

# Einseitenbandsender nach der Phasenmethode

Von Peter Weber, DJ4BR

erschienen im DL-QTC 1958 und Starthilfe DL-QTC 1960

Bei dem beschriebenen Sender sind folgende Betriebsarten durch einfaches Umschalten auf allen Bändern bei ausgezeichneter Frequenzstabilität möglich: SSB oberes Seitenband, SSB unteres Seitenband, DSB (zwei Seitenbänder), Amplitudenmodulation mit einem oder zwei Seitenbändern, Phasenmodulation und Telegrafie. Durch den linearen Betrieb in allen Senderstufen (A, AB1 oder AB2) ist die Oberwellenbildung auf ein Minimum herabgesetzt. Die von einer Poststelle durchgeführte Oberwellenmessung ergab Werte, die weit unter denen der DBP-Vorschriften lagen. In der Nachbarschaft des Verfassers sind keine BCI- oder TVI-Störungen aufgetreten.

Die vom Mikrofon kommende Spannung wird in der Röhre R<sub>ö</sub> 1 vorverstärkt (Abb. 1) und gelangt über den Lautstärkereglern P 1 an R<sub>ö</sub> 2. Der Übertrager T 1 hat ein Übersetzungsverhältnis von 6 : 1. Seine Sekundärwicklung steuert das Phasennetzwerk PH mit einer Phasendifferenz von 180° an. Am Ausgang von PH besteht ein Phasenunterschied von 90° ± 1,5°. Die Pegel dieser beiden Nf-Spannungen werden in R<sub>ö</sub> 3 getrennt verstärkt und gelangen über den Schalter S 1 auf die Balancemodulatoren. S 1 polt einen Nf-Ausgang um, wodurch ein Umschalten des Seitenbandes möglich ist. In Stellung 3 werden beide Seitenbänder ausgestrahlt (DSB/AM/PM).

Die Kopplungskondensatoren im Nf-Verstärker (5 nF) bewirken eine gewisse Tiefenbeschneidung unter 300 Hz, während der Frequenzgang nach oben (ab 3000 Hz) durch die kleinen Kondensatoren an den Gittern begrenzt wird. Ideal wäre hier natürlich ein Tiefpassfilter, es ist aber nicht unbedingt erforderlich. Beim Nachbau des Phasennetzwerkes ist darauf zu achten, dass die angegebenen Werte auf ± 1 % Toleranz eingehalten werden. Der Verfasser benutzt ein von der Firma Barker und Williams in USA hergestelltes Netzwerk, welches zu einem günstigen Preise (mit Zoll etwa 5 Dollar) in Form einer amerikanischen Stahlröhre geliefert wird. Man kann den Sender, solange kein Phasennetzwerk vorhanden ist, auch in DSB betreiben, indem man eines der Gitter von R<sub>ö</sub> 3 über einen Kondensator an R<sub>ö</sub> 2 koppelt.

Auf der Quarzfrequenz 9 MHz wird das SSB-Signal erzeugt. Natürlich kann auch jede andere Quarzfrequenz benutzt werden, man muss dann nur die Frequenz des Misch-VFO's dementsprechend ändern. In der Anode von R<sub>ö</sub> 4 liegt ein 90°-Bandfilter (L 1 und L 2). Durch „kritische“ Kopplung dieser beiden Kreise entsteht an diesen eine Phasendifferenz von 90°. Über die beiden Linkwindungen wird die HF mit der NF zusammengeschaltet und in den Diodenmodulatoren moduliert. Sind die Potentiometer P 2 und P 3 symmetriert, entstehen als Modulationsprodukte nur die Seitenbänder, der Träger ist unterdrückt. Bei richtigem Abgleich von PH, L 1 und L 2 ist außerdem ein Seitenband unterdrückt.

Das Signal gelangt dann über L 3 auf das Bandfilter L 4 / L 5 und an das Gitter der Mischröhre R<sub>ö</sub> 5. Dort wird das 9-MHz-Signal auf die Bänder gemischt. Die Röhre R<sub>ö</sub> 6 läuft im A-Betrieb und gibt ca. 4 Watt an die Antenne oder an die PA. Die Dämpfungswiderstände (R22, R25) in den Anodenkreisen von R<sub>ö</sub> 5 und 6 unterbinden eine gewisse Schwingungsneigung des Systems. Ihre Größe muß durch Versuch festgestellt werden, in vielen Fällen sind sie sogar unnötig.

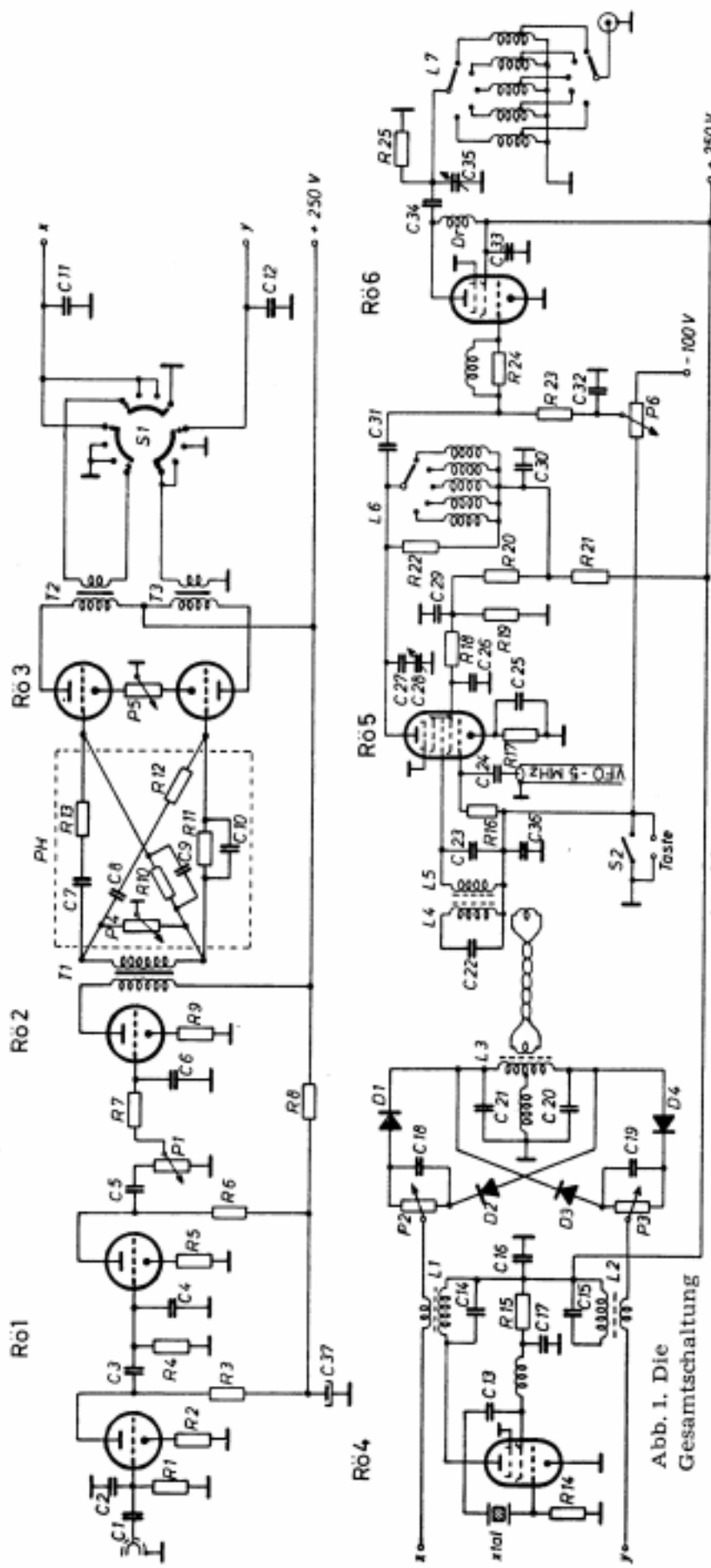


Abb. 1. Die Gesamtschaltung

- C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>; C<sub>3</sub>; C<sub>16</sub>; C<sub>17</sub>; C<sub>18</sub>; C<sub>19</sub>; C<sub>24</sub>; C<sub>25</sub>; C<sub>26</sub>; C<sub>27</sub>; C<sub>28</sub>; C<sub>29</sub>; C<sub>30</sub>; C<sub>31</sub>; C<sub>32</sub>; C<sub>33</sub>; C<sub>34</sub>; C<sub>35</sub>; C<sub>36</sub>
- C<sub>5</sub>; C<sub>6</sub>; C<sub>7</sub>; C<sub>8</sub>; C<sub>9</sub>; C<sub>10</sub>; C<sub>11</sub>; C<sub>12</sub>; C<sub>13</sub>; C<sub>14</sub>; C<sub>15</sub>; C<sub>20</sub>; C<sub>21</sub>; C<sub>22</sub>; C<sub>23</sub>
- C<sub>2</sub>; C<sub>4</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>3</sub>; C<sub>10</sub>; C<sub>11</sub>; C<sub>12</sub>; C<sub>13</sub>; C<sub>14</sub>; C<sub>15</sub>; C<sub>16</sub>; C<sub>17</sub>; C<sub>18</sub>; C<sub>19</sub>; C<sub>20</sub>; C<sub>21</sub>; C<sub>22</sub>; C<sub>23</sub>; C<sub>24</sub>; C<sub>25</sub>; C<sub>26</sub>; C<sub>27</sub>; C<sub>28</sub>; C<sub>29</sub>; C<sub>30</sub>; C<sub>31</sub>; C<sub>32</sub>; C<sub>33</sub>; C<sub>34</sub>; C<sub>35</sub>; C<sub>36</sub>
- C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>; C<sub>3</sub>; C<sub>4</sub>; C<sub>5</sub>; C<sub>6</sub>; C<sub>7</sub>; C<sub>8</sub>; C<sub>9</sub>; C<sub>10</sub>; C<sub>11</sub>; C<sub>12</sub>; C<sub>13</sub>; C<sub>14</sub>; C<sub>15</sub>; C<sub>16</sub>; C<sub>17</sub>; C<sub>18</sub>; C<sub>19</sub>; C<sub>20</sub>; C<sub>21</sub>; C<sub>22</sub>; C<sub>23</sub>; C<sub>24</sub>; C<sub>25</sub>; C<sub>26</sub>; C<sub>27</sub>; C<sub>28</sub>; C<sub>29</sub>; C<sub>30</sub>; C<sub>31</sub>; C<sub>32</sub>; C<sub>33</sub>; C<sub>34</sub>; C<sub>35</sub>; C<sub>36</sub>

- R<sub>1</sub>; R<sub>2</sub>; R<sub>3</sub>; R<sub>4</sub>; R<sub>5</sub>; R<sub>6</sub>; R<sub>7</sub>; R<sub>8</sub>; R<sub>9</sub>; R<sub>10</sub>; R<sub>11</sub>; R<sub>12</sub>; R<sub>13</sub>; R<sub>14</sub>; R<sub>15</sub>; R<sub>16</sub>; R<sub>17</sub>; R<sub>18</sub>; R<sub>19</sub>; R<sub>20</sub>; R<sub>21</sub>; R<sub>22</sub>; R<sub>23</sub>; R<sub>24</sub>; R<sub>25</sub>
- R<sub>1</sub>; R<sub>2</sub>; R<sub>3</sub>; R<sub>4</sub>; R<sub>5</sub>; R<sub>6</sub>; R<sub>7</sub>; R<sub>8</sub>; R<sub>9</sub>; R<sub>10</sub>; R<sub>11</sub>; R<sub>12</sub>; R<sub>13</sub>; R<sub>14</sub>; R<sub>15</sub>; R<sub>16</sub>; R<sub>17</sub>; R<sub>18</sub>; R<sub>19</sub>; R<sub>20</sub>; R<sub>21</sub>; R<sub>22</sub>; R<sub>23</sub>; R<sub>24</sub>; R<sub>25</sub>
- R<sub>1</sub>; R<sub>2</sub>; R<sub>3</sub>; R<sub>4</sub>; R<sub>5</sub>; R<sub>6</sub>; R<sub>7</sub>; R<sub>8</sub>; R<sub>9</sub>; R<sub>10</sub>; R<sub>11</sub>; R<sub>12</sub>; R<sub>13</sub>; R<sub>14</sub>; R<sub>15</sub>; R<sub>16</sub>; R<sub>17</sub>; R<sub>18</sub>; R<sub>19</sub>; R<sub>20</sub>; R<sub>21</sub>; R<sub>22</sub>; R<sub>23</sub>; R<sub>24</sub>; R<sub>25</sub>
- R<sub>1</sub>; R<sub>2</sub>; R<sub>3</sub>; R<sub>4</sub>; R<sub>5</sub>; R<sub>6</sub>; R<sub>7</sub>; R<sub>8</sub>; R<sub>9</sub>; R<sub>10</sub>; R<sub>11</sub>; R<sub>12</sub>; R<sub>13</sub>; R<sub>14</sub>; R<sub>15</sub>; R<sub>16</sub>; R<sub>17</sub>; R<sub>18</sub>; R<sub>19</sub>; R<sub>20</sub>; R<sub>21</sub>; R<sub>22</sub>; R<sub>23</sub>; R<sub>24</sub>; R<sub>25</sub>

- L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub>; L<sub>4</sub>; L<sub>5</sub>; L<sub>6</sub>; L<sub>7</sub>
- L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub>; L<sub>4</sub>; L<sub>5</sub>; L<sub>6</sub>; L<sub>7</sub>
- L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub>; L<sub>4</sub>; L<sub>5</sub>; L<sub>6</sub>; L<sub>7</sub>
- L<sub>1</sub>; L<sub>2</sub>; L<sub>3</sub>; L<sub>4</sub>; L<sub>5</sub>; L<sub>6</sub>; L<sub>7</sub>

- P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub>; P<sub>4</sub>; P<sub>5</sub>; P<sub>6</sub>
- P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub>; P<sub>4</sub>; P<sub>5</sub>; P<sub>6</sub>
- P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub>; P<sub>4</sub>; P<sub>5</sub>; P<sub>6</sub>
- P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub>; P<sub>4</sub>; P<sub>5</sub>; P<sub>6</sub>

= 2000 Ω, lin, 2 W  
 = 30 kΩ, 1 W  
 = Keramikspulenkörper 10 mm φ mit Eisenkern  
 = 15 Wdg. und je Ankopplungswindungen am kalten Ende  
 = 8 Wdg. in der Mitte angezapft und 1 Ankopplungswindg. in der Mitte  
 = 15 Wdg und 2 Ankopplungswindungen  
 = 15 Wdg.

L<sub>1</sub> und L<sub>2</sub> = 15 Wdg. und je 4 Ankopplungswindungen am kalten Ende  
 L<sub>3</sub> = 8 Wdg. in der Mitte angezapft und 1 Ankopplungswindg. in der Mitte  
 L<sub>4</sub> = 15 Wdg. und 2 Ankopplungswindungen / L<sub>5</sub> = 15 Wdg.

Abb. 1

Der Sender wird durch eine negative Gittervorspannung an R<sub>ö</sub> 5 und 6 gesperrt. Mit S 2, Taste oder Relais läßt er sich ein- und ausschalten.

Als Mischoszillator hat sich der „Tesla - Oszillator“, den Abb. 2 zeigt, besonders bewährt. Er arbeitet mit geerdeter Katode und schwingt zwischen der Anode und dem Steuergitter. Das zweite System der Röhre R<sub>ö</sub> 7 arbeitet als Katodentrennstufe, wodurch man äußerste Rückwirkungsfreiheit erzielt. Der Oszillator schwingt von 5 MHz bis 5,5 MHz. Es ergeben sich jetzt als Mischprodukte:

9 MHz minus 5,2 bis 5,5 gleich 3,8 bis 3,5 MHz (80m Band)

9 MHz plus 5 bis 5,350 gleich 14 bis 14,350MHz (20m Band)

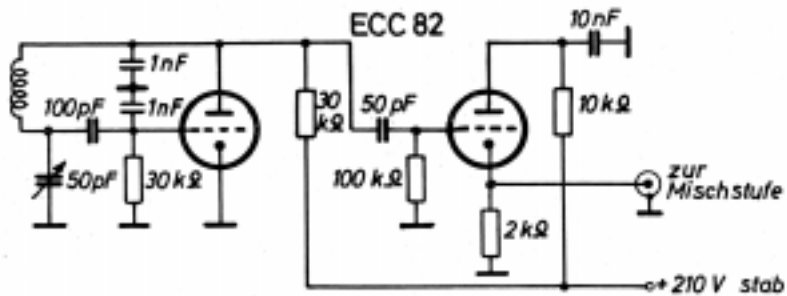


Abb. 2 Schaltung des Tesla-Oszillators

Es werden also nur die Kreise, die hinter der Mischstufe bis zur Endstufe folgen, umgeschaltet, während der Oszillator immer auf 5 MHz schwingt. Um die übrigen Bänder zu erreichen, ist direkt hinter dem VFO eine zweite Quarzmischstufe erforderlich, welche die 5 MHz mit einem Quarz auf die erforderlichen Mischfrequenzen bringt.

### Der Aufbau

Der Aufbau geht aus der Abb. 3 hervor, diese zeigt das Chassis von oben. Auf der rechten Seite befindet sich der Nf-Teil, in der Mitte der Quarzoszillator, der Balancemodulator mit den vier Dioden und die Mischstufe. Auf dem linken Teil sitzt die 6AG7-Treiberstufe.

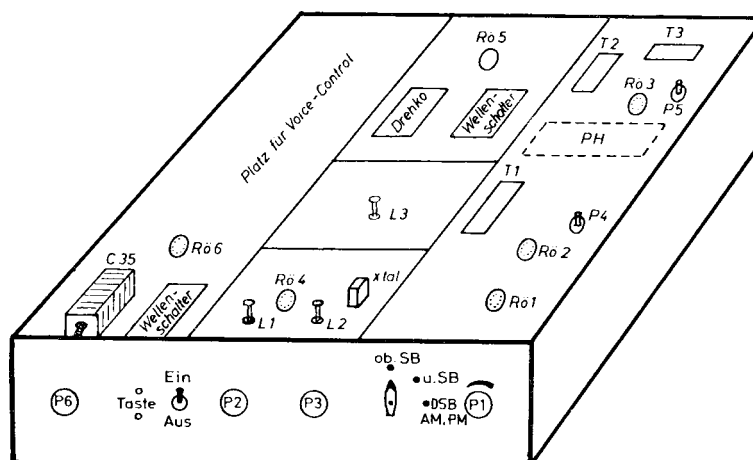


Abb. 3 Das Sender-Chassis von oben

Abb. 4 zeigt den Exiter von unten. Es ist wichtig, daß die eingezeichneten Abschirmungen verwendet werden, um Verkopplungen von einer Stufe auf die andere zu vermeiden.

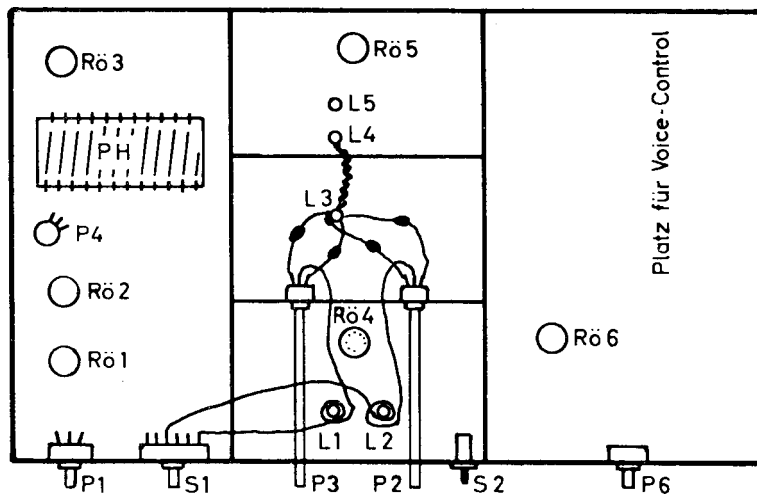


Abb. 4 Der Exiter von unten

#### Der Abgleich

Als Meßgeräte wurden am Sender des Verfassers nur ein trennscharfer Empfänger (Funkhorempfänger C) und ein Mikroamperemeter mit einer Germaniumdiode verwendet. Erwähnt sei, daß ein Röhrenvoltmeter und ein Oszillograf natürlich wertvolle Dienste leisten.

Als erstes prüft man, ob der 9-MHz-Oszillator schwingt. Danach bringt man L 1 und L 2 in Resonanz. Beide haben vor dem Abgleich einen Abstand von ca. 25 mm. Mit dem Dioden- oder Röhrenvoltmeter werden dann die Hf-Spannungen an den Schleifern von P 2 und P 3 gemessen. Nun werden L 1 und L 2 bis zu dem Punkt zusammengeschoben, an dem diese Hf-Spannungen einander gleich werden. Bei genauer Resonanz dieser Kreise ergibt sich an diesem Punkt eine Phasenverschiebung von 90°.

Jetzt bringt man L 3, L 4 und L 5 in Resonanz. Der Sender wird zuerst auf 3,8 MHz abgeglichen. Der VFO wird eingeschaltet und mit L 6 und L 7 wird auf 80 m abgestimmt. Der Empfänger wird als Hf-Indikator benutzt. Durch Drehen an P 2 und P 3 versucht man, den Träger zu unterdrücken. Läßt er sich nicht unterdrücken, liegt entweder die Mittelanzapfung von L. 3 nicht exakt oder die Ankopplung von L 3 nach L 4 ist zu fest. Ist der Träger gut unterdrückt, gibt man einen 1000-Hz-Ton auf den Nf-Eingang und vergleicht im Empfänger die beiden links und rechts vom Träger entstehenden Seitenbänder (Empfänger in trennschärfster Stellung, Quarzfilter!). Eines der beiden Seitenbänder wird etwas schwächer sein. Durch vorsichtiges Drehen an P 4 und P 5 bringt man dieses zum Verschwinden (30 bis 40dB).

Durch Umschalten von S 1 läßt sich das Seitenband wechseln. Ist die Unterdrückung beim Umschalten von einem auf das andere Seitenband nicht symmetrisch, muß das 90°-Bandfilter neu abgeglichen werden. Die erreichbare Seitenbandunterdrückung hängt von der Qualität des Phasennetzwerkes (Genauigkeit der Widerstände) ab.

## Erfahrungen

Der Verfasser betreibt den Exiter mit einer Endstufe, die etwa 200 Watt leistet. Mit dieser Station wurden auf dem 80- und 20-m-Band in einem halben Jahr mit ca. 70 Ländern und sämtlichen Kontinenten Verbindungen abgewickelt.

## Voice-Control

Die meisten SSB-Stationen benutzen ein BK-System, welches in den Augenblicken den Sender einschaltet, in denen gesprochen wird. Die Schaltung einer solchen „Voice-Control“ zeigt Abb. 4. Das Relais zieht bei etwa 4 mA sicher an. Es unterbricht beim Senden die Lautsprecherleitung und schaltet mit einem weiteren Kontakt den Sender ein.

## Stückliste

Rö 1 = ECC 83

Rö 2 = EL 83 oder EL 803 als Triode

Rö 3 = ECC 81

Rö 4 = EF 80

Rö 5 = 6BA7 oder 6BE6 / EK90

Rö 6 = 6AG7

D 1 – D 4 = OA73

T1 = 2 W Trafo 6 : 1 = 18 k Ohm : 500 Ohm

T2, T3 = 2 W Trafo 8 k Ohm : 5 Ohm

xtl = 9 MHz