

entfernt ist. Die Kondensatoren von $0,2 \mu\text{F}$ bzw. $1,2 \mu\text{F}$ auf der Übertrager-Sekundärseite bilden zusammen mit Übertrager- und Kopfhörer-Induktivität ein Hochpassfilter zur Optimierung des Frequenzganges. Sie sind nicht unbedingt erforderlich.

An den Schwingkreis mit $L = 310 \mu\text{H}$ ist ein schmalbandiger Saugkreis magnetisch lose angekoppelt. Er diente dazu, meinen auf 720 kHz arbeitenden Ortssender abzdämpfen. Nach Erweiterung des Bandfilters auf drei Kreise war er aber nicht mehr erforderlich. An den Abstimmkondensatoren sind Feintriebe angebracht. Eichkurven helfen, die zwei bzw. drei Schwingkreise ohne großen Zeitaufwand auf eine gewünschte Frequenz zu bringen. Interne Schaltungsänderungen erfolgen nicht durch (immer verlustbehaftete) mechanische Schalter, sondern durch Umklemmen der betreffenden Leitungen mittels flexibler Leitungen und kleiner Krokodilklemmen. Bild 6 zeigt den mit dem dritten Schwingkreis ausgestatteten Empfänger. Die kleine Zusatzplatine auf der linken Seite enthält den dritten Schwingkreis wie auch den Drehko für den Saugkreis.

Kopfhörer

Meine besten konventionellen magnetischen Kopfhörer (Gleichstrom-Widerst. 4 kOhm in Reihe, NF-Impedanz um 15 kOhm) haben eine gemessene Empfindlichkeit von ca. -80 dbm, d.h. sie benötigen rund 10 pW zum Erreichen der Hörschwelle. Es sind Exemplare von Neufeld & Kuhnke und von Telefunken. Der moderne dynamische Kopfhörer HD 414 (ebenfalls 4 kOhm) von Sennheiser ist um etwa 3 dB empfindlicher. Für andere moderne Ausführungen, z.B. der Firmen Sony, Shure und Sennheiser, wird ein Kennschalldruck von bis zu 105 dB angegeben (Schalldruck über der Hörschwelle bei Ansteuerung mit 1 mW). Dies entspräche einer Empfindlichkeit von -105 dBm. Bei Messungen habe ich an ihnen allerdings höchstens Werte ermitteln können, die dem des HD 414 entsprechen.

In den USA sind in Detektorkreisen seit einiger Zeit sogenannte Sound-Powered Phones beliebt [7]. Es handelt sich dabei um sehr empfindliche Kopfhörer für batterie lose Gegensprech-Anlagen, wie sie im 2. Weltkrieg vor allem für die U.S. Navy, aber auch für das britische Militär entwickelt wurden. Bei ihnen wird keine direkt betätigte Membran aus ferromagnetischem Material verwendet. Vielmehr besitzen sie in der Regel eine Aluminium-Membran, die über ein Hebelsystem mit einem Stift zum Schwingen gebracht wird (balanced system). Batterie lose Systeme kamen auch auf deutschen Schiffen und kommen heute noch im Bergbau zum Einsatz.

Ein Sound-Powered-Exemplar von Western Electric (Deck Talker genannt), das ich besitze, bringt es auf eine Empfindlichkeit von



Bild 6: Ansicht des Empfängers mit Platine für den zusätzlichen dritten Schwingkreis

ca. -92 dBm (0,6 pW). Etwa dieselbe Empfindlichkeit habe ich bei einer britischen DLR5-Ausführung festgestellt. Solche Kopfhörer, die eine Impedanz von 600 Ohm aufweisen, benutzte ich im erwähnten DX-Wettbewerb.

Verwendete Antennen

Der Antenne kommt beim Detektor-Fernempfang natürlich eine besondere Bedeutung zu. Lange Zeit habe ich eine 29m lange, 7,5m hohe L-Antenne verwendet. Wegen der schlechten Boden-Leitfähigkeit diente eine Reihe von Gegengewicht-Drähten als „Erde“. Der Erd-Widerstand wurde zu 25 Ohm ermittelt. Die L-Antenne erweiterte ich dann zu einer (vertikalen) Schleife mit einem Umfang von 73 m bzw. einer Fläche von 218 m². Anlass für diese Änderung war ein in [8] gefundenes Rechenbeispiel für KW-Antennen, das den Wirkungsgrad eines verkürzten Dipols mit dem einer Schleife verglich, wenn beide Antennen dieselbe Fläche einnehmen. Eine Schleife weist zwar prinzipiell einen geringeren Strahlungswiderstand auf. Ihr Verlustwiderstand ist aber überproportional geringer als beim Dipol, so dass der Antennengewinn bei der Schleife insgesamt höher liegt. In dem KW-Rechenbeispiel erwies sich die Schleife dem Dipol gegenüber als um 7 dB überlegen. Eine durchgeführte EZNEC-Antennensimulation für meinen MW-Fall der Schleife bzw. L-Antenne als Dipol ergab für einen Erhebungswinkel von 15° einen Vorteil von 4,5 dB für die Schleife (Dank an Karl Goser). Gemessen habe ich schließlich eine Verbesserung durch die Schleife von 5,5 und 6 dB beim Empfang meines Orts- bzw. Bezirkssenders. Eine Richtwirkung der Schleife ist kaum feststellbar, wahrscheinlich wegen der Erdnähe.

Für den DX-Wettbewerb installierte ich zeitweilig eine zweite Antenne, indem ich HF-Litze von 43 m Länge an drei Spielzeug-Ballons von 50 cm Durchmesser aufsteigen ließ. Dies ergab eine leicht schräge Vertikal-Antenne und war auf windstilles Wetter beschränkt. Die Ballon-Antenne lieferte im MW-Bereich einen um durchschnittlich 7,5 dB höheren Gewinn als die Schleifen-Antenne. Bei dieser hohen verfügbaren Antennenleistung war die gute Trennschärfe des dreikreisigen Bandfilters sehr hilfreich.

Zur Empfangstechnik

Zum Auffinden möglichst vieler Fernsender erwies es sich als zweckmäßig, zunächst einen kleinen Weltempfänger mit MW-Ferrit-antenne (Sangean ATS-404 in meinem Fall) zur Suche zu verwenden. Auf einen erfolgversprechenden Kanal wurde das Detektorgerät dann mit Hilfe eines lose am Antenneneingang angekoppelten Messsenders abgestimmt. An der Schleifen-Antenne konnte der Detektor etwa 90 % der mit dem ATS-404 gehörten Sender wiedergeben. Bei Verwendung der Ballon-Antenne stieg die Rate auf 100 % an.

Die stärkeren Stationen in Europa und den Randgebieten waren relativ schnell aufgenommen. Wenn sie nicht rund um die Uhr arbeiten, lohnte es sich, die Frequenz während ihrer Ruhezeiten nach anderen dort tätigen Sendern abzusuchen. So konnte ich in den frühen Morgenstunden Ägypten und Saudi-Arabien empfangen. Gewinnbringend war auch die Beobachtung der vier MW-Kanäle, die schwachen Sendern vorbehalten sind und wo sich 5 bis 20 Stationen die betreffende Frequenz teilen. Es war erstaunlich festzustellen, wie weit eine 1-kW-Station bei Dunkelheit reichen kann.



Christkindl 1927: Mit dem Kutschpferd war das früher ganz einfach, aber mit dem Radio kenne ich mich jetzt schon gar nicht mehr aus!

Lohnend ist auch der Empfang während der Dämmerung. Gute Ausbreitung ergab sich meist entlang der Dämmerungszone. Außerdem ließen sich in der Abenddämmerung Sender aus dem Osten empfangen, die noch nicht von starken West-Stationen auf demselben Kanal verdeckt wurden, und des Morgens dann in der umgekehrten Richtung.

Langwellen- und Kurzwellenempfang

Erfolgreicher Detektorempfang auch von LW- und KW-Sendern ist möglich. Das Rundfunk-LW-Band ist ein dankbarer Bereich wegen der konstanten Ausbreitungsbedingungen und der großen Reichweite der Bodenwelle bei niedrigen Frequenzen. Ich empfangen tagsüber 8 Stationen, wobei Allouis auf 162 kHz mit 605 km am entferntesten ist. Für die Spulen benutze ich Kerne P 18*11 (M 33) und HF-Litze 10 x 0,05. In den Bildern 1 und 6 dient die einzelne Spule links im Hintergrund für den LW-Empfang. Da ein hoher Resonanzwiderstand auftritt, sind zwei parallele Dioden 5082-2835 (Is je 12 nA) geeignet.

Mein Ortssender auf 720 kHz schlägt bei LW-Empfang mit nur einem Schwingkreis etwas durch. Dieser Effekt ist auf eine Serienresonanz zurückzuführen, die generell oberhalb der Empfangsfrequenz auftritt. Sie kommt durch die Induktivität des Antennen-Erd-Kreises in Reihe mit der vom Empfänger präsentierten Impedanz zustande; s. Artikel Nr. 22 in [5]. Diese parasitäre Serienresonanz liegt je nach den lokalen Verhältnissen fünf- bis zehnmal höher als die Resonanzfrequenz des Kreises im Empfänger. Solch ein Geister-Empfang kann auch im MW-Bereich durch stark einfal-

lende KW-Stationen verursacht werden. Abhilfe bringt meist eine Änderung der Antennen-Induktivität, auf alle Fälle die Verwendung eines Zweikreis-Bandfilters.

Für Empfang auf den Kurzwellen-Rundfunkbändern verwende ich RM5-Ferritkerne (AL = 40 nH) aus Material K1. Eine Unterteilung in zwei Bereiche war sinnvoll. Für die 31m-, 41m- und 49m-Bänder wird eine Induktivität von 20 µH und HF-Litze 45 x 0,04 verwendet. In diesem Bereich ist abends ein Zweikreis-Bandfilter nützlich. Die Kreisgüte bei 6 MHz z.B. beträgt $Q_0 = 175$. Für die hochfrequenten Bänder bis 16m wurde eine Induktivität von 5 µH gewählt und mit Volldraht 0,5 mm gewickelt. Hier ergab sich z.B. bei 13,5 MHz ein $Q_0 = 140$. Mit versilbertem Draht gewickelte Luftspulen von 4 cm Durchmesser sind nicht besser als die Ferritspulen. Bei KW fällt der Resonanzwiderstand mit typisch 150 kOhm (unteres Band) bzw. 60 kOhm (oberes) natürlich niedriger aus als bei MW. Damit sind zur Erzielung von Anpassung entsprechend niederohmige Dioden erforderlich. Ich verwende zwei bzw. drei Exemplare BAT 62 (s. oben) parallelgeschaltet. Entsprechend niederohmig muss auch die



Eingangsimpedanz des Übertragers gewählt sein. Ohne große Probleme kann ich gegen Abend innerhalb kurzer Zeit 30 bis 40 KW-Rundfunksender auf den verschiedenen Bändern empfangen.

Schlussbemerkung

Ich war selbst überrascht, zu welchen Leistungssteigerungen ein Detektorempfänger gegenüber der in [1] betrachteten konventionellen Schaltung mit der damals verwendeten L-Antenne gebracht werden kann. Insgesamt ergab sich eine Empfindlichkeitssteigerung um etwa 29 dB, wobei 5,5 dB auf die erhöhte Schwingkreisgüte, 12 dB auf den Kopfhörer (abzüglich 1,5 dB für Übertragungsverluste), 5 dB auf den Übergang zur Schleifen- und weitere 7,5 dB schließlich auf die Ballon-Antenne entfielen. Die Verbesserung der Selektivität zeigt die 20-dB-Bandbreite (auch als Zehntel-Bandbreite bezeichnet), die infolge der höheren Schwingkreisgüte und bei Verwendung eines Zweikreis-Bandfilters um einen Faktor 5,5 und mit Dreikreis-Filter auf einen Faktor 9,5 sank. Wie oben schon erwähnt, wird die Trennschärfe-Steigerung durch die Bandfilter aber mit einem Empfindlichkeitsrückgang von 3 dB bzw. 5 dB erkauft. Der Steigerung der Schwingkreisgüte ist – abgesehen vom konstruktiven Aufwand – dadurch eine Grenze gesetzt, dass die 3-dB-Bandbreite im Leerlauf im belasteten Zustand 3 kHz nicht wesentlich unterschreiten sollte. Eine weitere Reduzierung beschneidet die Seitenbänder und damit die hohen Töne zu stark. Eine etwas vereinfachte Version des hier beschriebenen Empfängers findet sich in [9]. Dort werden auch Bezugshinweise für Bauteile gegeben.

Berthold Bosch

Quellenhinweise

- ⇒ [1] B. Bosch, Zur Empfindlichkeit von Kristallgleichrichtern und Halbleiterdioden beim Detektorempfang, Funkgeschichte, Nr. 93 (1993), S. 275 - 285; und: Anpassungs- und Schaltungsfragen beim Detektorempfang, Nr. 98 (1994), S. 211 - 225
- ⇒ [2] <http://www.thebest.net/wuggy>
- ⇒ [3] <http://home.t-online.de/home/gollum/dk6yy1.htm>
- ⇒ [4] B. Bosch, Diode AM Conversion Efficiency in Crystal Sets and Some Implications; <http://home.t-online.de/home/gollum/dk6yy2.htm>
- ⇒ [5] <http://uweb.superlink.net/bhtongue>
- ⇒ [6] <http://www.crystalradio.net/lyondyne>
- ⇒ [7] <http://www.crystalradio.net/sound-powered>
- ⇒ [8] L. Moxon, HF Antennas for All Locations, RSGB (UK), 1993
- ⇒ [9] <http://home.t-online.de/home/gollum/2cpot.htm>