

# Safety Manual

## VEGAPULS Serie 60

Zweileiter 4 ... 20 mA/HART

Vierleiter 4 ... 20 mA/HART



Document ID: 31338



**VEGA**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Funktionale Sicherheit .....</b>	<b>3</b>
1.1 Allgemein .....	3
1.2 Projektierung .....	5
1.3 Geräteparametrierung .....	7
1.4 Inbetriebnahme .....	8
1.5 Verhalten im Betrieb und bei Störungen .....	8
1.6 Wiederkehrender Funktionstest .....	8
1.7 Sicherheitstechnische Kennzahlen .....	9
<b>2 Anhang A: Wiederkehrender Funktionstest .....</b>	<b>12</b>
2.1 Voraussetzungen .....	12
2.2 Autorisiertes Personal .....	13
2.3 Erforderliche Hilfsmittel .....	13
2.4 Erforderliche Vergleichsdaten .....	13
2.5 Erforderliche Anlagensituation .....	13
2.6 Ablauf des wiederkehrenden Funktionstests .....	14
2.7 Funktionstest - Neustart des Sensors .....	15
2.8 Funktionstest - Verifikation des Stromausganges .....	16
2.9 Funktionstest - Verifikation der Geräteparameter .....	17
2.10 Verifikation der Echodaten .....	18
2.11 Funktionstest - Sensorreaktion auf Füllstandänderung .....	20
2.12 Ergebnis des wiederkehrenden Funktionstests .....	21
2.13 Prüfprotokoll - Wiederkehrender Funktionstest .....	21
<b>3 Anhang B: Prüfbericht .....</b>	<b>24</b>

# 1 Funktionale Sicherheit

## 1.1 Allgemein

### Geltungsbereich

Dieses Sicherheitshandbuch gilt für Messsysteme, bestehend aus dem Radarsensor VEGAPULS Serie 60 in den Ausführungen Zweileiter und Vierleiter 4 ... 20 mA/HART:

**VEGAPULS 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68**

Gültige Hardware- und Softwareversionen:

	Seriennummer der Elektronik	Sensorsoftware
VEGAPULS 61, 62, 63, 65, 66	> 13978716	ab Version 3.22 bis Version 3.90
VEGAPULS 61, 62, 63 mit erhöhter Empfindlichkeit	> 14165303	ab Version 3.25 bis Version 3.90
VEGAPULS 67, 68	> 14165303	ab Version 3.25 bis Version 3.90

### Anwendungsbereich

Das Messsystem kann zur Füllstandmessung von Flüssigkeiten und Schüttgütern, welche den besonderen Anforderungen der Sicherheitstechnik genügt, eingesetzt werden.

Aufgrund der Betriebsbewährtheit ist dies in einer einkanaligen Architektur bis SIL2 und in einer mehrkanaligen, diversitär redundanten Architektur bis SIL3 möglich.

Der Einsatz des Messsystems in einer mehrkanaligen, homogen redundanten Architektur ist ausgeschlossen.

### SIL-Konformität

Die SIL-Konformität wird durch die Nachweisdokumente im Anhang belegt.

### Abkürzungen, Begriffe

SIL	Safety Integrity Level
HFT	Hardware Fault Tolerance
SFF	Safe Failure Fraction
PF <sub>D avg</sub>	Average Probability of dangerous Failure on Demand
PFH	Probability of a dangerous Failure per Hour
FMEDA	Failure Mode, Effects and Diagnostics Analysis
$\lambda_{sd}$	Rate for safe detected failure
$\lambda_{su}$	Rate for safe undetected failure
$\lambda_{dd}$	Rate for dangerous detected failure
$\lambda_{du}$	Rate for dangerous undetected failure
DC <sub>S</sub>	Diagnostic Coverage of safe failures; $DC_S = \lambda_{sd}/(\lambda_{sd} + \lambda_{su})$
DC <sub>D</sub>	Diagnostic Coverage of dangerous failures; $DC_D = \lambda_{dd}/(\lambda_{dd} + \lambda_{du})$
FIT	Failure In Time (1 FIT = 1 failure/10 <sup>9</sup> h)

MTBF	Mean Time Between Failure
MTTF	Mean Time To Failure
MTTR	Mean Time To Repair

Weitere Abkürzungen und Begriffe sind in der IEC 61508-4 benannt.

**Relevante Normen**

- IEC 61508
  - Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- IEC 61511-1
  - Functional safety - safety instrumented systems for the process industry sector - Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements

**Sicherheitsanforderungen**

Ausfallgrenzwerte für eine Sicherheitsfunktion, abhängig von der SIL-Klasse (IEC 61508-1, 7.6.2)

Sicherheits-Integritäts-Level	Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate	Betriebsart mit hoher Anforderungsrate
SIL	PF <sub>D avg</sub>	PFH
4	$\geq 10^5 \dots < 10^4$	$\geq 10^{-9} \dots < 10^{-8}$
3	$\geq 10^4 \dots < 10^3$	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$
2	$\geq 10^3 \dots < 10^2$	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
1	$\geq 10^2 \dots < 10^1$	$\geq 10^{-6} \dots < 10^{-5}$

Sicherheitsintegrität der Hardware für sicherheitsbezogene Teilsysteme vom Typ B (IEC 61508-2, 7.4.3)

Anteil ungefährlicher Ausfälle	Fehlertoleranz der Hardware		
	HFT = 0	HFT = 1 (0)	HFT = 2
< 60 %	nicht erlaubt	SIL1	SIL2
60 % ... < 90 %	SIL1	SIL2	SIL3
90 % ... < 99 %	SIL2	SIL3	(SIL4)
$\geq 99 \%$	SIL3	(SIL4)	(SIL4)

**Betriebsbewährtheit**

Nach IEC 61511-1, Abschnitt 11.4.4 kann für betriebsbewährte Teilsysteme die Fehlertoleranz HFT um eins reduziert werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Das Gerät ist betriebsbewährt
- Am Gerät können nur prozessrelevante Parameter geändert werden (z. B. Messbereich, Stromausgang bei Störung ...)
- Die Veränderung dieser prozessrelevanten Parameter ist geschützt (z. B. Passwort, ...)
- Die Sicherheitsfunktion erfordert kleiner SIL4

Die Beurteilung des Änderungswesens war Bestandteil des Nachweises der Betriebsbewährtheit.

## 1.2 Projektierung

### Sicherheitsfunktion

Das Messsystem erzeugt an seinem Stromausgang ein dem Füllstand entsprechendes Signal zwischen 3,8 mA und 20,5 mA.

Dieses analoge Signal wird einer nachgeschalteten Auswerteinheit zugeführt, um folgende Zustände zu überwachen:

- Überschreiten eines vorgegebenen Füllstandes
- Unterschreiten eines vorgegebenen Füllstandes

Beim Erreichen des an der Auswerteinheit eingestellten Schaltpunktes wird ein Signal ausgegeben.

### Sicherer Zustand

Der sichere Zustand ist abhängig von der Betriebsart:

	Überwachung oberer Füllstand	Überwachung unterer Füllstand
Sicherer Zustand	Überschreiten des Schaltpunktes	Unterschreiten des Schaltpunktes
Ausgangsstrom im sicheren Zustand	> Schaltpunkt (-1 %)	< Schaltpunkt (+1 %)
Störstrom "fail low"	< 3,6 mA	< 3,6 mA
Störstrom "fail high"	> 21,5 mA	> 21,5 mA

Die Stromtoleranz  $\pm 1\%$  bezieht sich auf den vollen Messbereich von 16 mA.

### Fehlerbeschreibung

Ein ungefährlicher Ausfall (safe failure) liegt vor, wenn das Messsystem ohne Anforderung des Prozesses in den definierten sicheren Zustand oder in den Störmodus wechselt.

Erkennt das interne Diagnosesystem einen Fehler, so wechselt das Messsystem in den Störmodus.

Ein gefährlicher unentdeckter Ausfall (dangerous undetected failure) liegt vor, wenn das Messsystem bei einer Anforderung des Prozesses weder in den definierten sicheren Zustand, noch in den Störmodus wechselt.

### Konfiguration der Auswerteinheit

Liefert das Messsystem Ausgangsströme von "fail low" oder "fail high", so muss davon ausgegangen werden, dass eine Störung vorliegt.

Die Auswerteinheit muss deshalb solche Ströme als Störung interpretieren und eine geeignete Störmeldung ausgeben.

Ist dies nicht der Fall, so müssen die entsprechenden Anteile der Ausfallraten den gefährlichen Ausfällen zugeordnet werden. Somit können sich die genannten Zahlenwerte in Kapitel "Sicherheitstechnische Kennzahlen" verschlechtern.

Die Auswerteinheit muss dem SIL-Level der Messkette entsprechen.

### Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate

Beträgt die Anforderungsrate nicht mehr als einmal pro Jahr, so darf das Messsystem als sicherheitsrelevantes Teilsystem in der Betriebsart "low demand mode" eingesetzt werden (IEC 61508-4, 3.5.12).

Wenn das Verhältnis der internen Diagnostestrategie des Messsystems zur Anforderungsrate den Wert 100 überschreitet, kann das Messsystem so behandelt werden, als wenn es eine Sicherheitsfunktion in der Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate ausführt (IEC 61508-2, 7.4.3.2.5).

Zugehörige Kenngröße ist der Wert  $PFD_{avg}$  (average Probability of dangerous Failure on Demand). Der Wert ist abhängig vom Prüfintervall  $T_{Proof}$  zwischen den Funktionstests der Schutzfunktion.

Zahlenwerte siehe Kapitel "*Sicherheitstechnische Kennzahlen*".

### Betriebsart mit hoher Anforderungsrate

Trifft "*Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate*" nicht zu, so ist das Messsystem als sicherheitsrelevantes Teilsystem in der Betriebsart "*high demand mode*" einzusetzen (IEC 61508-4, 3.5.12).

Die Fehlertoleranzzeit des Gesamtsystems muss dabei größer sein als die Summe der Reaktionszeiten bzw. der Diagnostestdauern aller Komponenten der Sicherheitsmesskette.

Zugehörige Kenngröße ist der Wert PFH (Ausfallrate).

Zahlenwerte siehe Kapitel "*Sicherheitstechnische Kennzahlen*".

### Annahmen

Bei der Durchführung der FMEDA wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Ausfallraten sind konstant, Abnutzung der mechanischen Teile sind nicht betrachtet
- Ausfallraten von externen Stromversorgungen sind nicht mit einberechnet
- Mehrfachfehler sind nicht betrachtet
- Die mittlere Umgebungstemperatur während der Betriebszeit beträgt 40 °C (104 °F)
- Die Umweltbedingungen entsprechen einer durchschnittlichen industriellen Umgebung
- Die Gebrauchsdauer der Bauteile liegt im Bereich von 8 bis 12 Jahren (IEC 61508-2, 7.4.7.4, Anmerkung 3)
- Die Reparaturzeit (Austausch des Messsystems) nach einem ungefährlichen Ausfall beträgt acht Stunden (MTTR = 8 h)
- Die Auswerteinheit kann "*fail low*"- und "*fail high*"-Ausfälle als Störung interpretieren und eine geeignete Störmeldung ausgeben
- Vorhandene Kommunikationsschnittstellen (z. B. HART, I<sup>2</sup>C-Bus) werden nicht zur Übermittlung sicherheitsrelevanter Informationen benötigt

### Allgemeine Hinweise und Einschränkungen

Es ist auf einen anwendungsgemäßen Einsatz des Messsystems unter Berücksichtigung von Druck, Temperatur, Dichte, Dielektrizitätszahl und chemische Eigenschaften des Mediums zu achten.

Hinweise zu kritischen Prozess- und Behältersituationen sind in der Bedienanleitung beschrieben.

Die anwendungsspezifischen Grenzen sind einzuhalten. Die Spezifikationen der Betriebsanleitung dürfen nicht überschritten werden.

### 1.3 Geräteparametrierung

#### Bedientools

Da die Anlagenbedingungen Einfluss auf die Funktionssicherheit des Messsystems haben, sind die Geräteparameter entsprechend der Anwendung einzustellen.

Als Hilfsmittel hierfür sind zulässig:

- Der zum VEGAPULS passende DTM in Verbindung mit einer Bediensoftware nach dem FDT/DTM-Standard, z. B. PACTware
- Anzeige- und Bedienmodul



#### Hinweis:

Bitte beachten Sie, dass die DTM Collection 10/2005 oder eine neuere Version benutzt werden muss.

#### Messstelle einrichten

Wurde das Messsystem nicht speziell für den Einsatz in sicherheitsinstrumentierten Systemen (SIS) bestellt, so muss in der Bediensoftware in der Menüebene "*Grundstellung*" der Parameter "*Sensor nach SIL*" angewählt werden. Wird das Anzeige- und Bedienmodul verwendet, so muss in der Menüebene "*Service*" der Parameter "*SIL*" aktiviert werden.

#### Verhalten bei Störung

Die Parametrierung des Störstroms beeinflusst die sicherheitstechnischen Kennzahlen. Für sicherheitsrelevante Anwendungen sind deshalb nur folgende Störströme zulässig:

- fail low = < 3,6 mA (Defaultwert)
- fail high = 22 mA

#### Dämpfung des Ausgangssignals

Die Dämpfung des Ausgangssignals muss an die Prozesssicherheitszeit angepasst werden.

#### Unzulässige Betriebsarten

Die Messwertübertragung mittels HART-Signal, sowie die Betriebsart HART-Multidrop ist nicht zulässig.

#### Überprüfungsmöglichkeiten

Die Wirksamkeit der eingestellten Parameter muss in geeigneter Weise überprüft werden.

- Nach dem Anschluss des Gerätes springt am Ende der Einschaltphase das Ausgangssignal auf den eingestellten Störstrom
- In der Betriebsart "*Simulation*" kann der Signalstrom unabhängig vom aktuellen Füllstand simuliert werden

#### Zugangsverriegelung

Zum Schutz gegen ungewollte bzw. unbefugte Veränderungen müssen die eingestellten Parameter gegen unbeabsichtigten Zugriff geschützt werden:

- In der Bediensoftware den Passwortschutz aktivieren
- Am Anzeige- und Bedienmodul die PIN aktivieren

Der Zugang mittels HART-Handheld o. ä. ist nicht zulässig.

Der Schutz vor ungewollter bzw. unbefugter Bedienung kann zum Beispiel durch Versiegelung des Gehäusedeckels erfolgen.

**Vorsicht:**

Nach dem Rücksetzen der Werte durch einen Reset müssen alle Parameter überprüft bzw. neu eingestellt werden.

**1.4 Inbetriebnahme****Montage und Installation**

Es sind die Montage- und Installationshinweise der Betriebsanleitung zu beachten.

Im Rahmen der Inbetriebnahme wird empfohlen, anhand einer Erstbefüllung die Sicherheitsfunktion zu überprüfen.

**1.5 Verhalten im Betrieb und bei Störungen****Betrieb und Störung**

Die Einstellelemente bzw. Geräteparameter dürfen im Betrieb nicht verändert werden.

Bei Veränderungen im Betrieb sind die Sicherheitsfunktionen zu beachten.

Auftretende Störmeldungen sind in der Betriebsanleitung beschrieben.

Bei festgestellten Fehlern oder Störmeldungen muss das gesamte Messsystem außer Betrieb genommen und der Prozess durch andere Maßnahmen im sicheren Zustand gehalten werden.

Ein Austausch der Elektronik ist einfach möglich und in der Betriebsanleitung beschrieben. Dabei sind die Hinweise zur Parametrierung und Inbetriebnahme zu beachten.

Werden aufgrund eines festgestellten Fehlers die Elektronik oder der gesamte Sensor ausgetauscht, so ist dies dem Hersteller zu melden (inklusive einer Fehlerbeschreibung).

**1.6 Wiederkehrender Funktionstest****Begründung**

Der wiederkehrende Funktionstest dient dazu, die Sicherheitsfunktion zu überprüfen, um mögliche, nicht erkennbare gefährliche Fehler aufzudecken. Die Funktionsfähigkeit des Messsystems ist deshalb in angemessenen Zeitabständen zu prüfen. Es liegt in der Verantwortung des Betreibers, die Art der Überprüfung zu wählen. Die Zeitabstände richten sich nach dem in Anspruch genommenen PFD<sub>avg</sub>-Wert laut Tabelle und Diagramm im Abschnitt "*Sicherheitstechnische Kennzahlen*".

Bei hoher Anforderungsrate ist in der IEC 61508 kein wiederkehrender Funktionstest vorgesehen. Ein Nachweis der Funktionstüchtigkeit wird hier in der häufigeren Inanspruchnahme des Messsystems gesehen. In zweikanaligen Architekturen ist es jedoch sinnvoll, die Wirkung der Redundanz durch wiederkehrende Funktionstests in angemessenen Zeitabständen nachzuweisen.

**Durchführung**

Die Prüfung ist so durchzuführen, dass die einwandfreie Sicherheitsfunktion im Zusammenwirken aller Komponenten nachgewiesen wird. Dies ist bei einem Anfahren der Ansprechhöhe im Rahmen einer Befüllung gewährleistet. Wenn eine Befüllung bis zur Ansprechhöhe nicht praktikabel ist, so ist das Messsystem durch geeignete

Simulation des Füllstandes oder des physikalischen Messeffekts zum Ansprechen zu bringen.

Die bei den Tests verwendeten Methoden und Verfahren müssen benannt und deren Eignungsgrad spezifiziert werden. Die Prüfungen sind zu dokumentieren.

Verläuft der Funktionstest negativ, muss das gesamte Messsystem außer Betrieb genommen werden und der Prozess durch andere Maßnahmen im sicheren Zustand gehalten werden.

In einer mehrkanaligen Architektur gilt dies getrennt für jeden Kanal.

**Funktionstest ohne Prozessunterbrechung**

Alternativ zur oben angeführten Vorgehensweise kann der VEGA-PULS-Sensor auch ohne Unterbrechung des laufenden Prozesses wiederkehrend geprüft werden. Eine detaillierte Prüfanweisung mit Prüfprotokoll finden Sie im Anhang A dieses Safety Manuals.

**1.7 Sicherheitstechnische Kennzahlen**

**Grundlagen**

Die Ausfallraten der Elektronik, der mechanischen Teile des Messwertaufnehmers, sowie des Prozessanschlusses wurden durch eine FMEDA nach IEC 61508 ermittelt. Den Berechnungen sind Bauelementeausfallraten nach SN 29500 zugrunde gelegt. Alle Zahlenwerte beziehen sich auf eine mittlere Umgebungstemperatur während der Betriebszeit von 40 °C (104 °F).

Für eine höhere durchschnittliche Temperatur von 60 °C (140 °F) sollten die Ausfallraten erfahrungsgemäß mit einem Faktor von 2,5 multipliziert werden. Ein ähnlicher Faktor gilt, wenn häufige Temperaturschwankungen zu erwarten sind.

Die Berechnungen stützen sich weiterhin auf die in Kapitel "Projektierung" genannten Hinweise.

**Nutzungsdauer**

Nach 8 bis 12 Jahren werden sich die Ausfallraten der elektronischen Bauelemente vergrößern, wodurch sich die daraus abgeleiteten PFD- und PFH-Werte verschlechtern (IEC 61508-2, 7.4.7.4, Anmerkung 3).

**Ausfallraten**

Gilt für Überlaufschutz und Trockenlaufschutz:

$\lambda_{sd}$	0 FIT
$\lambda_{su}$	461 FIT
$\lambda_{dd}$	1129 FIT
$\lambda_{du}$	358 FIT
DC <sub>s</sub>	0 %
DC <sub>d</sub>	75 %
MTBF = MTTF + MTTR	0,45 x 10 <sup>6</sup> h

**Fehlerreaktionszeit**

VEGAPULS 61, 62, 63

E013 (kein Messwert vorhanden)	2 ... 20 min je nach Anwendung
E042/E043 (Hardwarefehler)	< 2 min

31338-DE-181129

E036/E037 (keine lauffähige Sensorsoftware)	< 25 h
---	--------

**VEGAPULS 65, 66**

E013 (kein Messwert vorhanden)	2 ... 8 min je nach Anwendung
E042/E043 (Hardwarefehler)	< 2 min
E036/E037 (keine lauffähige Sensorsoftware)	< 15 h

**VEGAPULS 68 und VEGAPULS 61, 62, 63 mit erhöhter Empfindlichkeit**

E013 (kein Messwert vorhanden)	2 ... 36 min je nach Anwendung
E042/E043 (Hardwarefehler)	< 4 min
E036/E037 (keine lauffähige Sensorsoftware)	< 80 h

**Einkanalige Architektur****Spezifische Kennzahlen**

SIL	SIL2
HFT	0
Gerätetyp	Typ B

Gilt für Überlaufschutz und Trockenlaufschutz:

<b>SFF</b>	81 %
<b>PFD<sub>avg</sub></b>	
$T_{\text{Proof}} = 1 \text{ Jahr}$	$< 0,157 \times 10^{-2}$
$T_{\text{Proof}} = 5 \text{ Jahre}$	$< 0,779 \times 10^{-2}$
<b>PFH</b>	$< 0,358 \times 10^{-6}/\text{h}$

**Zeitabhängiger Verlauf von PFD<sub>avg</sub>**

Der zeitliche Verlauf von PFD<sub>avg</sub> verhält sich im Zeitraum bis 10 Jahren annähernd linear zur Betriebszeit. Die oben genannten Werte gelten nur für das  $T_{\text{Proof}}$ -Intervall, nach dem ein wiederkehrender Funktionstest durchgeführt werden muss.

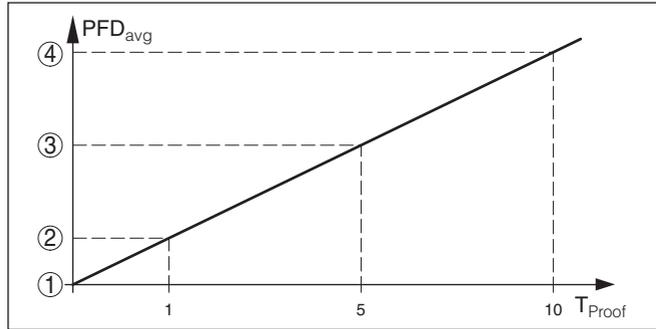


Abb. 1: Zeitabhängiger Verlauf von  $PFD_{avg}$  (Zahlenwerte siehe oben dargestellte Tabellen)

- 1  $PFD_{avg} = 0$
- 2  $PFD_{avg}$  nach 1 Jahr
- 3  $PFD_{avg}$  nach 5 Jahren
- 4  $PFD_{avg}$  nach 10 Jahren

### Mehrkanalige Architektur

#### Spezifische Kennzahlen

Wird das Messsystem in einer mehrkanaligen Architektur eingesetzt, so sind die sicherheitstechnischen Kennzahlen der gewählten Struktur der Messkette anhand der oben angegebenen Ausfallraten speziell für die gewählte Applikation zu berechnen.

Es ist ein geeigneter Common Cause Faktor zu berücksichtigen.

Das Messsystem darf nur in einer diversitär redundanten Architektur eingesetzt werden!

## 2 Anhang A: Wiederkehrender Funktionstest

### 2.1 Voraussetzungen

Mit der hier beschriebenen Vorgehensweise können Sie einen wiederkehrenden Funktionstest durchführen, auch ohne das Gerät auszubauen oder den Schaltpunkt mit Medium anzufahren.

Mit dieser Vorgehensweise werden 88 % bzw. 96 % aller gefährlichen, unentdeckten Gerätefehler ( $\lambda_{du}$ ) aufgedeckt.

#### Fehleraufdeckungsrate

$\lambda_{du}$  96 %

Wenn Sie bereits bei der Inbetriebnahme eine Sensordokumentation erstellt haben, können Sie den Sensor auf eine Aufdeckungsrate von 96 % aller gefährlichen, unentdeckten Fehler prüfen.

Die verbleibenden gefährlichen, unentdeckten Fehler betragen 11 FIT.

FIT = Failure In Time (1 FIT = 1 failure/10<sup>9</sup> h)



#### Hinweis:

Beachten Sie, dass auch eine nachträgliche Sensordokumentation möglich ist. Diese Sensordokumentation muss bei der Durchführung eines wiederkehrenden Funktionstests mindestens 6 Monate alt sein.

#### Fehleraufdeckungsrate

$\lambda_{du}$  88 %

Wenn Sie bei der Inbetriebnahme keine Sensordokumentation erstellt haben, können Sie den Sensor nur auf eine Aufdeckungsrate von 88 % aller gefährlichen, unentdeckten Fehler prüfen.

Die verbleibenden gefährlichen, unentdeckten Fehler betragen in diesem Fall 32 FIT.

FIT = Failure In Time (1 FIT = 1 failure/10<sup>9</sup> h)



Beachten Sie bei Ex-Anwendungen die Ex-spezifischen Sicherheitshinweise. Diese sind Bestandteil des Lieferumfangs und liegen jedem Gerät mit Ex-Zulassung bei.



#### Warnung:

Der wiederkehrende Funktionstest hat Auswirkungen auf angeschlossene Geräte. Beachten Sie, dass nachgeschaltete Geräte während des Testablaufs aktiviert werden.



#### Information:

Halten Sie die vorgegebene, empfohlene Reihenfolge dieser Anleitung ein, um eventuelle Gerätefehler systematisch einzugrenzen.



#### Information:

Dokumentieren Sie den wiederkehrenden Funktionstest z. B. im Prüfprotokoll im Anhang. Um das Protokollieren zu erleichtern und für weitere Funktionstests empfehlen wir, das leere Prüfprotokoll vor dem Ausfüllen zu kopieren.

Sie können diese Zusatzinformation auch in unserem Downloadbereich herunterladen.

**Information:**

Der wiederkehrende Funktionstest kann nicht die vorgeschriebene Prüfung nach WHG ersetzen.

## 2.2 Autorisiertes Personal

Sämtliche in dieser Betriebsanleitung beschriebenen Handhabungen dürfen nur durch ausgebildetes und vom Anlagenbetreiber autorisiertes Fachpersonal durchgeführt werden.

Bei Arbeiten am und mit dem Gerät ist immer die erforderliche persönliche Schutzausrüstung zu tragen.

## 2.3 Erforderliche Hilfsmittel

- Diese Prüfanweisung
- PACTware
- Aktuelle VEGA DTM Collection
- Geräte-DTM des entsprechenden Sensors (Bestandteil der VEGA DTM Collection)
- Kommunikations-DTM (Bestandteil der VEGA DTM Collection)
- Schnittstellenadapter VEGACONNECT
- Strommessgerät oder SPS bzw. Prozessleitsystem (Genauigkeit  $\leq \pm 0,2\%$ )
- Betriebsanleitung des Sensors
- Safety Manual

## 2.4 Erforderliche Vergleichsdaten

Zur Verifikation der Einstellungen müssen die Daten der Inbetriebnahme herangezogen werden.

Folgende Daten der Inbetriebnahme werden dazu benötigt:

- Sensordokumentation der Inbetriebnahme mit allen Parametern oder eine vor mindestens 6 Monaten erstellte Sensordokumentation
- Dokumentation aller Parameteränderungen seit der Inbetriebnahme

**Hinweis:**

Wenn die Sensordokumentation der Inbetriebnahme oder eine vor mindestens 6 Monaten erstellte Sensordokumentation nicht vorhanden ist, ist der hier beschriebene wiederkehrende Funktionstest ( $\lambda_{du}$  96 %) nicht in vollem Umfang durchführbar. In diesem Fall ist lediglich der Test auf eine Aufdeckungsrate von 88 % aller gefährlichen, unentdeckten Fehler möglich.

## 2.5 Erforderliche Anlagensituation

**Vorsicht:**

Stellen Sie sicher, dass an Ihrer Anlage während des wiederkehrenden Funktionstests keine wesentlichen prozessbedingten Veränderungen auftreten. Dazu gehört, dass der Behälter während der Prüfung nur minimal befüllt oder entleert wird. Beachten Sie, dass

auch Temperaturveränderungen, Rührwerke, laufende Reaktionen im Behälter etc. zu Änderungen des Füllstandes führen können.



### Information:

Dokumentieren Sie den wiederkehrenden Funktionstest z. B. im Prüfprotokoll im Anhang

Zur Durchführung des wiederkehrenden Funktionstests müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

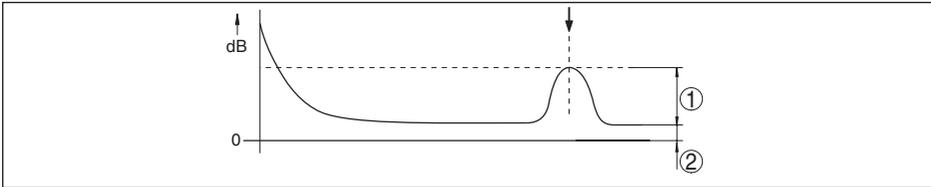


Abb. 2: Füllstandecho - VEGAPULS

- 1 Amplitude des Nutzechos über dem Rauschpegel (Signal-/Rauschverhältnis)
- 2 Rauschpegel

- Der Füllstand muss sich in folgenden Bereichen befinden:
  - Mindestdistanz zum Füllstand: Antennenunterkante +200 mm
  - Füllstand über dem Behälterboden  $\geq 250$  mm
  - Messsicherheit mindestens 20 dB (Amplitude des Nutzechos über dem Rauschpegel). Die Messsicherheit kann im Laufe des Tests verifiziert werden.
- Die Prozessbedingungen müssen möglichst konstant sein (Füllstand, Prozessdruck, Prozesstemperatur)
- Gleiches Medium wie bei der Inbetriebnahme bzw. das Medium muss zumindest der gleichen Produktgruppe angehören
  - Lösungsmittel/Flüssiggase/Kohlenwasserstoffe/Öle (DK-Wert < 3)
  - Chemische Gemische (DK-Wert 3 ... 10)
  - Wasserlösungen/Säuren/Basen (DK-Wert > 10 bzw. leitfähig)

## 2.6 Ablauf des wiederkehrenden Funktionstests

Führen Sie den wiederkehrenden Funktionstest in der folgenden Reihenfolge durch:

- 2.7 Neustart des Sensors
- 2.8 Verifikation des Stromausganges
- 2.9 Verifikation der Geräteparameter (nur mit Sensordokumentation)
- 2.10 Verifikation der Echodaten (nur mit Sensordokumentation)
- 2.11 Sensorreaktion auf Füllstandänderung



### Information:

Dokumentieren Sie den wiederkehrenden Funktionstest z. B. im Prüfprotokoll im Anhang

**Funktionstest nicht erfolgreich**

Wenn einer der Testpunkte nicht erfolgreich abgeschlossen werden kann, liegt vermutlich ein gefährlicher, unentdeckter Fehler vor. Der wiederkehrende Funktionstest ist damit fehlgeschlagen.

Der Nachweis der Funktionssicherheit kann in diesem Fall nur durch Anfahren des Schaltpunktes erfolgen.

**2.7 Funktionstest - Neustart des Sensors**

Mit diesem Testpunkt wird überprüft, ob der Sensor nach einem Neustart im Rahmen seiner vorgeschriebenen Mindestgenauigkeit noch denselben Wert ausgibt.

**Warnung:**

Der wiederkehrende Funktionstest hat Auswirkungen auf angeschlossene Geräte. Beachten Sie, dass nachgeschaltete Geräte während des Testablaufs aktiviert werden.

Führen Sie einen Neustart des Sensors durch. Gehen Sie dazu folgendermaßen vor:

**Vor dem Neustart**

1. Starten Sie PACTware und den zugehörigen Sensor-DTM.  
Stellen Sie sicher, dass die Bedingungen zur Anlagensituation eingehalten sind. Siehe "*Erforderliche Anlagensituation*".  
(Bereich des aktuellen Füllstandes oder der Messsicherheit mindestens 20 dB)
2. Stellen Sie die Anzeige auf "Strom".
3. Der Füllstand unterliegt anlagen- oder prozessbedingten Schwankungen. Beobachten Sie die angezeigten Stromwerte über einen angemessenen Zeitraum.  
Berücksichtigen Sie, dass am Sensor eventuell eine Dämpfung eingestellt ist.
4. Notieren Sie die oberen und unteren Grenzwerte des Messwertes.
5. Messen Sie den Ausgangsstrom des Sensors.  
Verwenden Sie dafür vorzugsweise die Anzeige des Eingangstromwertes im Auswertesystem.  
Falls Sie diese Möglichkeit nicht haben, schließen Sie ein Strommessgerät gemäß folgender Abbildung an.  
Sie benötigen das Strommessgerät für die Verifikation des Stromausganges im nächsten Testpunkt. Die Genauigkeit des Strommessgerätes sollte besser als 0,2 % sein. Wählen Sie den kleinsten Messbereich, der 4 ... 20 mA abdeckt.

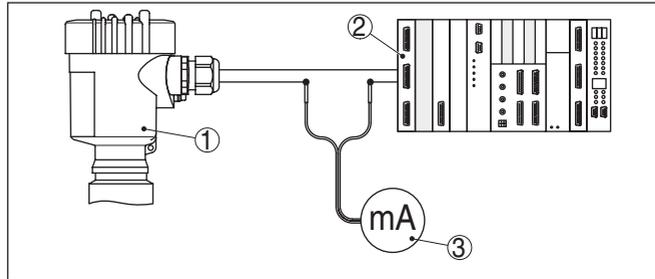


Abb. 3: Anschluss des Strommessgerätes

- 1 Füllstandssensor
- 2 Auswertesystem
- 3 Strommessgerät

6. Schalten Sie die Spannungsversorgung aus.
7. Schalten Sie die Spannungsversorgung nach ca. 10 s wieder ein.  
Falls die Software während oder nach dem Abschalten der Stromversorgung einen Kommunikationsfehler meldet, müssen Sie diesen quittieren.

Nach dem Anschluss des Sensors an die Spannungsversorgung bzw. nach Spannungswiederkehr führt das Gerät zunächst ca. 30 Sekunden lang einen Selbsttest durch:

- Interne Prüfung der Elektronik
- Ausgangssignal springt auf den eingestellten Störstrom

Danach wird der dem Füllstand entsprechende Strom auf die Leitung ausgegeben.

### Nach dem Wiedereinschalten

1. Der Füllstand unterliegt anlagen- oder prozessbedingten Schwankungen. Beobachten Sie die angezeigten Stromwerte über einen angemessenen Zeitraum.
2. Notieren Sie die oberen und unteren Grenzwerte des Messwertes.
3. Vergleichen Sie die aktuell notierten Stromwerte mit den zuvor notierten Werten.

Die beiden Werte müssen im Rahmen der Sicherheitstoleranz von  $\pm 2\%$  ( $\pm 0,32\text{ mA}$ ) übereinstimmen.

Wenn die beiden Differenzwerte innerhalb der Sicherheitstoleranz liegen, war der Test des Neustarts erfolgreich.

Fahren Sie mit dem nächsten Testpunkt fort.

## 2.8 Funktionstest - Verifikation des Stromausganges

In diesem Testpunkt simulieren Sie bestimmte Füllstandswerte über den Stromausgang. Damit können Sie das Verhalten des Sensors bei verschiedenen Stromausgangswerten und das Schaltverhalten testen.

**Warnung:**

Der wiederkehrende Funktionstest hat Auswirkungen auf angeschlossene Geräte. Beachten Sie, dass nachgeschaltete Geräte während des Testablaufs aktiviert werden.

**Simulation 4 mA**

1. Wählen Sie im DTM unter dem Menü "Service" den Menüpunkt "Simulation".
2. Wählen Sie "Strom" als Messgröße für die Simulation.
3. Aktivieren Sie die Simulation.
4. Stellen Sie den Simulationswert auf 4 mA.  
Beachten Sie, dass dabei nachgeschaltete Geräte aktiviert werden.
5. Übernehmen Sie den Simulationswert.  
Warten Sie ca. 30 s.  
Die Simulation läuft nun und es wird ein entsprechender Strom ausgegeben.
6. Notieren Sie den angezeigten Wert (4 mA-Simulation) des Strommessgerätes.  
Der Wert muss mit dem simulierten Wert im Rahmen der Sicherheitstoleranz von 2 % ( $\pm 0,32$  mA) übereinstimmen.

Wenn die beiden Werte übereinstimmen, fahren Sie mit der Simulation fort.

**Simulation 20 mA**

1. Stellen Sie den Simulationswert der laufenden Simulation auf 20 mA.  
Beachten Sie, dass dabei nachgeschaltete Geräte aktiviert werden.
2. Übernehmen Sie den Simulationswert.  
Warten Sie ca. 30 s.  
Die Simulation läuft nun und es wird ein entsprechender Strom ausgegeben.
3. Notieren Sie den angezeigten Wert (20 mA-Simulation) des Strommessgerätes.  
Der Wert muss mit dem simulierten Wert im Rahmen der Sicherheitstoleranz von 2 % ( $\pm 0,32$  mA) übereinstimmen.

Wenn die beiden Werte übereinstimmen, war die Verifikation des Stromausganges erfolgreich.

**Vorsicht:**

Deaktivieren Sie die Simulation.

Fahren Sie mit dem nächsten Testpunkt fort.

## 2.9 Funktionstest - Verifikation der Geräteparameter

**Hinweis:**

Für diesen Testpunkt benötigen Sie die Sensordokumentation der Inbetriebnahme oder die letzte Sensordokumentation (mindestens 6 Monate alt). Falls seither ein Parameter geändert wurde, benötigen

Sie auch das Protokoll oder die Sensordokumentation dieser Parameteränderung.

Wenn diese Sensordokumentation nicht vorhanden ist, ist der hier beschriebene wiederkehrende Funktionstest nicht in vollem Umfang durchführbar. In diesem Fall ist lediglich der Test mit einer Aufdeckungsrate von 88 % aller gefährlichen, unentdeckten Fehler möglich.

In diesem Fall fahren Sie mit dem Testpunkt "*Sensorreaktion auf Füllstandänderung*" fort oder erstellen eine aktuelle Sensordokumentation und führen den Funktionstest nach Ablauf von mindestens 6 Monaten durch. Die aktuelle Parametrierung ist in diesem Zusammenhang auf Richtigkeit zu überprüfen.

Direkt nach der Inbetriebnahme oder vor mindestens 6 Monaten wurde eine Sensordokumentation erstellt. Zur Beurteilung der Geräteparameter muss diese Sensordokumentation der Inbetriebnahme, die aktuelle Sensordokumentation nach der letzten Parameteränderung bzw. die vor 6 Monaten erstellte und geprüfte Sensordokumentation herangezogen werden.

### Aktuelle Sensordokumentation erstellen

Erstellen Sie jetzt eine Sensordokumentation mit den aktuellen Geräteparametern. Gehen Sie dazu folgendermaßen vor:

1. Wählen Sie im DTM die Funktion "Drucken".
2. Für die komplette Sensordokumentation wählen Sie alle Geräteparameter (ausgenommen Spezialparameter) aus.

Danach wird eine mehrseitige pdf-Dokumentation erzeugt, die alle relevanten Daten des Sensors enthält.

3. Speichern Sie dieses pdf-Dokument und drucken Sie es ggf. zur Sicherheit aus.
4. Vergleichen Sie die Geräteparameter dieser aktuellen Sensordokumentation mit der Sensordokumentation der Inbetriebnahme bzw. der letzten Parameteränderung.

Abweichende Parameter müssen dokumentiert, begründet und auf Richtigkeit geprüft werden.

Wenn die aktuelle Sensordokumentation mit der gespeicherten Sensordokumentation übereinstimmt oder die geänderten Parameter korrekt sind, war die Verifikation der Geräteparameter erfolgreich.

Fahren Sie mit dem nächsten Testpunkt fort.

## 2.10 Verifikation der Echodaten



### Hinweis:

Für diesen Testpunkt benötigen Sie die Sensordokumentation der Inbetriebnahme bzw. eine vor mindestens 6 Monaten erstellte Sensordokumentation.

Wenn keine dieser Sensordokumentationen vorhanden ist, ist der hier beschriebene wiederkehrende Funktionstest ( $\lambda_{\text{au}}$  96 %) nicht durchführbar.

Lediglich der Test auf eine Aufdeckungsrate von 88 % aller gefährlichen, unentdeckten Fehler ist möglich. In diesem Fall überspringen Sie diesen Testpunkt.

In diesem Fall fahren Sie mit dem Testpunkt "*Sensorreaktion auf Füllstandänderung*" fort.

Verwenden Sie zur Beurteilung des Füllstandechos wieder die beiden pdf-Dateien der Sensordokumentation.

Unter dem Kapitel "Echokurve" finden Sie eine kurze Tabelle der "Echodaten". Die Daten dieser Tabelle sind für die Beurteilung relevant.

Vergleichen Sie die Werte der beiden Echodatentabellen. Die Echokurve selbst ist nicht vergleichbar.

**Berechnung des Korrekturfaktors**

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Vergleichen Sie die Distanz [m] der beiden Füllstandechos (Aktuell/Inbetriebnahme).
2. Dividieren Sie die Distanz [m] des aktuellen Füllstands durch die Distanz [m] des Füllstandechos bei der Inbetriebnahme.

Runden Sie diesen Verhältniswert "V" mathematisch auf eine Nachkommastelle.

3. Suchen Sie in der folgenden Tabelle zum errechneten Verhältniswert "V" den zugehörigen Korrekturwert (dB).
4. Errechnen Sie mit dem Korrekturwert den korrigierten Wert der Amplitude.

Dieser korrigierte Wert der Amplitude [dB] des aktuellen Füllstandechos darf größer, aber nur max. 6 dB kleiner sein, als die Amplitude des Füllstandechos bei der Inbetriebnahme.

Verhältnis "V"	Korrekturwert (dB)
0,5	-6
0,6	-4,5
0,7	-3
0,8	-2
0,9	-1
1,0	-0
1,1	+0,8
1,2	+1,5
1,3	+2,3
1,4	+3
1,5	+3,5
1,6	+4
1,7	+4,6
1,8	+5
1,9	+5,6
2,0	+6

**Beispiel**

Bei der Inbetriebnahme hatte das Füllstandecho 32 dB. Die Distanz [m] zum Medium war 12,9 m.

Das aktuelle Füllstandecho hat 25 dB. Die Distanz [m] zum Medium ist 15,8 m.

Division der aktuellen Distanz [m] durch die Distanz [m] bei der Inbetriebnahme:  $15,8 \text{ m} : 12,9 \text{ m} = 1,224$

Mathematisch auf eine Nachkommastelle runden:  $1,224 \rightarrow 1,2$

Korrekturwert für den Verhältniswert (1,2): + 1,5

Berechnen des korrigierten Wertes der Amplitude:  
 $25 \text{ dB} + 1,5 = 26,5 \text{ dB}$

Das Ergebnis des Beispiels (26,5 dB) liegt damit innerhalb des zulässigen Toleranzbereichs von - 6 dB ( $32 \text{ dB} - 6 \text{ dB} = 26 \text{ dB}$ )

In diesem Beispiel wäre der Testpunkt damit erfolgreich erfüllt.

Folgende Kriterien müssen beim Vergleich der Echodaten übereinstimmen:

- Wenn vor dem Füllstandecho (größte Nutzechowahrscheinlichkeit) Störechos stehen, müssen diese eine Nutzechowahrscheinlichkeit von 0 % haben.
- Die Amplitude [dB] (mit Korrekturfaktor) des aktuellen Füllstandechos (größte Nutzechowahrscheinlichkeit) stimmt mit dem entsprechendem Wert des Füllstandechos aus der Inbetriebnahme überein (Toleranz max. -6 dB). Das heißt, das aktuelle Füllstandecho darf größer, aber nur max. 6 dB kleiner sein, als das Füllstandecho bei der Inbetriebnahme.

Wenn alle obigen Bedingungen erfüllt werden, arbeitet die Messung korrekt und die Verifikation der Echodaten war erfolgreich.

Fahren Sie mit dem nächsten Testpunkt fort.

## 2.11 Funktionstest - Sensorreaktion auf Füllstandänderung

Bei diesem Testpunkt beobachten Sie die Reaktion des Sensors während einer Füllstandänderung.

1. Stellen Sie die Anzeige im Sensor-DTM auf "Distanz".
2. Verändern Sie die Befüllung Ihres Behälters.  
 Dabei ist es unwichtig, ob Sie den Behälter befüllen oder entleeren.  
 Auch die Befüllgeschwindigkeit ist dabei nicht relevant.  
 Die Füllstandänderung muss mindestens 50 mm betragen.
3. Beobachten Sie dabei die Reaktion des Sensors.  
 Bewegt sich der Messwert [m(d)] bei Entleerung/Befüllung in die korrekte Richtung?  
 Der angezeigte Messwert (Distanz) ist die Distanz zwischen der Dichtfläche des Sensors und der Mediumoberfläche.
  - Bei Befüllung wird der Messwert kleiner.

- Bei Entleerung wird der Messwert größer.

Wenn sich der Füllstandwert analog zur Füllstandänderung verändert, arbeitet die Messung korrekt und die Beurteilung der Sensorreaktion war erfolgreich.

Wenn alle Funktionstests erfolgreich waren, ist der wiederkehrende Funktionstest damit abgeschlossen.



**Hinweis:**

Wenn Sie für den wiederkehrenden Funktionstest ein Strommessgerät verwendet haben, müssen Sie nach Abschluss des wiederkehrenden Funktionstest den Sensor abschalten und das Strommessgerät wieder aus der Sensorleitung entfernen.

## 2.12 Ergebnis des wiederkehrenden Funktionstests

**Funktionstest erfolgreich**

Wenn alle Testpunkte erfolgreich abgeschlossen werden konnten, war der wiederkehrende Funktionstest erfolgreich.

Erfüllte Testpunkte	
2.7 / 2.8 / 2.9 / 2.10 / 2.11	Fehlerrückmeldung $\lambda_{du}$ 96 %
2.7 / 2.8 / 2.11 (Sensordokumentation der Inbetriebnahme bzw. eine mind. 6 Monate alte Sensordokumentation liegt nicht vor)	Fehlerrückmeldung $\lambda_{du}$ 88 %

Die Prüfung muss regelmäßig wiederholt werden. Die Zeitabstände richten sich nach dem in Anspruch genommenen PFD<sub>avg</sub>-Wert gemäß den Angaben im Safety Manual (SIL).

**Funktionstest nicht erfolgreich**

Wenn einer der Testpunkte (2.7 / 2.8 / 2.11) nicht erfolgreich abgeschlossen werden konnte, liegt vermutlich ein gefährlicher, unentdeckter Fehler vor. Der wiederkehrende Funktionstest ist damit fehlgeschlagen.

Der Nachweis der Funktionssicherheit kann in diesem Fall nur durch Anfahren des Schalterpunktes erfolgen.

## 2.13 Prüfprotokoll - Wiederkehrender Funktionstest

Wenn Sie dieses Protokoll kopieren, notieren Sie auf jeder Seite das Datum des Funktionstest, die Messstelle und die Sensorseriennummer.

Vorgaben VEGAPULS	
Prüfer	
Messstellenname (Sensor-TAG)	
Sensortyp	
Seriennummer des Sensors	
Softwareversion	

31338-DE-181129

<b>Vorgaben VEGAPULS</b>	
Erforderliche Anlagensituation (gemäß Kapitel 2.5)	<input type="checkbox"/> eingehalten
Sicherheitsinstrumentiertes System (SIS)	<input type="checkbox"/> ja
SIL aktiviert	<input type="checkbox"/> ja
Medium bzw. Produktgruppe	
Datum der Inbetriebnahme (Sensordokumentation)	
Datum des letzten Funktionstests (falls erfolgt)	

<b>Test 2.7 - Neustart des Sensors</b>		
Messwert vor dem Abschalten	Stromwert min. in mA	Stromwert max. in mA
Messwert nach dem Wiedereinschalten	Stromwert min. in mA	Stromwert max. in mA
Differenz der Stromwerte	Stromwert min. in mA	Stromwert max. in mA
Dauer der Beobachtung in s		
Testergebnis	<input type="checkbox"/> Abweichung $\leq 2\%$	<input type="checkbox"/> Abweichung $> 2\%$
Min.- und Max.-Werte	(Testpunkt erfolgreich)	(Testpunkt nicht erfolgreich)

<b>Test 2.8 - Verifikation des Stromausganges</b>		
Unterer Simulationswert (4 mA)	Anzeige Strommessgerät in mA	
Zwischenergebnis $\leq 2\%$ ( $\leq 0,32$ mA)	<input type="checkbox"/> Stimmt überein	<input type="checkbox"/> Stimmt nicht überein
Oberer Simulationswert (20 mA)	Anzeige Strommessgerät in mA	
Zwischenergebnis $\leq 2\%$ ( $\leq 0,32$ mA)	<input type="checkbox"/> Stimmt überein	<input type="checkbox"/> Stimmt nicht überein
Testergebnis - Gesamt	<input type="checkbox"/> Stimmt überein	<input type="checkbox"/> Stimmt nicht überein

<b>Test 2.9 - Verifikation der Geräteparameter</b>		
<input type="checkbox"/> Sensordokumentation der Inbetriebnahme liegt vor oder <input type="checkbox"/> Sensordokumentation (mind. 6 Monate alt) liegt vor	Dateiname:	
	<input type="checkbox"/> Parameter stimmen überein	
	<input type="checkbox"/> Parameter stimmen nicht überein - jedoch auf Richtigkeit geprüft	Dateiname:
<input type="checkbox"/> Sensordokumentation der Inbetriebnahme liegt nicht vor	<input type="checkbox"/> Parameter stimmen nicht überein - Abweichung nicht akzeptabel	Dateiname:
	<input type="checkbox"/> Parameter auf Richtigkeit geprüft und gespeichert (Neuprüfung nach 6 Monaten erforderlich)	Dateiname:
Testergebnis	<input type="checkbox"/> Alle Parameter korrekt bzw. auf Richtigkeit geprüft	<input type="checkbox"/> Parameter nicht korrekt
	Prüfer:	

<b>Test 2.10 - Verifikation der Echodaten</b>		
Keine Störechos oder Echos mit Nutzechowahrscheinlichkeit 0 %	<input type="checkbox"/> Stimmt überein	<input type="checkbox"/> Stimmt nicht überein
Übereinstimmende Amplitude	<input type="checkbox"/> Im Toleranzbereich	<input type="checkbox"/> Nicht im Toleranzbereich
Testergebnis	<input type="checkbox"/> Stimmt überein	<input type="checkbox"/> Stimmt nicht überein

<b>Test 2.11 - Verifikation der Sensorreaktion</b>		
Verringerung des Füllstandes	<input type="checkbox"/> Distanzwert [m] steigt	<input type="checkbox"/> andere Reaktion
Erhöhung des Füllstandes	<input type="checkbox"/> Distanzwert [m] sinkt	<input type="checkbox"/> andere Reaktion
Testergebnis	<input type="checkbox"/> Übereinstimmende Sensorreaktion	<input type="checkbox"/> Sensorreaktion stimmt nicht überein

<b>● Zusammenfassung 96 % (<math>\lambda_{du}</math>)</b>		
	Datum	Unterschrift
Test 2.7 / 2.8 / 2.9 / 2.10 / 2.11	<input type="checkbox"/> Alle fünf Testpunkte bestanden	<input type="checkbox"/> Ein oder mehrere Testpunkte nicht bestanden

<b>● Zusammenfassung 88 % (<math>\lambda_{du}</math>)</b>		
	Datum	Unterschrift
Test 2.7 / 2.8 / 2.11	<input type="checkbox"/> Alle drei Testpunkte bestanden	<input type="checkbox"/> Ein oder mehrere Testpunkte nicht bestanden

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_

---

## **3 Anhang B: Prüfbericht**



## **FMEDA and Proven-in-use Assessment**

Project:

Radar Transmitters VEGAPULS 60  
for level measurement of liquids and solids

Customer:

VEGA Grieshaber KG  
Schiltach  
Germany

Contract No.: VEGA 04/08-03

Report No.: VEGA 04/08-03 R008

Version V3, Revision R1.0, June 2006

Stephan Aschenbrenner

The document was prepared using best effort. The authors make no warranty of any kind and shall not be liable in any event for incidental or consequential damages in connection with the application of the document.  
© All rights on the format of this technical report reserved.



## Management summary

This report summarizes the results of the hardware assessment with proven-in-use consideration according to IEC 61508 / IEC 61511 carried out on the radar transmitters VEGAPULS 60 with 4..20 mA HART® output and software version Rev. 3.32. The devices manufactured in the USA by the Ohmart / VEGA Corporation carry the same name and are identically constructed under comparable quality aspects. Table 1 gives an overview of the different types that belong to the considered radar transmitters VEGAPULS 60.

The hardware assessment consists of a Failure Modes, Effects and Diagnostics Analysis (FMEDA). A FMEDA is one of the steps taken to achieve functional safety assessment of a device per IEC 61508. From the FMEDA, failure rates are determined and consequently the Safe Failure Fraction (SFF) is calculated for the device. For full assessment purposes all requirements of IEC 61508 must be considered.

Table 1: Version overview

(K-Band ~26GHz)		(C-Band ~6,3GHz)	
VEGAPULS 61	horn antenna – PVDF - enclosed	VEGAPULS 65	rod antenna
VEGAPULS 62	horn antenna / parabolic antenna	VEGAPULS 66	with or without horn antenna
VEGAPULS 62	standpipe	VEGAPULS 66 (HT)	with or without horn antenna (high temperature version)
VEGAPULS 63	horn antenna – PTFE - enclosed (flush mounted with flange)		
VEGAPULS 68	horn antenna / parabolic antenna – for bulk solids		

For safety applications only the 4..20 mA output was considered. All other possible output variants or electronics are not covered by this report. The different devices can be equipped with or without display.

The failure rates used in this analysis are the basic failure rates from the Siemens standard SN 29500.

According to table 2 of IEC 61508-1 the average PFD for systems operating in low demand mode has to be  $\geq 10^{-3}$  to  $< 10^{-2}$  for SIL 2 safety functions. A generally accepted distribution of PFD<sub>AVG</sub> values of a SIF over the sensor part, logic solver part, and final element part assumes that 35% of the total SIF PFD<sub>AVG</sub> value is caused by the sensor part.

For a SIL 2 application operating in low demand mode the total PFD<sub>AVG</sub> value of the SIF should be smaller than 1,00E-02, hence the maximum allowable PFD<sub>AVG</sub> value for the sensor part would then be 3,50E-03.

The radar transmitters VEGAPULS 60 are considered to be Type B<sup>1</sup> components with a hardware fault tolerance of 0.

Type B components with a SFF of 60% to < 90% must have a hardware fault tolerance of 1 according to table 3 of IEC 61508-2 for SIL 2 (sub-) systems.

<sup>1</sup> Type B component: "Complex" component (using micro controllers or programmable logic); for details see 7.4.3.1.3 of IEC 61508-2.



As the radar transmitters VEGAPULS 60 are supposed to be proven-in-use devices, an assessment of the hardware with additional proven-in-use demonstration for the radar transmitters and their software was carried out. Therefore according to the requirements of IEC 61511-1 First Edition 2003-01 section 11.4.4 and the assessment described in section 5.6 a hardware fault tolerance of 0 is sufficient for SIL 2 (sub-) systems being Type B components and having a SFF of 60% to < 90%.

VEGA did a qualitative analysis of the mechanical parts of the radar transmitters VEGAPULS 60 (see [D11]). This analysis was used by *exida* to calculate the failure rates of the sensor elements using different failure rate databases ([N6], [N7], [N8] and *exida*'s experienced-based data compilation) for the different components of the sensor elements (see [R2] to [R9]). The results of the quantitative analysis were used for the calculations described in sections 5.2 to 5.7.

Assuming that the application program in the safety logic solver is configured to detect under-range and over-range failures and does not automatically trip on these failures, these failures have been classified as dangerous detected failures. The following tables show how the above stated requirements are fulfilled.

**Table 2: Summary for the worst case version – Failure rates**

Failure category	Failure rates (in FIT)
Fail Dangerous Detected	<b>1129</b>
Fail detected (internal diagnostics or indirectly) = $\lambda_{su} + \lambda_{dd}$	462
Fail low (detectable by the logic solver)	639
Fail High (detectable by the logic solver)	28
Fail Dangerous Undetected	<b>358</b>
No Effect	<b>409</b>
Annunciation Undetected	<b>52</b>
Not part	<b>295</b>
MTBF = MTTF + MTTR	51 years

**Table 3: Summary for the worst case version – IEC 61508 Failure rates**

$\lambda_{SD}$	$\lambda_{SU}^2$	$\lambda_{DD}$	$\lambda_{DU}$	SFF	DC <sub>S</sub> <sup>3</sup>	DC <sub>D</sub> <sup>3</sup>
0 FIT	461 FIT	1129 FIT	358 FIT	81%	0%	75%

**Table 4: Summary for the worst case version – PFD<sub>AVG</sub> values**

T[Proof] = 1 year	T[Proof] = 5 years	T[Proof] = 10 years
PFD <sub>AVG</sub> = 1,57E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 7,79E-03	PFD <sub>AVG</sub> = 1,55E-02

<sup>2</sup> Note that the SU category includes failures that do not cause a spurious trip

<sup>3</sup> DC means the diagnostic coverage (safe or dangerous) for the radar transmitters VEGAPULS 60 by the safety logic solver.



The boxes marked in yellow (  ) mean that the calculated  $PFD_{AVG}$  values are within the allowed range for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1 but do not fulfill the requirement to not claim more than 35% of this range, i.e. to be better than or equal to  $3,50E-03$ . The boxes marked in green (  ) mean that the calculated  $PFD_{AVG}$  values are within the allowed range for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1 and do fulfill the requirement to not claim more than 35% of this range, i.e. to be better than or equal to  $3,50E-03$ . The boxes marked in red (  ) mean that the calculated  $PFD_{AVG}$  values do not fulfill the requirements for SIL 2 according to table 2 of IEC 61508-1.

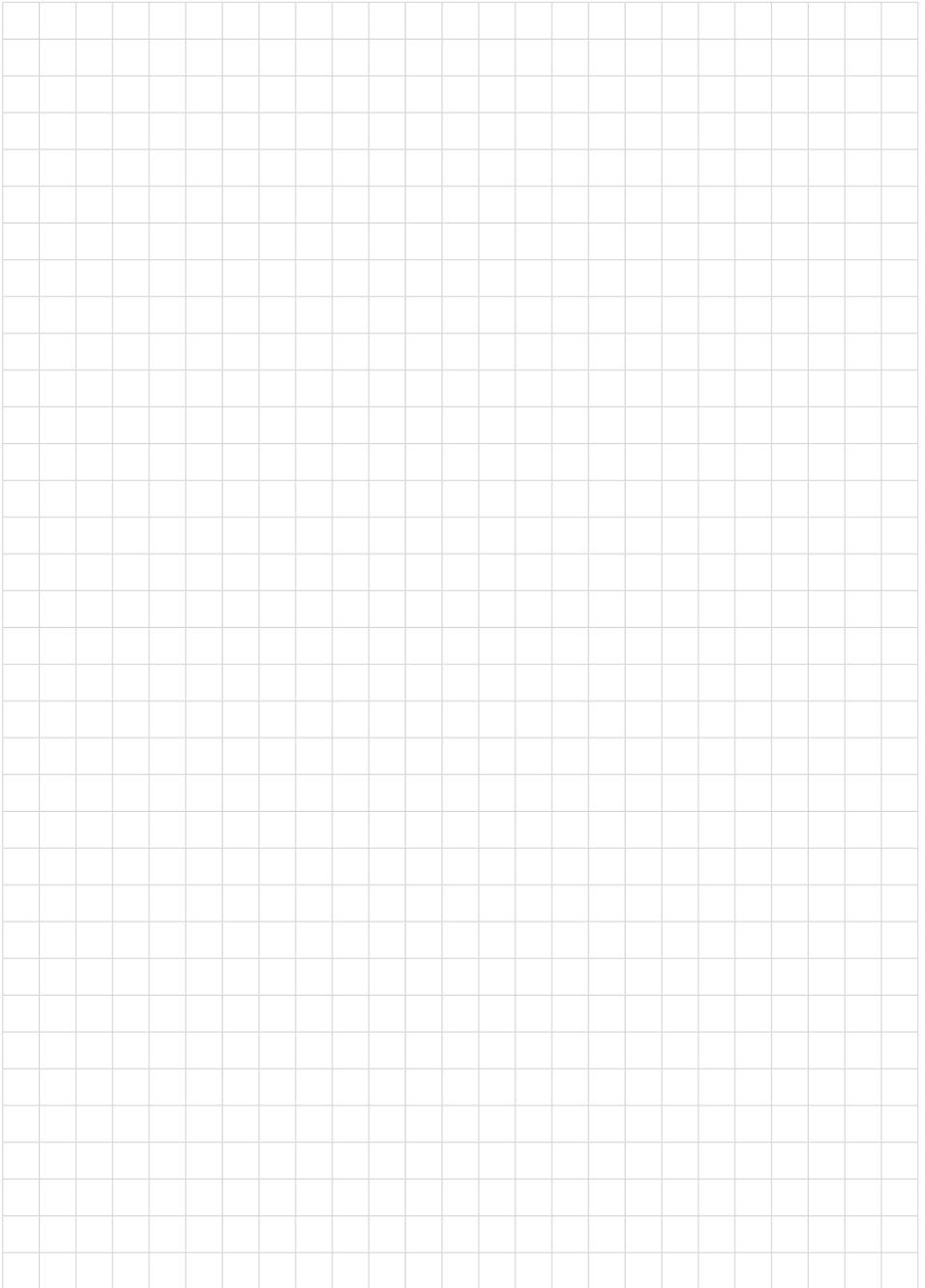
The failure rates listed above do not include failures resulting from incorrect use of the radar transmitters VEGAPULS 60, in particular humidity entering through incompletely closed housings or inadequate cable feeding through the inlets.

The listed failure rates are valid for operating stress conditions typical of an industrial field environment similar to IEC 60654-1 class C (sheltered location) with an average temperature over a long period of time of  $40^{\circ}C$ . For a higher average temperature of  $60^{\circ}C$ , the failure rates should be multiplied with an experience based factor of 2.5. A similar multiplier should be used if frequent temperature fluctuation must be assumed.

A user of the radar transmitters VEGAPULS 60 can utilize these failure rates in a probabilistic model of a safety instrumented function (SIF) to determine suitability in part for safety instrumented system (SIS) usage in a particular safety integrity level (SIL). A full table of failure rates for different operating conditions is presented in sections 5.2 to 5.7 along with all assumptions.

It is important to realize that the "no effect" failures and the "annunciation" failures are included in the "safe undetected" failure category according to IEC 61508. Note that these failures on its own will not affect system reliability or safety, and should not be included in spurious trip calculations.

The failure rates are valid for the useful life of the radar transmitters VEGAPULS 60 (see Appendix 3).





31338-DE-181129



Druckdatum:

**VEGA**

Die Angaben über Lieferumfang, Anwendung, Einsatz und Betriebsbedingungen der Sensoren und Auswertsysteme entsprechen den zum Zeitpunkt der Drucklegung vorhandenen Kenntnissen.  
Änderungen vorbehalten

© VEGA Grieshaber KG, Schiltach/Germany 2018



31338-DE-181129

VEGA Grieshaber KG  
Am Hohenstein 113  
77761 Schiltach  
Deutschland

Telefon +49 7836 50-0  
Fax +49 7836 50-201  
E-Mail: [info.de@vega.com](mailto:info.de@vega.com)  
[www.vega.com](http://www.vega.com)