

Abb. 1: Messaufbau im reflexionsarmen Raum der TU Berlin – Lautsprecher als Signalquelle, Referenzmikrofon Microtech Gefell MV-203/ MK-201 und Drehteller Outline ST-2 mit speziellem Aufsatz für (Winkel-)Messungen

Mikrofone und Mikrofonmessungen

Die wichtigsten Parameter

Von Fabian Reimann

Im ersten Teil unserer Serie „Auf Her(t)z und Nieren“ gehen wir vor allem aus messtechnischer Perspektive auf die zum Test gelieferten Mikrofone ein. Was aber sagen die Darstellungen und Werte über die Eigenschaften der Mikrofone aus? Wie kommen sie zustande und inwiefern sind sie untereinander vergleichbar? Diese und einige darüber hinausgehende Fragen sollen im Folgenden beantwortet werden.

Die Messungen an den Mikrofonen wurden im reflexionsarmen Vollraum der TU Berlin durchgeführt. Den Messaufbau zeigt Abb. 1. Der Raum, der an allen Seiten mit Keilen aus schallabsorbierendem Material belegt ist, ermöglicht reflexionsfreie Messungen bis 63 Hz. Im Gegensatz zu „normalen“ Räumen, deren Wände den Schall

mehr oder weniger stark reflektieren, gibt es in diesem Raum kaum derartige Störungen. Für die Messungen an den Mikrofonen bedeutet das, dass ihr Verhalten daher möglichst isoliert (und ohne Einfluss der Messumgebung) betrachtet werden kann. Um die Vergleichbarkeit aller Messungen untereinander zu gewährleisten, bleiben die Mess-

bedingungen natürlich stets unverändert, während lediglich die Mikrofone getauscht werden.

Durchführung der Messungen

Für die Ermittlung des Frequenzgangs ist zunächst eine sogenannte Referenzmessung nötig. Dafür wird ein speziell für diesen Einsatzzweck konzipierter 3-Wege-Lautsprecher

mit einem Referenzmikrofon gemessen. Als Referenzmikrofon kommt ein hochwertiges Messmikrofon (Microtech Gefell MV-203 mit MK-201 bzw. MK-301) zum Einsatz. Nachdem die Referenzmessung durchgeführt wurde, wird das zu messende Mikrofon in den Messaufbau eingesetzt und ebenfalls gemessen. Dabei ist es wichtig, dass sich das zu messende Mikrofon an derselben räumlichen Position befindet wie das Referenzmikrofon. Mittels eines Laser-Abstandsmessers sowie eines Kreuzlinien-Lasers kann die Position mit hoher Genauigkeit kontrolliert werden. Zusätzlich wird der Abstand des Mikrofons zum Lautsprecher über die vom Messsystem ermittelte Schalllaufzeit bestimmt. Die Kurve des zu messenden Mikrofons wird abschließend von der Referenzkurve subtrahiert. Die resultierende Frequenzgangkurve des zu messenden Mikrofons ist also das Ergebnis einer einfachen Differenzbildung. Die Frequenzgangdarstellungen in den Abbildungen beziehen sich zudem auf zwei verschiedene Messabstände – 1 Meter (rote Kurve) und 10 Zentimeter (blaue Kurve). Letztere zeigt den Nahbesprechungseffekt bei Druckgradientenempfängern (also Mikrofonen mit spezieller Richtcharakteristik, wie beispielsweise

„Niere“), für den manche Mikrofone speziell optimiert sind. Der Nahbesprechungseffekt sorgt für einen ansteigenden Frequenzgang zu tiefen Frequenzen hin, der umso stärker wird, je näher die Schallquelle an das Mikrofon heranrückt. Reine Druckempfänger (Richtcharakteristik „Kugel“) weisen hingegen keinen Nahbesprechungseffekt auf.

Zu betonen ist, dass es sich bei den hier abgebildeten Kurven um unbearbeitete Messungen eines einzelnen Mikrofons handelt. Das ist in den meisten Mikrofondatenblättern nicht der Fall. Dort werden häufig nur „typische“ Kurven angegeben, die zum Beispiel durch Mittelung und anschließende Glättung einer Vielzahl von Messungen einzelner Mikrofone zustande kommen. Oft wird der Abstand, in dem die Messungen aufgezeichnet wurden, nicht spezifiziert.

Neben den Frequenzgängen wird bei den tools-Messungen auch das Richtverhalten der Mikrofone dargestellt. Mithilfe eines ferngesteuerten Drehtellers kann das Mikrofon in definierten Winkelschritten um die eigene Achse rotieren (Abb. 2). Für jede Position wird eine Messung aufgezeichnet

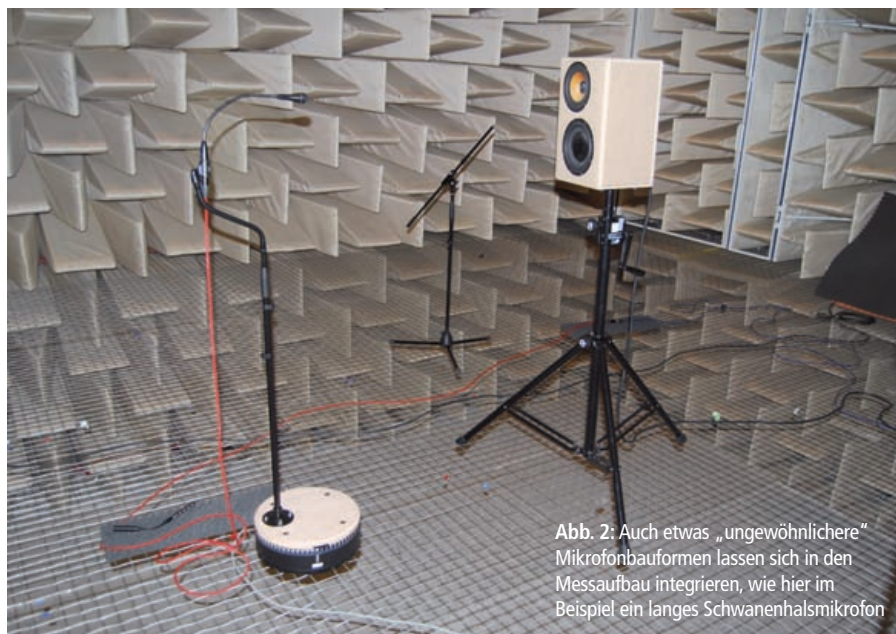


Abb. 2: Auch etwas „ungewöhnlichere“ Mikrofonbauformen lassen sich in den Messaufbau integrieren, wie hier im Beispiel ein langes Schwanenhalsmikrofon

Anzeige

RAM Audio

High End Verstärkertechnologie Made in Europe

RX-Series

Ultra-Compact-Universal

NEW!



2 Kanäle, Trafoendstufen

bis 2 x 1450 W/4 Ω • Tiefe 21,5 cm • Gewicht 10...13,5 kg

S-Series

High Power 2/4 Channel



2 und 4 Kanäle: Schaltnetzteil-Endstufen

2-Kanal bis 2 x 2025 W/4 Ω • 4-Kanal-Modelle

bis 4 x 1480 W/4 Ω • Gewicht 8...8,6 kg

DSP-Optionen IP-Fernsteuermodule

T-Series

Multi-Channel Installation Amplifiers



4 und 8 Kanäle für Installationen bis 8 x 300 W •

GPIO-Modul für Ferneinschaltung und Störmeldung •

2 HE • Gewicht 5,4...6,2 kg • Tiefe 21 cm

BUX II-Series

Heavy Duty Amplifiers



2-Kanal Trafoendstufen für Leistungen bis

2 x 2550 W/4 Ω • 2/3 HE • Gewicht 20...39 kg

DQX-Series

High End Light Weight Amplifiers



2-Kanal-Schaltnetzteilendstufen

Leistung bis 2 x 2300 W/4 Ω • 2 HE • Gewicht 13...14 kg

IP-Fernsteuer-/Monitor-Option

RAM Audio: Das komplette Verstärkerprogramm
basierend auf führendem Sound Engineering, made in Valencia,
Spain. Alle Verstärker kommen mit 6 Jahren Vollgarantie.

Ausführliche Infos von:

axxent e.K. Zum Wartturm 15 • 63571 Gelnhausen

Fon: (06051) 9140-0 • Fax: (06051) 9140-59

mail@proaudio-technik.de • www.proaudio-technik.de

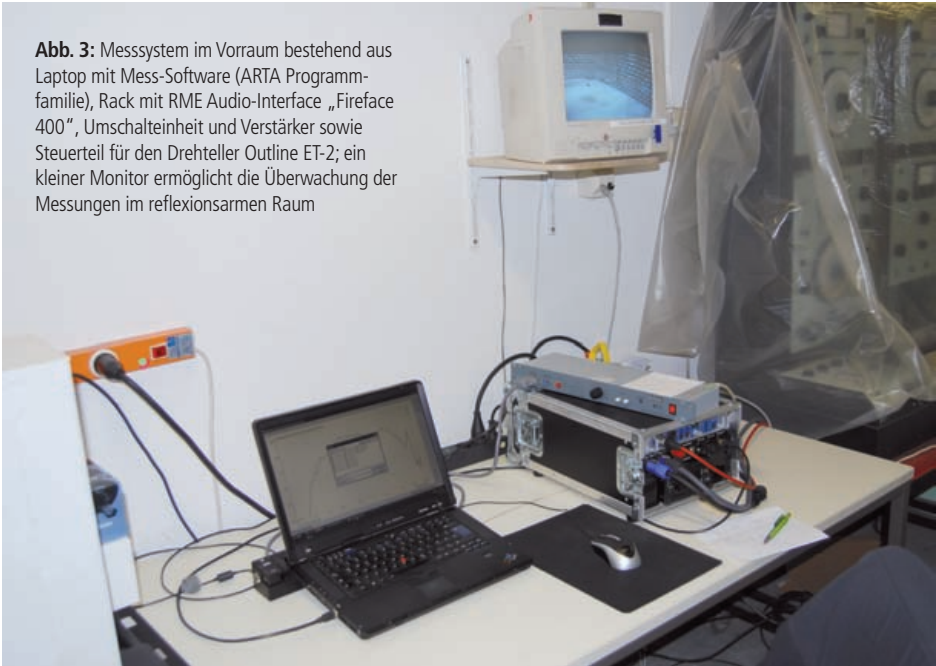


Abb. 3: Messsystem im Vorraum bestehend aus Laptop mit Mess-Software (ARTA Programmfamilie), Rack mit RME Audio-Interface „Fireface 400“, Umschaltseinheit und Verstärker sowie Steuerteil für den Drehteller Outline ET-2; ein kleiner Monitor ermöglicht die Überwachung der Messungen im reflexionsarmen Raum

und anschließend für einen Vollkreis (360 Grad) ausgewertet. Natürlich findet die gesamte Steuerung der Abläufe im Vorraum statt, um keine zusätzlich reflektierenden Gegenstände in den Messraum zu bringen, welche die Ergebnisse unter Umständen verfälschen könnten (Abb. 3).

Messungen im Detail

Die in den Datenblättern genannten Einzahlwerte sollen hier knapp erläutert werden.

1. Anschluss/Versorgung

Neben der Nennung des benötigten Kabelsteckers (meist XLR 3-polig oder herstellerspezifische Sonderformate) wird hier angegeben, ob der Mikrofoneingang eines Mischpults oder Interface eine Versorgungsspannung bereitstellen muss, um das Mikrofon daran betreiben zu können. Kondensatormikrofone ohne eigenes Netzteil benötigen meist die sogenannte Phantomspannung, kurz P48. Letztere soll definitionsgemäß 48 Volt am Mi-

krofoneingang zur Verfügung stellen, viele Mikrofone begnügen sich jedoch auch mit deutlich weniger (12 bis 24 Volt). Dynamische Mikrofone benötigen keine externe Spannungsversorgung, daher bleibt die Spalte bei diesen Typen leer.

2. Wandlerprinzip

Das Wandlerprinzip eines Mikrofons beschreibt, wie das Mikrofon den eintreffenden Schall in ein elektrisches Signal umwandelt. Es gibt eine Vielzahl von Mikrofontypen, im Musikerbereich unterscheidet man jedoch meist zwischen dynamischen Mikrofonen und Kondensatormikrofonen. Häufig werden diesen Kategorien, grob vereinfachend, bestimmte Klangeigenschaften und Verwendungszwecke zugeordnet. Dynamische Mikrofone sind demnach mechanisch robust und verkraften auch hohe Schalldruckpegel ohne stark hörbare Verzerrungen, geben jedoch aufgrund ihrer relativ hohen Membranmasse die höchsten Frequenzen nicht mehr so gut wieder wie Kondensatormikrofone. Letztere haben im Gegensatz dazu meist deutlich leichtere Membranen, was ihnen Vorteile bei der Aufzeichnung hoher Frequenzen verschafft. Jedoch sind sie mit hohen Schalldruckpegeln schnell überfordert und manche Modelle empfindlicher gegenüber Stürzen oder Feuchtigkeit als dynamische Mikrofone.

Messungen

Vergleichsübersicht typischer Mikrofone mit unterschiedlichem Wandlerprinzip sowie umschaltbarer Richtcharakteristik

Hersteller	t.bone	t.bone	t.bone	t.bone	t.bone
Modell	CD-65	MM-1	SCT-2000 (Kugel)	SCT-2000 (Niere)	SCT-2000 (Acht)
Anschluss/Versorgung	XLR	XLR/P48	XLR 7-pol/ externes Netzteil	XLR 7-pol/ externes Netzteil	XLR 7-pol/ externes Netzteil
Wandlerprinzip	dynamisch	Kondensator	Kondensator	Kondensator	Kondensator
Richtcharakteristik	Superniere	Kugel	Kugel	Niere	Acht
Feldübertragungsfaktor [mV/ Pa]	1,7	19,6	22,6	24,0	25,6
Feldübertragungsfaktor [dB re 1V/ Pa]	-55,2	-34,2	-32,9	-32,4	-31,8
Ersatzgeräuschpegel [dB(A)]	17,2	19,1	12,8	12,0	11,3
Geräuschspannungsabstand [dB(A)]	76,8	74,9	81,2	82,0	82,7
Grenzschalldruck [dB SPL @ 1% THD]	142	110	123	123	125
elektrische Impedanz [Ohm @ 1 kHz]	300	240	75	75	75
Stromaufnahme [mA]	/	2,4	/	/	/

Zu betonen ist, dass es sich bei diesen Schilderungen um Vereinfachungen handelt, die im Einzelfall nicht zutreffen müssen. Schlussendlich kommt es immer auf die konkrete Konstruktion und Qualität der Umsetzung an. So ließen sich, um nur ein Beispiel zu nennen, mit Leichtigkeit Kondensatormikrofone mit relativ „schlechter“ Hochtonwiedergabe finden. Es ist daher besser, sich die Messungen der infrage kommenden Mikrofone in Ruhe und genau anzusehen, als sich auf derartige Faustregeln zu verlassen.

3. Richtcharakteristik

Die Frequenzgangmessung eines Mikrofons zeigt dessen Reaktion auf den senkrecht auf die Membran einfallenden Schall. Die Darstellung gilt daher für genau eine Richtung. Die Richtcharakteristik eines Mikrofons hingegen gibt an, wie es Schall, der aus unterschiedlichen Richtungen auf die Membran trifft, aufnimmt und in ein elektrisches Signal wandelt. Um sich einen ersten Überblick zu verschaffen und die Handhabung zu vereinfachen, werden Mikrofone meist festgelegten Kategorien zugeordnet. Die häufigsten Typen im Musikerbereich sind Kugel, Niere und Acht. Während Kugelmikrofone den Schall aus allen Richtungen gleichmäßig aufnehmen, schwächen Mikrofone mit Nierencharakteristik den von hinten eintreffenden Schall gegenüber der Vorderseite ab. Es gibt mehrere Sonderformen dieser Konstruktionsart wie die Super- und die Hypernieren, die jeweils ein etwas anderes Dämpfungsverhalten an den Tag legen. Während „normale“ Nieren die maximale Abschwächung auf der 180-Grad-Achse aufweisen, wird sie bei Supernieren bei 125 Grad und bei Hypernieren bei 109,5 Grad angenommen.

Ein Mikrofon mit der Richtcharakteristik Acht nimmt den Schall auf der Vorder- und Rückseite mit demselben Frequenzgang auf, schwächt eintreffende Signale auf der 90- und der 270-Grad-Achse (also links und rechts) jedoch maximal ab. Von oben betrachtet ergibt sich so das Bild einer „8“, wenn man die Messungen

in Form eines Polardiagramms darstellt. Am Ende dieses Textes gibt es eine Gegenüberstellung von Frequenzgängen bei unterschiedlichen Schalleinfallrichtungen mit dem bekannten Polardiagramm sowie dem etwas moderneren Isobarendiagramm.

Zu beachten ist, dass es sich bei den genannten Kategorien zur Richtcharakteristik stets um Idealtypen handelt. Ein handelsübliches Mikrofon hält die daran geknüpften Bedingungen meist nicht über den kompletten Frequenzbereich perfekt ein. Daher gilt auch hier – lieber die Messungen in Ruhe betrachten und die Richtcharakteristik passend zur geplanten Anwendung auswählen.

4. Feldübertragungsfaktor

Der Feldübertragungsfaktor (in mV/Pa und dB re 1V/Pa) gibt an, welche elektrische Spannung das Mikrofon an seinen Anschlüssen abgibt, wenn es einem bestimmten Schalldruckpegel ausgesetzt wird. Dieser Schalldruckpegel beträgt 94 dB SPL (entspricht 1 Pa Schalldruck). Der Messabstand beträgt 1 m. Es existieren hierfür mehrere Konventionen – während die meisten europäischen Hersteller die An-

gabe in Millivolt/Pascal (mV/Pa) bevorzugen, finden sich in nicht europäischen Datenblättern häufig die logarithmierten Werte mit Bezug auf 1 Volt/Pascal (dB re 1V/Pa).

Dynamische Mikrofone haben meist einen geringen Feldübertragungsfaktor, der im Bereich von 0,5 bis 3 mV/Pa liegt. Kondensatormikrofone erzielen hier in der Regel deutlich höhere Werte, die im Bereich von 5 bis 50 mV/Pa liegen können. Besonders geringe Werte liefern die meisten Bändchenmikrofone. Hier wird häufig nicht mehr als 1 mV/Pa erreicht. Ein höherer Wert beim Feldübertragungsfaktor ist immer dann von Vorteil, wenn besonderes Augenmerk auf die Rauschcharakter einer Aufnahme gelegt werden soll – denn wenn das Signal erst durch ein relativ unempfindliches Mikrofon aufgenommen wird, muss es später entsprechend nachverstärkt werden.

Beide Angaben zum Feldübertragungsfaktor sind, egal ob nun die europäische Konvention bevorzugt wird oder nicht, aufgrund der identischen Vorgehensweise bei der Messung direkt ineinander umrechenbar und ergeben folglich auch dieselbe Aussage – der besseren Vergleichbarkeit zu internationalen

LINKS UND LITERATUR

Interessierte Leser können sich auf den folgenden Websites oder Büchern weitergehend zum Thema Mikrofone und Aufnahmetechnik informieren:

- **Andreas Ederhof:** „Das Mikrofonbuch“, 408 Seiten, DIN A5, ISBN 3-910098-35-5, ISBN 978-3-910098-35-0, www.gccarstensen.de
- **John Eargle:** „The Microphone Book“, 2nd Edition, Focal Press 2004
- **Martin Schneider:** „Mikrofone“ (S. 313 – 420), in: Stefan Weinzierl (Hrsg.): „Handbuch der Audiotechnik“, Springer-Verlag 2008
- **Mikrofonaufsätze von Jörg Wuttke (Schoeps):**
http://www.ingwu.de/index.php?option=com_content&view=category&id=34&Itemid=53&lang=de
- **Vorlesungsunterlagen zu Mikrofonen von Eberhard Sengpiel:**
<http://sengpielaudio.com/Unterlagen03.htm>
- **Website für den direkten Vergleich unterschiedlichster Mikrofone von verschiedenen Herstellern** (anmeldepflichtig, aber seriös):
<http://www.microphone-data.com>

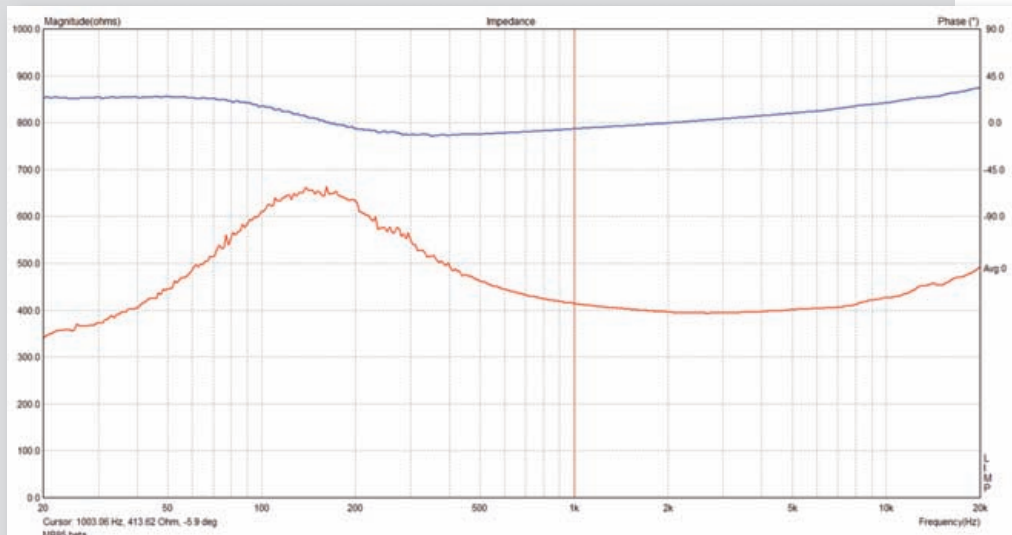


Abb 4: Messung der elektrischen Impedanz (rot) und Phase (blau) an einem dynamischen Mikrofon; obwohl meist nur der Wert bei 1 kHz angegeben wird, schwankt der Kurvenverlauf (ähnlich wie bei Messungen an Lautsprechern) über der Frequenz

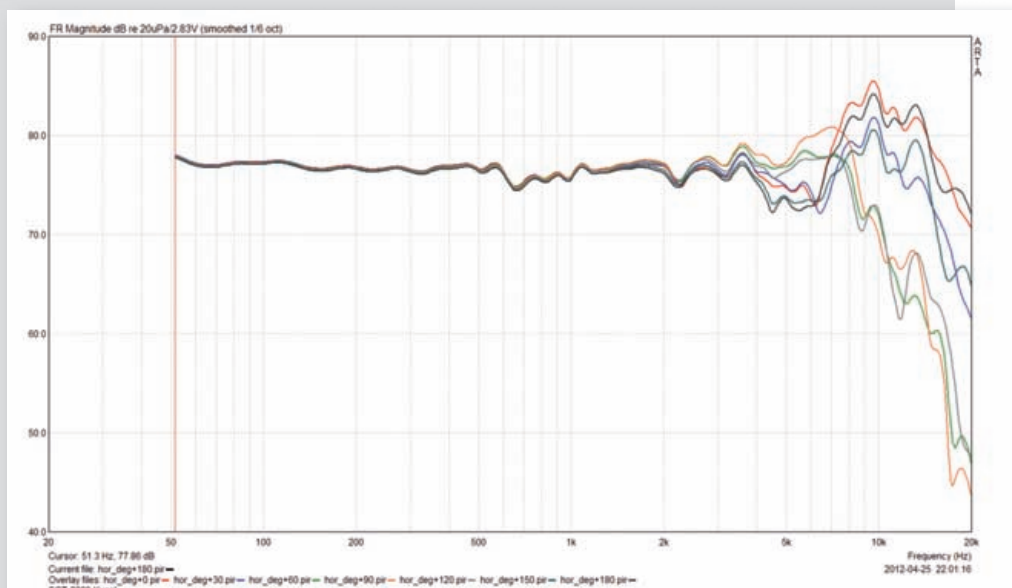


Abb 5: Frequenzgänge des t.bone SCT-2000 (Schalterstellung Kugel) in 30-Grad-Schritten von 0 bis 180 Grad

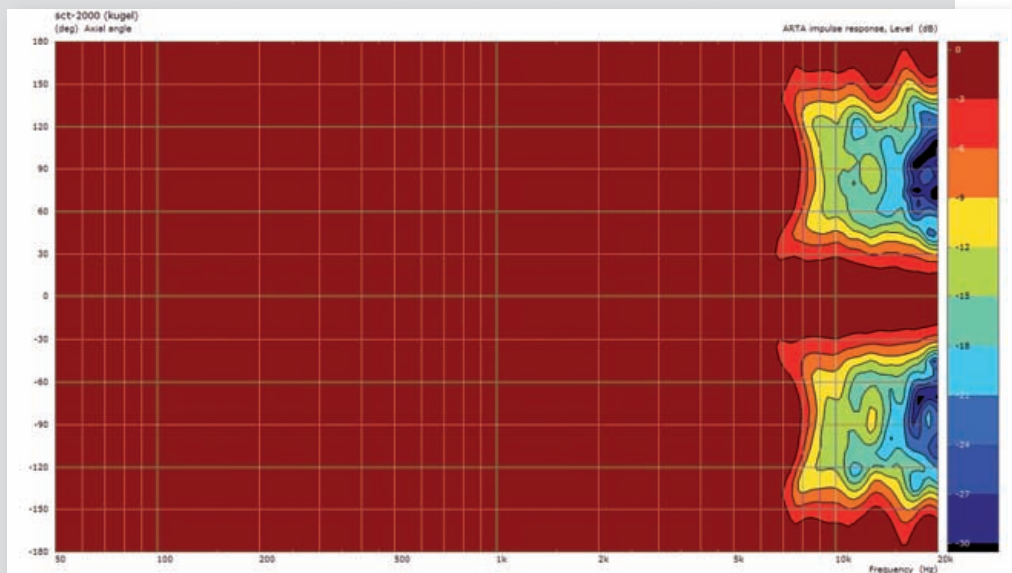


Abb 6: Richtverhalten des t.bone SCT-2000 (Schalterstellung Kugel) als Isobarendiagramm von 50 Hz bis 20 kHz

Datenblättern werden beide Werte angegeben.

5. Ersatzgeräuschpegel

Um den Ersatzgeräuschpegel (dB (A)) zu bestimmen, wird das Mikrofon in einer völlig stillen Umgebung (idealerweise in einem dickwandigen, speziellen Messrohr oder im reflexionsarmen Raum bei Nacht) gemessen. Die dabei ermittelte Spannung an den Klemmen des Mikrofons wird anschließend durch den Feldübertragungsfaktor des Mikrofons geteilt und mit einer Verhältniszahl in Dezibel angegeben. Zudem werden die Messergebnisse mit einer A-Gewichtung versehen, wobei es sich (vereinfachend beschrieben) um ein Filter handelt, das hohe und tiefe Frequenzen beschneidet und sich auf den Bereich der größten Hörempfindlichkeit beschränkt.

Weil bei der Berechnung des Ersatzgeräuschpegels jeweils der Feldübertragungsfaktor des Mikrofons mit einbezogen wird, sind die Ergebnisse auch zwischen verschiedenen Mikrofonen vergleichbar. In der Praxis hat der Ersatzgeräuschpegel eine große Bedeutung, wenn es darum geht, möglichst rauscharme Aufnahmen zu erzielen und/oder Aufnahmen an sehr leisen Signalquellen zu machen, die andernfalls schon vom Rauschen verdeckt werden könnten.

Häufig haben Mikrofone mit großen Membranen in dieser Disziplin Vorteile gegenüber Mikrofonen mit kleinen Membranen, denn sie können rauschärmer konstruiert werden. Wie immer müssen derartige Faustregeln im Einzelfall aber nicht zutreffen, da sich die Eigenschaften eines Mikrofons nicht auf den Membrandurchmesser allein beschränken lassen. Sucht man also ein besonders rauscharmes Mikrofon, ist es hilfreich, die Messwerte im Detail zu vergleichen.

Um ein Beispiel zu nennen: Während einer Nachtschicht im reflexionsarmen Raum konnte ein Røde NT-2A (ein Großmembranmikrofon hoher Qualität) aus dem Privatbestand des Autors in der Schalterstel-

lung „Niere“ einen extrem guten Wert von lediglich 4 dB(A) beim Ersatzgeräuschpegel erzielen.

6. Geräuschspannungsabstand

Der Geräuschspannungsabstand (dB (A)) ist eine einfach zu berechnende Messgröße – hierbei wird der zuvor ermittelte Ersatzgeräuschpegel von der akustischen Bezugsgröße 94 dB SPL (entspricht 1 Pa) abgezogen. Da diese Bezugsgröße jedoch in den meisten Fällen nicht die Obergrenze des zur Verfügung stehenden Dynamikbereichs eines Mikrofons darstellt, ist beim Vergleich dieses Wertes zu anderen Geräten der Audiotechnik (Mischpulte, Verstärker) Vorsicht geboten.

7. Grenzschalldruckpegel

Der Grenzschalldruckpegel (dB SPL @ 1 % THD) gibt den Punkt an, ab welchem das Mikrofon selbst eigene, wesentliche Verzerrungen zur Aufnahme beisteuert und folglich seinen Dynamikspielraum nach oben hin ausgereizt hat. Eine Aufnahme, deren Pegel die Möglichkeiten des Mikrofons übersteigt, klingt unter Umständen stark verzerrt und ist unbrauchbar. Der Wert für den Grenzschalldruckpegel wird abermals in Dezibel und mit Bezug auf einen Anteil aller Verzerrungsprodukte (sogenannte Oberwellen) von 1 Prozent angegeben.

Je höher der Grenzschalldruckpegel des Mikrofons, umso höhere Schalldruckpegel dürften die damit zu verarbeitenden Signale in der Praxis aufweisen. Der gesamte, praktisch nutzbare Dynamikbereich eines Mikrofons wird durch die Differenz zwischen Ersatzgeräusch- und Grenzschalldruckpegel definiert.

Ein Beispiel aus der Tabelle – das Messmikrofon MM-1 liefert einen Ersatzgeräuschpegel von 19,1 dB sowie einen Grenzschalldruckpegel von 110 dB. Der Dynamikbereich beträgt folglich 90,9 dB.

8. Elektrische Impedanz

Die elektrische Impedanz (Ohm @ 1 kHz) beschreibt den Verlauf des elektrischen Widerstands (in Ohm) über der Frequenz. In der Praxis wird meist nur der Wert bei 1 kHz

genannt, so wie in der hier aufgeführten Tabelle. Tatsächlich aber handelt es sich dabei um einen Verlauf, der ähnlich wie der Frequenzgang als Kurve dargestellt werden kann (Abb. 4).

Die Werte können zwischen (sehr geringen) 30 bis (recht hohen) 1.000 Ohm liegen. Für die Praxis ist das von stark untergeordneter Bedeutung, solange die Eingangsimpedanz des Mikrofonanschlusses (beispiels-

Anzeige

Roland
Systems Group
Germany

Ihr starker Partner für
audiovisuelle Lösungen
und **Netzwerke.**

Intuitive Produkte & Lösungen | kompetente Beratung | erstklassiger Service

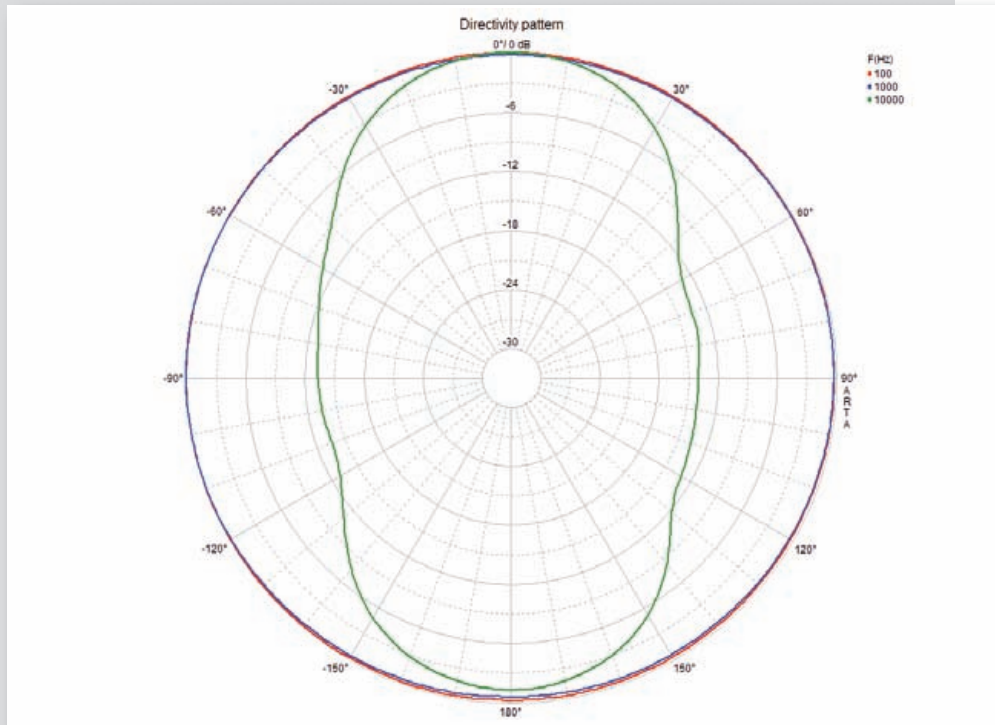


Abb 7: Richtverhalten des SCT-2000 (Schalterstellung Kugel) als Polardiagramm bei 100 Hz, 1 und 10 kHz

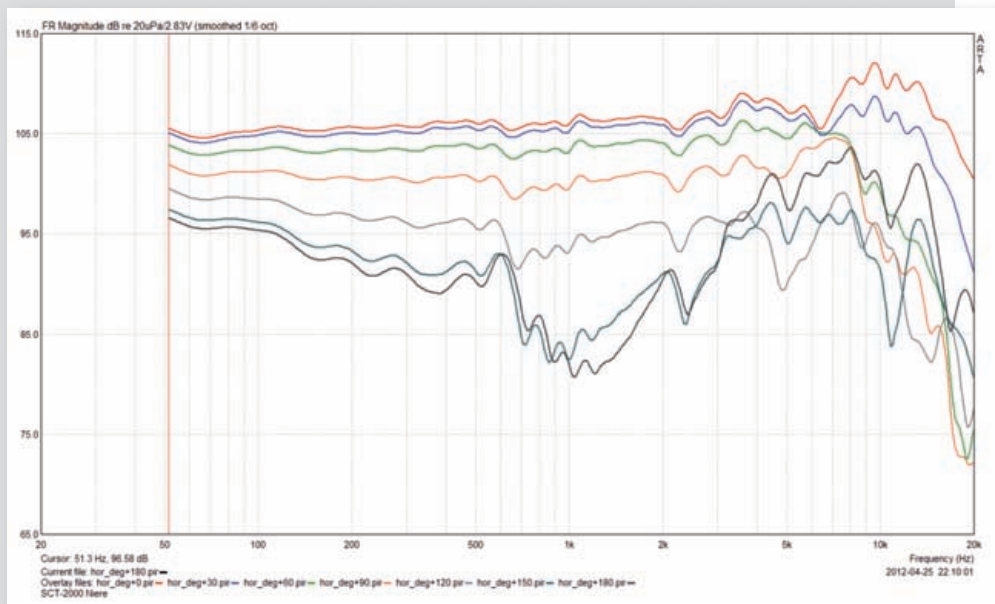


Abb 8: Frequenzgänge des SCT-2000 (Schalterstellung Niere) in 30-Grad-Schritten von 0 bis 180 Grad

weise am Mischpult oder Interface) demgegenüber möglichst hoch ausfällt – also meist im Bereich einiger Tausend Ohm. Andernfalls könnte der Frequenzgang des Mikrofons stark verbogen werden und eine unerwünschte (und vor allem völlig unbekannte) Änderung des Klangs

die Folge sein und den Dynamikspielraum stark einschränken.

9. Stromaufnahme (mA)

Dieser Messwert ist nur bei Kondensatormikrofonen interessant, welche eine externe Spannungsversorgung wie die Phantomspei-

sung P48 benötigen. Dieser Wert sollte die in der dafür gültigen Norm empfohlenen 10 mA nicht überschreiten, da die Spannungsversorgung des Mikrofonvorverstärkers andernfalls stark beansprucht und eventuell beschädigt werden könnte.

Polardiagramme, Isobaren und Frequenzgänge

Neben den wohlbekannten Polardiagrammen, welche das Richtverhalten eines Mikrofons mit einer Kurve auf einem kreisrunden Netzdiagramm zeigen, stellen wir das Richtverhalten auch als Isobardiagramm dar. Hier wird die Richtcharakteristik nicht nur bei einer Frequenz, sondern für den gesamten Frequenzbereich zwischen 50 Hz bis 20 kHz in einer einzigen Abbildung dargestellt. Wie liest man diese Diagramme und welche Daten liegen ihnen überhaupt zugrunde?

Um dies zu erläutern, werden beispielhaft die Messungen an einem Großmembranmikrofon herangezogen, welches per Umschaltung die Wahl zwischen den Richtcharakteristiken Kugel, Niere und Acht bietet.

Um das Richtverhalten eines Mikrofons zu messen, wird es auf einen Drehteller gestellt und in definierten Winkelschritten um die Membranebene gedreht. Für jeden Winkelschritt wird eine Frequenzgangmessung durchgeführt. Für eine komplette Messung des Richtverhaltens, bei dem das Mikrofon um 360 Grad rotiert, sind bei einer Winkelauflösung von 5 Grad demnach 72 Messungen nötig. In der Einzeldarstellung kann so etwas schnell unübersichtlich werden, wenn viele Einzelkurven einen undurchsichtigen Farbt Teppich auf dem Bildschirm entstehen lassen.

In Abb. 5 wird ein Teil der Rohdaten gezeigt, die der Darstellung zur Richtcharakteristik in der Schalterstellung „Kugel“ zugrunde liegen. Der Übersicht halber werden hier nur die Messungen von 0 bis 180 Grad in 30-Grad-Schritten abgebildet. Während unterhalb von 1 kHz

praktisch deckungsgleiche Verläufe zu sehen sind, die zeigen, dass der Schall tatsächlich aus allen Richtungen „gleich“ aufgezeichnet wird, gehen die Kurven oberhalb von 1 kHz leicht auseinander. Oberhalb von 5 kHz nehmen die Differenzen dann immer stärker zu, während sie ab 10 kHz um 10 dB und mehr auseinanderliegen. Hier kann also von keiner kugelförmigen Richtcharakteristik mehr die Rede sein.

Mithilfe eines Isobarendiagramms (Abb. 6) können diese Rohdaten in Form vieler Einzelkurven deutlich übersichtlicher dargestellt werden, indem sie die Messungen in einer quasi-dreidimensionalen Ansicht „stapeln“. Durch Zuordnung in farbig abgetrennte Wertebereiche (hier in Schritten von 3 dB) wird das Ablesen erleichtert. Da sich das Richtverhalten eines Mikrofons über den Pegelabfall zur Bezugsachse definiert, wird die Darstellung auf die 0-Grad-Achse normalisiert. Sie stellen also die Differenz der Einzelmessungen neben der Achse zur Messung auf der 0-Grad-Achse dar.

Betrachtet man nun das Isobarendiagramm in der Schalterstellung „Kugel“, so stellt dieses ein praktisches perfektes Kugelverhalten durch einen gleichbleibenden Farbwert bis ca. 5 kHz dar. Oberhalb davon engt sich der zur Verfügung stehende Aufnahmewinkel immer weiter ein und beträgt ab 8 kHz nur noch etwa 100 Grad und oberhalb von 12 kHz nur noch etwa 60 Grad. Dieses Verhalten erklärt sich primär durch die relativ große Membran des Mikrofons, welche gegenüber der Wellenlänge einer derart hohen Frequenz schon relativ groß ist. Zum Vergleich: Der Membrandurchmesser des Testmikrofons misst etwa 27 mm, während die Wellenlänge einer 10-kHz-Schwingung etwa 34 mm beträgt. Das bekannte Polardiagramm, basierend auf den gleichen Messungen, zeigt die Abb. 7. Hier werden nur die Kurven für die Frequenzen 100 Hz, 1 kHz und 10 kHz dargestellt. Während die Kurven für 100 Hz und 1 kHz praktisch deckungsgleich verlaufen, gibt die Kurve für 10 kHz die auch schon in den Isobaren ersicht-

liche Verengung des nutzbaren Aufnahmewinkels an. Hier offenbart sich der wesentliche Nachteil des Polardiagramms – es können nur wenige Kurven und damit nur stichprobenartig Daten dargestellt

werden, während das Richtverhalten in anderen Frequenzbändern nicht ersichtlich ist. Das Isobarendiagramm hingegen stellt die Eigenschaften des Mikrofons vollständig und auf einen Blick dar.

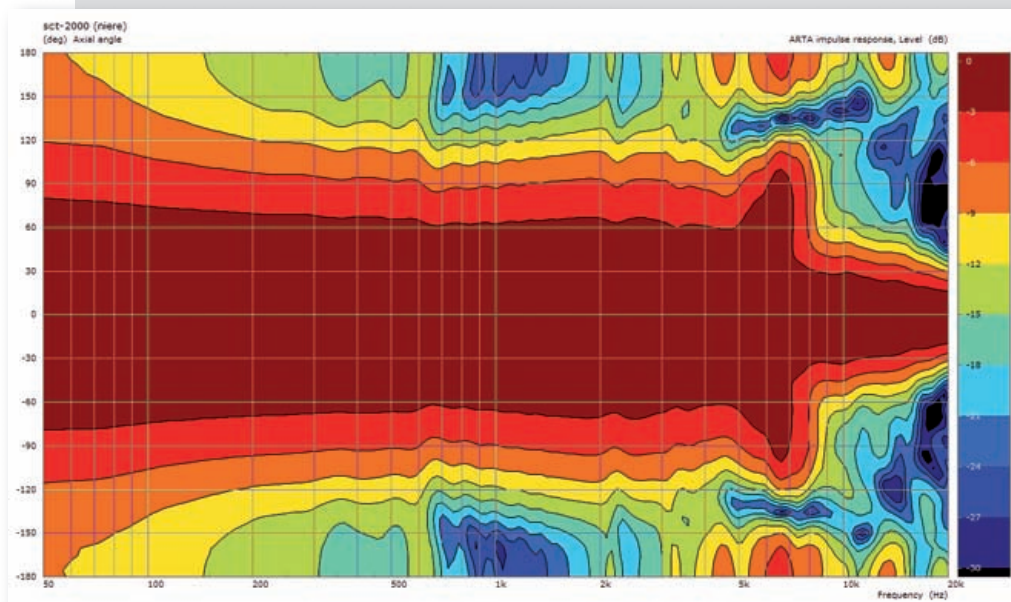


Abb 9: Richtverhalten des SCT-2000 (Schalterstellung Niere) als Isobarendiagramm von 50 Hz bis 20 kHz

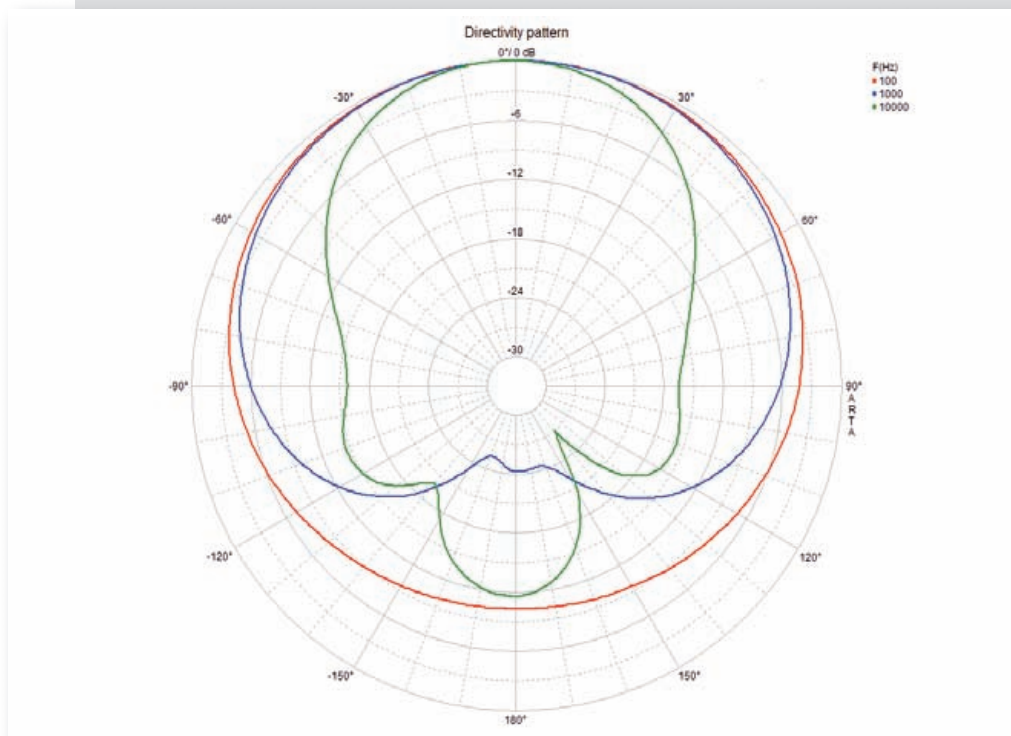


Abb 10: Richtverhalten des SCT-2000 (Schalterstellung Niere) als Polardiagramm bei 100 Hz, 1 kHz und 10 kHz

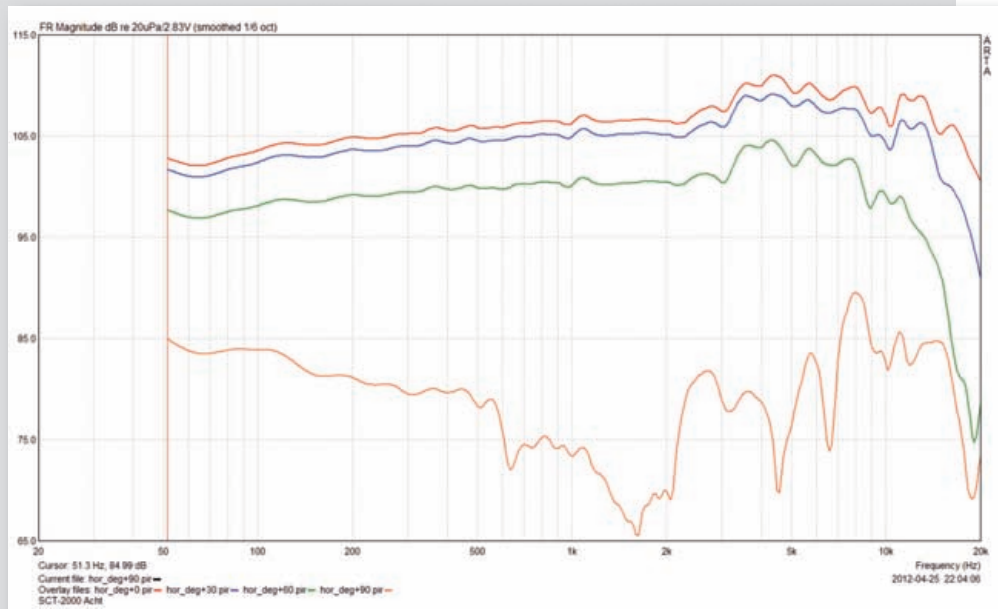


Abb 11: Frequenzgänge des SCT-2000 (Schalterstellung Acht) in 30-Grad-Schritten von 0 bis 90 Grad

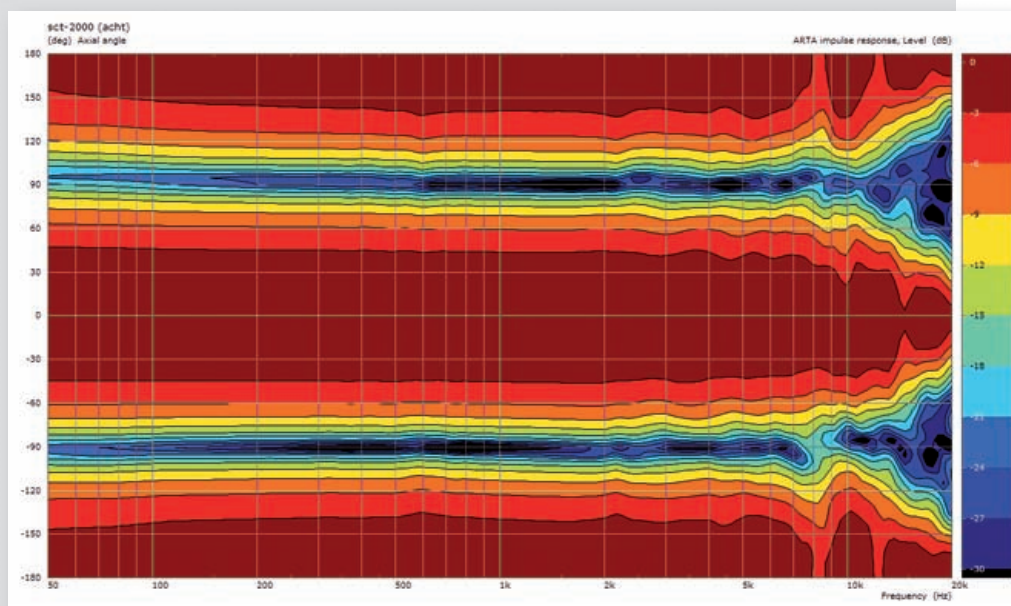


Abb 12: Richtverhalten des SCT-2000 (Schalterstellung Acht) als Isobarendiagramm von 50 Hz bis 20 kHz

Als zweites Beispiel wird das Testmikrofon nun in der Schalterstellung „Niere“ gemessen. Diese Einstellung sorgt dafür, dass Signale, die das Mikrofon auf seiner Rückseite erreichen, gegenüber der Vorderseite stark bedämpft werden (Abb. 8). Das Maximum dieser Dämpfung wird bei etwa 1 kHz (graue Kurve) erreicht, jedoch steigt die Kurve auf der Rückseite im Hochtonbereich zwischen 4 bis 10 kHz stark an. Die Isobarendarstellung der Richtcharakteristik

Niere (Abb. 9) stellt diese Eigenschaften detailliert dar. Hier ist unter anderem schnell ersichtlich, dass die maximale Rückwärtsdämpfung nur für einen kleinen Frequenzbereich um die 1 kHz herum gilt (dunkelblaue Fläche). Zu tiefen Frequenzen hin weitet sich der Öffnungswinkel jedoch zunehmend auf, die Richtwirkung lässt also immer stärker nach. Dieselben Daten, abermals in der Darstellung als Polardiagramm, zeigt Abb. 10.

Häufig wird bei Mikrofonen mit Nierencharakteristik nur eine Kurve präsentiert, die dann meist für 1 kHz gilt. Das Richtverhalten in anderen Frequenzbereichen wird in der Regel nicht weiter spezifiziert, so dass der Anwender davon ausgehen muss, dass die „schöne“ Kurve bei 1 kHz auch in allen anderen Frequenzbereichen zutrifft. Das Isobarendiagramm offenbart demgegenüber mit seiner Darstellung für das komplette Frequenzspektrum, dass sich das Richtverhalten in Abhängigkeit von der Frequenz ändert.

Abschließend soll noch ein Blick auf die Richtcharakteristik „Acht“ des t.bone SCT-2000 geworfen werden (Abb. 11). Der Übersicht halber werden hier nur die Messungen von 0 bis 90 Grad in 30-Grad-Schritten gezeigt. Die dazugehörigen Isobaren (Abb. 12) weisen jeweils scharfe Trennlinien auf den +/- 90-Grad-Seiten auf. Dort ist der Pegel gegenüber der Messung auf der 0-Grad-Achse um 30 dB und mehr gefallen (dunkelblaue bzw. schwarze Flächen). Leichte Abweichungen von diesem Verhalten gibt es im Bass- sowie Hochtonbereich. Dieses Verhalten war schon bei den vorherigen Messungen mit den anderen Richtcharakteristiken zu beobachten und hängt wie erwähnt unter anderem mit dem relativ großen Membrandurchmesser zusammen. In Abb. 13 wird das Richtverhalten abermals (auf Grundlage derselben Rohdaten) per Polardiagramm dargestellt. Im Ergebnis sind drei sehr ähnliche Kurven zu sehen, die in dieser Betrachtungsform auch deutlich machen, woher der Name „Acht“ für diese spezielle Richtcharakteristik stammt. Die Ablesbarkeit ist jedoch gerade bei mehreren, sehr eng beieinanderliegenden Kurven etwas beeinträchtigt – im Vergleich zum Isobarendiagramm fällt es schwer, die jeweiligen Öffnungswinkel anzugeben.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Darstellungsformen das Isobarendiagramm als das günstigste Format erscheint – im Gegensatz zum Polardiagramm können alle Daten auf einen Blick und

vor allem für das komplette Frequenzspektrum beurteilt werden. Auch feine Details entgehen so nicht der Aufmerksamkeit, wohingegen die Frequenzauflösung bei den Polardiagrammen aufgrund der schiefen Unübersichtlichkeit meistens stark eingeschränkt wird.

Wir hoffen, mit diesem Einführungsartikel etwas Licht ins Dunkel um das Thema „Mikrofone und Mikrofonmessungen“ gebracht zu haben – speziell auch in Anbetracht zu der in diesem Heft gestarteten Serie „Auf Her(t)z und Nieren“. Darüber hinaus möchten wir den an dieser Materie interessierten Lesern einige Literaturempfehlungen mit auf den Weg geben, die ein tieferes Verständnis der komplexen Materie ermöglichen (vgl. Textkasten 2). ■

Noch Fragen?
redaktion@tools4music.de

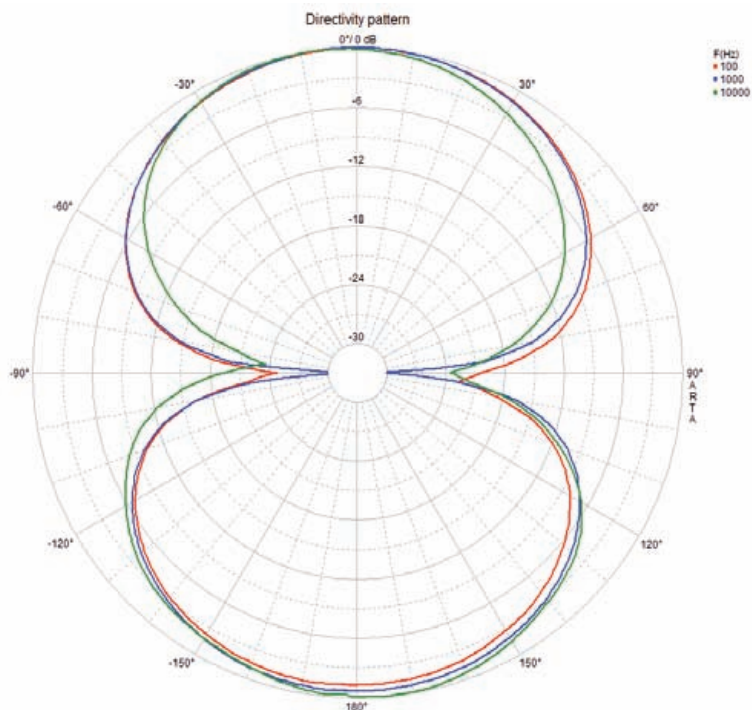


Abb 13: Richtverhalten des SCT-2000 (Schalterstellung Acht) als Polardiagramm bei 100 Hz, 1 kHz und 10 kHz

Anzeige

Punches
Above its weight
ZXA1
ZXA1-Sub

Der neue ZXA1-Sub 12" Subwoofer liefert in Kombination mit der 8" ZXA1 einen satten Schwergewichts-Punch, obwohl die beiden Komponenten mit ca. 20 bzw. 8 kg Gewicht eigentlich in der Federgewichtsklasse antreten.

Mehr Infos: www.electrovoice.com/zxa1/



LIVE FOR SOUND
www.electrovoice.com

mics • dsp • amps • speakers