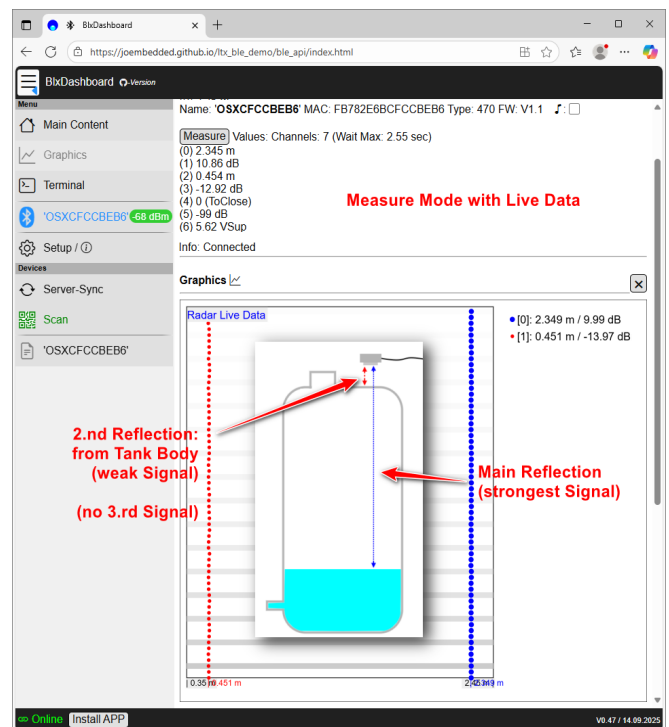


OSX – Open-SDI12-Blue Bluetooth®

Version Radar Distanz OEM 60GHz, Type 471

1 Übersicht

Der **OSX Radar Distanz OEM 60 GHz** ist ein Distanzsensord zur Messung von Entfernungen bis zu 12 Metern (optional bis zu 20 Metern) in der OEM Version. Er wurde speziell für die hochpräzise Erfassung von Wasserständen bei minimalem Energieverbrauch im IoT-Bereich entwickelt. Die Parametrierung erfolgt komfortabel über die **BlixDashboard-App** via Bluetooth. Zudem verfügt der Sensor über eine **SDI-12-Schnittstelle** (Version 1.3).



1.1.1 Varianten

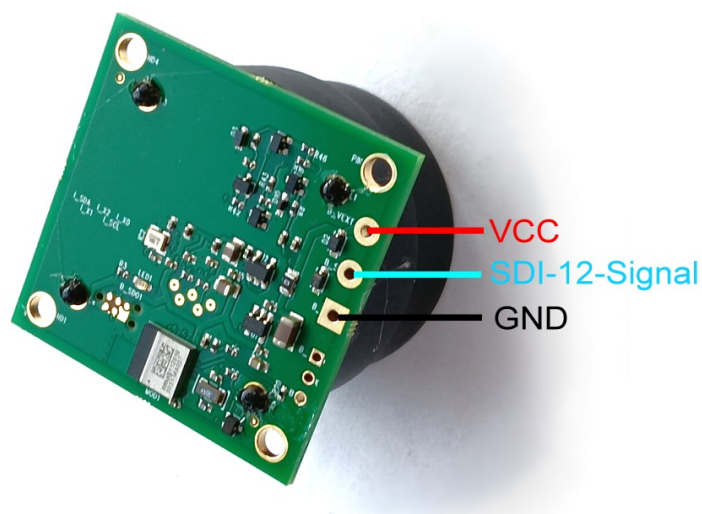
- Masse: 40 mm * 40 mm x 25mm
- Versorgungsspannung (VCC) 3,6 – 16 V
- **Achtung: Die Versorgungsspannung (VCC) ist nicht verpolungssicher! Bei Bedarf kann beispielsweise eine Diode in verwendet werden, was aber die minimale Versorgungsspannung geringfügig erhöht.**

Variante „Kabel“:

SDI-12-Kabel (Aderfarben und Funktionen):

- **Schwarz:** GND (Masse)
- **Braun:** Versorgungsspannung (VCC)
- **Weiß oder Blau:** SDI-12-Signal

Variante „PCB“:



Der Radar-Dom besteht aus ABS Kunststoff (oder alternativ optional auch aus POM Kunststoff). Speziell ABS kann sehr gut auf ebenen Oberflächen verklebt werden, beispielsweise auf der Innenseite von Gehäusen. Das Signal wird bei dünnen Wandstärken (üblicherweise 2 – 3 mm) nur ganz gering abgeschwächt, der Sensor lässt sich so aber sehr gut wasserdicht kapseln.

1.2 Technische Übersicht

Der Sensor misst Entfernungen hochpräzise mithilfe eines **60-GHz-Radarsignals**. Er ist besonders für die Abstandserfassung zu Wasseroberflächen oder anderen leitfähigen Objekten im Bereich von **15 cm bis 12 m** geeignet, bei einer typischen Genauigkeit von $\leq 2 \text{ mm}$ und einer Auflösung von **1 mm**. Optional sind auch Messungen bis zu **20 m** möglich.

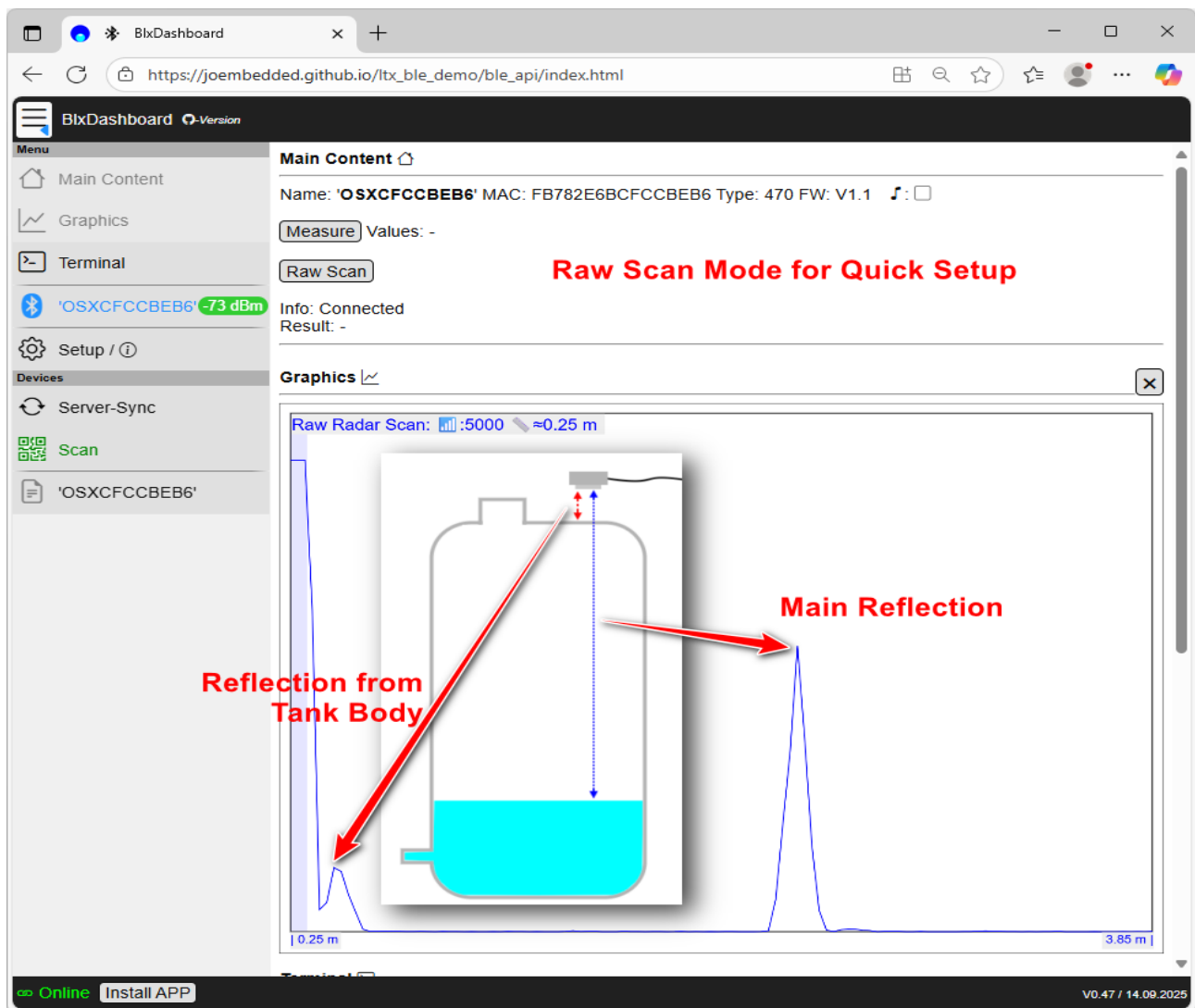
Da das Signal von Materialien wie Kunststoff, Keramik, Glas oder dünnem, trockenem Holz nur geringfügig gedämpft wird, kann der Sensor sogar **durch diese Stoffe hindurch messen**. Zudem ist er in der Lage, **mehrere Entfernungen gleichzeitig** zu erfassen (bis zu 3). Im gezeigten Beispiel erzeugt die Behälterwandung aus PE-Kunststoff eine leichte sekundäre Reflexion.

Die **BlxDashboard-App** unterstützt die Inbetriebnahme mit zwei grafischen Werkzeugen:

- ein „**Raw Scan**“-Tool zur optimalen Ausrichtung des Sensors,
- sowie ein „**Live-Plot**“ der aktuellen Messwerte für eine schnelle Übersicht.

Das Funktionsprinzip beruht darauf, dass jede leitfähige oder feuchte Grenzschicht einen unterschiedlich starken Signalanteil reflektiert. Metalle reflektieren nahezu vollständig, Wasser sehr stark, aber auch feuchte Erde oder Vegetation liefern klare Signale.

Die Radarerfassung basiert auf der **PCR-Technologie** („**Pulsed Coherent Radar**“), die äußerst energieeffizient arbeitet. Mit einer Sendeleistung von nur ca. 11 dBm EIRP – vergleichbar mit Bluetooth – eignet sich der Sensor hervorragend für den **Ultra-Low-Power-Einsatz im IoT**.



Sensor im Raw Scan Modus zeigt ein schnelles Roh-Signal

Das Bild zeigt einen typischen Roh-Scan der Daten. Dieser Modus dient zur schnellen Justierung am Einsatzort.

Optional kann der Sensor **mit dafür angepasster Firmware** auch zur **Messung von Schwingungen entfernter Objekte** (z. B. Personen, Bauwerke oder Maschinen) eingesetzt werden. Er deckt dabei einen Frequenzbereich von der **Atemfrequenz von Personen (~0,2 Hz)** bis hin zu etwa **2 kHz** ab. Darüber hinaus ist der Sensor für **Personenerkennung** sowie zur **Geschwindigkeitsmessung** geeignet.

1.3 Die Radar-Optik

Das **60-GHz-Band** für Radarfrequenzen ist – mit wenigen Ausnahmen – weltweit verfügbar. Die Wellenlänge beträgt rund 5 mm. Damit liegt sie zwar immer noch etwa 10.000-mal höher als die Wellenlänge von sichtbarem Licht, ermöglicht jedoch bereits den Einsatz von dielektrischen Linsen, vergleichbar mit klassischen optischen Linsen.

Der Radarstrahler erzeugt standardmäßig eine relativ breite Keule mit einem **Öffnungswinkel von 60° bis 90°**. Für Anwendungen wie die Personendetektion ist dies optimal, für präzise **Distanzmessungen** hingegen ist eine fokussierte Keule vorteilhafter.

Je nach Ausführung der Radaroptik kann die Austrittsfläche plan oder als Kalotte gestaltet sein. Radarlinsen aus reinem Kunststoff lassen sich am einfachsten herstellen. Ein kleiner Nachteil besteht lediglich in der konstruktionsbedingten Abstrahlung in Nebenrichtungen, bei sehr engen Umgebungen sind eventuell hybride Metall-/Kunststofflinsen vorteilhafter, diese sind aber wesentlich aufwändiger.

Die Standardlinse des Sensors bietet einen ausgewogenen Kompromiss für vielfältige Anwendungen und hat einen Öffnungswinkel von ca. 10°. Bei Bedarf kann die Optik jedoch auch an spezifische Anforderungen angepasst werden – sprechen Sie uns gerne an!

1.4 Montage

In den obigen Abbildungen wurde das Gerät mit etwas Abstand zur Behälterwand dargestellt – vor allem, um die **sekundären Reflexionen** der Wand sichtbar zu machen. In der Praxis kann die **Radaroptik** jedoch meist direkt an der **Behälterwand** montiert werden. Für die **Signalqualität** ist eine solche direkte Montage in der Regel sogar vorteilhaft.

1.5 Setup-Parameter

Der entscheidende Parameter ist der **gewünschte Messbereich**. Darüber hinaus lassen sich auch **Auflösung**, **Art der Reflektorfläche** (eben oder diffus), sowie **Empfindlichkeit** und **Sortierung der Ergebnisse** variabel anpassen.

Hinweis: Für einige häufige Anwendungsfälle bietet das **Setup per QR-Code** (siehe unten „crun“) eine besonders komfortable Lösung.

2 Kurzübersicht SDI-12-Befehlssatz

Der Befehlssatz basiert auf dem **SDI-12-Standard V1.3**. Wichtige Befehle:

- **aAn!**
Ändert die Adresse von „a“ auf „n“. („a“ kann auch durch „?“ als Platzhalter ersetzt werden.)
- **aI!**
Identifiziert den Knoten. Rückgabe: „a13JE_Radar_0471_OSXxxxxxxx“.
- **aM!** / **aMC!** (mit CRC16)
Startet eine Messung. Ergebnis: ein Messwert (Distanz + Signalstärke) im internen Cache. Mit **aD**-Befehlen können die **2 Ergebnisregister** ausgelesen werden.
- **aM1!** / **aMC1!** (mit CRC16)
Startet eine Messung inkl. Versorgungsspannung. Ergebnis:

3 Messwerte (Distanz + Signalstärke) plus Versorgungsspannung im internen Cache. Mit **aD**-Befehlen können die **7 Ergebnisregister** (6 + 1) ausgelesen werden.

- **aD0!**
Gibt die ersten Ergebnisregister der vorherigen Messung aus. Weitere Register ggf. mit **aDn** (n = 0–9).

Fehlercodes (alle Werte ≤ -100.000):

- **-100 ... -999**: Fehler im Koeffizienten-Setup
- **-1000**: Interner Sensorfehler („Keine Antwort“) – vermutlich Sensor oder interne Verbindung unterbrochen
- **Sonstige**: Anzeige als Text in **BLX.JS** oder **BlueShell**

2.1 Interpretation der Messwerte

Der Sensor kann **bis zu drei Distanzwerte** ausgeben. Jeder Wert wird zusammen mit einer **Signalstärke** (in dB) geliefert. Je nach Einstellung erfolgt die **Sortierung** der Werte entweder

- a) nach **Signalstärke** (Standard) oder
- b) nach **Abstand**.

- Jede erkannte Distanz wird als Paar aus **Distanz (m)** und **Signalstärke (dB)** ausgegeben. Ein hoher dB-Wert (**typisch > 1 dB**) weist auf ein gutes Signal hin.

Hinweis: „Gute“ Signale haben typisch > 1 dB, bzw. kommen beim „RawScan“ auf Werte ab ca. 500 aufwärts (siehe Abschnitt „RawScan“).

- Wird **kein Signal** erkannt, gibt der Sensor **Distanz = 0 m** und **Signalstärke = -99 dB** aus.
- Liegt ein Signal zu nahe am Sensor („ToClose“), wird **Distanz = 0 m** und **Signalstärke = -98 dB** ausgegeben.

Alle gültigen Messwerte werden vor der Ausgabe linearisiert:

$$\text{WERT} = (\text{GEMESSEN} \times K0) - K1$$

mit den Werkseinstellungen **K0 = 1.0 (Multiplikator)** und **K1 = 0.0 (Offset)**.

Ab Werk ist der Sensor so kalibriert, dass die Distanz zur oberen, rechteckigen Gehäusekante (nicht zur Oberfläche des runden Reflektors) als **0,01 m** angezeigt wird.

Aus technischen Gründen können Objekte in einer Entfernung von weniger als **0,05 m** nicht erfasst werden (werden stets als „ToClose“ ausgegeben).

Für Distanzen unter **0,15 m** sollte die zusätzliche Einstellung „LeakCancellation“ aktiviert werden, die jedoch standardmäßig deaktiviert ist, da sie die Messgeschwindigkeit reduziert.

3 Die Open-SDI12-Blue-Plattform

OSX-Sensoren basieren auf einer offenen Plattform:

Link: <https://github.com/joembedded/Open-SDI12-Blue>

4 Software

4.1 Software für den Sensorzugriff

OSX-Sensoren können über **SDI-12 (V1.3)**, **Bluetooth BLE** oder **SDI-12 via Bluetooth** angesprochen werden.

Verfügbare Tools:

- **BlueShell** für PC (Windows 10/11)
- **BLX.JS / BlxDashboard** für PC (im Browser: Chrome, Edge, Opera, ...) oder Android
 - Keine Installation notwendig – vollständig in **JavaScript** entwickelt
 - Quellcode für eigene Anpassungen stellen wir auf Wunsch gerne bereit

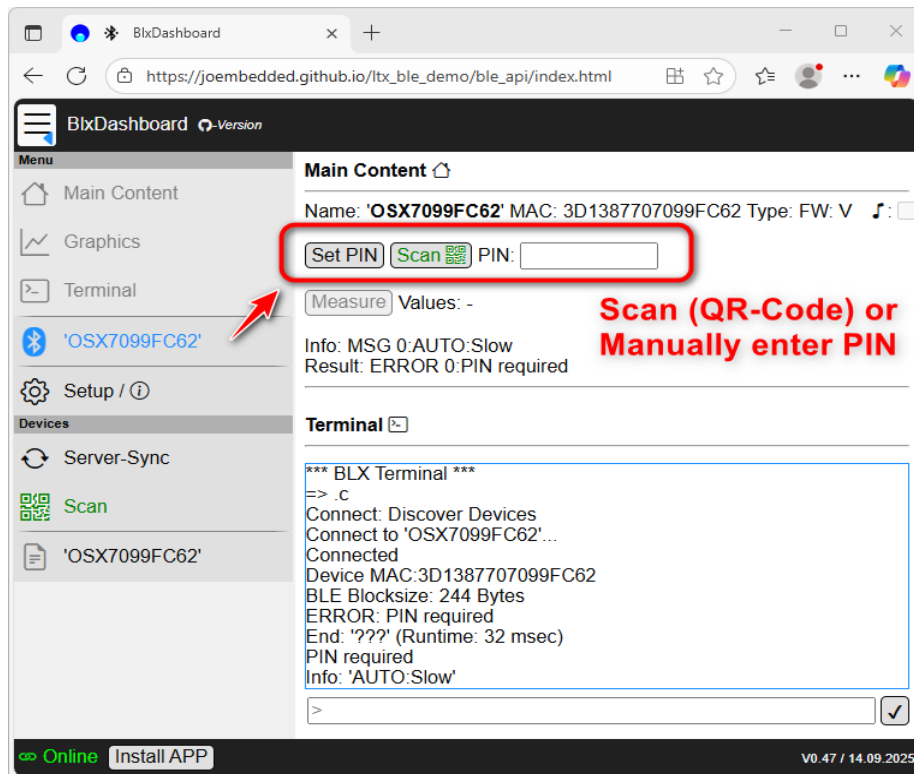
Link: <https://joembedded.de/x3/blueshell/>

4.2 Software für SDI-12

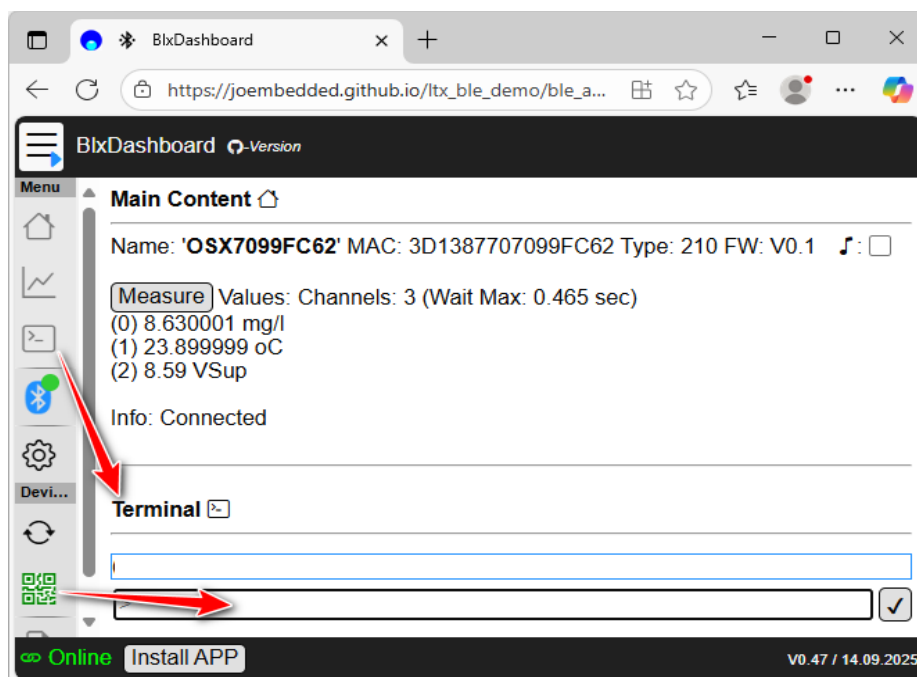
- **SDI12Term**: Ein einfaches PC-Terminal (Windows) zum Anschluss von **SDI-12-Sensoren** über **RS232**.
 - Ermöglicht eine unkomplizierte Kommunikation per SDI-12.
Der Quellcode (C) ist frei verfügbar.

Link: <https://github.com/joembedded/SDI12Term>

5 Beispielsitzung mit dem BLX Dashboard



Die Geräte sind mit einer **6–16-stelligen PIN** versehen, die als **QR-Code** oder im **Klartext** beiliegt. Diese PIN muss einmalig entweder gescannt oder manuell eingegeben werden. Die **Authentifizierung** erfolgt nach einem sicheren dem Challenge-Response-Verfahren – die PIN wird dabei niemals im Klartext übertragen.



Terminal-Kommandos können manuell oder per **QR-Code** gesendet werden.

6 Kommandos

Hier eine kurze Übersicht zu den wichtigsten Funktionen.

6.1.1 SDI-12 Kommandos für diesen (Type 471):

Wichtig zum regulären Betrieb (siehe Kurzübersicht SDI-12-Befehlssatz):

- **M** oder **MC** oder **M1** oder **MC1** startet eine Messung
- **D** liefert die Ergebnisse
- **I** identifiziert den Sensor
- **A** ändert die SDI-12 Adresse des Sensors

Zusätzliche, sensorspezifische Kommandos für die Einrichtung sind (nachfolgend erklärt):

- **XX** Koeffizienten abfragen/setzen
- **XDevice** liefert zusätzliche Infos über den Sensor
- **XWrite** speichert geänderte Koeffizienten dauerhaft ab
- **XFactoryReset** setzt den Sensor auf Werkseinstellung zurück

6.1.2 Standard Kommandos Open-SDI12-Blue („SDI-12 via BLE“):

Über Bluetooth können auch reguläre SDI-12-Kommandos gesendet werden. Dazu muss einfach ein ‚z‘ vorangestellt werden:

> z?I!	Identify Sensor
Reply: '013JE_Radar_0471_OSXCFCCBEB6 <CR><LF>'	
End: 'OK' (Runtime: 188 msec)	
> z?M!	Measure M
Reply: '00032<CR><LF>'	
Reply: '0<CR><LF>'	
End: 'OK' (Runtime: 1269 msec)	
> z?D0!	Get Results
Reply: '0+2.351+8.21<CR><LF>'	
End: 'OK' (Runtime: 315 msec)	
> z?MC!	Measure (with CRC)
Reply: '00032<CR><LF>'	
Reply: '0<CR><LF>'	
End: 'OK' (Runtime: 1205 msec)	
> z?D0!	Get Results
Reply: '0+0+2.351+8.21JqN<CR><LF>'	(,JqN' = CRC)
End: 'OK' (Runtime: 318 msec)	

```

> z?XDevice!                                     Get Details and
                                                PIN via SDI-12
Reply: '0M:FB782E6BCFCCBEB6,T:471,V1.1,P:627313!<CR><LF>'
End: 'OK' (Runtime: 171 msec)
> z?XFactoryReset!                               SDI-12: Factors
Disconnected (FactoryReset)                     Reset

```

6.1.3 Zusätzliche Kommandos über BLE

Einige wichtige weitere Kommandos:

```

> .a                                               .a or .audio: Audio
Audio: RSSI: OFF, Term: ON                       and „Finder“
> .audio 1 1                                       Audio & Finder ,ON'
Audio: RSSI: ON, Term: ON
> .firmware                                       Secure firmware
Select new firmware (*.sec)...                   update

> bNEW_NAME                                       Set new BLE
advertising Name
End: 'OK' (Runtime: 10 msec)

> k                                               List Coefficients
Reply: 'K0: 1.000000 Raw.Multi(f) (Def: 1.0)'
Reply: 'K1: 0.000000 Raw.Offset(f) (Def: 0.0)'
Reply: 'K2: 16400.000000 LiveSpeed(nr) 0:Off (Def: 16400(=1sec))'
Reply: 'K3: 0.250000 Start(m) (Def: 0.25)'
Reply: 'K4: 3.000000 End(m) (Def: 3.00)'
Reply: 'K5: 2.000000 MaxStepLength(nr): 0:Auto, (Def: 2)'
Reply: 'K6: 3.000000 ConfigProfile(nr): 0:Auto,1-5 (Def: 3)'
Reply: 'K7: 0.000000 ReflectorShape(nr): 0:Generic,1:Plan(Def: 0)'
Reply: 'K8: 1.000000 PeakSorting(nr): 0:Closest,1:Strong(Def: 1)'
Reply: 'K9: 0.500000 ThresholdSensitivity(f): 0-1 (Def: 0.5)'
Reply: 'K10: 20.000000 SignalQuality(db): -10..35 (Def: 20.0)'
Reply: 'K11: 0.000000 LeakCancellation(nr): 0:off,1:on (Def: 0)'
End: 'OK' (Runtime: 221 msec)
> z?XK0!                                         Query Coefficient K0
Reply: '0K0=0.010000<CR><LF>'
End: 'OK' (Runtime: 250 msec)
> z?XK1=-0.123!                                  Modify Coefficient K1
Reply: '0K1=-0.123000<CR><LF>'
End: 'OK' (Runtime: 179 msec)
> z?XWrite!                                       Save new Coefficients
Reply: '0<CR><LF>'                               to Flash
End: 'OK' (Runtime: 230 msec)

```

Zusätzlich, siehe Beschreibung im Text:

> .crun	Run command File
> .firmware	Firmware Update
> .shell raw471scale CNT	Set/Show Raw scale

Advertising Name

Das Kommando ‚b‘ erlaubt es, dem Sensor einen neuen Bluetooth-Namen zu geben (3 – 11 Zeichen).

Koeffizienten und Messparameter

Hinweis: Diese Werte lassen sich auch über SDI-12 setzen (‚z‘).

Hinweis: Für viele typische Anwendungsfälle bietet das **Setup per QR-Code** (siehe unten „.crun“) eine besonders einfache Lösung. Einzelne Parameter – in der Regel **K0 bis K4** – können bei Bedarf selbstverständlich auch nachträglich jederzeit angepasst werden.

Parameterübersicht

- **K0, K1**

Linearisierungskoeffizienten für Rohdistanzen:

- **K0 = Multiplikator**
- **K1 = Offset**

- **K2 (LiveSpeed)**

Gibt die Häufigkeit automatischer Messungen an:

- **0:** deaktiviert, keine automatische Messung
- **≥ 1640:** Zeitintervall zwischen zwei automatischen Messungen. Diese starten automatisch ein paar Sekunden nach einer Messung über Bluetooth („LivePlot“).

- Beispiel: 16400 = 1 Sekunde, 1640 = 0,1 Sekunden

Der Sensor passt K2 automatisch so an, dass die Messpause mindestens das **Vierfache der Messzeit** beträgt (bei Versorgungsspannungen über 7,5 V mindestens das Achtfache).

- **K3, K4 (Start- und Enddistanz)**

- Standard: **0,25 m (K3)** bis **3 m (K4)**
- Erweiterbar bis **20 m**
- Empfehlung: Die Enddistanz nur knapp oberhalb des erwarteten Messwerts einstellen.

Hinweis: Ein größerer Messbereich erhöht die **Messzeit** und den **Energieverbrauch** und kann **Mehrfachreflexionen** verursachen.

- **K5 (Messgeschwindigkeit/Schrittweite)**
 - Standard: **2** (optimal für Enddistanzen bis ca. 8 m)
 - Für 8–12 m: **3**
- **K6 (Messprofil)**
Definiert die Signalform der Radarimpulse.
 - Standard: **3**
 - Sollte nicht verändert werden.
- **K7 (Reflexionsfläche)**
 - **0 = generic** (Standard, für die meisten Anwendungen geeignet)
 - **1 = planar** (bei ebenen Flächen, z. B. Wasser. Kann z.B bei schwachen Signalen die Messung unterstützen.)
- **K8 (Sortierung der Messwerte)**
 - **0 = nach Abstand** (Standard)
 - **1 = nach Signalstärke**
- **K9, K10 (Empfindlichkeit und Signalqualität)**
 - **K9: Threshold Sensitivity** (0 = sehr empfindlich bis 1 = unempfindlich, Standard 0,5)
 - **K10: SignalQuality**
Beide Parameter beeinflussen die Signalerkennung und können zur Optimierung bei zu schwachen oder zu starken Reflexionen angepasst werden.
- **K11 (LeakCancellation)**
 - **0 = inaktiv** (Standard, für die meisten Anwendungen geeignet)
 - **1 = aktiv** (Aktivieren, wenn die Startdistanz unter ca. 0,15 m liegt.)

Schnellansicht mit Kommando ,k‘

Der Befehl **,k‘** liefert einen schnellen Überblick über alle **Koeffizienten** sowie – sofern verfügbar – den **Speicherverbrauch** des aktuellen Setups.

Das Setzen der Koeffizienten ist ausschließlich über **SDI-12-Kommandos** möglich: entweder über die **App** (mit vorangestelltem **,z‘**) oder direkt per **SDI-12**.

Wichtig: Die Koeffizienten werden erst nach Ausführung des Kommandos **,Write‘** dauerhaft gespeichert!

Firmware Update

Mit **„firmware“** kann ein Update (aus lokaler Datei) via BLE aufgespielt werden.

6.1.4 RawScan

Der **„Raw Scan“** (siehe Abbildung in der *Technischen Übersicht*) ist ein **hilfreiches Werkzeug** zur **groben und schnellen Ausrichtung des Sensors**.

Technisch betrachtet nimmt die Signalstärke mit zunehmender Entfernung ab, und für eine präzise Messung werden deutlich mehr und genauere Daten herangezogen. Dennoch lassen sich mit dem Raw Scan **grobe Reflexionen und Störsignale schnell und anschaulich erkennen**.

Skalierung RawScan

Normalerweise skaliert der RawScan automatisch. Um dies zu fixieren, kann mit **„shell raw471scale“** ein Festwert vorgegeben werden. Bei wird automatisch skaliert. Ohne Argument wird der aktuelle Wert angezeigt.

Hinweis: „Gute“ Signale liegen meist ab ca. 500 aufwärts, bzw. Signalstärken im Messwert ab typisch > 1 dB.

6.1.5 Schnelles Setup mit „crun“

Für bekannte Sensoren stehen die benötigten Kommandos als Textdatei oder -noch bequemer- zum Scannen per QR-Code zur Verfügung.

Dazu entweder im BlxDashboard den QR-Code-Scanner aktivieren:



Oder in der Terminal-Kommandozeile das entsprechende Kommando eingeben.

Sensor in Standard-Einstellungen 0.25 – 3 Meter

Das ist auch das Default-Setup nach FactoryReset.

Kommando:

`.crun crun/0471_radar_0m25_3m00.crun`



Sensor in Standard-Einstellungen 0.25 – 8 Meter

Die Messzeit ist leicht erhöht bei größeren Distanzen

Kommando:

```
.crun crun/0471_radar_0m25_8m00.crun
```

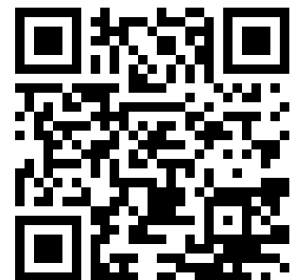


Sensor in Standard-Einstellungen 0.25 – 12 Meter

Die Messzeit ist leicht erhöht bei größeren Distanzen

Kommando:

```
.crun crun/0471_radar_0m25_12m00.crun
```



7 Stromversorgung

Der **OSX-Sensor** unterstützt einen Betriebsspannungsbereich von **2,8 V bis 16 V** (siehe *Open-SDI12-Blue-Dokumentation*).

Der **Radar-Distanzsensor** benötigt jedoch mindestens **3,6 V**.

Wichtiger Hinweis: Aufgrund der minimalen Betriebsspannung verfügt das Gerät **nicht über einen Verpolschutz** – beim Anschluss ist daher unbedingt auf korrekte Polung zu achten!

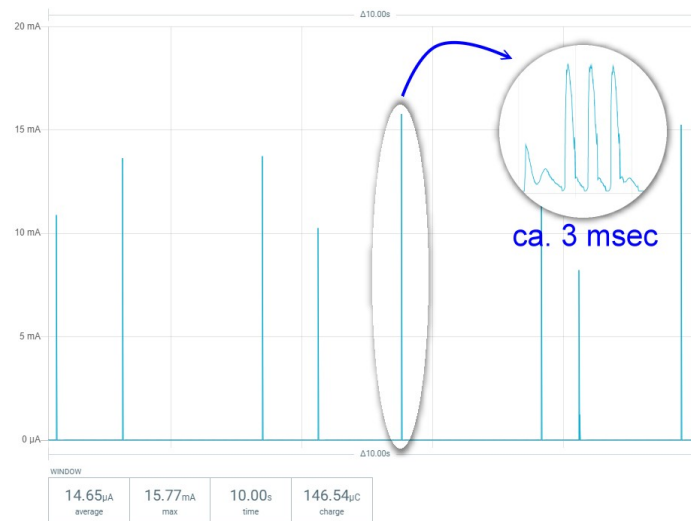
- Während einer Messung können kurzzeitig Ströme bis zu **100 mA** auftreten.
- **Betriebstemperatur:** –40 °C bis +85 °C

7.1 Power Profile

7.1.1 Power Up Sequence

The Sensor is ready after ca. 250 msec.

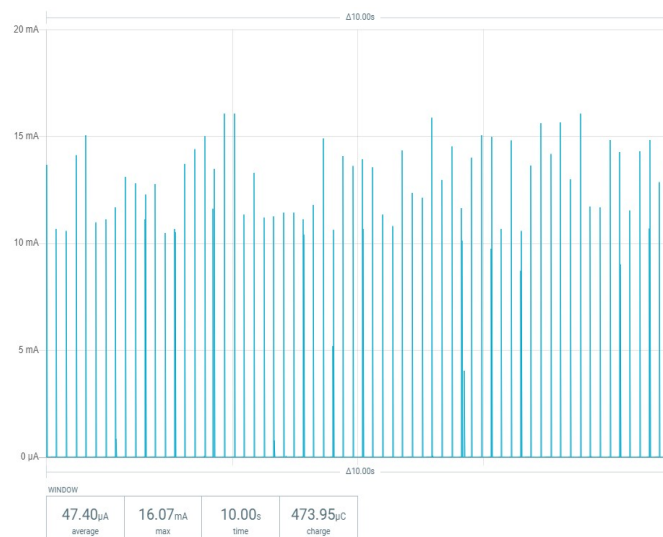
7.1.2 Advertising (in deep sleep)



Advertising power consumption (one peak zoomed)

Average power consumption in deep sleep is <30 µA @ 4V (Type 471 requires ca. 10 µA extra compared to the raw OSX module for RAM retention of the Radar).

7.2 Connected Mode



Connected power consumption

In Connected Mode (active BLE connection) the average power consumption is <60 µA @ 4V

8 Compliance (Version: Radar Distance 60GHz)

8.1 Compliance: CE, RoHS



- EN 55022 Emission, class B < 30 dB μ V/m (0.03...1 GHz)
- EN 61000-4-2 Electrostatic discharge 4 kV contact / 8 kV air
- EN 61000-4-3 Irradiated RF 10V/m (0.1...1 GHz)
- EN 61000-4-4 Transients (burst) 4 kV
- EN 301 489-1 V2.1.1 and EN 301 489-17 V3.1.1 EMC
- EN 300 328 V2.1.1 EN 300 330 V2.1.1 Radio Emission
- Bluetooth SIG listed: ID 138612

The sensor OSX – Version Radar Distance 60GHz, Type 471 complies with the requirements of Radio Equipment Directive (RED) 2014/53/EU and with the Directive 2011/65/EU (EU RoHS 2) and its amendment Directive (EU) 2015/863 (EU RoHS 3).

Manufacturers:

GeoPrecision GmbH
Am Dickhäuterplatz 8
D-76275 Ettlingen

Terratransfer GmbH
Ottostr. 19a
D-44867 Bochum

15.09.2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jürgen Wickenhäuser'.

Jürgen Wickenhäuser (R&D)
