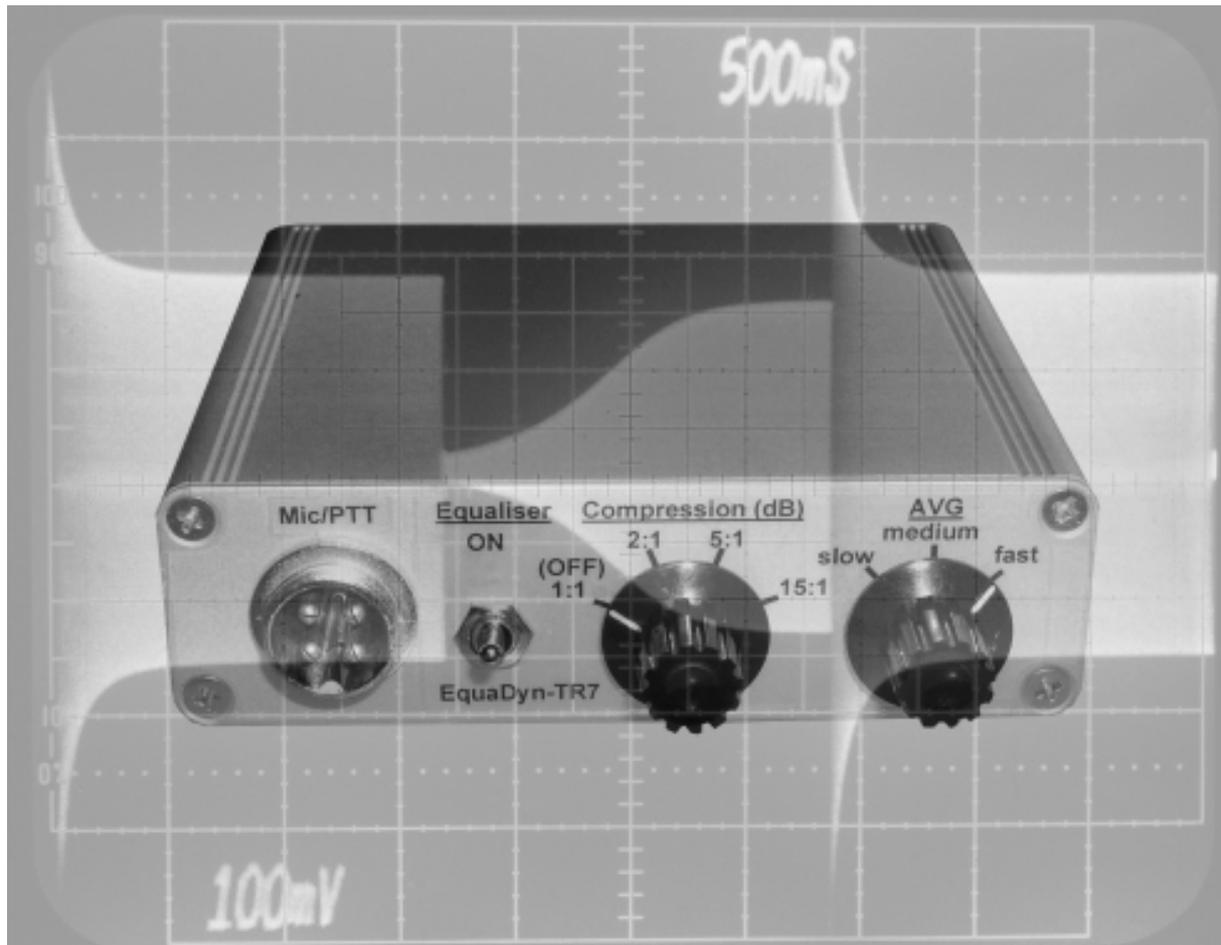


## „EquaDyn-01“ Mikrofon-Equaliser und Dynamikkompressor



## Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	3
Technische Daten .....	3
Beschreibung und Blockschaltbild .....	4
Schaltung .....	5
Platine, Layout .....	9
Stückliste .....	10
Auswahl der Bauteile .....	12
Frequenzgang, Equaliser .....	13
Dynamikkompression .....	15
Noise Gate .....	15
Klirrfaktor .....	15
Anschluß der Platine .....	16
Montagehinweise .....	16
Erstinbetriebnahme und Abgleich .....	17
Benötigte Meßgeräte .....	17
Erstinbetriebnahme .....	17
Abgleich Equaliser .....	18
Betrieb des EquaDyn .....	20
Funktion der Jumper .....	20
Einstellung „Pre-Gain“ .....	22
Einstellung „OUT-1“ .....	22
Einstellung Frequenzgang „Level“ .....	22
Optimierung der Einstellungen und Jumper - Diskussion .....	23
1. Die Equaliserfunktion .....	23
2. Die Kompression .....	23
Anhang 1 Einige Messergebnisse .....	24
Frequenzgang .....	24
Dynamikkompression – statische Kennlinie .....	24
Dynamikkompression - dynamisches Verhalten .....	26
Anhang 2 Mustergeräte .....	28
EquaDyn-01 T4XC .....	28
EquaDyn-01 TR7 .....	31

## Einleitung

Viele insbesondere ältere Transceiver oder Sender haben serienmäßig keinen Dynamikkompressor und auch keine Anpassung des NF-Frequenzganges im Sendezweig. Der „EquaDyn-01“ ist als externes Zusatzgerät gedacht, das beide Funktionen erfüllt. Im Equaliser wird mittels Bandpässen der Frequenzbereich in drei Teilbereiche aufgeteilt, deren Ausgangssignale getrennt einstellbar sind und danach wieder addiert werden. Der nachgeschaltete Dynamikkompressor arbeitet als automatisch geregelter NF-Verstärker und hat eine Regelkennlinie mit einstellbarer Steilheit, Regelzeitkonstanten und einer Störunterdrückung (Noise-Gate).

## Technische Daten

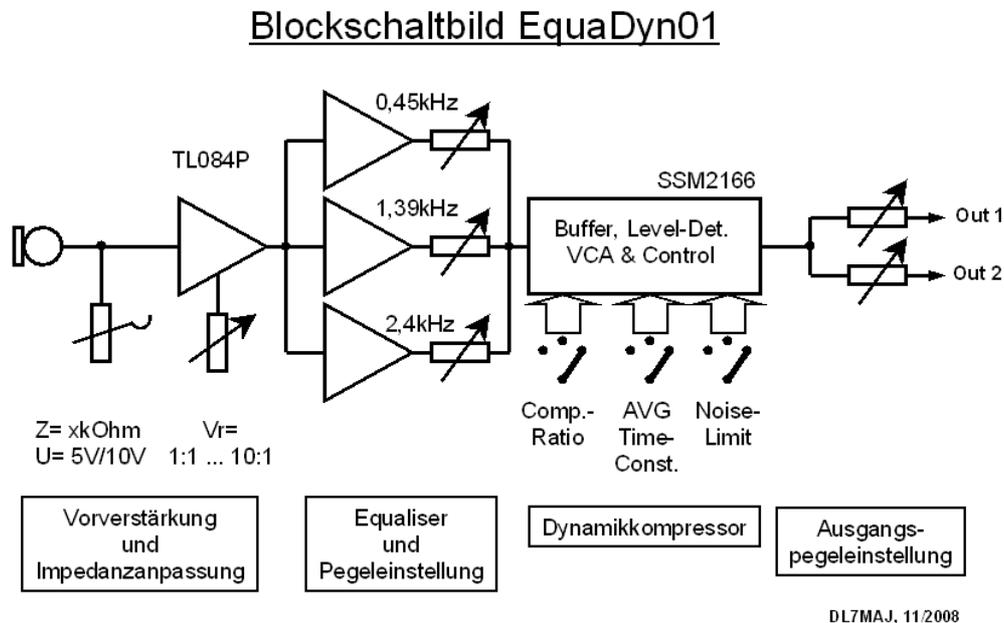
Eingangsimpedanz	wählbar; max. 100 kOhm
Mikrofon-Versorgungsspannung	wählbar; 0V / 5V / 10V
Eingangsempfindlichkeit, Vorverstärkung = 1	2mVeff ... 100mVeff a)
Vorverstärkung	einstellbar; 1:1 bis 10:1
Ausgangsspannung	einstellbar, > 200mVeff max. b)
Frequenzgang -3dB („A“, „B“ und „C“ auf 100%)	250 ... 2.800 Hz
Frequenzgangwelligkeit („A“, „B“ und „C“ auf 100%)	+/- 2,5dB c)
Bandpassfilter-Mittenfrequenz „A“ (einstellbar):	450 Hz (443 Hz ... 498 Hz)
Bandpassfilter-3dB-Bandbreite „A“	568 Hz (fest)
Bandpassfilter-Mittenfrequenz „B“ (einstellbar):	1.390 Hz (1.105 Hz ... 1.731 Hz)
Bandpassfilter-3dB-Bandbreite „B“	634 Hz (fest)
Bandpassfilter-Mittenfrequenz „C“ (einstellbar):	2.400 Hz (1.801 Hz ... 3.129 Hz)
Bandpassfilter-3dB-Bandbreite „C“	568 Hz (fest)
Klirrfaktor	< 1,5 % d)
Platinenabmessung	100 mm x 75 mm
Versorgungsspannung	12 .... 15 VDC e)
Stromverbrauch	< 30 mA, typ. 23mA

- a) Bei hohem Kompressionsgrad ist die Empfindlichkeit größer  
 b) Die Ausgangsspannung kann durch eine Schaltungsänderung (R20) erhöht werden (S.5)  
 c) Filter auf 450Hz / 1.390Hz / 2.400Hz abgestimmt  
 d) Klirrfaktoren, gemessen bei konstanter Eingangsamplitude, AVG im eingeschwungenen Zustand. Der Kompressionsfaktor (1:1 bis 15:1) hat keinen Einfluß auf den Klirrfaktor.

AVG-Zeitkonst.	Klirrfaktoren bei Eingangsfrequenzen			
	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
<b>Fast</b>	1,5 %	0,7 %	0,40 %	0,35 %
<b>Medium</b>	0,45 %	0,35 %	0,30 %	0,30 %
<b>Slow</b>	0,35 %	0,35 %	0,30 %	0,30 %

- e) Wegen der internen Stabilisierung auf 10 VDC sollte die Eingangsspannung nicht unter 12 VDC fallen.

## Beschreibung und Blockschaltbild



**Bild 1** Blockschaltbild

### Vorverstärker und Impedanzanpassung

Der Mikrofoneingang kann impedanzmäßig angepaßt werden und für Mikrofone mit Elektretkapsel ist eine Spannungsversorgung (10V oder 5V) möglich. Die Vorverstärkung ist zwischen 1:1 und 10:1 einstellbar.

### Equaliser und PegelEinstellung

Der Equaliser besteht aus drei parallelgeschalteten Bandpässen, deren Ausgangsspannungen unabhängig einstellbar sind. Die Mittenfrequenzen sind 0,45kHz, 1,39kHz und 2,4kHz. Die (festen) 3dB-Bandbreiten dieser Bandfilter sind ca. 600Hz.

### Dynamikkompressor

Hier kommt ein IC zum Einsatz, das insbesondere für Audio-Anwendungen gedacht ist: SSM2166 von Analog Devices. Es handelt sich um einen automatisch geregelten NF-Verstärker (keinen Begrenzer oder HF-Clipper), dessen Regelzeitkonstante, Kennlinie/Kompressionsgrad und Störunterdrückung einstellbar ist. Die Regelung begrenzt die maximale Ausgangsspannung, bei kleineren Eingangsspannungen wird die Verstärkung automatisch erhöht. Eine Störunterdrückung (Noise-Gate) unterdrückt Hintergrundgeräusche. Das Datenblatt ist unter [1] abrufbar.

### AusgangspegelEinstellung

Es sind zwei Ausgänge mit getrennt einstellbaren Ausgangspegeln vorhanden. Eine Potentialtrennung findet nicht statt.

## Schaltung

### Bild 2a - Sheet 1/3:

U1 ist ein Vierfach-OPAmp und beinhaltet den Vorverstärker U1A und die drei NF-Filter, die den Equaliser bilden (U1B, -C und -D).

An JP2 und JP3 kann die Eingangsanspannung eingestellt werden. Für eine Elektretkapsel kann eine Speisespannung und ein  $\omega$ -Widerstand gewählt werden.

Die Mittenfrequenzen der NF-Filter (0,45 kHz / 1,39 kHz / 2,4 kHz) sind einstellbar, deren Ausgänge werden über die drei „Level“-Potis und die 100kOhm-Widerstände (R5, R10, R15) gemischt. Die Addition der drei Ausgänge erfolgt im Eingangspufferverstärker des Dynamikkompressors.

An JP10 kann der Equaliser überbrückt werden (Bypass), so daß nur der Dynamikkompressor wirkt.

### Bild 2b - Sheet 2/3:

U2 ist der Dynamikkompressor SSM2166 von Analog Devices.

Der Eingangs-Pufferverstärker von U2 wird als Summationsverstärker für den Equaliser verwendet (Pin 5,6,7). R16 ist der Gegenkopplungswiderstand für R5, R10 und R15.

An JP4 kann die Regelzeitkonstante zwischen langsam (C30) mittel (C31) und schnell (C32) gewählt werden. Der Kompressionsgrad (Steilheit der Regelkennlinie) wird an JP5 festgelegt. Sie kann zwischen 1:1 (keine Kompression,  $R=0$ ) und 15:1 (Maximale Kompression,  $R28 = 390k\Omega$ ) gewählt werden.

Eine interessante Funktion ist der Noise Limiter, der die Hintergrundgeräusche unterdrückt. Bei sehr kleinen Eingangssignalen wird die Verstärkung nicht, wie bei vielen HF-Clippern üblich, maximal sondern minimal. Dieser Noise Limiter erkennt über die Regelspannung sehr kleine Eingangssignale und regelt die Verstärkung stark zurück. Der Knickpunkt in der Kennlinie ist an JP6 einstellbar.

Die zwei Ausgänge sind getrennt einstellbar, z.B. für zwei Transceiver.

#### Anmerkung zur Ausgangsspannung:

Falls die erreichte Ausgangsspannung nicht ausreicht, kann sie durch Vergrößern von R20 um maximal 10dB erhöht werden. R20 („VCA Gain“ / „R-Gain“) kann nach Datenblatt /1/ bis zu 30kOhm haben.

#### Anmerkung zu Output 2:

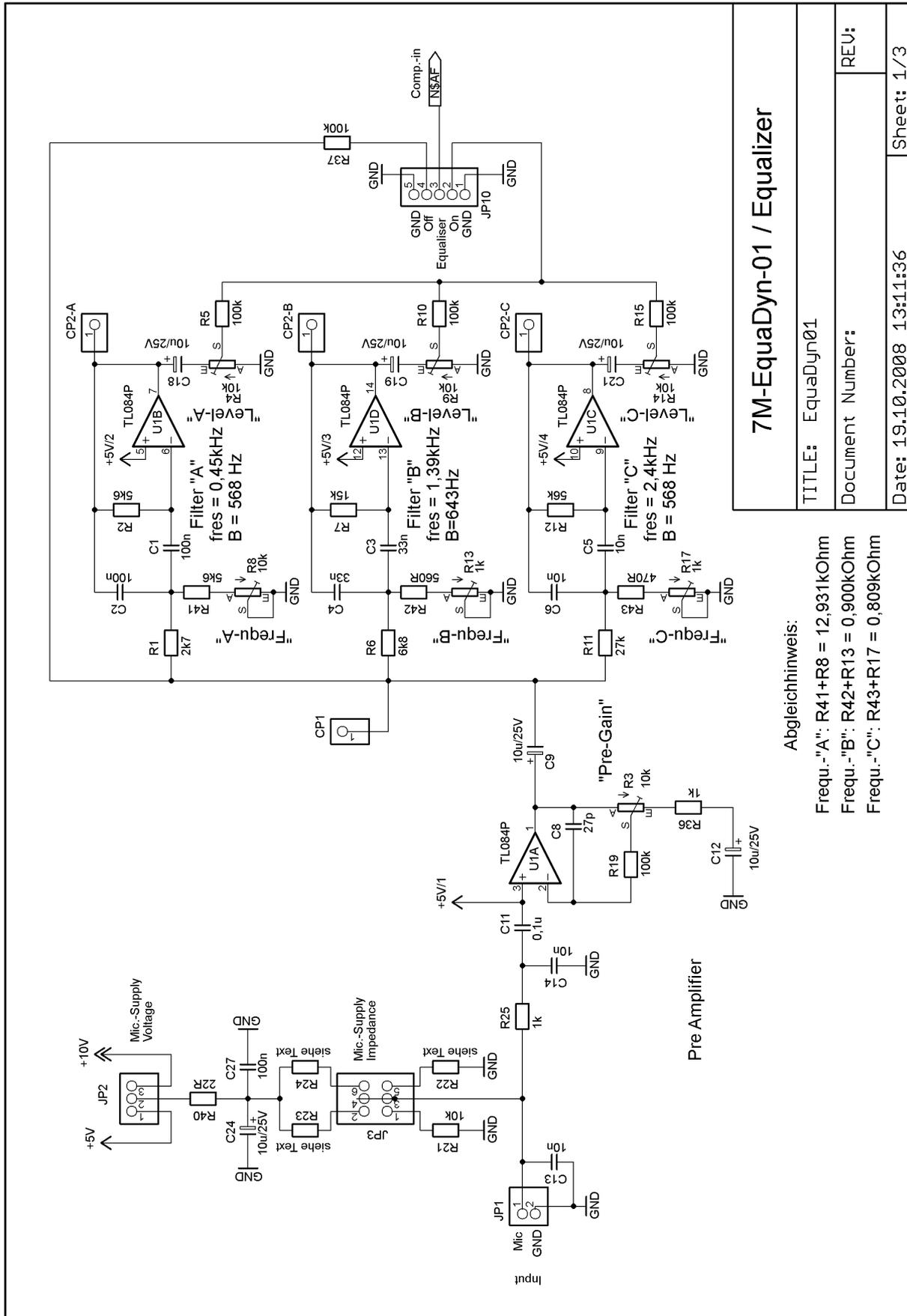
R44 und C35 (Output 2) können entfallen, wenn nur ein Ausgang benötigt wird.

### Bild 2c - Sheet 3/3:

Die Stromversorgung erfolgt aus 12VDC, intern werden 10VDC und 5VDC erzeugt, der Spannungsteiler R38/R39 liefert die Vorspannung für die OP's.

Damit der 10V-Regler arbeiten kann, darf die Versorgungsspannung nicht unter 12VDC fallen. Optimal sind 13,8 VDC. Alternativ kommt die Low-Drop-Version der Spannungsregler zum Einsatz.

Die Stromaufnahme beträgt bei den Mustergeräten unter 25mA.



**7M-EquaDyn-01 / Equalizer**

TITLE: EquaDyn01

Document Number:

Date: 19.10.2008 13:11:36

Sheet: 1 / 3

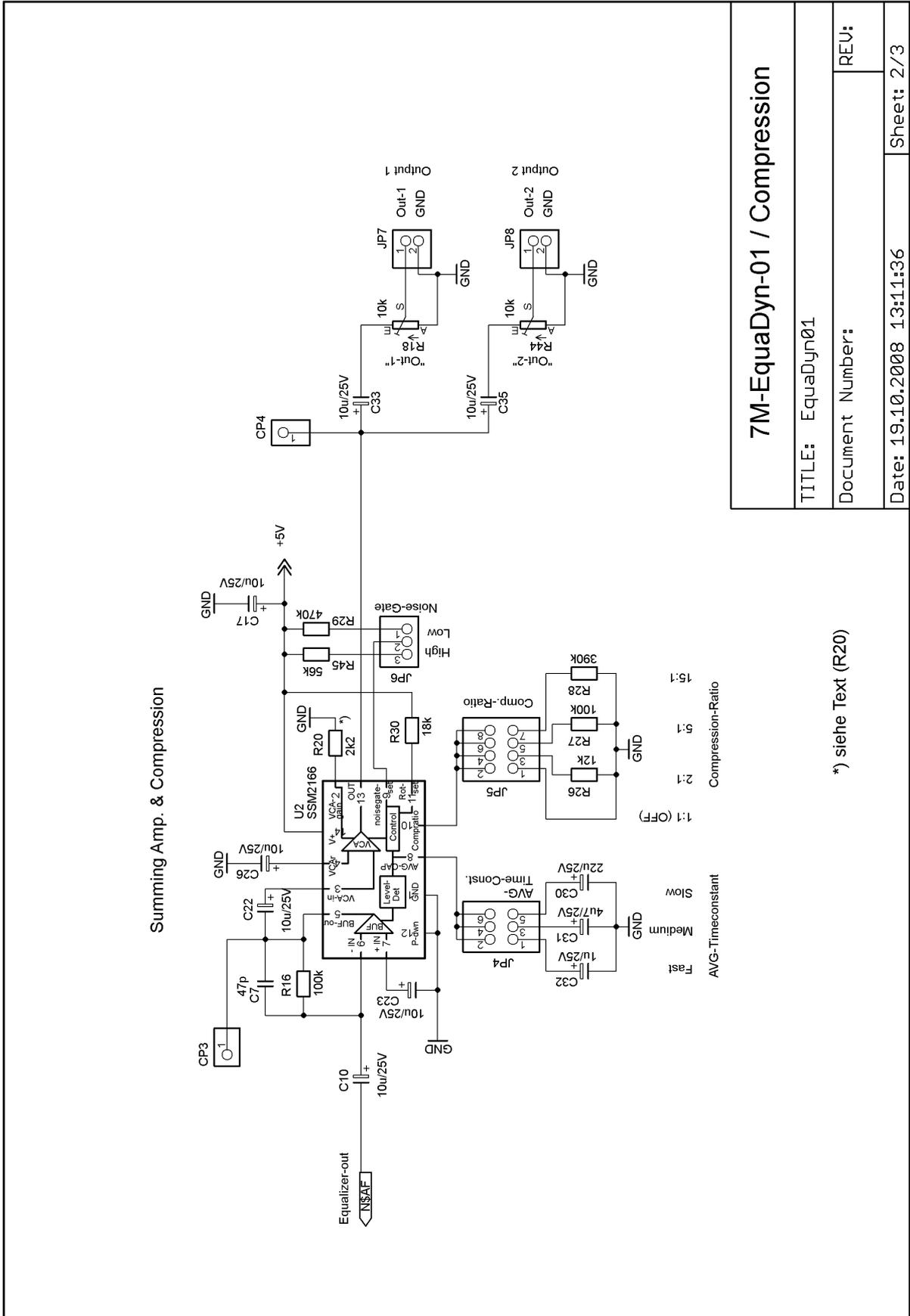
Abgleichhinweis:

Frequ.-"A": R41+R8 = 12,931kOhm

Frequ.-"B": R42+R13 = 0,900kOhm

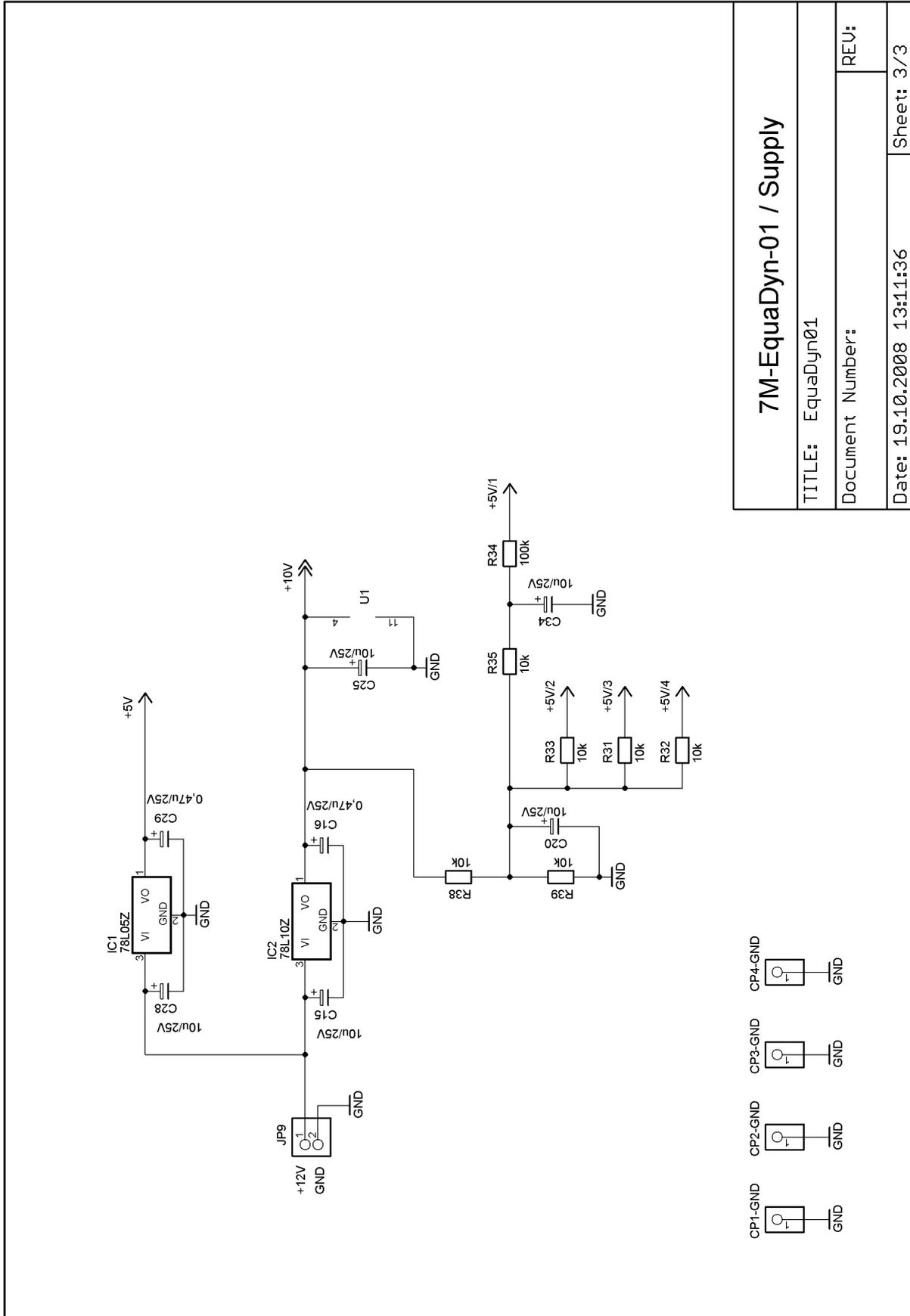
Frequ.-"C": R43+R17 = 0,809kOhm

**Bild 2a Schaltbild 1/3**



<b>7M-EquaDyn-01 / Compression</b>	
TITLE: EquaDyn01	
Document Number:	
REV:	
Date: 19.10.2008 13:11:36	
Sheet: 2/3	

Bild 2b Schaltbild 2/3



## 7M-EquaDyn-01 / Supply

TITLE: EquaDyn01

Document Number:

REV:

Date: 19.10.2008 13:11:36

Sheet: 3/3

Bild 2c Schaltbild 3/3

Platine, Layout

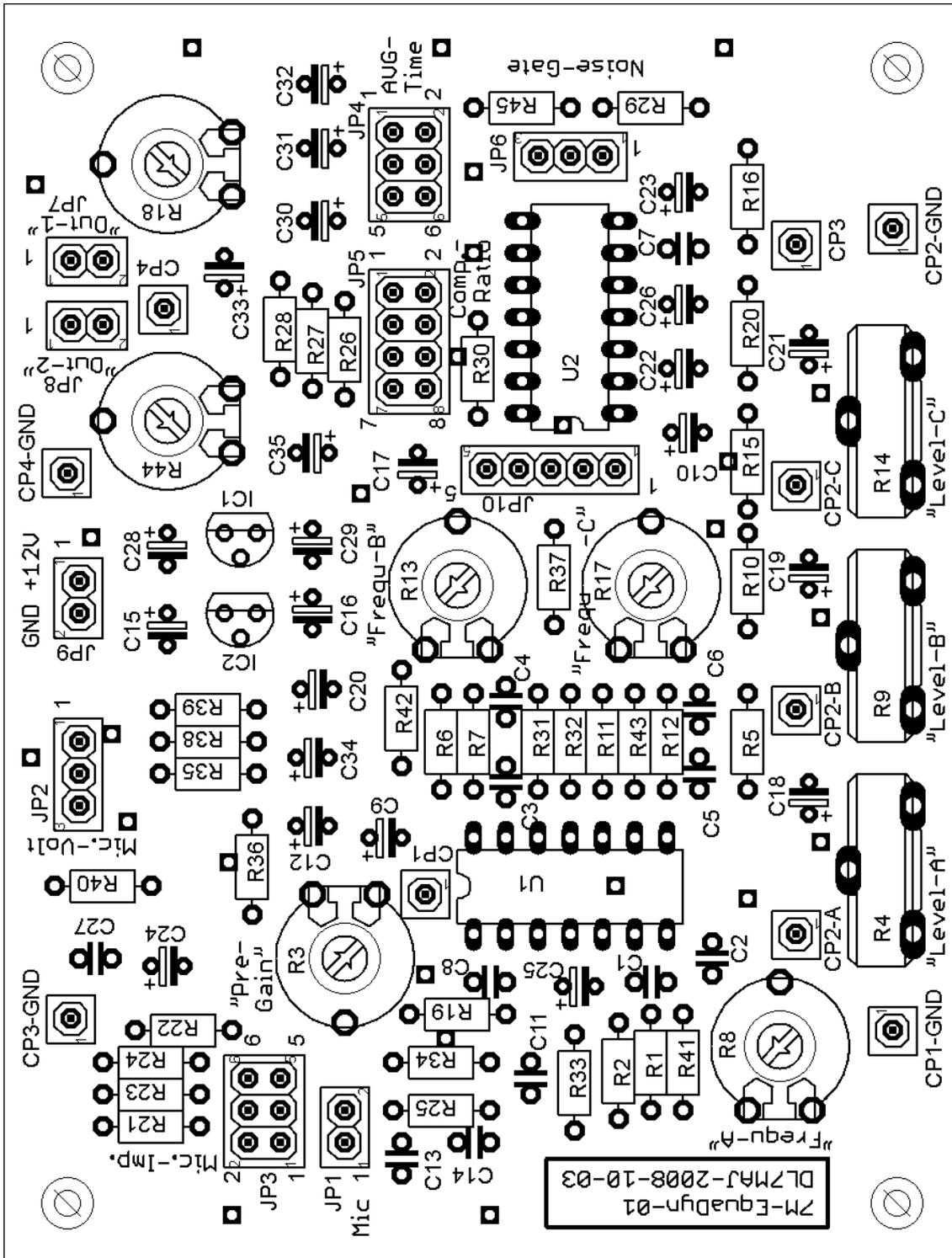


Bild 3 Layout der Platine

**Stückliste**

Part	Value	Package	Toleranz	
C1	100n	C-2,5	< 10%	
C2	100n	C-2,5	< 10%	
C3	33n	C-2,5	< 10%	
C4	33n	C-2,5	< 10%	
C5	10n	C-2,5	< 10%	
C6	10n	C-2,5	< 10%	
C7	47p	C-2,5		
C8	27p	C-2,5		
C9	10u/25V	ES-2,5		
C10	10u/25V	ES-2,5		
C11	0,1u	C-2,5		
C12	10u/25V	ES-2,5		
C13	10n	C-2,5		
C14	10n	C-2,5		
C15	10u/25V	ES-2,5		
C16	0,47u/25V	ES-2,5		
C17	10u/25V	ES-2,5		
C18	10u/25V	ES-2,5		
C19	10u/25V	ES-2,5		
C20	10u/25V	ES-2,5		
C21	10u/25V	ES-2,5		
C22	10u/25V	ES-2,5		
C23	10u/25V	ES-2,5		
C24	10u/25V	ES-2,5		
C25	10u/25V	ES-2,5		
C26	10u/25V	ES-2,5		
C27	100n	C-2,5		
C28	10u/25V	ES-2,5		
C29	0,47u/25V	ES-2,5		
C30	22u/25V	ES-2,5		
C31	4u7/25V	ES-2,5		
C32	1u/25V	ES-2,5		
C33	10u/25V	ES-2,5		
C34	10u/25V	ES-2,5		
C35	10u/25V	ES-2,5		Kann entfallen, siehe Seite 5

CP1	PINHD-1X1	1X01		
CP1-GND	PINHD-1X1	1X01		
CP2-A	PINHD-1X1	1X01		
CP2-B	PINHD-1X1	1X01		
CP2-C	PINHD-1X1	1X01		
CP2-GND	PINHD-1X1	1X01		
CP3	PINHD-1X1	1X01		
CP3-GND	PINHD-1X1	1X01		
CP4	PINHD-1X1	1X01		
CP4-GND	PINHD-1X1	1X01		
IC1	78L05Z	TO92		
IC2	78L10Z	TO92		
JP1	PINHD-1X2	1X02		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP2	PINHD-1X3	1X03		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP3	PINHD-2X3	2X03		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP4	PINHD-2X3	2X03		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP5	PINHD-2X4	2X04		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP6	PINHD-1X3	1X03		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP7	PINHD-1X2	1X02		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP8	PINHD-1X2	1X02		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP9	PINHD-1X2	1X02		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
JP10	PINHD-1X5	1X05		Stiftleiste, 2,54mm, z.B. AMP
R1	2k7	R-7,5	< 5%	
R2	5k6	R-7,5	< 5%	
R3	10k	TRIM-LI10	liegend	
R4	10k	TRIM-ST15	stehend	mit Kunststoffachse
R5	100k	R-7,5		
R6	6k8	R-7,5	< 5%	
R7	15k	R-7,5	< 5%	
R8	10k	TRIM-LI10	liegend	
R9	10k	TRIM-ST15	stehend	mit Kunststoffachse
R10	100k	R-7,5		
R11	27k	R-7,5	< 5%	
R12	56k	R-7,5	< 5%	
R13	1k	TRIM-LI10	liegend	
R14	10k	TRIM-ST15	stehend	mit Kunststoffachse
R15	100k	R-7,5		
R16	100k	R-7,5		
R17	1k	TRIM-LI10	liegend	
R18	10k	TRIM-LI10	liegend	
R19	100k	R-7,5		
R20	2k2	R-7,5		Evtl. vergrößern, siehe Seite 5
R21	10k	R-7,5		
R22	-	R-7,5		Siehe Seite 12
R23	-	R-7,5		Siehe Seite 12
R24	-	R-7,5		Siehe Seite 12

R25	1k	R-7,5		
R26	12k	R-7,5		
R27	100k	R-7,5		
R28	390k	R-7,5		
R29	470k	R-7,5		
R30	18k	R-7,5		
R31	10k	R-7,5		
R32	10k	R-7,5		
R33	10k	R-7,5		
R34	100k	R-7,5		
R35	10k	R-7,5		
R36	1k	R-7,5		
R37	100k	R-7,5		
R38	10k	R-7,5	< 5%	
R39	10k	R-7,5	< 5%	
R40	22R	R-7,5		
R41	5k6	R-7,5		
R42	560R	R-7,5		
R43	470R	R-7,5		
R44	10k	TRIM-LI10	liegend	Kann entfallen, siehe Seite 5
R45	56k	R-7,5		
U1	TL084P	DIL14		Mit Sockel 14-polig
U2	SSM2166	DIL14		Mit Sockel 14-polig

Tabelle 1 Stückliste

**Auswahl der Bauteile**

Weil es sich hier um eine reine NF-Schaltung handelt, sind die Bauteile unkritisch. Die Widerstände sind Metallfilmwiderstände, die Kondensatoren können Keramik- oder Folienkondensatoren sein.

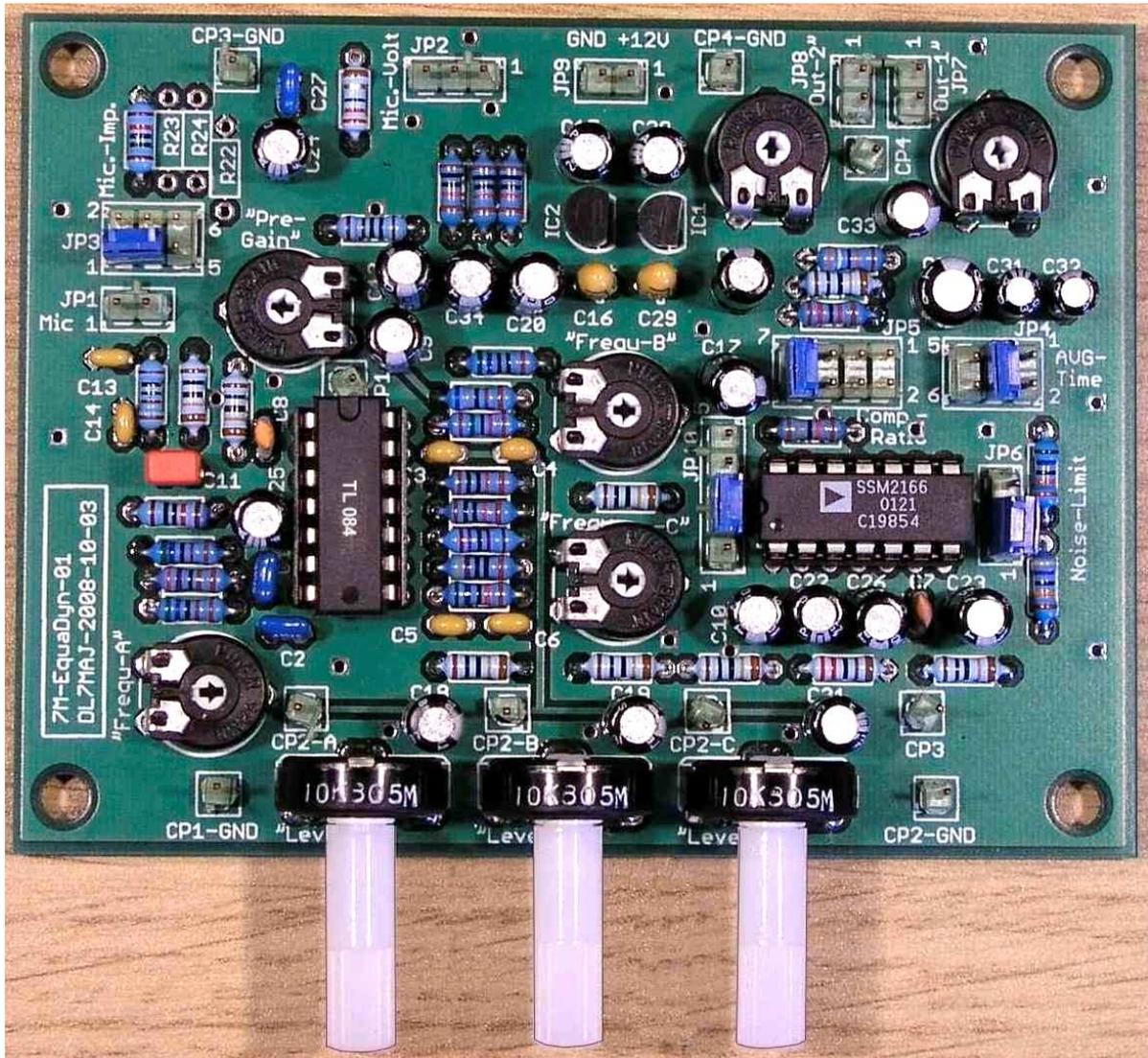
Die IC's U1 und U2 sollten mit Sockeln montiert werden, um den (hoffentlich nie notwendigen) Austausch und die Inbetriebnahme zu erleichtern.

Toleranzen:

In den frequenzbestimmenden Bereichen der Schaltung (Filter „A“ bis „C“) sollten die Toleranzen der Kondensatoren unter 10% und die der Festwiderstände unter 5% sein.

R38 und R39 (Spannungsteiler, Bias für OP's) sollten auch <5% Toleranz haben.

R21 bis R24 legen die Eingangsimpedanz für das Mikrofon fest. R21 und R22 können z.B. 1 kOhm bis 10 kOhm für niederohmige dynamische Mikrofone sein. R23 und R24 legen die Eingangsimpedanz (Serienwiderstand) mit Spannungsversorgung (z.B. für Elektretkapseln) fest. Ein typischer Wert ist 10 kOhm.



**Bild 4 Ansicht der bestückten Platine**

### ***Frequenzgang, Equaliser***

Mit einem Simulationsprogramm (5Spice) ist der Frequenzgang des Equalisers gerechnet worden. Wenn alle drei „Level“-Potis auf 100% stehen, ergibt sich der Frequenzgang nach Bild 5. Eine typische Einstellung zur Unterdrückung der tiefen Frequenzen ist in Bild 6 dargestellt: Level „A“ auf 50%, Level „B“ auf 75% und Level „C“ auf 100%.

Die drei gestrichelten Linien sind die einzelnen NF-Filter; die durchgezogene rote Linie ist der resultierende Frequenzgang.

#### Anmerkung zu „Level“-Potis:

Grundsätzlich muß mindestens ein „Level“-Poti auf 100% stehen, nur die abzuschwächenden Frequenzbereiche sind auf <100% zu stellen.

Das ist wichtig für eine optimale Aussteuerung des nachfolgenden Dynamikkompessors.

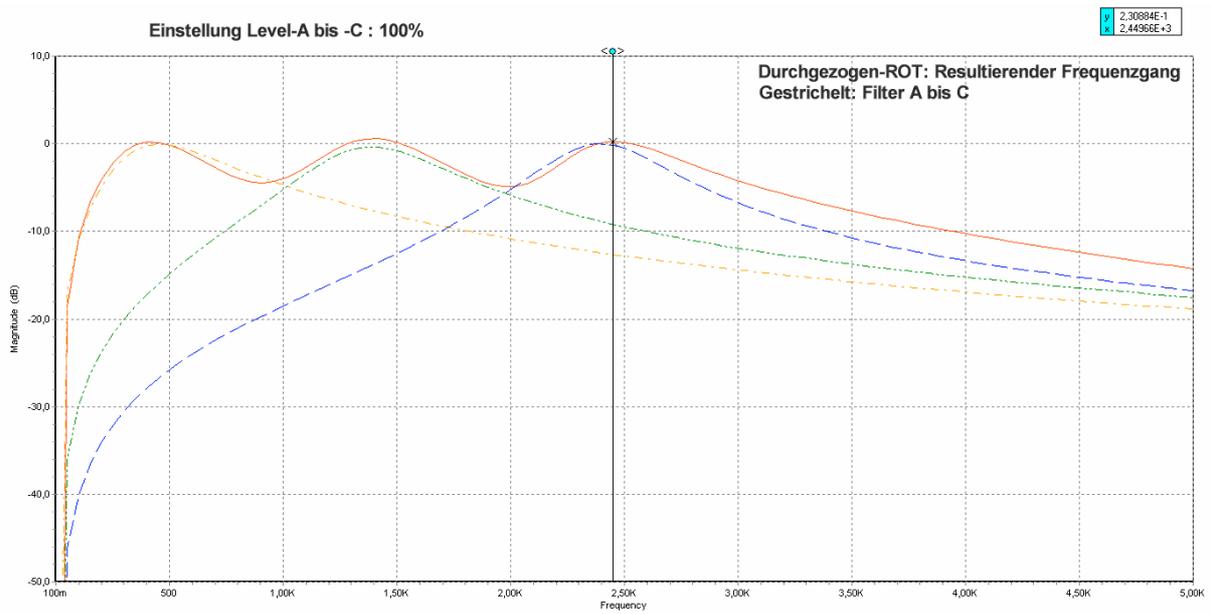


Bild 5 Frequenzgang

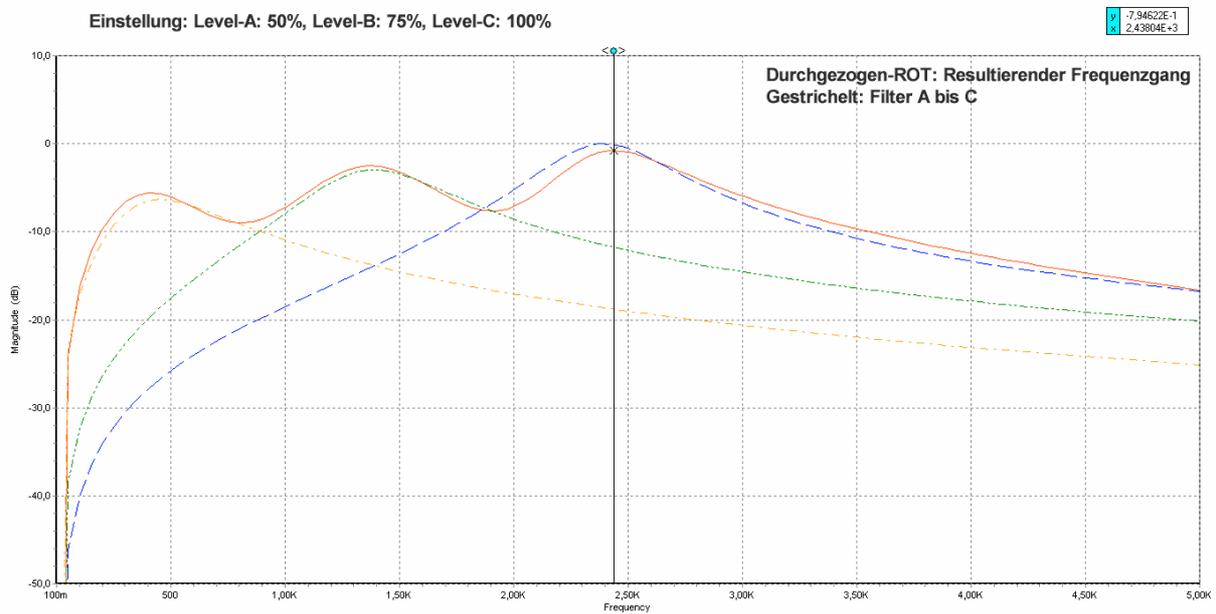


Bild 6 Beispiel für Frequenzgangkorrektur

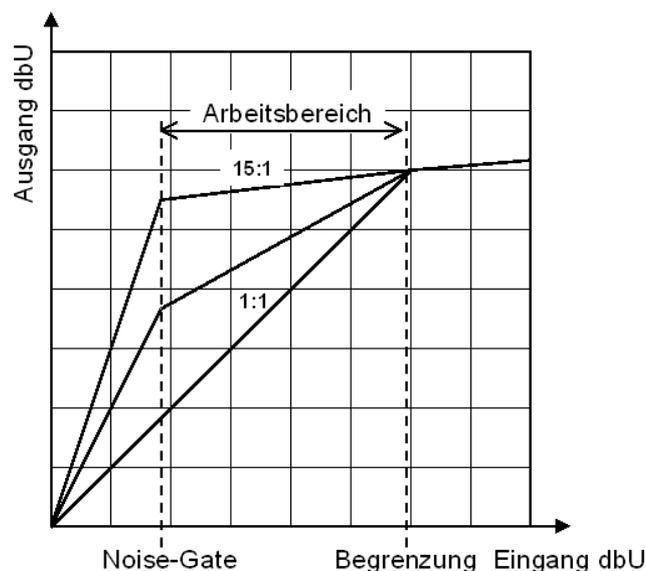
## Dynamikkompression

Das IC SSM2166 arbeitet als regelspannungsgesteuerter NF-Verstärker. Die Steilheit der Regelkennlinie kann verändert werden und ergibt den variablen Kompressionsgrad zwischen 1:1 (keine Kompression) und 15:1 (volle Kompression). So bedeutet z.B. 15:1, daß eine Veränderung des Eingangssignales um 15dB nur eine Veränderung von 1dB am Ausgang bewirkt. Eine hohe Kompression bedeutet auch eine hohe Eingangsempfindlichkeit, siehe Bilder 19 und 20. Die Regelzeitkonstante kann - ähnlich wie bei einem Empfänger - mittels umschaltbarer Kondensatoren verändert werden.

## Noise Gate

Zusätzlich kann eine Schwelle (Noise-Gate) festgelegt werden, unterhalb der die NF unterdrückt wird. Damit werden Hintergrundgeräusche ausgeblendet und bei Verwendung einer VOX wird damit ein zu empfindliches Ansprechen verhindert.

Die Kennlinie ist im Bild 7 symbolisch dargestellt, das Studium des umfangreichen Datenblattes des Herstellers sei hier empfohlen /1/. Im Anhang (Bild 19 und 20) sind Messergebnisse der Kennlinie dargestellt.

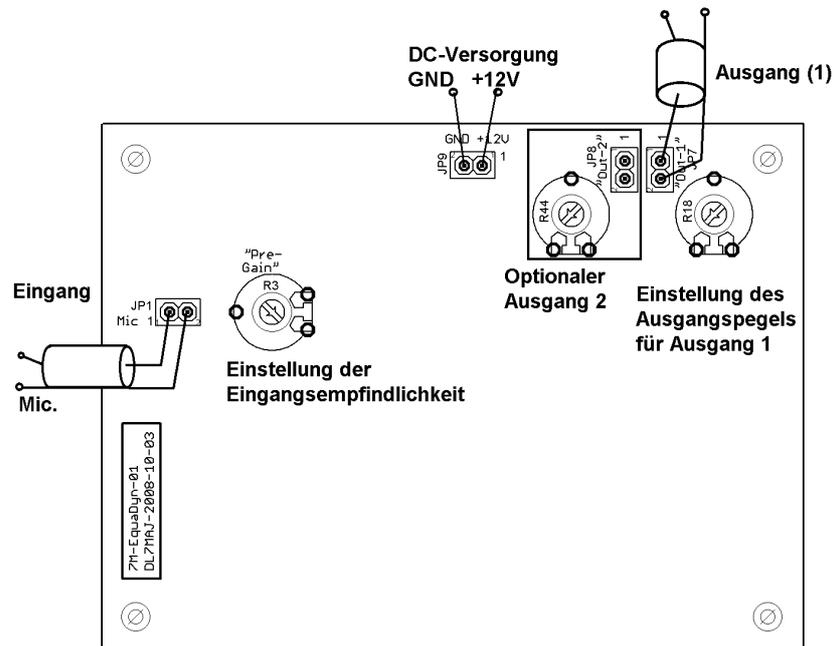


**Bild 7 Symbolische Darstellung der Kompressionskennlinie**

## Klirrfaktor

Die Regelung verursacht bei niedrigen Eingangsfrequenzen und bei kleiner AVG-Zeitkonstante („Fast“) im eingeschwingenen Zustand geringe Verzerrungen. In den technischen Daten sind die Messergebnisse dargestellt, der Klirrfaktor bleibt aber immer unter 1,5 % und damit in der Praxis unerheblich. Typischerweise beträgt der Klirrfaktor 0,5%.

## Anschluß der Platine



**Bild 8 Anschluß der Platine**

Anschlußbeispiele sind im Anhang 2 - Mustergeräte aufgeführt.

## Montagehinweise

### Schalter oder Jumper?

Die Schaltung kann auch nur mit Jumpern konfiguriert werden, Umschalter an der Frontplatte sind nicht notwendig. Trotzdem sollten die wichtigsten Funktionen schaltbar sein; die Auswahl dieser Funktionen liegt beim Anwender; Beispiele siehe Anhang 2.

### JP10:

Die Ein- und Ausschaltung der Equaliserfunktion an JP10 muß bei Verwendung eines Schalters an der Frontplatte über geschirmte Leitungen erfolgen. An JP10 sind dafür zwei Masseverbindungen (Pin 1 und 5) vorgesehen (Bild 9).



**Bild 9 Masseverbindungen an JP10**

Frontplattengestaltung:

Die Frontplatten der Mustergeräte wurden mit einem bekannten Officeprogramm (Powerpoint) erstellt und mit einem Laserdrucker auf eine selbstklebende Transparentfolie (ACHTUNG! Temperaturfest - speziell für Laserdrucker!) gedruckt.

Die aufgeklebte Transparentfolie wurde zur Verbesserung der Abriebfestigkeit zusätzlich mit normaler selbstklebender Transparentfolie (Bucheinband) beklebt.

Mit einem scharfen Messer und einem Lineal wurden die Ränder beschnitten und die Löcher für Schalter und Potis ausgeschnitten.

Gehäuse:

Wegen der notwendigen Abschirmung gegen HF-Einstreuungen im Sendebetrieb sollten nur Metallgehäuse verwendet werden. Bei eloxierten Gehäusen ist auf guten Kontakt der Gehäuseteile untereinander zu achten. Alle Ein- und Ausgänge und die DC-Versorgung sind ausreichend gegen die HF abzublocken.

Platinen-Steckverbinder:

Bei Verwendung von Steckverbindern ist VOR(!) dem Lötens auf die Bauhöhe und die Gehäuse-Innenmaße zu achten.

**Erstinbetriebnahme und Abgleich*****Benötigte Meßgeräte***

1. Sinusgenerator, 10Hz ... 10kHz, Genauigkeit besser als 10Hz, Ausgang gepegelt
2. Ggf. NF-Frequenzzähler für den Tongenerator
3. NF-Millivoltmeter oder Scope
4. Optional: FM-modulierbarer Funktionsgenerator
5. Netzgerät, 12VDC ... 15VDC variabel
6. Multimeter

***Erstinbetriebnahme***

Die Erstinbetriebnahme erfolgt ohne die beiden IC's U1 (TL084) und U2 (SSM2166).

1. U1 und U2 entfernen
2. Jumper nach Bild 10 stecken, JP2 und JP3 ohne Jumper.
3. Betriebsspannung 12VDC an JP9 anschließen
4. Stromaufnahme messen; sie sollte unter 10mA liegen; (Mustergerät: 7mA)
5. Kontrolle der +5VDC und +10VDC auf der Platine an JP2: Pin 1: 5VDC, Pin3: 10VDC
6. Betriebsspannung entfernen
7. Die IC's U1 und U2 einsetzen
8. Betriebsspannung 12VDC an JP9 anschließen
9. Stromaufnahme messen; sie sollte unter 30mA liegen; (Mustergerät: 23mA)
10. Betriebsspannung entfernen

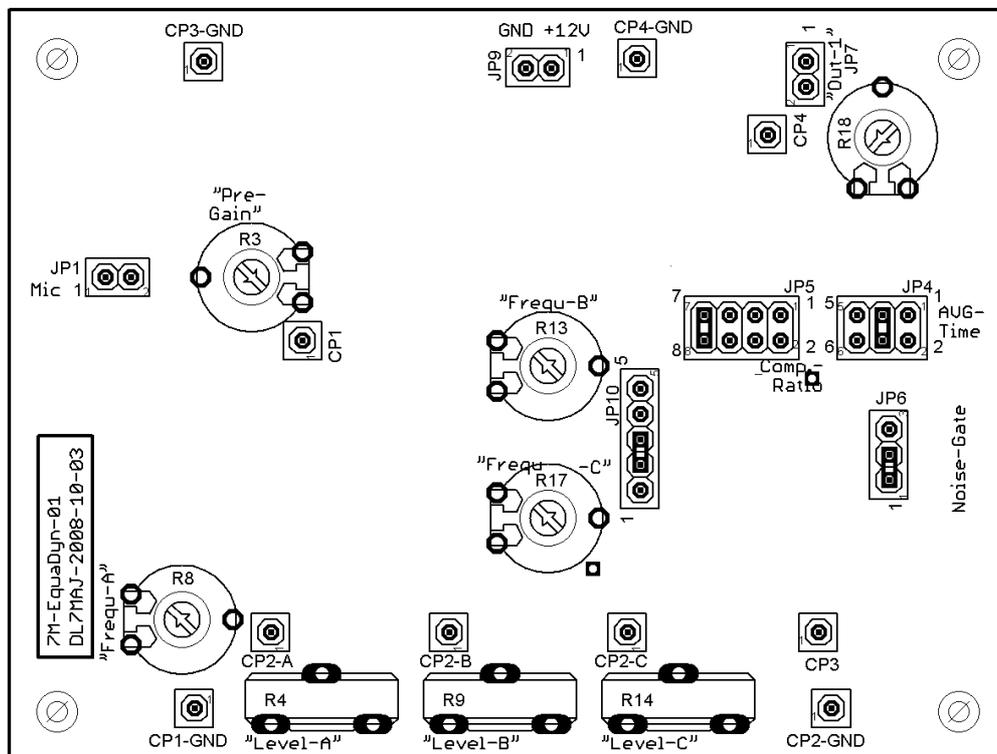
## Abgleich Equaliser

Die Abgleich- und Testpunkte sind in Bild 10 dargestellt.

### Grobabgleich:

1. Betriebsspannung entfernen
2. „Pre-Gain“ (R3) auf Linksanschlag; Verstärkung = 1.
3. Die drei Potis „Level-A“, „Level-B“ und „Level-C“ auf Linksanschlag einstellen.
4. Jumper JP4, JP5, JP6 und JP10 nach Bild 10 stecken; JP2 und JP3 ohne Jumper
5. Betriebsspannung 12VDC an JP9 anschließen
6. Sinusgenerator an JP1 (Mic) anschließen, Amplitude ca. 100mVeff.
7. Millivoltmeter oder Scope an CP2-A anschließen
8. Frequenz auf 450Hz einstellen, mit „Frequ-A“ (R8) an CP2-A auf Maximum einstellen.  
Anmerkung: das Maximum ist sehr breit! Siehe „Feinabgleich“.
9. Millivoltmeter oder Scope an CP2-B anschließen
10. Frequenz auf 1.390Hz einstellen, mit „Frequ-B“ (R13) an CP2-B auf Maximum einstellen.
11. Millivoltmeter oder Scope an CP2-C anschließen
12. Frequenz auf 2.400Hz einstellen, mit „Frequ-C“ (R17) an CP2-C auf Maximum einstellen.

Die Signalamplituden an CP2-A, -B und -C sollten jeweils ca. 100mVeff betragen.



**Bild 10 Lage der Abgleich- und Testpunkte**

Feinabgleich:

Die Filter sind sehr breitbandig, so daß die Einstellung des Maximums schwierig ist. Deshalb empfiehlt sich für den Feinabgleich die Einstellung der -6dB-Punkte (Tabelle 2). Dazu wird gemäß Tabelle 2 am Sinusgenerator abwechselnd die untere und die obere -6dB-Grenzfrequenz eingestellt und mittels des jeweiligen Potis auf gleiche Amplituden an diesen Punkten eingestellt. Ausgehend von 100mV Amplitude im Resonanzpunkt (Filtermitte) haben die -6dB-Punkte 50mV Amplitude. Die drei Potis „Level-A“, „Level-B“ und „Level-C“ sind vorher auf Linksanschlag einzustellen!

Frequenzbereich	Untere	Max.	Obere	Messpunkt	Abgleich
	-6dB	0dB	-6dB		
„A“	179Hz	450Hz	1.169Hz	CP2-A	R8
„B“	940Hz	1.390Hz	2.051Hz	CP2-B	R13
„C“	1.953Hz	2.400Hz	2.933Hz	CP2-C	R17

**Tabelle 2 Abgleichfrequenzen**

Diese Tabellenwerte wurden durch Simulation ermittelt und können auf Grund von Bauteiltoleranzen und der nichtidealen OP's etwas abweichen. Bei Abweichungen ist dann in jedem Frequenzbereich auf gleiche Amplituden an den -6dB-Punkten einzustellen.

## Optional (Optimal):

Optimal für diese Meßaufgabe ist ein FM-modulierbarer Funktionsgenerator, der mit 0,5Hz Rechteck und entsprechendem Hub FM-moduliert wird, so daß im Sekundentakt abwechselnd die untere und obere Frequenz nach Tabelle 2 erzeugt wird. Mit einem Scope (X-/Y-Betrieb, nur mit Y-Ablenkung ohne X-Ablenkung) oder einem mV-Meter kann dann leicht auf gleiche Amplituden abgeglichen werden.

## Beispiel:

Für den Frequenzbereich „A“ wird der Funktionsgenerator auf die berechnete Mittenfrequenz  $(1.169+179)\text{Hz}/2 = 674\text{Hz}$  (Sinussignal) eingestellt. Der Hub wird auf  $1.169-674\text{ Hz} = 674 - 179\text{ Hz} = 495\text{ Hz}$  eingestellt. Die FM-Modulationsfrequenz ist ein Rechtecksignal mit 0,5 Hz. Damit erzeugt der Funktionsgenerator abwechselnd für eine Sekunde 179 Hz und für eine Sekunde 1.169 Hz (Tabelle 3).

Frequenzbereich	Untere Frequenz	Mittenfrequenz	Obere Frequenz	FM-Hub
„A“	179Hz	674Hz	1.169Hz	495Hz
„B“	940Hz	1.495,5Hz	2.051Hz	555.5Hz
„C“	1.953Hz	2.443Hz	2.933Hz	490Hz

**Tabelle 3 Einstellungen des FM-modulierten Frequenzgenerators**

## Abschluß:

Nach diesem Feinabgleich ist der Abgleich beendet und die drei „Level“-Potis sind auf Rechtsanschlag (=100%) zu stellen.

## Betrieb des EquaDyn

### Funktion der Jumper

1. Die Wahl der Eingangsimpedanz an JP3 mit Verwendung der Versorgungsspannung, z.B. für eine Elektretkapsel: Auswahl von R23 oder R24, über den eine gewählte Versorgungsspannung auf den Eingang gegeben wird (Bild 11) und dessen Größe durch die Anforderungen der Elektretkapsel bestimmt wird. Ein typischer Wert ist 10 kOhm. An JP2 können 5V oder 10V gewählt werden. Ein typischer Wert ist 10V.

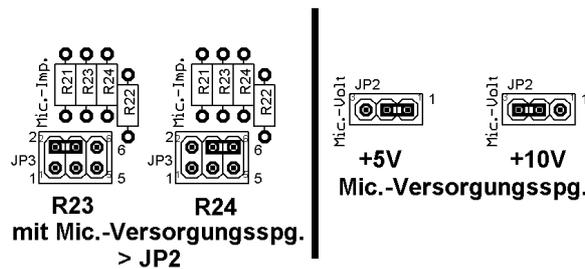


Bild 11

2. Die Wahl der Eingangsimpedanz an JP3 ohne Verwendung der Versorgungsspannung, z.B. für ein dynamisches Mikrofon: Auswahl von R21 oder R22 (Bild 12), dessen Größe durch die Anforderungen der Mikrofonkapsel bestimmt wird. Ein typischer Wert ist 1 kOhm. Der Jumper JP2 ist hier wirkungslos.

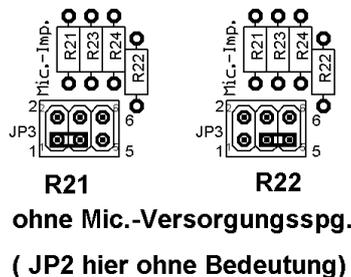


Bild 12

3. Die Regelgeschwindigkeit der automatischen Verstärkungsregelung (AVG-Time): C30 (slow) bis C32 (fast) können an JP4 gewählt werden (Bild 13).

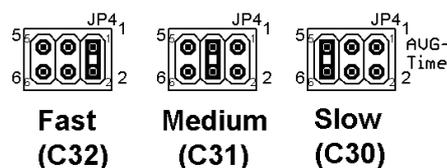


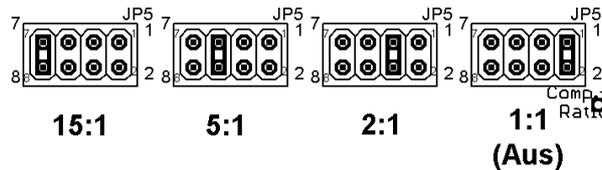
Bild 13

#### 4. Die Dynamikkompression:

Die Kompression kann an JP5 zwischen 1:1 (= keine Kompression = Aus) und 15:1 (maximale Kompression) gewählt werden (Bild 14).

##### Anmerkung:

In Stellung 1:1 ist auch die Funktion der Störunterdrückung/Noise-Gate wirkungslos.



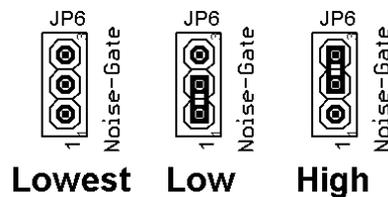
**Bild 14**

#### 5. Die Störunterdrückung / Noise Gate:

An JP6 kann die Schwelle für die Unterdrückung der Hintergrundgeräusche eingestellt werden; das ist insbesondere bei Verwendung der VOX im Sender hilfreich (Bild 15). Die sich ergebenden Schwellen sind in Bild 20 gemessen worden. Wird kein Jumper gesetzt, so ist die Schwelle sehr niedrig („Lowest“) und damit in der Praxis unwirksam.

##### Anmerkung:

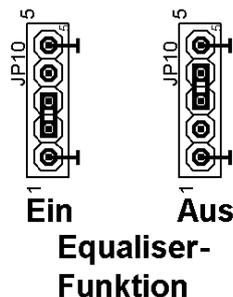
Das Datenblatt des IC's macht keine Aussage zur Schwelle bei Rgate = unendlich; die Erfahrung des Autors zeigt aber, daß die Schwelle nahezu Null wird. Es können aber Stabilitätsprobleme auftreten, siehe „Optimierung der Jumper – Diskussion“, Seite 23.



**Bild 15**

#### 6. Die Equaliserfunktion:

Die Equaliserfunktion kann an JP10 ein- oder ausgeschaltet werden (Bild 16). Wichtig ist die Verwendung geschirmter Kabel bei Anschluß an einen Schalter, weil die NF direkt umgeschaltet wird. An JP10 sind für die Kabelschirme zwei geerdete Pins (1 und 5) vorgesehen. Siehe auch Montagehinweise und Bild 9.



**Bild 16**

### **Einstellung „Pre-Gain“**

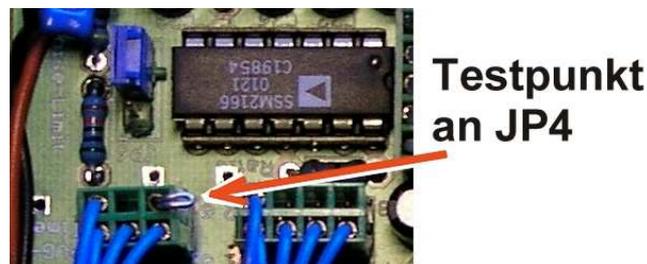
„Pre-Gain“ (R3) wird im Betrieb bei angeschlossenem Mikrofon so eingestellt, daß U2 im optimalen Regelbereich liegt. Der Einsatz der Regelung (AVG) kann an JP4 Pins 2-4-6 gemessen werden, dazu wird an JP4 mit einem Buchsenkontakt und einem kurzen Drahtstück ein Testpunkt an Pin 6 angebracht (Bild 17).

Das zur Messung verwendete Voltmeter muß hochohmig sein, d.h. mindestens 1M $\Omega$  Eingangswiderstand haben.

Bei ausreichendem Eingangssignal tritt an JP4 eine DC-Spannung von > 0,5 VDC auf; die Ruhespannung ohne Eingangssignal beträgt ca. 0,3 VDC.

#### Anmerkung:

Mit diesem Poti (R3) wird NICHT die Ausgangsspannung eingestellt!



**Bild 17 Testpunkt JP 4**

### **Einstellung „OUT-1“**

Die Ausgangsspannung für optimale Ansteuerung des Senders wird mittels „Out-1“ (R18) eingestellt (oder mit R44 für den 2.Ausgang), siehe Bild 8.

#### Anmerkung zur Ausgangsspannung:

Falls die erreichte Ausgangsspannung nicht ausreicht, kann sie erhöht werden, siehe Seite 5.

### **Einstellung Frequenzgang „Level“**

Die Einstellung der Potis „Level-A“, „Level-B“ und „Level-C“ kann nur im praktischen Betrieb durch Abhören des eigenen gesendeten Signals ermittelt werden. Dabei sollte der Kompressionsgrad auf 1:1 eingestellt zu sein, um Verfälschungen zu vermeiden.

Typischerweise wird „Level-A“ auf ca. 50%, „Level-B“ auf 75% und „Level-C“ auf 100% eingestellt. Damit wird eine Absenkung der tiefen Sprachfrequenzen erreicht, was im Funkbetrieb die Verständlichkeit verbessert.

#### Anmerkung:

Grundsätzlich muß mindestens ein „Level“-Poti auf 100% stehen, nur die abzuschwächenden Frequenzbereiche sind auf <100% zu stellen.

Das ist für eine optimale Aussteuerung des nachfolgenden Dynamikkompressors wichtig.

## **Optimierung der Einstellungen und Jumper - Diskussion**

Der Equadyn hat zwei Funktionen, die getrennt verwendbar und einstellbar sind:

### **1. Die Equaliserfunktion**

Zuerst sollte die Equaliserfunktion ohne Kompression (JP5 auf 1:1) auf die individuelle Sprache und Tonlage des Operators eingestellt werden. Hier spielt auch der Frequenzgang des Senders eine Rolle. Diese Einstellung kann nur durch Abhören des eigenen Signals erfolgen. Erst wenn die Equalisereinstellung optimiert ist, kann die Kompression eingestellt werden.

### **2. Die Kompression**

Bei der Wahl der Jumper ist zu berücksichtigen, daß sich einige Jumper (bzw. deren Funktionen) gegenseitig ungünstig beeinflussen können. So wäre z.B. eine „Kampfparametereinstellung“ mit JP4 auf „Fast“, JP 5 auf „15:1“ und JP6 auf „High“ äußerst ungünstig. Die Modulation klingt zerhackt, weil die schnelle Regelung (JP4) und die Störunterdrückung (JP6) das Signal schon während der Pausen in den Sprachsilben unterdrückt. Das Signal wird im Rhythmus der Sprache ständig ein- und ausgeschaltet. Hier wäre das Noise Gate an JP 6 auf den niedrigsten Wert („Lowest“) einzustellen. Die Störunterdrückung sollte grundsätzlich nur dann verwendet werden, wenn es auf Grund der Hintergrundgeräusche notwendig erscheint.

Die Tabelle 4 schlägt einige sinnvolle Kombinationen vor. Die Kombinationen hängen natürlich auch vom individuellen Sprachverhalten ab und müssen experimentell ermittelt werden.

<b>Betriebsart</b>	<b>JP 4</b>	<b>JP 5</b>	<b>JP 6</b>
Schärfste Kompression	Fast	15:1	Low oder Lowest
Scharfe Kompression	Fast	5:1	Low oder Lowest
Scharfe Kompression	Medium	15:1	Low oder Lowest
Scharfe Kompression	Medium	5:1	Low oder Lowest
Ortsrunde	Slow	2:1	Low oder Lowest
Ortsrunde mit Hintergrund	Slow	2:1	High

**Tabelle 4 Kombinationen der Jumbereinstellungen**

#### Anmerkung:

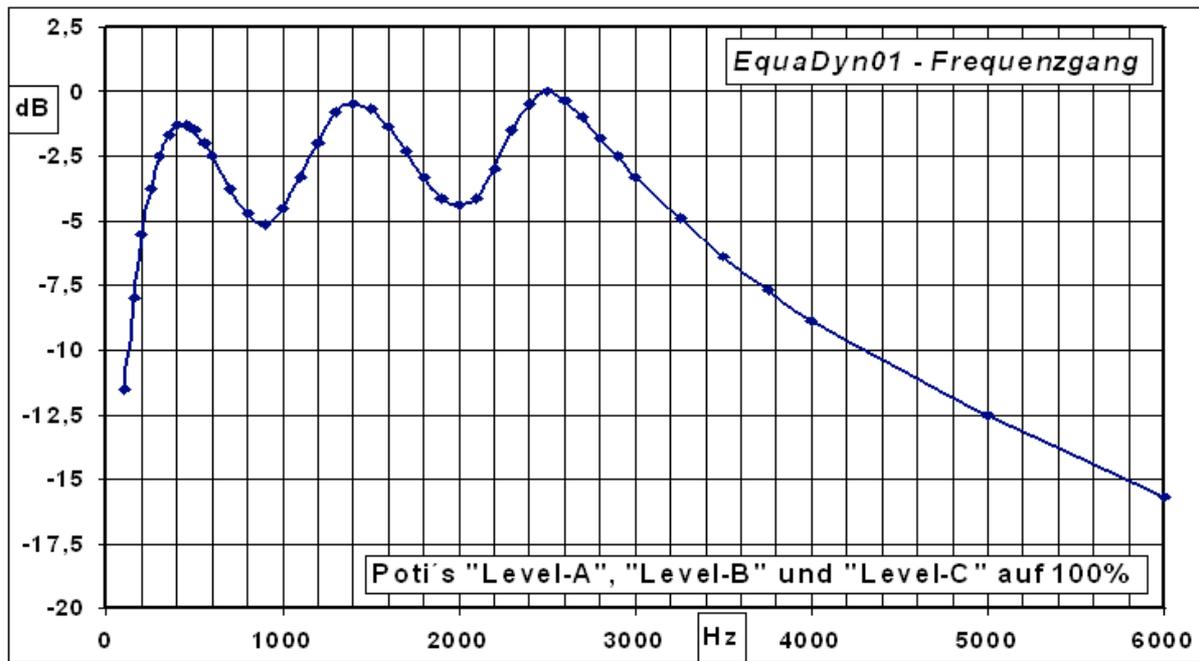
Die Einstellung der Vorverstärkung an R3 („Pre Gain“) und die Einstellungen am Equaliser („Frequ-A, -B und -C“) beeinflussen die tatsächliche Schwelle zusätzlich; je mehr Vorverstärkung um so geringer ist die tatsächliche Schwelle – bezogen auf den Eingang an JP1.

#### Anmerkung:

Die Vorverstärkung R3 („Pre Gain“) kann im Zweifel etwas größer eingestellt werden, der Regelungsbereich des SSM2166 ist ausreichend. Nur bei Verwendung eines Vorverstärker-Mikrofons ist die Vorverstärkung auf 1 (R3 auf Linksanschlag) einzustellen.

## Anhang 1 Einige Messergebnisse

### Frequenzgang



**Bild 18 Gemessener Frequenzgang**

An einem Mustergerät wurde der Frequenzgang gemessen und das Maximum auf 0dB normiert (Bild 18). Die Welligkeit beträgt maximal +/- 2,5 dB, bei tieferen Frequenzen ist ein Abfall von ca. 1,25 dB sichtbar, dessen Ursache vermutlich in den Bauteiltoleranzen zu suchen ist. Dieses Ergebnis entspricht damit fast der Simulation (Bild 5).

### **Dynamikkompression – statische Kennlinie**

Die statische Regelkennlinie wurde mit einem NF-Generator und einem NF-Millivoltmeter aufgenommen.

Einstellungen auf der Platine:

- „Pre-Gain“ R3 Linksanschlag, V=1
- Equaliser (JP10): Off
- „Out-1“ Maximal: R18 auf Rechtsanschlag

Bild 19 zeigt die bei den verschiedenen Kompressionsgraden entstehenden Kennlinien, die Störunterdrückung (Noise Gate) war auf „Low“.

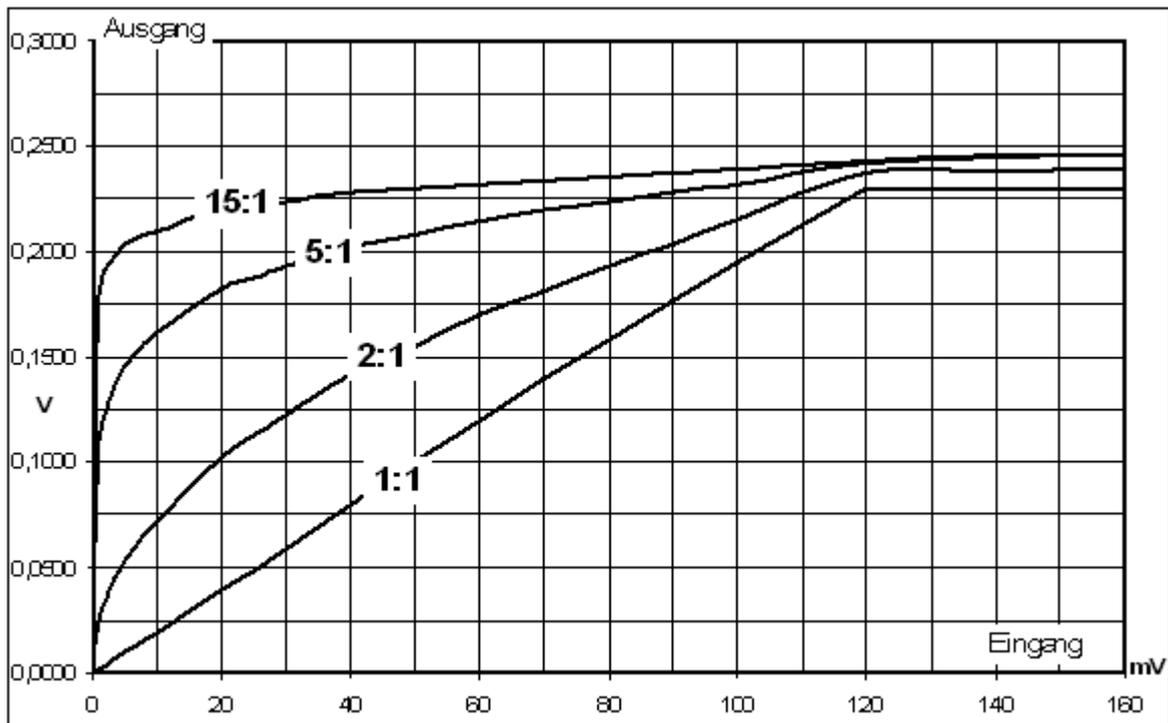


Bild 19 Statische Kennlinie, Noisegate Low

Den Unterschied der Störunterdrückungsschwellen „Low“ und „High“ zeigt Bild 20.

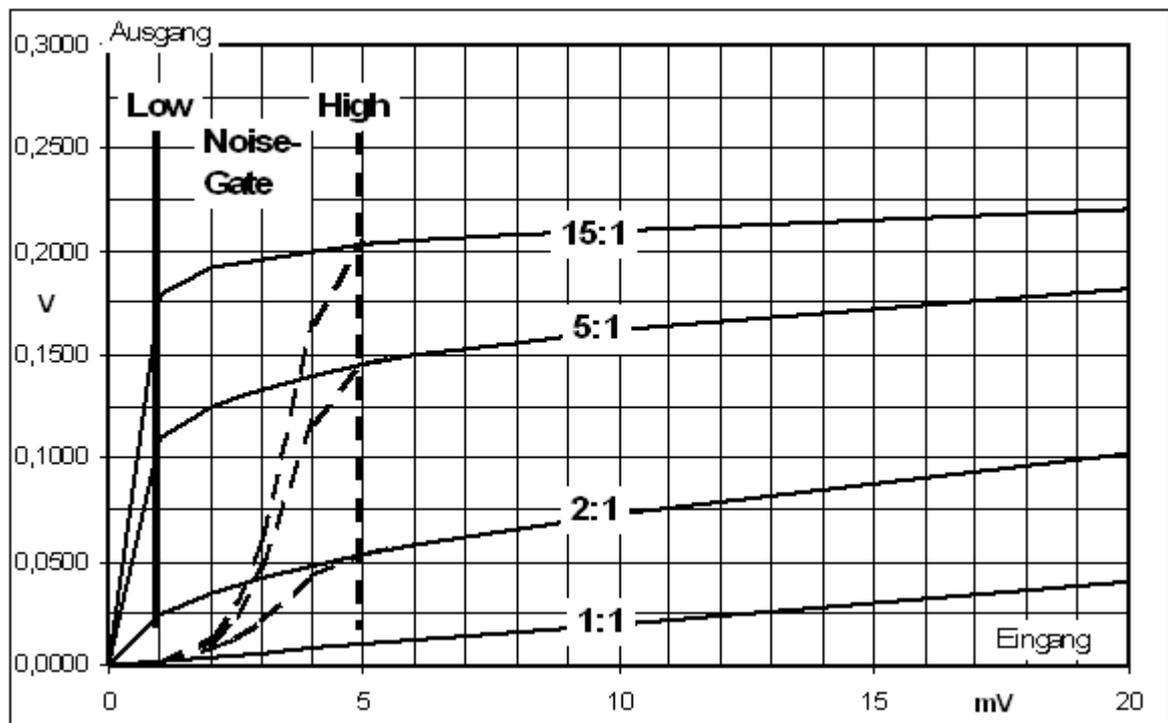
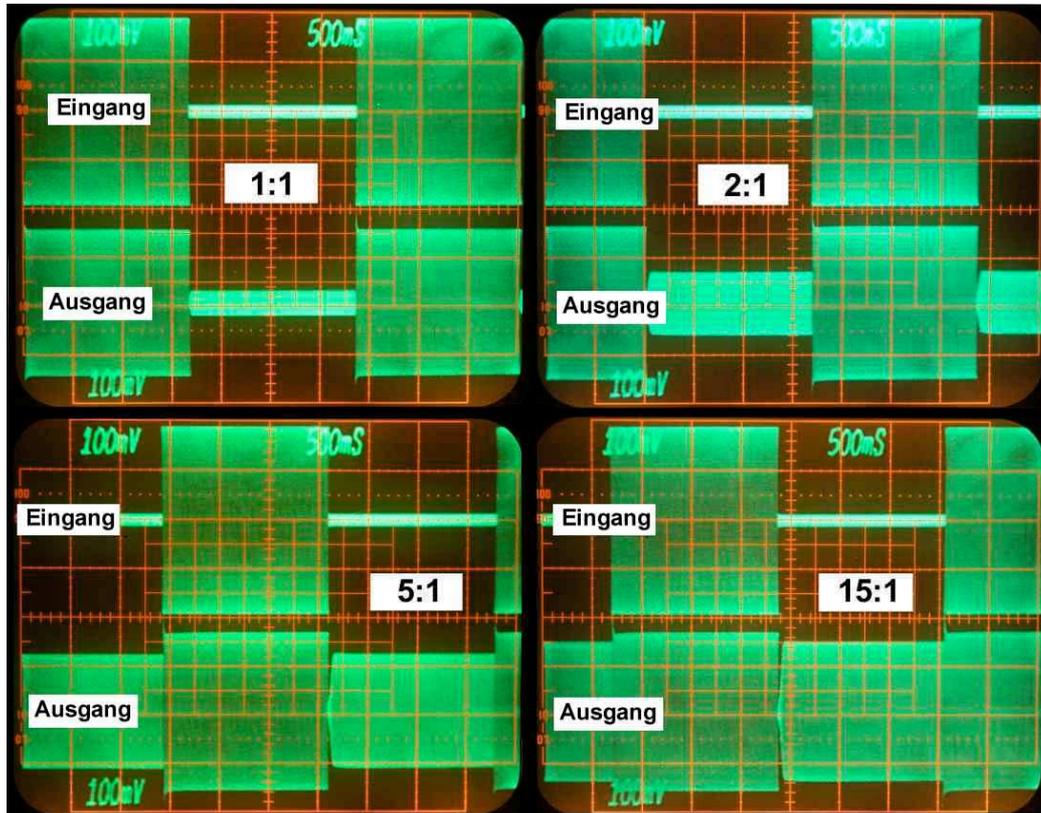


Bild 20 Statische Kennlinien, Noisegate Low and High

## Dynamikkompression - dynamisches Verhalten

Für die Messung des dynamischen Verhaltens der Dynamikkompression wurde ein 1kHz-Sinussignal mit einem niederfrequenten Rechtecksignal amplitudenmoduliert; der Modulationsgrad war 90%.

Die Einstellungen der AVG-Zeitkonstante und des Kompressionsgrades wurden verändert und die Ausgangssignale wurden mit analogen und digitalen Speicherscopes aufgezeichnet.



Regelzeitkonstante: FAST für alle vier Messungen

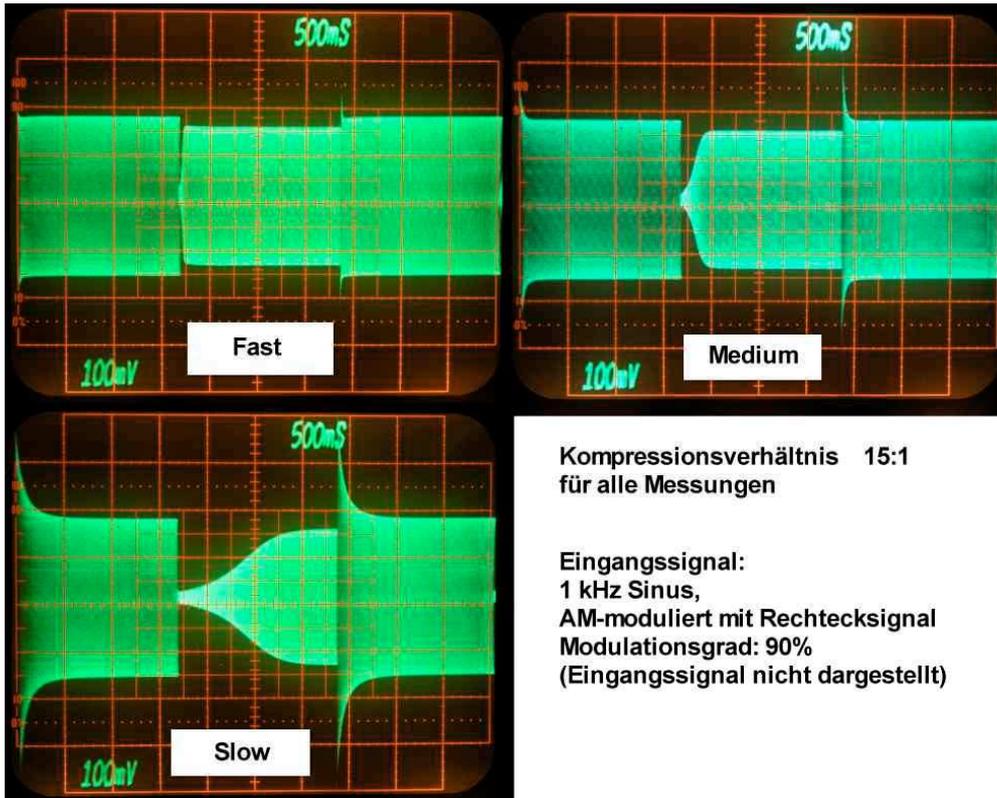
**Bild 21 Kompression, Ein- und Ausgangssignale**

In Bild 21 wurde bei schneller Regelung („Fast“) nur das Kompressionsverhältnis umgeschaltet. Das Eingangssignal ist die obere Spur, das komprimierte Ausgangssignal die untere Spur. Je höher die Kompression, um so größer ist die Ausgangsamplitude bei geringer Eingangsspannung.

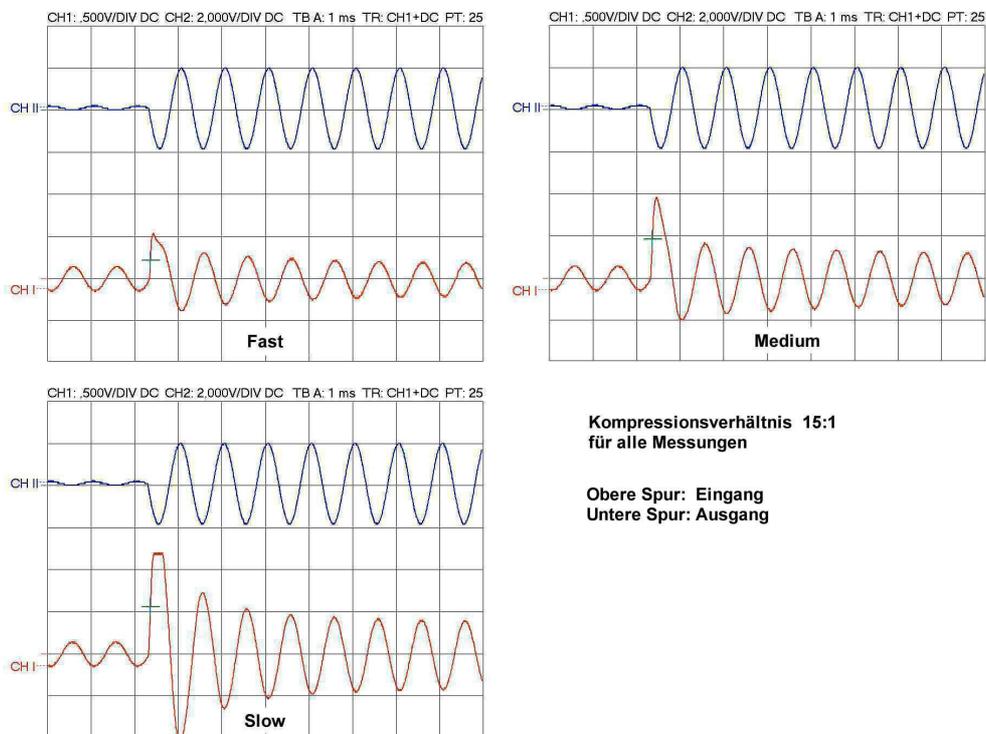
In den Bildern 22 und 23 wurde bei maximaler Kompression (15:1) die Regelzeitkonstante verändert. Bild 22 zeigt das Hochregeln der Ausgangsspannung bei schnell abnehmender Eingangsspannung, während Bild 23 das Zurückregeln bei schnell ansteigender Eingangsspannung zeigt (Rechteckmodulation, s.O.)

### Anmerkung:

Die Überschwinger werden durch den schnellen Anstieg des Eingangssignales verursacht; im praktischen Betrieb mit einem Sprachsignal treten sie wesentlich schwächer auf.



**Bild 22 Ausgangssignale und Regelzeitkonstanten, Hochregeln**



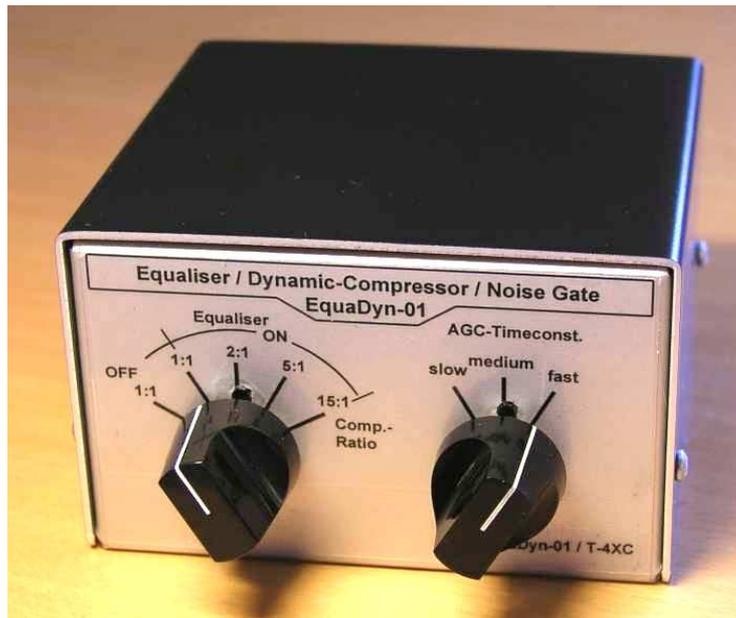
**Bild 23 Ausgangssignale und Regelzeitkonstanten, Zurückregeln**

## Anhang 2 Mustergeräte

Es werden zwei Mustergeräte vorgestellt:

### *EquaDyn-01 T4XC*

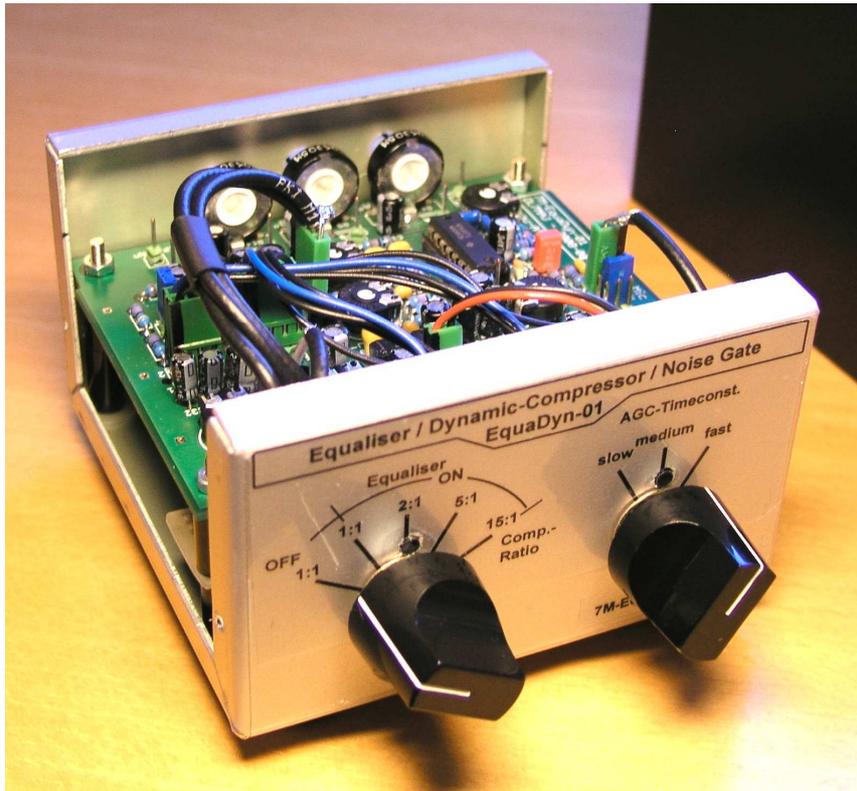
Für einen alten Drake-Röhrensender T-4XC aus der bekannten Drake C-Line wurde der EquaDyn-01 T4XC gebaut:



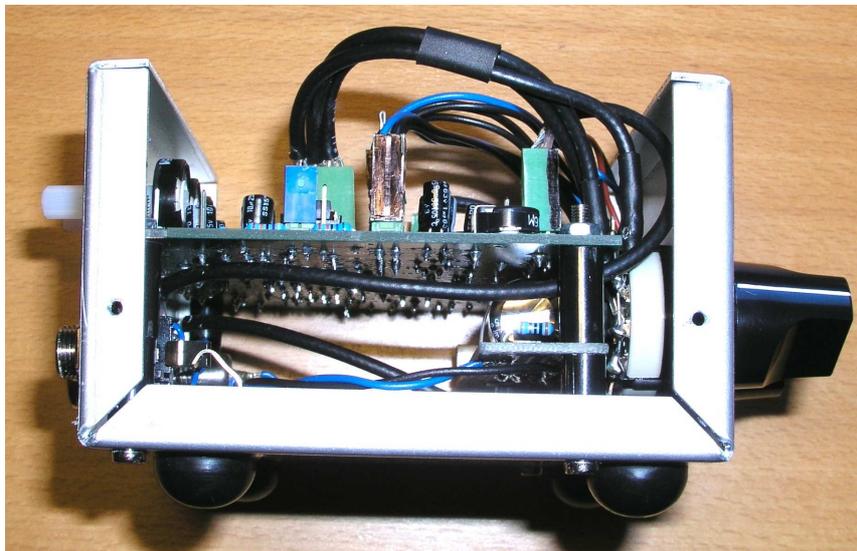
**Bild 24 Frontansicht EquaDyn01-T4XC**



**Bild 25 Rückansicht EquaDyn01-T4XC**



**Bild 26 Innenansicht EquaDyn01-T4XC**



**Bild 27 Innenansicht EquaDyn01-T4XC**

In Bild 27 ist unter der Platine des EquaDyn die Stromversorgung (Bild 28) zu erkennen, bestehend aus Diode, Widerstand, Elkos und Spannungsregler.

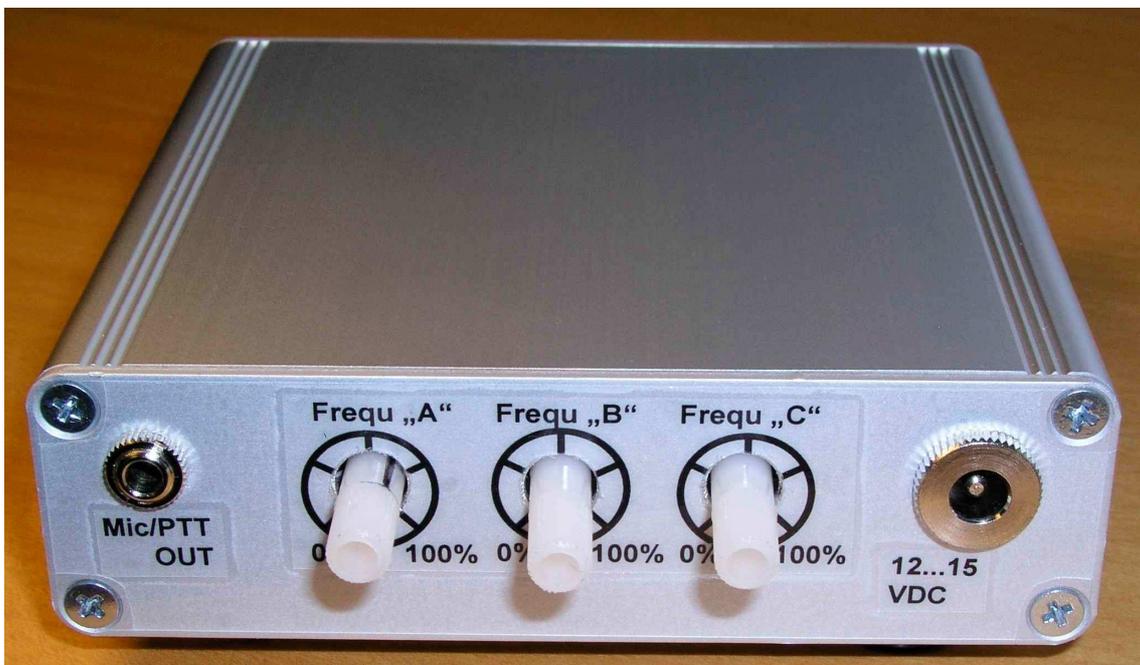


**EquaDyn-01 TR7**

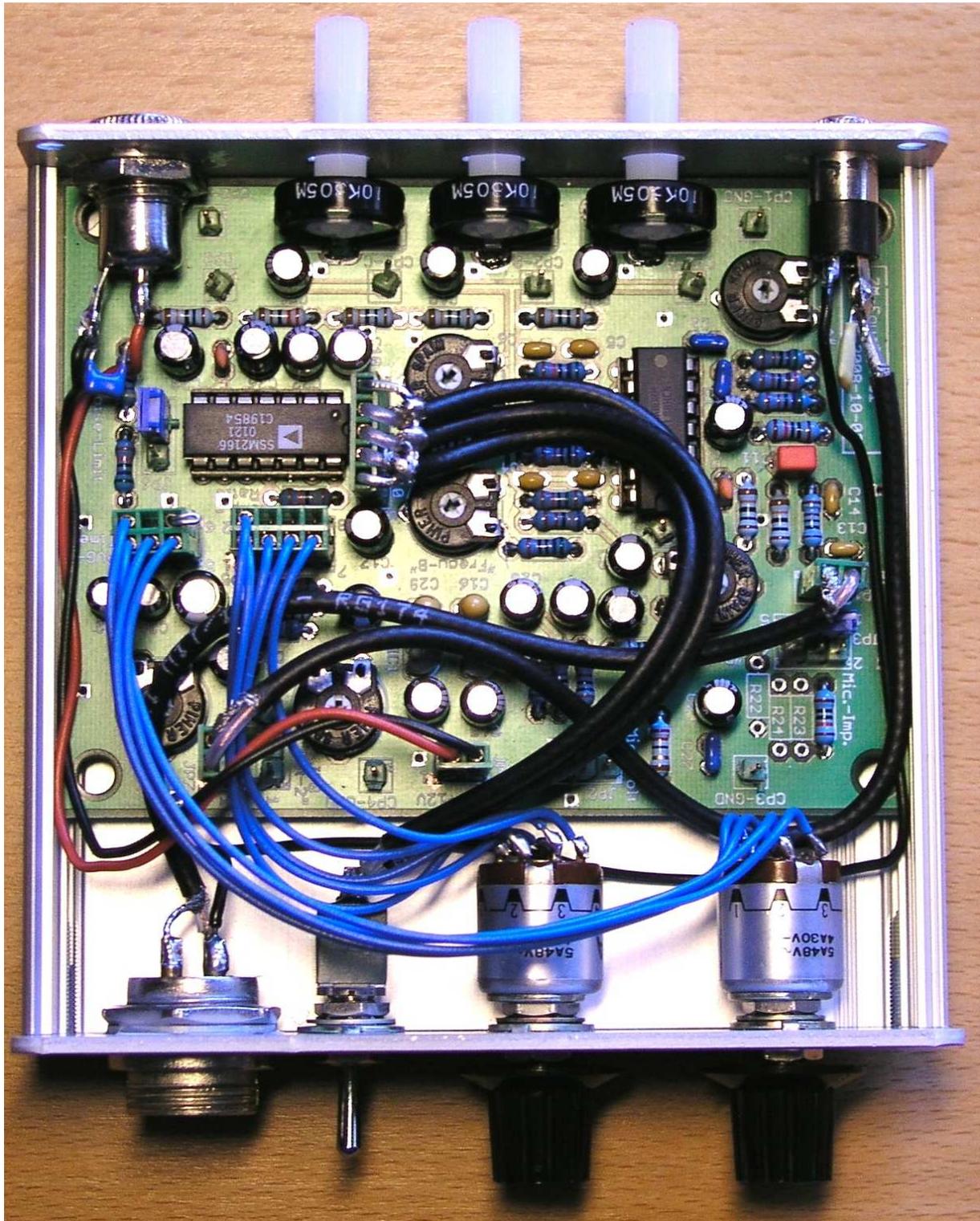
Für einen moderneren volltransistorisierten Drake-Transceiver TR-7 (ich bin Drake-Fan....) wurde der EquaDyn-01 TR7 gebaut, der in ein Standard-Profilgehäuse mit den Abmessungen 100mm x 100mm x 35mm paßt.



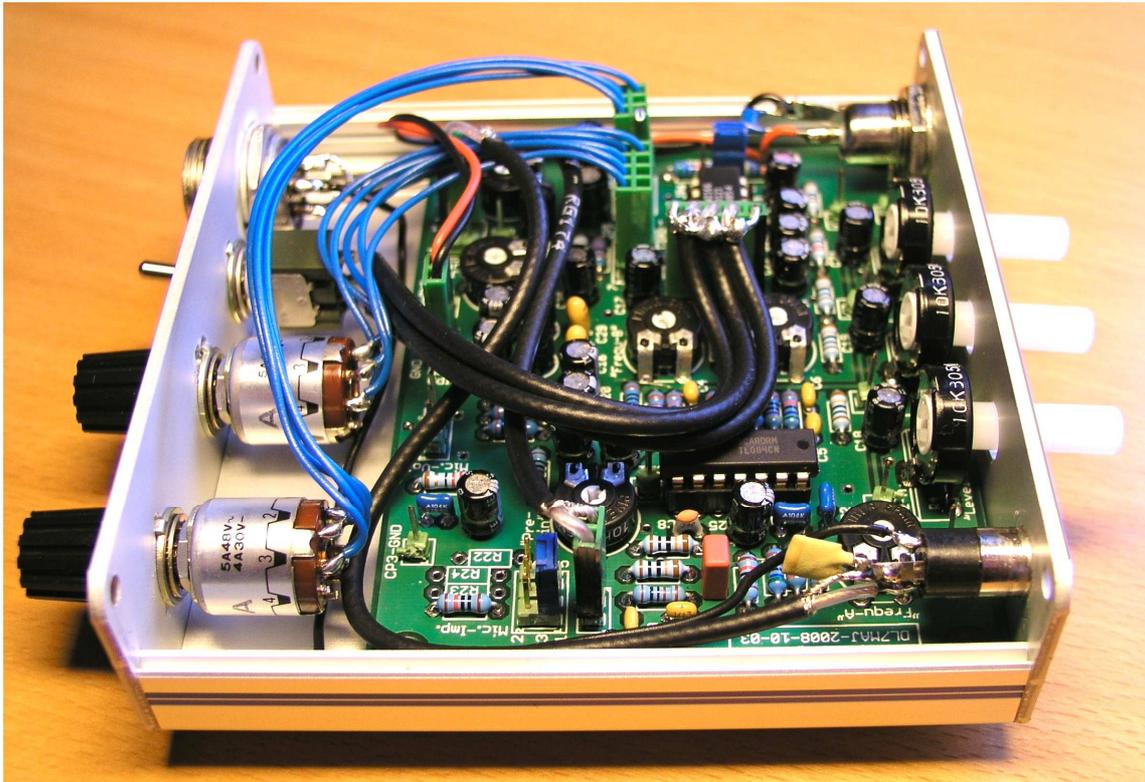
**Bild 29 Frontansicht EquaDyn-01 TR7**



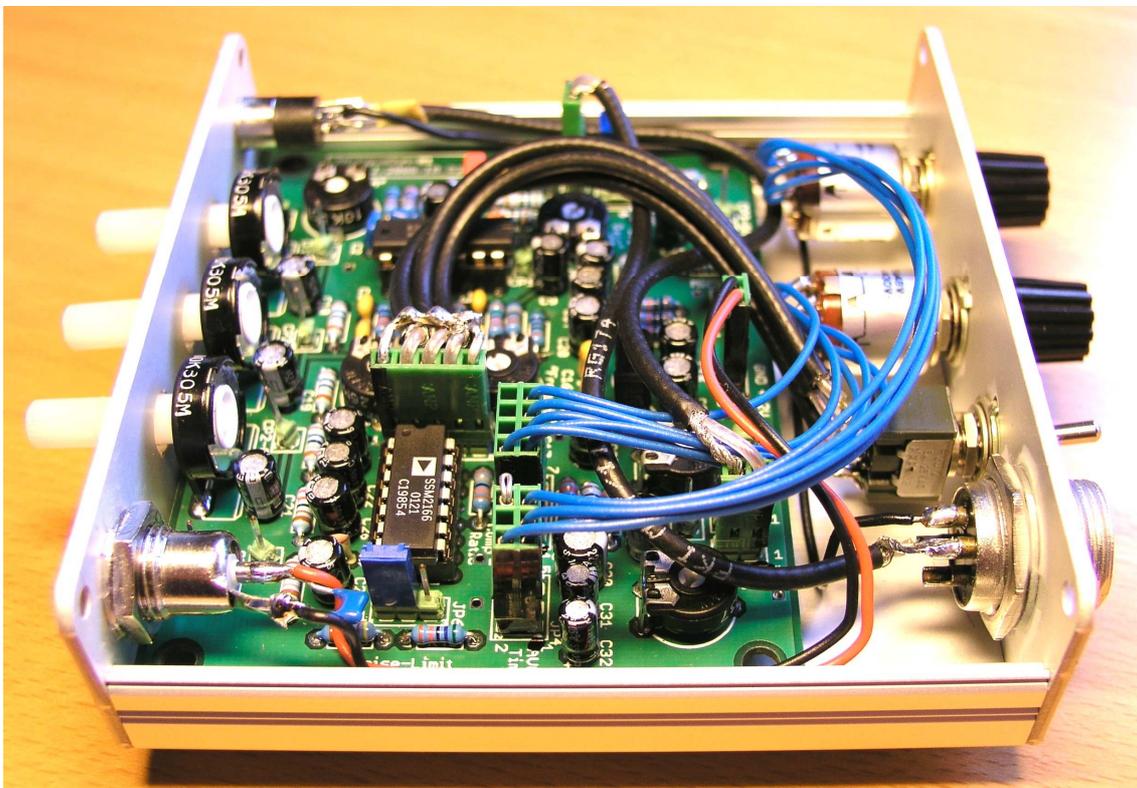
**Bild 30 Rückansicht EquaDyn-01 TR7**



**Bild 31 Innenansicht EquaDyn-01 TR7**



**Bild 32 Innenansicht EquaDyn-01 TR7**



**Bild 33 Innenansicht EquaDyn-01 TR7**

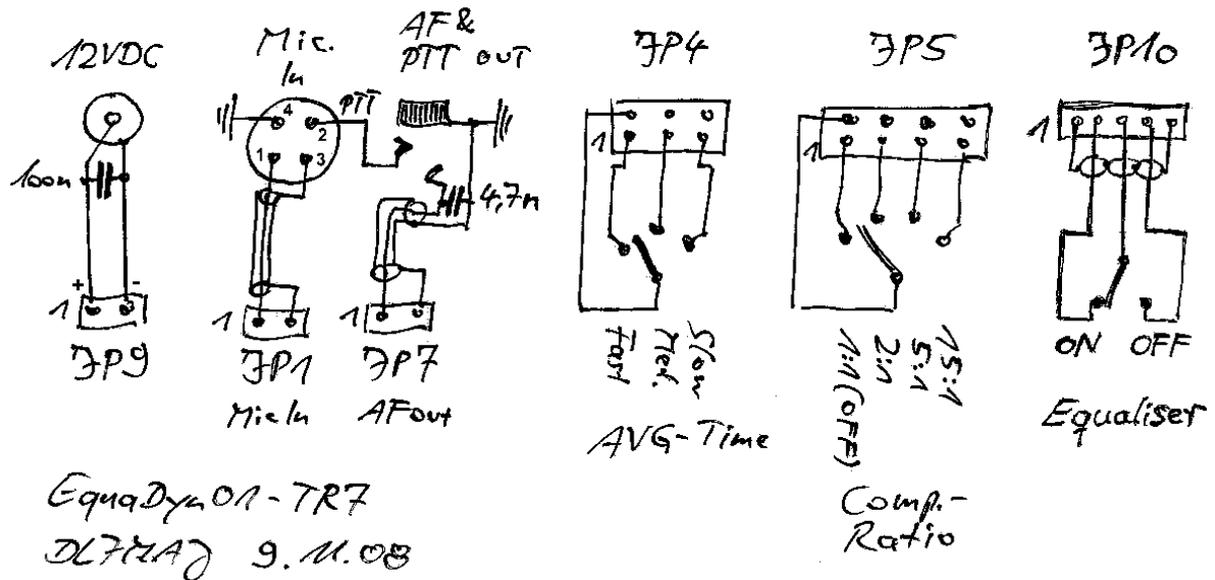


Bild 34 Interne Verschaltung des EquaDyn-01 TR7

Die Stromversorgung des EquaDyn TR7 erfolgt aus dem externen Netzteil des Transceivers (PS7), das über eine separate Ausgangsbuchse für 13,8VDC verfügt.

---

Referenzen:

[1] [www.analog.com](http://www.analog.com)

---

Aktuelles auf meiner Website [www.dl7maj.de](http://www.dl7maj.de) oder direkt beim Autor: [dl7maj@dar.de](mailto:dl7maj@dar.de)

Stefan Steger, DL7MAJ, Gulbranssonstr. 20, 81477 München

---