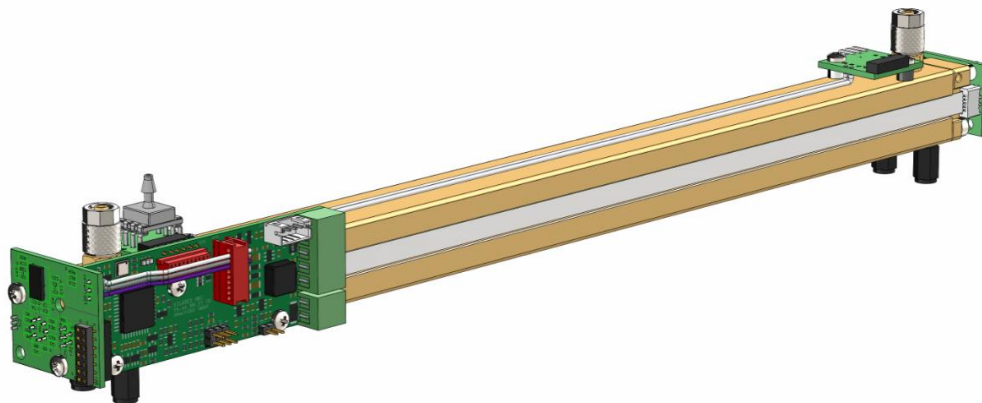


SILAREX

High Performance
Multi-Channel NDIR Gas-Sensor

Modul- und
Kommunikationsbeschreibung
für Firmware-Version 2.51



Inhalt

1	Allgemeines	4
1.1	Zu Ihrer Sicherheit	4
1.2	Bestimmungsgemäße Verwendung	4
1.3	Implementierungshinweise.....	5
1.4	Gewährleistungsverlust / Haftung / rechtl. Hinweise	5
2	Messzelle mit Schlauchanschlüssen	6
2.1	Schlauchanschluss / Schlauchmaterial	6
2.2	Gasdurchfluss	6
2.3	Montage / Einbaulage	6
3	Elektrischer Anschluss	7
3.1	Stromaufnahme.....	7
4	LED-Statusanzeige	8
5	Druckkompensation (Küvetteninnendruck)	8
6	Datenschnittstellen	9
6.1	RS 485 – Betrieb	9
6.2	Signalverläufe	9
6.3	Datenaustausch zwischen Master und SILAREX (Slave)	10
6.4	RS 485 – Terminierung (Busabschlusswiderstand)	10
6.5	RS 232 Betrieb via RS 485 Schnittstelle	11
7	Modbus – Kommunikation via RS 485 – Schnittstelle.....	11
7.1	Betrieb mit mehreren Slave – Teilnehmern	11
7.2	Automatische Erkennung von Baudrate, Framingformat und Modbus-Dialekt	12
7.3	Aufbau von Modbus – Datentelegrammen.....	12
7.4	Modbus Kommunikationsautomat	13
7.5	Modbus – Adresse	13
7.6	Modbus – Steuerbefehle	15
7.6.1	Steuerbefehl 0x03 → Read Holding Register	15
7.6.2	Steuerbefehl 0x06 → Write Single Register	16
7.7	Berechnung der Prüfsumme	17
8	Registerübersicht.....	20
8.1	Bedeutung der einzelnen Bits in der Statusbitleiste (SYS_Status):	21
8.2	Bedeutung der einzelnen Bits in Sys_Settings_C (Customer Settings):	22

8.3	Beschreibung des Einheitenkenners: KONZ_unitX:.....	22
9	Hinweise zur Inbetriebnahme und Bedienung.....	23
9.1	Selbsttest / Aufwärmzeit.....	23
9.2	Setzen des Nullpunkts	23
9.3	Setzen des Endpunktes.....	24
9.4	Berechnung des Korrekturwertes für den Endpunkt	24
9.5	Wiederherstellen der Kalibrierparameter auf Werkseinstellung.....	24
10	Integrierte Küvettenheizung	24
11	Mechanische Abmessungen.....	25
12	Impressum.....	26

1 Allgemeines

Der SILAREX Gas-Sensor ist eine „High Performance“ autark messende Gasmesszelle, die mit dem bewährten NDIR- Verfahren arbeitet. Hohe Auflösung, Messgenauigkeit und Langzeitstabilität sind nur einige Merkmale dieses neu entwickelten Sensors. Durch die integrierte Druck- und Temperaturkompensation sowie seine komfortablen Schnittstellen kann der SILAREX- Sensor einfach und schnell in bestehende Mess- und Regelsysteme integriert werden. Basierend auf dem physikalischen Messverfahren der Infrarotabsorption bietet SILAREX neben der Selektivität die besten Voraussetzungen für zuverlässige, präzise und langzeitstabile Messungen. Die kompakte Bauweise und der geringe Wartungsaufwand prädestinieren es für den Einsatz auch unter schwierigen Bedingungen.

1.1 Zu Ihrer Sicherheit

Bedeutung der Warnzeichen

Die folgenden Warnzeichen werden in diesem Dokument verwendet, um die zugehörigen Warntexte zu kennzeichnen.



VORSICHT!

Hinweis auf eine potenzielle Gefahrensituation. Wird diese nicht vermieden, können Verletzungen oder Schädigungen am Produkt oder der Umwelt eintreten.

Ist auch Warnung vor unsachgemäßem Gebrauch.



HINWEIS

Information zum Einsatz des Produktes

Vor Anschluss und Gebrauch des SILAREX ist diese Anleitung vollständig zu lesen und zu verstehen, bei Fragen oder Unklarheiten bitte unseren Service kontaktieren. Wichtige Informationen sind Warnzeichen kennzeichnen.

Diese Anleitung aufbewahren, ggf. dem Betreiber des Gerätes zur Aufbewahrung übergeben; bei Verkauf des Gerätes ist die Anleitung an den Käufer zu übergeben. Bei der Installation und beim Betrieb des Gerätes sind die gesetzlichen Vorschriften und Richtlinien, die dieses Produkt betreffen, unbedingt zu beachten!

1.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das SILAREX ist eine autark messfähige Gasmesszelle und dient zur Bestimmung von Gaskonzentrationen gemäß seiner Spezifikation. Für andere Mess-, Prüf- und sonstige Zwecke ist es nicht geeignet.



VORSICHT!

Der Sensor darf nicht in explosionsgefährdeter Umgebung sowie unter rauen Umweltbedingungen (z.B. bei hoher, kondensierender Luftfeuchtigkeit, starker Luftströmung, unter aggressiven Atmosphären, im Freien ohne Gehäuse) betrieben werden.

1.3 Implementierungshinweise

- Trockenes Messgas mit weniger als 5°C Taupunkt - über elektrischen Kühler, Silicapatrone o.ä.
- Zuverlässige Partikelfiltration, z. B. Koaleszenzfilter o. ä. - muss regelmäßig überprüft und gewartet werden.
- Stabiler Messgasdurchfluss zwischen 0,1 ... 1,0 l/min - Pumpe ohne Druckschwankung
- Regelmäßige Nullpunktkontrolle und -abgleich - wir empfehlen die Verwendung einer kleinen Standard-N₂-Flasche und eines Magnetventils für den SW-gesteuerten automatischen Nullabgleich
- Regelmäßige Endpunktjustage erfordert entsprechendes Prüfgas
- Lassen Sie den Sensor vor jeder Kalibrierung mindestens 30 Minuten unter stabilen Umgebungsbedingungen in Betrieb laufen
- Stabile Sensortemperatur ohne Kontakt zu Gehäusen oder anderen Materialien - im besten Fall wird die Umgebung oder der Sensor selbst auf ~ 40°C erwärmt

1.4 Gewährleistungsverlust / Haftung / rechtl. Hinweise



VORSICHT!

Das Öffnen des Sensors sowie Manipulationen oder Beschädigungen am Gerät führen zum Erlöschen der Gewährleistung!

Gewährleistungsverlust droht außerdem bei Verwendung von aggressiven Chemikalien, Verschmutzungen sowie bei ins Gerät eingedrungenen Flüssigkeiten und bei Nichtbeachten der Hinweise in dieser Modul- und Kommunikationsbeschreibung!

Für Folgeschäden und bei Sach- und Personenschäden, die durch Nichtbeachtung der Modul- und Kommunikationsbeschreibung verursacht werden, übernimmt die smartGAS Mikrosensorik GmbH keine Haftung.

2 Messzelle mit Schlauchanschlüssen

Die SILAREX- Messküvette gibt es aus Aluminium und vergoldet. Sie ist mit Schlauchanschlüssen ausgestattet, die sicherstellen, dass das Messgas durch den Messprozess geführt wird. Zwischen Gaseinlass und Gasauslass befindet sich die eigentliche Messzelle

2.1 Schlauchanschluss / Schlauchmaterial

Um die Verbindung zur Messzelle herzustellen, werden Schläuche mit einem Innendurchmesser von 3 mm und einem Außendurchmesser von 5 mm benötigt. Stellen Sie sicher, dass die Schläuche fest mit den Schlauchanschlüssen verbunden sind.

Der Anschluss an den Druckaufnehmer für die (indirekte) Küvetten-Innendruckmessung wird mittels eines „T“- Schlauchadapters am Gasausgang hergestellt.

Bitte beachten Sie die Richtung des Gasflusses, der mittels Beschriftungen “INLET” und “OUTLET” gekennzeichnet ist. Ein Vertauschen des Gasflusses hätte Messwerte zur Folge, die von der Werkskalibrierung erheblich abweichen können.

Stellen Sie sicher, dass geeignete Schläuche für die Messung verwendet werden. In bestimmten Anwendungen können korrosive Gase auftreten, welche Probleme mit dem Schlauchmaterial verursachen könnten.

2.2 Gasdurchfluss

Der Gasdurchfluss sollte konstant sein und zwischen 0,1 l/min und 1,0 l/min betragen. Das Gas muss trocken und partikelfrei sein.

Entsprechende Filter können bei smartGAS bezogen werden.

2.3 Montage / Einbaulage

Die Montage des SILAREX erfolgt mittels M3-Schrauben mit den vier Polyamid- Abstandsbolzen, die auf der Unterseite der Küvette montiert sind. Beim Verschrauben des Sensors auf eine Montageplatte muss auf eine verspannungsfreie Montage geachtet werden.

Bei Verwendung von anderen Abstandsbolzen (als den werksseitig montierten) oder Distanzhülsen muss ein Mindestabstand von 3 mm zur Montageplatte gewährleistet werden.



HINWEIS

Die anderen (freien) Gewinde im Sensor dürfen nicht zur Montage benutzt werden.

3 Elektrischer Anschluss

Der SILAREX wird über die mitgelieferten Steckverbindungen ST1 und ST2 angeschlossen. Über ST1 wird die Spannungsversorgung und die Kommunikation angeschlossen.

Steckerbinder ST2 ist ein Leistungsausgang, an den externe Peripheriegeräte (z.B. eine Gasförderpumpe) bis 200 mA angeschlossen werden können.

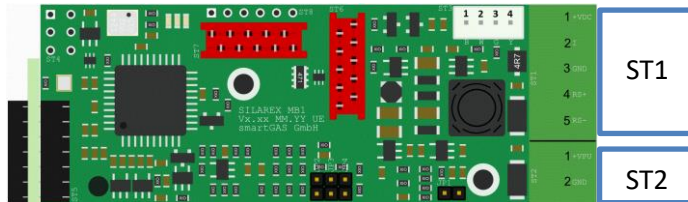


Abbildung 1: Position der Steckverbinder

Stecker ST1

Pin	Belegung
1	+Vcc 12 – 24 V DC
2	NC
3	GND
4	RS485+
5	RS485-

Tabelle 1: ST1 Anschlussbelegung

Stecker ST2 (Leistungsausgang)

Pin	Belegung
1	5,8 V DC
2	GND
max. 200 mA	

Tabelle 2: ST2 Anschlussbelegung

3.1 Stromaufnahme

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Strom- bzw. Leistungsaufnahme. Um Störungen durch Spannungseinbrüche zu vermeiden, wird dringend empfohlen, nur ausreichend dimensionierte und spannungstabilisierte Versorgungsspannungen zu verwenden.

Bei langen Zuleitungen müssen entsprechende Kabelquerschnitte verwendet werden, um übermäßige Spannungsabfälle über die Leitungen zu vermeiden!

Versorgungsspannung	Stromaufnahme
12 V DC	300 mA
24 V DC	250 mA

Tabelle 3: Spannungsabhängige Stromaufnahme

4 LED-Statusanzeige

Auf der SILAREX -Leiterkarte befinden sich drei Leuchtdioden (grün/gelb/rot), mit denen der aktuelle Gerätestatus nach Tabelle 4 angezeigt wird:

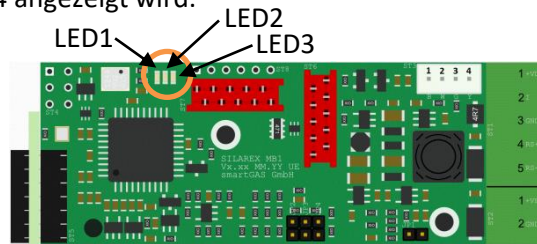


Abbildung 2: Position der Status LEDs

LD1 (Rot) ●	LD2 (Gelb) ●	LD3 (Grün) ●	Gerätestatus
leuchtet	-	-	Gerätefehler/Service verständigen
-	blinkt	-	- Warnung, - Heizungsregelung nicht im Soll, - Messwert unterschreitet oder überschreitet den zugesicherten Bereich
-	-	blinkt	Aufwärmphase (30 Minuten)
-	-	leuchtet	Normalbetrieb

Tabelle 4: LED-Statusanzeige

Beim Einschalten führt das System zusätzlich einen kurzen LED-Check durch bei welchem diese kurzzeitig aufleuchten.

5 Druckkompensation (Küvetteninnendruck)

Aufgrund der physikalischen Eigenschaften der Gase ändert sich deren Dichte in Abhängigkeit vom Druck. Dieser ändert sich jedoch mit der Höhenlage und den Wetterverhältnissen.

Aus diesem Grund ist ein Druckaufnehmer zur Messung des Küvetteninnendrucks bei SILAREX bereits integriert. Der aktuelle Druck in der Küvette wird so bei der internen Berechnung des Konzentrationswertes mit einbezogen.

Eine automatische Druckkompensation findet im Druckbereich von 600 – 1150 mbar statt. Wird dieser Bereich unter- oder überschritten, muss mit einem Genauigkeitsverlust gerechnet werden.

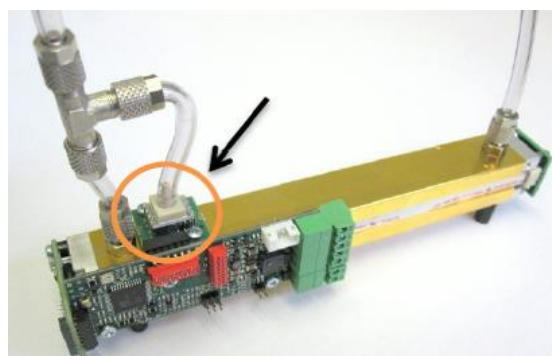


Abbildung 3: Position des Küvetteninnendruck-Sensors

6 Datenschnittstellen

6.1 RS 485 – Betrieb

Die RS 485 – Schnittstelle ist eine serielle Schnittstelle, die im 2- Leiter- Betrieb (halbduplex) arbeitet. Die Datenübertragung erfolgt über symmetrische Signale auf den Leitungen RS+ und RS-, das Bezugssignal ist GND.

Die RS 485 – Schnittstelle ermöglicht einen Single – Master / Multiple – Slave – Betrieb, wobei der Sensor als Slave zu sehen ist. Als Master kann ein PC, ein Mikrocontroller o.ä. verwendet werden.

Falls die Teilnehmer nicht dasselbe Nullpotential (GND) haben, besteht die Möglichkeit, dass Potentialverschiebungen auftreten können. Damit diese sich nicht auf die Endgeräte auswirken, sollten die Schnittstellen in diesem Fall vom Rest der Schaltung galvanisch getrennt werden (z.B. durch Optokoppler).

6.2 Signalverläufe

Die Signale werden bei der RS485-Schnittstelle differenziell übertragen. RS+ führt das Signal unverändert und RS- in dessen invertierter Form – siehe Abbildung 4 . Die Auswertung des Datensignals erfolgt über die Differenz der beiden Signale [RS+] - [RS-].

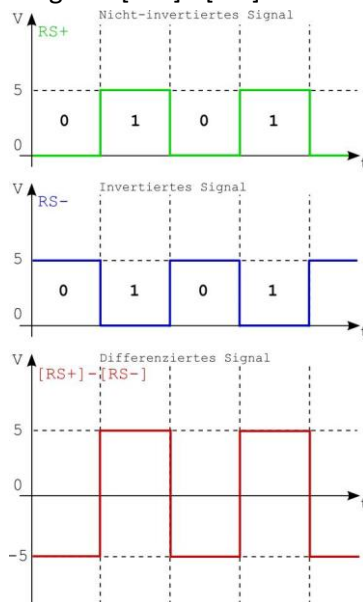


Abbildung 4: Signalübertragung und Auswertung auf dem RS485-Datenbus

RS485 Transmitter stellen unter Last mindestens eine Spannungsdifferenz von $\pm 2V$ zur Verfügung. Durch potenzielle Dämpfungseinflüsse kann die Spannungsdifferenz kleiner werden. Die Empfänger besitzen eine Empfindlichkeit von $\pm 200\text{ mV}$ und können bis zu diesem Wert gültige Signale auswerten:

[RS+]-[RS-]	> 200 mV	logisch „1“
[RS+]-[RS-]	< -200 mV	logisch „0“
[RS+]-[RS-]	< 200 mV	falsche Interpretation der Daten ist möglich.

6.3 Datenaustausch zwischen Master und SILAREX (Slave)

In Abbildung 5 wird ein mögliches Szenario zwischen Master und SILAREX (= Slave) dargestellt. Die folgenden Zeiten beziehen sich auf MODBUS-ASCII und einer Baudrate von 2400 Bd.

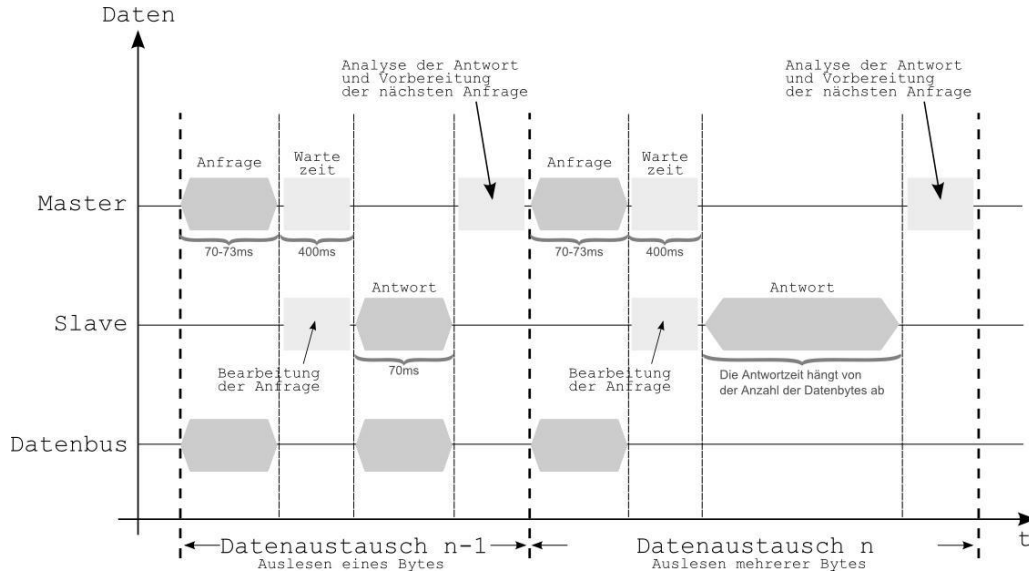


Abbildung 5: Zeitdiagramm – Datenaustausch zwischen Master und SILAREX (Slave)

Die Dauer eines Anfragestrings beträgt 70 – 73 ms. Danach ist es möglich, dass eine kurze Pause folgt (max. 400 ms). Anschließend folgt die Modulantwort. Diese ist abhängig davon wie viele Bytes ausgelesen werden. Wird nur ein Byte ausgelesen beträgt die Modulantwort ca. 70 ms. Beim Auslesen mehrerer Bytes verlängert sich die Antwortphase entsprechend.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der SILAREX – Sensor auf eine Anfrage innerhalb von 400 ms reagiert. Anschließend wird die Zeichenkette direkt ohne Antwortpause gesendet.



VORSICHT!

Bei höheren Baudraten (> 2400 Bd) kann mit wesentlich schnelleren Antwortzeiten gerechnet werden.

6.4 RS 485 – Terminierung (Busabschlusswiderstand)

Ab einer Leitungslänge von ca. > 30 m empfiehlt sich die Verwendung eines Abschlusswiderstands, um Reflektionen auf den Signalleitungen zu vermeiden. Der, auf der SILAREX – Leiterkarte integrierte, Busabschlusswiderstand (150 Ohm) kann durch Stecken von Jumper JP 1 zugeschaltet werden.

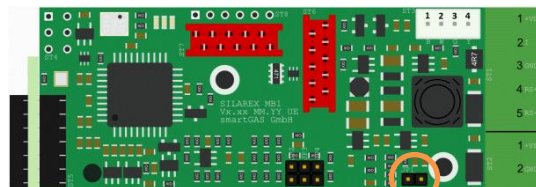


Abbildung 6 Position von JP1



HINWEIS

Das verwendete Kabel für die Verdrahtung sollte geschirmt und verdreht sein (Twisted-Pair-Kabel).

6.5 RS 232 Betrieb via RS 485 Schnittstelle

Steht zur Datenkommunikation nur eine RS 232 – Schnittstelle zu Verfügung, kann die RS 485 – Schnittstelle durch eine externe Beschaltung für den RS 232 – Betrieb eingerichtet werden. Für den RS 232 – Betrieb muss der Sensor wie folgt verdrahtet werden:

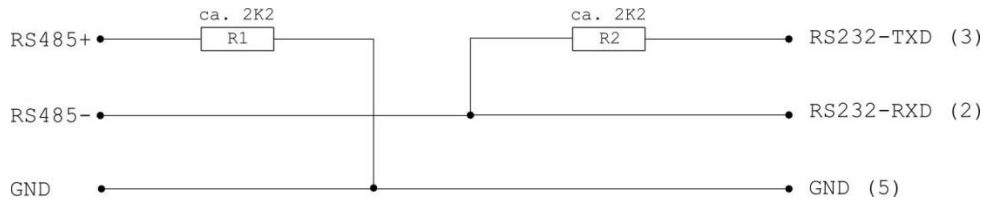


Abbildung 7: Externe Verdrahtung für RS 232 – Betrieb (R1/R2 ca. 2,2 kOhm)



HINWEIS

Bitte beim RS 232 – Betrieb beachten:

- Die Übertragungsrate darf max. 38400 Bd betragen
- Der Jumper JP 1 für die Terminierung darf nicht gesteckt sein

7 Modbus – Kommunikation via RS 485 – Schnittstelle

Der SILAREX – Sensor unterstützt durch seine RS 485 Schnittstelle das MODBUS-Protokoll im ASCII sowie im RTU- Modus. Im ASCII-Modus existiert neben der Standard-Variante ein smartGAS-spezifisches Derivat, das sich vom Standard in der Berechnung der Prüfsumme unterscheidet.

Grundsätzlich funktioniert die Modbus-Kommunikation auf Basis eines Anfrage-Antwort-Mechanismus. Der Master richtet die Anfrage an einen von möglicherweise mehreren Slaves (Teilnehmern). Jeder angeschlossene Teilnehmer bekommt deshalb eine im Verbund eindeutige Teilnehmeradresse. Nur derjenige Teilnehmer, der seine Adresse in der Anfrage des Masters gefunden hat, wird antworten.

Die Art der Anfrage wird über einen Steuerbefehl (Function Code) bestimmt. So kann es zum Beispiel um ein Schreiben von Daten oder um ein Lesen von Daten zum / vom Teilnehmer gehen. Abhängig vom Steuerbefehl gibt es einen Datenteil, sowohl für die Anfrage als auch für die Antwort.

Jede Anfrage und jede Antwort müssen von ihrem Beginn als auch von ihrem Ende klar gekennzeichnet sein. Die Verwendung eines Prüffeldes (=Prüfwort/CRC) ist im Protokoll vorgesehen, damit eventuelle Kommunikationsfehler erkannt werden können. Modbus-Derivate realisieren dies auf unterschiedliche Art.

Detaillierte Informationen über das Modbus-Protokoll kann man beziehen unter www.modbus.org

7.1 Betrieb mit mehreren Slave – Teilnehmern

Der RS485-Datenbus ermöglicht das Einbinden von bis zu 32 Teilnehmern. Am Anfang und am Ende des Datenbusses werden die Abschlusswiderstände eingesetzt (JP 1). Die dazwischen hängenden Teilnehmer werden mittels Stichleitungen oder optimaler Weise mittels „Daisy Chain“ (Reihenschaltungsprinzip) auf den terminierten Datenbus geführt.

Bei einer Übertragungsrate von 2,4 kbps (2400 Bd) ist die Gesamtlänge des Datenbusses inkl. Stichleitungen auf 500 m zu begrenzen. Grundsätzlich gilt, je größer die Übertragungsrate, desto kleiner die Längensumme der Stichleitungen.

Die Baudrate wird vom jeweils langsamsten Teilnehmer bestimmt, sie ist für alle Teilnehmer gleich.

Teilnehmer-Position	Bezeichnung	Adresse	Baudrate	Rolle	Terminierung (Busabschlusswiderstand)
1	SILAREX-Sensor	22	2400 Bd	Slave	Ja
2	Computer	----	2400 Bd	Master	Nein
3	Temperatursensor	11	2400 Bd	Slave	Nein
4	Drucksensor	33	2400 Bd	Slave	Ja

Tabelle 5: Beispiel – Datenbus mit mehreren Teilnehmern

Wie man aus der Tabelle 5 entnehmen kann, ist die vergebene Adresse der Teilnehmer unabhängig von deren Position in der Topologie. Da das MODBUS-Protokoll zum Einsatz kommt, benötigt der Master keine Adresse, lediglich die Slaves müssen eine eindeutige Adresse haben.

7.2 Automatische Erkennung von Baudrate, Framingformat und Modbus-Dialekt

Die SILAREX – Software ist mit einer automatischen Konfigurationserkennung ausgestattet. Das bedeutet, dass das der Sensor nach dem ersten Einschalten im System automatisch die verwendete Baudrate, das Framing sowie den MODBUS-Dialekt erkennt.

Die in Tabelle 6 aufgeführten Framings und MODBUS-Baudraten harmonisieren miteinander und sind untereinander frei kombinierbar.

Framingformate und MODBUS-Baudraten	
Framingformate ↓	Baudraten ↓
7E1	2400Bd
7E2	4800Bd
7O1	9600Bd
7O2	9200Bd
7N2	38400Bd
8E1	57600Bd
8N1	115200Bd
8N2	
8O1	

Tabelle 6: Frei kombinierbare Framingformate/Baudraten



HINWEIS

Bei der Kommunikation über MODBUS-RTU ist es zwingend erforderlich ein Framingformat von 8 Datenbits zu verwenden.

7.3 Aufbau von Modbus – Datentelegrammen

Wie schon an andere Stelle erwähnt empfiehlt die smartGAS Mikrosensorik den Aufbau von eine Datentelegramm mit Modbus-RTU. Es ist möglich den Aufbau des Datentelegrammes auch mit Modbus-ASCII möglich jedoch wird dies hier nicht näher erläutert. Die nachfolgenden Tabellen zeigen den grundsätzlichen Aufbau eines RTU-Datentelegramms:

Dialekt	Start	Slave ID	Function	Data	CRC	Ende
Modbus-RTU		1 Byte z.B.:0xA0	1 Byte z.B.:0x03	0 bis 1x252 Bytes z.B.:0x00,0x05, 0x00,0x02	2 Bytes z.B.:0xA4, 0xD3	
Kommunikation:	Pause 3,5 Zeichen	0xA0	0x03	0x00,0x05,0x00,0x02	0xA4,0xD3	Pause 3,5 Zeichen

Im RTU-Modus wird jedes 8-Bit Byte unverändert durchgereicht. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass im RTU-Modus UART-Frames mit 8 Datenbits verwendet werden müssen. Der Vorteil des RTU-Modus liegt in der effektiveren Ausnutzung der Schnittstelle, weil nur etwa die Hälfte der Datenmenge im Vergleich zum ASCII-Modus übertragen werden muss.

7.4 Modbus Kommunikationsautomat

In Abbildung 8 wird, unabhängig ob Master oder Slave, das prinzipielle Zustandsdiagramm des Sende- und Empfangsautomaten dargestellt:

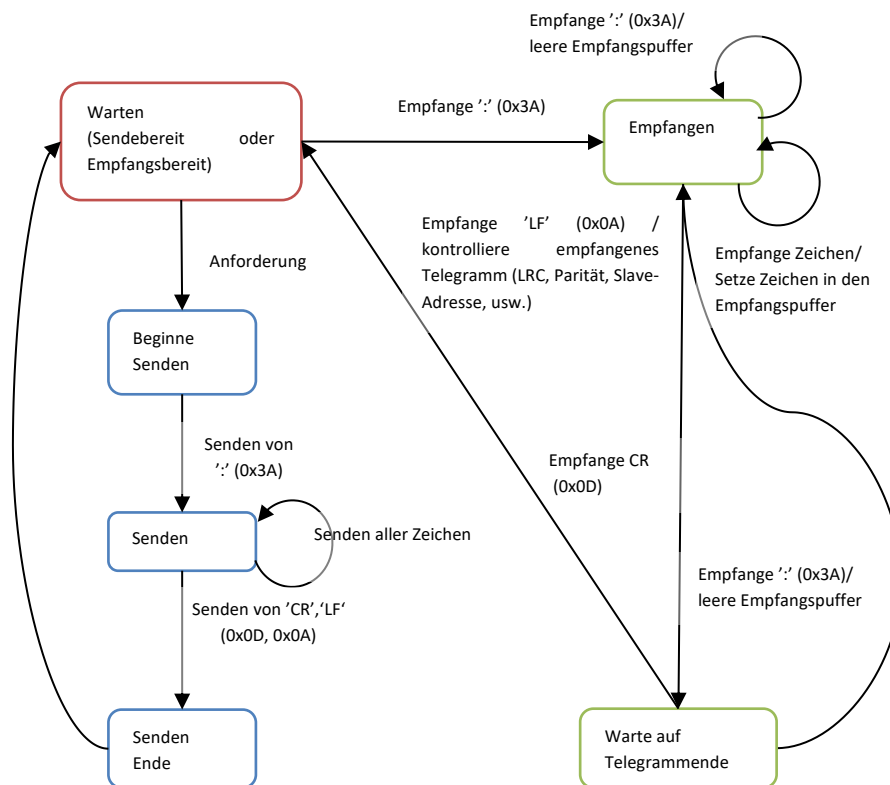


Abbildung 8: Zustandsdiagramm eines Modbus-Teilnehmers (Betriebsart ASCII)

Wird dem SILAREX – Sensor eine unvollständige Anfrage gesendet, so wird von diesem keine Antwort zurückgegeben. Genauso verhält sich das Modul, wenn mindestens ein Register im angesprochenen Registerbereich nicht existiert. Fehlerfreie Telegramme werden verarbeitet, andere verworfen.

7.5 Modbus – Adresse

Beim SILAREX – Sensor entspricht die Geräteadresse (Modbus-Adresse) bei Auslieferung den letzten beiden Ziffern der Seriennummer auf dem Typenschild.



HINWEIS

Beispiel für die Ermittlung der Modbus – Adresse:

Geräteadresse = #35 Dezimal → 0x23 Hex

Wenn die Seriennummer mit "00" endet, ist die Adresse immer #100 Dezimal = 0x64 Hexadezimal.

Die Adresse „0“ darf niemals verwendet werden!

Abbildung 9 zeigt in einem Flussdiagramm, wie unbekannte Modbus-Adressen von Modulen ermittelt werden können. Es kann ein beliebiges Register (z.B. Seriennummer) über alle Moduladressen (1-247) mit einem Timeout von einer Sekunde abgefragt werden. Wird ein Modul mit der richtigen Adresse angesprochen, reagiert dies, indem es eine Antwort sendet. In dieser Antwort wird die Moduladresse mitgesendet. Somit kann am Ende des Suchzyklus anhand der Modulantworten analysiert werden, welche Moduladressen gerade am Bussystem angeschlossen sind. Im Falle der Abfrage der Seriennummer, kann man dann rückschließen, welche Adresse welchem Modul zugeordnet ist. Der zulässige Adressbereich für SILAREX liegt zwischen 1 und 247. Laut der Modbus-Spezifikation sind die Adressen 248-255 reserviert. Die Adresse 0 steht für Broadcast und darf nicht verwendet werden!

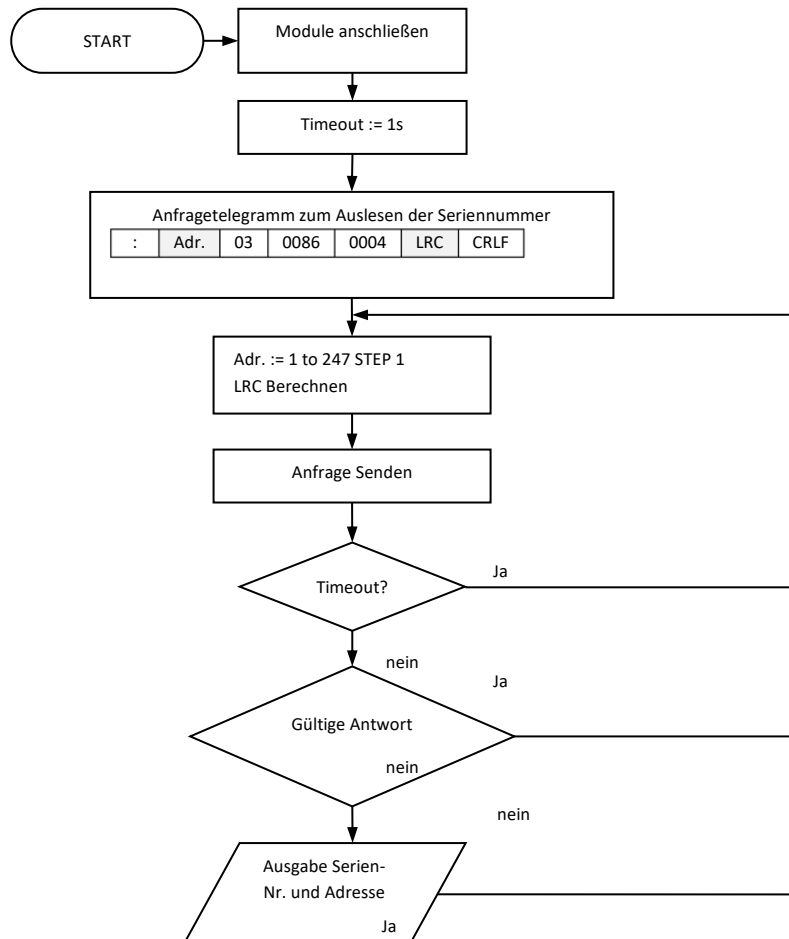


Abbildung 9: Flussdiagramm Ermittlung von Moduladressen

7.6 Modbus – Steuerbefehle

Für die Kommunikation mit dem SILAREX – Sensor reichen zwei Steuerbefehle (Function-Codes) aus. Es sind die folgenden Befehle:

- **0x03 – Read Holding Registers (multiple)**
- **0x06 – Write Single Register (single)**

Dabei ist ein Register 16 Bit breit, es besteht folglich aus 2 Bytes:



Alle für den Benutzer zugänglichen Daten des SILAREX sind auf Register mit jeweils 16 Bit Breite abgebildet.

7.6.1 Steuerbefehl 0x03 → Read Holding Register

Mit diesem Steuerbefehl ist es möglich, aus dem SILAREX- Sensor Werte auszulesen. Wesentlich ist, dass nur in dieser Anleitung beschriebene Register gelesen werden können. Daher ist dies besonders bei Abfrage mehrerer Register zu überprüfen.

Anfrage		Antwort		Bedeutung der Daten (nach ASCII – Tabelle)
Feld	(Hex)	Feld	(Hex)	
Modbusadresse	0xXX	Modbusadresse	0xXX	
Function	0x03	Function	0x03	
Start Register Hi	0x00	Byte count	0x08	
Start Register Lo	0x80	Register value Hi (128)	0x53	'S'
Register count Hi	0x00	Register value Lo (128)	0x4D	'X'
Register count Lo	0x04	Register value Hi (129)	0x46	'3'
Checksum Lo	0xXX	Register value Lo (129)	0x43	'0'
Checksum Hi	0xXX	Register value Hi (130)	0x4F	'0'
		Register value Lo (130)	0x32	'0'
		Register value Hi (131)	0x20	'0'
		Register value Lo (131)	0x20	'3'
		Checksum Lo	0xXX	
		Checksum Hi	0xXX	

Beispiel 1: Auslesen der 4 Register für „Device Type“

Hier wurden vier Register des SILAREX – Sensors ab Register – Startadresse 0x0080 (dezimal 128) abgefragt. Die Antwort bestand aus 8 Bytes Nutzdaten, die mit Hilfe der ASCII – Tabelle aufgelöst werden können. Beispiel: Antwort HEX 53 → nach ASCII – Tabelle → Buchstabe S

Die Antwort lautet nun: "**SX300003**", es handelt sich also um einen SILAREX – Sensor (**SX**) für (**3**) Messkanäle und der Derivate-Nummer (**00003**).

Anfrage		Antwort		Bedeutung der Daten
Feld	(Hex)	Feld	(Hex)	
Modbusadresse	0xXX	Modbusadresse	0xXX	
Function	0x03	Function	0x03	
Start Register Hi	0x00	Byte count	0x02	
Start Register Lo	0x0A	Register value Hi (14)	0x01	456
Register count Hi	0x00	Register value Lo (14)	0xC8	
Register count Lo	0x01	Checksum Lo	0xXX	

Checksum Lo	0xXX	Checksum Hi	0xXX	
Checksum Hi	0xXX			

Beispiel 2: Auslesen des Registers „Konz“ (zur Anzeige der Gaskonzentration)

Hier wurde ein Register ab Register-Startadresse 0x0E (dezimal 14) abgefragt. Die zwei Datenbytes wurden zusammengefasst als Hexadezimalwert übertragen. Wird dieser Wert (01C8) in eine Dezimalzahl umgewandelt, ergibt sich ein Konzentrationswert von 456.

Anfrage		Antwort		Bedeutung der Daten
Feld	(Hex)	Feld	(Hex)	
Modbusadresse	0xXX	Modbusadresse	0xXX	
Function	0x03	Function	0x03	
Start Register Hi	0x00	Byte count	0x02	
Start Register Lo	0x4F	Register value Hi (14)	0x00	3, bedeutet ppm x 1
Register count Hi	0x00	Register value Lo (14)	0x03	
Register count Lo	0x01	Checksum Lo	0xXX	
Checksum Lo	0xXX	Checksum Hi	0xXX	
Checksum Hi	0xXX			

Beispiel 3: Auslesen des Registers „Einheit“

Hier wurde ein Register ab Register-Startadresse 0x0023 (dezimal 35) abgefragt. Die zwei Datenbytes wurden zusammengefasst als Hexadezimalwert übertragen. Wird dieser Wert (0x0003) in eine Dezimalzahl umgewandelt, ergibt sich „3“. Dies steht für die Einheit ppm mit der Skalierung x 1. Zusammengefasst mit den Daten aus den Beispielen 1 und 2 hat der ausgelesene SILAREX – Sensor also eine Gaskonzentration von 456 ppm gemessen.

7.6.2 Steuerbefehl 0x06 → Write Single Register

Dieser Befehl ermöglicht es, einen neuen Wert gezielt in ein adressiertes Register zu schreiben. Dabei können jedoch nur diejenigen Register beschrieben werden, die dafür vorgesehen sind.

Anfrage		Antwort		Bedeutung der Daten
Feld	(Hex)	Feld	(Hex)	
Modbusadresse	0xXX	Modbusadresse	0xXX	
Function	0x06	Function	0x06	
Start Register Hi	0x00	Start Register Hi	0x00	
Start Register Lo	0xC0	Start Register Lo	0xC0	
Register count Hi	0x00	Register count Hi	0x00	Die neue Adresse des Moduls (160)
Register count Lo	0xA0	Register count Lo	0xA0	
Checksum Lo	0xXX	Checksum Lo	0xXX	
Checksum Hi	0xXX	Checksum Hi	0xXX	

Beispiel 4: Schreiben in das Register „Modbus_address“

In diesem Beispiel wurde dem SILAREX – Sensor eine neue Modbus-Adresse vergeben A0 (Hex) = 160 Dez. Nach Ablauf der Kommunikationssequenz ist das Gerät nur noch unter dieser neuen Adresse ansprechbar!



HINWEIS

Die Adresse 0 sowie Adressen >247 dürfen nicht vergeben werden!

Anfrage		Antwort		Bedeutung der Daten
Feld	(Hex)	Feld	(Hex)	
Modbusadresse	0xXX	Modbusadresse	0xXX	
Function	0x06	Function	0x06	
Start Register Hi	0x00	Start Register Hi	0x00	
Start Register Lo	0x47	Start Register Lo	0x47	
Register count Hi	0x00	Register count Hi	0x00	Der Nullpunkt wurde neu gesetzt
Register count Lo	0x01	Register count Lo	0x01	
Checksum Lo	0xXX	Checksum Lo	0xXX	
Checksum Hi	0xXX	Checksum Hi	0xXX	

Beispiel 5: Schreiben in das Register IR_null1 (Setzen des Nullpunkts für Messkanal 1)

Hier wurde bei dem SILAREX – Sensor der Nullpunkt neu gesetzt. Dies geschah durch Schreiben des Wertes 1 ins Register 0x0020 (dezimal 32). Daraufhin hat das Gerät intern den aktuellen Korrekturwert für den Nullpunkt berechnet und gespeichert. Ein Auslesen des gleichen Registers zeigt dann den Wert der Korrektur.



HINWEIS

Das Setzen des Nullpunkts darf nur unter Beaufsichtigung mit Nullgas und anschließend stabilem Konzentrationswert erfolgen.

Anfrage		Antwort		Bedeutung der Daten
Feld	(Hex)	Feld	(Hex)	
Modbusadresse	0xXX	Modbusadresse	0xXX	
Function	0x06	Function	0x06	
Start Register Hi	0x00	Start Register Hi	0x00	
Start Register Lo	0x54	Start Register Lo	0x54	
Register count Hi	0x27	Register count Hi	0x27	Korrekturwert wurde auf 10000 gesetzt
Register count Lo	0x10	Register count Lo	0x10	
Checksum Lo	0xXX	Checksum Lo	0xXX	
Checksum Hi	0xXX	Checksum Hi	0xXX	

Beispiel 6: Schreiben in das Register KONZ_gain1 (Abgleich Endpunktkorrektur)

Hier wurde dem SILAREX – Sensor eine neue Endpunktkorrektur gesetzt. Ein Wert von 2710 (Hex) = 10000 (Dezimal). Dies ist auch der Auslieferungszustand. Ein Wert von 11000 würde z.B. bedeuten, dass der Konzentrationswert um 10% höher angezeigt wird als intern gemessen. Mit diesem Register ist es also möglich, Abweichungen des SILAREX – Sensors bei der Konzentrationsanzeige zu korrigieren.



HINWEIS

Das Setzen des Endpunkts auf diese Weise darf nur unter Beaufsichtigung mit einem adäquaten Prüfgas und anschließend stabilem Konzentrationswert erfolgen!

Vor dem Setzen des Endpunktes ist es erforderlich, dass vorher der Nullpunkt korrekt gesetzt wurde.

7.7 Berechnung der Prüfsumme

Anhand eines Beispiels wird nun die Berechnung der Prüfsumme CRC speziell für die Betriebsart RTU erklärt. Wie die Berechnung der Prüfsummen LRC bei ASCII Standard funktioniert, ist in den Dokumenten des Modbus-Standards eingehend beschrieben.

Die Prüfsumme wird über die Slave-ID, die Function und die zugehörigen Daten (Start register und register count) berechnet. Wir erzeugen als Beispiel eine Anfrage zum Auslesen des Registers Konz aus dem SILAREX - Sensor mit der Adresse 14 (Dezimal) = 0E (Hex.)

Anfrage	
Feld	(Hex)
Modbusadresse	0x0E
Function	0x03
Start Register Hi	0x00
Start Register Lo	0x0A
Register count Hi	0x00
Register count Lo	0x01
Checksum Lo	0xXX
Checksum Hi	0xXX

Die sich ergebende Bytefolge ist in hexadezimaler Darstellung 0x0E, 0x03, 0x00, 0x0A, 0x00, 0x01.. Jetzt erfolgt die Bildung der Prüfsumme hier ein Beispielcode für Berechnung der CRC Prüfsumme:

```

C# example to calculate modbus RTU checksum:
    /// <summary>
    /// Calculates the checksum of an modbus RTU message and adds it to the end
    (last 2 bytes).
    /// </summary>
    /// <param name="Databytes"></param>
    /// <returns></returns>
    private void Calculate_CRC(ref byte[] Databytes)
    {
        UInt16 v_CRC = 0xFFFF;

        for (int x = 0; x < Databytes.Length - 2; x++)
        {
            v_CRC ^= (UInt16)Databytes[x];           // XOR byte into least sig.
byte of crc

            for (int y = 8; y != 0; y--)
            { // Loop over each bit
                if ((v_CRC & 0x0001) != 0)
                { // If the LSB is set
                    v_CRC >>= 1;           // Shift right and XOR 0xA001
                    v_CRC ^= 0xA001;
                }
                else // Else LSB is not set
                    v_CRC >>= 1;           // Just shift right
            }
        }
    }

```

Abbildung 7: Code-Beispiel für CRC-Prüfsummen bilden

Nach der berechneten der Prüfsumme und des Endkenners würde dann also folgender Datenstring gesendet werden: **0xF7A4**

Anfrage	
Feld	(Hex)
Slave-ID	0x0E
Function	0x03
Start Register Hi	0x00
Start Register Lo	0x0A
Register count Hi	0x00
Register count Lo	0x01
Checksum Lo	0xA4
Checksum Hi	0xF7

Die Prüfsumme wird jedes Mal beim Senden von Daten mit übertragen und anschließend vom Empfänger nachgerechnet. Sollte der Datensatz korrupt oder verfälscht sein, dann würde die berechnete Prüfsumme beim Empfänger von der mitgesendeten abweichen. Der Datensatz wäre also nicht verwendbar.

8 Registerübersicht

Adresse	Name	R/W	Funktion / Beschreibung
0x05	T_int	R/---	Messwert interne Temperatur (x0,1°C)
0x08	T_amb	R/---	Messwert Umgebungstemperatur (x0,1°C)
0x09	P_amb	R/---	Messwert Umgebungsdruck in hPa (=mbar)
0x0A	P_kue	R/---	Messwert Küvetteninnendruck in hPa (=mbar)
0x0B	SYS_Status	R/---	Statusbitleiste, Erläuterung siehe Seite 211
0x0E	KONZ_1	R/---	Messwert Gaskonzentration Kanal 1 in ppm, Vol.-% oder %UEG (Einheitenkenner KONZ_unit1 beachten!)
0x11	KONZ_2	R/---	Messwert Gaskonzentration Kanal 2 in ppm, Vol.-% oder %UEG (Einheitenkenner KONZ_unit2 beachten!)
0x14	KONZ_3	R/---	Messwert Gaskonzentration Kanal 3 in ppm, Vol.-% oder %UEG (Einheitenkenner KONZ_unit3 beachten!)
0x20	IR_null1	R/W	Setzwert für Nullabgleich Kanal 1
0x22	KONZ_fs1	R/W	Full Scale Kanal 1
0x23	KONZ_unit1	R/W	Einheitenkenner für Gaskonzentration Kanal 1, Erläuterungen siehe Seite 22
0x24	KONZ_gain1	R/W	Konzentrationsberechnung Gain Kanal 1
0x3C - 0x3F	gas_name1	R/---	Gasname Kanal 1 im ASCII-Format
0x40	IR_null2	R/W	Setzwert für Nullabgleich Kanal 2
0x42	KONZ_fs2	R/W	Full Scale Kanal 2
0x43	KONZ_unit2	R/W	Einheitenkenner für Gaskonzentration Kanal 2, Erläuterungen siehe Seite 22
0x44	KONZ_gain2	R/W	Konzentrationsberechnung Gain Kanal 2
0x5C - 0x5F	gas_name2	R/---	Gasname Kanal 2 im ASCII-Format
0x60	IR_null3	R/W	Setzwert für Nullabgleich Kanal 3
0x62	KONZ_fs3	R/W	Full Scale Kanal 3
0x63	KONZ_unit3	R/W	Einheitenkenner für Gaskonzentration Kanal 3, Erläuterungen siehe Seite 22
0x64	KONZ_gain3	R/W	Konzentrationsberechnung Gain Kanal 3
0x7C - 0x7F	gas_name3	R/---	Gasname Kanal 3 im ASCII-Format
0x80 - 0x83	DeviceType	R/---	Gerätetyp, max. 8 Zeichen langer Text, über 4 Register verteilt (z.B.: SX300003)
0x84 - 0x85	SoftwareVersion	R/---	Software- Version, über 2 Register verteilt
0x86 - 0x89	SerialNo	R/---	Serien-Nr., max. 8 Zeichen lang, über 4 Register verteilt
0x90 - 0x97	ItemNo	R/---	Artikelnummer im ASCII-Format
0x99	Sys_Settings_C	R/W	System Settings, Erläuterung siehe Seite 21
0xC0	Modbus_Address	R/W	Sensor Modbus – Adresse

Tabelle 7: Modbus-Registertabelle

- **R – Read Holding Registers (multiple)**
- **W – Write Single Register (single)**



HINWEIS

Alle weiteren hier nicht beschriebenen Register dürfen keinesfalls verändert werden.

8.1 Bedeutung der einzelnen Bits in der Statusbitleiste (SYS_Status):

Störungen und Fehlermeldungen können nachfolgender Tabelle mit Hilfe des Registers SYS_Status identifiziert werden,

Bit	Name	Wert → Meldung
00	DET_ERR	1 → IR-Detektor gestört
01	TMP_ERR	1 → Temperatursensor gestört
02	PRS_ERR	1 → Küvetteninnendruck-Sensor gestört
03	STR_ERR	1 → IR-Strahler gestört
04	EEP_ERR	1 → EEPROM-Fehler
05	----	ohne Funktion (reserviert)
06	----	ohne Funktion (reserviert)
07	WDG_WRN	1 → nach Watchdog-Reset
08	Amb_SEN_ERR	1 → Umgebungsdrucksensor gestört
09	WARMUP	1 → Silarex befindet sich in der Aufwärmphase
10	HEATER_NOT_IN_RANGE	1 → Regelabweichung der Küvettenheizung ist >2K (nur wenn Heizung aktiv)
11	OUT_OF_LIMIT_UNDERRUN	1 → Messwert unterschreitet den zugesicherten Bereich (-20% des Messbereichsendwert)
12	OUT_OF_LIMIT_OVERRUN	1 → Messwert überschreitet den zugesicherten Bereich (+40% des Messbereichsendwert)
13	OUT_OF_RANGE	1 → Messwertberechnung außerhalb des darstellbaren Zahlenbereichs (-32768...32767) – Messwertausgabe wird auf darstellbaren Zahlenbereich limitiert.
15...14	----	ohne Funktion (reserviert)

Tabelle 8: Zuordnung der Fehlermeldungen in der Statusbitleiste SYS_Status



HINWEIS

Der Wert 0 steht immer für den (fehlerfreien) Normalzustand.

8.2 Bedeutung der einzelnen Bits in Sys_Settings_C (Customer Settings):

Nachfolgende Konfiguration kann durch den Kunden angepasst werden:

Bit	Name	Wert → Meldung
00	KONZ_LIMITS_OFF	1 → Limitierung des Messwertes auf die Spezifikation des Sensors wird deaktiviert. Die Messwerte außerhalb der zugesicherten Spezifikationsbandbreite sind nicht zwingend innerhalb der zugesicherten Genauigkeit.
02...01	PFILTER_SEL	Einstellung des nachgeschalteten Tiefpassfilters 00 → Keine nachgeschaltete Tiefpassfilterung 01 → Mittelwertfilter moderat (T90 = 7,2s) 10 → Mittelwertfilter stark (T90 = 60s) 11 → adaptiver Tiefpass (schnell bei Signaländerung)
03	PRESS_COMP	1 → Druckänderungen im System werden bei der Berechnung der Messwerte kompensiert
14...04	----	Ohne Funktion (reserviert)
15	RESTRORE_FACTORY_DEFAULT	1 → Wiederherstellung der Werkseinstellungen für Null- und Endpunkt aller Messkanäle (KONZ_1, KONZ_2, KONZ_3). Das Bit ist selbstrückstellend.

Tabelle 9: Zuordnung der Einstellungen in der Konfiguration Sys_Settings_C

8.3 Beschreibung des Einheitenkenners: KONZ_unitX:

Für jeden, der drei möglichen Messkanäle gibt es einen Einheitenkennner (z.B. KONZ_unit1 Register 0x23 für Messkanal 1), der den Messbereich und den Faktor beschreibt, mit dem der im Register KONZ_X dargestellte Messwert multipliziert werden muss.

Die Tabelle 7 zeigt die Zuordnung des im Register **KONZ_unitX** ausgelesenen Wertes zu den o.g. Faktoren

Registerwert	→	Einheit
0	→	unbelegt, für Sonderanwendungen
1	→	ppm x 0,01
2	→	ppm x 0,1
3	→	ppm
4	→	Vol.-% x 0,001
5	→	Vol.-% x 0,01
6	→	Vol.-% x 0,1
7	→	UEG x 0,01 %
8	→	UEG x 0,1 %

Tabelle 10: Zuordnung Registerwert Konz_unitX zur Messeinheit/zum Multiplikator



HINWEIS

Teilmengen von <1 Vol.-% werden meist als ppm – Wert angegeben, die folgende Tabelle zeigt das Verhältnis von Vol.-% zu ppm:

Vol.-%	ppm
100	1.000.000
10	100.000
1	10.000
0,1	1000
0,01	100
0,001	10
0,0001	1

Tabelle 11: Verhältnis von Vol.-% zu ppm

9 Hinweise zur Inbetriebnahme und Bedienung

9.1 Selbsttest / Aufwärmzeit

Nach dem Einschalten des SILAREX – Sensors erfolgt ein interner Selbsttest, die gelbe LED blinkt kurz auf. Dann findet eine Funktionsprüfung der Status-LEDs statt. Dabei leuchten diese in folgender Reihenfolge kurz auf:

Rot → Gelb → Grün

Danach befindet sich der SILAREX – Sensor in der Aufwärmphase und die grüne LED blinkt. Der Sensor liefert nun schon Messwerte und Systemfehler werden ausgewertet.



HINWEIS

Während des Selbsttestphase von ca. 3 sek. werden keine korrekten Messwerte ausgegeben.

Nach jedem Einschalten benötigt der Sensor eine Aufwärmphase von 30 Minuten, bis alle temperaturabhängigen Elemente ihren Betriebspunkt erreicht haben.

Erst dann werden alle Spezifikationen (Messgenauigkeit usw. lt. Datenblatt) erreicht.

Bei SILAREX – Sensoren mit einer Küvettenheizung kann das Erreichen der Systemtemperatur länger dauern. Dies ist abhängig von den umgebenden Umweltbedingungen. Bei einer zu große Regelabweichung ($>\pm 2K$) wird der Status HEATER_NOT_IN_RANGE in der Statusbisleiste ausgegeben und die gelbe LED blinkt.

9.2 Setzen des Nullpunkts

Das Setzen des Nullpunkts wird empfohlen

- nach Neuinstallation des Sensors bzw. Messsystems
- in regelmäßigen Intervallen (muss der Anwendung angepasst werden)
- nach Instandsetzungen/Wartungsarbeiten am Sensor oder des Messsystem

Vor dem Abgleich des Nullpunktes muss der Sensor mindestens 30 Minuten in Betrieb sein, der Sensor muss mit einem Nullgas (z.B. $N_2 - 100$ Vol.-%) so lange durchströmt werden, bis die Anzeige für die Gaskonzentration (Register Konz_1, 2 oder 3) einen stabilen Wert erreicht hat.

Sind die o.g. Voraussetzungen erfüllt, wird in das Register IR_null1 (0x20) der Wert 1 geschrieben und so der Nullpunkt neu gesetzt. Bei mehrkanaligen Systemen ist der Vorgang für IR_null2 (0x40) und IR_null3 (0x60) zu wiederholen.

9.3 Setzen des Endpunktes

Das Setzen des Endpunktes (auch Endwert- oder Span- Kalibrierung genannt) bedingt die Verwendung eines Prüfgases, welches mit möglichst hoher Genauigkeit dem Messbereichs- Endwert des zu kalibrierenden Sensors entspricht.

Es gelten hier die gleichen Vorbedingungen wie beim Setzen des Nullpunktes: der Sensor muss mindestens 30 Minuten in Betrieb sein und solange mit dem Prüfgas durchströmt werden, bis sich im Register Konz_1, 2 oder 3 ein stabiler Wert eingestellt hat.

Sind alle Voraussetzungen erfüllt (was durch mehrfache Abfrage des Registers Konz_1, 2 oder 3 überprüft werden muss), wird in das Register Konz_gain 1, 2 oder 3 der Korrekturwert für den jeweiligen Messkanal geschrieben.

9.4 Berechnung des Korrekturwertes für den Endpunkt

Angenommen, ein Sensor zeigt bei Beaufschlagung mit einem Prüfgas, welches den Wert von 1003 ppm hat (hier „Konz_Kal“ genannt), eine Konzentration von nur 978 ppm (hier „Konz_Alt“ genannt) im Kanal 1 an.

Das Auslesen des Register Konz_gain1 ergibt den Wert 9985 (hier „Gain_Alt“ genannt).

Die Neuberechnung des Korrekturwertes für das Register Konz_gain1 erfolgt dann folgendermaßen:

$$\text{Konz_gain1_Neu} = \text{Konz_Kal} \times \text{Gain_Alt} / \text{Konz_Alt}$$

$$\text{Konz_gain1_Neu} = 1003 \times 9985 / 978 = \mathbf{10240}$$

Nun wird der neue Wert von **10240** in das Register Konz_gain1 (0x24) geschrieben, und der Vorgang ist beendet!



HINWEIS

Das Setzen des Endpunktes ist nur sinnvoll, wenn zuvor der Nullpunkt korrekt gesetzt wurde.

9.5 Wiederherstellen der Kalibrierparameter auf Werkseinstellung

Durch Setzen des Bit 15 in Sys_Settings_C (Seite 22) können die Werkseinstellung der Kalibrierparameter für Null- und Endpunkt aller Messkanäle (KONZ_1, KONZ_2 und KONZ_3) wiederhergestellt werden.

10 Integrierte Küvettenheizung

Der SILAREX – Sensor ist mit einer Küvettenheizung ausgestattet. Diese stabilisiert die Küvette auf 42°C. Abhängig von den Umgebungsbedingungen kann es vorkommen, dass die Heizleistung nicht ausreicht, um die vorgegebene Temperatur am Sensor zu erreichen. Dann kann der Sensor z.B. in ein wärmeisolierendes Gehäuse eingebaut werden. Bei Fragen hierzu wenden Sie sich bitte an smartGAS.



HINWEIS

Die aktuelle Temperatur am Sensor kann über das Register und 0x05 (T_int) ausgelesen werden.

11 Mechanische Abmessungen

(alle Maßangaben in mm)

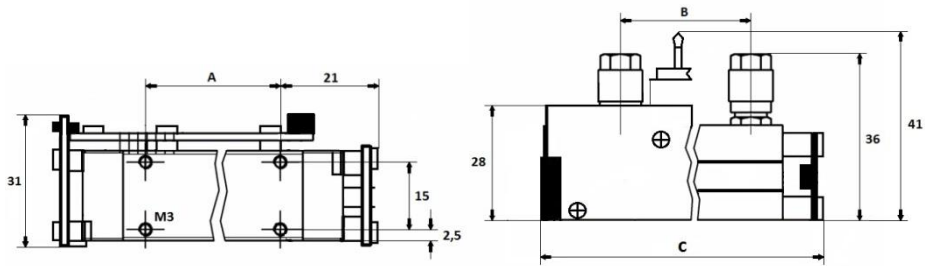


Tabelle der Abmessungen (alle anderen Maße sind bei allen Geräteausführungen ungefähr gleich)

Küvettenlänge →	125 mm	155 mm	305 mm
A →	110	140	290
B →	110	140	290
C →	155	185	335

12 Impressum

Die in dieser Beschreibung Bilder und Zeichnungen können vom Original abweichen, sie dienen lediglich der Illustration.

Alle Angaben – auch technische Spezifikationen – können ohne Vorankündigung geändert werden.

Alle Bilder und Grafiken in diesem Handbuch: © 2020 smartGAS Mikrosensorik GmbH, Heilbronn.



© smartGAS Mikrosensorik GmbH

smartGAS Mikrosensorik GmbH | Händerstr. 1 | 74080 Heilbronn | Germany

phone: +49 7131/797553-0 | fax: +49 7131/797553-10 | www.smartgas.eu | mail@smartgas.eu

Edition 04/07_2021