



FMEDA

Failure Mode Effect and Diagnostic Analysis

Ingenieurbüro Bernd Hölle GmbH
Gerhard-Kindler-Straße 3
72770 Reutlingen
Telefon (0 71 21) 8 20 17 40
info@myibh.de | www.myibh.de

Failure Mode Effect and Diagnostic Analysis (FMEDA)

Definition

Als FMEDA (Failure Mode Effect and Diagnostic Analysis) wird eine quantitative induktive Sicherheitsanalyse bezeichnet, mit der das Sicherheitskonzept eines Fahrzeugsystems bewertbar und vergleichbar wird. Ergebnisse einer FMEDA sind Kennzahlen zum Diagnosedeckungsgrad (Diagnose Coverage DC), zum Anteil sicherer Fehler (Safe Failure Fraction SFF), zu Hardwarearchitekturmetriken (Single-Point Fault Metric SPFM, Latent Fault Metric LFM) und zur Fehlerwahrscheinlichkeit, dass ein Sicherheitsziel verletzt wird (Probabilistic Metric for random Hardware Failure PMHF).

Eine FMEDA erweitert die Struktur-, Funktions- und Fehleranalyse der FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) um Angaben zur Zuverlässigkeit von Hardwareelementen (u.a. Ausfallraten für Ausfallarten) und macht damit die Auswirkungen von zufälligen Ausfällen quantifizierbar.

Gefahrenanalyse und Risikobewertung

Nach der Definition des zu betrachtenden Fahrzeugsystems (u.a. Zweck, Funktionalitäten, Betriebs- und Umgebungsbedingungen, gesetzlichen Anforderungen, Grenzen, Schnittstellen) wird der Sicherheitslebenszyklus eingeleitet und gemäß ISO 26262 Band 3 Abs. 7 eine Gefahrenanalyse und Risikobewertung durchgeführt. Ergebnisse der Gefahrenanalyse und Risikobewertung sind Sicherheitsziele und Sicherheitskonzepte mit denen die zu implementierenden Sicherheitsmechanismen geplant, Gefahren abgeschwächt und unzumutbare Risiken vermieden werden.

Eine Risikobewertung klärt grundsätzlich die Fragen „Was kann sich ereignen?“, „Wie häufig kann die Gefahr eintreten?“, „Was sind die Auswirkungen, wenn die Gefahr eintritt?“ und „Wie wahrscheinlich ist die Vermeidung der Gefahr?“. Generell wird ein Risiko als Multiplikation der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Gefahr mit dem Schadensausmaß verstanden.

Die ISO 26262 Band 3 Tabelle 4 fordert, dass die unter verschiedenen Betriebssituationen ermittelten Gefahren und deren Folgen auf Basis des Ausmaßes des Schadens (Severity S), der Häufigkeit der Situation (Exposure Time E) und der Beherrschbarkeit (Controllability C) eine Sicherheitsanforderungsstufe (Automotive Safety Integrity Level ASIL) für jede Gefahr bestimmt wird.

Ausmaß des Schadens, Severity (S)

S0	S1	S2	S3
Keine Verletzung	Leichte bis mittelschwere Verletzung	Schwere Verletzung Überleben wahrscheinlich	Schwerste Verletzung Überleben unwahrscheinlich

Häufigkeit der Situation, Exposure Time (E)

E1	E2	E3	E4
Selten	Gelegentlich (in weniger als 1% der Betriebszeit)	Häufig (zwischen 1% bis 10% der Betriebszeit)	Ständig (mehr als 10% der Betriebszeit)

Beherrschbarkeit, Controllability (C)

C0	C1	C2	C3
Sicher beherrschbar	Einfach beherrschbar (mehr als 99% aller Fahrer können die Situation beherrschen)	Normal beherrschbar (mehr als 90% aller Fahrer können die Situation beherrschen)	Schwierig beherrschbar (weniger als 90% aller Fahrer können die Situation beherrschen)

Tabelle gemäß ISO 26262 zur Bestimmung der ASIL-Klasse

Ausmaß des Schadens	Häufigkeit der Situation	Beherrschbarkeit		
		C1	C2	C3
S1	E1			
	E2			
	E3			A
	E4		A	B
S2	E1			
	E2			A
	E3		A	B
	E4	A	B	C
S3	E1			A
	E2		A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

Für das Ausmaß des Schadens S0 (keine Verletzung) und Beherrschbarkeit C0 (sicher beherrschbar) wird keine ASIL-Klasse bestimmt. Bei den in der obigen Tabelle leeren Feldern genügt der Nachweis eines zertifizierten Qualitätsmanagement-Systems.

Sicherheitsanalysen und Architekturmetriken

Für Gefahren in Fahrzeugsystemen, die in die ASIL-Klassen B, C und D eingestuft wurden, müssen gemäß ISO 26262 Band 4 (System) und Band 5 (Hardware) induktive und deduktiven Sicherheitsanalysen (in der Regel FMEA und Fehlerbaumanalyse FTA) durchgeführt und die Hardware-Architekturmetriken SPFM, LFM und PMHF (über eine FMEDA) berechnet werden.

Vorgabewerte für die Hardware-Architekturmetriken

Aus der ermittelten ASIL-Klasse ergeben sich gemäß Tabelle E.1 der ISO 26262 Band 5 die Vorgabewerte für die Architekturmetriken „Single-Point Fault Metric SPFM“ und „Latent-Fault Metric LFM“ und gemäß Tabelle G.1 der ISO 26262 Band 5 die Vorgabewerte für die „Probabilistic Metric for random Hardware Failure PMHF“, die oft auch als Top-Fehlermetrik bezeichnet wird:

	ASIL B	ASIL C	ASIL D
Single-Point Fault Metric (SPFM)	> 90%	> 97%	> 99%
Latent Fault Metric (LFM)	> 60 %	> 80%	> 90%

	ASIL B	ASIL C	ASIL D
Top-Fehlermetrik (PMHF)	< 1.000 FIT	< 100 FIT	< 10 FIT

Klassifizierung der sicherheitsrelevanten Hardwareelemente

Alle elektronischen Bauelemente oder mechatronische Komponenten, die sicherheitsrelevant sind und einen Einfluss auf die Erfüllung der Sicherheitsziele haben, müssen klassifiziert werden.

Die Einteilung der Hardwareelemente erfolgt gemäß ISO 26262 Band 5 Tabelle B.1 in:

- **Single-Point Faults SPF:**
Quantitative Aussage über die Anzahl an „Einfachfehlern“, die durch keine Sicherheitsmaßnahme abgedeckt sind und sofort zur Verletzung von Sicherheitszielen führen.
- **Residual Faults RF:**
Quantitative Aussage zu Restfehlern, die nicht durch eine Sicherheitsmaßnahme abgedeckt sind und zur Verletzung von Sicherheitsziele führen.
- **Detected Multiple Point Fault MPF D:**
Durch eine Diagnosefunktion im Fahrzeugsystem entdeckter Mehrfachfehler.
- **Perceived Multiple Point Fault MPF P:**
Vom Fahrer oder Insassen bemerkter und erkannter Mehrfachfehler.
- **Latent Multiple Point Fault MPF L:**
Schlafender Mehrfachfehler, der weder vom Fahrer, noch vom Fahrzeugsystem entdeckt wird.
- **Safe Faults SF:**
Quantitative Aussage über ungefährlicher Fehler, die zu keinen sicherheitskritischen Fehlern führen und kein Sicherheitsziel verletzen.

Als Mehrfachfehler (MPF) wird dabei der Ausfall eines Hardwareelements bezeichnet, bei dem es nur durch den Ausfall eines weiteren Hardwareelements zu einem gefährlichen Ausfall kommt.

Ermittlung der Ausfallraten und Ausfallarten

Für jedes Hardwareelement muss die Ausfallrate in FIT (Failure in Time) angegeben werden. Die Ausfallrate ist eine Kenngröße der Zuverlässigkeit des Hardwareelements. Sie gibt an wie Hardwareelemente in 10^9 Stunden durchschnittlich ausfallen. Solche Ausfallraten können nur experimentell ermittelt werden. Für Standard-Bauelemente liegen Ausfallratenkataloge vor, z.B. von Siemens die SN 29500 oder der MIL-STD-217F. Aber auch Datenblätter von Bauelementenhersteller können zur Ermittlung der Ausfallrate herangezogen werden.

Zur Bestimmung des FIT-Wertes müssen für jedes Hardwareelement verschiedene Faktoren herangezogen werden, z.B. Betriebstemperatur, Strom, Bauart (gewickelt, Metallschicht), Leistungsaufnahme, Power Stress Ratio, Qualitätsfaktor (Güte) oder Umweltbedingungen (z.B. Feuchtigkeit, Salznebel).

Zusätzlich zur Ausfallrate muss die Ausfallart, also die Anteile eines Ausfalls (z.B. Kurzschluss, offen, zu klein/zu gross Drift) angegeben werden. Diese Werte können aus Ausfallartenkatalogen (z.B. IEC/TR 62380 bzw. UTE C-80-810) oder Datenblättern von Bauelementenherstellern entstammen, aber auch Erfahrungswerte sein. Die Summe der Anteile aller Ausfälle liegt immer bei 100%.

Beispieltabelle für einen 1 kOhm Widerstand

Bauelement	Ausfallrate	Ausfallart	Anteil
R100 (1 kOhm)	3,0 FIT	Kurzschluss	80%
		zu klein (Drift)	5%
		zu gross (Drift)	5%
		offen	10%

Berechnung Diagnose Coverage (DC)

Als Diagnosedeckungsgrad (DC) für ein Sicherheitsziel wird gemäß IEC 61508 das Verhältnis durch Sicherheitsmaßnahmen entdeckter gefährlicher Ausfälle zu allen gefährlichen Ausfällen bezeichnet.

$$DC = \text{SUMME} (\lambda_{DD} / \lambda_D)$$

Bezogen auf die Klassifizierung der ISO 26262 Band 5 ergibt sich

$$\lambda_{DD} = \text{SPF+RF detected}$$

$$\lambda_D = \text{SPF+RF detected} + \text{SPF+RF undetected}$$

Eingesetzte Sicherheitsmaßnahmen, wie Plausibilitätsprüfungen oder redundante Überwachungsfunktionen, bestimmen den Diagnosedeckungsgrad. Wenn ein Ausfall nicht durch eine Sicherheitsmaßnahmen entdeckt werden kann, wird der Wert 0% angenommen.

Zur Abschätzung in wie vielen Fällen der Fehler durch eingebaute Sicherheitsmaßnahmen entdeckt werden kann (Single Point meist 99% bei guten Sicherheitsmaßnahmen) kann ISO 26262 Band 5 Anhang D verwendet werden.

Berechnung Safe Failure Fraction (SFF)

Als Safe Failure Fraction (SFF) für ein Sicherheitsziel wird gemäß IEC 61508 der Anteil sicherer und erkannten Ausfälle zu allen Ausfällen bezeichnet.

$$SFF = (\text{SUMME } (\lambda_s) + \text{SUMME } (\lambda_{DD})) / (\text{SUMME } (\lambda_s) + \text{SUMME } (\lambda_{DD}) + \text{SUMME } (\lambda_{DU}))$$

Bezogen auf die Klassifizierung der ISO 26262 Band 5 ergibt sich

$$\lambda_{DD} = SF$$

$$\lambda_{DD} = SPF+RF \text{ detected}$$

$$\lambda_D = SPF+RF \text{ detected} + SPF+RF \text{ undetected}$$

Berechnung Single-Point Fault Metric (SPFM)

Für die in die ASIL-Klassen B, C und D eingestufted Fahrzeugsysteme müssen die Hardwarearchitektur hinsichtlich zufälliger Hardwarefehler beschrieben werden.

Die Single Point Fault Metric (SPFM) gibt die Robustheit des Fahrzeugsystems bezgl. Einfachfehlern an. Dazu werden die Anteile der Einfachfehler ohne Sicherheitsmaßnahme (Single-Point Fault SPF) und die Restfehler, die durch Sicherheitsmaßnahme nicht erkannt werden (Residual Fault RF) an den Gesamtfehlern aufsummiert. Zur Normierung betrachtet man die Differenz zu 1, d.h. je größer der Wert, desto weniger Fehler werden nur von einer Störung verursacht.

$$\text{SPFM} = 1 - (\text{SUMME } (\lambda_{\text{U}}) / \text{SUMME } (\lambda))$$

Bezogen auf die Klassifizierung der ISO 26262 Band 5 ergibt sich

$$\lambda_{\text{DU}} = \text{SPF} + \text{RF undedected}$$

Berechnung Latent Fault Metric (LFM)

Die Latent Fault Metric quantifiziert die Anfälligkeit der Hardwarearchitektur gegenüber latenten (schlafenden) Fehlern). Dazu wird der Anteil an latenten Fehler an den gesamten Mehrfachfehlern berechnet. Die Einfachfehler werden hier nicht betrachtet und im Nenner herausgenommen.

$$\text{LFM} = 1 - (\text{SUMME } (\lambda_{\text{LU}}) / (\text{SUMME } (\lambda) - \text{SUMME}(\lambda_{\text{DU}})))$$

Bezogen auf die Klassifizierung der ISO 26262 Band 5 ergibt sich

$$\lambda_{\text{LU}} = \text{MPF L}$$

$$\lambda_{\text{DU}} = \text{SPF} + \text{RF undedected}$$

Berechnung PMHF (Top-Fehlermetrik)

Die PMHF (Probabilistic Metric for random Hardware Failures) legt die quantitativ einzuhaltenen Grenzwerte für zufällig auftretende Hardwarefehler fest, deren Auswirkung zur Verletzung eines Sicherheitsziels führt.

$$\text{PMHF} = \text{SUMME}(\lambda_{\text{DU}}) + \text{SUMME}(\lambda_{\text{LU}})$$

Bezogen auf die Klassifizierung der ISO 26262 Band 5 ergibt sich

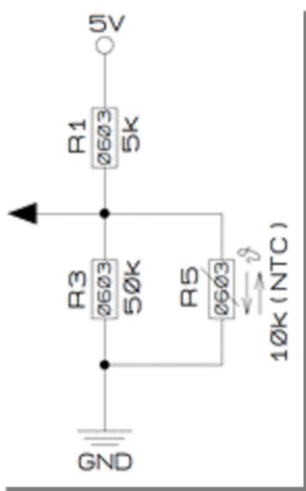
$$\lambda_{\text{LU}} = \text{MPF L}$$

$$\lambda_{\text{DU}} = \text{SPF} + \text{RF undected}$$

Beispiel einer FMEDA

Anhand einer Schaltung für eine Temperaturmessung soll eine FMEDA durchgeführt werden.

Die Funktion dieser Temperaturmessung ist z.B. eine elektronische Servolenkung, die nicht außerhalb ihrer thermischen Spezifikation betrieben werden darf, da es sonst zu Lenkblockaden kommen kann.



Rahmenbedingungen

- Am Ausgang wird eine temperaturabhängige Spannung gemessen. Diese Spannung sicher zu messen ist ein Sicherheitsziel.
- Eine Sicherheitsmaßnahme ist definiert. Es handelt sich um eine Plausibilitätsprüfung des Sensorsignals über die Software eines auslesenden μC . Die Diagnosedeckungsgrade sind bekannt.
- Die Widerstände sind vom Typ SMD (Spezifikation MIL-R-55342) und der FIT-Wert soll über die Norm MIL-STD-217F bestimmt werden.
- Die Schaltung wird im Bereich von -40°C bis 120°C betrieben.
- Die Schaltung wird in einem Kraftfahrzeug eingesetzt.
- Das Messen der Temperaturspannung geschieht leistungslos.

Bestimmung der ASIL-Klasse und Definition des Sicherheitsziels

Es gilt die Annahme, dass ein Ausfallen der Temperaturmessung schwere Verletzungen verursachen kann, aber ein Überleben wahrscheinlich ist. Dies begründet sich in der Annahme, dass bei einer Lenkblockade es durch Airbags und andere Sicherheitsmaßnahmen nicht immer zu tödlichen Verletzungen kommen muss. Als Schwere ergibt sich dadurch S2.

Da die Lenkblockade bei Überhitzung sehr häufig auftritt ergibt sich als Auftretswahrscheinlichkeit der Wert E4 (ständig). Eine Lenkblockade ist für die wenigsten Fahrer beherrschbar. Ergibt den Wert C3 für Beherrschbarkeit. Es folgt eine Einstufung in ASIL C.

„Messe die temperaturabhängige Spannung sicher“, wird als Sicherheitsziel definiert.

Dies bedeutet folgende Sollwerte für die Metriken:

- Single Points Faults Metric: > 97%
- Latent Faults Metric: > 80%
- Die Empfehlung der ISO 26262 für den FIT-Wert des Moduls liegt bei 100 FIT.

Bestimmung der für das Sicherheitsziel notwendigen Bauteile

Da die Schaltung des Beispiels sehr einfach gehalten ist, sind alle drei Bauteile (R1, R3, R5) für die Sicherstellung des Sicherheitsziels erforderlich.

Da es sich hier um Widerstände handelt, gibt es vier verschiedenen Fehlfunktionen:

- Kurzschluss
- Zu gross, Drift um Faktor 2
- Zu klein, Drift um Faktor 0,5
- Widerstand ist offen

Bestimmung der Bauteilwerte

Die FIT-Werte werden nun beispielhaft anhand des Ausfallratenkatalogs MIL-STD-217F bestimmt. Dabei werden die π -Werte und das Standard- λ aus Tabellen entnommen. Diese werden erst miteinander und dann mit 1000 multipliziert um den FIT-Wert zu erhalten. Das hier aufgeführte Beispiel ist sehr konservativ gerechnet, da bei dieser Schaltung nur sehr kleine Leistungen vorhanden sind.

Für die drei Widerstände wird folgende Verteilung angenommen:

- Kurzschluss: 80 %
- Zu gross, Drift um Faktor 2: 5 %
- Zu klein, Drift um Faktor 0,5: 10 %
- Widerstand ist offen: 5 %

Beispiel für FIT-Wert von Widerstand R1 gemäß Ausfallratenkatalog

Als Faktoren für die FIT-Wert-Bestimmung des Widerstands R1 wird eine Einsatztemperatur von 120 °C, ein Stromfluss von ca. 0,4 mA bei 25 °C und eine Leistung von ca. 1,2 mW bei 25 °C angenommen. Die Berechnung erfolgt konservativ ohne Betrachtung von Temperaturanteilen.

λ_P	π_T	π_P	π_S	π_E	π_Q
0,0017	2,1	0,068	0,66	16	1,0
Resistor Style	Temperatur	Power Factor	Power Stress Factor	Environment Factor	Quality Factor

Ergibt für den Widerstand R1 einen λ -Wert von 2,5 FIT.

Identisch wird mit den Bauteilen R3 und R5 verfahren. R3 verfügt über einen λ -Wert von 2,5 FIT, R5 über einen λ -Wert von 2,8 FIT.

Bestimmung der Fehlerart und Analyse der Sicherheitsrelevanz

Da bei der einfachen Beispielschaltung alle drei Bauteile eine Sicherheitsrelevanz haben, müssen alle in der FMEDA betrachtet werden.

Gemäß Entscheidungsbaum der ISO 26262 Band 5 Anhang B ergeben sich für das Beispiel folgende Fehlerarten und Sicherheitsrelevanzen:

Bauelement	Fehler	Fehlerart gemäß ISO 26262
R1	Kurzschluss	SPF / RF
	zu gross (Drift 2)	SF
	zu klein (Drift 0,5)	SPF / RF
	offen	SF
R3	Kurzschluss	SF
	zu gross (Drift 2)	MPF L
	zu klein (Drift 0,5)	SF
	offen	MPF D
R5	Kurzschluss	SF
	zu gross (Drift 2)	SPF / RF
	zu klein (Drift 0,5)	SF
	offen	SPF / RF

Da der Einfluss auf die Messung bei einer Verdopplung von Widerstand R3 (Drift um Faktor 2) sehr gering ist, wird hier ein Fehler angenommen. Allerdings kann in Verbindung mit einem anderen Fehler eine Verfälschung der Messung, also ein gefährlicher Fehler (MPF L) entstehen.

Bestimmung des Deckungsgrades (Diagnose Coverage DC)

Für die Temperaturmessschaltung ist eine Sicherheitsmaßnahme definiert, bei der der auslesende Mikrocontroller (μC) eine Plausibilitätsprüfung des gemessenen Signals durchführt. Dies bedeutet, dass der μC einen Fehler meldet, wenn folgende Bedingungen eintreffen:

- Spannung statisch auf 5 V
- Spannung statisch auf 0 V
- Spannung statisch auf 4,5 V
- Änderung der Spannung zu schnell

Mit dieser Plausibilitätsprüfung kann bei allen drei Bauteilen ein Kurzschluss sicher erkannt werden. Ebenso kann erkannt werden, ob R1 oder R5 offen sind. Durch die Bewertung der Änderungsgeschwindigkeit kann in 60% aller Fälle erkannt werden, ob R3 offen ist.

Berechnung Diagnosedeckungsgrad (DC) und Safe Failure Fraction (SFF)

$$\text{DC} = \text{SUMME} (\lambda_{\text{DD}} / \lambda_{\text{D}}) = 2,1186 / (0,4114 + 2,1186) = 83,7 \%$$

Berechnung Safe Failure Fraction (SFF)

$$\begin{aligned} \text{SFF} &= (\text{SUMME} (\lambda_{\text{S}}) + \text{SUMME} (\lambda_{\text{DD}})) / (\text{SUMME} (\lambda_{\text{S}}) + \text{SUMME} (\lambda_{\text{DD}}) + \text{SUMME} (\lambda_{\text{DU}})) \\ &= (5,0200 + 2,1186) / (5,0200 + 2,1186 + 0,4114) = 94,6 \% \end{aligned}$$

Berechnung der Single-Point Fault Metric

$$\begin{aligned} \text{SPFM} &= 1 - (\text{SUMME } (\lambda_U) / \text{SUMME } (\lambda)) \\ &= 1 - (0,4114 / 7,8) = 94,7 \% \end{aligned}$$

Berechnung der Latent Fault Metric

$$\begin{aligned} \text{LFM} &= 1 - (\text{SUMME } (\lambda_{LU}) / (\text{SUMME } (\lambda) - \text{SUMME}(\lambda_{DU}))) \\ &= 1 - (0,1250 / (7,8 - 0,4114)) = 98,3 \% \end{aligned}$$

Berechnung der Top-Fehlermetrik (PMHF)

$$\begin{aligned} \text{PMHF} &= \text{SUMME}(\lambda_{DU}) + \text{SUMME } (\lambda_{LU}) \\ &= 0,4114 + 0,1250 = 0,54 \text{ FIT} \end{aligned}$$

Gemäß den Tabellen E.1 und G.1 der ISO 26262 Band 5 (Vorgabewerte für die Architekturmetriken SPFM / LFM und „Probabilistic Metric for random Hardware Failure PMHF“, sind im Beispiel der Temperaturmessung (ASIL-Klasse C) die Vorgabewerte für LFM (98,3 %) und PMHF (0,54 FIT) erreicht, die Vorgabe der SPFM (94,7 % < 97 %) ist jedoch nicht erreicht. Es müssen hier also noch weitere Sicherheitsmaßnahmen zur Detektion von Einfachfehlern definiert werden.

Literaturverzeichnis

DIN EN 61508

Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme.

ISO 26262 Second edition 2018-12

Funktionale Sicherheit eines Systems mit elektrischen/elektronischen Komponenten im Kraftfahrzeug.

HW-Element	Fehlerart	Fehlerrate HW-Element [FIT]	Anteil [%]	Fehlerrate [FIT]	DC-Einstufung [%]	Fehler-Klassifizierung ISO 26262	Sicherheits-mechanismus	SPF / RF undetected = λ DU	SPF / RF detected = λ DD	MPF L	MPF D	SF	
R1	Kurzschluss	2,5	80%	2,0000	99%	SPF / RF	Plausibilitätsprüfung	0,0200	1,9800	0,0000	0,0000	0,0000	
	zu gross (Drift 2)	2,5	5%	0,1250		SF	kein	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1250	
	zu klein (Drift 0,5)	2,5	10%	0,2500		SPF / RF	kein	0,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	offen	2,5	5%	0,1250		SF	Plausibilitätsprüfung	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1250	
R3	Kurzschluss	2,5	80%	2,0000		SF	Plausibilitätsprüfung	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,0000	
	zu gross (Drift 2)	2,5	5%	0,1250		MPF L	kein	0,0000	0,0000	0,1250	0,0000	0,0000	
	zu klein (Drift 0,5)	2,5	10%	0,2500		SF	kein	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	
	offen	2,5	5%	0,1250	60%	MPF D	Plausibilitätsprüfung	0,0000	0,0000	0,0000	0,0750	0,0000	
R5	Kurzschluss	2,8	80%	2,2400		SF	Plausibilitätsprüfung	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,2400	
	zu gross (Drift 2)	2,8	5%	0,1400		SPF / RF	kein	0,1400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	zu klein (Drift 0,5)	2,8	10%	0,2800		SF	kein	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2800	
	offen	2,8	5%	0,1400	99%	SPF / RF	Plausibilitätsprüfung	0,0014	0,1386	0,0000	0,0000	0,0000	
								7,8	0,4114	2,1186	0,1250	0,0750	5,0200

SPFM [%]	LFM [%]	SFF [%]	DC [%]	PMHF [FIT]
94,7%	98,3%	94,6%	83,7%	0,54