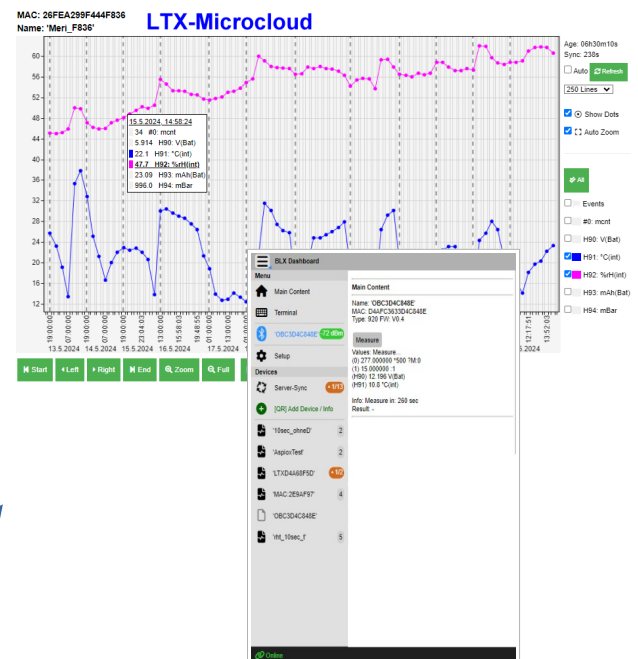


AquatOS LORA



LoRaWAN®-Interface für SDI-12, Typ 930 Datenblatt und Schnellstart-Anleitung



1 Übersicht

„AquatOS LORA“ ist ein kleines Interface SDI-12 auf LoRa®/LoRaWAN® zum nahezu weltweiten Einsatz über einen SDI-12-Bus vernetzte Sensoren. Es sind bis zu 48 Messkanäle (Fließkommawerte) möglich. Das Gerät kann mit herkömmlichen Batterien jahrelang Messdaten zuverlässig und nahezu in Echtzeit in die Cloud transportieren und lässt sich sehr bequem konfigurieren (sowohl über die Cloud, als auch lokal per Bluetooth APP). Die komplette Cloud-Software und APP stehen als frei verfügbare Open-Source-Lösung zur Verfügung!

Der AquatOS LORA steht in 2 Versionen zu Verfügung:

- „EU“ – Maximale Batteriestandzeit im Funkbereich „EU868“ (Europa), max. 15 dBm Sendeleistung
- „GLOBAL“ – Weltweit einsetzbar, Batteriestandzeit geringer, max. 20 dBm Sendeleistung (Länderabhängig).

Anmerkung: die Sendeleistung ist ein logarithmisches Maß, 15 dBm benötigt nur etwa 1/3 der Energie von 20 dBm. Da aber die maximale Sendeleistung den Arbeitspunkt bestimmt, ist die Batteriestandzeit der Variante „EU“ ist etwa doppelt so lang wie die der Variante „GLOBAL“, also durchaus eine wichtige Entscheidung.

1.1 Grundsätzliches zu LoRaWAN

Im Weiteren wird nur der Einsatz des Aquatis LORA in einem LoRaWAN Netzwerk beschrieben. LoRaWAN zeichnet sich dadurch aus, dass die Geräte mit einem oder mehreren sogenannten Gateways kommunizieren. Je nach den örtlichen Gegebenheiten sind Reichweiten von ca. 500 Metern im stark urbanen Bereich, bis zu > 50 km bei freier Sicht möglich. Es wird hier vorausgesetzt, dass ein LoRaWAN Netzwerk vorhanden ist.

Die Kommunikation zwischen Aquatos LORA und Cloud ist recht schnell und erfolgt fast in Echtzeit, Daten benötigen im Normalfall nur wenigen Sekunden für die Übertragung! Auch ist sie bidirektional.

1.2 LoRaWAN Gegebenheiten

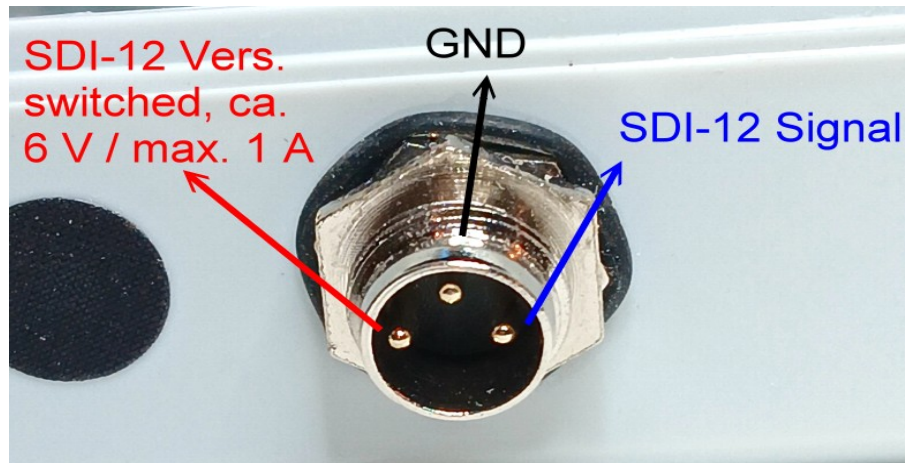
AquatOS LORA ist kompatibel zu allen Netzbetreibern mit LoRaWAN Standard. Insbesondere:

- **ChirpStack**
- **The Things Stack**
- diverse proprietäre Betreiber, z.B. „Element IoT“

AquatOS LORA verwendet die aktuell neueste Version (Stand Januar/2026) des LoRaWAN Protokolls (V1.0.4, Klasse „A“).

1.3 Hardware

Der Aquatos LORA wird mit 4 Standard 1.5V AA-Batterien betrieben (empfohlen: Version Alkali-Mangan oder 1.5V Lithium). Damit kann der SDI-12 Bus mit ca. 6 Volt (geschaltet, max. 1A) versorgt werden.



Anschluss für den SDI-12-Bus ist eine Standard M8-Buchse. Im Normalfall ist eine Buchse vorhanden, bei Bedarf sind auch bis zu 3 Buchsen am AquatOS LORA verfügbar (alle 3 Leitungen intern parallel geschaltet).

Wichtig: SDI-12 Sensoren werden exakt mit der Spannung der 4 in Serie geschalteten Batterien versorgt, also nominal 6 V, bei schwachen Batterien bis minimal ca. 4 V. Für viele SDI-12-Sensoren reicht dies aus. Sollten höhere Spannungen benötigt werden, kann der AquatOS-LORA – nach Absprache - auch extern mit bis zu 12 Volt versorgt werden.

Die Antenne wird über eine Standard SMA-Reverse Buchse angeschlossen.

Wichtig: die Antennen muss für den Frequenzbereich 863 MHz – 870 MHz angepasst sein. Das Gerät darf nicht ohne Antenne betrieben werden.

Zum Öffnen der Gehäuse wird ein kleiner Schraubendreher (Schlitz) benötigt:



Ein kleiner Tipp aus der Praxis: Das Entnehmen der Batterien (zumindestens bei der ersten) ist mechanisch nicht ganz so einfach. Es kann daher sehr hilfreich sein, vor dem Einlegen der Batterien

ein flaches, einigermaßen reißfestes Band darunter zu legen. Durch Ziehen am Band können die Batterien dann bequem aus den Haltern entnommen werden:



1.4 Software

1.4.1 Bediensoftware via Bluetooth BLE

Zur lokalen Kommunikation (vor Ort) mit AquatOS LORA via Bluetooth wurde die APP „BLX Dashboard“ entwickelt. Es handelt sich um eine sogenannte „PWA“, eine APP, die direkt aus dem Browser auf Android- und Windows-Systemen gestartet werden kann, sich aber auch komplett offline verwenden lässt. Ihre Verwendung wird hier nachfolgend kurz gezeigt. Link siehe weiter unten.

1.4.2 Payload Decoder (LTX Payload Decoder)

Im LoRaWAN-Netz werden Messwerte in Paketen in die Cloud und auch zurück übertragen. Da jedes übertragene Bit Energie verbraucht, übertragen die Payload Decoder ein sehr komprimiertes Format.

Der Payload Decoder für den AquatOS LORA ist als Open-Source verfügbar (in **JavaScript** für ChirpStack, The Things Stack, etc..) und in **Elixir** (z.B. diverse proprietäre Betreiber).

- <https://github.com/joembedded/payload-decoder>
Der LTX Payload Decoder

1.4.3 Cloud- und Bedien-Software

Vom LoRaWAN Netz werden die Daten im allgemeinen an eine Datenbank übertragen. Hier stellen

Als komplette Cloud-Software steht die „LTX Microcloud“ in 2 Versionen (mit und ohne SQL-Datenbank-Anbindung) zur Verfügung. Von der „LTX Microcloud“ aus lassen sich auch Kommands an den AquatOS LORA senden! Beispielsweise zum ändern des Messintervalls oder zur Anforderung von GPS-Positionsdaten.

Wichtig: Die komplette Cloud-Funktionalität zum Betrieb von einer nahezu beliebigen Anzahl von AquatOS LORA (und diversen anderer Typen unserer Daten-Logger und Transmitter), die „LTX Microcloud“, sowie die APPs zur lokalen Kommunikation „BLX Dashboard“ stellen wir kostenlos, als Open-Source und lizenziert zur kommerziellen Verwendung für jedes Gerät von uns zur Verfügung! Die „LTX Microcloud“ steht in 2 Versionen (Mit und ohne SQL-Datenbank-Anbindung) zur Verfügung:

- https://github.com/joembedded/LTX_Server
LTX Microcloud: Voll-Version für SQL Datenbank
- https://github.com/joembedded/LTX_Legacy
LTX Microcloud: rein dateibasierte „Light“-Version, ohne SQL Datenbank
- https://github.com/joembedded/ltx_ble_demo
BLX.JS, minimale Webseite für Bluetooth-Kommunikation. Vorstufe/Ausgangsbasis für eine APP.
- <https://github.com/joembedded/JoEm-Dashboard>
BLX Dashboard, Kommunikations-APP als echte PWA. Baut auf den selben Treibern und Kommandos wie BLX.JS auf.
- <https://joembedded.de/x3/blueshell/>
Die BlueShell ist eine dritte Kommunikations-APP (nur für PC (ab Windows 10))

Detail-Anleitungen zur LTX Microcloud und den dazugehörigen APPs befinden sich bei den jeweiligen Projekten. Hier wird nur der Betrieb des AquatOS LORA beschrieben.

2 Technische Inbetriebnahme

Der SDI-12-Bus wird über die drei Leitungen Rot/Braun: Versorgung, Schwarz: GND, Blau: SDI-12 Signal (Standard-Farben M8-Kabel) angeschlossen. Rot/Braun ist die geschaltete Batteriespannung.

Das Gerät verfügt über BluetoothLE („BLE“) und lässt sich sehr einfach per PC (ab Windows 10) oder einem Smartphone mit Android und BLE in Betrieb nehmen. Es kann sowohl die BlueShell, BLX Dashboard oder BLX.JS verwendet werden.

Technische Hinweise zu Low-Voltage-SDI12 und BLE sind hier zu finden:
https://joembedded.de/x3/ltx_firmware/GeneralDocus/open_sdi12_1v4_Bericht_DE.pdf

Im Auslieferungszustand ist BLE aktiv, aber die Sensoren und Übertragung deaktiviert.

2.1 Energieverbrauch

Die technischen Regularien, speziell in Funkbereich EU868, limitieren die maximal nutzbare Sendezeit. Üblicherweise sind so nur Pakete mit minimalem Zeitabstand von ca. 1-5 Minuten erlaubt bei voller Sendeleistung. Bei Geräten, die sich fest an einem Standort befinden, kann das

LoRaWAN Netzwerk aber die Datenrate und Sendeleistung dynamisch anpassen (die sogenannte adaptive Datenrate, auch ADR genannt). Dies kann sehr viel Energie sparen helfen!

Die Energie für eine einzelne Messung i.d.R. immer gleich und kann in den Parametern hinterlegt werden.

Die Energie für eine einzelne LoRaWAN-Übertragung hängt aber stark von der Länge der zu übertragenen Daten, der Datenrate und natürlich von der Gerätevariante „EU“ oder „GLOBAL“ ab.

Hier eine Beispielaufstellung für die Variante „GLOBAL“ mit ca. 15 Bytes Payload und Standard Alkali-Batterien mit ca. 2.2 Ah Kapazität, grob und ohne Sensor-Verbrauch!

- Übertragung alle 5 Minuten bei Datenrate 0 (DR0): 7 Monate
- Übertragung alle 30 Minuten bei Datenrate 0 (DR0): 3 Jahre
- Übertragung alle 5 Minuten bei Datenrate 5 (DR5): 10 Jahre

Man sieht: ADR kann hier sehr viel Energie sparen!

Wichtig: Der Energieverbrauch der Version „EU“ (15 dBm max. Sendeleistung) ist noch einmal 50% geringer als „GLOBAL“ (20 dBm).

Wichtig: Intern ist der AquatOS LORA in der Lage, seine verbrauchte Energie selbst hochzurechnen und dies gelegentlich (über sogenannte HK-Werte) in die Cloud zu übertragen. So können die Batterien so lange wie möglich verwendet werden.

Hinweis: Gute Alkali-Batterien 1.5V AA haben eine Kapazität von ca. 2.2 Ah, bei 1.5 V Lithium kann man mit 3 Ah rechnen.

2.2 Kommandos

Per BLE-Terminal sind folgende Befehle wichtig:

- ,p‘: Mess-Periode in Sekunden, Default: „3600“. Möglich 120 – 86400 Sekunden.
Kann auch remote geändert werden.
- ,h‘: HK-Counter: HK steht für „House-Keeping“, auf diesem Gerät sind das die Batteriespannung und die interne Temperatur. Per Default ist dieser Wert 1. Das heißt bei jeder Übertragung werden die HK-Werte mit übertragen. Da sie meist aber nur weniger häufig als die Messwerte benötigt werden, kann man mit einem Wert $n > 1$ die Übertragung auf jeden n-te Nachricht reduzieren um Daten zu sparen. Default ist 6.
Kann auch remote geändert werden.
- ,f‘: Die Betriebsart des Gerätes (als Zahlenwert):
- 0: „OFF“: Dauerhaft aus (Auslieferungszustand)
 - 1: „Join“: Diese Betriebsart verwendet jeweils ein „JOIN“-Kommando nach Reset/PowerON oder längeren Problemen.

Dies ist der empfohlene Betriebszustand.

2: „Stored Connection“: Nach einem erfolgreichen „JOIN“ speichert das Gerät die Daten im Speicher und könnten (theoretisch) wieder verwendet werden. Allerdings sind dann die Uplink/Downlink-Counter nicht bekannt, was im LoRaWAN Stack explizit freigegeben werden muss, da es etwas weniger Sicherheit bietet als die erste Version mit „JOIN“.

,?': Listet alle Einstellungen auf

,n': Setzt die Messenergie für eine einzelnen Messung in mAs (also 20 wären z.B. 2 Sekunden lang 10 mA). Dieser Wert wird bei der Energieberechnung berücksichtigt und muss vorgegeben werden. Default ist 20 (für 20mAs, das entspricht etwa einem Drucksensor für Wasserstand). Kann auch remote geändert werden.

,u': Das Sensor-Profil (für die Einheiten, siehe Payload-Decoder, wird nur dort gebraucht).

Wichtig: Die Profile >1000 codieren die Daten in „kleinen“ Fließkommazahlen (Float16, 2 Bytes pro Wert), darunter volles Fließkommaformat (Float32, 4 Bytes pro Wert), Details siehe Payload-Decoder.

,s': BLE-usage: 0: BLE dauerhaft an, 1: BLE wird nach 1h abgeschaltet (einschaltbar per Power-On-Reset/Batteriewechsel oder Remote).

,b': Der BLE Advertising-Name des AquatOS LORA

,c': Das SDI-12 Messkommando (siehe Folgeabschnitt). Default ist „*500 ?M“ (ohne ,!'-Zeichen). Kann auch remote geändert werden.

,zCMD': Sendet CMD als SDI-12-Kommando (am Ende ein ,!'-Zeichen)

,z+': Schaltet für mindestens 5 Minuten die SDI-12-Stromversorgung an (ermöglicht es z.B. per BLE mit Sensoren zu kommunizieren)

,z-': Schaltet die SDI-12-Stromversorgung in jedem Fall aus

,z dbg 1' ,z dbg 0' , z dbg': setzt / stoppt / fragt ab das SDI-12-Debugging (kann sehr hilfreich beim Erstellen der SDI-12-Kommandos sein).

,i': Startet eine Messung mit nachfolgender Übertragung (sofern ,f' nicht 0 ist).
Wichtig: aus technischen Gründen wird eine bestehende BLE-Verbindung für die Zeitdauer der LoRaWAN-Übertragung unterbrochen.

Hinweis zu ,i': Speziell beim ChirpStack V4.15.0 tritt gelegentlich das Problem auf, dass bei ganz neu angelegten Geräten, die erste Übertragung fehlgeschlagen ist, Da gibt es vermutlich beim ChirpStack da noch ein Synchronisations-Problem. Alle weiteren Übertragungen funktionieren dann aber bestens. Daher, bei Fehlern, einfach nochmals übertragen. Es gibt auch die Möglichkeit die Übertragung zu debuggen mit ,@dbg 1', siehe unten.

,Write': Speichert die Einstellungen nichtflüchtig ab

,FactoryReset': Löscht sämtliche Einstellungen, setzt ,f' auf den Wert 0 (Off)

,e' (oder Button „Measure“ in der APP): Zeigt eine Messung an (reine Anzeige)

2.2.1 Weitere -nur für den Service wichtige- Kommandos:

Nur zur Vollständigkeit hier aufgeführt. Im Normalbetrieb werden diese Kommandos nicht benötigt.

,@CMD': Sendet ein einzelnes Kommando CMD an das LoRa-Modem, z.B.:
AT+DEUI=? - DevEUI abfragen
AT+ADR=? - ADR abfragen
AT+ADR=X - ADR setzen (X: 0 oder 1) Geht evtl. nur nach AT+RFS, s.u.

...

Die möglichen Kommandos sind in der Application -Note „AN5481“ von ST gelistet:

https://www.st.com/resource/en/application_note/an5481-lorawan-at-commands-for-stm32cubewl-stmicroelectronics.pdf

Hinweis: Die Firmware auf dem LoRa-Modem wurde um einige spezielle Befehle ergänzt. Bei Interesse: Wir helfen gerne!

,@\$res': Resetzt das LoRa-Modem

,@dbg 1': Aktiviert das Debugging für ,i': Dabei wird die Bluetooth-Verbindung nicht unterbrochen und die Kommandos zum Modem dargestellt. Muss aktiv mit

,@dbg 0': wieder abgeschaltet werden.

,@AT+RFS': Löscht die Keys auf dem LoRa-Modem. Danach sind alle Keys; Setup und Link-Counters wieder im Default-Zustand. Manche Settings werden nur akzeptiert, wenn keine Keys gespeichert worden sind. Nach jedem erfolgreichen JOIN werden Keys automatch gespeichert.

,@AT+SAVECFG': Speichert gesetzte Keys / Setup auf dem LoRa-Modem ab.

,@\$initeu868': Initialisiert das Modem für den Funkbereich EU868, setzt Default-Keys:

- DEUI - 16 HEX-Digits, quasi die „Seriennummer“ des Gerätes.
- APPEUI – 16 HEX-Digits, quasi der „Zugangscode“ des Gerätes ins Netzwerk
- NWKKEY – 32 HEX-Digits, der allgemeine Schlüssel, siehe unten.

Wichtig für die Inbetriebnahme: Der Default DEUI des Modems ist nicht identisch zur MAC des AquatOS LORA! Erst mit ,@\$initeu868' wird die MAC des AquatOS LORA als DEUI verwendet. Bei Bedarf können aber alle Keys auch manuell gesetzt werden, siehe obige „AN5481“.

,@\$info': Listet Infos zum Modem auf (z.B. die Netzwerk-Keys, Setup, ...)

Hinweis: Die Namensgebung bei den Keys ist „nicht ganz einheitlich“ und kann leicht verwirren. Auf **The Things Stack** nennt sich

- DEUI: „DevEui“
- APPEUI: „JoinEui“
- NWKKEY „AppKey“.

Auf **ChirpStack** sind die Name

- DEUI: „Device EUI“
- APPEUI: „Join EUI“
- NWKKEY: „Application Key“.

Seit LoRaWAN Version 1.0.3. wurde ein weiterer Key, der „Gen App Key“ eingeführt, der auf dem LoRaModem als „APPKEY“ ansprechbar ist.

Hinweis zur ADR: Für bewegliche Geräte sollte immer mit maximaler Sendeleistung gesendet werden (ADR = 0). Für stationäre Geräte ist es sinnvoll, die Datenrate vom LoRaWAN-Netzwerk dynamisch anpassen zu lassen.

2.3 Parametrierung und Messungen

2.3.1 Das ,c'-Kommando und ein Beispiel

,cCMD' sendet CMD an den SDI-12-Bus. Falls nötig wird die SDI-12-Stromversorgung mit einer Aufwuchszeit von 250 msec eingeschaltet. Optional kann mit ,*XXX' jederzeit eine Wartezeit von XXX msec eingefügt werden.

Als CMD sind z.B. die ,M' oder ,R' Kommandos geeignet. Nach dem Kommando (ohne abschliessendes ,!' -Zeichen) kann eine Liste der zu messenden Kanäle folgen (es sind ja nicht immer alle Kanäle eines Sensors nötig). Ohne Angabe werden aber alle Kanäle des Sensors genommen.

Einige Beispiele (ohne führendes ,c'). Trenner ist ein Leerzeichen oder ein Unterstrich (,_'):

?M Wenn nur ein einzelner SDI-12-Sensor angeschlossen ist, gemessen werden alle seiner Kanäle (SDI-12 V1.2 kompatibel ohne CRC).

- *1800 ?MC Wie oben, aber die Power-Up-Zeit beträgt 1800 msec und es wird (SDI-12 V1.3 kompatibel) mit CRC gemessen. Wertebereich ist 0 – 9999 msec.
- + ?MC ,+‘ ist identisch zu ,*‘, lässt die SDI-12 Spannungsversorgung nach der Messung dauerhaft an (Abschaltung bei „Batterie leer“). Dieser Modus ist z.B. für Sensoren mit laufenden Messungen, wie etwa Zähler oder mittelnde Windsensoren nötig.
- 0M:0 Es wird der 1. Wert des Sensors mit der Adresse ,0‘ gemessen.
- 1MC:1:3 Es werden der 2. und 4. Wert des Sensors mit der Adresse ,1‘ (mit CRC) gemessen.
- 1M:0-4 Es werden 5 Messwerte von Sensor ,1‘ aufgezeichnet.

Im folgenden Beispiel sind zwei Sensoren angeschlossen: Adresse ,1‘ ist eine 2-kanalige Temperaturmesskette, Adresse ,5‘ ist ein Leitfähigkeits-Sensor (Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$ und Temperatur). Beide Sensoren sind innerhalb von 200 msec bereit. Es sollen immer alle Kanäle aufgezeichnet werden.

Nützliche Hilfe: Um zu sehen, welche Kommandos über den SDI-12-Bus gehen, ist ,z dbg 1‘ ein nützlicher Helfer. Mit ,z dbg 0‘ muss es aber manuell auch wieder abgeschaltet werden.

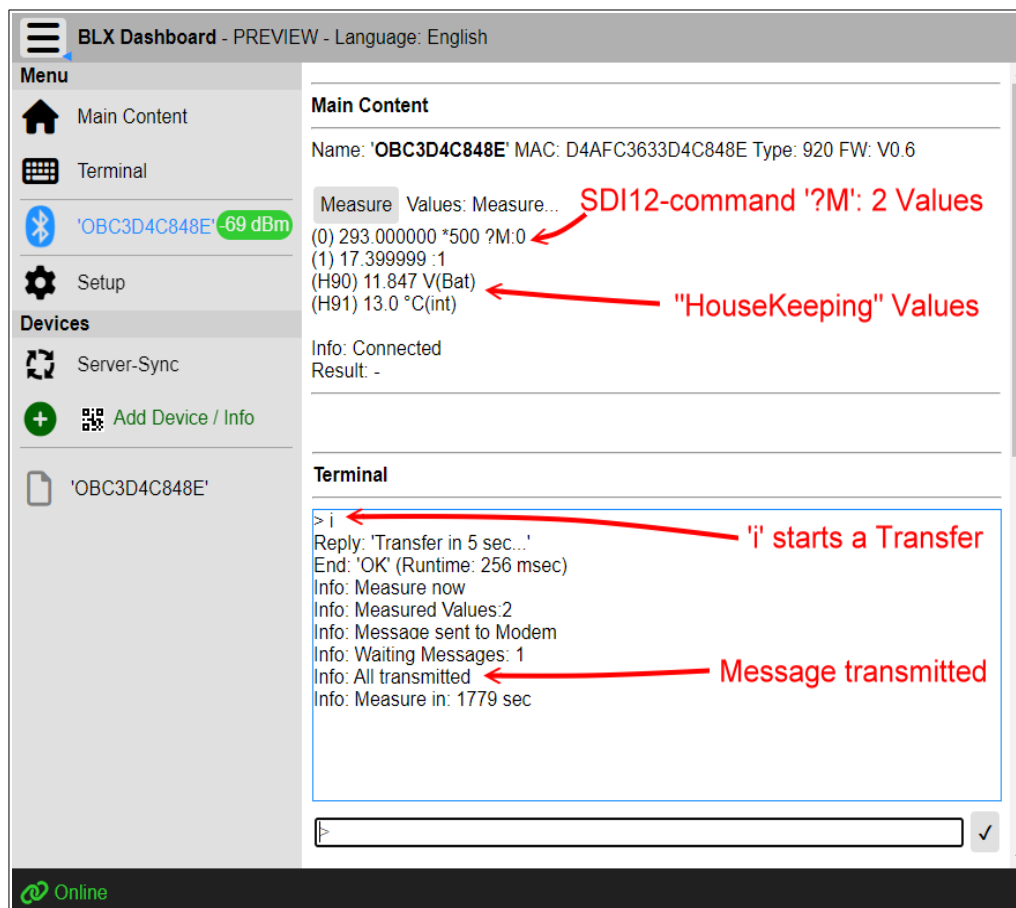
Also lautet das SDI-12-Messkommando (mit CRC): „c1MC:0-1 5MC:0-1“. Ein Auszug aus der Kommunikation (über das Terminal der BlueShell, BLX Dashboard oder BLX.JS):

```

> ?                                     Check Parameter
: 'Modem MAC: '012345678SKY0123' '    MAC of the Modem
: 'Modem: OFF'
: 'CMD: '*500 ?M' '
: 'Period: 3600 sec'
: 'Mode-Flags: '0' '                  Mode „Off“
: 'Packet-ID: '0' '
> f1                                    Mode „On“
: 'Mode-Flags: '1' '
> z1I!                                  Check ID ,1‘
: 'SDI CMD: '1I!' '
: 'SDI: '113TT_TN_2W_0410_OSX713F9C22<CR><LF>' '
> z5I!                                  Check ID ,5‘
: 'SDI CMD: '5I!' '
: 'SDI: '513DECAGON ES-2 385<CR><LF>' '
> c1MC:0-1 5MC:0-1                     Set SDI-12 Measure Cmd.
: 'CMD: '1MC:0-1 5MC:0-1' '
> e                                     Test Measure
Measure...                             Looks good!
(0)12.545002 1MC:0                      Unit: #0: °C_T0
(1)12.488001 (...):1                    Unit: #1: °C_T1
(2)396.000000 5MC:0                      Unit: #2:  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 
(3)13.300001 (...):1                    Unit: #0: °C_H2O
(H90)3.799 V(Bat)
(H91)14.3 °C(int)

```

> f	Check Mode
: 'Mode-Flags: '1''	
> p	Check Period
: 'Period: 3600 sec'	
> Write	Write Reset-proof
: 'Write OK'	
> i	Start a Measure & Transfer
: 'Transfer...'	



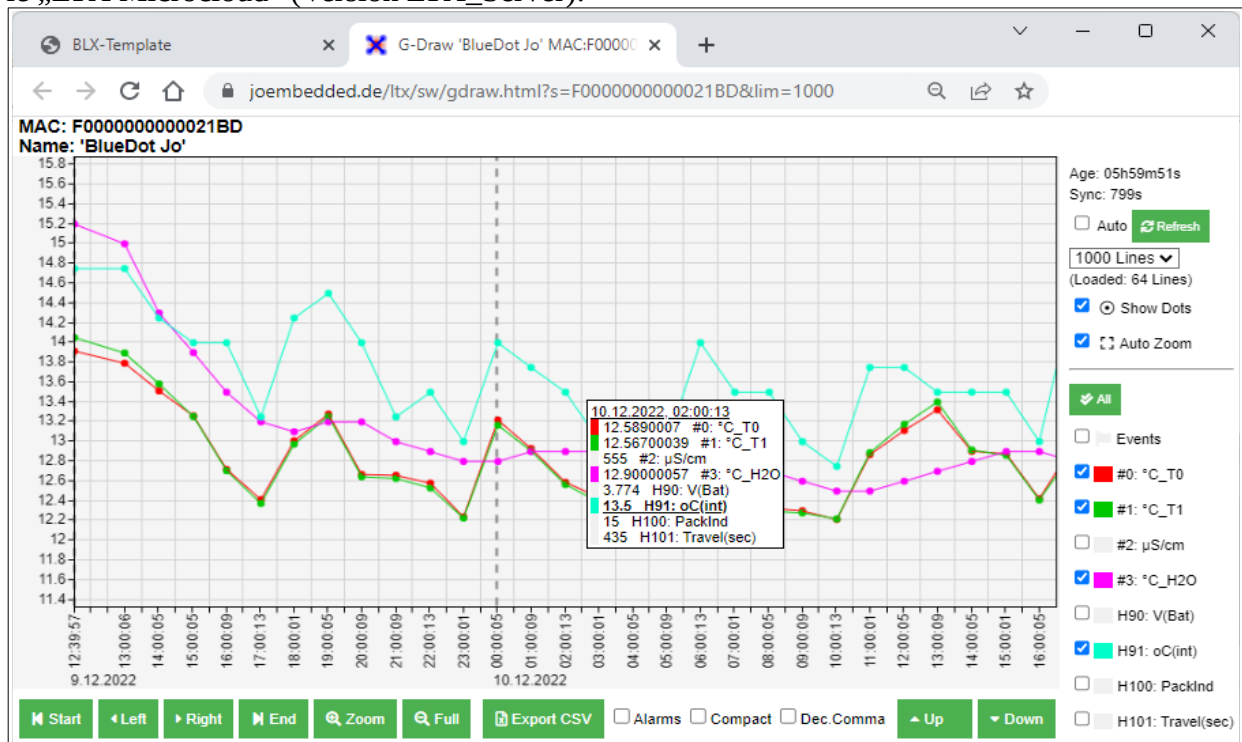
Wichtig ist: SDI-12 kennt die Einheiten der Kanäle nicht, daher sollten diese einmal (manuell) in der „LTX Microcloud“ hinterlegt werden, bzw, für das Sensor-Profil kent der Payload-Deocer diverse Presets.

In Rück-Richtung wird aktuell nur die Messperiode von der „LTX Microcloud“ zum Gerät hin übertragen.

Anmerkung: Es gibt noch eine Reihe weiterer, weniger wichtigerer Kommandos. Bei tieferem technischen Interesse bitte bei uns nachfragen, wir helfen gerne weiter!

Nach wenigen Sekunden sind die Daten z.B. im ChirpStack oder The Things Stack, etc.. sichtbar!

Die „LTX Microcloud“ (Version LTX_Server):



Die Werte HK100:PacketInd bis HK103:Traveltime werden von der „LTX Microcloud“ erzeugt:

HK100: relative Paket pro Tag (Rücksetzen um 0:00h GMT)

HK102: RSSI, relative Feldstärke (in dBm), wie vom Gateway berichtet (Manche Gateways tun sich allerdings mit negativen Zahlen unter -128 schwer...)

HK103: SNR (in db), Signal-Noise-Verhältnis

HK104: Zeit (in s) seit letztem Paket (gut zum Erkennen von Übertragungslücken)

2.3.2 Demo-Video: Messung und Satellitenübertragung

todo

3 Stromverbrauch

todo

4 EU Declaration of Conformity



Product: AquatOS LORA, Type 930

Battery powered radio equipment with 868 MHz LoRa (SRD) and 2.4 GHz Bluetooth

The product described above is in conformity with the following Union legislation:

- Radio Equipment Directive (RED) 2014/53/EU
- Directive 2011/65/EU (RoHS 2), including Directive (EU) 2015/863 (RoHS 3)

Harmonised Standards Applied

Health & Safety (RED Article 3.1(a))

- EN 62368-1:2014 + A11:2017 – Safety requirements
- EN 62479:2010 – Human exposure to electromagnetic fields

Electromagnetic Compatibility (RED Article 3.1(b))

- EN 301 489-1 V2.2.3 – EMC common technical requirements
- EN 301 489-3 V2.3.2 – EMC for Short Range Devices (SRD, 868 MHz)
- EN 301 489-17 V3.2.4 – EMC for 2.4 GHz broadband systems (Bluetooth)

Radio Spectrum (RED Article 3.2)

- EN 300 220-1 V3.2.1 – Measurement methods for SRD
- EN 300 220-2 V3.2.1 – Radio spectrum requirements for SRD (868 MHz)
- EN 300 328 V2.2.2 – Radio spectrum for 2.4 GHz Bluetooth

Environmental Compliance

- EN IEC 63000:2018 – Technical documentation for RoHS compliance

Additional Information: Bluetooth SIG listed: QDID 138612 (Bluetooth qualification is not part of CE conformity)

Manufacturers:

GeoPrecision GmbH
Am Dickhäuterplatz 8
D-76275 Ettlingen

Terratransfer GmbH
Ottostr. 19a
D-44867 Bochum

23.01.2026

Jürgen Wickenhäuser (R&D)
