

## Maschinen-FMEA - Übersicht

Bedeutung (B)		
Bedeutung	Merkmal: Schwere der Auswirkung	B
Gefährdung von Leib und Leben	Der Fehler beeinflusst die Sicherheit des Fahrzeugs. Leib und Leben von Menschen sind in Gefahr. Es könnte zu einem Existenz bedrohendem Firmenrisiko kommen.	10
Gesetzesverstoß	Der Fehler hat einen Gesetzesverstoß bzw. die Nichteinhaltung von behördlichen Vorgaben zur Folge. Menschen sind nicht in Gefahr.	9
Sehr hoch	Fahrzeug / Funktion nicht einsatzfähig (Verlust der Primärfunktion – walk home). Ausfallzeit von mehr als 8 Stunden oder Produktion von fehlerhaften Teilen für mehr als 4 Stunden.	8
Hoch	Fahrzeug / Funktion einsatzfähig, aber nur eingeschränkt. Der Kunde ist sehr unzufrieden. (limp home) Ausfallzeit von 4 bis 8 Stunden oder Produktion von fehlerhaften Teilen für 2 bis 4 Stunden.	7
Mittelmäßig	Fahrzeug / Funktion einsatzfähig, aber Komfortfunktionen stehen nicht zur Verfügung. Der Kunde ist unzufrieden. Ausfallzeit von 1 bis 4 Stunden oder Produktion von fehlerhaften Teilen für 1 bis 2 Stunden.	6
Wenig	Fahrzeug / Funktion einsatzfähig, aber Komfortfunktionen stehen nur eingeschränkt zur Verfügung. Der Kunde ist einigermaßen unzufrieden. Ausfallzeit von 30 Minuten bis 1 Stunde oder Produktion von fehlerhaften Teilen für bis zu 1 Stunde.	5
Sehr wenig	Passungen & Aussehen / Geräusche stören sehr. Der Fehler wird von den meisten Kunden wahrgenommen >75%. Ausfallzeit von 10 bis 30 Minuten aber keine Produktion von fehlerhaften Teilen.	4
Gering	Passungen & Aussehen / Geräusche stören. Der Fehler wird von etwa 50% der Kunden wahrgenommen. Ausfallzeit von bis zu 10 Minuten aber keine Produktion von fehlerhaften Teilen.	3
Sehr gering	Passungen & Aussehen / Geräusche stören kaum. Der Fehler wird von sehr aufmerksamen Kunden wahrgenommen <25%. Prozessparameter sind außerhalb der Spezifikation. Justierung kann während der laufenden Produktion erfolgen. Kein Ausfall und keine Produktion von fehlerhaften Teilen.	2
Keine	Keine wahrnehmbare Auswirkung. Prozessparameter sind innerhalb der Spezifikation. Justierung kann während der normalen Wartung erledigt werden.	1

Auftreten (A)			
Wahrscheinlichkeit von Fehlern	Merkmal: Mögliche Fehler während der Produktionsstunden	Merkmal: Zuverlässigkeit, die auf der zugesagten Verfügbarkeit basiert	A
Fehler tritt jede Stunde auf	1 Fehler in 1 Stunde	$R(t) < 1\%$ : MTBF beträgt nur ca. 10% der geforderten Zeit.	10
Fehler tritt jede Schicht auf	1 Fehler in 8 Stunden	$R(t) = 5\%$ : MTBF beträgt ca. 30% der geforderten Zeit.	9
Fehler tritt jeden Tag auf	1 Fehler in 24 Stunden	$R(t) = 20\%$ : MTBF beträgt ca. 60% der geforderten Zeit.	8
Fehler tritt jede Woche auf	1 Fehler in 80 Stunden	$R(t) = 37\%$ : MTBF beträgt etwa die geforderten Zeit.	7
Fehler tritt jeden Monat auf	1 Fehler in 350 Stunden	$R(t) = 60\%$ : MTBF ist ca. 2 mal so groß wie die geforderte Zeit.	6
Fehler tritt alle 3 Monate auf	1 Fehler in 1.000 Stunden	$R(t) = 78\%$ : MTBF ist ca. 4 mal so groß wie die geforderte Zeit.	5
Fehler tritt alle 6 Monate auf	1 Fehler in 2.500 Stunden	$R(t) = 85\%$ : MTBF ist ca. 6 mal so groß wie die geforderte Zeit.	4
Fehler tritt jedes Jahr auf	1 Fehler in 5.000 Stunden	$R(t) = 90\%$ : MTBF ist ca. 10 mal so groß wie die geforderte Zeit.	3
Fehler tritt alle zwei Jahre auf	1 Fehler in 10.000 Stunden	$R(t) = 95\%$ : MTBF ist ca. 20 mal so groß wie die geforderte Zeit.	2
Fehler tritt alle 5 Jahre auf	1 Fehler in 25.000 Stunden (210d-24h-5y)	$R(t) = 98\%$ : MTBF ist ca. 50 mal so groß wie die geforderte Zeit.	1

Entdeckung (E)		
Entdeckung	Merkmal: Wahrscheinlichkeit, dass die Prüfmaßnahme den Fehler entdeckt	E
So gut wie unmöglich	Die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung werden und / oder können nicht die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen oder es gibt keine Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion und der Maschinenüberwachung.	10
Sehr gering	Sehr geringe Chance, dass die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen werden und / oder können. (Es gibt nur zufällige Prüfungen.)	9
Gering	Geringe Chance, dass die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen werden und / oder können. Die Maschinenüberwachung wird einen Fehler anzeigen.	8
Sehr wenig	Die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung beugt nicht dem Auftreten des Fehlers vor. Die Maschinenüberwachung wird die Ursache oder den Fehler nach dessen Auftreten isolieren.	7
Wenig	Wenig Chance, dass die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen kann. Die Maschinenüberwachung wird einen unmittelbar bevorstehenden Fehler anzeigen.	6
Mittelmäßig	Mittelmäßige Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. Die Maschinenüberwachung wird einen unmittelbar bevorstehenden Fehler anzeigen.	5
Mittelmäßig hoch	Mittelmäßige hohe Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. Die Maschinenüberwachung wird einen unmittelbar bevorstehenden Fehler verhindern.	4
Hoch	Hohe Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. Die Maschinenüberwachung stellt eine Anzeige zur Verfügung, die einen bevorstehenden Fehler registriert und die Ursache erkennt.	3
Sehr hoch	Sehr hohe Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. Eine Maschinenüberwachung ist nicht erforderlich.	2
So gut wie sicher	Die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion wird so gut wie sicher die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen. Eine Maschinenüberwachung ist nicht erforderlich.	1

# Maschinen-FMEA – Bedeutung

Auswirkung	Merkmal: Bedeutung der Auswirkung	Bewertung
Gefährdung von Leib und Leben	<b>Leib und Leben von Menschen ist gefährdet:</b> Der Fehler beeinflusst die Sicherheit des Fahrzeugs. Leib und Leben von Menschen sind in Gefahr (Insassen / Verkehrsteilnehmer / Werker / andere Mitarbeiter). Es könnte zu einem <b>Existenz bedrohendem Firmenrisiko</b> kommen.	10
Gesetzesverstoß	<b>Gesetzesverstöße sind möglich:</b> Der Fehler hat einen Gesetzesverstoß bzw. die Nichteinhaltung von behördlichen Vorgaben zur Folge. Menschen (Insassen / Verkehrsteilnehmer / Werker / andere Mitarbeiter) sind nicht in Gefahr. <b>Unakzeptable Kostenüberschreitung ist möglich.</b>	9
Keine Primär-Funktion Walk Home	<b>Primärfunktion ausgefallen:</b> Das Fahrzeug ist nicht einsatzfähig. Ein Fahrbetrieb ist unmöglich. Der Kunde ist außerordentlich unzufrieden. (Verlust der Primärfunktion – walk home – Auto steht => Fahrer läuft. Fahrzeug rollt aus, es besteht KEINE Unfallgefahr.) <b>Bedeutende Produktionsunterbrechung:</b> Ausfallzeit von mehr als 8 Stunden oder Produktion von fehlerhaften Teilen für mehr als 4 Stunden.	8
Eingeschränkte Primär-Funktion Limp Home	<b>Primärfunktion eingeschränkt:</b> Das Fahrzeug ist einsatzfähig, aber nur eingeschränkt. Der Kunde ist sehr unzufrieden. Ein sofortiger Werkstattaufenthalt ist zwingend erforderlich. (limp home – Fahrzeug ist nur noch im Notbetrieb fahrbar, zum Beispiel Beschränkung der maximalen Drehzahl.) <b>Signifikante Produktionsunterbrechung:</b> Ausfallzeit von 4 bis 8 Stunden oder Produktion von fehlerhaften Teilen für 2 bis 4 Stunden.	7
Keine Komfort-Funktionen	<b>Sekundärfunktion ausgefallen:</b> Das Fahrzeug ist einsatzfähig, aber Komfortfunktionen stehen nicht zur Verfügung. Der Kunde ist unzufrieden. (Klimaanlage geht nicht, Fenster öffnet nicht mehr, Hybrid hat keine Funktion.) <b>Mäßige Produktionsunterbrechung:</b> Ausfallzeit von 1 bis 4 Stunden oder Produktion von fehlerhaften Teilen für 1 bis 2 Stunden.	6
Eingeschränkte Komfort-Funktionen	<b>Sekundärfunktion eingeschränkt:</b> Das Fahrzeug ist einsatzfähig, aber Komfortfunktionen stehen nur eingeschränkt zur Verfügung. Der Kunde ist einigermaßen unzufrieden. (AC kühlt nicht richtig, Fenster öffnet nur sehr langsam, Störungen im Radio, Hybrid eingeschränkt.) <b>Mäßige Produktionsunterbrechung:</b> Ausfallzeit von 30 Minuten bis 1 Stunde oder Produktion von fehlerhaften Teilen für bis zu 1 Stunde.	5
Sensorische Beeinträchtigungen (hoch)	<b>Passungen &amp; Aussehen / Geräusche stören sehr:</b> Der Fehler wird von den meisten Kunden wahrgenommen - mehr als 75%. (Fast alle Kunden werden den Fehler bemerken, selbst unkritische Vertreter!) Beeinträchtigung unserer Sinne: Hören / Sehen / Fühlen / Riechen <b>Kleine Produktionsunterbrechung:</b> Ausfallzeit von 10 bis 30 Minuten aber keine Produktion von fehlerhaften Teilen.	4
Sensorische Beeinträchtigungen (mittel)	<b>Passungen &amp; Aussehen / Geräusche stören:</b> Der Fehler wird von etwa 50% der Kunden wahrgenommen. (Im Schnitt jeder Zweite wird den Fehler wahrnehmen.) Beeinträchtigung unserer Sinne: Hören / Sehen / Fühlen / Riechen <b>Kleine Produktionsbeeinträchtigungen:</b> Ausfallzeit von bis zu 10 Minuten aber keine Produktion von fehlerhaften Teilen.	3
Sensorische Beeinträchtigungen (gering)	<b>Passungen &amp; Aussehen / Geräusche stören kaum:</b> Der Fehler wird nur von sehr kritischen Kunden wahrgenommen - weniger als 25%. (Diese Kunden hören auch das Gras wachsen ☺.) Beeinträchtigung unserer Sinne: Hören / Sehen / Fühlen / Riechen <b>Sehr kleine Produktionsbeeinträchtigungen:</b> Prozessparameter sind außerhalb der Spezifikation. Justierung kann während der laufenden Produktion erfolgen. Kein Ausfall und keine Produktion von fehlerhaften Teilen.	2
Keine	<b>Keine wahrnehmbare Auswirkung:</b> Ist nur von Fachpersonal erkennbar. (Aber außerhalb der Toleranz; an der Stelle sollte man dann spätestens mal über die Toleranzen nachdenken!) <b>Keine Beeinträchtigungen in der Produktion:</b> Prozessparameter sind innerhalb der Spezifikation. Justierung kann während der normalen Wartung erledigt werden.	1

Die Bewertungen der Fehlerfolgen müssen gemeinsam zwischen Hersteller und Kunden (nächster Abnehmer) abgestimmt werden.

Wenn die Fehlerfolgen nicht bekannt sind, ist die Bedeutung mit B = 10 zu bewerten!

# Maschinen-FMEA - Auftretenswahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit von Fehlern	Beispiel: Mögliche Fehler während der Produktionsstunden	MTBF	R(t) <sup>(t)</sup>	Merkmal: Zuverlässigkeit, die auf der zugesagten Verfügbarkeit basiert	Bewertung
Fehler tritt jede Stunde auf	1 Fehler in 1 Stunde	1	0,03%	R(t) < 1%: MTBF beträgt nur ca. 10% der geforderten Zeit.	10
Fehler tritt jede Schicht auf	1 Fehler in 8 Stunden	8	4,98%	R(t)= 5%: MTBF beträgt ca. 30% der geforderten Zeit.	9
Fehler tritt jeden Tag auf	1 Fehler in 24 Stunden	24	18,89%	R(t)= 20%: MTBF beträgt ca. 60% der geforderten Zeit.	8
Fehler tritt jede Woche auf	1 Fehler in 80 Stunden	80	36,79%	R(t)= 37%: MTBF beträgt etwa die geforderten Zeit.	7
Fehler tritt jeden Monat auf	1 Fehler in 350 Stunden	350	60,65%	R(t)= 60%: MTBF ist ca. 2 mal so groß wie die geforderte Zeit.	6
Fehler tritt alle 3 Monate auf	1 Fehler in 1,000 Stunden	1.000	77,88%	R(t)= 78%: MTBF ist ca. 4 mal so groß wie die geforderte Zeit.	5
Fehler tritt alle 6 Monate auf	1 Fehler in 2,500 Stunden	2.500	85,21%	R(t)= 85%: MTBF ist ca. 6 mal so groß wie die geforderte Zeit.	4
Fehler tritt jedes Jahr auf	1 Fehler in 5,000 Stunden	5.000	90,48%	R(t)= 90%: MTBF ist ca. 10 mal so groß wie die geforderte Zeit.	3
Fehler tritt alle zwei Jahre auf	1 Fehler in 10,000 Stunden (210d x 24h x 2y = 10.080h)	10.000	95,12%	R(t)= 95%: MTBF ist ca. 20 mal so groß wie die geforderte Zeit.	2
Fehler tritt alle 5 Jahre auf	1 Fehler in 25,000 Stunden (210d x 24h x 5y = 25.200)	25.000	98,02%	R(t)= 98%: MTBF ist ca. 50 mal so groß wie die geforderte Zeit.	1

Die Bewertungszahl ist stets als relative Einschätzung statt als absolute Maßzahl nach dem aktuellen Kenntnisstand zu verstehen. Die „Fehler pro Zeiteinheit“ können nicht umgerechnet werden. Eine Bestätigung oder Korrektur der Einschätzung kann nach der Durchführung der Maßnahme und deren Wirksamkeitskontrolle und dem Vorliegen neuer Daten erfolgen.

Bei der Berechnung gehen die Autoren des Handbuches von 210 Arbeitstagen im Jahr, 3 Schichten pro Tag und 5 Arbeitstage pro Woche aus.

Weitere Beispiele zur Umrechnung finden Sie im AIAG Band „Machinery FMEA“ auf Seite 19 und im Anhang D (Seite 34).

$$R(t)^{(t)} = e^{-t/mtbf}$$

Schacht & Kollegen  
Qualitätskonstruktion GmbH

## Maschinen-FMEA - Entdeckungswahrscheinlichkeit

Entdeckung	Merkmal: Wahrscheinlichkeit, dass die Prüfmaßnahme in der Konstruktion /in der Fertigung den Fehler entdeckt	Bewertung
So gut wie unmöglich	Die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung werden und / oder können nicht die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen oder <b>es gibt keine Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion und der Maschinenüberwachung.</b>	10
Sehr gering	Sehr geringe Chance, dass die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen werden und / oder können. ( <b>Es gibt nur zufällige Prüfungen.</b> )	9
Gering	Geringe Chance, dass die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen werden und / oder können. Die <b>Maschinenüberwachung wird einen Fehler anzeigen.</b>	8
Sehr wenig	Die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung beugt nicht dem Auftreten des Fehlers vor. Die <b>Maschinenüberwachung wird die Ursache oder den Fehler nach dessen Auftreten isolieren.</b>	7
Wenig	Wenig Chance, dass die Prüfmaßnahmen im Bereich der Konstruktion / der Maschinenüberwachung die mögliche Ursache / nachgelagerte Fehler erkennen kann. Die <b>Maschinenüberwachung wird einen unmittelbar bevorstehenden Fehler anzeigen.</b>	6
Mittelmäßig	Mittelmäßige Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. Die <b>Maschinenüberwachung wird einen unmittelbar bevorstehenden Fehler anzeigen.</b>	5
Mittelmäßig hoch	Mittelmäßige hohe Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. Die <b>Maschinenüberwachung wird einen unmittelbar bevorstehenden Fehler verhindern.</b>	4
Hoch	Hohe Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. Die <b>Maschinenüberwachung stellt eine Anzeige zur Verfügung, die einen bevorstehenden Fehler registriert und die Ursache erkennt.</b>	3
Sehr hoch	Sehr hohe Chance, dass die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen kann. <b>Eine Maschinenüberwachung ist nicht erforderlich.</b>	2
So gut wie sicher	Die Prüfmaßnahme im Bereich der Konstruktion wird so gut wie sicher die Ursache oder einen nachgelagerten Fehler erkennen. <b>Eine Maschinenüberwachung ist nicht erforderlich.</b>	1

Schacht & Kollegen  
Qualitätskonstruktion GmbH