

Akustische Qualitätssicherung Einheitliche Vorgehensweise, Methoden und Begriffe

Bericht aus der Arbeit der AG-AQS

**Prof. Dr. Benno Kotterba,
Institut für Automatisierungstechnik und Qualitätssicherung (iAQ), Heidelberg
e-mail: info@kotterba.de**

1 Einleitung

Geräusche, Töne und Klänge beschäftigen unsere Ohren rund um die Uhr. Unsere Welt ist lauter geworden, es gibt noch kaum einen Fleck, an dem nicht Straßenlärm oder zumindest entfernte Motorgeräusche, Maschinenlärm, Musik aus dem Radio, Sprache aus Lautsprechern, Töne von Schienenfahrzeugen, Bau- und Industrielärm unsere Ohren beschallen. Selbst die Natur versorgt uns mit Schall, ob es die Vögel im Wald, der Wind an der Küste, der Regen, Hagel, Blätterrauschen oder das Summen von Insekten ist. Überall bekommen wir etwas auf die Ohren – und können uns dem auch nicht entziehen.

Sicher ist diese andauernde Beschallung eine Ursache für immer sensiblere Kunden. Auch die steigenden Ansprüche an Qualität und Komfort gekoppelt mit dem Wunsch nach einer immer größeren Funktionalität rücken Töne, Geräusche, Klänge, Vibrationen, Schwingungen und physikalisch gesprochen den Luft- und Körperschall in das Interesse des Kunden.

Technische Lösungen machen heute möglich, was in der Vergangenheit nur mit einem großen technischen Aufwand und mit enormen Kosten zu erreichen war. Leisere Autos, eine hohe technische Ausstattung, viele Funktionen in technischen Geräten.

Nur unser Ohr zeigt sich als ein geheimnisvoller Sinn heraus, den wir nur langsam in seiner hohen Komplexität und Leistungsfähigkeit begreifen. Selbst scheinbar einfache Fähigkeiten des Ohres technisch nachzubilden, bereitet uns auch heute noch immense Schwierigkeiten. Selbst die heutigen Möglichkeiten, schnelle Prozessoren und ausgefeilte Algorithmen einzusetzen, erlauben uns nur begrenzt, Funktionen des Ohres nachzubilden.

Dennoch steigt der Bedarf an akustischen Mess- und Prüfsystemen insbesondere im industriellen Bereich. Geräusche müssen gemessen, bewertet, verglichen und analysiert werden, um aus ihnen Entscheidungen über Störungen, Fehler, Qualität und Funktionsfähigkeit zu treffen.

Der Einsatz von akustischen Mess- und Prüfsystemen wird immer breiter. Es ist heute nicht mehr den Experten vorbehalten, sich in diesem Bereich zu tummeln, Entwicklungen zu machen und den Einsatz zu begleiten. Heute müssen eine Vielzahl von MitarbeiterInnen mit akustischen Methoden arbeiten, um die Konformität des Produktes hinsichtlich der Vereinbarungen mit Kunden zu beurteilen.

Je weiter diese Methoden verbreitet werden und zum Einsatz kommen, um so wichtiger ist es, eine gemeinsame Sprache zu sprechen, einheitliche Methoden zu verwenden und die Ergebnisse der Systeme und Methoden miteinander vergleichen zu können.

Wissen wovon man spricht, bedeutet aus der babylonischen Sprachenverwirrung herauszukommen und sich austauschen zu können.

2 Definitionen

Aus der Gesamtheit der Begriffe werden nachfolgend einige herausgegriffen, da sie eine zentrale Bedeutung für den Bereich der akustischen Qualitätssicherung spielen. Eine vollständige Liste der Definitionen und Begriffe ist im Anhang beigefügt.

2.1 Akustische Qualitätssicherung

„Akustische Qualitätssicherung ist die Anwendung von akustischen Verfahren zur Sicherung der Qualität von Prozessen und Produkten.“

(AG-AQS, 2000)

Diese Definition bildet die Basis für das gesamte Arbeitsfeld. Es umfasst das, was bisher unter den Begriffen Geräuschprüfung, Klangprüfung, vibroakustische und schwingungstechnische Güteprüfung sowie die Überwachung und Diagnose von Fertigungs-, Montage- und Produktionsprozesse verstanden wurde. Die Definition drückt gleichzeitig das Ziel aus: Qualität sichern. Das bedeutet, das durch die Anwendung akustischer Verfahren Informationen gesammelt und Erkenntnisse gewonnen werden, um Maßnahmen für die Sicherung der Prozess- und Produktqualität einleiten zu können.

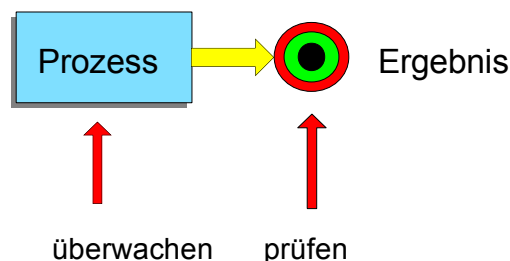


Abbildung 1: Akustische Qualitätssicherung von Prozessen und Produkten

Der Begriff „Akustik“ fasst die Bereiche Luftschall- und Körperschall zusammen und meint grundsätzlich Schall in flüssigen und festen Medien sowie in Gasen.

Die Definition spricht speziell von „akustischen Verfahren“ und meint damit alle Verfahren, die sich einerseits für die Messung und Bestimmung von akustischen Eigenschaften von Produkten und Prozessen bewährt haben, die sich andererseits aber auch für die Analyse und Beschreibung anderer physikalischer Größen heranziehen lassen. So ist beispielsweise die Frequenzanalyse ein Verfahren, das sich auf Signale anwenden lässt, die mit Hilfe von Sensoren erfasst werden und zur Analyse von Geräuschen und Tönen dienen. Diese Verfahren lassen sich aber auch auf andere Messgrößen anwenden.

Die Definition nimmt die Prozesse und Produkte zusammen, denn die Verfahren heben immer auf dynamische Eigenschaften von Signalen ab. So muss ein Produkt entweder selbst aktiv Schall abstrahlen (z.B. Elektromotoren) oder nach einer Fremdanregung Schall abstrahlen (z.B. Anklopfen von Porzellan).

Schall oder Schwingungen sind immer Ergebnisse von Anregungs- und Abstrahlungsprozessen. Es muss sich etwas bewegen! Es muss sich etwas verändern. Die beobachtete physikalische Größe wird durch ein Signal repräsentiert, das ein Sensor erfasst und in ein elektrisches Signal umgewandelt hat. Wir wenden also die akustischen Verfahren auf elektrische Signale an. Somit ist es im Grunde unerheblich, welche physikalische Größe der Sensor erfasst hat. Sie muss sich nur ändern.

Akustische Qualitätssicherung benötigt Informationen über den Prozess oder das Produkt, um eine adäquate Maßnahme einzuleiten. Die Informationen werden durch

- Messen
- Prüfen
- Abhören

gewonnen.

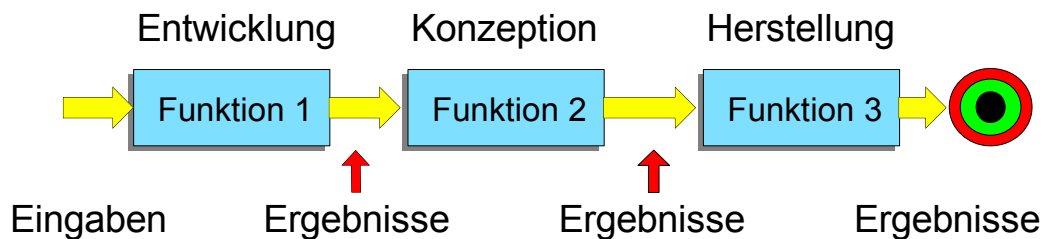


Abbildung 2: Prozesskette der Produktentstehung

Akustische Qualitätssicherung betrifft die gesamte Prozesskette zur Konzeption, Entwicklung, Herstellung und Anwendung von Produkten. Das können auf der einen Seite Produkte sein, die aktiv Schwingungen und Geräusche erzeugen und abstrahlen, das können aber auch zunächst passive Produkte sein, die bei externer Anregung in Schwingungen versetzt werden und dann Schall abstrahlen. Hinzu kommen auch die Prozesse an sich, denn aus dem Ablauf und den Zuständen von Prozessen lassen sich schon Rückschlüsse auf die Qualität der Produkte ziehen.

Im Vordergrund steht das Produkt. Um die Qualitätsforderungen des Produktes zu erfüllen, müssen einerseits Kenntnisse und Erfahrungen im Sinne von Fachwissen und Beratung und eine adäquate Prüftechnik verfügbar sein und angewendet werden.

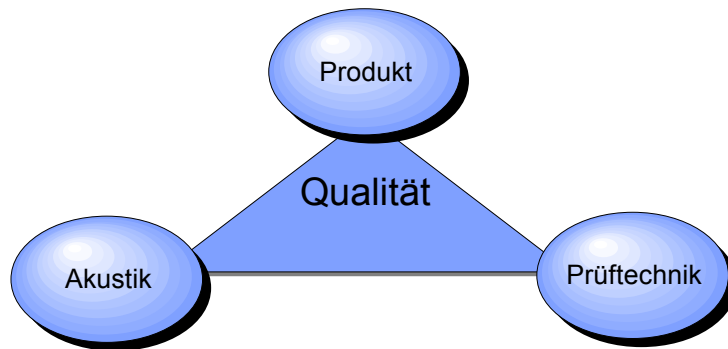


Abbildung 3: Spannungsfeld der Qualität

Die Qualität des Produktes steht also im Spannungsfeld von Akustik und Prüftechnik. Dasselbe gilt aber auch für die beiden anderen „Eck“-Begriffe. Prüftechnik muss die Qualität der Produkte prüfen können, um gesicherte Aussagen bezüglich der akustischen Qualität liefern zu können. Die Prüftechnik kann aber nur so gut sein, wie das zugrunde liegende akustische Wissen um die Schwingungs- und Geräuschursachen sowie ihre meßtechnische Erfassung.

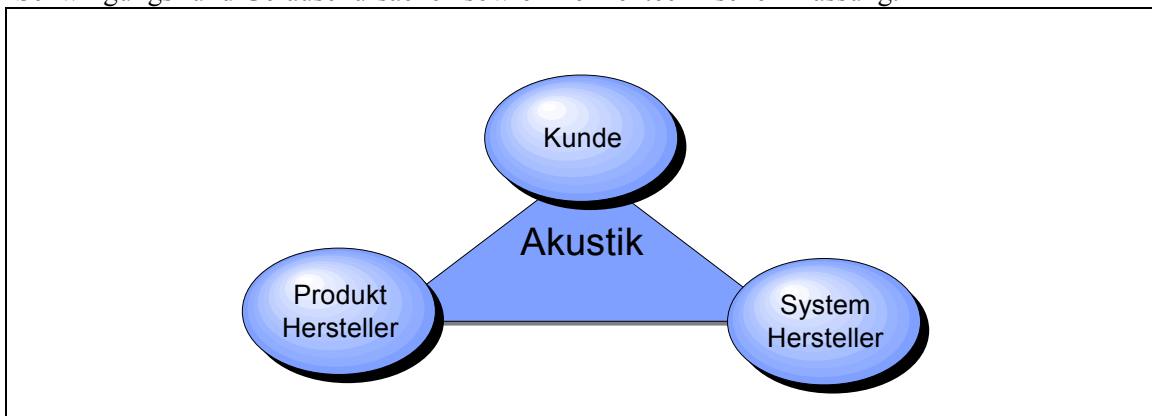


Abbildung 4: Spannungsfeld Kunde und Hersteller

Prüftechnik einsetzen, heißt, Informationen gewinnen.

Dieses Spannungsdreieck muss unter den Rahmenbedingungen des Spannungsfeldes Kunde - Produkt - Prüftechnik betrachtet werden. Der Kunde vereinbart mit dem Hersteller des Produktes Qualitätsforderungen. Der Systemhersteller der Prüftechnik beeinflusst diese Forderungen durch die technische Machbarkeit von Prüftechnik und die verfügbaren Methoden. Der Systemhersteller ist aber nicht frei in der Wahl der Mittel und Methoden. Er muss sich den Marktgegebenheiten fügen, kann dies aber nur im Rahmen des technisch und methodisch Machbaren erfüllen.

Man erkennt, dass Kunde, Produkthersteller und Systemhersteller auf diese Art vernetzt sind. Kein Beteiligter kann ohne Berücksichtigung der Interessen und der Grenzen der anderen agieren.

Das Ziel akustischer Qualitätssicherung muss sein:

- Produkte müssen mit der geforderten Qualität gefertigt werden.

- Qualität kann nicht erprüft werden!

Deswegen muss bereits in der Pflichtenheftphase das Spannungsfeld aus Abbildungen 3 und 4 berücksichtigt und konsequent umgesetzt werden. Der Handshake des Kunden und Herstellers besteht unter anderem in der Maßnahme, dass Grenzmuster nach Serienanlauf miteinander abzustimmen sind.

2.2 Abhören

Unser Ohr weist enorme Fähigkeiten in der Erfassung und Analyse von Geräuschen auf. Wir können das Geräusch in seine Bestandteile gliedern, können den Signalanteilen Ursachen zuzuordnen, aus der Zusammensetzung von Geräuschen auf Anregungsursachen, Fehler, Schäden schließen. Unser Ohr erweist sich als hervorragender Analysator.

Etwas weniger Leistungsfähig ist unser Tastsinn, denn er ist nur in der Lage niederfrequente Vibrationen zu erkennen. Heute besteht aber die technische Möglichkeit, Schwingungen hörbar zu machen und so entsprechend dem Luftschall zu analysieren.

Unser Ohr ist aber nicht in der Lage, quantitative Aussagen über die Stärke und Ausprägung einzelner Signalanteile zu machen. Wir können lediglich eine grobe Schätzung bezüglich der Empfindungsgrößen machen und aus den Empfindungsgrößen auf physikalische oder technische Ursachen schließen. Die Empfindungsgrößen orientieren sich nämlich ausschließlich an den Ohreigenschaften..

2.3 Messung

„Gesamtheit der Tätigkeiten zur Ermittlung eines Größenwertes.

Anmerkung:

Die Tätigkeiten können automatisch ablaufen.“

(VIM 2.1)

Für die quantitative Bestimmung von Signaleigenschaften benötigen wir als Hilfsmittel ein Messmittel und dazu auch noch ein geeignetes Verfahren, das Rückschlüsse auf den Verursacher eines Problems zulässt oder unterstützt.

2.4 Prüfen

„Feststellen, inwieweit ein Prüfobjekt eine Forderung erfüllt.

Anmerkung:

Mit dem Prüfen ist immer der Vergleich mit einer Forderung verbunden, die festgelegt oder vereinbart sein kann.“

(DIN EN ISO 8402:1995-10)

Prüfen setzt sich also in der Regel aus dem Messen und Vergleichen mit Qualitätsvorgaben zusammen. Prüfen setzt also voraus, dass die Forderungen an ein Produkt formuliert und messbar sind.

2.5 Qualität

„Qualität ist die Erfüllung festgelegter oder vorausgesetzter Forderung“

Der Nachweis der Qualität erfolgt in der Regel durch eine Qualitätsprüfung. Sie stützt sich auf das Messen der physikalischen Eigenschaften bzw. der Analyse der Signaleigenschaften ab.

2.6 Prüfmittel

„Prüfmittel sind Messmittel, die zur Darlegung der Konformität von Produkten bezüglich festgelegter Qualitätsforderungen benutzt werden.

Hinweis:

- Prüfmittel unterliegen immer der Prüfmittelenkung gemäß der DIN EN ISO 9001:2000.“

(DGQ 13-61)

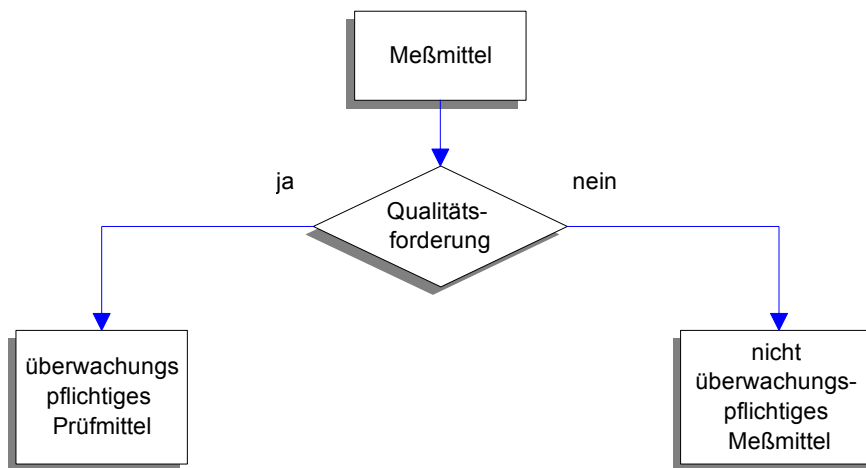


Abbildung 5: Abgrenzung Messmittel und Prüfmittel

3 Einheitliches Vorgehen

Qualität ist der entscheidende Faktor für eine hohe Kundenzufriedenheit. Die Qualität der Produkte und Leistungen entsteht aus den zugeordneten Prozessen. Wenn die Prozesse fehlerfrei und unter beherrschten Bedingungen ablaufen, kann auch die Qualität gewährleistet werden.

Der Prozess ist nach der Definition der DIN EN ISO 8402 folgendermaßen beschrieben:

- Ein Prozess ist ein Satz von in Wechselbeziehungen stehenden Mitteln und Tätigkeiten, die Eingaben in Ergebnisse umgestalten.

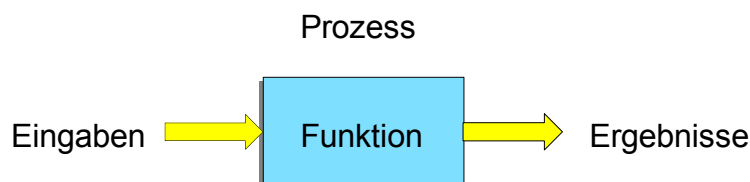


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Prozess und Ergebnis

Das Ergebnis ist Ziel des Prozesses ist. Jedes Ergebnis kommt aus einem Prozess zustande. Jeder Prozess liefert ein Ergebnis.

Das Ergebnis des Lieferantenprozesses ist die Eingabe des Kundenprozesses. Der Kunde benötigt das Ergebnis, um den Kundenprozess zu einem wiederum festgelegten Ergebnis zu führen. Dieses Ergebnis ist Ziel des Kunden und damit Ziel des Kundenprozesses.

Lieferanten- und Kundenprozess hängen voneinander ab. Der Kundenprozess kann nur dann zum Ziel führen, wenn das Ergebnis des Lieferantenprozess die Festgelegten und/oder vorausgesetzten Forderungen erfüllt.

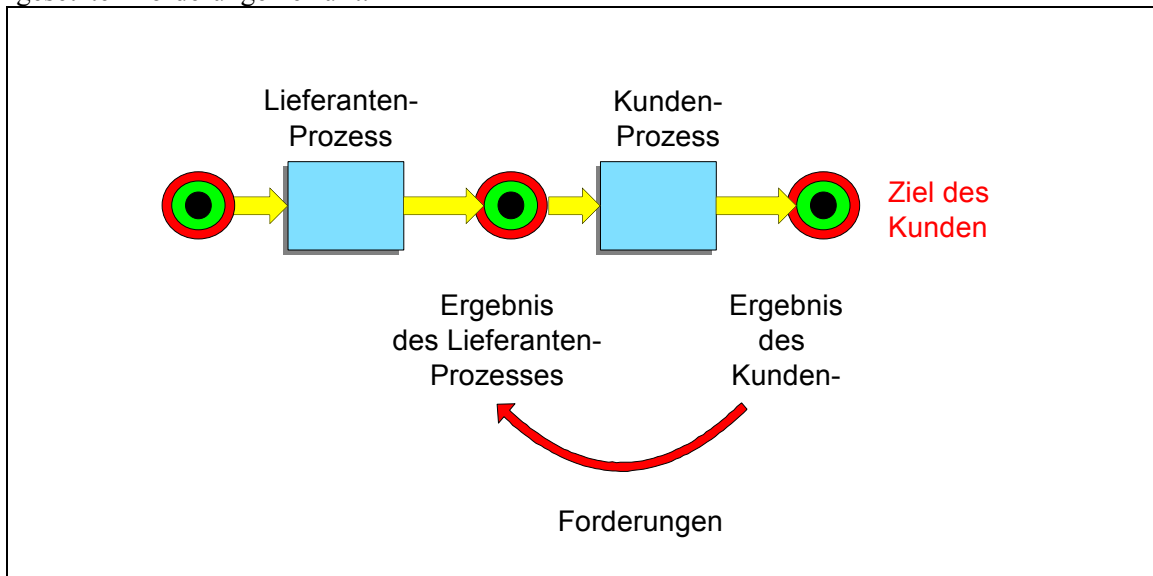


Abbildung 7: Bezug der Forderungen an das Produkt

Die Forderungen, die das Ergebnis des Kundenprozesses an den Kundenprozess stellt, wirken auf das Ergebnis des Lieferantenprozesses und somit auf den Lieferantenprozess selbst zurück.

Der Lieferantenprozess kann demnach nur dann ein zufriedenstellendes Ergebnis liefern, wenn die Ziele des Kundenprozesses berücksichtigt werden. Dieses gilt für interne und externe Kunden- und Lieferantenprozesse.

3.1 A-priori-Wissen und Know How

Damit gilt für die Vereinbarung zwischen Kunden und Lieferanten bezüglich der Qualitätsforderungen (inkl. der Funktionen) von Produkten unabdingbar folgende Regel:

Die Information (a-priori-Wissen) über

- Produkt
- Komponenten
- Anwendungsprozess
- kundenspezifische Schwachstellen
- sonstige Hinweise von Experten (z.B. aus FMEA)

müssen miteinander ausgetauscht werden, damit das richtige Produkt hergestellt und mit der optimalen Mess- und Prüftechnik sowie unter geeigneten Randbedingungen geprüft wird.

Unter dem Blickwinkel eines partnerschaftliches Kunden-Lieferanten-Verhältnisses stehen beide Partner in einer Informationspflicht. Der Lieferant verfügt über Expertenwissen, was die

Prüftechnik und akustische Qualitätssicherung angeht. Der Kunde kennt den Einsatz des Produktes, weiß um die Randbedingungen und hat aus der Vergangenheit mit ähnlichen Produkten entsprechendes Know How über Probleme, Erfolge, Risiken usw.

Nur wenn alle verfügbare Information ausgetauscht, gesichtet und bewertet ist, kann das Produkt mit den geforderten Eigenschaften entwickelt und hergestellt werden. Auf der Basis dieser Information ist dann auch ein leistungsfähiges System zur akustischen Qualitätssicherung zu planen, auszuwählen und einzusetzen.

Anmerkung:

Auch für die Auswahl und Beschaffung eines akustischen Prüfmittels sowie für die Gestaltung des zugehörigen Prüfprozesses ist es notwendig, die Einsatzbedingungen des Produktes sowie die Voraussetzungen und Randbedingungen zu kennen.

3.2 Lasten- und Pflichtenheft

Die Informationsphase und der Austausch des Know hows mündet in die Formulierung des Lastenheftes und des darauf aufbauenden Pflichtenheftes.

- Das Lastenheft beschreibt das **Was** und **Wofür** des Produktes. Das Lastenheft wird vom Auftraggeber verfasst, es enthält seine Forderungen an das Produkt. Ein Lastenheft kann Teil einer Ausschreibung sein.
- Das Pflichtenheft definiert das **Wie** und **Womit** des Produktes. Das Pflichtenheft wird vom Auftragnehmer verfasst, es enthält die zugesicherten Eigenschaften des Produkts. Ein Pflichtenheft kann Teil eines Angebots sein. Gegebenenfalls sind mehrere iterative Schleifen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer notwendig, bis ein von beiden Seiten akzeptiertes Pflichtenheft entsteht, welches dann Vertragsgrundlage ist.

Die folgenden Punkte können als Anregung für die Abfassung von Lasten- und Pflichtenheft herangezogen werden:

1. Ziel: Wozu dient des Pflichtenheft (Forderungen / Ziele / Parameter)
2. Aufgaben und Zuständigkeiten
3. Finden und Definieren der Eigenschaften
4. Wie geht man vor? Vorgehensweise / Ausgangslage / Ziel
5. Aufwand / Kosten des Produktes
6. Akustische Eigenschaften nach Prioritäten klassifizieren (Prioritäten festlegen)
7. Akustische Eigenschaften beschreiben
8. Messbarkeit / Merkmale mit zugehörigen Grenzwerten , Vereinbarungen für die Handhabung von Toleranzen treffen (z.B. Kunde muss sicherstellen, dass er trotz eigener Messunsicherheit die Grenzwerte einhält etc.)
9. Messverfahren der Merkmale festlegen / Messbarkeit darlegen
10. Festlegen der Randbedingungen
11. Definition von möglichen Problemen und Konflikten und Vorgehensweise bei ihrem Eintreten , Spielregeln vereinbaren für den Fall des Auftretens von akustischen Phänomenen, die nicht im Pflichtenheft spezifiziert sind
12. Festlegen von Grenzfällen und Grenzbereich sowie Regeln zu ihrer Handhabung.
13. Vergleich mit Ausgangslage und Ziel / Aufwand und
14. Risikobewertung
15. Revision des Pflichtenheftes

3.3 Auswahl und Gestaltung des geeigneten Prüfprozesses

Aus dem Wissen um das Produkt entwickeln Hersteller des Produktes und Lieferant des Prüfmittels das Lasten- bzw. Pflichtenheft für das Prüfmittel und den Prüfprozess. Auch hier ist Fach-Know-how gefragt. Auch hier findet zunächst eine intensive Informationsphase statt, um alle Anforderungen an die akustische Qualitätssicherung hinreichend zu klären und zu definieren. auch hier gilt der in Abbildung 7 dargestellte Zusammenhang für die Forderungen an das Produkt (hier: Prüfmittel bzw. Prüfprozess).

In dieser Phase kommen neben dem Aspekt der physikalischen Prüfbarkeit auch noch die psychoakustischen Gesichtspunkte dazu. Ist die vom Produktkunden geforderte Eigenschaft überhaupt prüfbar (messbar)? Oder muss u.U. die Eigenschaft von einem Prüfer durch Abhören subjektiv bewertet werden.

Entsprechend dem Pflichtenheft für das Produkt werden im Lasten- und Pflichtenheft für den Prüfprozess die Forderungen definiert.

4 Einheitliche Methoden

Akustische Qualitätssicherung hat sich auch hinsichtlich der Methoden in den letzten Jahren auf einheitliche Verfahren ausgerichtet. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Prüfung industrieller Produkte. Der labor- und Entwicklungsbereich ist davon ein Stückweit ausgenommen, da hier weniger die robusten und zuverlässigen Verfahren sondern eher die Methoden für eine „Differentialdiagnose“ gefordert sind.

Für die akustischen Qualitätssicherung industrieller Produkte werden Prüfmittel und Prüfprozesse verwendet, die

- ergonomisch einfach und übersichtlich zu bedienen sind
- adaptierbar sind an die aufgabenspezifischen Forderungen
- parametrierbar sind bezüglich der Anpassung an die Problemstellung.

Standardsysteme, wie sie beispielsweise im Bereich der Raum- und Bauakustik verwendet werden, erweisen sich als wenig flexibel und meistens nicht geeignet. Bei diesen Systemen muss sich die Prüftechnik meist nach den Systemeigenschaften richten.

Die Auswahl der Methodik erfolgt so, dass ausgegangen wird von der zu prüfenden Eigenschaft oder dem zu erfassenden Problem. Im Mittelpunkt steht also hier der Prüfling (Produkt) und der zugehörige Einsatzfall.

4.1 Betrachtung und Analyse der Einsatzsituation

Entsprechend Abschnitt 3 steht am Anfang der Informationsaustausch. Welche Eigenschaften sind zu prüfen, unter welchen Rand- und Einsatzbedingungen, wie sind i.O. und n.i.O. definiert? Welche Problemfälle können auftreten.

Die Analyseergebnisse dieser Phase werden für die weiteren Phasen benötigt.

4.2 Definition der Prüfbedingungen

Die Prüfbedingungen und die Parameter der zu messenden physikalischen Größen hängen vom Betriebszustand des Prüflings und den Einflüssen ab. So können z.B. aus der Drehzahl, dem

Drehverhalten und den Lastzuständen eines Motors die interessierenden Messgrößen sowie ihre Parameter definiert werden.

4.3 Handhabung und Lagerung des Prüflings

Aus Betriebszustand, Einsatzbedingungen und Belastung wird das Konzept des Prüfprozesses sowie aller dafür notwendigen Einrichtungen definiert und spezifiziert. Es entstehen die Festlegungen für Vorrichtungen zur Handhabung, Halterung und Betrieb des Prüflings inkl. eventuell notwendiger Bremsen, Kupplungen usw.

4.4 Sensorik

Die zu messenden Eigenschaften sowie die Umgebungsbedingungen des Prüfprozesses sind entscheidend für die Auswahl der Sensorik. Bei Einsatz von akustischen Sensoren wird die Entscheidung zwischen Körperschall- und Luftschallsensoren (i.d.R. Beschleunigungsaufnehmern oder Mikrofonen) getroffen. Einsetzbar sind aber auch Stromsensoren, Drehmoment- und Winkelgeber, Kraft- und Wegaufnehmer, Dehnungsmessstreifen und Temperaturfühler. Geeignet ist das, was die für die Qualitätsbeurteilung notwendigen Informationen direkt oder auch indirekt liefert.

4.5 Erfassung, Analyse und Auswertung

Für die Erfassung, Analyse und Auswertung werden heute meistens digital arbeitende Systeme eingesetzt. Sie arbeiten häufig mit integrierten Signalprozessoren, um die benötigte Rechenleistung zur Verfügung zu haben. Die notwendigen Analyse- und Auswertefunktionen werden softwaretechnisch realisiert. Dies erleichtert Änderungen und macht die Anpassung der Funktionen an produkt- und prüfprozessspezifische Gegebenheiten durch Parameteränderungen möglich. Hinzu kommt noch, dass die Systeme in der Lage sind, Störunterdrückung, Korrekturmaßnahmen oder Rauschbefreiung rechnerisch durchzuführen. Dies hat keine Auswirkungen auf Arbeitskennlinien und Kalibrierungen.

4.6 Prüfen der Qualitätsforderungen

Der Vergleich von Messgrößen mit den Qualitätsvorgaben erfolgt heute in der Regel durch den Vergleich mit einstellbaren und adaptierbaren Grenzvorgaben oder Toleranzen. Damit wird die Prüfung auf den Vergleich mit Grenzwerten und Grenzkurven reduziert.

Grundsätzlich sind auch aufwendigere Verfahren wie z.B. Mustererkennung und multivariate Klassifikation möglich. Ihr Einsatz scheitert aber meist an der Komplexität des Verfahrens und der schwierigeren Handhabung und Parametrierung.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Bei allen Möglichkeiten der Messtechnik und digitalen Datenverarbeitung muss immer wieder eine Besinnung auf die Fähigkeiten des Menschen, auf sein Wissen und seine Erfahrung statt finden. Ohne Wissen und Erfahrung kann auch das beste und leistungsfähigste technische System keine befriedigenden Ergebnisse liefern. Der Mensch muss zunächst definieren und sein Wissen zur Verfügung stellen.

Der Laie kann den Fachmann fragen und sich Hilfe holen. Gerade dieses Zusammenspiel macht heute Partnerschaften zwischen Kunden und Lieferanten aus. Diese Partnerschaft ist gerade auf dem Gebiet der akustischen Qualitätssicherung heute besonders gefordert und führt zum Erfolg, denn jeder gibt aus seinem Erfahrungsschatz hinzu und befruchtet den anderen bei seiner Lö-

sung. Der Fachmann für Prüftechnik hat sicher auch aus manchem Feld Erfahrung und kann Tipps für die Gestaltung von Produkten geben, denn akustische Probleme gibt es auch bei anderen Anwendern.

Umgekehrt hilft das Wissen des Produktherstellers dem Prüftechniker, denn Wissen um den Einsatz und die damit verbundenen Probleme müssen bei der Prüf- und Qualitätssicherung berücksichtigt werden. Nur so lässt sich Qualität sichern und verbessern.

Qualität ist das Ziel – nicht nur bei den Produkten und den Prüfprozessen, sondern allgemein bei der Ausnutzung auch der heute vorhandenen Wissens- und Erfahrungsressourcen.

