



Abschlussbericht

Entwicklung eines geräusch- und schwingungsdämpfenden Pumpenträgers für hydraulische Antriebe

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
2	Einleitung/Aufgabenstellung	4
2.1	Einleitung	4
2.2	Ausgangssituation, Aufgabenstellung und Arbeitsteilung	5
2.3	Recherche zum Stand der Technik.....	6
2.4	Entwicklung eines Prüfstandes zur Schallabsorptions- und Schwingungsmessung der Prototypen.....	11

„Entwicklung eines geräusch- und schwingungsdämpfenden Pumpenträgers für hydraulische Antriebe“



gefördert von der
Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen
(AIF)

Kooperationspartner des Forschungsprojektes

Teilprojekt 1

(KF 001 6223 UK7)

„Materialtechnische Produktentwicklung sowie Berechnung, Modellierung und Simulation“



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ
1836-2011
175 Jahre

TU Chemnitz, Prof. Strukturleichtbau/Kunststoffverarbeitung

Teilprojekt 2

(KF 051 9701 UK7)

„Prototypen-, Werkzeug- und Versuchsstandentwicklung“



Raja-Lovejoy GmbH

Teilprojekt 3

(KF 008 7105 UK7)

„Entwicklung schalldämmender und verstärkender Textilstrukturen“



Cetex gGmbH

Teilprojekt 4

(KF 051 9801 UK7)

„Entwicklung messtechnischer Anlagenkonzepte und Durchführung von Prüfmessungen“



SLG Prüf- und
Zertifizierungs GmbH

SLG GmbH

1 Vorwort

Die Mitarbeiter der TU Chemnitz, der Cetex gGmbH, der SLG GmbH und der Raja-Lovejoy GmbH, die an der Durchführung und Bearbeitung dieser Forschungsaufgabe beteiligt gewesen sind, bedanken sich für die vielfältige Unterstützung bei der Projektbearbeitung.

Besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit für die finanzielle Unterstützung der unter den Registriernummern KF0016223UK7, KF0087105UK7, KF0519801UK7 und KF0519701UK7 geführten Arbeiten.

Ebenso möchten wir uns beim Projektträger, der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) für die projektbegleitende Arbeit bedanken.

Für die gute Zusammenarbeit, die Mitwirkung und die aktive Unterstützung bei der Projektbearbeitung gebühren allen beteiligten Unternehmen und Forschungseinrichtungen großes Lob.

2 Einleitung/Aufgabenstellung

2.1 Einleitung

Hydraulische Antriebe spielen im Bereich der Antriebstechnik eine entscheidende Rolle bei der Erzeugung und Übertragung von Kräften und Momenten. Die besonderen Vorteile der Hydraulikantriebe sind ihre kompakte Bauweise und hohe Energiedichte bei sehr großen übertragbaren Kräften und Momenten. Deshalb kommen Hydraulikantriebe in allen Bereichen des Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbaus zum Einsatz. Die Fluidtechnik (Hydraulik und Pneumatik) nimmt mit einem Umsatzvolumen von etwa 4,6 Milliarden Euro und einem Welthandelsanteil von ca. 33 Prozent einen Spitzenplatz im deutschen Maschinenbau ein.

Bei der Hydraulik erfolgt die Leistungsübertragung von der Antriebsmaschine (Hydraulikpumpe) zur Arbeitsmaschine (Kolben oder Hydraulikmotor) über ein fluides Medium. Das Fluid, in der Regel Mineralöl, wird zur Kraft- und Momentenübertragung unter Druck gesetzt und strömt in geschlossenen Kreisläufen zwischen der Antriebsmaschine und Arbeitsmaschine. Die Druckerzeugung in hydraulischen Antrieben übernimmt die Hydraulikpumpe, welche üblicherweise von einem Elektromotor angetrieben wird. Der Übertragung des Drehmomentes vom Motor auf die Pumpe dient eine Antriebswelle, das funktionelle Verbindungselement beider Komponenten. Der Pumpenträger ist die Umhausung der Antriebswelle und bauliche Verbindung zwischen Elektromotor und Hydraulikpumpe. Beide werden stirnseitig an ihn angeflanscht.

Der Pumpenträger stellt ein topfförmiges Strukturbauteil dar, welches eine Vielzahl von Funktionen zu erfüllen hat. Als Verbindungselement von Elektromotor und Hydraulikpumpe garantiert er die feste Verbindung beider Komponenten und sichert deren Fixierung, um einen Winkelversatz der Antriebswelle zu vermeiden. Aus der Verbindungsfunktion von Pumpe und Motor resultiert eine weitere Hauptaufgabe des Bauteils. Da die Hydraulikpumpen in der Regel freitragend ausgeführt sind, bildet der Pumpenträger die einzige feste Verbindung über den Motor zur Aufstellfläche. Damit muss er über den Kraftrückschluss das gesamte Drehmoment aufnehmen und erfährt durch die stirnseitig angeflanschte Hydraulikpumpe zusätzlich eine starke Biegebelastung. Der Pumpenträger stellt so ein mechanisch hochbelastetes Bauteil dar. Daneben dichtet er als Gehäuse die Antriebswelle und Kupplung zur Außenumgebung ab und verhindert so das Eindringen von Verunreinigungen über die Welle in den Motor und die Pumpe. Gleichzeitig soll das Gehäuse der Schallabsorption und Schwingungsentkopplung dienen und damit die Laufgeräusche des Antriebsaggregates dämpfen.

2.2 Ausgangssituation, Aufgabenstellung und Arbeitsteilung

Marktübliche Pumpenträger bestehen meist aus metallischen Werkstoffen. Aufgrund des zunehmenden Kostendruckes wurde der ursprünglich genutzte Guss-Stahl durch Aluminiumdruckguss ersetzt und die Wandstärke des Bauteils immer stärker herabgesetzt, um zusätzlich Material zu sparen. Diese Dünnwandigkeit führt zu einer nur noch sehr geringen Schallabsorption der Laufgeräusche der Antriebswelle durch den Pumpenträger. Im Gegensatz zu Guss-Stahl besitzt Aluminiumdruckguss kaum Dämpfungseigenschaften. Hydraulikpumpen erzeugen durch ihre Pulsation sehr starke Schwingungen, die vom Pumpenträgergehäuse nicht mehr gedämpft werden. Außerdem besteht zwischen Elektromotor und Hydraulikpumpe durch die fehlenden Dämpfungseigenschaften keine Schwingungsentkopplung mehr. Im ungünstigsten Fall liegt die Pulsation der Pumpe in der Eigenfrequenz angeflanschter Komponenten und das gesamte Antriebsaggregat schwingt mit sehr hoher Amplitude.

Erste Schwingungsuntersuchungen der Firma Raja-Lovejoy GmbH haben ergeben, dass sich die Frequenzen des abgegebenen Luft- und Körperschalls in Bereichen befinden, in denen das menschliche Gehör seine größte Empfindlichkeit besitzt. Der metallene, dünnwandige Pumpenträger kann in ungünstigen Fällen die Laufgeräusche zusätzlich verstärken, da er wie eine Glocke wirkt und als Resonanzkörper die Schwingungsamplituden noch erhöht.

Zielstellung des Gesamtprojektes sind die Entwicklung:

- einer Nachrüstvariante aus einer neuartigen Materialkombination mit guten Schwingungsdämpfungs- und Geräuschkämpfungseigenschaften, um eine Geräuschkämpfung des Luft- und Körperschalls zu erzielen.
 - eines Prüfstandes, um schalltechnische Untersuchungen mit den derzeitigen Pumpenträgern, Pumpenträgern mit Nachrüstvarianten und kunststoffverstärkten Pumpenträgern durchzuführen. Für die Umsetzung eines Prototypenpumpenträgers muss ein Versuchswerkzeug entwickelt und projektiert werden.
 - von Komponenten für eine gute Schwingungsdämpfung, um eine Geräuschkämpfung des Luft- und Körperschalls zu erzielen. Neben einer entsprechenden Erstausrüstung neuer Pumpenträger, soll das zu entwickelnde Nachrüstkonzept dazu dienen, akut bestehende Probleme schlechter Schall- und Schwingungsisolierung, auch bei bereits im Einsatz befindlichen Antriebsaggregaten, zu beheben.
-

Der vorliegende Abschlussbericht beinhaltet die im Rahmen des FuE-Projektes gemachten Entwicklungen und gewonnenen Erkenntnisse der Untersuchungen für die Teilaufgaben:

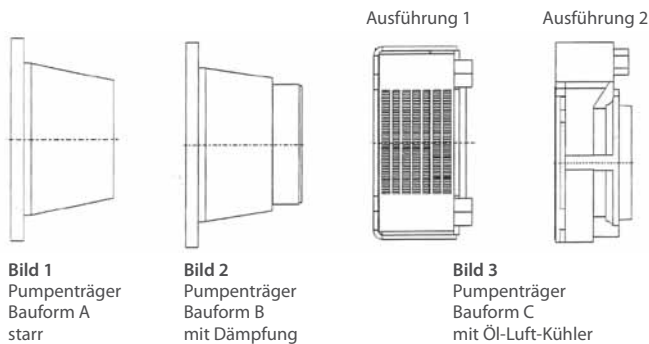
-
1. „Materialtechnische Produktentwicklung sowie Berechnung, Modellierung und Simulation“ (TU Chemnitz)
 2. „Prototypen-, Werkzeug- und Versuchsstandentwicklung“ (Raja-Lovejoy GmbH)
 3. „Entwicklung schalldämmender und verstärkender Textilstrukturen“ (Cetex gGmbH)
 4. „Entwicklung messtechnischer Anlagenkonzepte und Durchführung von Prüfmessungen“ (SLG GmbH)
-

Die einzelnen Teilaufgaben wurden dabei themenübergreifend bearbeitet, um die gesetzten Schwerpunkte zielstrebig zu erreichen, die Kernkompetenzen der einzelnen Projektpartner zu bündeln und somit die Erfolgsaussichten signifikant zu erhöhen.

2.3 Recherche zum Stand der Technik und Marktsituation/Erstellung eines konkreten Anforderungskatalogs/Entwicklung von schalltechnischen Untersuchungsmethoden zur Bauteilvalidierung (Raja-Lovejoy GmbH, Cetex gGmbH, SLG GmbH, TU Chemnitz)

Recherche zum Stand der Technik

Die bautechnische Vielfalt von marktgängigen Pumpenträgerprodukten ist hinsichtlich funktionellem Aufbau und konstruktiver Gestaltung sehr stark begrenzt. In der VDMA-Richtlinie 24561 werden drei Bauformen für starre Pumpenträger, Pumpenträger mit Dämpfung und Pumpenträger mit Öl-Luftfilter aufgeführt.



Ausschnitt VDMA 24561, Bauformen von Pumpenträgern für Hydropumpen

Für die Bauformen sind nach den genormten E-Motor- und Pumpenbaureihen Lochbildkombinationen zum Anflanschen sowie die wesentlichsten Hauptabmessungen festgelegt. Alle anderen Eigenschaften, insbesondere innerer Aufbau, Material des Pumpenträgers und der Dämpfungselemente sind herstellereigenspezifisch, d.h. der technischen Entwicklung des Herstellers überlassen.

Es wurde eine umfangreiche Literatur- und Patentrecherche bezüglich konstruktiver Lösungskonzepte zu Flanschgehäusen und Pumpenträgern in der Fluidtechnik durchgeführt. Es ist zu erkennen, dass sich die konstruktiven Lösungskonzepte fast ausschließlich auf metallische Pumpenträger beziehen.

Marktsituation und Abschätzung des wirtschaftlichen Handlungsspielraumes

Es ist davon auszugehen, dass ca. 50 Prozent der derzeit auf dem Markt befindlichen Systeme als „ungünstige Kombinationen von Motor-Pumpe“ mit hoher Geräuschemission einzuschätzen sind. Somit könnte eine hohe Anzahl von Kunden in diesem Marktsegment mit einer Raja-Geräuschdämpfungsvariante bedient werden. Dies stellt ein erhebliches Absatzvolumen dar.

Neben einer entsprechenden Erstausrüstung an neuen Pumpenträgern soll das zu entwickelnde Nachrüstkonzept dazu dienen, akut bestehende Probleme schlechter Schall- und Schwingungsisolierung auch bei bereits im Einsatz befindlichen Antriebsaggregaten zu beheben. Hierzu sind technische Lösungsvarianten zu entwickeln, die ohne größeren Montageaufwand einsetzbar sind. Dies können u.a. textilgebundene Schall- und elastische Schwingungsdämpfungselemente sein, die an den Pumpenträger je nach vorhandenem Einbauraum nachträglich an- oder eingebracht werden.

Tabelle 1: Komponentenübersicht

E-Motor (Fußmotor)	Pumpenträger (PT)	Hydraulikpumpen
18,5 kW Flansch Ø 350 mm	PT ungedämpft	Zahnradpumpe
4 kW Flansch Ø 250 mm	PT gedämpft	Axialkolbenpumpe
4 kW Flansch Ø 250 mm	PT (Wettbewerb)	Radialkolbenpumpe

Für die schalltechnischen Untersuchungen und für Nachrüstvarianten wurden die Normabmessungen Ø 250 mm und Ø 350 mm für gängige Aluminiumpumpenträger genommen.



Pumpenträgervarianten Ø 250 / Ø 350 mm

Grundlagen der Akustik

Die Luftschallabstrahlung (Lärm) ist die Folge von mechanischen Schwingungen (Körperschall). Ein Teil der Schwingungsenergie der angeregten Struktur wird dabei an die Luft als Schallwelle abgegeben. Entsprechend des Ausbreitungsmediums kann unterschieden werden zwischen Luftschall, Körperschall und Flüssigkeitsschall.

Das Modell der Schallerzeugung lässt sich generell unterteilen in Schallentstehung, Schallübertragung und Schallabstrahlung. Die Schallentstehung kann in zwei Hauptgruppen unterteilt werden:

1. Direkte Schallentstehung: Schwingungen fester Körper (z.B. Lautsprechermembranen) und Strömungsgeräusche (z.B. Umströmung von Hindernissen) als Schallabstrahlung
2. Indirekte Schallentstehung: Die Schwingungen in Bauteilen usw. werden als Körperschall weitergeleitet und an den Kontaktflächen zur umgebenden Luft als Schallwellen abgestrahlt.



Modell der Schallerzeugung – Geräuschmechanismus (aus VDI 3720)

Hinsichtlich der Schallwahrnehmung muss dabei unterschieden werden zwischen messtechnisch ermittelbaren und tatsächlich vom Menschen hörbaren Schalldruckpegeländerungen:

- Die kleinste wahrnehmbare Änderung beträgt für geübte Ohren etwa 1 dB.
- Eine Zunahme um 6 dB bedeutet eine Verdopplung der physikalischen Messgröße Schalldruck (dB).
- Es ist eine Zunahme um 8 - 10 dB erforderlich, bevor der Schall subjektiv als wesentlich lauter empfunden wird.

Zusammenfassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich Schallemission und Schwingungserzeugung im industriellen Bereich

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen an die Schallemission und Schwingungserzeugung von Anlagen im industriellen Bereich ergeben sich unmittelbar aus den EG-Richtlinien:

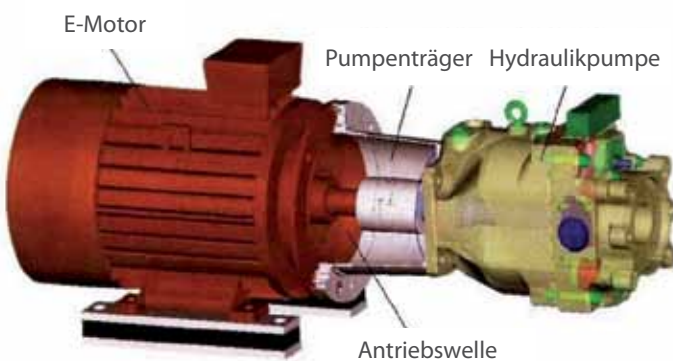
- RL 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie),
- der RL 2002/44/EG (Vibrationen),
- der RL 2003/10/EG (Lärm) und
- deren Umsetzungen in deutsches Recht mit dem GPSVG (Geräte und Produktsicherheitsgesetz) und der LärmVibrationsArbSchV.

Zielstellung der LärmVibrationsArbSchV ist somit ausschließlich der Schutz der Beschäftigten vor unzulässig hohen Lärm- und Schwingungsbelastungen. Die Forderungen der seit März 2007 in Kraft getretenen LärmVibrationsArbSchV mit z.B. für den Lärm um 5 dB niedrigeren unteren Auslösewerten, werden in der Regel von den Betreibern der Anlagen (Arbeitgeber) an die Hersteller der Anlagen weitergegeben.

Untersuchungsmethoden zur Bauteilvalidierung und Versuchsplan zur Iststandsermittlung

Für die Entwicklung eines geeigneten Nachrüstkonzeptes und eines neuen Pumpenträgers mit Kunststoffkomponenten ist eine Iststandsermittlung zwingend notwendig. Dafür werden verschiedene Aluminiumpumpenträger mit den Durchmessern 250 mm/350 mm und verschiedene Pumpen, die unterschiedliche Wirkprinzipien besitzen, zum Testen benötigt.

Die Schalluntersuchungen sollen den Iststand dokumentieren und die kritischsten Motor-Pumpenträger-Pumpen-Kombinationen herausfiltern. Auf dieser Grundlage werden dann entsprechende Nachrüstkonzepte in Zusammenarbeit mit der Firma Cetex und der TU Chemnitz entwickelt. Diese werden an die lautesten Hydraulikkombinationen angepasst, montiert und danach von der Firma SLG geprüft.



Aufbau Motor-Pumpenträger-Pumpe für Hydrauliksystem

Die Oberflächen des Pumpenträgers werden als Verbindungselement zwischen Pumpe und Motor durch Körperschallanregung zu indirekter Luftschallabstrahlung angeregt. Wie Untersuchungen zeigen, wird dieser Effekt durch die überwiegende Fertigung der Pumpenträger als dünnwandige Aluminiumbauteile mit großen schwingungsfähigen Flächen ohne ausreichende Masse und innere Dämpfungseigenschaften begünstigt.

Die Maßnahmen zur Lärminderung müssen entsprechend den akustischen Grundregeln an der Erregerstelle (Schallentstehung), an den Stellen der Energieweiterleitung (Schallübertragung) und an den wesentlichen schwingungsfähigen Bauteil-Oberflächen (Schallabstrahlung) ansetzen:

1. Mindern der Schallentstehung (konstruktive Änderungen an akustisch aktiven Bauteilen)
2. Mindern der Schallübertragung (Dämmen und Dämpfen von Körper- und Flüssigkeitsschall)
3. Mindern der Schallabstrahlung (konstruktive Maßnahmen an den Hauptabstrahlflächen)

Experimentelle Vorgehensweise zur Iststandsermittlung

Kenngößen

Die wichtigste Kenngröße zur vollständigen Beschreibung der Schallabstrahlung (Schallemission) einer Anlage/Maschine unter festgelegten Aufstellungs- und Betriebsbedingungen ist der Schalleistungspegel, der die gesamte abgestrahlte Schalleistung für den betrachteten Frequenzbereich in einem einzigen Zahlenkennwert angibt. Er kann zur Kennzeichnung der Geräuschabstrahlung bei der Entwicklung geräuscharmer Erzeugnisse, zum Vergleich der Geräuschabstrahlung von Schallquellen untereinander (Variantenvergleich), zum Vergleich mit vorgegebenen Richt- oder Grenzwerten und zur näherungsweise Berechnung des Schalldruckpegels an bestimmten Orten angewendet werden. Der Schalleistungspegel hat daher in der Akustik eine zentrale Bedeutung und wird auch in diesem aktuellen FuE-Projekt als maßgebendes Bewertungskriterium verwendet.

Zur Reproduzierbarkeit der Messungen wurden weiterhin folgende Größen bestimmt:

- die Drehzahl der Elektromotoren mit optischem Drehzahlgeber (Drehzahlbereich der Motoren etwa 1.500 rpm),
- die Öltemperatur im Kreislauf (Festlegung: Toleranzbereich 40-50 °C durch den Einsatz eines Ölkühlers),
- der Betriebsdruck im Kreislauf (Festlegung: Messungen bei Arbeitspunkt 50-60 bar, 160 bar und Nullhub),
- das Ölfördervolumen,
- die Temperatur des Pumpenflansches (berührungslose Messungen),
- Umgebungsbedingungen: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck.

Um das Spektrum der am Markt vorhandenen Motor-Pumpen-Kombinationen hinreichend genau abbilden zu können, wurden für die Untersuchungen insgesamt 5 Hydraulikpumpen und 2 Elektromotoren vorgesehen.

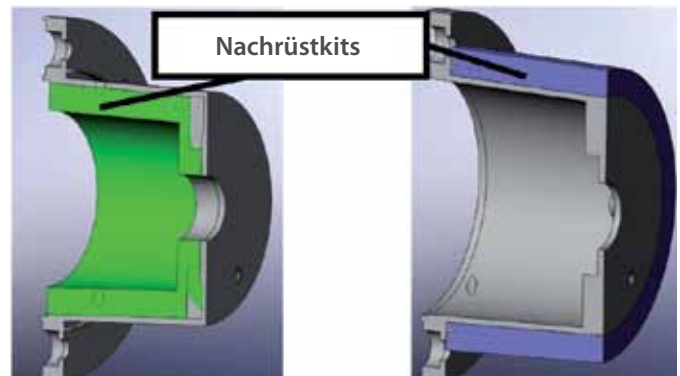
Anmerkung:

Der Prüfstand, der zur Schallabsorptions-/Schwingungsmessung und zur Belastungsuntersuchung der Prototypen und Nachrüstvarianten entwickelt werden soll, ist ebenso für die Ermittlung des Iststandes erforderlich. Deshalb wurde die Entwicklung des Prüfstandes zeitlich vorverlegt, um den Iststand als Ausgangsbasis für die weiteren Untersuchungen nutzen zu können. Die inhaltlichen Erläuterungen zur Entwicklung des Prüfstandes für Schwingungs- und Belastungsuntersuchungen sind im Kapitel 2.4 zu finden!

Entwicklung eines Nachrüstkonzeptes für die bestehenden Pumpenträgerbaureihen/technologische Umsetzung des Nachrüstkonzeptes und Validierung der Prototypen (Raja-Lovejoy GmbH, Cetex gGmbH, SLG GmbH, TU Chemnitz)

Konzeptentwicklung zur konstruktiven Anbindung der Nachrüstvarianten an den Pumpenträger

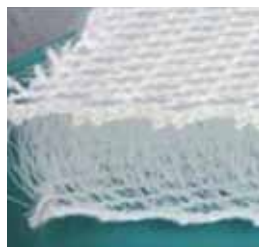
Die Entwicklung eines Nachrüstkonzeptes für die bestehenden Pumpenträgerbaureihen steht aufgrund der akuten Forderung nach einer Geräuschminimierung des Hydraulikantriebes im Projektbearbeitungsplan an erster Stelle. Der vorhandene Einbauraum soll für Einlegekomponenten genutzt oder Umhausungsvarianten vorgesehen werden, die hauptsächlich der Reduzierung der Schallabstrahlung bzw. -absorption dienen sollen. Zum Einsatz kommt dabei eine stabile Textilstruktur, die über Befestigungselemente am vorhandenen Pumpenträger angebracht wird.



Anbindungsvarianten für Nachrüstkits

Erste Versuche mit nicht speziell hergestelltem textilen Material

Die Durchführung erster Vorversuche wurde mit vorhandenem textilen Material in Form von Meterware durchgeführt. Der Erkenntnisgewinn einer umfangreichen Versuchsauswertung dient als Grundlage für die Fertigung speziell angepaßter textiler Abstandsgewirke. Die zylindrische oder kegelförmige Form und der Einsatz unterschiedlicher Durchmesser der Pumpenträger bedingt ein elastisches, textiles Material, welches sich eng an den zylindrischen Körper anlegt, eine glatte Oberfläche aufweist und gegen das fluide Medium der Hydraulikpumpe resistent ist.

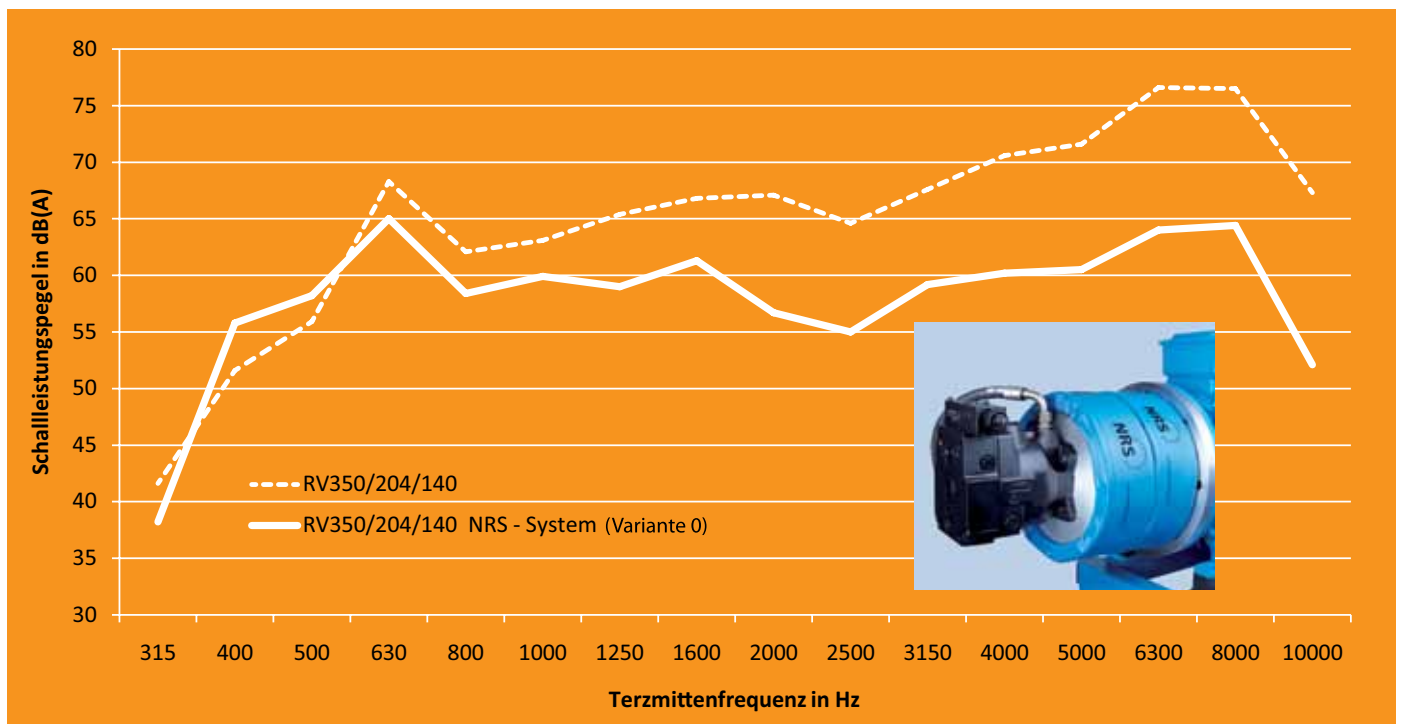


Auswahl von Abstandsgewirken unterschiedlicher Dicke und Struktur

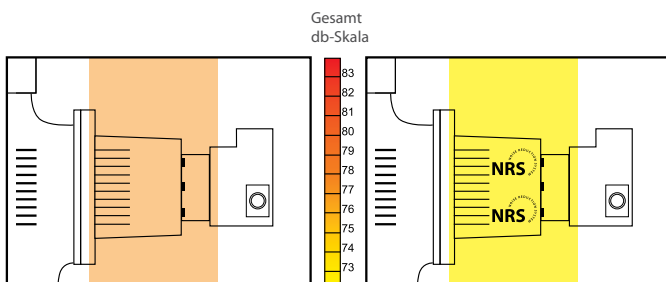
Untersuchungsergebnisse für die Nachrüstvarianten

Die größte Minderung gegenüber dem Ausgangszustand ohne Nachrüstkit wurde letztlich mit dem als Variante O bezeichneten Aufbau erreicht. Dabei handelt es sich um ein 30 mm dickes textiles Gewirke ohne Kammern mit dichten Deckflächen und ohne Füllung. Mit dieser Variante konnte der Gesamtschallleistungspegel des Pumpenträgers um über 10 dB

reduziert werden. Dies entspricht einer Minderung, die deutlich wahrnehmbar ist. Die Abbildung zeigt exemplarisch die Frequenzspektren für die Originalausführung und insbesondere die Vorzugsvariante O. Aus dieser Darstellung ist der wirksame Frequenzbereich der textilen Nachrüstvarianten ersichtlich.



Axialkolbenpumpe, E-Motor 18,5 Kw/1.500 rpm, Druckbereich 50-160 bar



Zusammenfassung

Im Ergebnis erster Vorversuche zur Schallisolierung mit befülltem Abstandsgewirke, erwies sich Stretchmaterial mit seiner offenen Struktur als schlecht geeignet, das evtl. notwendige Füllmaterial gleichmäßig am Umfang verteilt zu halten. Außerdem war eine Befüllung mit Gummi- und Kunststoffgranulat sehr aufwendig. Aus diesem Grund wurden im Anschluss, speziell für den entsprechenden Anwendungsfall, textile Nachrüstvarianten mit dichter Oberfläche entworfen. Die durchgeführten umfangreichen Versuche zeigen, dass mit ungefüllten Abstandsgewirken mit einer dichten Monofilanordnung und Oberfläche die besten Ergebnisse zu erzielen sind. Diese textile, schallisolierende Nachrüstvariante für Pumpenträger erfüllt alle gestellten Anforderungen und kann gemeinsam mit einem Pumpenträger oder als Zubehör für derzeit im Markt befindliche Pumpenträger vermarktet werden.

2.4 Entwicklung eines Prüfstandes zur Schallabsorptions- und Schwingungsmessung der Prototypen

Ein wesentlicher Bestandteil des Projektes war die Entwicklung und bautechnische Umsetzung eines Prüfstandes, um eine reproduzierbare Bestimmung der Geräusch- und Schwingungsemissionen ebenso wie einsetzgerechte Belastungsuntersuchungen an den verschiedenen Prototypen grundsätzlich möglich zu machen. Diese Vorgehensweise war zwingend erforderlich, da die zu bestimmenden Emissionskenngrößen (Geräusch und Schwingung) unmittelbar von den Betriebs- und Aufstellbedingungen abhängig sind.

Dementsprechend wurde im Rahmen des Projektes ein auf die akustischen Erfordernisse abgestimmtes Prüfstandskonzept erarbeitet. Das bedeutet konkret, dass bei der bautechnischen Umsetzung u.a. insbesondere auf die Schwingungsentkopplung des Vorratsbehälters, eine schwingungsisierte Ankopplung der Motoren an das Untergestell und eine messtechnisch günstige Anordnung geachtet wurden. Es wurde außerdem eine Start-Stopp-Funktion mit integriert, damit Belastungsuntersuchungen hinsichtlich des Anlaufverhaltens durchgeführt werden können.

Mit dem Prüfstand wird unter Laborbedingungen ein geschlossener hydraulischer Kreislauf nachempfunden, bestehend aus einem Ölvorratsbehälter und einer Antriebseinheit (Motor und Hydraulikpumpe, verbunden durch den Pumpenflansch). Alle eingesetzten Bauteile sind in der Hydraulik handelsübliche Komponenten. Die Abbildung unten stellt schematisch den Prüfstand dar.

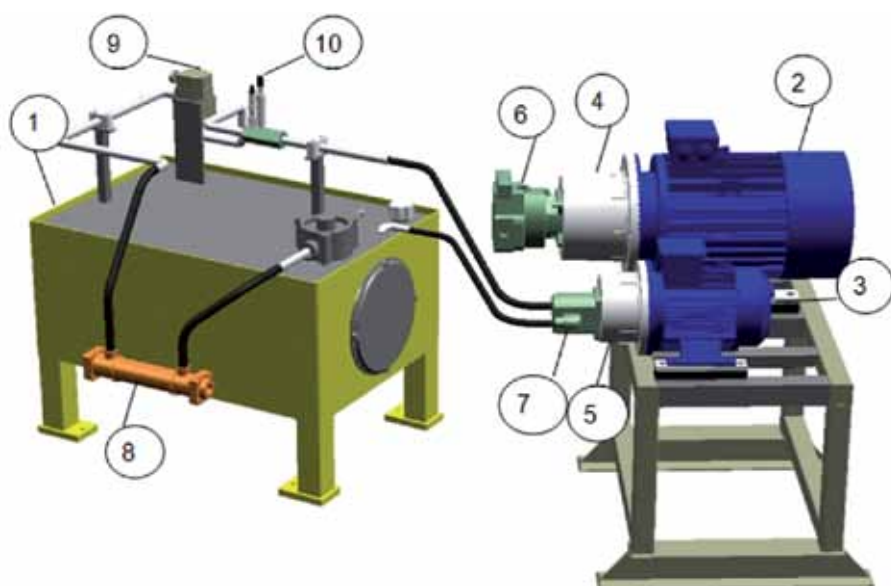
Wie aus der Abbildung ersichtlich wird, kann immer nur eine Motor-Pumpeneinheit mit dem Ölvorratsbehälter verbunden werden.

Durch wechselseitiges Umstecken der Anschlüsse können mit dem Aufbau jedoch alle marktüblichen Pumpenflansche mit einem Durchmesser \varnothing 250 mm und 350 mm geprüft werden. Die realisierbaren Betriebsdrücke liegen mit bis zu 160 bar im für die Industriehydraulik üblichen Bereich.

Die Einstellung der Betriebsparameter erfolgt derzeit manuell per Hand, die Nachrüstung einer automatischen Regelung für die Ermittlung von Kennlinien ist möglich, jedoch im Rahmen des Projektes aufgrund der ausreichend guten Reproduzierbarkeit der Betriebsbedingungen und der Beschränkung auf diskrete Arbeitspunkte nicht zwingend erforderlich. So können mit dem Prüfstand mit vergleichenden Schalleistungsmessungen an den verschiedenen Pumpenflanschen signifikante Pegelunterschiede von weniger als 1 dB ermittelt werden.

Sonstige Größen, die bestimmt wurden:

- die Drehzahl des Motors mit optischem Drehzahlgeber (\sim 1.500 rpm)
- die Öltemperatur (Festlegung: Toleranzschlauch 40-50 °C Einsatz eines Ölkühlers)
- der Betriebsdruck (Festlegung: Messungen bei Arbeitspunkt und Nullhub)
- der Ölstrom
- die Temperatur des Flansches (berührungslose Messungen)
- Umgebungsbedingungen: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck



Legende:

1. Ölvorratsbehälter (Fassungsvermögen: 210 l; verwendetes Hydrauliköl: Aviva Fluid RSL 46)
2. 18,5 kW Elektromotor (schwingungs isoliert auf Untergestell montiert)
3. 4 kW Elektromotor (schwingungs isoliert auf Untergestell montiert)
4. Pumpenflansch \varnothing 350mm
5. Pumpenflansch \varnothing 250mm
6. Axialkolben-Hydraulikpumpe
7. Zahnrad-Hydraulikpumpe
8. Ölkühler (mit H_2O -Anschluss)
9. Regelventil für Betriebsdruck (max. 160-260 bar) und Förderstrom
10. Sensorik zur Bestimmung von Betriebsdruck, -temperatur und Förderstrom

Schematische Darstellung des Prüfstandes zur Bestimmung der Geräusch- und Schwingungskennwerte und zur Durchführung von Belastungstests unter Einsatzbedingungen

Um die wirkenden Belastungen auf einen Pumpenträger im Einsatzfall testen zu können, wurde die Start-Stopp-Automatik mit integriert. Diese dient zur Erzeugung eines gewissen zyklischen Verhaltens, das den standzuhaltenden Betriebszustand simuliert.

Die linke Abbildung zeigt den Aufbau des Hydraulikaggregats mit den Komponenten Tank, Ölwanne und Druckvariationseinheit. Dieser Teil wird bei der Durchführung von Schallmessungen am Prüfstand durch entsprechende Schallbarrieren vom restlichen Teil des Hydrauliksystems entkoppelt. Dies ist notwendig, um keine Störeinflüsse bei der Schallmessung am Pumpenträger zu erhalten. Der zweite Teil umfasst eine Grundplattform zur Aufnahme der Hydraulikelemente, E-Motor (4 kW und 18,5 kW), Pumpen-

träger (schon mit Nachrüstkit versehen) und Pumpe. Für die Durchführung der Schalluntersuchungen werden die beiden E-Motoren immer abwechselnd mit dem Hydrauliksystem verbunden, um die entsprechenden Messungen aufzunehmen. Die Auswertung der Messdaten erfolgt nach Weitergabe an den PC. Diese werden dort mit spezieller Software aufbereitet.



Aufbau des Hydraulikaggregats mit Tank, Ölwanne und Drosselventil



Grundplattform zur Aufnahme der Hydraulikpumpe: E-Motor (4 kW und 18,5 kW), Pumpenträger (schon mit Nachrüstkit versehen) und Pumpe.