

Mikrofone und Interfaces

Elektroakustische Messtechnik für Einsteiger

Teil 2

Von Fabian Reimann

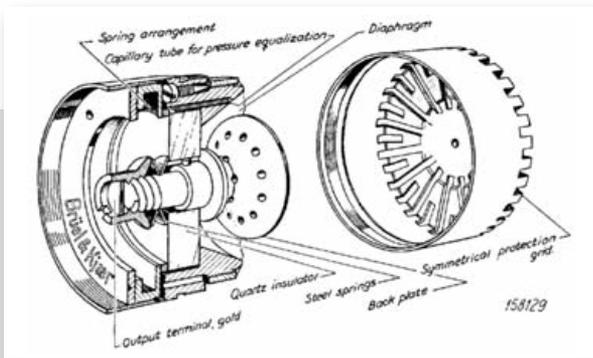


Abb. 1: Illustrierte Kondensator-Messmikrofonkapsel mit entferntem Schutzgitter (mit freundlicher Genehmigung von Brüel & Kjær, Quelle: Technical Review No. 1 1959: New Measurement Microphones, S. 7)

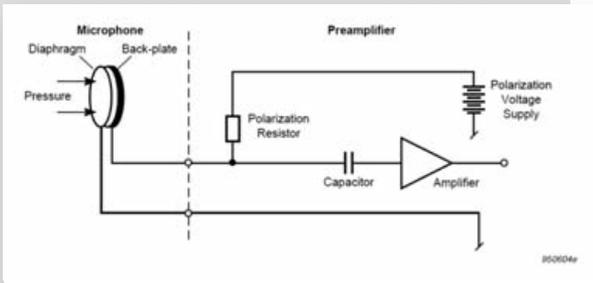


Abb. 2: Funktionsschema des Kondensator-Messmikrofons (mit freundlicher Genehmigung von Brüel & Kjær, Quelle: Microphone Handbook, S. 33)

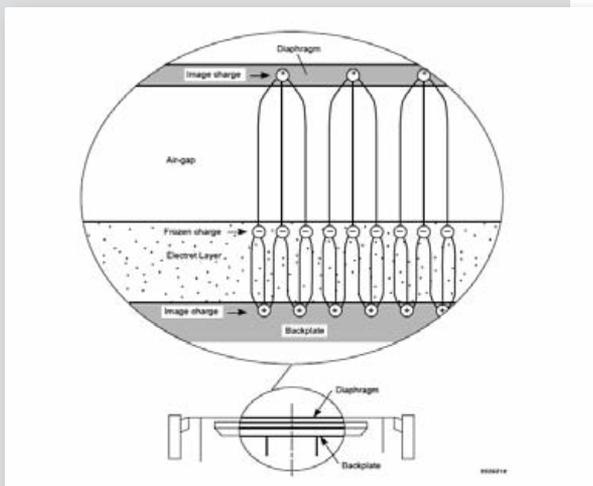


Abb. 3: Elektret-Mikrofon mit „eingefrorener“ elektrischer Ladung (mit freundlicher Genehmigung von Brüel & Kjær, Quelle: Microphone Handbook, S. 34)

In der letzten tools 4 music-Ausgabe 2/2010 wurde im ersten Teil dieser Serie grundsätzlich in das Thema eingeführt. Im hier nun vorliegenden zweiten Teil soll es um die konkrete Auswahl von Messmikrofonen und Interfaces für einfache akustische Messsysteme gehen, was angesichts der Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten für den Einsteiger ohne Orientierungshilfe erfahrungsgemäß eine deutliche Hürde darstellen kann.

Wer Lautsprecher entwickeln oder Beschallungseinlagen einmessen möchte, braucht ein Messmikrofon. Diese Art von Mikrofonen zielt auf ein etwas anderes Anwendungsfeld, als es die üblichen Vokal- oder Instrumentalmikrofone tun. Neben einer Vielzahl von anwendungsabhängigen Eigenschaften kommt es hier natürlich auf einen möglichst linearen Frequenzgang, geringes Rauschen sowie hohe Pegelfestigkeit an, um bei Messungen an Lautsprechern den Einfluss der eigenen Messkette möglichst gering zu halten. Für den Gelegenheitsanwender oder Einsteiger sind dabei natürlich solche Modelle interessant, mit denen sich akzeptable Messergebnisse erzielen lassen und die kein allzu großes Loch in das Budget reißen.

Kondensator- und Elektretmessmikrofone

Der zurzeit immer noch vorherr-

sche Typ von Messmikrofonen ist der Kondensatortyp – hinter einer dünnen Membran aus Metall oder Kunststoff befindet sich in mikroskopisch geringem Abstand eine Gegenelektrode, welche von der Membran durch einen Luftspalt elektrisch isoliert ist (Abb. 1). Diese Konstruktion bildet damit einen Kondensator, dessen Kapazität exakt bestimmt werden kann. Trifft nun Schall auf die Membran, gerät diese in Schwingung und verändert somit den Abstand zwischen Membran und Gegenelektrode, was eine Änderung der Kapazität zur Folge hat. Die Gegenelektrode muss natürlich entsprechend polarisiert werden, was bei diesem Mikrofontyp meist durch die extern zugeführte Polarisationsspannung von 200 Volt bewirkt wird. Um die veränderte Kapazität in eine tatsächlich messbare, elektrische Spannung umzuwandeln, sind noch weitere Einrichtungen nötig,

wie der nachfolgende Impedanzwandler sowie ein externes Speiseteil (Abb. 2). Derartige Mikrofone zeichnen sich, pauschal gesprochen, durch einen sehr hohen Dynamikumfang und sehr gute Frequenzgänge aus.

Für den Einsteiger in die Messtechnik dürften diese „klassischen“ Kondensatormikrofone, bei denen schon alleine die Kapsel mit hohen drei- bzw. niedrigen vierstelligen Eurobeträgen zu Buche schlagen kann, ungeachtet all ihrer Vorteile wohl eher uninteressant sein.

Günstigere Messmikrofone, von denen die meisten mittlerweile für deutlich unter 100 Euro zu haben sind, bedienen sich in der Regel eines anderen Konstruktionsprinzips. Der häufigste Typ hierbei ist der des Elektretmikrofons. Anstelle einer externen Polarisationsspannung für die Gegenelektrode wird hier eine Elektretfolie eingesetzt, die durch eine Vorbehandlung eine quasi-permanente Ladung trägt (Abb. 3). Daher wird dieser Typ als „dauer-“ bzw. „vorpolarisiert“ bezeichnet. Mit dieser Bauform gelingt es, den Betrieb im Vergleich zu den „klassischen“ Kondensatormessmikrofonen erheblich zu ver-

einfachen, da unter anderem die gesamte externe Spannungsversorgung der Gegenelektrode nicht benötigt wird. Als Verkabelung reichen die üblichen 3-poligen XLR-Leitungen statt der bei „echten“ Kondensatorkapseln benötigten speziellen 5- oder 7-poligen Leitungen mit entsprechenden Spezialsteckern. Zudem benötigen die Impedanzwandler der Elektretmikrofone lediglich 48-Volt-Phantomspannung (die Mehrzahl aller Mikrofone begnügt sich auch mit deutlich geringeren Spannungen), welche notfalls auch aus dem Kanalzug eines Mischpultes kommen darf – notfalls deswegen, weil sich die Klangregelung bei vielen Mischpulten auch in der Mittelstellung nicht völlig neutral verhält und somit den Frequenzgang verbiegt. Darüber hinaus kann man die deutlich geringeren Anschaffungskosten auf der „Habenseite“ der Elektretmikrofone verbuchen. Zu den Nachteilen müssen jedoch die nicht zu vernachlässigende Serienstreuung (mehr dazu später), die schwankende Empfindlichkeit, generell geringe Pegelfestigkeit (Literatur: Weber, S. 14) sowie die Empfindlichkeit auf Umwelteinflüsse (z. B. Ladungsverlust bei hohen Temperaturen und Luftfeuchtigkeit) gezählt werden.

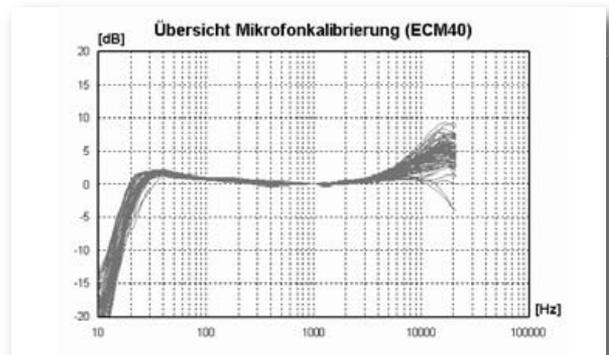


Abb. 4: Messungen von 81 x Monacor ECM-40 (mit freundlicher Genehmigung von HiFi-Selbstbau.de, Quelle: „200 Mikrofonkalibrierungen – eine Übersicht“)

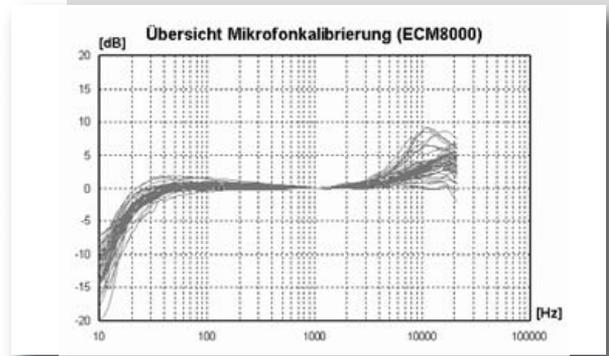


Abb. 5: Messungen von 55 x Behringer ECM-8000 (mit freundlicher Genehmigung von HiFi-Selbstbau.de, Quelle: „200 Mikrofonkalibrierungen – eine Übersicht“)

Anzeige



Händleranfragen erwünscht!



Professionelle 115dB-Digital-Matrix-System/Lautsprechercontroller
 96kHz · FIR-Filter · Phasenkorrektur · 8 PEQs · Delay · Mischmatrix · Crossover
 Input Compressor · Output-Limiter USB/RS232/Ethernet · AES/EBU-Ein- und Ausgänge



STEINBILD MEDIA



Abb. 6: Das sehr preisgünstige Behringer ECM-8000 und der „Urvater“ der Elektret-Messmikrofone, das Haun MBNM-550el. Schaut man sich...

Abb. 7: ... das obere Ende beider Mikrofone an, sind mit geübtem Auge gewisse Unterschiede zwischen der Fernostvariante und dem Modell von Haun erkennbar. Gemein ist beiden jedoch der kleine Filzknopf zum Schutz der etwa streichholzkopfgroßen Elektretkapsel sowie das „Schutzgitterimitat“, welches sich optisch an den „echten“ Schutzgittern professioneller Mikrofone von Brüel & Kjær orientiert (siehe Abb. 8), aber keinerlei akustische Funktion hat.



Abb. 8: Eine professionelle 1/2-Zoll-Kapsel des dänischen Herstellers Brüel & Kjær mit abgeschraubtem Schutzgitter. Die optische Vorlage für viele der heute am Markt erhältlichen Messmikrofone mit Elektretkapsel ist klar erkennbar. Die tatsächliche Membranfläche der Kapsel ist jedoch bedeutend größer. Zudem erfüllt das Gitter hier auch eine tatsächliche akustische Funktion (Frequenzgangkorrektur durch geschickte Auslegung der zwischen Membran und Gitter befindlichen Luftmasse)

Welches Messmikrofon für den Einsteiger?

Für den Einstieg bietet sich also ein günstiges Elektret-Messmikrofon in der Preisregion um die 50 Euro an. Schaut man hier auf den aktuellen Markt, fallen vor allem im unteren Preissegment erstaunliche optische Ähnlichkeiten zwischen den verschiedenen Modellen auf. Neben dem „Klassiker“ der günstigsten Messmikrofone, dem Behringer ECM-8000, gibt es eine ganze Reihe weiterer Modelle von Konkurrenzanbietern, welche augenscheinlich vom selben OEM-Produzenten stammen (Goang-Fann, der selbst auch unter „Superlux“ Mikrofone anbietet) und sich qualitativ im besten Fall durch eine etwas bessere Qualitätskontrolle der stark streuenden Elektretkapseln unterscheiden. Die „Konkurrenten“ in diesem Feld sind, neben dem erwähnten Behringer ECM-8000, die Modelle von Superlux (ECM-999), Monacor (ECM-40), Dayton (EMM-6) sowie von t.bone (MM-1).

Es macht aufgrund der erwähnten starken Serienstreuungen Sinn, sein Elektret-Messmikrofon nach

dem Kauf einem professionellen Kalibrierservice zu übergeben, um den tatsächlichen Frequenzgang (in Relation zu einem „echten“ Kondensatormikrofon) in Erfahrung bringen zu können. Dass es sich dabei nicht um puren Luxus, sondern um eine tatsächliche Notwendigkeit handelt, zeigen die Abbildungen 4 und 5, die vom Kalibrierservice von HiFi-Selbstbau (siehe Literatur) zur Verfügung gestellt wurden.

Abb. 4 zeigt Messungen an insgesamt 81 Modellen des Monacor ECM-40, Abb. 5 stellt Messungen an 55 unterschiedlichen Behringer ECM-8000 dar. Die Messungen zeigen allesamt einen zu frühen Abfall im Bassbereich sowie eine erhebliche Überbetonung des Hochtonbereiches um 10 kHz. Die Messungen verdeutlichen sowohl die Grenzen als auch das typische Verhalten dieser prinzipiell sehr ähnlich konstruierten Elektret-Messmikrofone. Die Wahrscheinlichkeit, in dieser Preisklasse durch einen Glücksgriff ein „perfektes“ Mikrofon zu erhalten, ist gering. Die „typischen“ Frequenzgangkurven, wie z. B. auf der Verpackung des Behringer ECM-



Abb. 9: Drei Kondensator-Messmikrofonkapseln des thüringischen Herstellers Microtech Gefell in den Größen 1 Zoll, 1/2 Zoll und 1/4 Zoll, welche für unterschiedliche Einsatzzwecke ausgelegt sind. Will man beispielsweise das Grundrauschen einer P.A. oder das Lüftergeräusch einer Endstufe messen, bietet sich die Verwendung der sehr empfindlichen 1-Zoll-Kapsel an (hier MK-102, links). Für die Messungen von nichtlinearen Verzerrungen bei hohen Pegeln ist eine 1/4-Zoll-Kapsel meist die beste Wahl – hier hier abgebildete MK-301 (rechts im Bild) verträgt laut Hersteller Schalldruckpegel von bis zu 168 dB. Einen guten Allrounder für die meisten Messungen im Lautsprecherbereich dürfte eine Kapsel mit 1/2-Zoll-Membran (hier die MK-201, mittig) darstellen

Literatur & Weiterführendes

- Ahlersmeyer, Thomas und Winterscheid, Theo:
„200 Mikrofonkalibrierungen, eine Übersicht“
(http://diylautsprecher.de/index.php?option=com_content&view=article&id=138:200-mikrofonkalibrierungen-eine-ersicht&catid=36:software--messtechnik&Itemid=66 ,
Stand März 2010)
- Ahlersmeyer, Thomas und Winterscheid, Theo:
„Mikrofonkalibrierung, muss das sein?“
(http://diylautsprecher.de/index.php?option=com_content&view=article&id=94:mikrofonkalibrierung-muss-das-sein-anfer&catid=36:software--messtechnik&Itemid=66 ,
Stand März 2010)
- Brüel & Kjær: **„Technical Review No. 1 1959: New Measurement Microphones“**, Reprint 1962
(erhältlich über <http://www.bruelkjaer.de/Library/Primers.aspx> ,
Stand März 2010)
- Brüel & Kjær: **„Microphone Handbook – Volume 1: Theory“**,
1996 (erhältlich über <http://www.bruelkjaer.de/Library/Primers.aspx>,
Stand März 2010)
- DIN EN 61094-4: **„Messmikrofone - Teil 4: Anforderungen an Gebrauchs-Normalmikrofone“**, Beuth Verlag 1996
- Khenkin, Alex: **„How Earthworks Measures Mics“** (Link:
http://www.earthworksaudio.com/tech/ew_measures_mics.pdf ,
Stand März 2010)
- Weber, Heinrich: **„ARTA Application Note #5: Die ARTA-Mikrofonkalibrierkammer fürs untere Ende“**
(http://www.fesb.hr/~mateljan/arta/AppNotes/AP5_MikroMessKammer-Rev03Ger.pdf ,
Stand März 2010)

Ein Tipp für Abonnenten: Diesen Artikel kann man im „Mehrwert“-Bereich auf www.tools4music.de downloaden, um so im PDF-Dokument die Links direkt anzuklicken bzw. in den Browser kopieren zu können.

8000 abgedruckt, stehen mit dem individuellen Verhalten des gekauften Mikrofons also eher in einem losen Zusammenhang. Es sollte einfach Folgendes klar sein – wer im Frequenzbereich unter 100 Hz und über 3 kHz mit einem günstigen Elektret-Messmikrofon noch genau messen möchte, kommt um eine Kalibrierung nicht herum. Für welches konkrete Modell man sich dann entscheidet, spielt für den Einsteiger keine große Rolle, da die Un-

terschiede in dieser Preisklasse im Bezug auf Rauschen und Pegelfestigkeit eher gering sind und ohnehin durch die Serienstreuung dominiert werden.

Wer etwas tiefer in die Tasche greifen will, erhält mit den Produkten von beyerdynamic (MM-1) oder von Haun (MBNM-550e1, siehe auch Abb. 6 und 7) deutlich verbesserte bzw. strenger selektierte Mikrofone mit Elektretkapsel. Auch hier kommt der Anwender, falls auf Ge-

Anzeige



Helmut Hattler - Photo: © Thomas Reesler - www.thomasreesler.net

Let's groove...

mit **SOMMER CABLE**

- Hochflexible und zuverlässige Mikrofon- und Instrumentenkabel
 - Riesige Auswahl an konfektionierten Sonderlösungen
 - Qualitäts-Steckverbinder von HICON und NEUTRIK
 - Bis zu 10 Jahre Garantie für Ihr **SOMMER CABLE**
- >> Gratiskatalog anfordern!**



SOMMER CABLE

www.sommercable.com

SOMMER CABLE GmbH

Audio • Video • Broadcast • Medientechnik • HiFi
info@sommercable.com

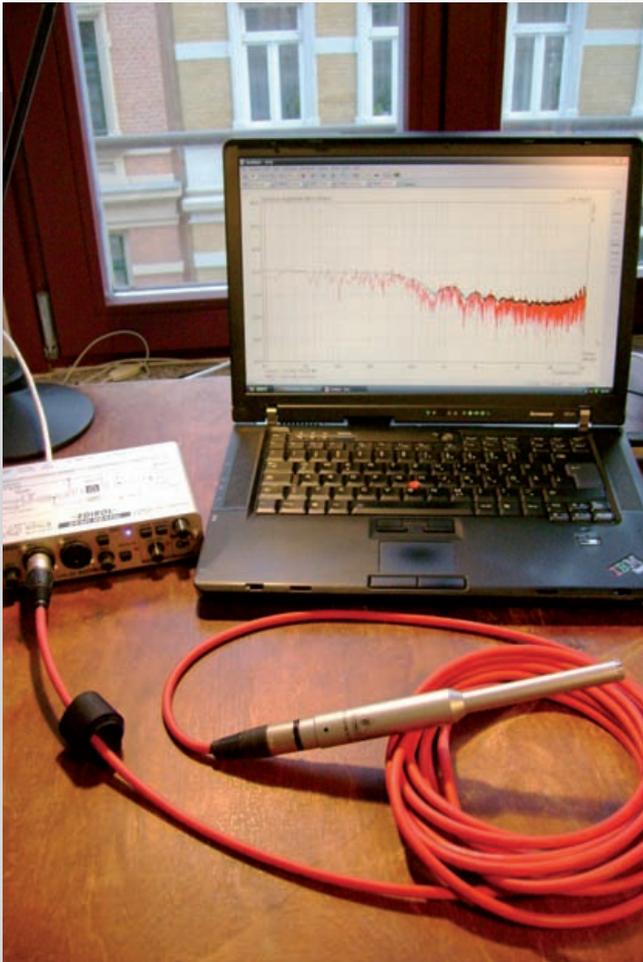


Abb. 10: Keep it simple – ein einfaches Messsystem, bestehend aus Laptop, USB-Audiointerface (Edirol UA-25) und Messmikrofon (Behringer ECM-8000)

naugigkeit bedacht, jedoch nicht um eine individuelle Kalibrierung herum.

Portable Audiointerfaces für Messzwecke

Zur Inbetriebnahme des Messsystems fehlt, neben dem Mikrofon, jetzt nur noch ein passendes Audiointerface. Der Markt bietet auch hier einfache Geräte, die im Preisbereich von 150 bis 200 Euro neben den obligatorischen Line-Eingängen auch Mikrofonvorverstärker mit zuschaltbarer Phantomspeisung (Vorraussetzung für den Betrieb der günstigen Elektret-Messmikrofone) bieten. Für welches Modell man sich entscheidet, spielt für das letztendliche Messergebnis tat-

sächlich eine geringere Rolle, als man zunächst vermuten würde. Nachdem in der Vergangenheit in tools 4 music schon einige Audiointerfaces gemessen wurden, muss festgestellt werden, dass so gut wie alle überprüften Modelle sowohl sehr lineare Frequenzgänge zeigten, als auch ausreichend rauscharme Mikrofonvorverstärker mitbrachten. Generell abzuraten ist lediglich von der Verwendung von laptopinternen „Soundchips“, welche recht häufig mit stark verbogenen Frequenzgängen negativ auffielen.

Viel mehr spielt bei der Entscheidung für ein konkretes Interface eine Rolle, ob dieses die gewünschte Menge von Mikrofoneingängen bietet, eine ausreichende mechanische Stabilität hat und auch, ob die dazugehörige Software den individuellen Ansprüchen genügt. Wie im ersten Teil dieser Artikelserie bereits erwähnt, muss auch hier noch einmal nachdrücklich darauf hingewiesen werden, dass bei der Konfiguration eines Soundkarten-Messsystems immer die Gefahr besteht, mit einem exotischen Interface (dessen Treiber mit der heißen Nadel gestrickt wurden) schnell eine Bauchlandung hinzulegen. Daher sollte man lieber nicht am falschen Ende sparen und auf jeden Fall in ein Markengerät mit aktueller Treiberunterstützung investieren. Im Kreise der tools 4 music-Autoren sind, gerade für Messzwecke, die Modelle der „Fireface“-Serie von RME anzutreffen. Auch wenn es sich dabei schon um die preislich gehobene Liga handelt, dürften diese Geräte im besten Sinne als „preiswert“ gelten. Explizit für Messzwecke gedachte Interfaces sind, soweit dem Autor bekannt, am Endkundenmarkt nicht zu erschwinglichen Preisen erhältlich. Vermutlich existiert hierfür am Markt keine ausreichende Nachfrage, und wenn, dann würden diese Geräte (neben einer eventuell gesteigerten mechanischen Qualität) intern wohl nur unwesentlich anders aussehen als die heute schon gängigen Interfaces, die sich primär an Musiker oder Aufnahme-techniker richten.

Abb. 10 zeigt ein simples, aber durchaus empfehlenswertes Messsystem aus dem Privatbestand des Autors, bestehend aus Laptop, Audiointerface von Edirol (UA-25) sowie günstigem Messmikrofon von Behringer (ECM-8000). Da das Interface einen integrierten Mikrofonvorverstärker mit zuschaltbarer Phantomspeisung für das Messmikrofon hat und darüber hinaus auch über den USB-Port mit Strom versorgt wird, funktioniert dieses einfache Messsystem sogar ohne Einschränkungen im Akkubetrieb. Das stabile Alu-Gehäuse des Edirol UA-25 sorgt auch dafür, dass es zusammen mit dem übrigen Equipment und ohne besondere Vorichtsmaßnahmen transportiert werden kann.

Prinzipiell spricht auch nichts gegen die Verwendung einer PCI-Soundkarte, sofern man nur eine stationäre Anwendung (beispielsweise für Entwicklungszwecke im Labor) plant, wobei jedoch auch hier die Verwendung eines externen USB- oder Firewire-Interfaces sinnvoll sein kann, um Problemen wie der ungewollten Aufnahme von Vibrations- oder Störgeräuschen durch räumliche Nähe zu anderer Hardware (Lüfter, Festplatten, CD-Laufwerke ...) von vornherein aus dem Weg zu gehen.

Finale

Im zweiten Teil der Serie „Elektroakustische Messtechnik für Einsteiger“ wurde knapp auf die vorherrschenden Typen professioneller bzw. semiprofessioneller Messmikrofone und deren wesentliche Unterscheidungsmerkmale eingegangen. Hervorgehoben und anhand umfangreicher Messungen untermauert ging es um die serienstreuungsbedingte Notwendigkeit der Kalibrierung günstiger Elektret-Messmikrofone. Im Anschluss daran wurde die Auswahl eines passenden Interfaces für Messzwecke besprochen.

Im nächsten Teil dieser Artikelserie soll sich dann alles um die aktuell am Markt befindliche Software zur Durchführung, Auswertung und Präsentation der Messungen drehen. ■