

Automation - Funktionale Sicherheit

**Prüfbericht über die Evaluierung der funktionalen Sicherheit
der Kolbenschieber (Piston Slide Valves)
der Typen GKV (Schrägsitz) und GKV (Gradsitz)**

H. Gäbler Armaturen GmbH & Co. KG

**Bericht-Nr.: 968/V 1328.00/24
Datum: 31.07.2024**

**Prüfbericht über die Evaluierung der funktionalen Sicherheit der Kolbenschieber
(Piston Slide Valves) der Typen GKV (Schrägsitz) und GKV (Gradsitz)**

Bericht-Nr.:	968/V 1328.00/24
Datum des Berichtes:	31.07.2024
Seitenzahl ohne Anlagen:	16
Prüfgegenstand:	Kolbenschieber (Piston Slide Valves) Typ GKV (Schrägsitz, bevel seat), DN 15-150 Typ GKV (Gradsitz, straight seat), DN 200-400 mit und ohne Schließzylinder
Auftraggeber/Hersteller:	H. Gäbler Armaturen GmbH & Co. KG Gaußstraße 3 31224 Peine
Bestell-Nr. des Auftraggebers/Datum:	20240122 vom 22.01.2024
Zertifizierstelle:	TÜV Rheinland Industrie Service GmbH Automation- Funktionale Sicherheit (A-FS) (D-ZE-11052-02-00) Am Grauen Stein 51105 Köln
Angebot-Nr. des Prüfinstitutes/Datum:	87685105 vom 09.01.2024
Auftrags-Nr. des Prüfinstitutes/Datum:	269058117 vom 26.01.2024
Bearbeiter:	M.-Eng. Christian Schneider
Prüfort:	siehe Prüfinstitut und Hersteller
Zeitraum der Prüfung:	Februar - Juni 2024

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.

Dieser Bericht darf ohne schriftliche Genehmigung des Prüfinstitutes nicht **auszugsweise** vervielfältigt werden.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Aufgabenstellung	4
2. Prüfgrundlagen	4
3. Identifizierung des Prüfgegenstandes	4
3.1. Beschreibung des Prüfgegenstandes	4
3.1.1. Funktionsweise	6
3.1.2. Technische Daten	7
3.1.3. Varianten	7
3.2. Produkt- und Prüfdokumentation des Herstellers	8
3.3. Prüfunterlagen TÜV Rheinland	10
3.4. Bisherige Prüfberichte und Zertifikate	11
4. Inhalte und Ergebnisse des Assessments	11
4.1. Assessmentprozess	11
4.2. Dokumentationsprüfung	11
4.3. Pfad der Evaluierung	12
4.4. Sicherheitsfunktion	12
4.5. Betriebsmodus	12
4.6. Typ des Systems	12
4.7. Diagnosedeckungsgrad	12
4.8. Hardwarefehlertoleranz	12
4.9. FMEDA	13
4.10. Ausfallraten (Low Demand Mode)	13
4.11. Felderfahrung	14
4.12. Systematische Sicherheitsintegrität	15
4.12.1. Nachweis eines Qualitätsmanagementsystems	15
4.12.2. Fertigungsstätteninspektion	15
4.12.3. Review des Sicherheitshandbuchs	15
4.13. Wiederkehrende Prüfungen	15
4.13.1. Proof Test	15
4.13.2. Wartung	15
4.14. Einsatz im Anwendungsbereich der IEC 61511-1:2016	16
5. Zusammenfassung	16

1. Aufgabenstellung

Das Ziel der Evaluierung ist es, die Tauglichkeit der Prüfgegenstände für den Einsatz in sicherheitsgerichteten Systemen nach IEC 61508 zu bestätigen.

Die Evaluierung erfolgt auf Basis von:

- Durchführung einer FMEDA pro Ausführung (mit / ohne Schließzylinder)
- Inspektion der technischen Dokumentation (inkl. des QM-Systems, Auslegungs-/ Prüfnachweisen)
- Auswertung der Herstellererklärung zu sicherheitsgerichteten, aufgetretenen Fehlern und der Felderfahrung
- Inspektion der Fertigungsstätte
- Inspektion des Sicherheitshandbuchs

Die Evaluierungsergebnisse beziehen sich nur auf den Prüfgegenstand. Nicht Gegenstand der Evaluierung sind Zubehörteile (z. B. Steuerventile, Antriebe, etc.). Die Tauglichkeit für bestimmte Anwendungen kann nur im Zusammenhang mit einer Prüfung des Gesamtsystems bewertet werden. Hierbei müssen alle sicherheitsgerichteten Komponenten und gültigen Normen betrachtet werden.

Die (Prüf-)Aussagen, Zertifikate und technischen Dokumente, die in diese Evaluierung eingeflossen sind, werden als prinzipiell korrekt vorausgesetzt und wurden keiner zusätzlichen Validierung unterzogen.

2. Prüfgrundlagen

[N1] IEC 61508 Teile 1, 2 und 4 – 7:2010
Functional safety of electrical / electronic / programmable electronic safety systems

Die Anforderungen in den aufgeführten Standards bildeten, soweit relevant und zutreffend, die Grundlage für die hier dokumentierten Assessmentergebnisse.

Es werden ferner Aussagen zu einer möglichen Verwendung des Produktes in Anwendungsbereichen entsprechend der im Folgenden genannten Normen gemacht:

[N2] IEC 61511-1:2016

Die Prüfung erfolgte gemäß dem folgenden Zertifizierungsprogramm:

[N3] CERT FSP 1 V3.0:2020

3. Identifizierung des Prüfgegenstandes

3.1. Beschreibung des Prüfgegenstandes

Es handelt sich um automatisch betätigte Kolbenschieber (Piston Slide Valves) der Typen GKV (Schrägsitz, bevel seat), Nennweiten DN 25-150 (PN 6 bis PN 100), und Typ GKV (Grad-sitz, straight seat), Nennweiten DN 200-350 (bis PN 75 bzw. bis PN 50 ab DN 300) gemäß technischer Übersicht, je mit und ohne Schließzylinder. Entgegen der Bezeichnung Kolbenschieber handelt es sich um Kolbenventile, bei denen die Abdichtung mittels eines beidseitig geführten Kolbens senkrecht zur Strömungsrichtung erfolgt.

Die Betätigung kann neben der Handbetätigung sowohl mit dem in der Rohrleitung strömenden Medium als auch mit einem Hilfsmedium (z. B. Druckluft) als Fremdmediumansteuerung erfolgen. Die Ansteuerung kann ein- oder beidseitig wirkend erfolgen, die Sicherheitsstellung kann dadurch zwischen geschlossen und offen gewählt werden. Die Handbetätigung ist im Falle einer Verwendung als automatisch betätigte Armatur in einem sicherheitsgerichteten System gegen unbeabsichtigte Verstellung zu sichern.

Für die Betrachtung zur Evaluierung der Kolbenschieber in sicherheitsgerichteten Systemen sind nur Automatikarmaturen mit der Sicherheitsfunktion „Schließen auf Anforderung“ relevant bzw. betrachtet worden.

Magnetventile zur Steuerung werden von Herstellern zugekauft, deren Magnetventile für den Einsatz bei Sauerstoffanwendungen zertifiziert sind.



Bild 3.1.1: Kolbenschieber, handbetätigt

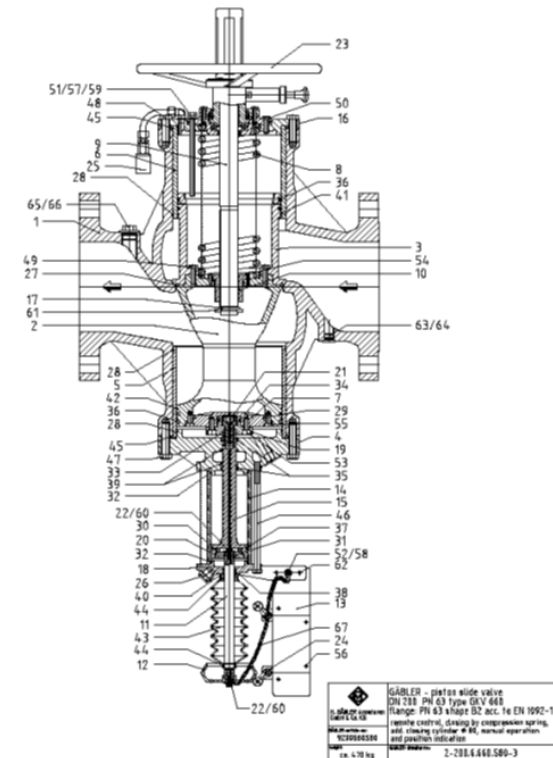


Bild 3.1.2: Gradsitzarmatur, mit Schließzylinder

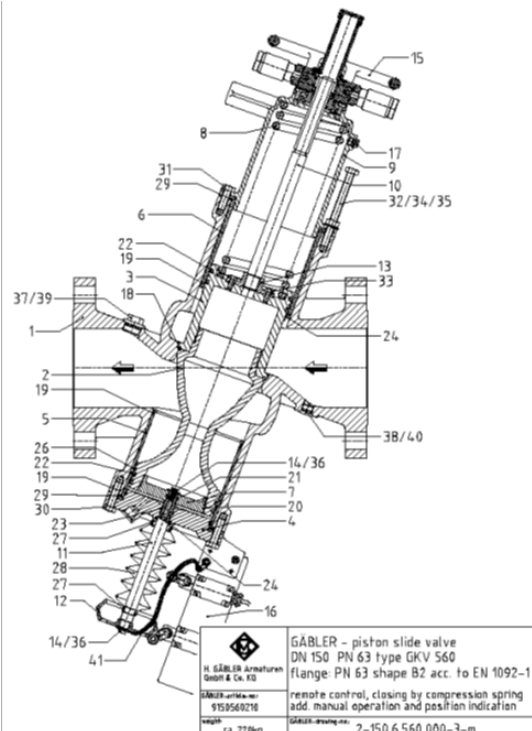


Bild 3.1.3: Schrägsitzarmatur, ohne Schließzylinder

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der verschiedenen automatisierten Kolbenschieber-typen (Federkraft schließend):

GKV-Typ	Nennweite	Funktionsbeschreibung
415	DN 15 – DN 50	Pneumatisches Öffnen, Schließen durch Federkraft

GKV-Typ	Nennweite	Funktionsbeschreibung
515	DN 65 – DN 150	Pneumatisches Öffnen, Schließen durch Federkraft
615	DN 200 – DN 400	Pneumatisches Öffnen, Schließen durch Federkraft
412	DN 15 – DN 50	Basistyp 415 mit zusätzlichem Handhebel
510	DN 65 – DN 150	Basistyp 515 mit zusätzlichem Handrad
610	DN 200 – DN 400	Basistyp 615 mit zusätzlichem Handrad
465	DN 15 – DN 50	Basistyp 415, pneumatisches Öffnen, Schließen durch Federkraft und Positionsanzeige mit zwei Endschaltern
565	DN 65 – DN 150	Basistyp 515, pneumatisches Öffnen, Schließen durch Federkraft und Positionsanzeige mit zwei Endschaltern
665	DN 200 – DN 400	Basistyp 615, pneumatisches Öffnen, Schließen durch Federkraft und Positionsanzeige mit zwei Endschaltern
462	DN 15 – DN 50	Basistyp 415 mit zusätzlichem Handhebel und Positionsanzeige mit zwei Endschaltern
560	DN 65 – DN 150	Basistyp 515 mit zusätzlichem Handrad und Positionsanzeige mit zwei Endschaltern
660	DN 200 – DN 400	Basistyp 615 mit zusätzlichem Handrad und Positionsanzeige mit zwei Endschaltern

Die Typenbezeichnung ist unabhängig von der Materialauswahl, Druckstufe, Flanschausführung und davon, ob die pneumatische Ansteuerung mit Eigenmedium oder über einen zusätzlichen Steuerzylinder mit Hilfsmedium (z. B. pneumatischer Antrieb) erfolgt.

Nicht gelistet und betrachtet im Rahmen dieser Evaluierung sind die rein handbetätigten Varianten, die Federkraft öffnenden bzw. in beide Richtungen (öffnend / schließend) wirkenden Varianten und die Varianten mit Betätigung durch Drehantrieb / Kegelpedgetriebe.

3.1.1. Funktionsweise

Die Armatur öffnet und bleibt so lange offen, bis die Magnetspule von der Spannungsversorgung genommen wird (geplant oder durch Fehlfunktion), das Vorsteuerventil somit den Druckraum unter dem Kolben entlüftet und die Druckfeder den Kolben in den Ventilsitz fährt. Der zum Schließen der Armatur benötigte Zeitraum hängt neben dem KvS-Wert des Vorsteuer-Magnetventils auch vom Nennweitenabhängigen Hub und dem Steuerdruck unter dem Kolben ab.

Die Abdichtung zur Atmosphäre erfolgt für alle Druckbereiche stopfbuchslos durch vier in Kolbennuten liegenden Dichtringen mit torsionssteifem Vierlippen-Profil. Die gasdichte Abdichtung im Ventilsitz erfolgt durch einen zwischen Kolbenoberteil und Kolbenunterteil eingefassten O-Ring, der in Schließstellung auf den in das Gehäuse integrierten, konischen Mittelsitz gepresst wird.

3.1.2. Technische Daten

Ausführung:

Schrägsitzarmaturen:	DN 15 bis DN 150
Gradsitzarmaturen:	DN 200 – DN 400
Ausführung mit Schließzylinder:	ab DN 150
Flanschformen:	ASME oder DIN
Einsatztemperatur:	max. 100 °C (abhängig von Medium und Druck) -15 °C bis +60 °C (gefilterter Sauerstoff)

Druckstufen:

Nennweiten DN 15, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150:	PN 6, 10, 16, 25, 40, 50*, 63 und 100
Nennweiten DN 200, 250, 300, 350, 400:	bis 64* bar (ASME B 16.5 Class 600) bzw. bis PN 50* (ASME B 116.b Class 300) ab DN 300

*: PN 50 für Armaturen mit ANSI 300 Flanschen, 64 bar für Gehäuse ab DN 80 mit ANSI 600 Flanschen. Die Auslegung 64 bar ist ein kundenseitiger Wunsch (Herstellerkunde) aufgrund des Betriebsdruckes von 63 bar (PN 63) und werden für Kunden im Benelux-Raum / Frankreich separat rechnerisch durch eine benannte Stelle nachgewiesen.

Werkstoffe:

Gehäusematerial:	Guss-Zinnbronze CuSn10-C Temperaturbereich -35 °C bis +120 °C (gemäß [D35])
Kolben:	ab DN 65: CuSn10-C
Gehäusebuchse (Kolbenoberteil):	Rotguss CuSN7Zn4Pb7-CZ (ab DN 65 zwei Buchsen als Verschleißschutz am Ober-/Unterteil)
Dichtelemente:	abgestimmt auf das jeweilige Medium Sauerstoff: FKM andere Medien meist NBR.

3.1.3. Varianten

Die Kolbenschieber werden in Gradsitz- und Schrägsitzausführung, mit und ohne Schließzylinder gebaut. Die grundsätzliche Konfiguration der Armaturen ist identisch, unabhängig davon, ob die Armaturen aus strömungstechnischen Gründen als Schrägsitzarmaturen ausgeführt sind, oder um bei großen Nennweiten zum Einsatz von Hubwerkzeugen während der Montage zu ermöglichen, mit senkrecht stehendem Kolben ausgeführt sind.

Bei den Varianten mit Schließzylinder (ab DN 80) dient dieser der Unterstützung der Schließfunktion durch eine Reduzierung des notwendigen Schließdruckes (Unterstützung der Feder) bei Rückdruck gegen die Strömungsrichtung.

3.2. Produkt- und Prüfdokumentation des Herstellers

Nr.	Dokument	Revision	Datum
[D1]	Einbau- und Montageanleitung für Gäbler-Kolbenschieber in Sauerstoffleitungen „Einbau-u.Montageanweisung.pdf“	-	04.2023
[D2]	Betriebsanleitung für Gäbler-Kolbenschieber in Sauerstoffleitungen „Betriebsanleitung.pdf“	-	07.2023
[D3]	Zeichnungen / Materialliste Schrägsitzarmatur DN25 PN63 Type GKV 462, ohne Schließzylinder Nr. 2-025.6.462.000-1I	-	01.11.2023
[D4]	Zeichnungen / Materialliste Schrägsitzarmatur DN50 PN63 Type GKV 462, ohne Schließzylinder Nr. 2-050.6.462.000-2	-	01.11.2023
[D5]	Zeichnungen / Materialliste Schrägsitzarmatur DN80 PN63 Type GKV 560, ohne Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige Nr. 2-080.6.560.000-3	-	01.11.2023
[D6]	Zeichnungen / Materialliste Schrägsitzarmatur DN100 PN63 Type GKV 560, ohne Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige Nr. 2-100.6.560.000-3	-	01.11.2023
[D7]	Zeichnungen / Materialliste Schrägsitzarmatur DN150 PN63 Type GKV 560, ohne Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige Nr. 2-150.6.560.000-3-m	-	01.11.2023
[D8]	Zeichnungen / Materialliste Gradsitzarmatur DN200 PN63 Type GKV 660, ohne Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige, Schmutzfilter Nr. 2-200.6.660.000-2	-	01.11.2023
[D9]	Zeichnungen / Materialliste Gradsitzarmatur DN200 PN63 Type GKV 660, mit Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige, Schmutzfilter Nr. 2-200.6.660.S80-3	-	01.11.2023
[D10]	Zeichnungen / Materialliste Gradsitzarmatur DN250 PN63 Type GKV 660, ohne Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige, Schmutzfilter Nr. 2-250.6.660.000-4	-	01.11.2023
[D11]	Zeichnungen / Materialliste Schrägsitzarmatur DN150 PN63 Type GKV 560, mit Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige Nr. 2-150.6.560.S58-3	-	16.07.2020
[D12]	Zeichnungen / Materialliste Gradsitzarmatur DN300 PN63 Type GKV 660, ohne Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige, Schmutzfilter Nr. 2-300.6.660.000-2	-	15.11.2023

Nr.	Dokument	Revision	Datum
[D13]	Zeichnungen / Materialliste Gradsitzarmatur DN200 PN63 Type GKV 660, mit Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige, Schmutzfilter Nr. 2-200.6.660.S80-3	-	15.11.2023
[D14]	Zeichnungen / Materialliste Gradsitzarmatur DN250 PN63 Type GKV 660, mit Schließzylinder, inkl. optionale Handbetätigung, Positionsanzeige, Schmutzfilter Nr. 2-250.6.660.S80-4	-	18.11.2023
[D15]	Auslegungs-Berechnung Druckfeder für DN150 „Druckfeder DN 150-3.xls“	-	2024-02
[D16]	Auslegungs-Berechnung Druckfeder für DN200 „Druckfeder DN 200 PN 40 Edelstahl.xls“	-	2024-02
[D17]	Typenübersicht Gäbler-Kolbenschieber „gkv_typentabelle.pdf“	-	02.2024
[D18]	Bericht Prüfung Sauerstoffarmaturen auf Ausbrennsicherheit bei Einwirkung von Sauerstoff-Druckstößen, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Nr. II-2324/2001	-	28.03.2002
[D19]	Übersicht Schließzeiten und Steuerdrücke federkraftschließender eigenmediumgesteuerter Automatikarmaturen „schliesszeittabelle.pdf“	-	02.2024
[D20]	Übersicht Strömungskenngrößen Gäbler-Kolbenschieber „stroemungskenngroessen.pdf“	-	15.06.2009
[D21]	Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) Gehäusewerkstoff, Berichtsnummer: 0045/202/1042/P/00757/22/WE/001(02)	-	20.07.2022
[D22]	Hinweise zu regelmäßigen Funktions- und Dichtheitskontrollen der Kolbenschieber „Empfehlungen zu Funktions- und Dichtheitskontrollen.pdf“	-	02.2024
[D23]	Beschreibung federschließender Kolbenschieber hinsichtlich der Funktionalen Sicherheit „Beschreibung federschließender Ventile hinsichtlich der funktionalen Sicherheit.pdf“	-	02.2024
[D24]	Analyse Funktionale Anforderungen an Kolbenschieber als sicherheitsgerichtete Absperrarmatur „Stellungnahme zur funktionalen Sicherheit.pdf“	-	02.2024
[D25]	Fehlerfolgenanalyse nach EN 61508 „Fehlerfolgenanalyse 2024.pdf“	-	02.2024
[D26]	Übersicht Kundenreklamationen „Übersicht Kundenreklamationen (Alt).pdf“	-	02.2024
[D27]	Zertifikat DIN EN ISO 9001:2015 (gültig bis 21.01.2025) Nr. 08 100 002881 (TÜV Nord)	-	18.01.2022

Nr.	Dokument	Revision	Datum
[D28]	Zertifikat Qualitätssicherung bauartbezogen (Gradsitzventile) bezogen auf Produktionsprozess – Modul D – Richtlinie 2014/68/EU (gültig bis 07.2025), TÜV Nord Nr. 0045/202/1045/Z/00131/22/D/001(00)	-	05.10.2022
[D29]	Zertifikat EU Baumusterprüfbescheinigung (Gradsitzventile)– Modul B – Richtlinie 2014/68/EU (gültig bis 07.2032), TÜV Nord Nr. 0045/202/1045/Z/00132/22/D/001(00)	-	29.09.2022
[D30]	Zertifikat EU Baumusterprüfbescheinigung (Schrägsitzventile)– Modul B – Richtlinie 2014/68/EU (gültig bis 07.2032), TÜV Nord Nr. 0045/202/1045/Z/00133/22/D/001(00)	-	29.09.2022
[D31]	Zeichnungen DN 250 zu Prüfbericht TÜV Nord Nr. 0045/202/1334/P/00138/22/D/001(02)	-	22.08.2022
[D32]	Zeichnungen DN 150 zu Prüfbericht TÜV Nord Nr. 0045/202/1334/P/00573/22/D/001(00)	-	01.09.2022
[D33]	Prüfbericht DN 250 Entwurfsprüfung Kolbenschieber DN250 nach Richtlinie 2014/68/EU, TÜV Nord, Nr. 0045/202/1334/P/00138/22/D/001(02)	-	22.08.2022
[D34]	Prüfbericht DN 150 Entwurfsprüfung Kolbenschieber DN150 nach Richtlinie 2014/68/EU, TÜV Nord, Nr. 0045/202/1334/P/00573/22/D/001(00)	-	01.09.2022
[D35]	Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) gemäß Richtlinie 2014/68/EU Anhang I Nr. 4.2, Werkstoff GS-CuSn10-C / GS-CuSn10-C-HP, Berichtsnummer 0045/202/1042/P/00757/22/WE/001(02)	-	20.07.2022
[D36]	Erläuterungen FMEDA durch Hersteller „0240318_AW inkl Infos FMEDAs - SM und Info Inspektion.pdf“	-	18.03.2024
[D37]	Erläuterungen zur FMEDA durch Hersteller „20240409_Anmerkungen zur FMEDA.pdf“	-	09.04.2024
[D38]	Sicherheitshandbuch für konforme Produkte „Safety Manual Rev.0_Stand_09.07.2024.pdf“	0	09.07.2024

3.3. Prüferunterlagen TÜV Rheinland

Nr.	Dokument	Revision	Datum
[P1]	Evaluierungsplan	0	20.02.2024
[P2]	FMEDA Piston Slide Valves mit Schließzylinder	0	27.05.2024
[P3]	FMEDA Piston Slide Valves ohne Schließzylinder	0	27.05.2024
[P4]	Checkliste SIL Handbuch	0	29.05.2024
[P5]	Berechnung SIL Werte LDM	0	28.05.2024
[P6]	Inspection Report Fertigungsstätte	0	23.04.2024

3.4. Bisherige Prüfberichte und Zertifikate

Es handelt sich um die erste Evaluierung des Prüfgegenstandes zum Einsatz in sicherheitsgerichteten Systemen nach IEC 61508. Der Prüfgegenstand ist nach Richtlinie 2014/68/EU baumustergeprüft (TÜV Nord [D29] - [D34]).

4. Inhalte und Ergebnisse des Assessments

4.1. Assessmentprozess

Im Rahmen der Evaluierung wurden FMEDAs zur Betrachtung und Dokumentation der Vermeidung der möglichen Fehler erstellt ([P2] / [P3]). Basierend darauf wurden die Werte für den Low Demand Mode (maximal 1 Anforderung pro Jahr) ermittelt.

Im Rahmen der Evaluierung wurde die durch den Hersteller bereitgestellte Dokumentation geprüft und anhand dieser die Einteilung innerhalb der FMEDAs vorgenommen.

4.2. Dokumentationsprüfung

Durch den Hersteller wurden die folgenden Nachweise bzw. Dokumente hinsichtlich der Evaluierung in Bezug auf die funktionale Sicherheit bereitgestellt und begutachtet:

- Technische Zeichnungen [D3] - [D14]
- Einbau-/Montage-/Betriebsanleitung [D1] / [D2]
- Wartungs- / Prüfeempfehlungen [D22]
- Technische Daten [D17] / [D19] / [D20]
- Werkstoffeinzeltgutachten (PMA) [D21] / [D35]
- Auslegungsberechnungen Druckfedern [D15] / [D16]
- Beschreibung federschließender Kolbenschieber [D23] und Analyse / Fehlerfolgenanalyse hinsichtlich funktionaler Sicherheit [D24] / [D25]
- Übersicht Kundenreklamationen [D26]
- Nachweise Baumusterprüfung Modul B [D29] - [D34]
- Prüfbericht Sauerstoffarmaturen (Ausbrennsicherheit, etc.) [D18]
- Nachweise QM-System [D27] / [D28]

Des Weiteren wurde Fertigungsinspektion des Herstellers am 23.04.2024 durchgeführt (inkl. Funktionstest, Montageablauf, Prüfmittel, u.a.).

Weitere Hinweise zur Auslegung durch den Hersteller:

Die Kolbenschieber sind laut Herstellerangabe nach DIN EN ISO 13849-2:2008-12, Tabelle B1 + B2 konstruiert. Der B_{10D}-Wert wird mit 1.000.000 angegeben. Die Gebrauchsdauer mit 10 Jahren und die Empfehlung zum Wechsel von Verschleißteilen alle 5 Jahre.

Die Baumusterprüfung nach Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU – Modul B – wurde u. a. für 1000 Lastwechsel (ruhende bzw. schwellende Belastung) durchgeführt.

Hinweis zur Reklamationsübersicht [D26]:

Die vorliegende Reklamationsübersicht listet lange zurückliegende Fälle, die mittlerweile behoben wurden (z. B. Filter vor Lüftungsbohrung, damit kein Schmutz eindringt und die Bohrung zusetzt). In den letzten 5 Jahren ist keine Reklamation (Herstellerangabe) aufgetreten, die eine Beeinträchtigung der Funktion zur Folge hatte.

Hinweis zur Prüfbericht Sauerstoffarmaturen [D18]:

Es wurde u. a. gegen einen adiabatischen Druckstoß gegen Selbstentzündung geprüft. Der Schmelzpunkt des Gehäusewerkstoffes liegt bei 1.000 °C.

4.3. Pfad der Evaluierung

Gemäß IEC 61508-2, 7.4.2.2 müssen sicherheitsbezogene Systeme unter anderem Anforderungen an die Sicherheitsintegrität der Hardware und die systematische Sicherheitsintegrität erfüllen. Hierzu wurden im Rahmen dieser Evaluierung die folgenden Routen angewendet:

Route 2_H (IEC 61508-2, 7.4.4.3)

Route 1_s (IEC 61508-2, 7.4.6 f.)

Dies ist auch nach IEC 61511-1:2016, 11.4.3 eine anwendbare Methode zur Festlegung der notwendigen Hardwarefehlertoleranz.

4.4. Sicherheitsfunktion

Die Sicherheitsfunktionen der Kolbenschieber sind definiert als Einnehmen der Ruhestellung bei Anforderung:

1. Sicheres Schließen bei Anforderung (NC, in Ruhestellung geschlossen)

Das Erreichen der Sicherheitsstellung (Schließen des Ventils) erfolgt durch die Wirkung der Druckfeder(n). Details sind in der Betriebsanleitung [D2] / dem Sicherheitshandbuch [D38] und der Beschreibung federschließender Ventile hinsichtlich der funktionalen Sicherheit [D23] beschrieben.

4.5. Betriebsmodus

Die Kolbenschieber der betrachteten Typen können nach IEC 61508-4, 3.5.16. im **Low Demand Mode (LDM)** mit einer Anforderung pro Jahr eingesetzt werden.

4.6. Typ des Systems

Das Ausfallverhalten der Kolbenschieber ist u. a. aufgrund der langjährigen Betriebserfahrung (dokumentiert durch vorgelegte Verkaufszahlen und einer Reklamationsstatistik) und den durchgeführten FMEDAs vollständig bekannt.

Die Armaturen sind daher nach IEC 61508-2, 7.4.4.1.2. als **Typ A** einzuordnen.

4.7. Diagnosedeckungsgrad

Aufgrund der fehlenden Diagnosemöglichkeiten in der Armatur beträgt der Diagnosedeckungsgrad.

DC = 0 %.

Ist eine Diagnose der Sicherheitsfunktion des Prüfgegenstands erforderlich, so muss diese als Teil des sicherheitsgerichteten Gesamtsystems durch externe Maßnahmen bereitgestellt werden.

Zum Beispiel kann über eine Überwachung der Zeitdifferenz des Schließvorganges (ausgewertete Endlagen) die Schwergängigkeit der Armatur nachverfolgt werden.

4.8. Hardwarefehlertoleranz

Die Armaturen haben keine integrierte Redundanz **HFT = 0**. Wenn die Endanwendung eine Hardwarefehlertoleranz fordert, so ist diese durch eine entsprechende Architektur zu implementieren.

4.9. FMEDA

Es wurden in Zusammenarbeit mit dem Hersteller zwei FMEDAs erstellt – eine für die Variante mit Schließzylinder [P2] und eine für die Variante ohne Schließzylinder [P3]. Fehler in der Designphase als auch während der Fertigung und Montage wurden hierbei betrachtet. Fehler, die keinen Einfluss auf die Sicherheitsfunktion haben (no effect) wurden nicht weiter betrachtet.

Die folgenden Besonderheiten wurden in Absprache mit dem Hersteller berücksichtigt [D36] / [D37]:

- Der **Faltenbalg** hat keine sicherheitsrelevante Funktion (keine Abdichtung des Mediums nach Außen). Er dient der Vermeidung der Anhaftung von Schmutzpartikel (äußerer Einfluss) auf der Gleitfläche der Kontaktstange. Die Abdichtung des Kolbens erfolgt je über den Vierlippenring im Pneumatikdeckel, bzw. die der Pneumatikdeckel in der Ausführung mit Schließzylinder. Um die Führung der Kolbenstange bzw. der Kontaktstange zu gewährleisten, befindet sich in den Pneumatikdeckeln ein zusätzlicher Abstreifer, der die Stange zentriert und eine mechanische Berührung mit dem Deckel vermeiden lassen soll. Der Faltenbalg dient nicht der Abdichtung. Der Faltenbalg ist aus Gummi und würde im Zweifelsfall bei starker Leckage einfach platzen bzw. aufreißen. Somit kann der Faltenbalg als „no effect“ Fehler angesehen werden.
- **Verschlusschrauben als Anschluss einer Eigenmediensteuerleitung:** Ein eigenständiges Lösen würde sich durch lautes Zischen einer Undichtigkeit äußern. Die Kupferflachdichtung ist zentriert durch eine Einsenkung und fällt nicht von allein heraus. In der Betriebsanleitung wird darauf hingewiesen, dass die Schrauben nicht unter Druck herausgeschraubt werden sollen, in der Wartungsanleitung wird die Kontrolle des Anzugsmomentes definiert. Rohrleitungsmonteur/-betreiber werden bzw. sind entsprechend geschult. Somit kann auch hier ein „no effect“ Fehler angenommen werden.
- **Zinnbronze als Material:** Das für Gehäuse, Kolben und Pneumatikdeckel verwendete Material ist sehr duktil und geht bei Beanspruchung wieder in die Ausgangsform zurück. Dies ist durch Betriebserfahrung, Nachrechnung (Sicherheitsfaktor 2) und Materialeinzelgutachten belegt (für Sauerstoff-Fernleitungen). Ein Bersten der Bauteile ist somit recht unwahrscheinlich, wird dennoch konservativ weiterhin betrachtet.
- **Gehäusebuchsen:** Die Gehäusebuchsen (Position 005 bzw. 006) sind nicht drucktragend. Diese sind ins Gehäuse eingeschoben (bis Nennweite DN 50 nur oben, ab DN 65 oben und unten), um dieses vor Verschleiß durch Verunreinigungen aus der Rohrleitung zu bewahren. Undichtigkeiten aufgrund verschlissener Gehäusebuchsen können bei der Wartung bzw. dem Proof Test erkannt werden. Somit kann die Gehäusebuchse als „no effect“ Fehler angesehen werden.
- **Nothandbetätigung** (inkl. Teile Spinde Position 009 und Spindelmutter Position 010): Diese Teile werden bei Automatikbetrieb der Armatur nicht aktiv verwendet und dienen nur einer manuellen Betätigung z. B. bei Inbetriebnahme (nach Stromausfall, Ausfall Steuermedium, etc.). Es wird durch Anweisungen sichergestellt, dass die Betätigung im Automatikbetrieb nicht genutzt werden kann bzw. eingerastet ist. Auf Spindel, Spindelmutter und auch Kontaktstange wirken im Automatikbetrieb keine Zugkräfte. Die Kontaktstange dient nur der Positionierung / dem Verfahren der Kontaktrolle/-scheibe zur Auslösung der Endschalterkontakte. Dies unabhängig davon, ob eine Armaturenvariante mit oder ohne Schließzylinder vorliegt. Somit kann auch hier ein „no effect“ Fehler angenommen werden.

Ergebnis

Mit den FMEDAs ([P2] und [P3]) wurde nachgewiesen, dass die Maßnahmen zur Vermeidung und Beherrschung von Ausfällen ausreichend sind.

4.10. Ausfallraten (Low Demand Mode)

Die Ausfallraten für den Low Demand Mode wurden über die zwei FMEDAs ermittelt. Basisausfallraten der verwendeten Bauteile wurden in Abhängigkeit der zuverlässigkeitssteigernden Maßnahmen des Herstellers korrigiert (FMEDA).

In der nachfolgenden Tabelle werden die ermittelten Werte für die verschiedenen Baureihen basierend auf den FMEDAs dargestellt:

Bauart	λ_{DU}		$PFD_{avg,1001}$	$PFD_{avg,1002}$
Ohne Schließzylinder	$1,80 \cdot 10^{-7} / h$	180 FIT	$8,01 \cdot 10^{-4}$	$8,08 \cdot 10^{-5}$
Mit Schließzylinder	$2,30 \cdot 10^{-7} / h$	230 FIT	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,04 \cdot 10^{-4}$

Folgenden Annahmen wurden hierbei gemacht:

- $\lambda_{DU} = \lambda_D \cdot (1-DC)$
- Diagnosegrad $DC = 0 \%$
- Proof Test Intervall $T_1 = 1$ Jahr
- $MRT = 72 \text{ h} \ll T_1$
- $\beta = 10 \%$

Die durchschnittlichen Ausfallwahrscheinlichkeiten bei Anforderung (PFD_{avg}) wurde mit folgenden Formeln berechnet:

- $PFD_{avg,1001} = \lambda_{DU} \cdot (1/2 T_1 + MRT)$
- $PFD_{avg,1002} = 2 \cdot ((1 - \beta) \cdot \lambda_{DU})^2 \cdot t_{CE} \cdot t_{GE} + \beta \cdot \lambda_{DU} \cdot (T_1 / 2 + MRT)$
- $t_{CE} = (T_1 / 2 + MRT)$
- $t_{GE} = (T_1 / 3 + MRT)$

Es ist Aufgabe des Endanwenders die PFD_{avg} Werte für die jeweilige Applikation zu berechnen. Die hier gezeigten Werte dienen lediglich der besseren Einordnung der Ausfallraten.

Ergebnis

Die Ausfallraten liegen in einem Bereich, der eine Verwendung bis zu SIL 2 (einkanalig), bzw. SIL 3 (mehrkanalig) ermöglichen kann.

4.11. Felderfahrung

Es liegen durch den Hersteller Daten zur Felderfahrung (> 40 Jahre) für die Kolbenschieber vor. Es wird bestätigt, dass in den letzten fünf Jahren keine sicherheitsrelevante Funktionsstörung aufgetreten ist. Reklamationen im Rahmen der Einführung der Druckgeräterichtlinie (um Jahr 2000) wurden abgearbeitet und behoben (siehe [D26]). Über Kunden / Betreiber der Kolbenschieber liegt ausreichende Betriebserfahrung vor (inkl. Funktionsprüfungen im Betrieb). Schwierig ist laut Hersteller die Rückmeldung von Erfahrungswerten von ausländischen Kunden / Betreibern (z. B. Indien).

Die im Rahmen der Fertigungsinspektion am 23.04.2024 beim Hersteller vor Ort eingesehenen und durchgesprochenen Lieferzahlen / Reklamationen umfassen alle Nennweiten ohne weitere Differenzierung (z. B. SIL-Einsatz). Eine weitere Differenzierung in Ventile unterschiedlicher Bauart (Schräg-/Gradsitz, mit / ohne Schließzylinder, unterschiedliche Druckstufen / Dichtungswerkstoffe, etc.) wurde von Seiten des Herstellers und der Prüfstelle nicht vorgenommen. Die gemeldeten Fehler werden als Fehler innerhalb der übergeordneten Baureihe angesehen. Die entsprechende Auflistung [D26] des Herstellers wurde durchgesprochen und bewertet, um nur sicherheitsrelevante Fehler zu berücksichtigen.

Nicht beachtet wurden zum Beispiel Reklamationen aufgrund falscher Bestellung oder geänderter Auslegung, o. ä.

Ergebnis

Die Felderfahrungsdaten und Reklamationsnachweise zeigen, dass die in 4.10 ermittelten Ausfallraten als plausibel angesehen werden können.

4.12. Systematische Sicherheitsintegrität

4.12.1. Nachweis eines Qualitätsmanagementsystems

Ein gültiges ISO 9001 Zertifikat für den Bereich Entwicklung, Produktion und Vertrieb von Absperrarmaturen liegt vor [D27]. Der Hersteller ist zusätzlich nach Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU, Modul D (Produktionsprozess), zertifiziert [D28].

4.12.2. Fertigungsstätteninspektion

Eine Fertigungsstätteninspektion fand am 23.04.2024 durch einen Sachverständigen des TÜV Rheinlands im Herstellerwerk in Peine statt [P6].

4.12.3. Review des Sicherheitshandbuchs

Ein Entwurf des Sicherheitshandbuchs [D38] liegt vor und umfasst alle geforderten Punkte.

Ergebnis

Der Evaluierungsgegenstand weist damit eine systematische Eignung von **SC 3** auf.

4.13. Wiederkehrende Prüfungen

Um die Zuverlässigkeit garantieren zu können, sind periodische Inspektionen erforderlich. Die Häufigkeit der Prüfintervalle muss vom Endanwender auf der Grundlage der Anforderungen des Sicherheitshandbuchs und der Zuverlässigkeitsberechnung der sicherheitsrelevanten Funktionen festgelegt werden. Die Prüfintervalle müssen häufiger oder so häufig durchgeführt werden, wie in der Berechnung angegeben, um die erforderliche sicherheitstechnische Integrität der sicherheitsbezogenen Funktion zu gewährleisten. Das Prüfverfahren ist im Sicherheitshandbuch [D38], der Betriebs-/Wartungsanleitung [D1] - [D2] und gesondert in Empfehlungen zur regelmäßigen Funktions- und Dichtheitskontrolle [D22] beschrieben. Gleichzeitig gibt der Hersteller Empfehlungen für Funktions- und Dichtheitskontrollen vor [D22]: vierteljährliche Funktionskontrolle (voller Hub), jährliche Dichtheitsprüfung, monatliche Betätigung (Elastizität der Dichtungen).

4.13.1. Proof Test

Zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Armaturen sind periodische Inspektionen erforderlich. Die Prüfintervalle müssen vom Endbenutzer in Abhängigkeit vom Gesamtsystem festgelegt werden. Das Verfahren muss wie im Handbuch ([D38], bzw. [D1] - [D2]) bzw. nach Empfehlung des Herstellers [D22] angegeben durchgeführt werden (mindestens 1 x / Jahr).

Der Proof Test Coverage Factor gibt an, wie viele der gefährlichen unentdeckten Ausfälle durch einen Proof-Test erkannt werden können. Er wurde innerhalb der FMEDAs für die Sicherheitsfunktion der Armatur festgelegt:

Bauart	PTC	Sicherheitsfunktion
Ohne Schließzylinder	94 %	Sicheres Schließen & äußere Dichtheit
Mit Schließzylinder	90 %	Sicheres Schließen & äußere Dichtheit

4.13.2. Wartung

Nach spätestens fünf Jahren (oder nach einer Millionen Betätigungen) sollte eine komplette Wartung mit Wechsel der Verschleißteile durchgeführt werden. Das Vorgehen ist im Sicherheitshandbuch [D38] und der Betriebs-/Wartungsanleitung [D1] - [D2] bzw. den Empfehlungen des Herstellers zur Funktions- und Dichtheitskontrolle [D22] beschrieben. Es werden verschlissene und gealterte Komponenten gewechselt, periodische Tests durchgeführt und somit ein Neuzustand in Bezug auf die Sicherheitsfunktion erreicht.

Vorgesaltete Filter zur Reduzierung von Partikeln, sind regelmäßig abhängig vom Verschmutzungsgrad des Mediums zurück zu spülen bzw. zu reinigen. Dies ist vor allem in Sauerstoffanwendungen aufgrund des Entzündungspotentials durch Reibung von Partikeln an Engstellen sicherzustellen.

4.14. Einsatz im Anwendungsbereich der IEC 61511-1:2016

Produkte, die nach IEC 61508 erfolgreich geprüft und zertifiziert wurden, können im Anwendungsbereich der IEC 61511-1 (Prozessindustrie) verwendet werden. Je nach angewandter Assessment Methode (Route) sind dabei die besonderen Anforderungen zu beachten. Produkte, die nach Route 2_H qualifiziert wurden, dürfen unter Beachtung der Anforderungen an die HFT nach Abschnitt 4.8 verwendet werden.

5. Zusammenfassung

Basierend auf der Auswertung der Dokumentation des Herstellers zeigt das Bewertungsergebnis, dass die

Automatik-Kolbenschieber (Piston Slide Valves)

Typ GKV (Schrägsitz, bevel seat), DN 15-150

Typ GKV (Gradsitz, straight seat), DN 200-400

mit und ohne Schließzylinder

des Herstellers

H. Gäbler Armaturen GmbH & Co. KG

Gaußstraße 3

31224 Peine

Deutschland

die anwendbaren Anforderungen der Norm IEC 61508:2010 erfüllen und mit einer systematischen Eignung von SC 3 in sicherheitsgerichteten Systemen für den durch den Hersteller freigegebenen Einsatzbereich eingesetzt werden können.

Die Kolbenschieber sind zur Verwendung in einem sicherheitsgerichteten System bis SIL 2 (Low Demand Mode) geeignet. Unter Berücksichtigung der mindestens erforderlichen Hardware-Fehlertoleranz von HFT = 1 können sie in redundanter Ausführung auch bis SIL 3 eingesetzt werden.

Voraussetzung ist, dass entsprechende weitere Komponenten des finalen Elements (bspw. Armatur, Antrieb und Magnetventil) ebenfalls geeignet dimensioniert sind und ein Nachweis nach oben genannter Norm für den entsprechenden Safety Integrity Level vorliegt.

Die Anweisungen des zugehörigen Installations-, Betriebs-, Wartungs- und Sicherheitshandbuchs, sowie die Empfehlungen des Herstellers bzgl. regelmäßiger Funktionstests sind zu berücksichtigen.

Die Ausstellung eines Zertifikats wird befürwortet.

Köln, 31.07.2024
TIS/A-FS&CS cs-nie

Bericht nach Review freigegeben:
Datum: 31.07.2024

Der Sachverständige

M.-Eng. Christian Schneider

Dr.-Ing. Jan Schumacher