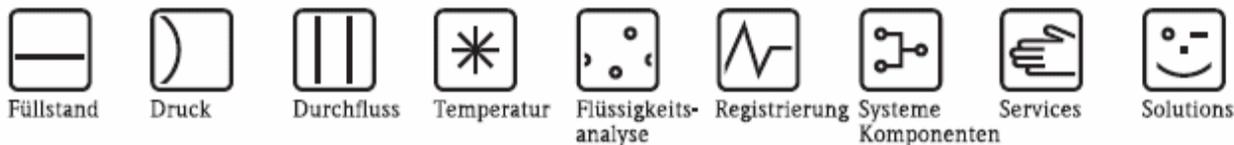


Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
Liquiline M CM42
Memosens-Transmitter



Einsatzbereich

Dient zum Betrieb eines Memosens-Sensors, um die für sicherheitsbezogene Systeme geltenden speziellen Anforderungen der IEC 61508 zu erfüllen.

Das Messgerät erfüllt folgende Anforderungen:

- Funktionale Sicherheit gemäß IEC 61508
- Explosionsschutz
- Elektromagnetische Verträglichkeit gemäß EN 61326 und NAMUR-Empfehlung NE 21
- Elektrische Sicherheit gemäß IEC/EN 61010-1
- Eindringenschutz IP66/IP67 gemäß DIN EN 60529

Ihre Vorteile

- Für alle Memosens-kompatiblen Geräte bis SIL2
- Unabhängig bewertet (Functional Safety Assessment) durch den TÜV Süd gemäß IEC 61508
- Permanente Selbstüberwachung
- Permanente Überwachung der Verbindung
- Sichere Parametrierung
- Sichere Kalibrierung und Justage

SD153C/07/DE/14.15 71298903

Version: 2.3		Seite: 1 von 72
------------------------	--	---------------------------

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Version: 2.3			Seite: 2 von 72
------------------------	--	--	---------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ 認証証書 ◆ СЕРТИФИКАТ ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT



ZERTIFIKAT

Nr. Z10 11 04 30266 019

Zertifikatsinhaber: Endress + Hauser Conducta GmbH + Co. KG
Dieselstraße 24
70839 Gerlingen
DEUTSCHLAND

Fertigungsstätte(n): 30266

Prüfzeichen:



Produkt: pH-Meßgeräte
Memosens Transmitter

Modell(e): Liquiline M CM42-MGx4xxEBxxxx

Parameter:

Software	SIL3
Struktur - SIL:	1oo1 - SIL2
Versorgungsspannung:	12,5V - 30,0V
Ausgangssignal:	4 bis 20mA
Fehlerstrom:	<=3,6mA oder >=21mA
Schutzart:	IP 66/IP 67
Temperaturbereich:	-20°C bis 55°C

x - Bestelloptionen (nicht sicherheitsrelevant)

Geprüft nach: IEC 61508-1:1998
IEC 61508-2:2000
IEC 61508-3:1998
IEC 61508-4:1998
IEC 61010-1:2010
EN 60529:2000

Das Produkt wurde auf freiwilliger Basis auf die Einhaltung der grundlegenden Anforderungen geprüft und kann mit dem oben abgebildeten Prüfzeichen gekennzeichnet werden. Eine Veränderung der Darstellung des Prüfzeichens ist nicht erlaubt. Die Übertragung eines Zertifikates durch den Zertifikatsinhaber an Dritte ist unzulässig. Umseitige Hinweise sind zu beachten.

Prüfbericht Nr.: EG83600T

Datum, 2011-04-29

Günter Grell
(Günter Grell)



Seite 1 von 1

TÜV SÜD Product Service GmbH · Zertifizierungsstelle · Ridlarstraße 65 · 80339 München · Germany

TÜV®

**Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL**

SIL Konformitätserklärung / SIL Declaration of Conformity

Funktionale Sicherheit nach IEC 61508 / Functional Safety according to IEC 61508
Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG, Dieselstr. 24, D-70839 Gerlingen
erklärt als Hersteller die Richtigkeit der folgenden Angaben. /
declares as manufacturer the correctness of the following data

Gerät/Product	Liquiline M CM42
Schutzfunktion / Safety function	1: Sichere Übermittlung des gemessenen mV-Wertes und Ausgabe als Messwert in pH auf den Stromausgängen / Safe transmission of the measured mV value and output of the converted pH value on both current outputs 2: Grenzwertüberwachung des pH-Wertes / Limit monitoring of pH value 3+4: Sichere Kalibrierung, Justage / Safe calibration, adjustment
Systematischer SIL / Systematic SIL :: Software SIL / Software SIL	2 :: 3
HFT	0
Gerätetyp / Device type	B
Betriebsart / Mode of operation	Low demand mode
SFF / MTTR	94,8 % / 8 Stunden/hours
Prüfintervall T ₁ / Proof Test Interval T ₁	Empfohlen / recommended: T ₁ = 1 Jahr / year
$\lambda_{SD} / \lambda_{SU} / \lambda_{DD} / \lambda_{DU}$	688 FIT / 947 FIT / 2667 FIT / 236 FIT
PFD _{avg} T ₁ = 1 Jahr / year	$1,03 \times 10^{-3}$
MTBF / MTBF _{DU} (als reziproker Wert von $\lambda_{total} / \lambda_{DU}$, ausgehend von einer konstanten Ausfallrate)	25 Jahre / years / 483 Jahre / years

Das Gerät wurde in einem vollständigen Functional Safety Assessment unabhängig bewertet.
The device was assessed independently in a complete Functional Safety Assessment.
Bei Modifizierungen des Gerätes wird ein Modifizierungsprozess gemäß IEC 61508 angewendet. / In the event of device modifications, a modification process compliant with IEC 61508 will be applied.



INHALTSVERZEICHNIS

1	Aufbau eines Messsystems mit dem Liquiline M CM42 SIL-Transmitter	7
1.1	Systemtechnische Komponenten	7
1.2	Beschreibung der Anwendung als sicherheitsbezogenes System	8
1.3	Gültige Gerätetypen	9
1.4	Gültige Gerätedokumentation	11
2	Beschreibung der Sicherheitsanforderungen und Randbedingungen	12
2.1	Sicherheitsfunktionen (safety functions, SAF) - SIL-Messmodus	12
2.1.1	Sicherheitsfunktion 1 (SAF1) - Grenzwertüberwachung	13
2.1.2	Sicherheitsfunktion 2 (SAF2) – Sichere Messung	15
2.1.3	Präzision und Timing von SAF1 und SAF2	15
2.1.4	Sichere Kalibrierung und Abgleich (SAF3 und SAF4)	17
2.2	Sicherheitsbezogenes Signal und sicherer Zustand	18
2.3	Beschränkungen hinsichtlich der Verwendung in sicherheitsgerichteten Anwendungen	21
2.4	Verhalten des Gerätes im Betrieb und bei Ausfällen	27
2.4.1	Verhalten des Gerätes nach dem Einschalten	27
2.4.2	Verhalten des Gerätes bei Anforderung	27
2.4.3	Verhalten des Gerätes bei Alarmen und Warnungen	28
3	Einbau	29
3.1	Montage, Verdrahtung und Inbetriebnahme	29
3.2	Einbaulage	29
4	Bedienung	29
4.1	Grundlagen sicherheitsrelevanter Vorgänge	29
4.2	Kalibrieren der Messstelle	30

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

4.3	Vorgehensweise zur Geräteparametrierung	30
4.4	Verwendung von SIL- und "Klassik"-Modus Modus	- Wechsel in den SIL- 30
4.5	SIL-Modus - aktiver sicherer Zustand	36
4.6	Wechsel in den SIL-Messmodus	38
4.7	Sichere Sensorkalibrierung und Justage	40
4.7.1	2-Punkt-pH-Kalibrierung	41
4.7.2	1-Punkt-Temperaturkalibrierung	45
5	Instandhaltung, Nachkalibrierung	48
6	Wiederholungsprüfungen (Proof tests)	49
6.1	Wiederholungsprüfung	49
6.2	Wiederholungsprüfungen zur Gewährleistung einer sicheren Funktionsweise	49
6.2.1	Prüfung des Transmitters Liquiline M CM42	49
6.2.2	Prüfung des Memosens-Kabels CYK10	51
6.2.3	Prüfung des Memosens pH Glas-Sensors	54
7	Reparatur	59
8	Hinweise zum redundanten Einsatz des Gerätes für SIL3	62
9	Prüfprotokoll - Beispiel	62
10	Übersicht über die Betriebsarten und Stromausgänge	63
11	Beispiele für die Berechnung von PFD_{avg}	63
11.1	Beispiel für die Berechnung von PFD_{avg} nach einer Prüfung	63
11.2	Beispiel für die Berechnung von PFD_{avg} für eine pH-Messstelle	66

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Hinweis!

Allgemeine Informationen zur funktionalen Sicherheit (SIL) finden Sie unter www.endress.com/SIL und in der Kompetenzbroschüre CP002Z "Funktionale Sicherheit in der Prozess-Instrumentierung zur Risikoreduzierung".

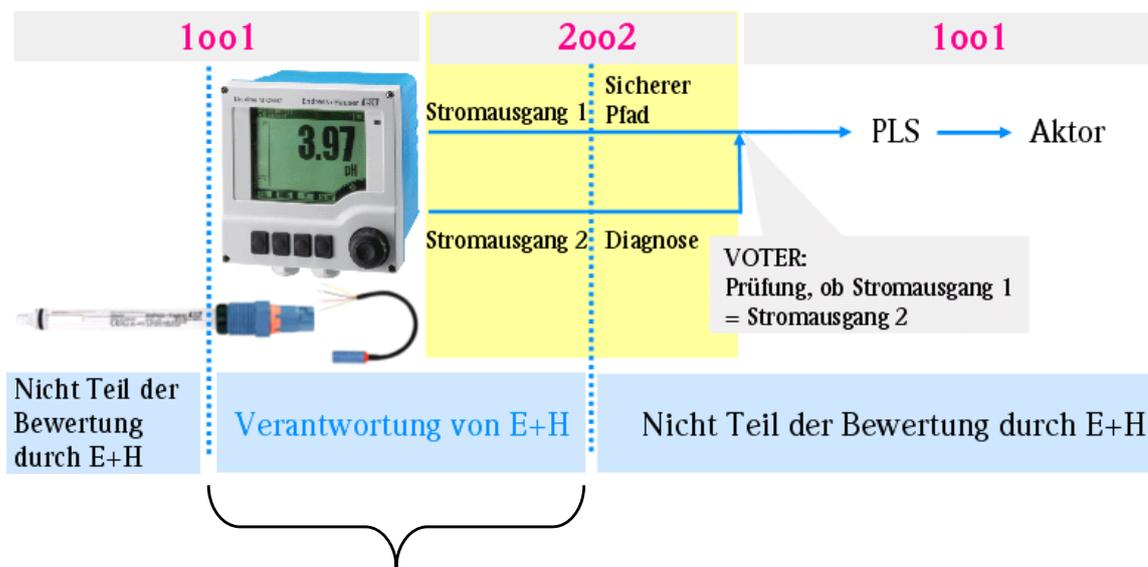
Hinweis!

Allgemeine und technische Informationen finden Sie in der Technischen Information und in der Betriebsanleitung zum Liquiline M CM42.

1 Aufbau eines Messsystems mit dem Liquiline M CM42 SIL-Transmitter

1.1 Systemtechnische Komponenten

Ein System, bei dem das CM42 zum Einsatz kommt, sieht beispielsweise wie folgt aus:



Dieser Teil wird in diesem Dokument behandelt.

1. Memosens pH-Glassensor, SIL
2. Memosens-Kabel CYK10, SIL
3. **Memosens-Transmitter Liquiline M CM42, SIL**

Der Transmitter erzeugt ein analoges Signal (4 - 20 mA) proportional zur Messspannung am Sensorelement. Das Signal muss von einer Logikkomponente verarbeitet werden

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

(z. B. eine speicherprogrammierbare Steuerung nach SIL2 oder höher). Diese Logikkomponente verwendet möglicherweise Aktoren, um die Sicherheitsfunktion umzusetzen.

Das Display des Liquiline M CM42 ist nicht sicher, daher sind alle Vorgänge, bei denen das Display als Benutzerschnittstelle zum Einsatz kommt, speziell gesichert. Es hat sich gezeigt, dass Hardware und Software des Displays keinen Einfluss auf das CM42-System haben.

Der Transmitter ist immer Bestandteil der kompletten Sicherheitsfunktion. Bei dem Transmitter handelt es sich um eine IEC 61508-konforme Komponente.

1.2 Beschreibung der Anwendung als sicherheitsbezogenes System

Um das sicherheitsbezogene System Liquiline M CM42 zu verwenden, benötigen Sie z. B. einen sicheren Memosens-Sensor und ein sicheres Memosens-Kabel der Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG. Hardware und Software des Displays (GUI) des CM42 haben keinen Einfluss auf die Sicherheitsfunktion des Transmitters.

Der Transmitter muss über die beiden analogen Stromausgänge an eine sichere SPS angeschlossen werden. Der Voter kann z. B. über sichere Funktionsblöcke im Inneren der SPS oder mithilfe eines Hardware-basierten 2oo2-Voters (2oo2 = 2 out of 2) realisiert werden.

Die Logikkomponente muss in der Lage sein, LO- und HI-Alarme ($\leq 3,6 \text{ mA}$, $\geq 21,0 \text{ mA}$) zu verarbeiten.

Das CM42-System bietet mehrere **Modi**:

1. "Klassik"-Modus (d. h. normaler Modus)
2. SIL-Modus - aktiver sicherer Zustand
3. SIL-Modus - SIL-Messmodus
4. SIL-Modus - passiver sicherer Zustand

Im "Klassik"-Modus verhält sich das System fast wie ein herkömmliches CM42-System. Es führt KEINE sicherheitsbezogenen Funktionen aus und kann in diesem Modus daher auch nicht in einer Sicherheitskette eingesetzt werden!

Im aktiven sicheren Zustand erzeugt das System den Fehlerstrom an den Stromausgängen und wartet auf eine manuelle Umschaltung in den SIL-Messmodus oder den "Klassik"-Modus.

Im SIL-Messmodus führt das System die Sicherheitsfunktion SAF1 oder SAF2 aus (siehe Kapitel 2.1). Nur in diesem Modus arbeitet das System auf sichere Art und nur in diesem Modus können Sie eine sichere Kalibrierung oder eine sichere Justage vornehmen (SAF3/SAF4).

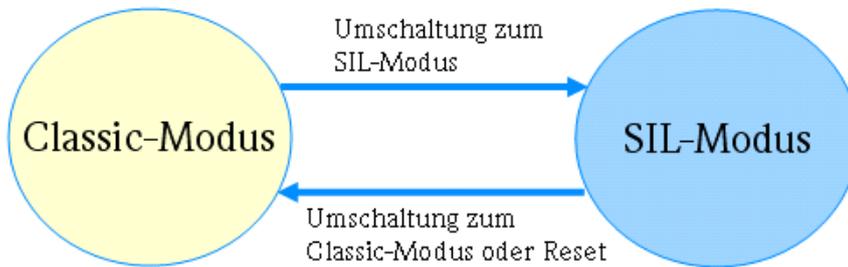
Im passiven sicheren Zustand verbleibt das System im sicheren Zustand, bis Sie es erneut in den sicheren Messmodus umschalten oder physisch neu starten/zurücksetzen.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

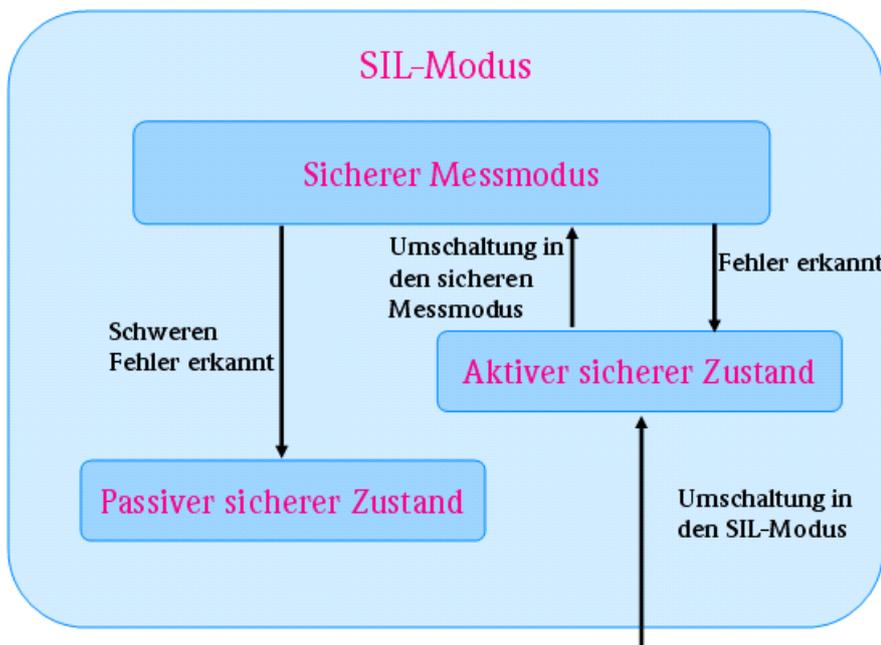
Achtung:

Der Transmitter muss in den SIL-Messmodus geschaltet werden, denn nur dann ist die Sicherheitsfunktion aktiv. Ohne Umschalten des Systems in den SIL-Messmodus ist das System nicht sicher und führt daher auch keine Sicherheitsfunktionen aus! Nach einer Rücksetzung/dem Einschalten befindet sich das System NICHT im SIL-Messmodus!

Überblick über die beiden Zustände des Systems:



Und die nachfolgende Graphik zeigt die möglichen Zustände im SIL-Modus:



1.3 Gültige Gerätetypen

Die in diesem Handbuch enthaltenen Informationen zur funktionalen Sicherheit beziehen sich auf die unten aufgeführten Geräteausführungen und gelten ab den angegebenen Software- und Hardware-Versionen.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Soweit nicht anders angegeben, können alle nachfolgenden Versionen ebenfalls für Sicherheitsfunktionen verwendet werden. Bei Zweifeln wenden Sie sich bitte an den Endress+Hauser-Service.

Geräteausführungen, die in sicherheitsbezogenen Anwendungen eingesetzt werden können: CM42-MGx40xEBxxxx.

Derzeit gültige Hardware-Versionen (Elektronik):

FMIH1-Modul: Version 71131717
 FC2W1: Ex Rev 07,
 FBIH1: Ex Rev 05,
 FSDG1-Modul: Ex Rev 04, Version 71132960

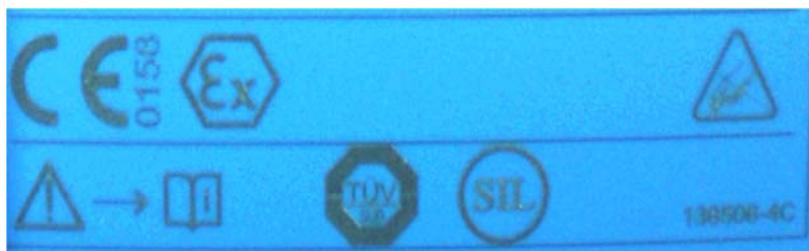
Derzeit gültige Firmware/Software-Versionen:

FMIH1-Modul: Projektierung: V11.00.00
 FC2W1: V1.00.01-0001
 FBIH1: V3.03.08
 FSDG1-Modul: V1.01.00

Alle Versionen können im Software-Menü des Liquiline M CM42 nachgesehen werden. Wie dies funktioniert, entnehmen Sie bitte dem Handbuch zum CM42. Bei der Umschaltung in den SIL-Modus führt das System selbst eine Überprüfung der Versionen durch und lehnt die Umschaltung ab, wenn nicht alle Versionen korrekt sind.

Der CM42 SIL-Transmitter lässt sich von nicht SIL-konformen Versionen anhand des Typenschildes unterscheiden, auf dem sich das TÜV-Logo und das SIL-Logo von Endress+Hauser befinden. Darüber hinaus kann er mithilfe des Bestellcodes identifiziert werden.

Bestellcode: Liquiline M CM42-MGx40xEBxxxx (4 bezieht sich auf SIL)



Bei Modifikationen des Gerätes wird von Endress+Hauser ein IEC 61508-konformer Änderungsprozess angewendet.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

1.4 Gültige Gerätedokumentation

Im Lieferumfang des Liquiline M CM42 ist zusätzliche Dokumentation enthalten. Nähere Informationen hierzu finden Sie in der Technischen Information (TI) und in der Betriebsanleitung (BA) zum Liquiline M CM42.

Dokumentation	Inhalt
Technische Information TI381CEN 1310 TI381CDE 1310 und zukünftige Ausgaben	- Technische Daten - Details zum Zubehör
Betriebsanleitung (Je nach Bestellcode des CM42)	- Identifizierung - Einbau - Kabel - Verwendung - Inbetriebnahme - etc.
Ex-Informationen XA381CA3 1008 und zukünftige Ausgaben	- Sicherheitshinweise - Technische Daten - Elektrische Daten

2 Beschreibung der Sicherheitsanforderungen und Randbedingungen

2.1 Sicherheitsfunktionen (safety functions, SAF) - SIL-Messmodus

Die sicheren Ausgangswerte an den beiden Stromausgängen werden immer gemäß NAMUR NE43 geliefert:

0,0 mA	Kein Strom, sicherer Zustand für min. 4 s
0,0 mA - 3,6 mA	Sicherer Zustand: „unterer Fehlerstrom“ für min. 4 s
3,6 mA - 3,8 mA	Interpretation als gültiger Messwert (4mA), darf nicht direkt ausgegeben werden (siehe Namur NE43).
3,8 mA - 4,0 mA	Interpretation als gültiger Messwert (4mA), darf nicht direkt ausgegeben werden (dies ist das Fehlerintervall des Stromausgangs - Range Overshoot Detection).
4,0 mA - 20,0 mA	Gültiger Messwert
20,0 mA - 20,5 mA	Interpretation als gültiger Messwert (20mA), darf nicht direkt ausgegeben werden (dies ist das Fehlerintervall des Stromausgangs - Range Overshoot Detection).
20,5 mA - 21,0 mA	Interpretation als gültiger Messwert (20mA), darf nicht direkt ausgegeben werden (siehe Namur NE43).
>21,0 mA	Sicherer Zustand: „oberer Fehlerstrom“ für min. 4 s

Das Gerät verfügt über mehrere Sicherheitsfunktionen (SAF).

Achtung: Keine der Sicherheitsfunktionen berücksichtigt bei Kontakt des Mediums mit dem Sensor physikalische oder chemische Einflüsse des Mediums auf den Messwert. Diese Bewertung muss vom Verantwortlichen der Sicherheitsrelevanten Messstelle vorgenommen werden. Das bedeutet, dass in diesem Handbuch niemals über Messgenauigkeit, sondern immer über Präzision gesprochen wird!

Um die Sicherheitsfunktionen verwenden zu können, muss das Gerät über das Display und die Tasten/den Navigator über den sicheren SIL-Modus in den SIL-Messmodus

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

umgeschaltet werden. Nachdem Umschalten in den SIL-Modus ist das Gerät in der Lage, Sicherheitsfunktionen auszuführen.

Hinweis!

Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich alle Kommentare/Hinweise/ Beschränkungen etc. in diesem Dokument auf die Sicherheitsfunktionen SAF1 und SAF2. SAF3 und SAF4 sind spezielle Sicherheitsfunktionen, die im Gegensatz zu SAF1 oder SAF2 nicht konstant ausgeführt werden.

Hinweis!

Im SIL-Messmodus werden folgende Formeln verwendet:

Der pH-Wert wird für eine Messspannung U bei einer Temperatur Tk wie folgt berechnet:

$$pH = - (U / ST_k) + pH_{NP}$$

ST_k = Steilheit bei Temperatur Tk, Nullpunkt pH_{NP} : beide von pH-Justage.

Der pH-Wert wird mithilfe der Formeln in Kapitel 4.7.1 immer automatisch temperaturkompensiert (ATC).

Das System lässt nur Steilheiten zwischen 50,0 und 61,0 und Nullpunkte zwischen 6,0 und 8,0 zu. Alle übrigen Werte werden nicht akzeptiert. Sensoren mit einer Steilheit oder einem Nullpunkt außerhalb dieser Bereiche können nicht verwendet werden.

2.1.1 Sicherheitsfunktion 1 (SAF1) - Grenzwertüberwachung

Überwachung des Messwertes (intern von einem Spannungs- in einen pH-Wert umgewandelt):

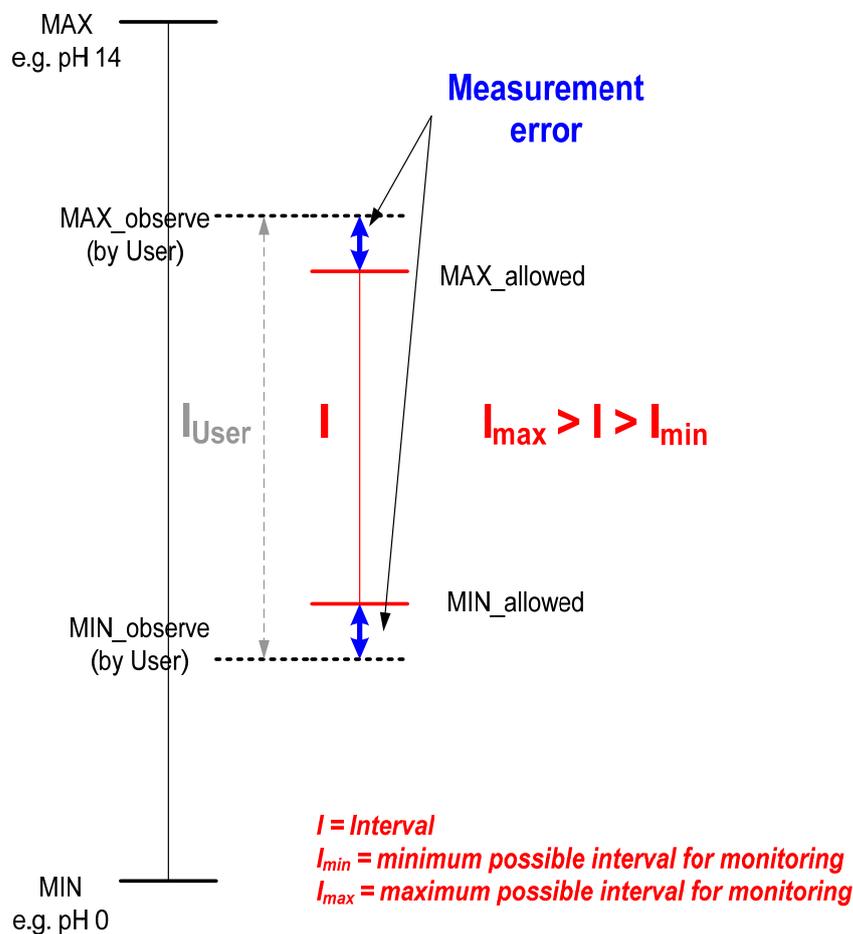
Beim Verlassen eines benutzerdefinierten pH-Intervalls $I = [M_{min}, M_{max}]$ liegt ein Fehlerstrom an.

Statt eines Intervalls kann auch nur ein oberer oder ein unterer Grenzwert definiert werden. In diesem Fall ist der andere Grenzwert dann gleich dem minimal (4,0 mA) oder maximal (20,0 mA) möglichen Messwert.

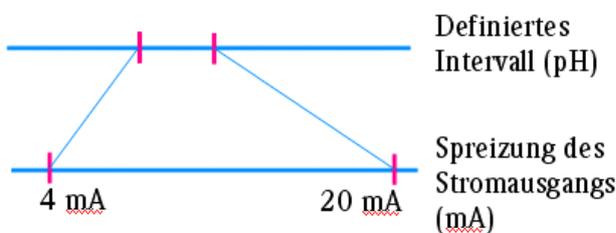
Der Wert von I_{min} in der Abbildung unten ist 0,0 pH. Der Wert von I_{max} beträgt 14,0 pH (0,0 pH bis 14,0 pH).

Version: 2.3		Seite: 13 von 72
------------------------	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



Das definierte Intervall I des überwachten Messwertes wird (im Hinblick auf die Genauigkeit) automatisch maximal gespreizt an die Stromausgänge übertragen, wobei ein unterer Grenzwert von 4 mA und ein oberer Grenzwert von 20 mA verwendet werden (siehe Abbildung unten).



Die Präzision hängt somit davon ab, wie die Stromausgangsspreizung konfiguriert ist.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

2.1.2 Sicherheitsfunktion 2 (SAF2) – Sichere Messung

Die Sicherheitsfunktion der Messkette besteht in der Ausgabe des pH-Wertes auf dem Stromausgang. Hierzu werden der mV- und der T-Wert vom Sensor mit einer vorgegebenen Präzision und Genauigkeit empfangen, der pH-Wert wird berechnet und schließlich in einen mA-Wert konvertiert, der dann an den Stromausgang ausgegeben wird.

Alle Fehler (Rundung, Berechnung, Konvertierung von pH in mA etc.), die vom Liquiline M CM42-Transmitter verursacht werden, können im Vergleich zu den Fehlern auf dem Stromausgang und den Sensorfehlern vollständig vernachlässigt werden.

Der mV-Wert des Memosens pH Glas-Sensors (über das Memosens-Protokoll an den Transmitter gemeldet) hat eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ mV, die Temperatur eine Abweichung von $\pm 0,01$ K, der pH-Wert $\pm 0,01$ pH, die Steilheit $\pm 0,001$ pH/mV und der Nullpunkt $\pm 0,001$ pH. Die Präzision aller Werte ist im Sicherheitshandbuch des Sensorkopfes KSG2 aufgeführt.

2.1.3 Präzision und Timing von SAF1 und SAF2

Bei allen hier genannten Informationen oder Ergebnissen gehen wir davon aus, dass Steilheit und Nullpunkt des Sensors korrekt sind.

Der Fehler des Liquiline M CM42-Transmitters am Stromausgang, der durch die Hardware verursacht wurde, liegt **unter $\pm 0,05$ mA** für den gesamten Bereich von 4-20 mA und alle zulässigen EMV/Umgebungsbedingungen. Informationen zur Abhängigkeit der Stromausgangsspreizung und der Präzision finden Sie in der Tabelle in Kapitel 2.2.

Geht man davon aus, dass die Steilheit, der Nullpunkt und der Temperaturversatz (= alle Sensorjustagewerte) fehlerfrei sind, dann erhält man folgende Ergebnisse:

Die Fehlergrenze für

- den Nullpunkt beträgt $\pm 0,001$ pH
(= die Genauigkeit der im Sensor gespeicherten Daten),
- die Steilheit bei 25 °C/77 °F beträgt $\pm 0,001$ pH/mV
(= die Genauigkeit der im Sensor gespeicherten Daten),
- den Spannungswert U des Sensors wird als DU bezeichnet
(= die Genauigkeit der gespeicherten Daten beträgt $\pm 0,1$ mV),
- den Temperaturwert T des Sensors wird als DT bezeichnet
(= die Genauigkeit der gespeicherten Daten beträgt $\pm 0,01$ K).

Alle Fehler, die auf die finite Genauigkeit der Werte zurückzuführen sind, können jederzeit vernachlässigt werden, da sie alle deutlich unter den Messfehlern liegen. Zudem können auch - wie bereits erwähnt - alle Rundungsfehler der Software vernachlässigt werden, da sie ebenfalls weit unter den Messfehlern liegen.

Version: 2.3			Seite: 15 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Somit wird die relative Fehlergrenze des berechneten pH-Wertes DpH nur durch die mit der Temperaturmessung und der Spannungsmessung zusammenhängenden Sensorfehler vorgegeben:

$$DpH / pH = DU / U + DT / T.$$

Für den Orbisint CPS11D (mit KSG2-SIL-Kopf) lauten die Werte z. B.:

$$DpH/pH = 1,1 \% + 0,3 \% = 1,4 \%$$

(für den Temperaturbereich von 0 °C/32 °F bis 60 °C/140 °F, siehe Sicherheitshandbuch zum Sensor). Das bedeutet:

$$DpH = 0,2 \text{ pH}$$

für den Temperaturbereich von 0 °C/32 °F bis 60 °C/140° F.

Umfassende detaillierte Ergebnisse zur vollständigen Messkette finden Sie in der nächsten Tabelle.

Die Zeit, während der eine Messung an den Stromausgängen sichtbar ist, beträgt im schlimmsten Fall (Worst-Case-Szenario) **5 Sekunden** (z. B. ein Wechsel von 4 mA auf 20 mA und Kommunikationsprobleme etc.).

Dieser Wert ist nur für den Transmitter gültig. Er enthält keine Verzögerungen, die durch das Kabel (praktisch Null beim Memosens-Kabel) oder den Sensor verursacht werden (ca. 1 s, siehe Sicherheitshandbuch zum Sensorkopf).

pH-Messkette von Endress+Hauser

Wenn Sie eine pH-Messkette von Endress+Hauser mit dem SIL Memosens CYK10 Kabel und dem Memosens pH-Glas-Sensor (mit KSG2-SIL-Kopf) verwenden, dann gelten folgende Zahlen für die gesamte pH-Messkette:

Die **Zeit**, während der eine Messung an den Stromausgängen sichtbar ist, beträgt im Worst-Case-Szenario **<6 s, den größten Teil der Zeit beträgt sie <2 s.**

Die **Präzision** hängt von der Temperatur und der Stromausgangsspreizung ab (zu den hier verwendeten Werten von 0,3 % und 4,0 %: siehe Tabelle und Beschreibung in Kapitel 2.2):

Version: 2.3		Seite: 16 von 72
------------------------	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Temperatur [°C]	Temperatur [°F]	Präzision in pH (= DpH)	Relativer Fehler auf dem Stromausgang bei einer Spreizung von 1 pH	Relativer Fehler auf dem Stromausgang bei einer Spreizung von 14 pH
-20 °C - 0 °C	-4 °F - 32 °F	±0,30	30 % + 4 % = 34 %	2,2%+0,3% = 2,5%
0 °C - 60 °C	32 °F - 140 °F	±0,20	20 % + 4 % = 24 %	1,5%+0,3% = 1,8%
60 °C - 90 °C	140 °F - 194 °F	±0,30	30 % + 4 % = 34 %	2,2%+0,3% = 2,5%
90 °C - 110 °C	194 °F - 230 °F	±0,40	40 % + 4 % = 44 %	2,9%+0,3% = 3,2%
110 °C - 125 °C	230 °F - 257 °F	±0,45	45 % + 4 % = 49 %	3,3%+0,3% = 3,6%

Diese Tabelle enthält alle Unsicherheiten (inklusive elektromagnetischer Störungen) mit Ausnahme der Präzision der Steilheit, des Nullpunktes und der Temperaturabweichung.

2.1.4 Sichere Kalibrierung und Abgleich (SAF3 und SAF4)

Die sichere Kalibrierung führt für die Kalibrierergebnisse eine sichere Justagesequenz, sichere Berechnungen und sichere Interaktionen mit dem Benutzer durch und nutzt dazu das Display des Gerätes.

Die Fehler aller Berechnungen im Transmitter, die für die Steilheit und den Nullpunkt des Sensors verwendet werden, sind vernachlässigbar, da sie deutlich unter der Genauigkeit liegen, mit der die Werte im Sensor gespeichert werden (Steilheit ±0,001 pH/mV und Nullpunkt ±0,001 pH). Dies gilt auch für die pH-Werte, die für die verwendeten pH-Puffer bei einer vorgegebenen Temperatur erforderlich sind.

Die sichere Justage speichert die Ergebnisse der Kalibrierung auf sichere Art im Sensor und interagiert dabei auf sichere Art mit dem Benutzer.

Die sicher kalibrierten und justierten Werte im Sensor können dann mittels SAF1 und/oder SAF2 für die SIL-Messung des pH-Wertes verwendet werden.

Beide Sicherheitsfunktionen können nur im SIL-Modus genutzt und auch nur im SIL-Messmodus gestartet werden. Zudem erfordern beide Sicherheitsfunktionen, dass der Benutzer verschiedene Prüfungen durchführt. Hierzu werden spezielle Anzeigen verwendet, um mit dem Benutzer auf sichere Art zu kommunizieren (siehe z. B. Kap. 4.4).

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

2.2 Sicherheitsbezogenes Signal und sicherer Zustand

Bei dem sicherheitsbezogenen Signal handelt es sich um die Analogausgabe (4 - 20 mA) auf **beiden** Stromausgängen. Es gibt keine anderen sicheren Ausgänge.

Der sichere Zustand wird wie folgt definiert:

- Absolut keine Stromabgabe (0 mA) oder
- Niedriger Fehlerstrom (3,6 mA) an einem der Ausgänge oder
- Hoher Fehlerstrom (>21,0 mA) an einem der Ausgänge

Die sicheren Signale müssen von einer angeschlossenen logischen PLS-Komponente verarbeitet werden.



Warum 2oo2 Voter?

Zwar wird der pH-Wert zum einen herkömmlich im Transmitter aus den vom Sensor gelieferten mV-Wert errechnet, unabhängig davon und parallel dazu errechnet aber auch der intelligente Sensorkopf den pH-Wert und gibt diesen als digitales Signal direkt auf den Stromausgang 2. Vom Sensorkopf bis zum Voter handelt es sich also um ein 2oo2-System, aber da die Quelle der Werte ein und dasselbe Sensor-Glaselement ist, ist die gesamte Messstelle als 1oo1 einzustufen (siehe auch Graphik in Kap. 1.1).

Bei dem Voter kann es sich um einen eigenständigen Voter handeln, der als Hardware und/oder Software ausgeführt ist, oder um einen Software-Voter, der in ein Steuerungssystem wie z. B. eine SPS integriert ist.

In jedem Fall muss das Signal von einem 2oo2-Voter unter Verwendung des folgenden Algorithmus entschieden werden:

- Wenn einer der Stromausgänge einen HI- oder LO-Fehlerstrom aufweist, muss ein Fehlerstrom angelegt werden.
- Wenn einer der Stromausgänge ein Signal unter 3,6 mA (z. B. 0 mA) liefert, muss ein Fehlerstrom angelegt werden.
- Wenn beide Stromausgänge **länger als 1 Sekunde mehr als ±0,04 pH voneinander abweichen**, muss ein Fehlerstrom angelegt werden.

Die zulässige Stromausgangsdifferenz hängt dann von der verwendeten Stromausgangsspreizung ab.

Beispiel: Für ein vorgegebenes Spreizungsintervall von 1 pH erhalten wir eine zulässige Differenz von $0,04 \text{ pH} \times 16 \text{ mA/pH} = 0,64 \text{ mA}$ (= 4,0 % der gesamten Spanne), für ein Intervall von 14 pH beträgt die zulässige Differenz $0,04 \text{ pH} \times 1,143 \text{ mA/pH} =$

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

0,04572 mA ($\approx 0,3\%$ der gesamten Spanne; aufgrund der vorgegebenen physischen Genauigkeit der Stromausgänge müssen Sie 0,05 verwenden).

Die genannte pH-Differenz bezieht sich ausschliesslich auf die Ungenauigkeit der beiden Wege, den pH-Wert zu ermitteln (Umrechnung im Transmitter und unabhängig davon direkt im Sensorkopf) bis zu den Stromausgängen am Gerät.

Somit ist hierbei nicht die anlagen-individuelle Leitungslänge und -qualität berücksichtigt. Dieser Einfluss muss noch als Fehlerquelle zu den $\pm 0,04$ pH hinzuaddiert werden.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Werte der verschiedenen Spreizungen.

Spreizung [pH]	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Zulässige Differenz [mA]	0,64 = 4 %	0,32	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09
Spreizung [pH]	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
Zulässige Differenz [mA]	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05 $\approx 0,3\%$

Das Gerät verlässt den sicheren Zustand, sobald es neu gestartet wird. Wenn das Gerät korrekt gebootet wurde und einen Sensor erkannt hat, dann bedeutet das, dass alle Selbsttests beim Hochfahren erfolgreich ausgeführt wurden. Das Gerät wechselt nach einem Neustart nicht automatisch in den sicheren SIL-Modus, selbst dann nicht, wenn es vor dem Zurücksetzen korrekt im SIL-Modus gearbeitet hat, z. B. nach einem Stromausfall.

Hinweis!

Nachdem der sichere Zustand von der Logikkomponente des PLS erkannt wurde, muss das CM42 manuell wieder in den sicheren SIL-Modus geschaltet werden. Dies ist notwendig, da die Logikkomponente nicht weiß, ob der Transmitter "repariert" wurde, nachdem an der Logikkomponente der sichere Zustand erreicht wurde. Die Logikkomponente erkennt lediglich einen Messwert, nachdem der Fehlerstrom mindestens 4 s lang angelegen hat.

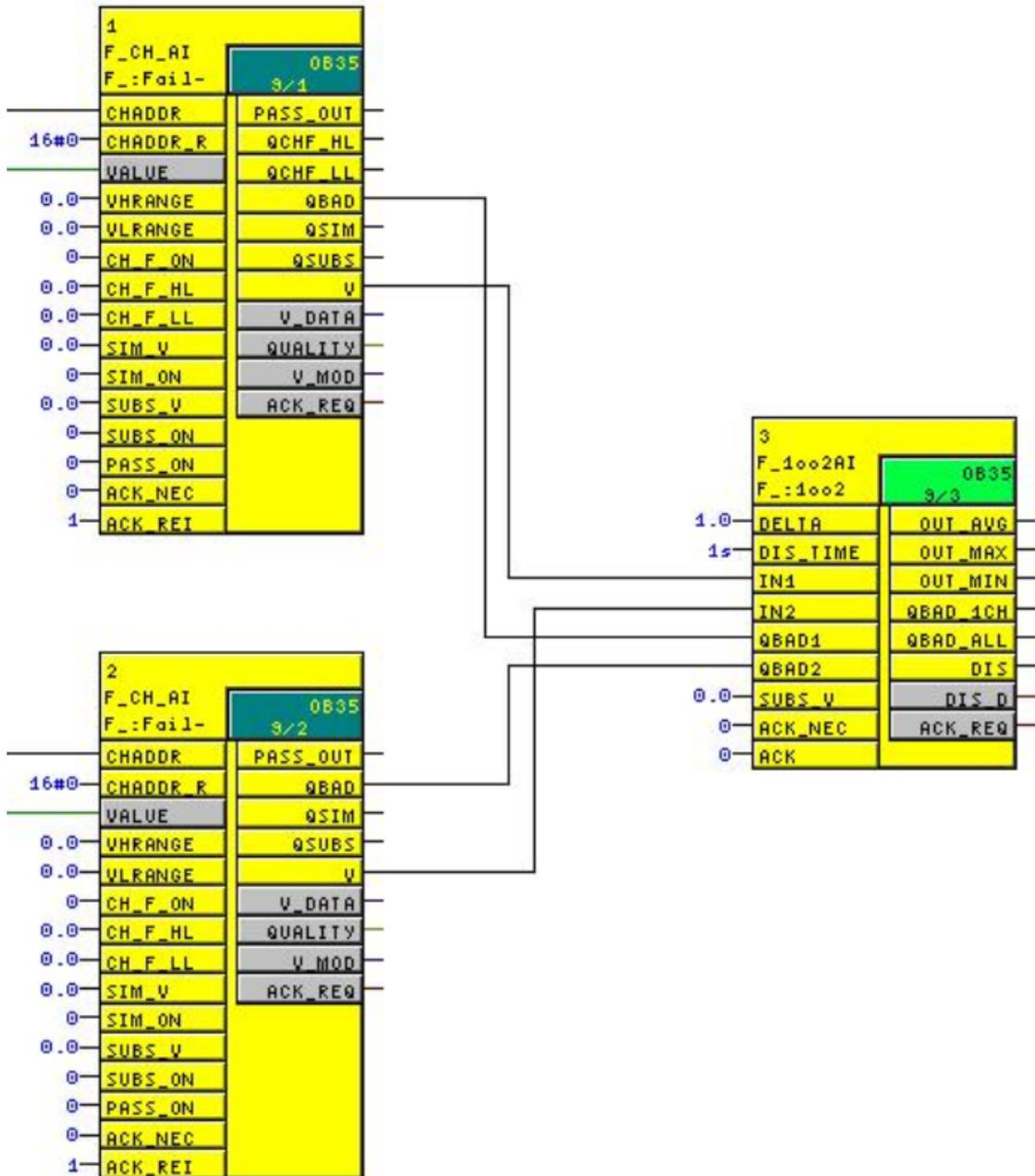
Beispiel für einen in einem PLS als Funktionsblock realisierten Voter

Version:			Seite:
2.3			19 von 72

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Dies ist der sichere Funktionsblock F_1oo2AI einer Siemens-SPS:

Dieser Funktionsblock prüft, ob gültige Eingänge vorliegen, vergleicht die beiden Eingänge mit einer konfigurierten Delta-Toleranz und prüft, ob eine Diskrepanzzeit vorliegt. Nähere Informationen hierzu finden Sie in den Handbüchern zum verwendeten PCS. Die zulässige Abweichung ist eingestellt auf "DELTA" = 1 mA und "DIS_TIME" = 1 s.



2.3 Beschränkungen hinsichtlich der Verwendung in sicherheitsgerichteten Anwendungen

Die vorgegebenen Umgebungsbedingungen sind jederzeit einzuhalten. Alle Hinweise in der Betriebsanleitung und in der Einbauanleitung zum CM42 (siehe Kapitel 1.4) sind einzuhalten.

Weitere obligatorische Beschränkungen, die bei der Verwendung in sicherheitsbezogenen Anwendungen gelten:

- Einbau, Inbetriebnahme, Bedienung und Instandhaltung des Sicherheitsmesssystems dürfen nur von entsprechend qualifiziertem technischem Personal durchgeführt werden. Das technische Personal muss vom Betreiber/Bediener zur Durchführung der Aufgaben am sicherheitsrelevanten System autorisiert sein.
- Verwendung des Gerätes bei einer maximalen durchschnittlichen Umgebungstemperatur von 60 °C/140 °F (die Berechnung der Ausfallraten basiert auf dieser Annahme). Bitte beachten Sie die Temperatureinschränkungen für Ex-Geräte!
- Es muss überprüft werden, dass jederzeit ein SIL-fähiges Kabel verwendet wird (z. B. CYK10 SIL - das Typenschild muss das SIL- und das TÜV-Logo aufweisen). Dies kann nicht vom Transmitter oder Sensor im Betrieb überprüft werden.
- Vor Betriebsbeginn muss überprüft werden, ob sich in der Nähe des Transmitters oder Sensorkopfes Metallmassen befinden, die die induktive Übertragung des Kabels und des Transmitters beeinflussen können.
- Der Einsatz des Systems in einer radioaktiven Umgebung (ausgenommen natürliche Radioaktivität) ist unzulässig.
- In der Nachbarschaft des Gerätes dürfen keine starken magnetischen Felder bestehen.
- Das Gerät muss vor Blitzen oder starken elektromagnetischen Störungen geschützt werden.
- Vor Aufnahme des Betriebs müssen die Anschlüsse des Kabels am Transmitter und Sensor sorgfältig überprüft werden.
- Der Anschluss des Memosens-Kabels am Transmitter muss sorgfältig überprüft werden; siehe hierzu die Einbauanleitung zum CM42.
- Die Umgebungsbedingungen gemäß IEC 61326-3-2 sind einzuhalten.
- Der Voter und seine Konfiguration müssen überprüft werden, bevor der Betrieb aufgenommen wird. Es ist ein 2oo2-Voter zu verwenden.
- Am Transmitter ist ein geschirmter Steckverbinder zu verwenden. Auf beiden Seiten sind geschirmte Zwei-Leiter-Kabel zu verwenden ("harte Erdung").
- Bitte überprüfen Sie die Polarität der Anschlüsse sorgfältig.
- Für das Edelstahlgehäuse muss die Funktionserde verwendet werden.

Version:			Seite:
2.3			21 von 72

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

- Das Display ist NICHT sicher, selbst im SIL-Modus nicht.
- Bei Einsatz im Freien ist das Wetterschutzdach zu verwenden.
Grund: Bei einer Temperatur > 55°C kann die Messung nicht mehr in der für SIL angebrachten Verlässlichkeit garantiert werden. Ein Wetterschutzdach ermöglicht den Einsatz des CM42 SIL in vielen Regionen auch unter Sonneneinstrahlung.
- Der Umgebungsdruck ist anhand der Werte in der Betriebsanleitung zu überprüfen. Das Gerät darf nicht eingesetzt werden, wenn der Druck außerhalb der zulässigen Bereiche liegt.
- Wird ein anderer SIL-Sensor statt der Endress+Hauser-Sensoren verwendet, muss der Hersteller Ihnen bestätigen, dass der Sensor exakt die gleichen pH-Wert-Berechnungen anwendet wie der Endress+Hauser-Sensor. Sollte dies nicht der Fall sein, können sich die beiden Stromausgänge systematisch unterscheiden. Der Voter erkennt diesen Unterschied und wechselt in den sicheren Zustand. Um sicher zu sein, fragen Sie bitte bei Endress+Hauser nach, ob der Sensor sicher mit dem Liquiline CM42-Transmitter zu verwenden ist.
- Der verwendete Glas-Sensor darf nicht älter als 3 Jahre sein, gerechnet ab dem Tag der Produktion. Der Liquiline M CM42-Transmitter überprüft dies. Grund: Die Messqualität älterer Sensoren entspricht nicht den Anforderungen an eine sicherheitsgerichtete Messstelle. Solange der SIL-Modus nach Ablauf der 3 Jahre nicht verlassen wird, kann die Messung trotzdem weiterlaufen.
- Lagertemperatur: siehe Betriebsanleitung.
- Umgebungstemperatur für ATEX II (1) 2G: -20 °C/-4° F bis 50 °C/122 °F (T6) bzw. bis 55°/131°F (T4)
- Die LED auf dem Display dient niemals dazu, einen relevanten Zustand des Systems anzuzeigen. Sie ist nicht Teil der Sicherheitskette und ist daher deaktiviert.
- Im SIL-Modus dürfen DAT-Module aus Sicherheitsgründen nicht stecken, sondern sind abzuziehen. Die Software des Transmitters überprüft dies (auch im **Labor-Modus!**).
- Im SIL-Modus wird die Serviceschnittstelle (CDI) aus Sicherheitsgründen aus- und beim Verlassen des SIL-Modus wieder eingeschaltet. Sie dient dem Servicepersonal von Endress+Hauser zur Systemdiagnose. Sie ist nicht zur Verwendung unter anderen Umständen gedacht.
Aus diesem Grund kann Memobase nicht mit Geräten im SIL-Modus verwendet werden. Aber Sie können weiterhin mithilfe von Memobase nicht sichere Kalibrierungen im "Klassik"-Modus durchführen und diese Sensoren für SIL-Messungen verwenden.
- Für (sichere) Kalibrierungen/Justagen im Labor ist ein SIL-Transmitter, z.B. Liquiline M CM42 SIL, erforderlich. Nach der Kalibrierung mit Justage können die Daten von Memobase Plus CYZ71D ausgelesen und in der DB gespeichert werden.

Version: 2.3			Seite: 22 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

- Um die Einstellungen (Parametrierung und deren Werte) des verwendeten Transmitters zu speichern, können Sie ein Copy-DAT CY42-C1 nutzen (siehe Betriebsanleitung).
- Das System erfordert 15,5 V, um alle Fehlerströme (LO und HI) und alle Messwerte auszugeben. Unter 9 V kann das System nicht gewährleisten, dass ein Fehlerstrom an den Ausgängen anliegt. Zwischen 9 V und 15,5 V ist das System immer in der Lage, den HI-Fehlerstrom auszugeben, nicht jedoch den LO-Fehlerstrom.

Spannungsüberwachung:

(Folgende Aussagen können für eine FMEDA der vollständigen Sicherheitsfunktion inklusive SPS etc. verwendet werden.)

- Wenn Sie den LO-Fehlerstrom verwenden, müssen Sie eine Spannungsüberwachung an beiden Ausgängen einsetzen und das System in einen sicheren Zustand überführen, sobald die Spannung unter 15,5 V fällt.
- Bei der Spannungsüberwachung geht es um die permanente Überprüfung der Versorgungsspannung, die aus dem Leitsystem kommt. Diese muss > 15,5 V betragen, ansonsten wird ein Alarm ausgelöst.
- Wenn Sie den HI-Fehlerstrom verwenden, müssen Sie eine Spannungsüberwachung an Stromausgang 2 einsetzen und das System in einen sicheren Zustand überführen, wenn die Spannung unter 9 V fällt. Stromausgang 1 wird vom Liquiline M CM42-System überwacht und zurückgesetzt, wenn die Spannung an Ausgang 1 unter 9 V fällt.
- Wir **empfehlen die Verwendung von zwei unabhängigen Spannungsversorgungen** für die beiden Stromschleifen. Auf diese Weise führen alle Fehler zu einem sicheren Zustand, es sei denn, die Spannungsversorgung an Stromausgang 2 weist einen Fehler auf, und es liegt ein Fehlerstrom an Stromausgang 2 oder ein Messsignal (4 - 20 mA) an beiden Ausgängen an. In diesen beiden Fällen erkennt der Voter den Fehler mit einem Diagnosedeckungsgrad (Diagnostic Coverage, DC) von 90 %.
- Wenn Sie nur eine Spannungsversorgung für beide Stromausgänge verwenden, gilt Folgendes:
Wenn in der Spannungsversorgung ein Fehler vorliegt, erkennt der Voter alle Spannungsfehler mit einem Diagnosedeckungsgrad (Diagnostic Coverage, DC) von 60 %.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über den Gerätestatus im SIL-Modus:

Version:			Seite:
2.3			23 von 72

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit

für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Gerätestatus	Statuszeile im CM42	Stromausgang 1	Stromausgang 2	Leitsystem	SIL-Modus
Sichere Messung	 	pH-Wert	Wie Stromausgang 1, da SIL-Mode aktiv	Messwert ODER Fehlerstrom, wenn Voter einen Fehler detektiert!	ein
Sichere Kalibrierung / Justage	 	pH-Wert	Wie Stromausgang 1, da SIL-Mode aktiv	Messwert Kein HOLD im SIL-Modus!! (aus Sicherheitsgründen)	ein
Änderung von Einstellungen im SIL-Modus		SETUP – beliebiger Menüpunkt Aus Sicherheitsgründen sind Einstellungen im SIL-Modus sichtbar, aber nicht veränderbar			ein
Simulation		DIAG – Service – Simulation Aus Sicherheitsgründen nicht verfügbar im SIL-Modus			ein
Sensorwechsel (Menüpunkt nicht sichtbar im SIL-Modus) Sensor wechseln: einfach abstecken	 	Fehlerstrom	Wie Stromausgang 1, da SIL-Mode aktiv	Fehlerstrom: Kein HOLD im SIL-Modus!! (aus Sicherheitsgründen)	ein
Aktivieren des SIL-Modus ODER Kalib./Just. beendet OR Fehler detektiert	 	Fehlerstrom	Wie Stromausgang 1, da SIL-Mode aktiv	Fehlerstrom: Zurück zur sicheren Messung durch Aktivierung des SIL-Messmodus (SETUP – Functional safety – SIL meas mode...).	ein

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

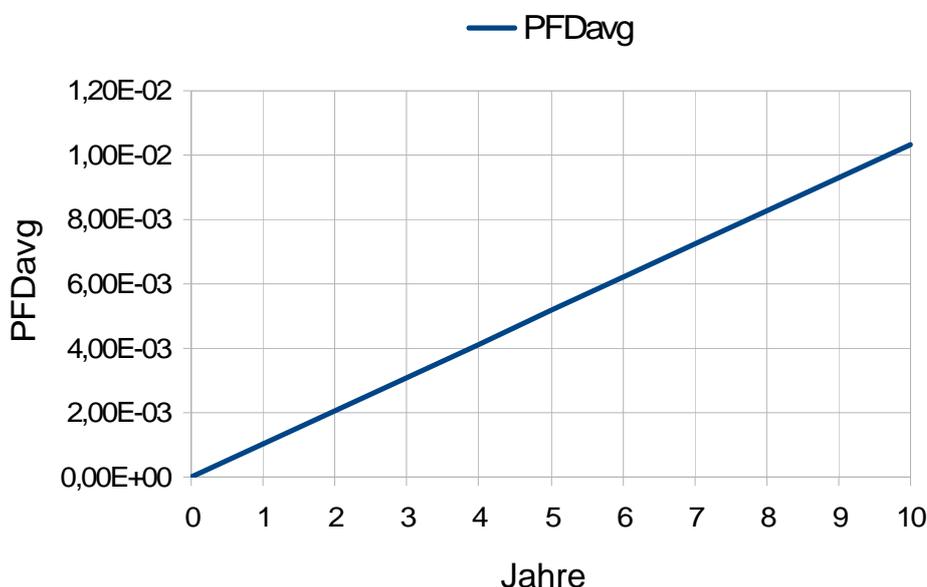
Parameter der funktionalen Sicherheit

Spezifische Parameter der funktionalen Sicherheit für den einkanaligen Gerätebetrieb:

Parameter gemäß IEC 61508	Liquiline M CM42, Memosens
Sicherheitsfunktion	1: pH-Grenzwertüberwachung 2: Messung des pH-Wertes 3 und 4: Sichere Kalibrierung/Justage
SIL	Hardware: 2, Software: 3 in homogener Redundanz: 3
HFT	0
Gerätetyp	B
Betriebsart	Low demand mode
SFF	94,8 %
MTTR (zur Berechnung von PFD verwendet)	8 h
T ₁ (Prüfintervall)	Empfohlen: 1 Jahr (siehe Diagramm)
λ _{SD}	688 FIT
λ _{SU}	947 FIT
λ _{DD}	2667 FIT
λ _{DU}	236 FIT
λ _{Total} ^{*1}	4549 FIT
PFD _{avg} (für T ₁ = 1 Jahr) ^{*4}	1,03 × 10 ⁻³
PFH	2,36 × 10 ⁻⁷
MTBF / MTBF _{DU} ^{*1}	25 Jahre / 483 Jahre
Diagnose-Prüfintervall ^{*2}	< 60 min (ohne RAM-Test: <10 min)
Fehlerreaktionszeit ^{*3}	< 1 s
DC _D (Diagnostic Coverage Dangerous; Diag-deckungsgrad für gefährliche Ausfälle)	92 %

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

- *1 Gemäß Siemens SN29500 bei 60 °C/140 °F. MTBF berechnet als reziproker Wert von PFH/ λ_{Total} , ausgehend von einer konstanten Ausfallrate.
- *2 Während dieser Zeit werden alle Diagnosefunktionen mindestens einmal vollständig ausgeführt.
- *3 Zeit zwischen Erkennung eines Ausfalls und Reaktion auf den Ausfall (hier handelt es sich um den Fehlerstrom).
- *4 Natürlich können Sie andere (z. B. längere) Prüfintervalle festlegen. Wählen Sie mithilfe des folgenden Diagramms ein Intervall, das für Ihre Anwendung geeignet ist.



Das Prüfintervall hängt von PFD_{avg} für den 1oo1D-Aufbau des Transmitters ab.
Jahre = Beispiele für Prüfintervalle

Hinweis!

Diese Werte enthalten KEINE PFD_{avg}/SFF-Werte für den verwendeten Voter und die externen Spannungsversorgungen oder externen Spannungsüberwachungen.

Hinweis!

Zur Berechnung von PFD_{avg} wurde ein Markov-Modell für ein 1oo1D-System verwendet.

Version: 2.3		Seite: 26 von 72
------------------------	--	----------------------------

**Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL**

Gefährliche unerkannte Ausfälle in diesem Szenario:

Ein gefährlicher unerkannter Ausfall wird als ein falsches Messsignal auf den Stromausgängen im Bereich von 4 - 20 mA definiert, wobei ein falscher Messwert ein Wert ist, der um mehr als die vorgegebene Präzision (siehe Kapitel 2.1.3) vom realen Messwert abweicht.

Einige gefährliche unerkannte Ausfälle können vom Voter festgestellt werden - allerdings nicht alle. In diesen Fällen zeigt der Transmitter weder eine Fehlermeldung noch ein ungewöhnliches Verhalten.

Nutzungsdauer von elektronischen Komponenten:

Die zugrunde liegenden Ausfallraten gelten für die Nutzungsdauer gemäß IEC 61508-2 Clause 7.4.7.4 Note 3 [IEC61508:2000] oder Clause 7.4.9.5 Note 3 [IEC61508:2010]. Andere Erfahrungswerte aus einem früheren Einsatz in einer ähnlichen Umgebung können ebenfalls verwendet werden.

Es wird davon ausgegangen, dass frühe Ausfälle während der Fertigungsprüfung und Einbauphase zu einem hohen Prozentsatz erkannt werden und daher die Annahme einer konstanten Ausfallrate während der Nutzungsdauer gültig ist.

Gemäß IEC 61508-2 Abschnitt 7.4.7.4 sollte von einer Nutzungsdauer basierend auf Erfahrungswerten ausgegangen werden.

Hinweis!

Der sichere Betrieb des Gerätes erfordert einen korrekten Einbau gemäß Kapitel 2.3.

2.4 Verhalten des Gerätes im Betrieb und bei Ausfällen

2.4.1 Verhalten des Gerätes nach dem Einschalten

Beim Starten des Gerätes dauert das Laden der Software ca. 40 - 60 s. Sicherheitsbezogene interne Tests werden durchgeführt. Während dieser Zeit liegt am Stromausgang ein **HI-Fehlerstrom** an.

Die Spannungsversorgung zum Memosens-Kabel und Memosens-Sensor wird erst nach der Boot-Phase eingeschaltet.

2.4.2 Verhalten des Gerätes bei Anforderung

Wenn ein interner Fehler erkannt wird, wechselt das Gerät innerhalb der Fehler-Reaktionszeit in den sicheren Zustand (siehe Kapitel 2.2).

Version: 2.3		Seite: 27 von 72
------------------------	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Erreicht das Gerät den **aktiven sicheren Zustand**, dann wird der SIL-Messmodus verlassen, während der SIL-Modus weiterhin aktiv bleibt. Daher ist das SIL-Symbol weiterhin in der Statuszeile zu sehen.

Erreicht das Gerät den **passiven sicheren Zustand**, dann stoppt das System vollständig und zeigt verschiedene Informationen an. Sie müssen das System nun erneut einschalten, um es wieder ans Laufen zu bringen. Aber beachten Sie bitte, dass ein passiver sicherer Zustand auf ein ernstes Problem im System hinweist.

Im passiven sicheren Zustand zeigt das Display Folgendes an:



Bitte verwenden Sie diese Informationen für Ihre eventuelle Meldung an den E+H-Service.

Wenn der RAM- oder ROM/Flash-Test einen Fehler erkennt, stellt das System die Arbeit ein und legt die Fehlerströme an, ohne dass irgendwelche Informationen im Display ausgegeben werden (passiver sicherer Zustand).

2.4.3 Verhalten des Gerätes bei Alarmen und Warnungen

Fehlerstrom

Bei Alarmstrom kann es sich wahlweise um einen **LO- oder HI-Fehlerstrom** handeln. Die Mehrzahl der internen Fehler wird jedoch mithilfe des HI-Fehlerstroms signalisiert. Zu diesem Zweck muss die Logikkomponente beide Fälle bearbeiten können: LO- und HI-Fehlerströme.

Warnungen

siehe Betriebsanleitung zum Transmitter.

Version: 2.3			Seite: 28 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit

für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Resets

Das System wird nur dann zurückgesetzt, wenn der Watchdog des Systems automatisch aktiviert wird oder das System einen Stromausfall erkennt (oder das System physisch zurückgesetzt oder heruntergefahren wird).

3 Einbau

3.1 Montage, Verdrahtung und Inbetriebnahme

Montage, Verdrahtung und Inbetriebnahme des Gerätes werden in der Betriebsanleitung und der TI zum Gerät beschrieben (siehe Kapitel 1.4).

Alle Hinweise in Kapitel 2.3 sind einzuhalten.

3.2 Einbaulage

Abgesehen von den Beschränkungen, die in Kapitel 2.3, in der Dokumentation (siehe Kapitel 1.4) und im Installationshandbuch aufgeführt sind, bestehen keine weiteren Beschränkungen hinsichtlich der Einbaulage des Gerätes.

4 Bedienung

Alle in diesem Kapitel abgebildeten Screenshots stammen aus einer englischen Version des Liquiline M CM42. Abhängig von der von Ihnen verwendeten Sprache können die Anzeigen etwas hiervon abweichen.

4.1 Grundlagen sicherheitsrelevanter Vorgänge

Für alle sicherheitsrelevanten Vorgänge gilt: Das SETUP-Menü verfügt über eine zusätzliche Option mit der Bezeichnung "Functional safety". Diese Option ist für praktisch alle sicherheitsrelevanten Vorgänge zu verwenden.

Um in den SIL-Modus wechseln bzw. ihn verlassen zu können, muss die Benutzerverwaltung (User Management) eingeschaltet sein. Zudem benötigen Sie ein Expertenpasswort, das nicht "0000" lautet. Nähere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch zum Liquiline M Transmitter.

Die SIL-Software des CM42 unterscheidet sich im SIL-Modus etwas von der Standardsoftware ("Klassik"-Modus): Aus Sicherheitsgründen ist die einzig mögliche Kalibrierung eine 2-Punkt-pH-Kalibrierung, die nur mithilfe der E+H-Pufferlösungen pH 7,00 und pH 4,00 (nur exakt in dieser Reihenfolge) und unter Verwendung der automatischen Temperaturkompensation durchgeführt werden kann. Die einzig mögliche Temperaturkalibrierung ist eine 1-Punkt-Kalibrierung.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

4.2 Kalibrieren der Messstelle

Es ist keine Kalibrierung des Transmitters erforderlich; die Kalibrierung des verwendeten Sensors ist hingegen obligatorisch. Nähere Informationen hierzu finden Sie in Teil 2 der Betriebsanleitung zum Liquiline M CM42 und in Kapitel 4.7.1.

4.3 Vorgehensweise zur Geräteparametrierung

Die herkömmliche Parametrierung wird in der Standarddokumentation beschrieben (siehe Kapitel 1.4). Für den SIL Messmodus zwingend erforderliche Einstellungen sind auf der übernächsten Seite aufgelistet.

4.4 Verwendung von SIL- und "Klassik"-Modus - Wechsel in den SIL-Modus

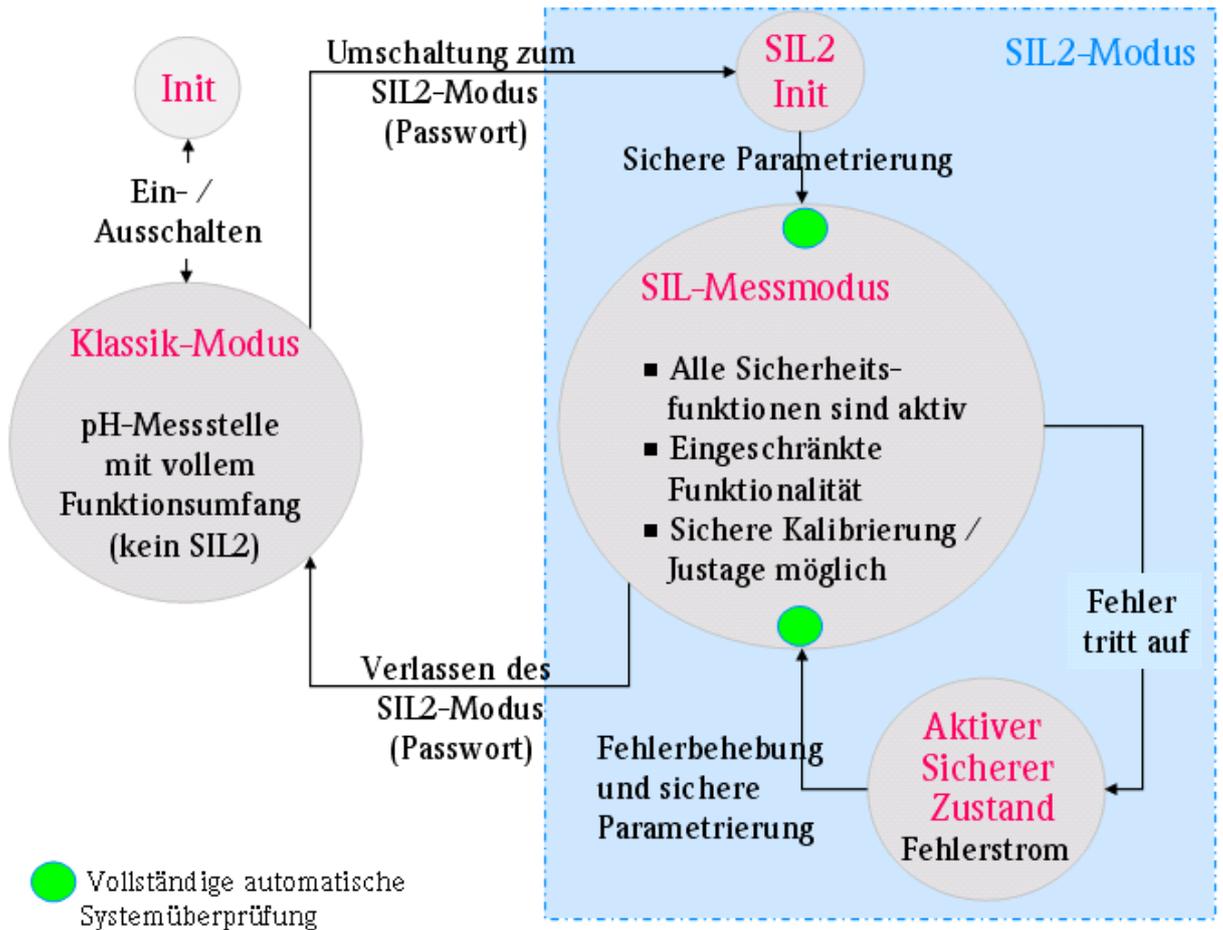
Der "Klassik"-Modus ist der Standardmodus, in dem sich das Gerät nach dem Einschalten oder einem Reset befindet. Hierbei handelt es sich um den nicht sicheren Modus des "traditionellen" Liquiline M CM42. Nur in diesem Modus ist eine Änderung der Parametereinstellungen möglich. Der SIL-Modus ist die Betriebsart für die Sicherheitsfunktionen. Nur im SIL-Modus kann das System als sicher betrachtet werden.

Beim Umschalten des Modus werden Sie immer über eine spezielle Anzeige zur Eingabe eines Expertenpasswortes aufgefordert.

Die folgende Graphik stellt die verschiedenen Modi und deren Funktionalitäten dar:

Version:			Seite:
2.3			30 von 72

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



SIL-Modus aufrufen:

Nach der Passwortbestätigung leitet die Software Sie an, den oberen und unteren Stromausgangswert in [pH] und die pH-Änderungsrate in [pH/s] zu überprüfen und zu bestätigen. Diese Werte werden dreimal an beliebigen Positionen angezeigt, um den Einfluss möglicher Anzeigefehler zu vermeiden.

Drücken Sie den Softkey "Yes" zur Bestätigung bzw. den Softkey "No", falls die Werte nicht korrekt zu sein scheinen. Der Softkey "Yes" befindet sich immer an einer beliebigen Stelle.

Der SIL-Modus ist nun aktiv, und das SIL-Symbol erscheint in der Statuszeile:



Beide Stromausgänge zeigen jetzt einen HI-Fehlerstrom an, bis Sie in den SIL-Messmodus wechseln!

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

SIL-Modus verlassen:

Nachdem Sie diese Option über das Menü Setup - Functional Safety ausgewählt haben, brauchen Sie nur das Passwort einzugeben, um den SIL-Modus zu verlassen (SIL-Symbol wird ausgeblendet). Bitte beachten Sie, dass der **Fehlerstrom mindestens 4 s lang an den Stromausgängen anliegt**. Nach dieser Zeit ist der "Klassik"-Modus für beide Stromausgänge zuständig, und die **Ausgänge sind nicht länger sicher!**

Der SIL-Modus erfordert bestimmte Einstellungen, die vorgenommen werden müssen, falls der Bediener die Standardeinstellungen geändert hat. Wird eine der für den SIL-Messmodus relevanten Bedingungen nicht erfüllt, weist Sie ein Popup-Fenster darauf hin.

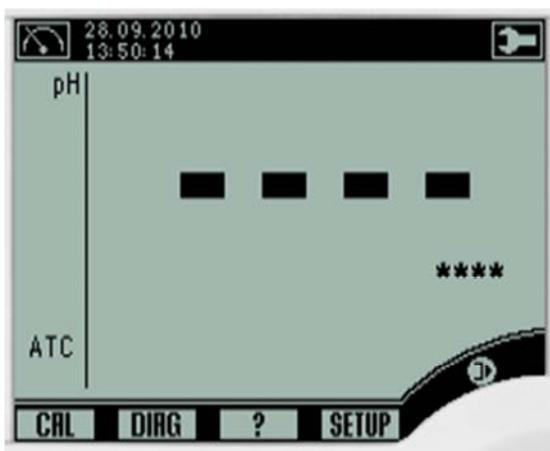
Einstellungen, um in den SIL-Modus wechseln zu können:

pH-Versatz	0
MEAS-Temperaturkompensationsmodus	ATC
CAL-Temperaturkompensationsmodus	ATC
CAL-Puffererkennung	fest
Hersteller der Pufferlösung	E+H
Sensordiagnose	ein
2-Punkt-Kalibrierung	ein
Fehler 011	F
Fehler 012	F
Fehler 377	F
Stromausgang 1	Hauptwert
Stromausgang 2	Hauptwert
Fehlerstrom	21,5 mA
Simulation Stromausgang 1	aus
Simulation Stromausgang 2	aus
CAL Hold	aus
SETUP Hold	aus
DIAG Hold	aus
Protokolle	ein
Laborgerät	aus
Korrekte Hardware- und Software-Version	siehe Kapitel 1.3
Unterer Grenzwert Stromausgang 1 und 2	identisch
Oberer Grenzwert Stromausgang 1 und 2	identisch

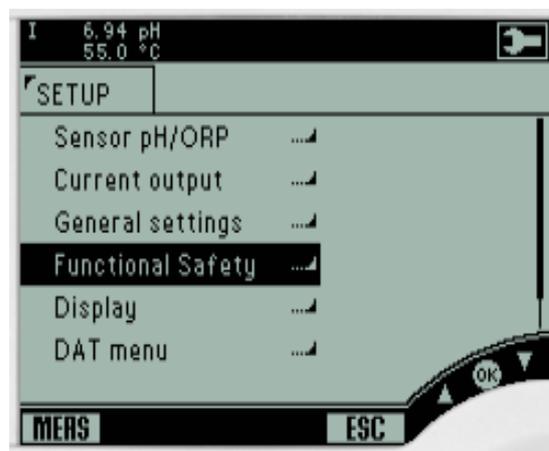
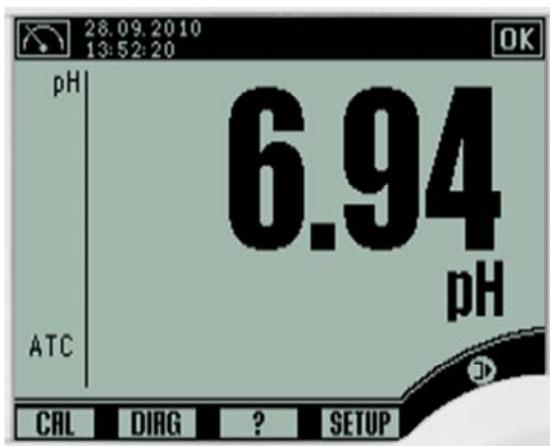
Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Der schnellste Weg, um die für den SIL-Modus erforderlichen Standardeinstellungen vorzunehmen: Verwenden Sie die Werkseinstellungen (DIAG - Service - Werksdefault).

Die folgenden Screenshots zeigen Ihnen die Displayanzeige zur Einschalten des SIL-Modus. Wenn Sie mit der Arbeit beginnen, ist zunächst wahrscheinlich kein Sensor angeschlossen:



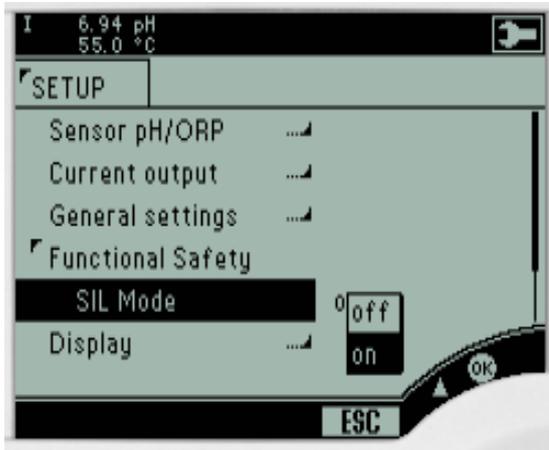
Nachdem Sie den Sensor angeschlossen haben und der Sensor vom Gerät erkannt und die erste Messung vorgenommen wurde, sehen Sie folgende Anzeigen:



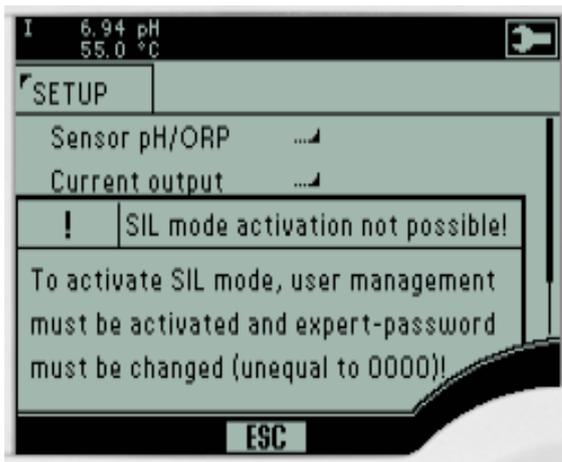
Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
 für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.



Diese Anzeige erhalten Sie, wenn die Parameter für den SIL-Modus nicht alle korrekt eingegeben wurden:

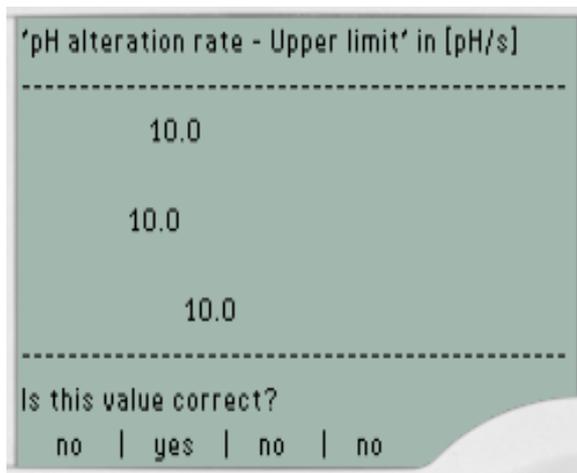
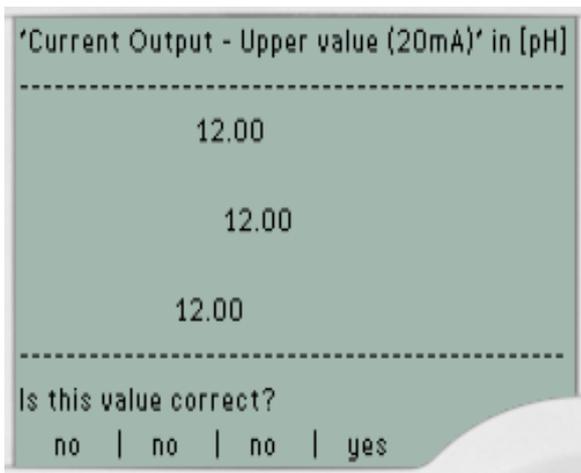
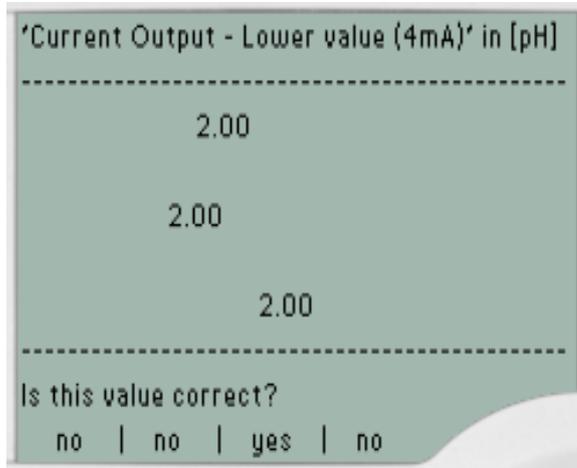
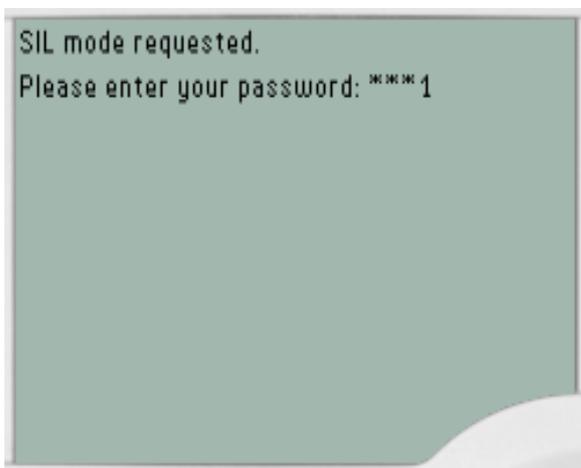


Wurden alle Parameter korrekt eingegeben, sehen Sie die Anzeige zur Eingabe des Expertenpasswortes.

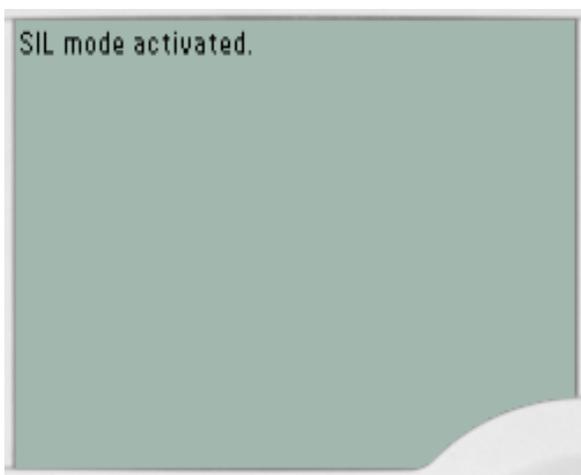
Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.



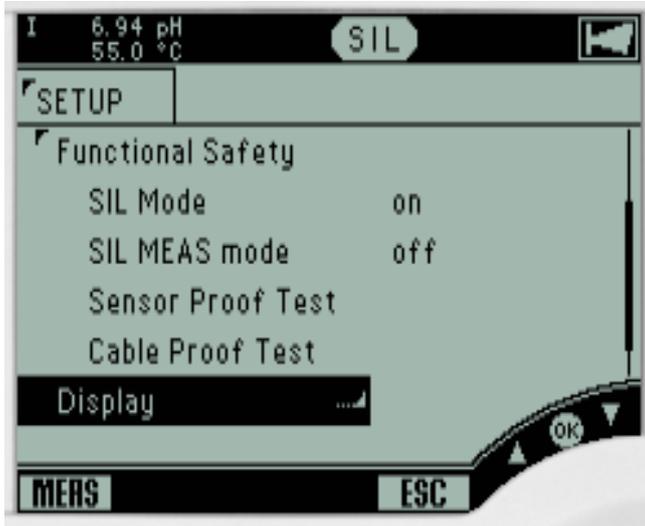
Bitte stellen Sie eine für die Zielapplikation sinnvolle pH-Änderungsrate ein!



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Nun sieht das Menü wie folgt aus:



4.5 SIL-Modus - aktiver sicherer Zustand

Dieser Modus zeigt immer den Grund für seine Aktivierung an. Er wird als Hexadezimalzahl ausgegeben und sieht wie folgt aus:



In diesem Beispiel lautet der Grund 00000003, was bedeutet: "Der Benutzer hat den SIL-Messmodus explizit deaktiviert (über einen sicheren Abgleich)".

Die nachfolgende Tabelle führt die möglichen Gründe für einen Wechsel in den aktiven sicheren Zustand und ihre jeweilige Bedeutung auf (zu jedem Grund wird kurz erläutert, wie zu verfahren ist, wenn dieser Diagnosecode angezeigt wird):

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.

Version:			Seite:
2.3			36 von 72

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Dezimalzahl	Hexadezimalzahl in der Anzeige	Grund (→ vorgeschlagene Maßnahme)
0	00000000	Kein Fehler. Möglicherweise nur in den SIL-Modus gewechselt.
2	00000002	Benutzer hat den SIL-Messmodus explizit deaktiviert (über eine sichere Kalibrierung)
3	00000003	Benutzer hat den SIL-Messmodus explizit deaktiviert (über einen sicheren Abgleich)
4	00000004	Physischer Sensor hat internen Fehler gemeldet. → Sensor ab- und anstecken, ggf. austauschen
5	00000005	Überprüfung hat Grenzwertüberschreitung ergeben. → Sensor austauschen
6	00000006	Statusfehlerbits des Sensors gesetzt. → Sensor austauschen
7	00000007	Differenz zwischen pH-Wert des Sensors und des Transmitters. → Versuchen, den Sensor auszutauschen
8	00000008	Sensor sendet Messwerte zu schnell oder zu oft. → Sensor austauschen
9	00000009	Sensor sendet Messwerte zu langsam oder zu selten. → Sensor austauschen
10	0000000a	Sensor aktualisiert Messwerte zu schnell oder zu oft. → Versuchen, den Sensor auszutauschen
11	0000000b	Sensor aktualisiert Messwerte zu langsam oder zu selten. → Versuchen, den Sensor auszutauschen
12	0000000c	Sprung im Sensorsequenzzähler festgestellt. → Versuchen, den Sensor auszutauschen
13	0000000d	pH-Änderungsrate höher als physisch möglich. → Versuchen, den Sensor auszutauschen
14	0000000e	pH-Änderungsrate höher als der benutzerdefinierte Grenzwert. → Versuchen, den Sensor auszutauschen
15	0000000f	Timing- Fehler: pH-Wert zu alt. → Versuchen, den Sensor auszutauschen

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

16	0000010	pH-Wert überschreitet pH-Grenzwerte. → Versuchen, den Sensor auszutauschen
17	0000011	Stromausgang hat ungültige Anforderung festgestellt. → E+H-Service kontaktieren.
18	0000012	Reaktionen auf Stromausgangsmodul kommen zu langsam/zu selten. → E+H-Service kontaktieren.
19	0000013	SIL-Messmodus abgebrochen, weil "Klassik"-Fehler aktiv (falls vom Benutzer konfiguriert). → Weitere Maßnahmen: siehe Diagnoseinformationen (DIAG)
20	0000014	DAT-Modul im SIL-Modus entdeckt. → DAT-Modul aus dem System entfernen

4.6 Wechsel in den SIL-Messmodus

Nach dem Wechsel in den SIL-Modus erschien im Menü "Functional Safety" direkt unter "SIL Mode" die Option "SIL MEAS mode". Um den Betriebsartenwechsel vornehmen zu können, muss ein SIL-Sensor angeschlossen sein.

Bitte schalten Sie den SIL-Messmodus ein, und **überprüfen und bestätigen Sie die Werte der letzten Sensorkalibrierung** (Nullpunkt, Steilheit und Sensortemperaturjustierung). **Diese Werte müssen während der Kalibrierung/des Abgleichs dokumentiert und mit den hier genannten Werten verglichen werden.** Die Software selbst hat keine Möglichkeit, die Werte auf Korrektheit zu prüfen.

Damit ist der SIL-Messmodus nun gestartet. Der Messwert wird (sicher) an das PLS übertragen, und die gesamte Sicherheitsdiagnose läuft permanent im Hintergrund.

Wenn ein Fehler entdeckt wird (z. B. Sensor abgezogen), verlässt das System den SIL-Messmodus und wechselt in den SIL-Modus "aktiver sicherer Zustand". Der Grund für den Wechsel in den aktiven sicheren Zustand wird im Display als Hexadezimalzahl ausgegeben (siehe 4.5).

Der SIL-Messmodus erfordert bestimmte Einstellungen, die vorgenommen werden müssen, falls der Bediener die Standardeinstellungen geändert hat. Wird irgendeine der für den SIL-Messmodus relevanten Bedingungen nicht erfüllt, weist Sie ein Popup-Fenster darauf hin.

Die Bedingungen sind die gleichen wie für den Wechsel in den SIL-Modus, allerdings muss jetzt ein Sensor angeschlossen sein.

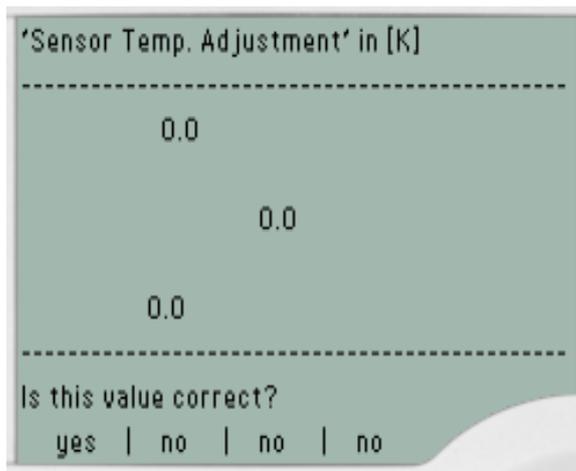
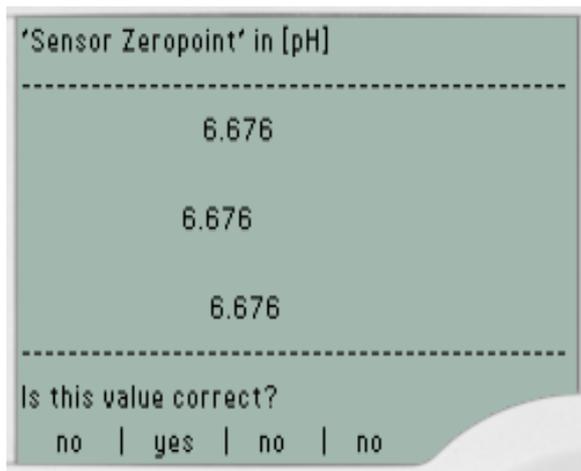
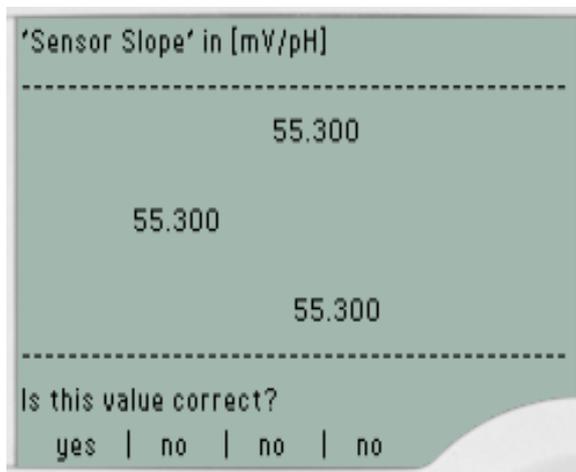
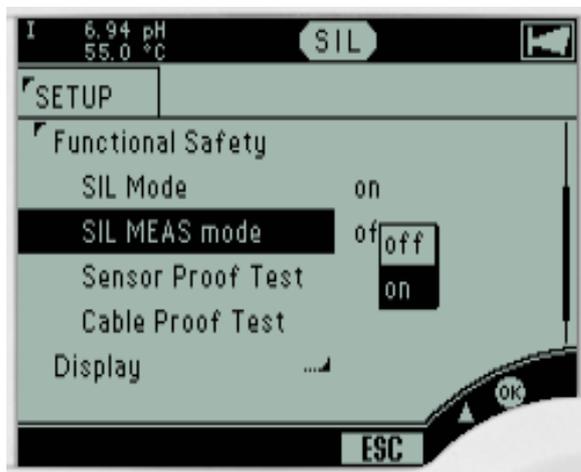
Der schnellste Weg, um die für den SIL-Messmodus erforderlichen Standardeinstellungen vorzunehmen: Verwenden Sie die Werkseinstellungen.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

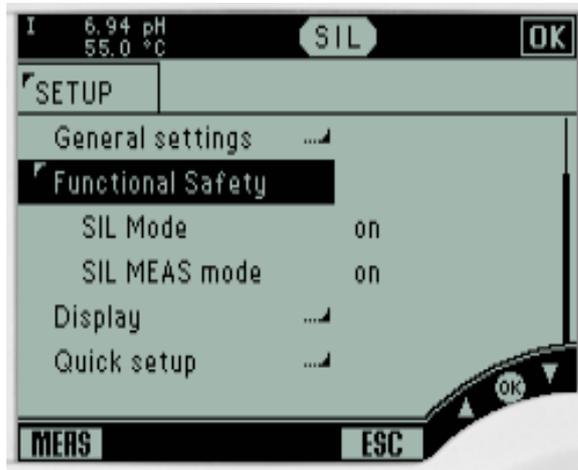
Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.

Die folgenden Screenshots zeigen, wie die Displayanzeige aussehen sollte:

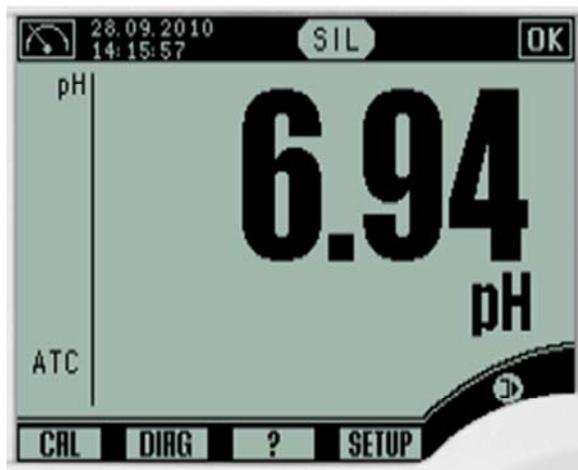


Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Nun sieht das Menü "Functional Safety" wie folgt aus:



Anzeige des Messwertes:



4.7 Sichere Sensorkalibrierung und Justage

Wichtiger Hinweis!

Sie können die Kalibrierung auch im Modus "Klassik" vornehmen (nicht sichere Kalibrierung/Justage); bei Verwendung eines SIL-Sensors wird dies nicht überprüft. Es ist Aufgabe des Benutzers, zu prüfen, ob eine korrekte "sichere" Kalibrierung verwendet wird. Dies kann auch unter DIAG - Logbücher - Kalibrierlogbuch nachgesehen werden.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

4.7.1 2-Punkt-pH-Kalibrierung

Die 2-Punkt-Kalibrierung nutzt die folgenden Formeln, um Steilheit und Nullpunkt des Sensors im Transmitter zu berechnen (der Transmitter wandelt die vorgegebenen Gleichungen intern um, um Berechnungsfehler zu reduzieren):

Verwenden Sie zwei Pufferlösungen (zulässig sind nur E+H-Pufferlösungen mit einem pH-Wert von 7,00 und einem pH-Wert von 4,00 und in dieser Reihenfolge). Messen Sie die beiden Spannungen U_1 und U_2 mit ihren pH-Werten pH_1 und pH_2 . Daraus ergibt sich:

Steilheit aus den beiden Messwerten: $ST_k = (U_1 - U_2) / (pH_1 - pH_2)$

Die automatische Temperaturkompensation (ATC) erfolgt durch Verwendung einer angepassten Steilheit:

$S'_{25\text{ °C}} = ST_k * ((273,15 + 25\text{ °C}) / (273,15 + T_k [\text{°C}]))$

Nullpunkt (x=2 wird verwendet): $pH_{NP} = - (U_x / ST_k) + pH_x$

U_x = an der Elektrode gemessene Spannung

ST_k = Steilheit bei Temperatur T_k , $S'_{25\text{ °C}}$ = Steilheit bei 25 °C/77 °F

pH_x = pH-Wert der Pufferlösungen (x ist 1 oder 2) - die pH-Werte wurden den E+H-Tabellen für Pufferlösungen entnommen und zwar unter Berücksichtigung der Temperatur der Pufferlösungen (T1 oder T2)

T1 = Temperatur von pH-Pufferlösung 1, T2: Temperatur von pH-Pufferlösung 2

$T_k = (T_1 + T_2) / 2$, Durchschnittstemperatur der Kalibrierung

$S'_{25\text{ °C}}$ und pH_{NP} werden im Sensor gespeichert, wenn der sichere Abgleich verwendet wird.

Die Formeln zur pH-Berechnung finden Sie in Kapitel 2.1.

Um mit der Kalibrierung/dem Abgleich zu beginnen, wählen Sie im Menü "CAL" das Untermenü "2-point cal". Befolgen Sie anschließend die Anweisungen im Display. Die Reihenfolge ist die gleiche wie bei der traditionellen nicht sicheren Kalibrierung/Abgleich im "Klassik"-Modus. Die einzige Ausnahme besteht darin, dass während des Vorgangs einige sichere Anzeigen eingeblendet werden.

Bei der 2-Punkt-Kalibrierung im SIL-Modus zeigen die Stromausgänge die Messwerte der Kalibrierung an. Erst nachdem die Kalibrierung beendet oder abgebrochen wurde, liegt der Fehlerstrom an beiden Stromausgängen an, weil Sie in den aktiven sicheren Zustand gewechselt haben.

Version: 2.3			Seite: 41 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

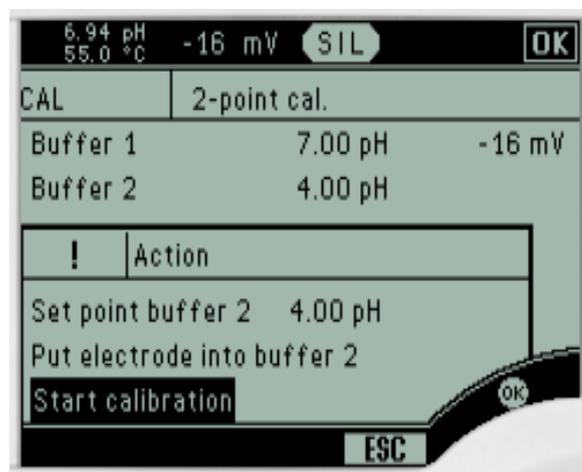
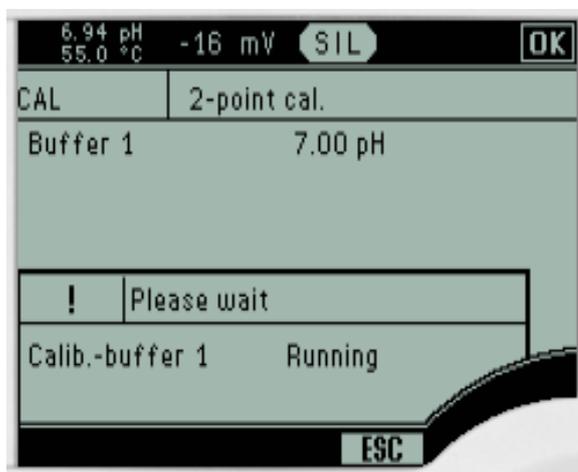
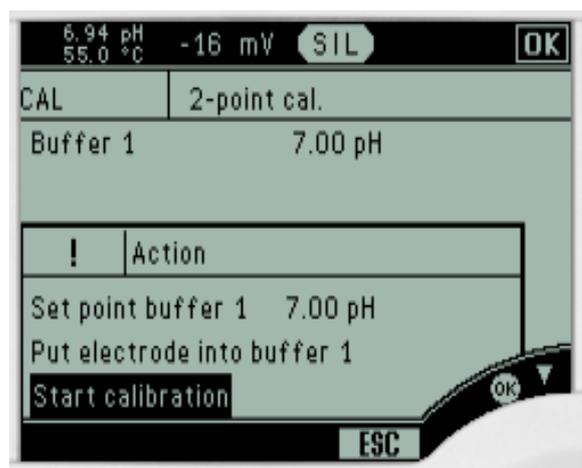
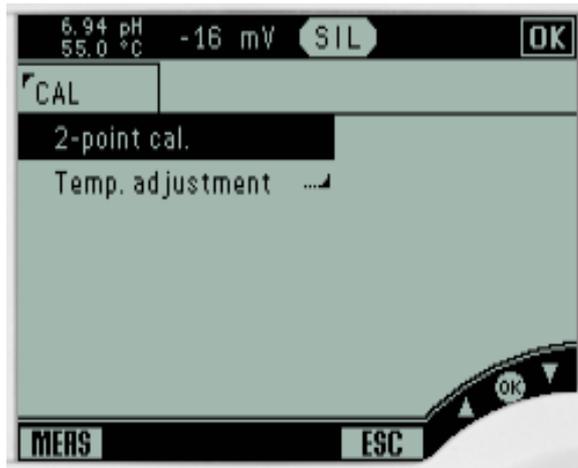
Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Wichtig!

Verwenden Sie nur die "sicheren Anzeigen", um Werte zu dokumentieren oder zu überprüfen. Sichere Anzeigen erkennen Sie an einer kleinen, sehr grundlegenden Schriftart und dem Fehlen der schwarzen Statusleiste. Beispiel: Anzeige "SIL measurement mode reached". Alle übrigen Anzeigen sind nicht sicher und dienen nur dazu, die Reihenfolge der Kalibrierung/der Justage darzustellen.

Falls einige der hier abgebildeten Screenshots nicht in Ihrem Display angezeigt werden oder falls die Reihenfolge nicht der hier dargestellten Reihenfolge entspricht, müssen Sie die Kalibrierung/Justage anhalten und noch einmal von Anfang an beginnen. Wenn der "Fehler" weiterhin besteht, müssen Sie den Transmitter oder zumindest die beiden Module (CPU-Modul FMIH1 und Digitalmodul FSDG1) austauschen und ggf. den E+H-Service kontaktieren.

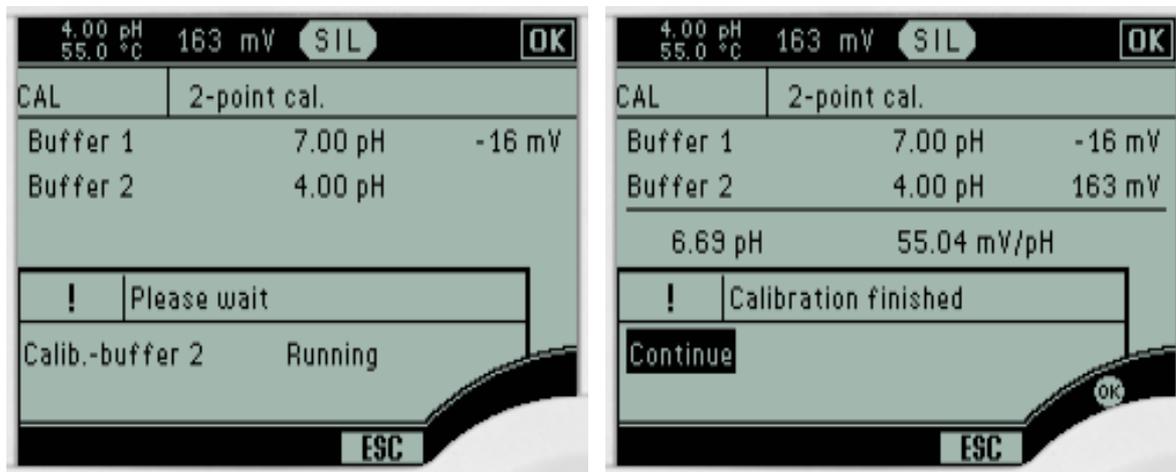
Den folgenden Screenshots können Sie die korrekte Reihenfolge entnehmen, in der die Anzeigen ausgegeben werden:



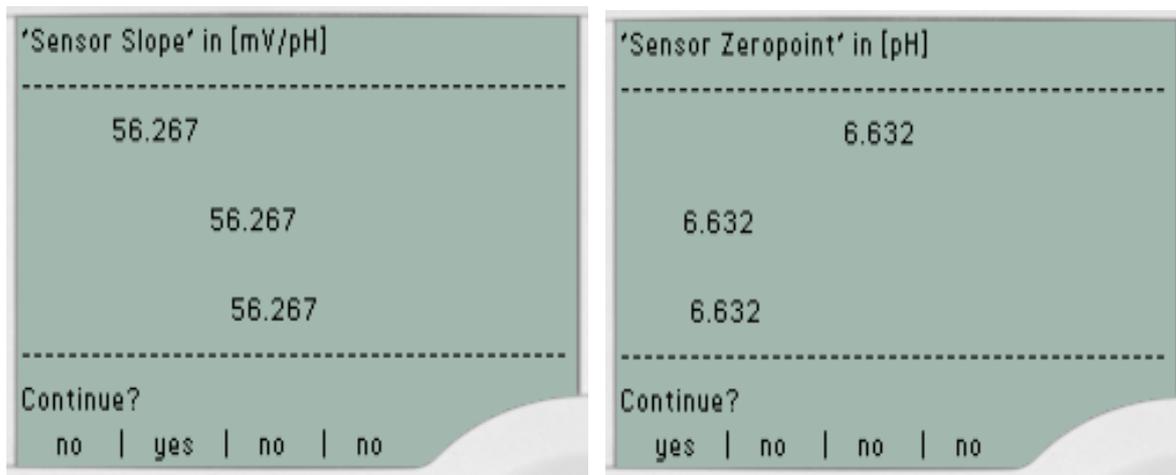
Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.

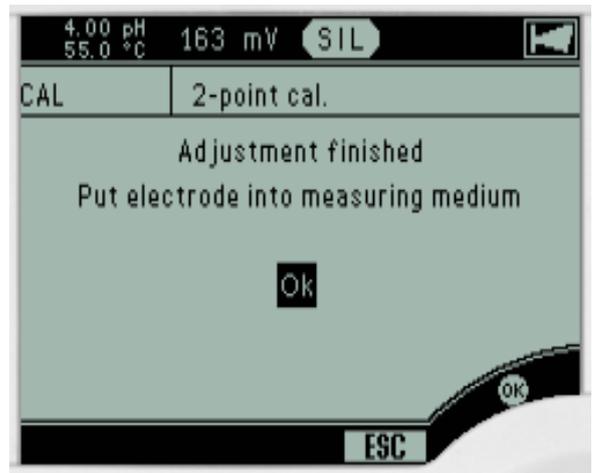
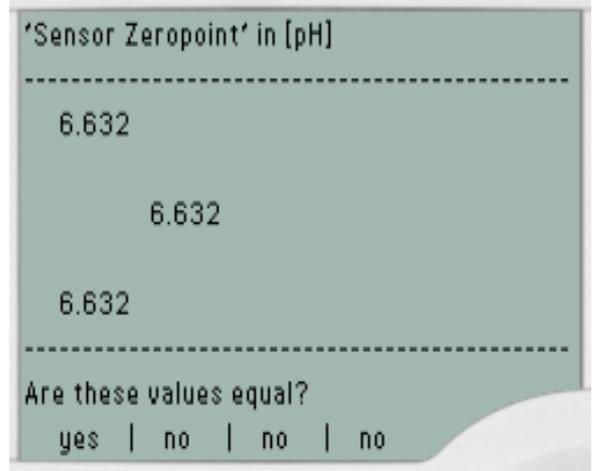
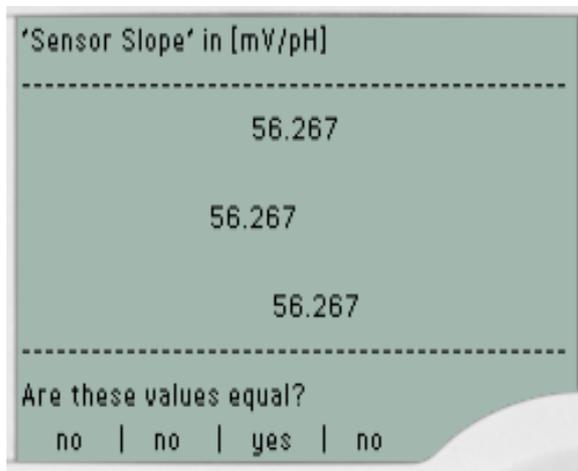


Überprüfen Sie nun sorgfältig in der nächsten Anzeige, ob alle Werte gleich sind und der angezeigte Wert sinnvoll erscheint. Drücken Sie nur dann den mit "yes" beschrifteten Softkey, wenn alles in Ordnung ist. Andernfalls drücken Sie bitte "no".



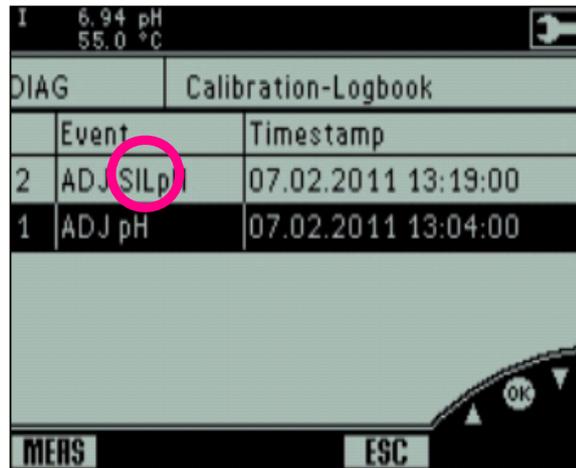
Überprüfen Sie auch hier noch einmal sorgfältig die drei Werte. Wenn alle drei gleich sind, können Sie sicher sein, dass diese Werte korrekt in den Sensor geschrieben wurden und nun von diesem Sensor verwendet werden.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



Sie können prüfen, ob eine sichere Kalibrierung vorgenommen wurde, indem Sie das Kalibrierprotokoll aufrufen (DIAG – Logbooks – Calibration logbook). Eine sichere Kalibrierung ist mit “SIL” markiert.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



Die letzte Abbildung oben zeigt das Ergebnis der Temperaturkalibrierung: Es wurde in den aktiven sicheren Zustand gewechselt, und der Grund dafür lautet 00000003, was bedeutet, dass eine sichere Kalibrierung durchgeführt wurde.

4.7.2 1-Punkt-Temperaturkalibrierung

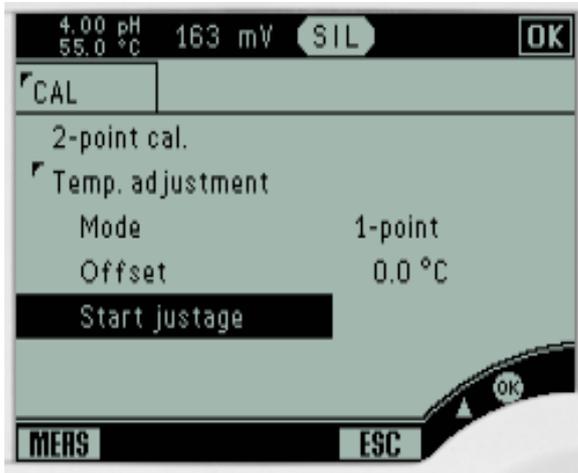
Rufen Sie das entsprechende Untermenü über das Menü "CAL" im SIL-Messmodus auf, und befolgen Sie sorgfältig die Anweisungen im Display.

Auch hier gilt: Es dürfen nur die sicheren Anzeigen zur Dokumentation von Werten verwendet werden. Beachten Sie hierzu die Hinweise zur 2-Punkt-pH-Kalibrierung in Kapitel 4.7.1.

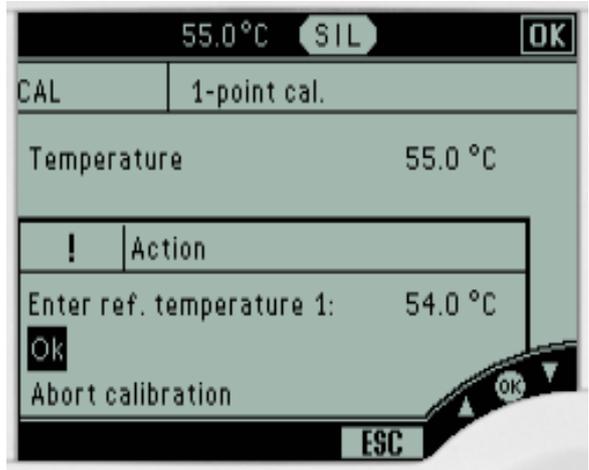
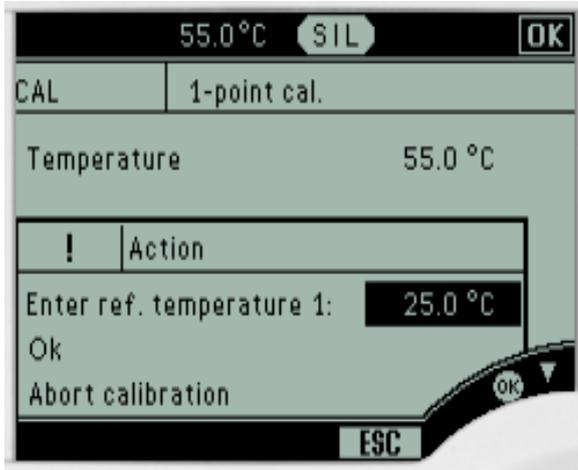
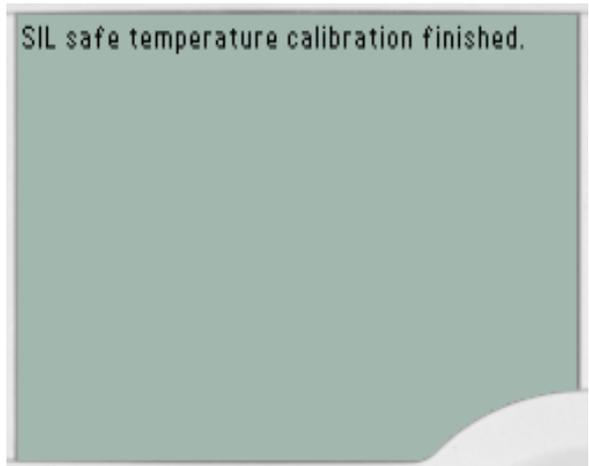
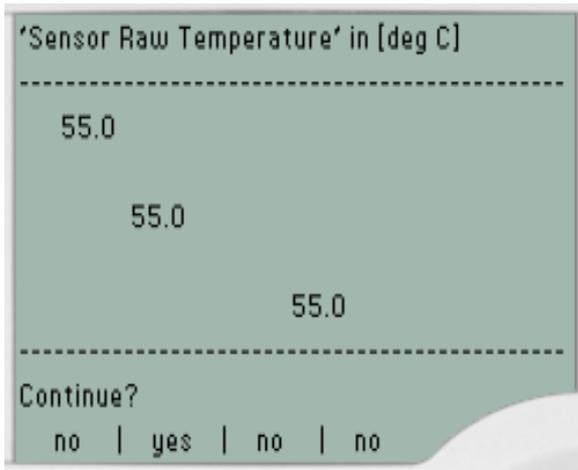
Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.



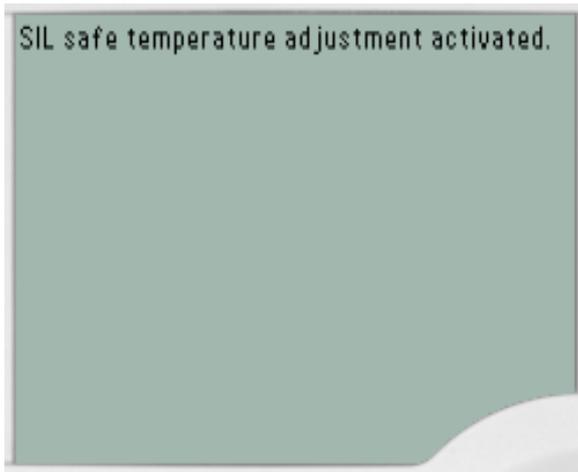
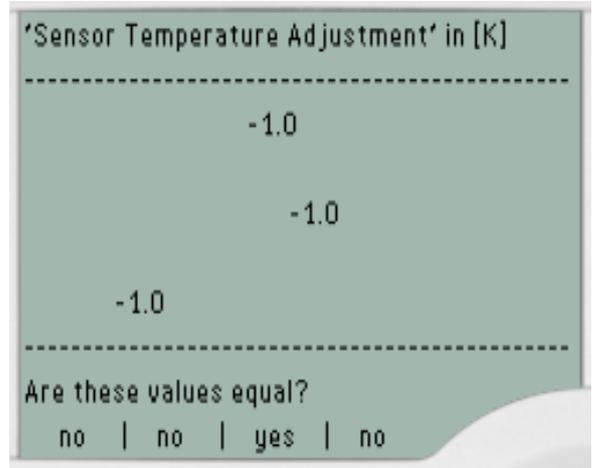
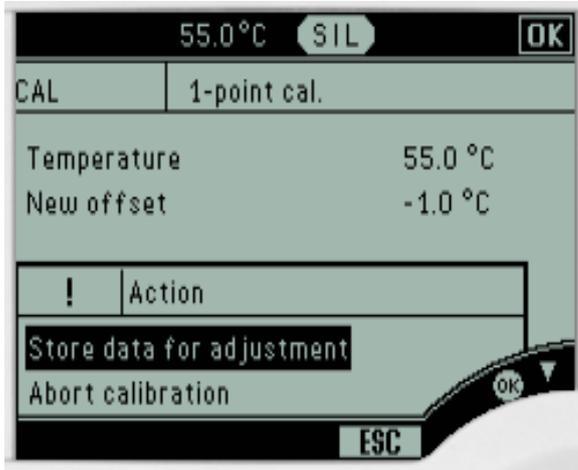
Die nächste Anzeige gibt die gemessene Rohtemperatur aus. Vergleichen Sie diesen Wert mit Ihrer Referenzmessung, und dokumentieren Sie die beiden gemessenen Temperaturen.



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Die letzte Abbildung oben zeigt das Ergebnis der Temperaturkalibrierung: Es wurde in den aktiven sicheren Zustand gewechselt, und der Grund dafür lautet 00000003, was bedeutet, dass eine sichere Kalibrierung durchgeführt wurde.

5 Instandhaltung, Nachkalibrierung

Wenn erforderlich (je nach Anwendung), empfiehlt es sich, das Gerät gelegentlich unter Berücksichtigung der Angaben in der Betriebsanleitung zu reinigen.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

6 Wiederholungsprüfungen (Proof tests)

6.1 Wiederholungsprüfung

Sicherheitsfunktionen müssen in geeigneten Intervallen getestet werden, um sicherzustellen, dass sie korrekt arbeiten.

Die Zeitintervalle sind vom Bediener zu definieren (siehe Kapitel 2.3).

Die Prüfungen sind wie im Folgenden beschrieben durchzuführen.

Wenn mehrere Geräte in "MooN"-Konfigurationen ("M out of N", "M von N") verwendet werden, dann ist die hier beschriebene Prüfung für jedes Gerät separat durchzuführen.

Zudem muss anhand von Überprüfungen sichergestellt werden, dass alle für den Betrieb geltenden Beschränkungen weiterhin eingehalten werden (siehe Kapitel 2.3).

6.2 Wiederholungsprüfungen zur Gewährleistung einer sicheren Funktionsweise

Hinweis!

Bitte lesen Sie hierzu auch den Abschnitt "Wartung, Nachkalibrierung" in Kapitel 5.

Hinweis!

Wenn eines der genannten Prüfkriterien nicht erfüllt ist, dürfen Sie das Gerät nicht länger als Teil eines sicherheitsbezogenen Systems einsetzen.

Hinweis!

Die Prüfung dient zur Erkennung beliebiger Ausfälle. Der Einfluss von systematischen Fehlern auf die Sicherheitsfunktion wird durch diesen Test nicht abgedeckt und muss separat untersucht werden. Systematische Fehler können z. B. durch Eigenschaften des Mediums, Umgebungsbedingungen, Korrosion etc. erzwungen werden.

6.2.1 Prüfung des Transmitters Liquiline M CM42

Sie benötigen einen Transmitter, ein Memosens-Kabel und einen Memosens-Sensor. Alle Komponenten müssen gemäß IEC 61508 zertifiziert sein. Zudem benötigen Sie einen bereits kalibrierten Sensor. Ebenso benötigen Sie zwei Pufferlösungen, eine mit einem pH-Wert von 7,0, die andere mit einem pH-Wert von 9,0 oder 9,2.

Darüber hinaus ist ein zuverlässiges Strommessgerät zur Messung des Stroms an beiden Stromausgängen erforderlich. Die Präzision muss mindestens ± 1 mA betragen.

Version: 2.3			Seite: 49 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

**Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL**

Hinweis!

Die Wiederholungsprüfung kann im Labor oder direkt im Prozess durchgeführt werden.

Die Wiederholungsprüfung verläuft wie folgt:

(Diese Vorgehensweise gilt, wenn Sie Pufferlösungen verwenden können. Wenn Sie den Vorgang im Prozess durchführen müssen, benötigen Sie eine Möglichkeit, den pH-Wert um mindestens 2,0 pH zu ändern - z. B. pH 5,0 und pH 7,0. Zudem müssen Sie die entsprechenden Einstellungen in dem unten beschriebenen Vorgang anpassen und diese dokumentieren.)

- Schalten Sie den Transmitter Liquiline M CM42 aus. Damit werden alle angeschlossenen Geräte (Sensor, Kabel und Transmitter) ausgeschaltet.
- Setzen Sie den Sensor in eine Pufferlösung mit einem pH-Wert von 9,0 oder 9,2 oder in die Lösung mit dem höheren Prozesswert.
- Warten Sie mindestens zwei Minuten ab (damit die Spannungen in der Elektronik weitestgehend entladen werden können).
- Schalten Sie den Transmitter ein, und warten Sie, bis das System den pH-Wert in der Hauptanzeige des Transmitter-Displays anzeigt. Bis hierhin wurden (fast) alle Selbsttests des Gerätes erfolgreich durchgeführt.
- Führen Sie nun die Prüfung "Cable Proof Test" im Menü "SETUP – Functional safety" durch. Dieser Test muss erfolgreich abgeschlossen werden.
- Setzen Sie die Sicherheitsfunktion auf SAF1 und die Stromausgangsspreizung für den pH-Wert auf 8,0 (Minimum) und 10,0 (Maximum) (SETUP – Stromausgänge - Stromausgang 1/2). Referenzieren Sie auf Prozesslösungen, müssen die pH-Werte der Stromausgangsspreizung um 1 pH unter dem niedrigeren und um 1 pH über dem höheren Referenzwert liegen. Alle übrigen Einstellungen sollten angemessene Werte aufweisen.
- Schalten Sie nun zum SIL-Modus und dann zum SIL-Messmodus um. Das System muss im SIL-Messmodus fehlerfrei arbeiten. Beginnen Sie nun mit der Messung der beiden Stromausgänge.
- Warten Sie mindestens zwei Minuten ab. Die Stromausgänge müssen einen konstanten Wert zwischen 4 und 20 mA aufweisen. Der Wert selbst ist nicht wichtig; wichtig ist nur, dass er konstant bleibt und dass es sich nicht um einen Fehlerstrom handelt. Beide Werte der Stromausgänge dürfen eine Spreizung von max. ±0,05 mA bei einer konstanten Temperatur aufweisen.
- Wechseln Sie nun die Pufferlösung, und setzen Sie den Sensor in die Pufferlösung mit dem pH-Wert von 7,0 bzw. in die Prozesslösung mit dem niedrigeren pH-Wert. Dieser pH-Wert liegt außerhalb des zulässigen pH-Intervalls für SAF1, weshalb nun

Version: 2.3			Seite: 50 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

die Sicherheitsfunktion ausgelöst werden muss.
Die Stromausgänge müssen nun eine Veränderung aufweisen (aufgrund der pH-Änderung). Sobald der pH-Wert unter 8,0 liegt bzw. unter dem niedrigeren Wert der Stromausgangsspreizung, muss an den Stromausgängen mindestens vier Sekunden lang ein HI- oder LO-Fehlerstrom anliegen.
Der (aktive) sichere Zustand wurde erreicht.

- Konfigurieren Sie das System für Ihre Anwendung neu. Setzen Sie insbesondere die Spreizung der Stromausgänge auf die von Ihnen benötigten Werte zurück.
- Damit ist der Vorgang abgeschlossen.

Die Prüfung muss mit dem Datum, dem Namen des Prüfers und dem Ergebnis dokumentiert werden (siehe Beispielprotokoll in Kapitel 9).

Mit dieser Prüfung lassen sich ca. 90 % (Fehlerrückmeldung bei Wiederholungsprüfung) aller möglichen gefährlichen und nicht erkannten Geräteausfälle detektieren.

6.2.2 Prüfung des Memosens-Kabels CYK10

Sie benötigen einen Transmitter, ein Memosens-Kabel und einen Memosens-Sensor. Alle Komponenten müssen gemäß IEC 61508 zertifiziert sein.

Hinweis!

Die Prüfung kann im Labor oder direkt im Prozess durchgeführt werden.

Die Prüfung verläuft wie folgt:

- Navigieren Sie zum Menü Setup – Functional Safety, und deaktivieren Sie die Option “SIL MEAS Mode”, falls sie eingeschaltet sein sollte.
- Rufen Sie das Menü "Cable Proof Test" auf.
- Drücken Sie den Navigator, um die Prüfung zu starten. Stellen Sie sicher, dass Kabel und Sensor korrekt angeschlossen sind. Das System ist nicht in der Lage, zwischen einem abgezogenen Sensor und einer unterbrochenen Kommunikationsverbindung zu unterscheiden.
- Warten Sie, bis die Prüfung beendet ist (ca. 30 Sekunden).
- Das Ergebnis wird angezeigt. Im Fehlerfall können Sie den Test erneut durchführen, vorher sollten Sie jedoch die Verbindung zwischen Kabel und Transmitter sowie zwischen Kabel und Sensor überprüfen.

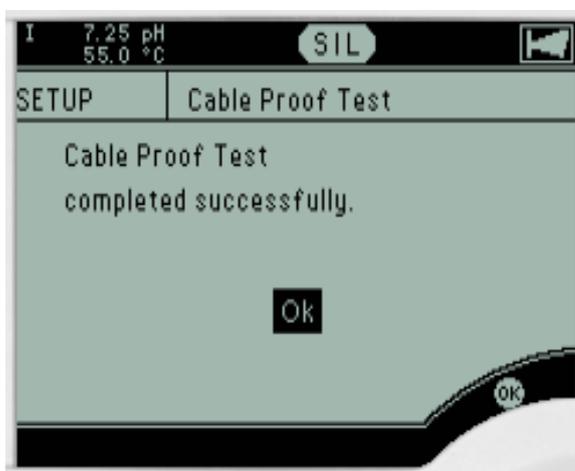
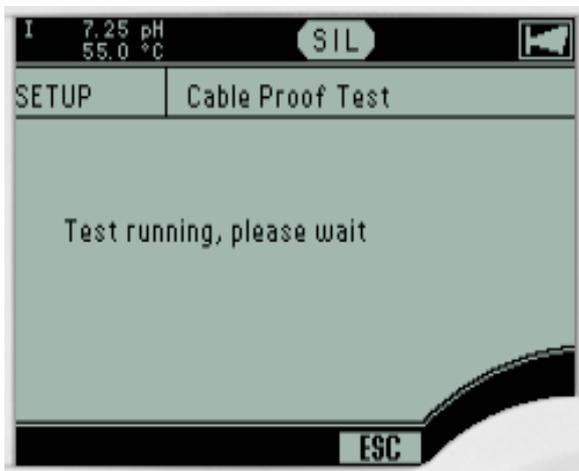
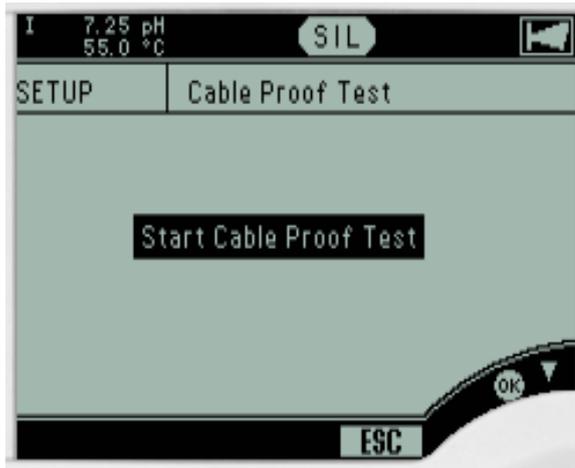
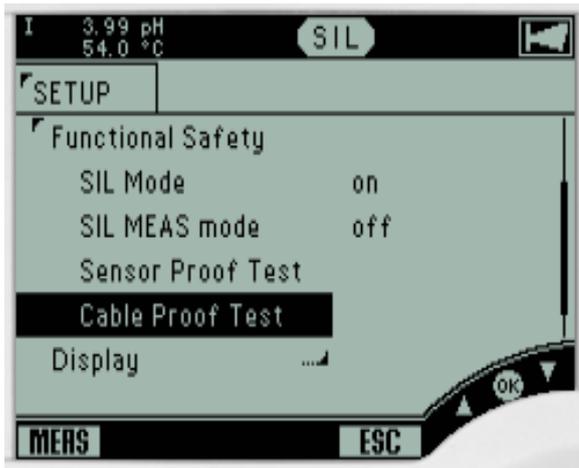
Die Prüfung muss mit dem Datum, dem Namen des Prüfers und dem Ergebnis dokumentiert werden (siehe Beispielprotokoll im Sicherheitshandbuch zum Kabel).

Version: 2.3			Seite: 51 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

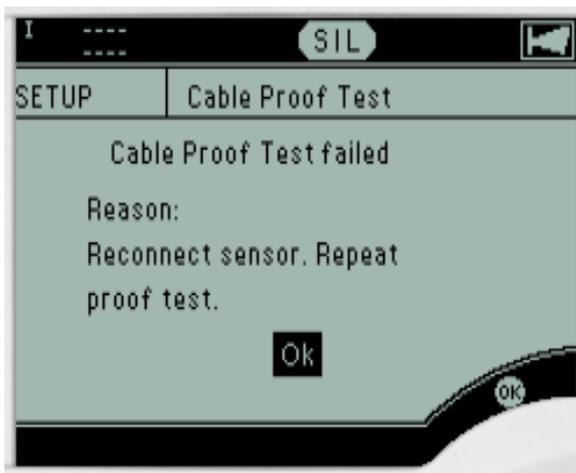
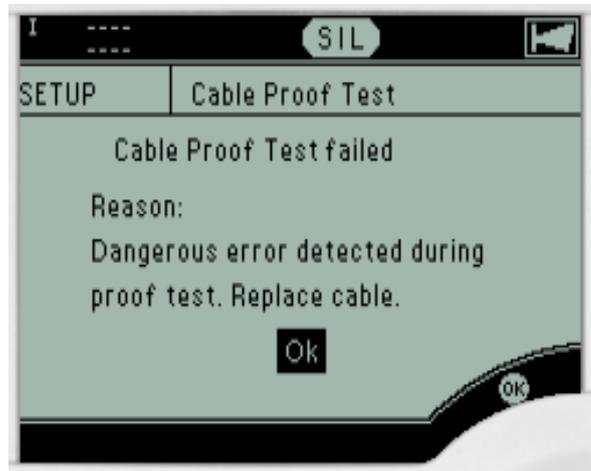
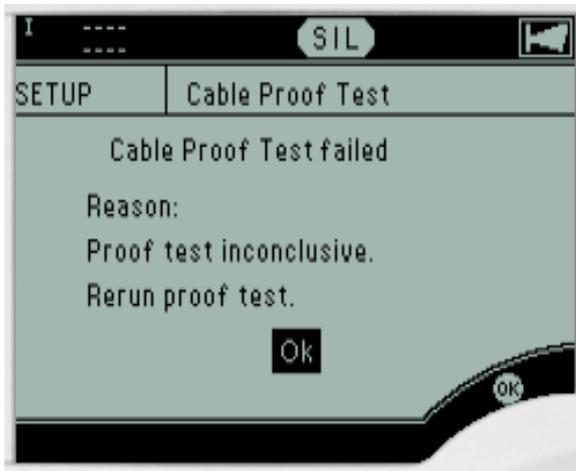
Mit dieser Prüfung lassen sich ca. 90 % (Fehleraufdeckungsgrad bei Wiederholungsprüfung) aller möglichen gefährlichen und nicht erkannten Geräteausfälle detektieren.

Die folgenden Screenshots vermitteln Ihnen einen Eindruck vom Aussehen des Displays:



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Mögliche Fehlermeldungen:



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

6.2.3 Prüfung des Memosens pH Glas-Sensors

Sie benötigen einen Transmitter, ein Memosens-Kabel und einen Memosens-Sensor. Alle Komponenten müssen gemäß IEC 61508 zertifiziert sein. Zudem benötigen Sie zwei Pufferlösungen, eine mit einem pH-Wert von 7,0, die andere mit einem pH-Wert von 4,0.

Hinweis!

Die Prüfung kann im Labor oder direkt im Prozess durchgeführt werden.

Die Prüfung verläuft wie folgt:

- Navigieren Sie zum Menü Setup – Functional Safety, und deaktivieren Sie die Option “SIL MEAS Mode”, falls sie eingeschaltet sein sollte.
- Rufen Sie das Menü "Sensor Proof Test" auf.
- Lesen Sie sich sorgfältig die im Display angezeigten Anweisungen durch, und drücken Sie den Navigator, sobald Sie dazu aufgefordert werden.
- Nach Abschluss der Prüfung wird das Ergebnis angezeigt. Wenn ein Fehler entdeckt wurde, dürfen Sie den Sensor nicht mehr für sicherheitsbezogene Funktionen einsetzen.

Die Prüfung muss mit dem Datum, dem Namen des Prüfers und dem Ergebnis dokumentiert werden (siehe Beispielprotokoll im Sicherheitshandbuch zum Sensor).

Mit dieser Prüfung lassen sich ca. 90 % (Fehleraufdeckungsgrad bei Wiederholungsprüfung) aller möglichen gefährlichen und nicht erkannten Geräteausfälle detektieren.

Hinweis!

Der Test erzwingt ein Auslösen der Sicherheitsfunktion des Sensors.

Sehr wichtig!

Lesen Sie sich die Meldungen, die während der Prüfung im Display eingeblendet werden, sehr sorgfältig durch, und fahren Sie nur fort, wenn Sie exakt die Schritte durchgeführt haben, zu denen Sie in den Anzeigen im Display aufgefordert wurden.

Wenn Sie den Sensor z. B. in die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 7,0 statt 4,0 tauchen, dann erhält der Sensor dadurch eine unbrauchbare Konfiguration, die nicht rückgängig gemacht werden kann!

Version:			Seite:
2.3			54 von 72

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Die Prüfung umfasst folgende Schritte:

Alle unten aufgeführten Schritte müssen erfolgreich ausgeführt werden. Nur die Schritte A) bis C) werden von der Prüfsequenz durchgeführt. Schritt D) muss manuell von Ihnen durchgeführt werden.

- A) Setzen Sie die Elektrode in die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 4,0:
 - a. Passen Sie den Sensor mit einer speziellen Steilheit/Nullpunkt von 1 an.
 - b. Setzen Sie den Sensor in eine Pufferlösung mit einem pH-Wert von 7,0.
- B) Setzen Sie die Elektrode in die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 4,0.
 - a. Setzen Sie die Elektrode in die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 7,0.
 - b. Passen Sie den Sensor mit einer speziellen Steilheit/Nullpunkt von 2 an.
 - c. Setzen Sie den Sensor in eine Pufferlösung mit einem pH-Wert von 4,0.
- C) Setzen Sie die Elektrode in die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 7,0.
 - a. Passen Sie den Sensor mit einer/m standardmäßigen Steilheit/Nullpunkt an.
 - b. Starten Sie die Messung erneut.
- D) Nehmen Sie nun eine sichere Kalibrierung und eine sichere Justage mit diesem Sensor vor.

Hinweis!

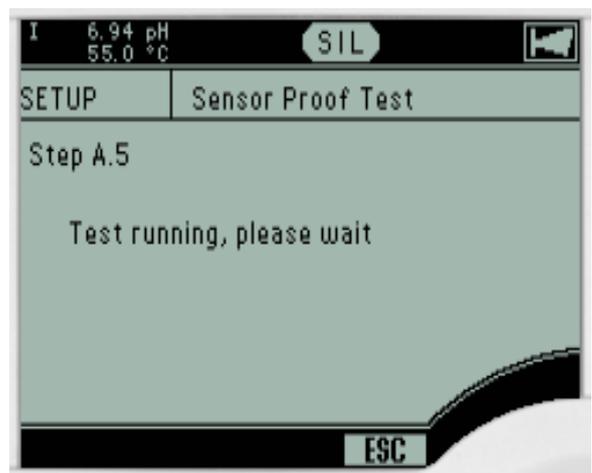
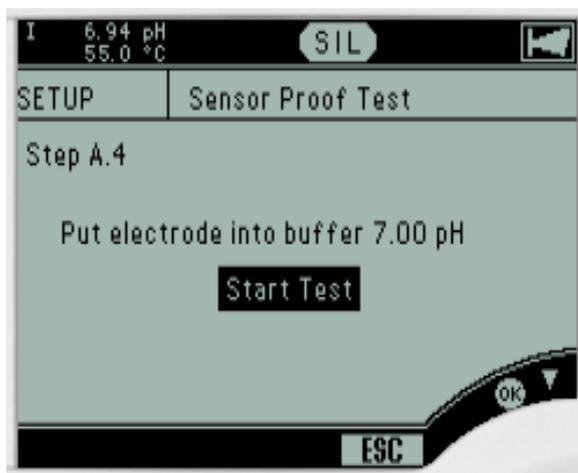
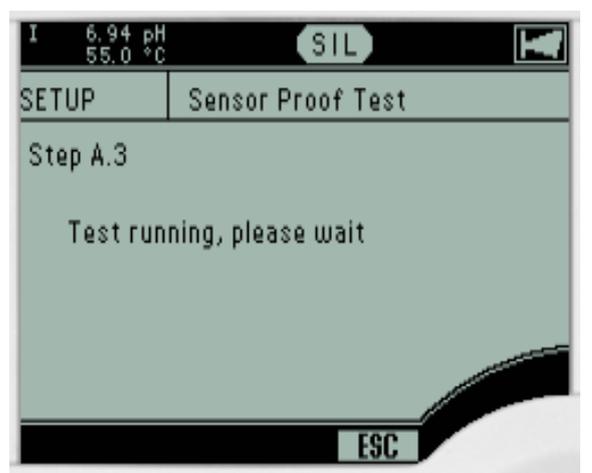
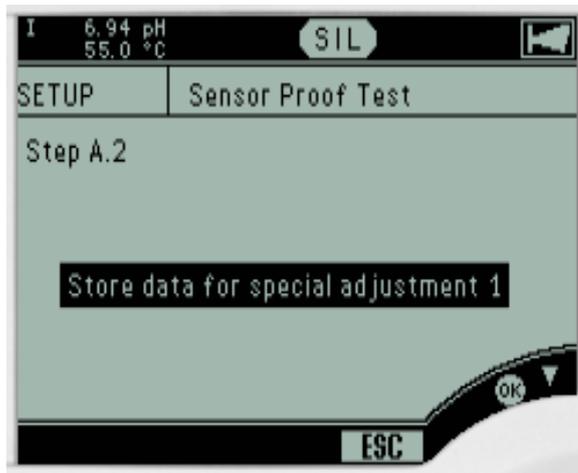
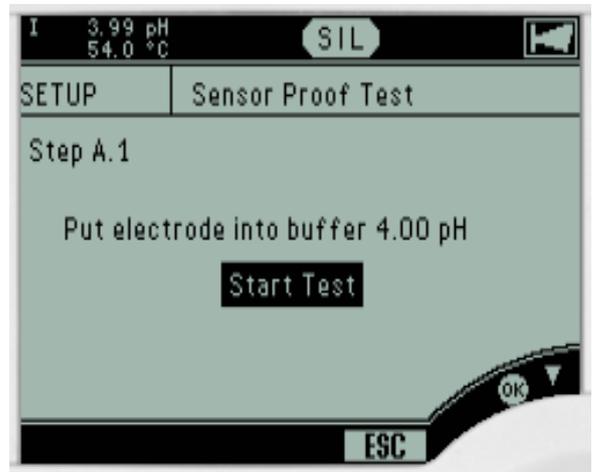
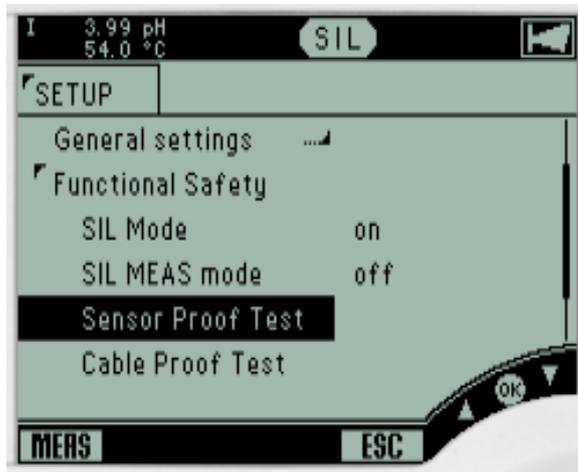
Falls Sie die Prüfsequenz verlassen haben oder die Prüfung aufgrund eines "korrigierbaren Fehlers" fehlgeschlagen ist, ist der Sensor unbrauchbar.

Um den Sensor zurückzusetzen, müssen Sie aus Sicherheitsgründen die gesamte Prüfung erfolgreich durchführen und abschließen. Versuchen Sie daher, die Prüfung zu starten, indem Sie den Sensor wie oben beschrieben in die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 4,0 setzen. Sollte dies nicht funktionieren (Sie können die Prüfung durch Drücken des Softkeys ESC anhalten, falls im Display nach 120 Sekunden nichts passiert), starten Sie die Prüfung erneut. Verwenden Sie dieses Mal jedoch die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 7,0 - auch wenn im Display ein pH-Wert von 4,0 gefordert wird. Sollte diese Vorgehensweise funktionieren, befolgen Sie anschließend exakt die im Display angezeigten Anweisungen. Sollte dies jedoch auch nicht funktionieren, müssen Sie den Sensor austauschen.

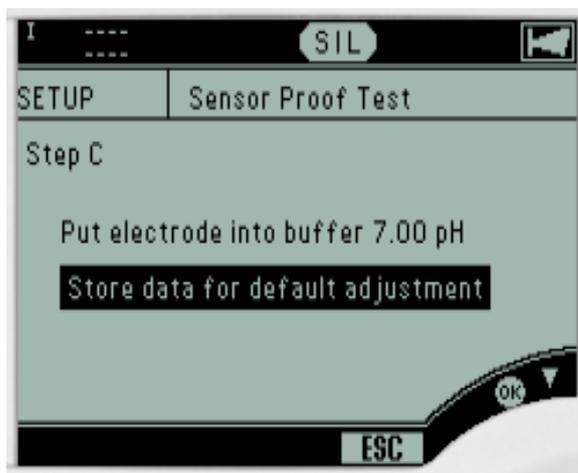
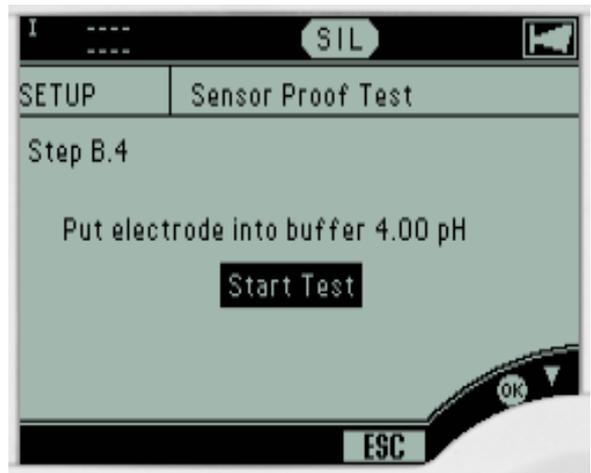
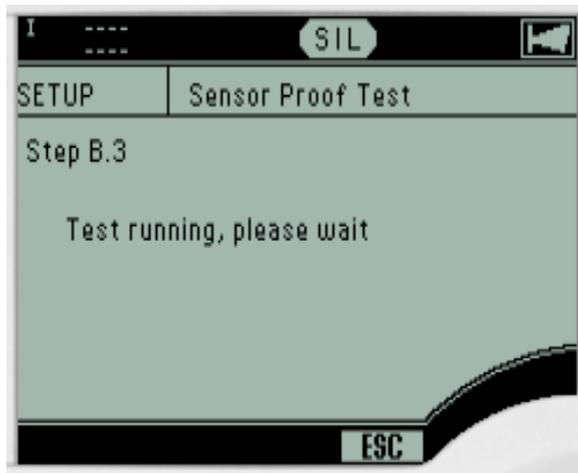
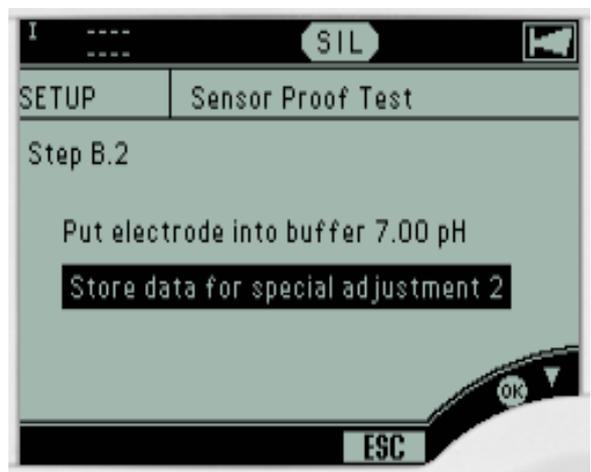
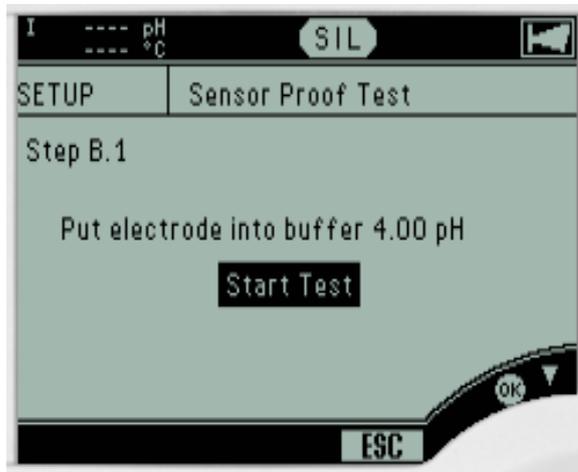
Die folgenden Screenshots vermitteln Ihnen einen Eindruck vom Aussehen des Displays:

Version: 2.3			Seite: 55 von 72
------------------------	--	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

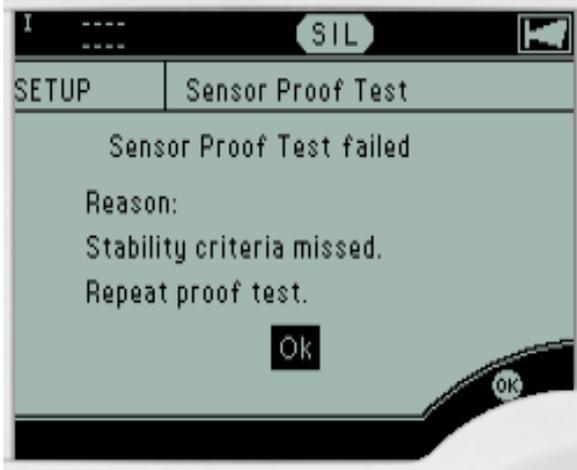


Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

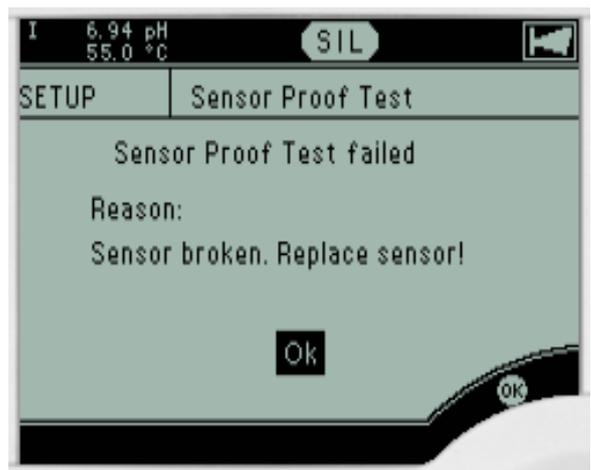
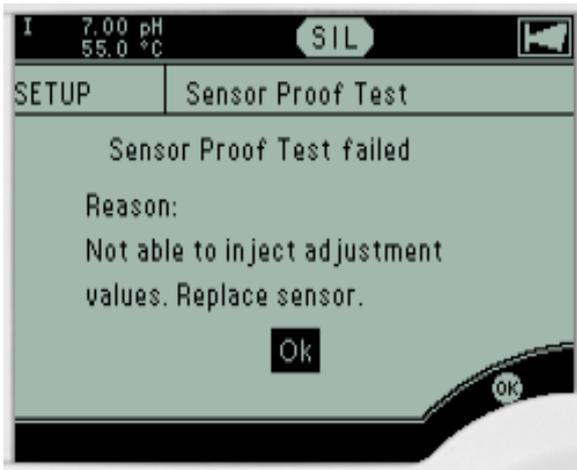


Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Wenn das System einen "korrigierbaren Fehler" entdeckt, erhalten Sie z. B. folgende Anzeige:



Bei einem nicht-behebbar Fehler sieht die Anzeige z. B. folgendermaßen aus:



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

7 Reparatur

Im Allgemeinen können Liquiline M CM42 SIL-Geräte repariert werden wie “normale” CM42. Allerdings sind zwei Punkte zu beachten:

1. Wenn nur ein CM42-Modul ersetzt wird, setzt sich das Gerät aus alten und neuen Komponenten zusammen. Proof tests und komplizierte Berechnungen wären erforderlich, um den neuen PFD_{avg} -Wert zu ermitteln. Um diesen Aufwand zu vermeiden, wird ein **Service-Kit** angeboten, **das beide Hardware-Module** (FMIH1, SIL und FSDG1, SIL) **enthält. Bestellnummer: 71 123799**. Diese Module sind nicht einzeln erhältlich.

Nach Tausch beider Module entspricht der PFD_{avg} -Wert des reparierten Gerätes dem eines Neugerätes.

2. Im Falle eines durch den **Voter entdeckten λ_{du} -Fehlers** (PLS zeigt Fehlerstrom, aber Statusanzeige am CM42 zeigt „ok“) senden Sie bitte das **Gerät zurück zu E+H**. Es ist unsere gemeinsame Verantwortung alles Mögliche zu tun, um die Ursache eines Sicherheitsrelevanten Fehlers zu beheben.

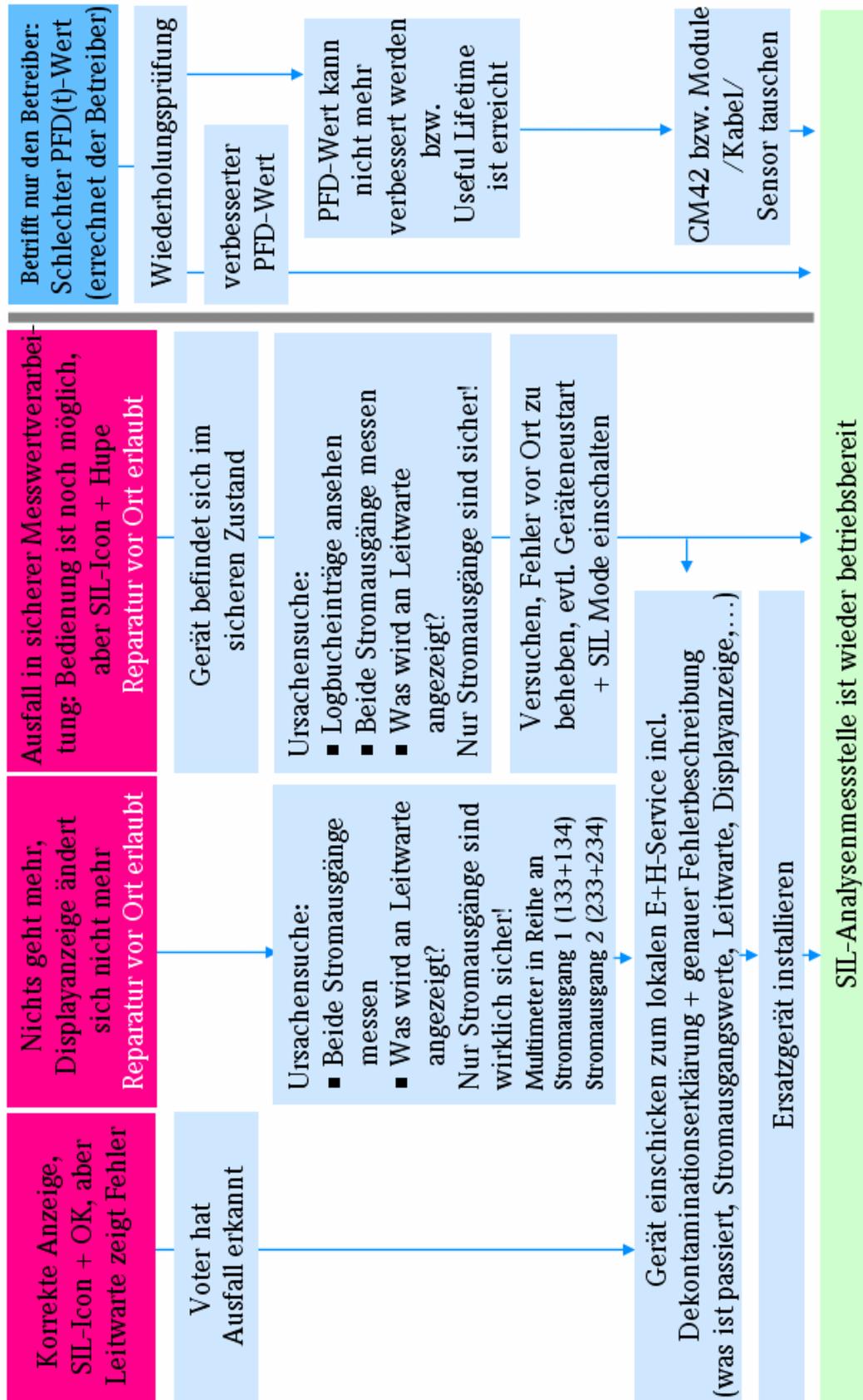
Bitte füllen Sie die Vorlage ”Erklärung zur Kontamination und Reinigung” auf www.endress.com/service - Technischer Support - Rücksendungen oder kopieren Sie die vorletzte Seite dieses Dokumentes und schicken Sie diese ausgefüllt zusammen mit dem gereinigten Gerät an Ihren lokalen E+H-Service.

Besteht bei Ihnen Schulungsbedarf speziell zum Thema SIL Memosens pH-Analysenmessstelle? Bitte schicken Sie Ihre Anfrage an analysis-academy@conducta.endress.com.

Das folgende Schema gibt einen Überblick, wie bei Unterbrechung der SIL-Messung vorzugehen ist:

Version: 2.3		Seite: 59 von 72
------------------------	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Zur Erstellung einer hilfreichen Fehlerbeschreibung können z. B. die folgenden Punkte überprüft und beschrieben werden:

1. Welcher Fehler ist aufgetreten (Fehlernummer und Kurztext der Fehlermeldung)?
2. Welche Einträge sind im Logbuch verzeichnet?
3. Zusätzlich zu den Eintragungen im Logbuch kann im Falle von Abstürzen etc. auch die Parametrierung des Datenlogbuches interessant sein
4. Wie äussert sich der Fehler, der das nicht SIL-konforme Verhalten dargestellt? Bitte beschreiben z.B. Geräteverhalten, Darstellung im Display, Stromausgangswerte am Transmitterdisplay und am Leitsystem, ...
5. In welcher Situation ist der Fehler aufgetreten? z.B. beim Proof Test, während einer Standardüberprüfung, eines Testlaufs oder des Betriebs?
6. Was geben Aufzeichnungen der Leitwarte im entsprechenden Zeitraum an?
7. War das Stromausgangsverhalten zu beobachten? Wenn ja, was haben die Stromausgänge bzw. was hat der Voter gezeigt? Stimmt die Angaben überein?
8. Seriennummer des Transmitters, des Sensors und des Kabels? Zusätzlich zur Seriennummer des CM42 interessieren auch die Versionen der verbauten Module FMIH1 und FSDG1 sowie die Projektionsversion (= Software-Version, bitte am Display ablesen und nicht auf dem Typenschild), wenn Module schon einmal getauscht wurden und/oder ein Software-Update durchgeführt wurde.
9. Randbedingungen:
 - Spannung am Gerät
 - Stromausgangswert oder Messbereich und üblicher pH-Wert
 - Sind EMV-Einflüsse möglich (Motoren, Frequenzumrichter etc. in der Nähe)?

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

8 Hinweise zum redundanten Einsatz des Gerätes für SIL3

SIL3 kann sowohl durch homogene als auch durch heterogene Redundanz erreicht werden.

9 Prüfprotokoll - Beispiel

Anwendungsspezifische Daten	
Unternehmen	
Messstelle	
Anlage	
Gerätetyp	Liquiline M CM42, SIL
Seriennummer	
Betriebsbeschränkungen erneut überprüft	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
Sensorkalibrierdaten verwendet Steilheit [pH/mV] Nullpunkt [pH]	
Partial Stroke Test (PST) für verwendeten Stromausgang	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
Werte der Temperaturbereichsprüfung Minimum [°C/°F] Maximum [°C/°F]	
PFD _{avg} -Wert vor Prüfung	
PFD _{avg} -Wert nach Prüfung	
Datum der letzten Prüfung	
Datum der nächsten Prüfung (geschätzt)	
Namen der Prüfer	
Datum	
Unterschriften	

Um die Einstellungen (alle Werte) des verwendeten Transmitters zu speichern, können Sie ein CopyDAT CY42-C1 nutzen (siehe Betriebsanleitung).

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

10 Übersicht über die Betriebsarten und Stromausgänge

Modus des CM42	Stromausgang 1	Stromausgang 2
"Klassik"-Modus	wie konfiguriert, siehe Betriebsanleitung	wie konfiguriert, siehe Betriebsanleitung
SIL-Modus, aktiver sicherer Zustand	21,5 mA	21,5 mA
SIL-Modus, passiver sicherer Zustand	>21,5 mA	>21,5 mA
SIL-Modus, Kalibrierung läuft	Gemessener pH-Wert (vom Transmitter berechnet)	Gemessener pH-Wert (vom Sensor berechnet)
SIL-Modus, SIL-Messmodus	Gemessener pH-Wert (vom Transmitter berechnet)	Gemessener pH-Wert (vom Sensor berechnet)
System-Start, bis Erreichen des "Klassik"-Modus	≥21,5 mA	≥21,5 mA

11 Beispiele für die Berechnung von PFD_{avg}

Dieses Kapitel enthält einige Beispiele für die Berechnung der PFD_{avg}-Werte einer Messkette und des PFD_{avg}-Wertes nach den Prüfungen.

Hinweis: $PFD_{avg}(T) = 1/T \int_0^T (\lambda_{DU} t) dt = 1/2 \lambda_{DU} T$ (für ein 1oo1-System, wobei von einer konstanten und geringen Ausfallrate ausgegangen wird λ_{DU}). In der Regel wird PFD_{avg} ohne einen Parameter T angegeben, was bedeutet, dass dies der Wert von PFD_{avg} zum Zeitpunkt T der obligatorischen Prüfung war.

11.1 Beispiel für die Berechnung von PFD_{avg} nach einer Prüfung

Mit der Prüfung soll nachgewiesen werden, dass das System keine unerkannten gefährlichen Ausfälle aufweist. Der Fehleraufdeckungsgrad bei Wiederholungsprüfungen gibt die Effektivität der Prüfung an.

Nachdem die Prüfung erfolgreich beendet wurde, wurde der PFD_{avg}-Wert des Systems "verbessert", und Sie können festlegen, wann die nächste Prüfung durchgeführt werden soll.

Hier verwenden wir z. B. das Memosens-Kabel CYK10 in einer 1oo1D-Umgebung.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Voraussetzungen für dieses Beispiel:

Die Prüfung wird nach zwei Betriebsjahren durchgeführt, weil es nicht zulässig ist, dass das System einen PFD_{avg} aufweist, der kontinuierlich über $1,80 \times 10^{-4}$ liegt.

Ursprünglicher PFD_{avg} eines neuen Kabels: $PFD_{avg}(0) = 0$

PFD_{avg} eines zwei Jahre alten Kabels: $PFD_{avg}(2 \text{ Jahre}) = 1,80 \times 10^{-4}$

Vorausgesetzt $\lambda_{DU} = 2,05 \times 10^{-8} \text{ 1/h}$ (= 20,5 FIT)

Wobei $PFD_{avg}(t) = 1/2 \times t \times \lambda_{DU}$, t in Stunden.

Dann führen Sie die Prüfung (befolgen Sie die Anweisungen im Menü des CM42) erfolgreich durch.

Der Fehleraufdeckungsgrad bei Wiederholungsprüfungen beträgt (siehe Sicherheitshandbuch zum Memosens-Kabel): 90 %.

Neue Werte **nachdem die Prüfung** erfolgreich abgeschlossen wurde:

Neuer PFD_{avg} -Wert nach zwei Jahren und nach erfolgreichem Abschluss der Prüfung

$PFD_{avg}(2 \text{ Jahre; Prüfung erfolgreich}) = 1,80 \times 10^{-4} \times (1,00 - 0,90) = 0,18 \times 10^{-4}$

PFD_{avg} -Wert nach zwei weiteren Jahren (bisher noch keine zusätzliche Prüfung durchgeführt):

$$PFD_{avg}(4 \text{ Jahre}) = 0,18 \times 10^{-4} + 1,80 \times 10^{-4} = 1,98 \times 10^{-4}$$

Weitere Fragen:

Nach welcher Zeitspanne t erreicht der Wert $PFD_{avg}(t)$ dieses einmal "geprüften Systems" erneut $1,80 \times 10^{-4}$?

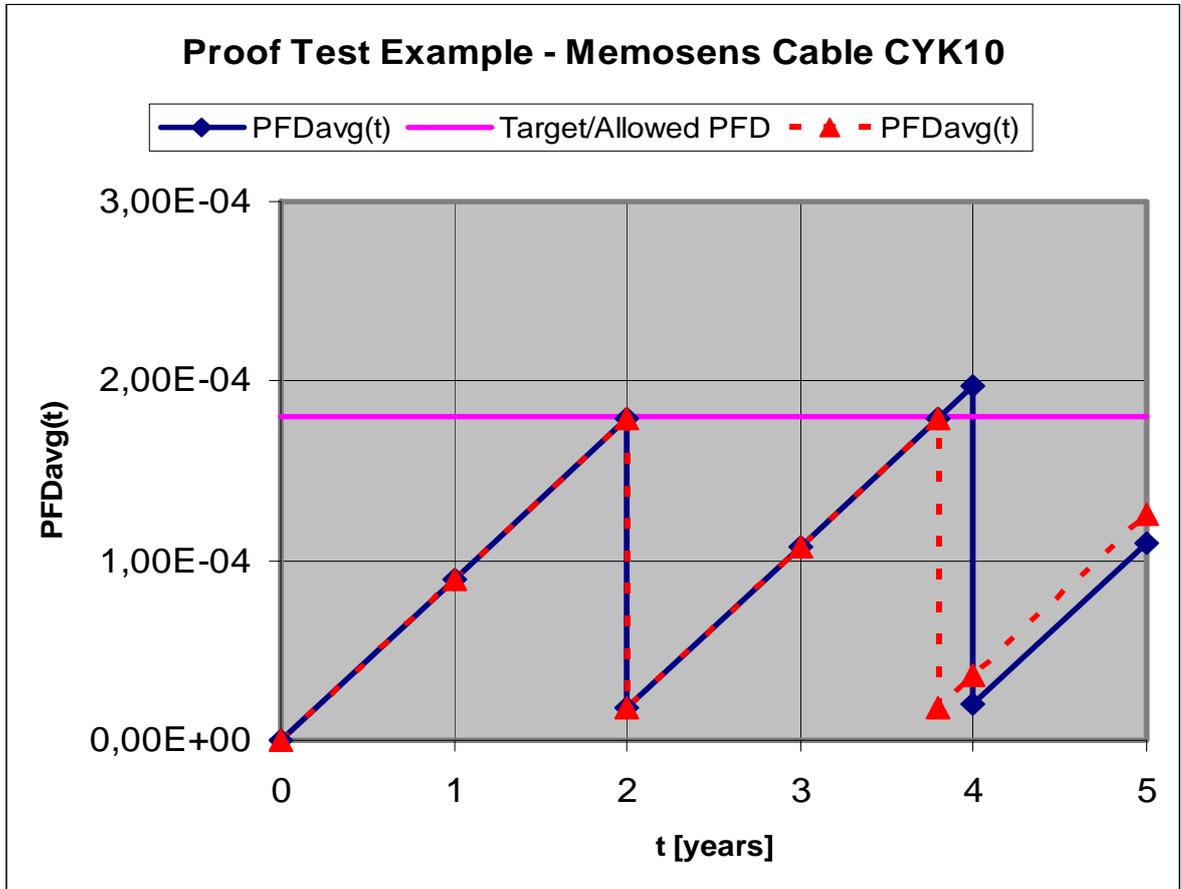
$$\text{Ermittlung von t, wobei } PFD_{avg}(t) = 1,80 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow 1,80 \times 10^{-4} = 0,18 \times 10^{-4} + 0,50 \times \lambda_{DU} \times t$$

$$\Rightarrow T \text{ in Jahren: } T = 0,9 \times 2,0 \text{ Jahre} = 1,8 \text{ Jahre} = 21,6 \text{ Monate}$$

Somit wird das Prüfintervall T nach der ersten "unvollständigen" Prüfung mit einem Fehleraufdeckungsgrad bei Wiederholungsprüfungen (Proof Test Coverage) von 90 % weniger als zwei Jahre betragen.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
 für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



Die gepunktete Linie zeigt den Wert $PFD_{avg}(t)$, wenn die Prüfung nach 2 Jahren und 21,6 Monaten durchgeführt wird. Die durchgezogene Linie zeigt den Wert, wenn die Prüfung nach 2 und nach 4 Jahren durchgeführt wird. Die gerade horizontale Linie zeigt den vom Kunden vorgegebenen Grenzwert für PFD_{avg} .

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

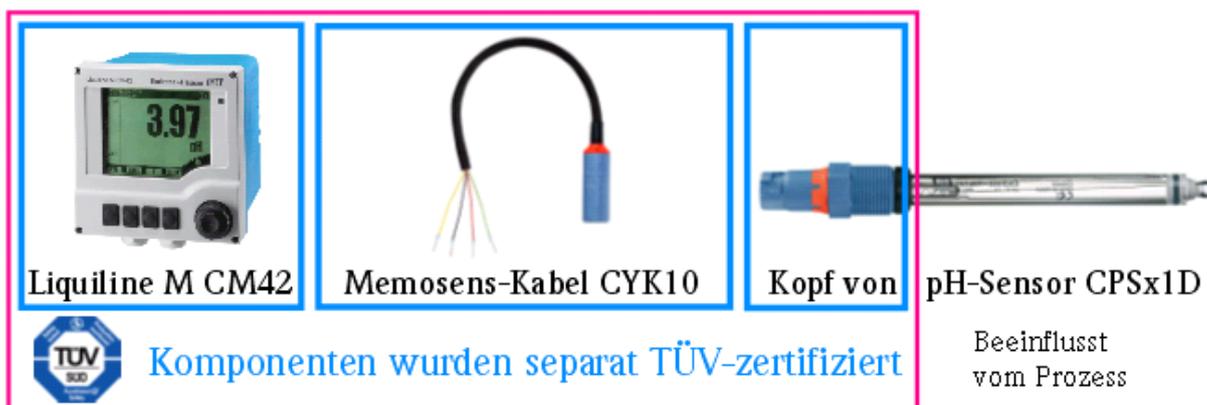
11.2 Beispiel für die Berechnung von PFD_{avg} für eine pH-Messstelle

Hinweis!

Das folgende Beispiel kann als Ergebnis für die Sicherheitsparameter der kompletten pH-SIL-Messkette von Endress+Hauser verwendet werden (siehe Tabelle am Ende des Kapitels).

In diesem Beispiel wird von einer Messstelle ausgegangen, die folgende Komponenten von Endress+Hauser umfasst:

1. Memosens pH-Glassensor, SIL
2. Memosens-Kabel CYK10, SIL
3. Memosens-Transmitter Liquiline M CM42, SIL



Die Messkette ist an ein PCS (z. B. eine SPS) angeschlossen, das seinerseits mit einer Art Aktor verbunden ist, um den sicheren Zustand zu aktivieren.

Sie können den PFD-Wert der gesamten Kette ($PFD_{avg} mc$; mc steht für Measuring Chain, d. h. Messkette) berechnen, indem Sie die einzelnen PFD-Werte aller Komponenten in der Kette addieren - das schließt auch das Kommunikationsprotokoll (hier das Memosens-Protokoll) ein:

$$\begin{aligned}
 PFD_{avg} mc &= PFD_{avg} \text{ Sensor} \\
 &+ PFD_{avg} \text{ Kabel} \\
 &+ PFD_{avg} \text{ Transmitter} \\
 &+ PFD_{avg} \text{ Memosens-Protokoll}
 \end{aligned}$$

Für ein vollständig aus Sicherheitsgeräten bestehendes System (Safety Instrumented System, SIS) erhalten Sie dann:

$$\begin{aligned}
 PFD_{avg} sis &= PFD_{avg} mc \\
 &+ PFD_{avg} \text{ PCS} \\
 &+ PFD_{avg} \text{ Aktor}
 \end{aligned}$$

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

So erhalten wir beispielsweise als Wert für die vollständige (nicht redundante) Endress+Hauser pH-Messkette, die zu Anfang dieses Abschnitts beschrieben wurde, folgendes Ergebnis (das Memosens-Protokoll wurde mit 1 % des PFD SIL2-Wertes = 1,0 E-4 berücksichtigt):

$$\mathbf{PFD_{avg} mc = 8,3 E-4 + 0,9 E-4 + 10,3 E-4 + 1,0 E-4 = 20,5 E-4}$$

(als Prüfintervall wird für alle Geräte 1 Jahr gewählt)

Gemäß IEC 61508 ist eine maximaler PFD_{avg} von 1E-2 erlaubt, um ein SIS nach SIL2 zu realisieren. Somit stimmt der gerade berechnete Wert zu rund 21% mit dem SIL2 PFD_{avg} -Wert überein. Das bedeutet, dass das PCS und die Aktoren die übrigen 79% des SIL2 PFD_{avg} -Wertes nutzen können.

Natürlich müssen Sie auch den in der IEC 61508 vorgegebenen Anteil ungefährlicher Ausfälle (SFF) berechnen und verwenden, um alle Anforderungen der Norm zu erfüllen.

Als Anteil ungefährlicher Ausfälle (SFF) dieser spezifischen Kette erhalten Sie:

SFF mc = 93,8 % mit

$SFF_{Sensor} = 92,3 \%$,

$SFF_{Kabel} = 90,4 \%$ und

$SFF_{Transmitter} = 94,8 \%$

Version: 2.3		Seite: 67 von 72
------------------------	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

Die folgende Tabelle führt die spezifischen Parameter der funktionalen Sicherheit für den Betrieb eines einkanaligen Gerätes auf:

Parameter gemäß IEC 61508	E+H Memosens pH-SIL- Messkette
Sicherheitsfunktion	1: pH-Grenzwertüberwachung 2: Messung des pH-Wertes 3+4: Sichere Kalibrierung und Abgleich
SIL	Hardware: 2, Software: 3 in homogener Redundanz: 3
HFT	0
Gerätetyp	B
Betriebsart	Low demand mode
SFF	93,8 %
MTTR (zur Berechnung von PFD verwendet)	8 h
T ₁ (Prüfintervall)	Empfohlen: 1 / 1 / 1 Jahr, (Sensor / Kabel / Transmitter)
λ _{SD}	688 FIT
λ _{SU}	1623 FIT
λ _{DD}	4473 FIT
λ _{DU}	447 FIT
λ _{Total} *1	7238 FIT
PFD _{avg} (für T ₁ = 1 / 1 / 1 Jahr) *4	19,6 × 10 ⁻⁴
PFH	4,5 × 10 ⁻⁷
MTBF *1	15 Jahre
Diagnose-Prüfintervall *2	< 60 min
Fehlerreaktionszeit *3	< 10 s
DC _D (Diagnostic Coverage Dangrous)	91 %

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

- *¹ Gemäß Siemens SN29500 bei 60 °C/100 °C - 140 °F/212 °F. MTBF berechnet als reziproker Wert von PFH/ λ_{Total} .
- *² Während dieser Zeit werden alle Diagnosefunktionen mindestens einmal vollständig ausgeführt.
- *³ Zeit zwischen Erkennung eines Ausfalls und Reaktion auf den Ausfall (hier handelt es sich um den Fehlerstrom).
- *⁴ Natürlich können Sie andere (z. B. längere) Prüfintervalle festlegen. Wählen Sie das für Ihre Anwendung geeignete Intervall.

Hinweis!

Diese Werte enthalten NICHT die PFD_{avg}/SFF-Werte des verwendeten Voters und des Sensorelementes, das Kontakt mit dem Medium hat. Ebenso berücksichtigen sie auch keine eventuellen Interaktionen des Mediums mit dem Sensorelement.

Version: 2.3		Seite: 69 von 72
------------------------	--	----------------------------

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit
für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL

History

Version	Changed by	Date of change	Change
2.0	Nentwich	21.02.2011	<ul style="list-style-type: none"> - Update of the graphics in chapters 2.3 + 7 - New: Graphic in chapter 4.4 - Text in chapter 7 - New: Declaration of Decontamination - LED deactivated in SIL device
2.1	Nentwich	18.06.2011 Not officially published	<ul style="list-style-type: none"> - SAP version number of FMIH1 added - Addition of TÜV certificate - Elinimnation of „Orbisint CPS11D“ - SIL3 for software, homogenous redundancy - Questions to describe an error
2.2	Nentwich	30.01.2012	<ul style="list-style-type: none"> - 1.3: valid device types updated - 2.2: “+/- 0,04” pH explained - 2.3: Reason for use of weather protection roof added
2.3	Nentwich	24.10.2012	<ul style="list-style-type: none"> -1.3: new: Projection of FMIH1 module Updated FBIH1 version

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Erklärung zur Kontamination und Reinigung

RA No.

Bitte geben Sie die von E+H mitgeteilte Rücklieferungsnummer (RA#) auf allen Lieferpapieren an, und vermerken Sie diese auch außen auf der Verpackung. Nichtbeachtung dieser Anweisung führt zur Ablehnung ihrer Lieferung.

Aufgrund der gesetzlichen Vorschriften und zum Schutz unserer Mitarbeiter und Betriebseinrichtungen, benötigen wir die unterschriebene "Erklärung zur Kontamination und Reinigung", bevor Ihr Auftrag bearbeitet werden kann. Bringen Sie diese unbedingt außen an der Verpackung an.

Geräte-/Sensortyp _____

Seriennummer _____

Einsatz als SIL Gerät in Schutzeinrichtungen

Prozessdaten

Temperatur _____ [°F] _____ [°C]
Leitfähigkeit _____ [µS/cm]

Druck _____ [psi] _____ [Pa]
Viskosität _____ [cp] _____ [mm²/s]

Warnhinweise zum Medium



	Medium /Konzentration	Identification CAS No.	entzündlich	giftig	ätzend	gesundheitsschädlich/reizend	sonstiges*	unbedenklich
Medium im Prozess								
Medium zur Prozessreinigung								
Medium zur Endreinigung								

* explosiv; brandfördernd; umweltgefährlich; biogefährlich; radioaktiv

Zutreffendes ankreuzen; trifft einer der Warnhinweise zu, Sicherheitsdatenblatt und ggf. spezielle Handhabungsvorschriften beilegen.

Fehlerbeschreibung _____

Angaben zum Absender

Firma _____	Telefon-Nr. Ansprechpartner _____
Adresse _____	Fax / E-Mail _____
_____	Ihre Auftragsnr. _____

"Wir bestätigen, die vorliegende Erklärung nach unserem besten Wissen wahrheitsgetreu und vollständig ausgefüllt zu haben. Wir bestätigen weiter, dass die zurückgesandten Teile sorgfältig gereinigt wurden und nach unserem besten Wissen frei von Rückständen in gefahrbringender Menge sind."

(Ort, Datum)

Name, Abt. (bitte Druckschrift)

Unterschrift

Alle Rechte vorbehalten. Das Kopieren dieses Dokuments und die Verwendung von Teilen aus diesem Dokument ist ohne schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht erlaubt.

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieses Dokumentes sowie Verwendung oder Offenlegung seines Inhaltes sind ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG nicht zulässig.

Handbuch zur Funktionalen Sicherheit für den Memosens-Transmitter Liquiline M CM42 SIL



71298903

Version: 2.3			Seite: 72 von 72
------------------------	--	--	----------------------------