

Fuchsjagd ohne heraushängende Zunge:

Mini-Sender und Mini-Empfänger

für Fuchsjagden
im lizenz- und gebührenfreien
70cm-ISM-Band

Vollständig überarbeitete Version vom Juni 2007

Roland Walter, DL7UNO
www.rowalt.de, support@rowalt.de

Das Mini-Fuchs-Projekt wurde ursprünglich in der Zeitschrift FUNKAMATEUR, Hefte 09+10+12/2002 veröffentlicht. Die überarbeitete Fassung des Senders folgte im FUNKAMATEUR, Heft 04+06/2007.

Die Ergänzungen waren nötig, weil bestimmte Bauteile inzwischen nicht mehr hergestellt werden. Außerdem flossen viele praktische Erfahrungen ein. Den Sender (und nur diesen) gibt es auch als fertig bestückte Platine.

Copyright: Selbstbau und kostenlose Weitergabe sind ohne Genehmigung von mir erlaubt. Für die kommerzielle Verwertung gelten die normalen gesetzlichen Grundlagen.

Projektunterlagen und Updates gibt es auf www.flohjagd.de

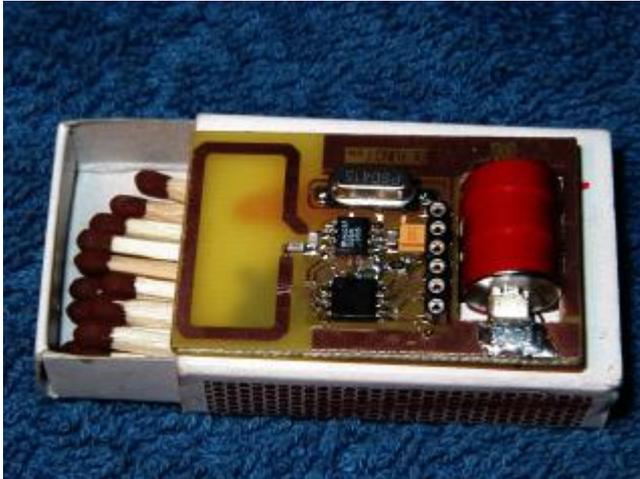
Abstract:

This PDF file contains the extended and revised version of 3 articles published in the german journal FUNKAMATEUR 09+10+12/2002. The articles describe a transmitter and a receiver for amateur fox hunting contests where the competitors have to find one or more hidden radio transmitters.

The devices use the free ISM band 433,92 MHz so that no special licence is necessary for usage. Both transmitter and receiver is very cheap and simple to build and to use because they are based on the MICREL ICs MICRF002 and MICRF102 which need a minor number of external components. The transceiver gets the signals from an AVR microcontroller and sends the international fox morse codes MO, MOE, MOI, MOS, MOH, MO5 and others. The firmware you can download from www.flohjagd.de

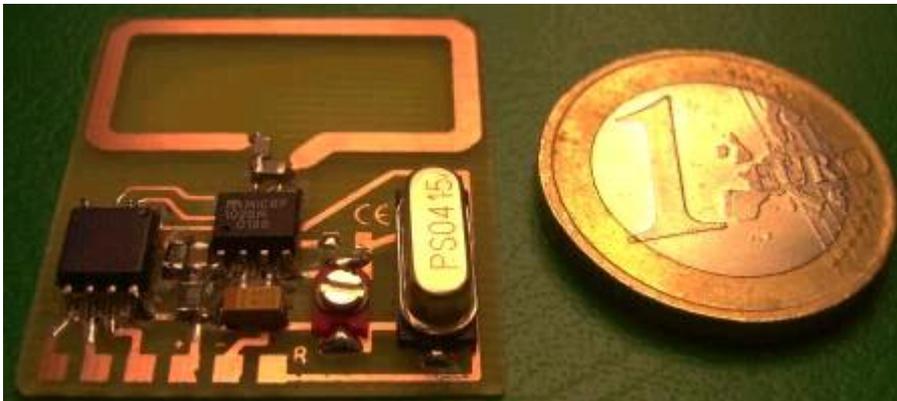
Roland Walter, support@rowalt.de

Mini-Fuchsjagdsender fürs 70cm-Band



Es wird ein kleiner, billiger und leicht aufzubauender Fuchsjagdsender vorgestellt, der samt Batterien und Antenne in eine Streichholzschachtel paßt. Er sendet im ISM-Bereich des 70cm-Bandes mit etwa 2,5dBm (1,8mW). Damit darf er auch an Nicht-Funkamateure weitergegeben werden. Mehr dazu siehe weiter unten. Trotz der geringen Leistung und der verwendeten Mini-Antenne wurde auf freiem Feld eine Reichweite von bis zu 1,25km erzielt. Testempfänger: FM-Handfunkgerät. Zur Komplettierung wird außerdem ein passender ebenso einfacher 70cm-Peilempfänger beschrieben, der allerdings nur eine Reichweite von etwa 350m zuläßt. Das genügt aber für unaufwendige Fuchsjagden in Parkanlagen,

zumal der kleine Sender (oder mehrere davon) gut versteckt werden kann. Alternativ bietet es sich an, als Empfänger ein billiges ISM-Handfunkgerät zu verwenden, bei dem man die Sendetaste blockiert und die eingebaute Gummi-Antenne durch eine externe Peilantenne ersetzt. Der schmalbandige und viel empfindlichere Empfänger bei ISM- oder Amateurfunkgeräten bewirkt nicht nur eine sehr viel höhere Reichweite, sondern erlaubt auch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Sender auf unterschiedlichen Kanälen.

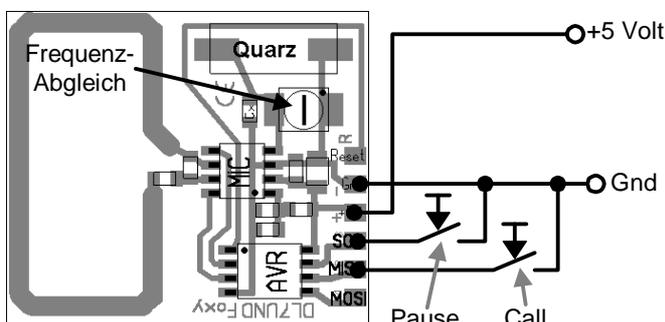


Der Fuchs erzeugt einen ASK-Ton von etwa 1 KHz, der sich sowohl mit AM- als auch mit FM-Empfängern gut demodulieren läßt. Der Fuchs beherrscht die in Deutschland zugelassenen Morsekennungen MO, MOE, MOI, MOS, MOH und MO5. Die Kennung kann durchgängig gesendet werden oder in in Gruppen von

3 bis 8 Rufen mit einstellbarer Pause zwischen 30 Sekunden und 10 Minuten.

Sender und Empfänger waren ursprünglich Nebenprodukte einer kommerziellen Entwicklung, es wurde aber darauf geachtet, daß alle Bauteile auch für den Amateur leicht zu beschaffen sind. Zum Aufbau der Schaltung sind keine Mikrocontroller-Kenntnisse erforderlich. Benötigt wird aber ein AVR-Brenngerät, mit dem das Mikrocontroller-Programm in den AVR geladen werden kann.

Der Fuchs aus Anwendersicht



Der Fuchs fängt an zu senden, sobald die Stromversorgung angeschlossen wird. Beispielsweise wird die Morsekennung MOS ununterbrochen ausgesendet.

Bei der "Standard-Firmware" von mir gibt es zur Einstellung von Kennung und Pausenart die zwei Tastenanschlüsse "Pause" und "Call". Beim Einstellen der Fuchs-Parameter muß zur akustischen Kontrolle ein Empfänger eingeschaltet werden. Zum Einstellen des Rufzeichens die Taste "Call"

so lange drücken (und gedrückt halten), bis das gewünschte Rufzeichen zu hören ist und dann loslassen. Der Sender speichert die Einstellung sofort im internen EEPROM ab, wodurch sie mit oder ohne Spannung für mindestens 10 Jahre erhalten bleibt.

Einstellung der Pausenart (bei der "Standard-Firmware" von mir): Es gibt zwei Möglichkeiten; entweder sendet Foxy die Kennung ohne Pause **oder** das Rufzeichen wird je 5x gesendet und danach kommt eine Pause zufälliger Länge zwischen 30sec...3min. Die Pausenlänge ist natürlich

pseudozufällig, aber immerhin so, daß nicht bei jedem Einschalten die selbe Pausenabfolge passiert. Ist im Empfänger als Quittung ein langer durchgehender Ton zu hören, dann hat man pausenfreies Senden eingestellt hat (was man anschließend auch sofort zu hören bekommt). Ein sirrender Ton als Quittung zeigt an, daß man Pausen zufälliger Länge gewählt hat. Nach dem Sirren sendet Foxy dann noch einmal das Rufzeichen und schweigt anschließend zufällig lange zwischen 30 Sekunden bis 3 Minuten. Anschliessend wird 5 mal die eingestellte Kennung gesendet und dann ist wieder 30sec...3min Pause. Die Zufallspausen machen sich nicht nur zur Erschwerung des Anpeilens gut, sondern vor allem auch dann, wenn mehrere Sender auf der gleichen Frequenz arbeiten sollen. Auch die Pauseneinstellung wird dauerhaft gespeichert und muß nicht bei jedem Einschalten neu erfolgen.

Der Rufzeichenvorrat

Foxy hat einen Vorrat von 13 Rufzeichen:

MO	— — —	
MOE	— — —	•
MOI	— — —	••
MOS	— — —	•••
MOH	— — —	••••
MO5	— — —	•••••
MOT	— — —	—
MOM	— — —	—
MOO	— — —	—
MOA	— — —	•—
MOU	— — —	••—
MOV	— — —	•••—
MO4	— — —	••••—

In der deutschen Amateurfunkverordnung § 12 Abs. 2 werden für Peilzwecke nur "international übliche Kennungen" vorgeschrieben, aber in der Anlage dieser VO werden lediglich die Rufzeichen MO bis MO5 explizit aufgeführt, also die ersten 6 Rufzeichen in der Tabelle des Foxy-Peilsenders. Deshalb dürfen (in Deutschland) ohne Genehmigung nur die Rufzeichen MO bis MO5 verwendet werden, wenn der Foxy-Sender im expliziten Amateurfunk-Zusammenhang verwendet wird - etwa mit anderem Quarz außerhalb des ISM-Bandes. Andere Länder haben hier ggf. andere Festlegungen. In der DDR war beispielsweise auch MOT zulässig, MOA findet man gar nicht so selten u.s.w. Da Foxy aber im Originalzustand im lizenzfreien ISM-Band sendet, gelten die strengen Rufzeichenbestimmungen des Amateurfunks nicht und der gesamte Rufzeichenvorrat kann verwendet werden. Und den großen Rufzeichenvorrat kann man auch brauchen, wenn man eine eher intellektuelle als fitnessbezogene Wettbewerbs-Abrechnung machen möchte, die nicht nach Zeit, sondern

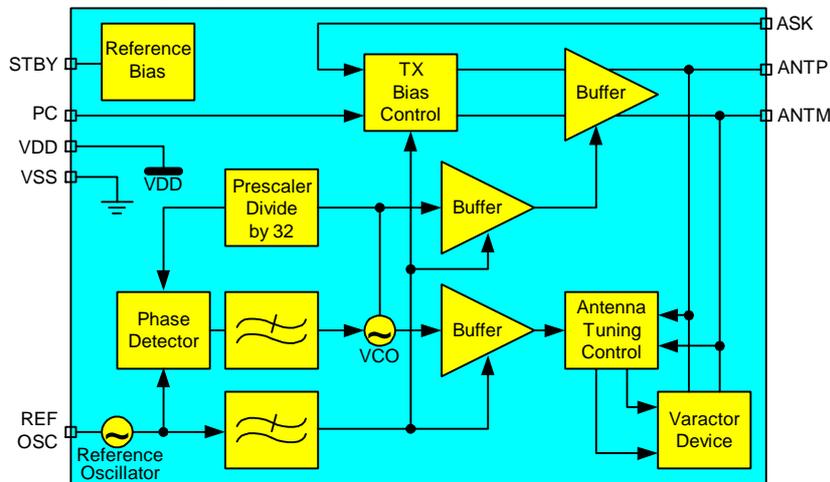
nach Anzahl der gefundenen Sender bewertet. Das holt die Sportmuffel aus der Ecke und gibt die Chance, mit Genuß den gesamten Technikpark zum Einsatz zu bringen. Und den wird man auch brauchen, wenn man eine wunderbar gemeine Fuchsjagd in einem großen Stahlbeton-Gebäude veranstaltet, wetterfrei und mit Kaffee und Kuchen, aber mit vielen vielen bösen Reflektionen. Bei einer solchen Jagd hat nur der echte Techniker mit Feldstärke-Meßgeräten eine Chance, während der Jogger gegen die Wand läuft...

Als Sender wird der IC MICRF102BM von Micrel verwendet. Das Signal wird von einem AVR-Mikrocontroller bereitgestellt. Der MICRF102BM ist ein UHF-ASK-Sender mit maximal 1,8mW Ausgangsleistung. Beim MICRF102 ist die Sendefrequenz das 32fache der Quarzfrequenz, womit fürs 70cm-ISM-Band ein billiger Massenquarz von 13,56MHz verwendet werden kann.

Zum MICRF102 gibt es als kompatiblen Empfänger-IC den MICRF002, mit dem einfachste Empfänger aufgebaut werden können. Da der MICRF002 ein AM-Empfänger ist, kann er auch für einen einfachen Fuchsjagd-Empfänger Verwendung finden. Prinzipbedingt (Rauschen) erreicht man mit diesem Empfänger-IC aber nur Reichweiten bis zu 350 Metern auf freiem Feld (getestet). Der Peilempfänger weiter unten wird mit dem MICRF002 aufgebaut.

Die verwendeten HF-ICs waren nur als SMD-Variante beschaffbar. Ich ließ mich erstmalig auf diese Technik ein, war am Ende begeistert und habe alle Vorbehalte beiseite geworfen. Ein normaler 40W-Lötkolben mit guter Spitze und dünneres Lötzinn reichten völlig aus, solange die Lötkolbenspitze mit einem feuchten Schwamm von Zunder freigehalten wird. Als Spezialwerkzeug wird nur eine Kreuzklemm-Pinzette und eventuell eine Lupe mit Ständer benötigt, das ist alles. Dafür fällt das Bohren von Löchern weg.

Der Sende-IC MICRF102



Der MICRF102 ist als billiger Sender für ISM-Anwendungen wie drahtlose Türöffner und Fernsteuerungen vorgesehen. Die mögliche Sendefrequenz liegt im Bereich von 300 bis 470MHz. Die Antenne wird innerhalb eines bestimmten Bereiches automatisch abgestimmt. Die Ausgangsleistung kann mit einem externen Spannungsteiler eingestellt werden. Das Maximum liegt wie oben schon angegeben bei etwa 2,5dBm=1,8mW. Durch die automatische

Antennen-Nachstimmung arbeitet der Sender außerordentlich effektiv und brachte bei meinen eigenen Tests zum Beispiel regelmäßig eine höhere Reichweite, als ein vergleichbarer Sender mit dem IC AT86RF401, der 4mW Sendeleistung hatte, aber ohne automatische Antennen-Nachstimmung arbeitete.

Als Modulation wird ASK (Aplituden Shift Keying) verwendet, d.h. beim Wechsel zwischen einer logischen 1 und einer 0 wechselt der Träger zwischen voller und verminderter Sendeleistung. Darüber hinaus kann der MICRF102 über einen speziellen Eingang in den Standby-Modus geschaltet werden, bei dem er weniger als 40 Nanoampere Strom aufnimmt. Von dieser Möglichkeit habe ich im AVR-Programm wo immer möglich Gebrauch gemacht.

Der AVR

Erste Versionen des Senders arbeiteten bei mir mit den AVR-Typen AT90S2343 und ATtiny12. Diese AVR-Mikrocontroller sind inzwischen veraltet und sollten nicht mehr verwendet werden - selbst dann nicht, wenn man sie gerade herumzuliegen hat. Der jetzt von mir verwendete ATtiny45 (alle erwähnten AVR-Typen sind im Prinzip pin-kompatibel) kostet wenig Geld, kann in einer Hochsprache wie C oder Bascom-AVR-Basic programmiert werden und hat einen sehr stabilen internen RC-Oszillator. Die AVR-Typen ATtiny25 und ATtiny85 können ebenfalls verwendet werden, haben gegenüber dem verwendeten ATtiny45 aber weniger bzw. mehr Speicher und kosten dafür mehr oder weniger ;-)

Als Zugabe hat er eine serielle (USI-) Schnittstelle und einen echten 10-Bit-A/D-Wandler, wovon wir beim Fuchs-Sender aber keinen Gebrauch machen. Aber bei anderen Projekten könnten diese Features sehr nützlich sein. Denkbar wäre z.B. ein Babyfon, Anschluß von Meßsensoren und anderes mehr.

Die Stromversorgung

Ich hatte bei früheren Sendern 3 gestapelte Knopfzellen vom Typ LR44 (Alkaline) verwendet, die eine Kapazität von etwa 120mA/h hat. Inzwischen bin ich dazu übergegangen, 4 Knopfzellen zu verwenden. Der Grund: Während des Entladeprozesses sinkt die Batteriespannung speziell bei Belastung nach einiger Zeit. Der Sender ist ab 3,6V abwärts nicht mehr betriebsfähig. Dieser Wert ist bei nur 3 Zellen (Nennspannung 4,5V) erreicht, bevor man die Zellen völlig "ausgesaugt" hat. Bei 4 Zellen (Nennspannung 6V) hat man dagegen noch gute Reserven und nutzt die Batterien viel besser aus. Und ganz nebenbei erreicht man damit auch eine höhere Sendeleistung. Aber davon sollte man sich nicht zu viel versprechen, denn die Reichweite steigt nicht linear mit der Sendeleistung, weil die Energie sich nicht auf einer Geraden, sondern im Raum verteilt. Eine Betriebsspannung von 6 Volt liegt an der Grenze des Zulässigen für die beiden ICs, mehr darf es wirklich nicht sein! Ich habe zur Sicherheit längere "Crashtests" mit 7 Volt bei mehreren Sendern und Dauerstrich-Signal ausgeführt. Probleme traten bei mir nicht auf. Aber wie gesagt: Gehen Sie in der Praxis keinesfalls über 6 Volt hinaus.

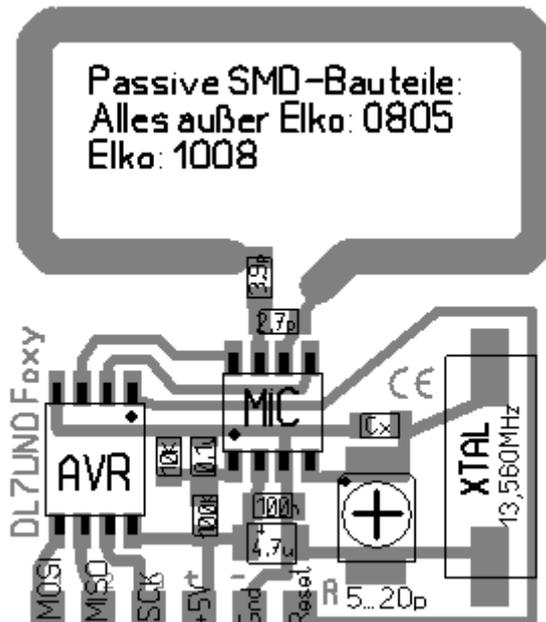
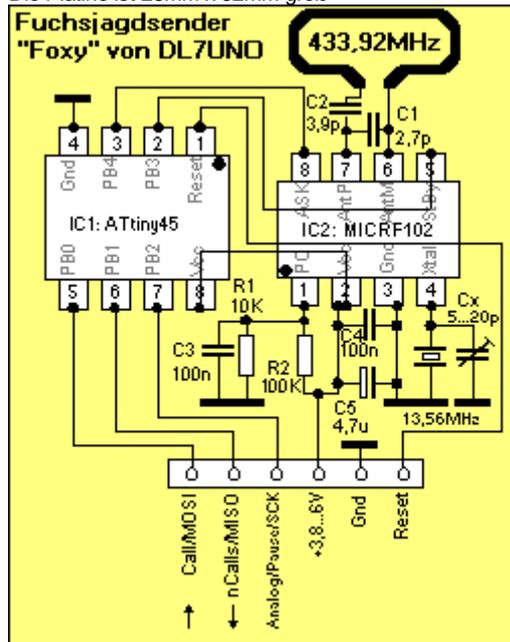
LR44-Zellen sind im Doppelpack für etwa 50 Cent zu haben, wenn man sie nicht in der Apotheke kauft. Man kann sie aber auch für 3,85 Euro bekommen, also aufpassen. Die kleine 6-Volt-Batterie 4LR44 (D=13mm/H=25,2mm/105mAh) ist ebenfalls einsetzbar, aber in der Regel teurer und ein ganz klein wenig dicker. Die "großen" Micro-Zellen (AAA, R4) sind die allerbeste Wahl, wenn die Platzprobleme nicht gar so arg sind, denn damit sendet der Sender eine halbe Ewigkeit.

Die Stromaufnahme des Fuchses betrug bei Messungen mit 4,5V beim Senden des Tones 15,3 mA, bei den Pausen innerhalb der Morsezeichen 7,9 mA und in allen anderen Pausen 2,5 mA. Wird als Signal z.B. 5 mal MOS (beim Test etwa 14 Sekunden) und anschließend 30 Sekunden Pause

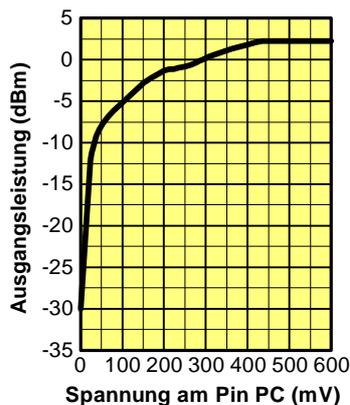
gewählt, dann beträgt die Stromaufnahme durchschnittlich 5,6mA. Falls ich mich nicht verrechnet habe, würde eine Batterieladung unter diesen Bedingungen für 21 Stunden Dauerbetrieb ausreichen. Wenn MOS permanent (ohne Pause) gesendet wird, ergeben sich durchschnittlich 9,27mA, womit ein LR44-Batteriesatz rechnerisch für knapp 13 Stunden Dauerbetrieb reicht.

Die Fuchs-Schaltung

Die Platine ist 28mm x 32mm groß

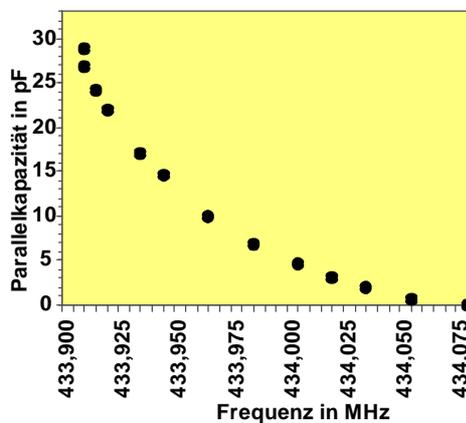


Die Beschaltung des MICRF102 orientiert sich an der Hersteller-Applikation. Die Antenne ist eine geätzte Schleife mit etwa 3cm Umfang auf der Platine. Ich war überrascht, daß man den Fuchs mit dieser Antenne noch in gut einem Kilometer Entfernung aufnehmen konnte (allerdings bei Sichtverbindung). Die Antenne sollte exakt die Abmessungen wie im Platinenlayout haben, denn anderenfalls muß C1 und C2 verändert werden, damit die IC-interne Antennen-Nachstimmung funktioniert. Das Datenblatt beschreibt, wie andere Antennen angepaßt werden können (siehe www.micrel.com).



R1 und R2 bilden am Pin PC einen Spannungsteiler, mit dem die Ausgangsleistung eingestellt wird - siehe Diagramm. Bei mehr als 0,35 Volt am Pin PC setzt eine interne Leistungsbegrenzung ein und die Ausgangsleistung wird nicht weiter erhöht. Ich habe den Spannungsteiler so gewählt, daß bei 4,5 Volt nach Möglichkeit die gesamte Batterielebensdauer über die maximal mögliche Leistung abgegeben wird. Eventuelle geringe Verluste bei der internen Leistungsbegrenzung habe ich in Kauf genommen. Wer eine andere Betriebsspannung verwendet, kann den Spannungsteiler verändern.

Hier soll noch auf einen kleinen Widerspruch im Micrel-Datenblatt hingewiesen werden: Der Text im Datenblatt gibt 0,35 Volt als Einsatzpunkt der Begrenzung an. Folgt man aber dem Diagramm (nicht dem Text), dann erhält man die volle Ausgangsleistung, wenn der Spannungsteiler auf etwa 0,45 Volt eingestellt wird. Wenn man davon ausgeht, daß die Batterie bei fast entlademem Zustand 3,5 Volt hat, dann wäre R1 auf dieser Grundlage mit 12K (statt 10K wie im Schaltplan) eigentlich besser bemessen.



Zum Quarz war über die Schwingfrequenz hinaus leider keine Zusatzinformation verfügbar. Ich bin deshalb davon ausgegangen, daß der Quarz standardmäßig mit einer Parallelkapazität ("Bürde") betrieben wird. Das Diagramm links zeigt meine Meßergebnisse. Bei Kapazitäten $\geq 30\text{pF}$ schwang der Quarzoszillator nicht mehr an, exakt 433,92MHz (die Mittenfrequenz des ISM-Bereichs) wurde bei 22pF erzielt. Ohne Parallelkapazität betrug die Sendefrequenz 434,080MHz. Achtung: Der ISM-Bereich ist 433,050 - 434,790MHz, das sind also 10KHz außerhalb des ISM-Bandes.

Mein Leiterplattenentwurf sieht zur Quarzabstimmung einen Trimmer mit einem Abstimmbereich von 5...20pF vor und für einen zusätzlichen Fest-Kondensator, der optional bestückt werden kann. Im Schaltbild wird er als Cx bezeichnet. Die

Wahl des SMD-Trimmkondensators erfolgte nach Beschaffbarkeit. Bei meinen eigenen Aufbauten erreichte ich einen Abstimmbereich von gut 100KHz, was gar nicht so übel ist und je nach Empfängertyp einen Parallelbetrieb auf 4 bzw. 8 Kanäle ermöglicht.

Zum AVR muß nicht allzuviel gesagt werden, denn Mikrocontroller-Freunde hätten hier gerne 10 Seiten Erklärung und Nicht-Mikrocontroller-Freunde würden sich ebschweren, daß sie Bahnhof verstehen. Also bleibe ich kurz und knapp.

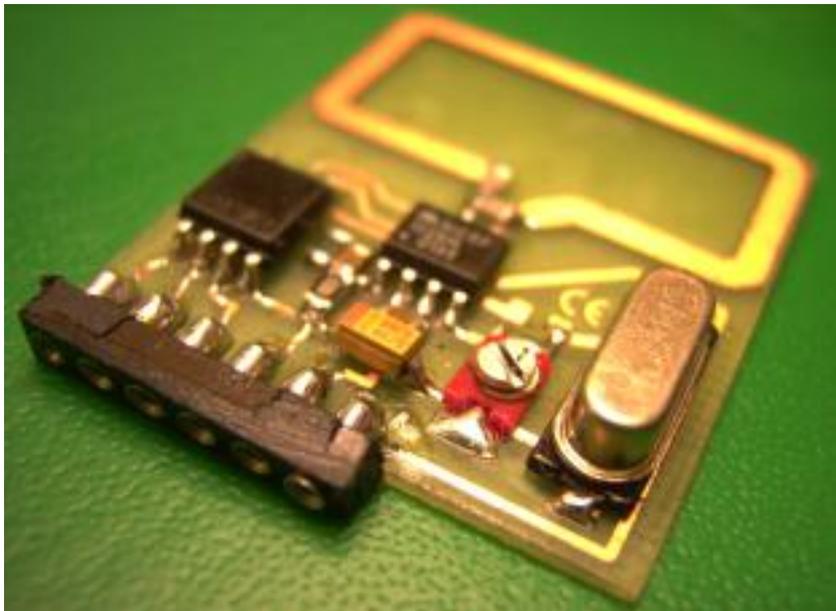
Der AVR wird mit dem internen 1-MHz-RC-Oszillator betrieben, weshalb kein externer Quarz benötigt wird. Genauer: Fabrikseitig ist beim ATtiny45 der interne 8-MHz-RC-Oszillator aktiviert und außerdem der 1/8-Takteiler, womit sich ein Betriebstakt von 1MHz ergibt. Damit arbeiten wir.

Für die Morsesignale reicht der RC-Oszillator ohne Frage aus, bei der Länge der Sendepausen merkt man aber doch die Ungenauigkeiten, die u.a. von der Betriebsspannung und -temperatur abhängen. Der RC-Oszillator des ATtiny12 erwies sich als erheblich besser, als der des AT90xx2343. Trotzdem ist der interne RC-Oszillator erstaunlich stabil und auch noch einmal sehr viel besser, als die der Vorgänger-AVRs ATtiny12 oder gar AT90S2343.

Der AVR-Ausgang PB4 gibt die Morsesignale als hörbaren Ton von etwa 1KHz aus. Wer will, kann das mit einem Piezo-Speaker oder sehr hochohmigen Kopfhörer kontrollieren.

Der Ausgang PB3 steuert den Standby-Modus des MICRF102. Während der Ausgabe eines Morsebuchstabens führt er durchgängig +5V und in den Pausen 0V.

Die Eingänge PB0 bis PB2 haben eine Doppelfunktion: Zum einen werden sie als Programmiergänge verwendet (dazu weiter unten) und zum zweiten kann man hier drei Taster nach Masse für die Betriebseinstellungen anschließen. Die Verwendung von Tastern würde ich aber fast als Luxusvariante bezeichnen; in der Praxis waren sie eher unnötig und platzraubend. Die Halb-Luxusvariante ist eine zweite Platine mit einem Stecker und den drei Tastern, die man nur einmal für alle Füchse vorrätig hat. Die einfachste und in der Praxis tatsächlich ausreichende Variante ist ein Stück starrer Draht. Das eine Ende hält man an Masse und mit dem anderen Ende tippt man den gewünschten Anschluß an. Das ist sogar betriebssicherer, weil so in der Hektik der Fuchsjagd nichts versehentlich verändert werden kann.



Die 6 externen Anschlüsse sind in ihrer Gesamtheit eine vollständige Programmierschnittstelle, exakt wie sie auch auf meinen AVR-Experimentierboards und in meinem "AVR-Mikrocontroller-Lehrbuch" (siehe www.rowalt.de) und im FUNKAMATEUR 4/2002 verwendet werden. Wer den Sender zum Experimentieren verwendet, kann an die 6 externen Anschlüsse eine einreihige SIL-Buchsenleiste bzw. eine abgesägte IC-Fassung anlöten, wie ich sie schon in meinen Bascom-Beiträgen im FUNKAMATEUR 4/2002 beschrieben hatte und wie sie

auf meinen AVR-Experimentierboards verwendet werden. Das ergibt zusammen mit starrem 0,5mm-Kupferdraht oder einer anderen SIL-Leiste als Stecker eine recht kleine und trotzdem mechanisch und elektrisch sichere und praktikable Verbindung.

Kleiner Tip: Als Batteriehalterung für LR44-Zellen eignet sich eine der überall erhältlichen LED-Taschenlampen. Anstelle der LED ein Kabel herausführen und fertig. Sie sollten nur darauf achten, daß die Taschenlampe 4 gestapelte Zellen hat (6 Volt!) und nicht nur einen Taster, sondern einen echten Ein-Aus-Schalter.

Gesetzliches

433MHz-ISM-Geräte gehören zu Klasse "1e" und dürfen in allen Mitgliedstaaten der EU grundsätzlich ohne Einschränkung (anmelde- und gebührenfrei) in Betrieb genommen und betrieben werden. Wer den Fuchs unter diesen Bedingungen weitergeben will, muß folgendes beachten:

1. Der Fuchs wurde von einem Fachmann (z.B. lizenziertes Funkamateurl) korrekt aufgebaut und getestet. Die Sendefrequenz muß im ISM-Bereich 433,050 - 434,790MHz liegen und die effektiv abgestrahlte Leistung muß <10mW betragen.
2. Direkt am Fuchs wird ein CE-Kennzeichen mit Jahreszahl angebracht, eine Typenbezeichnung und der Name des Herstellers.
3. Zusammen mit dem Fuchs wird eine EG-Konformitätserklärung übergeben (siehe unten) und eine Bedienungsanleitung mit "Angaben für den bestimmungsgemäßen Betrieb".
4. Der Nutzer führt keine technischen Veränderungen am Fuchs durch.



Das sind die zentralen Bedingungen, wie ich sie auch mit anderen Fachleuten lange diskutiert habe. Das CE-Kennzeichen bringt man in eigener Verantwortung an, wenn man mit geeigneten Meßmitteln sicherstellen kann, daß die Fuchs-Parameter den Vorschriften entsprechen. Der Fuchs muß also nicht von einem Spezial-Labor oder einer Behörde geprüft werden.

Eine Leistungsmessung erübrigt sich im Prinzip, weil der MICRF102 konstruktionsbedingt noch nicht einmal in die Nähe von 10mW gelangen kann. Aufpassen muß man allerdings bei der Frequenzabstimmung, weil der Quarz ohne Parallel-Kapazität eine Sendefrequenz außerhalb des ISM-Bereiches erzeugt (dazu siehe Diagramm oben).

Statt des eigenen Namens sollte auch das Amateurfunkrufzeichen ausreichen. Die Angaben können auch auf die Leiterseite der Platine geätzt werden.

Unter "bestimmungsgemäßer Betrieb" ist manchmal ziemlicher Unfug zu finden. Beispielsweise könnte ein Wildschwein den Sender verschlucken, daran elend sterben und ein Tierschützer könnte davon einen schweren Schock bekommen u.s.w. Man gebe also angemessene und sinnvolle Hinweise. Das Verbot von Umbauten ("tuning") wäre z.B. ein solcher Hinweis.

In der EG-Konformitätserklärung nach Anhang II des EMVG bescheinigt der Hersteller die Übereinstimmung des Fuchs-Senders mit den Vorschriften des EMVG. Im Kasten finden sie eine geeignete verkürzte Konformitätserklärung, wie sie laut RegTP europaweit zulässig ist.

EG-Konformitätserklärung

Hiermit erklärt [Name des Herstellers], daß sich der Fuchsjagd-Sender "DL7UNO-Mini-Fuchs" in Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen und den anderen relevanten Vorschriften der Richtlinie 1999/5/EG befindet. Die ausführliche Beschreibung des Fuchsjagd-Senders wurde in der Zeitschrift FUNKAMATEUR, Heft 08/2002 und 09/2002 veröffentlicht.



Die FCC-Erklärung zum MICRF102 (siehe links) wurde von der Micrel-Homepage heruntergeladen.

In diesem Dokument wird die Übereinstimmung mit der entscheidenden europäischen Norm ETSI 300-220 erklärt.

Alles andere müßte durch diesen Artikel bereits erklärt worden sein.

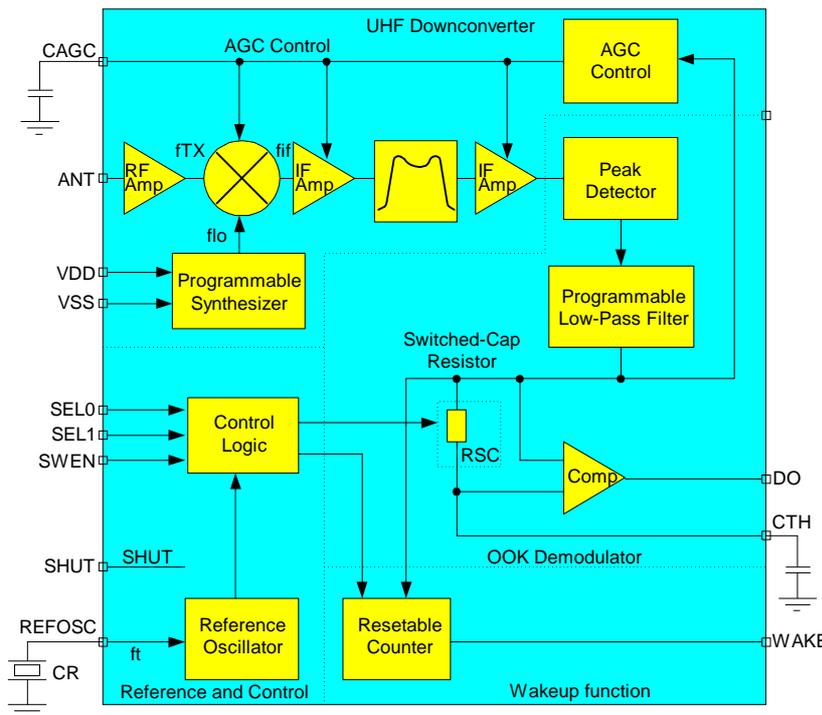
Einfacher Fuchsjagdempfänger fürs 70cm-Band



Der Empfänger ist in erster Linie als Gegenstück für den Fuchs-Sender gedacht, den ich oben vorgestellt hatte.

Vom eingesetzten Empfänger-IC sollte man keine Wunder erwarten. Seinen Zweck erfüllt er gut, aber mehr auch nicht. Den Schaltungsentwurf habe ich deshalb konsequent einfach und preiswert gehalten. Die Empfangsfrequenz ist fest auf den 70cm-ISM-Bereich eingestellt. Eine Frequenzabstimmung ist nicht vorgesehen, da der Empfänger breitbandig genug ist, um den gesamten ISM-Bereich gleich gut zu empfangen. Zusammen mit dem 1,8mW-Fuchssender kommt man auf eine maximale Reichweite von etwa 350 Metern auf freiem Feld. Der ideale Fuchsjagd-Ort ist also die Parkanlage. Bei Laubwald mit dichtem Unterholz ist mit einer maximalen Reichweite von etwa 200 Metern zu rechnen.

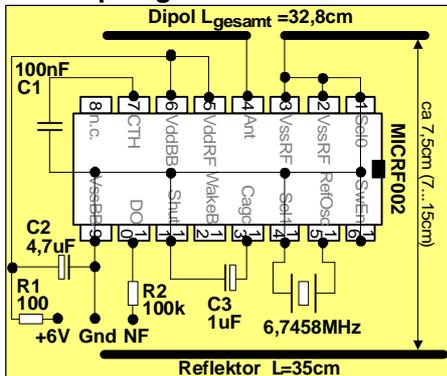
quenzabstimmung ist nicht vorgesehen, da der Empfänger breitbandig genug ist, um den gesamten ISM-Bereich gleich gut zu empfangen. Zusammen mit dem 1,8mW-Fuchssender kommt man auf eine maximale Reichweite von etwa 350 Metern auf freiem Feld. Der ideale Fuchsjagd-Ort ist also die Parkanlage. Bei Laubwald mit dichtem Unterholz ist mit einer maximalen Reichweite von etwa 200 Metern zu rechnen.



Der Empfänger besteht eigentlich nur aus dem Micrel-IC MICRF002BM (SMD-Gehäuse) bzw. MICRF002BN (DIL-Gehäuse) mit der nötigen Außenbeschaltung.

Als Betriebsspannung wird der Bereich von 4,5 bis 5,5V angegeben. Maximal sind 7 Volt zulässig. Bei Primärzellen rate ich dringend, **nicht** 3 Zellen á 1,5V einzusetzen, denn ab 3,9V abwärts funktioniert der Empfänger nicht mehr, täuscht aber durch Rauschen Funktion vor. Bei 4 Zellen besteht dagegen genug Spannungsreserve. Bei normaler Betriebsspannung und 433MHz nimmt der IC laut Datenblatt knapp 4,5 mA Strom auf (gemessen: 2,4 mA). Ideal sind zwei also langlebige Lithiumzellen wie CR2330.

Der Empfänger



Der MICRF002 ist ein Einfach-Superhet. ZF-Frequenz und ZF-Bandbreite sind abhängig vom eingesetzten Quarz. Bei unserer Quarzfrequenz von 6,7458MHz beträgt die ZF-Frequenz 1,184MHz und die 3dB-Bandbreite des ZF-Filters ist die Hälfte davon, also etwa 592KHz. Die Berechnung ist im Datenblatt (siehe www.micrel.com) zu finden. Das ZF-Filter ist im Chip integriert als Bandpaß 5. Ordnung. Da Selektionsmaßnahmen am Empfängereingang fehlen, wird die Spiegelfrequenz natürlich genauso gut wie die gewünschte Frequenz empfangen.

Die hohe Bandbreite und die Spiegelfrequenz sind der Preis, den man bei einem so einfachen Empfänger zahlen muß. Micrel's Firmenslogan "The Infinite Bandwidth Company™" (etwa: "Die Firma der unendlichen Bandbreite") ist also gar nicht so übel gewählt J.

Die Empfindlichkeit des Empfängers bestimmt sich in diesem Fall nicht aus dem thermischen, sondern dem atmosphärischen Rauschen, das man sich mit jedem KHz Bandbreite einfängt. Ein einfaches LC-Filter am Antenneneingang reicht aber nicht zur Steigerung der Empfindlichkeit. Damit könnte man lediglich Störungen durch elektrische Geräte o.ä. vermindern, was im Gelände aber gerade nicht das Problem ist. Ein getestetes SAW-Filter dämpfte zwar die (nicht sonderlich störenden) Nachbarsignale, verminderte die Empfindlichkeit aber doch erheblich. Ich entschied mich daher, alle zusätzlichen Selektionsmaßnahmen wegzulassen und beim Einfach-Konzept zu bleiben.

Der Demodulator hat ein Tiefpaßfilter 2. Ordnung, dessen Bandbreite mit den IC-Pins SEL0 und SEL1 auf 1,25KHz, 2,5KHz, 5KHz oder 10KHz eingestellt wird. Ich habe 1,25KHz Bandbreite gewählt. Mit C3 wird die Zeitkonstante für die automatische Verstärkungsregelung (AGC - Automatic Gain Control) festgelegt. Fürs Peilen wäre eine Handregelung an sich besser gewesen. Aber da dies nun einmal nicht ging, mußte ein Kompromiß gefunden werden. Eine sehr schnelle Regelung würde das Peilen sehr erschweren und eine sehr langsame Regelung stiehlt Zeit. Irgendwo dazwischen fand sich mit 1 uF ein recht ordentlicher Kompromiß. Der AGC-Kondensator sollte ein Tantal-, Keramik- oder Polyester-Typ sein.

Empfänger: VFO

Der VFO ist als programmierbarer Synthesizer ausgelegt, dessen Frequenz in unserem Fall das 64,5fache der Quarzfrequenz ist. Zum Wort "programmierbar" folgendes: Beim MICRF002 können über den Pin SWEN zwei grundsätzlich verschiedene Betriebsmodi gewählt werden. Zum einen kann der Empfänger als ganz normaler Superhet mit fester Empfangsfrequenz arbeiten, und zum anderen als Wobbel-Empfänger für den Betrieb zusammen mit primitiven LC-Sendern. Die Betriebsart wird also mit dem Lötcolben "programmiert". Wir verwenden den Festfrequenz-Modus und nur auf diesen werde ich mich beziehen.

Als mittlere Empfangsfrequenz verwenden wir 433,92MHz (ISM-Band). Zur Ermittlung der Quarzfrequenz geht man so vor:

Zuerst wird die VFO-Frequenz berechnet. Es gibt zwei mögliche Frequenzen, da der MICRF002 ein Superhet ist. Die Formel ist laut Datenblatt $f_{vfo} = f \pm 1,064 * (f / 390)$

Für 433,92MHz als Empfangsfrequenz erhalten wir die folgenden beiden VFO-Frequenzen:

VFO-Frequenz 1: $433,92\text{MHz} + 1,064 * (433,92\text{MHz} / 390) = 435,093\text{MHz}$

VFO-Frequenz 2: $433,92\text{MHz} - 1,064 * (433,92\text{MHz} / 390) = 432,747\text{MHz}$

Jetzt sucht man sich eine der beiden VFO-Frequenzen aus. Die höhere VFO-Frequenz ist hier die bessere, damit man möglichst weit weg von störenden Checker-Signalen ist. Die gewählte VFO-Frequenz geteilt durch 64,5 ergibt die Quarzfrequenz: $435,093\text{MHz} / 64,5 = 6,7456\text{MHz}$

Den 6,7456MHz-Quarz gibt es für etwa 1,50 Euro bei Dacom Süd sowohl in SMD- als auch in bedrahteter Ausführung (HC18-flat). Der Quarz braucht aufgrund der hohen Empfängerbandbreite nicht abgestimmt zu werden. Mehr noch, der IC sieht das gar nicht vor, denn der interne Oszillator hat bereits eine 30pF-Kapazität integriert.

Der NF-Zweig

Der NF-Ausgang ist eigentlich ein CMOS-Datenausgang für den direkten Anschluß von Mikrocontrollern, weil die Kombination MICRF102-Sender und MICRF002-Empfänger nun einmal eigentlich für die Datenübertragung gedacht ist. Für den Betrieb eines Kopfhörers am MICRF002-Empfänger wäre eigentlich ein kleiner Transistor-Verstärker nötig, aber dann fiel mir einer der guten alten Kristall-Ohrhörer in die Hände.



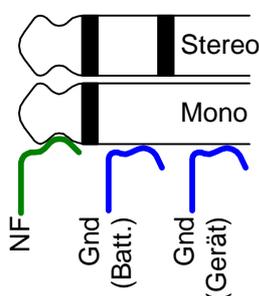
Kristall-Ohrhörer sind sehr hochohmig und so empfindlich, daß man ein Brummen hört, sobald man einen Eingang anfaßt und den anderen erdet.

Anfangs glaubte ich trotzdem noch nicht so richtig an den Erfolg, denn der Ausgangsstrom des Datenausgangs ist im Datenblatt mit typisch $10\mu\text{A}$ angegeben und $10\mu\text{A} * 5\text{V}$ macht $50\mu\text{W}$. Aber da ich nicht dumm sterben wollte, machte ich den Versuch. Und siehe da: Es funktionierte ausgezeichnet und mit guter Lautstärke. Ich habe vorsichtshalber Tests bei mehreren ICs, höheren Betriebsspannungen und

über längere Zeit gemacht.

Die Kristall-Ohrhörer stammen noch aus der Zeit der Miniröhren-Hörgeräte (weiland auch Schmalbohrer genannt), haben auch das Design der Nierentisch-Ära, werden aber im Gegensatz zu Nierentischen nach wie vor hergestellt. Bei Segor (www.segor.de) und www.fau-lehrmittel.de gibt es Ausführungen mit 3,5mm-Klinkenstecker und einer Impedanz von $100\text{K}\Omega$, die ich auch getestet und für hervorragend befunden habe.

Zur Sicherheit noch einmal ganz deutlich der Hinweis, daß der IC-Ausgang *nicht* für niederohmige Lasten ausgelegt ist. Ohrhörer aus der Bastelkiste können auch dynamisch sein und haben dann eine viel zu geringe Impedanz. Der $100\text{K}\Omega$ -Widerstand in Reihe zum Ohrhörer verhindert Schäden durch niederohmige Hörer und Kurzschlüsse. Ein Tip noch: Wenn das Signal plötzlich nur noch leise im Ohrhörer zu hören ist, dann den Hörer kurz auf den Tisch klopfen. Das macht die fast "kraftlos" schwingende Membran wieder frei. Diesen Tip hatte ich noch aus meiner Kindheit im Hinterkopf, als mir mein Physiklehrer in der 5. Klasse das erste Detektor-Radio gebaut hatte.

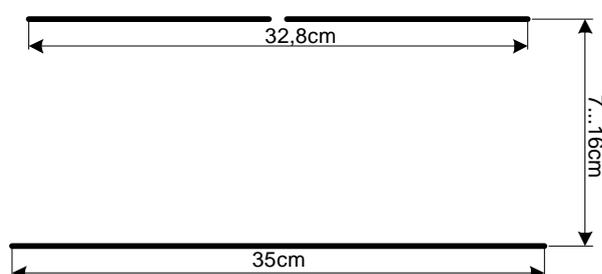


Es wird eine Stereo-Klinkenbuchse verwendet. Der Mono-Stecker des Ohrhörers verbindet im gesteckten Zustand die Kontakte des rechten und linken Kanals. Das nutzen wir als Einschalter für den Empfänger. Da der Ohrhörer gegen Masse betrieben wird, können wir natürlich nicht die gewohnte Plus-Leitung schalten, sondern müssen es bei der Masse-Leitung tun. Ein Steckerziehen ist natürlich unbequemer als ein Schalterdruck. Aber der Empfänger muß ja während der Fuchsjagd nicht ausgeschaltet werden, denn die 120mAh der LR44 reichen für 50 Stunden und die 360 mAh der Lithiumzelle CR2330 (2 Stück in Reihe!) sogar für 150 Stunden. Das ist weit mehr als nötig, wenn man die Anzahl der Fuchsjagden pro Jahr und die Selbstentladung bedenkt.

Die Antenne

Ich habe lange überlegt, welche Peilantenne am sinnvollsten wäre. Mir erscheinen zwei Antennentypen als sinnvoll:

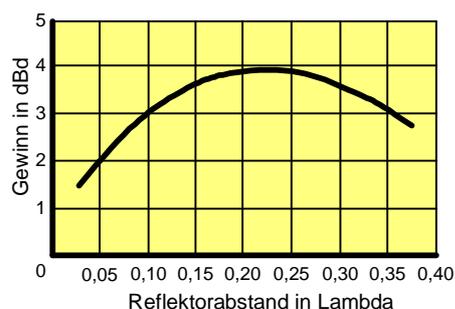
Als erstes kommt ein Lambda/4-Stab in Frage. Bei 433,92 MHz muß der Antennenstab 16,4cm lang sein. Auf diesen Antennentyp ist der Antenneneingang des MICRF002 optimiert. Die Stabantenne (Fahrradspeiche!) ist extrem robust und vereinfacht die mechanische Konstruktion extrem. Speziell bei Fuchsjagden mit Kindern ist diese Antenne zu empfehlen. Der Nachteil ist aber, daß die Stabantenne vor- und rückwärts gleich gut peilt (dazu mehr in der Einsteigeranleitung).



Eine ordentliche, aber auch aufwendigere und mechanisch empfindlichere Wahl ist der direkt gespeiste Dipol mit Reflektor. Der große Vorteil dieser Antenne ist, daß sie neben einem höheren Gewinn vor allem ein gut unterscheidbares Vor-Rück-Verhältnis hat. Die leichte Fehlanpassung gegenüber dem Lambda-Viertel-Stab fiel nicht merkbar ins Gewicht, sodaß auf zusätzliche Anpassungsmaßnahmen verzichtet werden konnte.

Als Antennenstäbe werden Fahrradspeichen mit den zugehörigen Messing-Muttern verwendet. Die Muttern für den Dipol werden auf einer Seite flachgefeilt und direkt auf die Platine gelötet. Als Gehäuse kann zum Beispiel ein PVC-Rohr dienen oder eine rohrförmige Brausetablettenschachtel. Im einfachsten Fall ist es auch beim Dipol mit Reflektor möglich, die Platine als Antennenträger zu nehmen.

Ein Dipol mit unsymmetrischer Speisung "schießt" ein wenig, aber das spielt bei unseren 350 Metern Reichweite keine Rolle. Die Länge des Dipols in Metern ist $142500/\text{KHz}$, bei 433,92MHz also 32,8 cm. Sehr kritisch ist dieser Wert bei Empfangsantennen nicht.



Der Abstand zwischen Dipol und Reflektor beeinflusst die Empfindlichkeit der Antenne (siehe Grafik links, Quelle: Rothammel). Optimal wäre ein Abstand von 70cm mal 0,22 gleich 15,4cm. Aber hier kann man getrost Pragmatismus walten lassen - gemäß der alten Ingenieurweisheit "Nicht so gut wie möglich, sondern so optimal wie möglich": Ein kürzerer Abstand zwischen Dipol und Reflektor macht die Antenne ein ganz kleines bißchen unempfindlicher, aber dafür wird die mechanische Konstruktion **sehr** viel einfacher und stabiler. Ein Dipol-Reflektor-Abstand von 7cm (0,1 Lambda) aufwärts reicht in der Praxis aus. Glauben Sie mir das, ich habe damit sehr

viele Versuche gemacht! Bei meinen eigenen Tests brachte der "optimale" Dipol-Reflektor-Abstand von 15,4cm gegenüber dem Dipol-Reflektor-Abstand von 7,5cm zum Beispiel nur etwa 10% mehr Reichweite. Und die nützen bei einer Fuchsjagd so ziemlich gar nichts, weil Abschattungen u.s.w. im Gelände eine viel größere Rolle spielen.

Die Bedienung

Wie oben bereits erwähnt ist eine Frequenzeinstellung unnötig und eine Abstimmung des Quarzes bringt auch nichts. Ebenso ist eine Lautstärkeeinstellung nicht erforderlich. Die Betriebsspannung wird angelegt, indem man den Ohrhörer in die Klinkenbuchse steckt. Zusammengefaßt: Es gibt außer der Antennendrehung keine Bedienung im eigentlichen Sinne.

Hier noch einige Tips zur Peilung, die sich bei meinen eigenen Tests ergeben haben. Bei größerer Entfernung zum Fuchs (sagen wir mehr als 30 Meter) macht man eine Maximumpeilung. Dazu muß nichts weiter gesagt werden. Darunter ist aber eine Minimum-Peilung günstiger. Durch langsam-rhythmischen Drehen der Antenne um vielleicht 10-20° läßt sich so die Richtung zum Fuchs trotz AGC gut feststellen. Auf diese Weise bekommt man den Fuchs bis auf etwa 1,5 Meter eingekreist, ohne daß der Empfänger abgeschirmt sein muß.

Fazit

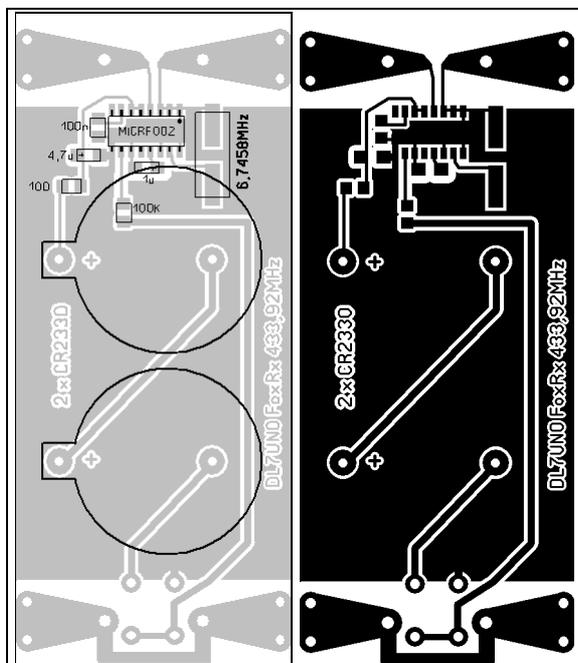


Der Nachteil des einfachen Empfängers ist klar: Er ist recht unempfindlich und hat die Selektionsfähigkeit eines Scheunentors. Auf der Haben-Seite schlägt aber eindeutig der Selbstbauspaß, der geringe Preis und die Einfachheit im Aufbau und in der Bedienung zu Buche. Das könnte bei unerfahrenen Benutzern und Kindern eine Rolle spielen. Und man hat natürlich Antenne und Gerät in einem einzigen Gerät zusammengefaßt. Die geringe Reichweite wird etwas durch die geringe Baugröße der Fuchs-Sender ausgeglichen, denn man sieht sie eben nicht schon in -zig Metern Entfernung. Die fehlende Frequenzselektion der

Empfänger gleicht sich zumindest etwas aus, weil durch die geringe Reichweite die Peilwinkel zwischen den verschiedenen Füchsen größer werden. Negativ schlägt zu Buche, daß nur ein Empfangskanal zur Verfügung steht, während bei besseren Empfängern auf mehreren Kanälen gleichzeitig gearbeitet (gesendet) werden kann. Wenn die Füchse zeitversetzt senden oder noch besser etwas Abstand zueinander haben, dann läßt sich auch dieser Nachteil ausgleichen.

Zusammengefaßt: Der Empfänger ist als einfaches und billiges Projekt vor allem für Einsteiger und die Arbeit mit Kindern und Jugendlichen eine feine Sache, die auch funktioniert. Aber der Simplempfänger ist eben keine Konkurrenz zu hochwertigen Geräten. Für gewaltig größere Reichweiten bei gleichem Sender sind LPD-Funkgeräte mit abgesetzter Peilantenne eindeutig die bessere Alternative.

Den kleinen Fuchs-Sender würde ich dagegen ohne Abstriche als praktikabel bezeichnen. Vor allem ermöglichen der geringe Preis und die geringe Größe ganz andere Varianten der Fuchsjagd.



Die Empfängerplatine ist 36x86mm groß und dient auch als Antennenträger. Die Bauteile sind so groß, das man sie auch ohne SMD-Erfahrungen verarbeiten kann. Viel Licht und eine halbwegs brauchbare Pinzette reichen als Spezialausrüstung. Die Platine dient auch als Träger für den Reflektor und die Lithiumzellen. Für die Widerstände und den Keramikcondensator bitte die Baugröße 0805 oder 0603 verwenden. Statt des Dipols kann natürlich auch eine Stabantenne angeschlossen werden.

Den 100KΩ-Widerstand in Reihe zum Ohrhörer zu bitte nicht überbrücken. Die Lautstärke ist mit dem Widerstand ausreichend hoch, man spart etwas Strom und vor allem wird der NF-Ausgang geschützt, falls jemand versehentlich einen niederohmigen Ohrhörer ansteckt.

Als Batterie für den Empfänger bevorzuge ich nach Tests mit diversen Batterien inzwischen zwei in Reihe geschaltete Lithiumzellen vom Typ CR2330 statt Knopfzellen vom Typ LR44, denn dann kann man den Empfänger wegen der geringen Selbstentladung der Lithiumzellen auch mal jahrelang in der

Kiste lassen.

Tip für überlagerte Lithium-Zellen: 20 Sekunden lang kurzschließen. Das durchstößt die Oxidschicht, die Lithiumzelle wacht wieder auf und liefert erheblich mehr Leistung.

Bauteil-Beschaffung

Auf www.micrel.com findet man neben den Datenblättern eine Liste von Distributoren für den MICRF002/MICRF102. Ich habe die ICs bei Dacom Süd (www.dacomsued.de) gekauft, weil man dort auch gleich die passenden Quarze beziehen kann.

Daneben hat der Einzelhändler Segor (www.segor.de) die Micrel-ICs in seinen Katalog aufgenommen. Der 13,56MHz-Quarz ist ebenfalls bei Segor zu haben (auch in SMD), allerdings nicht der 6,7458MHz-Quarz. Hier habe ich nur einen 6,75MHz-Quarz mit HC49-Gehäuse finden können. Das sind 4,2KHz mehr, aber mit einer Parallelkapazität zum Quarz müßte man das gut ausgleichen können.

Für den ATtiny45-20SU verweise ich auf den Einzelhandel. Segor hat ihn z.B. vorrätig.

Kristall-Ohrhörer sind u.U. schwer zu bekommen. Segor hat sie aber definitiv.

Fuchsjagdanleitung für Einsteiger

Was ist überhaupt eine Fuchsjagd?

Ganz einfach: Es werden eine oder mehrere Sender irgendwo versteckt und die Jäger müssen diese Sender (die Füchse) mit Hilfe von Peilempfängern finden. Echte Füchse aus Fleisch und Blut sind nicht beteiligt. Ich hoffe, das beruhigt die Tierschützer.

Fuchsjagden machen mehr Spaß, als man auf den ersten Blick denken mag. Ich (und natürlich andere) haben die Erfahrung gemacht, daß dabei irgend ein tief verborgener Jagdinstinkt wieder hochkommt und den eigentlichen Reiz ausmacht. Um Spaß an der Fuchsjagd zu haben, muß man also keineswegs ein Techniker sein. Die Grundlagen sind in ein paar Minuten erklärt und dann kann man schon loslegen. Tricks, Kniffe und Strategien sind natürlich eine andere Sache...

Fuchsjagden konnten früher im Prinzip nur von lizenzierten Funkamateuren ausgerichtet werden. Das hat sich aber mit der europaweiten Liberalisierung der Gesetze geändert. Der von mir vorgestellte Mini-Fuchs arbeitet im 70cm-ISM-Band, in dem eine lizenz- und gebührenfreie Nutzung möglich ist. Kurz zusammengefaßt: Den korrekt aufgebauten Fuchs darf jedermann benutzen - auch Kinder.

Wie läuft eine Fuchsjagd ab?

Es gibt viele Varianten.

Im einfachsten Fall wird ein Sender versteckt und die Teilnehmer starten im 10-Minuten-Abstand, um ihn zu suchen. Abgerechnet wird nach Zeit.

In einer erweiterten Variante werden mehrere Füchse versteckt, die alle gefunden werden müssen. Als Beweis beschriftet man jeden Fuchs mit einem Namen oder einem Code, denn die Teilnehmer abschreiben und dann vorweisen müssen.

Hat man viele Füchse zur Verfügung, kann man auch alle Teilnehmer gleichzeitig starten lassen. Hier kann man als Variante auch die Füchse einsammeln lassen bis keiner mehr übrig ist. Die Teilnehmer schalten einen gefundenen Fuchs sofort aus (Schalter muß vorhanden sein!). Wer mit einem sendenden Fuchs in der Tasche erwischt wird, muß **alle** bereits gefundenen Füchse an den herausrücken, der ihn erwischt hat.

Der Fuchs kann auch beweglich sein und in der Tasche eines "harmlosen Spaziergängers" stecken.

Am gemeinsten sind Fuchsjagden in Gebäuden, weil hier sehr viele Funkabschattungen und Reflektionen hinzukommen. Anfänger-Fuchsjagden sollten daher eher im Gelände (Parks o.ä.) stattfinden.

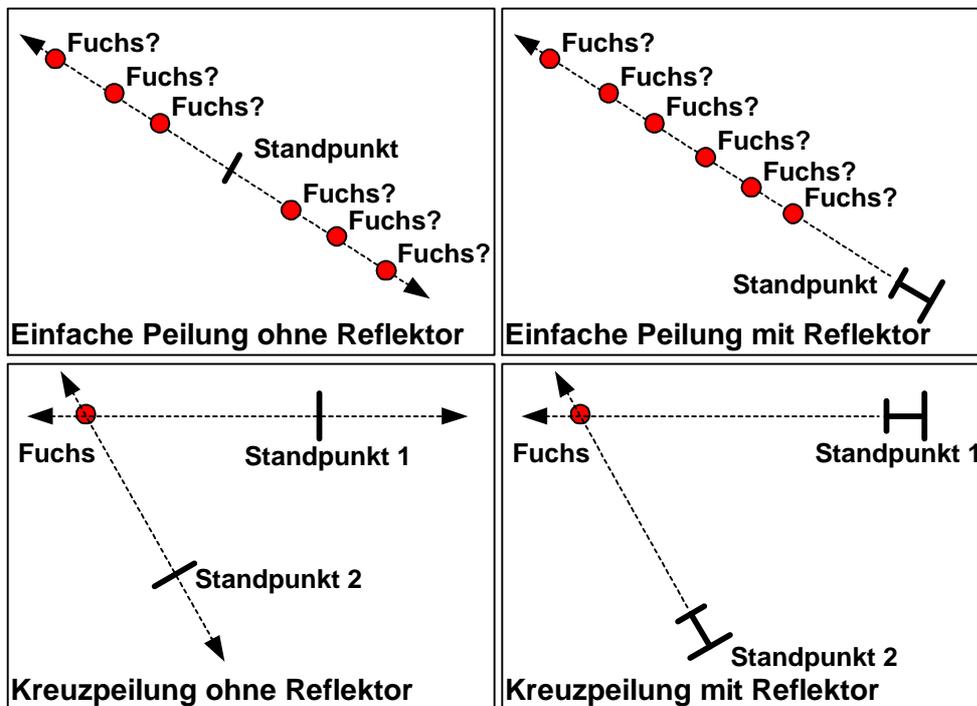
Wenn der von mir vorgestellte Sempel-Empfänger zum Einsatz kommt, sollte man übrigens keine hochwertigen Empfänger zulassen, weil die geringe Empfindlichkeit des Sempel-Empfängers den Benutzer sonst zu sehr benachteiligt. Ausnahme: Die Gelände-Grenzen sind genau festgelegt und die Füchse sind mit dem Sempel-Empfänger überall in diesem Gelände aufzunehmen.

Wie peilt man?

Fangen wir am besten bei der Antenne an. Für den direkten Anschluß an unseren Einfach-Empfänger kommen drei verschiedene Antennentypen als sinnvoll in Frage:

1. Einfacher Antennenstab (sogenannte Lambda/4-Antenne, bei 433,92MHz muß sie 16,4mm lang sein). Mechanisch extrem einfache und robuste Lösung (schnell aufzubauende Empfänger!), gute Reichweite, der Empfänger-IC des Sempel-Empfängers ist genau für diesen Antennentyp ausgelegt. Nachteil: Die Stabantenne empfängt vor- und rückwärts gleich gut. Dadurch hat man zwar die "Luftlinie" zum Fuchs ermittelt, weiß aber nicht die Richtung.
2. Einfache Dipol-Antenne (2 Lambda/4-Stäbe, einer davon an Masse). Auch der Dipol ist mechanisch einfach zu lösen. Er peilt etwas "schärfer" als die einfache Stab-Antenne und vergrößert deshalb theoretisch auch etwas die Reichweite. Die Anpassung an den Sempel-Empfänger ist aber nicht mehr so gut wie bei der Stab-Antenne. Durch die unsymmetrische Ankopplung an den Empfänger schiebt der Dipol auch etwas. Der Empfang ist wie bei der Stab-Antenne vor- und rückwärts gleich gut und die Richtung zum Fuchs ist deshalb nicht feststellbar. Meine Erfahrung ist, daß der einfache Dipol kaum **praktische** Vorteile gegenüber der einfachen Stabantenne bringt. Die große Robustheit der Stabantenne und ihr einfacher Aufbau fällt hier schwerer ins Gewicht als alles andere.
3. Dipol mit Reflektor. Die Antenne ist im Verhältnis zum Empfänger recht groß und es ist schwieriger, sie mechanisch stabil aufzubauen. Aber die Antenne hat zwei gewichtige Vorteile: Durch den Reflektor erreicht man eine Reichweitenerhöhung und vor allem gibt es **eine** eindeutige Peilrichtung.

Jetzt zur eigentlichen Peilung: Mit (nur) einer Peilung erhält man (nur) die Richtung, in der sich der Fuchs befinden muß. Peilt man aber von zwei oder mehreren Standpunkten aus (Kreuzpeilung), dann erhält man den Standort des Fuchses eindeutig. Bei der Kreuzpeilung hat eine Antenne ohne eindeutiges Vor-/Rück-Verhältnis an sich keinen Nachteil mehr, denn der Standort des Fuchses ist so oder so eindeutig bestimmbar.



Der Nachteil von Antennen ohne eindeutiges Vor-/Rück-Verhältnis liegt darin, daß man mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:1 erst einmal in die falsche Richtung losläuft - und das kostet Zeit.

Trotzdem kann es sinnvoll sein, Empfänger nur mit der einfachen Stabantenne auszurüsten. Zum einen kann man so in kürzester Zeit mit geringem Aufwand viele Empfänger herstellen. Zum anderen sind die Empfänger aber auch mechanisch viel viel robuster. Und das spielt speziell bei Fuchsjagden mit Kindern eine erhebliche Rolle. Die zusätzlichen Fußwege aufgrund der nicht eindeutigen Peilrichtung fallen nur wenig ins Gewicht, da die Reichweite bei unserer Technik ohnehin nur maximal 350 Meter beträgt. Aus Gründen der Fairness sollten **alle** Teilnehmer nur mit Stabantenne arbeiten. Es bietet sich an, einfache Geländekarten auszugeben, auf denen die Teilnehmer ihre Peilungen eintragen können.

Wenn man eine Antenne mit eindeutigem Vor-/Rück-Verhältnis hat, läuft man nach der ersten Peilung einfach in Richtung Fuchs los. Auf dem Weg zum Fuchs peilt man immer wieder und kreist damit den Fuchs ein. Das Peilen sollte möglichst sogar im Gehen erfolgen. Es bringt in der Regel nichts, extra zu "idealen" Standpunkten für eine Kreuzpeilung zu laufen, weil man dadurch zu viel Zeit verliert.

Wellen, Schatten und andere UKW-Phänomene

Auf UKW merkt man recht deutlich, daß Funkwellen tatsächlich Wellen sind. Die verwendete Frequenz von 433,92MHz entspricht umgerechnet einer Wellenlänge von etwa 70cm. Und da eine Welle immer aus einer positiven und einer negativen Halbwelle mit je einem eigenem Berg besteht, kommt es zu dem Effekt, daß sagen wir 20cm Ortsänderung unter Umständen beim Empfang alles oder nichts bedeuten können.

Funkwellen haben wie Lichtwellen Schatten, wenn sich Objekte zwischen Sender und Empfänger befinden. Das gilt besonders für metallhaltige Objekte wie Gebäude, Zäune u.s.w., aber auch für wasserhaltige Objekte wie Hügel, nasses Unterholz o.ä..

Funkwellen können wie Lichtwellen reflektiert werden. Jeder elektrische Leiter kann als Reflektor wirken, z.B. ein Gartenzaun. Das Ergebnis kann eine Fehlpeilung sein, und zwar besonders dann, wenn sich in direkter Richtung zum Fuchs gerade ein schattenbildendes Objekt befindet (weil der Reflektor dann eventuell besser "strahlt" als der Fuchs selbst).

Und schließlich können Funkwellen auch noch durch Freileitungen fortgeleitet werden. Auch das kann natürlich zu Fehlpeilungen führen.

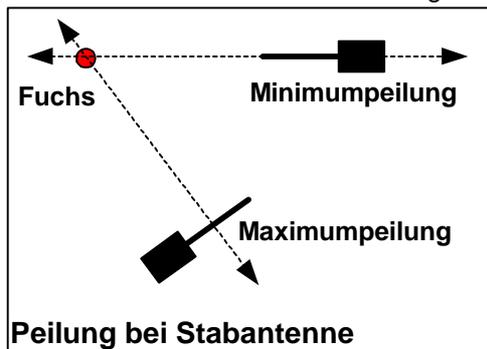
Aus den eben genannten Gründen macht es sich gut, den Empfänger ständig eingeschaltet zu lassen und im Gehen zu peilen. Auf diese Weise gewinnt man nicht nur Zeit, sondern findet nebenbei auch die besten Empfangspunkte. Außerdem fallen im Laufen Fehlpeilungen sehr schnell auf.

Anfängerfuchsjagden sollten in einem Gelände stattfinden, das möglichst frei von potentiellen Reflektoren und Wellenleitern ist. Bei Fortgeschrittenen kann aber gerade das als zusätzlicher Reiz eingesetzt werden (Fuchsjagden in Gebäuden!).

Die Peilung mit dem Sempel-Empfänger

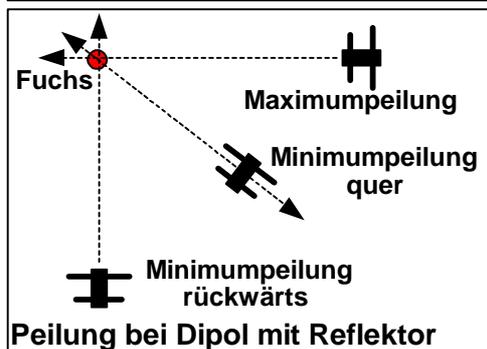
Hochgezüchtete Peilempfänger von Funkamateuren haben Feldstärkemeßinstrumente und Dämpfungsregler am Antenneneingang. Das können und wollen wir uns beim Sempel-Empfänger nicht leisten, denn es geht auch so.

Bei unserer Peilung wird das Verhältnis des Fuchs-Signals zum UKW-Hintergrundrauschen einfach nach Gehör bestimmt. Mit der richtigen Peiltechnik geht das sehr gut.



Zeigt die Stabantenne genau zum Fuchs, dann ist der Empfang am schwächsten und das Hintergrundrauschen wird stärker (Minimumpeilung). Zeigt die Antenne quer zum Fuchs, dann ist der Empfang am besten und das Rauschen am geringsten (Maximumpeilung).

In beiden Fällen steht die Richtung zum Fuchs erst nach der Kreuzpeilung fest - es sei denn, man kann den eigenen Körper als schattenbildendes Objekt einsetzen ;-)



Bei der Maximumpeilung zeigt der Reflektor (daran zu erkennen, daß er länger ist als der Dipol) vom Fuchs weg. Die Zeichnung zeigt, wie die Antenne ausgerichtet werden muß. Die Richtung stellt man fest, indem man in beide Richtungen peilt. Die Richtung mit dem besseren Empfang zeigt zum Fuchs.

Bei der Minimumpeilung, die quer zum Fuchs durchgeführt wird, ist die Richtung zum Fuchs nicht bestimmbar. Im Fuchs-Nahfeld kann sie trotzdem nützlich sein und kann durch eine Rückwärtspeilung ergänzt werden.

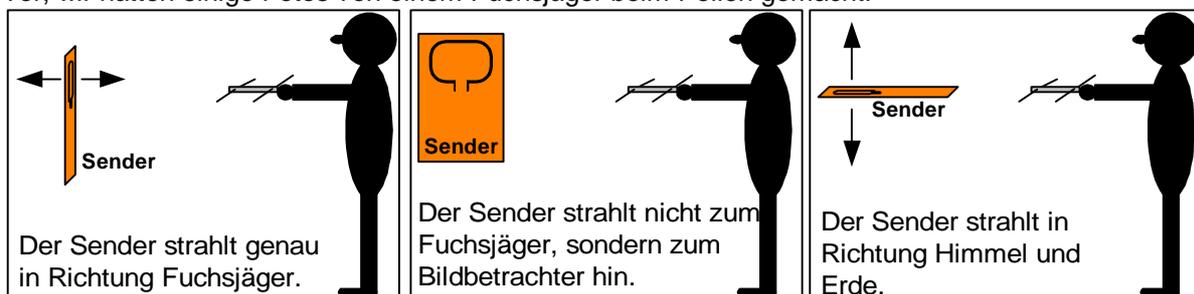
Maximumpeilungen macht man, solange man noch weit vom Fuchs entfernt ist, denn dort ist der Fuchs bei Minimumpeilung oft gar nicht mehr zu empfangen. Man schwenkt die Antenne am besten rhythmisch um die Richtung mit dem besten Empfang (geringstes Rauschen) und verkleinert allmählich dabei den Schwenkwinkel bis man die genaue Richtung hat.

So bald wie möglich setzt man die Minimumpeilung ein, weil sich die Richtung damit viel besser bestimmen läßt. In unmittelbarer Nähe zum Fuchs bringt die Maximumpeilung ohnehin keine eindeutigen Ergebnisse mehr (die Richtung läßt sich höchstens noch durch Rückwärtspeilung feststellen).

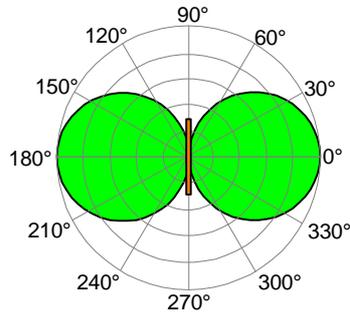
Sobald das Fuchs-Signal sehr sehr kräftig wird (weniger als 3 Meter Entfernung zum Fuchs), wird auch die Minimumpeilung schwierig. In diesem Fall hilft aber noch die AGC (Automatic Gain Control, automatische Verstärkungsregelung) des Empfängers. Diese vermindert automatisch die Empfänger-Empfindlichkeit, sobald der Sender gut empfangen wird. Es kann ausgenutzt werden, daß die Regelung mit einer festen Zeit arbeitet. Zwischen den Morsezeichen regelt der Empfänger seine Empfindlichkeit wieder hoch und es ist ein Rauschen zwischen den Morsezeichen zu hören. Die Dauer der Rauschabschnitte ist um so größer, je schwächer der Fuchs empfangen wird. Das kann auch in unmittelbarer Nähe zum Fuchs zur Beurteilung herangezogen werden.

Der Fuchs-Sender

Beim Mini-Fuchs-Sender muß beachtet werden, daß er zwei Hauptabstrahlrichtungen hat. Die Strahlungsrichtung läßt sich am besten anhand einiger Zeichnungen erklären. Stellen wir uns dazu vor, wir hätten einige Fotos von einem Fuchsjäger beim Peilen gemacht:



Es dürfte klar sein, daß man den Sender immer senkrecht (nicht liegend) betreiben sollte. Man muß aber damit leben, daß der Sender auch in senkrechter Lage in die falsche Richtung strahlen kann (wie im mittleren Bild).



Das Bild links zeigt die Abstrahlcharakteristik des Mini-Fuchs-Senders in der Draufsicht. Die Funkwellen werden in Form von großen Kugeln abgestrahlt. Im grünen Bereich der Grafik ist der Sender optimal zu empfangen, der Rest (quer zum Fuchs) ist "tote Zone", in denen der Sender nicht oder nur schwach zu empfangen ist. Das ist nicht gar so dramatisch, aber man sollte die Existenz der zwei toten Zonen im Hinterkopf behalten. Deshalb hier noch einmal der Tip: Im Laufen peilen! - Vielleicht ist der Fuchs schon nach wenigen Metern toter Zone wieder gut zu empfangen...

Beim Verstecken des Fuchses muß außerdem beachtet werden, daß Funkwellen von allem abgeschirmt werden können, was elektrischen Strom leitet - und dazu gehört zum Beispiel auch nasses Gesträuch und Erde. Man meide also Stahlbeton und Gartenzäune, durchnässte Mauern, Erdlöcher und Baumhöhlen (es sei denn der Baum ist trocken).

Zusammenfassung für den Fuchs:

- Ist die Batterie frisch? Funktioniert der Sender tadellos und mit voller Leistung?
- Der Fuchs darf nicht liegend betrieben werden, weil er dann in den Himmel strahlt.
- Gute Fuchs-Orte sind etwas erhöht und in ihrer Umgebung frei von schirmenden Gegenständen. Beispielsweise sind (erreichbare!) Baumzweige ein guter Ort für den Fuchs.
- Ein gutes Fuchsjagdgelände hat kein zu nasses Unterholz und keine Gebäude - es sei denn, man legt es genau darauf an.
- Nach dem Verstecken der Fuchse prüft man stets den Empfang. Der Ort könnte schlecht sein, der Sender nicht in Ordnung oder die Kennung falsch.

Zusammenfassung für den Jäger:

- Ist die Batterie frisch? Funktioniert der Empfänger tadellos? Rauschen im Hörer reicht nicht, weil das Rauschen auch noch bei einer fast toten Batterie zu hören ist. Der Fuchs muß zu hören sein!
- Erst die Übung, danach der Wettkampf. Beim Üben kann man ruhig auch mal "Blinde Kuh" spielen, während der Fuchs für alle anderen gut zu sehen ist.
- Ist wirklich klar, in welcher Richtung die Antenne maximal empfängt und in welcher minimal?
- Gute Empfangsorte werden ermittelt, indem man im Gehen peilt. Erst dann stehenbleiben, wenn man einen guten Empfangsort hat.