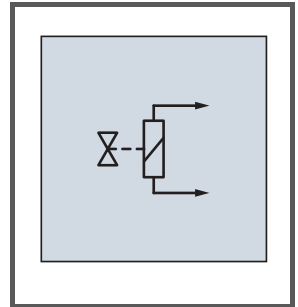


ANWENDUNGSBESCHREIBUNG

VENTILE – TRENNBARRIEREN



Es gelten die Allgemeinen Lieferbedingungen für Erzeugnisse und Leistungen der Elektroindustrie, herausgegeben vom Zentralverband Elektroindustrie (ZVEI) e.V. in ihrer neusten Fassung sowie die Ergänzungsklausel: "Erweiterter Eigentumsvorbehalt".

1	Ansteuerung eigensicherer Ventile	4
2	Der Ventilsteuerbaustein	5
3	Das Ventil	6
4	Zusammenschaltung von Ventil und Ventilsteuerbaustein	8
5	Das Boosterventil	10
6	Zusammenschaltung von Boosterventil und Ventilsteuerbaustein	12
7	Ventildaten und Ventilliste	16

1 Ansteuerung eigensicherer Ventile

Die geeignete Zusammenschaltung eines Ventils mit einem Ventilsteuerbaustein ist von vielen Faktoren abhängig. Um eine einwandfreie Funktion eigensicherer Ventile zu gewährleisten und auch allen Anforderungen der Eigensicherheit gerecht zu werden, sind einige Dinge zu beachten. Mit den technischen Daten von Ventil und Ventilsteuerbaustein muss eine Worst-Case-Berechnung durchgeführt werden, um die Funktion des Ventils auch bei ungünstigen Toleranzen von Ventil und Steuerbaustein sowie bei erhöhter Umgebungstemperatur sicher zu stellen.

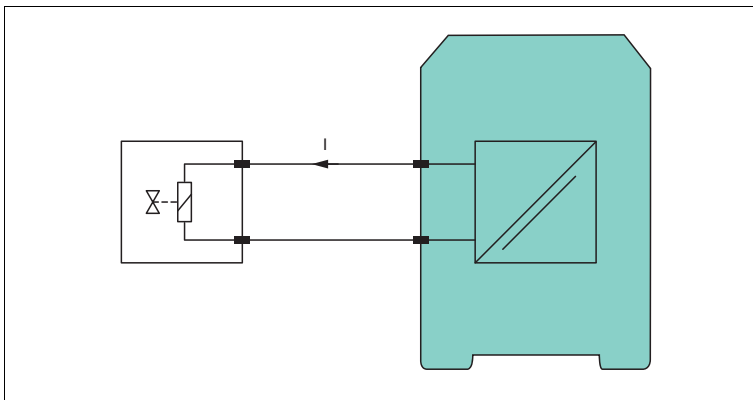


Abbildung 1.1 Zusammenschaltung Ventil und Ventilsteuerbaustein

Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten beschrieben und deren funktionale Zusammenschaltung hergeleitet.

2 Der Ventilsteuerbaustein

Der Ventilsteuerbaustein besteht im Prinzip aus einer Spannungsquelle mit Innenwiderstand (→ siehe Abbildung 3.1 auf Seite 6).

Leerlaufspannung U_s

Die Leerlaufspannung ist die Klemmenspannung am Ausgang ohne Feldstrom ($I = 0$).

Innenwiderstand R_i

Der Innenwiderstand reduziert in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom die am Ventil zur Verfügung stehende Spannung. Dieser Widerstand R_i setzt sich aus dem Ex-Schutz und anderen internen Komponenten zusammen.

Leitungsfehlerüberwachungsstrom I_{LFD}

Zur Leitungsfehlerüberwachung prägen einige Ventilsteuerbausteine dem Feldstromkreis einen kleinen Prüfstrom ein. Dieser Strom ist so gewählt, dass er das Ventil nicht schaltet. Lediglich bei Low-Power-Ventilen kann dieser Strom I_{LFD} Probleme verursachen.

3 Das Ventil

Vereinfacht kann ein Ventil wie ein elektromechanisches Relais betrachtet werden, welches aus einer Spule mit gekoppelter Mechanik besteht (→ siehe Abbildung 3.1 auf Seite 6).

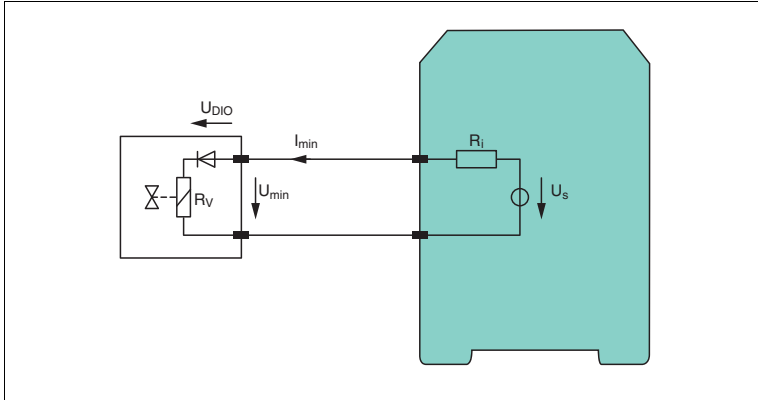


Abbildung 3.1 Elektrische Signale in Ventil und Ventilsteuerbaustein

Folgende Parameter sind für die zuverlässige Ansteuerung eines Ventils zu berücksichtigen.

Minimale Schaltspannung U_{min}

Oberhalb der minimalen Schaltspannung schaltet das Ventil. In diesem Wert sind alle internen Spannungsfälle berücksichtigt. Ist U_{min} nicht angegeben, so kann dieser Wert aus I_{min} , R_V und U_{DIO} berechnet werden.

Mindestschaltstrom I_{min}

Oberhalb des Mindestschaltstroms zieht das Ventil sicher an.

Haltestrom I_{hold}

Ein für die praktische Anwendung bei klassischen Ventilen weniger relevanter Parameter ist der Haltestrom I_{hold} , bei dessen Unterschreitung das angezogene Ventil wieder abfällt. Bei den Boosterventilen hat dieser Parameter Bedeutung (siehe Kapitel 5).

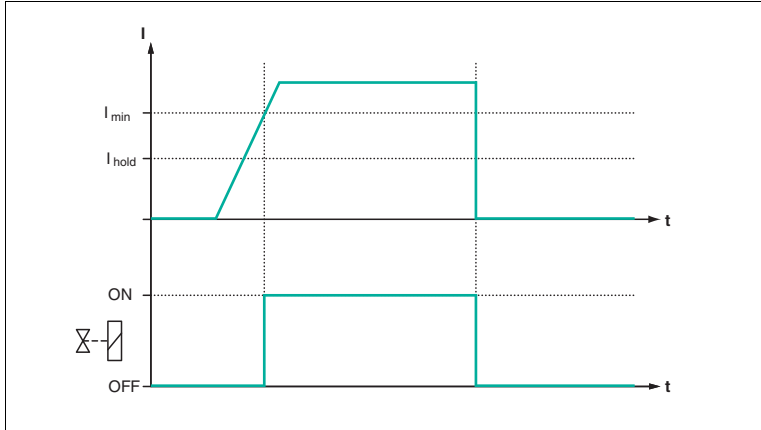


Abbildung 3.2 Stromkennlinie Ventil

Wicklungswiderstand R_v

Bei Berechnungen ist der maximale Wicklungswiderstand (bei maximaler Betriebstemperatur) zu verwenden. Der spezifische Widerstand von Metallen ist temperaturabhängig und steigt mit der Temperatur. Ist im Datenblatt nur der Widerstand bei Nenntemperatur angegeben, so kann über den Faktor 1,004/K (Kupfer) der Wert bei maximaler Betriebstemperatur berechnet werden.

Spannung der internen Dioden U_{DIO}

Der Spannungsfall U_{DIO} von eventuell im Ventil eingesetzten Verpolungsschutzdioden muss berücksichtigt werden. Diese Angaben sind selten in den Datenblättern angegeben und nur von Bedeutung, wenn U_{min} nicht angegeben ist.

Zusammenfassung

Für die Beurteilung des Ventils sind entweder U_{min} und I_{min} oder die Parameter I_{min} , R_v und U_{DIO} wichtig. Ist U_{min} nicht angegeben, so kann dieser Wert mit Gleichung 1 ermittelt werden.

Gleichung 1

$$U_{min} = U_{DIO} + R_v \times I_{min}$$

4 Zusammenschaltung von Ventil und Ventilsteuerbaustein

Unter Berücksichtigung des maximalen Leitungswiderstandes R_{Lmax} lässt sich mit den technischen Daten ein geeigneter Ventilsteuerbaustein zu einem bestehenden Ventil ermitteln. Ziel ist die Ermittlung eines Leitungswiderstands, der den Betrieb des Feldkreises ermöglicht.

In der folgenden Abbildung ist der Leitungswiderstand in den Stromkreis eingezeichnet.

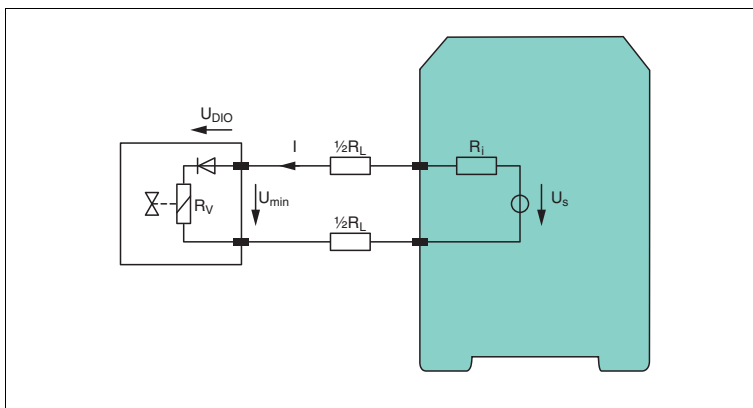


Abbildung 4.1 Feldstromkreis mit Leitungswiderstand

Damit lassen sich die folgenden Gleichungen herleiten und nach R_L umformen.

Gleichung 2
$U_s - U_{min} = (R_L + R_i) \times I_{min}$
$R_{Lmax} < (U_s - U_{min}) / I_{min} - R_i$

Dieser Leitungswiderstand R_L darf nicht überschritten werden.

Ist die Mindestspannung U_{min} des Ventils nicht angegeben, so kann mit Wicklungswiderstand R_V und interner Spannung U_{DIO} der Leitungswiderstand R_L ermittelt werden.

Gleichung 3
$U_s - U_{DIO} = (R_L + R_i + R_V) \times I_{min}$
$R_{Lmax} < (U_s - U_{DIO}) / I_{min} - (R_i + R_V)$

Ein negativer Wert von R_L bedeutet in beiden Fällen, dass der Ventilsteuerbaustein nicht mit dem gewählten Ventil verwendet werden kann.

In den folgenden Beispielen soll die funktionale Zusammenschaltung von Ventil und Ventilsteuerbaustein anhand der Datenblattangaben exemplarisch dargestellt werden.

Beispiel 1

- **Ventil Herion 2053**

$$U_{\min} = 19 \text{ V}$$

$$I_{\min} = 13 \text{ mA}$$

- **Ventilsteuerbaustein KFD2-SL2-Ex***

$$R_T = 272 \Omega$$

$$U_S = 24 \text{ V}$$

Aus Gleichung 2 ergibt sich der folgende maximale Leitungswiderstand:

$$R_{L\max} = (24 \text{ V} - 19 \text{ V}) / 0,013 \text{ A} - 272 \Omega = 113 \Omega$$

Mit einem spezifischen Kabelwiderstand von $59 \Omega/\text{km}$ (bei $0,6 \text{ mm}^2$) berechnet sich die maximale Kabellänge zu ca. 2 km. Damit ist die Funktion des Feldkreises sichergestellt.

Beispiel 2

- **Ventil Samson 3775-13**

$$R_V (60 \text{ }^\circ\text{C}) = 4640 \Omega$$

$$U_{\min} = 18,6 \text{ V}$$

$$I_{\min} = 3,75 \text{ mA}$$

- **Ventilsteuerbaustein KFD2-SL2-Ex***

$$R_T = 272 \Omega$$

$$U_S = 24 \text{ V}$$

Aus Gleichung 2 ergibt sich der folgende maximale Leitungswiderstand:

$$R_{L\max} = (24 \text{ V} - 18,6 \text{ V}) / 0,00375 \text{ A} - 272 \Omega = 1168 \Omega$$

Auch hier ist die Funktion des Feldkreises sichergestellt.

5 Das Boosterventil

Bei einigen direkt geschalteten Ventilen ist die zuvor gemachte Vereinfachung etwas zu präzisieren. Da im eigensicheren Stromkreis der Ansteuerstrom des Ventilsteuerbausteins nicht ausreicht, um das Ventil zu betätigen, befindet sich im Ventil eine Kondensatorschaltung (→ siehe Abbildung 5.1 auf Seite 10). Dieser Kondensator lädt sich nach dem Einschalten auf, bis die Ansteuerenergie bzw. Mindestschaltspannung U_{\min} für das Ventil erreicht ist.

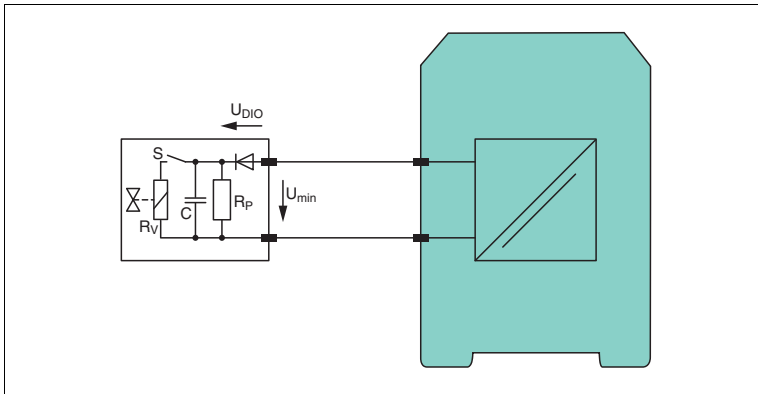


Abbildung 5.1 Boosterventil

Wichtige Parameter von Boosterventilen sind:

Ruhestrom I_{quiet}

Die interne Elektronik direkt geschalteter Ventile benötigt unabhängig vom Schaltzustand einen Ruhestrom, der durch einen Parallelwiderstand R_p symbolisiert wird (→ siehe Abbildung 5.1 auf Seite 10).

Minimale Schaltspannung U_{\min}

Wie bei den Standardventilen ist auch hier die minimale Schaltspannung U_{\min} von Bedeutung. Nach dem Einschalten des Ventils wird der interne Boostkondensator aufgeladen, bis die notwendige Energie zum Schalten erreicht ist. Zusammen mit der Diodenspannung ergibt sich dann die minimale Schaltspannung die an den Klemmen des Ventils anliegen muss.

Haltestrom I_{hold}

Im eingeschalteten Zustand benötigt das Ventil einen Strom I_{hold} um nicht wieder abzufallen.

Leitungsfehlerüberwachungsstrom I_{LFD}

Zur Leitungsfehlerüberwachung prägen einige Ventilsteuerbausteine dem Feldstromkreis einen kleinen Prüfstrom ein. Dieser Strom ist so gewählt, dass er das Ventil nicht schaltet. Lediglich bei Low-Power-Ventilen kann dieser Strom I_{LFD} Probleme verursachen, wenn er den Boostkondensator oberhalb der minimalen Schaltspannung U_{min} auflädt.

Spannung der internen Dioden U_{DIO}

Der Spannungsfall U_{DIO} von eventuell im Ventil eingesetzten Verpolungsschutzdioden muss berücksichtigt werden. Diese Angaben sind selten in den Datenblättern angegeben und nur von Bedeutung, wenn U_{min} nicht angegeben ist.

6 Zusammenschaltung von Boosterventil und Ventilsteuerbaustein

Unter Berücksichtigung des maximalen Leitungswiderstandes R_{Lmax} lässt sich mit den technischen Daten ein zu einem Ventil geeigneter Ventilsteuerbaustein ermitteln. Ziel ist die Ermittlung eines Leitungswiderstands, der einen Betrieb des Feldkreises ermöglicht.

Die folgende Abbildung zeigt die prinzipielle Zusammenschaltung von Boosterventil und Ventilsteuerbaustein inklusive Leitungswiderstand.

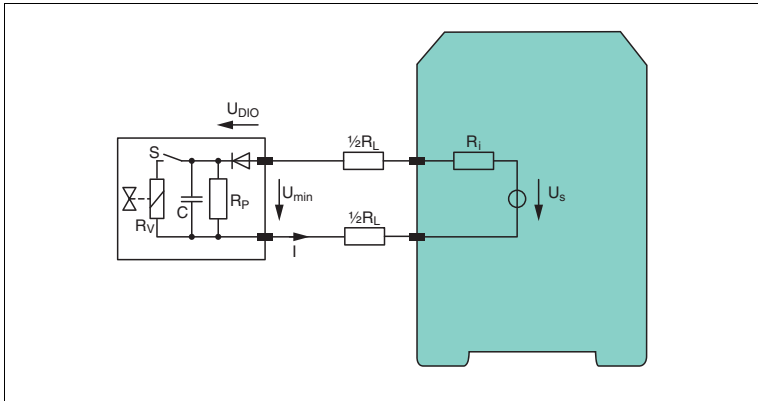


Abbildung 6.1 Elektrischer Stromkreis mit Boosterventil

Um das Verhalten von Boosterventilen besser zu verstehen, muss das zeitliche Verhalten des Ventils beim Ein- und Ausschalten berücksichtigt werden.

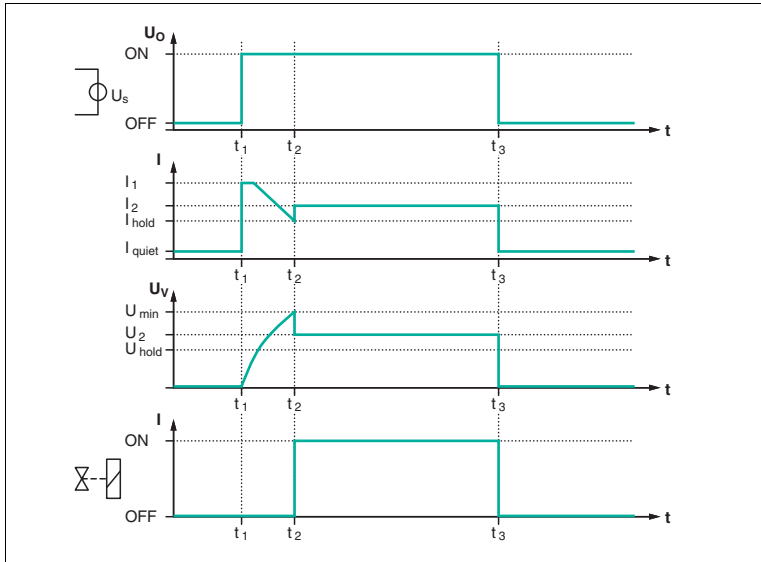


Abbildung 6.2 Zeitverlauf beim Einschalten des Boosterventils

Einschalten zum Zeitpunkt t_1

Der Ventilsteuerbaustein schaltet U_s an das Ventil. Der Strom I steigt durch den anfangs ungeladenen Kondensator und die Widerstände sprunghaft auf den Wert I_1 . Der Strom I_1 wird durch den Innenwiderstand R_i und den Leitungswiderstand R_L begrenzt.

Gleichung 4

$$I_1 = (U_s - U_{DIO}) / (R_L + R_i)$$

Die Kondensatorspannung im Ventil steigt exponentiell bis auf die Mindestschaltspannung U_{min} an. Die Leerlaufspannung U_s muss größer als U_{min} sein, damit das Ventil überhaupt schaltet. Genau genommen muss der Wert U_s der Anforderung in Gleichung 5 entsprechen, da der Ruhestrom I_{quiet} im Verhältnis zu R_p berücksichtigt werden muss. Diese Gleichung wird nach R_L umgestellt.

Gleichung 5

$$U_s > U_{min} + I_{quiet} \times (R_L + R_i)$$

$$R_{Lmax} < (U_s - U_{min}) / I_{quiet} - R_i$$

Dieser Leitungswiderstand R_L darf nicht überschritten werden.

Zustand nach dem Einschalten zum Zeitpunkt t_2

Die Mindestschaltspannung U_{\min} des Ventils ist erreicht. Die gespeicherte Energie im Kondensator wird für das Schalten des Ventils verwendet, wodurch die Spannung auf U_2 absinkt. Der Feldstrom I stellt sich auf den Wert I_2 ein.

Gleichung 6
$I_2 = (U_s - U_{DIO}) / (R_L + R_i + R_v)$
$R_{L\max} < (U_s - U_{DIO}) / I_2 - (R_i + R_v)$

Der Strom I_2 muss größer sein als der oben beschriebene Haltestrom I_{hold} . Der Parallelwiderstand R_p kann hier vernachlässigt werden. Ist nicht nur der Haltestrom I_{hold} sondern die Haltespannung U_{hold} angegeben, so kann auch mit diesem Parameter gerechnet werden. Damit haben wir die Verhältnisse wie beim zuvor beschriebenen klassischen Ventil.

Gleichung 7
$U_2 > U_{\text{hold}} = U_s - I_{\text{hold}} \times (R_L + R_i)$
$R_{L\max} < (U_s - U_{\text{hold}}) / I_{\text{hold}} - R_i$

Bei der Auswahl des Ventilsteuerbausteins müssen alle Bedingungen aus Gleichung 5, 6 oder 7 erfüllt sein.

Ausschalten zum Zeitpunkt t_3

Nach dem Ausschalten des Ventils müssen noch zwei Besonderheiten beachtet werden. Zur Leitungsüberwachung wird ein kleiner Überwachungsstrom I_{LFD} in den Kreis geschaltet.

1. Ist der Parallelwiderstand R_p groß, bzw. der Ruhestrom I_{quiet} des Ventils klein, so wird unter Umständen der Kondensator C geladen und das Ventil schaltet unbeabsichtigt. Abhilfe schafft hier ein Parallelwiderstand von $R_p = 4,7 \text{ k}\Omega \dots 10 \text{ k}\Omega$ an den Klemmen des Ventils (→ siehe Abbildung 6.3 auf Seite 15).
2. Eventuell reicht der Überwachungsstrom I_{LFD} nicht aus, um die Elektronik mit der Ladecharakteristik des Kondensators zu starten. In diesem Fall bleibt das Ventil hochohmig für diesen Leitungsüberwachungsstrom. Der Ventilsteuerbaustein zeigt einen Leitungsbruch an. Auch hier hilft der unter 1. beschriebene Parallelwiderstand an den Anschlüssen des Ventils.

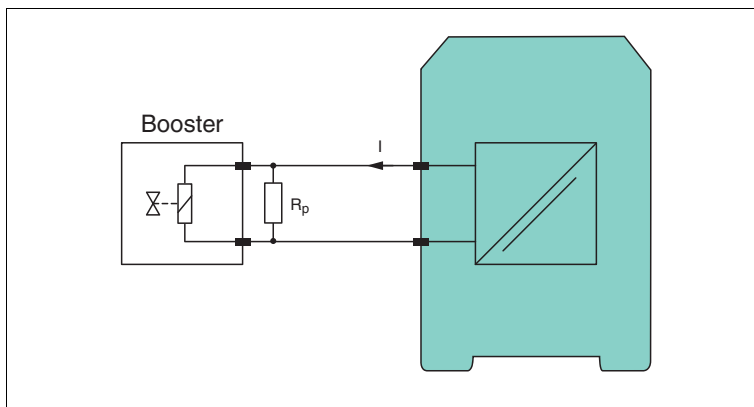


Abbildung 6.3 Parallelwiderstand am Boosterventil

7 Ventildaten und Ventilliste

Um dem Anwender die Auswahl eines geeigneten Ventiststeuerbausteines für sein Ventil zu vereinfachen, hat Pepperl+Fuchs eine Kompatibilitätsliste erstellt. Die Angaben in dieser Kompatibilitätsliste wurden mit Hilfe der Daten der Ventilhersteller und der oben genannten Berechnungsformeln errechnet. Die Kompatibilitätsliste (Auswahltabelle Ventilststeuerbausteine) finden Sie im Internet unter www.pepperl-fuchs.com und im Engineer's Guide Interfacetechnik.



PROZESSAUTOMATION – PROTECTING YOUR PROCESS



Zentrale weltweit

Pepperl+Fuchs GmbH

68307 Mannheim · Germany

Tel. +49 621 776-0

E-mail: info@de.pepperl-fuchs.com

Ihren Ansprechpartner vor Ort finden

Sie unter www.pepperl-fuchs.com/pfcontact

www.pepperl-fuchs.com

 **PEPPERL+FUCHS**
PROTECTING YOUR PROCESS

Änderungen vorbehalten

Copyright PEPPERL+FUCHS • Printed in Germany

TDOCT-2504_GER

08/2011