

## Die interessante Schaltung – Radione 740 W. Teil 1: ZF-Verstärker

Jean Ritzenthaler, Genf, und Hermann Freudenberg, Netphen; GFGF

Erschienen in FUNKGESCHICHTE Nr. 135 (2001)

Von Hermann Freudenberg im Januar 2002 bearbeitet für <http://www.radiomuseum.org/>

Über den interessanten Empfänger Radione 740 W aus Österreich (Jahrgang 1939/40) hat *Profit* schon in [1.1] berichtet und u. a. auf zwei interessante Schaltungseinzelheiten hingewiesen: auf die "Rückkopplung" des ZF-Verstärkers und auf den Störbegrenzer mit der unterheizten EB 11. Beide Schaltungseinzelheiten sollen hier näher untersucht werden, in Teil 1 die "Rückkopplung" bzw. richtiger die Neutralisation des ZF-Verstärkers und in Teil 2 der "Krachtötter".

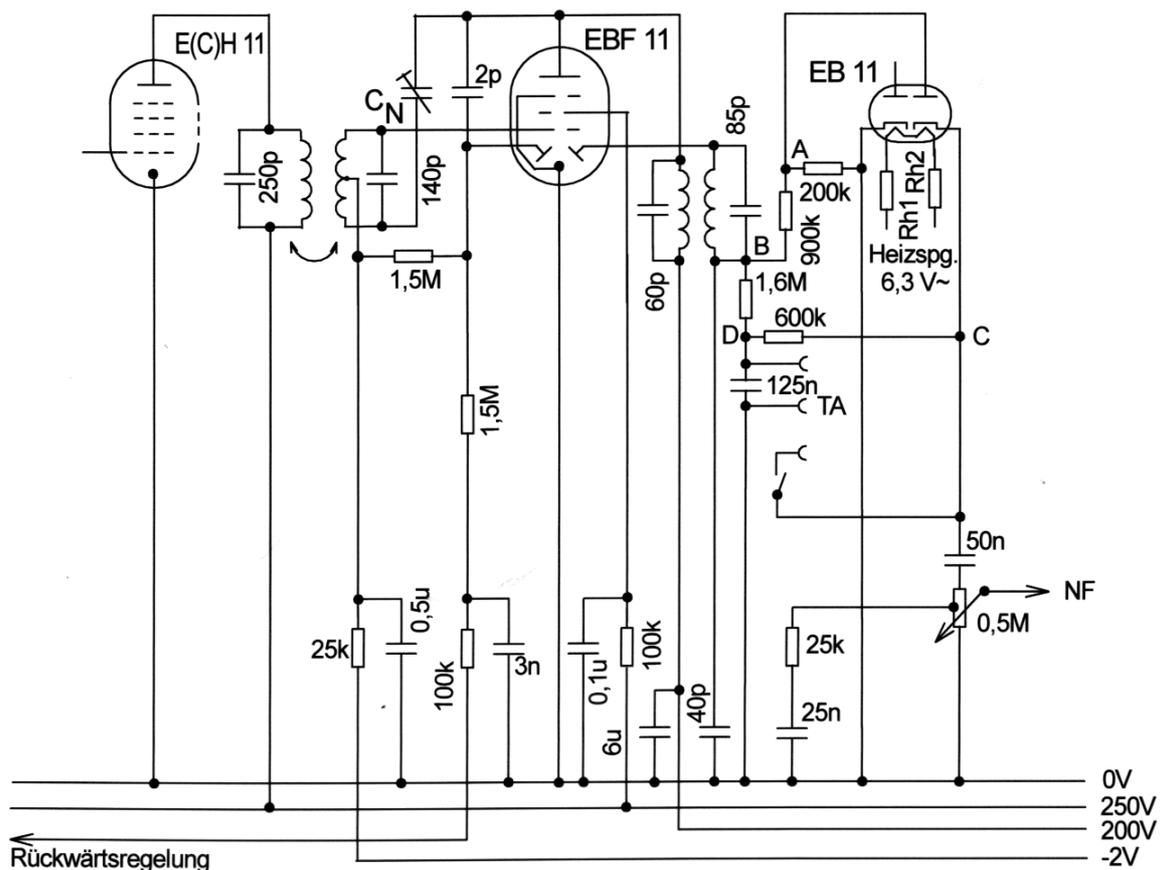


Bild 1.1: Ausschnitt aus dem Schaltbild: ZF-Verstärker, Demodulator und Störbegrenzer

## Schaltung des ZF-Verstärkers

In [1.1] und in [1.2] ist die Gesamtschaltung des Empfängers abgebildet. Bild 1.1 zeigt im Ausschnitt den ZF-Verstärker einschließlich Demodulator und Störbegrenzer. Im Gitterkreis der EBF 11 fallen die Mittelanzapfung der Bandfilterspule und der Trimmer  $C_N$  auf. Diese Anordnung erinnert an die Gitterneutralisation, die bei HF-Verstärkern mit Trioden verwendet wird und vor der Entwicklung der Schirmgitterröhre notwendig war, um selektive HF-Verstärkung möglich zu machen [1.5].

Was hat den Konstrukteur des Radione 740 W bewogen (auch in vielen Nachkriegsgeräten von Minerva findet sich die Schaltung!), den ZF-Verstärker trotz Pentode zu neutralisieren? Oder ist es etwa eine Rückkopplung, um Flankensteilheit und Verstärkung zu erhöhen? Den Verfassern stand kein 740 W zur Verfügung; Herr *Hans Necker* vom Radiomuseum Bad

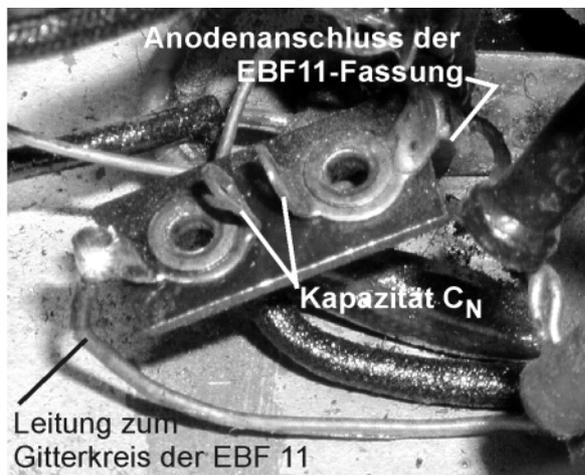


Bild 1.2: Der Neutralisationskondensator  $C_N$

Laasphe half jedoch mit einem Radione 540 W aus, der zwar in der Dimensionierung des ZF-Verstärkers etwas vom 740 W abweicht, aber die gleiche "Rückkopplung" verwendet wie der 740 W. Der ZF-Verstärker dieses Gerätes wurde experimentell untersucht, und die Ergebnisse wurden durch Simulation der Schaltung mit ELECTINA und PSpice [1.3] verifiziert. Herrn *Necker* sei dafür gedankt, dass er aus seinem reichen Fundus ein Gerät für schaltungstechnische Untersuchungen ausborgte.

Beim Öffnen des Gerätes fällt sofort die besondere Ausführung des Kondensators  $C_N$  auf: zwei Lötösen, aufgenietet auf ein kleines Stück Pertinax, die Kapazität wesentlich kleiner als 1 pF (Bild 1.2) [1.1]. Nach dem sorgfältigen Neuabgleich des ZF-Verstärkers konnte mit oder ohne  $C_N$  kein signifikanter Unterschied der Verstärkung festgestellt werden. Wesentliche Unterschiede zeigten jedoch die Durchlasskurven mit und ohne  $C_N$ .

## Computersimulation

Dieses Verhalten machte neugierig und schien einer theoretischen Untersuchung wert zu sein. Sie erfolgte, wie in [1.3] beschrieben, durch Computersimulation. Bild 1.3 zeigt das

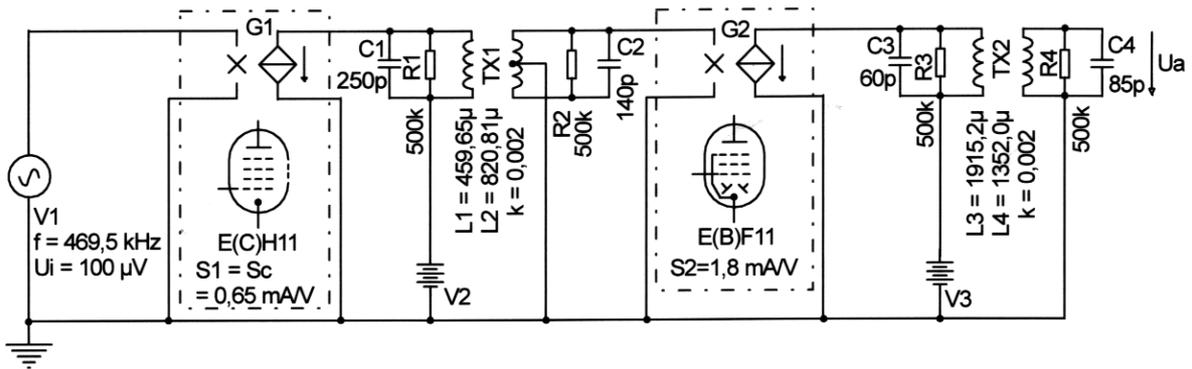


Bild 1.3: Simulationsmodell des ZF-Verstärkers ohne parasitäre Kapazitäten

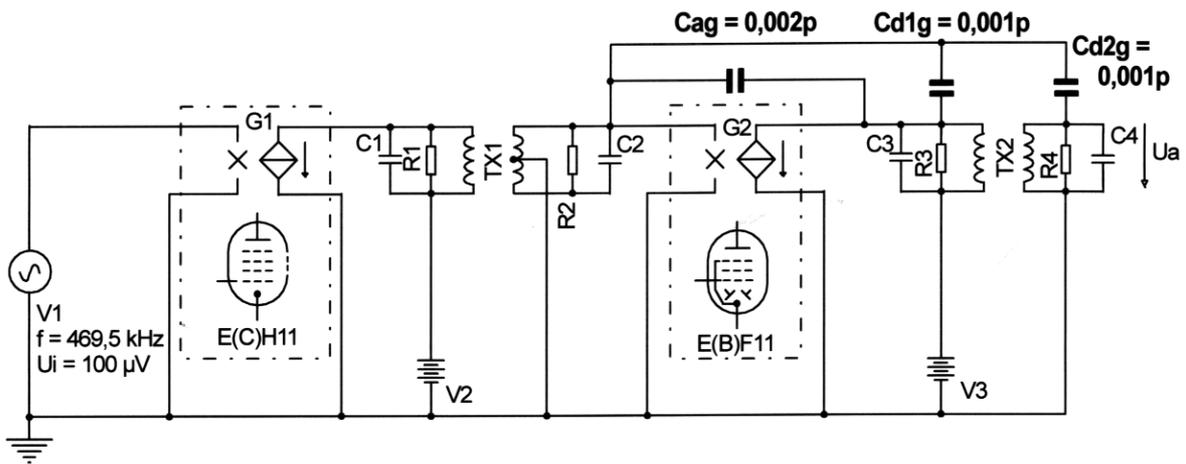


Bild 1.4: Simulationsmodell des ZF-Verstärkers mit parasitären Kapazitäten

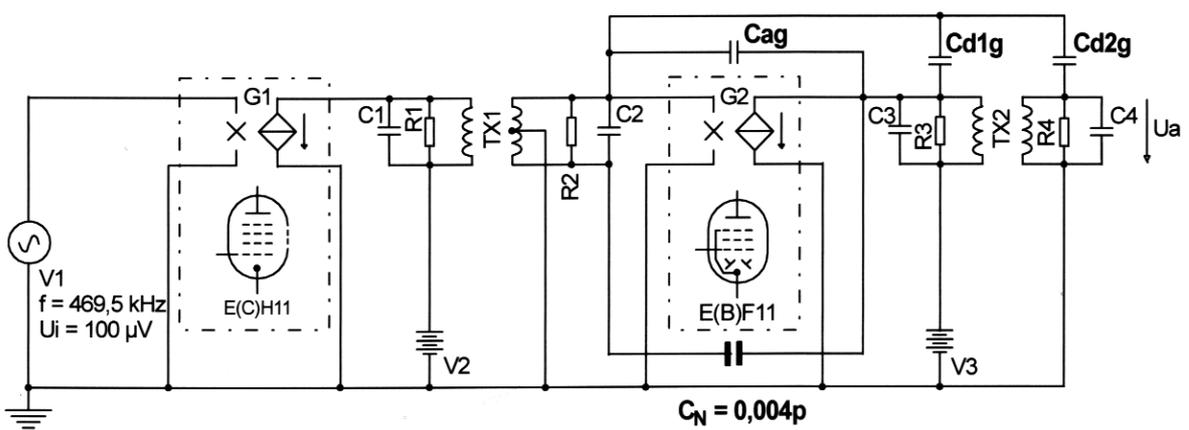
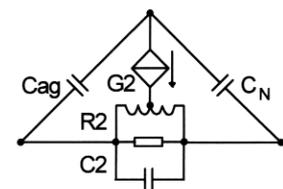


Bild 1.5: Simulationsmodell mit Röhrenkapazitäten und Neutralisierung.  
Rechts: Brückendarstellung der Neutralisierung



Simulationsmodell des ZF-Verstärkers entsprechend dem Schaltbild: Der Generator V1 (495,5 kHz, 100  $\mu$ V) steuert die spannungsgesteuerte Stromquelle G1 mit der Steilheit  $S = 0,65$  mA/V entsprechend der Mischsteilheit der ECH 11 im unregulierten Zustand. Im Stromkreis der Stromquelle G1 liegt das unterkritisch gekoppelte Bandfilter TX1 entsprechend der Bandfilterstellung „schmal“. Der Sekundärkreis des Bandfilters TX1 steuert die spannungsgesteuerte Stromquelle G2 mit einer Steilheit von 1,8 mA/V entsprechend der Steilheit der EBF 11 im unregulierten Zustand. Im Stromkreis von G2 liegt das Bandfilter TX2, unterkritisch gekoppelt. Die Verlustwiderstände aller Kreise sind der Einfachheit halber alle mit 500 k $\Omega$  angenommen. Die Kapazitäten entsprechen den Angaben im Schaltbild, die Induktivitäten errechnen sich aus der im Schaltbild angegebenen ZF-Frequenz 495,5 kHz. Außer den Verlustwiderständen sind keine parasitären Impedanzen vorhanden.

### Ergebnis der Computersimulation

In Bild 1.6 ist die errechnete Durchlasskurve mit "Kurve 1, ohne Röhrenkapazitäten  $C_{ag}$ ,  $C_{d1g}$ ,  $C_{d2g}$ " bezeichnet. Die Kurve entspricht dem bekannten Bild unterkritisch gekoppelter Bandfilterverstärker. Tatsächlich berücksichtigt jedoch das Ersatzschaltbild Bild 1.3 nicht ausreichend die praktischen Verhältnisse einer realen Schaltung; insbesondere sind die

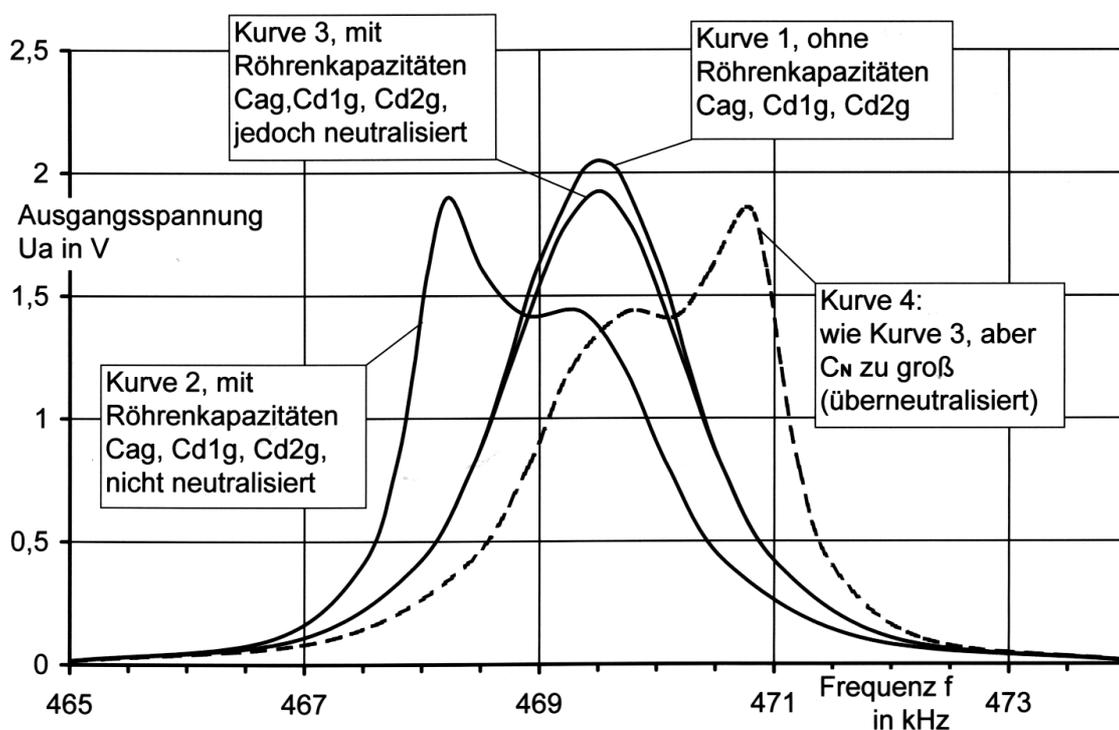


Bild 1.6: Berechnete Durchlasskurven des ZF-Verstärkers

Röhrenkapazitäten nicht berücksichtigt. In Bild 1.4 sind die für das Verhalten der Bandfilter wichtigen Kapazitäten der EBF 11 nachgetragen [1.4]: die Anoden-Gitter-Kapazität  $C_{ag} = 0,002\text{pF}$ , die Dioden-Gitter-Kapazität von Diode 1  $C_{d1g} = 0,001\text{pF}$  und die Dioden-Gitter-Kapazität von Diode 2  $C_{d2g} = 0,001\text{ pF}$ . Die zugehörige Bandfilterkurve ist in Bild 1.6 als Kurve 2 eingetragen. Man erkennt, dass die Anoden-Gitter-Kapazität der Pentode erwartungsgemäß praktisch keinen Einfluss auf die Verstärkung hat, dass aber die Durchlasskurve des ZF-Verstärkers trotz der winzig kleinen Kapazitäten in der Größenordnung von Milli-pF ganz erheblich verformt wird! Diese Verformung wird dadurch hervorgerufen, dass die Kopplung der Bandfilter durch die Röhrenkapazitäten erheblich verändert wird; tatsächlich bewirken schon sehr kleine Kapazitäten in dieser Anordnung große Veränderungen der Kurvenform. Auf die Theorie soll hier nicht näher eingegangen werden.

Es ist einzusehen, dass die Röhrenkapazitäten umso mehr Einfluss auf die Kopplung haben, je kleiner die Kreiskapazitäten sind; der Radione 740 W hat im Interesse hoher ZF-Verstärkung im zweiten Bandfilter im Vergleich zu marktüblichen Geräten besonders kleine Kreiskapazitäten von 60 pF bzw. 85 pF.

### **Neutralisation**

Der Einfluss der Röhrenkapazitäten, insbesondere der Anoden-Gitter-Kapazität, kann hier wie bei der bekannten Neutralisation der Trioden [1.5] neutralisiert werden, indem eine sehr kleine gegenphasige Spannung vom Anodenkreis in den Gitterkreis "rückgekoppelt" wird. Die Gegenphasigkeit wird erreicht durch die Mittelanzapfung und durch den Anschluss des Neutralisierungskondensators  $C_N$  an den dem Gitteranschluss gegenüberliegenden Anschluss des zweiten Bandfilterkreises von TX1 (Gitterneutralisation, Bild 1.5). Bei Mittelanzapfung der Induktivität wird  $C_N$  ebenso groß wie die wirksame Röhrenkapazität. Bild 1.5 lässt auch gut erkennen, dass  $C_{ag}$  und  $C_N$  die beiden oberen Zweige einer Brücke bilden, deren unteren beiden Zweige der zweite Bandfilterkreis ist; gespeist wird die Brücke durch die spannungsgesteuerte Stromquelle G2, die Röhre E(B)F 11. Man erkennt weiter, dass der Gitterkreis nur durch die Reihenschaltung von  $C_{ag}$  und  $C_N$  verstimmt wird; die Verstimmung beträgt tatsächlich nur 3,3 Hz!

Wird  $C_N$  zu groß gemacht, so erfolgt eine "Überneutralisierung". Würde man beispielsweise  $C_N$  doppelt so groß machen wie die wirksame Röhrenkapazität, dann müsste sich eine zu

Kurve 2 in Bild 1.6 spiegelbildliche Durchlasskurve ergeben. Auch dieser Fall wurde simuliert; das Ergebnis ist in Bild 1.6 als Kurve 4 (gestrichelt) dargestellt,

Die Wirkung der Röhrenkapazitäten und des Neutralisierungskondensators  $C_N$  in der Stellung "breit" des ersten ZF-Bandfilters ist grundsätzlich die gleiche wie in der Stellung "schmal"; deshalb sollen die entsprechenden Ergebnisse hier nicht mehr diskutiert werden. Ohne  $C_N$  ist auch in der Stellung "breit" die Durchlasskurve sehr stark unsymmetrisch.

### **Nichtlineare Verzerrungen**

Bei unsymmetrischen Durchlasskurven werden die beiden Seitenbänder des ZF-Signals ungleich verstärkt; durch Seitenbänder verschiedener Amplitude entstehen jedoch bei der Demodulation nichtlineare Verzerrungen der Niederfrequenz. Sinn der ZF-Neutralisation bei Radione und Minerva war es also, im Interesse hoher Klangqualität diese Verzerrungen zu vermeiden.

### **Abgleichvorschrift**

Aus den hier dargestellten Zusammenhängen ergibt sich auch die korrekte Abgleichvorschrift für den Radione 740 W bzw. für alle Radione-Geräte mit Neutralisation des ZF-Verstärkers, z.B. auch für die bekannten Koffergeräte R2 und R3:

- Bandfilter gegebenenfalls auf "schmal" stellen, so dass der Eisenkern zugänglich ist.
- ZF-Spannung an Gitter 1 der Mischröhre; ZF-Frequenz einstellen und nicht mehr verändern.
- Spannung des Messsenders so einstellen, dass am Demodulator eine Richtspannung von ca. 2 bis 2,5 V ansteht; Spannung des Messsenders mit fortschreitendem Abgleich nachstellen.
- Die Anodenkreise der Bandfilter mit 5 k $\Omega$  bedämpfen (RC-Glied: 5 k $\Omega$ , 10 nF), Gitterkreis und Demodulatorkreis auf maximale Richtspannung des Demodulators abgleichen.
- Gitterkreis und Demodulatorkreis der Bandfilter mit 5 k $\Omega$  bedämpfen (RC-Glied: 5 k $\Omega$ , 10 nF), Anodenkreise auf maximale Richtspannung des Demodulators abgleichen.
- Alle Dämpfungsglieder wegnehmen.
- Jetzt den Neutralisierungskondensator auf maximale Richtspannung am Demodulator einstellen bei *unveränderter* Frequenz des Messsenders!

Der richtige Abgleich der Bandfilterkreise kann *nicht mit einem Wobbler und nicht ohne Bedämpfung* der ZF-Kreise erfolgen, weil sonst versucht wird, den Einfluss der Röhrenkapazitäten durch entsprechende falsche Abstimmung der Bandfilterkreise zu korrigieren! Höchstens die Einstellung von  $C_N$  kann mit einem Wobbler vorgenommen werden; dann kann man sehr schön verfolgen, wie durch die richtige Einstellung von  $C_N$  die Bandfilterkurve symmetrisch wird.

## Literatur

- [1.1] *Profit, F. P.*: Der Radione 740 W. FUNKGESCHICHTE Nr. 79 (1991), S. 27 - 30
- [1.2] *Lange, H., Nowisch, K.-H.*: EmpfängerSchaltungen der Radio-Industrie. Band X]. Leipzig: Fachbuchverlag, 1957, S. 193
- [1.3] *Freudenberg, H.*: PC und Software, Hilfsmittel zum Verständnis alter Radio-Schaltungen. FUNKGESCHICHTE Nr. 119 (1998), S 117 - 123; Nr. 120 (1998) S. 168 - 171; Nr. 121 (1998) S. 237 - 240
- [1.4] *Ratheiser, L.*: Rundfunkröhren, Eigenschaften und Anwendung. Berlin, Hannover: Regelen's Verlag, 1949, S. 225
- [1.5] *Zinke, O. und Brunswig, H.*: Hochfrequenztechnik 2. Elektronik und Signalverarbeitung. 4. Auflage. Berlin: Springer 1993, S. 240

Dateiname: Radione1  
Verzeichnis: C:\Eigene Dateien\ErbForum\Radione  
Vorlage: C:\WINDOWS\Anwendungsdaten\Microsoft\Vorlagen\Normal.dot  
Titel: Über den interessanten Empfänger Radione 740 W aus Österreich  
(Jahrgang 1939/40) hat Herr Profit schon in [1  
Thema:  
Autor: Hermann Freudenberg  
Stichwörter:  
Kommentar:  
Erstelldatum: 16.01.2002 18:37  
Änderung Nummer: 20  
Letztes Speicherdatum: 19.01.2002 15:32  
Zuletzt gespeichert von: Hermann Freudenberg  
Letztes Druckdatum: 19.01.2002 18:10  
Nach letztem vollständigen Druck  
Anzahl Seiten: 7  
Anzahl Wörter: 1.402 (ca.)  
Anzahl Zeichen: 7.994 (ca.)