

Typ	Sicherheit nach ISO 13849-1	Performance Level	Kategorie	MTTF _d -Stufe	MTTF _d [Jahre]	DC _{avg} -Stufe	DC _{avg} [%]	B _{10d} [× 10 ⁶]	Reaktionszeit [ms]
SG-EFS 104/4L	ISO 13849-1:2006 Kategorie 3 PL e	e	3	hoch	100	mittel	90	0,1 ¹⁾	30
SG-EFS 104/2W	ISO 13849-1:2006 Kategorie 3 PL d	d	3	hoch	277	niedrig	60	1,8 ¹⁾	15
SG-EFS 1X4 ZK2/1 (8k2)	ISO 13849-1:2006 Kategorie 3 PL e	e	3	hoch	313	mittel	90	2 ¹⁾	10
SG-EFS 1X4 ZK2/1 L20ms (LR)	ISO 13849-1:2006 Kategorie 3 PL e	e	3	hoch	313	mittel	90	2 ¹⁾	30
SG-SLE X4-0X1	ISO 13849-1:2006 Kategorie 3 PL e	e	3	hoch	279	mittel	90	2 ¹⁾	14
SG-TRS 208/XXX	ISO 13849-1:2006 Kategorie 3 PL d	d	3	hoch	246	niedrig	60	2 ¹⁾	20
SG-RST 153	ISO 13849-1:2006 Kategorie 2 PL c	c	2	hoch	33	mittel	90	0,18 ¹⁾	5
SG-RS 204	ISO 13849-1:2006 Kategorie 1 PL c	c	1	hoch	141	–	–	0,1 ¹⁾	15
Schaltmatten SM	–	–	3	2)	2)	–	–	6 ¹⁾	8
Trittschalter TS	–	–	3	2)	2)	–	–	6 ¹⁾	8
Schaltleisten SL	–	–	3	2)	2)	–	–	4	3)
Schaltleisten SL/NO	–	–	3	2)	2)	–	–	4	3)
Öffner-Schaltleisten SL/NC II	–	–	3	2)	2)	–	–	2	3)
Miniaturschaltleisten EKS	–	–	–	2)	2)	–	–	2	3)
Safety Bumper SB	–	–	3	2)	2)	–	–	2	3)
Safety Bumper SB/K	–	–	3	2)	2)	–	–	2	3)

¹⁾ angenommene Parameter: $d_{op} = 365$ d/a, $h_{op} = 24$ h/d, $t_{zyklus} = 600$ s ($n_{op} = 52560/a$)

²⁾ MTTF_d-Stufe und -Wert sind abhängig vom Anwendungsfall (siehe Seite 3).

³⁾ abhängig vom Profil

PL ermitteln

Sind Kategorie, DC_{avg} und $MTTF_d$ bekannt, kann der Performance Level (PL) laut Tabelle ermittelt werden.

Beispiel 1:
SG-EFS 1X4 ZK2/1
 Kategorie 3
 $DC_{avg} = 90\%$ $\Rightarrow DC_{avg}$ mittel
 $MTTF_d = 313$ Jahre $\Rightarrow MTTF_d$ hoch
 Ergebnis: \Rightarrow **PL d**

Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung des erreichten PL							
Kategorie	B	1	2	2	3	3	4
DC_{avg}	kein	kein	niedrig	mittel	niedrig	mittel	hoch
$MTTF_d$ niedrig	a	–	a	b	b	c	–
$MTTF_d$ mittel	b	–	b	c	c	d	–
$MTTF_d$ hoch	–	c	c	d	d	d	e

DC_{avg} -Tabelle
 $MTTF_d$ -Tabelle

Bezeichnung DC_{avg}	Bereich
kein	$DC_{avg} < 60\%$
niedrig	$60\% \leq DC_{avg} < 90\%$
mittel	$90\% \leq DC_{avg} < 99\%$
hoch	$99\% \leq DC_{avg}$

Bezeichnung $MTTF_d$	Bereich
–	–
niedrig	3 Jahre < $MTTF_d$ < 10 Jahre
mittel	10 Jahre \leq $MTTF_d$ < 30 Jahre
hoch	30 Jahre \leq $MTTF_d$ < 100 Jahre

PL \Rightarrow SIL

Performance Level (ISO 13849)	Safety Integrity Level (IEC 61508)	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls (PFH) [1/h]
PL a	–	$10^{-4} > X \geq 10^{-5}$
PL b	SIL1	$10^{-5} > X \geq 3 \times 10^{-6}$
PL c	SIL1	$3 \times 10^{-6} > X \geq 10^{-6}$
PL d	SIL2	$10^{-6} > X \geq 10^{-7}$
PL e	SIL3	$10^{-7} > X \geq 10^{-8}$

Signalgeber-MTTF_d
ermitteln

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}}$$

Beispiel 3:

Schaltmatte vor Bearbeitungszentrum mit 30-Sekunden-Takt im 3-Schicht-Betrieb an 250 Tagen im Jahr.

$n_{op} = 120 \text{ Betätigungen/h} \times 24 \text{ h/Tag} \times 250 \text{ Tage} = 720.000 \text{ Betätigungen im Jahr}$

$$MTTF_d = B_{10d} / (0,1 \times n_{op}) = 6.000.000 / (0,1 \times 720.000) = 83,3 \text{ Jahre} \quad \Rightarrow \text{MTTF}_d \text{ hoch}$$

Beispiel 4:

Öffner-Schaltleiste an Schiebeter mit 2 Betätigungen am Tag (morgens und abends) an 365 Tagen im Jahr.

$n_{op} = 2 \text{ Betätigungen/Tag} \times 365 \text{ Tage} = 730 \text{ Betätigungen im Jahr}$

$$MTTF_d = B_{10d} / (0,1 \times n_{op}) = 2.000.000 / (0,1 \times 730) = 27.397,3 \text{ Jahre} \quad \Rightarrow \text{MTTF}_d \text{ hoch}$$

Gesamt-MTTF_d
ermitteln

$$\frac{1}{MTTF_d} = \frac{1}{MTTF_{dSG}} + \frac{1}{MTTF_{dSignalgeber}}$$

Beispiel 5:

Wie Beispiel 3; **Schaltmatte SM** angeschlossen an **SG-EFS 1X4 ZK2/1**.

$MTTF_{dSG} = 313,3 \text{ Jahre}$

$MTTF_{dSM} = 83,3 \text{ Jahre}$

$$\frac{1}{MTTF_d} = \frac{1}{313 \text{ Jahre}} + \frac{1}{83,3 \text{ Jahre}}$$

$$MTTF_d = 65,8 \text{ Jahre}$$

$\Rightarrow \text{MTTF}_d \text{ hoch}$

Hinweis:

Dies ist eine sehr vereinfachte Darstellung, die der Ermittlung des realen Gesamt-MTTF_d nur bedingt nahekommt. Zu berücksichtigen sind außerdem:
+ Zuleitungen zw. Signalgeber und SG
+ unterschiedliche Kanäle
+ Zuleitungen zw. SG und Maschine
+ Arten der Anschlüsse

Glossar

B_{10d}	Anzahl der Zyklen bis 10% der Komponenten gefährlich ausgefallen sind (für elektromechanische Komponenten)
DC_{avg}	durchschnittlicher Diagnosedeckungsgrad; Maß für die Wirksamkeit der Diagnose, die bestimmt werden kann als Verhältnis der Ausfallrate der bemerkten gefährlichen Ausfälle zur Ausfallrate der gesamten gefährlichen Ausfälle
$MTTF_d$	mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall
n_{op}	mittlere Anzahl jährlicher Betätigungen; $n_{op} = (3600 \text{ s}/t_{zyklus})/h \times h_{op} \times d_{op}$
PL	Performance Level; diskreter Level, der die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung spezifiziert, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen
SIL	Sicherheit-Integritätslevel; diskrete Stufe zur Spezifizierung der Sicherheitsintegrität der Sicherheitsfunktionen