

# Ein Wettersatellitenempfänger mit Antennendiversity

Holger Eckardt, DF2FQ

## Einleitung

Seit langer Zeit erfreut sich der Empfang der umlaufenden Wettersatelliten nicht nur bei Funkamateuren grosser Beliebtheit. Etliche Baubeschreibungen für entsprechende Empfänger sind bisher erschienen, einfache für den Einsteiger und aufwändige, die gute Empfangseigenschaften versprechen. Im Folgenden füge ich der Sammlung einen weiteren Empfänger hinzu, bei dem auf einige Punkte besonders Wert gelegt wurde, die sich aus eigener Erfahrung sehr bewährt haben und in der Summe bei den meisten Empfängerkonzepten in der Form noch nicht realisiert wurden. Im einzelnen sind dies:

- ein Demodulator mit hoher Linearität,
- ein VCO mit geringer Rest-FM,
- bandbreitenangepasste, gruppenlaufzeitkorrigierte ZF-Filter,
- Antennendiversity zur Vermeidung von Rauscheinbrüchen,
- eine AFC zur Kompensation des Dopplereffekts,
- geringe Stromaufnahme für portablen Betrieb,
- einfache Bedienung.

## Das Kanalmodell

Mit dem Kanalmodell beschreibt man in der Nachrichtentechnik das Ausbreitungsverhalten der elektromagnetischen Wellen zwischen Sender und Empfänger. Die Ausbreitung wird z.B. von der Streckendämpfung beeinflusst, aber auch von Reflexionen, Polarisationsdrehungen und dem Dopplereffekt bei bewegten Objekten. Im Mobilfunk ist das eine hoch komplexe Wissenschaft, man stelle sich z.B. ein fahrendes Auto in einer Häuserschlucht vor, ohne direkte Sicht zur Basisstation und bei etlichen 100 Kilobit/s Datenrate. Die dabei auftretenden Fading- und Dopplereffekte sind mathematisch sehr schwer zu erfassen.

Beim Empfang der Wettersatelliten sind die Verhältnisse einfacher. Zwischen Satellit und Empfangsantenne ist normalerweise freie Sicht und die Sendeleistung ist hoch genug, um an der Empfangsantenne ein hinreichend gutes Signal zu erzeugen. Trotzdem führen bestimmte Empfangseffekte oft zu Fehlinterpretationen.

Die meisten, die schon mal versucht haben, die umlaufenden Satelliten zu empfangen, werden festgestellt haben, dass im Laufe des Überfluges im Empfänger mehr oder weniger starke Einbrüche in der Feldstärke auftreten. Oft wird das auf die ungenügende Qualität der Antenne geschoben oder auf Abschattungen durch Bäume, Schornsteine oder ähnliches. Das ist manchmal richtig, aber nicht immer.

Die Streckendämpfung vom Satelliten zur Erde beträgt ca. 130dB [1]. Der Satellit hat ca. 30dBm Sendeleistung, d.h. an einer Antenne mit 0dB Gewinn bleibt eine Leistung von -97dBm übrig. Für einen rauschfreien Empfang ist das mehr als genug. Der hier beschriebene Empfänger liefert mit 20dB weniger Empfangsleistung bereits gute Bilder, andere Empfänger sind in der Regel auch nicht

viel schlechter. 20dB Reserve ist eine Menge, woher kommen dann die Rauscheinbrüche? Folgende Effekte können eine Ursache dafür sein:

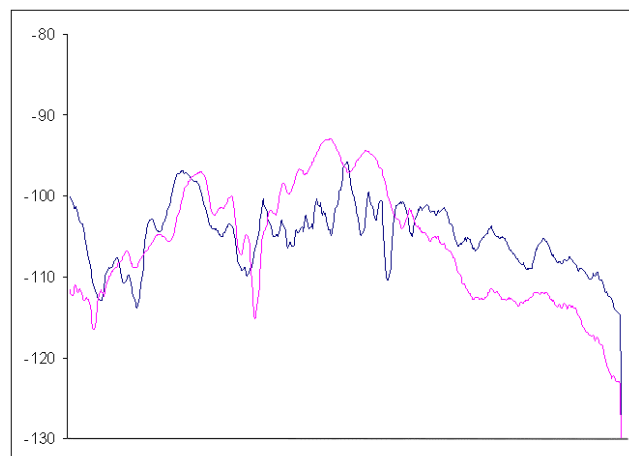
- Die Antenncharakteristik: Eine vertikale Rundstrahlantenne hat in Richtung des Strahlers (im Normalfall also senkrecht nach oben) einen Dämpfungspol. Dieser ist, je nach Antennentyp mehr oder weniger stark ausgeprägt. Bei einer einfachen Groundplane beträgt er 6dB, ein Kollinearstrahler kann 20dB oder mehr haben.
- Abschattung: Gebäude haben eine sehr hohe Dämpfung. Steht in Richtung zum Satelliten ein Haus im Weg, so ist die Dämpfung i.A. so hoch, dass kein Empfang aus dieser Richtung möglich ist. Gebäudeteile, die in ihrer Ausdehnung klein im Vergleich zur Wellenlänge sind (z.B. Schornsteine, Fernsehantennen usw.) stören hingegen kaum. Pflanzen und Bäume haben ebenfalls nur eine geringe dämpfende Wirkung.
- Mehrwegeausbreitung: Mit der wichtigste, jedoch der am wenigsten in Betracht gezogene Effekt, ist die Mehrwegeausbreitung. Wird das Satellitensignal nicht nur direkt empfangen, sondern noch über einen zweiten Pfad (z.B. durch Reflexion an einer Hauswand oder dem Erdboden) und beträgt der Umweg ein Vielfaches der halben Wellenlänge, so findet, je nach Feldstärke des reflektierten Signals, eine teilweise oder vollständige Auslöschung des Empfangssignals statt.

### Antennendiversity

Der letzte der oben genannten Punkte ist auch der Grund, warum die oft benutzten Turnstileantennen [2] bei Satellitenempfang relativ gute Resultate bringen. Es sind weniger die 3-4dB Gewinn dieser Anordnung oder die zirkulare Polarisierung, als vielmehr die Tatsache, dass sie durch ihre Richtcharakteristik die Signale dämpfen, die von Objekten in der Nähe der Antenne reflektiert werden. Der Nachteil der Turnstileantenne ist der, dass Signale erst ab einer gewissen Elevation hörbar sind, während man mit der Groundplane Signale empfangen kann, sobald der Satellit aufgegangen ist. Eine grosse Zahl der Satellitendurchgänge haben eine flache Elevation. Bei Verwendung einer Groundplane kann sich die Hörbarkeitsdauer daher mitunter verdoppeln.

Viele der oben beschriebenen Empfangsprobleme lassen sich mit Hilfe der Antennendiversity lösen. Der Trick liegt darin, dass der Empfänger einen zweiten Antennenanschluss besitzt, an den eine weitere Antenne angeschlossen wird. Der Empfänger entscheidet nun, auf welchem der beiden Eingänge das bessere Signal anliegt und schaltet diesen zum Demodulator durch.

Bild 1 zeigt den Feldstärkenverlauf in dBm eines typischen ca. 13-minütigen Satellitendurchgangs. Es werden zwei einfache Antenne benutzt. Kurve 1 stellt das Signal eines horizontalen Dipols dar, Kurve zwei repräsentiert das Signal einer gebräuchlichen Zweiband-Vertikal für 2m und 70cm. Man sieht, dass auf beiden Antennen die Feldstärke starken Schwankungen unterliegt. Keine von beiden würde ein sauberes Bild während des gesamten Durchgangs liefern. Betrachtet man aber zu jedem Zeitpunkt die bessere der beiden Kurven, so tritt kein einziges Mal der Fall auf, dass das Signal auf beiden Antenne gleichzeitig so schlecht ist, dass der Empfang veräussert wäre. Mithin ergibt sich eine Systemgewinn von bis zu



10dB. Dies ist sonst nur mit nachgeführten Yagis zu erreichen.

Durch die Diversitykonfiguration ist es daher möglich, den gesamten Satellitendurchgang mitzuschreiben, ohne einen einzigen Aussetzer im Bild zu bekommen. Der Zusatzaufwand, den man dafür leisten muss besteht nur in einer einfachen zweiten Antenne.

### **Dynamikbereich im Basisband**

Der schönste rauschfreie Empfang nützt nichts, wenn das demodulierte Bild unscharf oder kontrastarm ist. Um dem vorzubeugen muss der Empfänger einen möglichst guten Signal-Rauschabstand liefern.

Bevor ich die Schaltungsmassnahmen beschreibe, die dafür nötig sind, hier kurz ein paar Worte, wie die Bilder vom Satelliten auf den PC-Monitor kommen. Das Verfahren wird APT (Automatic Picture Transmission) genannt. Der Satellit sendet einen FM modulierten Träger aus. Die maximale Modulationsfrequenz ist 4,8kHz, der maximale Hub 8kHz. Daraus resultiert eine Bandbreite von ca. 30kHz. Bis zur FM-Demodulation übernimmt der Empfänger die Signalverarbeitung. Danach gelangt das NF-Signal zu einem weiteren Demodulator, der aus ihm die Bilddaten gewinnt. Heutzutage geschieht das per Software, wobei die Soundkarte das Interface zwischen Empfänger und PC bildet. Man findet aber auch Demodulatoren, die in eigenständige Schaltung realisiert sind [4]. Hierbei wird der erhöhte Hardwareaufwand durch weitaus geringere Anforderungen an die Rechenleistung des PCs ausgeglichen.

Die aktuellen Programme zur Darstellung der Satellitenbilder auf dem PC verwenden mittlerweile überaus leistungsfähige Demodulationsalgorithmen, die nicht mehr den begrenzenden Faktor bei der Bildqualität darstellen. D.h. die Bilder werden mit vollen 8 Bit quantisiert, was einem Dynamikbereich von 46dB entspricht.

Die Soundkarte erreicht dies leicht, für einen Schmalband-FM-Empfänger stösst man damit schon an die Grenzen des Möglichen. Hierbei muss man zwischen dem Signal-Rausch-Abstand (SNR= Signal to Noise Ratio) auf der HF-Seite und im Basisband, also hinter dem Demodulator, unterscheiden. Auf der HF-Seite wird der Signal-Rausch-Abstand durch die Rauschzahl des Empfängers und die ZF-Bandbreite bestimmt. Bei Frequenzmodulation nimmt ab einem bestimmten Eingangsspegel dieser nicht mehr zu, im Sprachgebrauch ist das Signal dann rauschfrei. Der Zusammenhang zwischen Signal-Rausch-Abstand auf der HF- und auf der Basisbandseite ist bei FM nicht linear und hängt im Wesentlichen vom Modulationsindex ab. Bei dem hier beschriebenen Empfänger z.B. beträgt er bei einem Eingangsspegel von -123dBm etwa 12dB und bei -120dBm 20dB. Bei einem Pegel von -106dBm ist das Signal „rauschfrei“, d.h. das SNR wird bei steigenden Eingangsspegel nicht mehr besser. Wirklich rauschfrei ist das Signal dennoch nicht, dafür gibt es mehrere Gründe:

- Der PLL Synthesizer des Empfängers hat ein Eigenrauschen, das z.T. auch in den NF-Bereich fällt - man nennt es auch Rest-FM. Es wird auf das Eingangssignal aufgemischt und demoduliert und verschlechtert damit das SNR im Basisband.
- Der FM-Demodulator hat nur eine begrenzte Linearität. Dadurch entstehen bei der Demodulation des Nutzsignals Verzerrungen, auch Klirrfaktor genannt. Obwohl diese Verzerrungen eigentlich kein Rauschen im klassischen Sinne sind, haben sie bei der weiteren Signalverarbeitung die gleichen Auswirkungen wie dieses. Daher werden die Signalanteile, die durch die Nichtlinearitäten des Demodulators entstehen bei der Berechnung des SNR zum Rauschen dazugezählt.
- Eine weitere Quelle für Verzerrungen sind schlecht angepasste ZF-Filter, oder Filter, die im Durchlassbereich grosse Schwankungen der Gruppenlaufzeit besitzen. Auch dies trägt durch die

damit verbundene Erhöhung des Klirrfaktors zur Verschlechterung des SNR bei.

Für alle drei Punkte wurden schaltungstechnische Massnahmen gesucht, um die Parameter zu optimieren.

Der im Empfänger-IC integrierte VCO hat sich als völlig unzureichend für einen Rest-FM-armen ersten Oszillator erwiesen. Daher wurde ein externer VCO mit diskretem Transistor benutzt, der nicht nur vom Rauschverhalten her günstiger ist, sondern sich auch in seinen übrigen Parametern wesentlich besser dimensionieren lässt. Die PLL-Schleife wurde recht langsam ausgelegt, da hierdurch zusätzliche Störbeiträge ferngehalten werden, die aus dem PLL-Baustein kommen.

Bei den integrierten FM-Demodulatoren, die heutzutage üblich sind, hat man wenig Freiheitsgrade bei der Optimierung der Linearität. Wichtig ist, dass man die Spulengüte des Quadraturkreises so wählt, dass weder die NF-Ausbeute zu gering ist, noch der Demodulator zu hoch angesteuert wird. Ansonsten bleibt nur übrig, alle gängigen Chiptypen durchzuprobieren, bis man einen passenden Chip findet. In diesem Fall bin ich bei einem älteren Pager-IC fündig geworden, der neben seinen günstigen Demodulatoreigenschaften auch sonst sehr gut in das Schaltungskonzept passt.

Auch bei den ZF-Filtern waren einige Versuche nötig, bis eine passende Kombination gefunden war. In meiner Empfängerschaltung, die ich 1995 veröffentlicht hatte, war in der ersten ZF ein Keramikfilter für handelsübliche Stereo-Rundfunkempfänger eingesetzt. Dieses passt von seinen Impedanzen gut für den benutzten Empfängerschaltkreis. Bei ca. 220kHz Bandbreite ist auch die Gruppenlaufzeit kein Thema. Allerdings ist die Unterdrückung der zweiten Spiegelfrequenz 910kHz unterhalb der Empfangsfrequenz sehr schlecht. Die Alternative wäre ein Quarzfilter gewesen, das es inzwischen mit bis zu 40kHz Bandbreite gibt. Jedoch ist die Anpassung desselben nur mit einem gewissen Schaltungsaufwand und mit zwei schwierig zu justierenden Abgleichelementen möglich.

Bei einem fernöstlichen Hersteller habe ich dann ein Keramikfilter mit nur 70kHz Bandbreite gefunden, das bei der zweiten Spiegelfrequenz bereits 50dB Dämpfung besitzt. Das es ohne Abgleichelemente an den Empfängerbaustein passt, ist es das ideale Bauteil für die erste ZF.

Für die zweite ZF wird ebenfalls ein keramisches Filter verwendet, das mit 30kHz Bandbreite und seiner Gruppenlaufzeitoptimierung sehr gut für den Empfang von APT-Signalen geeignet ist.

Der Ergebnis der Bemühungen sieht man auf Bild 2. Es zeigt das Basisbandspektrum des Empfängers bei Empfang eines mit einem 1kHz-Ton modulierten FM-Trägers. Die Y-Achse ist mit 10dB/Div. skaliert, die X-Achse mit 1,25kHz/Div. Die Absenkung der Oberwellen beträgt 40dB oder mehr, dies entspricht einem Klirrfaktor von gut einem Prozent. Ein Rauschsockel ist kaum zu erkennen.



## Die Schaltung des Empfängers

Bild 4 zeigt den kompletten Schaltplan des Empfängers. Einige Schaltungsdetails sind in den vorangegangenen Kapiteln schon erwähnt worden. Bei dem Empfänger handelt es sich um einen Doppelsuper mit 10,7MHz und 450kHz Zwischenfrequenz. Die meisten Empfängerfunktionen sind in IC1 integriert. Eine rauscharme Vorstufe mit einem Dual-Gate-FET ist dem IC vorgeschaltet. Der PLL

Synthesizer besteht aus einem Transistor-VCO und dem PLL-Schaltkreis IC2.

Der Referenzquarz der PLL wird mit Hilfe einer Varicap gezogen. Auf diese Art wird die AFC realisiert. Eine AFC ist nötig, da die Sendefrequenz der Satelliten zwischen Auf- und Untergang auf Grund ihrer hohen Geschwindigkeit einer starke Dopplerverschiebung unterliegt. Ein Operationsverstärker vergleicht den Gleichspannungsanteil des Demodulatorausgangs mit einer Referenzspannung und stellt die Steuerspannung der Varicap entsprechend ein. So wird die Empfangsfrequenz innerhalb des Ziehbereiches auf wenige Hz genau nachgeregelt. Diese Schaltungsmassnahmen trägt beträchtlich zur Verbesserung der Bildqualität bei. Um so erstaunlicher ist es, dass nur wenige Empfängerkonzepte dem Rechnung tragen. Auch beim Einsatz eines Meteosatkonverters ist die AFC nützlich. Sie gleicht die temperaturbedingte Frequenzdrift des Konverters problemlos aus.

Hinter dem Demodulator sitzt ein Operationsverstärker, der als Tiefpassfilter beschaltet ist. Die maximale Bildfrequenz, die vom Satelliten kommt beträgt 4800Hz. Viele Programme, die mit Soundkarte arbeiten, tasten das Signal nur mit 11kHz statt der möglichen 44kHz ab, um den Rechenaufwand im PC zu begrenzen. Dabei kann es zu Problemen durch Unterabtastung kommen, wenn Signalanteile auf dem NF-Signal vorhanden sind, die oberhalb von 5500Hz liegen. Dies wird durch das Filter verhindert.

Als sehr nützlich hat sich die Feldstärkeanzeige erwiesen. Sie besteht aus vier Leuchtdioden, die von einem 4-fach Komparator angesteuert werden. Seine Eingangsspannung erhält er vom RSSI-Signal. Für jeweils 10dB mehr Eingangspegel leuchtet eine mehr LED auf, der Anzeigebereich reicht von -120dBm bis -90dBm.

Die Steuerung des Empfängers erfolgt über einen Microcontroller. Dieser programmiert den PLL-Baustein, steuert die LEDs für die Kanalanzeige und entscheidet an Hand des RSSI-Pegel, welche Antenne das bessere Signal liefert. Daneben bedient er die serielle Schnittstelle, über die der Empfänger gesteuert werden kann. Mehr zu der Bedienung steht im Kapitel „Benutzerschnittstelle“.

Die gesamte Schaltung wird von einem Low-drop-Spannungsregler mit 4,5V Betriebsspannung versorgt. Die zulässige Betriebsspannung liegt zwischen 5 und 12V. Damit erreicht man eine sehr hohe Flexibilität bezüglich möglicher Spannungsquellen. Der Stromverbrauch beträgt maximal 50mA.

## **Aufbau..**

Bild 5 zeigt Layout und Bestückungsplan. Als erstes fallen die grossen gedruckten Spulen auf. Wenn man genug Platz auf der Platine hat, sind diese „Bauteile“ dank ihrer guten Reproduzierbarkeit und der hohen Güte sehr gut für Oszillatorkreise oder Bandfilter geeignet.

Die Platine ist nahezu komplett mit SMD-Bauteile bestückt. Dem Nachteil der schlechten Bestückbarkeit von Hand stehen eine Menge Vorteile gegenüber. SMD-Komponenten benötigen wenig Platz, haben dank ihrer geringen Abmessungen sehr gute HF-Eigenschaften und vor allem sie sind *verfügbar*. Besonders der letzte Punkt lässt dem Entwickler heute kaum noch eine andere Wahl als auf SMD-Komponenten zurückzugreifen. Es gibt praktisch kein modernes Bauteil mehr, ob IC oder diskreter Halbleiter, der noch in einem bedrahteten Gehäuse angeboten wird. Dies bedeutet mittelfristig wahrscheinlich das Ende der konventionellen Bastelei. Ein Stereomikroskop wird demnächst wohl ebenso zum Standardwerkzeug des Elektronikbastlers gehören, wie bisher Lötkolben und Oszillograph.

Im Übrigen gibt es bei der Bestückung keine Besonderheiten zu beachten. Eine Beschreibung, wie man SMD-Bauteile bestückt, würde den Rahmen dieses Textes sprengen [3]. Die Platine passt in ein Standardgehäuse für halbe Europakarten (Bild 3). Es ist bei Abmessungen von 113x84x32mm sehr kompakt.

## **..und Abgleich**

Der Abgleich ist einfach. Zuerst steckt man den Jumper J2 in die rechte Position (zum Trimmer R1). Damit wird die AFC vorerst abgeschaltet. Dann stellt man mit R1 die Referenzfrequenz auf genau 10,245MHz ein. Gemessen wird am besten an Pin 6 von IC1 (MP1), da das Signal hier zum Oszillator einigermaßen gut entkoppelt ist.

Man drückt nun so oft auf den Taster S1 bis die dritte LED (D10) leuchtet. Am Punkt MP2 muss eine Spannung von 1...1,5V anliegen. Mit einem Signalgenerator gibt man ein Signal von 137.5MHz und -90dBm Pegel auf den Antenneneingang. Auf welchen der beiden ist egal, die Software schaltet den richtigen durch. An den Pin 12 von IC 1 schliesst man ein Voltmeter an (MP4). Mit den drei Trimmern C2, C3 und C46 wird wechselweise das RSSI Signal auf Maximum eingestellt.

Im nächsten Schritt wird das Signal des Messenders mit einem 1kHz Sinussignal bei 8kHz Hub moduliert. Der Trimmer C4 wird auf maximale NF-Ausgangsspannung (gemessen an MP5) eingestellt. Wer eine Möglichkeit zur Messung des Klirrfaktors hat, sollte besser auf minimale Verzerrungen abgleichen.

Nun wird der Eingangspegel auf -50dBm erhöht und der Jumper J2 auf die linke Position gesteckt. An Messpunkt MP3 wird eine Frequenzzähler angeschlossen und mit dem Trimmer R1 wird eine Frequenz von 450kHz eingestellt. Damit ist die AFC betriebsbereit.

Zum Schluss gibt man einen Eingangspegel von -120dBm auf die Antenne und justiert den Trimmer R48 so, dass die erste S-Meter LED gerade leuchtet. Wenn man jetzt den Pegel des Generators in 10dB Schritten erhöht, muss eine nach der anderen LED aufleuchten.

Damit ist der Abgleich beendet.

## **Die Benutzerschnittstelle**

### *Wahl der Empfangsfrequenz*

Der Empfänger besitzt sechs programmierbare Speicherkanäle. Die Kanäle 1 bis 5 sind mit den derzeit verwendeten Satellitenfrequenzen belegt. Kanal 6 ist für den Empfang mit einem Meteosatkonverter gedacht. Die Kanäle sind mit folgenden Frequenzen vorbelegt:

Kanal 1:	137,300 MHz
Kanal 2:	137,400 MHz
Kanal 3:	137,500 MHz
Kanal 4:	137,620 MHz
Kanal 5:	137,850 MHz
Kanal 6:	134,000 MHz

Durch Drücken auf den Taster S1 wird zyklisch von einem zum nächsten Kanal weitergeschaltet. Es leuchtet die jeweils zugehörige LED auf.

Drückt man den Taster für länger als 2 Sekunden, fängt der Empfänger an, die Kanäle 1 bis 5 durchzuscanen. Findet er ein Signal, das stark genug ist, bleibt er so lange stehen, wie das Signal vorhanden ist. Verschwindet es, arbeitet der Suchlauf nach einigen Sekunden Latenzzeit weiter. Der Suchlauf wird durch kurzes Drücken auf den Taster beendet.

### Anzeige der Signalstärke

Auf der Frontplatte des Empfängers befinden sich vier LEDs, die die Stärke des Empfangssignals anzeigen. Hierbei gilt folgende Zuordnung:

LED	Eingangsleistung	Äquiv. Spannung
1	-120 dBm	0,22 $\mu$ V
2	-110 dBm	0,71 $\mu$ V
3	-100 dBm	2,2 $\mu$ V
4	-90 dBm	7,1 $\mu$ V

Ab -110dBm, also wenn die zweiten LED leuchtet, liefert der Empfänger praktisch rauschfreie Bilder. Kriterium für das Anhalten des Suchlaufs ist das Leuchten der ersten LED. Mit dieser Signalstärke beträgt das SNR etwa 20dB und reicht aus, dass die meisten Dekoder das Bild verarbeiten können.

### Stromversorgung aus dem PC

Mitunter ist es unpraktisch, den Empfänger aus einem separaten Netzteil zu betreiben. In diesem Fall kann man die Betriebsspannung aus dem PC beziehen, sofern dieser einen Game-Port oder eine Midi-Schnittstelle besitzt. Die meisten gängigen Soundkarten besitzen eine solche. Man benötigt hierzu ein 2-adriges Kabel, das auf der Empfängerseite einen DIN-Hohlstecker und auf der PC-Seite einen 15-poligen SUB-D Stecker besitzt. Es gilt folgende Belegung:

Leitung	Hohlstecker	Midi/Game-Port
Plus	Innenleiter	Pin 1
Minus	Aussenleiter	Pin 4, 5 und 8

Achtung, der Empfänger besitzt keinen Verpolungsschutz. Vertauscht man plus und Minus wird das Gerät zerstört.

### Serielle Schnittstelle

Über die serielle Schnittstelle ist es möglich, die Kanäle mit Frequenzen nach Wunsch zu belegen. In der Regel wird das nicht nötig sein, da zur Zeit keine anderen Frequenzen als die bereits gespeicherten für Wettersatellitenempfang verwendet werden.

Zur Eingabe ist kein spezielles Programm nötig, jedes Terminalprogramm (z.B. *HYPERTERM*, das bei Windows 98 standardmäßig beigelegt ist) ist geeignet. Die Baudrate ist 1200Bd, 8 Datenbits, ein oder zwei Stopbit, kein Parity, kein Protokoll. Man benötigt zum Anschluss ein eins-zu-eins RS232-Kabel, ein Nullmodemkabel ist nicht geeignet. Zur Kontrolle, ob die Verbindung zwischen PC und Empfänger in Ordnung ist, muss man nur ein paar Zeichen auf der Tastatur tippen. Sie sollten dann auf dem Bildschirm erscheinen. Das lokale Echo des Terminalprogramms muss dafür natürlich abgeschaltet sein.

Mit der Sequenz Cxyyy wird die Frequenz eingestellt. Dabei bedeutet C das grosse C auf der Tastatur (ASCII Code 43h), x ist die Kanalnummer und yyy die Frequenz. Die Kanalnummer kann

die Werte 0 bis 6 annehmen. 1 bis 6 bezieht sich auf die sechs Speicherplätze der Empfänger. Kanal 0 dient zur direkten Einstellung der Frequenz ohne Umweg über die Speicher. yyy ist die Frequenz ab der 1MHz-Stelle mit 10kHz Auflösung, d.h. 750 bedeutet 137,500 MHz, 782 ist 137,820MHz. Abgeschlossen wird die Eingabe mit Return. Eine Fehlerkorrektur mit Backspace ist nicht möglich. Bei einem Tippfehler, gibt man einfach Return ein und beginnt neu.

Gibt man M ein, so wird der Inhalt des Frequenzspeichers als Kanalnummer in hexadezimaler Notation ausgegeben.

Auf der Eingabe von R antwortet der Empfänger mit dem aktuell gemessenen RSSI-Wert. Der Wertebereich geht von ca. 30 ohne Signal bis ca. 100 bei „Vollanschlag“.

Solange der PC angeschlossen ist, ist keine Kanalwahl über den Taster auf der Frontplatte möglich.

### *Diversity*

Die zwei mittleren LEDs zeigen an, welcher Antennenanschluss aktiv ist. Wenn kein Signal vorhanden ist wechseln beide Eingänge gleichmässig ab. Sobald ein Signal ansteht, wird der Eingang mit der besseren Feldstärke eingeschaltet. Steckt der Jumper JP3 auf der linken Position der Stiftleiste ist die Antennendiversity abgeschaltet und Antenne 1 ist aktiv. Ist der Jumper JP3 gar nicht gesteckt wird nur Antenne2 benutzt. Nur in der rechten Jumperposition ist die Diversityschaltung in Betrieb.

## **Das Innere des Gerätes**

### *Fernspeisung*

Wenn man z.B. einen Meteosat-Konverter anschliessen möchte, der über das Koaxkabel ferngespeist wird, so muss die Fernspeisung des Empfängers aktiviert werden. Direkt zwischen BNC- und Audio-Buchse findet man die Stiftleiste JP1. Wenn diese gebrückt wird, liegt auf dem Innenleiter der Koaxbuchse die unregelmässige Versorgungsspannung an. Der maximale Strom darf 100mA nicht übersteigen. Bei Verwendung der Fernspeisung muss die Diversity abgeschaltet sein, da nur Antenne 1 versorgt wird.

## **Anschluss einer Antenne**

Der Empfänger besitzt zwei BNC-Anschlüsse für Antennen mit 50Ω Impedanz. Da die Satelliten im 137MHz-Band arbeiten sind im Prinzip alle 2m-Antennen geeignet. Um zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten sollte man jedoch ein paar Dinge beachten.

Die Satelliten befinden sich in einer relativ niedrigen Umlaufbahn um die Erde, sie haben daher einigermassen kräftige Signale, eine Richtantenne ist somit überflüssig (s. Kapitel Kanalmodell). Da die Satelliten an einem Horizont auf- und am anderen untergehen, erhält man die besten Bilder, wenn die Antenne möglichst hoch und frei aufgestellt ist. Häuser oder gar Berge schirmen das Signal ab. Die Satelliten strahlen ein zirkular polarisiertes Signal ab. Verwendet man für den Empfang eine linear polarisierte Antenne, z.B. Dipol oder Groundplane Antenne, so kann es im Laufe des Überfluges hin und wieder zu Rauscheinbrüchen des Signals kommen. Dies wird durch Einsatz einer zweiten Diversity-Antenne weitgehend vermieden. Zirkular polarisierte Antennen (z.B. Turnstile Antennen) sind vergleichsweise gross und teuer, bringen aber ab einer gewissen Elevation sehr gute Pegel.

Eine gewisse Beachtung sollte man der Antennenzuleitung schenken. Das Kabel solle nicht zu dünn und nicht zu lang sein. Günstig für Längen bis 20m ist RG58, bis 60m kann man RG213 nehmen.



Bei noch längeren Zuleitungen ist ein Vorverstärker direkt an der Antenne empfehlenswert, um optimalen Empfang zu sicherzustellen. Der Verstärker sollte aber nicht mehr Verstärkung als nötig haben (10..12dB), sonst verschlechtert sich das Grossignalverhalten des Gerätes. Fernspeisung über das Antennenkabel ist mit dem Empfänger möglich (s.o.).

### Technische Daten

Frequenzbereich	134 ... 139,990 MHz
Kanalraster	10kHz
Speicherkanäle	6, davon 5 scannbar
Empfindlichkeit	0,22 $\mu$ V bei 20dB S/S+N (SINAD/CCITT)
ZF-Bandbreite	30kHz
NF-Frequenzgang	50Hz ... 5000Hz
Klirrfaktor	1% bei 1kHz und 8kHz Hub
AFC-Ziehbereich	$\pm$ 9kHz
NF-Ausgangsspannung	1V <sub>eff</sub> an 600 Ohm
Stromversorgung	5 – 12V, max. 50mA
Abmessungen der Platine	100x80mm

Bedienungselemente	Taster zur Kanalwahl LED-Zeile zur Feldstärkenanzeige Kanalanzeige
--------------------	--

Schnittstellen	2x Antenne (50 $\Omega$ ,BNC) NF-Ausgang Versorgungsspannung RS232 Anschluss
----------------	---

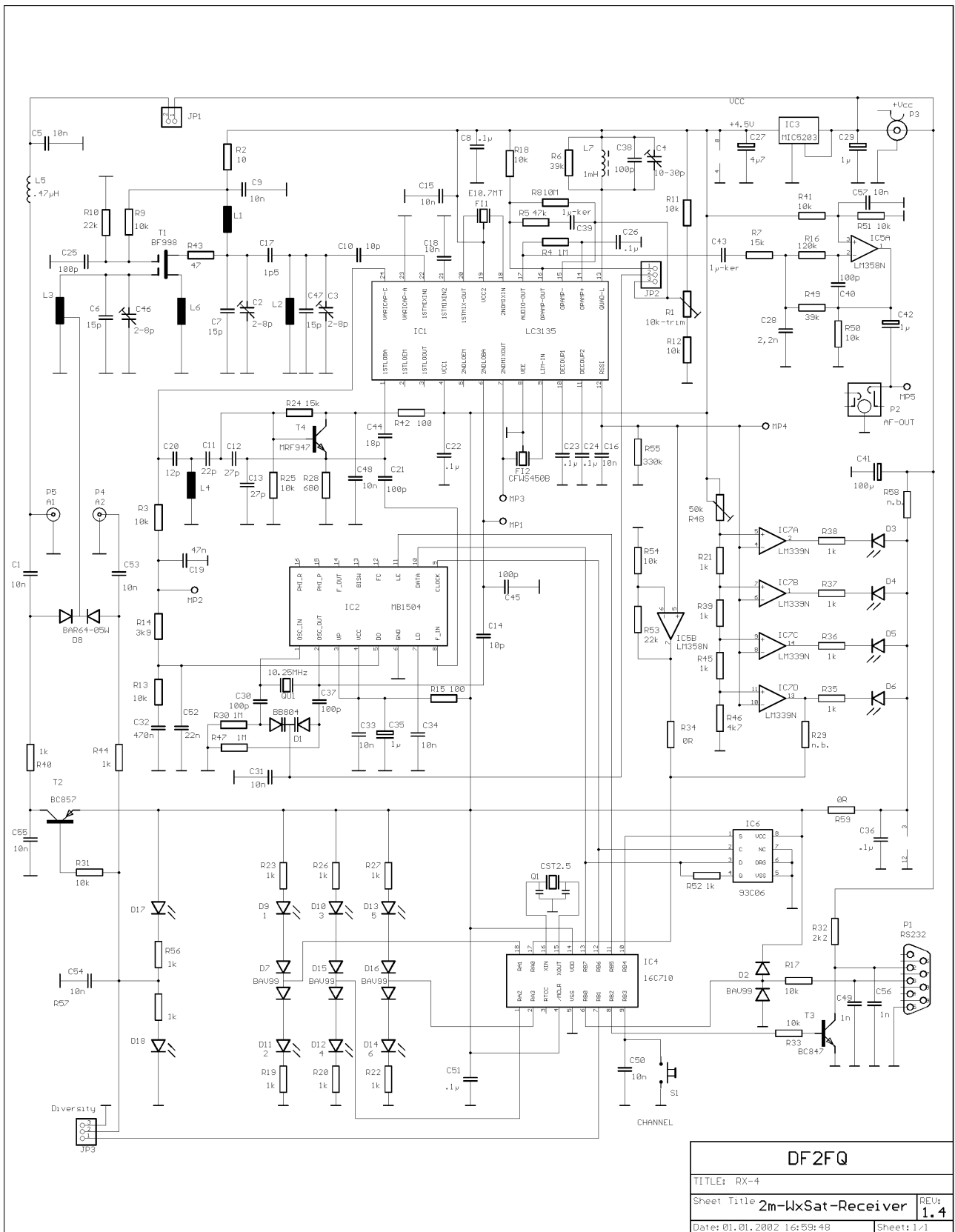
### Nachwort

Es wird von dem Empfänger keinen kompletten Bausatz geben. Der Aufbau ist wegen der vielen SMD-Bauteile sehr schwierig und nur geübten Spezialisten zu empfehlen. Ein Bausatz aus SMD-Bauteilen zusammenzustellen übersteigt darüberhinaus meine logistischen Kapazitäten, denn da die meisten Teile keinen Wertaufdruck haben, muss jedes in ein Tütchen gesteckt und beschriftet werden. Je nach Nachfrage, werde ich jedoch Teilbausätze mit Leiterplatte und den schwer erhältlichen Spezialteilen zusammenstellen. Bei genügender Nachfrage, werde ich auch Platinen bestücken lassen und als fertige Empfänger zur Verfügung stellen. Das Leiterplattenlayout im PDF-Format und programmierte PIC-Controller sind auf Anfrage erhältlich.

Die hier veröffentlichte Schaltung darf von jedermann zur privaten Nutzung nachgebaut werden. Jede kommerzielle Verwertung, auch von Teilen der Schaltung, bedarf meiner Genehmigung. Für Schäden, die aus der Nutzung oder dem Nachbau der Schaltung entstehen, übernehme ich keine Haftung.

Die Schaltung erfüllt bei sachgerechtem Aufbau alle Anforderungen der europäischen Bestimmungen für elektromagnetische Verträglichkeit EN 55022, soweit sie hier anwendbar sind. Jedoch ist das Gerät nicht behördlich nach einer dieser Vorschriften zertifiziert.

Für Fragen, Kritik und Anregungen bin ich über Paket Radio ([df2fq@db0pv](mailto:df2fq@db0pv)) oder E-Mail ([df2fq@amsat.org](mailto:df2fq@amsat.org)) erreichbar. Informationen zu dem Gerät kann man in Kürze auch auf meiner Internetpage [www.df2fq.de](http://www.df2fq.de) finden.



<b>DF2FQ</b>	
TITLE: RX-4	
Sheet Title	2m-WxSat-Receiver
Date: 01.01.2002 16:59:48	REV: 1.4
Sheet: 1/1	

Bild 4, Schaltbild

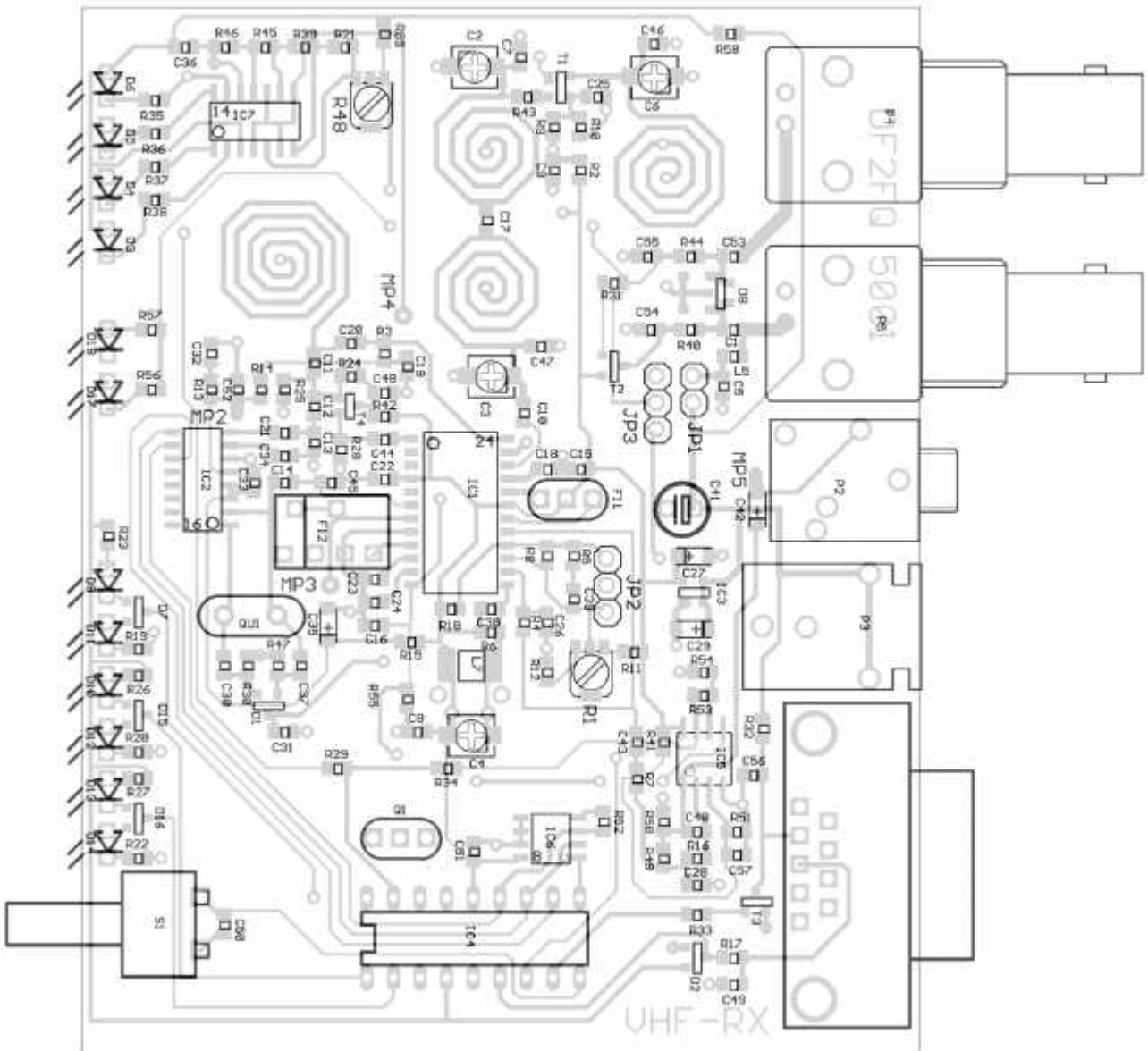


Bild 5, Leiterplatte



Bild 3, Foto des Empfängers im Gehäuse

HE, 06.01.02