



IMO MODBUS RTU

# Integrationshandbuch

*pH-Transmitter PH-RS485-32 und  
Leitfähigkeitstransmitter LF-TR-MOD*

IMO GmbH / Schnittstellenbeschreibung für SPS, SCADA, Datenlogger, PC-Software und eigene Embedded-Master.

## Zweck

Dieses Dokument enthält alle Informationen, die für Anschluss, Inbetriebnahme, Datenauswertung, Parametrierung und pH-Kalibrierung über Standard-Modbus RTU benötigt werden. Kenntnisse der JUMO-Software sind nicht erforderlich.

| Dokument         | Stand                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------------|
| Revision         | 1.1                                                     |
| Datum            | 03.10.2026                                              |
| Firmwarebasis pH | v0.6.79                                                 |
| Firmwarebasis LF | v1.6 / Registerkennung 0x0106                           |
| Gültigkeit       | Für die in diesem Handbuch beschriebenen Firmwarestände |

*Technische Änderungen vorbehalten. Vor Serienfreigabe Anschlusswerte und Firmwarestand am Typenschild bzw. über die Identifikationsregister prüfen.*

# 1 Schnellstart

Beide Geräte sind Modbus-RTU-Slaves an einer zweidrahtigen RS-485-Verbindung. Werkseinstellung: Slave-Adresse 10, 9600 bit/s, 8 Datenbits, keine Parität, 1 Stopbit (8N1).

1. Versorgung und RS-485 gemäß Kapitel 2 anschließen; D1/B+ und D0/A- nach der Pin-Tabelle verbinden und GND/Common mitführen.
2. Master auf 9600 bit/s, 8N1 und Slave-Adresse 10 einstellen.
3. pH: Produktkennung 0x7048 aus Register 0x7000 lesen. LF: Produktkennung 0x4C46 aus Register 0x0000 lesen.
4. Messwert und Status immer gemeinsam auswerten. Ein numerischer Wert allein ist keine Gültigkeitsaussage.
5. Konfigurationsänderungen nach Kapitel 6 bzw. 8 speichern. Nach Änderung der Slave-Adresse ab der nächsten Anfrage die neue Adresse verwenden.

| Merkmal                    | PH-RS485-32                      | LF-TR-MOD                                 |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|
| Messgröße                  | pH, Elektroden-mV, Temperatur    | Leitfähigkeit, Zellwiderstand, Temperatur |
| Versorgung laut Schaltplan | 5V / 12 V / 24 V DC              | 12/24 V DC                                |
| Werkseinstellung           | Adresse 10 · 9600 · 8N1          | Adresse 10 · 9600 · 8N1                   |
| Float-Standard             | Low-Word zuerst                  | Low-Word zuerst; umschaltbar              |
| Seriennummer               | IMO-xxxxxx aus Hardware-Adresse  | derzeit nicht über Modbus verfügbar       |
| Kalibrierung               | geführt über Register 0x2660 ff. | Zellkonstante K über 0x0101               |

## Adressnotation

Alle Registeradressen in diesem Dokument sind echte nullbasierte Modbus-PDU-Adressen. Manche SPS-Systeme zeigen dieselben Adressen als 4xxx-Nummern oder addieren 1. Beispiel: PDU-Adresse 0x0010 = dezimal 16; je nach Software kann dies als Holding Register 17 oder 40017 erscheinen.

# 2 Elektrischer Anschluss

## 2.1 Empfohlene M12-Belegung, A-codiert, 4-polig

| Pin    | Aderfarbe | Signal         | Modbus-Bezeichnung | Hinweis                              |
|--------|-----------|----------------|--------------------|--------------------------------------|
| 1      | Braun     | +V             | Versorgung         | pH: 24 V DC; LF: 12/24 V DC          |
| 2      | Weiß      | RS-485 D1 / B+ | D1                 | positive Datenleitung                |
| 3      | Blau      | GND            | Common             | Versorgungs- und Busbezug            |
| 4      | Schwarz   | RS-485 D0 / A- | D0                 | negative Datenleitung                |
| Schirm | Schirm    | FE / PE        | Kabelschirm        | großflächig, anlagengerecht auflegen |

## A/B-Namenskonflikt

Maßgeblich ist die Modbus-Bezeichnung D1/D0. Nach der Modbus Serial Line Specification gilt D1 = B/B' = + und D0 = A/A' = -. Für dieses Produkt gilt deshalb: Pin 2 = D1/B+, Pin 4 = D0/A-. Einige RS-485-Hersteller verwenden A/B abweichend; deshalb immer D1/D0 beziehungsweise + und - vergleichen und niemals Versorgungspins tauschen.

## 2.2 RS-485-Installationsregeln

- Linientopologie verwenden; lange Stichleitungen vermeiden.
- 120-Ω-Abschluss nur an den beiden physikalischen Busenden vorsehen.
- Geschirmtes, verdrehtes D0/D1-Paar verwenden; Datenleitung getrennt von leistungsführenden Leitungen verlegen.
- Jede Slave-Adresse darf am Bus nur einmal vorkommen.
- Potentialdifferenzen über den zulässigen RS-485-Gleichtaktbereich hinaus vermeiden; GND/Common mitführen.
- Versorgung erst einschalten, nachdem Steckerbelegung und Polarität geprüft wurden.

**Keine allgemeine M12-Modbus-Pin-Norm**

Modbus RTU standardisiert Datenübertragung und RS-485-Signale, aber keine universelle M12-Pinbelegung. Die Tabelle oben ist daher die verbindliche Produktbelegung dieser Transmitter.

### 3 Gemeinsames Modbus-RTU-Profil

| Parameter                      | Wert                                                                          |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Übertragung                    | Modbus RTU über RS-485, 2-Draht, Halbduplex                                   |
| Baudrate                       | 9600 bit/s                                                                    |
| Zeichenformat                  | 8N1                                                                           |
| Werkseinstellung Slave-Adresse | 10 (0x0A)                                                                     |
| Adressbereich                  | 1...247                                                                       |
| Lesefunktionen                 | FC03 Read Holding Registers; FC04 liest dieselbe Registerkarte                |
| Schreibfunktionen              | FC06 Write Single Register; FC16 Write Multiple Registers                     |
| Broadcast-Adresse 0            | Schreibbefehle werden ausgeführt, ohne Antwort; Leseanfragen werden ignoriert |
| CRC                            | Modbus CRC-16, Low-Byte zuerst im Telegramm                                   |

#### 3.1 Datenformate

| Typ     | Register | Kodierung                                                                                              |
|---------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UInt16  | 1        | 16 Bit ohne Vorzeichen; Byte-Reihenfolge im Register: High-Byte, Low-Byte                              |
| Int16   | 1        | 16 Bit Zweierkomplement; sonst wie UInt16                                                              |
| UInt32  | 2        | Sofern nicht anders angegeben: High-Word zuerst                                                        |
| Float32 | 2        | IEEE-754 Single. Standard dieses Produkts: Low-Word zuerst, innerhalb jedes Registers High-Byte zuerst |
| ASCII   | n        | 2 Zeichen je Register; erstes Zeichen im High-Byte; mit 0x00 aufgefüllt                                |

**Float-Beispiel 7,00**

IEEE-754 = 0x40E00000. Bei Low-Word-zuerst stehen Register 0 = 0x0000 und Register 1 = 0x40E0. Auf der Leitung: 00 00 40 E0. Die Byte-Reihenfolge innerhalb eines Registers wird nie vertauscht.

#### 3.2 Exception Responses

| Code | Bedeutung            | Typische Ursache                                                          |
|------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 0x01 | Illegal Function     | nicht unterstützter Funktionscode                                         |
| 0x02 | Illegal Data Address | Register nicht vorhanden, schreibgeschützt oder falscher Zustandsübergang |
| 0x03 | Illegal Data Value   | Wert außerhalb des zulässigen Bereichs                                    |
| 0x06 | Slave Device Busy    | pH-Kalibrierschritt im aktuellen Zustand noch nicht zulässig              |

#### 3.3 Empfohlenes Polling

- Prozesswerte mit 1 Hz lesen; schnellere Abfragen erhöhen nur Buslast und liefern nicht zwingend neue Messinformation.

- Status bzw. Alarmregister im selben Zyklus lesen.
- Identifikation und Konfiguration nur beim Verbindungsaufbau bzw. nach einer Änderung lesen.
- Kommunikations-Timeout des Masters nicht unter 250 ms ansetzen; nach drei Fehlversuchen Verbindung als gestört melden.

## 4 PH-RS485-32 – Identifikation und Prozessdaten

Für Fremdsysteme ist der erweiterte Funktionsblock ab 0x0000 die vollständigste Schnittstelle. Der neutrale Serviceblock ab 0x7000 eignet sich für eine kompakte Inbetriebnahme und Diagnose. Beide Blöcke werden über dieselben Standard-Modbus-Funktionen angesprochen.

### Identifikation und Schnittstelle

| Adresse         | R/W | Typ / Länge | Bedeutung         | Werte / Einheit                               |
|-----------------|-----|-------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| 0x0000...0x0004 | R   | ASCII[10]   | Gerätename        | „dl pH/ORP“                                   |
| 0x0100...0x0109 | R   | ASCII[20]   | Seriennummer      | IMO-xxxxxx; x = Hardware-Adresse hexadezimal  |
| 0x010A          | R   | UInt16      | Sensortyp         | 1 = pH/Redox/Temperatur                       |
| 0x010B          | R   | UInt16      | Sensor-Untertyp   | 0 = pH; 3 = pH + lokale Temperatur            |
| 0x0111...0x0116 | R   | ASCII[12]   | Teilenummer       | PH-RS485-32                                   |
| 0x014F...0x0150 | R   | UInt32      | Hardware-Adresse  | 24 Bit gültig; High-Word zuerst               |
| 0x0151...0x015A | R   | ASCII[20]   | Herstellerkennung | IMO                                           |
| 0x0300          | R/W | UInt16      | Modbus-Adresse    | 1...247; Änderung wird gespeichert            |
| 0x0301          | R/W | UInt16      | Baudraten-Code    | 0 = 9600; nur 0 zulässig                      |
| 0x0302          | R/W | UInt16      | Format-Code       | 0 = 8N1; nur 0 zulässig                       |
| 0x0304          | R/W | UInt16      | Sensorversion     | Kompatibilitäts-/Informationswert             |
| 0x0305          | R/W | UInt16      | Min. Antwortzeit  | Kompatibilitäts-/Informationswert             |
| 0x0307          | R/W | UInt16      | Floatformat       | 0 = IEEE-754, Low-Word zuerst; nur 0 zulässig |

### Prozesswerte und Alarme

| Adresse         | R/W | Typ / Länge | Bedeutung                         | Werte / Einheit                                                    |
|-----------------|-----|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 0x2600...0x2601 | R   | Float32     | kompensierter pH-Wert             | pH                                                                 |
| 0x2602...0x2603 | R   | Float32     | unkompensierte Elektrodenspannung | mV                                                                 |
| 0x2604...0x2605 | R/W | Float32     | Temperatur über Schnittstelle     | °C; -20...150 für Kalibrierung                                     |
| 0x2606          | R   | UInt16      | pH-Alarm                          | 0 = aus; 1 = Elektrode/Signal ungültig                             |
| 0x2620...0x2621 | R   | Float32     | lokale Temperatur                 | °C                                                                 |
| 0x2622...0x2623 | R   | Float32     | lokale Temperatur                 | °F                                                                 |
| 0x2624...0x2625 | R   | Float32     | Temperaturfühler-Widerstand       | Ω; 0 wenn kein lokaler Fühler verfügbar                            |
| 0x2626          | R   | UInt16      | Temperaturalarm                   | 0 = aus; 1 = Temperaturfehler                                      |
| 0x2640          | R   | UInt16      | Binäreingang                      | derzeit 0 / reserviert                                             |
| 0x26A0          | R   | UInt16      | allgemeiner Sensorfehler          | 0 = OK; 1 = Temperatur-, Typ- oder Elektrodenfehler                |
| 0x26A3          | R   | UInt16      | Kalibrieralarm                    | 0 = aus; 1 = Intervall abgelaufen oder Kalibrierung fehlgeschlagen |

**Temperaturquelle**

Ist ein plausibler NTC- oder Pt100-Fühler vorhanden, wird dessen Temperatur verwendet. Nur ohne lokalen Temperaturwert kann die über 0x2604...0x2605 geschriebene Temperatur für die Kalibrierung verwendet werden.

## 5 PH-RS485-32 – Serviceblock und Status

### Service- und Konfigurationsregister

| Adresse         | R/W | Typ / Länge | Bedeutung                    | Werte / Einheit                               |
|-----------------|-----|-------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0x7000          | R   | UInt16      | Produktkennung               | 0x7048                                        |
| 0x7001          | R   | UInt16      | Firmware-Hauptversion        | 0x0006 für v0.6.x                             |
| 0x7010...0x7011 | R   | Float32     | pH-Wert                      | Wortfolge gemäß 0x7102                        |
| 0x7012...0x7013 | R   | Float32     | Temperatur                   | °C; Wortfolge gemäß 0x7102                    |
| 0x7014          | R   | Bitfeld     | Gerätestatus                 | siehe Bit-Tabelle                             |
| 0x7015          | R   | Int16       | Elektrodenspannung           | mV × 10                                       |
| 0x7100          | R/W | UInt16      | Modbus-Adresse               | 1...247; sofort wirksam; mit 0x710F speichern |
| 0x7101          | R/W | UInt16      | Temperaturfühlertyp          | 0 = NTC 2 kΩ; 1 = Pt100                       |
| 0x7102          | R/W | UInt16      | Float-Wortfolge Serviceblock | 0 = Low/High (Standard); 1 = High/Low         |
| 0x7103          | R/W | UInt16      | Temperatur-Messintervall     | 2...600 s; Standard 10 s                      |
| 0x710F          | R/W | Befehl      | Konfiguration speichern      | 1 schreiben; Lesen ergibt 0                   |

| Bit | Maske  | Bedeutung                          | Reaktion des Masters                                               |
|-----|--------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 0   | 0x0001 | Temperaturfehler                   | Temperatur nicht verwenden;<br>0x2626 prüfen                       |
| 1   | 0x0002 | Kalibrierung aktiv                 | Messwertanzeige kennzeichnen;<br>keine zweite Kalibrierung starten |
| 2   | 0x0004 | Werks-/Defaultkalibrierung aktiv   | Kalibrierung empfehlen                                             |
| 3   | 0x0008 | Fühlertyp/Plausibilität fehlerhaft | Verdrahtung und 0x7101 prüfen                                      |
| 4   | 0x0010 | nichtflüchtiger Speicherfehler     | Konfiguration neu speichern;<br>Service falls dauerhaft            |
| 5   | 0x0020 | Elektrodenfehler                   | pH-Wert verwerfen;<br>Elektrode/Kabel prüfen                       |

### 5.1 Elektrodenüberwachung

Die interne Überwachung prüft Elektrode und Kabel automatisch ungefähr alle fünf Minuten. Sie erkennt insbesondere Kurzschluss/Glasbruch und Unterbrechung. Während Prüfung und Erholung bleibt der letzte gültige pH-Wert stehen; dies ist kein Kommunikationsfehler.

- Prüfphase: maximal etwa 5 s; bei eindeutig guter Elektrode wird sie früher beendet.
- Erholphase: etwa 10 s; anschließend wird wieder der echte Messwert ausgegeben.
- Alarmsetzung nach zwei aufeinanderfolgenden fehlerhaften Prüfungen.
- Alarmrücksetzung nach zwei aufeinanderfolgenden guten Prüfungen.
- Während einer Kalibrierung findet keine Elektrodenprüfung statt.

## 6 PH-RS485-32 – Kalibrierung und Wiederholungstimer

### Kalibrierregister

| Adresse         | R/W | Typ / Länge | Bedeutung                | Werte / Einheit                                               |
|-----------------|-----|-------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 0x2280          | R/W | UInt16      | Kalibrierintervall       | 0 = aus; 1...9999 Tage                                        |
| 0x2420...0x2421 | R   | UInt32      | Restlaufzeit             | Sekunden; High-Word zuerst                                    |
| 0x2660          | R/W | UInt16      | Verfahren                | 0 = Nullpunkt; 1 = Zweipunkt                                  |
| 0x2661          | R/W | UInt16      | Temperaturquelle         | 0 = lokal; 1 = Schnittstelle                                  |
| 0x2662          | R/W | UInt16      | Kalibrierschritt         | Ablauf siehe unten                                            |
| 0x2663...0x2666 | R/W | 2 × Float32 | Referenzwerte P1/P2      | pH; Low-Word zuerst                                           |
| 0x2667...0x266A | R/W | 2 × Float32 | Prüftemperaturen P1/P2   | °C; Low-Word zuerst                                           |
| 0x266B...0x266C | R   | Float32     | errechneter pH-Nullpunkt | pH                                                            |
| 0x266D...0x266E | R   | Float32     | errechnete Steilheit     | %                                                             |
| 0x266F          | R   | UInt16      | Nullpunktbewertung       | 0 keine; 1 OK; 2 Warnung; 3 Grenze verletzt; 4 fehlgeschlagen |
| 0x2670          | R   | UInt16      | Steilheitsbewertung      | wie 0x266F                                                    |
| 0x2671          | R   | UInt16      | nächster Logindex        | derzeit 0                                                     |

### 6.1 Zweipunktkalibrierung

1. 0x2660 = 1 und 0x2661 passend zur Temperaturquelle schreiben.
2. 0x2662 = 1 schreiben. Elektrode in Puffer 1 geben und warten, bis 0x2600 stabil ist.
3. 0x2662 = 2 schreiben; damit wird Messpunkt 1 übernommen.
4. Elektrode spülen, in Puffer 2 geben und auf stabilen Messwert warten.
5. 0x2662 = 3 schreiben; damit wird Messpunkt 2 übernommen.
6. Referenzwerte in 0x2663...0x2666 schreiben. Bei externer Temperatur zusätzlich 0x2667...0x266A befüllen.
7. 0x2662 = 4 schreiben. Ergebnis in 0x266B...0x2670 lesen und nur bei zulässiger Bewertung fortfahren.
8. 0x2662 = 5 schreiben. Gültige Kalibrierung wird übernommen und nichtflüchtig gespeichert.

### 6.2 Nullpunktkalibrierung

1. 0x2660 = 0 schreiben; Temperaturquelle wählen.
2. 0x2662 = 1 schreiben, Elektrode in Referenzpuffer stabilisieren lassen.
3. 0x2662 = 2 schreiben; Messpunkt übernehmen. Referenzwert in 0x2663...0x2664 schreiben.
4. 0x2662 = 3 schreiben; Ergebnis berechnen und 0x266B...0x2670 prüfen.
5. 0x2662 = 4 schreiben; gültiges Ergebnis übernehmen. Mit 0x2662 = 0 kann jederzeit abgebrochen werden.

#### Zustandsautomat

Ein zu früher oder unpassender Kalibrierschritt wird mit Exception 0x06 (Busy) oder 0x02 beantwortet. Den Schritt nicht blind wiederholen: zuerst 0x2662 lesen, Prozesswert stabilisieren lassen und den erwarteten Folgezustand herstellen.

### 6.3 Verhalten des Kalibriertimers

- Der Timer zählt nur bei eingeschaltetem Gerät. Stromlose Zeit zählt nicht als Betriebszeit.
- Restlaufzeit wird stündlich nichtflüchtig fortgeschrieben. Nach hartem Abschalten kann höchstens der angefangene Stundenabschnitt zurückgesetzt erscheinen.
- Nach erfolgreicher Kalibrierung beginnt das konfigurierte Intervall neu.
- Bei Restlaufzeit 0 setzt Register 0x26A3 den Kalibrieralarm.
- Ein Intervall von 0 deaktiviert die Erinnerungsfunktion.

## 7 LF-TR-MOD – Prozessdaten

### Prozess- und Diagnoseregister

| Adresse         | R/W | Typ / Länge | Bedeutung                  | Werte / Einheit                                       |
|-----------------|-----|-------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0x0000          | R   | UInt16      | Produktkennung             | 0x4C46 („LF“)                                         |
| 0x0001          | R   | UInt16      | Firmwareversion            | 0x0106 = v1.6                                         |
| 0x0010...0x0011 | R   | Float32     | kompensierte Leitfähigkeit | gewählte Einheit; auf 3 signifikante Stellen gerundet |
| 0x0012...0x0013 | R   | Float32     | Rohleitfähigkeit           | S/cm, unkompensiert                                   |
| 0x0014...0x0015 | R   | Float32     | Temperatur                 | °C                                                    |
| 0x0016          | R   | Bitfeld     | Status                     | siehe Bit-Tabelle                                     |
| 0x0017          | R   | UInt16      | aktiver Messbereich        | 1...5                                                 |
| 0x0018          | R   | UInt16      | Anzeige-Mantisse           | 0...999                                               |
| 0x0019          | R   | Int16       | Dezimalexponent            | Wert = Mantisse × 10 <sup>Exponent</sup>              |
| 0x001A          | R   | UInt16      | Ist-Einheit                | 1 = µS/cm; 2 = mS/cm                                  |
| 0x001B...0x001C | R   | Float32     | Zellwiderstand             | Ω; bei offen/kurz 0, Status entscheidet               |
| 0x001D          | R   | UInt16      | Roh-ADC K1                 | 0...4095; Diagnose                                    |
| 0x001E          | R   | UInt16      | Roh-ADC K2                 | 0...4095; Diagnose                                    |
| 0x001F          | R   | UInt16      | Roh-ADC NTC                | 0...4095; Diagnose                                    |

| Bit | Maske  | Bedeutung                               | Gültigkeit                              |
|-----|--------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 0   | 0x0001 | Messzelle offen / Leitungsunterbrechung | Leitfähigkeit und Widerstand verwerfen  |
| 1   | 0x0002 | Messzelle kurzgeschlossen               | Leitfähigkeit und Widerstand verwerfen  |
| 2   | 0x0004 | Messwert ungültig                       | Prozesswert verwerfen                   |
| 3   | 0x0008 | Temperaturfehler                        | Kompensation/Temperatur nicht verwenden |
| 4   | 0x0010 | nichtflüchtiger Speicherfehler          | Konfiguration prüfen und neu speichern  |

#### Widerstand bei Fehler

Bei offener oder kurzgeschlossener Messzelle liefert 0x001B...0x001C den Ersatzwert 0. Die Unterscheidung erfolgt ausschließlich über die Statusbits 0x0001 und 0x0002.

## 8 LF-TR-MOD – Konfiguration

### Konfigurationsregister

| Adresse | R/W | Typ / Länge | Bedeutung              | Werte / Einheit                         |
|---------|-----|-------------|------------------------|-----------------------------------------|
| 0x0100  | R/W | UInt16      | Modbus-Adresse         | 1...247; sofort wirksam                 |
| 0x0101  | R/W | UInt16      | Zellkonstante K        | K × 10000; 25...50000 = 0,0025...5,0000 |
| 0x0102  | R/W | UInt16      | Temperaturkompensation | 0 aus; 1 natürlich; 2 linear            |
| 0x0103  | R/W | UInt16      | linearer TK            | %/K × 100; 0...600 = 0...6,00 %/K       |
| 0x0104  | R/W | Int16       | Referenztemperatur     | °C × 10; -500...1500 = -50,0...150,0 °C |
| 0x0105  | R/W | UInt16      | Einheitsmodus          | 0 automatisch; 1 µS/cm; 2 mS/cm         |

| Adresse | R/W | Typ / Länge | Bedeutung               | Werte / Einheit                   |
|---------|-----|-------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 0x0106  | R/W | UInt16      | Float-Wortfolge         | 0 High/Low; 1 Low/High (Standard) |
| 0x010F  | R/W | Befehl      | Konfiguration speichern | 0xA55A schreiben; Lesen ergibt 0  |

## 8.1 Werkseinstellungen

| Parameter                      | Werkseinstellung                                |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| Slave-Adresse                  | 10                                              |
| Zellkonstante                  | K = 1,0000                                      |
| Temperaturkompensation         | natürlich                                       |
| linearer Temperaturkoeffizient | 2,00 %/K (vorbelegt, falls linear gewählt wird) |
| Referenztemperatur             | 25,0 °C                                         |
| Einheit                        | automatisch                                     |
| Float-Wortfolge                | Low-Word zuerst                                 |

## 8.2 Speichern und Adressänderung

1. Gewünschte Parameter schreiben und jeweils die FC06-/FC16-Antwort prüfen.
2. Bei Änderung von 0x0100 gilt die neue Slave-Adresse unmittelbar nach der Antwort auf den Schreibbefehl.
3. Speicherbefehl 0xA55A an Register 0x010F senden – bereits an die neue Adresse, falls diese geändert wurde.
4. Konfiguration zurücklesen und anschließend einen Versorgungsausfalltest durchführen.

### Leitfähigkeitskalibrierung

Eine geführte Mehrpunktkalibrierung ist im aktuellen LF-Modbus-Profil nicht vorgesehen. Die Rückführung erfolgt über einen Leitfähigkeitsstandard; der daraus bestimmte Zellfaktor wird als Zellkonstante K in 0x0101 eingetragen und anschließend gespeichert.

# 9 Telegrammbeispiele

Alle Beispiele verwenden Slave-Adresse 10 (0x0A). Die beiden letzten Bytes sind CRC Low/High. Leerzeichen dienen nur der Lesbarkeit.

## 9.1 pH-Wert aus Serviceblock lesen

| Richtung       | Telegramm                  | Erläuterung                                     |
|----------------|----------------------------|-------------------------------------------------|
| Master → Slave | 0A 03 70 10 00 02 DE 75    | FC03, Start 0x7010, 2 Register                  |
| Slave → Master | 0A 03 04 00 00 40 E0 70 BB | Beispiel 7,00 pH; Low-Word 0000, High-Word 40E0 |

## 9.2 LF-Leitfähigkeit lesen

| Richtung       | Telegramm               | Erläuterung                                                         |
|----------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Master → Slave | 0A 03 00 10 00 02 C4 B5 | FC03, Start 0x0010, 2 Register                                      |
| Slave → Master | variabel                | 4 Datenbytes als Float32 in der durch 0x0106 festgelegten Wortfolge |

### 9.3 LF-Adresse 10 → 11 ändern und speichern

| Schritt           | Telegramm                | Hinweis                                       |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|
| Adresse schreiben | 0A 06 01 00 00 0B C8 8A  | Antwort ist Echo; danach Adresse 11 verwenden |
| Speichern         | 0B 06 01 0F A5 5A ...CRC | an neue Adresse 0x0B senden                   |

### 9.4 pH-Kalibrierintervall auf 20 Tage setzen

| Richtung       | Telegramm               | Erläuterung                            |
|----------------|-------------------------|----------------------------------------|
| Master → Slave | 0A 06 22 80 00 14 83 2E | 0x2280 = 20 Tage                       |
| Slave → Master | identisches Echo        | Schreiben erfolgreich                  |
| Kontrolle      | 0A 03 24 20 00 02 CE 4A | Restlaufzeit als UInt32 Sekunden lesen |

### 9.5 Referenz-Pseudocode für Float32

```
# regs[0], regs[1] sind 16-Bit-Modbusregister
# Standard: Low-Word zuerst
u32 = (regs[1] << 16) | regs[0]
value = ieee754_single_from_u32(u32)

# Für High-Word zuerst
u32 = (regs[0] << 16) | regs[1]
```

## 10 Integrations- und Abnahmetest

| Nr. | Prüfung                                | Erwartetes Ergebnis                                                                |
|-----|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Versorgung/Polarität messen            | Spannung entspricht Gerät; keine Erwärmung oder Überstrom                          |
| 2   | Produktkennung lesen                   | pH 0x7048 oder LF 0x4C46                                                           |
| 3   | Messwert + Status lesen                | Status 0; plausibler Wert und korrekte Einheit                                     |
| 4   | Float-Test mit bekanntem Wert          | keine Wort-/Bytevertauschung                                                       |
| 5   | Adresse ändern, speichern, neu starten | nur neue Adresse antwortet; Wert bleibt gespeichert                                |
| 6   | Sensor/Kabel trennen                   | passendes Status-/Alarmbit wird gesetzt                                            |
| 7   | Sensor wiederherstellen                | Fehler quittiert sich gemäß Geräteverhalten                                        |
| 8   | pH-Kalibrierung                        | Ergebnis gültig; bleibt nach Neustart erhalten                                     |
| 9   | pH-Kalibriertimer                      | Restlaufzeit läuft nur bei Versorgung und bleibt nach Neustart weitgehend erhalten |
| 10  | 24-h-Buslauf                           | keine CRC-, Timeout- oder Adressfehler                                             |

## 11 Fehlersuche

| Symptom            | Prüfen                                       | Maßnahme                                                                        |
|--------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| keine Antwort      | Adresse, 9600/8N1, D0/D1, GND, Versorgung    | mit Produktkennung beginnen; D0/D1 beziehungsweise +/- gegen Pin-Tabelle prüfen |
| CRC-Fehler         | Schirmung, Abschluss, Stichleitungen, Timing | Busleitung und Abschluss korrigieren; Abfragefrequenz reduzieren                |
| Wert völlig falsch | Float-Wortfolge                              | Low/High verwenden bzw. 0x0106/0x7102 prüfen                                    |

| Symptom                       | Prüfen                           | Maßnahme                                                        |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Wert um Faktor 10/100 falsch  | Skalierung von Integer-Registern | x10, x100 und x10000 gemäß Tabelle anwenden                     |
| pH steht kurzzeitig           | Elektrodenprüfung aktiv          | bis Ende der internen Prüf-/Erholphase warten; Status auswerten |
| Kalibrierschritt Busy         | 0x2662 und stabiler Prozesswert  | richtige Reihenfolge einhalten; Puffer stabilisieren lassen     |
| LF Widerstand = 0             | Status 0x0016                    | offen und kurz über Bit 0/1 unterscheiden                       |
| Einstellung nach Neustart weg | Speicherbefehl                   | pH 0x710F = 1; LF 0x010F = 0xA55A                               |

## 12 Register-Kurzreferenz

| Gerät | Aufgabe        | Adresse(n)                     | Hinweis                                           |
|-------|----------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| pH    | Identifikation | 0x0000, 0x0100, 0x0111, 0x014F | Name, Seriennummer, Teilenummer, Hardware-Adresse |
| pH    | Prozess        | 0x2600...0x2640                | pH, mV, Temperatur, Alarme                        |
| pH    | Fehler/Alarm   | 0x2606, 0x2626, 0x26A0, 0x26A3 | getrennte Alarmursachen                           |
| pH    | Kalibrierung   | 0x2660...0x2671                | Zustandsautomat                                   |
| pH    | Kalibriertimer | 0x2280, 0x2420...0x2421        | Tage und Restsekunden                             |
| pH    | Service        | 0x7000...0x710F                | kompakte Inbetriebnahme/Diagnose                  |
| LF    | Prozess        | 0x0000...0x001F                | Messwerte, Status, Rohwerte                       |
| LF    | Konfiguration  | 0x0100...0x0106                | Adresse, K, TK, Einheit, Float                    |
| LF    | Speichern      | 0x010F                         | 0xA55A schreiben                                  |

## 13 Implementierungsgrenzen und Versionshinweise

- Dieses Handbuch beschreibt die Schnittstelle, nicht die metrologische Produktspezifikation. Messbereich, Genauigkeit, zulässige Umgebungsbedingungen und Zulassungen sind in einem freigegebenen Produktdatenblatt festzulegen.
- Beim LF-TR-MOD ist derzeit keine Seriennummer bzw. Hardware-Adresse über Modbus veröffentlicht. Anlagen müssen das Gerät deshalb über Busadresse und Einbauort identifizieren.
- Für den LF-TR-MOD ist keine geführte Kalibrierhistorie oder Kalibrieralarm-Funktion implementiert; verfügbar sind Zellkonstante und Temperaturkompensation.
- Nicht in diesem Dokument aufgeführte Register sind reserviert. Ein Master darf sie weder voraussetzen noch beschreiben.
- Bei zukünftigen Firmwareständen ist zuerst Produktkennung, Firmwareversion und diese Dokumentrevision abzugleichen.

## 14 Referenzen

Modbus Organization: MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02,  
[https://modbus.org/docs/Modbus\\_over\\_serial\\_line\\_V1\\_02.pdf](https://modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf)

Firmware-Quellen: PH-RS485-32 v0.6.79 und LF-TR-MOD v1.6, Registerdefinitionen und geprüfte Hosttests, Stand 03.10.2026.

### Dokumentänderungen

| Revision | Datum      | Änderung                                                                                                        |
|----------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1      | 03.10.2026 | Gemeinsame Modbus-Schnittstelle für pH und Leitfähigkeit; Leitungsbezeichnungen korrigiert: D1 = B+ und D0 = A- |