

## M-Link / FrSky Telemetrie-Konverter

Der Konverter empfängt Telemetrie-Daten von einem M-Link Sendemodul und konvertiert diese in das von FrSky benutzte Telemetrie-Format (D-Protokoll für Sensor-Hub).

Das FrSky Protokoll beinhaltet einen RVLQ Frame (Remote Voltage and Link Quality) und User Data Frames. Beides wird vom Konverter für die Übertragung von Telemetrie-Daten zur externen seriellen Schnittstelle des FrSky Senders genutzt.

Der Konverter reagiert dynamisch auf Änderungen am Multiplex Sensor Bus. Es ist somit kein Problem, wenn ein Sensor eine längere Hochlaufzeit hat (z.B. GPS). Sobald gültige Telemetrie-Daten von diesem Sensor auf dem MSB vorhanden sind, werden sie vom Konverter verarbeitet.

Man kann auch während des laufenden Betriebs Sensoren am MSB an- und abstecken. Wenn ein Sensor entfernt wird, schaltet der Konverter den entsprechenden Daten-Frame zum Sender ab. Davon ausgenommen ist der RVQL Frame, in dem A1, A2 und RSSI übertragen werden, dieser wird bei aktiver Telemetrie immer gesendet. Wenn ein einzelner Daten-Frame verschwindet, setzt OpenTX den entsprechenden Sensorwert in eckige Klammern. Steckt man den Sensor wieder an, wird der zugehörige Daten-Frame vom Konverter wieder aktiviert, und die eckigen Klammern verschwinden wieder.

Wenn das M-Link Sendemodul gar keine gültigen Telemetrie-Daten mehr liefert, z.B. weil der Empfänger ausgeschaltet wurde, schaltet der Konverter die Ausgabe von Telemetrie-Daten ganz ab (auch den RVLQ Frame), und der Sender erzeugt die entsprechende Sprachwarnung.

Das alles ist natürlich mit gewissen zeitlichen Verzögerungen verbunden, die davon abhängen, wie lange das M-Link Sendemodul braucht, um auf die Veränderung zu reagieren.

### Status-LED:

Wenn das Programm auf einem Arduino Pro Mini oder Wattuino Nanite 841 Board läuft, wird der Status des Konverters über die darauf vorhandene LED angezeigt.

- Der Start bzw. Reset des Konverters wird durch eine spezielle Blinksequenz signalisiert (3-mal lang/kurz/kurz).
- Die LED ist aus, wenn der Konverter überhaupt keine Telemetrie-Daten vom M-Link Modul empfängt (z.B. weil ein Modellspeicher angewählt ist, für den das M-Link Modul nicht benutzt wird).
- Dauerleuchten zeigt an, dass der Konverter in der Startschleife ist, während der er empfangene Telemetrie-Daten ignoriert. Dieser Zustand dauert normalerweise nur einige Sekunden.
- Die LED blinkt schnell, wenn Datenpakete vom M-Link Modul empfangen und ausgewertet werden, diese aber keine gültigen Telemetrie-Daten enthalten (z.B. vor dem Einschalten des Empfängers, oder nach dessen Ausschalten). Der Konverter gibt in diesem Fall keine Daten aus.
- Langsames Blinken signalisiert, dass der Konverter gültige M-Link Telemetrie-Daten verarbeitet und entsprechende Daten zum FrSky Sender schickt (normaler Betrieb).

Beim Arduino Pro Mini liegt am Port B0 ein identisches Ansteuerungs-Signal für eine externe Status-LED an. Diese kann z.B. in der Taranis X9E z.B. in einem freien Schalterloch platziert und über einen passenden Vorwiderstand mit dem Port B0 und Masse verbunden werden. Die externe Status-LED arbeitet dann synchron mit der LED auf dem Arduino Board.

## RVLQ Frame

Im RVLQ Frame werden die Parameter A1, A2 und RSSI jeweils als 8-Bit Werte ausgegeben.

Den Spannungen A1 und A2 sind dabei bestimmte MSB Adressen fest zugeordnet. Wenn aber einer dieser Parameter nicht benötigt wird, kann die entsprechende Adresse für einen beliebigen Parameter mit einer anderen Werteklasse benutzt werden.

- A1 Spannung: Adresse 0 (normalerweise die Empfängerspannung)
- A2 Spannung: Adresse 2 (eine weitere Spannung bis 25,5 V)

Für die Spannungen A1 und A2 muss im Sender die Umrechnung auf 25,5 eingestellt werden.

Als RSSI wird der M-Link LQI Wert ausgegeben, wobei die niedrigste MSB Adresse benutzt wird, auf der die entsprechende Werteklasse übertragen wird (normalerweise Adresse 1). Für den LQI Wert empfiehlt es sich, als Einheit % zu wählen und auf jeden Fall den Namen zu ändern, da der LQI nichts mit dem RSSI Wert beim FrSky System zu tun hat.

## User Daten mit FrSky ID

FrSky User Daten mit vordefinierten IDs werden erzeugt und ausgegeben, wenn diese Option beim Kompilieren der Firmware ausgewählt wurde. Sie sind allerdings auf wenige Parameter mit geeigneter ID beschränkt (Spannung, Strom, Steigrate und zwei Temperaturen).

Für diese Parameter rechnet der Konverter den MSB Sensorwert in das Format des entsprechenden FrSky Parameters um und ordnet diesem Parameter die entsprechende vordefinierte FrSky ID zu. OpenTX wählt dann im Sender (nach der Sensorsuche) auf Grund der FrSky ID bereits die richtige Einheit aus.

Für Temperaturen ist die Auflösung auf dem MSB höher als im FrSky Protokoll vorgesehen. Es wird aber vom Konverter nicht gerundet, um die Auflösung nicht zu verschlechtern. Daher muss für Temperaturen ein Umrechnungsfaktor von 25,5 eingestellt werden, damit der richtige Wert angezeigt wird (der empfangene Wert wird bei diesem Umrechnungsfaktor durch 10 geteilt).

Die voreingestellte Präzision (Anzahl der Nachkommastellen) stimmt teilweise nicht mit der tatsächlich vorhandenen Auflösung überein. Das führt zwar nicht zu einem falschen Anzeigewert, sollte aber dennoch so angepasst werden, dass die Darstellung des Wertes die tatsächliche Auflösung reflektiert.

In folgender Tabelle sind für alle vom Konverter erzeugten User Daten mit vordefinierter FrSky ID die Parameter zur Konfiguration der Anzeige im Sender aufgelistet.

Parameter	ID	Name	Adresse	Einheit	Umrechnung	Präzision
Spannung	0039	VFAS	s. Text	V	-	1
Strom	0028	Curr	s. Text	A	-	1
Temperatur 1	0002	Tmp1	s. Text	°C	25,5	1
Temperatur 2	0005	Tmp2	s. Text	°C	25,5	1
Steigrate	0030	VSpd	s. Text	m/s	-	1

## MSB Adressen:

Für Spannung, Strom und Steigrate wird die betreffende ID jeweils der niedrigsten MSB Adresse mit passender Werteklasse zugeordnet. Spannungen mit den Adressen 0 oder 2 werden dabei nicht berücksichtigt, da diese wie oben beschrieben als A1 und A2 Wert zum Sender geschickt werden.

Für Temperaturen gibt es zwei vordefinierte FrSky IDs, die den beiden niedrigsten MSB Adressen mit entsprechender Werteklasse zugeordnet werden.

#### Anmerkungen:

Für die Drehzahl verwendet der Konverter nicht die im FrSky Protokoll vorgesehene ID, wegen der in OpenTX dafür implementierten und für das MSB Drehzahlformat ungeeigneten Berechnungen.

Auch für Baro-Höhe und GPS-Höhe werden nicht die vordefinierten FrSky IDs verwendet, da diese gemäß D-Protokoll das Senden zweier Daten Frames für den ganzzahligen Anteil und die Nachkommastellen erfordern. Da die Werteklasse 8 (Höhe / kurze Distanz) eine Auflösung von 1 m besitzt, müsste immer ein Wert von 0 für die Nachkommastellen mit übertragen werden, was keinen Sinn macht und nur unnötig Daten Frames belegt. Um die Höhen von anderen Daten mit gleicher Werteklasse unterscheiden zu können, müssten zudem vordefinierte MSB Adressen verwendet werden. Daher werden die Höhen als zusätzliche User Daten ausgegeben (s. unten).

#### Zusätzliche User Daten

Neben den Sensorwerten im RVLQ Frame und denen, für die es eine geeignete vordefinierten FrSky ID gibt, überträgt der Konverter auch alle anderen MSB Parameter, die zusätzlich vorhanden sind. Diesen Parametern wird eine ID auf Grund ihrer MSB Adresse zugeordnet (ohne Berücksichtigung der Werteklasse), wobei die IDs so gewählt sind, dass das Low Nibble der jeweiligen MSB Adresse entspricht.

Der Standard-Name für diese Parameter entspricht der ID (s. folgende Tabelle).

Adresse	ID / Name						
0	0020	4	0034	8	0038	12	002C
1	0031	5	0035	9	0029	13	002D
2	0032	6	0036	10	002A	14	002E
3	0033	7	0037	11	002B	15	002F

Für die zusätzlichen User Daten wird der Sensorwert normalerweise einfach unverändert durchgereicht. Abhängig von der Werteklasse muss der Telemetrie-Wert dann im Sender entsprechend konfiguriert werden (Einheit, Umrechnung und Präzision). Es werden positive und negative Werte dargestellt.

Eine Ausnahme bilden Sensorwerte der Werteklasse 5 (Drehzahl). Hierfür gibt es gemäß MSB Spezifikation zwei mögliche Auflösungen (10 bzw. 100 1/min), die durch das Vorzeichen unterschieden werden. Für die Auflösung von 100 1/min ist eine Umrechnung in den richtigen Anzeigewert mit den Konfigurations-Möglichkeiten von OpenTX nicht möglich. Der Konverter rechnet daher für Drehzahlen den Sensorwert immer in Umdrehungen pro Minute mit einem LSB von 1/min und positivem Vorzeichen um. Dieser Wert kann dann im Sender direkt ohne Umrechnung dargestellt werden.

Hinweis: Drehzahlen größer als 32767 können über das FrSky Protokoll nicht übertragen werden. Für solche Drehzahlen ist es daher notwendig, sie vor der Übertragung über den MSB herunterzuteilen. In OpenTX muss dann eine entsprechende Umrechnung eingestellt werden, um den richtigen Anzeigewert zu erhalten.

Die folgende Tabelle zeigt für jede Werteklasse die notwendige Sensorkonfiguration im Sender.

Werteklasse	Beschreibung	Einheit	Umrechnung	Präzision
0	Sonderdaten	-	-	-
1	Spannung	V	25,5	1
2	Strom	A	25,5	1
3	Steigrate	m/s	25,5	1
4	Geschwindigkeit	Km/h	25,5	1
5	Drehzahl	rpm	-	0
6	Temperatur	°C	25,5	1
7	Richtung	°	25,5	1
8	Höhe / kurze Distanz	m	-	0
9	Füllstand	%	-	0
10	LQI	%	-	0
11	Ladung	mAh	-	0
12	Volumen	ml	-	0
13	lange Distanz	km	25,5	1
14	g-Rate	g	25,5	1
15	nicht benutzt	-	-	-

### **Sonderdaten**

Es werden auch MSB Daten mit Werteklasse 0 übertragen, sofern eine gültige Unterklasse im High Byte des MSB Sensorwertes vorhanden ist. Derzeit gibt es nur die Unterklasse 0x01 (ECU Status- und Fehlermeldungen). Die verwendete ID reflektiert die MSB Adresse gemäß Tabelle weiter oben.

Für Sonderdaten der Unterklasse 0x01 beinhaltet das vom Konverter erzeugte Datenwort die oberen 7 Bits aus dem Low Byte des MSB Sensorwertes. Die Unterklasse wird nicht mitübertragen, so dass der Wert des Datenwortes direkt dem übertragenen Code der ECU Meldung entspricht. Die erlaubten Codes sind in der MSB Spezifikation definiert.

Bit 0 aus dem Low Byte dient als Alarm-Flag und wird zusammen mit allen anderen Alarm-Flags über die ID 000F übertragen (s. unten).

### **Alarm-Flags**

Über die spezielle ID 000F werden die Alarm-Flags aller gültigen MSB Parameter übertragen, wenn diese Option beim Kompilieren der Firmware ausgewählt wurde. Dabei steht das Alarm-Flag einer bestimmten MSB Adresse an der entsprechenden Bitposition im Datenwort.

Hinweis: Da mit OpenTx Alarme sehr komfortabel im Sender konfiguriert werden können, ist die Übertragung der MSB Alarm Flags normalerweise nicht sinnvoll.