten in der Umgebung bestimmt. Die Werte beziehen sich nur auf Außenbereiche. Aussagen zu Innenräumen können daraus nur eingeschränkt abgeleitet werden.

Nach Nr. 7.3 der TA Lärm ist insbesondere mit schädlichen Umwelteinwirkungen zu rechnen, wenn der Wert $L_{Ceq} - L_{Aeq} > 20$ liegt.

Dies ist bei den ermittelten Werten im Freien nur in Jagsthausen der Fall. In Jagsthausen wird im Freien die Anforderung nach Nr. 7.3 der TA Lärm überschritten. Deshalb wurde anhand des Beiblatts 1 zur DIN 45680 ein Vergleich der Terz-Beurteilungspegel im Frequenzbereich zwischen 10 Hz und 80 Hz mit dem Anhaltswert von 35 dB verglichen. Bereits im Freien liegt der energetisch addierte Terz-Beurteilungspegel <20 dB und somit deutlich unter dem Anhaltswert der DIN 45680.

An den übrigen Immissionsorten wird die Schwelle nach Nr. 7.3 TA Lärm unterschritten.

Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Geräusche keine vorherrschenden Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz aufweisen. Werden dort die regulären, A-bewerteten Immissionsrichtwerte (vgl. 2.3.2) eingehalten, sind auch keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch tieffrequente Geräusche zu erwarten.

3.4 Bewertung der Ergebnisse

Den Berechnungsergebnissen ist zu entnehmen, dass durch den Prüfstand P5 in verschiedenen Bereichen (Lampoldshausen, Seehaus) Tagesmittelungspegel entstehen, die geringfügig über den regulären Immissionsrichtwerten der TA Lärm aber deutlich unter den Richtwerten für seltene Ereignisse liegen. Da zu Schwankungen der Emissionen bei verschiedenen Versuchen sowie zur Richtungsabhängigkeit der Emissionen noch keine ausreichenden Daten vorliegen, können derzeit nur überschlägige Aussagen zur räumlichen Verteilung der Schallimmissionen auf der Basis der höchsten gemessenen Immissionen im Umfeld der Anlage möglich.

Die gemessenen Spitzenpegel während der Versuche (tlw. > 100 dB(A)) im direkten Umfeld des Geländes des DLR bedeuten eine deutliche Störung der Umgebung. Unmittelbare gesundheitliche Auswirkungen sind bei diesen Spitzenpegeln in der Nachbarschaft aber nicht zu erwarten.

Wenn die Vorgaben der TA Lärm zu Immissionen im Umfeld (Überschreitungen der regulären Immissionsrichtwerte nur bei Versuchen an P5 an maximal 10 Tagen pro Jahr) eingehalten werden, sind trotz der kurzzeitig hohen Lärmeinwirkungen keine schädlichen Umweltauswirkungen zu erwarten.

Ziel von Lärmschutzmaßnahmen sollte somit die Einhaltung der regulären Immissionsrichtwerte durch die übrigen Prüfstände sein. Auch im Sinne des bereits bestehenden Umweltmanagementsystems des DLR nach DIN ISO 14001-2009 wird auch darüber hinaus eine weitere Reduzierung der Schallemissionen angestrebt.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Fremdgeräusche

Wenn zumindest für einen Übergangszeitraum auch für andere Großprüfstände außer P5 Überschreitungen der regulären Immissionsrichtwerte der TA Lärm noch nicht zu vermeiden sind, kann die Anwendbarkeit der Regelung zu Fremdgeräuschen geprüft werden.

Nach Nr. 3.2.1 Abs. 5 der TA Lärm darf unter bestimmten Voraussetzungen (vgl. 2.3.5) einer gewerblichen Anlage die Genehmigung „wegen einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte nicht versagt werden, wenn infolge ständig vorherrschender Fremdgeräusche keine zusätzlichen schädlichen Umwelteinwirkungen durch die zu beurteilende Anlage zu befürchten sind.“ (TA Lärm)

Die Voraussetzungen der TA Lärm

- Keine Zuschläge für Ton- und Informationshaltigkeit oder Impulshaltigkeit zur Beurteilung der Geräuschimmissionen des Testgeländes,
- Keine Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche (Nr. 7.3 der TA Lärm, vgl. 2.3.3) erforderlich und
- Schalldruckpegel der Fremdgeräusche in mehr als 95% der Betriebszeit der Anlage höher als der Mittelungspegel der Anlage

sind an den Immissionsorten mit Überschreitungen zu prüfen.

Insbesondere im Bereich der Habichtshöfe ist davon auszugehen, dass durch den Verkehr auf der A 81 Fremdgeräusche entstehen, die das Betriebsgeräusch des Testgeländes außerhalb der Brennversuche (Länge ca. 10 bis 15 Minuten) deutlich übersteigen. Dies sollte überwiegend auch an anderen Immissionsorten durch angrenzende Verkehrswege der Fall sein.

Die Anwendbarkeit der Regelung der Nr. 3.2.1 der TA Lärm auf das DLR-Testgelände mit seiner außergewöhnlichen Geräuschcharakteristik wäre noch juristisch zu überprüfen.

5.2 Schalltechnische Messungen

Die vorliegenden Messdaten der Großprüfstände sind nur eingeschränkt für eine Prognose der künftigen Lärmimmissionen des Versuchsgeländes verwendbar. Ohne eine Dokumentation der Versuchsparameter, Witterungsbedingungen und gleichzeitige Messungen der Versuche an verschiedenen Standorten können nur tendenzielle Aussagen zu den künftigen Immissionen in der Umgebung abgeleitet werden.

Zur Absicherung der Emissionsdaten der bestehenden Prüfstände, Prognose der zu erwartenden Immissionen durch den neuen Prüfstand und zur späteren Kontrolle der Einhaltung der Richtwerte ist ein schalltechnisches Messprogramm zu empfehlen. Dabei sind die Einflüsse der Versuchs- und Witterungsbedingungen und die Richtwirkung der Schallemissionen abzuklären.

5.3 Lärmschutzmaßnahmen

Basierend auf den Erkenntnissen des bestehenden Prüfstand P5, der die höchsten Schallemissionen aufweist, sind Schallimmissionen zu erwarten, die teilweise über den regulären Immissionsrichtwerten der TA Lärm aber noch deutlich unter den Richtwerten für seltene Ereignisse liegen. Die tatsächlich auftretenden Immissionen unterliegen einer Schwankungsbreite die durch spezielle Versuchsbedingungen, Witterungssituation und Jahreszeit unterschiedlich sind.

Untersuchungen zu weiteren Lärmschutzmaßnahmen werden aus diesen Gründen empfohlen. Auch aufgrund der hohen tieffrequenten Geräuschanteile ist Lärmschutz direkt an der Schallquelle einer Abschirmung auf dem Ausbreitungsweg vorzuziehen.

Da sich in manchen Bereichen größere Überschreitungen einstellen, während sich in anderen Himmelsrichtungen die nächsten Immissionsorte erst in großer Entfernung befinden, sollte zunächst geprüft werden, ob durch die Ausgestaltung des Prüfstands eine Ausrichtung der Schallemissionen erreicht werden kann bzw. die sich ohnehin einstellende Richtwirkung messtechnisch nachgewiesen werden kann.

Da sich westlich (Habichtshöfe, Ernstein), nördlich (Möckmühl) und südlich (Lampoldshausen) des Versuchsgeländes die nächsten Wohngebäude in relativ kurzen Entfernungen befinden, erscheint eine Hauptausbreitungsrichtung der Schallemissionen nach Osten sinnvoll.

Die möglichen Minderungen in andere Ausbreitungsrichtungen könnten anhand von Messdaten an bestehenden Prüfständen abgeschätzt werden. Dazu sollten während eines oder mehrerer Versuche an verschiedenen Stellen gleichzeitig die Immissionen gemessen und die Witterungsverhältnisse dokumentiert werden.

Auch die Höhenlage des Prüfstands hat einen signifikanten Einfluss auf die Ausbreitung des Schalls. Je tiefer der Versuchsstand angeordnet wird, umso stärker werden die Geräusche auf dem Ausbreitungsweg gedämmt und abgeschirmt. Die gleiche Schallquelle auf Geländeneiveau bzw. 5m über Gelände führt beispielsweise zu Veränderungen der Immissionen an den untersuchten Einzelpunkten von ca. 2 bis 3 dB(A).

Hinweise zur technischen Minderung der Schallemissionen direkt am Prüfstand sind der Zusammenstellung der Messdaten des DLR zu entnehmen (DLR 2007, Seite 10).

Anlage 1

Lageplan der Prüfstände und Immissionsorte

Anlage 2

Isophonen Mittelungspegel – Prüfstand P5