

# DCF-synchronisierte Präzisions-Quarzeitbasis

## Teil 3



*In dem hier vorliegenden dritten und damit letzten Teil dieser Artikelserie stellen wir Ihnen ausführlich den Nachbau sowie die Inbetriebnahme vor.*

### Zum Nachbau

Bild 1 zeigt die Innenansicht des komplett aufgebauten ELV-Frequenz-Normals FN 7000. Bevor wir auf die Verschaltung der einzelnen Platinen näher eingehen, wollen wir uns zunächst mit der Bestückung der Platinen befassen.

Entsprechend den im zweiten Teil dieses Artikels vorgestellten 7 Teilschaltbildern, sind auch die Platinenlayouts konzipiert. Jedem Teilschaltbild ist eine Platine zugeordnet.

Die Bestückung der einzelnen Platinen wird in gewohnter Weise anhand der Bestückungspläne vorgenommen. Zuerst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente bestückt und verlötet. Die mechanisch empfindlichen Bauelemente, wie Übertrager, Quarze und in gleicher Weise die elektrisch empfindlichen ICs werden zuletzt bestückt. Auf folgende Besonderheiten ist zu achten:

#### 1. Platine

Bei der Schaltung der Aktiv-Antenne, die auf der 1. Platine untergebracht wird, ist die fertiggewickelte und mit einem Sockel versehene Ferrit-Antenne mit besonderer Vorsicht zu behandeln. Sie wird als letztes auf die Leiterplatte gesetzt. Zu beachten ist, daß die Spulen L 101/L 102 abzugleichen sind. Durch geringfügiges Verschieben auf dem Ferrit-Stab (Vorsicht, daß die Zuleitungen nicht abreißen) kann ein Feinabgleich des Empfangskreises auf die Sendefrequenz von 77,500 kHz vorgenommen werden. Hierauf gehen wir zu einem späteren Zeitpunkt noch näher ein.

#### 2. Platine

Bis auf den 77,500 kHz-Quarz sowie die beiden Übertrager Tr 201 und Tr 202, die mit besonderer Vorsicht zu behandeln sind (nicht hart stoßen und nicht zu lange löten) handelt es sich bei der Bestückung um Standardbauelemente, die weitgehend problemlos in der Handhabung sind.

Beim Quarz, von dem in diesem Gerät 2 Stück enthalten sind, handelt es sich um eine Sonderanfertigung eines führenden Quarzherstellers, die in gewisser Weise

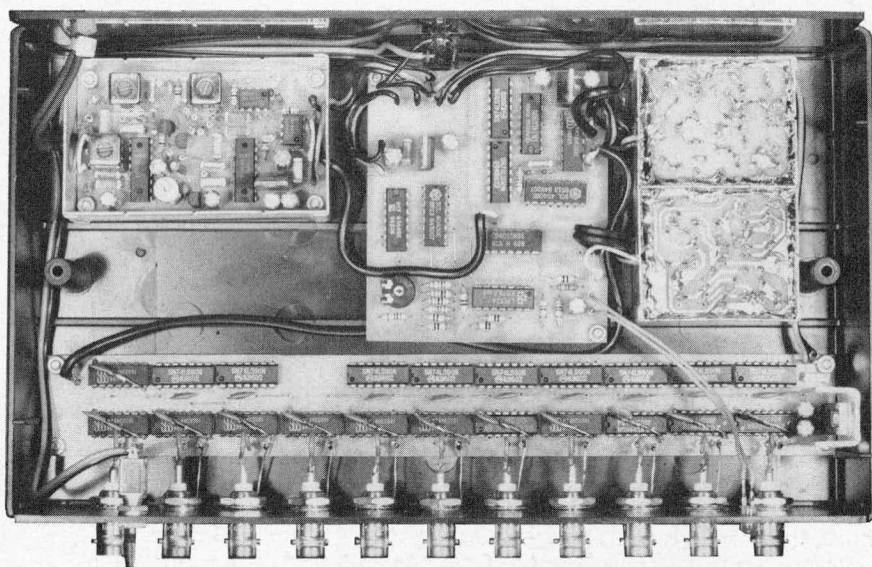
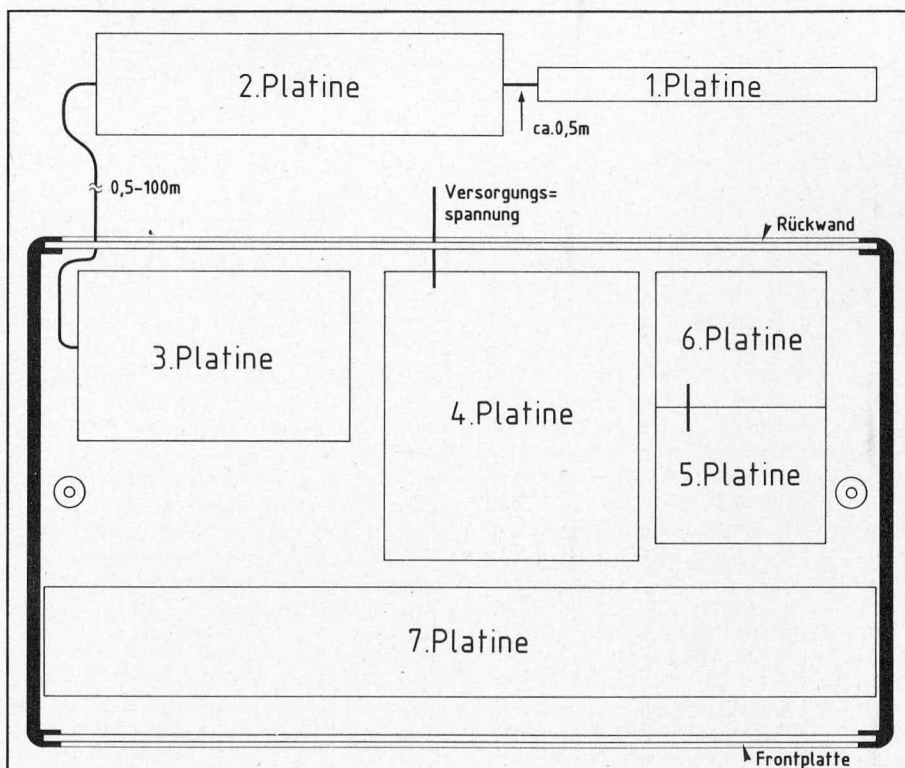
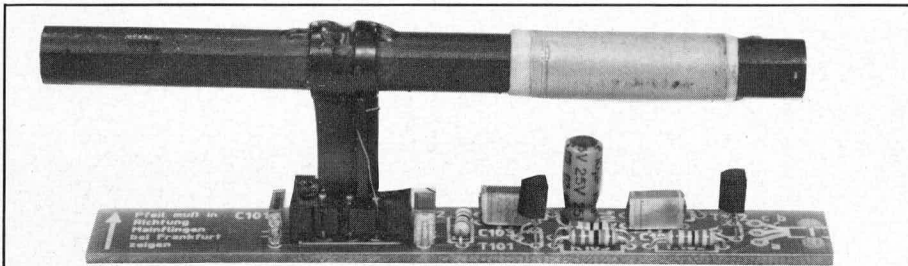
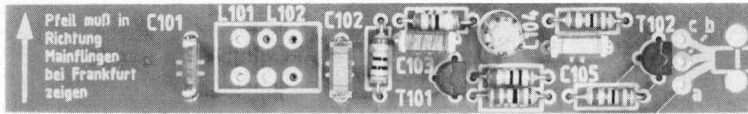


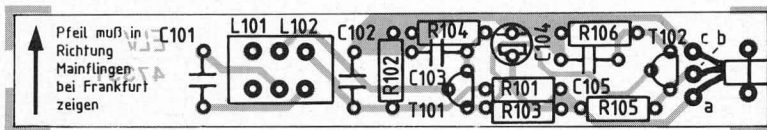
Bild 1: Innenansicht des komplett aufgebauten ELV-Frequenz-Normals FN 7000



Seitenansicht der fertig aufgebauten Aktiv-Antenne



Ansicht der fertig bestückten Aktiv-Antennenplatine (ohne Ferritstab)



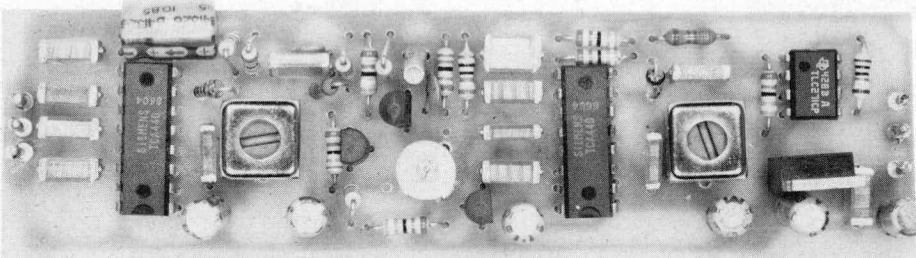
Bestückungsseite der Aktiv-Antennenplatine

eine technische Meisterleistung darstellt. Üblicherweise werden die Abmessungen von Quarzen größer bei niedrigeren Frequenzen. So ist es z. B. nicht mehr möglich, einen 1 MHz-Quarz in ein Gehäuse des Typs HC 18 einzubauen, in dem Quarze mit Frequenzen ab 2 MHz Platz finden. Ein 100 kHz-Quarz ist nochmals deutlich größer, als ein 1 MHz-Quarz, bedingt durch die mechanisch größeren Quarzabmessungen bei dieser verhältnismäßig niedrigen Frequenz. Bei den hier erforderlichen 77,500 kHz-Quarzen ergeben sich ähnliche Abmessungen. Dies bedeutet, daß die Schaltung entsprechend mehr Platz benötigt. Zudem sind große Quarze besonders stoßempfindlich.

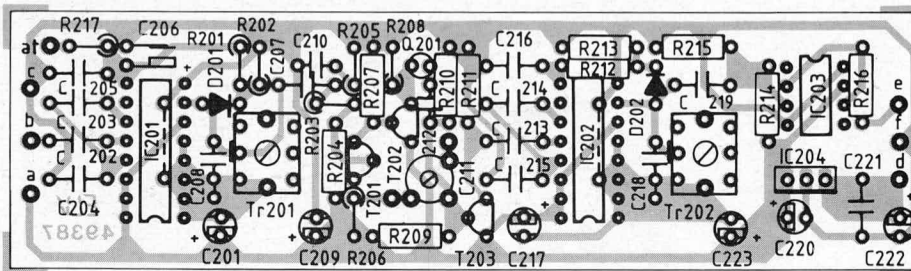
Häufig ist eine kompakte Bauweise speziell bei hochwertigen und empfindlichen Schaltungen von entscheidender Bedeutung. Wir haben daher nach einer Möglichkeit gesucht, einen 77,500 kHz-Quarz in einem Miniaturgehäuse zu erhalten.

Durch die Verwendung eines anderen Quarzschnittes gibt es bereits Miniaturquarze, die sich jedoch im allgemeinen bei einer Frequenz um 30 kHz bewegen. Die Anfertigung von Miniaturquarzen mit höheren Frequenzen (hier 77,500 kHz), war technisch recht anspruchsvoll. Die Mühen haben sich jedoch gelohnt und ein namhafter Quarzhersteller hat exklusiv für ELV diese Miniaturquarze mit einer Frequenz von exakt 77,500 kHz produziert. Erfreulich ist in diesem Zusammenhang, daß diese Quarze im Preis eher noch etwas günstiger sind, als die Standardversion. Trotzdem stellen diese beiden Quarze einen wesentlichen Kostenanteil in diesem professionellen Gerät dar. Sie sind aber unverzichtbar.

Bei den verwendeten Übertragern Tr 201 und Tr 202 sowie Tr 301 bis Tr 303 handelt es sich um identische Bauteile des Typs CEC D 377. Mit Ausnahme von Tr 301 sind sie jedoch nicht als Übertra-



Ansicht der fertig bestückten 2. Platine (Vorverstärker)



Bestückungsseite der 2. Platine (Vorverstärker)

**Stückliste:**  
**DCF-synchronisierte**  
**Präzisions-Quarzeitbasis**

**Aktiv-Antenne**

**Widerstände**

2,2 kΩ	.....	R 105, R 106
3,9 kΩ	.....	R 104
5,6 kΩ	.....	R 103
100 kΩ	.....	R 101, R 102

**Kondensatoren**

6,8 nF	.....	C 101
47 nF	.....	C 102, C 103, C 105
10 µF/16 V	.....	C 104

**Halbleiter**

BC 548	.....	T 101, T 102
--------	-------	--------------

**Sonstiges**

L 101/L 102	.....	Ferritantenne
3 Lötstifte		
1 PG 29 Rohr		
0,5 m 2adrige, abgeschirmte Leitung		

ger, sondern als Schwingkreisinduktivität geschaltet, d. h. es wird nur eine Hälfte des Übertragers genutzt. Die andere Wicklung bleibt unbeschaltet. Die Anschlußbelegung sowie weitere Daten dieses Übertragers sind in Bild 2 dargestellt.

Auf die richtige Einbaulage der Übertrager ist zu achten.

**3. Platine**

Die Schaltung, die auf der 3. Platine aufgebaut wird, ist in ihren wesentlichen Zügen ähnlich der vorstehend beschriebenen. Es sind daher die gleichen Kriterien beim Aufbau zu berücksichtigen.

**4. Platine**

Hier sind keine Besonderheiten zu beachten.

**Stückliste:**  
**Vorverstärker**

**Widerstände**

1 kΩ	.....	R 211
2,2 kΩ	.....	R 206, R 208
3,3 kΩ	.....	R 212
3,9 kΩ	.....	R 207
10 kΩ	.....	R 216
12 kΩ	.....	R 210
18 kΩ	.....	R 204
33 kΩ	.....	R 201-R 203, R 205, R 209,
		R 213-R 215
100 kΩ	.....	R 217

**Kondensatoren**

100 pF	.....	C 212
470 pF	.....	C 210
2,2 nF	.....	C 208, C 218
10 nF	.....	C 202, C 207, C 213, C 219
47 nF	.....	C 203-C 205, C 214,
		C 215, C 221
330 nF	.....	C 216
10 µF/16 V	.....	C 201, C 209,
		C 217, C 220, C 222, C 223
100 µF/16 V	.....	C 206
10-40 pF, Trimmer	.....	C 211

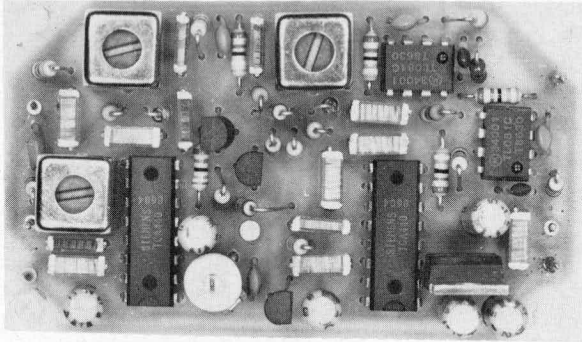
**Halbleiter**

TLC 271	.....	IC 203
TCA 440	.....	IC 201, IC 202
7805	.....	IC 204
BC 548	.....	T 202, T 203
BC 558	.....	T 201
AA 118	.....	D 201, D 202

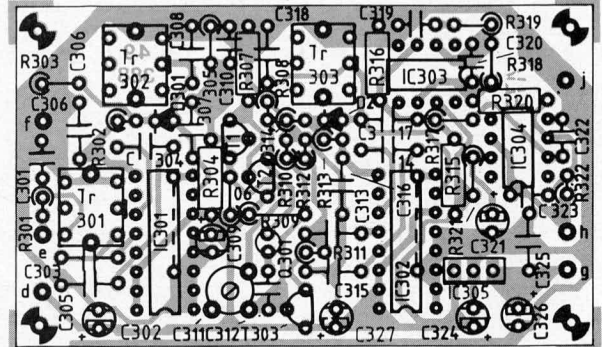
**Sonstiges**

77,5 kHz, Quarz	.....	Q 201
CEC-D 377 S	.....	Tr 201, Tr 202
1 PG 36 Rohr		
1 PG 29 Rohr		
2 O-Ringe		
10 g Silicagel		
2 Bananenbuchsen		
5 m 2adrige, abgeschirmte Leitung		
6 Lötstifte		

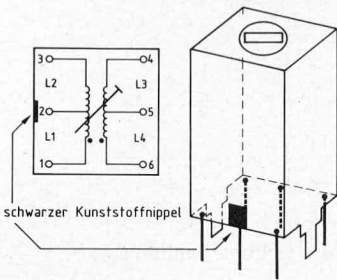




Ansicht der fertig bestückten 3. Platine (Eingangs- und Impulsformerstufe)



Bestückungsseite der 3. Platine (Eingangs- und Impulsformerstufe)



Pin 1,2 = L 1 = 200 Wdg/ 2 mH  
 Pin 2,3 = L 2 = 200 Wdg/ 2 mH  
 Pin 1,3 = L 1+L 2 = 400 Wdg/ 8 mH  
 Pin 4,5 = L 3 = 400 Wdg/ 8 mH  
 Pin 5,6 = L 4 = 400 Wdg/ 8 mH  
 Pin 4,6 = L 3+L 4 = 800 Wdg/32 mH

Die Induktivitäten sind durch den Ferritkern um ca. 20% veränderbar (Hinweis:  $L \sim N^2 \rightarrow$  die Induktivität L ändert sich quadratisch zur Windungszahl).

**Übersetzungsverhältnisse:**

(L 1 + L 2) : L 3 = 1 : 1  
 (L 1 + L 2) : L 4 = 1 : 1  
 (L 1 + L 2) : (L 3 + L 4) = 1 : 2  
 L 1 : L 4 = 1 : 2  
 L 2 : L 3 = 1 : 2  
 L 1 : (L 3 + L 4) = 1 : 4  
 L 2 : (L 3 + L 4) = 1 : 4

Bild 2: Anschlußbelegung und Daten des Übertragers CEC D 377

**Stückliste: Eingangs- und Impulsformerstufe**

**Widerstände**

100 Ω ..... R 321  
 220 Ω ..... R 312  
 1 kΩ ..... R 311  
 2,2 kΩ ..... R 306, R 308  
 3,3 kΩ ..... R 302, R 313  
 3,9 kΩ ..... R 307  
 10 kΩ ..... R 319  
 12 kΩ ..... R 310  
 15 kΩ ..... R 318  
 18 kΩ ..... R 304  
 33 kΩ .. R 303, R 305, R 309,  
 R 314-R 316, R 320  
 39 kΩ ..... R 317

100 kΩ ..... R 301, R 322

**Kondensatoren**

33 pF ..... C 320, C 323  
 100 pF ..... C 301, C 312  
 330 pF ..... C 319, C 322  
 470 pF ..... C 310  
 1,5 nF ..... C 308, C 318  
 10 nF ... C 303, C 307, C 313  
 47 nF ..... C 304-C 306,  
 C 314-C 317, C 325  
 10 μF/16 V .... C 302, C 309,  
 C 317, C 321,  
 C 324, C 326, C 327  
 10-40 pF, Trimmer .... C 311

**Halbleiter**

TL 081 ..... IC 303, IC 304  
 TCA 440 ..... IC 301, IC 302  
 7808 ..... IC 305  
 BC 548 ..... T 302, T 303  
 BC 558 ..... T 301  
 AA 118 ..... D 301, D 302

**Sonstiges**

77,5 kHz, Quarz ..... Q 301  
 CEC-D 377 S .. Tr 301-Tr 303  
 1 abgeschirmtes Gehäuse  
 4 Schrauben M 3 x 15  
 8 Muttern M 3  
 6 Lötstifte

**Stückliste: Teilerschaltung und PLL-Rastanzeige**

**Widerstände**

680 Ω ..... R 416  
 1 kΩ ..... R 406, R 407  
 10 kΩ ..... R 401  
 47 kΩ ..... R 405, R 408  
 100 kΩ .. R 402, R 409-R 413  
 470 kΩ ..... R 414  
 1 MΩ ..... R 404, R 415  
 100 kΩ, Trimmer ..... R 403

47 nF ..... C 403, C 406  
 10 μF/16 V .... C 402, C 404,  
 C 405, C 407, C 408

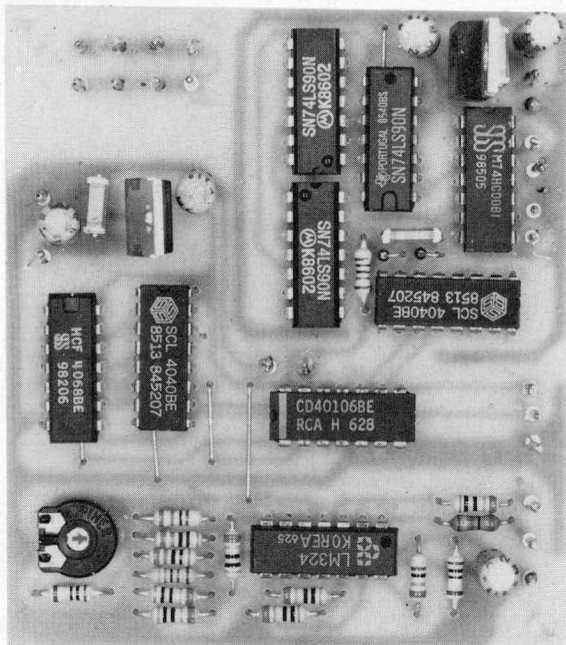
**Halbleiter**

LM 324 ..... IC 410  
 CD 4040 ..... IC 405, IC 408  
 CD 4068 ..... IC 409  
 74 HC 00 ..... IC 401  
 74 LS 90 ..... IC 402-IC 404  
 7805 ..... IC 406  
 7808 ..... IC 411

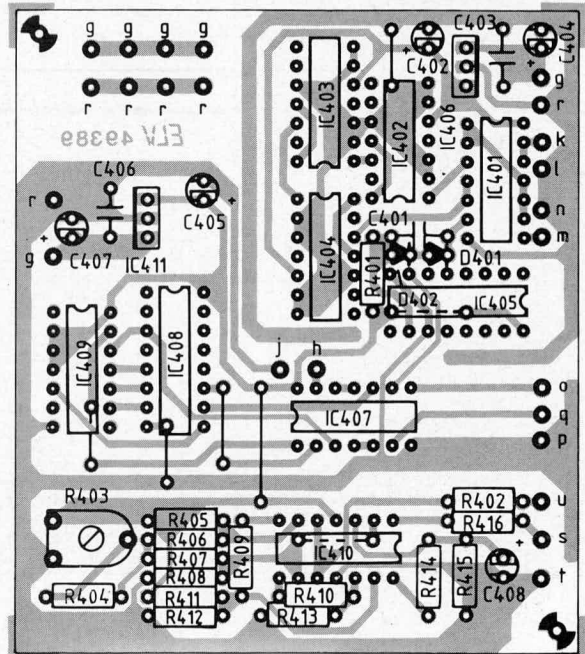
CD 40106 ..... IC 407  
 1 N 4148 ..... D 401, D 402  
 LED, 5 mm, rot ..... D 403

**Sonstiges**

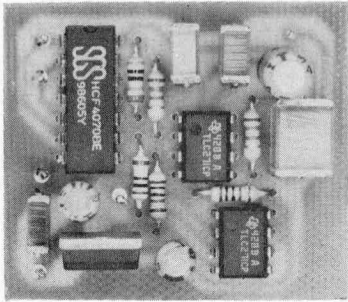
15 Lötstifte  
 2 Schrauben M 3 x 15  
 4 Muttern M 3  
 50 cm 2adrige Leitung  
 30 cm 1adrige, abgeschirmte  
 Leitung



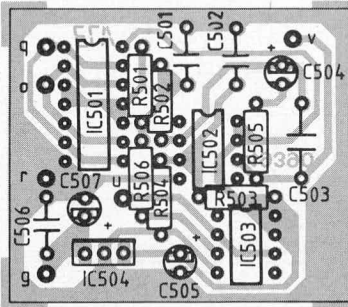
Ansicht der fertig bestückten 4. Platine (Teilerschaltung und PLL-Rastanzeige)



Bestückungsseite der 4. Platine (Teilerschaltung und PLL-Rastanzeige)



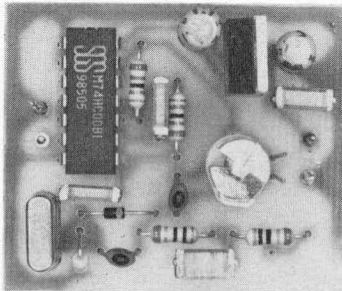
Ansicht der fertig bestückten 5. Platine



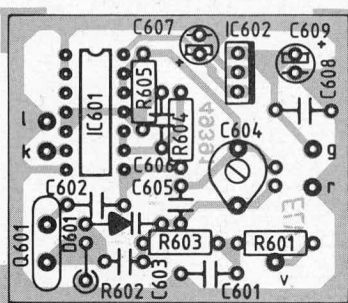
Bestückungsseite der 5. Platine

## 5. und 6. Platine

Diese beiden Platinen werden später gemeinsam in einem Abschirmgehäuse mit Trennwand untergebracht. Mit Ausnahme des 10 MHz-Quarzes sowie der Kapazitätsdiode D601 handelt es sich um Standardbauelemente. D601 des Typs BB 809 ist mit einem Ring gekennzeichnet, der die Katode darstellt (Pfeilspitze). Auf die richtige Einbaulage ist zu achten.



Ansicht der fertig bestückten 6. Platine



Bestückungsseite der 6. Platine

## Regler

### Widerstände

10 kΩ .....	R 503, R 504
100 kΩ .....	R 501
1 MΩ .....	R 506
1,5 MΩ .....	R 502, R 505

### Kondensatoren

47 nF .....	C 506
100 nF .....	C 501, C 502
1 μF .....	C 503
10 μF/16 V .....	C 505, C 507
10 μF/40 V .....	C 504

### Halbleiter

TLC 271 .....	IC 502, IC 503
CD 4070 .....	IC 501
7808 .....	IC 504

### Sonstiges

7 Lötstifte

## 7. Platine

Die Teiler- und Ausgangsschaltung, die sich auf der 7. Platine befindet, ist durch eine größere Anzahl von keramischen Scheibenkondensatoren gekennzeichnet (C 704 bis C 724). 9 davon werden in gewohnter Weise auf die Platine gesetzt und verlötet. Die übrigen 12 Stück lötet man direkt über die Anschlußbeinchen 7 und 14 (Versorgungsspannungsanschlüsse) der ICs 701 sowie 711 bis 721. Hierdurch wird eine optimale Pufferung erreicht und die gegenseitige Beeinflussung durch Schaltspitzen minimiert. Sind die Anschlußbeinchen der Scheibenkondensatoren zu kurz, wird eine Seite mit Silberschaltendraht entsprechend verlängert.

## 10 MHz-Oszillator

### Widerstände

2,2 kΩ .....	R 604, R 605
100 kΩ .....	R 601-R 603

### Kondensatoren

8,2 pF .....	C 605
82 pF .....	C 603
10 nF .....	C 602, C 606
47 nF .....	C 608
100 nF .....	C 601
10 μF/16 V .....	C 607, C 609
10-40 pF, Tonsen-Trimmer ..	C 604

### Halbleiter

74 HC 00 .....	IC 601
7805 .....	IC 602
BB 809 .....	D 601

### Sonstiges

10 MHz, Quarz .....	Q 601
5 Lötstifte	
1 abgeschirmtes Gehäuse	
2 Schrauben M 3 x 10	
2 Muttern M 3	

Der Festspannungsregler dieser Platine (IC 722 des Typs 7805) wird als einziger Spannungsregler mit einem U-Kühlkörper versehen, der senkrecht nach oben weisend an das IC 722 angeschraubt wird. Die Kühlung ist erforderlich, da je nach Belastung der 11 Ausgänge die Stromaufnahme dieses Schaltungsteiles über 200 mA betragen kann.

### Abschirmung

Die Vor- und Eingangsverstärker des FN 7000 besitzen eine extrem hohe Eingangsempfindlichkeit, um auch in ungünstigen Empfangslagen eine hohe Regelgenauigkeit sicherzustellen. Dies hat allerdings eine entsprechende Sensibilität in bezug auf Störeinstrahlungen zur Folge. Die empfindlichen Schaltungsteile, wie Vorverstärker (2. Platine), Eingangsverstärker (3. Platine), Regler (5. Platine) sowie 10 MHz-Quarz-Oszillator (6. Platine) müssen daher gegen störende Einstrahlungen abgeschirmt werden.

Die Eingangs- und Impulsformerstufe (3. Platine) wird in ein HF-dichtes Metallgehäuse eingebaut. Hierzu werden ca. 4 mm von den 4 Eckpunkten des Metallgehäuses entfernt, Bohrungen mit einem Durchmesser von 3,5 mm eingebracht. Ebenso an den entsprechenden Stellen der Kunststoff-Gehäuseunterhalschale des 7000er Gehäuses (Positionierung siehe Bild 1).

Von der Gehäuseunterseite aus werden jetzt 4 Schrauben M 3 x 15 mm durch die Bohrungen gesteckt, um anschließend das Metallgehäuse direkt darüber zu setzen. Die Unterseite des Abschirmgehäuses liegt somit direkt an der Innenseite der Kunststoff-Gehäuseunterhalschale an. Mit je einer Mutter M 3 erfolgt eine feste Verbindung. Diese Muttern bilden gleichzeitig den Abstand zwischen der anschließend einzusetzenden 3. Platine und dem Metallgehäuseboden. Nachdem die Platine eingesetzt wurde, erfolgt die mechanische Fixierung mit weiteren 4 Muttern M 3.

In der Nähe der Platinenanschlüsse d, e, f, an der Stirnseite des Abschirmgehäuses, wird eine 5 mm Bohrung eingebracht. An der gegenüberliegenden Stirnseite sind 3 weitere Bohrungen anzubringen. 2 Bohrungen mit einem Durchmesser von 2,5 mm in der Nähe der Platinenanschlüsse „g“ (positive Versorgungsspannungszuführung) und „j“ (negative Versorgungsspannungszuführung - Masse) sowie eine 3. Bohrung mit einem Durchmesser von 3,5 mm zur Durchführung der ladigen, abgeschirmten Ausgangssignalleitung (innere Ader an Platinenanschlußpunkt „h“ und Abschirmung an Platinenanschlußpunkt „j“). Die Bohrungen werden zweckmäßigerweise zusammen mit den Bohrungen für die Gehäuseunterseite eingebracht, bevor die Platine eingebaut wurde, um diese vor Metallspänen und mechanischer Beanspruchung zu schützen.

Der Gehäusedeckel wird erst nach erfolgreichem Abgleich aufgesetzt.

Die Schaltungen der 5. und 6. Platine finden in einem gemeinsamen Abschirm-



gehäuse Platz. Die Anordnung der Platinen erfolgt anhand von Bild 1. Zuvor sind in der Gehäuseseitenwand, die zur 4. Platine hinweist, Bohrungen für die entsprechenden Zuleitungen einzubringen. Der Durchmesser der einzelnen Bohrungen sollte so klein wie möglich gehalten werden, damit die jeweiligen Zuleitungen genau hindurchpassen und die Abschirmwirkung des Metallgehäuses nicht beeinträchtigt wird.

Zusätzlich werden im Gehäuseboden vier 3,5 mm Bohrungen in der Nähe der Eckpunkte eingebracht sowie eine weitere Bohrung, die sich im Gehäuseboden an der Stelle befindet, durch die später der Trimmer C 604 positioniert wird.

Da die Platinen 5 und 6 auf dem Kopf stehend in das Gehäuse eingelötet werden, ist es erforderlich, die Bedienung des Trimmers C 604 von der Gehäuseunterseite aus vorzunehmen.

Die Befestigungsbohrungen werden ebenfalls im Gehäuseboden der Gehäuseunterhalbschale des 7000er-Gehäuses vorgesehen — nicht aber die Bohrung zur Einstellung des Trimmers C 604.

Auf der Gehäuseinnenseite des Abschirmgehäuses werden 4 Muttern M 3 über die 4 Befestigungsbohrungen gelötet (notfalls auch geklebt), und zwar so, daß später bei geschlossenem Gehäuse die Befestigung mit 4 Schrauben M 3 x 10 mm von außen möglich ist.

Die Platinen 5 und 6 werden jetzt mit den entsprechenden nach außen zuführenden Anschlußleitungen versehen und von oben mit der Bestückungsseite nach unten weisend in das Abschirmgehäuse gesetzt.

An den Platinenrändern befindet sich eine durchgehende Masseleitung, die an möglichst vielen Stellen mit den Wandungen des Abschirmgehäuses verlötet wird, und zwar so, daß sich zwischen Leiterbahnseite der Platinen sowie der Gehäuseoberkante ein Abstand von ca. 4 mm ergibt.

Die Positionierung der Platinen wird erleichtert, indem vor dem Einsetzen ins

**Stückliste:**  
**Teiler und**  
**Ausgangsschaltung**

**Kondensatoren**

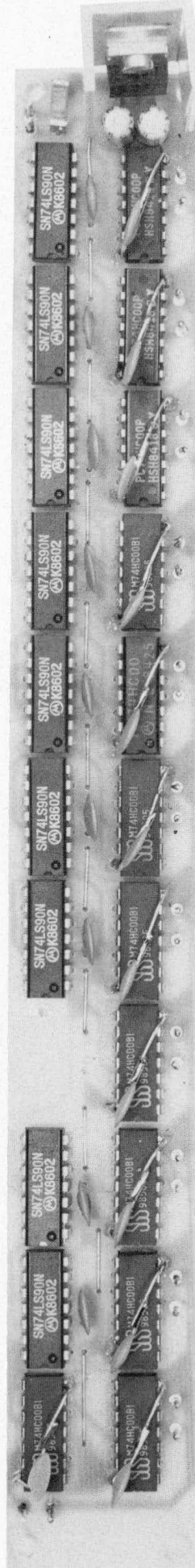
22 nF, Keramik ..... C 704–C 724  
47 nF ..... C 702  
10 µF/16 V ..... C 701, C 703

**Halbleiter**

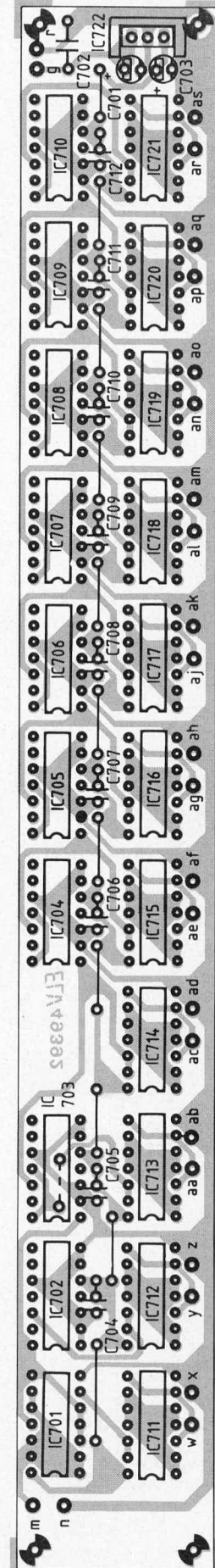
74 HC 00 .. IC 701, IC 711–IC 721  
74 LS 90 ..... IC 702–IC 710  
7805 ..... IC 722

**Sonstiges**

26 Lötstifte  
1 Schraube M 3 x 6  
4 Schrauben M 3 x 15  
9 Muttern M 3  
20 cm ladige, abgeschirmte Leitung  
40 cm Silberdraht  
1 U-Kühlkörper SK 13



Ansicht der fertig aufgebauten 7. Platine (Teiler- und Ausgangsschaltung)



Bestückungsseite der 7. Platine (Teiler- und Ausgangsschaltung)

Gehäuse beide Platinen an den Metallmittelsteg des Abschirmgehäuses angelötet werden, der dann zusammen mit den Platinen eingesetzt wird und den Abstand festlegt. Hierdurch ist eine erste mechanische Fixierung gegeben.

Innerhalb des Abschirmgehäuses wird lediglich eine einzige, möglichst kurz zu haltende Verbindung gezogen, und zwar zwischen den Platinen-Anschlußpunkten „v“. Hierzu besitzt der Mittelsteg des Abschirmgehäuses einen Durchbruch.

Der Gehäusedeckel wird aufgesetzt, wobei darauf zu achten ist, daß die Lötunkte der Leiterbahnseiten keinen Kontakt zum Gehäusedeckel bekommen (evtl. etwas hervorstehende Bauteileanschlußdrähte kürzen).

Gleichfalls wichtig ist die Abschirmung des Vorverstärkers, der sich auf der 2. Platine befindet. Diese Abschirmung wollen wir bereits jetzt besprechen, obwohl sie erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt, wenn die Schaltung bereits fertig abgeglichen ist. Die Schaltung wird in ein Kunststoff-Panzerrohr mit einem Innendurchmesser von 33 mm eingebaut. Zur Befestigung der Platine dient etwas Zwei-Komponenten-Kleber.

Damit bei starken Temperaturschwankungen sich kein Kondenswasser auf den Bauelementen bildet, bringt man zusätzlich in das Rohr eine kleine Menge (ca. 10 g) Trockenmittel ein, das sich in einem Stoffsäckchen befindet (z. B. aus dem Rest eines Taschentuches — notfalls reicht auch ein Papiertaschentuch).

Von der auf jeder Seite herausgeführten Zadrigen, abgeschirmten Zuleitung wird die Isolierung der Abschirmung so weit entfernt, daß die Abschirmung noch ca. 20 mm nach dem Austritt aus dem Kunststoffrohr blank ist.

Zwei dünne, flexible isolierte Leitungen werden mit dem Platinenanschlußpunkt „at“ sowie mit der Schaltungsmasse verlötet und an der Seite aus dem Kunststoffrohr herausgeführt, die zum Basisgerät weist.

Anschließend wird das Kunststoffrohr mit mehreren Lagen Alu-Folie umwickelt, die an beiden Seiten ca. 30 mm über das Kunststoffrohr hinausragt. Zur Fixierung werden 2 O-Ringe mit einem Abstand von 50 bis 100 mm über das Kunststoffrohr geschoben. Diese O-Ringe bilden später auch die Abdichtung für die Vergußmasse.

Jetzt wird die Alu-Folie auf beiden Seiten zur Mitte hin fest an die noch blanke Abschirmung gedrückt und mit Silberdraht umwickelt, um einen guten mechanischen und elektrischen Kontakt zwischen abschirmender Alu-Folie und der Schaltungsmasse sicherzustellen.

Danach wird die Konstruktion in ein zweites Kunststoff-Panzerrohr eingeschoben, dessen Innendurchmesser wenige Millimeter größer ist als der Außendurchmesser des ersten Rohres. Eine Abdichtung und Fixierung beider Rohre erfolgt durch die beiden O-Ringe. Die ge-

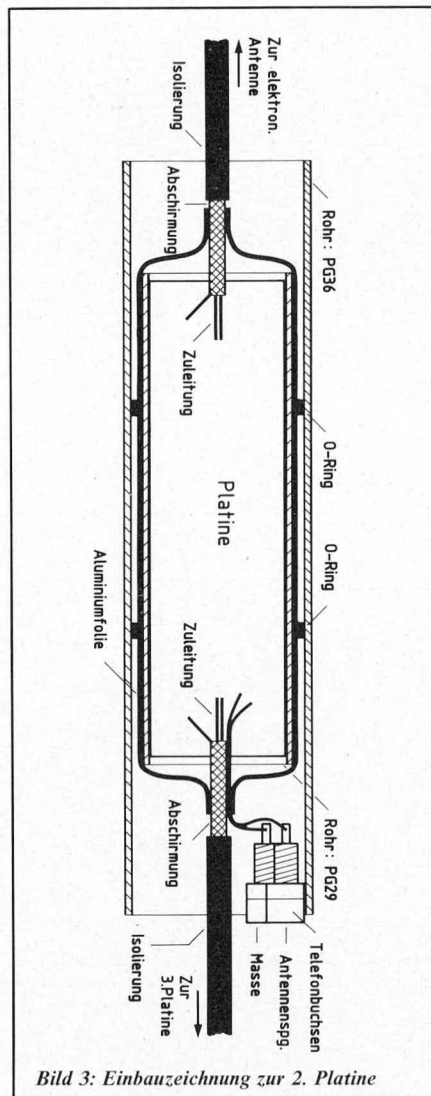


Bild 3: Einbauzeichnung zur 2. Platine

naue Position kann der Abbildung 3 entnommen werden.

Als nächstes lötet man sowohl an die vom Platinenanschlußpunkt „at“ kommende Leitung als auch an die mit der Schaltungsmasse verbundene Leitung je eine isolierte Bananenbuchse an, um diese anschließend mitzuvergießen. Hierzu wird die ganze Konstruktion senkrecht gestellt, d. h. die Seite, an der die Zuleitung zur Basisstation austritt, zeigt nach oben. Die beiden Bananenbuchsen sind zunächst mit etwas Uhu-Hart zu fixieren, damit sie keinen direkten Kontakt zur Abschirmung aufweisen und nach dem Vergießen nur ca. 1 mm aus der Vergußmasse herausragen. Versehentliches Berühren leitender Teile, was zu Störeinstreuungen führen könnte, ist damit ausgeschlossen. Jetzt kann diese Seite der Konstruktion vergossen werden.

Nach erfolgter Aushärtung wird das Kunststoffrohr um 180 Grad gedreht, d. h. die Seite, mit der zur Aktiv-Antenne führenden Zuleitung weist jetzt senkrecht nach oben. Der anschließende Gießvorgang füllt auch diese Seite bis zum oberen Rand mit Gießharz aus.

Zu beachten ist, daß die auf beiden Seiten aus dem Kunststoffrohr heraustretenden Zuleitungen nur soweit abisoliert werden, daß nach dem Vergießen keine blanken Stellen zu sehen sind.

Die vorstehend beschriebene, etwas aufwendige Konstruktion wurde deshalb gewählt, da die Schaltung der 2. Platine in möglichst räumlicher Nähe zur Aktiv-Antenne angeordnet werden sollte.

Im einfachsten Fall befindet sich die Aktiv-Antenne zwar im selben Raum wie die Basisstation, jedoch kann es durchaus erforderlich sein, in ungünstigen Empfangslagen die Aktiv-Antenne auf dem Dachboden oder sogar außerhalb des Hauses anzuordnen. Witterungsbeständigkeit ist daher gefordert. Da Aktiv-Antenne und Vorverstärker nur ca. 0,5 m auseinander liegen, gilt diese Bedingung für beide Schaltungen gleichermaßen, wobei eine vergossene Schaltung einen besonders guten Schutz gegenüber Witterungseinflüssen bietet. Das Vergießen der 1. und 2. Platine erfolgt, wie bereits erwähnt, erst nach der erfolgreichen Inbetriebnahme und nachdem das Gerät komplett abgeglichen wurde.

### Einbau ins Gehäuse

Die Befestigung der beiden Abschirmgehäuse in der Unterhalbschale des 7000er-Gehäuses wurde bereits im vorhergehenden Kapitel beschrieben.

Als nächstes wird die Platine der 4. Schaltung entsprechend der Abbildung 1 zwischen den beiden Abschirmgehäusen angeordnet. Die Befestigung mit der Gehäuseunterhalbschale erfolgt über 2 Schrauben M 3 x 15 mm, die von unten durch den Gehäuseboden, durch vorher angebrachte Bohrungen, gesteckt und mit 2 Muttern M 3 auf der Gehäuseinnenseite verschraubt werden. Diese beiden Muttern dienen gleichzeitig zur Erzielung eines 3 mm Abstandes zwischen Platinenunterseite und Gehäuseboden. Nachdem die 4. Platine darüber gesetzt wurde, nehmen 2 weitere Muttern M 3 die endgültige Fixierung vor.

In gleicher Weise erfolgt die Befestigung der 7. Platine, allerdings mit 4 Schrauben M 3 x 15 mm sowie 8 Muttern M 3. Die genaue Anordnung ist auch hier der Abbildung 1 zu entnehmen.

In die Gehäuserückwand des 7000er-Gehäuses werden 2 Bohrungen eingebracht. Eine Bohrung mit einem Durchmesser von 6,5 mm dient zur Aufnahme einer 3,5 mm Klinkenbuchse, die für die Stromversorgung über ein 12 V/500 mA-Stecker-netzteil erforderlich ist.

Diese Buchse wird über eine Doppelleitung mit den Platinenanschlußpunkten „g“ und „r“ auf der 4. Platine verbunden. Von hieraus erfolgt die Weiterverteilung zu den Platinen 3 bis 7.

Die Versorgung der Platinen 1 und 2 erfolgt über die Abschirmung und die 2. Ader der 2adrigen abgeschirmten Zuleitung aus der stabilisierten Spannung der 3. Platine.

Durch die 2. in der Rückwand angeordnete Bohrung mit einem Durchmesser von ca. 5 mm wird die Verbindungsleitung zwischen 2. und 3. Platine gezogen. Auf der Gehäuseinnenseite wird die Zuleitung mit einem Knoten versehen, der zur Zugentlastung dient.



Zusätzlich zu den Stromversorgungsleitungen sind die Platinen 3 bis 7 mit Signalleitungen untereinander verbunden. Hierzu dienen flexible, abgeschirmte, isolierte Leitungen, die anhand der Schaltbilder auf möglichst kurzem Wege die Platinen verbinden. Alle Punkte mit gleicher Buchstabenbezeichnung werden miteinander verbunden, wobei die Abschirmung der Leitungen jeweils an die Schaltungsmasse anzulöten ist.

In die Gehäusefrontplatte werden 11 BNC-Buchsen eingesetzt und auf der Rückseite fest verschraubt. Unter jede Befestigungsmutter wird kreisförmig ein Stück Silberdraht gelegt, dessen Länge so bemessen wird, daß er ca. 15 mm senkrecht nach hinten weist. Auf der 7. Platine sind 22 Lötstifte auf der zur Frontplatte hinweisenden Seite angeordnet, und zwar in 11 Zweiergruppen. Jeweils an den rechten Lötstift, der die Schaltungsmasse darstellt, wird jeder der 11 Silberdrahtabschnitte der BNC-Buchsen angelötet.

Der Mittelanschluß der 11 BNC-Buchsen wird ebenfalls über kurze Silberdrahtabschnitte an den linken Lötstift einer jeden Zweiergruppe angeschlossen.

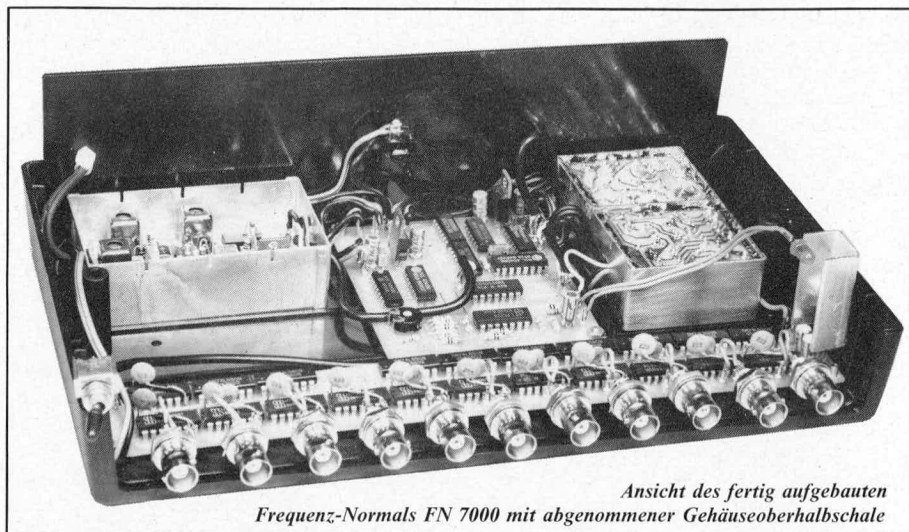
Bevor nun auch das 2. Abschirmgehäuse festgeschraubt und die Gehäuseoberhalbschale aufgesetzt wird, muß die 1. Inbetriebnahme sowie der Abgleich sorgfältig durchgeführt werden.

### Inbetriebnahme

Ein Steckernetzteil, das eine Gleichspannung von ca. 12 V bei einer minimalen Strombelastbarkeit von 500 mA liefert, dient zur Versorgung des FN 7000. Die Spannung kann im Bereich von 11 V bis 15 V schwanken, so daß auf eine elektronische Stabilisierung des Netzteils verzichtet werden kann, da die einzelnen Teilschaltungen des FN 7000 eigene elektronische Spannungsstabilisatoren besitzen. Zur Versorgung kann daher ein preiswertes Standard-Steckernetzteil dienen.

Gleichzeitig mit dem ersten Anlegen der Versorgungsspannung empfiehlt es sich, die Stromaufnahme der Gesamtschaltung zu überprüfen. Sie sollte im Bereich zwischen 150 mA und 260 mA liegen. Die 11 Frequenzgänge sind hierbei unbelastet. Liegt die Stromaufnahme über 300 mA empfiehlt es sich, das Gerät sofort auszuschalten und die Stromaufnahme der einzelnen Platinen zu überprüfen. Nacheinander wird in jede positive Versorgungsspannungszuleitung ein Amperemeter eingeschleift und durch kurzes, wenige Sekunden andauerndes Einschalten der Versorgungsspannung die Stromaufnahme gemessen. Folgende Werte treten hierbei auf:

1. Platine einzeln: 1,0 mA bis 1,5 mA
1. und 2. Platine gemeinsam: 15 mA bis 30 mA
1. bis 3. Platine gemeinsam: 25 bis 40 mA mehr als bei vorstehend beschriebener Messung
4. Platine, 5 V-Spannung: 30 mA bis 50 mA
4. Platine, 8 V-Spannung: 4 mA bis 20 mA



5. Platine einzeln: 3 bis 10 mA
6. Platine einzeln: 10 bis 20 mA
7. Platine einzeln: 80 bis 120 mA (ohne Ausgangsbelastung).

Fällt die Stromaufnahme einer bestimmten Platine aus dem vorgenannten Rahmen, sollte die Platine ausgebaut und separat nochmals auf Bestückungsfehler sowie Lötbrücken o. ä. untersucht werden.

Als nächstes werden sämtliche Versorgungsspannungen der Platinen und der darauf angeordneten ICs kontrolliert. Hierzu legt man den Minusanschluß eines Spannungsmessers an die Schaltungsmasse der zu überprüfenden Platine. Vorzugsweise bietet sich hier das Metallgehäuse des jeweiligen Festspannungsreglers an (Schaltungsmasse). Mit dem Plusanschluß eines Voltmeters wird anschließend jeder Masseanschluß aller ICs auf den einzelnen Platinen abgetastet. Die gemessene Spannung muß im Bereich zwischen 0 V und 10 mV liegen (entsprechend empfindlichen Meßbereich einschalten). Anschließend wird in gleicher Weise die positive Versorgungsspannung jedes einzelnen ICs gemessen. Bei den Schaltungsteilen, die mit 5 V versorgt werden, müssen die einzelnen Meßwerte im Bereich zwischen 4,75 V und 5,25 V liegen, und bei den Schaltungsteilen, die mit + 8 V versorgt werden, zwischen + 7,6 V und + 8,4 V.

Sind vorstehend beschriebene Messungen zur Zufriedenheit ausgefallen, kann mit dem eigentlichen Abgleich des Gerätes begonnen werden.

### Abgleich

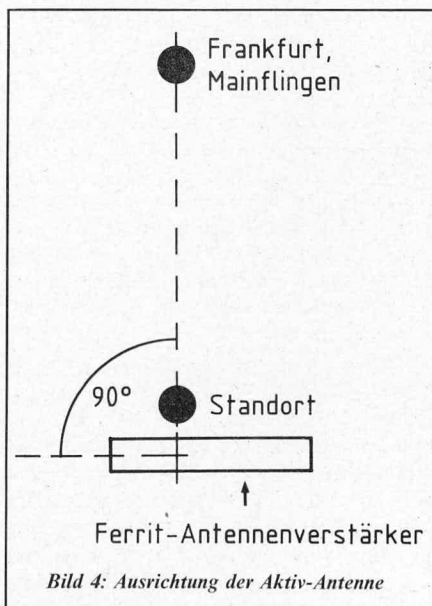
Nachdem die im vorstehenden Kapitel beschriebene elektrische Inbetriebnahme erfolgreich abgeschlossen wurde, wenden wir uns jetzt dem Abgleich des Gerätes zu. Im einfachsten Fall reicht als Hilfsmittel ein digitales Voltmeter aus, wobei Oszilloskop und Frequenzzähler diesen Teil des Nachbaus zusätzlich erleichtern. Hält man sich genau an die folgende Abgleichanleitung, so ist die erfolgreiche Durchführung verhältnismäßig einfach.

Das Gerät wird in einem komplett betriebsfertigen Zustand mit Spannung versorgt.

Der Spannungsmesser, dessen Eingangswiderstand mindestens 1 M $\Omega$  besser jedoch 10 M $\Omega$  betragen sollte, wird an die Vorverstärkerplatine angeschlossen, und zwar an die Punkte „at“ und „f“ (Schaltungsmasse), die später auch, nach dem Vergießen, von außen zugänglich sind.

Der Ferrit-Antennenstab wird so ausgerichtet, daß er sich senkrecht zur gedachten Linie befindet, die von Frankfurt/Mainflingen aus durch den Standort des Gerätes läuft (Bild 4). Je weiter sich der Standort von Frankfurt entfernt befindet, desto größere Bedeutung kommt dem Aufstellort der Ferrit-Antenne zu. Betonhochhäuser und Tiefgaragen wirken nicht zuletzt aufgrund ihrer Stahlbewehrungen wie ein Faraday'scher Käfig, der den Empfang unmöglich machen kann. Beim Aufstellort der Ferrit-Antenne ist daher für ungehinderten Empfang zu sorgen. Nachdem die Antenne ausgerichtet wurde, erfolgt der Abgleich der Empfangsspule L 101. Hierzu wird der Spulenträger langsam in sehr kleinen Schritten (weniger als 1 mm) auf dem Ferrit-Stab bewegt. Gleichzeitig überwacht man die Spannung am Platinenanschlußpunkt „at“.

Der Spulenkörper wird auf dem Ferrit-Stab genau an der Stelle fixiert, an der



die Spannung an „at“ ihr Maximum aufweist. Die Fixierung kann mit einem kleinen, dreieckförmigen Pappkeil, einem Streichholzstückchen oder auch mit etwas Klebstoff erfolgen.

Jetzt wird die Spule Tr201 abgeglichen. Hierzu wird mit einem nichtmagnetischen Schraubenzieher (Kunststoff o. ä.) der Ferritkern langsam verdreht. Die Stellung ist optimal, wenn die Spannung an „at“ ihr Maximum erreicht hat. Steht kein entsprechender Schraubenzieher zur Verfügung, reicht notfalls auch eine Metallversion. In diesem Fall wird der Ferritkern in sehr kleinen Schritten verdreht und nach jedem Positionswechsel der Schraubendreher entfernt, um die Anzeige des Spannungsmessers zu beobachten.

Zweckmäßigerweise wird bereits jetzt der Abgleich des Eingangskreises (L101) und anschließend der Spule Tr201 wiederholt, um eine maximale Spannung an „at“ zu erhalten. Im allgemeinen bewegt sich diese Regelspannung im Bereich zwischen 250 mV und 350 mV, d. h. je günstiger die Empfangseigenschaften, desto höher die Spannung.

Steht ein Oszilloskop zur Verfügung, kann an Pin7 des IC201 bereits eine 77,500 kHz-Frequenz mit einer Amplitude von ca. 2 V<sub>ss</sub> gemessen werden, die allerdings stark verrauscht ist. Der Masseanschluß des Oszilloskops liegt hierbei, wie auch bei allen anderen Messungen, auf der Schaltungsmasse (bei der 2. Platine ist dies der Platinenanschlußpunkt „f“). Für die Messung empfiehlt sich ein 10:1 Tastkopf, der kapazitätsarm ist.

Nun wird der Spannungsmesser an „at“ abgeklemmt und mit Pin9 des IC202 verbunden. Das Oszilloskop kann auch hier an Pin7 (des IC202) angeschlossen werden.

Mit dem Trimmer C211 wird die Spannung an Pin9 des IC202 auf Maximum eingestellt. Anschließend geht man in gleicher Weise mit dem Ferritkern der Spule Tr202 vor. Bei optimaler Einstellung beider Werte beträgt die Spannung an Pin7 des IC202 ca. 2,2 V<sub>ss</sub> und an Pin9 des IC202 300 mV bis 600 mV. Auch hier gilt: Je besser der Empfang bzw. je kürzer der Abstand zum Sender, desto höher die Spannung an Pin9.

Zur Kontrolle kann mit einem Oszilloskop das Signal am Emitter von T203 überprüft werden. Hier, d. h. nach dem Quarzfilter, steht bereits eine saubere 77,500 kHz-Sinusfrequenz mit einer Amplitude von ca. 150 mV<sub>ss</sub> an. Im Sekundenrhythmus der senderseitigen Amplitudenmodulation schwankt die Amplitude um ca. 20 mV<sub>ss</sub>.

Zu Kontrollzwecken kann der Trimmer C211 nochmals langsam über den gesamten Einstellbereich bewegt werden. Man wird feststellen, daß nur in einem bestimmten Einzelbereich eine einwandfreie Schwingung am Emitter von T203 auftritt. Die günstigste Einstellung, die gleichzeitig mit dem sehr flach verlaufenden Spannungsmaximum an Pin9 des IC202 zusammenfällt, liegt ungefähr in

der Mitte des möglichen Einstellbereiches von C211, in dem der Filter einwandfrei arbeitet. Außerhalb dieses Bereiches schwingt die Schaltung auf unkontrollierten Frequenzen. Die Einstellung ist also unkritisch und eindeutig.

In diesem Zusammenhang ist es sehr wesentlich darauf zu achten, daß die Eingangsfrequenz von 77,500 kHz im Sekundenrhythmus taktet. Diese rhythmischen Amplitudenschwankungen werden von den ICs 201, 202 sowie 301 und 302 weitgehend ausgeregelt, d. h. je mehr dieser 4 Regelstufen durchlaufen wurden, desto geringer ist die Amplitudenschwankung. Am Ausgang (Pin7) des IC201 kann die Schwankung bis zu 400 mV betragen, während sie am Ausgang des IC202 nur noch im Bereich von wenigen 10 mV bis zu maximal 300 mV liegt. Am Ausgang des IC301 treten nur noch Amplitudenschwankungen von einigen mV auf, die nach Durchlaufen des IC302 kaum mehr registrierbar sind.

Nachdem der Abgleich soweit fortgeschritten ist, wird die Zuleitung zwischen der Schaltung der 2. Platine und der Schaltung der 3. Platine auf eine Länge gebracht, die dem zu erwartenden späteren Einsatzfall entspricht. Das Voltmeter wird mit seiner Masse an den Platinenanschlußpunkt „j“ angeschlossen und mit der positiven Meßspitze an Pin9 des IC301.

Der Ferritkern des Übertragers Tr301 wird langsam verdreht, d. h. in eine Stellung gebracht, in der die Spannung an Pin9 des IC301 ihr Maximum aufweist. Der Verlauf ist auch hier sehr flach, d. h. die Änderungen betragen wenige mV. Anschließend erfolgt der Abgleich von Tr302 in gleicher Weise. Der gemessene Spannungswert liegt hier zwischen 350 mV und 600 mV. Die 77,500 kHz-Wechselspannung an Pin7 des IC301 liegt im Bereich zwischen 1,2 V<sub>ss</sub> und 2,2 V<sub>ss</sub>.

Als nächstes wird der Spannungsmesser an Pin9 des IC302 angeschlossen und zunächst der Trimmer C311 und anschließend die Spule Tr303 auf Spannungsmaximum an Pin9 abgeglichen. Die Spannung wird hier zwischen 400 mV und 650 mV liegen. An Pin7 beträgt die Amplitude ca. 1,8 V<sub>ss</sub> ± 300 mV.

Zu Kontrollzwecken kann am Verbindungspunkt der beiden Widerstände R311/R312 mit dem Oszilloskop die Spannung überprüft werden. Sie liegt in der Größenordnung von 200 mV<sub>ss</sub>. Die Stellung des Trimmers C311 kann ebenfalls anhand des vorstehend beschriebenen Oszilloskop-Meßsignals nochmals überprüft werden, wobei auf eine möglichst große Amplitude abzugleichen ist. Die optimale Stellung wird auch hier im allgemeinen mit dem Spannungsmaximum an Pin9 des IC302 übereinstimmen. Die Einstellung des Trimmers C311 ist jedoch deutlich unkritischer, als die Einstellung des Trimmers C211, da die Eingangsamplitude beim 2. Quarzfilter nennenswert größer ist, als die beim 1. Quarzfilter.

Sind alle Einstellungen bis zur Spule

Tr303 sorgfältig und zur Zufriedenheit durchgeführt, empfiehlt es sich, den gesamten Kalibriervorgang nochmals zu wiederholen, um evtl. Rückwirkungen, seien sie auch noch so geringfügig, auszuschließen und um anschließend die optimalen Einstellwerte zu erhalten.

Zu beachten ist beim gesamten Abgleich, daß der Vorverstärker (2. Platine) in einem Abstand von mindestens 0,5 m zur Aktiv-Antenne (1. Platine) angeordnet wird, um eine Beeinflussung beider Platinen zu vermeiden. Dies ist um so wichtiger, solange die 2. Platine noch nicht abgeschirmt ist. Von gleicher Bedeutung ist ein ausreichender Abstand zwischen den beiden vorstehend genannten Platinen und der Basisstation, da auch hier die Abschirmungen noch nicht fertiggestellt sind. Als Minimum gilt hier ein Wert von 0,5 m. Das Vergießen der 1. und 2. Platine sollte auch jetzt noch nicht erfolgen. Günstig ist es, das Gerät zunächst einige Wochen zu betreiben, um erste Alterungen der Bauelemente abzuschließen. Anschließend empfiehlt sich kompletter Neuabgleich, um erst danach zu vergießen.

Am Platinenanschlußpunkt „h“ steht nach erfolgtem Abgleich ein sauberes Rechtecksignal mit einer Frequenz von exakt 77,500 kHz an.

Anhand der Spannung zwischen „at“ und „Masse“ kann auch nachträglich jederzeit die optimale Ausrichtung der Aktiv-Antenne überprüft werden.

Steht ein Frequenzzähler zur Verfügung, kann bereits zu diesem Zeitpunkt eine Überprüfung der Empfangsfrequenz vorgenommen werden, indem am Platinenanschlußpunkt „h“ die Frequenz gemessen wird (der Masseanschluß des Frequenzzählers wird mit dem Platinenanschlußpunkt „j“ verbunden).

Liegt kein einwandfreier Empfang vor bzw. ist das Eingangssignal zu gering, schwingt die Schaltung auf einer Frequenz, die nicht exakt 77,500 kHz beträgt, sondern nur in der Nähe angesiedelt ist (± einige Hz bis max. ± 500 Hz). In diesem Fall müßte ein günstigerer Aufstellort für die Aktiv-Antenne gefunden werden. Auch ist der komplette Abgleich zu überprüfen.

Der zweite Teil des Abgleichs bezieht sich auf die Grundeinstellung des 10 MHz-Quarzoszillators. Der Regelbereich durch die Kapazitätsdiode D601 liegt bei ca. ± 25 ppm entsprechend ± 250 Hz.

Mit steigender Steuerspannung am Platinenanschlußpunkt „v“ sinkt die Kapazität der Diode D601. Dies hat zur Folge, daß die Frequenz des Oszillators ansteigt. Da die Kapazität von D601 mit fallender Steuerspannung überproportional zunimmt, der Kapazitätsverlauf also keinen linearen Zusammenhang zur Steuerspannung darstellt, wird letztere so gewählt, daß sie im Mittel unterhalb der halben Versorgungsspannung liegt (bei ca. 1,8 V), um auf diese Weise einen möglichst symmetrischen Frequenz/Steuerspannungsverlauf zu erhalten.

Steht ein Frequenzzähler mit hinreichender Genauigkeit zur Verfügung, wird der

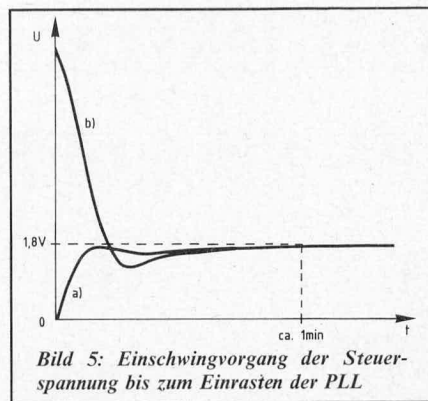


Verbindungspunkt der beiden Widerstände R 601/R 603 über eine kurze Verbindungsleitung mit der positiven Versorgungsspannung von + 8 V verbunden (Pin 3 des IC 504. Zur Erläuterung: Zwar wird die Schaltung, in der D 601 arbeitet, mit + 5 V versorgt, jedoch wird die Steuerspannung zur Frequenzeinstellung mit Hilfe des OP 501 gewonnen, dessen Speisespannung bei + 8 V liegt).

Durch das Anlegen der maximal möglichen Steuerspannung arbeitet der Oszillator jetzt auf seiner höchsten Frequenz. Diese wird mit dem Frequenzzähler am Platinenanschlußpunkt „k“ gemessen und mit dem Trimmer C 604 auf 10 000 250 Hz ( $\pm 50$  Hz) eingestellt. Anschließend wird die Verbindung zur positiven 8 V Spannung aufgehoben und jetzt der gleiche Punkt an Masse gelegt (entspricht einem Kurzschluß von C 601). Die Ausgangsfrequenz muß jetzt bei 9 999 750 Hz ( $\pm 100$  Hz) liegen. Die Einstellung mit C 604 erfordert etwas Fingerspitzengefühl.

Nachdem der Kurzschluß wieder beseitigt wurde, kann der Ausgang des Regel-OPs (Pin 6 des OP 501) über R 601 und R 603 die Frequenz des 10 MHz-Quarzoszillators phasenstarr an die Eingangsfrequenz (77,500 kHz) anbinden. Aufgrund der Zeitkonstanten R 502, C 503 sowie R 505, C 504 kann dies ca. 1 Minute dauern.

Der Einschwingvorgang der Steuerspannung bis zur phasenstarrten Einrastung nach dem Einschalten des Gerätes ist in Bild 5 dargestellt. Je nachdem mit welcher Phasenlage der Quarzoszillator in bezug auf die Eingangsfrequenz springt,



**Bild 5: Einschwingvorgang der Steuerspannung bis zum Einrasten der PLL**

ergibt sich ein Spannungsverlauf ähnlich der Abbildung 5 a oder 5 b.

Steht kein hinreichend genauer Frequenzzähler zur Verfügung, wird gleichfalls die Steuerspannung am Platinenanschlußpunkt „v“ gemessen und mit Fingerspitzengefühl sowie etwas Geduld, der Trimmer C 604 in sehr kleinen Stufen soweit verdreht, bis sich die Steuerspannung auf einen Wert von ca. 1,8 V ( $\pm 0,25$  V) einpegelt. Zwischen den einzelnen kleinen Einstellschritten des Trimmers C 604 müssen Pausen von 1 bis 2 Minuten liegen, um dem Regler die Möglichkeit zum Einschwingen zu bieten. Die Zeitkonstanten sind deshalb so groß gewählt, damit — aufgrund von atmosphärischen Störungen — die Genauigkeitseinbußen gering gehalten und eine hohe Kurzzeitstabilität erreicht wird.

Nachdem die Schaltung einwandfrei synchronisiert und die Spannung am Platinenanschlußpunkt „v“ nur geringfügig

und sehr langsam (einige 100 mV pro Minute) schwankt, und auf keinen Fall auch nach längerer Zeit an die untere bzw. obere Versorgungsspannungsgrenze anstößt, ist der eigentliche Abgleich beendet. Es bleibt noch die Einstellung des Trimmers R 403 zur optischen PLL-Rastanzeige. Hierzu verdreht man R 403 vom linken zum rechten Anschlag und schaut sich den Bereich an, in dem die LED D 403 („DCF“) aufleuchtet. Anschließend wird R 403 ungefähr in die Mittelstellung des Leuchtbereiches von D 403 gebracht. Hierbei kann es durchaus sein, daß die LED bereits leuchtet, wenn sich R 403 an einem der beiden Anschläge befindet und bereits nach kurzer Drehung erlischt. Auch hier wird dann R 403 ungefähr in die Mitte des Leuchtbereiches von D 403 gebracht. Anzumerken ist noch, daß bei allen vorstehend beschriebenen Einstellungen sich das Gerät in einem möglichst luftzugfreien Raum bei konstanter Raumtemperatur befinden sollte, um thermische Schwankungen bei der Oszillatorkalibrierung auszuschließen. Als letztes wird im Abschirmgehäuse, in dem sich auch der 10 MHz Quarzoszillator befindet, die Kalibrieröffnung mit einem Stück Tesafilm o. ä. verschlossen und auch dieses Gehäuse von außen mit 4 Schrauben M 3 x 10 mm verschraubt.

Nachdem alle mechanischen Arbeiten abgeschlossen sind und auch die Oberhalbchale des 7000er Gehäuses verschraubt wurde, steht dem Einsatz dieses interessanten, professionellen Anforderungen genügenden Gerätes nichts mehr im Wege.