



**Abb. 1:** Messmikrofone verschiedener Preisklassen mit unterschiedlichen Einsatzgebieten (von links nach rechts): Microtech Gefell MK-102 (1-Zoll-Kapsel für niedrige Pegel), MK-201 (1/2-Zoll-Kapsel als solider Allrounder), Behringer ECM-8000 und Haun MBNM 550el (jeweils 1/4-Elektretkapsel, daher mit Phantomspeisung zu betreiben) und Microtech Gefell MK-301 (1/4-Zoll-Kapsel für hohe Pegel)

# NATÜRLICHE GRENZEN

## Mikrofone für Maximalpegelmessungen

Von Fabian Reimann

Häufig werde ich mit der Frage konfrontiert, ob ich ein „gutes Messmikrofon“ empfehlen könne – ein „nicht ganz so teures“. Die Antwort darauf fällt schwer beziehungsweise wird von einem für den Fragenden enttäuschenden „Kommt drauf an!“ begleitet. Während man mit einfachen und preisgünstigen Messmikrofonen wie dem Behringer ECM-8000 für viele Durchschnittsaufgaben, wie zum Beispiel dem Messen von Frequenz- und Phasenverläufen bei Beschallungsanlagen, gut klarkommt, wird es umso schwieriger, je weiter der Anwender sich an „Randbereiche“ heranwagt – dazu gehört auch das Messen besonders hoher Schalldruckpegel.

Günstige Messmikrofone, die praktisch ausnahmslos mit einer Elektretkapsel mit „eingefrorener“ elektrischer Ladung ausgestattet werden, gibt es deutlich unter 100 Euro zu kaufen. Meist werden sie für einfache Messaufgaben, wie der Ermittlung von Nachhallzeiten oder beim Einmessen einer Beschallungsanlage, eingesetzt – hier sind vor allem ein glatter Frequenzgang und ein möglichst kugelförmiges Richtverhalten gefragt.

Letzteres Kriterium wird in der Regel sehr gut erfüllt, da die kleinen 1/4-Zoll-

Membranen erst zu hohen Frequenzen (oberhalb von 10 kHz) hin von ihrer kugelförmigen Richtcharakteristik abweichen. Glatte Frequenzgänge besitzen günstige Messmikrofone nicht automatisch in identischer Güte. Nicht zu unterschätzen ist dabei die Serienstreuung, die eine individuelle Kalibrierung nötig macht (vgl. Artikel „Messtechnik für Einsteiger, Teil 2“ in *tools 4 music*, Ausgabe 3/2010).

Sollen besonders leise oder besonders laute Signale gemessen werden, trennt sich die Spreu schnell vom

Weizen. Seit der Einführung der DIN 15905-5 („Maßnahmen zum Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik“) wird vor allem der letzte Punkt interessant für viele Tontechniker. Hier ist es unter anderem die Aufgabe, den Spitzenschalldruckpegel am maßgeblichen (dem Publikum zugänglichen) Immissionsort auf 135 dB L(C) Peak zu begrenzen. Da die Norm die Aufstellung des Mikrofons auch an einem Ersatzimmissionsort (mit einer nachträgli-

## LITERATUR UND WEITERFÜHRENDES

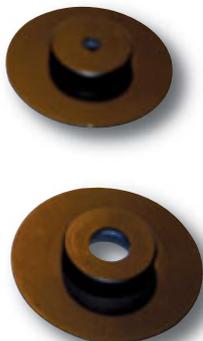
chen Korrektur des gemessenen Pegels) gestattet, müssen Messmikrofone für diese Anwendung in der Lage sein, noch deutlich höhere Schalldruckpegel als 135 dB zu verarbeiten – denn in aller Regel wird der Messort in Nähe der Lautsprecher gelegt, um Messfehler durch Publikums- oder Umgebungsgeräusche gering zu halten. Stellt sich die Frage: Können günstige Messmikrofone in diesem Umfeld eingesetzt werden und dabei zu verlässlichen Ergebnissen führen?

Um sich dieser Frage zu nähern, gilt es vorab zu klären, wie die Messungen der nichtlinearen Verzerrungen („Klirr“) in der Praxis durchgeführt werden. In aller Regel sind bei Kondensatormikrofonen nicht die Kapseln selbst, sondern meist nur die (recht überschaubare) Vorverstärker- bzw. Impedanzwandlerelektronik als limitierender Faktor relevant. Messungen erfolgen dann der Einfachheit halber mit einem Ersatzkondensator, dessen Kapazität der real zum Einsatz kommenden Kapsel entspricht, sodass nur die Verzerrungsgrenzwerte der im Mikrofon verbauten Elektronik gemessen werden – eben dieser Wert landet dann später im Datenblatt des Produkts. Eventuelle Verzerrungen, die aus einer nicht-kolbenförmigen Bewegung der Membran resultieren, bleiben außen vor.

Andere Messmöglichkeiten, die wir aus Platzgründen lediglich erwähnen und nicht weiter beschreiben, sind der Einsatz der Differenztonmethode bzw. des Oberst-Rohres (siehe Literatur, Kasten 1).



**Abb. 2:** Druckkammer in der Rückansicht; rechts daneben zwei Adapter-scheiben aus dem Zubehör eines Pistonfons (mechanischer Schallpegelkalibrator)



**Abb. 3:** Druckkammer von vorne – dank austauschbarer Adapter können Mikrofone mit unterschiedlichen Durchmessern unter denselben Bedingungen gemessen werden



ARTA Application Note #5:

„Die ARTA-Mikrofonkalibrierkammer fürs untere Ende“

[http://artalabs.hr/AppNotes/AP5\\_MikroMessKammer-Rev03Ger.pdf](http://artalabs.hr/AppNotes/AP5_MikroMessKammer-Rev03Ger.pdf)

Stephan Peus:

„Measurements on studio microphones“

[www.neumann.com/download.php?download=lect0020.PDF](http://www.neumann.com/download.php?download=lect0020.PDF)

Martin Schneider:

„Eigenrauschen und Dynamikumfang von Mikrofonen und Aufnahmekette“

[www.neumann.com/download.php?download=lect0021.PDF](http://www.neumann.com/download.php?download=lect0021.PDF)

Holger Pastillé:

„Über die Nichtlinearitäten am Kondensatormikrofon unter besonderer Berücksichtigung der Membran“

[http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/files/310/pastille\\_holger.pdf](http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/files/310/pastille_holger.pdf)

Sven Müller: „Messmikrofone – warum auch sie klirren“, in:

Production Partner Ausgabe 12-2009

Brüel & Kjær: „Microphone Handbook – Volume 1: Theory“

[www.bruelkjaer.de/Library/Primers.aspx](http://www.bruelkjaer.de/Library/Primers.aspx)

DIN EN 61094-4:1995: „Messmikrofone – Teil 4:

Anforderungen an Gebrauchs-Normalmikrofone“, Beuth Verlag

DIN EN 15905-5:2007: „Maßnahmen zum Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik“, Beuth Verlag

Im Rahmen dieses Artikels haben wir uns für den Einsatz einer Druckkammer entschieden (Abb. 2). In dieser lassen sich, in Abhängigkeit von ihrer Größe (und in der Praxis somit vor allem bei tiefen Frequenzen), bei Zuführung sehr geringer elektrischer Leistungen an den Lautsprecher, der in die geschlossene Kammer strahlt, enorm hohe Schalldruckpegel erzeugen. Glücklicherweise sind Messmikrofone bezüglich ihrer Außendurchmesser standardisiert, sodass mit entsprechenden Adapterscheiben von Schallpegelkalibratoren ein luftdichter Anschluss an die Druckkammer

möglich wird (Abb. 3). Zwar lassen sich mit der Druckkammer bequem verschiedene Typen von Messmikrofonen unter den gleichen Bedingungen messen, jedoch bleibt ein Kriterium zumeist unberücksichtigt – die Verzerrungen des die Kammer antreibenden kleinen Lautsprechers sind nicht getrennt zu erfassen und daher stets in den Messungen enthalten. Da sich jedoch schon mit zwei bis drei Watt zugeführter Leistung Schalldruckpegel um die 150 dB er-

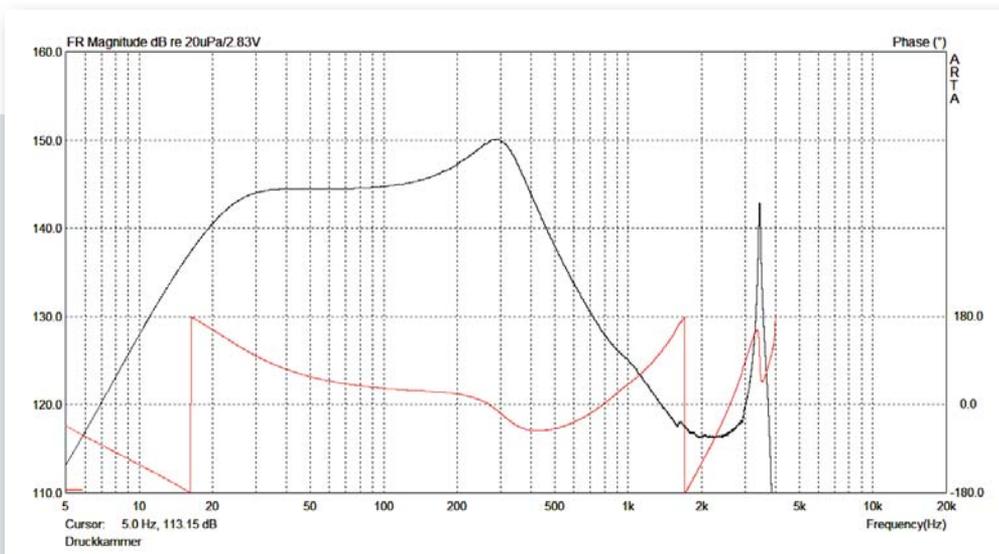


Abb. 4: Frequenz- und Phasenverlauf in der Druckkammer mit Maximum bei etwa 300 Hz – bereits mit geringen Eingangsspannungen können in der Kammer hohe Pegel erzeugt werden

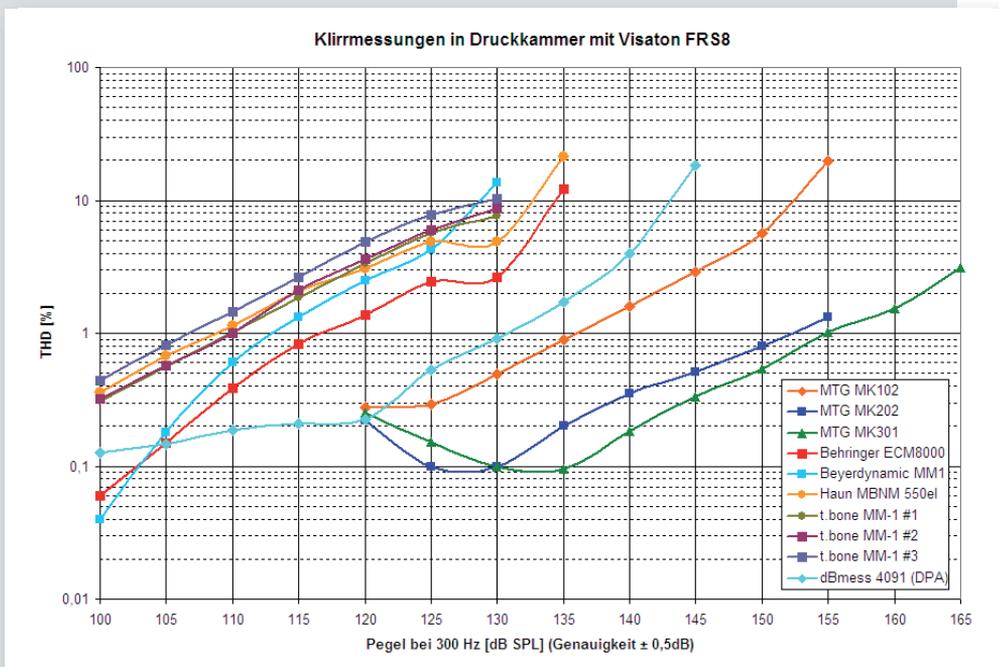


Abb. 5: Klirrmessungen in der Druckkammer mit einer Vielzahl unterschiedlicher Messmikrofone

zeugen lassen (Abb. 4), hält sich dieser Fehler glücklicherweise in Grenzen und stellt, zumindest bei Betrachtung „preisgünstiger“ Mikrofone, kein Problem dar.

### Messungen im Vergleich

Bei Betrachtung der Messungen (Abb. 5) fällt zunächst eine gewisse „Häufung“ im linken Teil der Grafik auf. Hier laufen mehrere Kurven sehr eng nebeneinander – neben drei Exemplaren des t.bone MM-1 werden ein Behringer ECM-8000, ein Haun

MBNM-550el sowie ein beyerdynamic MM-1 gezeigt. Während für die Mikros von t.bone sowie Haun ein maximaler Schalldruckpegel von etwa 110 dB (1 % THD) bzw. 120 dB (3 % THD) zu notieren ist, erreicht das Modell von beyerdynamic mit ca. 113 dB (1 % THD) und 122 dB (3 % THD) etwas höhere Werte. Interessanterweise hat das Behringer ECM-8000 aus dem Privatbesitz des Autors mit etwa 117 dB (1 % THD) und 131 dB (3 % THD) leicht die Nase vorn. Wie die übrigen Messungen artverwand-

ter, also mit Elektretkapsel und einfach gehaltener Vorverstärkerelektronik ausgestatteter, Mikrofone zeigt, kann in dieser Preisklasse die Seriengleichung eine Rolle spielen – ein zweites Exemplar könnte abweichende Ergebnisse erzielen.

Am anderen Ende des Spektrums sieht man die Messmikrofone von Microtech Gefell, die durchweg höhere Werte erreichen. Die enorm pegelfeste ¼-Zoll-Kapsel MK-301 kann sogar Pegel bis 165 dB SPL (3 % THD) verarbeiten und trieb unseren Messaufbau mit der Druckkammer an seine Grenzen.

Interessant ist das „dBmess 4091“ (eine Spezialversion des dpa 4091) in diesem Vergleichsfeld. Wie für die „günstigen“ Mikrofone wird die Spannungsversorgung über die 48-Volt-Phantomspannung geregelt, es ist also keine externe Polarisationsspannung mit separatem Netzteil erforderlich. Das „dBmess 4091“ erreicht in unserer Druckkammer 131 dB (1 % THD) und 141 dB (3 % THD) und rückt somit schon deutlich näher an die Grenzwerte heran, deren sichere Messung in der Praxis (DIN 15905-5) benötigt wird.

### Finale

Wie unsere Vergleichsmessungen gezeigt haben, ist es mit den einschlägigen günstigen Messmikrofonen nicht möglich, die für die Praxis geforderten „hohen“ Pegel von 130 dB (SPL) und mehr zuverlässig zu messen. Vielmehr werden, wie der Titel dieses Artikels schon vorwegnahm, „natürliche Grenzen“ erreicht.

In einem kommenden Artikel werden wir die Kategorie der mittelpreisigen Mikrofone genauer betrachten, die (wie das „dBmess 4091“) einen Bereich besetzen, der zwischen den Modellen in der preisgünstigen Einstiegsklasse mit Elektretkapseln und den Profimodellen mit externer Polarisationsspannung liegt. Hier muss etwas tiefer „in die Tasche“ gegriffen werden als beispielsweise für ein Behringer ECM-8000, aber eben nicht ganz so tief, wie es Produkte von B&K oder MTG erfordern würden.

### Noch Fragen?

redaktion@tools4music.de