

- Leitfaden -

Qualitätstechniken

Herausgeber: Strategischer Einkauf

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel und Zweck	3
2	Geltungsbereich	3
3	Zuständigkeit	3
4	Begriffe und Abkürzungen.....	3
5	8D Report	4
6	Ishikawa / Ursache-Wirkungs-Diagramm.....	7
7	5-Why-Methode	8
8	Messsystemanalyse.....	10
8.1	MSA Verfahren 1	12
8.1.1	Voraussetzungen für die Anwendung des MSA Verfahren 1	13
8.2	MSA Verfahren 2	13
8.3	MSA Verfahren 3	14
8.4	Auflösung des Messmittels	15
8.5	Vorgehensweise „Nicht fähige Messsysteme“	15
8.5.1	1. Schritt: Messsystem überprüfen, verbessern	15
8.5.2	2. Schritt: Genaueres Messsystem beschaffen	16
8.5.3	3. Schritt: Merkmals-, Toleranz-, Prozessbetrachtung	17
8.5.4	4. Schritt: Sonderregelung.....	17
9	Risikoanalyse FMEA.....	17
9.1	Notwendigkeit der Risikoanalyse	18
9.2	FMEA Team	19
9.3	Design-FMEA	19
9.4	Prozess (Produkt)-FMEA.....	19
9.5	Die 7 Schritte einer FMEA	20
9.6	Besondere Merkmale	22
9.7	Bewertungsmethodik	22
9.8	Änderung der FMEA	23
10	Produktionslenkungsplan.....	23
10.1	Inhalte PLP.....	24

11 Mitgeltende Unterlagen 25
 12 Änderungshistorie 25

1 Ziel und Zweck

Dieser Leitfaden soll den Lieferanten helfen die Qualitätsanforderungen von WEBER-HYDRAULIK zur erfüllen. Die in diesem Leitfaden definierten Qualitätstechniken sollen den Lieferanten dabei unterstützen, seine Abläufe und Prozesse so zu gestalten, dass die von WEBER-HYDRAULIK bezogenen Produkte und Dienstleistungen die Spezifikationen in allen Punkten erfüllen.

2 Geltungsbereich

Dieser Leitfaden wird sämtlichen Lieferanten der WEBER-HYDRAULIK GMBH und deren Tochterunternehmen weltweit zur Verfügung gestellt.

3 Zuständigkeit

Die gesamte Verantwortung für den Inhalt dieses Leitfadens trägt die Leitung Einkauf der WEBER-HYDRAULIK Gruppe. Die einzelnen Inhalte der Fachthemen wurden in enger Zusammenarbeit mit den Fachbereichen erarbeitet

4 Begriffe und Abkürzungen

Abkürzung	Begriff
AIAG	Automotiv Industry Action Group
BM	Besondere Merkmale
Cg	Messmittelfähigkeit
Cgk	Messmittelfähigkeitsindex
DMAIC	Definieren – Messen – Analysieren – Verbessern – Steuern
D-FMEA	Design Failure Mode and Effects Analysis (Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse)
EOL	End of Line
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse)
Ggf.	gegebenenfalls
GRR	GRR ist die quadratische Summe aus der Vergleichspräzision AV, der Wiederholpräzision AV und der Wechselwirkung IA
IATF	International Automotive Task Force
i.d.R.	In der Regel
i.O.	In Ordnung
MSA	Measurement System Analysis (Messsystemanalyse bzw. Messmittel-Fähigkeitsanalyse oder Prüfmittel-Fähigkeitsanalyse)

QM	Qualitätsmanagement
PLP	Produktionslenkungsplan
P-FMEA	Prozess Failure Mode and Effects Analysis (Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse)
RPZ	Risikoprioritätszahl
Usw.	Und so weiter
UWD	Ursache-Wirkungs-Diagramm
VDA	Verband der Automobilindustrie
z.B.	Zum Beispiel

5 8D Report

Ein 8D-Report ist ein Dokument, das im Rahmen des Qualitätsmanagements bei einer Reklamation zwischen Lieferant und Kunde (aber auch intern) ausgetauscht wird. 8D steht dabei für die acht obligatorischen Disziplinen (Prozessschritte), die bei der Abarbeitung einer Reklamation erforderlich sind, um das zu Grunde liegende Problem zu überwinden.

Der 8D-Report ist u. a. durch den Verband der Automobilindustrie standardisiert.

Mit der 8D-Methodik wird, ähnlich wie bei der Six-Sigma-Methodik, eine systematische Vorgehensweise und konsequente Dokumentation der einzelnen Lösungsschritte erreicht. Der Ansatz beider Methodiken ist faktenorientiert und stellt sicher, dass Produktfehler auf ihre Ursachen zurückgeführt und diese dauerhaft abgestellt werden, anstatt nur Symptome zu überdecken.

Die 8D-Methode überschneidet sich weitgehend mit dem DMAIC-Kernprozess in Six Sigma und kann wie dieser vor allem dann angewendet werden, wenn die Ursache eines Problems unbekannt ist oder belegt werden muss und die Lösung des Problems über die Kenntnisse einer Einzelperson hinausgeht, also ein Team (aus zum Beispiel verschiedenen Abteilungen) benötigt wird.

Die 8D-Methode kann nur dann wirksam funktionieren, wenn der 8D-Report das Fortschreiten der Verbesserungsbemühungen zeitnah dokumentiert und als Arbeitsmittel zur Reklamationsbearbeitung genutzt wird. Die erarbeiteten Vermeidungsmaßnahmen eines Fehlers müssen grundsätzlich weiter begleitet und überprüft werden.

D1: Zusammenstellen eines Teams für die Problemlösung

Ein gutes Team zu mobilisieren ist unabdingbar. Das Team muss vorzugsweise multidisziplinär sein. Durch eine vielfältige Kombination von Wissen, Fähigkeiten und Erfahrungen kann man ein Problem aus unterschiedlichen Perspektiven betrachten.

Neben einem effektiven Teamleiter ist es auch ratsam, Teamstruktur, Ziele, unterschiedliche Teamrollen, Abläufe und Regeln vorab festzuhalten, damit das Team schnell und effektiv handeln kann und Missverständnisse ausgeschlossen sind.

D2: Problembeschreibung

Das Problem ist so genau wie möglich zu definieren, wobei der Kern des Problems herausgearbeitet und quantifiziert werden sollte.

D3: Sofortmaßnahmen festlegen

Sofortmaßnahmen dienen der Schadensbegrenzung, sollen zumindest vorläufig die Lieferfähigkeit sicherstellen und die weitere Ausbreitung des Problems verhindern, bis eine dauerhafte Lösung gefunden ist (z.B. Absonderung durch Sortierprüfung oder 100%-Prüfung fehlerverdächtigen Materials).

Es kann erforderlich sein, temporäre Maßnahmen zu implementieren. Beispielsweise:

- Sicherstellen, dass die Produktion des Kunden nicht unterbrochen wird, durch die Sortierung suspekter Teile beim Kunden.
- Implementierung einer Kontrolle des eigenen Lagerbestands, um sicherzustellen, dass die nächsten 3 Lieferungen nur 100% OK-Teile enthalten.
- Wiederholfehler - Alle gelieferten Teile müssen 12 Wochen lang zu 100% von einer externen Firma geprüft werden. Eine besondere Kennzeichnung ist erforderlich.
- Überprüfung, ob andere Artikel, die aus demselben Prozess resultieren, nicht betroffen sind (ein Werkzeug, zwei Kavitäten) und Umsetzung der Eindämmungsmaßnahmen.
- Organisation eines Sondertransports zur Abholung der verdächtigen Teile zur schnellen Ursachenanalyse.
- Besuchen Sie einen Kundenstandort, wenn die Ursachenanalyse nur beim Kundenstandort (nach der Montage) möglich ist.

D4: Fehlerursache(n) feststellen

Es wird nach Fehlerursachen gesucht und die wahrscheinlichste(n) Grundursache(n) durch Experimente, Tests und Vergleiche identifiziert und nachgewiesen.

Um nachhaltig sicherzustellen, dass ähnlich gelagerte Fehler nicht wieder auftreten, muss im Zuge der Root-Cause-Analyse über die technische Ursache hinaus auch die organisatorische Ebene betrachtet werden.

Abhängig von der Problemstellung können in D4 verschiedene Techniken zur Ursachenermittlung herangezogen werden, beispielsweise 5-Why-Methode oder Ishikawa-Diagramm.

D5: Planen von Abstellmaßnahmen

Es werden Maßnahmen ermittelt, die die Grundursachen beseitigen können. Die optimale(n) Maßnahme(n) werden ausgewählt und durch Versuche nachgewiesen, dass das Problem effektiv und auch effizient gelöst werden kann sowie keine unerwünschten Nebenwirkungen entstehen werden. Bei der Festlegung von Maßnahmen steht die Fehlervermeidung und nicht die Fehlerentdeckung im Vordergrund.

Von hier aus können dauerhafte Korrekturmaßnahmen ausgewählt werden und es muss bestätigt werden, dass die ausgewählten Korrekturmaßnahmen keine unerwünschten Nebenwirkungen verursachen. Es ist daher ratsam, Notfallmaßnahmen zu definieren, die unter unvorhergesehenen Umständen nützlich sind.

Alle aufgeführten dauerhaften Korrekturmaßnahmen müssen eine für ihre Umsetzung verantwortliche Person sowie eine Frist für den Abschluss der Umsetzung haben.

Der Umsetzungsstand muss dem Kunden an dem Tag gemeldet werden, an dem der Stichtag eintritt.

D6: Einführen der Abstellmaßnahmen

Die Abstellmaßnahmen können sich auf Prozessparameter, Produktspezifikationen und andere Vorgabedokumente sowie auf Prüfmethode und die Mitarbeiterqualifikation auswirken. Nach erfolgreicher Einführung der Abstellmaßnahme(n) wird/werden die Sofortmaßnahme(n) aufgehoben.

Für den Bereich der Automobilindustrie ist festgelegt, dass nur prozessverbessernde Maßnahmen als Abstellmaßnahmen im Sinne des 8D-Prozesses zulässig sind. Personelle Maßnahmen wie Ermahnungen, Schulungen oder Trainings gelten nicht als prozessverbessernd.

Es ist ratsam, zu überprüfen, ob ähnliche Produkte / Prozesse (Maschinen, Produktionslinien, Fabriken aus dem Unternehmen) gleiche oder ähnliche Lösungen implementiert haben. Teilen und implementieren Sie die aus einem Prozess gewonnenen Erkenntnisse auf andere Produkte / Prozesse, um die Möglichkeit des Auftretens von gleichartigen Problemen zu vermeiden.

Es empfiehlt sich, Managementsysteme, Prozesse und Verfahren zu überprüfen, damit diese gegebenenfalls verbessert werden können.

Beispiele für Dokumente, die überprüft werden sollten;

- P-FMEA
- Kontrollplan
- Arbeitsanweisung
- EOL-Kontrollverfahren

D7: Fehlerwiederholung verhindern

Es muss durch Vorbeugemaßnahmen sichergestellt werden, dass gleiche oder ähnliche Fehler zukünftig ausgeschlossen werden. Die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen wird – z. B. durch Erhöhen der Prüfschärfe – über einen angemessenen Zeitraum überwacht. Hersteller von Produkten für die Automobil- und Luftfahrtindustrie sind aufgefordert, die im Rahmen der Ursachenfindung neu erkannten Risiken im Entwicklungs- und Herstellprozess nach der FMEA-Methode (Risikoanalyse) zu bewerten und zu minimieren. Auch das Qualitätsmanagementsystem mit seinen festgelegten Verfahren und Regelungen wird möglicherweise an neue Anforderungen angepasst werden müssen.

D8: Würdigen der Teamleistung

Die gemeinsame Anstrengung wird gewürdigt und die Erfahrungen ausgetauscht.

6 Ishikawa / Ursache-Wirkungs-Diagramm

Das UWD ist eine grafische Darstellung von anzunehmenden Ursachen, die zu einem Ergebnis führen oder dieses maßgeblich beeinflussen. Alle Problemursachen sollen identifiziert und ihre Abhängigkeiten dargestellt werden. Diese Methode wird häufig zur Analyse von Qualitätsproblemen und deren Ursachen angewendet. Das Ishikawa-Diagramm stellt auf grafische Weise dar, welche möglichen Ursachen Einfluss auf ein Ergebnis nehmen.

Oft eignet sich ein klassisches Brainstorming für diese Methode. Jeder aus dem Team sollte seine Vermutungen, warum es zu Fehler kommt präsentieren und darstellen dürfen. Bei der Bearbeitung der Ursachen ist es erforderlich, eine Priorisierung und Bewertung der Einflussgrößen vorzunehmen, die zum einen beeinflussbar sind und zum anderen durch das Team favorisiert wurden.

- Mensch
 - Hier sollten alle Einflussfaktoren aufgeführt werden, die individuell mit einzelnen Personen zu tun haben. Beispiele könnten sein: Fehlende Qualifikation, fehlerhafte oder ganz fehlende Informationen, die für die Ausführung wichtig sind, Probleme und Konflikte mit Kollegen.
- Management
 - Diese Kategorie beschreibt den manchmal negativen Einfluss des Managements, der zu Problemen führen oder diese zumindest begünstigen kann – wenn zum Beispiel keine klaren Ziele kommuniziert werden.

- Maschine
 - Bei diesem Überbegriff werden alle Einflussfaktoren, welche die Maschine hat, betrachtet. Hierbei kann sich herausstellen, ob die Maschine überhaupt geeignet ist. Fehlen eventuell Geräte oder Zubehör. Auch die Instandhaltung und Reparatur der technischen Hilfsmittel spielt hierbei eine Rolle – eine nicht-gewartete Maschine kann das Endergebnis maßgeblich negativ beeinflussen.
- Methode
 - Beeinflussen die vorgegebenen Methoden durch Vorgesetzte oder definierte Strukturen am Arbeitsplatz das Ergebnis negativ? Diese Frage sollten sich die Teammitglieder bei dieser Frage stellen. Gegebenenfalls müssen die jeweiligen Methoden auf den Prüfstand gestellt werden.
- Mitwelt
 - Spielen gewisse Umwelteinflüsse eine Rolle bei der Erreichung des Ergebnisses. Hier können z.B. Temperaturschwankungen mit verantwortlich sein.
- Material
 - Ist das Material qualitativ hochwertig oder sehr fehleranfällig für das Endergebnis?
- Messung
 - Ist das Messverfahren richtig und für die Bewertung des Ablaufs überhaupt geeignet?
- Instandhaltung
 - Passen die Vorgaben der Instandhaltung / Wartung zu den Anforderungen der Produkte / Werkzeuge?

Nach einem Brainstorming mit Erstellung eines Ursache-Wirkungsdiagrammes erfolgt die 5Why-Analyse auf Basis der zuvor priorisierten möglichen Ursachen.

7 5-Why-Methode

Die 5-Why-Methode wird auch zur Bestimmung von Ursache-Wirkungs-Mechanismen eingesetzt. Ziel dieser Anwendung ist, Ursachen für einen Defekt oder ein Problem zu bestimmen.

Die Anzahl der Nachfragen ist i.d.R. mit 5 Warum-Fragen vorgegeben, jedoch nicht darauf begrenzt. Diese Zahl ist symbolisch zu verstehen. Wichtig ist, dass so lange nachgehakt wird, bis der fehlerverursachende Prozessschritt eindeutig identifiziert und nicht mehr weiter aufteilbar ist. Dies lässt sich z. B. überprüfen, indem der Kausalzusammenhang umgekehrt formuliert wird.

Problemstellung: Das Fahrzeug startet nicht.

Ursachenanalyse: 5-Why bezüglich der Fehlerentdeckung

Warum startet das Fahrzeug nicht?	Die Starterbatterie ist leer.
Warum ist die Starterbatterie leer?	Die Lichtmaschine funktioniert nicht.
Warum funktioniert die Lichtmaschine nicht?	Der Keilriemen ist gerissen.
Warum ist der Keilriemen gerissen?	Der Keilriemen wurde nie ausgewechselt.
Warum wurde der Keilriemen nie ausgewechselt?	Das Fahrzeug wurde bisher nie gewartet.
Warum wurde das Fahrzeug nie gewartet?	Ein Wartungsintervall wurde nicht vorgeschrieben.

Die 3x 5-Why Analyse, auch als 3-Legged 5-Why Methode bezeichnet, basiert auf dem 5-Why. Es gibt jedoch drei verschiedene Gruppen von 5-Why-Fragen: Fehlerursache, Fehlerentdeckung und System.

Fehlerursache: Warum ist dieser Fehler aufgetreten? In diesem Abschnitt wird untersucht, warum der Fehler aufgetreten ist, d.h. welcher Prozess von den Vorgaben abgewichen ist.

Fehlerentdeckung: Warum wurde dieser Fehler übersehen? In diesem Abschnitt wird untersucht, warum bestehende Qualitätskontrollverfahren versagt haben, sodass Unternehmen auch diesen Bereich des Prozesses angehen können.

Systemischer Teil: Warum haben die vorhandenen (QM-) Systeme das Auftreten des Fehlers zugelassen? Diese Etappe untersucht die Bedingungen im (QM-) Managementsystem, die den Fehler erst möglich gemacht haben.

Um eine Fünf-Warum-Analyse richtig durchzuführen, sollten die folgenden Ratschläge befolgt werden:

1. Es ist notwendig, das 8D-Team in den 5Why-Prozess im Unternehmen einzubeziehen, ggf. das Management einzubeziehen.
2. Überlegen Sie für die Analyse selbst, welche Arbeitsgruppe die richtige ist.
3. Ziehen Sie in Erwägung, bei schwierigeren Themen einen Moderator hinzuzuziehen.
4. Verwenden Sie Papier oder Whiteboards anstelle von Computern.
5. Schreiben Sie das Problem auf und stellen Sie sicher, dass alle Leute es verstehen.
6. Unterscheiden Sie Ursachen von Symptomen.
7. Achten Sie auf die Logik der Ursache-Wirkungs-Beziehung.
8. Stellen Sie sicher, dass die Grundursachen mit Sicherheit zum Fehler führen, indem Sie die als Ergebnis der Analyse entstandenen Sätze mit dem Ausdruck „und deshalb“ umkehren.
9. Versuchen Sie, die Antworten zu präzisieren.
10. Suchen Sie Schritt für Schritt nach der Ursache. Ziehen Sie keine voreiligen Schlüsse.
11. Grundlage von Aussagen sind Tatsachen und Erkenntnissen.

12. Beurteilen Sie den Prozess, nicht die Menschen.
13. Lassen Sie niemals "menschliches Versagen", "Unaufmerksamkeit des Arbeiters", usw. als Grundursache gelten.
14. Fördern Sie eine Atmosphäre des Vertrauens und der Aufrichtigkeit.
15. Stellen Sie die Frage "Warum?" bis die Ursache ermittelt ist, d.h. die Ursache, deren Beseitigung ein erneutes Auftreten des Fehlers verhindert.
16. Formulieren sie die Antwort auf die Frage "Warum?" aus der Sicht des Kunden.

Wenn Tools zur Ursachenanalyse korrekt verwendet wurden, sollten Sie in der Lage sein, die tatsächliche Ursache des Auftretens darzustellen und zu beweisen und eine Grundlage zu haben, um zu überprüfen, warum das Problem zum Zeitpunkt des Auftretens nicht bemerkt wurde.

8 Messsystemanalyse

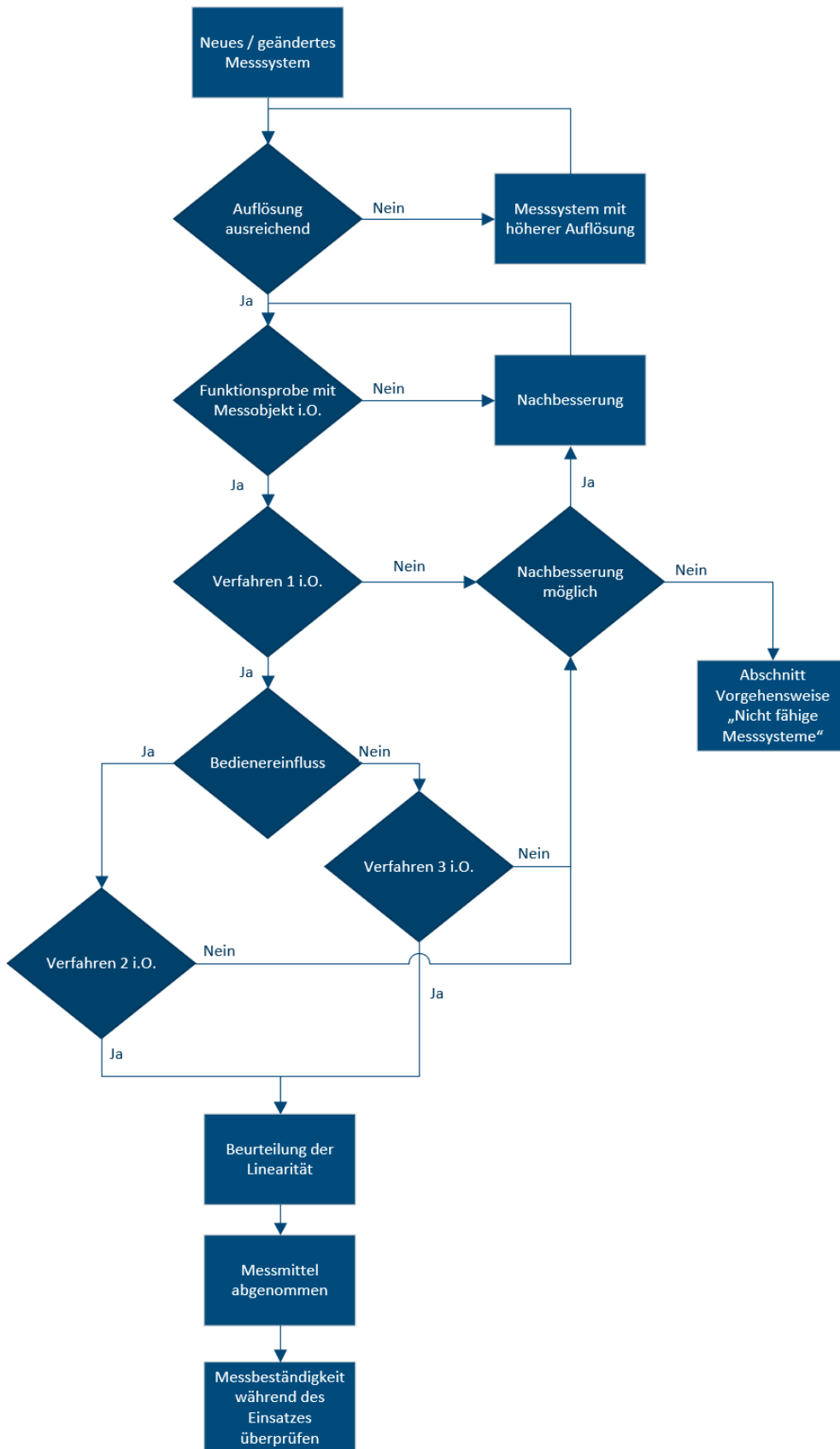
Die Beurteilung von Fertigungsprozessen, Maschinen und laufenden Prozessen basiert auf der statistischen Auswertung von Werten von Merkmalen. Die Werte der Merkmale erhält man von Messsystemen, unter deren Verwendung bestimmte Merkmale gemessen werden. Um fehlerhafte Interpretationen zu vermeiden, müssen die gemessenen Werte den realen Sachverhalt ausreichend sicher wiedergeben.

Zur Überprüfung, ob die verwendeten Messmittel und Messsysteme den Anforderungen an die Messung gerecht werden, wird die Messsystemanalyse eingesetzt. Die MSA belegt ob die gemessenen Merkmalswerte die Realität in ausreichend sicherem Maße wiedergeben.

Eine Messsystemanalyse sollte immer vor der Beurteilung der Maschinenfähigkeit oder der Prozessfähigkeit durchgeführt werden.

Eine MSA muss vor der Inbetriebnahme neuer Messsysteme durchgeführt werden. Darüber hinaus sollte sie durchgeführt werden, wenn das Messsystem wesentlich verändert wurde. Dies kann sein nach:

- Neuaufstellung an einem anderen Ort
- wesentlichen konstruktiven Änderungen
- Wechsel von beeinflussenden Komponenten
- Instandsetzung oder genereller Überholung



8.1 MSA Verfahren 1

Das MSA Verfahren 1 wird in der Regel zur Beurteilung von einem neuen oder geänderten Messsystem durchgeführt, bevor diese zur Messung von Merkmalswerten eingesetzt wird.

Mithilfe des Verfahrens 1 wird entschieden, ob eine Messeinrichtung für den vorgesehenen Messzweck geeignet ist. Als Basis für die Entscheidung wird die Lage und Streuung des Messwertes im Toleranzfeld des Messwertes analysiert. Dies geschieht durch die Berechnung der Kennwerte zur Fähigkeit Cg Wert und Cgk Wert.

Wiederholbarkeit ist die Fähigkeit des Messgeräts, beständige Messwerte für die gleiche Prüfeinheit zu ermitteln. Eine gewisse Messsystemstreuung ist selbst in einem fähigen Messgerät vorhanden. Ist die Streuung in Bezug auf die Toleranz der Prüfeinheit zu groß ist, ist das Messgerät nicht geeignet.

Als Maß für die Wiederholbarkeit wird der Cg Wert ausgewiesen. Cg Werte größer als 1,33 zeigen eine annehmbare Streuung und somit eine Fähigkeit des Messmittels an.

1. Schritt

Tragen Sie den Istwert des Normals und der Toleranz T des Merkmals in die Messsystemanalyse Excel Vorlage ein.

2. Schritt

Beurteilung Sie die Auflösung (RE) der Messeinrichtung. Sollte $T / RE < 5\%$ sein, ist das Messmittel geeignet. Die Tabelle weist Ihnen das Ergebnis aus.

3. Schritt

Wählen Sie das Normal für Ihre Messung aus. Der Istwert des Normals muss im Toleranzfeld des Prüfmerkmals liegen. Die Messposition ist am Normal zu kennzeichnen. Als Alternative ist die Messposition zu beschreiben oder zwangsweise am Normal zu positionieren. U Kal ist für die Eingabe der erweiterten Kalibrierunsicherheit gedacht, dessen Wert aus dem Kalibrierschein zu entnehmen ist.

4. Schritt

Stellen Sie die Messeinrichtung nach der gültigen Vorschrift ein. Justieren Sie die Einrichtung und gleichen Sie das System ab. Stellen Sie sicher, dass während der Messung keine Veränderungen an der Messeinrichtung stattfindet.

5. Schritt

Es sind 50 Messungen in kurzen Zeitabständen am Normal nach der gültigen Vorschrift durch denselben Prüfer durchzuführen. Hierbei gilt unbedingt die Messvorschrift (Bedingungen der Wiederholung) zu beachten.

Das zu messende Normal ist immer bei gleicher Messposition in die Messvorrichtung einzulegen. Dies bedeutet, das Normal ist nach jedem Messvorgang aus der Messvorrichtung zu entnehmen.

8.1.1 Voraussetzungen für die Anwendung des MSA Verfahren 1

Die Messeinrichtung ist entsprechend den Betriebsanleitungen des Herstellers einzurichten und in Betrieb zu nehmen.

Es ist ein Normal oder Einstellmeister vorhanden. Durch Kalibrierung ist der richtige Wert des Normals jederzeit auf nationale oder internationale Normen rückführbar. Das Normal unterliegt der Prüfmittelüberwachung. Der Wert des Normals ändert sich während des Untersuchungszeitraumes nicht. Das Normal ist langzeitstabil.

Das Normal besitzt das gleiche Merkmal, wie das später zu messende Teil. Die Messunsicherheit des Messverfahrens mit denen der richtige Wert des Normals bestimmt wird, ist anzugeben.

8.2 MSA Verfahren 2

Das MSA Verfahren 2 findet zur Beurteilung von neuen und vorhandenen Messsystemen vor der Annahmeprüfung am endgültigen Aufstellungsort statt. Die Beurteilung des Messsystems erfolgt dabei unter möglichst realen Bedingungen. Das Verfahren 2 dient hierbei vor allem dazu den Bedienerinfluss auf das Messsystem zu ermitteln. Voraussetzung ist somit, die Untersuchung wird:

- am Einsatzort
- mit originalen Messobjekten
- den Prüfern vor Ort

durchgeführt.

Als Basis für die Bewertung der Messsystemanalyse und Messsystemfähigkeit gelten die aktuell festgelegten Grenzwerte. Dies sind

- $\%GRR \leq 10\%$ Messprozess (als Prüfprozess) fähig
- $10\% < \%GRR \leq 30\%$ Messprozess (als Prüfprozess) bedingt fähig
- $\%GRR > 30\%$ Messprozess (als Prüfprozess) nicht fähig (ungeeignet)

Bezugsgröße für $\%GRR$ ist die Toleranz des gemessenen Merkmals. Anhand des Kennwertes $\%GRR$ wird beurteilt, ob eine Messeinrichtung unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen für die vorgesehene Messaufgabe geeignet ist.

1. Schritt

Festlegung von 3 Prüfern, die Auswahl von 10 Messobjekten, die möglichst über den Toleranzbereich verteilt sind und 3 Messungen pro Prüfer.

2. Schritt

Die Teile werden nummeriert. Um den Einfluss des Messobjekts, z.B. die Teilegeometrie, auszuschließen, wird die Messposition gekennzeichnet oder dokumentiert. Die Umgebungsbedingungen (z.B. Temperatur, Bediener, Schwingungen usw.) sind zu dokumentieren.

3. Schritt

Der erste Bediener des Systems stellt die Messeinrichtung ein und ermittelt die Werte des Merkmales der Messobjekte in der durch die Nummerierung vorgegebenen Reihenfolge und nach der gültigen Vorschrift unter Beachtung der Position der Messung. Die Messwerte werden dokumentiert. In derselben Reihenfolge und nach derselben Verfahrensweise ermittelt der erste Bediener des Gerätes die Merkmalswerte der Messobjekte ein zweites Mal. Die Messergebnisse der zweiten Messung dürfen von den Ergebnissen der ersten Messung nicht beeinflusst werden. Während der Durchführung der Untersuchung sind Veränderungen an der Messeinrichtung nicht zulässig.

Schritt 3 ist mit jedem weiteren Prüfer zu wiederholen. Die jeweiligen Messergebnisse sollten während der Durchführung der Messung den anderen Prüfern nicht bekannt sein.

8.3 MSA Verfahren 3

Bei der Messsystemanalyse Verfahren 3 handelt es sich um einen Sonderfall von MSA Verfahren 2. Diese Vorgehensweise wird bei Messsystemen ohne Bedienerinfluss angewendet. Dieses Verfahren gilt somit insbesondere bei automatischen oder mechanisierten Messsystemen. Dies können sein:

- Koordinaten Messmaschinen
- in Prozess Messeinrichtungen
- voll automatischen Messeinrichtungen
- Mehrstellenmessgeräten
- die Lage des Messobjektes eindeutig vorgegeben ist und die Spannkkräfte für das Objekt vom Bediener nicht beeinflusst werden können

Die Untersuchung wird mit mindestens 25 wiederholbar messbaren, zufällig ausgewählten Serienteilen durchgeführt. Die Werte des zu messenden Merkmals sollten möglichst innerhalb der Toleranz liegen. Die Serienteile werden in zufälliger Reihenfolge in mindestens 2 Durchgängen vermessen.

Stehen nicht genügend Teile zu Verfügung, muss die erforderliche Anzahl der Messreihen angepasst werden. Die Werte für die Anpassung können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Verfügbare Anzahl Messobjekte	Erforderliche Mindestanzahl Messreihen
≥ 25	2
13 – 14	3
9 – 12	4
7 – 8	5
5 – 6	6

8.4 Auflösung des Messmittels

Vor der Analyse des Messsystems, ist zu überprüfen, ob die Auflösung des Messgerätes für die Analyse des entsprechenden Falles ausreichend ist. Dies ist die Basis, um Messwerte sicher ermitteln und ablesen zu können.

Beispiel: Längenmaß $250 \pm 0,50$ mm

Bei einer Toleranz von 1 mm bedeuten 5% der Toleranz 0,050 mm. In diesem Fall heißt dies, das Messsystem muss eine Auflösung von maximal 0,050 mm über den gesamten Messbereich haben. Für diesen Fall könnte eine Messuhr mit 0,02 mm Skalenteilung für die Analyse gewählt werden.

8.5 Vorgehensweise „Nicht fähige Messsysteme“

Nach der Durchführung der einzelnen Verfahren ist der Fähigkeitsnachweis erbracht. Konnte dieser aufgrund der Ergebnisse nicht erbracht werden, wird folgender Ablauf zur Problemlösung vorgeschlagen.

8.5.1 1. Schritt: Messsystem überprüfen, verbessern

1. Messeinrichtung, Einstellnormale

- Mess-, Spann-, Niederhaltekräfte
- Messorte, Definition Messstellen
- Aufnahmen, Fluchtung Prüfling, Messtaster
- Antastelemente; Güte Einstellnormal(e)
- Führungen, Reibung, Verschleiß
- Positionierung, Verkippung Prüfling
- Messablauf; Warmlaufphase, ...

2. Messverfahren, -strategie

- Bezugselement, Basis für Aufnahme
- Messgeschwindigkeit, Einschwingzeiten
- Mehrpunktmessungen bzw. Scannen anstatt Einzelmesswert, ...
- Mittelwert aus Wiederholungsmessungen
- Messtechnik-, Statistik-Software
- Kalibrierkette, Einstellverfahren, ... (z.B. vor jeder Messung neu einstellen)

3. Umgebungsbedingungen

- Erschütterungen, Schwingungen
- Staub, Ölnebel, Zugluft, Feuchtigkeit
- Temperaturschwankungen
- Elektrische Störungen, Spannungsspitzen
- Energieschwankungen (Luft, Strom,..)

4. Prüfling

- Sauberkeit, Waschrückstände
- Oberflächenbeschaffenheit, Grate – Formfehler, Bezugsbasis
- Materialeigenschaften
- Temperaturkoeffizient, ...

5. Bediener

- Eingewiesen, geschult
- Sorgfalt, Handhabung
- Sauberkeit, (Hautreste, Handfett,...)
- Wärmeübertragung, ...

8.5.2 2. Schritt: Genaueres Messsystem beschaffen

Mögliche Maßnahmen:

- Auflösung < 5%
- Lineare Systeme einsetzen
- Absolut messende Systeme bevorzugen (digital inkremental anstatt analog induktiv)
- Robuste Messeinrichtung (Lagerungen, Führungen, Messhebel, Übertragungselemente,...)
- Bedienerunabhängige Messeinrichtung
- Neue (berührungslose) Messverfahren, ...

8.5.3 3. Schritt: Merkmals-, Toleranz-, Prozessbetrachtung

Mögliche Maßnahmen:

- Merkmal auf Funktionsabhängigkeit überprüfen (ggf. neues Merkmal definieren z.B. anstelle Rundheit)
- 100% verlesen mit reduzierten Toleranzen
- Messsystemstreuung von Toleranz abziehen
- Auswirkungen auf Prozessregelung und Prozessfähigkeit berücksichtigen
- Toleranz anpassen (statistische Tolerierung; Toleranz und Prozessstreuung gegenüberstellen; Toleranzehrlichkeit!) – Abstimmung mit Fertigungsplanung, Produktion, Qualitätssicherung, Entwicklung, Kunde

8.5.4 4. Schritt: Sonderregelung

- Zusätzliche Absicherung (z.B. Stabilitätsüberwachung, zusätzlicher Regelkreis, genaueres Messmittel im Feinmessraum, Funktionsabsicherung, -überprüfung)
- Zeitlich befristete Sonderregelung treffen
- Abstimmung mit Messtechnikexperten, Fertigungsplanung, Produktion, Qualitätssicherung, Entwicklung, Kunde
- Regelung z.B. jährlich neu bewerten gemäß Schritt 1 bis 4 und ggf. Regelung überarbeiten bzw. für weitere Zeitspanne bestätigen
- Anmerkung: Es ist zu beachten, dass nicht immer die Messeinrichtung der Verursacher eines nicht geeigneten Messprozesses ist. Oftmals sind die Urheber die Umgebung und die Messstrategie.

9 Risikoanalyse FMEA

Den Stand der Technik in Bezug auf Risikoanalysen zu Produkt und Prozess bildet die FMEA nach VDA/AIAG.

Die FMEA ist ein wirkungsvolles Instrument zur Bewertung von potenziellen Risiken in Projekten, Prozessen und Produkten. In der Automobilindustrie sowie der Luft- und Raumfahrt ist diese Methode weit verbreitet und teils ist deren Anwendung auch ausdrücklich vorgeschrieben. Auch in anderen Industriebereichen wird eine sachgemäße Durchführung von Design und System - FMEA's gefordert.

Eine FMEA zielt darauf ab, Fehler von vornherein zu vermeiden statt sie nachträglich zu entdecken und zu korrigieren. Bereits in der Entwicklungsphase von Produkten und Projekten sollen potenzielle Fehlerursachen identifiziert und bewertet werden. Ziel ist die präventive Fehlervermeidung. Daraus ergibt sich immer eine Kosten-/ Nutzenoptimierung innerhalb eines Produktlebenszykluses. Je später ein Fehler entdeckt wird, desto schwieriger und kostenintensiver wird seine Korrektur.

Durch die gewonnenen Erkenntnisse einer durchgeführten FMEA können zudem Wiederholungen von Mängeln bei neuen Produkten und Prozessen vermieden werden.

Unter einem Risiko versteht man die Beschreibung von Auftretenswahrscheinlichkeiten mit der Möglichkeit negativer Auswirkungen (Folgen). In der FMEA bedeutet dies die Auftretenswahrscheinlichkeit eines potenziellen Fehlers mit verschiedenen potentiellen Ursachen sowie die Bewertung der Bedeutung von Folgen. Die Risikominimierung erfolgt durch geeignete Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen.

Die FMEA ist eine teamorientierte, systematische, qualitative Analysemit dem Ziel:

- Potenzielle technische Risiken eines Fehlers im Produkt oder Prozess zu bewerten,
- die Ursachen und Folgen solcher Fehler zu untersuchen,
- Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zu dokumentieren,
- Maßnahmen zur Risikoreduzierung zu empfehlen.

Das Ziel der FMEA ist die Bestimmung der Produktfunktionen oder Prozessschritte und der damit verbundenen Fehlerarten, Fehlerfolgen und Fehlerursachen. Hierbei werden die getroffenen Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen auf Wirksamkeit zur Risikominimierung geprüft und ggf. in Optimierungsschleifen weitere Maßnahmen ergriffen.

9.1 Notwendigkeit der Risikoanalyse

Jedes Unternehmen, das Produkte entwickelt, produziert und auf den Markt bringt, ist verpflichtet, die Produktintegrität des Produkts sicherzustellen. Hierbei ergibt sich die Verpflichtung zur Einhaltung von Produktsicherheit und Produktkonformität, gemäß der Gesetzgebung des jeweiligen Landes oder Region und Erfüllung der Sicherheitserwartung der Allgemeinheit. Um diese Anforderungen zu erfüllen, stellt die FMEA eine adäquate Methode der Risikoanalyse dar. Im Falle von produktsicherheits- und/oder produkthaftungsrelevanten Fällen, kann eine nach Stand der Technik durchgeführte FMEA „entlastend“ wirken.

Zusätzlich besteht die Forderung zur Durchführung von Risikoanalysen (wie der FMEA) in den Normen IATF 16949 sowie indirekt über den risikobasierten Ansatz in der DIN ISO 9001:2015.

Zu den Anforderungen aus den Normen, gesetzlichen und behördlichen Anforderungen kommen noch kundenspezifische Anforderungen.

9.2 FMEA Team

Die FMEA ist eine interdisziplinär anzuwendende Methode, die durch Vertreter aus allen beteiligten Ressorts durchzuführen ist. Um die Methodenkompetenz bei der Durchführung einer FMEA sicherzustellen, empfiehlt es sich, einen „neutralen“ Moderator mit entsprechendem Know-How einzusetzen. Der Moderator ist jedoch nicht verantwortlich für die Umsetzung der festgelegten Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen, sondern nur für die methodisch korrekte Durchführung und Moderation der FMEA. Die Nachverfolgung der Maßnahmen übernimmt der Projektleiter, die Umsetzung obliegt den zugeordneten Verantwortlichkeiten.

9.3 Design-FMEA

Bei der Design-FMEA liegt der Fokus auf der Entwicklung/Konstruktion des Produkts und den daraus resultierenden Fehlerarten und -ursachen. Primär ist diese Art der FMEA von der Abteilung zu verantworten, welche für das Design/die Konstruktion des Produkts zuständig ist. Die D-FMEA wird angewendet, um sicherzustellen, dass vor Freigabe eines Teils für die Produktion potenzielle Fehlerarten und die entsprechenden Fehlerursachen betrachtet und behandelt wurden.

Die Struktur der D-FMEA gibt die Anzahl der zu analysierenden Ebenen vor, je nach Komplexität des Produkts gibt es unterschiedliche Anzahlen an Ebenen. Um die auf die Strukturanalyse folgende Funktions- und Fehleranalyse zielgerichtet durchführen zu können, ist auf eine sinnvolle Einteilung der Ebenen in der Strukturanalyse zu achten. Durch entsprechende Verknüpfungen ist sicherzustellen, dass auf allen Ebenen auf die „Top“-Fehlerfolge (Kundensicht) referenziert wird und die Bewertung der Bedeutung eines Fehlers auf jeder Ebene aus Kundensicht erfolgen kann.

9.4 Prozess (Produkt)-FMEA

Die Prozess-FMEA untersucht mögliche Fehler bei der Fertigung und Montage (inkl. Logistischen Prozessen) des Produkts. Die P-FMEA analysiert mögliche Fehlerarten in Prozessen, die aus Prozessabweichungen entstehen können. Ziel einer P-FMEA ist es, geeignete Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen zu definieren, um das Risiko während des Fertigungs-/Montageprozesses zu senken und im besten Fall zu eliminieren.

In der P-FMEA wird die Risikoanalyse auf der Prozessebene (Fertigungs-/Montageprozesse) durchgeführt. Auch hier ist die Fehlerfolge für das Produkt aus Kundensicht relevant, hierzu ist die Bedeutung des Fehlers aus der D-FMEA zu übernehmen und dient als Input für die P-FMEA. Die Verknüpfung der Fehlerfolge aus der D-FMEA stellt sicher, dass dieselben Folgen für den Kunden analysiert werden. Neue Fehlerfolgen, die in der P-FMEA identifiziert werden, sind entsprechend hinzuzufügen.

Bei den Fehlerursachen auf der Prozessebene ist die Ursache auf Basis der 5-M's (Mensch, Maschine, Mitwelt, Material und Methode) anzugeben.

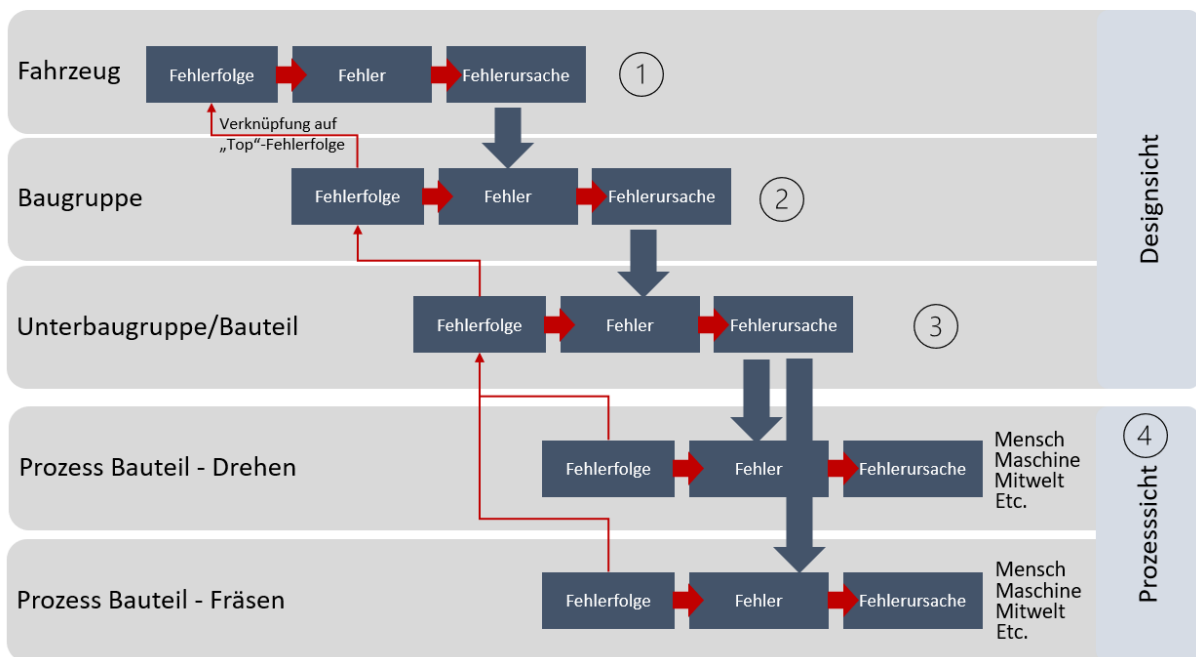


Abbildung 1: Zusammenhang D- und P-FMEA

9.5 Die 7 Schritte einer FMEA

In Anlehnung an das „FMEA-Handbuch“ (AIAG/VDA, 1. Ausgabe 2019) lässt sich die FMEA-Durchführung in sieben Schritte untergliedern. Im Folgenden werden die 7 Schritte kurz erläutert.

1. Schritt – Planung und Vorbereitung:

- Festlegung des Analyseumfangs
- Zweck, Zeitplanung, Teamzusammensetzung festlegen
- Analysegrenzen setzen („Was wird in die Analyse aufgenommen – Was wird nicht aufgenommen?“)
- Ermittlung möglicher Familien-/Basis-FMEAs
- Schaffung einer Ausgangsbasis für die Strukturanalyse

2. Schritt – Strukturanalyse:

- Grafische Darstellung des Betrachtungsumfangs der D-FMEA bzw. P-FMEA
- D-FMEA: Konstruktive Schnittstellen und Wechselwirkungen identifizieren
- P-FMEA: Prozessschritte und Unterschritte identifizieren
- Zusammenarbeit zwischen Entwicklerteams des Kunden und Lieferanten (Schnittstellenverantwortlichkeiten)
- Schaffung einer Ausgangsbasis für die Funktionsanalyse

3. Schritt – Funktionsanalyse:

- Visualisieren der Funktionen
- D-FMEA/P-FMEA: Funktionsbaum/Funktionsnetz analysiert
- Zuordnung der Kundenanforderungen/Merkmale
- Zusammenarbeit zwischen Entwicklerteams und internen Abteilungen zum Thema Produktsicherheit und ggf. Funktionaler Sicherheit
- Schaffung einer Ausgangsbasis für die Fehleranalyse

4. Schritt – Fehleranalyse:

- Erstellen einer Fehlerfolgenkette (Fehlernetz)
- Beschreibung möglicher Fehlerfolgen, Fehlerarten und Fehlerursachen für jede Produktfunktion
- P-FMEA: Bezug zu den 5Ms (Mensch, Maschine, Material, Mitwelt, Methode) bei der Fehlerursache
- Zusammenarbeit zwischen Kunde und Lieferant bezüglich den Fehlerfolgen
- Schaffung einer Basis für die Fehlerdokumentation im FMEA-Formblatt und für die Risikoanalyse

5. Schritt – Risikoanalyse:

- Beschreibung und Bewertung von vorhandenen und/oder geplanten Maßnahmen
- Zuweisung von vorhandenen und/oder geplanten Vermeidungsmaßnahmen zu den Fehlerursachen
- Zuweisung von vorhandenen und/oder geplanten Entdeckungsmaßnahmen zu den Fehlerursachen und/oder Fehlerarten
- Bewertung der Bedeutung, des Auftretens und der Entdeckung für jede Fehlerfolgenkette
- Zusammenarbeit zwischen Kunde und Lieferant bezüglich der Bedeutung
- Schaffung einer Basis für die Optimierung

6. Schritt – Optimierung:

- Identifizierung von Maßnahmen zur Risikoreduzierung
- Festlegung von Verantwortlichkeiten und Terminen für die Maßnahmenumsetzung
- Umsetzung und Dokumentation der getroffenen Maßnahmen, einschließlich Bestätigung der Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahmen und Neubewertung der Risiken nach Umsetzung der Maßnahmen

- Zusammenarbeit zwischen FMEA-Team, Management, Kunden und Lieferanten zu möglichen Fehlern
- Schaffung einer Basis für die Verbesserung der Produkthanforderungen und Vermeidungs- und Entdeckungsmaßnahmen

7. Schritt – Ergebnisdokumentation:

- Kommunikation der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Analyse
- Festlegung der Inhalte der Dokumentation
- Dokumentation der getroffenen Maßnahmen, einschließlich der Bestätigung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen und die Bewertung des Risikos nach Umsetzung der Maßnahmen
- Kommunikation der Maßnahmen zur Reduzierung des Risikos
- Dokumentation der Risikoanalyse und der Reduzierung auf ein annehmbares Risiko

9.6 Besondere Merkmale

Besondere Merkmale (nachfolgend BM genannt) sind in den FMEAs verstärkt zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass entsprechende Fehlerfolgen mit Funktions- bzw. Sicherheitsrelevanz korrekt bewertet sind. Bei der Auswahl und Kennzeichnung von BMs ist das Filtermodell nach dem VDA-Band „Besondere Merkmale“ hilfreich.

Bei der „Übergabe“ der Erkenntnisse aus der D-FMEA in die P-FMEA sind die BMs auch in die P-FMEA zu übertragen (Produktionsplanungsfiler). Die Durchgängigkeit der BMs ist neben der P-FMEA auch im PLP/Control Plan zwingend erforderlich. Besondere Merkmale werden in der P-FMEA über die Bewertung der Fehlerfolge definiert. Sind BMs definiert und in allen Dokumenten (Zeichnung, FMEA, PLP/Control Plan, Arbeits-/Prüfplan) durchgängig gekennzeichnet, sind diese auch in der Produktion mittels definierter Methoden nachzuweisen (Produktionsprozessfilter).

9.7 Bewertungsmethodik

Die Risikoprioritätskennzahl (RPZ) wird berechnet, indem die Bedeutung (B) mit der Auftretenswahrscheinlichkeit (A) und der Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) multipliziert wird.

RPZ-Berechnung:

$$RPZ = B \times A \times E$$

9.8 Änderung der FMEA

Eine Aktualisierung der FMEA ist unter folgenden Gegebenheiten zu vollziehen:

1. Liegt eine neue Konstruktion oder ein neuer Prozess vor, so sind die jeweiligen FMEAs zu aktualisieren.
2. Sofern sich ein Produkt und somit die Konstruktion ändert, ist die FMEA auf Aktualität zu prüfen und ggf. anzupassen. Gleiches gilt für Änderungen im Prozess, auch hier ist eine Prüfung der P-FMEA auf Aktualität notwendig.
3. Sowohl während der Entwicklungsphase, als auch nach SOP können Reklamationen (intern/extern) auftreten. In diesem Fall sind die in den FMEAs festgelegten Maßnahmen auf Wirksamkeit zu prüfen und anzupassen.

10 Produktionslenkungsplan

Der Produktionslenkungsplan ist eine Definition aus dem Regelwerk IATF 16949.

Der Produktionslenkungsplan enthält alle Prüfungen und Prozesskontrollen von der Wareneingangsprüfung von Zukaufteilen von Unterlieferanten bis zur Auslieferung an den Kunden. Bei der Festlegung der Prüfungen sind besondere Anforderungen mit hohem RPZ (Risikoprioritätszahl) aus FMEA (Design- und Prozess FMEA) und wichtige Merkmale sowie vom Kunden vorgegebene zu berücksichtigen.

Der multidisziplinäre Ansatz steht im Vordergrund bei der Erstellung eines Produktionslenkungsplanes. Der Zweck eines Produktionslenkungsplanes ist die Bereitstellung aller notwendigen Informationen und somit eine schriftliche Beschreibung für das zur Prüfung von Produkten und Prozessen eingesetzte System. Das Ziel eines PLP ist, Fehler und Prüfkosten bereits in der Entwicklungs- und Vorserienphase durch rechtzeitiges Herausstellen und Vermeiden von Risiken vorzubeugen.

Aus den VDA Bänden „Besondere Merkmale“ und „Robuster Produktionsprozess“ ergibt sich folgende Definition: In den Produktionslenkungsplan gehören alle Prüfaktivitäten, die dazu dienen Restrisiken aus nicht robusten Produkt- und Prozesskonstruktionen zu steuern.

Als Grundlage hierzu dient also folgende Regel:

- Entwickle das Produkt- und den Prozess fehlerfrei
- Ermittle mögliche Restrisiken mit der FMEA
- Steuere Restrisiken mit Prüfungen im Produktionslenkungsplan

10.1 Inhalte PLP

Die Mindestinhalte sind in der IATF 16949 im Anhang A folgendermaßen beschrieben:

- Allgemeine Daten
 - Nummer des Produktionslenkungsplans
 - Ausgabe- und Änderungsdatum, falls vorhanden
 - Kundeninformationen (siehe Kundenanforderungen)
 - Name der Organisation
 - Standortbezeichnung
 - Teilenummer(n)
 - Teilebezeichnung/-beschreibung
 - Konstruktionsänderungsstand
 - anzuwendende Phase (Prototyp, Vor-Serie, Serie)
 - Baustufe oder Arbeitsgang-Nr.
 - Prozessbezeichnung/Beschreibung der Aufgabe
- Produktlenkung
 - produktbezogene besondere Merkmale
 - andere Lenkungsmerkmale (Nummer, Produkt oder Prozess)
 - Spezifikation/Toleranz
- Produktionsprozesslenkung
 - Prozessparameter (einschließlich Einstellparameter und deren Toleranzen)
 - prozessbezogene besondere Merkmale
 - Maschinen, Vorrichtungen, Werkstückträger, Werkzeuge für die Produktion (einschließlich deren Kennzeichnung, soweit vorhanden)
- Methode
 - Prüfmethode
 - Fehlersicherheit
 - Stichprobengröße und Häufigkeit
 - Methode der Lenkung
 - Reaktionsplan und Korrekturmaßnahmen
 - Reaktionsplan (eingeschlossen oder referenziert)

11 Mitgeltende Unterlagen

- DIN EN ISO 9001:2015
- IATF 16949
- AIAG Publikationen
- Gültige VDA-Bände

12 Änderungshistorie

Rev.	Datum	Bearbeiter	Änderungen
1	04.02.2022	Fabian Matthäus	Ersterstellung