

Bus-Systeme im RC-Modellbau

Eine Übersicht über digitale Bus-Systeme

Wilhelm Meier

Version 0.4, 17.02.2021: -

Inhalt

1. Vorwort	1
1.1. Lizenz	1
2. Überblick	2
3. Was ist ein sog. BUS?	2
4. Die digitalen Varianten	4
4.1. Technische Realisierung	4
4.2. Graupner / SJ	4
4.2.1. Aktoren: SumD	4
4.2.2. Sensoren: Hott-Sensor	5
4.2.3. Besonderheiten	5
4.3. FrSky bzw. Futaba	5
4.3.1. Aktoren: SBus	5
4.3.2. Sensoren: S.Port	6
4.3.3. Besonderheiten	6
4.4. FlySky	6
4.4.1. Aktoren: IBus	6
4.4.2. Sensoren: IBus	6
4.5. Spektrum:	7
4.5.1. Aktoren: XBus	7
4.5.2. Sensoren: XBus	7
5. Erweiterungen	8
5.1. SBus-PWM-Adapter	8
5.2. IBus-PWM-Adapter	8
6. Analoges	9
6.1. PWM-Servosignal	9
6.2. CPPM	9
6.3. Doppeltes Zeitmultiplex	10
6.3.1. Varianten	10
7. Die Protokolle im Detail	12
7.1. SumD	12
7.2. Hott-Sensor	12
7.3. SBus	12
7.4. S.Port	12
7.5. IBus-Servo	12
7.6. IBus-Sensor	12
8. Produkte	12
8.1. SumD / Hott-Sensorprotokoll	12
8.2. SBus / S.Port	12
8.3. IBus	12
9. Kontakt	13

1. Vorwort

1.1. Lizenz

Dieses Dokument wird unter der folgenden *Lizenz* veröffentlicht:



Lizenz

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 International zugänglich. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> oder wenden Sie sich brieflich an Creative Commons, Postfach 1866, Mountain View, California, 94042, USA.

2. †berblick

Dieses Dokument soll einen †berblick Ÿber die unterschiedlichen *Bus*-Systeme geben, die derzeit im RC-Modellbau eingesetzt werden, geben. Neben den *digitalen* Bus-Systemen wird auch noch auf *analoge* Verfahren eingegangen, um beides voneinander abzugrenzen.

3. Was ist ein sog. BUS?

Der Begriff **Daten-Bus** oder einfach nur **Bus** kommt aus der technischen Informatik, und er beschreibt eine *Verbindungseinrichtung* von mehreren Komponenten eines digitalen Rechensystems.

Im einfachsten Fall kann man sich einen *Bus* als eine Menge von parallelen elektrischen Leitungen vorstellen, mit denen GerŠte miteinander verbunden werden, um miteinander zu kommunizieren bzw. elektrische Signale zu verteilen. Aus dem tŠglichen Leben kennt man solche Systeme wie etwa den **USB** (*universal serial bus*) am eigenen PC oder Notebook. Die elektrische Stromversorgung im Haus kann man auch als (analogen) Bus bezeichnen (hier wird allerdings meistens *nur* die elektrische Energie verteilt).

Die *einfachste* Form eines Bus-Systems ist der sog. *unidirektionale Master/Slave-Bus*: hier hat man einen *Master* und *mehrere Slaves*. Als *Master* bezeichnet man das GerŠt, das die Kommunikation einleitet und Nachrichten versendet. Als *Slave* bezeichnet man die GerŠte, die in diesem Fall nur Nachrichten empfangen. *Unidirektional* bedeutet, dass immer nur der Master sendet, die Slaves immer nur passiv mithŠren und die fŠr sie selbst bestimmten Nachrichten verarbeiten.

Ein andere Form eines Bus-Systems ist der sog. *bidirektionale Master/Slave-Bus*: der Unterschied zur unidirektionalen Variante ist, dass hier auch die Slaves etwas an den Master *zurŸcksenden* kŠnnen. Dies tun sie aber eben nur nach einer *Aufforderung* durch den *Master*.

Andere Formen von Bus-Systemen (etwa *Multi-Master-Busse*) sind derzeit im RC-Modellbau nicht Ÿblich.

!

Unidirektionaler Master-Slave-Bus im RC-Modellbau (Aktor-Bus)

Vereinfacht: der RC-EmpfŠnger sendet eine Nachricht, alle angeschlossenen Servos, ESC (*electronic speed controller*) oder sonstige Module (Schaltmodule, etc.) empfangen diese Nachricht und suchen sich das Passende heraus.

!

Bidirektionaler Master-Slave-Bus im RC-Modellbau (Sensor-Bus)

Vereinfacht: der RC-EmpfŠnger sendet eine spezielle Nachricht als Aufforderung zum Antworten, alle angeschlossenen Servos, ESC (*electronic speed controller*) oder andere Module antworten, wenn sie angesprochen wurden (und nur dann).

Aus dem oben gesagten folgt, dass wir es *meistens* mit *zwei* Bus-Systemen im RC-Modellbau zu tun haben: einen *unidirektionalen* fŠr die **Aktoren** (Aktor-Bus) und einen *bidirektionalen* fŠr die **Sensoren** (Sensor-Bus). *Aktoren* kŠnnen bspw. Servos sein, *Sensoren* kŠnnen bspw. Spannungen oder StrŠme messen.

!

Was ist mit dem Sender?

Der Sender spielt bei der Betrachtung *gar keine* Rolle. Voraussetzung ist natürlich, dass er mit dem jeweiligen Empfänger *gebunden* werden kann. Ob das möglich ist, ist eine Frage des verwendeten, digitalen *HF-Protokolls* zwischen Sender und Empfänger (z.B. Hott, oder AFHDS2A, ACCST, É). Und das wiederum könnte der Inhalt eines weiteren Dokumentes werden, gerade wenn man an *Multiprotokoll-HF-Module* denkt.

!

Was ist mit der Luft?

Bei genauerer Betrachtung ist die *Luft* auch ein *Bus-System*. Denn auch hier gibt es einen *Master* (den RC-Sender) und einen oder mehrere *Slaves* die Empfänger. Hier haben wir natürlich auch mehrere Master.

Bei solchen *Multi-Master* Bussen ergibt sich immer das Problem der *Arbitrierung*: die verschiedenen Master müssen sich darüber einig werden, *wer* zu einem bestimmten Zeitpunkt senden darf. Wenn zwei Master *gleichzeitig* senden gibt es sicherlich ein Problem! Zur Lösung dieses Problems gibt es diverse Verfahren. Das bekannteste dürfte *CSMA/CD* (*carrier sense, multiple access, collision detection*) sein, was bei vielen Computer-Netzwerken zum Einsatz kommt.

Ein solches Verfahren ist für *RC-Sender* im 2,4-GHZ-Bereich in der EU vorgeschrieben. Es nennt sich *LBT* (*listen before talk*).

4. Die digitalen Varianten

Mit Einzug der 2,4-GHz-Funktechnik in den RC-Modellbau haben die meisten Hersteller auch Bus-Systeme eingeführt. Wie oft zu beobachten entstehen nach dem Einführen erst einmal *inkompatible* Herstellerlösungen. So auch hier im RC-Modellbau sind die unten beschriebenen Bus-Systeme inkompatibel zueinander. Ob es in der Zukunft zu einer Konsolidierung etwa durch einen herstellerübergreifenden Standard (wie etwa **USB** in der Computertechnik) ist derzeit recht ungewiss.

!

Anzahl der Kanäle bei den Aktor-Bus-Systemen

Die Aktor-Bus-Systeme wie etwa **SBus** übertragen meistens *mehr* Kanäle (bei **SBus**: 16 proportionale Kanäle) als der Empfänger Servo-Anschlüsse hat (s.a. **Erweiterungen**).

4.1. Technische Realisierung

Alle im folgenden beschriebenen Bus-Systeme arbeiten mit Hilfe einer **seriellen** Datenübertragung: bei den unidirektionalen Bus-Systemen ist es eine *no-duplex*, *asynchrone* serielle Übertragung, bei den bidirektionalen ist es eine *half-duplex*, *asynchrone* serielle Übertragung der einzelnen Bits. Formate und **Baud-Rate** (Geschwindigkeit) unterscheiden sich von Hersteller zu Hersteller wie auch die darauf aufbauenden **Protokolle**.

II

Servos oder andere Aktoren am Aktor-Bus

Stand heute ist es noch recht selten, einzelne *Aktoren* am Aktor-Bus direkt anzuschließen. Es gibt zwar bspw. **SBus**-Servos, doch sind diese noch recht teuer. Außerdem müsste man hierbei jedes Servo immer extra konfigurieren, weil das Servo ja wissen muss, auf welchen der vielen übertragenen Kanäle es reagieren soll. Dies ist den meisten RC-Modellbauern zu umständlich. Derartige Servos kommen überlicherweise in der Robotik zum Einsatz. Für den RC-Modellbauer ist es einfacher, das Servo direkt an den passenden Empfängeranschluss einzustecken.

!

Digitale Servos

Als *digitale* Servos werden heute solche bezeichnet, die intern digital arbeiten. Das hat aber nichts mit der Schnittstelle / Verbindung zum RC-Empfänger zu tun: die ist nach wie vor analog (s.a. **PWM-Servosignal**). Rein technisch ist dies zwar nicht sinnvoll (s.a. **Servos oder andere Aktoren am Aktor-Bus**), aber man hat eine Schnittstelle, die sowohl von intern analogen wie auch von intern digitalen Servos verwendet werden kann.

4.2. Graupner / SJ

Die Empfänger haben einen Anschluss für das Aktor-Protokoll **SumD** und einen anderen für das Sensor-Protokoll **Hott-Sensor**. Bei manchen Empfängern mit *begrenzter* Anzahl von Anschlüssen muss man im Konfigurationsmenu des Empfängers ggf. die Bedeutung eines der Anschlüsse auf **SumD** oder **Hott-Sensor** umschalten (z.B. beim GR-12L).

4.2.1. Aktoren: SumD

Es existieren verschiedene Versionen bezeichnet als **SUMD** und **SUMDV3**, die aufwärtskompatibel

zueinander sind. **SUMD** überträgt bis zu 32 Kanäle (je nach Sender aber meistens weniger), **SUMDV3** bis zu 32 Kanäle und 64 Schalter.

Bei neuerer Firmware auf den Empfängern können diese statt **SumD** auch **SBus** (s.a. **Aktoren: SBus**) erzeugen.

4.2.2. Sensoren: Hott-Sensor

Das Sensor-Protokoll fasst immer viele einzelne Sensoren zusammen. Diese Sensorgruppen werden dann etwa als **EAM** (*electric air module*) oder **GAM** (*general air module*) bezeichnet. Insgesamt existieren nur 6 unterschiedliche Sensor-Module (RX, GAM, EAM, ESC, Vario, GPS). An einem solchen Buss darf hierbei von jeder Sensorgruppen-Art immer *maximal ein* Modul angeschlossen sein: *zwei* oder mehr Module derselben Art (etwa EAM) sind *verboten* und führen zu Kommunikationsproblemen.

Dies hat zur Folge, dass man bei den Sendern mit monochromen LCD Anzeigen nur vorgefertigte Ansichten für ein Sensor-Modul auswählen kann. *Einzelne* Sensoren aus einem Modul können nicht einzeln angezeigt werden. Bei den neuen Systemen mit Farbdisplay und neuester Firmware ist diese Beschränkung für die Anzeige aufgehoben.

4.2.3. Besonderheiten

Das *Hott-Sensor*-Protokoll hat zudem noch zwei Modi: einen Daten- und einen Text-Modus. Im *Daten*-Modus werden die Sensorwerte eines Sensor-Moduls übertragen und am Sender angezeigt. Hierbei entscheidet der *Sender*, wie die Darstellung erfolgt. Dies kann im einfachsten Fall (Sender mit *monochromen* LCD-Anzeige) als *vorgefertigte* Ansicht erfolgen. Bei modernen Sendern (mit *color*-Display) kann man sich diese Ansichten auch als Anwender selbst zusammenstellen.

Im *Text*-Modus erzeugt das Sensor-Modul ein *Menu*, dieses wird dann im Sender angezeigt. Dies dient üblicherweise zum *Konfigurieren* des Moduls, etwas des Empfängers oder anderer angeschlossener Module wie etwa einen ESC. Im Sender gelangt man in diese spezielle Ansicht über **Menu ! Telemetrie ! Einstellungen**. Achtung: hierbei muss gezielt eines der am *Sensorbus* angeschlossenen Module vorher ausgewählt werden.

4.3. FrSky bzw. Futaba

Futaba hat ursprünglich den sog. **SBus** entwickelt. Er hat sich zu einem *quasi*-Standard entwickelt und wird trotz einiger Merkwürdigkeiten von vielen anderen Herstellern ebenfalls angeboten.

4.3.1. Aktoren: SBus

Eine der *Merkwürdigkeiten* ist, dass das elektrische Signal *invertiert* übertragen wird. Zudem ist die ursprüngliche Spezifikation so, dass **+/- 12V** als elektrische Pegel verwendet wird. Dies wird aber heute üblicherweise von den Mastern (Empfängern) nicht gemacht, sondern nur wie sonst üblich **0/3V** bzw. **0/5V** für die logischen Pegel verwendet. Andernfalls würden die angeschlossenen Slaves mit Sicherheit elektrisch zerstört. Trotzdem ist hier etwas Vorsicht geboten.

SBus überträgt immer 16 proportionale Kanäle (s.a. **SBus-PWM-Adapter**). Zudem werden auch noch *zwei* binäre Schaltkanäle und Zustandsinformation des Empfängers (*Failsafe* und *frame lost*) übertragen.

Achtung: nicht jeder FrSky-Empfänger hat **SBus** und **S. Port**.

4.3.2. Sensoren: S.Port

Dies ist das *aktuelle* Sensorprotokoll, ein neueres, hierzu wieder inkompatibles heißt **FPort**. Auch bei **S.Port** wird mit *invertierten* Signalen gearbeitet.

4.3.3. Besonderheiten

Das **S.Port**-Protokoll ermöglicht auch die *Konfiguration* von angeschlossenen Slaves. Was damit genau möglich ist, ist aus der Bedienungsanleitung zu entnehmen. So kann bspw. bei **SBus**-Servos (ja, die gibt es) festgelegt werden, auf welchen *Kanal* der das Servo lauschen soll.

4.4. FlySky

FlySky hat versucht, die Schwachstellen des **Sbus** und **S.Port** zu vermeiden. Insbesondere sind die elektrischen Signale *nicht invertiert*, was es gerade für Selbstbauer interessant macht.

Achtung: nicht jeder FlySky-Empfnger hat **IBus**.

Hat ein FlySky-Empfnger **IBus** (etwa die **FS-iA`x`B**-Serie), so kann man den *Aktor-IBus*-Ausgang auch auf **SBus** umschalten. Dies *muss* durch den Sender erfolgen.

4.4.1. Aktoren: IBus

Es gibt zwei Varianten: **IBus-14** und **IBus-18**, die entsprechend jeweils 14 oder 18 Kanäle übertragen (s.a. **IBus-PWM-Adapter**).

!

Augen auf OpenTx zusammen mit dem Multi-Protocol-Module

Das Senderbetriebssystem **OpenTx** ist agnostisch gegenüber der Übertragung der Kanalinformation an den Empfnger. **OpenTx** kann 32 Kanäle zur Verfügung stellen. Ob und wie die zum Empfnger transportiert werden, das ist die Aufgabe des *HF-Moduls*, das im Sender eingebaut ist. Die beliebten Versionen des sog. *Multi-Protocol-RF-Module* knnen sich auch mit *FlySky*-Empfängern über das HF-Protokoll **AFHDS2A** binden. Bei diesem Protokoll gab es aufwrtkompatible eine Veränderung, die die Übertragung von 18 proportionalen Kanlen erlaubt. Die Kommunikation eines Sendes mit **OpenTx** mit einem *Multi-Protocol-Module* geschieht jedoch über ein an **SBus** angelehntes Protokoll, so dass auf diesem Wege auch *nur* 16 proportionale Kanle transportiert werden knnen. Damit stehen *de-facto* die beiden Varianten einmal mit 14 Kanlen und einmal mit 16 Kanlen (Beschränkung durch **SBus**) zur Verfügung. Dies muss extra als **PWM**, **IB16** für das *MPM* in **OpenTx** eingestellt werden.

4.4.2. Sensoren: IBus

Zwar ist der Sensor-**IBus** logisch ein Bus-System, technisch ist er jedoch als sog. **Daisy-Chain** ausgeführt. Dies bedeutet, dass die anzuschließenden Sensoren als *Sensor-Kette* anzuschließen sind: Empfnger ! Sensor_1 ! Sensor_2 ! 

Leider knnen in dieser Kette nur bis zu 15 Sensoren angeschlossen werden.

Dies ist eine Beschränkung, die leider im Funktionsmodellbau schmerzlich zu spüren ist.

4.5. Spektrum:

4.5.1. Aktoren: XBus

4.5.2. Sensoren: XBus

5. Erweiterungen

5.1. SBus-PWM-Adapter

Hat man etwa einen kleinen 4-Kanal Empfänger, so kann man hier nur 4 Servos direkt anschließen. Vom Sender werden aber in der Regel *mehr* Kanäle übertragen. Um die weiteren Kanäle nutzen zu können, gibt es auf dem Markt sog. **SBus2PWM**-Adapter: sollte der Empfänger einen **SBus**-Ausgang besitzen, kann man diesen Adapter dort anschließen und bekommt bis zu 16 Kanal-Ausgänge.

!

Und was ist mit SumD?

Die meisten Graupner/SJ-Empfänger lassen sich auf **SBus** umstellen. D.h. einer der Ausgänge produziert weder ein **PWM**-Servo-Signal noch das Graupner/SJ-spezifische **SumD** sondern den de-facto Standard **SBus**. Dort kann man dann auch einen solchen Adapter anschließen. So kann man auch einem *kleinen* Empfänger wie etwa dem **GR-12L** auch 16 proportionale Kanäle entlocken.

5.2. I Bus-PWM-Adapter

Es gilt dasselbe wie unter **SBus-PWM-Adapter**. Man braucht *nur* einen **I Bus-PWM**-Adapter.

6. Analoges

Es gibt auch *analoge* Bus-Systeme, auch wenn der Begriff **Bus** originär aus der Informatik stammt und damit eigentlich immer *digitale* Bus-Systeme gemeint sind.

Der generelle Nachteil von den analogen Verfahren ist die erhöhte Störanfälligkeit.

6.1. PWM-Servosignal

Fast alle RC-Empfänger haben sog. Servo-Ausgänge. Es gibt jedoch mittlerweile einige Klein- und Kleinst-Empfänger, die aus Platzgründen auf die analogen Servo-Ausgänge verzichten, oder solche, die speziell für den *Copter*- oder *Dronen*-Betrieb ausgerichtet sind, wo eine digitale Übertragung alle Kanäle über ein Bus besser geeignet ist. Denn letztlich übernimmt hier der *Flightcontroller* die Auswertung.

Man kann die *Verbindung* von einem Servosignal-Ausgang des RC-Empfängers zu einem Servo auch als einen *Bus* auffassen: in diesem Fall mit einem Master und nur *einem* Slave (dem Servo). Auf diesem Bus wird auch nur *eine* Information übertragen, eben genau die gewünschte Position für dieses eine Servo.

Es spricht aber nichts dagegen, auch zwei oder mehr Servos an demselben Servosignal-Ausgang anzuschließen. Diese Servos bewegen sich dann immer gleichförmig. Dies kann sinnvoll sein, wenn etwa an *räumlich getrennten* Orten *dieselben* Bewegungen ausgeführt werden sollen, etwa bei mehreren Rudern, die nicht durch ein Gestänge verbunden werden können (s.a. Langeklappen im Flugmodellbau). Dafür setzt man elektrisch gerne ein sog. *Y-Kabel* ein.

Pulse-Width-Modulation (PWM)

!

Die gewünschte Position des Servoantriebs wird hierbei als die zeitliche Impulslänge eines elektrischen Impulses analog codiert: eine Impulslänge von ca. 1,5ms bedeutet üblicherweise Neutralposition, ca. 2ms oder ca. 1ms die jeweiligen Endpositionen (leider ist dies auch von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich, weswegen man auch bspw. ESCs *anlernen muss, damit korrekt die Lagen voll-vorwärts und voll-rückwärts* erkannt werden). Diese Impulse werden aus historischen Gründen alle ca. 20ms gesendet. Die Aktualisierungsrate ist damit ca. 50Hz.

Warum ist das eine analoge Übertragung?

!

Die Frage ist berechtigt! Denn die Servo-Signale werden doch mit nur *zwei* Pegeln, also **0V** und **5V** oder **0V** und **3,3V** übertragen. Das sind doch nur *zwei* Werte.

Die Information steckt aber hier eben nicht im *Pegel* des Signals, sondern in der *Impulslänge*. Diese ist jedoch nicht *diskretisiert*, sondern *analog*. Sie wird also vom rezeptierenden Gerät (Servo o.ä.) als eine kontinuierliche Größe gemessen und verarbeitet. Geringe Schwankungen in der *Impulslänge* werden also als Störungen wahrgenommen.

6.2. CPPM

Als **CPPM** (*combined pulse position modulation*) oder auch manchmal nur **PPM** wird die analoge Übertragung von bis zu 8 (oder mehr) Servokanälen bezeichnet (s.a. **PPM**). Dies kommt einem digitalen

Aktor-Bus schon recht nahe, werden hier doch mehrere Informationen übertragen. Dieses Verfahren findet heute nur noch selten statt, teilweise wird es *innerhalb* eines *Senders* eingesetzt, um die Kanäle zum HF-Modul zu übertragen. Sehr selten kommt es noch im Copter- oder Dronen-Bereich zum Einsatz, um die Kanäle zum *Flightcontroller* zu übertragen (hier herrscht *SBUS* vor).

CPPM wird als *Zeitmultiplex*-Verfahren bezeichnet. Denn bei *Cppm* werden in einem *Zweitrahmen* von *20ms* die Informationen von typischerweise 8 Kanäle übertragen. Die Zeitspanne von *20ms* wird also in 8 *Zeitschlitze* unterteilt, die durch die Impulsflanken markiert werden.

6.3. Doppeltes Zeitmultiplex

Die Kodierung von mehreren Informationen wiederholend und zeitlich nacheinander wird oft als *Multiplex*-Verfahren bezeichnet. Dies ist bei *CPPM* ja der Fall.

Im Funktions- und Schiffsmodellbau hat man oft die Anforderung, dass man einfache *ein/aus* Schaltfunktionen auslösen möchte. Eine zum Geber proportionale Servoabtriebsbewegung ist hierbei nicht gefragt.

Natürlich kann man das mit einem proportionalen Übertragungskanal erreichen, indem man bspw. hierfür einfach die Extremlagen verwendet. Selbst bei 16 Übertragungskanälen ist man dann allerdings schnell an der Grenze des Machbaren, denn mehr als 16 Schaltfunktionen sind nicht selten.

Dasselbe Prinzip des Zeitmultiplex kann man nun auch bezogen auf einen *einzelnen* Übertragungskanal anwenden: hier werden dann - wieder nacheinander - die Schaltzustände übertragen. An einem analogen Servoausgang des RC-Empfängers werden also zeitlich nacheinander die Schaltzustände als Servo-Impulse ausgegeben. Damit verringert sich natürlich die Aktualisierungsrate nochmals, die Schaltfunktionen reagieren damit nicht unmittelbar. Weil auch noch 1 bis 2 Synchronimpulse übertragen werden müssen, kann es bis zu 200ms dauern, bis eine Reaktion erfolgt.

6.3.1. Varianten

Damit das analoge Schaltmodul erkennen kann, an welcher Stelle bei den übertragenen Impulsen die Zählung für die Schaltfunktionen beginnt, muss ein sog. *Synchronimpuls* (oder zwei) übertragen werden. Als *Synchronimpulse* muss eine Impulslänge gewählt werden, die bei den anderen Impulsen *nicht* vorkommt.

Es haben sich Verfahren eingebürgert, die einen oder zwei extrem lange ($\geq 2\text{ms}$) oder extrem kurze Impulse ($\leq 1\text{ms}$) verwenden, so dass sich insgesamt vier Möglichkeiten ergeben. Die Schaltzustände werden dann mit Impulsen von etwa 1,8ms, 1ms und 1,2ms übertragen. Damit kann jede Schaltfunktion drei Zustände annehmen: *aus*, *ein₁* und *ein₂*.

¥ 1 langer Synchronimpuls, danach bis zu 8 Schalt- oder Proportional-Impulse

CP-Elektronik

¥ 2 lange Synchronimpulse, danach bis zu 8 Schalt- oder Proportional-Impulse

Graupner / JR MK4

Graupner / JR MK8

¥ 1 kurzer Synchronimpuls, danach bis zu 8 Schalt- oder Proportional-Impulse

Robbe (in umgekehrter Reihenfolge)

¥ 2 kurze Synchronimpulse, danach bis zu 8 Schalt- oder Proportional-Impulse

kein Einsatz bekannt

7. Die Protokolle im Detail

Im folgenden sollen die Protokolle im Detail beschrieben werden. Dies ist zwar für den *normalen* RC-Modellbauer wenig interessant. Aber es gibt ja genügend *Elektroniker* unter den Modellbauern, die diese Information u.U. nützlich finden.

7.1. SumD

7.2. Hott-Sensor

7.3. SBus

7.4. S.Port

7.5. IBus-Servo

7.6. IBus-Sensor

8. Produkte

8.1. SumD / Hott-Sensorprotokoll

¥ Fa. Graupner

WM

8.2. SBus / S.Port

¥ Fa. FrSky

¥ Fa. Futaba

¥ Drittanbieter

(É viele É)

WM

8.3. IBus

¥ Fa. FlySky

¥ Drittanbieter

WM

9. Kontakt

Anfragen: wilhelm.wm.meier@googlemail.com