MODBUS RTU

Integrationshandbuch

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

Herstellerunabhängige 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	1.7
Datum	04.11.2026
Firmwarebasis pH	v0.6.90
Firmwarebasis LF	v1.12 / Registerkennung 0x010C
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 Stoppbit (8N1). Einstellbare Baudraten: 9600, 19200, 38400, 57600 und 115200 bit/s.

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 zunächst auf 9600 bit/s, 8N1 und Slave-Adresse 10 einstellen. Eine Baudratenänderung startet ein 8-Sekunden-Testfenster; mit der neuen Baudrate neu verbinden und diese über 0xB44D an 0x010B bestätigen, sonst kehrt das Gerät automatisch zur bisherigen Baudrate zurück.**
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	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	geführte pH- und Einpunkt-Temperaturkalibrierung	Zellkonstante K und Einpunkt-Temperaturkalibrierung
Temperaturfühler	NTC 2 kΩ, Pt1000 oder kein lokaler Fühler (externe Vorgabe)	NTC 2 kΩ oder Pt1000

Adressnotation
Alle Registeradressen in diesem Dokument sind echte nullbasierte Modbus-PDU-Adressen. Manche SPS-Systeme zeigen dieselben Adressen als 4xxxx-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, verdrilltes 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, 19200, 38400, 57600 oder 115200 bit/s; Werkseinstellung 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-2-kΩ- oder Pt1000-Fühler vorhanden, wird dessen Temperatur verwendet. Bei 0x7101 = 2 bleibt der lokale Temperatureingang stromlos. Die pH-Kompensation startet dann mit 25,0 °C; eine von JUMO bzw. der SPS vorgegebene externe Temperatur hat Vorrang. Eine Temperaturkalibrierung ist in dieser Betriebsart nicht möglich.

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 = Pt1000; 2 = kein lokaler Fühler / externe Vorgabe
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
0x7016…0x7017	R	Float32	Temperaturfühler-Widerstand	Ω
0x7018…0x7019	R	Float32	unkorrigierte Temperatur	°C
0x7110…0x7111	R/W	Float32	Referenz der Temperaturkalibrierung	0,00…100,00 °C
0x7112…0x7113	R	Float32	aktiver Temperatur-Offset	±5,00 °C
0x7114…0x7115	R	Float32	gespeicherter Kalibrierpunkt	°C
0x7116	R	UInt16	Status Temperaturkalibrierung	0 bereit; 1 übernommen; 2 gelöscht; 3…5 Fehler
0x7117	W	Befehl	Befehl Temperaturkalibrierung	1 übernehmen; 2 zurücksetzen
0x7104	R/W	UInt16	Elektrodenprüfung	0 = aus; 1 = ein; über 0x710F speichern
0x7105	R/W	UInt16	Elektroden-Prüfintervall	10…600 s; Standard 10 s; über 0x710F speichern
0x7106	R/W	UInt16	Modbus-Baudrate / 100	96, 192, 384, 576 oder 1152; über 0x710F speichern

Bit	Maske	Bedeutung	Reaktion des Masters
0	0x0001	Temperaturfehler	Temperatur nicht verwenden; 0x2626 prüfen
1	0x0002	Kalibrierung aktiv	Messwertanzeige kennzeichnen; 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; Service falls dauerhaft
5	0x0020	Elektrodenfehler	pH-Wert verwerfen; Elektrode/Kabel prüfen
6	0x0040	Temperaturfühler kalibriert	gespeicherten Offset anwenden

5.1 Elektrodenüberwachung

Die interne Überwachung prüft Elektrode und Kabel in einem einstellbaren Intervall und erkennt Kurzschluss/Glasbruch sowie Unterbrechung. Werkseinstellung sind 10 s; 0x7105 akzeptiert jeden ganzzahligen Sekundenwert von 10 bis 600 s.

- Prüfphase: höchstens etwa 0,5 s; bei eindeutig guter Elektrode wird sie sofort beendet.
- Erholphase: 2 s. Während Prüfung und Erholung bleibt der letzte gültige pH-Wert verfügbar.
- Eine fehlerhafte Prüfung setzt sofort den pH-Alarm und den allgemeinen Sensorfehler.
- Eine nachfolgende gute Prüfung löscht beide Alarme wieder.
- Während einer Kalibrierung findet keine Prüfung statt. Für Hochtemperaturanwendungen kann sie mit 0x7104 = 0 aus- und mit 0x7104 = 1 eingeschaltet werden; Speicherung über 0x710F = 1.

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 und die Temperaturquelle in 0x2661 wählen.**
2. **0x2662 = 1 schreiben. Elektrode in einen neutralen Puffer von pH 6,0 bis 8,0 geben und warten, bis 0x2600 stabil ist.**
3. **Exakten Pufferwert als Float32 in 0x2663…0x2664 schreiben; danach mit 0x2662 = 2 den aktuellen gefilterten Messwert übernehmen.**
4. **0x2662 = 3 schreiben. Errechneten Nullpunkt und Bewertungen in 0x266B…0x2670 lesen. Nur der Offset wird neu berechnet; die vorhandene Steilheit bleibt unverändert.**
5. **0x2662 = 4 schreiben, um ein gültiges Ergebnis zu übernehmen. Die Kalibrierung wird nichtflüchtig gespeichert und der Kalibriertimer neu gestartet. Mit 0x2662 = 0 kann jederzeit abgebrochen werden, ohne die bisherige Kalibrierung zu verändern.**

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	0x010C = v1.12
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^Exponent
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

Adresse	R/W	Typ / Länge	Bedeutung	Werte / Einheit
0x001F	R	UInt16	Roh-ADC NTC	0…4095; Diagnose
0x0020…0x0021	R	Float32	Temperaturfühler-Widerstand	Ω
0x0022…0x0023	R	Float32	unkorrigierte Temperatur	°C
0x0024	R	UInt16	Temperaturmesswert gültig	0 nein; 1 ja
0x0025…0x0026	R	Float32	Gehäusefeuchte	% rF; optionaler SHT30A
0x0027…0x0028	R	Float32	SHT30A-Temperatur	°C; Gehäusetemperatur
0x0029	R	UInt16	Feuchtemesswert gültig	0 nein; 1 ja
0x002A	R	UInt16	SHT30A-Rohwert Feuchte	Diagnose
0x002B	R	UInt16	SHT30A-Rohwert Temperatur	Diagnose
0x002C	R	UInt16	Feuchtesensor erkannt	0 nicht bestückt/nicht erkannt; 1 vorhanden

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
5	0x0020	Temperaturfühler kalibriert	gespeicherter Offset aktiv
6	0x0040	SHT30A-Kommunikations-/ CRC-Fehler	erst nach zuvor erkanntem Sensor
7	0x0080	Alarm Gehäusefeuchte	Ein bei 30,0 % rF; aus bei 28,0 % rF

Bei offener oder kurzgeschlossener Messzelle liefert 0x001B…0x001C den Ersatzwert 0; die Statusbits 0x0001/0x0002 unterscheiden den Zustand. Bei Edelstahlzellen mit K unter 0,8000 werden in allen fünf Messbereichen 0,443 Ohm vom berechneten Zellwiderstand abgezogen. Ab K 0,8000 ist die Korrektur für Graphitzellen ausgeschaltet. Ein nie erkannter SHT30A gilt als nicht bestückt und erzeugt keinen Fehler.

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

Adresse	R/W	Typ / Länge	Bedeutung	Werte / Einheit
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
0x0106	R/W	UInt16	Float-Wortfolge	0 High/Low; 1 Low/High (Standard)
0x0107	R/W	UInt16	Temperaturfühlertyp	0 NTC 2 kΩ; 1 Pt1000
0x0108	R/W	UInt16	Temperatur-Messintervall	2…600 s; Standard 10 s
0x0109	R/W	UInt16	Modbus-Baudrate / 100	96, 192, 384, 576 oder 1152
0x010A	R	UInt16	Baudraten-Teststatus	0 stabil; 1 Bestätigung ausstehend
0x010B	W	Befehl	neue Baudrate bestätigen	innerhalb 8 s 0xB44D schreiben
0x010F	R/W	Befehl	Konfiguration speichern	0xA55A schreiben; Lesen ergibt 0
0x0110…0x0111	R/W	Float32	Referenz der Temperaturkalibrierung	0,00…100,00 °C
0x0112…0x0113	R	Float32	aktiver Temperatur-Offset	±5,00 °C
0x0114…0x0115	R	Float32	gespeicherter Kalibrierpunkt	°C
0x0116	R	UInt16	Status Temperaturkalibrierung	0 bereit; 1 übernommen; 2 gelöscht; 3…5 Fehler
0x0117	W	Befehl	Befehl Temperaturkalibrierung	1 übernehmen; 2 zurücksetzen

8.1 Werkseinstellungen

Parameter	Werkseinstellung
Slave-Adresse	10
Baudrate	9600 bit/s
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
Temperaturfühler	NTC 2 kΩ
Temperatur-Messintervall	10 s

8.2 Speichern, Adress- und Baudratenänderung

1. **Gewünschte Parameter schreiben und jeweils die FC06-/FC16-Antwort prüfen.**
2. **Eine Änderung von 0x0100 gilt unmittelbar nach der Antwort; anschließend mit der neuen Adresse weiterarbeiten.**
3. **Bei einer Baudratenänderung über 0x0109 innerhalb von 8 Sekunden mit der neuen Baudrate verbinden und 0xB44D an 0x010B schreiben. Ohne Bestätigung wird automatisch die bisherige Baudrate wiederhergestellt.**
4. **Die bestätigte Konfiguration mit 0xA55A an 0x010F speichern, 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.

8.3 Einpunkt-Temperaturkalibrierung

Der Ablauf ist bei beiden Produkten gleich. NTC 2 kΩ oder Pt1000 auswählen, Fühler und Präzisionsmessgerät auf dieselbe stabile Temperatur bringen, den Messwert des Präzisionsgeräts in das Referenzregister schreiben und Befehl 1 ausführen. Das Gerät speichert für den gewählten Fühlertyp den Offset Referenz minus Rohwert. Der korrigierte Wert wird danach als Prozesswert und für die Kompensation verwendet. Referenzen außerhalb 0 bis 100 °C und Offsets über ±5 °C werden abgewiesen. Befehl 2 löscht nur die Kalibrierung des aktuell gewählten Fühlertyps. Der Flash wird nur beim Übernehmen oder Zurücksetzen beschrieben, nicht bei zyklischen Temperaturmessungen.

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

Richtung	Telegramm	Erläuterung
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	Temperatur-Einpunktkalibrierung	korrigierter Wert und fühlerspezifischer Speicher bleiben nach Neustart erhalten

11 Fehlersuche

Symptom	Prüfen	Maßnahme
keine Antwort	Adresse, eingestellte Baudrate/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
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

Symptom	Prüfen	Maßnahme
Einstellung nach Neustart weg	Speicherbefehl	pH 0x710F = 1; LF 0x010F = 0xA55A
Temperaturkalibrierung abgewiesen	0x7116 bzw. 0x0116, Rohwert, Fühlertyp	Referenz 0…100 °C verwenden; bei Abweichung über ±5 °C Verdrahtung prüfen

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…0x7117	kompakte Inbetriebnahme/Diagnose
LF	Prozess	0x0000…0x002C	Messwerte, Status, Feuchte, Rohwerte
LF	Konfiguration	0x0100…0x0117	Adresse, K, TK, Einheit, Float
LF	Speichern	0x010F	0xA55A schreiben
pH/LF	Temperaturkalibrierung	0x7110–17 / 0x0110–17	Referenz, Offset, Punkt, Status, Befehl

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. Firmware 1.12 passt die Anregung in den Messbereichen 1 bis 3 kontinuierlich an den Leitwert an; die Bereiche 4 und 5 behalten ihre festen Impulslängen. Der optionale SHT30A überwacht die Gehäusefeuchte und erzeugt keinen Fehler, wenn er nicht bestückt ist.
- 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

Firmware-Quellen: PH-RS485-32 v0.6.90 und LF-TR-MOD v1.12, Registerdefinitionen und erfolgreiche Zielsystem-Builds, Stand 04.11.2026. Referenz PC-Monitor: PC 1.16.

Dokumentänderungen

Revision	Datum	Änderung
1.1	05.10.2026	Gemeinsame Modbus-Schnittstelle für pH und Leitfähigkeit; Leitungsbezeichnungen korrigiert: D1 = B+ und D0 = A-

Revision	Datum	Änderung
1.2	05.10.2026	Pt1000-Unterstützung, getakteter Temperatureingang und fühlerspezifische Einpunkt-Temperaturkalibrierung
1.3	07.10.2026	Unterstützte Nullpunktkalibrierung mit neutralem Puffer dokumentiert; vorhandene Steilheit bleibt erhalten, Ergebnis wird gespeichert und Kalibriertimer neu gestartet; Elektroden-Prüfintervall von 10 bis 600 Sekunden einstellbar
1.4	10.10.2026	Auswahl ohne lokalen Temperaturfühler dokumentiert; 25,0 °C Ersatzwert und Vorrang der externen JUMO-/SPS-Temperatur ergänzt
1.5	20.10.2026	Baudraten 9600 bis 115200 bit/s einstellbar; Register 0x7106 (pH) und 0x0109 (LF) ergänzt; Firmwarebasis aktualisiert
1.6	03.11.2026	LF-Firmwarebasis auf v1.9 aktualisiert; Statusbit für kalibrierten Temperaturfühler auf 0x0020 korrigiert; leitwertabhängige Anregung und 0,443-Ohm-Edelstahl-Serienkorrektur dokumentiert.
1.7	04.11.2026	LF-Firmwarebasis auf v1.12 aktualisiert; optionale SHT30A-Register, Feuchtealarm und Verhalten bei fehlendem Sensor dokumentiert; sichere Baudratenbestätigung mit 8-Sekunden-Rückfall ergänzt; PC-Monitor-Referenz auf 1.16 aktualisiert.