



ESL-Tweeter von Sombetzki

Test: Elektrostatischer Hochtonlautsprecher

Elektrostatische Lautsprecher für den Selbstbau sind eine höchst seltene Spezies. Michael Sombetzki, Elektrostatenkenner alter Schule und Stammlesern sicher nicht ganz unbekannt, ist mit einem neuen Hochton-Elektrostaten für den Selbstbau wieder aktiv. Dieser Bericht stellt den Dipol-Hochtöner ausführlich vor.

> Das Funktionsprinzip ist im Grunde ganz einfach: In einem elektrischen Hochspannungsfeld ist eine hauchdünne, elektrisch leitfähige Folie gespannt. Mit einem auf Hochspannung gebrachten Musiksignal beaufschlagt, bewegt sie sich entsprechend.

Das elektrische Feld entsteht durch fest stehende Elektroden, so genannte Statoren. Hierfür verwendet Sombetzki isolierten Kupferdraht. 680 Volt Gleichspannung legt er an. Die entstehen im zugehörigen Speiseteil aus der Netzspannung mittels einer Hochspannungskaskade. Die Leistungsaufnahme ist mit unter einem halben Watt gering. Man kann – und sollte – die Hochspannungspeisung dauerhaft am Netz und am Lautsprecher lassen, denn laut Sombetzki bildet sich die optimale Klangqualität erst nach einigen Stunden Ladzeit aus.

Das Musiksignal durchläuft einen Übertrager, der es symmetriert und auf Hochspannung bringt. Bis zu 1.250 Volt

(Spitze-Spitze) verkräftet der elektrostatische Lautsprecher. Symmetrieren bedeutet, dass das Signal von der Masse bzw. Erdung galvanisch getrennt wird.

Das Elektrostatenelement ist flach und hochformatig schmal gebaut. In der Vertikalen entsteht bei etwa einem halben Meter Höhe der Membran die erstrebenswerte starke Richtwirkung, während die nur vier Zentimeter breite Abstrahlfläche horizontal gutes Rundstrahlen ermöglichen soll.

Dieser Schallwandler wird vorzugsweise in eine offene Schallwand eingebaut. Je breiter diese gewählt wird, desto kräftiger tönt der untere Frequenzbereich. Für diesen Bericht stellte uns Michael Sombetzki seinen Elektrostaten in einer 14 cm breiten Schallwand aus Hartfaserplatte zur Verfügung.

DIFFUSER SCHALL

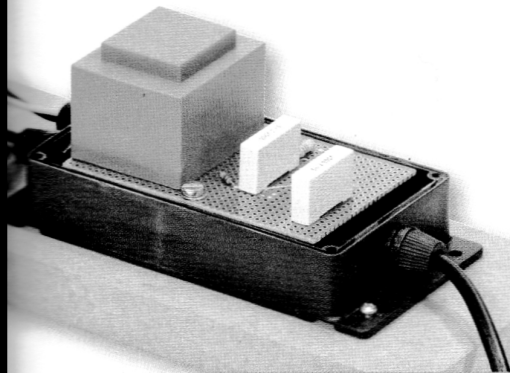
Die rückseitig offene Bauweise fördert den Diffusschall im Raum, und der ist für die Weiträumigkeit des Klangs ge-

winnbringend. Der Einbau in ein geschlossenes, bedämpftes Gehäuse ist aber ebenfalls möglich, wenn die Diffusität sonst Überhand nähme.

Unsere akustischen Messungen zeigen einen ab 700 Hertz ausgewogen auf einem Niveau von 90 dB verlaufenden Frequenzgang. Die Höhen zwischen 10 und 20 Kilohertz sind allerdings massiv überzogen. 30 Grad seitlich bleibt der Mitten- und untere Hochtonbereich weitgehend unverändert – das Rundstrahlverhalten ist tadellos. Lediglich der obere Hochtonbereich fällt seitlich deutlich ab. Vertikal nimmt die Empfindlichkeit insgesamt gleichmäßig ab, während die grundsätzliche Kurvenform sich nicht verändert – das bezeichnet man als „Constant Directivity“.

HOCHTON-ÜBERTREIBUNG

Ein Blick auf die Impedanzkurve verrät, wie die Hochton-Überbetonung zustande kommt: Die Impedanz fällt im kritischen Bereich bis auf verstärker-mordende 0,3 Ohm. Klar: Das ganze Konstrukt ist ein Kondensator, und der wird mit zunehmender Frequenz allmählich zum Kurzschluss, bevor der induktive Einfluss des Signalübertragers die Impedanz wieder ansteigen lässt. Und Kurzschluss bedeutet, dass ein leistungsfähiger Verstärker ohne Ende Strom schiebt und damit Leistung in



Das Speiseteil enthält einen Transformator, der das Musiksignal auf die benötigte hohe Signalspannung bringt und symmetriert, sowie eine Hochspannungskaskade, die aus der Netzspannung die notwendigen 680 Volt Polarisationsspannung erzeugt.

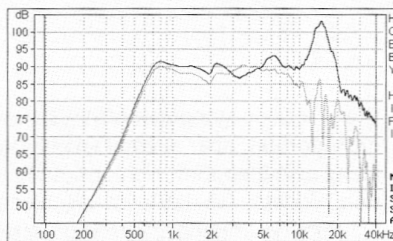
den Lautsprecher pumpt, die dieser in Schall umsetzt.

Elektrostaten werden gerne mit Röhrenendstufen betrieben, und damit verschwindet die Hochtonüberhöhung. Das haben wir im Labor mit einem Widerstand im Signalweg nachgebildet, denn nichts anderes ist eine Röhrenendstufe: Ein Verstärker mit ein paar Ohm, gerne zwei bis drei, im Ausgang. Und oh Wunder, schon ein einziges Ohm reicht aus, um dem Elektrostaten Manieren beizubringen. Normgerechte vier Ohm Nennimpedanz sind sichergestellt, wenn 3,3 Ohm im Signalweg liegen. Aber dann geben sich die Höhen schon deutlich zurückhaltend.

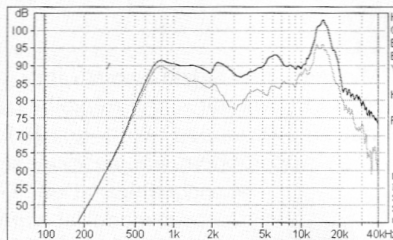
FREQUENZWEICHE

In einer Lautsprecherkombination wird der Sombetzki-Elektrostat mit einer ganz normalen passiven Frequenzweiche an den Tieftonpartner angepasst. Michael Sombetzki empfiehlt einen 12-dB-Hochpass aus 15 bis 18 Mikrofarad und 3,3 Millihenry. Der verunstaltet den Frequenzgang allerdings auf geradezu dramatische Weise: um 1.000 Hertz entsteht eine drastische zehn dB hohe Überhöhung, und die Hochtonüberreibung nimmt sogar noch zu.

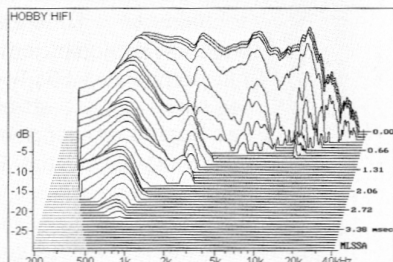
Auch hierfür liegt die Ursache in der Form der Impedanzkurve: Die bildet einen 20 Ohm hohen Buckel mit 1.200 Hertz Mittenfrequenz aus. Eine passive Frequenzweiche kann mit einer dermaßen unkonstanten Last nichts anfangen: Die zerstört jede noch so gut gemeinte Zielfunktion.



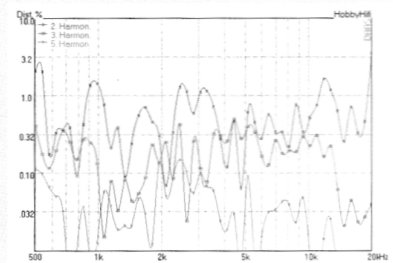
Schalldruck-Frequenzgang frei stehend axial und 30° horizontal
Seitlich der Symmetrieachse verbessert sich in den Mitten die Ausgewogenheit, während die Höhen sich verabschieden.



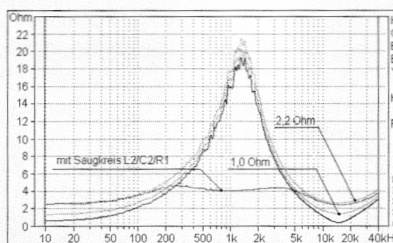
Schalldruck-Frequenzgang frei stehend axial und 15° vertikal
Oberhalb werden die Mitten leiser, die Höhen aber nicht.



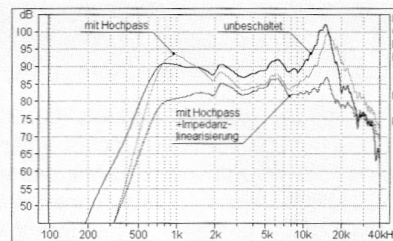
Wasserfallspektrum auf unendlicher Schallwand axial (1,0 Ohm in Serie)
Resonanzen bei 800 Hz und 2 kHz, oberhalb von 2 kHz vorbildlich schnelles und gleichmäßiges Abklingen.



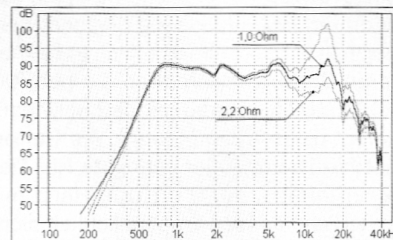
Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel
Mittleres Klirrniveau, gehörophysiologisch günstig gestaffelte Oberwellen.



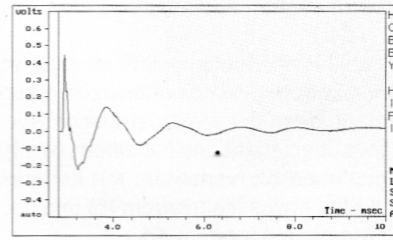
Impedanz-Frequenzgang ohne (—) / mit (...) Serienwiderstand 1,0 Ohm / 2,2 Ohm, ohne (...) / mit (---) Impedanzkontroll-Saugkreis
Unbeschaltet inakzeptable Impedanzsenke von 0,3 Ohm und Resonanzspitze, mit Impedanzkontroll-Beschaltung gutmütige Last für Filter und Verstärker.



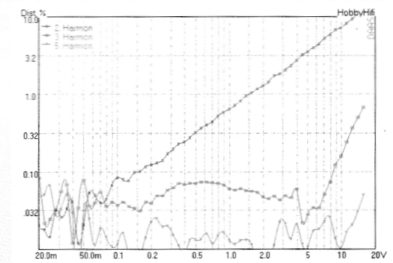
Schalldruck-Frequenzgang frei stehend axial ohne / mit Hochpass, ohne / mit Impedanzkorrektur
Ohne Impedanzlinearisierung verschlechtert der Hochpass die Ausgewogenheit des Klangs, mit Impedanzkontrolle gelingt die Filterung einwandfrei.



Schalldruck-Frequenzgang frei stehend axial ohne / mit Serienwiderstand 1,0 Ohm / 2,2 Ohm
Ein kleiner Widerstand im Signalweg beseitigt die unschöne Brillanzbetonung bereits komplett, ein größerer Widerstand führt zu zurückhaltenden Höhen, „englischem“ Klang.

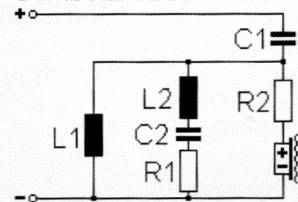


Sprungantwort auf unendlicher Schallwand axial (1,0 Ohm in Serie)
Periodisches Ausschlagen der 800-Hz-Grundresonanz.



Klirrfaktor K2, K3 und K5 über Signalpegel bei 1,0 kHz
Lediglich K2 steigt mit zunehmendem Pegel an, Klirr höherer Ordnung bleibt niedrig.

Sombetzki ESL-Tweeter



Beschaltungsvorschlag
Hochpass 12 dB/Oktave (C1, L1), Impedanzkontroll-Saugkreis (L2, C2, R1) und Serienwiderstand (R2). Die Bauteilwerte stehen im Fließtext.



Ein Impedanzkontroll-Saugkreis (L2, C2, R1; Schaltbild auf S. 49 rechts unten) bringt das in Ordnung: 100 Mikrofarad, 0,15 Millihenry und 4,7 Ohm formen eine einwandfrei konstante Impedanzkurve um vier Ohm. Damit funktioniert die Sombetzki-Empfehlung für den Hochpass perfekt und mit 700 Hertz Trennfrequenz.

Wir würden den ESL-Hochtöner allerdings etwas höher trennen, denn unsere Klirr-Pegel-Messung diagnostiziert bei 1.000 Hertz ein erheblich vorteilhafteres Großsignalverhalten als bei 700 Hertz. 10 Mikrofarad und 2,2 Millihenry liefern diese Trennfrequenz. Als Tieftonpartner kommt jeder sehr gute HiFi-Tieftöner infrage, der bis 1.000 Hertz mitspielt, und dessen Empfindlichkeit nicht die mit Frequenzweiche und Impedanzkorrektur noch verbleibenden 85 dB des Elektrostaten übersteigt. Ein 17- oder 20-cm-Bass mit mindestens acht Ohm Nennimpedanz wird diese Bedingung in der Regel einhalten, einen 25er oder 30er müsste man genauer prüfen.

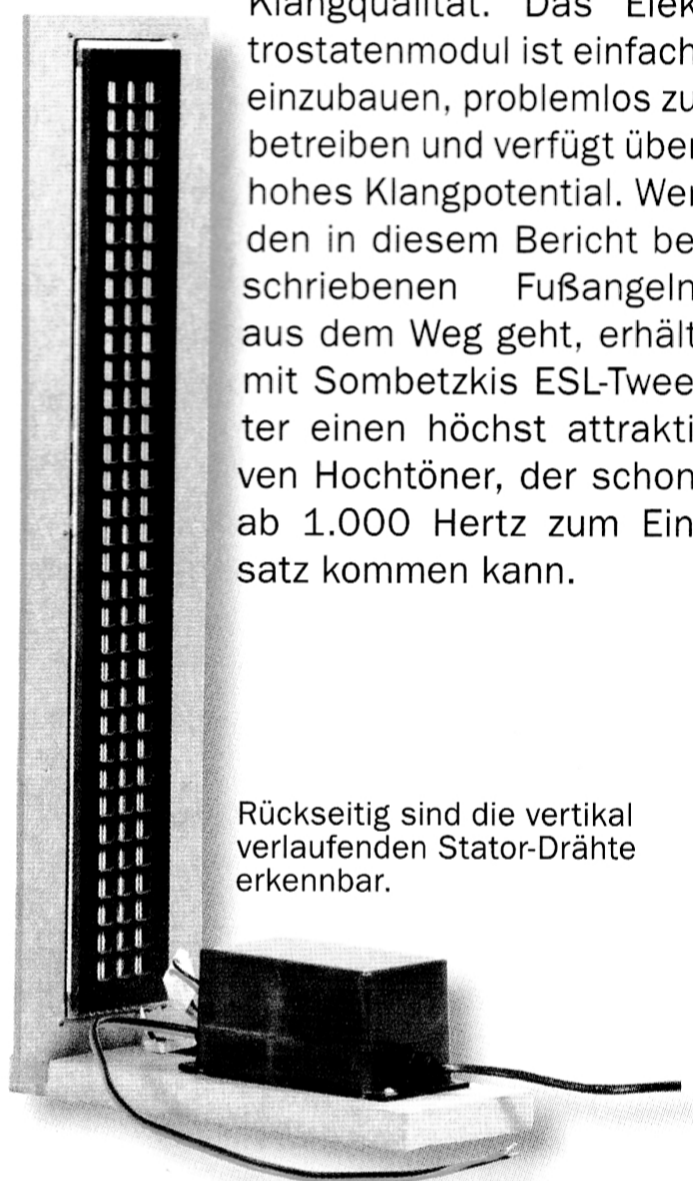
Hochklassige Klangqualität ist einer solchen Zweiweg-Kombination in die Wiege gelegt, denn der elektrostatische Hochtöner überzeugte uns mit einem sehr angenehmen Klirrverhalten, mit höherem K2-Klirr, etwas niedrigerem K3 und deutlich zurückhaltendem K5.

Das Dipolprinzip beeindruckt mit weiträumigem und luftigem Klang, ist aber hinsichtlich der räumlichen Rahmenbedingungen anspruchsvoll: Zumindest sollten diese Lautsprecher nicht zu wandnah aufgestellt werden.

Die Frequenzganglinearität ist zwar nicht perfekt, aber allemal so gut, dass klangliche Einbußen nicht ins Haus stehen. Wichtig ist natürlich die hier beschriebene Impedanzkorrektur mittels Saugkreis und Serienwiderstand. Ohne diese Maßnahme kann der Elektrostat an einem Röhrenverstärker ausgewogen klingen, nicht aber an einer strompotenten Halbleiterendstufe.

FAZIT

Michael Sombetzki weist mit seinem ESL-Tweeter einen reizvollen und vielversprechenden Weg zu Selbstbau-Lautsprechern mit hochklassiger Klangqualität. Das Elektrostatenmodul ist einfach einzubauen, problemlos zu betreiben und verfügt über hohes Klangpotential. Wer den in diesem Bericht beschriebenen Fußangeln aus dem Weg geht, erhält mit Sombetzkis ESL-Tweeter einen höchst attraktiven Hochtöner, der schon ab 1.000 Hertz zum Einsatz kommen kann.



Rückseitig sind die vertikal verlaufenden Stator-Drähte erkennbar.

> TECHNISCHE DATEN

Preise

500 Euro: einschl. Speisegerät
350 Euro: ohne Zubehör
Vertrieb: Sombetzki Elektrostaten,
..... Buseck

Elektrische u. akustische Daten

Nennimpedanz nach DIN: 0,5 Ohm
Impedanzminimum im Übertragungsbereich: 0,3 Ohm/16 kHz
Resonanzfrequenz: 1.200 Hz
Mittlere Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m):
..... 90 dB
niedrigste Trennfrequenz: 700 Hz
empfohlene Trennfrequenz: .. 1.000 Hz

Maße, Materialien

Außenmaß: 540x90x18 mm
Einbaumaß: 510x72 mm
Frästiefe: 3 mm
Frontplatte: Acryl, hochglänzend,
..... weiß oder schwarz
Chassis: geschäumtes PVC
Übertragergehäuse: Kunststoff
Membranmaterial:
..... Polyesterfolie 2,5 µm
Membranmaße (Länge x Breite)
..... 480x40 mm
Membranfläche: 192 qcm