

## GEMÜ 534

Pneumatisch betätigtes Geradsitzventil  
Pneumatically operated globe valve

DE **SIL-Sicherheitshandbuch**

EN **SIL Safety Manual**



Alle Rechte, wie Urheberrechte oder gewerbliche Schutzrechte, werden ausdrücklich vorbehalten.  
All rights including copyrights or industrial property rights are expressly reserved.

Dokument zum künftigen Nachschlagen aufbewahren.  
Keep the document for future reference.

© GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG  
21.02.2022

---

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1 Allgemeine Informationen .....</b>	<b>4</b>
1.1 Begriffsbestimmungen .....	4
1.2 Abkürzungen .....	5
<b>2 Normen / verwendete Literatur .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Funktionsbeschreibung .....</b>	<b>5</b>
3.1 Sicherheitsfunktion .....	5
<b>4 Beschreibung der Diagnosemöglichkeiten .....</b>	<b>6</b>
4.1 Teilhubtest (PVST) .....	6
4.2 Vollhubtest (FVST) .....	6
<b>5 Annahmen .....</b>	<b>7</b>
<b>6 exida-Profile .....</b>	<b>8</b>
<b>7 Durch die Luftqualität bedingte Ausfälle .....</b>	<b>9</b>
<b>8 SIL-Ausfallratenberechnung GEMÜ 534 .....</b>	<b>10</b>
<b>9 SIL-Ausfallratenberechnung GEMÜ 534 mit GEMÜ 032x .....</b>	<b>12</b>

## 1 Allgemeine Informationen

Das Sicherheitshandbuch enthält Informationen und Sicherheitshinweise, die für den Einsatz der Sitzventile in sicherheitsbezogenen Anwendungen gelten.

Das Sicherheitshandbuch gilt nur in Verbindung mit den jeweiligen Montage-, Betriebs- und Wartungsanleitungen.

Bezeichnung	Artikelnummer
ba_534_de_gb	88329593

Wenn das Sitzventil mit einem Vorsteuer-Magnetventil GEMÜ 032x kombiniert wird, sind auch die folgenden Dokumente zu beachten:

Bezeichnung	Artikelnummer
ba_0322_de_gb	88660035
ba_0324_de_gb	88660062
ba_0326_de_gb	88660095
sh_0322_SIL_de_gb	-
sh_0324_SIL_de_gb	-
sh_0326_SIL_de_gb	-

### 1.1 Begriffsbestimmungen

#### Fehlersicherer Zustand

Der ausfallsichere Zustand ist als der Zustand definiert, in dem das Ventil die Sicherheitsfunktion in die Stellung ZU (bei Steuerfunktion 1) oder Stellung AUF (bei Steuerfunktion 2) ausführt.

#### Vollhub

Zustand, in dem das Ventil geschlossen ist.

#### Dichte Abschaltung

Zustand, in dem das Ventil geschlossen ist und so gut abdichtet, dass die Leckage nicht größer als die definierte Leckrate ist. Anforderungen bezüglich einer dichten Abschaltung müssen anwendungsspezifisch festgelegt werden. Wenn die Abschaltanforderungen einen größeren Durchfluss als ANSI Klasse V bzw. ANSI Klasse IV zulassen, können die Zahlen für Vollhub verwendet werden.

#### Sicherer Ausfall

Ein sicherer Ausfall („S“ für „safe“) ist definiert als Ausfall, der bei der Umsetzung der Sicherheitsfunktion eine Rolle spielt und der:

- dazu führt, dass die unerwünschte Arbeitsweise der Sicherheitsfunktion das EUC („Equipment Under Control“) (oder einen Teil davon) in einen sicheren Zustand versetzt oder einen sicheren Zustand aufrechterhält; oder
- die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass die unerwünschte Funktionsweise der Sicherheitsfunktion das EUC (oder einen Teil davon) in einen sicheren Zustand versetzt oder einen sicheren Zustand aufrechterhält.

#### Gefahrbringender Ausfall

Ein gefahrbringender Ausfall („D“ für „dangerous“) ist definiert als Ausfall, der bei der Umsetzung der Sicherheitsfunktion eine Rolle spielt und der:

- verhindert, dass eine Sicherheitsfunktion bei Anforderung wirksam wird (Bedarfsbetrieb), oder der dazu führt, dass eine Sicherheitsfunktion ausfällt (Dauerbetrieb), sodass das EUC in einen gefährlichen oder potenziell gefährlichen Zustand versetzt wird; oder
- die Wahrscheinlichkeit verringert, dass die Sicherheitsfunktion bei Anforderung ordnungsgemäß arbeitet.

#### Gefahrbringend nicht erkannt

Ein Ausfall, der gefahrbringend ist und nicht diagnostiziert wird.

#### Gefahrbringend erkannt

Ein Ausfall, der gefahrbringend ist, jedoch durch externe Prüfungen erkannt wird.

#### Ohne Wirkung

Ausfallmodus einer Komponente, die bei der Umsetzung der Sicherheitsfunktion eine Rolle spielt, wobei es sich jedoch weder um einen sicheren Ausfall noch um einen gefahrbringenden Ausfall handelt.

#### Freisetzung nach außen

Ausfall, der dazu führt, dass Prozessmedien aus dem Ventil nach außen freigesetzt werden; eine Freisetzung nach außen wird nicht als Teil der Sicherheitsfunktion betrachtet. Die Ausfallraten mit Freisetzung nach außen finden keinen direkten Eingang in die Zuverlässigkeit eines Ventils, sie sollten jedoch im Hinblick auf sekundäre Sicherheits- und Umweltaspekte geprüft werden.

#### Betrieb mit geringer Beanspruchung

Betriebsart, in der die Sicherheitsfunktion nur auf Anforderung ausgeführt wird, um das EUC in einen festgelegten sicheren Zustand zu versetzen, und bei der die Häufigkeit der Anforderung nicht größer ist als einmal pro Jahr.

#### Teilhubtest

Es wird davon ausgegangen, dass der Teilhubtest, sofern durchgeführt, mindestens um eine Größenordnung häufiger durchgeführt wird als der Proof-Test; deshalb kann der Test als automatische Diagnose betrachtet werden. Aufgrund der Betrachtung als automatische Diagnose hat der Teilhubtest auch Auswirkungen auf den Anteil sicherer Ausfälle.

#### Anteil sicherer Ausfälle

Der Anteil sicherer Ausfälle fasst den Anteil an Ausfällen zusammen, die zu einem sicheren Zustand führen, sowie den Anteil an Ausfällen, die durch Diagnosemaßnahmen erkannt werden und zu einer definierten Sicherheitsaktion führen.

#### Typ-A-Element

„Nicht komplexes“ Element (alle Fehlermöglichkeiten sind klar definiert); Einzelheiten siehe unter 7.4.4.1.2 von IEC 61508-2

## 1.2 Abkürzungen

### DC

„Diagnostic Coverage“: Der Diagnosedeckungsgrad gefährlicher Ausfälle ( $DC = \lambda_{dd} / (\lambda_{dd} + \lambda_{du})$ )

### FIT

„Failure in Time“: Ausfallrate ( $1 \times 10^{-9}$  Ausfälle pro Stunde)

### FMEDA

„Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis“: Fehlermöglichkeits-, Einfluss- und Diagnoseanalyse

### HFT

„Hardware Fault Tolerance“: Hardware-Fehlertoleranz

### MTBF

„Mean Time Between Failures“: mittlerer Ausfallabstand

### MTTR

„Mean Time To Restoration“: mittlere Reparaturzeit

### PFD<sub>AVG</sub>

„Average Probability of Failure on Demand“: durchschnittliche Ausfallwahrscheinlichkeit bei Anforderung

### PVST

„Partial Valve Stroke Test“: Teilhubtest

### SFF

„Safe Failure Fraction“: Verhältnis sichere Ausfälle zu gefahrbringenden Ausfällen

### SIF

„Safety Instrumented Function“: sicherheitstechnische Funktion

### SIL

„Safety Integrity Level“: Sicherheitsintegritätslevel

### TSO

„Tight Shut-Off“: dichte Abschaltung

### T [Proof]

Zeitabstand zwischen Proof-Tests

## 2 Normen / verwendete Literatur

Die von der Prüforganisation exida erbrachten Leistungen wurden auf der Grundlage der folgenden Normen / Literatur durchgeführt:

IEC 61508-2:2010	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme
Mechanical Component Reliability Handbook, 3. Auflage, 2012	exida LLC, Mechanical Component Reliability Handbook, dritte Auflage, 2012, ISBN 978-1-934977-05-7
IEC 60654-1:1993-02, Ausgabe 2	Leittechnische Einrichtungen für industrielle Prozesse; Umgebungsbedingungen; Teil 1: Klimatische Einflüsse
ISA-TR96.05.01-200_; Version B vom Februar 2006	Entwurf des technischen Berichts „Partial Stroke Testing For Block Valve Actuators in Safety Instrumented Systems Applications“
Final Elements, Chris O'Brien & Lindsey Bredmeyer, 2009	exida LLC, Final Elements & the IEC 61508 and IEC 61511 Functional Safety Standards, 2009, ISBN 978-1-9934977-01-9

## 3 Funktionsbeschreibung

Das pneumatisch betätigte 2/2-Wege-Ventil GEMÜ 534 ist ein Geradsitzventil in Metallausführung mit einem Körper in Durchgangsform und einem Kolbenantrieb.

Die Ventilkörper und Sitzdichtungen sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich.

Die Abdichtung der Ventilschnecke erfolgt über eine selbstnachstellende Stopfbuchspackung; dadurch ist auch nach langer Betriebszeit eine wartungsarme und zuverlässige Ventilschneckeabdichtung gegeben. Der Abstreifring vor der Stopfbuchspackung schützt diese vor Verschmutzung und Beschädigung.

Das Sitzventil kann als Typ-A-Element mit einer Hardware-Fehlertoleranz von 0 betrachtet werden.

### 3.1 Sicherheitsfunktion

Der ausfallsichere Zustand ist als der Zustand definiert, in dem das Ventil die Sicherheitsfunktion in die Stellung ZU (bei Steuerfunktion 1) oder Stellung AUF (bei Steuerfunktion 2) ausführt.

## 4 Beschreibung der Diagnosemöglichkeiten

### 4.1 Teilhubtest (PVST)

Teilhubtest („Part Valve Stroke Testing“, PVST) bezeichnet die Betätigung des Antriebs / Ventils über einen Teil seines gesamten Hubbereichs. Durch diesen kurzen Arbeitshub wird geprüft, dass der Antrieb / das Ventil nicht in der Betriebsstellung festsetzt. Der begrenzte Hub des Antriebs / Ventils soll so kurz sein, dass er den Arbeitsablauf des Systems nicht stört. Der Zweck des PVST besteht darin, eine diagnostische Kontrolle der SIF-Funktion bereitzustellen. Eine mögliche Testanordnung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Teilhubtests werden mit einer mindestens zehn mal höheren Rate durchgeführt als der erwarteten Anforderungsrate. Für Sicherheitsfunktionen gemäß SIL 2 muss der Teilhubtest mindestens die Anforderungen von SIL 1 erfüllen.

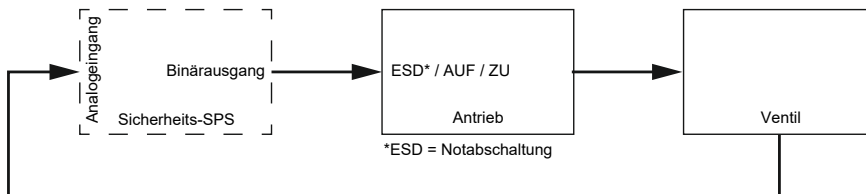


Abb. 1: Mögliche Testanordnung

### 4.2 Vollhubtest (FVST)

Vollhubtests („Full Valve Stroke Testing“, FVST) folgen einem ähnlichen Konzept wie der PVST, mit dem Unterschied, dass der Antrieb / das Ventil während des Tests durch seinen vollen Arbeitshub bewegt wird. Dies bietet einen höheren Diagnosedeckungsgrad, kann jedoch üblicherweise nicht während des laufenden Prozesses durchgeführt werden. Es ist ein sehr effektiver Test, der automatisch bei chargenweise arbeitenden Prozessen sowie bei Einrichtungen, die regelmäßig abgeschaltet werden, durchgeführt werden kann.

## 5 Annahmen

- Ausfallraten sind konstant, Verschleißmechanismen sind nicht berücksichtigt.
- Die Ausbreitung von Ausfällen ist nicht relevant.
- Die Geräte sind gemäß den Anweisungen des Herstellers installiert.
- Vor dem Versand werden ausreichende Tests durchgeführt, um sicherzustellen, dass keine Lieferanten- und/oder Herstellungsmängel vorliegen, die eine einwandfreie Arbeitsweise der spezifizierten Funktion gemäß Produktspezifikationen verhindern oder zu einem von der analysierten Auslegung abweichenden Betrieb führen.
- Werkstoffe sind mit Prozessbedingungen und Prozessmedien kompatibel.
- Die mittlere Reparaturzeit (MTTR) nach einem Ausfall beträgt 24 Stunden.
- Für Sicherheitsanwendungen werden nur die beschriebenen Varianten verwendet.
- Alle Komponenten, die nicht Bestandteil der Sicherheitsfunktion sind und keinen Einfluss auf die Sicherheitsfunktion ausüben können, sind ausgeschlossen.
- Ein Bruch oder ein Verschließen von Lufteinlass- und -auslassleitungen wurde nicht in die Analyse einbezogen.
- Saubere und trockene Betriebsluft wird gemäß der Qualitätsnorm für Instrumentenluft ANSI/ISA-7.0.01.1996 verwendet.
- Alle Einrichtungen werden in der Betriebsart mit geringer Beanspruchung betrieben.
- Vollhubtests werden mit einer mindestens einhundert mal höheren Rate durchgeführt als der erwarteten Anforderungsrate.
- Für die Berechnungen in Abschnitt 6.1 (Fehlermöglichkeits-, Einfluss- und Diagnoseanalyse, Bericht Nr. GEMÜ 13/08-046 R002) beträgt die Zeit für die Erkennung eines gefahrbringenden Ausfalls durch den Vollhubtest 730 Stunden.
- Für Sicherheitsfunktionen gemäß SIL x muss der Teilhubtest mindestens die Anforderungen von SIL (x-1) erfüllen. Wenn die Sicherheit beispielsweise SIL 3 erfüllen muss, dann sollte der Teilhubtest mindestens die Anforderungen von SIL 2 erfüllen.
- Durch Wartungsfähigkeiten verursachte Ausfälle sind standortspezifisch und können daher nicht einbezogen werden.
- Vollhubtest (FVST) und Proof-Test umfassen auch eine Ventilsignatur.
- Der Grad der Belastung entspricht Durchschnittswerten für eine Industrieumgebung im Freien und kann mit dem exida-Profil 3 verglichen werden, wobei die Temperaturgrenzwerte innerhalb der Auslegung des Herstellers liegen. Von den übrigen Umweltmerkmalen wird angenommen, dass sie innerhalb der Auslegung des Herstellers liegen.

**6 exida-Profile**

exida-Profil	1	2	3	4	5	6
Beschreibung (Elektrisch)	Mit Gehäuse montiert Klimatisiert	Mit Niederspannung montiert nicht selbstbeheizt	Mit Normalspannung montiert selbstbeheizt	Tiefsee	Hochsee	Nicht verfügbar
Beschreibung (Mechanisch)	Mit Gehäuse montiert Klimatisiert	Mit Normalspannung montiert	Mit Normalspannung montiert	Tiefsee	Hochsee	Prozess berührt
IEC 60654-1 Profil	B2	C3 Auch anwendbar für D1	C3 Auch anwendbar für D1	Nicht verfügbar	C3 Auch anwendbar für D1	Nicht verfügbar
Durchschnittliche Umgebungstemperatur	30°C	25°C	25°C	5°C	25°C	25°C
Durchschnittliche Innentemperatur	60°C	30°C	45°C	5°C	45°C	Temperatur Betriebsflüssigkeit
Tägliche Temperatureauslenkung (Höhepunkt bis Höhepunkt)	5°C	25°C	25°C	0°C	25°C	Nicht verfügbar
Saisonaler Temperaturunterschied (Mittelwert Winter im Vergleich zum Mittelwert Sommer)	5°C	40°C	40°C	2°C	40°C	Nicht verfügbar
Elementen oder dem Wetter ausgesetzt	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Feuchtigkeit <sup>1)</sup>	0-95% Nicht kondensierend	0-100% Kondensierend	0-100% Kondensierend	0-100% Kondensierend	0-100% Kondensierend	Nicht verfügbar
Stoß <sup>2)</sup>	10 g	15 g	15 g	15 g	15 g	Nicht verfügbar
Vibration <sup>3)</sup>	2 g	3 g	3 g	3 g	3 g	Nicht verfügbar
Chemische Korrosion <sup>4)</sup>	G2	G3	G3	G3	G3	Kompatibles Material
Anstieg <sup>5)</sup>						
Linie bis Linie	0,5 kV	0,5 kV	0,5 kV	0,5 kV	0,5 kV	Nicht verfügbar
Linie bis Grund	1 kV	1 kV	1 kV	1 kV	1 kV	Nicht verfügbar
EMI Anfälligkeit <sup>6)</sup>						
80 MHz bis 1,4 GHz	10 V/m	10 V/m	10 V/m	10 V/m	10 V/m	Nicht verfügbar
1,4 GHz bis 2,0 GHz	3 V/m	3 V/m	3 V/m	3 V/m	3 V/m	Nicht verfügbar
2,0 GHz bis 2,7 GHz	1 V/m	1 V/m	1 V/m	1 V/m	1 V/m	Nicht verfügbar
ESD (Luft) <sup>7)</sup>	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	Nicht verfügbar

1) Feuchtigkeitsklasse IEC 60068-2-3

2) Stoßklasse IEC 60068-2-6

3) Vibrationsklasse IEC 60770-1

4) Chemische Korrosionsklasse ISA 71.04

5) Anstiegsklasse IEC 61000-4-5

6) EMI Anfälligkeitsklasse IEC 6100-4-3

7) ESD (Luft) Klasse IEC 61000-4-2



### **7 Durch die Luftqualität bedingte Ausfälle**

Die auf der Konformitätserklärung angegebenen Ausfallraten des Produkts entsprechen einer Situation, in der das Gerät mit sauberer, gefilterter Luft verwendet wird. Eine Kontamination durch schlechte Luftqualität kann die Funktion oder den Luftfluss in dem Gerät beeinträchtigen. Für Anwendungen, bei denen diese Annahmen nicht zutreffen, muss der Anwender die durch verunreinigte Luft bedingten Ausfallraten schätzen und diese Ausfallrate zu den produktbezogenen Ausfallraten addieren.

**8 SIL-Ausfallratenberechnung GEMÜ 534****SIL-Ausfallratenberechnung****Funktionale Sicherheit nach IEC 61508 und IEC 61511**

Wir, die Firma

**GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG****Fritz-Müller-Straße 6-8****D-74653 Ingelfingen-Criesbach**

erklären, dass für das unten aufgeführte Produkt in sicherheitsbezogenen Anwendungen gemäß IEC 61508 und IEC 61511 die unten aufgeführten Ausfallraten ermittelt wurden.

Die Ausfallraten wurden durch eine FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis) nach IEC 61508 ermittelt. Die Bewertung wurde durch exida.com durchgeführt (Berichtsnummer: GEMÜ 13/08-046 R001).

<b>Produktbeschreibung:</b>	Geradsitzventil GEMÜ 534
<b>Gerätetyp:</b>	A
<b>Sicherheitsfunktion:</b>	Durch die Sicherheitsfunktion wird das Geradsitz- oder Schrägsitzventil in die Geschlossen-Position (bei Steuerfunktion1) oder Offen-Position (bei Steuerfunktion 2) gebracht.
<b>HFT (Hardware Failure Tolerance):</b>	0
<b>MTTR (Mean time to restoration):</b>	24 Stunden

Die ermittelten Ausfallraten gelten für die Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate:

	Ausfallraten Clean Service* (in FIT**)					
	ohne externen Test			mit externem Test		
	Geschlossen-Position		Offen-Position	Geschlossen-Position		Offen-Position
	voller Hub	dichtschließend		voller Hub	dichtschließend	
<b>Sicherheitsfunktion:</b>	681	1406	606	681	1406	606
<b>SIL (Safety Integrity Level):<sup>1)</sup></b>	1	1	2	2	2	2
<b><math>\lambda_{DU}</math> (Dangerous undetected):</b>	439	1164	239	152	442	76
<b><math>\lambda_{DD}</math> (Dangerous detected):</b>	0	0	0	287	722	76
<b><math>\lambda_{SU}</math> (Safe undetected):</b>	242	242	367	242	242	367
<b><math>\lambda_{SD}</math> (Safe detected):</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	35 %	17 %	60 %	77 %	68 %	87 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	52 %	20 %	91 %	37 %	13 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in Jahren):</b>	57	57	60	57	57	60

Die ermittelten Ausfallraten gelten für die Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate:

	Ausfallraten Severe Service*** (in FIT**)					
	ohne externen Test			mit externem Test		
	Geschlossen-Position		Offen-Position	Geschlossen-Position		Offen-Position
	voller Hub	dichtschließend		voller Hub	dichtschließend	
<b>Sicherheitsfunktion:</b>	1007	2448	932	1007	2448	932
<b>SIL (Safety Integrity Level):</b> 1)	1	1	1	2	2	2
$\lambda_{DU}$ (Dangerous undetected):	765	2206	375	269	846	117
$\lambda_{DD}$ (Dangerous detected):	0	0	0	469	1360	258
$\lambda_{SU}$ (Safe undetected):	242	242	557	242	242	557
$\lambda_{SD}$ (Safe detected):	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	24 %	9 %	59 %	73 %	65 %	87 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	46 %	16 %	92 %	32 %	10 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in Jahren):</b>	36	36	38	36	36	38

1) Diese SIL-Einstufung bedeutet ausschließlich, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für hardwarebezogene architektonische Einschränkungen für den entsprechenden SIL liegen.

\* Clean Service = ohne Schleifpartikel

\*\* FIT = Failure In Time ( $1 \times 10^{-9}$  Ausfälle pro Stunde)

\*\*\* Severe Service = mit Schleifpartikeln

**9 SIL-Ausfallratenberechnung GEMÜ 534 mit GEMÜ 032x****SIL-Ausfallratenberechnung****Funktionale Sicherheit nach IEC 61508 und IEC 61511**

Wir, die Firma

**GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG****Fritz-Müller-Straße 6-8****D-74653 Ingelfingen-Criesbach**

erklären, dass für das unten aufgeführte Produkt in sicherheitsbezogenen Anwendungen gemäß IEC 61508 und IEC 61511 die unten aufgeführten Ausfallraten ermittelt wurden.

Die Ausfallraten wurden durch eine FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis) nach IEC 61508 ermittelt. Die Bewertung wurde durch exida.com durchgeführt (Berichtsnummer: GEMÜ 13/08-046 R001).

<b>Produktbeschreibung:</b>	Geradsitzventil GEMÜ 534
<b>Gerätetyp:</b>	A
<b>Sicherheitsfunktion:</b>	Durch die Sicherheitsfunktion wird das Geradsitz- oder Schrägsitzventil in die Geschlossen-Position (bei Steuerungfunktion1) oder Offen-Position (bei Steuerungfunktion 2) gebracht.
<b>HFT (Hardware Failure Tolerance):</b>	0
<b>MTTR (Mean time to restoration):</b>	24 Stunden

Die ermittelten Ausfallraten gelten für die Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate:

	Ausfallraten Clean Service* (in FIT**)					
	ohne externen Test			mit externem Test		
	Geschlossen-Position		Offen-Position	Geschlossen-Position		Offen-Position
	voller Hub	dichtschließend		voller Hub	dichtschließend	
<b>Sicherheitsfunktion:</b>	830	1555	755	830	1555	606
<b>SIL (Safety Integrity Level):<sup>1)</sup></b>	1	1	2	2	2	2
<b><math>\lambda_{DU}</math> (Dangerous undetected):</b>	478	1203	278	152	442	76
<b><math>\lambda_{DD}</math> (Dangerous detected):</b>	0	0	0	326	761	76
<b><math>\lambda_{SU}</math> (Safe undetected):</b>	352	352	477	352	352	367
<b><math>\lambda_{SD}</math> (Safe detected):</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	42 %	22 %	63 %	81 %	68 %	89 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	56 %	23 %	92 %	37 %	13 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in Jahren):</b>	5050	50	52	50	57	52

Die ermittelten Ausfallraten gelten für die Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate:

	Ausfallraten Severe Service*** (in FIT**)					
	ohne externen Test			mit externem Test		
	Geschlossen-Position		Offen-Position	Geschlossen-Position		Offen-Position
	voller Hub	dichtschließend		voller Hub	dichtschließend	
<b>Sicherheitsfunktion:</b>	1156	2597	1081	1156	2597	1081
<b>SIL (Safety Integrity Level):<sup>1)</sup></b>	1	1	2	2	2	2
<b><math>\lambda_{DU}</math> (Dangerous undetected):</b>	804	2245	414	270	846	117
<b><math>\lambda_{DD}</math> (Dangerous detected):</b>	0	0	0	534	1399	297
<b><math>\lambda_{SU}</math> (Safe undetected):</b>	352	352	667	352	352	667
<b><math>\lambda_{SD}</math> (Safe detected):</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	30 %	13 %	61 %	76 %	67 %	89 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	49 %	17 %	93 %	32 %	10 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in Jahren):</b>	33	33	35	33	33	35

1) Diese SIL-Einstufung bedeutet ausschließlich, dass die berechneten Werte innerhalb des Bereichs für hardwarebezogene architektonische Einschränkungen für den entsprechenden SIL liegen.

\* Clean Service = ohne Schleifpartikel

\*\* FIT = Failure In Time ( $1 \times 10^{-9}$  Ausfälle pro Stunde)

\*\*\* Severe Service = mit Schleifpartikeln

---

## Contents

<b>1</b>	<b>General information .....</b>	<b>15</b>
1.1	Definition of terms .....	15
1.2	Abbreviations .....	16
<b>2</b>	<b>Standards / Literature used .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Functional description .....</b>	<b>16</b>
3.1	Safety function .....	16
<b>4</b>	<b>Description of diagnostic possibilities .....</b>	<b>17</b>
4.1	Partial Valve Stroke Testing (PVST) .....	17
4.2	Full Valve Stroke Testing (FVST) .....	17
<b>5</b>	<b>Assumptions .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>exida profiles .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Air quality failures .....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>SIL failure rate calculation GEMÜ 534 .....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>SIL failure rate calculation GEMÜ 534 with GEMÜ 032x .....</b>	<b>23</b>

## 1 General information

The safety manual contains information and safety notes which apply to the use of the globe valves in safety-related applications.

The safety manual only applies in connection with the respective installation, operating and maintenance instructions.

Designation	Item number
ba_534_de_gb	88329593

When combining the globe valve with a GEMÜ 032x pilot solenoid valve, the following documents must also be observed:

Designation	Item number
ba_0322_de_gb	88660035
ba_0324_de_gb	88660062
ba_0326_de_gb	88660095
sh_0322_SIL_de_gb	-
sh_0324_SIL_de_gb	-
sh_0326_SIL_de_gb	-

### 1.1 Definition of terms

#### Fail-Safe State

This fail-safe state is defined as the state where the valve performs the safety function to CLOSE (with control function 1) or to OPEN (with control function 2).

#### Full stroke

State where the valve is closed.

#### Tight Shut-Off

State where the valve is closed and sealed with leakage no greater than the defined leak rate. Tight Shut-Off requirements shall be specified according to the application. If Shut-Off requirements allow flow greater than ANSI class V, respectively ANSI class IV, then Full Stroke numbers may be used.

#### Fail safe

A safe failure (S) is defined as a failure that plays a part in implementing the safety function that:

- Results in the spurious operation of the safety function to put the EUC (Equipment Under Control) (or part thereof) into a safe state or maintain a safe state, or
- Increases the probability of the spurious operation of the safety function to put the EUC (or part thereof) into a safe state or maintain a safe state.

#### Fail Dangerous

A dangerous failure (D) is defined as a failure that plays a part in implementing the safety function that:

- Prevents a safety function from operating when required (demand mode) or causes a safety function to fail (continuous mode) such that the EUC is put into a hazardous or potentially hazardous state, or
- Decreases the probability that the safety function operates correctly when required.

#### Dangerous Undetected

Failure that is dangerous and that is not being diagnosed.

#### Dangerous Detected

Failure that is dangerous but is detected by external testing.

#### No effect

Failure mode of a component that plays a part in implementing the safety function but is neither a safe failure nor a dangerous failure.

#### External Leakage

Failure that causes process fluids to leak outside of the valve; External leakage is not considered part of the safety function. External leakage failure rates do not directly contribute to the reliability of a valve but should be reviewed for secondary safety and environmental issues.

#### Low demand mode

Mode, where the safety function is only performed on demand, in order to transfer the EUC into a specified safe state, and where the frequency of demands is no greater than one per year.

#### Partial Valve Stroke Test

It is assumed that the Partial Valve Stroke Test, when performed, is performed at least an order of magnitude more frequent than the proof test, therefore the test can be assumed an automatic diagnostic. Because of the automatic diagnostic assumption the Partial Valve Stroke Test also has an impact on the Safe Failure Fraction.

#### Safe Failure Fraction

Safe Failure Fraction summarizes the fraction of failures, which lead to a safe state and the fraction of failures which will be detected by diagnostic measures and lead to a defined safety action.

#### Type A element

"Non-complex" element (all failure modes are well defined); for details see 7.4.4.1.2 of IEC 61508-2

## 1.2 Abbreviations

### DC

Diagnostic Coverage: Diagnostic coverage of dangerous failures ( $DC = \lambda_{dd} / (\lambda_{dd} + \lambda_{du})$ )

### FIT

Failure in Time: Failure rate ( $1 \times 10^{-9}$  failures per hour)

### FMEDA

Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis

### HFT

Hardware Fault Tolerance

### MTBF

Mean Time Between Failures

### MTTR

Mean Time To Restoration

### PFD<sub>AVG</sub>

Average Probability of Failure on Demand

### PVST

Partial Valve Stroke Test

### SFF

Safe Failure Fraction: Ratio of safe failures to dangerous failures

### SIF

Safety Instrumented Function

### SIL

Safety Integrity Level

### TSO

Tight Shut-Off

### T [Proof]

Proof Test Interval

## 2 Standards / Literature used

The services delivered by the testing organization exida were performed based on the following standards / literature:

IEC 61508-2:2010	Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems
Mechanical Component Reliability Handbook, 3rd Edition, 2012	exida LLC, Mechanical Component Reliability Handbook, Third Edition, 2012, ISBN 978-1-934977-05-7
IEC 60654-1:1993-02, second edition	Industrial-process measurement and control equipment – Operating conditions – Part 1: Climatic conditions
ISA-TR96.05.01-200_; version B of February 2006	Draft technical report "Partial Valve Stroke Testing For Block Valve Actuators in Safety Instrumented Systems Applications"
Final Elements Chris O'Brien & Lindsey Bredmeyer, 2009	exida LLC, Final Elements & the IEC 61508 and IEC 61511 Functional Safety Standards, 2009, ISBN 978-1-9934977-01-9

## 3 Functional description

The GEMÜ 534 pneumatically operated 2/2-way valve is a metal globe valve with a straight through body and a piston actuator.

The valve bodies and the seat seals are available in various designs.

The valve spindle is sealed by a self-adjusting gland packing providing low maintenance and reliable valve spindle sealing even after a long service life. A wiper ring fitted in front of the gland packing protects it against contamination and damage.

The globe valve can be considered to be a Type A element with a hardware fault tolerance of 0.

### 3.1 Safety function

This fail-safe state is defined as the state where the valve performs the safety function to CLOSE (with control function 1) or to OPEN (with control function 2).



## 4 Description of diagnostic possibilities

### 4.1 Partial Valve Stroke Testing (PVST)

Partial Valve Stroke Testing (PVST) is the operation of the actuator/valve through a portion of its total stroke range. This short stroke of operation checks that the actuator / valve is not seized in the running position. The limited stroke of the actuator / valve is intended to be short enough so as not to interfere with the operating flow of the system. The purpose of PVST is to provide a diagnostic check of the SIF function. A possible test set-up is shown in Figure 1.

Partial Valve Stroke Testing is performed at a rate at least ten times faster than the expected demand rate. For SIL 2 safety functions the partial valve stroke test is at least SIL 1 compliant.

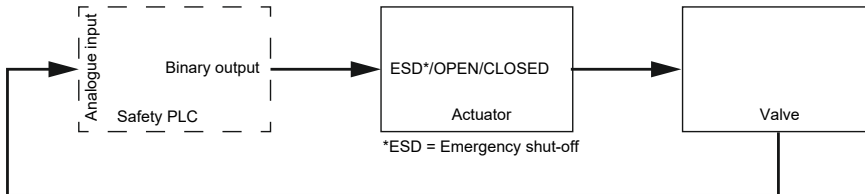


Fig. 1: Possible test set-up

### 4.2 Full Valve Stroke Testing (FVST)

Full Valve Stroke Testing (FVST) is similar in concept to a PVST, with the variation that the actuator/valve is moved through its full operation stroke during the test. This provides greater diagnostic coverage but typically cannot be performed while the process is running. It is a very effective test that can be automatically executed on batch processes and equipment that periodically shuts down.

## 5 Assumptions

- Failure rates are constant, wear out mechanisms are not included.
- Propagation of failures is not relevant.
- The devices are installed per the manufacturer's instructions.
- Sufficient tests are performed prior to shipment to verify the absence of vendor and/or manufacturing defects that prevent proper operation of specified functionality to product specifications or cause operation different from the design analyzed.
- Materials are compatible with process conditions and process fluids.
- The mean time to restoration (MTTR) after a safe failure is 24 hours.
- Only the described versions are used for safety applications.
- All components that are not part of the safety function and cannot influence the safety function (feedback immune) are excluded.
- Breakage or plugging of air inlet and outlet lines has not been included in the analysis.
- Clean and dry operating air is used in accordance with ANSI/ISA-7.0.01.1996 Quality Standard for Instrument Air.
- All devices are operated in low-demand mode.
- Full Valve Stroke Testing is performed at a rate at least one hundred times faster than the expected demand rate.
- For the calculations in Section 6.1 (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis, report no. GEMÜ 13/08-046 R002), the time to detect a dangerous failure by full valve stroke testing is 730 hours.
- For SIL x safety functions the partial valve stroke test is at least SIL (x-1) compliant. If for example the safety needs to fulfil SIL 3 then the Partial Valve Stroke Test should be at least SIL 2 compliant.
- Failures caused by maintenance capability are site specific and therefore cannot be included.
- FVST and proof testing include a valve signature.
- The stress levels are average for an industrial outdoor environment and can be compared to exida Profile 3 with temperature limits within the manufacturer's rating. Other environmental characteristics are assumed to be within the manufacturer's ratings.

## 6 exida profiles

exida profile	1	2	3	4	5	6
Description (electrical)	Installed with housing Air-conditioned	Installed with low voltage Not self-heated	Installed with normal voltage Self-heated	Deep sea	Open sea	Not available
Description (mechanical)	Installed with housing Air-conditioned	Installed with normal voltage	Installed with normal voltage	Deep sea	Open sea	In contact with the process
IEC 60654-1 profile	B2	C3 Can also be used for D1	C3 Can also be used for D1	Not available	C3 Can also be used for D1	Not available
Average ambient temperature	30 °C	25 °C	25 °C	5 °C	25 °C	25 °C
Average internal temperature	60 °C	30 °C	45 °C	5 °C	45 °C	Temperature of operating fluid
Daily temperature fluctuation (maximum to maximum)	5 °C	25 °C	25 °C	0 °C	25 °C	Not available
Seasonal temperature difference (winter average compared to summer average)	5 °C	40 °C	40 °C	2 °C	40 °C	Not available
Exposed to elements or the weather	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Humidity <sup>1)</sup>	0–95% Non-condensing	0–100% Condensing	0–100% Condensing	0–100% Condensing	0–100% Condensing	Not available
Impact <sup>2)</sup>	10 g	15 g	15 g	15 g	15 g	Not available
Vibration <sup>3)</sup>	2 g	3 g	3 g	3 g	3 g	Not available
Chemical corrosion <sup>4)</sup>	G2	G3	G3	G3	G3	Compatible material
Surge <sup>5)</sup>						
Line to line	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	Not available
Line to earth	1 kV	1 kV	1 kV	1 kV	1 kV	Not available
Susceptibility to EMI <sup>6)</sup>						
80 MHz to 1.4 GHz	10 V/m	10 V/m	10 V/m	10 V/m	10 V/m	Not available
1.4 GHz to 2.0 GHz	3 V/m	3 V/m	3 V/m	3 V/m	3 V/m	Not available
2.0 GHz to 2.7 GHz	1 V/m	1 V/m	1 V/m	1 V/m	1 V/m	Not available
ESD (air) <sup>7)</sup>	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	Not available

1) Humidity class IEC 60068-2-3

2) Impact class IEC 60068-2-6

3) Vibration class IEC 60770-1

4) Chemical corrosion class ISA 71.04

5) Surge class IEC 61000-4-5

6) Susceptibility to EMI class IEC 61000-4-3

7) ESD (air) class IEC 61000-4-2

### **7 Air quality failures**

The product failure rates that are specified on the declaration of conformity are failure rates that reflect the situation where the device is used with clean filtered air. Additionally, contamination from poor control air quality may affect the function or air flow in the device. For applications where these assumptions do not apply, the user must estimate the failure rates due to contaminated air and add this failure rate to the product failure rates.

## 8 SIL failure rate calculation GEMÜ 534

### SIL failure rate calculation

#### Functional safety in accordance with IEC 61508 and IEC 61511

We,

**GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG**  
**Fritz-Müller-Straße 6-8**  
**74653 Ingelfingen-Criesbach, Germany**

declare that, for the product listed below, the failure rates outlined below were detected in safety-related applications in accordance with IEC 61508 and IEC 61511.

The failure rates were calculated by means of an FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis) in accordance with IEC 61508. The evaluation was performed by exida.com (report number: GEMÜ 13/08-046 R001).

<b>Product description:</b>	Globe valve GEMÜ 534
<b>Device type:</b>	A
<b>Safety function:</b>	Due to the safety function, the globe valve or angle seat globe valve is placed in the closed position (with control function 1) or in the open position (with control function 2).
<b>HFT (Hardware Fault Tolerance):</b>	0
<b>MTTR (Mean Time To Restoration):</b>	24 hours

The determined failure rates apply to the operating mode with low demand rate:

	Failure rates Clean Service* (in FIT**)					
	Without external test			With external test		
	Closed position		Open position	Closed position		Open position
	Full stroke	Tightly sealed		Full stroke	Tightly sealed	
<b>Safety function:</b>	681	1406	606	681	1406	606
<b>SIL (Safety Integrity Level):<sup>1)</sup></b>	1	1	2	2	2	2
<b><math>\lambda_{DU}</math> (Dangerous undetected):</b>	439	1164	239	152	442	76
<b><math>\lambda_{DD}</math> (Dangerous detected):</b>	0	0	0	287	722	76
<b><math>\lambda_{SU}</math> (Safe undetected):</b>	242	242	367	242	242	367
<b><math>\lambda_{SD}</math> (Safe detected):</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	35 %	17 %	60 %	77 %	68 %	87 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	52 %	20 %	91 %	37 %	13 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in years):</b>	57	57	60	57	57	60

The determined failure rates apply to the operating mode with low demand rate:

	Failure rates Severe Service*** (in FIT**)					
	Without external test			With external test		
	Closed position		Open position	Closed position		Open position
	Full stroke	Tightly sealed		Full stroke	Tightly sealed	
<b>Safety function:</b>	1007	2448	932	1007	2448	932
<b>SIL (Safety Integrity Level):</b> 1)	1	1	1	2	2	2
$\lambda_{DU}$ (Dangerous undetected):	765	2206	375	269	846	117
$\lambda_{DD}$ (Dangerous detected):	0	0	0	469	1360	258
$\lambda_{SU}$ (Safe undetected):	242	242	557	242	242	557
$\lambda_{SD}$ (Safe detected):	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	24 %	9 %	59 %	73 %	65 %	87 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	46 %	16 %	92 %	32 %	10 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in years):</b>	36	36	38	36	36	38

1) This SIL classification only means that the calculated values are within the range for hardware-related architectonic limitations for the corresponding SIL.

\* Clean Service = without grinding particles

\*\* FIT = Failure In Time ( $1 \times 10^{-9}$  failures per hour)

\*\*\* Severe Service = with grinding particles

**9 SIL failure rate calculation GEMÜ 534 with GEMÜ 032x****SIL failure rate calculation****Functional safety in accordance with IEC 61508 and IEC 61511**

We,

**GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG**  
**Fritz-Müller-Straße 6-8**  
**74653 Ingelfingen-Criesbach, Germany**

declare that, for the product listed below, the failure rates outlined below were detected in safety-related applications in accordance with IEC 61508 and IEC 61511.

The failure rates were calculated by means of an FMEDA (Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis) in accordance with IEC 61508. The evaluation was performed by exida.com (report number: GEMÜ 13/08-046 R001).

<b>Product description:</b>	Globe valve GEMÜ 534
<b>Device type:</b>	A
<b>Safety function:</b>	Due to the safety function, the globe valve or angle seat globe valve is placed in the closed position (with control function 1) or in the open position (with control function 2).
<b>HFT (Hardware Fault Tolerance):</b>	0
<b>MTTR (Mean Time To Restoration):</b>	24 hours

The determined failure rates apply to the operating mode with low demand rate:

	Failure rates Clean Service* (in FIT**)					
	Without external test			With external test		
	Closed position		Open position	Closed position		Open position
	Full stroke	Tightly sealed		Full stroke	Tightly sealed	
<b>Safety function:</b>	830	1555	755	830	1555	606
<b>SIL (Safety Integrity Level):<sup>1)</sup></b>	1	1	2	2	2	2
<b><math>\lambda_{DU}</math> (Dangerous undetected):</b>	478	1203	278	152	442	76
<b><math>\lambda_{DD}</math> (Dangerous detected):</b>	0	0	0	326	761	76
<b><math>\lambda_{SU}</math> (Safe undetected):</b>	352	352	477	352	352	367
<b><math>\lambda_{SD}</math> (Safe detected):</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	42 %	22 %	63 %	81 %	68 %	89 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	56 %	23 %	92 %	37 %	13 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in years):</b>	5050	50	52	50	57	52

The determined failure rates apply to the operating mode with low demand rate:

	Failure rates Severe Service*** (in FIT**)					
	Without external test			With external test		
	Closed position		Open position	Closed position		Open position
	Full stroke	Tightly sealed		Full stroke	Tightly sealed	
<b>Safety function:</b>	1156	2597	1081	1156	2597	1081
<b>SIL (Safety Integrity Level):</b> <sup>1)</sup>	1	1	2	2	2	2
<b><math>\lambda_{DU}</math> (Dangerous undetected):</b>	804	2245	414	270	846	117
<b><math>\lambda_{DD}</math> (Dangerous detected):</b>	0	0	0	534	1399	297
<b><math>\lambda_{SU}</math> (Safe undetected):</b>	352	352	667	352	352	667
<b><math>\lambda_{SD}</math> (Safe detected):</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SFF (Safe Failure Fraction):</b>	30 %	13 %	61 %	76 %	67 %	89 %
<b>PTC (Proof Test Coverage):</b>	49 %	17 %	93 %	32 %	10 %	74 %
<b>MTBF (Mean Time Between Failures) (in years):</b>	33	33	35	33	33	35

1) This SIL classification only means that the calculated values are within the range for hardware-related architectonic limitations for the corresponding SIL.

\* Clean Service = without grinding particles

\*\* FIT = Failure In Time ( $1 \times 10^{-9}$  failures per hour)

\*\*\* Severe Service = with grinding particles











GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG  
Fritz-Müller-Straße 6-8, 74653 Ingelfingen-Criesbach, Germany  
Phone +49 (0) 7940 1230 · info@gemue.de  
www.gemu-group.com

Änderungen vorbehalten  
Subject to alteration  
02.2022