

Akustisches Engineering für die Serienprüfung

Ingolf Hertlin und Michael Kiefer
RTE Akustik + Prüftechnik GmbH

Einleitung

Die Aufgaben der akustischen Qualitätssicherung sind genauso vielfältig wie die zu prüfenden Produkte. Diese reichen in der Geräuschprüfung von Miniatur-Elektromotoren für die Prothesenherstellung über Getriebe und Ventile bis hin zu Prüfungen von Komplettfahrzeugen, in der Materialprüfung von Kleinst-Keramikfiltern bis hin zu Schmelzelektroden für Hochöfen oder in der akustischen Fertigungskontrolle von Klebprozessen bis zu Clipsvorgänge, um nur einige beispielhafte Anwendungen aufzulisten.

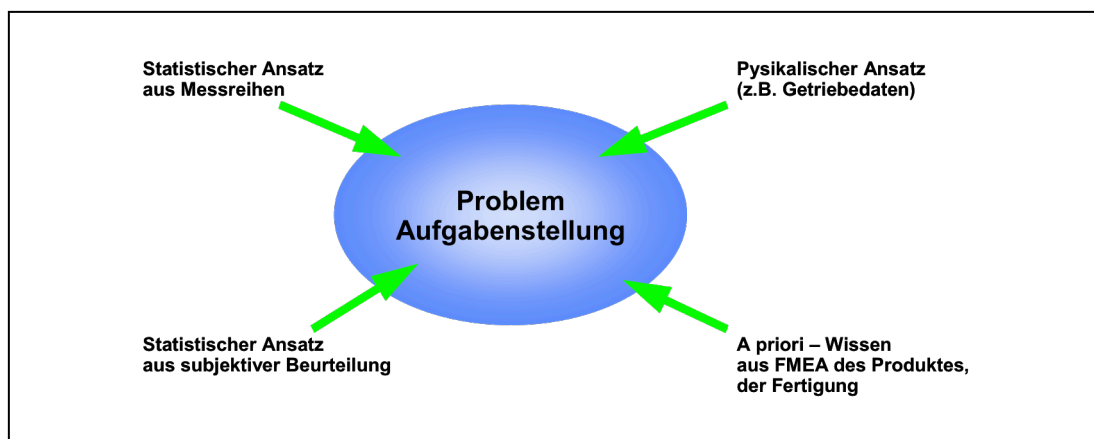


Abbildung 1: Lösungsansätze für das akustische Engineering

Zur Lösung dieser Aufgaben gibt es nicht *DAS* akustische Verfahren oder *DIE* optimale Lösung, um eine Geräuschprüfung in der **Serie** erfolgreich umzusetzen und einzuführen. Es ist daher ein jeweils angepasstes individuelles Vorgehen erforderlich. Nachfolgend wollen wir aufzeigen, welche Schritte notwendig sind.

Schritt 1: Das Interview

Wichtig ist zunächst einmal, die Prüfaufgabe genau zu spezifizieren. Dazu ist ein eingehendes Gespräch mit dem Kunden und dessen Entwicklungsabteilung unerlässlich. In diesen Gesprächen muss ein Katalog der zu detektierenden Probleme erarbeitet werden, falls dies nicht schon im Rahmen einer FMEA (Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse) bei der Produktentwicklung geschehen ist.

Befindet sich das Produkt bereits in der Serienproduktion, so erhält man die besten Informationen von den Werkern vor Ort. Sie besitzen oftmals ein erstaunliches Wissen um die Fehler und deren Ursachen. Liegt jedoch kein eindeutiger Fehler vor, sondern handelt es sich um eine rein

gefühlsmäßige Einschätzung über die Güte des Geräusches, so ist die Beurteilung mit Vorsicht zu behandeln, wie die Tabelle 1 zeigt. So konnten sich die drei zur subjektiven Prüfung von 50 Antrieben herangezogenen Prüfer zwar auf Prüflinge einigen, die alle als eindeutig IO bezeichnet haben, jedoch keiner der Prüflinge wurde von alle drei Prüfern als NIO bewertet.

Hier kann eine Lösung nur im Ansatz statistischer Methoden gefunden werden, die sich auf die Daten des kleinsten gemeinsamen Nenners, also der gemeinsam als IO klassifizierten Prüflinge stützt.

Prinzipiell empfiehlt sich immer, möglichst viel Information vor Ort zu sammeln und in die Lösung der Prüfaufgabe einfließen zu lassen.

	Σ IO	Σ NIO	
subjektives Urteil 1	36	14	
subjektives Urteil 2	42	8	
subjektives Urteil 3	43	7	
Σ Übereinstimmung Urteil 1-3			29
Σ keine Übereinstimmung Urteil 1-3			21
Σ Übereinstimmung "io" Urteil 1-3			29
Σ Übereinstimmung "nio" Urteil 1-3			0

Tabelle 1: Statistischer Ansatz aus subjektiver Beurteilung, Beurteilung von 50 Antrieben durch drei verschiedene Werker

Die Ergebnisse der Tabelle 1 belegen eindrucksvoll das Wort „hören kann jeder - verstehen aber nicht“, d.h. das Verständnis des Gehörten ist in der Vergangenheit des Hörenden begründet, dessen Erfahrung und aktuelle Stimmung.

Schritt 2: Das Produkt

Die Aufgaben bei der Erarbeitung des Produkteinflusses lassen sich grob in zwei Klassen unterteilen. Zum einen sprechen wir von Produktionsfehlern, zum anderen von der Geräuschqualität eines Produktes.

Produktionsfehler wie fehlerhafte, vergessene oder falsch montierte Teile, schlechte Justierung oder Verschmutzung lassen sich in Ursache und Wirkung relativ einfach simulieren bzw. theoretisch ermitteln. Im Idealfall werden entsprechend fehlerhafte Produkte aufgebaut und können direkt vermessen oder eingelernt werden.

Bei der Sicherstellung der Geräuschqualität eines Produktes kommt es wesentlich auf den späteren Einsatz des Produktes an. Hier können Fragen wie Gleichlaufschwankungen, Laufrichtungsunterschiede, Lautstärkeempfinden tonaler Anteile auftreten. Zur Lösung dieser Aufgaben sind sowohl kombinatorische Merkmale (Merkmalcontainer) sowie statistische Klassifikatoren zur Betrachtung mehrerer Merkmale und ihre Beziehung untereinander notwendig.

Ziel der Betrachtungen soll es sein, mit einer gezielten Auswahl von Verfahren und Merkmalen die Ressourcen des Prüfsystems optimal einzusetzen und damit in gewisser Weise auch zu schonen. Damit kann der Anschaffungsaufwand und vor allem der Pflegeaufwand gesenkt werden. Ein "Rundumschlag" mit allen bekannten Verfahren zur Lösung aller tatsächlichen und

eventueller Probleme führt meist zu einem System, welches sich weder projektieren noch warten und pflegen lässt.

Eine große Bedeutung kommt der Untersuchung der Stabilität des Prüflings zu. Dabei werden in Testreihen Untersuchungen zum Einlauf- und Temperaturverhalten des Prüflings durchgeführt. Schwieriger ist die Bewertung der Chargeneinflüsse, wobei die zulässigen Bauteiltoleranzen und deren mögliche Auswirkungen auf das akustische Verhalten betrachtet werden.

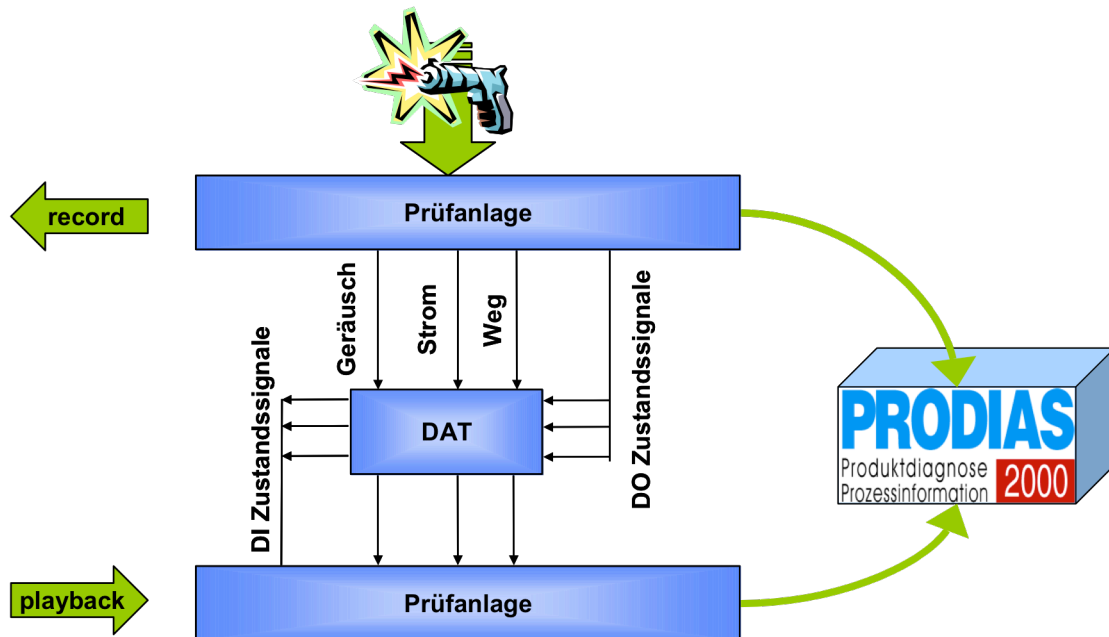


Abbildung 2: Daten konservieren und rückspielen mit paralleler Messung

Unterstützende Hilfsmittel hierfür sind konservierte Geräuschdaten in Form des gespeicherten digitalisierten Zeitsignals. Hierfür bietet sich die Aufzeichnung der Sensorsignale auf DAT – Band an, um Variationen der analogen Vorverarbeitung austesten zu können. Ist bereits eine Prüfanlage vorhanden, so müssen die relevanten Zusatzinformationen wie Winkel, Weg oder Strom mit aufgezeichnet werden, um beim Rückspielen der Daten ein möglichst genaues Abbild der Anlage zu haben (siehe Abbildung 2).

Schritt 3: Konzeption Prüftechnik

Der Prüfstand mit seiner Mechanik, Elektrik, Steuerungs- und Regelungstechnik, sowie der Mess- und Prüftechnik muss mit dem zu prüfenden Produkt eine Einheit bilden. Die Abstimmung des Prüfstandes auf die Aufgabe und die Anforderungen ist von höchster Wichtigkeit. Die folgenden Punkte sind daher immer zu berücksichtigen und auf ihre Relevanz zu überprüfen.

Die Einbau- und Ankopplerverhältnisse sind bereits bei der Diskussion mit der Entwicklung zu berücksichtigen (falls es sich nicht um ein Komplettgerät handelt), d. h. die prinzipielle Eignung der Komponente im Hinblick auf das gewünschte Zielgeräusch muss erbracht sein.

Die maximale Varianz der Einbaubedingungen (Montageprozess) muss spezifiziert sein. Auf der Grundlage einer systematischen Einflussanalyse ergibt sich der Einfluss hinsichtlich der Geräuschqualität. Gegebenenfalls müssen extreme Einbausituation bei der Prüfung simuliert

werden. Der Einfluss der Einbausituation kann oft nur dann geprüft werden, wenn die realen Belastungsverhältnisse simuliert werden.

Des Weiteren sind folgende Fragen zu klären:

- Einlaufverhalten, Änderung des Geräuschverhaltens im Betrieb
- Art und Anzahl der Sensoren, sowie die geeignete Position und Handhabung
- Prüflingshandling für automatische Prüfanlagen, Greifer, Prüflingsverspannung
- Einfluss der Fertigungsumgebung wie Trittschalleinkopplung, Anlagen – und Prüflingsmikrophonie

Resümee

Die Erfahrung zeigt, dass in der Praxis bei einer systematischen, produktbezogenen Vorgehensweise mit pragmatischen, einfach handhabbaren Lösungen akustische Qualitätsprüfsysteme in der Fertigung einen hohen Nutzen bringen. Die Unternehmen verfügen in der Regel nicht über die für die erfolgreiche Umsetzung erforderlichen Spezialisten.

Letztendlich steht für alle an dem Prozess beteiligten Partner eines im Vordergrund:

Kundenzufriedenheit