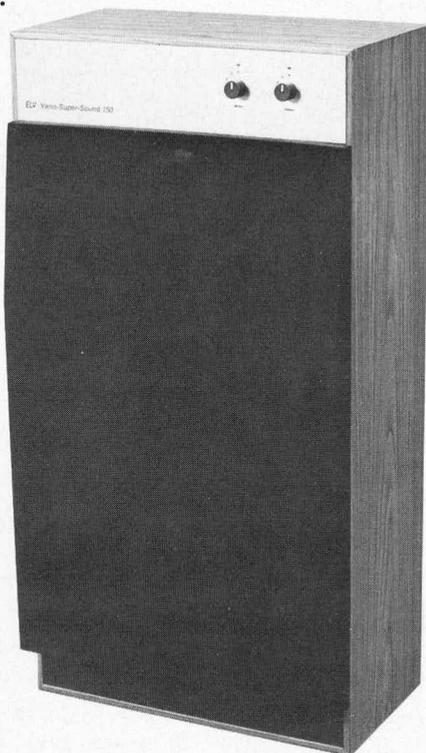


# ELV-HiFi-Labor

2. Teil einer Serie, die ausführlich den Nachbau einer kompletten HiFi-Anlage beschreibt.



## 2. Teil:

Baubeschreibung einer phasenlinearen 150 Watt HiFi-Lautsprecherbox mit Vario-Einschub

*Mit diesem Beitrag beginnen wir den praktischen Teil unserer Serie ELV-HiFi-Labor. Wir stellen Ihnen eine phasenlineare 150 Watt HiFi-Lautsprecherbox (Vario-Super-Sound 150-VSS 150) mit Vario-Einschub vor, auf dessen richtungsweisende Technik bereits im 1. Teil dieser Serie eingegangen wurde.*

In der vorangegangenen Ausgabe ELV Nr. 13 haben wir die wesentlichen theoretischen Grundlagen in Form einer Einführung in die HiFi-Elektroakustik veröffentlicht.

Der hier vorliegende 2. Teil befaßt sich mit dem Selbstbau einer phasenlinearen 150 Watt HiFi-Lautsprecherbox VSS 150 mit Vario-Einschub.

Der nachträglich einzusetzende Vario-Einschub ermöglicht den problemlosen Ausbau der HiFi-Lautsprecherbox von einer passiven in eine aktive Box.

Bevor wir jedoch den Aufbau der Box beschreiben, sollen noch zum besseren Verständnis der Zusammenhänge einige Worte zur Funktionsweise eines Lautsprechers vorangestellt werden.

Stückliste	
<i>Phasenlineare HiFi-Lautsprecherbox Vario-Super-Sound 150</i>	
1	Leergehäuse der HiFi-Lautsprecherbox VSS 150
1	Lausprecherabdeckrahmen mit halbtransparentem schwarzem Stretchgewebe bespannt.
1	Baßlautsprecher SS 300 mit einem Durchmesser von 300 mm, Alu-Druckfußkorb aus Speziallegierung, Sichtrand geschliffen, Übertragungsbereich 25—4000 Hz, Magnet: $\varnothing$ 160 mm/1,4 kg.
1	Mitteltonlautsprecher SS 130 mit einem Durchmesser von 130 mm, Midrange-Squeaker für Frequenzbereich von 600 bis 14 000 Hz, Elastokalotte mit tiefgezogenem Rasterblech abgedeckt.
1	Hochtוןlautsprecher SS 80 mit einem Durchmesser von 80 mm, Aluminium Casting Horn Tweeter für den Frequenzbereich von 5000 bis 20 000 Hz.
8	Kreuzschlitzschrauben zur Befestigung der Mittel- und Hochtonlautsprecher
4	Kreuzschlitzschrauben zur Befestigung des Baßlautsprechers
ca. 50	Holzschrauben für Rückwandbefestigung
1	Packung Abdeckgaze für Baßlautsprecher
1	Packung Dämmwolle
1	Kartusche Dichtungsmasse mit Dosierdüse
1	Satz farbige Anschlußleitungen
1	Lautsprecher-Klemmleiste, 2polig
1	gebürstete und bedruckte Aluminium-Frontplatte, selbstklebend
2	Drehknöpfe
4	Befestigungsschrauben mit Abstandshaltern für Frequenzweiche
1	Frequenzweiche laut Stückliste Seite 27

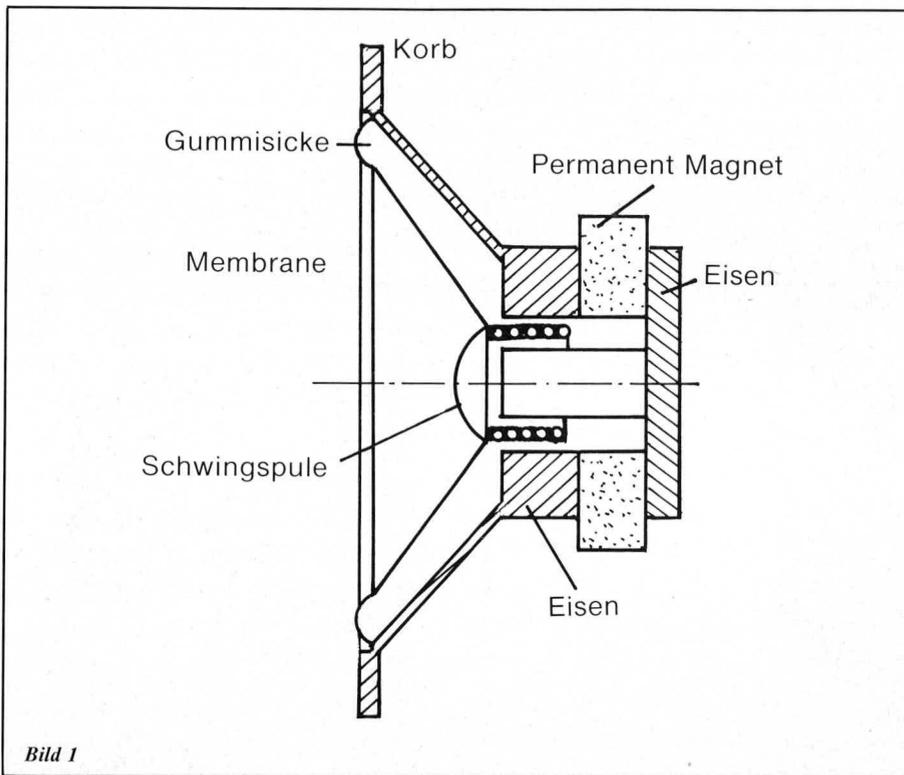


Bild 1

Bild 1 zeigt den Aufbau eines Lautsprechers. In einem Korb wurde eine zentrisch geführte, konische Membrane untergebracht. An der Rückseite des Korbes befindet sich ein ringförmiger Permanent-Magnet, der über Eisenteile ein Magnetfeld im Luftspalt erzeugt. In diesem Luftspalt befindet sich die Schwingspule, die mit der Membrane fest verklebt ist. Die Leitungsenden der Spule sind durch flexible Litzen zu den Anschlußpunkten herausgeführt.

Läßt man durch die Schwingspule Strom fließen, dann baut sich ein Magnetfeld in der Schwingspule auf. Durch das Aufeinanderwirken der Magnetfelder von Schwingspule und Permanent-Magnet wird die zentrisch ge-

führte, elastisch aufgehängte Membrane aus ihrer Grundstellung herausgeschoben. Ob die Membrane sich nach vorne oder nach hinten bewegt, hängt von der Stromrichtung ab. Die Größe der Bewegung wird durch die Größe des Stroms bestimmt. Legt man Wechselspannung an die Lautsprecherklemmen, so fließt Wechselstrom durch die Schwingspule und die Membrane wird sich in der Frequenz der angelegten Spannung hin und her bewegen. Fließt kein Strom mehr durch die Schwingspule, so „pendelt“ die Membrane in ihre Ruhestellung zurück.

Da die Membrane eine „elastisch aufgehängte Masse“ ist, kommt sie nicht einfach in ihre Grundstellung zurück,

sondern bewegt sich ähnlich einem Pendel, das aus seiner Ruhestellung gebracht wurde, mehrere Male hin und her. Die Anzahl der Hin- und Herbewegungen in 1 Sekunde nennt man Resonanzfrequenz ( $f_0$ ) eines Lautsprechers.

Die Resonanzfrequenz eines Lautsprechers ist deshalb eine sehr wichtige Größe, weil die Abstrahlung von Frequenzen um die Resonanzfrequenz besonders kritisch ist. Die Membrane kommt bei geringster Leistung in Bewegung und verzerrt das Klangbild. So ist praktisch eine Abstrahlung erst oberhalb der Resonanzfrequenz möglich.

Wie bereits im ersten Teil unserer Serie „Einführung in die HiFi-Elektroakustik“ ausführlich erläutert wurde, muß der Druckausgleich zwischen der Vorderseite und der Rückseite des Baßlautsprechers verhindert werden, um tiefe Töne abstrahlen zu können. Dies kann entweder durch eine Schallwand oder durch eine geschlossene Box erfolgen. Berechnet man aus der gewünschten unteren Grenzfrequenz, z. B. 40Hz, und der Schallgeschwindigkeit den erforderlichen Durchmesser einer Schallwand, so ergibt sich ein Wert von vielen Metern. Natürlich kann eine Schallwand dieser Größe nirgendwo zweckmäßig untergebracht werden. So wählt man den zweiten Weg und verhindert den Druckausgleich — der oft auch akustischer Kurzschluß genannt wird — durch eine geschlossene Box.

Eine geschlossene Box wird absolut luftdicht geschlossen, um jeglichen Druckausgleich zu verhindern. Die kleinste Öffnung kann die Wiedergabe der niedrigen Frequenzen erheblich beeinträchtigen.



Ansicht der Box ohne Frontblende

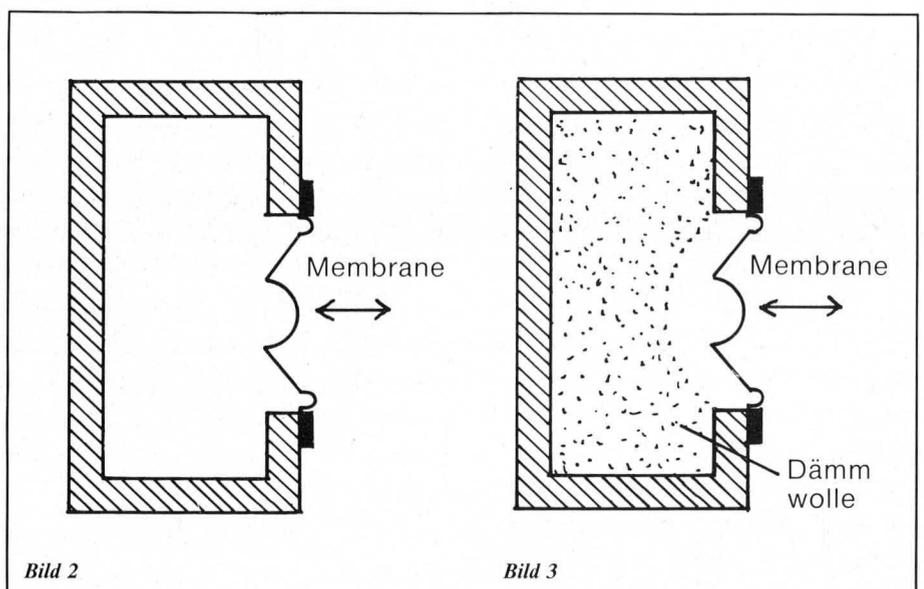


Bild 2

Bild 3

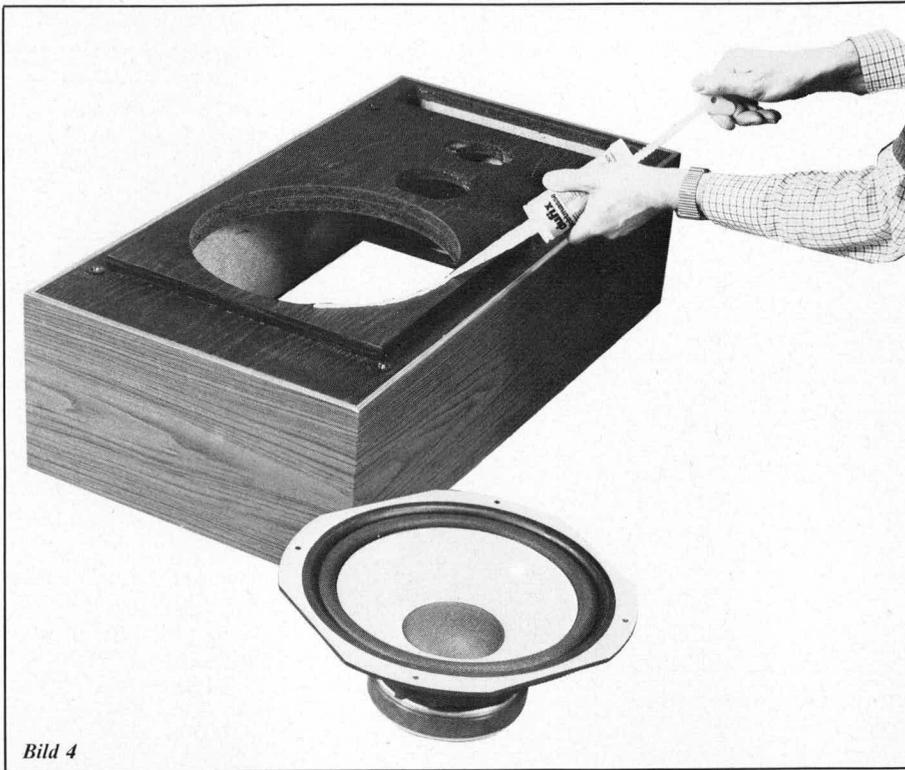


Bild 4

Einen in einer geschlossenen Box montierten Lautsprecher zeigt das Bild 2 in schematischer Form.

Die in der Box eingeschlossene Luft (die bekanntlich genauso elastisch ist wie eine Stahlfeder) erhöht die Rückstellkraft der Membrane und dadurch die Resonanzfrequenz.

Boxen mit großem Volumen erhöhen die Resonanzfrequenzen nur geringfügig, solche mit kleinem Volumen erheblich. So ist es also sehr wichtig, daß geschlossene Boxen ein ausreichendes, auf den Baßlautsprecher abgestimmtes Volumen haben.

Da dadurch die untere Grenzfrequenz des Systems ungünstig verschoben wird, ist es zweckmäßig, für geschlossene Boxen Lautsprecher mit „weich aufgehängter Membrane“ zu wählen, damit die ungünstigerweise erhöhte Resonanzfrequenz des Systems (Lautsprecher + Box) noch genügend tief liegt.

Um die Verzerrung um die Resonanzfrequenz zu unterdrücken, muß die Membrane gedämpft werden. Dies wird durch Ausfüllen des Innenraumes der Lautsprecherbox mit feiner Wolle (Dämmwolle) erreicht (Bild 3). Die feinen Fasern der Dämmwolle verhindern wilde Schwingungen der eingeschlossenen Luft.

Die Abstrahlung der mittleren und hohen Frequenzen ist weniger kritisch. Die Mittel- und Hochtonlautsprecher werden mit rückseitig geschlossenem Korb gefertigt. Dadurch wird der aku-

stische Kurzschluß von vorneherein ausgeschlossen.

Die HiFi-Box VSS 150 verfügt über ein ziemlich großes Volumen und erhöht nur geringfügig die niedrige Resonanzfrequenz von 25Hz des Baßlautsprechers.

Der Zusammenbau des Systems beginnt — nach Abnahme der mit wenigen Schrauben befestigten Rückwände — mit dem Einbau der Lautsprecher. Sämtliche Lautsprecher müssen das Gehäuse luftdicht abschließen. Um dies zu erreichen, wird am Rande der Öffnungen ein lückenloser Streifen von Dichtungsmasse aufgetragen (Bild 4). Danach werden die Lautsprecher eingesetzt und mit Kreuzschlitzschrauben befestigt. Die dabei herausgequetsch-

ten Reste von Dichtungsmasse können mit einem Tuch entfernt werden.

Es muß verhindert werden, daß Dämmwolle zwischen der Membrane und den Korb des Baßlautsprechers gelangt und dessen Funktion stört. So wird die Rückseite des Lautsprechers mit einer Gaze abgedeckt, welche entweder angeheftet oder angeklebt wird.

Die Anschlüsse der Lautsprecher müssen aus der Box herausgeführt werden. Dabei ist es wichtig, daß die Anschlüsse durch farbige Leitungen richtig gekennzeichnet werden. An die Anschlüsse, die mit  $\oplus$  oder rotem Punkt gekennzeichnet sind, werden folgende Leitungen angeklemt oder angelötet:

Baßlautsprecher — rot  
Mitteltonlautsprecher (Mid range) — gelb  
Hochtonlautsprecher (Tweeter) — braun.

Die anderen Anschlüsse sämtlicher Lautsprecher werden einheitlich mit schwarzen Leitungen herausgeführt.

Für die Lautsprecherleitung wird in die Trennwand zum Einschub ein Schlitz gefeilt, damit die Rückwand einwandfrei aufliegt.

Nach Anschluß der Leitungen und nach Abdecken des Baßlautsprechers durch Gaze wird der Innenraum der Lautsprecherbox gleichmäßig mit Dämmwolle ausgefüllt (Bild 5).

Um die Box auch rückseitig luftdicht abschließen zu können, werden die Einfräsung und die Nut für die Leitungen mit Dichtungsmasse versehen.

Die Rückwand wird dann fest angeschraubt (Schraubenabstand 50—70 mm) und ggfs. vorher an den Auflageflächen mit Dichtmasse bestrichen.

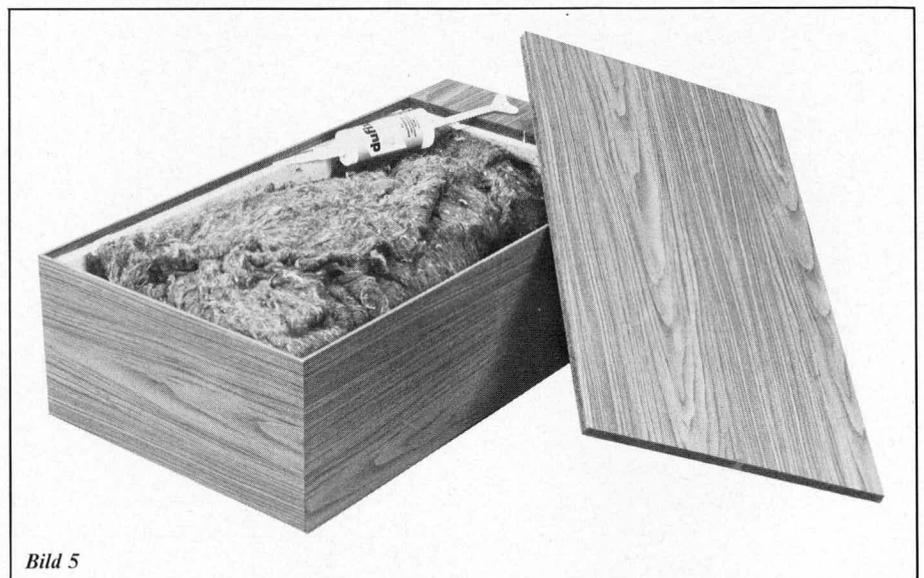
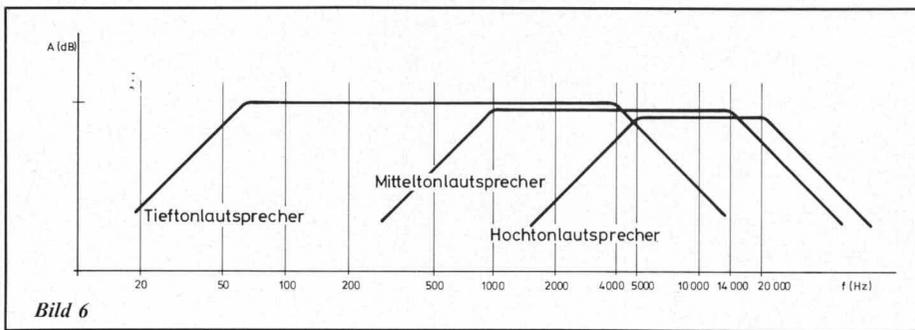


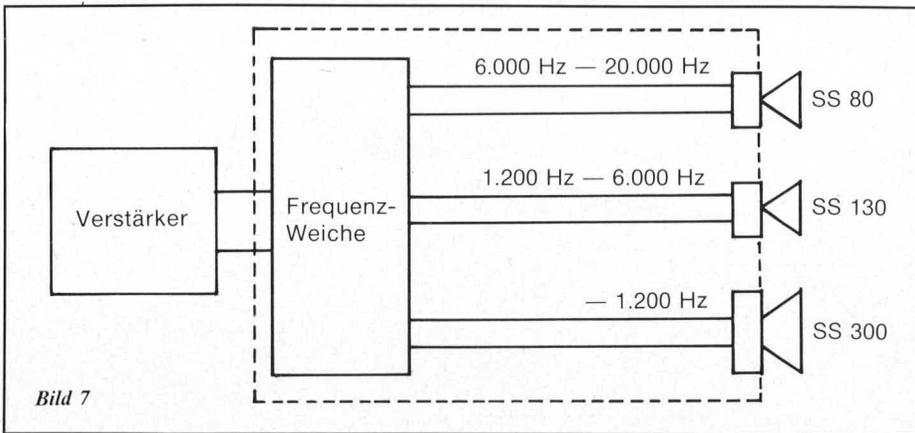
Bild 5



Die Frequenzweiche wird gemäß Bild 10 bestückt. Die Induktivitäten werden mit zentrischen Schrauben an der Leiterplatte befestigt. Die Lautsprecherleitungen werden so angeschlossen, daß die farbigen Leitungen an die entsprechenden  $\oplus$ -Punkte, die schwarzen an die  $\ominus$ -Punkte der Ausgänge der Frequenzweiche kommen.

Der Eingang der Frequenzweiche wird durch eine rote und eine schwarze Leitung zu der Anschlußklemme geführt. Die Anschlußklemme wird an der kleinen Rückwand befestigt, welche dann mit sechs Schrauben angeschraubt wird. Auch hier ist auf die richtige Polarität zu achten: die rote Leitung verbindet den  $\oplus$ -Punkt der Weiche mit der roten Klemme, die schwarze den  $\ominus$ -Punkt mit der schwarzen Klemme.

Zum Schluß zieht man das Silicon-Papier von der selbstklebenden Frontplatte ab und klebt diese an die sorgfältig mit Spiritus gereinigte Vorderseite und bringt die Drehknöpfe an.



Damit ist der akustische Teil der phasenlinearen HiFi-Box VSS 150 abgeschlossen. Die einzelnen, eingebauten Lautsprecher können jedoch nur einen Teil des hörbaren Frequenzbereiches abstrahlen (Bild 6).

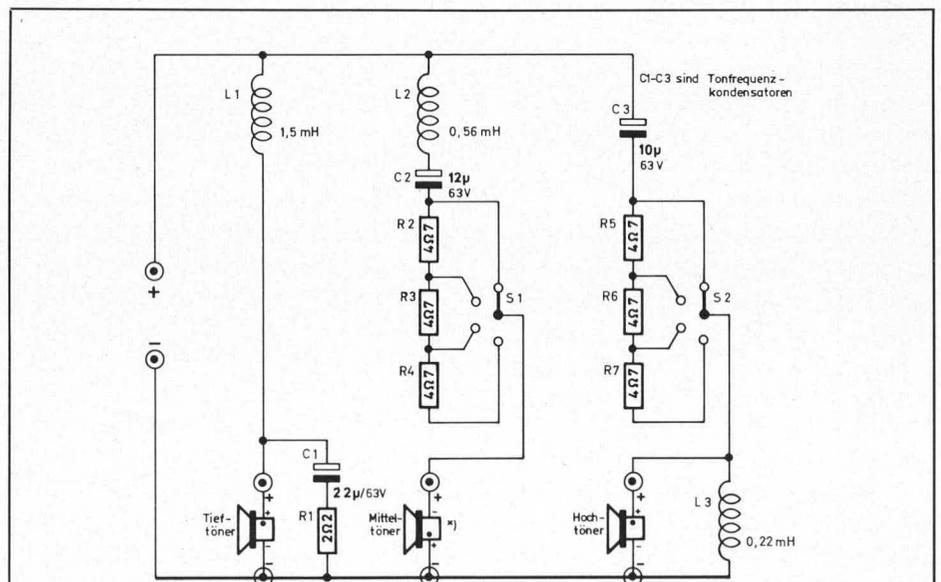
Durch Überlappungen, z. B. zwischen 1000Hz und 4000Hz sowie 5000Hz bis 14 000Hz, können wiederum Frequenzbereiche von zwei Lautsprechern abgestrahlt werden.

Eine Frequenzweiche sorgt für die saubere Verteilung von Frequenzen. Die Frequenzweiche befindet sich zwischen dem Verstärker und den Lautsprechern und sorgt dafür, daß jeder Lautsprecher nur die Frequenzen bekommt, die in seinem Übertragungsbereich liegen, und daß keine Frequenz doppelt, also von zwei Lautsprechern abgestrahlt werden kann (Bild 7).

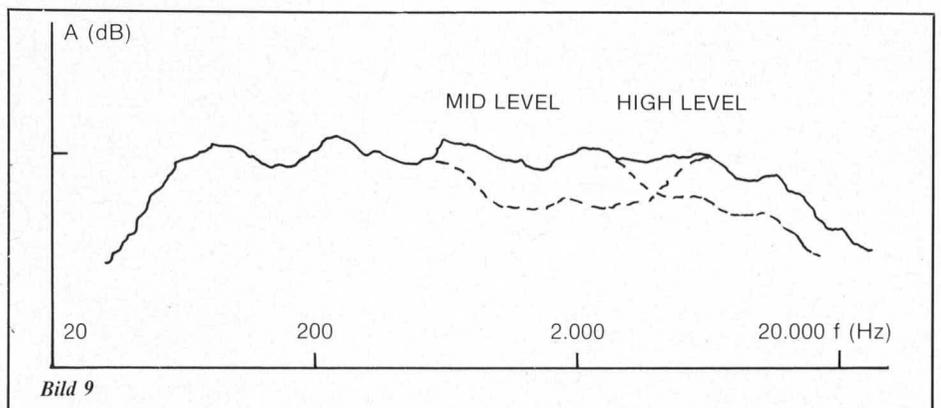
Die Frequenzweiche wird mit R-, L- und C-Gliedern (Widerstände, Induktivitäten und Kondensatoren) realisiert. Bild 8 zeigt das Schaltbild.

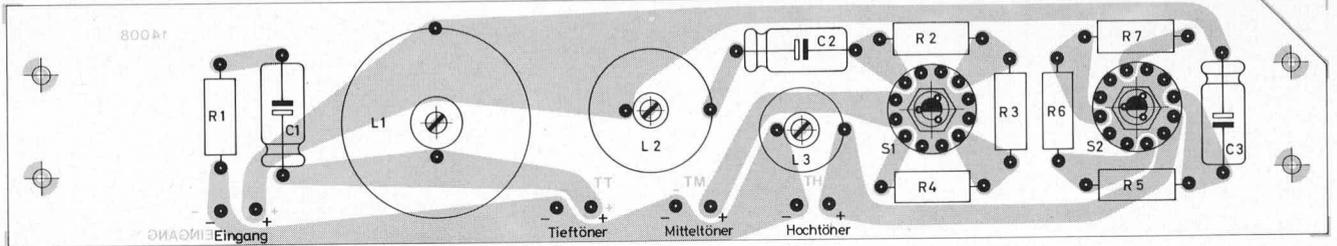
Die Frequenzweiche ist ferner mit 2 Schaltern versehen, die eine stufenweise Absenkung des Schalldrucks im mittleren und hohen Frequenzbereich ermöglichen (Bild 9). Damit ist eine Anpassung an die jeweilige Raumakustik möglich.

Die Frequenzweiche wird durch 4 Schrauben in der Einschuböffnung von hinten befestigt. Durch Abstandsbolzen wird der genaue Abstand zu der Frontplatte eingestellt.



\*) Durch die Reihenschaltung von C2 und L2 mit dem Mitteltonlautsprecher erfolgt eine Phasendrehung gegenüber den anderen Systemen, bei denen jeweils eine Kapazität bzw. Induktivität parallelgeschaltet ist. Durch die beschriebene Phasendrehung ist der Mitteltonlautsprecher im Gegensatz zu den anderen Systemen mit seinem Plusanschluß (roter Punkt) an den Minuspol der Frequenzweiche anzuschließen.





Bestückungsseite der Platine (Originalmaße: 380 x 70 mm)

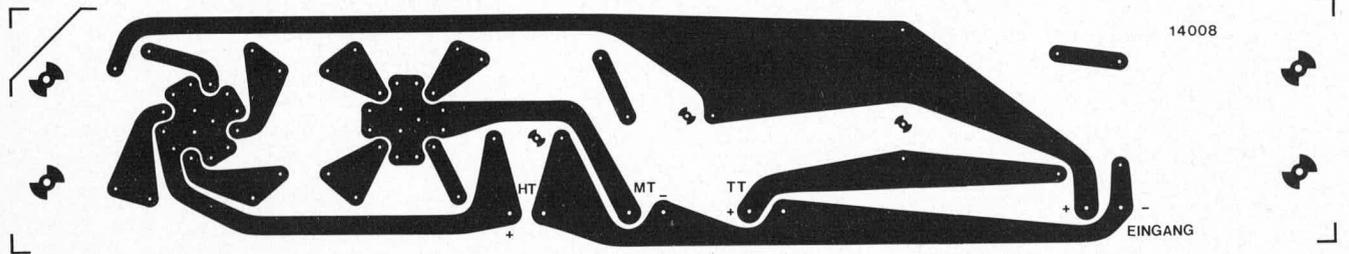


Bild 10 Leiterbahnseite der Platine (verkleinert dargestellt)

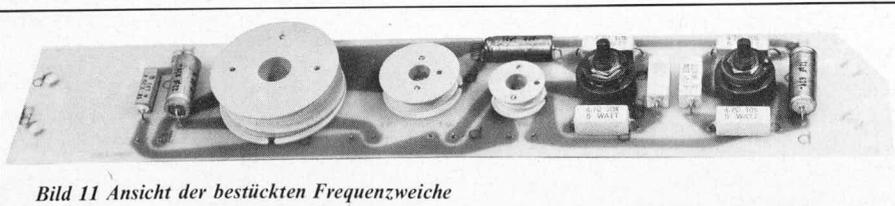


Bild 11 Ansicht der bestückten Frequenzweiche

Damit ist die hochwertige phasenlineare HiFi-Box VSS 150 fertig. Unbeantwortet geblieben ist jedoch die Frage: warum phasenlinear?

Bei der Umwandlung von elektrischer Energie in akustische Energie in Form von Musik und Sprache ist es selten der Fall, daß lediglich eine Frequenz, z. B. 1000Hz, umgewandelt werden muß. Vielmehr werden komplexe Mischungen der einzelnen Frequenzen übertragen. Diese Frequenzkombinationen erstrecken sich auf den gesamten Frequenzbereich und werden von den drei Lautsprechern gleichzeitig abgestrahlt und müssen gleichzeitig auch das menschliche Ohr erreichen — anders gesagt: in der gleichen Phase.

Die Bauweise der einzelnen Lautsprecher ist unterschiedlich: die Membrane des Baßlautsprechers sitzt tief im Korb, die Membrane des Hochtöners ganz vorne. Um eine phasenlineare Abstrahlung zu erreichen, muß der Baßlautsprecher nach vorne verlagert werden. Ferner müssen die Lautsprecher so konstruiert sein, daß die sogenannten „effektiven Abstrahlungsebenen“ in eine Ebene kommen. Bild 12 zeigt die schematische Darstellung dieses Problems.

Bei der hier beschriebenen HiFi-Lautsprecherbox VSS 150 wird die phasenlineare Wiedergabe durch geeignete konstruktive Maßnahmen, wie sie aus

den Fotos ersichtlich sind, erreicht, wodurch das ohnehin ausgewogene Klangbild der Box abgerundet wird.

Im kommenden 3. Teil der Serie ELV-HiFi-Labor wird der Vorteil des Vario-Einschubes besonders deutlich, indem eine passive oder wahlweise eine aktive LED-Leistungs-/Übersteuerungsanzeige sowie je nach Wunsch auch eine Präzisions-Frequenzweiche eingebaut werden kann, ohne daß an der Box selbst Veränderungen vorgenommen zu werden brauchen.

Lediglich der Vario-Einschub ist hierzu auszutauschen. Näheres finden Sie in der kommenden Ausgabe ELV Nr. 15.

**Stückliste**  
**Frequenzweiche**  
**Widerstände**

R1 bis R7 ..... 4,7 Ω, 5 Watt

**Kondensatoren**

C1 ... 22µF/63V Tonfrequenzkondensator

C2 ... 12µF/63V Tonfrequenzkondensator

C3 ... 10µF/63V Tonfrequenzkondensator

**Induktivitäten**

L1 ..... 1,5 mH

L2 ..... 0,56 mH

L3 ..... 0,22 mH

**Sonstiges**

2 Drehschalter mit 3 Stellungen

8 Platinen-Anschlußstifte

1 Leiterplatte für Frequenzweiche

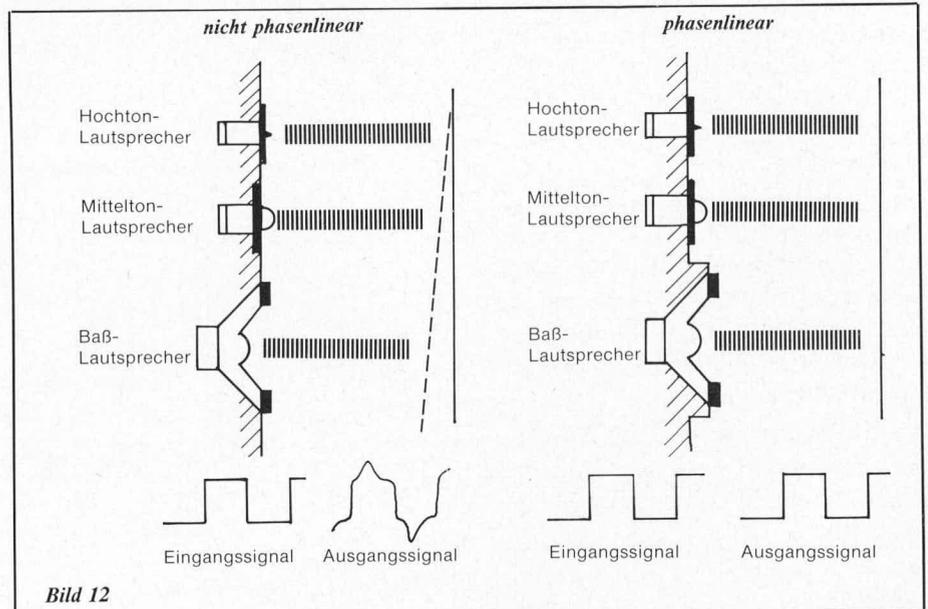


Bild 12