



PRAXIS-TIPPS Modellbau in Perfektion!

Störungsfreie Funkübertragung im Modellbau

Wie man Empfangsstörungen minimiert – Praxis-Tipp 15

Der ungebremste Crash gegen die Bordsteinkante, der Kopfüberabsturz in den Acker und das SOS auf der Mitte des Sees sind zumeist die Folgen auftretender Funkempfangsstörungen in der RC-Anlage. Mit einigen Grundregeln lassen sich diese technischen Widrigkeiten beseitigen oder zumindest minimieren. Dieser Praxis-Tipp soll Ihnen neben Grundinformationen zur Technik einige Hinweise für einen störungsfreien Betrieb in der Funkübertragung liefern.

Modulationsverfahren

Eine einwandfrei und zuverlässig arbeitende Funkübertragung ist das A und O einer RC-Anlage. Doch die Kommunikation zwischen Sender und Empfänger verläuft nicht immer auf die gleiche Weise. Es gibt verschiedene Arten der Funkübertragung, die allesamt als Modulationsverfahren bezeichnet werden. Nachfolgend stellen wir Ihnen die gängigsten Systeme und Unterschiede mit ihren Stärken und Schwächen vor.

Amplituden-Modulation (AM)

Die Amplituden-Modulation ist die älteste Art der Steuerungsübertragung bei RC-Anlagen. Sie gehört neben der FM zu den Hochfrequenz-Modulationen. Dabei wird die Amplitude (Intensität) der hochfrequenten Trägerwelle abhängig vom zu übertragenden niederfrequenten (modulierenden) Nutz-Signal verändert. Die AM zeichnet sich durch einen geringen Anspruch an Bandbreite aus. AM-Steuerungen sind aufgrund Ihres günstigen Preises klassische Einsteiger-Modelle, haben eine sehr große Reichweite, sind aber leider etwas

stör anfällig, d.h. bei größeren Entfernungen zwischen Sender und Empfänger kommen die Signale nicht mehr „sauber“ an.

Frequenz-Modulation (FM)

Die Frequenz-Modulation gehört neben der AM zu den Hochfrequenz-Modulationen und ist gekennzeichnet durch die Beeinflussung der Trägerfrequenz durch das zu übertragende Signal. Die FM ermöglicht gegenüber der AM einen höheren Dynamikumfang des Informationssignals und ist weniger stör anfällig. Fernsteuerungen, die mit der Frequenz-Modulation arbeiten, sind die im Modellbau am häufigsten anzutreffenden Geräte. Gegenüber Geräten mit AM-Technik sind die etwas teureren FM-Fernsteuerungen deutlich störungssicherer.

PPM und PCM – die Modulation der Steuersignale

Während die Amplituden- und die Frequenz-Modulation (AM + FM) zu den Hochfrequenz-Modulationen gehören, handelt es sich bei der Puls-Position-Modulation (PPM) und der Puls-Code-Modulation (PCM) um eine Modulation der Steuersignale. In der Praxis: Die Knüppel- und Schalterstellungen werden erfasst, dann als Niederfrequenz-Signale PPM- oder PCM-codiert und anschließend mittels Hochfrequenz-Modulation (FM) zum Empfänger übertragen. Der Empfänger setzt die Hochfrequenz-Signale wieder in Niederfrequenz-Signale um. Diese werden entsprechend decodiert und so die Servo-Signale generiert.

Puls-Position-Modulation (PPM)

Die PPM ist eine einfache Schaltungstechnik, die sowohl bei der AM- als auch bei der FM-Steuerungsübertragung zum Einsatz kommt. Hier werden nacheinander schmale Impulse abgestrahlt. Dabei entspricht der zeitliche Abstand zwischen jeweils zwei Impulsen der Knüppel- und Schalterstellung. Die PPM ist im Gegensatz zur PCM herstellerübergreifend konfigurierbar und auch „schneller“ in der Praxis, d.h. der Empfänger muss keine Prüfsummen o. Ä. wie bei der PCM verarbeiten und lässt das Modell schneller reagieren. Außerdem ist das Erreichen der Reichweitengrenze rechtzeitig erkennbar. Leider können durch fehlerhafte Signale „Servo-Zittern“ und Servo-Getriebschäden auftreten.

Puls-Code-Modulation (PCM)

Die PCM zeichnet sich bei der Übertragung der Signale per FM durch eine noch größere Sicherheit aus. Entsprechend den Knüppel- und Schalterstellungen am Sender wird jedem Kanal eine Zahl zwischen 1 und 255 zugewiesen. Diese Zahlencodes werden als 8-Bit-Information nacheinander vom Sender abgestrahlt. Neben den eigentlichen Steuersignalen wird bei der Puls-Code-Modulation dabei zusätzlich noch eine Prüfsumme (Prüf-Bits) gesendet, anhand derer der Empfänger erkennen kann, ob die empfangenen Informationen wirklich korrekt sind. Befindet sich ein Modell mit PCM an der Grenze der Funkreichweite oder bricht der Datenfluss zwischen Sender und Empfänger durch Störquellen ab, belässt der PCM-Empfänger alles beim Alten und bewegt beispielsweise die Ruder nicht, bis er wieder einwandfreie Signale empfängt. Werden zu viele fehlerhafte Signale empfangen, fährt der Empfänger das angeschlossene Lenk-Servo in die Neutralstellung und stellt den Drehzahlsteller auf „Stopp“. Dieses ist die so genannte „Failsafe-Position“ (s. u.), die vor Inbetriebnahme des Modells für jeden Kanal frei bestimmt werden kann. Ob diese zusätzliche Sicherheit allerdings immer einen Crash oder Absturz verhindern kann, hängt auch von dem Manöver ab, bei welchem die Funkstörung auftrat, d.h. ein Flugzeug, das sich bereits im Sturzflug befindet, stürzt leider meist weiter.

PCM-Anlagen haben den Nachteil, dass sie dem Modellpiloten oder –kapitän einen schlechter werdenden Empfang beispielsweise nicht durch unruhige Ruder anzeigen und dadurch rechtzeitig vorwarnen. Dafür hat die Ruhestellung der Ruder bei Funkstörungen den Vorteil der Stromersparnis.

FM-Anlagen mit PCM sind nicht miteinander kompatibel.

Welche Empfangsstörungen können auftreten? Welche Störquellen gibt es?

- Das „Banalste“ zuerst: Bei zu großen Entfernungen zwischen Sender und Empfänger werden die Signale zu schwach, sodass eine Steuerung des Modells nicht mehr möglich ist.
- Jedes im Modell verlegte Kabel kann die Empfangsqualität der Steuerungssignale beeinträchtigen.
- Bei Flugmodellen haben Kabelverlegungen, die links und rechts zu den Tragflächenservos erfolgen, besonders störenden Einfluss.
- Jedes schlecht verlegte und am Servoeingang des Empfängers angeschlossene Kabel kann auch als Antenne wirken, somit die eigentliche Antenne stören und zu Fehlfunktionen führen.
- Eine Antenne muss optimal angepasst sein, d. h. eine zu kurze oder zu lange Antenne am Modell kann zu Empfangsstörungen führen.
- Baumelt eine Antenne lose in der Luft hinter dem Modell her, ergeben sich starke Feldstärkeschwankungen am Empfängerantenneneingang. Diese sind störend für den Empfänger.
- Schlechte Antennen-Steckverbindungen sind typische Störquellen.
- Elektromotoren erzeugen hochfrequente Störungen hoher Energie, die Einfluss auf den Empfänger haben können. Da im Elektromotor hohe Ströme über die (stehenden) Bürsten zum (drehenden) Kollektor übertragen werden, ergeben sich starke Funken, das sog. "Bürstenfeuer". Diese Art von Störungen gibt es aber nicht nur im Motor, sondern auch in den Zuleitungen zum Motor sowie im Bereich des Akkus.
- Wenn die Beleuchtung am Modell kurzzeitig ausfällt oder Lampen unkontrolliert an- und ausgehen, ist dies oftmals ein Zeichen für Störungen im Empfänger der Fernsteuerung.
- Bewegen sich Servos unregelmäßig oder „zittern“, erhält der Empfänger fehlerhafte Impulse. Das kann z. B. an einem Zusammenbruch der Spannungsversorgung des Empfängers – wenn auch nur für Sekundenbruchteile – liegen. Dadurch verursacht der Empfänger u. U. selbst eine Störung im System, das wiederum zum „Zittern“ aller Servos und einem weiteren Spannungseinbruch führt.
- Fahrtregler verursachen durch ihre Taktung ein breites Störspektrum im Modell, das sich auf Empfänger und andere Elektronikbausteine auswirken kann. Tritt die Störung nur beim Fahren auf, kann der Fahrtregler Verursacher sein.
- Besonders bei 6 V- oder 7,2 V-Akkus kann es vorkommen, dass die Spannung im Fahrbetrieb zu stark einbrechen und die Regelung des BEC-Systems aussetzen kann. Dies führt zu Störungen in der Funkübertragung.
- Babyphone in der Schweiz senden im 40 MHz-Band. Beim Einsatz Ihres RC-Modells in der Schweiz sollten Sie diese Kanäle daher nicht verwenden. Im Grenzgebiet zu Deutschland sollte man z. B. auf das Fliegen im 40 MHz-Band verzichten, denn dieser Bereich (Kanal 50–53) ist auch für Flugmodelle freigegeben.
- Statische Aufladungen können ebenfalls das Wechselspiel zwischen Sender und Empfänger beeinträchtigen.
- Negativen Einfluss auf die Empfangseigenschaften des Modell-Empfängers, haben u. U. in unmittelbarer Nähe zum Empfänger liegende Telemetrie- oder E-Vario-Sender.
- Auch "hochmoderne" Ladegeräte mit Schaltnetzteil wurden schon als fatale Störer enttarnt.
- CB-Funker, die mit leistungsstarken, illegalen Breitbandverstärkern arbeiten, können so starke Feldstärken und Oberwellen verursachen, dass die für die Modellfernsteuerung vorgesehenen 27 MHz- und 40 MHz-Frequenzen manchmal gänzlich gestört werden.

- Knackimpulse sind ein weiterer Störfaktor. Sie treten vor allem bei Modellhubschraubern oder Modellen mit Verbrennungsmotor auf. Knackimpulse entstehen immer dann, wenn Metallteile aufeinander reiben oder „klappern“. Die durch diese Vibrationen entstehende Spannung entlädt sich durch einen überspringenden Funken zwischen den Metallteilen. Dieser Funke hat auch meistens noch hochfrequente Energieanteile und stört deshalb den Empfänger.
- Starke Störenergien werden auch hervorgerufen durch die Funkenzündung einer Zündkerze. Diese können jede Frequenz erzeugen und entsprechend beeinträchtigen.
- Wenn das Zündkabel oder der Kerzenstecker unter der Isolierung defekt sind, können Funkenübersprünge entstehen, die zwar die Motorfunktion nicht beeinträchtigen, aber den Empfänger empfindlich stören können.

Wie kann man einem Crash oder Absturz vorbeugen? Wie kann man Empfangsstörungen verhindern oder minimieren?

- Statten Sie Ihr Modell mit einer oder mehreren Fail-Safe-Unit aus. Das Fail-Safe-Modul ist nicht sehr teuer und sollte unbedingt zur Grundausstattung gehören. Es wird zwischen dem Servo (z. B. Gas-Servo) und dem Empfänger eines Modells geschaltet und hat die Aufgabe, das Servo bei Empfangsstörungen in eine vorher ein gestellte Stellung zu bringen. Sobald der Empfänger kein Signal mehr bekommt, bremst z. B. die "Fail Safe Unit" das Auto automatisch ab bis es anhält oder sie lässt das Flugmodell langsam heruntersegeln. Sobald Sie wieder in der Reichweite sind, können Sie wie gewohnt weiter fahren bzw. fliegen.
- Bringen Sie den Empfänger eines RC-Modells so weit wie möglich vom Motor entfernt an.
- Setzen Sie bei der Verwendung von Bleiakkus grundsätzlich einen separaten Empfängerakku ein.
- Eine vernünftige, ordentliche Kabelverlegung ist Voraussetzung für einen störungsfreien Empfang, denn jedes Kabel wirkt auch als Antenne. Darum:
 - Je kürzer ein Kabel, desto besser. Kabel deshalb so weit wie möglich kürzen.
 - Kabel nicht kreuz und quer im Modell verlegen.
 - Servo und Stromversorgungskabel nicht in engen Kontakt bringen.
 - Antennenkabel des Empfängers frei ohne Kontakt zu anderen Kabeln verlegen.
 - Lange Akkukabel kürzen. Auch hier gilt: Je kürzer ein Kabel, desto geringer der Widerstand und höher der mögliche Stromfluss bzw. desto geringer der Spannungsabfall.
- Verwenden Sie bei langen Servo-Kabeln (z.B. Querruder-Servos in den Tragflächen) Ferrit-Ringe oder Klapp-Ferrite zur Entstörung. Die Montage erfolgt direkt am Empfänger!
- Mit einer Verlängerung von Sende- oder Empfangsantennen reduzieren Sie die Reichweite (insbesondere beim Sender) drastisch. Auch das nicht vollständige Ausziehen der Sendeantenne kann eine erhebliche Reichweitereinbuße bewirken.
- Je höher Sie den Senderstandort oder den Empfängerstandort wählen, desto größer ist die mögliche Reichweite, da sich die Bodenreflexionen des Senders verringern.
- Die Empfangsantenne sollte für eine optimale Empfangsleistung parallel zur Sendeantenne liegen.
- Zielen Sie mit der Senderantenne nicht direkt auf das Modell. Bei Flugmodellen sollte die Senderantenne eher flach, bei Auto/Schiffsmodellen eher senkrecht ausgerichtet sein.
- Empfängerantennen sollten nicht exakt parallel zur Modell-Längsachse eingebaut sein.
- Entstören Sie Elektromotoren mittels Kondensatoren.

- **Entstören Sie Motoren mit elektrischer Zündung mit einem Trennfilter in der Stromzuführung der Zündung.**
- **Sie können mit einem Verdrillen von Servokabeln bewirken, dass sich durch das gegenseitige Umschlingen der Leiter die elektrischen Felder größtenteils auslöschen und sich damit die von außen auf das Kabel eingestrahlten Störungen kompensieren.**
- **Die Gesamtlänge der Empfängerantenne muss immer so lang sein wie die Originalantenne.**
- **Vermeiden Sie das „Bürstenfeuer“ (s. o.). Verlegen Sie deshalb Akkukabel, Motorleitungskabel und alle anderen Teile, die hohen Strom führen und irgendwie mit dem Motor in Verbindung stehen, nicht in die Nähe des Empfängers oder der Empfängerantenne.**
- **Achten Sie daher darauf, dass der Kerzenstecker und die Zündkabel entstört, "geerdet" und isoliert sind.**
- **Machen Sie den Reichweitentest: Diesen Test können Sie mit der Hilfe einer zweiten Person auf der Straße, einem Fußweg oder einer Wiese machen. Während Sie sich mit dem Sender und der zunächst eingeschobenen Senderantenne vom Modell weg bewegen, bleibt die zweite Person bei ihrem Modell. Geben Sie regelmäßig (nach vorheriger Absprache mit der Beobachterperson) Steuerbefehle. Wenn die Servos anfangen zu zittern oder Sie Unregelmäßigkeiten in den Steuerbewegungen feststellen, ist die Reichweite überschritten. Ziehen Sie dann die Senderantenne ein Stück weiter hinaus und entfernen Sie sich weiter vom Modell. Geben Sie dabei immer wieder die Steuerbefehle und warten Sie die Rückmeldungen der zweiten Person ab. Bei halb ausgezogener Senderantenne erreichen Sie auf diese Weise eine ausreichende Reichweite für den Betrieb Ihres Modells. Der Rest ist dann eine gute Reserve.**