



Messung

AUDIAZ CADENZA

Von Anselm Goertz. Fotografie und Abbildungen: Ingo Schulz, Anselm Goertz

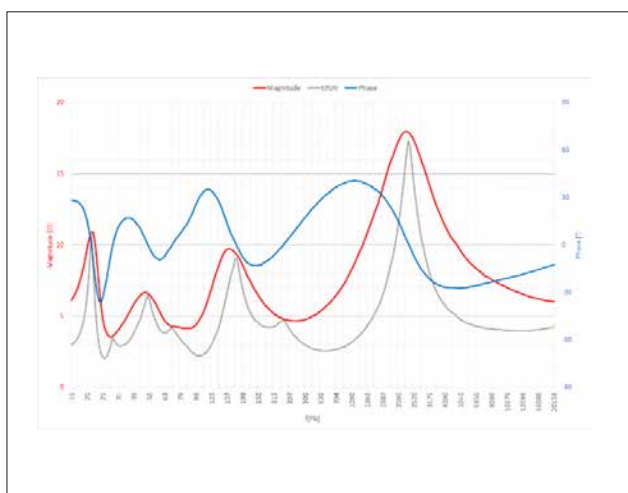


Abb. 1: Amplitude (rot), Phase (blau) und EPDR (grün) der elektrischen Impedanz der Cadenza ohne Zobel-Glied

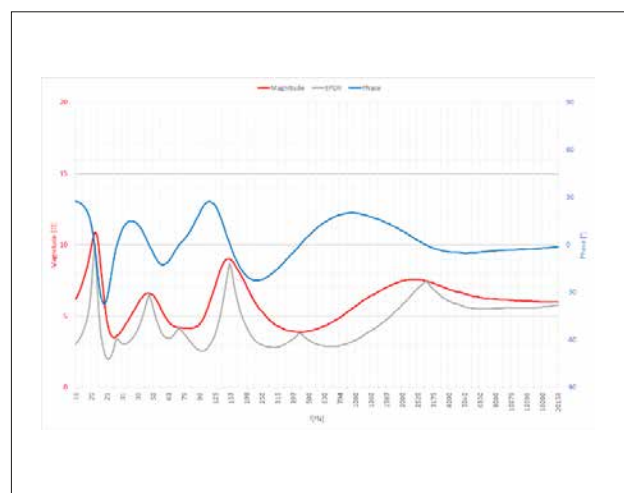


Abb. 2: Amplitude (rot), Phase (blau) und EPDR (grün) der elektrischen Impedanz der Cadenza mit Zobel-Glied

Mit seiner Firma AudiaZ entwickelt, fertigt und verkauft Dr. Helmuth Weber seit nunmehr fast 25 Jahren edle HiFi-Lautsprecher. Die vier aktuellen Modelle Opera, Cadenza, ETA und Saria sind durchweg als Dreiweg-Standardboxen mit passivem Crossover-Netzwerk aufgebaut und primär mit Treibern von Accuton bestückt. Das hier vorgestellte Modell Cadenza ist mit zwei 170-mm-Tieftönern, einem 100-mm-Mitteltöner und einer 30-mm-Hochtontalotte ausgestattet. In der Standardausführung (Silver Edition) verfügen alle Treiber über Keramikmembranen. Für den Mittel- und Hochtöner gibt es gegen Aufpreis die Option, Treiber mit Diamantmembranen (Diamant Edition) einzusetzen. Eine spätere Um- beziehungsweise Aufrüstung auf Treiber mit Diamantmembranen ist möglich, muss jedoch beim Hersteller ausgeführt werden, da auch Änderungen an der Weiche erforderlich sind.

Das zum Test gestellte Pärchen der Cadenza wurde in der Standardausführung mit einer kompletten Keramikbestückung geliefert. Als kleines Zubehör gab es noch ein Kästchen mit passiven Bauteilen, die man parallel zu den Lautsprecherklemmen schalten kann. Dabei handelt es sich um ein sogenanntes Zobel-Glied, das zur Linearisierung der Lautsprecherimpedanz eingesetzt werden kann und den Lautsprecher damit für den Verstärker leichter handhabbar macht. Besondere Mühe gab sich AudiaZ mit der Konstruktion des Gehäuses. Wie auch bei den Modellen ETA und Opera kommt das

sogenannte OVO-Flügeldesign mit einer V-förmigen Frontplatte und den zwei seitlich angeordneten Tieftönern (die beiden „O“) zum Zuge. Neben einer insgesamt stabilen Konstruktion bietet diese Gehäuseform auch noch die Vorteile, Kanteneffekte zu reduzieren und den „Baffle Step“ zu vermeiden. Die leichte Neigung der oberen Frontplatte, die Mittel- und Hochtöner trägt, sorgt zudem dafür, dass die Schwingspulen der beiden Wege in einer Ebene liegen. Diverse Versteifungen im Innern des Gehäuses und eine Mischung aus verschiedenen Materialien zur Schwingungsdämpfung und Gehäusedämmung reduzieren Resonanzen sowohl der Gehäusewände wie auch des Innenvolumens. Das Gehäuse ist aus Ahorn-Plexwood gefertigt und bietet in jeglicher Hinsicht eine hohe handwerkliche Qualität, wie man es bei einem Lautsprecher dieser Preisklasse auch erwarten darf.

Die interne passive Weiche trennt die Wege bei 180 Hz und bei 2 kHz. Entwickler Dr. Helmuth Weber erläutert dazu, dass die elektrischen Filter zusammen mit dem akustischen Verhalten der Treiber sogenannte Ellipsen oder Parabelfilter mit zunehmender Steilheit bilden. Dass man auch bei der Auswahl der Bauteile für die Weiche und bei der Innenverkabelung hohe Maßstäbe angelegt hat, ist selbstredend. Die Verkabelung besteht aus Reinsilber ebenso wie die Folie des Kondensators vor dem Hochtöner.

Zu welchem Gesamtergebnis die aufwendige und kostspielige Konstruktion letztendlich führt, wurde im Messlabor des Aachener Instituts für Akustik und Audiotechnik (IFAA) mit

viel messtechnischem Aufwand analysiert und anschließend mit einem Hörtest verifiziert.

Elektrische Impedanz

Beginnen wir bei den elektrischen Eigenschaften der Cadenza, die sich für den antreibenden Verstärker als frequenzabhängige Impedanzkurve darstellen. Auch wenn für einen Lautsprecher eine nominelle Impedanz – bei der Cadenza sind es $4\ \Omega$ – genannt wird, bedeutet das nicht, dass sich der Lautsprecher wie ein einfacher $4\text{-}\Omega$ -Widerstand darstellt. Gemäß der Norm DIN EN 60268-5^[1] besagt die nominelle Impedanz nicht mehr, als dass der Betrag der Impedanz des Lautsprechers diesen Wert bei keiner Frequenz um mehr als 20 % unterschreitet. Abhängig vom Aufbau des Lautsprechers, der Anzahl der Wege und der Weiche weist die Impedanz eines Lautsprechers immer eine mehr oder weniger starke Frequenzabhängigkeit auf. *Abbildung 1* zeigt dazu die Kurven der Amplitude (rot) und der Phase (blau) für die Cadenza. Die Vorgabe der Norm für einen nominellen $4\text{-}\Omega$ -Lautsprecher wird mustergültig eingehalten, die rote Kurve der Amplitude fällt nirgendwo unter $3,2\ \Omega$. Die blaue Kurve für die Phase zeigt an, ob die Impedanz kapazitive oder induktive Anteile enthält. Negative Werte bedeuten kapazitive und positive induktive Anteile. Nur dort, wo die Phase bei 0° liegt, entspricht die Impedanz einem rein reellen ohmschen Widerstand.

Neben der Amplitude und Phase gibt es noch den EPDR-Wert. EPDR steht für „Equivalent Peak Dissipation Resistance“ und zeigt ▶

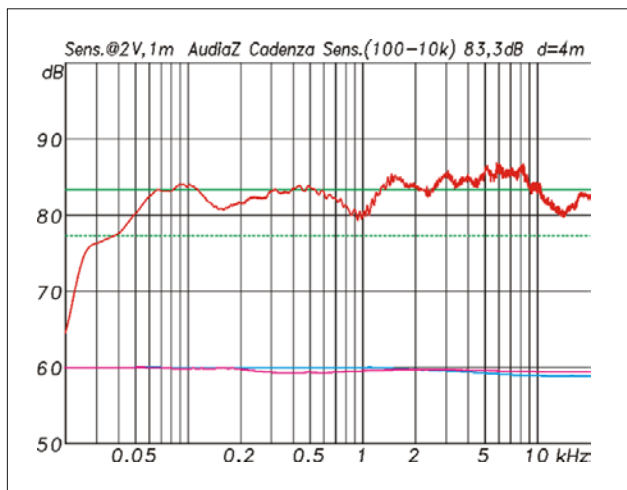


Abb. 3: Frequenzgang der Cadenza mit Angabe der Sensitivity (rote Kurve) bezogen auf 1 W/1 m (= 2 V/1 m). Die mittlere Sensitivity liegt bei 83,3 dB. Der Frequenzgang (-6 dB) darauf bezogen reicht von 40 Hz bis über 20 kHz.

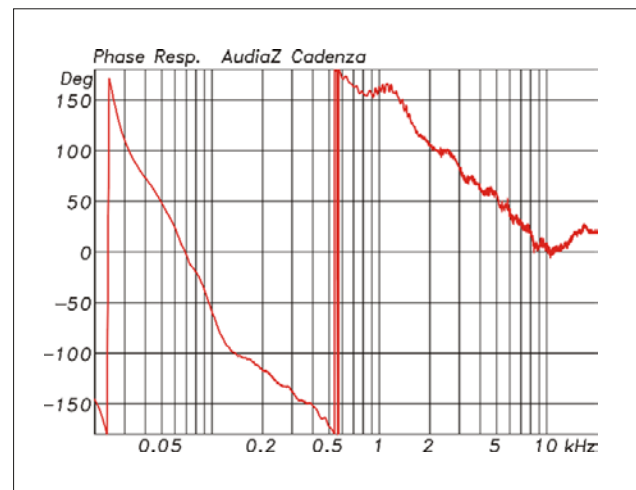


Abb. 4: Phasengang mit 2 x 360° Phasendrehung durch das Bassreflexgehäuse (Hochpass 4. Ordnung) und die Frequenzweichenfunktionen

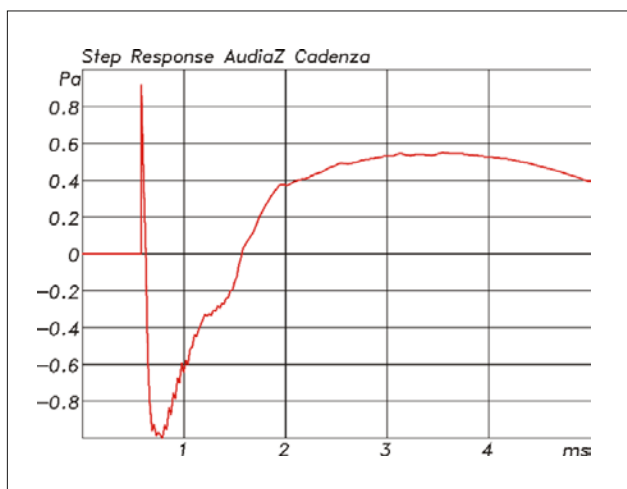


Abb. 5: Sprungantwort der Cadenza

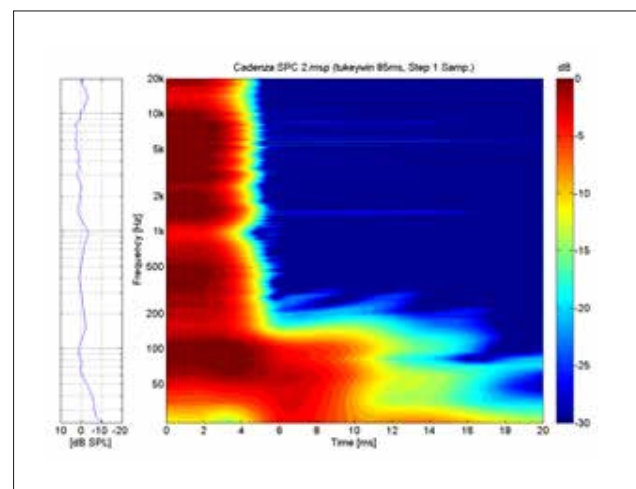


Abb. 6: Spektrogramm der Cadenza mit einem nahezu resonanzfreien Ausschwingverhalten

den Wert eines reellen Widerstandes an, der eine vergleichbare Last für die Endstufe zum komplexen Widerstand des Lautsprechers darstellt. Der EPDR berechnet sich aus den Amplituden- und Phasendaten des Lautsprechers und liegt meist unterhalb des reinen Betragswertes der Impedanz. Details dazu finden sich in mehreren schon etwas älteren AES-Veröffentlichungen u. a. von Eric Benjamin^[2] oder Vanderkooy und Lipshitz^[3]. Die niedrigsten EPDR-Werte der Cadenza liegen bei 2 Ω, und das sollte bei der Wahl des Verstärkers beachtet werden. Moderne Endstufen verhalten sich zwar in Bezug auf niedrige Impedanz unkritisch, trotzdem könnte es sein, dass bei hohen Strömen dann eine Begrenzung einsetzt.

Die bereits genannten Zobel-Glieder werden parallel zu den Lautsprecherklemmen angeschlossen. Im Inneren der schwarzen Säulen verbirgt sich eine Schaltung mit

passiven Bauteilen, die den Impedanzverlauf des Lautsprechers aus Sicht des Verstärkers verändert. *Abbildung 2* zeigt dazu die Messung der Impedanzkurven für Amplitude, Phase und EPDR der Cadenza mit Zobel-Glied. Auffällig sind vor allem die Veränderung oberhalb von 1 kHz, wo die Resonanzspitze bei 2,5 kHz reduziert wird und sich der Phasenverlauf von einem stark kapazitiven Anteil hin zur 0°-Achse verschiebt. Ob und wie weit sich das auf das klangliche Verhalten auswirkt, hängt vom antreibenden Verstärker ab. Ist dieser solide konzipiert und auch bei kapazitiven oder induktiven Lasten stabil, werden sich die Unterschiede, wenn überhaupt, im Kleinen abspielen.

Frequenz- und Phasengang

Auf der akustischen Seite beginnen wir mit dem Frequenzgang, gemessen auf Achse der Mittelhochtoneinheit in einer Entfernung

von 4 m. *Abbildung 3* zeigt den ungeglätteten Verlauf mit Angabe der Sensitivity bezogen auf 2 V/1 m, entsprechend 1 W/1 m für einen 4-Ω-Lautsprecher. Die mittlere Sensitivity von 100 Hz bis 10 kHz beträgt 83,3 dB. Darauf bezogen liegt die untere Eckfrequenz (-6 dB) bei 40 Hz. Die obere Eckfrequenz liegt außerhalb des Darstellungsbereiches jenseits der 20 kHz. Unterhalb von 40 Hz fällt das sehr tief bei 25 Hz abgestimmte Bassreflexsystem jedoch nicht mit der üblichen Steilheit von 24 dB/Okt. ab, sondern verläuft noch bis ca. 25 Hz nur mit geringem Pegelverlust, um dann noch weiter unten in den steileren Verlauf überzugehen. Zusammen mit dem umgebenden Raum resultiert daraus eine tief herabreichende, dabei aber nicht überzogene Basswiedergabe. Die Welligkeiten im Frequenzgang halten sich mit einer Größenordnung von ±3 dB für einen passiven Lautsprecher in vertretbaren Grenzen, wobei der Verlauf insgesamt einen leichten

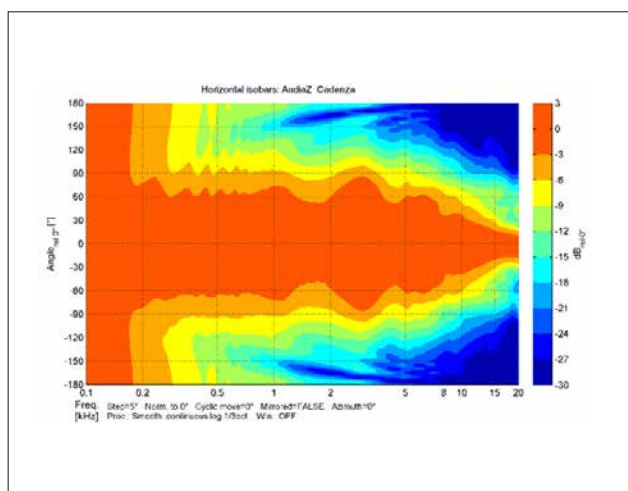


Abb. 7: Horizontale Isobarenkurven bezogen auf die Mittelachse. Der Übergang von orange auf gelb stellt die Grenze für 6 dB Pegelabfall gegenüber der 0°-Achse dar.

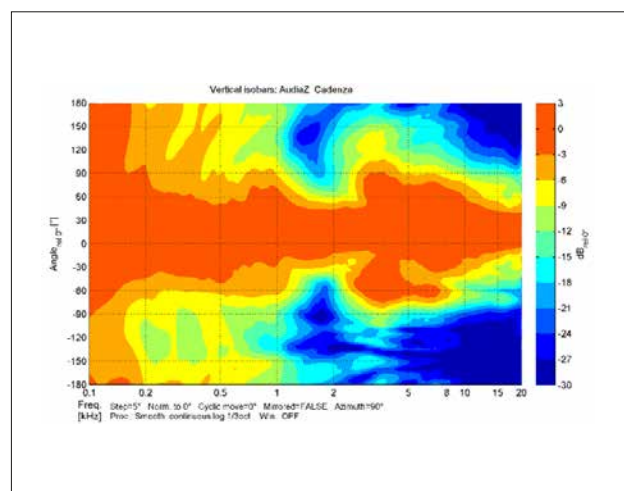


Abb. 8: Vertikale Isobarenkurven bezogen auf die Mittelachse. Im Übernahmebereich zwischen Mittel- und Hochtöner um 1,8 kHz engt sich das Abstrahlverhalten ein.

Anstieg zu den Höhen hin aufweist. Mit einem kleinen Schalter an der Box lässt sich der Frequenzgang noch geringfügig verändern. Die hellblaue und die rosafarbene Kurve in *Abbildung 3* zeigen die damit einhergehende Veränderung.

Zum Frequenzgang gehört neben dem Amplitudenverlauf auch ein Phasenverlauf, der sich für die Cadenza in *Abbildung 4* findet. Die Darstellung reicht hier von 20 Hz bis 20 kHz, sodass die insgesamt 360° Phasendrehung durch das Hochpassverhalten des Bassreflexsystems nicht mehr komplett abgebildet werden. Die Kurve läuft unterhalb von 20 Hz wieder auf die 0°-Achse zu. Zu den höheren Frequenzen hin kommt es insgesamt zu weiteren 360° Phasendrehung durch die Hoch- und Tiefpassfunktionen bei den Übergängen zwischen den Wegen.

Aus der Amplitude und Phase kann mittels einer inversen FFT (Fourier-Transformation) die Impulsantwort des Lautsprechers berechnet werden, aus der sich wiederum über eine Integration die Sprungantwort (*Abb. 5*) bestimmen lässt. Die Flanke des Hochtöners steigt steil und sauber an, danach folgt der Mitteltöner mit dem Ausschlag nach unten, entsprechend der Phasendrehung von 180°, die so auch in *Abbildung 4* zu erkennen ist. Danach folgen noch die Tieftöner und ein insgesamt gleichmäßiges Ausschwingen. Grundsätzlich sind Sprungantworten jedoch eher etwas schwierig zu interpretieren, weshalb ein Blick auf den Amplituden- und Phasenverlauf im Frequenzbereich für die meisten Anwender mehr aussagt. Trotzdem soll die Sprungantwort an dieser Stelle nicht

komplett vernachlässigt werden, da hier bei entsprechender Erfahrung durchaus relevante Informationen zu finden sind.

Spektrogramm

Ebenfalls aus der Impulsantwort des Lautsprechers abgeleitet wird das Spektrogramm. Dazu wird ein kurzes Zeitfenster über die Impulsantwort geschoben und die daraus ermittelten Frequenzgänge über einer Zeitachse hintereinander aufgetragen. Gibt es lange nachschwingende Resonanzen, dann zeigen sich diese als auslaufende Nasen im Spektrogramm.

Das Spektrogramm der Cadenza (*Abb. 6*) zeigt sich erwartungsgemäß nahezu perfekt, ist frei von Resonanzen. Das längere Nachschwingen unterhalb von 150 Hz entsteht durch die Phasendrehung zu den tiefen Frequenzen hin und dem damit einhergehenden Anstieg der Gruppenlaufzeit.

Directivity

Wie sich ein Lautsprecher im Raum verhält, hängt maßgeblich ab von der „Directivity“, also von seinem Richtverhalten. Grundsätzlich gilt, dass man in akustisch schwierigen beziehungsweise „halligen“ Räumen mit vielen reflektierenden Flächen eng abstrahlende System bevorzugen sollte, um möglichst viel Direktschall zum Hörerplatz zu bringen und dabei den Raum nicht unnötig anzuregen. Auf der anderen Seite steht der Aspekt der Bewegungsfreiheit am Hörplatz, wo sich auch außerhalb der idealen Position im Sweetspot noch keine allzu großen

klanglichen Verschiebungen einstellen sollten. Beim Thema Richtverhalten ist daher keine pauschale Bewertung als gut oder schlecht möglich, sondern nur als zur Anwendung mehr oder weniger gut passend. In allen Fällen sollte das Richtverhalten jedoch gleichmäßig sein, d. h. sich mit der Frequenz möglichst wenig und auch nur gleichmäßig ohne Sprungstellen im Verlauf verändern. Dieser Anforderung über einen weiten Frequenzbereich nachzukommen ist für Lautsprecher naturgemäß schwierig, da das Richtverhalten abhängig ist vom Verhältnis der Wellenlänge zur Größe der Strahlerfläche und die Wellenlänge einen riesigen Bereich umfasst. So beträgt die Wellenlänge bei 50 Hz 6,88 m und bei 10 kHz nur noch 3,4 cm, was die Problematik deutlich macht.

Schaut man sich dazu die Isobarendiagramme der Cadenza an, dann kommt der horizontale Verlauf der Wunschvorstellung für einen breit abstrahlenden Lautsprecher schon recht nahe. Der -Öffnungswinkel bei -6 dB beträgt über einen weiten Frequenzbereich von ca. 300 Hz bis 5 kHz konstant $\pm 90^\circ$. Oberhalb von 5 kHz beginnt der mit 30 mm Durchmesser relativ große Hochtöner verstärkt zu bündeln, sodass bei 10 kHz noch $\pm 60^\circ$ und bei 15 kHz noch $\pm 30^\circ$ abzulesen sind. Sehr gelungen ist der Übergang zwischen Mittel- und Hochtöner, bei dem es keine Sprungstelle gibt. Zu den tiefen Frequenzen hin weitert sich das Abstrahlverhalten unweigerlich auf und nähert sich dem einer Kugelquelle. Nicht ganz so gleichmäßig verhält sich die Cadenza in der vertikalen Ebene (*Abb. 8*), wo es durch die Anordnung von Mittel- und Hochtöner übereinander im Bereich ▶

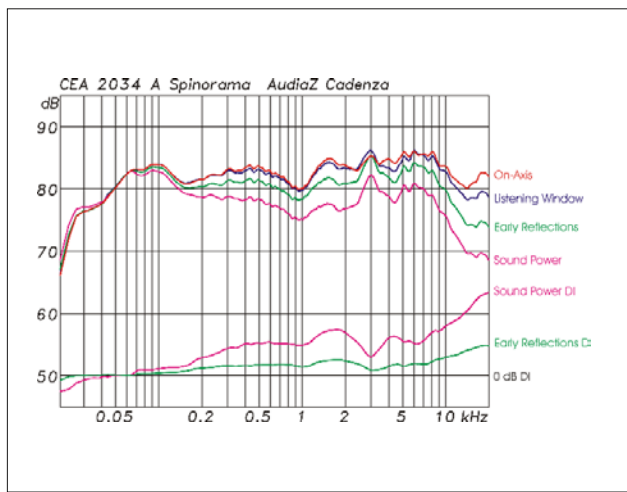


Abb. 9: Spinorama-Grafik der Cadenza. Die obere rote Kurve zeigt den schon bekannten Frequenzgang auf Achse, die blaue Kurve den gemittelten Verlauf im typischen Winkelbereich um die Hörposition, die grüne Kurve den gemittelten Verlauf im Winkelbereich der frühen Reflexionen und die rosa Kurve den über die gesamte Hüllfläche des Lautsprechers gemittelten Verlauf.

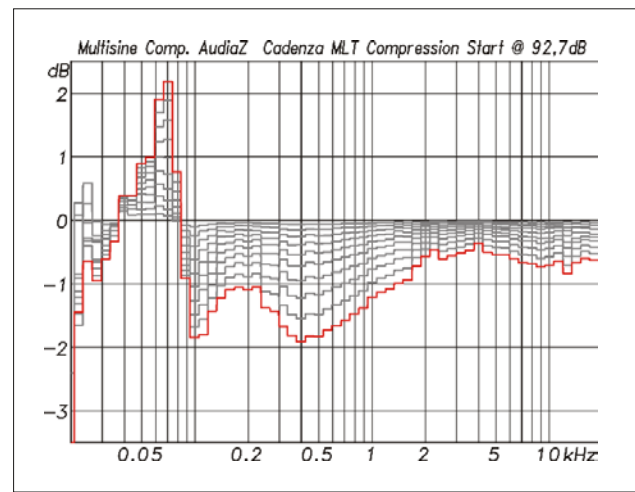


Abb. 10: Signalkompression, gemessen mit einem Multitonensignal mit EIA-426B-Spektrum beginnend bei einem Mittelungspegel Leq von 92,7 dB. Basierend auf dieser Referenzmessung wurde der Eingangspegel in 1-dB-Schritten bis auf +10 dB gesteigert, wo die Verzerrungen den Grenzwert von -20 dB erreichen und sich die Signalkompression einem Wert von 2 dB nähert (rote Kurve). Die Grafik aus Abb. 11 wurde aus der Messung zur roten Kurve abgeleitet.

der Trennfrequenz, wo beide Wege arbeiten, durch die vergrößerte Strahlfläche zu einer Einengung in der Abstrahlung und zu Interferenzeffekten durch winkelabhängige Laufzeitunterschiede kommt. Speziell für die Anwendung im Heimbereich dürfte das horizontale Abstrahlverhalten jedoch wichtiger sein. Das vertikale Verhalten in der vertikalen Ebene ist dort vor allem für Boden- und Deckenreflexionen relevant.

Das Spinorama

Die Isobaren für die horizontale und vertikale Ebene können noch durch eine Spinorama-Grafik (Abb. 9) ergänzt werden. Basis des Spinorama, das auf Arbeiten von Dr. Floyd Toole in den 1980er Jahren am National Research Council of Canada zurückgeht^[4], sind Frequenzgangmessungen eines Lautsprechers in reflexionsfreier Umgebung. Neben einer Referenzmessung auf der Hauptabstrahlachse, die in der Regel der Mittelachse entspricht, werden in 10°-Schritten Messungen auf einer Kreisbahn um den Lautsprecher in der horizontalen und in der vertikalen Ebene gemacht. Diese Daten fallen bei einer Isobarenmessung der beiden Ebenen ohne Mehraufwand mit an.

Die Auswertung und Darstellung der Messungen erfolgten dann für folgende Bereiche:

- On-Axis
- Listening Window
- Early Reflections
- Sound Power

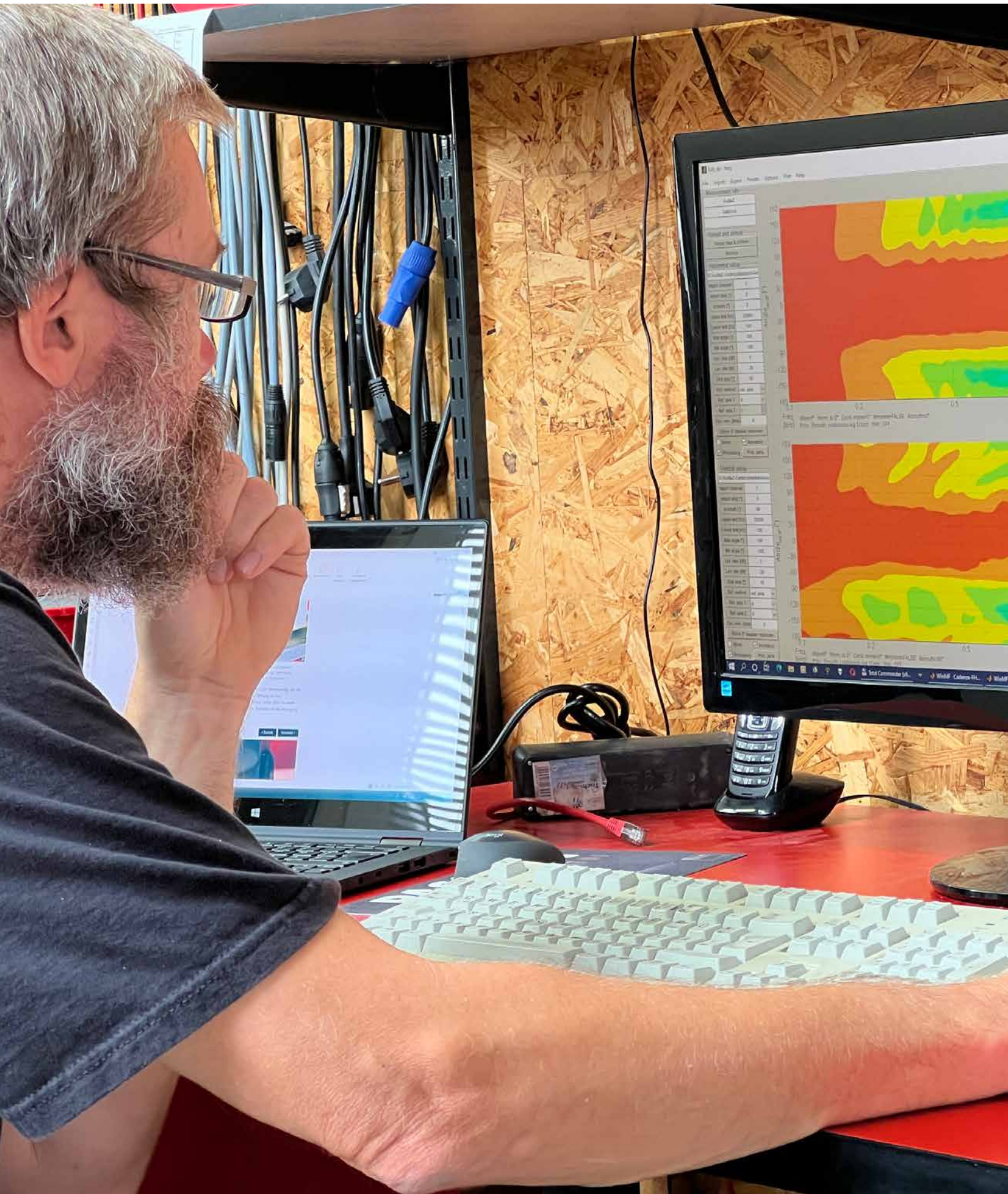
Die On-Axis-Messung berücksichtigt nur den Frequenzgang auf der Hauptabstrahlachse. Der Frequenzgang des Listening Windows wird aus insgesamt neun Messungen gemittelt, die in dem Winkelbereich liegen, wo sich die Hörpositionen üblicherweise befinden. Die Early-Reflections-Mittelung berücksichtigt die Schallabstrahlung in Richtung der Flächen im Umfeld eines Lautsprechers, von denen frühe Reflexionen ausgehen könnten. Hier wird über insgesamt 26 Messungen gemittelt. Der Sound-Power-Frequenzgang entspricht dem Schallleistungspegel, den ein Lautsprecher insgesamt in den Raum abstrahlt. Die beiden unten noch eingefügten Kurven stellen die Differenz jeweils zwischen der Listening-Window-Kurve und der Sound-Power(SPDI)- bzw. Early-Reflections(ERDI)-Kurve dar.

Die Interpretation des Spinorama fällt leicht. Der Frequenzgang im Listening Window sollte dem On-Axis-Verlauf möglichst ähnlich sein, was bedeutet, dass man viel Bewegungsfreiheit hat, ohne dass sich der Höreindruck zu sehr ändert. Die Early-Reflections-Kurve sollte um einige dB nach unten versetzt parallel zu den beiden vorab genannten verlaufen, sodass frühe Reflexionen gleichmäßig und nicht frequenzabhängig mehr oder weniger stark auftreten. Je größer der Abstand ist, umso weniger Reflexionen treten auf. Die Sound-Power-Kurve sagt aus, wie stark der Raum und somit auch das Diffusfeld im Raum durch den Lautsprecher insgesamt angeregt wird. Je halliger ein Raum ist, umso wichtiger wird diese Kurve. Je schärfer das Abstrahlverhalten

eines Lautsprechers definiert ist, umso tiefer unter der Listening-Window-Kurve liegt die Sound-Power-Kurve. Auch hier ist es wichtig, dass die Kurve möglichst parallel zu den beiden oberen verläuft und sich nicht frequenzselektiv nähert. Zu tieferen Frequenzen hin, wo das Richtverhalten eines Lautsprechers nachlässt, nähern sich alle Kurven an. Wäre der Lautsprecher eine ideale Kugelquelle, dann wären alle vier Kurven identisch und die beiden DI-Kurven durchgängig bei 0 dB.

Maximalpegel und Verzerrungen

Für die Messung von Maximalpegel und Verzerrungen bietet sich die Multitonmessung an, bei der ein aus 60 Sinussignalen mit einer Frequenz von 20 Hz bis 20 kHz und Zufallsphase zusammengesetztes Signal verwendet wird. Das Messsignal kann im Frequenzspektrum in weiten Bereichen variiert werden und kommt hier mit einer EIA-426B-Gewichtung entsprechend eines mittleren Musiksignals zum Einsatz. Der Crestfaktor (Verhältnis Spitzenwert zu Effektivwert) des Messsignals beträgt 4 bzw. 12 dB, was einem typischen Musik- oder Sprachsignal recht nahe kommt. Der Lautsprecher erfährt somit eine sehr realitätsnahe Belastung. Ausgewertet werden bei dieser Messung die harmonischen Verzerrungen (THD) und die Intermodulationsverzerrungen (IMD). Letztere entstehen z. B. dann, wenn bei einer Zweizeige-Box vom Tieftöner für die Basswiedergabe große Auslenkungen verlangt werden, bei denen ▶



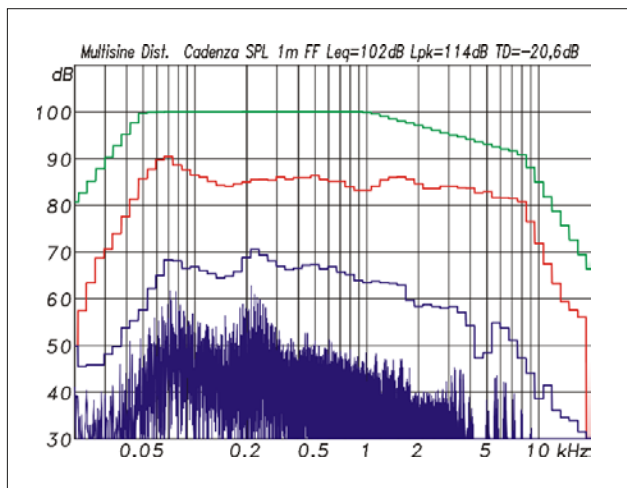


Abb. 11: Messung der Gesamtverzerrungen (Harmonische und Intermodulation, blau) mit einem Multitonsignal mit EIA-426B-Spektrum (grün) und 12 dB Crestfaktor für maximal 2 dB Signalkompression oder maximal 20 dB Verzerrungen. Auf 1 m im Freifeld bezogen wird dabei ein Pegel von 102 dB als Leq (rot) und von 114 dB als Lpk erreicht.



die Schwingspule in den nichtlinearen Arbeitsbereich kommt, was sich dann auch in höheren Frequenzbereichen als Verzerrungen bemerkbar macht. Beides zusammen, THD und IMD, wird auch als TD (für „Total Distortions“) bezeichnet. Die Auswertung der Messung gestaltet sich einfach, indem nach einer Transformation in den Frequenzbereich die 60 Frequenzlinien des Anregungssignals entfernt werden. Der dann noch verbleibende Rest sind die Verzerrungen.

Dazu stellt sich nun die Frage, wie definiert man einen Grenzwert für diese Messung, bei dem man dann den erreichbaren Maximalpegel bestimmt. Zwei Kriterien haben sich hier eingebürgert. Zum einen ein Verzerrungsgrenzwert für die Total Distortions von maximal 10 % (–20 dB) oder ein Wert für die Signalkompression von maximal 2 dB breitbandig oder 3 dB in einzelnen Frequenzbändern. Letzteres bestimmt man, indem man die Messung bei einem geringen Signalpegel beginnt, wo sich der Lautsprecher noch eindeutig im linearen Arbeitsbereich befindet, und dann den Pegel in definierten Schritten von z. B. 1 dB erhöht. Würde sich der Lautsprecher wie ein ideales System verhalten, dann würde das gemessene Signalspektrum im Verlauf unverändert auch jeweils um 1 dB ansteigen. Genau das passiert aber nur bis zu dem Punkt, wo der Lautsprecher an seine Grenzen stößt, d. h. Signalkompression auftritt. Das Messverfahren ähnelt dem unlängst als AES 75 Standard^[5] beschriebenen M-Noise-Verfahren. Die Multitonmessung

erlaubt demgegenüber eine präzisere Analyse der Verzerrungskomponenten, erfordert dafür jedoch eine reflexionsarme Umgebung.

Abbildung 10 zeigt den Verlauf der Signalkompression bei der Messung der Cadenza. Die Messreihe wurde als Referenz bei einem Schalldruckpegel als Leq-Mittelungspegel von 92,7 dB bezogen auf 1 m Entfernung begonnen. Der Verzerrungsanteil für diese Messung lag bei 34 dB oder 2 %. Der Effektivwert der Spannung an den Lautsprecherklemmen betrug 6,4 Veff, woraus sich auch die 92,7 dB Schalldruck in Relation zur mittleren Sensitivity von 83,3 dB bei 2 V ableiten lassen. Der Wert fällt etwas niedriger aus als die rechnerischen 93,4 dB, was sich darin begründet, dass das Testsignal oberhalb von 1 kHz, wo die Cadenza etwas lauter ist, im Pegel abfällt, was dann aber nicht so stark ins Gewicht fällt. Steigert man jetzt den Pegel in 1-dB-Schritten, dividiert die Messung dann durch die Referenz und zieht die Pegelerhöhung in Relation zur Referenz wieder ab, kommt im Idealfall eine gerade Linie bei 0 dB heraus. Das ist jedoch nicht der Fall, wie man in *Abbildung 10* gut erkennt. Mit zunehmendem Eingangspegel tritt eine immer stärker werdende Signalkompression auf, die dann bei +10 dB zur Referenz auch den Grenzwert von maximal 2 dB Verlust (rote Kurve) erreicht.

Wertet man für die letzte Messung in dieser Reihe den Verzerrungsanteil aus, dann erreicht dieser mit –20,6 dB auch seinen Grenzwert. An dieser Stelle ist dann gemäß

der vorab genannten Definition nach beiden Kriterien der nutzbare Maximalpegel erreicht. Für die Cadenza bedeutet das einen maximalen Mittelungspegel Leq von 102 dB und einen Spitzenpegel Lpk von 114 dB, jeweils bezogen auf 1 m Entfernung im Freifeld. Befindet man sich in einem typischen Hörabstand von 4 m, dann sind für diese Entfernung 12 dB abzuziehen. Mit 90 dB Mittelungspegel und +3 dB im Stereo-Set sind aber auch das noch Werte, mit denen kaum jemand über längere Zeit hören möchte. Die Spannung an den Lautsprecherklemmen betrug bei der lautesten Messung 20 Veff entsprechend 100 W an 4 Ω. Um das Signal mit einem Crestfaktor von 12 dB dann noch unverzerrt zu übertragen, bedarf es eines Spitzenwertes der Spannung von 80 V_{Sp}, die der Laborverstärker ohne Probleme liefert, was aber vielen Consumergeräten nicht gelingen dürfte. Generell gilt: Möchte man laut und vor allem auch mit unverzerrten Signalspitzen hören, dann empfiehlt sich ein Verstärker, der kurzzeitig eine hohe Ausgangsspannung und auch einen entsprechend hohen Ausgangsstrom zu liefern in der Lage ist, ohne dass eine wie auch immer geartete Begrenzung auftritt.

Ein anderer interessanter Aspekt zeigt sich noch in *Abbildung 10*, wo oberhalb von 10 Hz die Signalkompression mit zunehmendem Pegel gut zu erkennen ist, jedoch unterhalb von 100 Hz ein gegenteiliger Effekt auftritt und es sogar lauter wird. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass die



Tieftöner bei hohen Signalpegeln und großen Auslenkungen ihre Thiele-Small-Parameter verändern und sich dadurch die Abstimmung der Bassreflexbox verschiebt und zu einer Veränderung im Frequenzgang führt. In *Abbildung 11* zeigt sich dieser Effekt ebenfalls, wo sich gegenüber dem Frequenzgang der Box aus *Abbildung 3* eine Überhöhung bei 70 Hz ausbildet.

Fazit Messwerte

Die AudiaZ Cadenza wurde im Messlabor nach allen heute üblichen Verfahren zur Messung von Lautsprechern auf Herz und Nieren geprüft. Für eine finale Bewertung sollten abschließend alle gemessenen Eigenschaften – vom Frequenzgang über das Richtverhalten bis hin zu den Verzerrungswerten – betrachtet werden, da es nur dann zu einem insgesamt guten Ergebnis kommen kann, wenn alle Eigenschaften eines Lautsprechers hinreichend gut oder für die jeweilige Anwendung passend sind.

Betrachten wir unter diesen Aspekten die Cadenza, dann sehen wir einen ausgeglichenen und sehr weit ausdehnten Frequenzgang mit einer leichten Tendenz zur Betonung der Höhen oberhalb von 1 kHz, einen gleichmäßig verlaufenden Phasengang sowie ein perfektes, nahezu resonanzfreies Spektrum. Das Abstrahlverhalten in der wichtigen horizontalen Ebene ist vorbildlich gleichmäßig und vertikal prinzipbedingt etwas unruhiger. Für einen typischen Abhörpegel

von 80 dB (A) in 4 m Entfernung bleiben die Verzerrungen als Gesamtwert unterhalb von 2 % und damit für den Lautsprecher in einem guten Bereich. Möchte man es richtig laut, dann kann die Cadenza auch das mit Spitzenpegeln von bis zu 102 dB in 4 m Entfernung, vorausgesetzt, man nutzt einen entsprechend leistungsfähigen Verstärker.

Kurzer Hörtest

Ein kurzer Hörtest der Cadenza fand im großen reflexionsarmen Raum des Messlabors statt. Der Raum entspricht zwar nicht einer üblichen Abhörumgebung, verhält sich dafür aber absolut neutral, und er hat schon viele Hörtest erlebt, sodass für den erfahrenen Hörer ein guter Vergleich mit anderen Lautsprechern unter exakt reproduzierbaren Bedingungen möglich ist. Die Abhörentfernung lag in diesem Fall bei ca. 3 m, wobei sowohl die Lautsprecher wie auch der Hörplatz in jeder Richtung hinreichend weit von den Wänden entfernt waren. Angesteuert wurden die Cadenza von einer Stage-Accompany-ES40-Endstufe in Class-G-Schaltungstechnik, die wiederum ihr Signal direkt aus einem PC mit RME-Multiface als Soundkarte erhielt. Der Höreindruck bestätigte weitgehend die Messergebnisse. Die Cadenza lieferte sehr tiefe und bei Bedarf auch hinreichend laute Bässe, stellte sich insgesamt als analytisch dar und hatte auch mit hohen Signalpegeln keine größeren Probleme. Letzteres hatte schon manch eine HiFi-Box im reflexionsarmen Raum ohne Unterstützung durch

die Reflexionen und das Diffusfeld eines umgebenden Raumes schwer in Bedrängnis gebracht, nicht jedoch die Cadenza im Zusammenspiel mit der ES40-Endstufe. Wenn es einen Grund zu Kritik gab, dann war es die leicht überzogene Hochtonwiedergabe, die sich in der einen oder anderen Passage der typischen Samples für Hörtests doch etwas zu sehr in den Vordergrund spielte. Verfügt die genutzte Elektronik über einen EQ mit frei definierbaren Filtern, dann lässt sich die Überhöhung mit einem einfachen Bell-Filter bei 4 kHz mit -3 dB Gain und einer Güte von 0,4 leicht kompensieren. ■

Lautsprecher | AudiaZ Cadenza

Konzept: 3-Wege-Bassreflex-Standlautsprecher | **Bestückung:** 2 x 173-mm-Keramikmembran (Bass), 100-mm-Keramikmembran (Mittelton), 30-mm-Keramik- oder 30-mm-Diamantmembran (Hochton) | **Anschlüsse:** WBT-Polklemmen 0702 oder wahlweise 0710Ag | **Ausführungen:** Pearlglöck Black, Pearlglöck White, Golden Ebony Highglöck | **Maße (B/H/T):** 24/112/24 cm | **Gewicht:** 36 kg | **Garantiezeit:** X Jahre | **Paarpreis:** ab XXXXX €

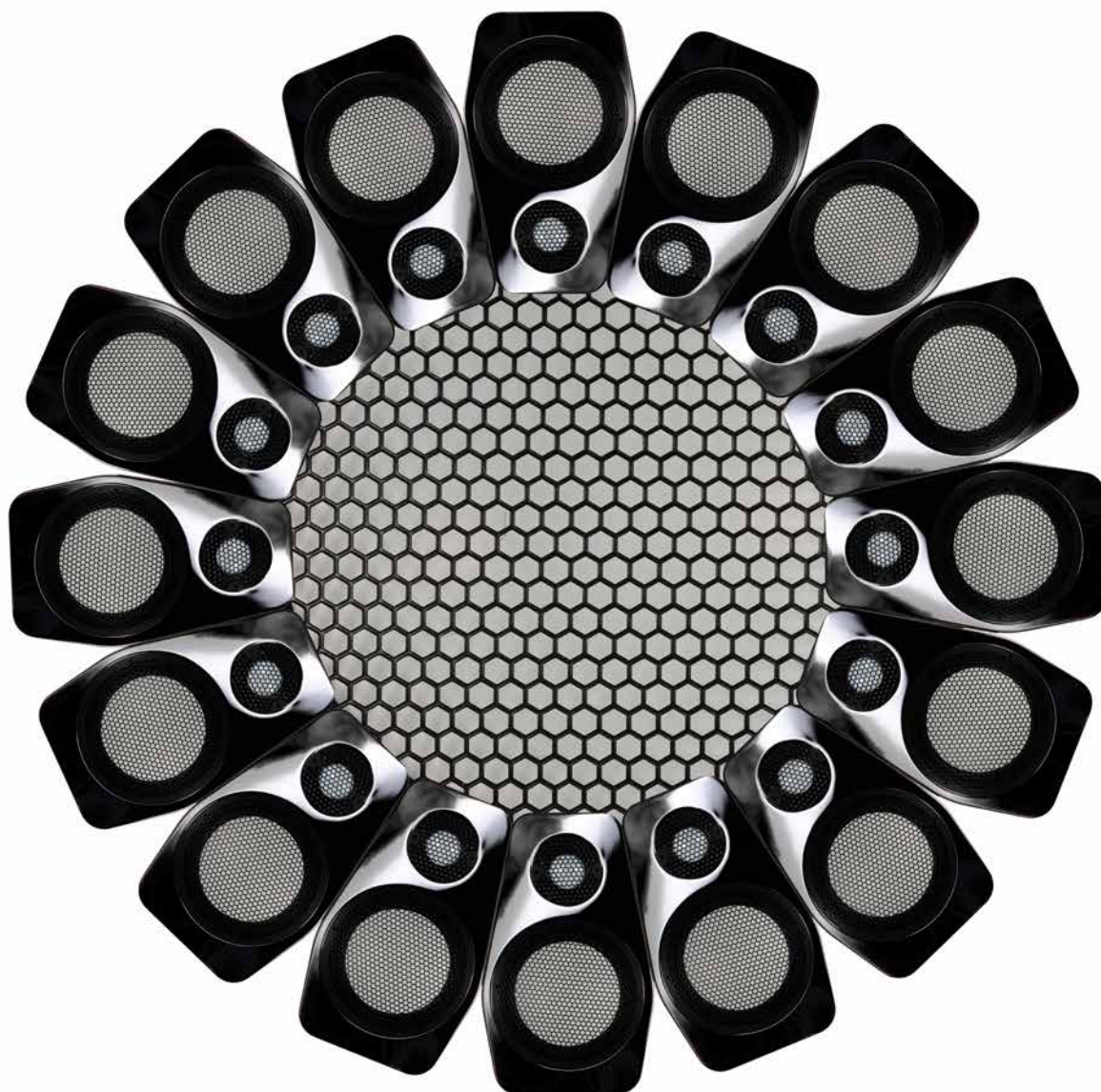
Chiemsee Hifi | Dr. Helmuth Weber | Niederdonauweg 10 | 83024 Rosenheim | Telefon +49 8031 33738, +49 173 5744836 | info@audiaz.de | www.audiaz.de

Quellen: [1] DIN EN 60268-5:2010-04, Elektroakustische Geräte – Teil 5: Lautsprecher | [2] Eric Benjamin, Audio Power Amplifiers for Loudspeaker Loads, JAES Vol. 42 No. 9, September 1994 | [3] J. Vanderkooy and S. Lipshitz, Computing Peak Currents into Loudspeakers, December 1986, Preprint 2411 | [4] Sound Reproduction 3rd Edition, Floyd E. Toole, Chapter 5.2, Routledge 2018 | [5] AES75-2022: AES Standard for Acoustics – Measuring Loudspeaker Maximum Linear Sound Levels Using Noise ▶



EIN GRUSS AUS DEM

FIDELITY-
HÖRRaum



— Natürlich haben wir die Cadenza nicht nur auf dem Messtisch unter die Lupe genommen. Ergänzend zu den Analysen im Labor spielte sie für mehrere Wochen im Hörraum.

Dabei fiel uns immer wieder der (auch messtechnisch nachvollziehbare) betont offene Charakter des schönen Standlautsprechers auf. Präzise Höhen sind zunächst einmal Geschmackssache. Im Fall der Cadenza geht die Rechnung allerdings hervorragend auf: Sie besitzt die erforderliche Bandbreite und kontert ihre unglaubliche Transparenz mit einem – im besten Sinn des Wortes – autoritären Fundament. Das sorgt für ein dickes Plus an Flexibilität: Wie bei Tests solcher Boxen üblich, richteten wir die Lautsprecher direkt auf den Hörplatz aus. Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten hatte sie zu jeder Seite mindestens einen Meter Wandabstand. Die etwas dunkle Aufnahme von Liszts *Ungarischer Rhapsodie Nr. 2* (Stokowski) projizierte sie überaus durchsichtig und detailverliebt in den Raum. Wir konnten jede Nuance der mit Schmelz und Emotion eingespielten Streicherteppiche nachvollziehen. Auch räumlich staffelten die Lautsprecher die Aufnahme herrlich in die Tiefe und Breite unseres Hörraums. Ähnlich genial

wirkte die Performance von Otis Reddings „(Sittin’ On) The Dock Of The Bay“ (*The Dock Of The Bay*). Die Cadenza verlieh der warmen, tonal relativ dunklen Aufnahme eine herrliche Stimmpräsenz und erfüllte Bass und Percussions mit dem erforderlichen „Swing“. Ganz anders sah die Angelegenheit bei „moderneren Produktionen“ aus. Verzeihen Sie den Anachronismus, gemeint ist damit alles nach Erfindung der Loudness-Taste: Vor allem Kost aus den Achtzigern konnte uns nicht wirklich überzeugen. „Head Over Heels“ etwa von den Tears for Fears (*Songs From The Big Chair*) besitzt jenen bissigen Charakter, den wir den damals verbreiteten Studiomonitoren sowie den angepeilten Wiedergabegeräten verdanken: Auto- und Kompaktradios. Beide verleiteten die Produzenten dazu, nicht zu knapp am Bass- und Höhenregler zu schrauben. Vor allem in den oberen Mitten neigte die Cadenza dazu, Stimmen, Gitarren und die glasigen Texturen des Pianos zu einem schneidenden Einerlei zu vermischen. Sie können die Tears for Fears übrigens gegen nahezu jede andere Pop-Band aus dieser Epoche ersetzen, und auch die AudiaZ trifft keine Schuld: Sie offenbaren einfach gnadenlos, was auf der Aufnahme zu hören ist. ▶



Um den Biss zu entschärfen, winkelten wir die Cadenza schrittweise vom Hörplatz weg, Zentimeter um Zentimeter, bis sie beinahe gerade in den Raum ausgerichtet waren. Das zügelte die Höhen und verlieh der Wiedergabe einen samtigen Charme, mit dem wir das Problem weitestgehend in den Griff bekamen. Je nach Bedarf kann man die Klangwaage weiter in Richtung des Basses kippen, indem man den Wandabstand etwas verringert. Wir haben das ausprobiert, rückten die Lautsprecher aber schnell wieder in ihre Ausgangsposition zurück, weil uns der nun kräftigere Bass zu viel von der hervorragenden Straffheit und Präzision in den tiefsten Lagen nahm. Die gerade Ausrichtung brachte nicht nur Samt und Farbe ins Spiel, sie verbreiterte auch die Bühnenabbildung – bei gleichzeitig minimalem Präzisionsverlust. Tatsächlich bildet die Cadenza Stimmen und Instrumente greifbar, plastisch und vor allem mit glaubhaften Größendimensionen ab. Diese Fähigkeit schwindet minimal, wenn man die Hoch- und Mitteltöner vom Hörplatz wegwinkelt.

Man muss sich aber nicht zwangsläufig mit einem der beiden „Kompromisse“ abfinden. Aufgrund ihrer Bauform ist das schnelle Einwinkeln der Boxen ein Kinderspiel: Da die AudiaZ-Standbox mit einer Ecke nach vorn zeigt, kann man sie einfach von hinten anlupfen und über den vorderen Fuß verdrehen. Das erfordert weder Kraft noch sonderliches Geschick. Man muss lediglich das Zielen üben, da es nicht ganz einfach ist, den Hörplatz (oder entsprechende Punkte daneben) mit dem eigenwillig geformten Lautsprecher anzupeilen. Natürlich haben wir uns auch mit den jeweils dreistufigen Frequenz- und Impedanzanpassungen am Rücken der Lautsprecher und an den Zobel-Gliedern befasst. Hier müssen wir allerdings mit den Schultern zucken, da beide Optionen keine beziehungsweise zu homöopathische Änderungen bewirkten. Die Cadenza harmonierte einfach hervorragend mit unserer kraftvollen Endstufe (Luxman M10X) und dem Hörraum. Unter anderen Umständen könnten beide Funktionen hingegen das Zünglein an der Waage sein. ■

Carsten Barnbeck

