

Hornlautsprecher mit Fostex FE103 Σ

Vorgeschichte

Hornlautsprecher üben auf viele eine unerklärliche Anziehungskraft aus. Irgendwann habe auch ich das Bedürfnis verspürt diese Art von Lautsprechern zu besitzen. Das akustische Funktionsprinzip ist im Vergleich zu anderen Lautsprechertypen sehr ausgeklügelt und nach wie vor Forschungsgegenstand. Wie im Internet zu sehen, opfern so manche Audioenthusiasten ganze Räume für ihre Systeme. Das kam bei mir aus Platzgründen nicht in Frage. Eine Analyse der Machbarkeit, d.h die Möglichkeit die Chassis für normales Geld zu bekommen und ein normalwohnraumgerechtes Gehäuse mit eigenen Mitteln zu bauen, führte mich auf das Projekt [CT164](#) aus der Zeitschrift "Klang & Ton" von 1996, Ausgabe 5. Das Projekt, das unter der Rubrik Cheap Trick zu finden war, bot einige sehr praktische Eigenschaften: Es war relativ platzsparend, ästhetisch gelungen und vor allem bezahlbar - sogar als 'low budget' einzustufen. Verglichen mit anderen horntauglichen Breitbändern wie z.B. Treibern von Lowther ist der Fostex FE103 Sigma ein echtes Schnäppchen. Die Klangbeschreibung der Lautsprecher in der K&T war vielversprechend.



Funktionsweise

Es handelt sich um ein "rückwärtsgeladenes" Horn mit einem Breitbandlautsprecher. Bei dieser Konstruktion strahlt nur ein Chassis das gesamte Frequenzspektrum ab. Erwartungsgemäß würde ein 10cm-Treiber den Bassbereich nur schlecht übertragen und zu einem sehr hellen Klang führen. Abhilfe schafft hier ein hinter das Chassis geschaltetes hyperbolisches Horn. Das Horn hilft dem Lautsprecher bei tiefen Frequenzen effizient Schall abzustrahlen. Das Prinzip ist z.B. aus alten Gramophonen bekannt: Die sehr geringe Auslenkung der Nadel kann durch (eine Membran und) einen Trichter effizient in Schall umgesetzt werden. Große Flächen strahlen tieffrequenten Schall besser ab als kleine (Beim gleichen Hubvolumen!). Der Übergang von der kleinen Fläche auf die große kann jedoch nicht schlagartig passieren, da Schall an einem Querschnittsprung oder einer zu schnellen Aufweitung reflektiert wird und sich zurück zum Lautsprecher anstatt nach außen ausbreiten würde. Deshalb haben Hörner immer eine sich nur langsam aufweitende

Querschnittsfläche. Zum Entwurf eignet sich beispielsweise die Exponentialfunktion, die in der Natur ein Wachstum beschreibt. Das hier beschriebene Horn basiert auf einer ähnlichen Funktion, dem Cosinus-Hyperbolicus. Diese Funktion weitet sich anfangs etwas langsamer auf als die Exponentialfunktion. Das ergibt ein kleineres Gesamtvolumen des Horntraktes. Die Hornführung ist im Bild weiter unten angedeutet.

Da der Breitbänder einen nicht ganz linearen Frequenzgang hat, werden in dem Projekt zwei Saugkreise empfohlen. Es handelt sich um einen Sperrkreis im Mitteltonbereich und im Bassbereich. Den letzteren habe ich weggelassen, da mir der Klang auch so gefiel.





Aufbau

Der Aufbau ist entgegen dem ersten Eindruck relativ unkompliziert. Ein echtes Nadelöhr hat die Konstruktion nicht. Ich konnte die Boxen mittels:

- Bauhaus-Zuschnitt
- [Handgehrungssäge](#)
- Stichsäge
- Oberfräse (Rundungs-, Bündigfräse)
- Bandschleifer/Schleifklotz
- Zwingen, etc.

ohne Probleme bauen. Die meisten auf Gehrung zugeschnittenen Teile verschwinden sowieso im Gehäuse, sodass Ungenauigkeiten nicht sichtbar werden. Es muß hier aber gesagt werden, dass sich die Box nicht als erste Übung im Umgang mit Holz eignet. Bei der Beschreibung setze ich Grundwissen und etwas Erfahrung voraus. Die Box besteht aus zwei Teilen die unabhängig von einander gebaut werden können. Als Material wurde durchgehend 19er MDF (mitteldichte Faserplatte) verwendet.

Oberteil

Das Oberteil beherbergt den größten Teil des etwa 3 m langen Horntraktes, der entsprechend gefaltet werden mußte um in die Box zu passen. Aus Machbarkeitsgründen hat der Trakt eine konstante Breite. Der Aufbau beginnt mit dem Aufkleben der Vorder-, Hinter- und Oberwand auf die Seitenwand. Hier ist es wichtig den rechten Winkel einzuhalten. Zur Fixierung können normale oder Langdübel verwendet werden. Ich habe die ersteren eingesetzt. Ist das Bündigfräsen der Seitenwände nicht vorgesehen, so müssen die Wände natürlich bündig aufgeklebt werden. Vor dem Kleben muß die Öffnung für den Treiber in die Vorderwand gesägt werden. Die Trennwände werden nach dem Einzeichnen der genauen Lage auf die Seitenwand aufgeklebt. Ihr Zuschnitt sollte optimalerweise mit einer elektrischen Gehrungssäge mit einem Arbeitstisch erfolgen. Ich habe nur eine Handgehrungssäge zur Verfügung gehabt, welche die erforderliche Schnitthöhe von 112 mm gerade noch bewältigen konnte. Wie man im Bauplan sehen kann, ergibt sich in der Mitte des Gehäuses ein Hohlraum. Diesen habe ich entgegen dem Originalplan für einen Durchbruch genutzt. Dieser lockert das tiefe Gehäuse sehr auf und weckt bei allen Betrachtern immer großes Interesse. Nebenbei ist die Öffnung im Gehäuse auch sehr praktisch beim Tragen der relativ schweren Boxen.

Man sollte den Durchbruch für das Kabel in der Druckkammerwand und die Verkabelung selbst nicht vergessen. Die Ecken des Kanals sollten mit Dreieckprofilen korrigiert werden um Sprünge im Querschnitt zu vermeiden. Diese lassen sich mit einer Gehrungssäge herstellen. Wichtig ist, dass das Oberteil unten eine exakt plane Fläche ergibt, da es sonst auf dem Sockel kippelt und keine saubere Klebung ermöglicht. Ich habe hierfür das Oberteil auf einem Brett plangeschleift. Dadurch ist mir dann später ein kleines Malheur passiert: Zum Schleifen habe ich den Trakt (an der engen Stelle) mit einem Papierknäuel wegen Staubschutz zugestopft. Beim Verkleben habe ich meine ganze Aufmerksamkeit auf die Fuge gerichtet und vergaß den Knäuel zu entfernen. Mist! Die

einzig sinnvolle Lösung war ein "minimalinvasiver" Eingriff durch den Sockel durch. Zum Glück ist nur eine kleine "Narbe" geblieben.

Sockel

Der Sockel besteht zwar aus nur wenigen Teilen, ist jedoch durch die langen Schrägen etwas komplizierter im Bau. Diese Schwierigkeiten können durch den Einsatz einer (halb)professionellen Gehrungssäge umgangen werden. Da ich nur eine einfache Handsäge zur Verfügung hatte, konnte ich die Teile im Gegensatz zum Oberteil wegen der großen Schnittlänge (Höhe des Sockels) nicht zuschneiden.

Der Aufbau des Sockels beginnt mit dem Ausschneiden der Öffnungen im Boden (Frequenzweiche) und in dem Deckel (Horntrakt). Die beiden Teile werden dann zu einer Trapezform zugeschnitten. Wer das Gehäuse nachher bündig fräst, sollte 2-3 mm Überhang an den Seiten lassen. Als nächstes wird die Vorderwand vorbereitet. Sie ist an den senkrechten Seiten unter einem Winkel geschnitten. Ist man nicht im Besitz einer Tischkreissäge, so bleibt nur das zurechtschleifen wie in meinem Fall geschehen. Es reicht hier nur die Kanten anzuschleifen um die Klebefläche zwischen Seiten- und Vorderwand etwas zu vergrößern. Jetzt können die Seitenwände und die Vorderwand gleichzeitig auf den Boden aufgeklebt werden. Bevor man den Deckel aufklebt, kann noch die Abschrägung über der Öffnung für die Frequenzweiche eingeklebt werden. Diese ist wegen der vielen Winkelschnitte nicht einfach zu bauen. Hier hilft eine schrittweise Anpassung durch Schleifen. Kleinere Ungenauigkeiten sind aber nicht weiter schlimm, da das Teil von außen kaum sichtbar ist. Der Durchbruch für das Kabel oder gegebenenfalls für das Terminal sollte nicht vergessen werden.

Die Auskleidung des Horntraktes im letzten Bereich ist natürlich optional. Ihre akustische Wirkung ist eher gering. Sie sollte nach dem Streichen des Lautsprechers angebracht werden.



Die "Hochzeit"

Sind Oberteil und Sockel so weit fertig, können sie zu der endgültigen Konstruktion zusammengefügt werden. Bevor das passiert, sollte man sich noch Gedanken zum Finish machen. Gewöhnlicherweise werden Lautsprechergehäuse aus ästhetischen und akustischen Gründen an den Kanten rundgefräst. Die einzige Engstelle bei dem beschriebenen Projekt ist die Fuge. Das Problem wird verständlich, wenn man [dieses](#) Bild betrachtet. Der Sockel kann nicht einfach an der oberen Kante rundgefräst werden, da die

Vorderwand der ganzen Box durchgehend sein soll. Beim Fräsen der Sockeloberkanten muß man irgendwo kurz vor der Vorderseite aufhören. Es bleibt ein Übergang von rund auf scharfkantig den man noch per Hand bearbeiten muß. Das Problem kann umgangen werden, wenn man das Oberteil und den Sockel rundfräst. Die Box sieht dann "zweiteilig" aus.

Ansonsten muß wie oben schon beschrieben auf einen passgenauen Sitz des Oberteils auf dem Sockel geachtet werden. Für guten Halt sollten Dübel verwendet werden.

Oberflächenfinish

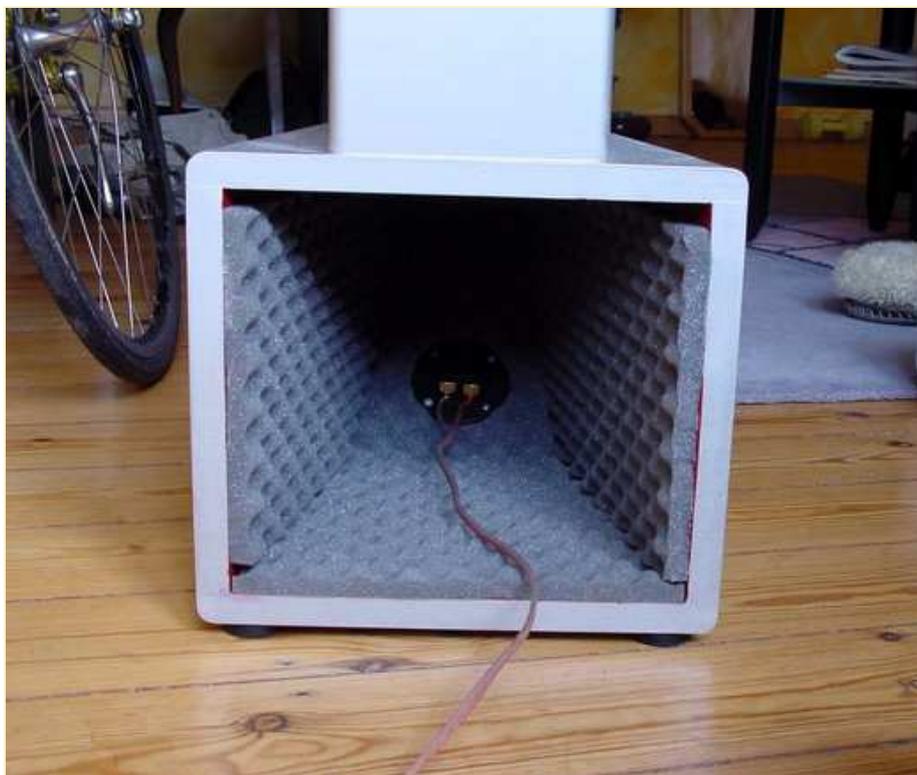
Hier sind natürlich die Grenzen nach oben offen. Ich werde einfach mein Vorgehen schildern. Nach missglückten Versuchen mit Sprühdosen habe ich mich entschieden, das Gehäuse mit einer Rolle anzumalen. Als erste Schicht habe ich Klarlack auf das Gehäuse aufgetragen. Diese Lackierung dient als Versiegelung der Spannplatte, die das Einsaugen des Lacks, besonders an den Schnittflächen, verhindern sollte. Zusätzlich kann der Klarlack noch etwas geschliffen werden und mehr Glätte zu erreichen. Als zweite Schicht habe ich wieder mit einer Rolle silbernen Lack aufgetragen (Rostschutzfarbe von Hammerit). Hier sollte man sich etwas Zeit nehmen um Fehler zu vermeiden. Diese Schicht ist nämlich für das endgültige Aussehen der Box verantwortlich. Die Rollenbewegungen sollten gleichmässig sein und von Rand zu Rand gehen. Etwas problematisch ist der Bereich der Fuge zwischen dem Kasten und dem Sockel. Als letzter Anstrich kommt wieder Klarlack zum Einsatz. Dieser lässt die silberne Farbe durch die Versiegelung etwas eleganter und "3D" aussehen. Es sollte möglichst hochqualitativer, gut verlaufender Klarlack verwendet werden. Der Durchbruch und die Innenseite des Horns wurden mit matter dunkelroter Farbe angemalt. Der Anstrich sollte nicht im Freien erfolgen, da sich sonst zu viel Staub auf den klebrigen Oberflächen absetzt.

Insgesamt ist der Anstrich relativ einfach zu machen und das Aufwand/Wirkung-Verhältnis als sehr gut einzuschätzen. Einige technisch weniger versierte Betrachter der Boxen wollten nicht glauben, dass sie aus Spanplatte bestehen.

Klang

Der Projektbeschreibung in der "Klang & Ton" war zu entnehmen, dass die Boxen zwar absolut gesehen nicht zum high-end zählen, gemessen an dem Geld- und Bauaufwand jedoch eine sehr gute Leistung abliefern würden. Das entspricht ungefähr auch meinem Urteil. Dass der Frequenzgang nicht schnurgerade ist, ist hörbar, jedoch nicht wirklich störend. Wegen der Bündelung der 10cm-Treiber müssen die Lautsprecher auf den Hörer ausgerichtet sein. Ein beliebter Streitpunkt bei Hörnern ist die Basswiedergabe. Die einen meinen "schnell", die anderen "schwach". Ich hatte leider keine Gelegenheit andere Hörner ausser irgendwelcher Giganten bei Massenvorfürungen zu hören. Im Tiefbass unter 60 Hz steht die CT164 meinen Standboxen, den Audax Bordeaux (natürlich Selbstbau!) mit einem Meter Höhe und 8"-Treibern natürlich nach. Darüber ist die Wiedergabe des 10cm-Winzlings überraschend gut. Es dominiert das Staunen über die Möglichkeiten eines so kleinen Lautsprechers. Sehr positiv ist mir die Räumlichkeit der Boxen aufgefallen. Damit meine ich die Fähigkeit der Lautsprecher die Illusion zu schaffen, dass sich eine "Bühne" vor dem Hörer aufbaut. Ich vermute, dass diese Eigenschaft auf die punktaktigen Quellen zurückzuführen ist. In dieser Disziplin werden meine Zweiwege-Vergleichsboxen geschlagen. Jegliche Sorgen wegen der Pegelfestigkeit, die Treiber sind mit nur einigen Watt Nennleistung angegeben, lösen sich nach den ersten Spielproben auf. Durch das Horn hinter dem Treiber ist die Auslenkung der Membranen sehr gering und bei Zimmerlautstärke kaum sichtbar. Eine mechanische Überlastung tritt bei dem kurzhubigen Chassis bei "normalen" Lautstärken nicht auf. Das Hornprinzip wird richtig "anfassbar". Die Hörner sind wegen ihrer Effizienz auch lauter als gewöhnliche direktstrahlende Boxen. Wer synthetisches Tonmaterial für sein Heimkino in Orginallautstärke abspielen möchte, wird natürlich enttäuscht. Die Wirkung des Bassaugkreises habe ich nicht ausprobiert. Dieser soll sich im Bereich um ca. 120 Hz den Pegel etwas absenken. Ich fand die leichte Hervorhebung in diesem Bereich ganz angenehm. Im Großen und Ganzen kann ich das Projekt sehr empfehlen. Mit einem überschaubaren Aufwand holt man sich ein Stück faszinierende Akustik nach Hause - ein gelungenes physikalisches Experiment. Das Gehäuse hat sogar etwas ästhetisches an sich, es weckt das Interesse beim Betrachter: *Da soll eine gefaltete Schnecke drin sein? Glaub' ich nicht! Nur ein Lautsprecher? Und der Subwoofer?* Der Blick auf gewöhnliche Boxen in Tausenden Abwandlungen wirkt da etwas langweilig.





Links und Downloads

Die Kopie des Artikels mit Bauplan kann [hier](#) heruntergeladen werden. An dieser Stelle möchte ich Bernd Timmermanns für die Erlaubnis danken.

Erfahrungsbericht über CT164 von Stefan Klose (englisch):
<http://melhuish.org/audio/DIYRH5.html>

Ein interessanter Nachbau der CT164 mit dem FE108 von Levi:
<http://www.lautsprecherbau.at/ct164/index3.html>

Fostex homepage mit Datenblättern:
<http://www.fostexspeaker.de>

Die Anzeige von [ACR](#) mit diversen Fostex-Breitbändern von damals