

# Voraussetzungen für den Funkbetrieb über Satelliten.

## Inhaltsverzeichnis:

Mein Weg zum Satellitenfunk.....	1
Meine Lage und Antennen .....	2
Satelliten für erste Versuche .....	3
Voraussetzungen für den Empfang – Zeiten der Hörbarkeiten.....	4
Antennen .....	4
Antennenvorverstärker.....	4
Antennennachführung - Rotoren .....	5
Frequenzverschiebung durch Dopplereffekt .....	5
Geschwindigkeit .....	5
Dopplereffekt .....	5
Verlauf des Dopplereffekts .....	6
Die CAT-Steuerung.....	7
Geeignete Transceiver.....	7
Computersoftware .....	8
Schlusswort .....	8

## Mein Weg zum Satellitenfunk

Der Amateurfunk hat viele Facetten, eine davon ist der Satellitenfunk. Ich hatte meine ersten Funkverbindungen über RS – Satelliten, 2m Uplink und 10m Downlink. Es klappte nur sehr schlecht, denn die Antennen waren nicht für den Satellitenfunk gebaut. Die 10m Antenne war ein einfacher Drahtdipol unter dem Dach und die Antenne für 2m war eine nicht elevierbare 10 Element auf einem Mast außerhalb des Daches. Das war in den 80er Jahren. Bedingt durch berufliches Engagement kamen einige Jahre Pause. Ab 1998 hatte ich wieder die Gelegenheit, mich mehr mit dem Hobby zu beschäftigen. Neben dem Amateurfunk war und ist die Erstellung von Computerprogrammen eines meiner Interessengebiete. Obwohl es viele Programme zur Berechnung von Satellitenbahnen gab, hatte ich mich entschlossen, ein eigenes zu entwickeln. Ich arbeitete mich in die Programmiersprache Delphi ein und begann mit der Entwicklung von HalloSat, denn für Windows gab es zu diesem Zeitpunkt nur wenige Programme, die außerdem meine Anforderungen an die Software nur unzureichend erfüllten.

Im Laufe der Jahre wurde HalloSat weiter entwickelt und auch der Transceiver und die Antennen wurden angepasst. Ich habe ein Interface zur Steuerung der Antennen entwickelt und den Transceiver per CAT gesteuert. Beide Automatisierungen bringen unschätzbare Vorteile beim Funkbetrieb über erdnahe Satelliten. Eines hat sich allerdings nur gering geändert: Beide Antennen stehen jetzt unter dem Dach, eine für 2m, eine für 70cm. Auf den anderen Bändern bin ich nicht QRV. Funktechnisch haben die Antennen unter dem Dach erhebliche Nachteile, für Experimente ist es jedoch von Vorteil, denn es ermöglicht Änderungen auch im Winter oder nachts, wenn man bereits im Schlafanzug ist. ☺

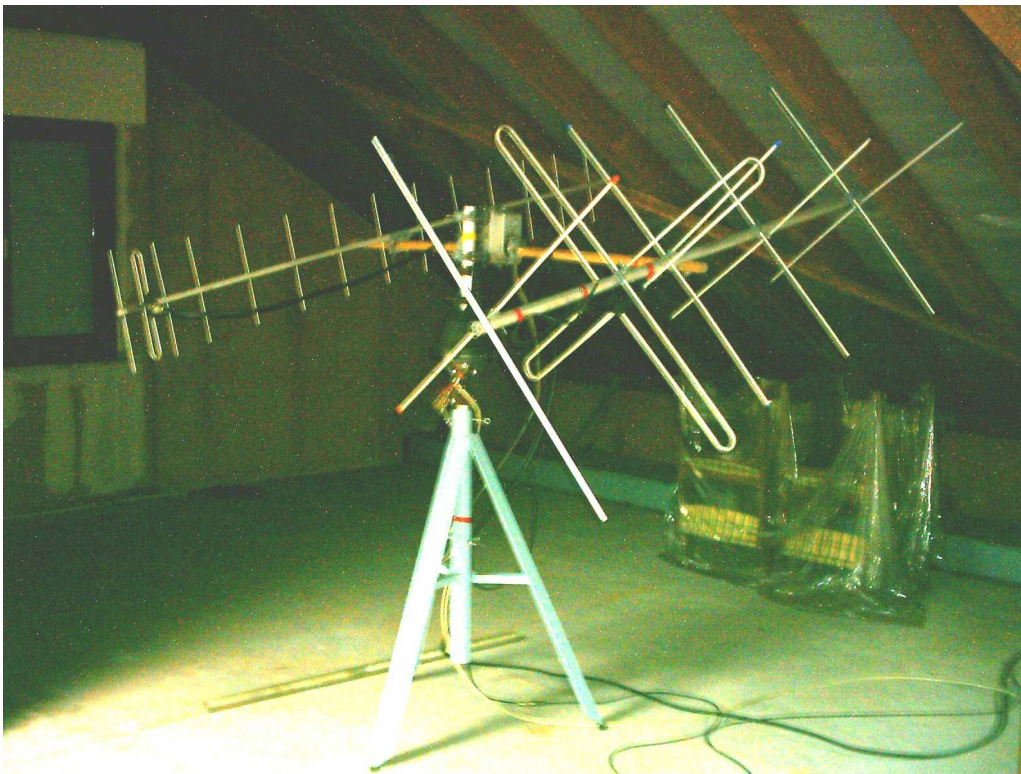
## **Meine Lage und Antennen**

Abbildung 1 zeigt eine Luftaufnahme auf meinen Wohnsitz und das Wohnumfeld. Die hohen Häuser im Umfeld beeinträchtigen den Wohnwert nicht, nur funktechnisch ergibt sich ein Problem.



**Abbildung 1**

Rund um mein Haus ist alles ein wenig höher. Um über die höchste Bebauung zu schauen, müsste ein Mast eine Höhe von ca. 25 Metern haben. Für den Satellitenbetrieb bedeutet das, dass eine Elevation unter 10 bis 15 Grad nicht erreichbar ist. Also blieb es bis jetzt bei einer Antenne unter dem Dach.



**Abbildung 2**

Abbildung 2 zeigt meine Antenne. Sie besteht aus einer 14 Element vertikal für 70cm und einer 2\*5Element Kreuzyagi für 2m. Die Rotoren, System YAESU G-5500, können die Antenne Azimut 0 bis 450 Grad und Elevation 0 bis 180 Grad schwenken. Der Standort der Antennen und die Antennenlänge wurden so gewählt, dass dieser Schwenkbereich möglich ist, ohne dass die Antennen mit dem Dachgebälk kollidieren. Anfangs habe ich die Antennenbewegung per Videokamera überwacht, um rechtzeitig eine mögliche Kollision mit dem Kamin oder den Dachstreben zu erkennen. Inzwischen weiss ich, dass alle Bewegungen der Antennen möglich sind, wenn auch zum Teil nur so gerade eben. Unter dem Dach eines Einfamilienhauses ist der Platz nur sehr gering.

### **Satelliten für erste Versuche**

Über den aktuellen Stand informiert die Homepage von Thomas Frey, HB9SKA,

<http://home.datacomm.ch/th.frey/oscar.htm>

Die Seite <http://www.mike-rupprecht.de/afu/satellit.html> von Mike Rupprecht ist ebenfalls sehr informativ.

Hier eine unvollständige Kurzübersicht:

**LO-19** sendet CW auf der Frequenz 437,126 MHz im Minutentakt für jeweils ca. 15 Sekunden. Die Sendeleistung beträgt 1 Watt. Die Signale sind sehr gut hörbar. Der Satellit eignet sich sehr gut für erste Empfangsversuche.

**AO-16** sendet Manchester FSK – PR auf der Frequenz 437,027 MHz. Der Satellit eignet sich ebenfalls sehr gut für erste Empfangsversuche (zuerst nur abhören des Signals). Mit einem üblichen TNC sind die Signale nicht dekodierbar.

**AO-51** ist ein Satellit mit diversen Funktionen und Ein- und Ausgabefrequenzen. Hauptbetriebsart ist FM – Repeater mit der Ausgabefrequenz 435,300 MHz und der Eingabefrequenz 145,920 MHz. Für die eigene Sendung ist ein Unterton von 67 Hz erforderlich, ohne den es nur zu Störungen des Funkbetriebs über den Satelliten kommt.

**SO-50** ist ein FM – Repeater mit der Ausgabefrequenz 436,798 MHz und der Eingabefrequenz 145,848 MHz. Für die eigene Sendung ist ein Unterton von 67 Hz erforderlich, ohne den es nur zu Störungen des Funkbetriebs über den Satelliten kommt.

**AO-07** ist ein „steinalter“ SSB – Transponder. Da der Akku defekt ist, arbeitet der Satellit nur, wenn er im Sonnenlicht ist. Aus gleichem Grunde ist auch die Ausgabefrequenz sehr instabil. Trotzdem sind Phonie QSOs durchaus möglich. Der Ausgabefrequenzbereich des Transponders ist 145,925 bis 145,975 MHz (USB) der Eingabefrequenzbereich ist 432,122 bis 432,172 MHz (LSB). Es findet eine Seitenbandumkehr statt!

**FO-29** ist ein SSB – Transponder. Der Ausgabefrequenzbereich des Transponders ist 435,800 bis 435,900 MHz (USB) der Eingabefrequenzbereich ist 145,902 bis 146,002 MHz (LSB). Es findet eine Seitenbandumkehr statt! Teilweise ist ein sehr starkes Fading vorhanden.

Neben den hier aufgeführten gibt es noch eine Reihe weiterer funktionsfähiger Satelliten. Für erste Versuche ist diese Aufstellung sicher sehr hilfreich.

## **Voraussetzungen für den Empfang – Zeiten der Hörbarkeiten.**

Um einen Satelliten hören zu können, benötigt man als erstes die Auf- und Untergangszeiten des gewünschten Satelliten. Es gibt hier inzwischen eine Vielzahl von Programmen, die diese Zeiten berechnen und auch die aktuellen Antennenwinkel angeben. Werden Antennen- und Transceivereinstellungen manuell vorgenommen, dann sind sicher alle diese Berechnungen hinreichend genau. Zu beachten ist, dass einige Programme alle Zeiten in UTC ausweisen, im Zeitalter von Windows sollte die Zeitanzeige jedoch in der Zeit erfolgen, auf die das Betriebssystem eingestellt ist. Das macht ein Umdenken für den Benutzer überflüssig. Ein Programm, das diese Bedingung nicht erfüllt würde ich schnellstens in die ewigen Jagdgründe verbannen.

## **Antennen**

Es ist nichts Neues, wenn ich hier sage, dass für jeden Frequenzbereich eine eigene Antenne erforderlich ist. Für das 13 cm Band empfiehlt sich die Verwendung ein Spiegel. Für die etwas langwelligeren Bänder geht es mit Yagi – Antennen recht gut. Erste Versuche im 2 m oder 70 cm Band lassen sich auch mit einer Groundplane oder anderen rundstrahlenden Antennen durchführen. Die Grenzen dieser Antennen werden aber sicher sehr schnell erkannt, denn ein QSO wird sich mit rundstrahlenden Antennen nur unter günstigsten Bedingungen abwickeln lassen. Der Einsatz von Richtantennen ist also erforderlich, wenn sichere Verbindungen via Satellit hergestellt werden sollen. Grundsätzlich sind horizontal oder vertikal polarisierte Antennen verwendbar, empfehlenswert ist jedoch eine zirkulare Polarisation. Allgemein ist hier die rechtsdrehende Polarisation angeraten, es gibt aber auch Einzelfälle, bei denen eine linksdrehende Polarisation anzuraten ist. Wer es testen will, wird sich die Möglichkeit der Umschaltung der Polarisations Ebenen schaffen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass jedes zusätzliche Element in der Antennenleitung auch Verluste bringt. Meine Erfahrung: Rechtsdrehende Polarisation oder vertikale Polarisation.

Für die genannte zirkulare Polarisation kommen Kreuzyagis oder Helix Antennen in Betracht. Sicher gibt es hier auch sehr unterschiedliche Erfahrungen. Meine Versuche mit einer Helix Antenne ergaben extrem schlechte Werte im Vergleich zu einer gleich langen vertikal polarisierten Antenne. Andere OMs haben sicher auch andere Erfahrungen gemacht.

Nun kommt noch die Frage nach dem Antennengewinn. Grundsätzlich gilt, je mehr Gewinn, umso besser sind die Signale. Mehr Gewinn bedeutet auch längere Antennen oder Antennengruppen. Nur beachte: Je mehr Gewinn die Antenne bringt um so genauer muss sie ausgerichtet werden! ***Es ist ein weit verbreiteter Irrtum, dass eine Antenne mit hohem Gewinn nicht so genau ausgerichtet werden muss!*** Je mehr Gewinn eine Antenne bringen kann, umso kleiner ist ihr Öffnungswinkel, sowohl horizontal als auch vertikal! Dies macht eine genaue Positionierung erforderlich, sonst wäre es besser, gleich eine Antenne mit geringerem Gewinn zu benutzen.

## **Antennenvorverstärker**

Ein Thema, dass immer wieder zu heißen Diskussionen führt. Sicher ist, wo nur Rauschen ist, kann auch kein Verstärker ein Nutzsignal herausfiltern. Sind die Empfängereigenschaften sehr gut, dann kann der Vorverstärker nur die Kabelverluste ausgleichen. Das setzt voraus, dass der Vorverstärker so dicht wie möglich an der Antenne angebracht ist. Ein Vorverstärker direkt am Empfänger ist nach meinen Messungen und Praxistests nur ein S-Meter Tuner; sonst bringt er NICHTS! Es gibt aber OMs, die darauf schwören.

## ***Antennennachführung - Rotoren***

Bei der Verwendung von Richtantennen ist eine motorische Nachführung unumgänglich. Der Antennenrotor muss die Nachführung in horizontaler (Azimut) und vertikaler (Elevation) Richtung gestatten. Hier gibt es diverse Angebote auf dem Markt. Ich empfehle bei der Auswahl der Rotoren darauf zu achten, dass eine Fernsteuerung per Computer möglich ist. Bei den Rotoren KR-5400, KR-5500 und KR-5600 von Yaesu (vormals G-5xxx von Kenpro) ist das optimal gelöst, die haben gleich eine Fernsteuerbuchse mit allen erforderlichen Anschlüssen. Bei den einfachen Rotoren (z.B. KR-400, KR-500 und KR-600) kann eine Fernsteuerung sehr einfach nachgerüstet werden. Anders sieht es aus, wenn das Rotorsteuergerät mit einer 360° Anzeige ausgerüstet ist. Bei diesen Rotoren ist meistens eine komplexe Elektronik eingebaut, die die motorische Nachführung der Anzeige unter Zuhilfenahme einer Brückenschaltung steuert. Bei diesen Geräten ist die Nachrüstung einer Fernbedienung in vielen Fällen nur sehr schwierig möglich, denn der Zusammenhang zwischen dem Drehwinkel der Antenne und der Spannung ist nicht linear proportional. Dieser nichtlineare Zusammenhang ist darin begründet, dass das Meldepotentiometer im Rotor nicht als Potentiometer sondern als verstellbarer Widerstand geschaltet ist (erkennbar daran, dass ein Anschluss des Potentiometers nicht beschaltet ist). Vor der Anschaffung eines solchen Rotors empfehle ich, Kontakt mit dem Hersteller der gewünschten Rotorfernbedienung aufzunehmen und das Problem zu besprechen.

## ***Frequenzverschiebung durch Dopplereffekt***

### ***Geschwindigkeit***

Geschwindigkeit ist eine Größe, die die Bewegung zweier Objekte zueinander als Abstandsänderung pro Zeit definiert. Beispiel: Ich sitze in einem Zug, der mit einer Geschwindigkeit von 130 km/h über den Schienenstrang fährt. Auf einem parallel laufenden Schienenstrang überholt ein Zug, der mit einer Geschwindigkeit von 140 km/h fährt. Als Insasse des ersten Zuges nehme ich den vorbeifahrenden Zug mit einer Geschwindigkeit von 10 km/h wahr. Der überholende Zug bewegt sich also mit 10 km/h an meinem Standort vorbei. ***In den folgenden Erklärungen gehe ich immer von der Geschwindigkeit des Satelliten bezogen auf meinen Standort aus, in dem Beispiel wären das also die 10 km/h.***

### ***Dopplereffekt***

Ich stehe dicht an einer Landstraße und höre auf die vorbeifahrenden Automobile. Ein ankommendes Auto höre ich mit einem bestimmten Frequenzspektrum, das sich je nach Entfernung zu mir in seiner Frequenz nach unten bewegt. Im Moment des Vorbeifahrens kommt es dabei fast zu einem Frequenzsprung nach unten. Im weiteren Verlauf ändert sich die Frequenz weiter langsam nach unten.

Im zweiten Fall stelle ich mich auf einen Acker, etwa 300 m von der Landstraße entfernt und beobachte wieder den Verlauf des Geräusches. Jetzt bemerke ich, dass die Höhe des Frequenzspektrums sich vom Beginn der Hörbarkeit bis zum Ende nahezu kontinuierlich nach unten bewegt.

Diese beobachtete Frequenzänderung beruht auf dem Dopplereffekt. Die Frequenzänderung ist abhängig von der Übertragungsgeschwindigkeit (hier Schall in Luft) und von der Geschwindigkeit der beiden Objekte zueinander (hier Auto gegenüber Beobachter).

Der Satellit überträgt keine Schallsignale sondern Funksignale. Der Unterschied ist nur sehr gering, Schallsignale bewegen sich in Luft mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 km/sec, Funksignale mit etwa 300 000 km/sec. Der Unterschied ist „nur“ Faktor 3 000 000 oder 3 \*

10<sup>6</sup>. Es ist aber zu beachten, dass erdnahe Satelliten eine deutlich höhere Geschwindigkeit haben als ein Automobil. Hier sind Geschwindigkeiten um 30 000 km/h normal.

Nehmen wir als Beispiel mal die 30 000 km/h (oder 8,3 km/sec) und eine Übertragungsfrequenz von 450 MHz (70 cm Band). Das entspricht einem Verhältnis von Lichtgeschwindigkeit zu Bewegungsgeschwindigkeit von 300 000 km/sec / 8,3 km/sec = 36 000. Dividiert man jetzt die Übertragungsfrequenz durch diesen Wert, bekommt man als Ergebnis den Wert der Frequenzänderung, also 450 MHz / 36 000 = 0,0125 MHz oder 12,5 kHz. Hier einige realitätsnahe Werte für die Frequenzverschiebung durch den Dopplereffekt:

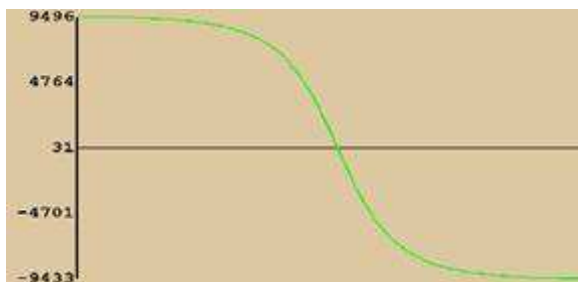
Frequenz (Bereich)	Abweichung bei Beginn der Hörbarkeit	Abweichung bei Ende der Hörbarkeit	Änderung gesamt	Frequenzkorrektur ist bei MODE .... erforderlich
145 MHz (2m)	3,3 kHz	-3,3 kHz	6,6 kHz	CW, SSB
435 MHz (70cm)	10 kHz	-10 kHz	20 kHz	CW, SSB, FM
1270 MHz (23 cm)	29 kHz	-29 kHz	58 kHz	CW, SSB, FM
2400 MHz (13 cm)	55 kHz	-55 kHz	110 kHz	CW, SSB, FM

Diese Werte dienen der Orientierung und gelten nicht für jeden Satelliten und auch nicht für jeden Überflug, **aber sie sind sehr realitätsnah!**

Bei den in der letzten Spalte aufgeführten Betriebsarten ist eine Frequenzkorrektur am Empfänger / Sender zwingend erforderlich, wenn während der gesamten Hörbarkeitsphase eine Verbindung über den Satelliten getätigt werden soll.

### **Verlauf des Dopplereffekts**

Die Größenordnung der Frequenzänderung wurde im letzten Kapitel dargestellt. Jetzt soll erläutert werden, wie sich die Frequenzen im Verlauf der Hörbarkeit ändern.



**Abbildung 3**



**Abbildung 4**

Die Abbildungen zeigen die Frequenzveränderung auf der Downlinkstrecke bei einem Überflug, Abbildung 3 bei einer maximalen Elevation von 82°, Abbildung 4 bei einer maximalen Elevation von 8°. Es ist also keinesfalls von einem linearen Verlauf der Frequenzänderung auszugehen. Bei größerer maximaler Elevation ist die Frequenzänderung zu Beginn und am Ende der Hörbarkeit gering, in der Mitte aber sehr intensiv. Je kleiner die maximale Elevation ist, umso mehr nähert sich die Frequenzänderung einem linearen Verlauf an.

Die Vorausberechnung ist mit den heute üblichen PCs und entsprechenden Algorithmen zeitnah möglich.

## **Die CAT-Steuerung**

CAT heißt **C**omputer **A**dded **T**ransceiver oder zu Deutsch rechnergestützte Funkgerätesteuerung. Funkgeräte, die einen Fernsteueranschluss haben, können von einem Rechner gesteuert werden. Bei Verwendung solcher Geräte ist es möglich, zu Beginn einer Hörbarkeitsphase das Funkgerät – oder die Funkgeräte - auf die richtigen Frequenzen und Betriebsarten zu programmieren. Im Idealfall geschieht das durch einfachen Mausklick auf eine Taste auf dem Bildschirm. Im weiteren Verlauf der Satellitenhörbarkeit wird dann auch der Dopplereffekt ausgeglichen. Bei einer optimalen CAT-Steuerung wird also der Operator von dem Dopplereffekt nicht mehr viel merken, denn die Frequenzen seiner Funkgeräte werden sowohl empfangsseitig als auch sendeseitig permanent korrigiert.

Das hört sich jetzt sehr gut an, ist aber leider nicht mit allen fernsteuerbaren Funkgeräten und auch nicht in allen Gerätekombinationen realisierbar, oder nur sehr eingeschränkt machbar. Hier einige Hinweise zu den 3 führenden Funkgeräteherstellern:

Bei **ICOM** sind die Fernsteuerbefehle durchgängig für alle Geräte. Der Umfang dieser Befehle ist zwar unterschiedlich, aber ein nichtunterstützter Fernsteuerbefehl wird einfach nur ignoriert. Hier ist es möglich, alle Geräte mit 2 Treiberprogrammen zu unterstützen, denn die Geräte IC-820, IC-821 und IC-910 müssen vom Befehlsablauf anders gesteuert werden als alle anderen Geräte dieses Herstellers. Grundsätzlich ist aber die Fernsteuerung kein Problem. Über eine serielle Schnittstelle können gleichzeitig bis zu 4 Geräte gesteuert werden.

Bei **KENWOOD** ist es schon deutlich komplexer. Die Fernsteuerbefehle unterscheiden sich von Gerät zu Gerät, wenn auch nur geringfügig, aber das setzt angepasste Treiber voraus. Die Steuerung mehrerer Geräte über eine gemeinsame Schnittstelle ist nicht möglich.

Bei **YAESU** sind die Fernsteuerbefehle von Gerät zu Gerät deutlich unterschiedlich. Bei einigen Geräten sind auch Wartezeiten zwischen den einzelnen Zeichen während der Übertragung einzuhalten. Für jedes Gerät muss hier ein eigener Treiber entwickelt werden.

Jeder Hersteller kocht hier sein eigenes Süppchen – leider! Das erschwert die Programmierung erheblich!

## **Geeignete Transceiver**

Grundsätzlich gilt: Der Empfang der Satellitendownlinkfrequenz muss während der eigenen Aussendung möglich sein. Das ist nicht bei allen Transceivern problemlos möglich, denn die starken Sendesignale stören bei vielen Geräten den Empfang auch dann, wenn die Sendung in einem anderen Band erfolgt als der Empfang. Es werden Filter angeboten, die dieses Problem beseitigen, aber warum teure Filter, wenn es auch Geräte gibt, die diesbezüglich schon von Hause aus ausgezeichnete Eigenschaften mitbringen. Hier kann sich eine höhere Investition beim Kauf des Transceivers durchaus lohnen.

Es gibt auch Geräte im Markt, die den Betrieb auf allen möglichen Bändern gestatten. Viele dieser Geräte gestatten es aber nicht, z.B. auf 70 cm zu senden, während man gleichzeitig auf 2 m hört. Solche Geräte sind als Einzelgerät für den Satellitenbetrieb nicht tauglich!

Für den Satellitenbetrieb sind meines Erachtens folgende Geräte empfehlenswert:

Bei **ICOM** alle, die fernsteuerbar sind, also über ein CI-V Anschluss verfügen. Hier sind auch Gerätekombinationen möglich. Selbst mit zwei gleichen Typen geht es problemlos, z.B. mit zwei IC-706. Alle anderen Kombinationen sind denkbar. Das IC-910H ist ein Funkgerät das sich besonders gut für den Satellitenfunk verwenden lässt, aber auch das alte Modell IC-821 ist durchaus noch empfehlenswert, jedoch schon länger nicht mehr als Neugerät verfügbar.

Bei **KENWOOD** kann ich nur den TS-2000 empfehlen. Das Gerät ist aus meiner Sicht sehr gut!

Bei **YAESU** gibt es zurzeit kein empfehlenswertes Gerät. Den Typ FT-847 hat YAESU aus dem Markt genommen, es ist nur noch als Gebrauchtgerät verfügbare. Der Typ FT-736 ist inzwischen sehr überaltert und hat auch keine guten Eigenschaften bezüglich des gleichzeitigen Empfangs während einer Aussendung auf einem anderen Band.

{Stand ist September 2006}

## **Computersoftware**

Inzwischen gibt es eine Menge Programme, die Satellitenbahnberechnungen ausführen. Ich kenne nur wenige und auch nur sehr oberflächlich, denn ich halte, verständlicherweise, mein Programm HalloSat für das beste. Bei der Auswahl eines Programms sollte man sich selbst zuerst einmal ein paar Fragen beantworten:

1. Soll das Programm außer der Berechnung der Auf- und Untergangszeiten auch noch die Antennenrotoren steuern können?
2. Soll das Programm auch den oder die Transceiver steuern?

Wird auch nur eine der beiden Fragen mit „JA“ beantwortet, dann wird die Entscheidung für ein Programm nicht mehr so leicht. Werden beide Fragen mit „JA“ beantwortet, wird es noch komplexer. Ich will jetzt hier nicht auf alle möglichen Kriterien eingehen, das würde viele Seiten füllen, sondern mich jetzt darauf beschränken, Hinweise zur Auswahl zu geben, wenn beide Fragen mit „JA“ beantwortet wurden.

Im deutschsprachigen Raum gibt es 3 Programme, die ich für die engere Auswahl in Betracht ziehen würde, das sind **HalloSat** (na klar, ist ja meines), **SatPC32** von DK1TB und **Orbitron** von Sebastian Stoff. Orbitron ist als einziges Programm der genannten Freeware. Es mag durchaus sein, dass es noch weitere deutschsprachige Programme gibt, die die genannten Bedingungen erfüllen, die sind mir aber nicht bekannt.

3. Unterstützt das Programm die von mir favorisierte Rotorsteuerung?
4. Steuert das Programm meine(n) Transceiver?
5. Wie funktioniert die Transceiversteuerung, nur vom Bildschirm aus, oder kann ich meine(n) Transceiver „normal“ bedienen, während das Programm im Hintergrund die Dopplershift korrigiert.
6. Kann ich den Programmautor anschreiben oder ansprechen? Reagiert er auf meine Anfragen schnell und unkompliziert?

Sicher kann man eines sagen:

***Alle Komponenten für die Berechnung und Steuerung aus einer Quelle zu beziehen steigert die Wahrscheinlichkeit eines gut funktionierenden Systems erheblich!***

## **Schlusswort**

Ich hoffe, mit dieser kurzen Einführung in den Satellitenfunk das Interesse an Experimenten geweckt zu haben. Für konstruktive Kritik, Anregungen und Fragen habe ich immer ein offenes Ohr. Emails bitte an [Gerhard.Riesner@freenet.de](mailto:Gerhard.Riesner@freenet.de) .