

Über 100 Jahre Funkfernsteuerung - ein Streifzug

Wer hat's erfunden?

Nein - es waren nicht die Schweizer. Aber ein Deutscher kann als einer der herausragendsten Pioniere der Funkfernsteuertechnik bezeichnet werden. Es war

Christoph Wirth

Christoph Wirth war ein fränkischer Schullehrer (Physik) und experimentierte 1908 bis 1911 auf dem Nürnberger Dutzendteich und dem Berliner Wannsee mit Fernlenkbooten. Boote waren für diese Versuche besonders geeignet, da das Wasser aus funktechnischer Sicht eine gute "Erde" darstellte und das Ufer des Gewässers eine gute Begrenzung darstellte für den Fall, daß das ferngesteuerte Boot außer Kontrolle geraten könnte. Die für diese Versuche umgebauten beiden Schiffe waren allerdings keine Modellboote, sondern "ausgewachsene" Schiffe. Ein Modellboot wäre nie in der Lage gewesen, die umfangreiche Technik sowie die nötige Antennenanlage zu tragen. Die beiden Fernlenkboote waren die "Prinz Ludwig" am Nürnberger Dutzendteich (Bild 1) und die "Frieda" am Wannsee (Bild 2).

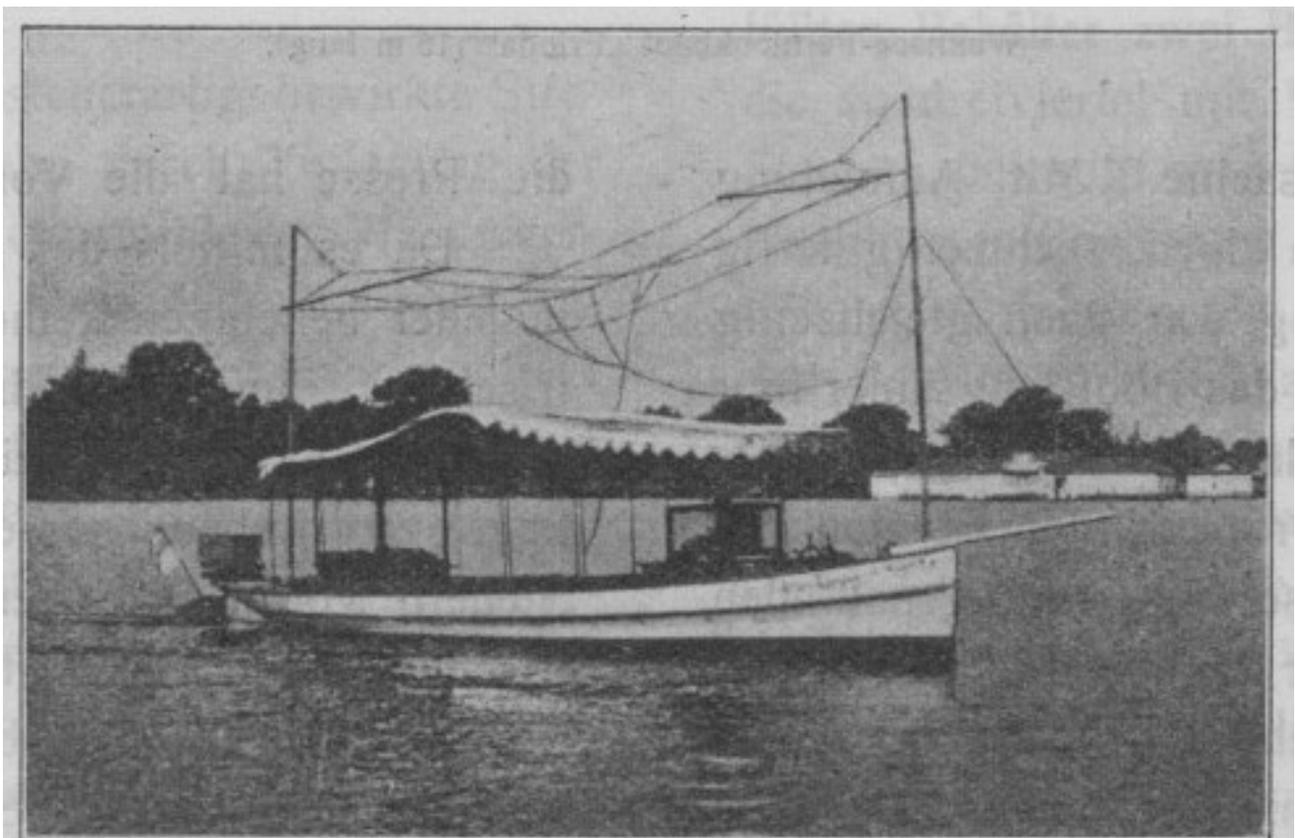
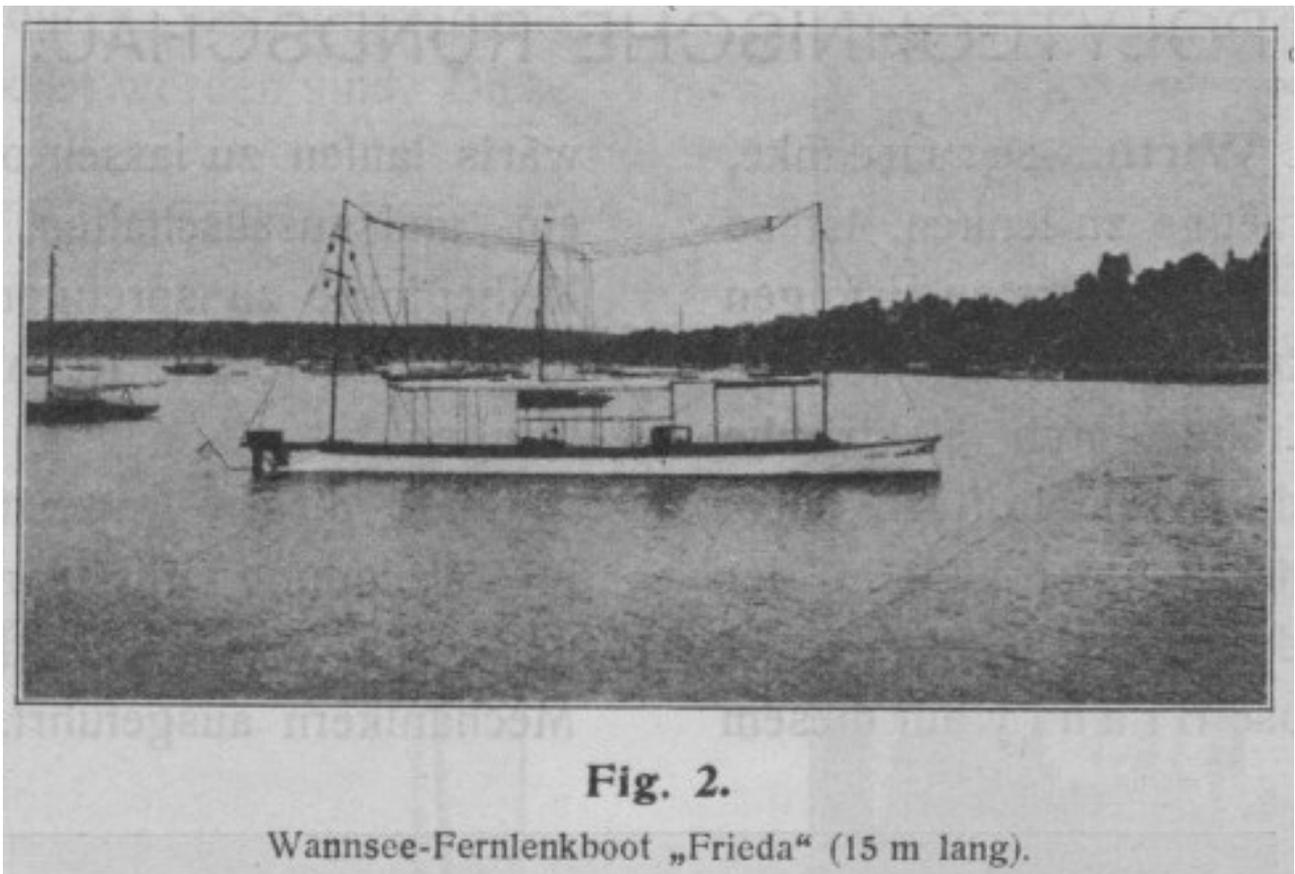


Fig. 1.

Dutzendteich-Fernlenkboot „Prinz Ludwig“ (10 m lang).



Die Schiffe konnten nicht nur funkferngesteuert fahren, sondern sie konnten auch Sonderfunktionen ausführen, wie z.B. Schiffsglocke läuten oder auch ein Feuerwerk zünden usw. Außerdem wurde die korrekte Ausführung eines Befehls zum Sender zurückgemeldet (Telemetrie).

Wie unglaublich diese Leistung von Wirth und seinen Gönnern und Helfern war, kann man nur erahnen, wenn man sich die damaligen Möglichkeiten vorstellt. Elektronenröhren waren noch im Entwicklungsstadium, d.h. nicht verfügbar. Das einzige Bauteil zum Erkennen von Funksignalen war der Fritter oder Kohärer (Bild 3).

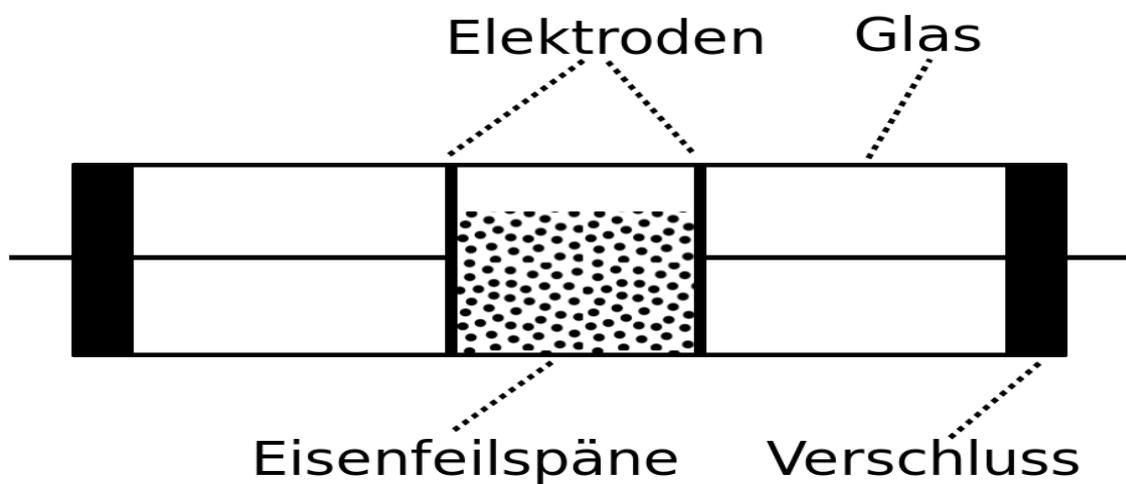


Bild 3 Fritter bzw. Kohärer

Der Fritter/Kohärer bestand aus einem ca. zigarettengroßen Glasröhrchen in welchem zwischen zwei nagelförmigen Eisenelektroden locker Eisenfeilspäne gefüllt waren. Der Fritter wurde waagrecht in einer federnden Halterung montiert. Eine Elektrode wurde mit der "Erde" verbunden, also mit einem Stab ins Wasser gesteckt und die andere Elektrode war mit der Antenne verbunden. Über ein empfindliches Relais wurde mittels Batterien Strom durch den Fritter geleitet. Der Strom, bzw. das Relais wurden so eingestellt, daß das Relais gerade noch nicht anzog. Diese Anordnung war im Schiff installiert.

Sobald die Antenne ein Funksignal empfing, lief dieses Signal zwangsläufig durch den Fritter. Der genaue Vorgang ist bis heute nicht 100-%ig geklärt - jedenfalls wurde der Fritter dadurch besser leitend, und damit wurde der Strom durch das Relais stärker und das Relais zog an. Über den Arbeitskontakt des Relais wurde ein Elektromagnet angesteuert. Dieser Magnet ließ dann einen Klöppel gegen den Fritter klopfen. Durch die Erschütterung der Eisenfeilspäne im Fritter wurden diese wieder gelockert, und der Fritter war wieder schwach leitend. Das Relais fiel daher ab, und der Ausgangszustand war wieder hergestellt bis das nächste Funksignal eintraf.

Bei einem dauernd vorhandenen Funksignal klopfte diese Anordnung ähnlich wie eine alte Haustürklingel. Man konnte also erkennen, ob ein Funksignal nur kurzzeitig oder längere Zeit anlag. In der Art eines Morsecodes konnte Wirth somit die verschiedenen Steuersignale zum Schiff senden. Aus der Kombination von kurzen und langen Signalen hat das Empfangsgerät von Wirth dann irgendwie die eigentlichen Steuerbefehle abgeleitet.

Was den Sender der Funksignale betrifft, so kann man nur erahnen, welche Maschinerie dort gebraucht wurde. Der Begriff "Knallfunkensender" und "Löschfunkensender" läßt erahnen, wie beängstigend es in diesem Sender geprasselt oder geknallt haben muß.

Damaliger Stand der Technik: Die frühe Funktechnik und damit auch die frühe Fernsteuertechnik ermöglichten nur die Übertragung der Information "Ein" oder "Aus". Das ist die kleinste Informationseinheit. In der Informationstechnik nennt man diese kleinste Informationseinheit ein "Bit". Komplexe Informationen kann man bei dieser Technik nur dadurch übermitteln, daß die zeitliche Reihenfolge dieser Informationseinheiten in einem Code vereinbart ist. Das nennt man serielle Datenübertragung. Und das in den Jahren 1908 und früher.

Der gewaltige Aufwand dieser Funkfernsteuerapparaturen machte den Betrieb von Modellschiffen, Modellautos oder gar Modellflugzeugen für Privatpersonen völlig unmöglich. Wie so oft wurden auch in diesem Fall einige Versuche mit ferngelenkten Objekten fast ausschließlich vom Militär unternommen.

Fernsteuertechnik nach dem zweiten Weltkrieg

Die Funktechnik/Elektronik hatte inzwischen die Elektronenröhre als Verstärker. Ein mit Röhren bestückter Empfangsapparat hatte eine unvergleichlich höhere Empfindlichkeit als die Empfangsgeräte mit dem Fritter/Kohärer. Auch der Sender wurde jetzt mit Elektronenröhren realisiert. Damit war es möglich, Fernsteuerungen auch für den betuchten Privatmann herzustellen. Der Stromverbrauch dieser Röhrengeräte war allerdings relativ hoch. Außerdem benötigten die Röhren eine sog. Anodenspannung von mehreren Dutzend Volt. Diese hohe Spannung erforderte die Zusammenschaltung vieler einzelner Batteriezellen. Damit waren die sog. Anodenbatterien eine teure Angelegenheit, die auch gewichtsmäßig ein Problem darstellte. Ferngesteuerte Modelle waren ein teurer Luxus. Die Anlagen mußten auch immer wieder nachjustiert werden, was den Betrieb auf einen kleinen Kreis betuchter und elektrotechnisch versierter Spezialisten begrenzte. Die wohl

bekannteste Anlage aus der frühen Nachkriegszeit war von Graupner die Anlage mit dem Standard 10 Sender. Die Anlage kam ab 1954 auf den Markt. Der Empfänger hatte (ohne Batterien) die Größe einer Zigaretenschachtel. Die Batterien waren größer und schwerer als der Empfänger.



Bild 4 Graupner Standard 10

Wie man erkennen kann, war der Standard 10 nicht als Handsender gebaut. Er stand am Boden und wurde von einer Autobatterie versorgt. An den Sender wurde ein Klingelknopf über ein Kabel angeschlossen. Der Sender konnte über den Klingelknopf nur ein- oder ausgeschaltet werden. Auf Grund dieser einzigen Funktion (Ein oder Aus) bekamen diese Fernsteueranlagen die Bezeichnung "Einkanalanlage". Welche Funktion das Auto- Schiffs- oder Flugmodell dann ausführen sollte, konnte nur durch den zeitlichen Verlauf der Ein- und Ausschaltzeit übermittelt werden. Dazu gab es die unglaublichsten Auswertegeräte. Die Funktion all dieser Geräte war höchst unsicher. Ein Modellflugzeug hatte mit dieser Fernsteuerung nur eine kurze Lebenserwartung. Die häufigste Anwendung dieser Fernsteuerung war im Schiffsmodellbau. Dort war die Gefahr eines Totalschadens geringer. Das gebräuchlichste Auswertegerät für Einkanalanlagen war die Graupner Kinematic (Bild 5).

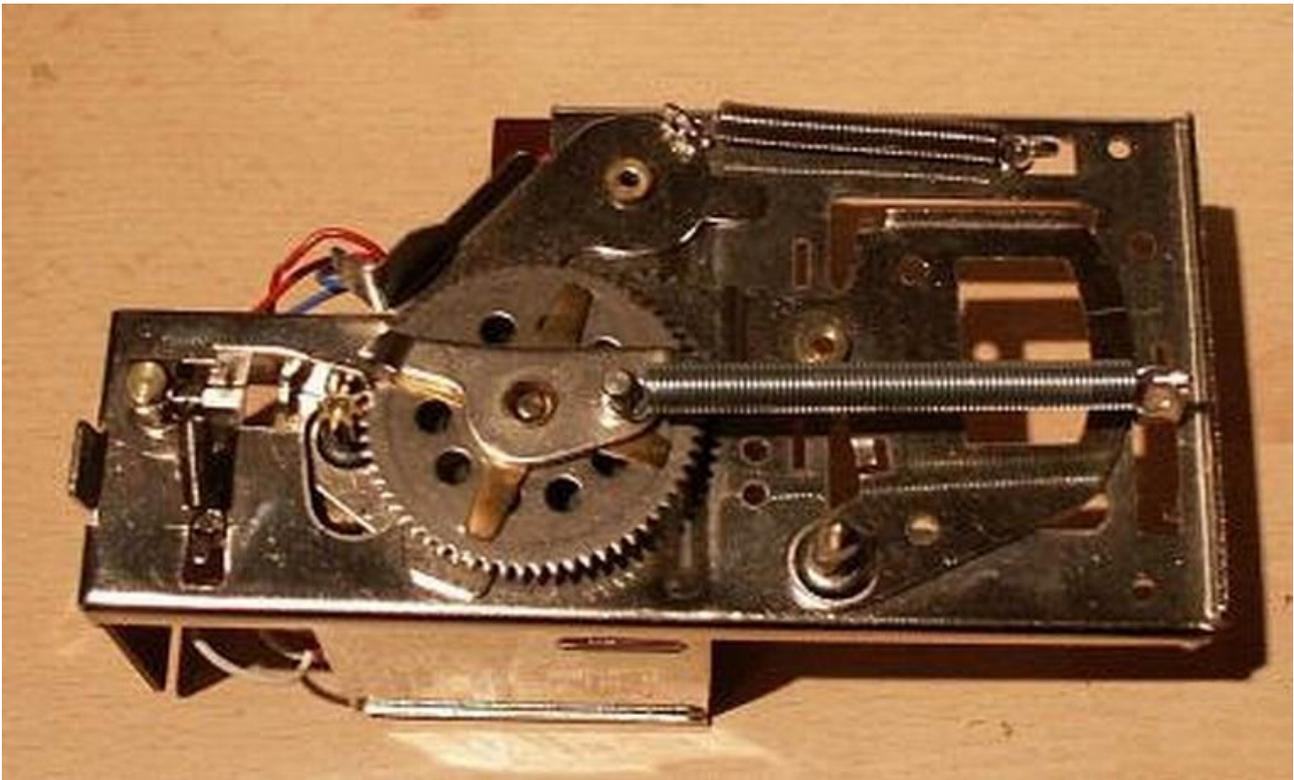


Bild 5 Graupner Kinematic

Die Kinematic war ein Gerät so groß wie zwei Zigarettenschachteln. Ein Elektromotor trieb dieses Schaltwerk an.

Lange Stromimpulse bewirkten, daß ein Ruderhebel abwechselnd nach links oder nach rechts ausschwenkte. Ohne Strom kehrte der Hebel durch die große Feder wieder in die Neutralstellung zurück. Damit konnte man ein Schiffsmodell abwechselnd in einer Links- oder Rechtskurve fahren lassen. Zweimal links ging z.B. nicht. Da mußte man dazwischen halt eine kurze Rechtskurve in Kauf nehmen.

Kurze Stromimpulse (ca. 1/2 Sekunde) bewirkten, daß ein Umschalter den Motor des Schiffes in der Reihenfolge Aus-Vorwärts-Aus-Rückwärts-Aus schaltete, wobei der Ruderhebel sich kaum bewegte.

Da die Übertragung der Sendeimpulse auf den Empfänger durch Störungen anderer Sender überlagert wurde, kann man sich vorstellen, daß die Steuerung mitunter sehr mühevoll war.

Die erste wirkliche Verbesserung - die Tip-Tip-Fernsteuerung

Um 1960 wurde die Fernsteuertechnik entscheidend verbessert. Unter anderem nahm z.B. Graupner die Bellaphon-Fernsteuerungen (Bild 6) von der Firma Hans Schumacher in sein Programm auf. Die früheren Fernsteuersender konnten ja nur die Information "Ein" und "Aus" übertragen. Durch die Transistortechnik in den moderneren Sendern konnte man jetzt aber auch Töne übertragen, d.h. der Sender sendete nicht mehr stumm. Jeder Ton bewirkte im Empfänger, daß eine bestimmte Funktion ausgelöst wurde. Schon mit drei Tönen konnte man ein Schiff sehr komfortabel steuern. So konnte z.B. der erste Ton bewirken, daß das Modell eine Linkskurve machte; Der zweite Ton dagegen leitete eine Rechtskurve ein, und der dritte Ton schaltete ein Schrittschaltrelais z.B. durch

die Reihenfolge Motor langsam vorwärts - Motor schnell vorwärts - Motor aus - Motor rückwärts - Motor aus. Die Fernsteuerung war jetzt gegenüber Störungen wesentlich besser geschützt. Nur wenn die Störung einen für diese Anlage zutreffenden Ton hatte, dann wurde ein falsches Steuerkommando ausgelöst. Sprache oder Musik von anderen, z.B. Radiosendern, störte somit kaum noch, außer der Sender kam so stark herein, daß der eigene Sender nicht mehr vom Empfänger gehört wurde.

Der Bellaphon-Sender im Bild 6 konnte drei Töne erzeugen. Das war daher eine Dreikanal-Fernsteuerung. Der erste Ton kam, wenn der Hebel nach links gedrückt wurde. Der zweite Ton kam, wenn der Hebel nach rechts gedrückt wurde. Der dritte Ton kam, wenn der schwarze Drucktaster ganz links gedrückt wurde. Nachdem die Hebel angetippt wurden, hat sich für diese Art der Fernsteuerungen der Begriff "Tip-Tip-Anlage" etabliert.



Bild 6 Bellaphon Dreikanal Sender

Vom Pendelempfänger zum Superhet - es wird kompliziert

Eine weitere Verbesserung der Fernsteuertechnik geschah in dieser Epoche eher unspektakulär. Die bisher verwendeten Empfänger hatten eine sehr einfache Technik. Es waren im Prinzip Einkreisempfänger wie z.B. der Volksempfänger oder der billige deutsche Kleinempfänger. Die Rückkopplung wurde durch einen Schaltungstrick (Superregenerativempfänger) automatisch auf beste Empfindlichkeit geregelt. Das machte man, indem man die Rückkopplung immer um den idealen Einsatzpunkt herum steuerte. Die Rückkopplung pendelte also immer zwischen zu viel und zu wenig hin und her und dabei überschritt sie auch immer den Punkt der höchsten Empfindlichkeit. Daher bekam dieser Empfänger den Namen "Pendelempfänger". Die Pendelfrequenz lag höher als

das menschliche Ohr hören kann und störte daher nicht, wenn man einen Hörer an so einen Fernsteuerempfänger anschloss. Die allerersten UKW-Radios waren mitunter nach dem gleichen Prinzip gebaut.

Die Pendelempfänger hatten eine fantastische Empfindlichkeit, aber eine schlechte Trennschärfe. Es konnte immer nur ein Modell gesteuert werden, da der Empfänger einzelne Sender innerhalb des von der Post genehmigten Frequenzbereichs nicht trennen konnte. Abhilfe schaffte der moderne Superhetempfänger. Er war durch die bessere Trennschärfe noch besser gegen Störsignale geschützt. Außerdem konnte man jetzt mehrere Fernsteueranlagen gleichzeitig betreiben, wobei aber jeder Sender eine etwas andere Frequenz haben mußte. Die Frequenz der Sender wurde durch einen steckbaren und somit auswechselbaren Quarz bestimmt. Die Funktion von Quarz und Superhet zu erklären, würde den Rahmen dieses Streifzuges sprengen. Fernsteuerungen wurden immer komplizierter, was in der Folge leider auch dazu führte, daß der bisher oft betriebene Selbstbau von modernen Fernsteuerungen immer weniger praktiziert wurde.

Eine der frühen Fernsteuerungen die wahlweise mit Pendelempfänger oder Superhet angeboten wurde war die Graupner Varioton/Variophon S im Jahre 1964. Um kostengünstig produzieren zu können hatte Grundig den Sender (Bild 7) im Gehäuse des Kofferradios "Moto-Boy" untergebracht.



Bild 7 Graupner Variophon/Varioton von Grundig

Der Empfänger (Bild 8) war modular aufgebaut. Der Variophon-Empfänger bestand aus Modulen. So konnte man für wenige Steuerfunktionen mit wenigen Modulen einen relativ kleinen Empfänger bauen oder diesen nach und nach, wenn man mehr Geld hatte, mit immer weiteren Funktionen aufrüsten. Besonders im Flugmodellbereich war diese Modulbauweise eher nachteilig. Durch die unvermeidbaren Abstürze wurden die filigranen Stecker zwischen den Modulen beschädigt und der Empfänger wurde unzuverlässig. Die kleinen Bauteile innerhalb der Module waren hingegen erstaunlich hart im Nehmen. Das war wohl dem sog. Ameiseneffekt zu verdanken. Eine klitzekleine Ameise übersteht einen Sturz aus hundert Metern problemlos, Ein Mensch übersteht das nicht.

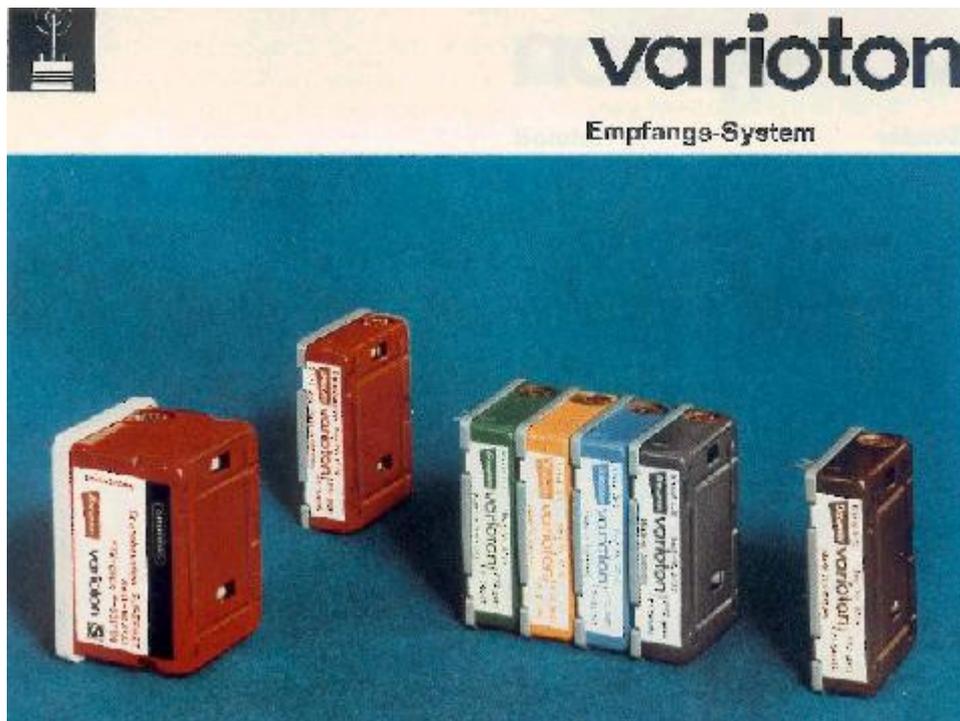


Bild 8 Empfängermodule von Variophon-Anlage

Die roten Module ganz links waren die Empfänger. Das kleine Modul ist der Pendelempfänger und das dicke Modul ist der sichtlich aufwendigere Superhetempfänger.

Die Graupner/Grundig Variophon zählt zu den Spitzenprodukten ihrer Zeit. Besonders erwähnenswert ist daß es für diese Anlage eine große Auswahl an speziellen Rudermaschinen für unterschiedlichste Anwendungen gab. Das war der Höhepunkt der Tipp-Tipp-Anlagen. Ein 8-Kanal (4 Funktionen) Sender mit Zubehör (Empfänger, Schaltstufen, Rudermaschinen, Akkus) kostete damals so um die 1.200,- DM. Mehr als der durchschnittliche Monatslohn eines Arbeitnehmers.

Ein gewaltiger Fortschritt - die Proportionalfernsteuerung

Die Fernsteuertechnik war Ende der 60-iger Jahre schon sehr gebräuchlich und zuverlässig. Aber immer noch hatte sie einen großen Nachteil; Es waren Tip-Tip-Anlagen, das heißt, wenn man den Steuerhebel bewegte, geschah zunächst gar nichts, bis man eine bestimmte Stellung überschritten hatte. Dann schaltete der betreffende Kanal, was empfangsseitig dazu führte, daß das Gerät welches z.B. das Ruder betätigte - also die Rudermaschine - in die geforderte Stellung lief, bis zum Endanschlag. Das führte dazu, daß man, um z.B. eine große Kurve fahren zu können, den Steuerhebel immer wieder kurz antippen musste, damit die Rudermaschine um einen mittleren Ausschlag herum pendelte. Man träumte von einer idealen Funkfernsteuerung, welche die Bewegung des Steuerknüppels in eine dazu proportionale Bewegung der Rudermaschine umsetzen könnte.

Dies führte zu einer relativ komplizierten Technik, die eigentlich nur durch das Aufkommen der integrierten Schaltkreise (IC - Integrated Circuit) lösbar war. ICs sind klitzekleine Schaltkreise, wo dutzende und später Tausende und Millionen von Transistoren auf kleinstem Raum untergebracht sind.

Die Steuerung erfolgte durch Aussenden einer Reihe von mehreren Impulsen unterschiedlicher Dauer. Dann kam eine längere Pause und dann kam wieder diese Impulsreihe. Der erste Impuls der Reihe steuerte die erste Rudermaschine; der zweite Impuls steuerte die zweite Rudermaschine. Sie erraten, wie es weiter geht. Je kürzer der Impuls war, desto mehr drehte sich das Ruderhorn der betreffenden Rudermaschine in die eine Richtung und je länger der Impuls war, desto mehr in die andere Richtung. Die Impulsreihe wiederholte sich etwa 50 Mal in der Sekunde. Der schaltungstechnische Aufwand war zumindest empfangsseitig nur durch den Einsatz der integrierten Schaltkreise möglich.

Zu den bekanntesten frühen Proportionalfernsteuerungen gehört die Graupner Varioprop (Bild 9) aus dem Jahr 1967.



Bild 9 Graupner Varioprop

Besonders für die Modellflieger war die Proportionalfernsteuerung ein gewaltiger Fortschritt, denn sie ermöglichte auf einmal das feinfühligste Steuern eines Modellflugzeugs, was besonders beim Landeanflug von unschätzbarem Wert ist. Die Modulbauweise beim Empfänger wurde von der Variophon-Anlage übernommen.

Ein Nachteil der frühen Proportionalfernsteuerungen war, daß die Rudermaschinen nicht genormt waren. Die Einbauschächte im Modell mußten zu der jeweiligen Fernsteuerung der verschiedenen Anbieter passend gebaut werden. Im Laufe der Zeit gab es allerdings diesbezüglich einheitliche Normen. Es war sogar oft möglich, die Baugruppen verschiedener Hersteller zusammen zu kombinieren.

Die Computertechnik hält Einzug in die Fernsteuerungen

Nun hatte man zuverlässige Fernsteuerungen und jede Knüppelbewegung steuerte die zugehörige Rudermaschine an. Übrigens: Der Begriff "Rudermaschine" wich nach und nach der Bezeichnung "Servo". Die Modelle wurden immer komplexer und man konnte sich inzwischen auch mehrere Modelle leisten. Die feinfühligere Steuerung und das Aufkommen von Hubschraubermodellen stellten neue Anforderungen an die Fernsteuerung. Gewisse Ruderausschläge sollten nicht proportional sondern einseitig sein. Querruder an Flugmodellen werden z.B. gern so gesteuert, daß der Ausschlag nach oben größer ist als der nach unten (Das nennt sich "Dual Rate"). Das wirkt der Tendenz zum "Schieben" in den Kurven entgegen. Bei Deltaflugzeugen gibt es oft nur zwei Höhenruder, d.h. die Höhenruder müssen gleiche Bewegungen ausführen, wenn es um die Höhensteuerung geht, aber sie müssen gegensätzliche Bewegungen ausführen, wenn der Deltaflieger rollen soll. Beim V-Leitwerk müssen die Ruderausschläge ebenfalls miteinander oder gegenläufig erfolgen, je nachdem, ob Höhe oder Kurve geflogen werden soll. Außerdem konnte es sein, daß ein Ruder bei dem einen Modell genau entgegengesetzt ausschlug wie bei dem anderen Modell. Das hing davon ab, wie das Ruder mechanisch mit der Rudermaschine (Servo) verbunden war. Gute Sender hatten Schalter, mit denen sich die Knüppelfunktion umschalten ließ (Servo reverse). Wenn nicht, dann mußte man ein Servo von Rechts- auf Linkslauf umbauen. War nicht jedermanns Sache.

Anfänglich wurden diese Umschalter und Mischfunktionen durch teure Zusatzmodule im Fernsteuersender ermöglicht. Wenn dann die Einstellung dieser Module für z.B. ein Deltaflugzeug optimal war, konnte der Sender aber nicht mehr für z.B. ein "normales" Flugzeug mit Kreuzleitwerk verwendet werden. Man benötigte also schon einen zweiten Sender. Für fast jedes Modell einen eigenen Sender zu verwenden, war irgendwann nicht mehr tragbar. Der Computer im Sender schaffte Abhilfe. Damit war es möglich, die Spezialfunktionen eines Modells menügesteuert zu programmieren. Diese Programmierung konnte man dann für jedes Modell abspeichern. Ein Sender für alle Modelle.

In dieser Entwicklungsphase zeichnete sich leider ab, daß die deutschen Hersteller Schwierigkeiten bekamen, bei diesem Entwicklungsschritt mithalten zu können. Einer der ersten Computersender war die CM-Rex aus japanischer Herkunft. Futaba begann eine führende Rolle als Hersteller von Fernsteuerungen zu spielen. Robbe war für den Vertrieb von Futaba in Deutschland zuständig und wurde zu einer großen Konkurrenz für Graupner. 1986 erschien die Futaba CM-Rex (Bild 10) mit einer zweiteiligen grafikfähigen Flüssigkristallanzeige.



robbe
CM-REX
MULTI SOFT SYSTEM

Bild 10 Robbe Futaba CM-Rex Computersender

Der aktuelle Stand: Computersender mit 2,4 GHz Technologie

Bisher arbeiteten die für Modelle ausgelegten Funkfernsteuerungen hauptsächlich im Kurzwellenbereich auf 27 MHz (MHz = Megahertz = 27 Millionen Schwingungen pro Sekunde) und auf 35 Mhz für Flugmodelle und auf 40 MHz für Auto- und Schiffsmodelle. Als Ableger der WLAN-Technik für Computer (Laptops) und Smartphones wurde die Frequenz von 2,4 Gigahertz (2,4 Milliarden Schwingungen pro Sekunde) auch für Fernsteuerungen genutzt. Die Anlagen in 2,4 GHz-Technik verdrängten die bisherigen im Kurzwellenbereich tätigen Fernsteuerungen sehr schnell, denn die 2,4 GHz Technik bringt folgende Vorteile:

1. Die Suche nach einem freien Kanal und der dazugehörige Quarzwechsel entfallen. 2,4 Ghz-Anlagen suchen sich automatisch einen freien Kanal
2. Bei dieser hohen Frequenz werden die Antennen sowohl sender- als auch empfängerseitig sehr klein. Die Modelle werden nicht mehr durch Antennen verschandelt.
3. Bei dieser hohen Frequenz gibt es praktisch keine Störungen.
4. Diese Anlagen senden nicht nur vom Sender zum Empfänger, sondern der Empfänger besitzt auch einen kleinen Sender, welcher Daten zum "großen" Fernsteuersender zurücksendet. Diese Rücksendung von Daten, wie z.B. Motortemperatur, Batteriespannung etc. (Telemetrie), gab es ansatzweise schon in der Versuchsanordnung von Christoph Wirth. Damit lassen sich im großen Fernsteuersender Alarme auslösen, wenn der Motor überhitzt oder die Bordspannung einen kritischen Wert unterschreitet. Herz. Was willst Du mehr?

Ein Bild eines modernen 2,4 GHz Fernsteuersenders ist nicht nötig, da sich diese Sender von den herkömmlichen Kurzwellensendern rein optisch nur durch die viel kürzere Antenne unterscheiden.

Fazit

Abschließend kann ich nur sagen, daß ich inzwischen nicht mehr weiß, was man in eine moderne Fernsteuerung noch einbauen wird. Moderne Fernsteuerungen können eigentlich alles was, man sich nur vorstellen kann. Aber schon vor hundert Jahren weissagte ein Techniker von hohem Range, daß das Auto inzwischen eine technische Perfektion erreicht habe, die eine weitere Entwicklung nicht mehr vorstellbar macht. Damals hatten die Autos noch Karbidleuchten.....

Ich bin gespannt, was man in zukünftigen Fernsteueranlagen noch realisieren kann.

Alexander Stiller