

MINI-ONKEN MIT FOSTEX

Fostex-Breitbänder F120A und FX120 im Mini-Onken-Gehäuse von planet_10 hi-fi

Zu den Allzeit-Stars der Lautsprechertechnik zählt das Bassreflexgehäuse nach Onken. Gerüchten zufolge soll es japanische Wurzeln haben, aber genaueres ist leider nicht herauszufinden. Das hindert natürlich nicht daran, die Vorteile der Konstruktion zu würdigen und nach deren Maßgabe immer mal wieder ein neues „Onken“ zu konstruieren.

Seit den 1970er Jahren ist das Onken-Bassreflexgehäuse in Lautsprecherbaukreisen ein fester Begriff: Damals präsentierte Audax einen Bauvorschlag mit 38-Zentimeter-Bass, der in einem riesigen Gehäuse mit eigentümlich großformatigen Bassreflexkanälen residierte. Die Reflexöffnungen waren beiderseits des Tieftöners entlang der Schallwandkanten über die gesamte Gehäusehöhe verteilt. Etwa zehn Jahre später veröffentlichte Focal eine ähnliche Konstruktion, schon kleiner und nur noch mit einem 25-Zentimeter-Treiber

bestückt. Jetzt zeigen wir einen Entwurf des amerikanischen Lautsprecherspezialisten David Dlugos, der für planet_10 HiFi seine Mini-Version eines Onken-Bassreflexgehäuses entwarf.

Günter Damde, Inhaber von Art of Sound in Saarbrücken, griff diese Konstruktion auf, da er als ausgewiesener Fostex-Spezialist natürlich immer auf der Suche nach interessanten Bauvorschlägen mit den Chassis des japanischen Breitbänder-Spezialisten ist – und Dlugos empfiehlt für sein Mini-Onken die Fostex-Breitbänder F120A und FX120.

WEGWEISER

Breitbänder F120A: Datenblatt	38
Breitbänder FX120: Datenblatt.....	40
Messergebnisse mit F120A	42
Messergebnisse mit FX120	43
Gehäuse: Bauplan.....	44
Gehäuse: Stückliste, Bedämpfung.....	45
Entwicklerpraxis: Korrekturnetzwerk..	46
Frequenzweiche:	
Schaltplan, Stückliste, Aufbau	46
Hersteller-/Vertriebsadressen.....	81

Fostex-Breitbänder

Die beiden Breitband-Schallwandler F120A (s. S. 38) und FX120 (s. S. 40) passen nicht in das gängige Größenraster von Lautsprecherchassis: Für Vierzöller sind ihre Membranen zu groß, für



Fünfföller zu klein. Mit 66 Quadratzentimetern liegen sie genau in der Mitte zwischen den nominellen Vier-Zoll-Chassis, deren Membranen durchschnittlich 50 bis 55 Quadratzentimeter aufweisen (s. S. 68), und den nächst größeren, die 75 bis 85 Quadratzentimeter große Membranen mitbringen. Man sollte hier also wohl von 4,5-Zöllern sprechen.

Beide Breitbänder nutzen den gleichen Korb, ähnlich dimensionierte Schwingspulen und vergleichbare Papiermembranen. Ihr erheblicher Preisunterschied resultiert aus unterschiedlichen Magnetmaterialien: Preisgünstiger Keramik-Werkstoff, so genanntes Ferrit, liefert beim FX120 das Magnetfeld, eine kostspielige Aluminium-Nickel-Kobalt-Legierung (AlNiCo) erledigt das beim F120A. Breitbänder mit AlNiCo-Magnetsystem stehen im Ruf besonderer Klangqualität, und Liebhaber zahlen dafür gerne einen hohen Preis. Eine belastbare Erklärung

des AlNiCo-Vorteils ist uns nicht bekannt. Um die besondere Klangqualität experimentell zu untersuchen, müsste ein und derselbe Breitbänder mit unterschiedlichen Magnetsystemen zur Verfügung stehen. Lowther bietet diese Möglichkeit, und die AlNiCo-Systeme dieses britischen Herstellers sind tatsächlich eine Klasse für sich.

Was ist „Onken“?

Das optische Kennzeichen dieser Bassreflexgehäuse sind ihre großformatigen, symmetrisch seitlich des Tieftontreibers angeordneten Bassreflexöffnungen. Deren Querschnitt gleicht ungefähr der Tiefton-Membranfläche. Bassreflexkanäle konventioneller Bassreflexsysteme begnügen sich dagegen mit nur 15 bis 25 Prozent der Treiber-Membranfläche.

Um mit einem so großen Reflexkanal-Querschnitt die geforderte Bassreflex-Eigenfrequenz, die nicht anders als bei üblichen Bassreflex-Systemen ausfällt, zu erzielen, fällt die Länge des Reflexkanals ebenfalls groß aus. Tieftöner, die schon bei konventioneller Dimensionierung auf einen langen Bassreflexkanal angewiesen sind, scheiden damit für ein Onken-Gehäuse aus: Der Onken-Reflexkanal erreichte dann Dimensionen, die ihn in die Nähe einer Transmissionslinie rückten – mit den daraus resultierenden Wellenleiter-Symptomen, also störenden Resonanzen im Mittenbereich. Tieftöner, die einen besonders kurzen Reflexkanal benötigen, sind dagegen für Onken ideal.

Damit spricht die eingeschränkte Auswahl brauchbarer Tieftöner kontra Onken, pro Onken die dank des größeren Reflexkanal-Querschnitts geringere Strömungsgeschwindigkeit der Luft,

woraus reduzierte Strömungsverluste resultieren. Kompressionseffekte, die beim Übergang von laminarer in turbulente Luftströmung entstehen, was zuerst am Eingang und Austritt des Bassreflexkanals passiert, treten, wenn überhaupt, erst bei höherer Lautstärke auf.

Die – mehr oder weniger – symmetrische Anordnung der Onken-Reflexkanäle beiderseits der Tieftonmembran soll den Membrankonus symmetrisch belasten und so Taumelbewegungen reduzieren. Dies müsste als Reduktion von Verzerrungen messbar sein. Allerdings hat das bisher wohl noch niemand systematisch untersucht. Jedenfalls findet man zu diesem Punkt nur spekulative Aussagen.

Die mechanische Auslegung des Onken-Bassreflexkanals bietet noch einen ganz handfesten Vorteil: eine nicht unerhebliche Stabilisierung des Gehäuses. Die Seitenwände werden ja doppelt ausgeführt, und

Stege verbinden innere und äußere Seitenwände in einem so kleinen Raster, dass eine besonders starre Gehäusestruktur entsteht.

Gehäuse im metrischen Maßsystem

Im Ursprungsland des hier vorgestellten Onken-Gehäuses genießt das zöllige Maßsystem Vorrang – allerdings wohl nicht ganz unangefochten, denn die Gehäusepläne von planet_10 HiFi sind sowohl zöllig als auch metrisch bemaßt. Rundungsfehler sind dabei natürlich allgegenwärtig, denn ein Zoll misst ja nun mal „krumme“ 25,4 Millimeter. Die gewählte Materialstärke macht es nicht einfacher: Neunzehn Zweiunddreißigstel Zoll – man könnte geneigt sein, ein kolportiertes Zitat Asterix' über die Römer abzuwandeln ...

Wir haben uns erlaubt, die Konstruktion den in Europa gängigen Maßen und Plattenstärken entsprechend ganz leicht abzuwandeln, was akustisch natürlich vollkommen unerheblich ist. Wir schlagen 16 Millimeter Materialstärke vor, für MDF- und Spanplatten das gängige Maß. Wer mit dem in 16er Plattenstärke nicht verfügbaren Birkenmultiplex arbeiten möchte, nimmt am besten 15 Millimeter und nähert sich damit an die zöllige Materialstärken-Vorgabe an.

Stabiles Gehäuse

Die doppelwandigen und daher besonders stabilen Seitenflächen mit integrierten Bassreflexkanälen wurden bereits erwähnt. Front, Rückwand, Boden und Deckel fallen mit je 16 Millimetern Materialstärke dagegen vergleichsweise schwachbrüstig aus. Das erfordert eine Verstrebung, die parallel zu den Seitenwänden

orientiert das ganze Gehäuse durchzieht. Diese wird mit einer Lochsäge perforiert. Weder der in der Gehäusezeichnung angegebene Durchmesser von 66 Millimetern noch die gezeichnete Anordnung der Kreisabschnitte müssen penibel eingehalten werden – Hauptsache, zwischen den Topfbohrungen bleiben mindestens 20 Millimeter Material stehen.

Im Bereich des Breitband-Lautsprecherchassis wird diese Verstrebung so weit ausgespart, dass das Chassis genügend freie Einbautiefe vorfindet. Je nachdem, ob der F120A oder der FX120 zum Einsatz kommen, fällt dieses Maß unterschiedlich aus. Die Idee von David Dlugos war, diese Aussparung exakt an die Chassismaße anzupassen und das Chassis auf diese Weise rückseitig abzustützen. Das Gelingen einer so präzisen Fertigung halten wir aber für schwer realisierbar.

Besser müsste die Verstrebung seitlich etwas versetzt und dann eine Einschlagmutter M8 oder M10 axial hinter dem Breitbänder in die Rückwand eingebaut werden. Eine entsprechend lange Gewindestange, von außen maßvoll angezogen, könnte dann rückseitig gegen das Chassis drücken. Da weder F120A noch FX120 über eine Polkerbohrung verfügen, ist dies hier

Mini-Onken mit Fostex F120A u. FX120

Technische Daten

Entwickler (Gehäuse):	David Dlugos (planet_10 hi-fi, USA)
Entwickler (Korrekturnetzwerke):	..... Dipl.-Ing. Bernd Timmermanns
.....	..... (Ing.-Büro Timmermanns, Kleve)
Lautsprecherchassis:	..... Fostex
Maße BxHxT:	..... 254x485x312 mm
Tiefton-Nettovolumen:	..... 22 l
Gehäuse-Funktionsprinzip:	..... Bassreflex-Gehäuse
Nennimpedanz nach DIN:	..... 12 Ohm
Impedanzminimum	
mit F120A:	..... 9,0 Ohm/3.500 Hz
mit FX120:	..... 9,2 Ohm/200 Hz
Empfindlichkeit (2,83 V, 1 m):	..... 85 dB
Übertragungsbereich (-3 dB):	..... 40 Hz - 20 kHz

Kosten (pro Lautsprecherbox)

Breitbänder F120A:	..... 450 Euro
Breitbänder FX120:	..... 213 Euro
Frequenzweichen-Bauteile f. F120A:	..... 55/330 Euro (*)
Frequenzweichen-Bauteile f. FX120:	..... 40/265 Euro (*)
Holz-Zuschnitte MDF roh:	..... 25 Euro
Bedämpfung u. Kleinteile:	..... 25 Euro
Summe mit F120A:	..... 555/830 Euro (*)
Summe mit FX120:	..... 303/528 Euro (*)

(*) mit Bauteilen gemäß unseren Empfehlungen für „Preis-Leistung“ bzw. „Highend“ (s. S. 46), jeweils ohne die optionale Impedanzkorrektur.



Thiele-Small-Parameter:

- Re = 7,5 Ohm
- Le = 0,37 mH
- Fs = 68 Hz
- Qms = 4,2
- Qes = 0,63
- Qts = 0,55
- Sd = 66 qcm
- Vas = 10 l
- Cms = 1,7 mm/N
- Mms = 3,3 g
- Rms = 0,33 kg/s
- B*I = 4,1 N/A
- Z(1 kHz) = 8,5 Ohm
- Z(10 kHz) = 24,2 Ohm

Fostex F120A

Preis: 450 Euro

Vertrieb: Mega Audio, Waldlaubersheim

Der F120A von Fostex gehört zu der heute seltenen Spezies von Breitbändern, die mit einem AlNiCo-Magnetsystem ausgestattet sind. Die teure Magnetlegierung aus Aluminium, Nickel und Kobalt genießt unter Audiophilen einen legendären Ruf. Das mag damit zusammenhängen, dass vor dem Aufkommen der heute üblichen, viel kostengünstigeren keramischen Ferritmagnete AlNiCo Stand der Technik war. In den heute nur noch von wenigen Liebhabern gehegten und gepflegten Breitband-Systemen aus den 1940er bis 1960er Jahren sorgten AlNiCo-Magnete für den guten Ton.

Der Fostex-Breitbänder verfügt über einen äußerst stabilen, massiv gebauten Gusskorb sowie über eine ebensolche Kappe, die das Magnetsystem umhüllt. Eine acht Millimeter starke vordere Polplatte formt um die mit elf Millimetern recht kurze, aber immerhin 30 Millimeter durchmessende Schwingspule einen tiefen Magnetspalt. 1,5 Millimeter Linearhub, die aus dieser Geometrie resultieren, sind nicht sehr viel, Immerhin nimmt dank des tiefen Magnetspalts die Antriebskraft bei Überschreiten des Linearbereichs nur relativ langsam ab.

Die Membran besteht aus weißem Papier, ist aber auf ihrer Vorderseite mit einer schwarzen Beschichtung versehen. Die Staubschutzkappe ist aus hauchdünnem Aluminium geformt. Sie sitzt direkt auf der Schwingspule, was ihr das Bestreiten des Hochtonbereichs erleichtert. Eine Schaumstoffsicke bildet den Übergang von der Membran zum Korb. Dieses Material ermöglicht geringere mechanische Verluste als der weiter verbreitete Butylkautschuk (Gummi) und fördert damit Feinzeichnung und -auflösung.

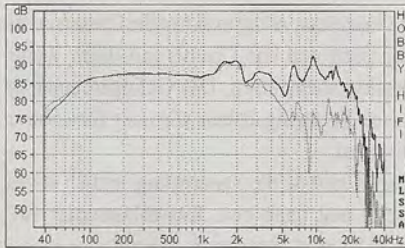
Ungeachtet des enormen materiellen Aufwands für das Magnetsystem entzerrt der Antrieb nicht unbedingt vor Kraft. Das schlägt sich in einer relativ hohen Resonanzgüte von 0,55 nieder. Dabei fällt die bewegte Masse mit gerade mal gut drei Gramm schon sehr niedrig aus. Bassreflex gelingt in diesem Fall dennoch recht ordentlich; andere Tieftöner verhalten sich trotz niedrigerer Resonanzgüte weniger Bassreflex-freundlich - wie auf Seite 32 zu sehen.

Der akustische Frequenzgang punktet mit großer Breitbandigkeit bis 20 Kilohertz hinauf, patzt allerdings mit eigentlich unnötiger Zurückhaltung im Präsenzbereich (2,5-6 kHz). Um zwei Kilohertz weist ein Frequenzganghöcker nebst verzögertem Ausschwingen auf eine Membranresonanz hin. Dessen ungeachtet liegen die Klirrwerte vom Grundton bis weit in die Mitten erfreulich niedrig. In den Höhen fällt K3 relativ hoch aus.

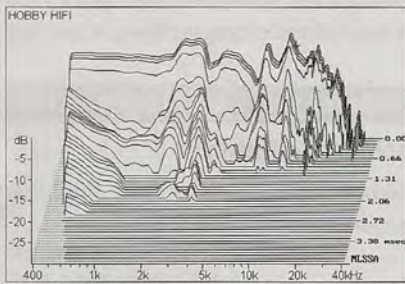
Fazit: Der teure Fostex F120A bietet eine AlNiCo-Magnetsystem. Er punktet mit seiner sehr leichten Membran, die trotz eher mäßigen Magnetantriebs einen guten Wirkungsgrad ermöglicht, mit äußerst geringen mechanischen Verlusten sowie mit breitbandigem Übertragungsverhalten bis 20 Kilohertz hinauf.

Gehäuseempfehlung

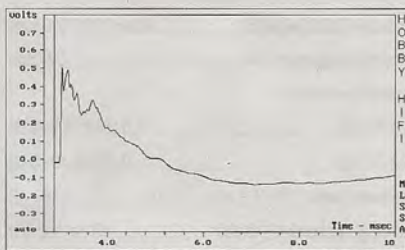
Gehäusotyp	bassreflex	bassreflex
Widerstand im Signalweg	0,2 Ohm	1,0 Ohm
Gehäusevolumen	15 l	17,5 l
Abstimmfrequenz	53 Hz	53 Hz
Untere Grenzfrequenz (-3 dB)	46 Hz	44 Hz
Bassreflex-tunnel-Durchmesser	50 mm	50 mm
Bassreflex-tunnel-Länge	100 mm	90 mm



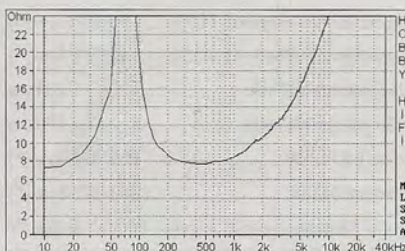
Schalldruck-Frequenzgang in unendlicher Schallwand axial und unter 30°
Im wesentlichen ausgewogen, relativ linear mit leichter Zurückhaltung im Präsenzbereich, voller Schalldruckpegel fast bis 20 kHz.



Wasserfallspektrum in unendlicher Schallwand axial
Um 2 kHz verzögertes Ausschwingen, im unteren Mittenbereich und in den Höhen bestes transientes Verhalten.



Sprungantwort in unendlicher Schallwand axial
Innerhalb der ersten Millisekunde von Resonanzen überlagertes Ausschwingen, danach perfekt.



Impedanz-Frequenzgang Freiluft
Hochohmig, keine Resonanzartefakte im Mittenbereich.

Schwingspulen Daten

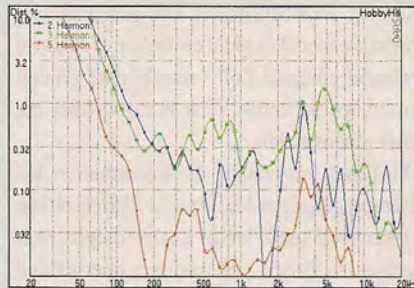
- Durchmesser: 30 mm
- Wickelhöhe: 11 mm
- Trägermaterial: Polymid
- Spulenmaterial: Kupfer-Runddraht
- Luftspalttiefe: 8 mm
- lineare Auslenkung Xmax: 1,5 mm

Elektrische u. akustische Daten

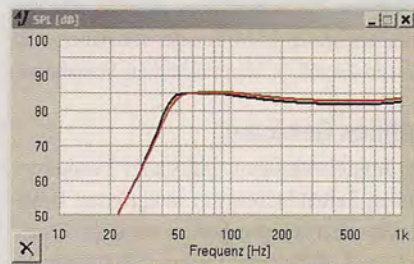
- Nennimpedanz nach DIN: 8 Ohm
- Impedanzminimum: 7,7 Ohm/475 Hz
- Impedanz bei 1 kHz: 8,5 Ohm
- Impedanz bei 10 kHz: 24,2 Ohm
- Empfindlichkeit im Tieftonbereich (Freifeld): 85 dB
- Übertragungsbereich: fu - 20 kHz

Maße, Materialien

- Außendurchmesser: 123x123 mm
- Einbaudurchmesser: 102 mm
- Frästiefe: 6 mm
- Einbautiefe (nicht eingefräst): 81 mm
- Membranmaterial: Papier, beschichtet
- Sickenmaterial: Schaumstoff
- Dustcap-Material: Aluminium
- Korbmaterial: Leichtmetall-Druckguss
- Magnetmaterial: AlNiCo
- Belüftungsmaßnahmen: keine

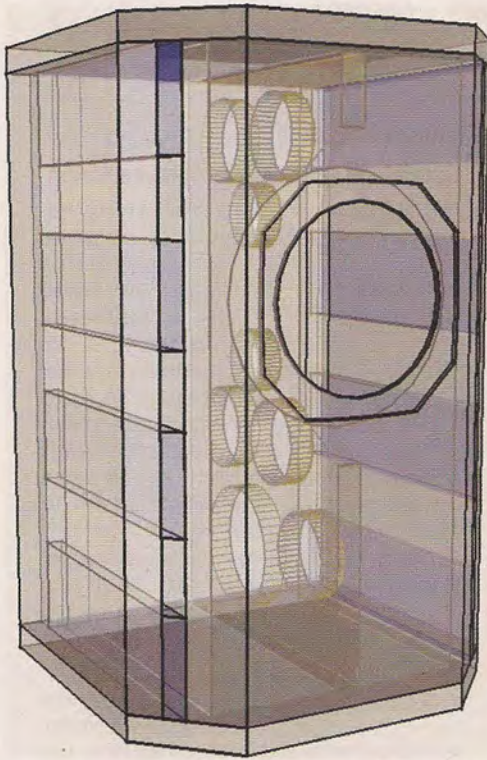


Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel
Im Präsenzbereich relativ hoher K3, sonst erfreulich niedrige Verzerrungswerte.



Tieftonsimulation entspr. d. Gehäuseempfehlung in Spalte 3 mit 0,2 Ohm (rot) und 1,0 Ohm (schwarz) Widerstand im Signalweg

Saubere Bassreflexabstimmung mit nur ganz leichter Plateaubildung, mit 45 Hz für die Chassisgröße niedrige Grenzfrequenz.



Im Transparenzmodell ist der innere Aufbau des Gehäuses mit den Bassreflexkanälen innerhalb der Seitenwände und dem vielfach durchlöchernten Stabilisator in der Gehäusemitte gut zu erkennen.

problemlos möglich. Das Breitbandchassis sollte dann aber nicht nur mit Spanplattenschrauben befestigt werden – der rückseitige Druck auf das Chassis könnte diese aus dem Holz heraus zwingen. Maschinenschrauben und Einschlagmuttern wären die Befestigungsmethode der Wahl.

Bedämpfung

Eine einen Zentimeter dicke Schicht verdichteter Polyesterwatte bedeckt die Innenflächen des Gehäuses. Die Eintrittsbereiche der Bassreflexkanäle werden ausgespart. Tackerklammern halten das Material an

seiner Position. Auch das selbstklebende „Damping 10“ wäre verwendbar. Diese spartanische Bedämpfung reicht bereits aus, um im Gehäuse auftretende Resonanzen im wesentlichen im Zaum zu halten. Eine mögliche ergänzende Bedämpfung besteht in einer Schicht normaler, nicht verdichteter Polyesterwatte auf der Verstrebung und auf dem Gehäuseboden. Das Ausschwingverhalten dürfte im Grundtonbereich davon profitieren. Da die Testgehäuse ohne diese Verstrebung angefertigt wurden, haben wir darauf verzichtet, dies auszuprobieren.

Korrekturnetzwerk

So, wie das Fostex-Minionken den Lautsprecher-Selbstbauern auf der anderen Seite des großen Teiches nahegelegt wird, können wir es nicht befürworten: Mit beiden Treibern klingt es unangemessen mittenbetont. Das liegt an der fehlenden Frequenzgangkorrektur, die immer dann erforderlich

Wirklich ideale Partner für Röhrenendstufen

die umso schmalbandiger und kräftiger auftritt, je schlanker das Gehäuse ist. Das Mini-Onken betont den Bereich zwischen 500 Hertz und drei Kilohertz. Beide Fostex-Breitbänder spielen im diesem für natürliche Stimmenwiedergabe wichtigen Bereich fünf dB zu laut – alles andere als unerheblich.

Für jeden der beiden Fostex-Breitbänder entwarfen wir daher eine Korrekturschaltung. Der FX120 lässt das leicht mit sich machen. Der teurere Alnico-Treiber F120A legt dagegen ein divenhaftes Verhalten an den Tag. Damit er sauber und ausgewogen intoniert, bedarf es schon eines recht aufwändig gestalteten Korrekturnetzwerks und eines intensiven Abstimmprozesses mit mehrfach abwechselndem Messen und Hören (s. S. 46).

Nach Abschluss der Entwicklung erwiesen sich für den F120A zwei Sperrkreise und ein Saugkreis als hilfreich. Je nach Raumakustik und Hörgewohnheiten kann der zweite Sperrkreis entfallen – wie auf Seite 46

derlich ist, wenn ein Breitbänder in ein Gehäuse eingebaut wird: Dann zeigt sich der Baffle Step, eine Frequenzgang-Überhöhung,



Thiele-Small-Parameter:

- Re = 7,3 Ohm
- Le = 0,29 mH
- Fs = 72 Hz
- Qms = 6,8
- Qes = 0,60
- Qts = 0,55
- Sd = 66 qcm
- Vas = 7,4 l
- Cms = 1,2 mm/N
- Mms = 4,1 g
- Rms = 0,27 kg/s
- B*I = 4,8 N/A
- Z(1 kHz) = 8,6 Ohm
- Z(10 kHz) = 21,4 Ohm

Fostex FX120

Preis: 213 Euro

Vertrieb: Mega Audio, Waldlaubersheim

Der FX120 von Fostex bietet zum nicht einmal halben Preis des F120A den gleichen äußerst soliden Gusskorb und eine ähnlich leichte Papiermembran. Die Schwingspule ist fast identisch dimensioniert und sogar eine Millimeter länger, was auf einen geringfügig höheren Linearhub führt. Auch hier besteht die Staubschutzkappe aus hauchdünnem Aluminium und ist direkt auf den Schwingspulenträger geklebt. So gelingt Fostex eine souveräne Hochtonabstrahlung bis 20 Kilohertz hinauf. Die Schaumstoffsicke entspricht ebenfalls der Materialwahl beim F120A. Sie ermöglicht geringste mechanische Verluste und deshalb akribisches Auflösungsvermögen mit allerfeinster Detailzeichnung. Der mechanische Verlustwiderstand Rms fällt sogar noch einmal niedriger aus als beim

4,5-Zoll-Breitbänder in dieser Disziplin bereits exzellenten F120A.

glänzt mit geringsten mechanischen Verlusten Der wesentliche Unterschied zum

F120A besteht im Magnetsystem aus Ferrit. Das liefert aber sogar ein kräftigeres Magnetfeld als das AlNiCo-Magnetsystem des teureren Stallgefährten. Da gleichzeitig wegen der längeren Schwingspule die bewegte Masse etwas höher ausfällt, ergibt sich bei beiden die gleiche Resonanzgüte von 0,55. Bassreflex gelingt bei dieser relativ hohen Güte laut Simulation nicht ohne Tieftonplateau, in der Praxis aber schon: Im Onken-Gehäuse messen wir einen in diesem Punkt einwandfreien Tiefton-Frequenzgang (s. S. 43).

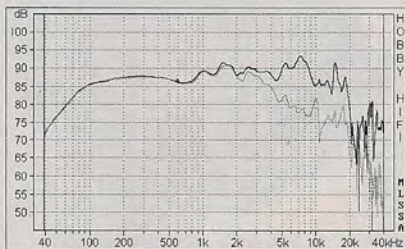
Der akustische Frequenzgang des FX120 verläuft deutlich ausgewogener als der des F120A. Letzterer hat nur im obersten Hochtonbereich, oberhalb von zehn Kilohertz, die Nase vorn. In den Mitten sind eine gewisse Welligkeit sowie verzögertes Ausschwingen zu beobachten, immerhin aber nur in eher geringem Ausmaß.

Fazit: Der FX120 bietet mit seinem Ferrit-Magnetsystem ähnliche und in einigen Bereichen sogar bessere Eigenschaften als der F120A. Äußerst geringe mechanische Verluste und ein breitbandiges, ausgewogenes Übertragungsverhalten ermöglichen ihm klangliche Exzellenz.



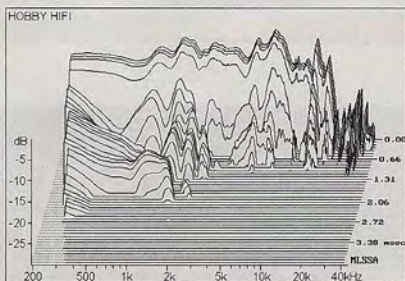
Gehäuseempfehlung

Gehäusotyp	bassreflex	bassreflex
Widerstand im Signalweg	0,2 Ohm	1,0 Ohm
Gehäusevolumen	12,5 l	13,5 l
Abstimmfrequenz	55 Hz	55 Hz
Untere Grenzfrequenz (-3 dB)	48 Hz	48 Hz
Bassreflex-tunnel-Durchmesser	50 mm	50 mm
Bassreflex-tunnel-Länge	110 mm	100 mm



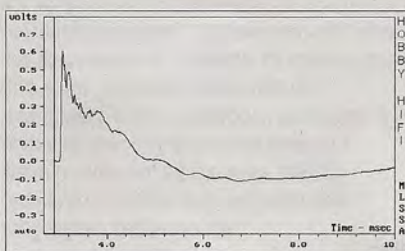
Schalldruck-Frequenzgang in unendlicher Schallwand axial und unter 30°

In den Mitten etwas wellig, aber sehr ausgewogen und breitbandig mit 20 kHz Grenzfrequenz.



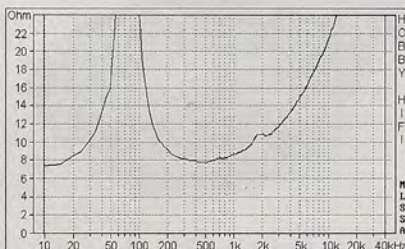
Wasserfallspektrum in unendlicher Schallwand axial

In Grundton und Mitten verzögertes, im Präsenzbereich und in den Höhen vorzügliches Ausschwingen.



Sprungantwort in unendlicher Schallwand axial

Innerhalb der ersten Millisekunde minimale Resonanzinflüsse, insgesamt vorzügliches Zeitverhalten.



Impedanz-Frequenzgang Freiluft

Hochohmig, Resonanzinfluss bei 2 kHz.

Schwingspulendaten

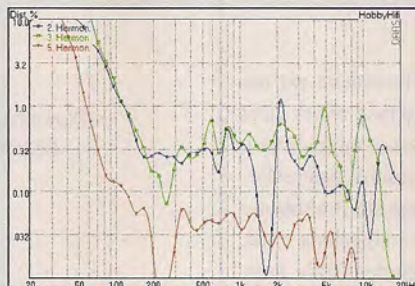
- Durchmesser: 30 mm
- Wickelhöhe: 12 mm
- Trägermaterial: Polyimid
- Spulenmaterial: Kupfer-Runddraht
- Luftspalttiefe: 8 mm
- lineare Auslenkung Xmax: 2 mm

Elektrische u. akustische Daten

- Nennimpedanz nach DIN: 8 Ohm
- Impedanzminimum: 7,7 Ohm/430 Hz
- Impedanz bei 1 kHz: 8,6 Ohm
- Impedanz bei 10 kHz: 21,4 Ohm
- Empfindlichkeit im Tieftonbereich (Freifeld): 85 dB
- Übertragungsbereich: fu - 20 kHz

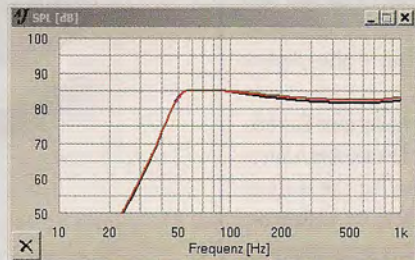
Maße, Materialien

- Außendurchmesser: 123x123 mm
- Einbaudurchmesser: 102 mm
- Frästiefe: 6 mm
- Einbautiefe (nicht eingefräst): 55 mm
- Membranmaterial: Papier, beschichtet
- Sickenmaterial: Schaumstoff
- Dustcap-Material: Aluminium
- Korbmaterial: Leichtmetall-Druckguss
- Magnetmaterial: Ferrit
- Belüftungsmaßnahmen: keine



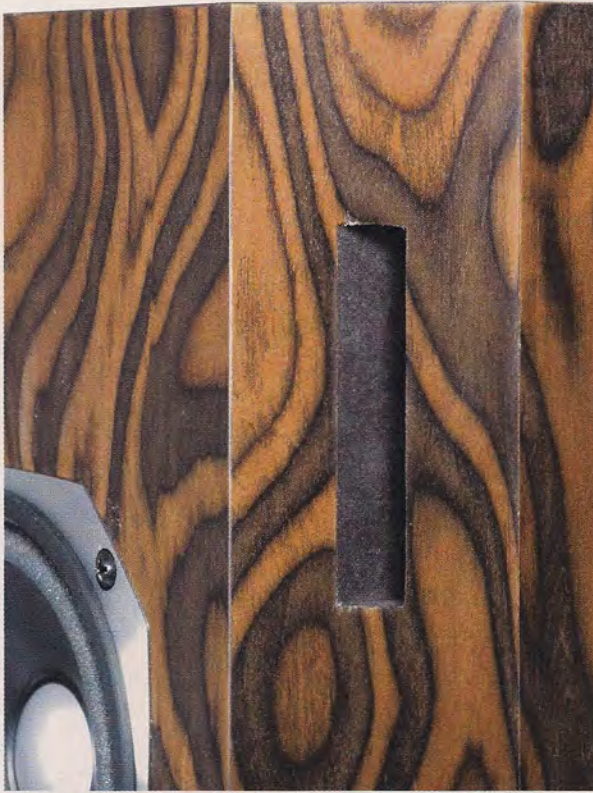
Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel

Gleichmäßiger Klirverlauf, leicht erhöhter K3 im Präsenzbereich.



Tieftonsimulation entspr. d. Gehäuseempfehlung in Spalte 3 mit 0,2 Ohm (rot) und 1,0 Ohm (schwarz) Widerstand im Signalweg

Saubere Bassreflexabstimmung mit nur ganz leichter Plateaubildung, mit 50 Hz für die Chassisgröße angemessene Grenzfrequenz.



Die insgesamt acht Bassreflexmündungen liegen in den breiten Fasen seitlich an der Gehäusefront. In der Summe entspricht ihr Querschnitt ungefähr der Membranfläche.

erläutert. Der FX120 kommt ohne den Sauger aus – er benötigt nur einen oder beide Sperrkreise, allerdings mit teils abweichenden Bauteilwerten.

Weichenbauteile

Aufgebaut haben wir die Korrekturnetzwerke für unsere Hörtests nur provisorisch, immerhin aber mit höchstwertigen Bauteilen: Folien-Luftspulen sowie die exzellenten CMR- und CSA-Kondensatoren von ICW standen hierfür zur Verfügung. Ein fotogener Demo-Aufbau unterblieb diesmal.

Wer an den Frequenzweichenbauteilen sparen möchte, sollte dies nicht um jeden Preis tun: Das qualitative Minimum für die Induktivitäten stellen Luftspulen mit 1,4 Millimeter starkem, vibrationsdämpfend verbackenem Draht dar. Die Kondensatoren können adäquat als Standard-MKP-Typen gewählt werden, dann mit möglichst hoher Spannungsfestigkeit, weil damit die mechanische Stabilität des Kondensatorwickels höher ist.

Messergebnisse

Mit beiden Breitband-Treibern verhält sich das Onken-Gehäuse im Tieftonbereich ähnlich. Es stellt den Chassis deutlich mehr Volumen zur Verfügung als unsere Gehäuseempfehlungen besagen: 22 Liter, während unsere Empfehlungen zwischen 12,5 und 17,5 Litern liegen

(s. S 38 u. 40). Damit gelingt eine tiefere Basswiedergabe mit geringfügiger Frequenzgang-Welligkeit – kein Fehler, solche minimalen Unlinearitäten sind im Tieftonbereich nicht auffällig.

Bis hinauf in die Mitten verhalten sich F120A und FX120 sehr ähnlich, daher die kaum unterschiedlichen Korrekturnetzwerke. Im Präsenzbereich schwächelt der F120A; zwischen drei und sechs Kilohertz fehlen ihm drei bis vier dB Schalldruckpegel. Den Hochtonbereich bestreiten beide Breitbänder wieder sehr ähnlich.

Ähnlichkeit zeigt sich auch im Ausschwing- und im Klirrvverhalten; Beide Schallwandler schwächeln ausschwingtechnisch im Grundton und in den Mitten, und beide legen ein erfreulich niedriges Klirrniveau an den Tag.

Das Rundstrahlverhalten gelingt beiden Breitbändern hervorragend. Die 42 Millimeter

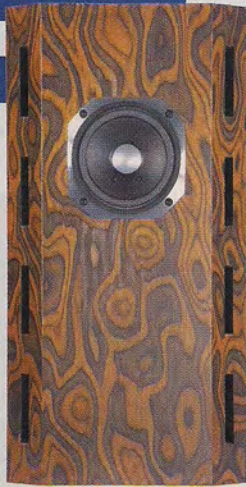
breiten Fasen an den Seitenkanten vermeiden Schallbeugung und Interferenzen so weitgehend, dass die axiale und die 30-Grad-Messung sich an keiner Stelle überkreuzen. Bis 4.000 Hertz verlaufen beide Kurven deckungsgleich, und oberhalb dieser Frequenz fallen die 30-Grad-Kurven ab. Der F120A legt hier das deutlich stärkere Richtverhalten an den Tag.

Lob verdient auch das hochohmige Verhalten: Die Impedanzkurven verlaufen deutlich oberhalb von acht Ohm – von zwölf Ohm Nennimpedanz kann man da schon sprechen. Röhrenverstärker mit schlechtem Dämpfungsfaktor profitieren von so hochohmigen Lautsprechern. Genehmigt man ihnen dann noch die von uns ausgearbeitete Impedanzkorrektur, dann ist bei diesen Lautsprechern wirklich idealen Partnern für Röhrenendstufen zu sprechen.

Hörtest

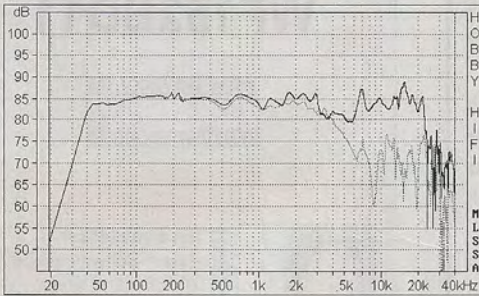
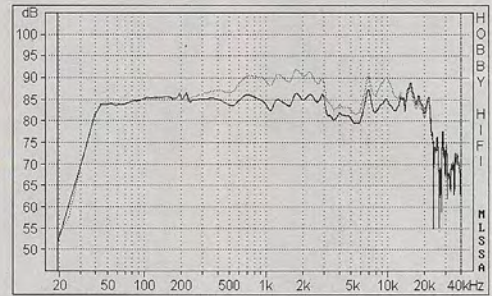
Die Lautsprecher reagieren auf unterschiedliche Grade der Ausrichtung zur Hörposition sehr empfindlich. Ausgehend von paralleler Anordnung des Boxenpaares drehten wir die Lautsprecher schrittweise immer weiter zu Mitte. Bis zur exakten Ausrichtung zur Hörposition wurde der Hochtonbereich immer klarer, und die räumliche Abbildung fokussierte zunehmend. Noch besser geriet die räumliche Abbildungsqualität, wenn

An dieser Onken-Sache scheint was dran zu sein

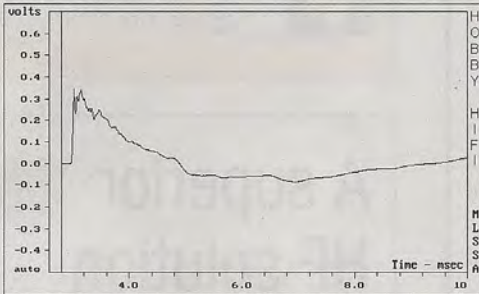
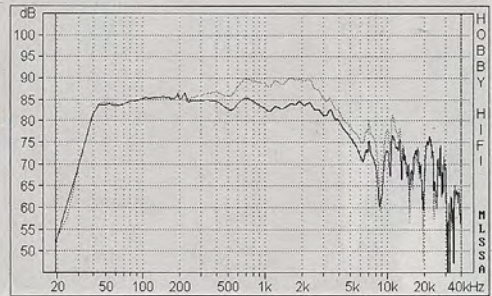


Mini-Onken mit Fostex F120A: Messergebnisse

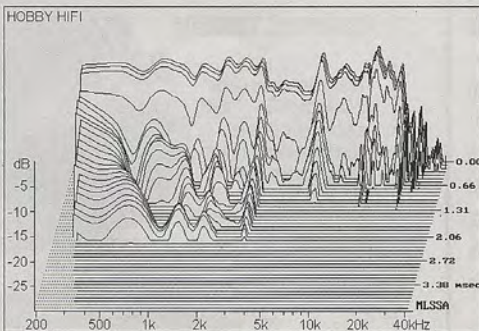
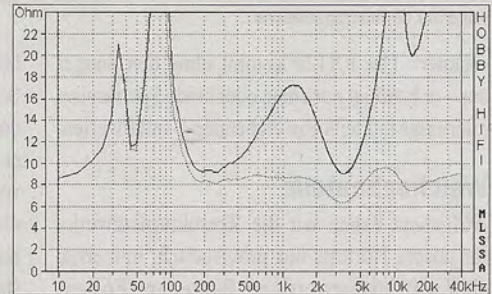
Schalldruck-Frequenzgang ohne u. mit Korrekturnetzwerk axial
Breitbandige Korrekturwirkung, bis 3 kHz perfekt ausgewogen, darüber bis 6 kHz zu große Zurückhaltung.



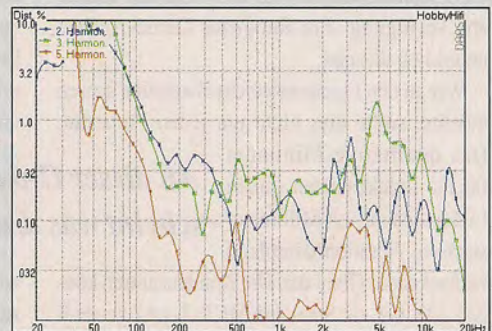
Schalldruck-Frequenzgang axial (—) und unter 30 Grad (...)
Vorbildlich ausgewogen bis auf die Zurückhaltung im Präsenzbereich, starke Richtwirkung in den Höhen.
Schalldruck-Frequenzgang ohne u. mit Korrekturnetzwerk unter 30°
Optimale Korrekturwirkung; die Pegeldämpfung oberhalb von 3 kHz wäre nicht erforderlich und lässt sich durch Wegfall des zweiten Sperrkreises vermeiden.



Sprungantwort 0°
Schnelles Ein- und nach der ersten Millisekunde gleichmäßiges Ausschwingen.
Impedanz-Frequenzgang ohne (—) und mit (...) Impedanzkorrektur
Die umfangreiche Frequenzgangkorrektur führt zu einem Impedanzverlauf mit Spitzen und Senken. Daher ist eine aufwändige Impedanzentzerrung aus Saugkreis und R-C-Glied erforderlich.



Wasserfallspektrum 0°
Unter 3 kHz verzögertes Ausschwingen, das sich durch stärkere Gehäusebedämpfung (s. Text) teilweise verbessern ließe.
Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel
Vom Grundton bis zu den oberen Mitten ausgesprochen geringe Verzerrungen; im Präsenzbereich höherer K3-Klirr.



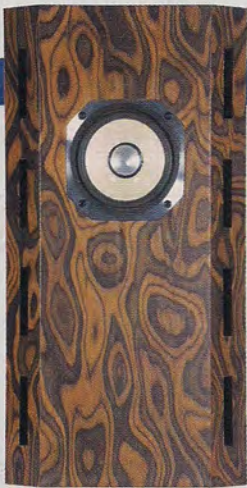
die Lautsprecher so weit eingedreht wurden, dass sich ihre Achsen einen halben bis einen Meter vor der Hörposition schnitten. Mit dieser Ausrichtung ging es dann an den eigentlichen Hörtest.

Mit dem preisgünstigeren FX120 legen die Boxen eine begeisternde Spielfreude an den Tag. Das Klangbild wirkt lebhaft, impulsiv und spitzig, ohne irgend einen Frequenzbereich zu

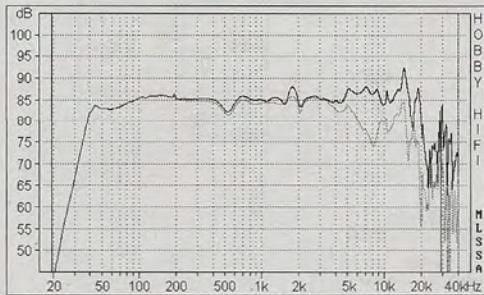
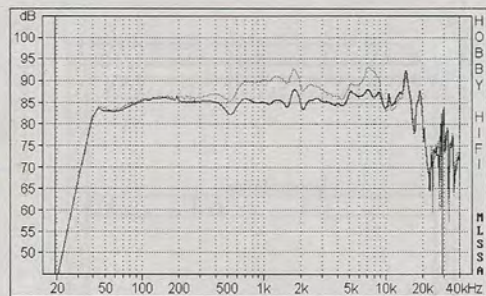
übertreiben. Stimmen erklingen plastisch und tonal authentisch, Schlagzeug wirkt fein und klar.

Der Bass überrascht angesichts der kleinen Membran und des geringen Linearbereichs mit seiner Klarheit, Standfestigkeit und einem ganz und gar erstaunlichen Volumen – an dieser Onken-Sache scheint was dran zu sein.

Hans Theessink bemühten wir wegen seines tiefen Bassbaritons. Die Stimme hatte das ihr zustehende Brustvolumen, war wunderbar klar gezeichnet und wirkte sehr real. Das Yuri Honing Trio durfte den Police-Klassiker „Walking on the Moon“ zelebrieren – mit atemberaubend tiefem Kontrabass, der richtig schön fett schnalzte und unter die Haut ging.

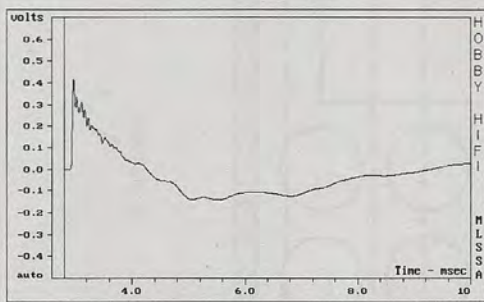
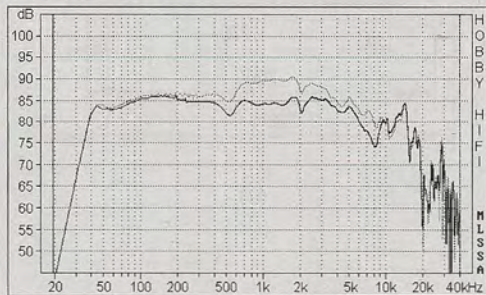


Schalldruck-Frequenzgang ohne u. mit Korrekturnetzwerk axial
 Optimale Korrektur der Überhöhungen im Mitten- und Hochtonbereich mit sehr ausgewogenem Ergebnis.



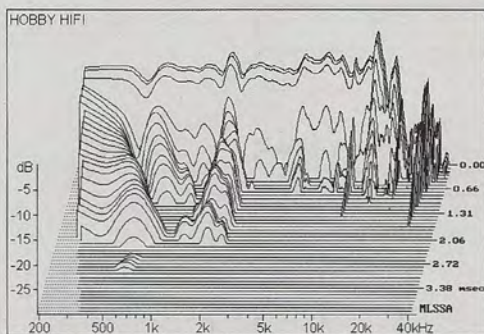
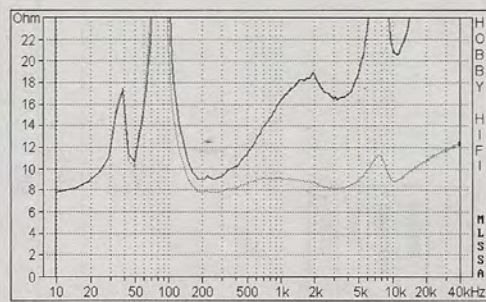
Schalldruck-Frequenzgang axial (—) und unter 30 Grad (...)
 Sehr ausgewogen, fehlerfreies Rundstrahlverhalten, relativ geringe Richtwirkung in den Höhen.

Schalldruck-Frequenzgang ohne u. mit Korrekturnetzwerk unter 30°
 Optimale Korrekturwirkung; die Pegeldämpfung oberhalb von 4 kHz wäre nicht erforderlich und lässt sich durch Wegfall des zweiten Sperrkreises vermeiden.



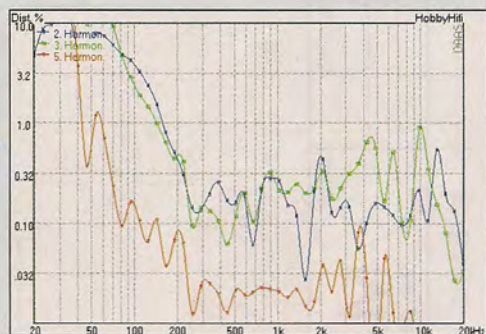
Sprungantwort 0°
 Schnelles und gleichmäßiges Ein- und Ausschwingen.

Impedanz-Frequenzgang ohne (—) und mit (...) Impedanzkorrektur
 Die beiden Sperrkreise bilden auf der Impedanzkurve lokale Maxima bei 2 und 7,5 kHz. Trotzdem reicht ein R-C-Glied für weitgehende Impedanzlinearisierung.



Wasserfallspektrum 0°
 Unter 2 kHz verzögertes Ausschwingen, das sich durch stärkere Gehäusebedämpfung (s. Text) teilweise verbessern ließe.

Klirrfaktor-Frequenzgänge K2, K3 u. K5 bei 90 dB mittlerem Schalldruckpegel
 Ab dem Grundton aufwärts ausgesprochen geringe Verzerrungen und gleichmäßiger Klirverlauf.



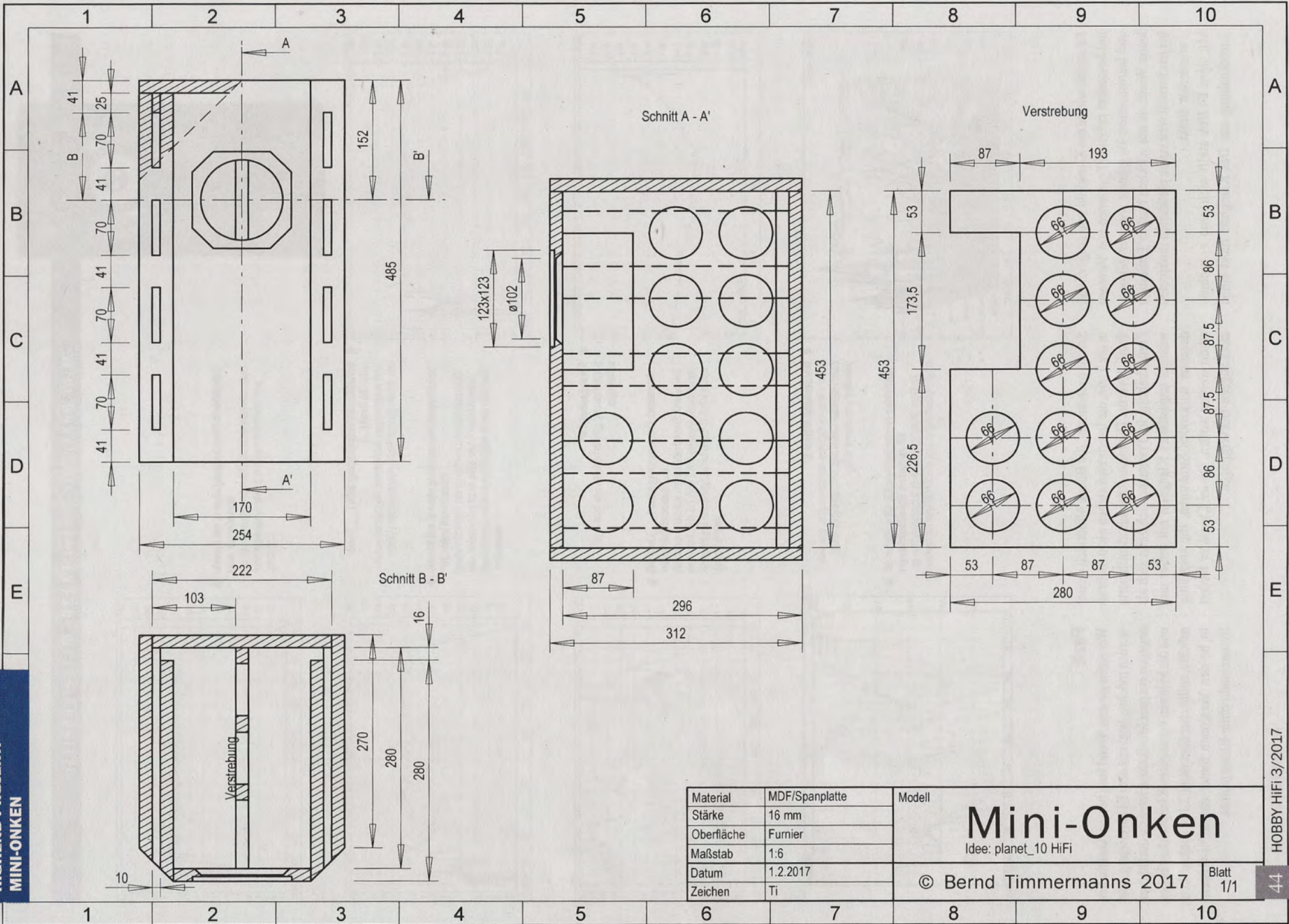
Räumlich wirkte das Klangbild sehr aufgeräumt, mit besonders präzisen Positionen von Stimmen und Instrumenten. Es glänzte weniger mit opulenter Weite als mit wirklich exakter Definition bei tendenziell weit vorne platzierten Interpreten – wunderbar direkt.

Mit dem F120A stellt sich eine vornehme Zurückhaltung ein. Das Klangbild rückt einen

Schritt nach hinten, die Bühne öffnet sich weiter in die Tiefe, die Interpreten stehen nicht mehr so deutlich vorne. Die messtechnisch identifizierte Zurückhaltung im Präsenzbereich zeigt sich als weniger ungestümes Klangbild mit feiner und dezenter wirkenden Strukturen, die sorgfältig erhört werden wollen. Dieser Charakter fördert das Langzeit-Hörvergnügen.

Fazit

Wer einen ganzen Abend lang bestens unterhalten werden möchte, liegt mit dem F120A richtig. Wer dagegen ein paar Musikalben intensiv durchhören und die in ihnen versteckten Klangschätze heben möchte, sollte eher über den FX120 nachdenken. In beiden Versionen bietet das Mini-Onken-System audiophile Klangqualität.



Material	MDF/Spanplatte	Modell
Stärke	16 mm	
Oberfläche	Furnier	
Maßstab	1:6	
Datum	1.2.2017	
Zeichen	Ti	

Mini-Onken

Idee: planet_10 HiFi

© Bernd Timmermanns 2017

Blatt
1/1

Mini-Onken mit Fostex F120A oder FX120: Gehäuse

Holz:

MDF 16 mm:

1 Front.....	453x170 mm
2 Seitenwand außen	453x286 mm
2 Seitenwand innen	453x280 mm
1 Rückwand.....	453x222 mm
2 Boden, Deckel.....	312x254 mm
1 Verstrebung	453x280 mm

MDF 10 mm:

6 Bassreflex-Unterteilung	280x41 mm
4 Bassreflex-Unterteilung	280x25 mm

Aufbautipps:

Die Gehrungen an den Seitenwänden, die die seitlichen Fasen bilden, können schon vor dem Verleimen geschnitten oder am fertig verleimten Gehäuse vorgenommen werden. Die Seitenwände mit den hier integrierten Bassreflexkanälen werden zunächst verleimt, die Gehäuseverstrebung wird ausgeschnitten. Dann werden Front, Rückwand, Verstrebung und die Seitenwände miteinander verleimt. Schließlich folgen Deckel und Boden. Falls die Schrägschnitte bisher noch nicht erfolgten, können die seitlichen Fasen am fertig verleimten Gehäuse geschnitten oder mit einem Bandschleifer hergestellt werden. Es spricht auch nichts dagegen, statt der 45-Grad-Fase einen entsprechenden Radius zu formen. Hierzu müssen die Zuschnittmaße der inneren und äußeren Seitenwände geringfügig vergrößert werden. Zuletzt folgt das Ausfräsen des Chassis-Ausschnitts. Die Fräskontur des Fostex-Korbes weist zwischen den acht Ecken leicht bogenförmige Konturen auf. Um diese Form auf die Ausfräsung zu übertragen, wird am besten anhand eines vorhandenen Chassis, das als Vorlage dient, eine Frässchablone angefertigt.

Was nicht in der Zeichnung steht:

Gehäuseausschnitt für ein Anschlussfeld: Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten von der Einpressbuchse

über Polklemmen bis hin zu verschiedenen Anschlussfeldern, ggf. auch für Biwiring. Position und Größe des Ausschnitts legen Sie fest, nachdem Sie sich für eine Anschlusslösung entschieden haben.

Bedämpfung:

Verdichtete Polyesterwatte, 10 mm Stärke, alternativ Damping 10: Bis auf die Eintrittsbereiche der Bassreflexkanäle wird das ganze Gehäuse innen ausgekleidet und die Bedämpfung mit Tackerklammern fixiert.

Polyesterwatte 300 g/qm: Die senkrechte Verstrebung im Gehäuse wird mit einer auf 45x28 cm zugeschnittenen Matte Polyesterwatte (ca. 35 g) einseitig belegt und die Watte dort mit Tackerklammern fixiert. Ca. 20 g Polyesterwatte werden auf dem Boden des Gehäuses lose verteilt.

Montagematerial:

Selbstklebende Schaumstoff-Dichtstreifen für luftdichten Einbau der Lautsprecherchassis und ggf. des Anschluss terminals.

Lochrasterplatine Intertechnik LP/RA240 (F120A) oder LP/RA160 (FX120)

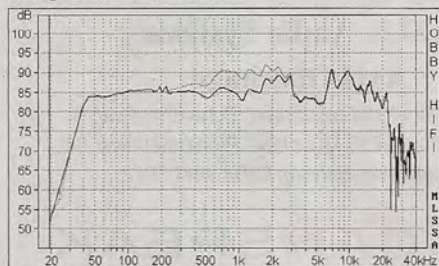
4 Zylinderkopfschrauben 4x20 mm (Breitbänder)



KORREKTURNETZWERK FÜR F120A

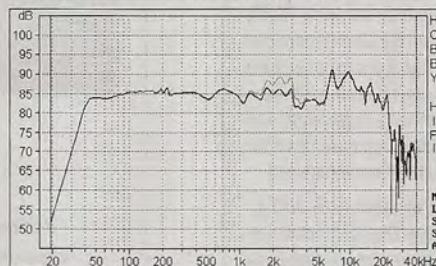
Der teure Alnico-Treiber F120A legt ein divenhaftes Verhalten an den Tag: Eine Schaltung, die messtechnisch funktioniert, muss noch lange nicht gut klingen, und was im ersten Augenblick vernünftig klingt, stellte sich messtechnisch mehrfach als Sackgasse heraus. Wir zeigen die Entwicklungsschritte zu seinem Korrekturnetzwerk.

Damit der F120A sauber und ausgewogen intoniert, benötigt er ein relativ aufwändiges Korrekturnetzwerk aus zwei Sperrkreisen und einem Saugkreis. In diesem Fall bedurfte es eines intensiven Abstimmprozesses mit mehrfach abwechselndem Messen und Hören. Die wesentlichen Schritte zum Erfolg skizzieren wir hier.

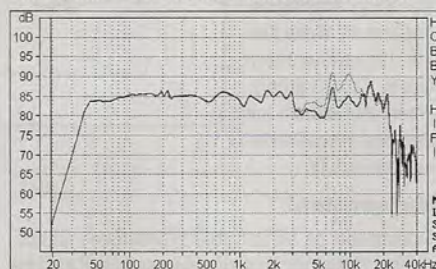


Unbeschaltet (...) weist der F120A im Mini-Onken-Gehäuse eine markante Mittenbetonung (500 Hz-3 kHz) auf. Darauf folgt ein eher zurückhaltender Präsenzbereich (3-6 kHz), bevor er schließlich in den Höhen noch mal ordentlich aufdreht (6-12 kHz). Der Sperrkreis L1/C1/R1 (___) kompensiert nur den unteren Teil der Mittenüberhöhung. Würde er so breitbandig dimensioniert, dass er den ganzen Mittenbereich beackert, dann würde entweder der

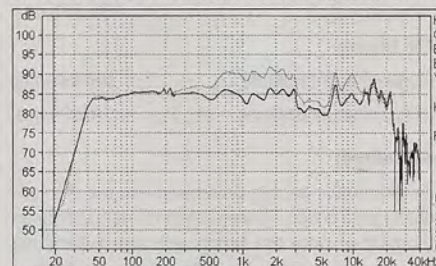
eher zart besetzte Präsenzbereich ungebührlich in Mitleidenschaft gezogen, oder an den Rändern des kritischen Bereichs blieben kleine Buckel stehen.



Was der Sperrkreis übrig lässt (...), kilt der Saugkreis L3/C3/R3 (___). So gelingen ausgewogene Mitten, ohne den Präsenzbereich unterzubuttern.



Der Hochtonübertriebung (...) widmen wir den zweiten Sperrkreis L2/C2/R2. Der bearbeitet den Bereich zwischen 6 und 10 kHz (___), leider nicht ohne den Präsenzbereich ein wenig zu lädieren. Versuche mit schmalbandigerer Auslegung, um den Präsenzbereich zu schonen, waren nicht von Erfolg gekrönt: Dann blieb die schmale Spitze bei 7 kHz weitgehend unbehelligt, und das Klang nicht so toll.



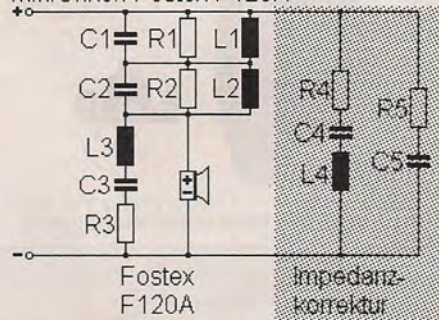
Der Erfolg der Korrekturschaltung insgesamt: Mitten- und Höhenübertriebung sind eliminiert. Ein leichter Kollateralschaden in Form des unnötigerweise um 2 dB dezimierten Präsenzbereichs ließ sich leider nicht vermeiden.

Generell sollte man das Übertragungsverhalten eines Lautsprechers nicht nur axial betrachten. Wir messen immer auch unter 30 Grad, weil sich in diesem Winkel besonders deutlich zeigt, was außerhalb der Symmetrieachse passiert. Selbst wenn die Lautsprecher exakt zur Hörposition ausgerichtet werden, zeigt die axiale Messung nur den Direktschall. Der Diffusschall trägt aber ebenfalls zum Klangeindruck bei, und der ergibt sich aus dem Abstrahlverhalten des Lautsprechers in alle Richtungen. Wenn es axial Schwierigkeiten mit Schall-

Mini-Onken mit Fostex F120A oder FX120: Frequenzweiche

Mini-Onken mit Fostex F120A

MiniOnken-Fostex F120A



Die Frequenzweiche wird z.B. auf einer Raster-Leiterplatte Intertechnik LP/RA240 aufgebaut und hinter dem Tieftöner auf die Gehäuserückwand geschraubt. Die Impedanzkorrektur (grau unterlegt) ist nur für den Betrieb mit einer Röhrendstufe sinnvoll und erforderlich.

Preis-Leistungs-Empfehlung:

Diese Bauteilequalitäten bieten ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis.

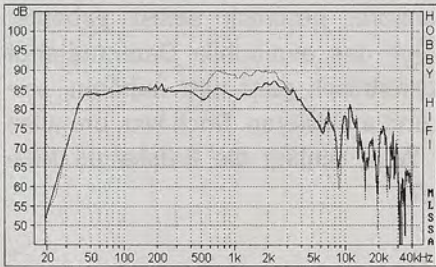
L1.....	1,5 mH Luftspule, 1,4 mm Backlackdraht
L2.....	0,1 mH Luftspule, 1,4 mm Backlackdraht
L3.....	0,68 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht
L4.....	1,5 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht
C1.....	10 µF MKP Folie
C2.....	2,2 µF MKP Folie
C3.....	4,7 µF MKP Folie
C4.....	15 µF MKP Folie
C5.....	3,3 µF MKP Folie
R1.....	8,2 Ohm, 10 W MOX
R2.....	22 Ohm, 10 W MOX
R3.....	10 Ohm, 10 W MOX
R4.....	18 Ohm, 20 W Zement
R5.....	10 Ohm, 20 W Zement

Highend-Empfehlung:

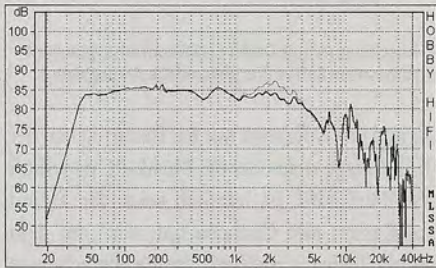
Diese Bauteilequalitäten sichern den bestmöglichen Klang.

L1.....	1,5 mH Folienspule CFC14
L2.....	0,1 mH Folienspule CFC14
L3.....	0,68 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht
L4.....	1,5 mH Luftspule, 0,7 mm Backlackdraht
C1.....	10 µF Claritycap CMR 630 V
C2.....	2,2 µF Claritycap CMR 630 V
C3.....	4,7 µF Claritycap CSA 250 V
C4.....	15 µF Claritycap CSA 250 V
C5.....	3,3 µF Claritycap CSA 250 V
R1.....	8,2 Ohm, 10 W MOX
R2.....	22 Ohm, 10 W MOX
R3.....	10 Ohm, 10 W MOX
R4.....	18 Ohm, 20 W Zement
R5.....	10 Ohm, 20 W Zement

beugung und Interferenzen gibt, ist sogar ein Verzicht auf die Ausrichtung zur Hörposition anzuraten. Dafür ist eine nicht-axiale Frequenzgangmessung besonders aufschlussreich.

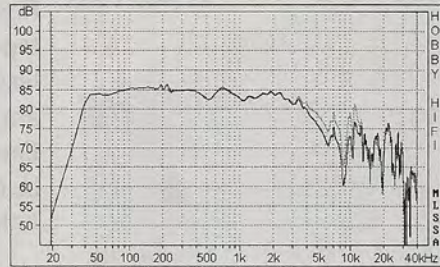


Im 30-Grad-Winkel zeigt sich die auch axial zu beobachtende Mittenüberhöhung noch eindrucksvoller, weil oberhalb davon das Richtverhalten einsetzt und daher keine Hochtonbetonung erkennbar ist (...). Die Wirkung des Sperrkreises L1/C1/R1 (___) entspricht der axialen Sichtweise: Die Sperre konzentriert sich auf den niederfrequenten Abschnitt der Anomalie.

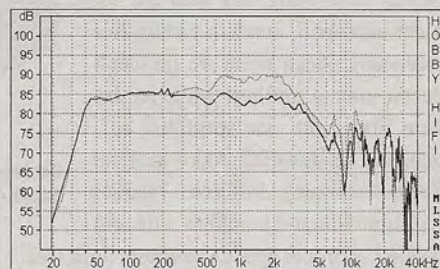


Für den verbleibenden Rest der Mittenüberhöhung (...) erweist sich der Saugkreis L3/C3/R3 auch bei

exzentrischer Messung als passend (___). Weitere Korrekturmaßnahmen erscheinen aus dieser Sicht der Dinge nicht sinnvoll.



Der zweite Sperrkreis L2/C2/R2 erscheint aus 30-Grad-Sicht völlig unnötig (___): Er dezimiert den Schalldruck im Hochtonbereich noch weiter, obwohl die Frequenzgangkurve hier längst abgetaucht ist (...).



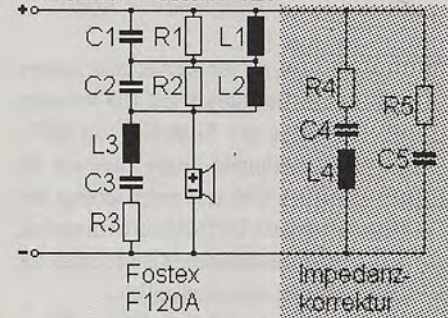
Das Gesamtergebnis der Korrekturschaltung aus 30-Grad-Sicht: Die Mittenüberhöhung ist perfekt eliminiert, aber auf die Pegelabsenkung oberhalb von 4 kHz könnte man gut verzichten.

Und die Moral von der Geschichte: In nicht zu stark bedämpften Räumen werden die Lautsprecher

mindestens ungefähr zur Hörposition ausgerichtet. Dann passt die Korrekturschaltung. In Räumen mit flauschiger Ausstattung und daher einem Mangel an Diffusschall verzichtet man besser auf den zweiten Sperrkreis und gleichzeitig auf die Ausrichtung zur Hörposition. Dann erlebt der Zuhörer den Direktschall eher so, wie die 30-Grad-Messung verheißt, und die axial gegebene Hochton-Überbetonung befreit zweckdienlich den Diffusschall.

Entsprechendes gilt übrigens auch für das KorrekturNetzwerk, das wir für den FX120 entwickelt haben. Der Wegfall des zweiten Sperrkreises beeinflusst die Impedanzkorrekturen in beiden Fällen nicht.

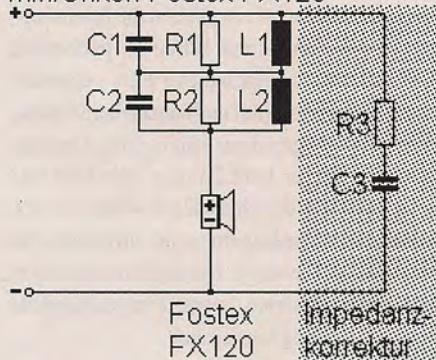
MiniOnken-Fostex F120A



KorrekturNetzwerk für den F120A im Mini-Onken-Gehäuse: Zwei Sperrkreise (L1/C1/R1 und L2/C2/R2) und ein Saugkreis (L3/C3/R3) beeinflussen das akustische Übertragungsverhalten. Die Impedanzkorrektur (grau unterlegt) dient der Impedanzanpassung im Betrieb mit Verstärkern mit niedrigem Dämpfungsfaktor. Auf das Korrekturverhalten der Schaltung hat sie keinen Einfluss.

Mini-Onken mit Fostex FX120

MiniOnken-Fostex FX120



Die Frequenzweiche wird z.B. auf einer Raster-Leiterplatte Intertechnik LP/RA160 aufgebaut und hinter dem Tieftöner auf die Gehäuserückwand geschraubt. Die Impedanzkorrektur (grau unterlegt) ist nur für den Betrieb mit einer Röhrendstufe sinnvoll und erforderlich.

Preis-Leistungs-Empfehlung:

Diese Bauteilqualitäten bieten ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis.

L1.....	1,5 mH Luftspule, 1,4 mm Backlackdraht
L2.....	0,1 mH Luftspule, 1,4 mm Backlackdraht
C1.....	6,8 µF MKP Folie
C2.....	3,9 µF MKP Folie
C3.....	22 µF MKP Folie
R1.....	8,2 Ohm, 10 W MOX
R2.....	33 Ohm, 10 W MOX
R3.....	15 Ohm, 20 W Zement

Highend-Empfehlung:

Diese Bauteilqualitäten sichern den bestmöglichen Klang.

L1.....	1,5 mH Folienspule CFC14
L2.....	0,1 mH Folienspule CFC14
C1.....	6,8 µF Claritycap CMR 630 V
C2.....	3,9 µF Claritycap CMR 630 V
C3.....	22 µF Claritycap CSA 250 V
R1.....	8,2 Ohm, 10 W MOX
R2.....	33 Ohm, 10 W MOX
R3.....	15 Ohm, 20 W Zement

Breitbänder: Fostex F120A oder FX120

Frequenzweichenbauteile lt. Stückliste

Anschlüsse: beliebiges Anschlussfeld, Polklemmen oder Bananenbuchsen

Innenverkabelung: Lautsprecher-Litze mind. 2x2,5 qmm