



Plattformübergreifend: Das Messsystem **acoust IQ** auf unterschiedlichen Endgeräten.
 Foto: Gerätemockup: Harmonais Visual, Produktdesign: Müller-BBM

Akustische Messtechnik am Beispiel **acoust IQ**

Innovative Ansätze zur Fernsteuerung und Datenauswertung

Digitale und mobile Ansätze verändern die Rahmenbedingungen und Möglichkeiten für akustische Messtechnik. Das Beispiel „acoust IQ“ zeigt, wie sich modulare Systeme nahtlos in bestehende Prüfumgebungen integrieren lassen und welche neuen Einsatzszenarien und Arbeitsabläufe sich daraus ergeben können.

TEXT: *Manuel Männel*

Akustische Messungen sind eine zentrale Grundlage für die Bewertung von Lärm in Industrie, Bauwesen und Umwelt. Sie stellen die objektiven Informationen zur Verfügung, die als Grundlage für Planungen, Genehmigungen und Maßnahmen im Bereich des Lärmschutzes dienen. Dabei sind Präzision, Normkonformität und eine zuverlässige Dokumentation von entscheidender Bedeutung.

Obwohl die Messtechnik kontinuierlich weiterentwickelt wurde, stehen viele Anwenderinnen und Anwender weiterhin vor der Frage, wie sich der gesamte Prozess von der Messung bis zur Auswertung effizienter und flexibler gestalten lässt. Neben der technischen Qualität rücken Aspekte wie Zeitaufwand, Datenzugänglichkeit und -verarbeitung zunehmend in den Fokus.

Dieser Artikel stellt einen disruptiven Ansatz vor, mit dem mobile Schallpegelmessungen und cloudbasierte Auswertungen in bestehende Verfahren integriert werden können. Das Ziel ist es, nicht nur präzise Ergebnisse zu erzielen, sondern auch die dahinterliegenden Prozesse deutlich zu optimieren.

Herausforderungen in der bisherigen Praxis

Der organisatorische Aufwand, der mit der Durchführung von Schallmessungen verbunden ist, beeinflusst den Arbeitsalltag zahlreicher Ingenieurbüros, Prüfstellen und interner Abteilungen. Der eigentliche Messprozess nimmt dabei häufig nur einen Bruchteil der eingesetzten Zeit in Anspruch. In der Regel ist für normgerechte Messungen die Anwesenheit von qualifiziertem Fachpersonal erforderlich. Dies führt zu erheblichen Aufwänden für Anreise, Zugangsvorbereitungen und Wartephase vor Ort, etwa auf geeignete Anlagenzustände oder Wetterbedingungen. Gleichzeitig ist die Planbarkeit solcher Einsätze eingeschränkt: Kurzfristige Änderungen im Betrieb oder externe Faktoren wie das Wetter lassen sich kaum zuverlässig berücksichtigen. Dieser ineffiziente Prozess bindet nicht nur personelle Ressourcen, sondern erschwert eine flexible Einsatzplanung.

Auch im Umgang mit den erhobenen Daten besteht an vielen Stellen Verbesserungspotenzial. Messdaten und deren Be-



Das Basis-Set-up: ein iPhone mit installierter „acoust IQ“-App sowie ein Klasse-1-Mikrofon.
Grafik: Müller-BBM



Ausbaustufe „acoust IQ live: Eine Messung wird ortsunabhängig und zeitgleich aus der Ferne betreut und bewertet. Grafik: Müller-BBM

schreibung werden oft in unterschiedlichen Medien getrennt erfasst und verwaltet, was zu zusätzlichem Aufwand und einer höheren Fehleranfälligkeit führt. Die lokale Speicherung erschwert einen standortübergreifenden Zugriff, verlangsamt Auswertungen und führt zu Medienbrüchen, die in komplexeren Organisationsstrukturen zusätzliche Reibungsverluste verursachen.

Technologischer Fortschritt

Vor dem Hintergrund der geschilderten Anforderungen aus der Praxis stellt sich die Frage, wie sich die Effizienz im organisatorischen Ablauf und die Konsistenz der Datenverarbeitung verbessern lassen. Im Fokus stehen dabei nicht die messtechnischen Grundlagen selbst, sondern die begleitenden organisatorischen und digitalen Prozesse, die die Planung, Durchführung und Auswertung beeinflussen. Insbesondere bei dezentral organisierten Projekten, engen Zeitfenstern oder einer Vielzahl von Beteiligten an unterschiedlichen Standorten stoßen klassische Strukturen an ihre Grenzen.

Ein Lösungsansatz besteht in der Verbindung bewährter Präzisionsmesstechniken mit zeitgemäßen digitalen Methoden der Datenerhebung und -verarbeitung. Hierfür müssen drei zentrale Anforderungen erfüllt werden, die aufeinander aufbauen: eine mobil einsetzbare Hardware für präzise Messergebnisse, eine benutzerfreundliche Steuerung über eine Applikation sowie eine zentrale und sichere Verwaltung der Messdaten über eine Cloud-Infrastruktur.

Aufbau der Komponenten und technische Grundlagen am Beispiel von acoust IQ

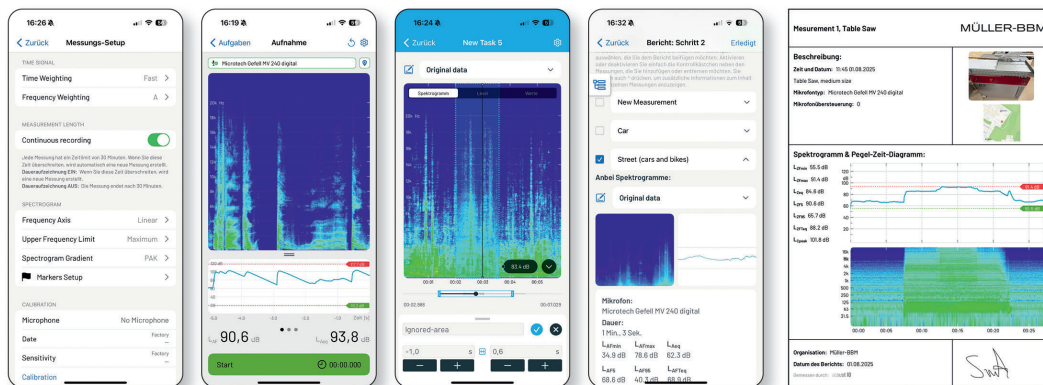
Der beschriebene Lösungsansatz besteht im Fall von acoust IQ aus folgenden Komponenten: Einem iPhone beziehungsweise iPad mit USB-C-Anschluss, einem Klasse-1-Mikrofon mit digitalem Vorverstärker der Firma Microtech Gefell sowie der speziell entwickelten App acoust IQ.

Die Kompatibilität der App beschränkt sich auf die genannten Apple-Geräte, da so gewährleistet werden kann, dass das Betriebssystem das angeschlossene Mikrofon als Audiogerät identifiziert und die Messdaten als Rohdaten – ohne jegliche Filter – intern an die App überträgt.

Die App orientiert sich bezüglich des Funktionsumfangs an konventionellen Schallpegelmessern und ergänzt deren Funktionalitäten mit nutzerorientierten, wählbaren Darstellungen und durchgängigen Workflows von der Mikrofonmembran bis zum Prüfprotokoll unter Einbeziehung der Daten integrierter Hilfssensoren wie GPS und Kamera.

Um eine Klasse-1-Messung in hoher Qualität durchzuführen, wird der MV 240 USB, ein 1/2"-Messmikrofon-

FROM MEASUREMENT → TO REPORT



In wenigen Schritten
von der Messung
zum Report.
Grafik: Müller-BBM

Vorverstärker mit integriertem Gain-Ranging-Analog-Digital-Umsetzer, eingesetzt. Das Signal der Messmikrofonkapsel wird mit einem rauscharmen und hoch aussteuerbaren Impedanzwandler und einem sehr rausch- und klirrarmlen Vorverstärker optimal an den Aussteuerbereich des Analog-Digital-Umsetzers angepasst. Die Analog-Digital-Umsetzung erfolgt in zwei Pegelbereichen mit einer Wortbreite von jeweils 32 Bit. In einem integrierten Prozessor werden die beiden Pegelbereiche zu einem einkanalen digitalen USB-Ausgangssignal mit einer Wortbreite von 32 Bit zusammengefasst, das kalibrierten Schalldruckwerten entspricht. Damit wird

ein sehr großer akustischer Dynamikbereich übertragen, der mehr als den gesamten Dynamikbereich einer 1/2"-Messmikrofonkapsel umfasst. Der MV 240 USB unterstützt die Abtastfrequenzen 48, 96 und 192 kHz, sodass mit 1/4"-Messmikrofonkapseln Messungen bis hinauf zu etwa 80 kHz möglich sind.

Das aus diesen Komponenten bestehende Messsystem **acoust IQ** ist modular aufgebaut und in drei Stufen skalierbar. Die Funktionsumfänge reichen von der reinen Vor-Ort-Messung über cloudbasierte Datenverarbeitung bis hin zur standortübergreifenden Echtzeit-Fernsteuerung. Alle Stufen basieren auf einer einheitlichen

technischen Grundlage und lassen sich je nach Anforderung kombinieren.

Standardmessung vor Ort

Die Basis des Systems besteht aus der genannten App, die in Kombination mit einem Klasse-1-Mikrofon inklusive integriertem digitalem Vorverstärker und einem iPhone oder iPad hochqualitative Standardmessungen vor Ort ermöglicht (Basisversion **acoust IQ**). Über die iOS-App werden sämtliche Messungen gesteuert, durchgeführt, ausgewertet und dokumentiert. Der geschlossene digitale Prozess umfasst die Erfassung des Schallsignals bis hin zur Erstellung des fertigen Messprotokolls. Dabei können sowohl Einzelmessungen als auch umfangreichere Messprojekte verwaltet werden.

Während der Messung lassen sich Start- und Stopp-Zeitpunkte sowie Marker setzen. Die Ergebnisse werden in Form von Pegel-Zeit-Verläufen, Schmalband- oder Terzbandspektren sowie allen gängigen Einzahlwerten wie L_{Aeq} , L_{Aft5} oder L_{Cpeak} dargestellt. Ergänzend können Metadaten wie GPS-Koordinaten, Zeitstempel, Bilder (inklusive Bildunterschrift) sowie Notizen (auch Sprache-zu-Text) unmittelbar erfasst und der Messung zugeordnet werden. Die GPS-Koordinaten geben je nach Messsituation den Ort der Messung als Punkt oder als Pfad an.

Für die Auswertung der Daten bietet das System die Möglichkeit, die Messungen nachträglich anzuhören und relevante Zeitabschnitte nicht-destruktiv ein- oder auszuschließen. Die erfassten Daten lassen sich normkonform weiterverarbeiten, einschließlich der Umrechnung, Bewertung und Erstellung zusammenfassender Kennwerte gemäß den jeweils geltenden Anfor-

SPEZIFIKATIONEN ACOUST IQ

- Optimiert für folgende Apple-Geräte: iPhone 15 (oder neuer), iPad (mit USB-C-Anschluss)
- Schutzhülle mit Mikrofonhalterung Firma Quadlock
- Vorverstärker Microtech Gefell MV 240 digital mit eingebautem Analog-/Digitalwandler (Klasse 1) in Kombination mit Messmikrofonkapseln nach Wahl (Tabelle)

Tabelle Auswahl an Messmikrofonkapseln.

	Messmikrofonkapsel	Messmikrofon / Anwendung
MV 240 USB+	MKS 221	Freifeld-Frequenzgang
	MKS 231	Diffusfeld-Frequenzgang
	MKS 225	niedrige Schalldruckpegel ab 9 dB(A)
	MK 342 E (+A 67)	hohe Schalldruckpegel bis 186 dB
	MK 301 (+A 67)	hohe Frequenzen bis 80 kHz

- alternativ UMIK-2 (miniDSP, Klasse 2)
- Verbindungskabel zwischen Mikrofon und iPhone (Lemo 4-polig am Mikrofon, USB-C am iPhone) für die Spannungsversorgung über das iPhone und für die digitale Messdatenübertragung vom Mikrofon zum iPhone (drei verschiedene Längen: 0,15, 2 und 5 m).
- Windschutz (empfohlen)

derungen. Für die Dokumentation steht ein integrierter, template-basierter Report-Generator zur Verfügung. Er erstellt Prüfprotokolle, die neben den ausgewerteten Messdaten auch alle zugehörigen Metadaten, Signaturen, den Messort und Bildmaterial enthalten.

Datenverarbeitung in der Cloud

Die Erweiterung des Systems (acoust IQ pro) um eine Cloud-Anbindung ermöglicht es, Rohdaten aus Messungen zentral zu speichern und zu verwalten. Die erfassten Daten werden nach Abschluss einer Messung in eine Cloud-Umgebung hochgeladen und dort organisations- oder projektübergreifend bereitgestellt. Zusätzlich zum Austausch zwischen Standorten, Kunden oder Projektpartnern ermöglicht die Cloud auch eine weitere Datenverarbeitung.

Die Online-Verarbeitung der Messdaten erfolgt direkt in der Cloud-Infrastruktur. Die gespeicherten Daten können über einen Webbrowser eingesehen und ausgewertet werden, ohne dass hierfür ein lokales Auswertewerkzeug erforderlich ist. Zudem besteht die Möglichkeit, die Daten über vorhandene Schnittstellen mit geeigneten Analysewerkzeugen weiterzuverarbeiten. Hierbei werden etablierte Standards wie ASAM ODS und ATFX unterstützt, um den Austausch sowie die Weiterverarbeitung der Daten in bestehenden Datenmanagementsystemen oder Prüfprozessen zu erleichtern. Dies ermöglicht beispielsweise eine Datenverarbeitung, Analyse und Automatisierung mit Matlab und/oder Python.

Messungen aus der Ferne

In einer weiteren Ausbaustufe (acoust IQ live) wird die Funktion zur webbasierten Fernsteuerung von Messungen ermöglicht. Dies umfasst zum einen die Durchführung und Überwachung von Kurzzeitmessungen, ortsunabhängig und flexibel in Bezug auf Dauer und Art der Messaufgabe als auch Monitoring-Messungen über einen längeren Zeitraum. Damit entfallen Reisen zu Anlagen und die damit verbundenen Zeit- und Kostenaufwände. In der Praxis übernimmt eine Person vor Ort, die lediglich über grundlegendes technisches Verständnis verfügen muss, die Bewegung des Mikrofons zum spezifischen Prüfobjekt und gegebenenfalls während der Messung auch in dessen Umgebung. Die Steuerung der Messung selbst erfolgt über einen Webbrowser. Die

RELEVANTE NORMEN UND RICHTLINIEN (AUSZUG)

- DIN EN 61672-1:2014 Elektroakustik – Schallpegelmesser – Teil 1: Anforderungen
- ISO 1996: Akustik – Beschreibung, Messung und Beurteilung von Umgebungslärm
- DIN EN ISO 9614: Schallintensitätsmessung
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
- TA Lärm: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (Deutschland)
- VDI 2058 Blatt 1: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz
- Normreihe ISO 1996: regelt international die Beschreibung, Messung und Bewertung von Umgebungslärm (environmental noise)
- ASAM ODS/ATFX: Industriestandards für Mess- und Prüfdatenaustausch
- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV)
- Technische Regel zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung Ausgabe: August 2017
- DIN EN ISO 9612 „Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren)“

Durchführung ist damit plattformunabhängig und kann von Expertinnen und Experten aus der Ferne durchgeführt werden. Es ist keine zusätzliche Hardware erforderlich. Vor Ort werden die bereits beschriebenen mobilen Endgeräte wie iPhone oder iPad in Verbindung mit einem angeschlossenen Klasse-1-Mikrofon verwendet. Parallel zur Steuerung der Messung aus der Ferne kann über ein beliebiges Video-Call-System die Positionierung des Mikrofons überwacht und ein Eindruck von der Messumgebung gewonnen werden.

Die Fernsteuerung umfasst Funktionen zur Organisation der Messung, einschließlich Start und Stopp, Setzen von Markern sowie der Überwachung von Pegelverläufen. Die Darstellung der Echtzeitdaten erfolgt über eine komprimierte und vorverarbeitete Übertragung, sodass geringe Netzbandbreiten ausreichen. Die vollständigen Rohdaten werden asynchron in der Cloud gespeichert und stehen für nachgelagerte Auswertungen zur Verfügung. Der Zugriff auf diese Daten erfolgt ebenfalls webbasiert.

Die beschriebene Web-Applikation ermöglicht nicht nur die Steuerung eines Messgeräts, das aus einem Smartphone mit entsprechender App (acoust IQ) und angeschlossenen Messmikrofon besteht, sondern auch die gleichzeitige Steuerung mehrerer solch aufgebauter Messgeräte. Auf diese Weise kann eine mehrkanalige Messung durchgeführt werden, bei der die einzelnen Sensoren ortsunabhängig zuei-

ander positioniert werden können, zum Beispiel mit großem Abstand zueinander oder gleichzeitig sowohl in fahrenden Systemen als auch stationär. Die Synchronisation erfolgt durch GPS-Zeitstempel. Dadurch können mehrkanalige Messungen (nicht phasentreu, aber mit einer Synchronität von wenigen Millisekunden) kabellos durchgeführt werden.

Integration in bestehende Normen und Prüfstrukturen

Eine nahtlose Integration in vorhandene Normen und Prüfstrukturen ist im Rahmen dieses Ansatzes durchweg gegeben. Die eingesetzte Messtechnik erfüllt die Anforderungen der Klasse 1 nach DIN EN 61672-1:2014/-2:2018. Auch bei der Analyse der erfassten Daten werden die relevanten Normen berücksichtigt, darunter die internationale Normreihe ISO 1996 „Description, measurement and assessment of environmental noise“ zur Beschreibung und Messung von Umgebungslärm.

Zur Weiterverarbeitung der Daten stehen je nach Variante konventionelle Exporte im ASCII-Format oder standardisierte Schnittstellen wie ASAM ODS und ATFX zur Verfügung. Die projekt- und messungsbezogene Struktur der Daten sowie die umfassende Erfassung von Metadaten gewährleisten eine klare Zuordnung und Nachvollziehbarkeit. Auf diese Weise lassen sich Prüfberichte und Nachweise

gemäß den Anforderungen von Behörden oder der internen Qualitätssicherung direkt erstellen und in bestehende Datenmanagementsysteme einbinden. Der modulare Aufbau von acoust IQ unterstützt sowohl lokale als auch zentralisierte oder standortübergreifende Prüfprozesse, ohne bestehende Strukturen zu verändern.

Anwendungsmöglichkeiten aus der Praxis

Fernmessung und verteilte Messpunkte

Die Fernsteuerung akustischer Messungen schafft neue Möglichkeiten in der Planung und Umsetzung. Sie eignet sich insbesondere für Szenarien mit großen Distanzen oder organisatorischen Einschränkungen vor Ort. Auf diese Weise lassen sich Kurzzeitmessungen über Ländergrenzen hinweg durchführen, ohne dass Reisen, Wartezeiten oder aufwendige Zugangsvorbereitungen erforderlich sind. Innerhalb industrieller Anlagen besteht ebenfalls die Möglichkeit, den Messaufwand zu minimieren, insbesondere wenn sicherheitsrelevante Bereiche ausschließlich von autorisiertem oder speziell geschultem Personal betreten werden dürfen. In solchen Fällen kann das ortsansässige Personal die Messgeräte bedienen, während externe Fachleute den Ablauf in Echtzeit verfolgen und steuern.

Umwelt- und Verkehrslärmuntersuchung

Bei der Erfassung von Umwelt- und Verkehrslärm, etwa im Rahmen von Immissionsprognosen, Genehmigungsverfahren oder Lärmkartierungen, unterstützt acoust IQ die Durchführung normkonformer Kurzzeitmessungen. Besonders vorteilhaft ist der parallele Einsatz mehrerer Systeme an Messpunkten entlang von Ausbreitungsstrecken oder an maßgebli-

chen Immissionsorten. Ereignisse wie Sprengungen oder Anfahrvorgänge von Anlagen lassen sich so zuverlässig erfassen, aber auch die Überwachung von Veranstaltungen ist auf diese Weise möglich. Die Einbindung von GPS-Daten und zeitlicher Synchronisation erleichtert eine präzise Auswertung und Zuordnung.

Arbeitsplatzlärm

Für die arbeitsplatzbezogene Lärmbeurteilung liefert die App präzise Daten gemäß DIN EN ISO 9612:2009. Relevante Größen wie der Tages-Lärmexpositionspegel ($L_{EX,8h}$) oder der Spitzenschalldruckpegel ($L_{C,peak}$) werden normgerecht erfasst und dokumentiert. Dank der systematischen Erfassung von Metadaten und der integrierten Berichtsfunktionalität ist das System besonders gut für vielseitige Anwendungen in der Produktion, Instandhaltung oder bei Gefährdungsbeurteilungen gemäß Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) geeignet.

Wartung, Instandhaltung und Fehlerdiagnose

Schallpegelmessungen sind ein bewährtes Werkzeug bei der Diagnose technischer Probleme. Veränderungen im Geräuschverhalten von Maschinen oder Anlagen, die beispielsweise durch defekte Lager, Unwuchten oder lose Komponenten verursacht werden, können präzise identifiziert und bewertet werden. Vergleichende Messungen vor und nach den Wartungsmaßnahmen dokumentieren deren Auswirkungen. Auch in der Bauakustik lassen sich mit dieser Methode Schallbrücken oder Undichtigkeiten identifizieren. Durch die mobile Anwendung und die Möglichkeit zur Echtzeitbeobachtung eignet sich das System besonders für schwer zugängliche oder dynamische Prüfbereiche.

Maschinenakustik

Auch in der Maschinenakustik kann acoust IQ eingesetzt werden, beispielsweise bei Maschinenabnahmen oder zur SchalleLeistungsbestimmung von Anlagenkomponenten. Die modulare Erweiterung um cloudbasierte Datenhaltung und Fernzugriff ermöglicht es, Messungen in bestehende Prüf- und Entwicklungsprozesse einzubinden, unabhängig davon, ob diese lokal oder über verschiedene Standorte hinweg organisiert sind.

Einordnung und Ausblick

Digitale und mobile Anwendungen erweitern zunehmend die traditionellen stationären Verfahren der Akustikmessung. Innovative Ansätze wie acoust IQ zeigen, wie sich traditionelle Verfahren durch neue Technologien in ihrer Flexibilität und Effizienz erweitern lassen, ohne dabei an Messqualität oder Normkonformität einzubüßen. Der modulare Aufbau ermöglicht eine stufenweise Integration in bestehende Strukturen, ohne etablierte Prozesse grundsätzlich zu verändern.

In den kommenden Jahren ist davon auszugehen, dass insbesondere Themen wie dezentralisierte Datennutzung, Remote-Zugriffe und vernetzte Prüfprozesse an Bedeutung gewinnen werden – nicht nur aus Gründen der Effizienz, sondern auch im Hinblick auf Personalressourcen, Nachhaltigkeit und Standardisierung. Systeme wie acoust IQ bieten bereits heute praxisorientierte Lösungen, die von technischen Akustikerinnen und Akustikern unmittelbar in ihrem Arbeitsalltag angewendet werden können. ■

Manuel Männel

Geschäftsführer bei der Müller-BBM
Industry Solutions GmbH

manuel.maennel@mbbm-ind.com