

Universität für Musik und darstellende Kunst Wien

Institut für Elektroakustik

Jürg Jecklin

Audio-Projekt

Kleinmonitorbox MHS 2

Lautsprecherbox MHS2

1. Vorgaben

Kategorie:

Kleiner *Grade 2 Monitor* nach BBC-Vorgaben, geeignet für Abhören und Beurteilen von Musikaufnahmen

Eigenschaften

- Gehäusevolumen weniger als 10 l
- Frequenzbereich 60 Hz - 20 kHz
- Schalldruck 95 dB / 1 m
- geeignet für rauen Betrieb

Akustisches Konzept

- Zweiwegbox, Kombination von Tief-Mitteltöner und Hochtöner.
- flat amplitude-Konzept, Abstrahlcharakteristik möglichst winkelunabhängig.
- geschlossenes Gehäuse (pneumatic suspension)

2. Evaluation des Tief- Mitteltonchassis

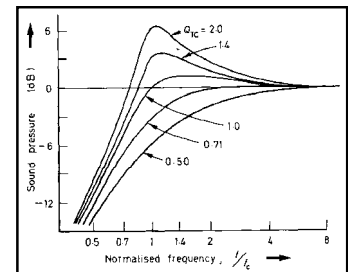
2.1 Tieftonbereich

2.1.1 Eigenheiten einer geschlossene Box

- 12 dB/Oktav Abfall unterhalb der Grenzfrequenz bei einem Q-Wert von 0.707
- beliebige Q-Werte möglich
- Box bei gleicher unterer Grenzfrequenz grösser als Bassreflex

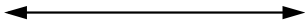
Der Frequenzgang im Bereich der Resonanzfrequenz und das Impulsverhalten der Box werden vom Q-Wert Q_{tc} der Box bestimmt.

- $Q_{TC} = 0.5$, kritische Dämpfung
keine Ueberhöhung, aber der -3 dB-Punkt liegt eine Oktave über der Resonanzfrequenz. Die Sprungantwort ist ideal.
- $Q_{TC} = 1/\sqrt{3} = 0.577$, Bessel (max flat delay)
entspricht praktisch der kritischen Dämpfung
- $Q_{TC} = 1/\sqrt{2} = 0.707$, Butterworth-Funktion (B2)
Optimaler Frequenzgang und gute Sprungantwort
- $Q_{TC} > 1/\sqrt{2}$, Chebychev-Funktion (C2)
Ueberhöhung bei, und Welligkeit oberhalb der Resonanzfrequenz. Sprungantwort nicht ideal



2.1.2 Vorgehensweise bei der Auswahl des Tieftonchassis

<ul style="list-style-type: none"> • Gehäuse • Volumen • Abstimmung • Frontwand • Proportionen • Dämpfung 	↓	Tieftonchassis-Typ <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsbereich • Durchmesser • Membranmaterial • geeignete Parameter • Wasserfall, Frequenzg.
---	---	--



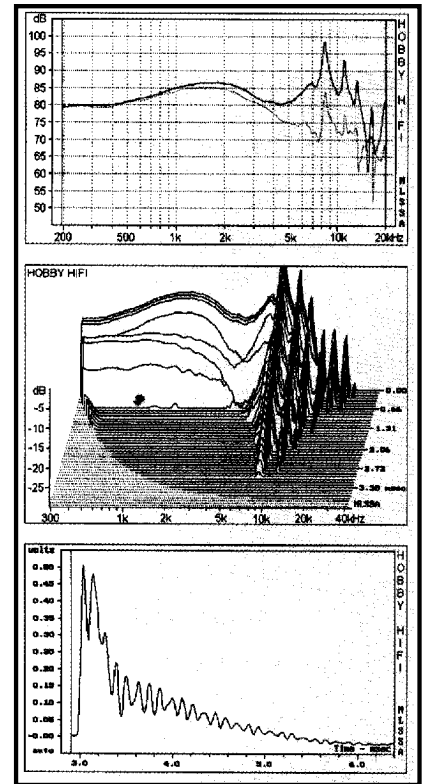
2.2 Mitteltonbereich

Bei einem Tief-Mitteltöner muss in erster Linie auf einen „unverzackten“ Frequenzgang im Mitteltonbereich Wert gelegt werden. Ideal in dieser Beziehung sind weiterhin die alten Papiergussmembranen. Die hohe innere Dämpfung des relativ weichen Membranmaterials verunmöglicht das Auftreten von cone break up.
 In dieser Beziehung besonders ungünstig sind harte Membranen aus Aluminium oder Magnesium, bei denen immer ein sich deutlich auswirkender cone break up auftritt

2.3 Resultat der Evaluation:

Visaton AL 130

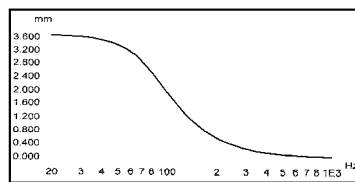
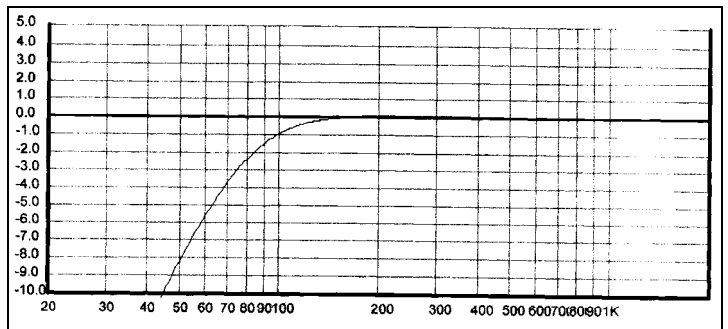
Auf Grund seiner Small/Thiele-Parameter ist dieses Chassis optimal für die vorgesehene Box geeignet. Bemerkenswert ist der grosse Membranhub. Dieses Chassis erfüllt alle Tieftonanforderungen
 Nicht optimal ist der AL130 im Mitteltonbereich. Der Nachteil des harten Membranmaterials im oberen Mitteltonbereich (cone break up) muss in Kauf genommen und mit geeigneten Massnahmen möglichst unwirksam gemacht werden (Notch-Filter zum Verhindern der Anregung der Membranresonanz)



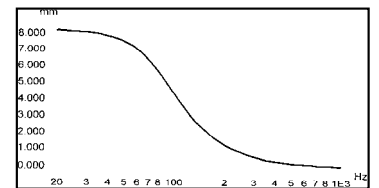
2.4 Tieftongehäuse

2.4.1 Abstimmung und Gehäusevolumen

Abstimmung MHS1 mit Visaton A 130



Membranauslenkung für SPL = 87 dB



Membranauslenkung für SPL = 92 dB

2.4.2 Gehäuseresonanzen

Im tiefen Frequenzbereich verhält sich das Gehäuseinnere wie eine Druckkammer. Im Mittel- und Hochtonbereich treten aber stehende Wellen und "Raumresonanzen" auf. Das ist der Fall, wenn die Gehäuseabmessungen in der Grössenordnung der Wellenlängen der vom Tief-Mitteltonlautsprecher abgestrahlten Frequenzen liegen.

Das Auftreten dieser Gehäuseresonanzen lässt sich nicht vermeiden. Man kann aber durch geeignete Proportionen der Gehäuseabmessungen verringern:

Die Gehäuseresonanzen müssen frequenzmässig so gestaffelt sein, dass sie nicht ausgeprägt und gehäuft bei einzelnen Frequenzen auftreten. Zusätzlich müssen sie mit Hilfe von geeignetem Schalldämm-Material im Gehäuse möglichst weitgehend absorbiert werden.

2.4.3 Gehäuseproportionen

Optimal sind folgende Proportionen

Höhe x Breite x Tiefe:

0.618 : 1 : 1,618

0.707 : 1 : 1.414

0.793 : 1 : 1.26

2.4.4 akustische Absorption im Gehäuseinnern

Das pneumatic suspension - Prinzip funktioniert optimal, wenn sich kein schallabsorbierendes Material im Gehäuse befindet. Nur dann verhält sich die pneumatic suspension Box adiabatisch.

Schallabsorbierendes Material im Gehäuse führt zu einer isothermischen Arbeitsweise der Box. Die Praxis entspricht dann nicht mehr dem, was man theoretisch berechnet hat.

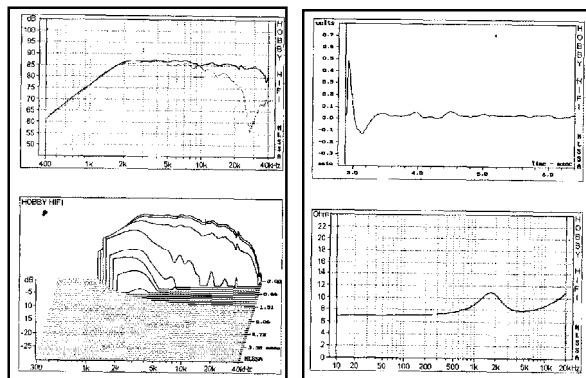
Konkret wird durch das Füllen der Box mit schallabsorbierendem Material verhält sich die Box so, wie wenn sie ein um bis zu 40 % grösseres Volumen hätte. Dies allerdings mit den Folgen einer isothermischen Arbeitsweise.

Bei einer kleinen Box genügt es aber in der Regel, wenn nur die Innenwände mit schallabsorbierendem Material belegt werden.

3. Hochtonbereich

3.1 Hochtonchassis

Peerless KO 10 DT



Technische Daten

Nennimpedanz 8 Ohm

Impedanzminimum 7.8 Ohm / 5 kHz

Empfindlichkeit 87 dB

niedrigste Trennfrequenz 2000 Hz

Aussendurchmesser 94 mm

$R_e = 6.8 \text{ Ohm}$

$L_e = 68 \text{ uH} / 20 \text{ kHz}$

$F_s = 1700 \text{ Hz}$

$Q_{ms} = 1.13$

$Q_{es} = 1.82$

$Q_{ts} = 0,7$

Es handelt sich um einen relativ alten Hochtöner mit weicher Kalotte und ohne Ferrofluid-Füllung. Die klangliche Qualität dieses Chassis ist legendär. Die Ueberhöhung der Impedanzkurve bei der Eigenfrequenz spielt bei einer aktiven Ausführung (das Chassis wird direkt am Ausgang des Hochtonverstärkers angeschlossen) keine Rolle.

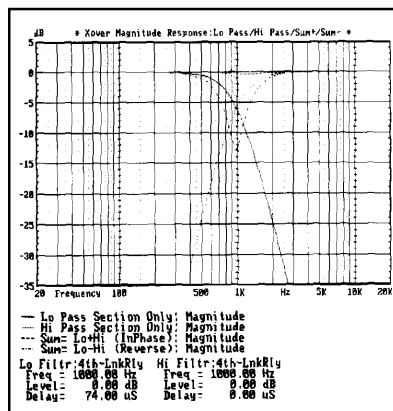
4. Frequenzweiche, Entzerrung, Leistungsverstärker

4.1 Weichentyp

4.1.1 Anforderungen

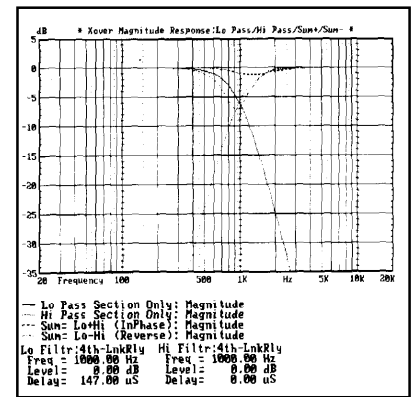
- Bereiche getrennt
- Steilheit 24 dB/Oktav
- flat Amplitude-Charakteristik
- geringe offset-Empfindlichkeit

4.1.2 optimale Realisierung: Linkwitz-Riley 4. Ordnung, Trennfrequenz 2.5 kHz



Frequenzgang und Ueberlappungs-Addition

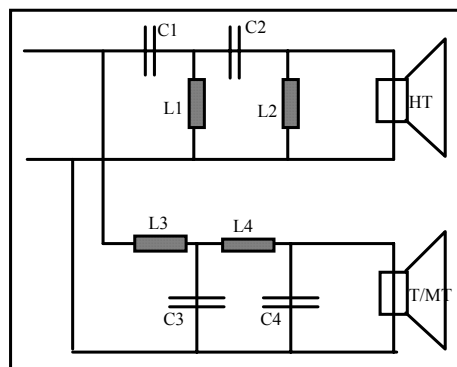
Chassis-offset 74 us entsprechend 2.54 cm



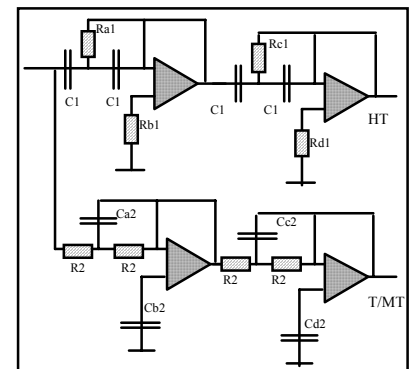
Chassis offset 147 us (5.08 cm)

4.2 Weichenschaltung

4.2.1 Schaltung Linkwitz-Riley 4. Ordnung



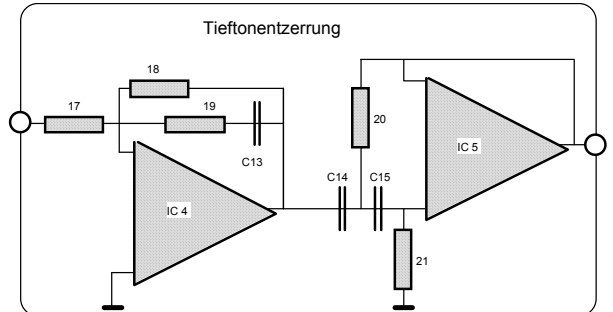
passiv



aktiv

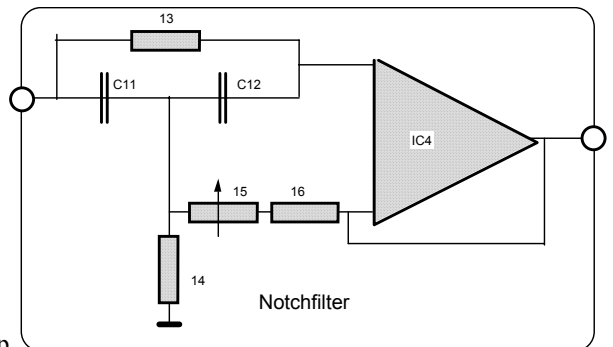
4.3 Entzerrung des Frequenzganges

4.3.1 Tieftonbereich



Tiefenanhebung und Hochpass 2. Ordnung

4.3.2 Mittel-Hochtonbereich



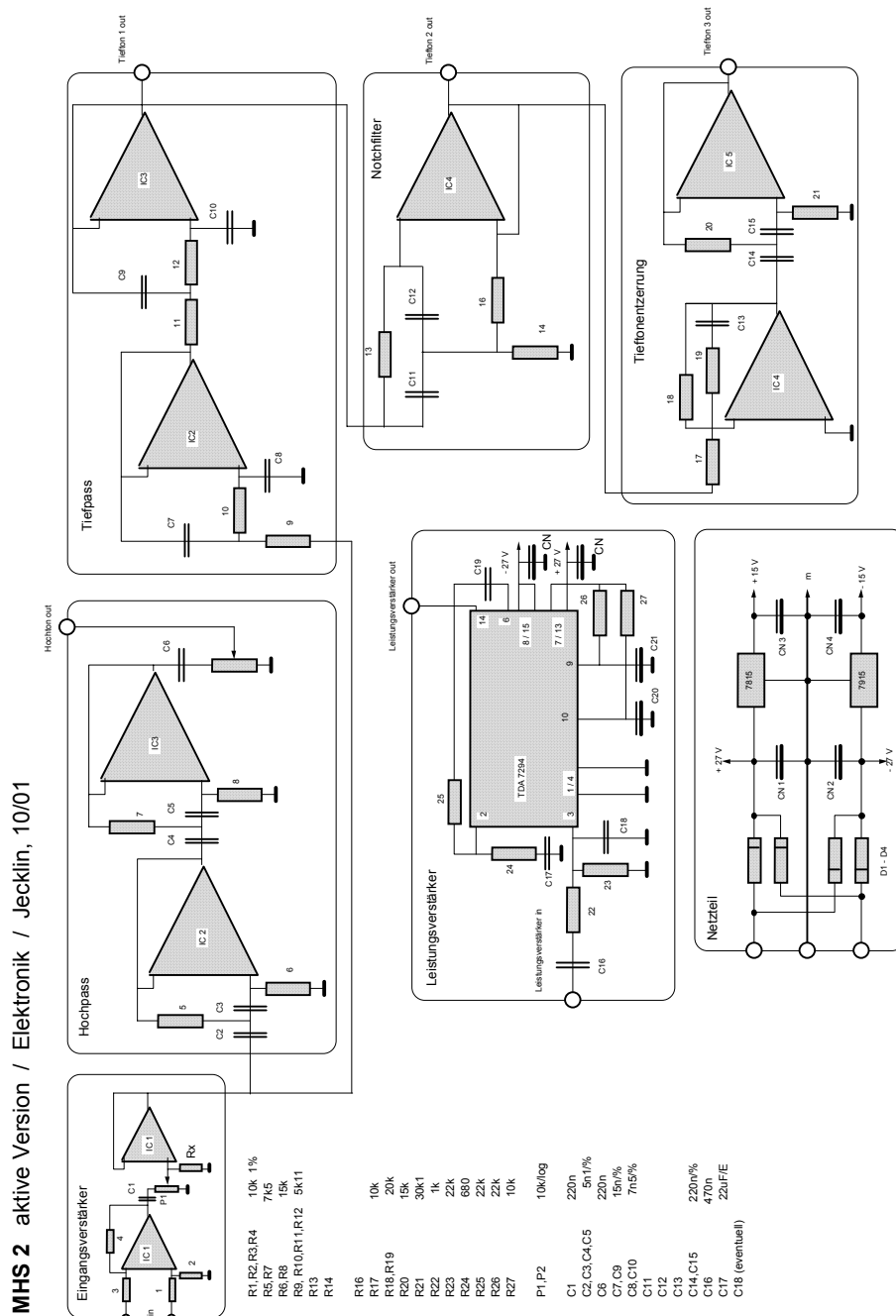
Notchfilter zur Minimierung von cone break up

4.4 Leistungsverstärker

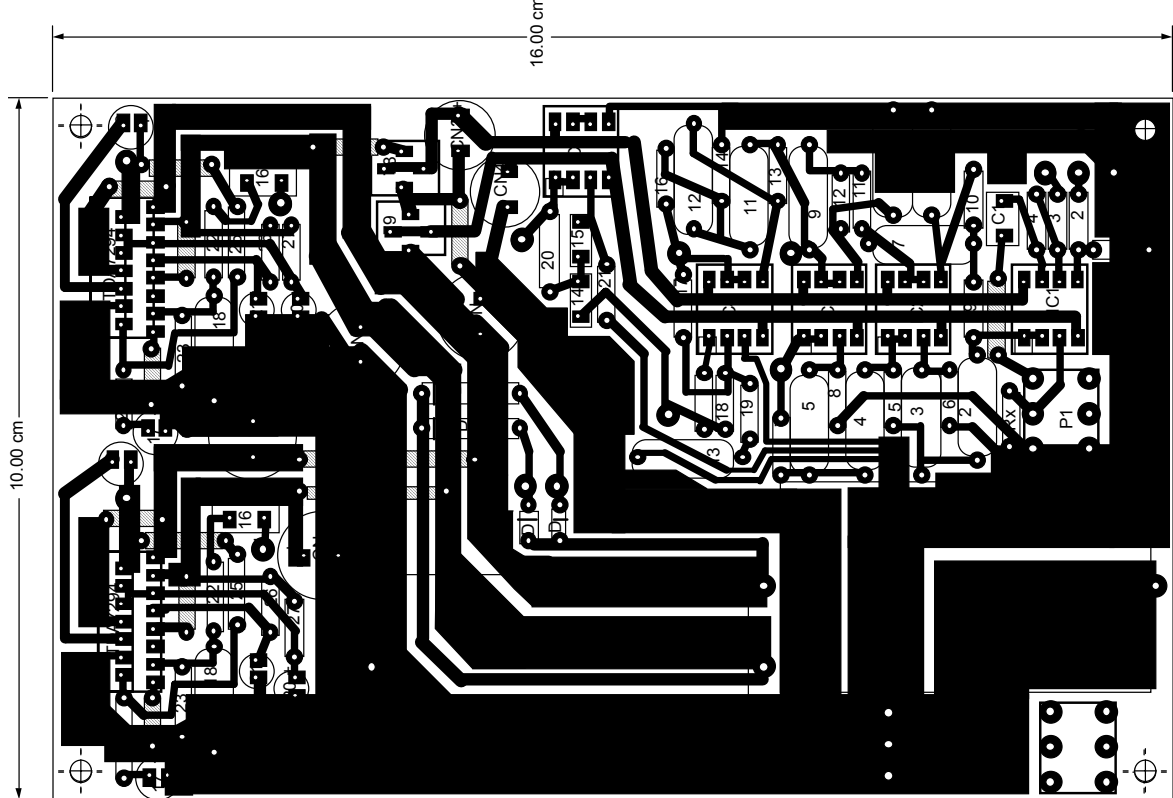
5. Realisierung der Box MHS 2

5.1 Elektronik

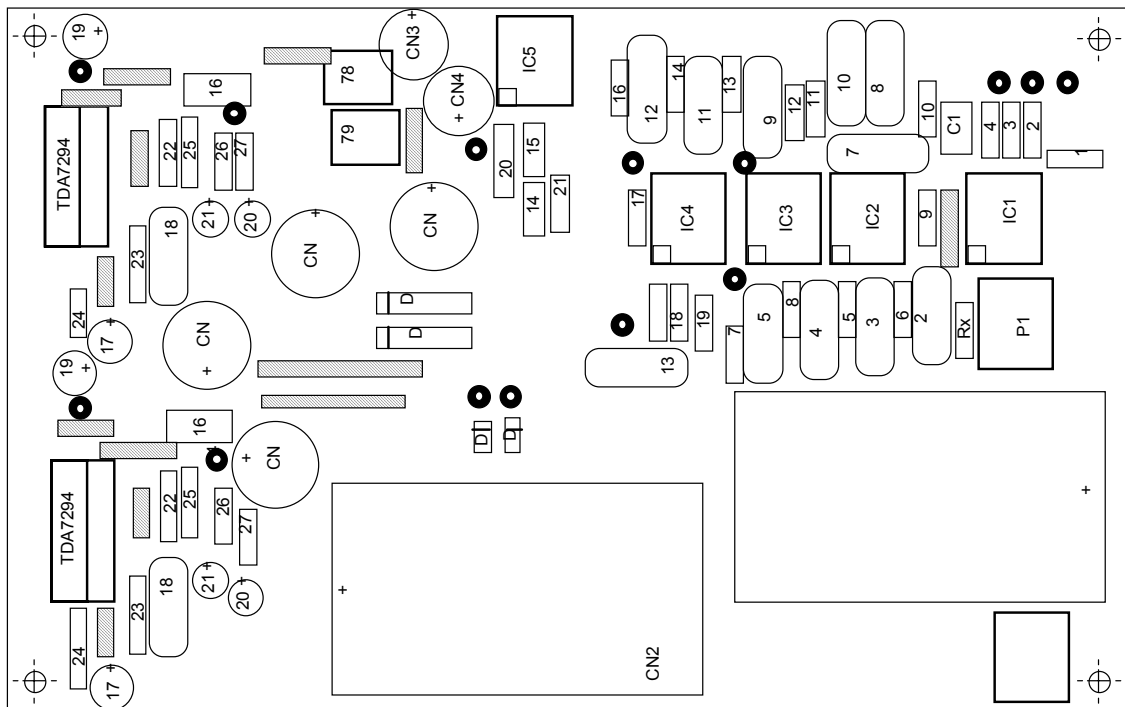
5.1.1 Schaltung Frequenzweichen und Leistungsverstärker

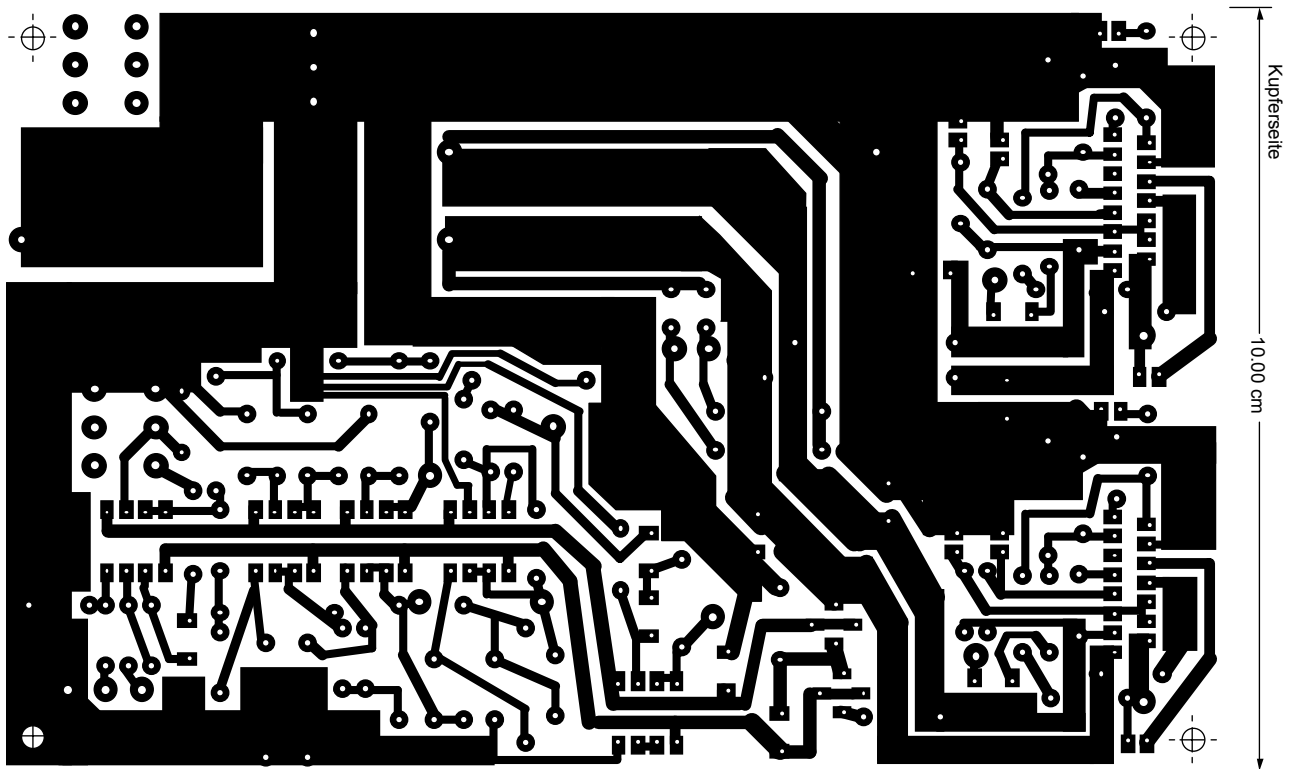
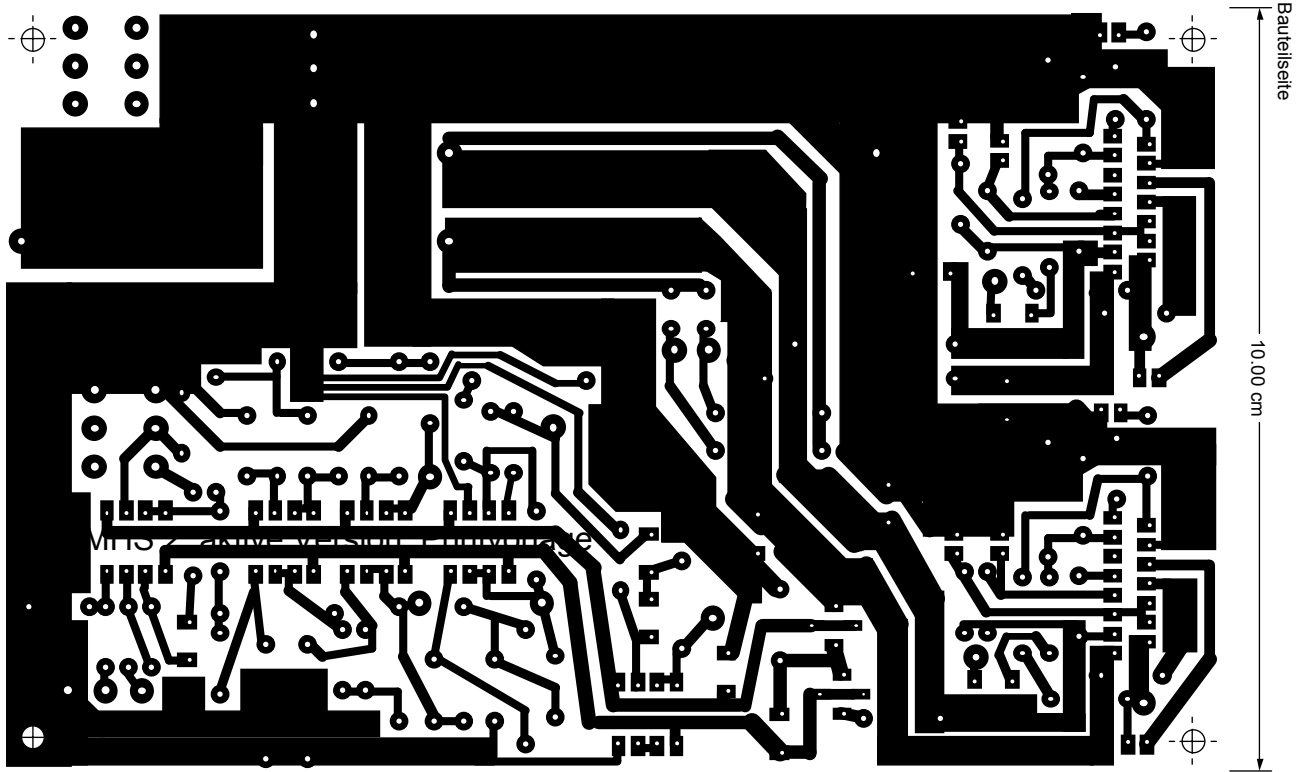


5.1.2 Print und Bestückung (Printvorlage in Originalgröße auf Beiblatt)

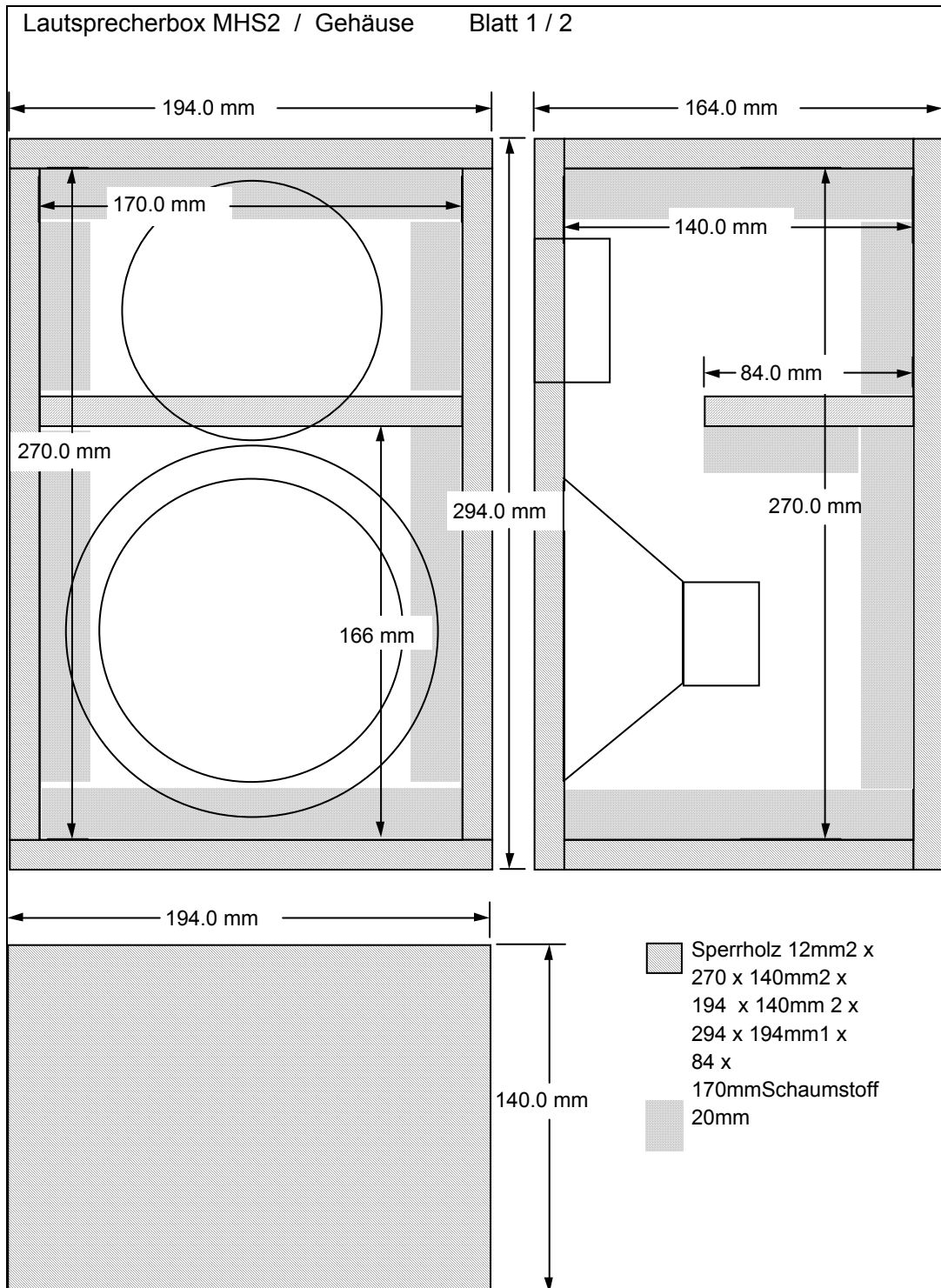


MHS 2, aktive Version, Printvorlage





5.2 Gehäuse (exakter Bauplan auf 2 Beiblättern)



6. Frequenzweiche passiv

	Eingabe	Ergebnis	TT	Ergebnis	HT		
Frequenz TT (Hz)	2410	L1 (mH)	0.99585	C3 (uF)	4.37759		
Frequenz HT (Hz)	2410	L2 (mH)	0.49793	C4 (uF)	8.75519		
TT (Ohm)	8	C1 (uF)	13.138	L3 (mH)	0.33195		
HT (ohm)	8	C2 (uF)	2.92012	L4 (mH)	1.49411		
Bauteil	Sollwert	parallel		Serie		Istwert	
L1 (mH)	0.99585			1		0	1
L2 (mH)	0.49793	1	1			0.49975	0
L3 (mH)	0.33195			0.33		0	0.33
L4 (mH)	1.49411			1.5		0	1.5
C1 (uF)	13.138	8.2	4.7			0	12.9
C2 (uF)	2.92012	2.2	0.72			0	2.92
C3 (uF)	4.37759	2.2	2.2			0	4.4
C4 (uF)	8.75519	4.7	4			0	8.7