

High Power Shakersystem zur vibroakustischen Anregung u. Analyse

Klaus F. Steinberg, Firma AKE, Passau

1 Zusammenfassung

Ein neuartiges Anregungssystem auf der Basis innovativer magnetischer High Power Shaker (HPS) gestattet die unkomplizierte reproduzierbare Erzeugung von Vibrationen in Fahrzeugen und Komponenten. Dieses Shaker-System wurde durch Initiative der Firma BMW vom Lehrstuhl für Angewandte Mechanik (TU München) und der Firma AKE (Passau) für die Störgeräuschakustik entwickelt. Die kompakten flexiblen HPS-Systeme eignen sich aber in vielfältigster Art und Weise auch für die Entwicklung und Produktion von KFZ-Komponenten und Gesamt-Fahrzeugen. Mögliche Einsatzgebiete des mobilen Systems sind daher Zuverlässigkeitstests, Systemidentifikation, Algorithmenentwicklung und Endkontrolle sowie der Test- und Produkt-Absicherungsbetrieb bei Automobilherstellern, Systemlieferanten und Zulieferbetrieben.

Der besondere Vorteil des Shakersystems ist seine **geringe Bauhöhe von 25 cm**, die den Einsatz unter ebenerdig stehenden Fahrzeugen gestattet. Mit diesem neuartigen „Floor Level“ Shaker HPS-F ergeben sich laut den Entwicklern vom Lehrstuhl für Angewandte Mechanik unter Leitung von Prof. Heinz Ulbrich enorme Zeit- und Kostenvorteile für die moderne Fahrzeugentwicklung. Prüfeningenieure können bereits sehr früh im Produktentwicklungs- und Validierungsprozess realistische Schwingungs-Analysen an Fahrzeug oder Komponente durchführen, um Störgeräusche und andere Themen zu kontrollieren. Generell sind mit dem HPS-F bei vergleichbar geringem Invest alle notwendigen Fahrzeug-Streckentests jederzeit im Labor simulierbar.

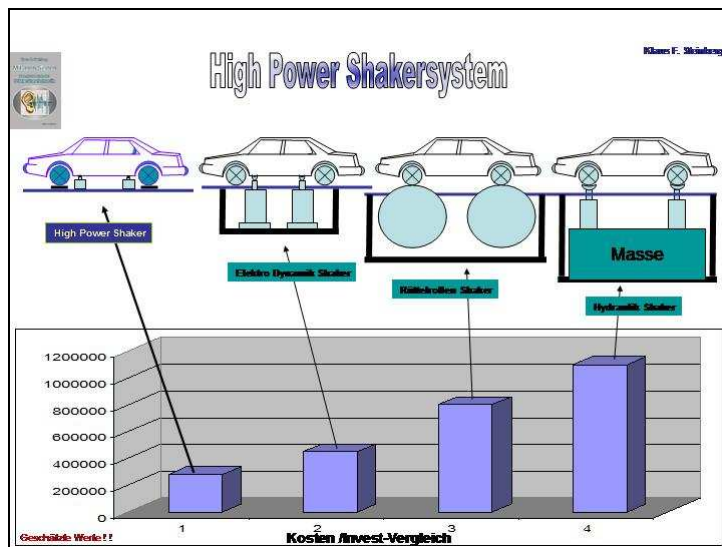
Die Basis für die Schwing-Prüfstände bilden kleine, **geräuschlos** arbeitende Hochleistungs-Aktoren (High Power Shaker, HPS), die im Zuge mehrerer Promotionen am Lehrstuhl für Angewandte Mechanik entwickelt wurden. Die nach dem Reluktanzkraft-Prinzip arbeitenden HPS sind bei einem **Eigengewicht von etwa 20 kg** rund **10 mal kleiner** als herkömmliche elektrodynamische Shaker und damit in verschiedenen Anlagentypen flexibel nutzbar. Zugleich weisen die handlichen HPS enorme Anregungsleistungen auf. Zum Beispiel können durch die kraftgesteuerte Echtzeit-Regelung abgefederte **Lasten von 5 Tonnen** (Luxus-PKWs, SUVs) zu realistischen Vibrationen angeregt werden.

Mit der neuen Technologie übernehmen nun preiswerte physikalische Fahrstrecken-Simulationen durch Hardware-in-the-Loop-Test (HIL) die kostspieligen realem Streckentests. "Aufgrund der Struktur des Regelalgorithmus sowie der bequemen Implementierung der Anregungsprofile lassen sich sehr schnell realistische Testbedingungen für verschiedenste Prüfobjekte erzeugen", erklärt der Dipl.-Ing. Marcus Herrmann (TUM). "In kurzer Zeit können so sehr flexibel variantenreiche Tests reproduzierbar durchlaufen werden."

Ein aktuelles Einsatzgebiet des HPS-F-Shakers sind Akustikprüfstände zur Konzeptabsicherung für die Störgeräuschforschung und –validierung. Stand der Technik waren bis vor kurzem spezielle Rollen-Prüfstände, auf denen das Auto auf Trommeln mit einem Durchmesser von zwei bis drei Metern rollt, wobei auf den Trommeln verschiedene Fahrbahnbeläge nebeneinander

angebracht sind. Diese Prüfstände sind jedoch teuer, groß und bei hohen Geschwindigkeiten nicht ungefährlich.

Eine **kostengünstige, risikofreie und kompakte** Alternative bietet der neue HPS-F Prüfstand. Mit Sensoren am Rad und im Innenraum eines fahrenden Fahrzeugs aufgezeichnete Vibrationen werden in einer Datenbank mit Parametern wie Fahrzeuggeschwindigkeit, Reifenprofil und Straßenbelag archiviert, um sie später im Prüfstand schnell und flexibel reproduzieren zu können. Im Prüfstand ermöglicht die hohe Nachfahrgröße des HPS-F sehr realistische und zudem wiederholbare Testmanöver zur Analyse der vibro-akustischen Fahrdynamikauswirkungen in Karosserie und Komponenten. Alle bisher durchgeführten Squeak & Rattle (S&R)-Akustiktests an Fahrzeugen und Komponenten vermitteln den direkten Realitätseindruck einer aktiven Straßenfahrt, der durch Messdaten belegt wird. Mit diesem HPS-F Prüfstand steht insbesondere S&R-Ingenieuren nun eine handhabbare Forschungsumgebung zur Verfügung, um innovative passive und aktive Systeme zur Vermeidung von Störgeräuschen im Fahrzeug entwickeln zu können.





High Power Shakersystem

Die kompakten flexiblen HPS-Systeme eignen sich in vielfältigster Art und Weise auch für die Entwicklung und Produktion von KFZ-Komponenten und Gesamtfahrzeugen. Mögliche Einsatzgebiete des mobilen Systems sind daher Zuverlässigkeitstests, Systemidentifikation, Algorithmenentwicklung und Endkontrolle sowie **der Test- und Produkt-Absicherungsbetrieb bei Automobilherstellern, Systemlieferanten und Zulieferbetrieben.**

High Power Shakersystem

Eigengewicht von etwa 20 kg rund 10 mal kleiner als herkömmliche elektro-dynamische Shaker

Elektrodynamischer Shaker

High Power Shaker

High Power Shakersystem

Klaus F. Steinberg

neuartigen „Floor Level“ Shaker HPS-F



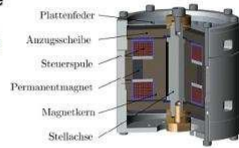
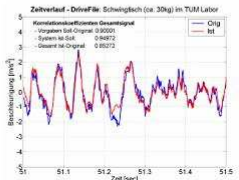
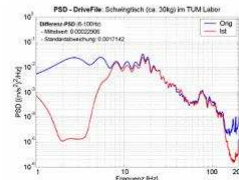

Es können durch die kraftgesteuerte Echtzeit-Regelung abgefederter Lasten von 5 Tonnen (Luxus-PKWs, SUVs) zu realistischen Vibrationen angeregt werden.

High Power Shakersystem

Klaus F. Steinberg

Aufbau, Funktion und Eigenschaften

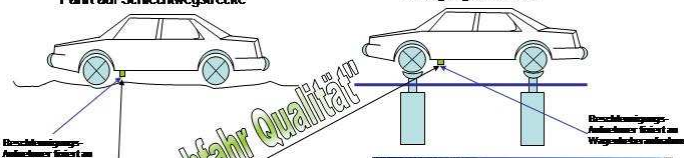
- Elektromagnetische Kräfte & Permanentmagnete
 - + hohe Kraftdichte → hohe Stellkraft
 - + optimierter Magnetkreis → kompakt, geringe Masse
 - + geringer Energieverbrauch, keine Erwärmung
 - + geräuscharm
 - begrenzter Hubweg (< 6 mm)
- Regelung mit on-line Systemidentifikation
 - + hohe Nachfahrqualität (90%), reproduzierbar
 - + robust und universell

High Power Shakersystem

Klaus F. Steinberg

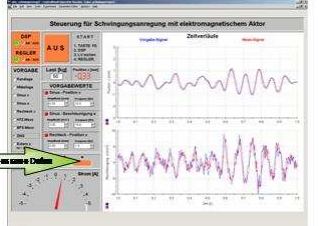
Fahrt auf Schiedwegstrecke **Anregung auf Shaker**



„Nachfahr Qualität“

Beschleunigungs- und Wegdaten werden an Wegschreiber angeschlossen

Messwert: Weg, Beschleunigung

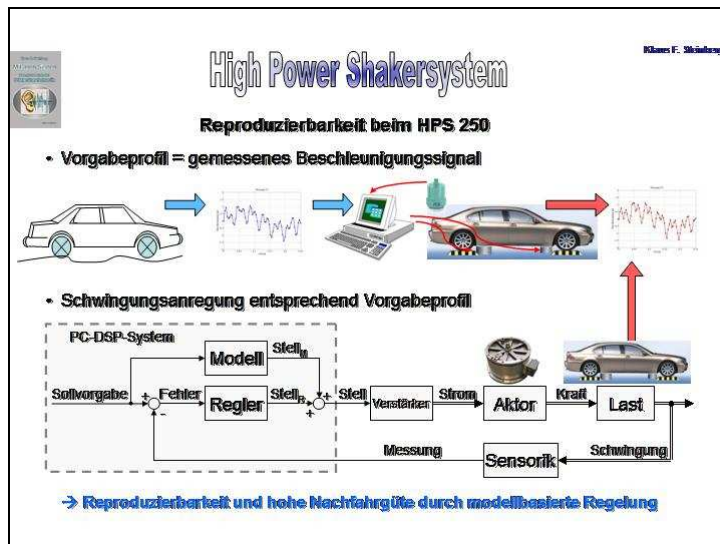


Steuerung für Schwingungsmessung mit elektromagnetischem Aktor

High Power Shakersystem
HPS250

Parameter	HPS250
Statische Last	150kg
Dynamische Last (statisch gestützt)	5000kg
Beschleunigung, 5kg Last	>5,0g pk, >3,5g rms
Beschleunigung, 10kg Last	>3,0g pk, >2g rms
Beschleunigung, 50kg Last	>1,5g pk, >1g rms
Beschleunigung, 100kg Last	>1,0g pk, >0,7g rms
Frequenzbereich	DC – 150Hz
Maximale Geschwindigkeit	0,1m/s
Maximaler Hub	5mm pk-to-pk
Geräuschpegel	35dB(A)
Korrelationskoeffizient, Breitbandsignale	>0,85 (85%)
Abmessungen	Ø250mm x 130mm
Gewicht	22kg
Leistungsaufnahme	1000W (200V, 5A)
Verstärker & Controller	je 220VAC, 50-Hz
Schnittstellen	Standard-PC

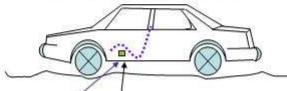
→ Was man nicht messen kann kann man auch nicht managen




High Power Shakersystem
Erzeugung von Komponenten-Drivefiles

Klaus F. Steinberg

Fahrt auf Schiedttestrecke

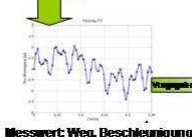


Beschleunigungs-Aufnehmer fixiert an Sitzschiene

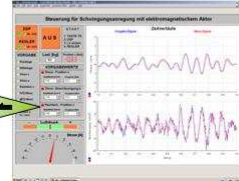


Beschleunigungs-Aufnehmer fixiert an Sitzschiene

Messwert: Weg, Beschleunigung



Erzeugung von Drivefiles


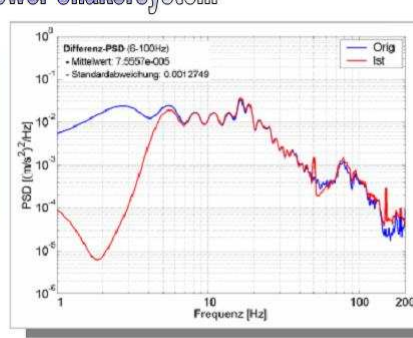


Erzeugung von Drivefiles

High Power Shakersystem

Klaus F. Steinberg

- elektromagnetischer Hochleistungs-Aktor zur definierten und reproduzierbaren Schwingungsanregung technischer Systeme/Komponenten
- hohe Leistungsdichte durch magnetische Reluktanzkräfte und NdFeB-Permanentmagnete
- flexible Signalvorgabe:
 - Weg / Beschleunigung
 - Messdaten / synthetische Signale
 - harmonisch / stochastisch

Differenz-PSD (8-100Hz)
- Mittelwert: 7.2957e-005
- Standardabweichung: 0.0012749


PSD [$\text{m/s}^2/\sqrt{\text{Hz}}$]

Frequenz [Hz]

Orig
Ist

High Power Shakersystem

Klaus F. Steinberg



Original Gehäuse-Aufnahme

