

Jürgen P. Bläsing • Daniel Eiche • Beat Giger

Workbook FMEA

Failure Mode and Effects Analysis

Qualität ist machbar

Steinbeis-Transferzentren
Qualität im Unternehmen

TQ

Jürgen P. Bläsing Daniel Eiche Beat Giger

Workbook FMEA

Failure Mode and Effects Analysis

**Qualität ist machbar
Risiken kennen, Verluste vermeiden**

TQU VERLAG

Die Autoren

Jürgen P. Bläsing, Direktor Prof. Dr., hat das Steinbeis-Transferzentrum Qualität im Unternehmen TQU aufgebaut. Er leitet heute den TQU Verlag und das Institut für Business Excellence der Steinbeis-Hochschule Berlin. Als Herausgeber und Autor betreut er die Fachbuchreihe Workbook und die QUALITY APPs im TQU Verlag.



Daniel Eiche, Dipl.-Ing.(FH), ist geschäftsführender Gesellschafter der TQU AG in Winterthur/Schweiz. Als Berater, Trainer und Moderator arbeitet er mit namhaften Unternehmen in Deutschland und der Schweiz. Er hat sich auf die Verbesserung von Produkten und Prozessen spezialisiert. Hier arbeitet er seit vielen Jahren erfolgreich mit den Methoden des Quality Engineering und mit Six Sigma.

Beat Giger, dipl. geogr. Univ. Zürich, war Projektleiter in der TQU AG Winterthur/Schweiz. Er ist Berater, Trainer und Moderator für alle Themen der Weiterentwicklung von Qualitäts- und Organisationssystemen. Hier setzt er Methoden der Problemlösung und der Prozessverbesserung, wie QFD, FMEA oder Six Sigma, seit mehreren Jahren erfolgreich ein.



Workbook

Failure Mode and Effects Analysis

Qualität ist machbar

Risiken kennen, Verluste vermeiden

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch bedingten Rechte, insbesondere in der Übersetzung, im Nachdruck, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen oder Tabellen, der Vervielfältigung und der Speicherung bleiben vorbehalten. Wenn in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften, Normen oder andere Richtlinien verwiesen oder daraus zitiert wird, so übernehmen der Verlag und die Autoren keine Garantie für Vollständigkeit, Richtigkeit oder Aktualität. Bitte ziehen Sie bei Ihren eigenen Arbeiten die vollständigen und autorisierten Dokumente in der jeweils gültigen Fassung heran.

Eigenverlag und Eigenvertrieb
Dritte überarbeitete Auflage

Stand 2004, überarbeitet 2018

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm, Deutschland

Fon 0731 14660-200, E-Mail verlag@tqu-group.com, Internet www.tqu-group.com

Vorwort

Failure Mode and Effects Analysis

Qualität ist machbar. Risiken kennen, Verluste vermeiden

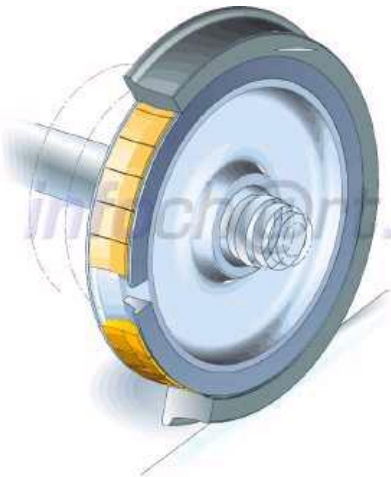


Der größte denkbare Fehler wurde Realität! Am 3. Juni 1998 entgleist ein ICE in voller Fahrt. Ein gebrochener Radreifen reißt eine Weiche auf, die Wagen entgleisen, eine Straßenbrücke wird eingerissen, Menschen sterben, werden verletzt.

Zwischen Stahlreifen und -rad ist eine etwa 20 Millimeter dicke, feste Gummi-Einlage eingearbeitet. Sie sollte für mehr Laufruhe sorgen und auch Kosten sparen. Um nach dem Verschleiß nicht das ganze Rad austauschen zu müssen, wird beim Radreifen der äußere Stahlring mit Lauffläche aufgezogen.

Nach dem Zugunglück von Eschede gab es schnell Hinweise auf die Anfälligkeit des Systems. Auch bei Straßenbahnen, die ein ähnliches System eingesetzt hatten, war es zuvor

schon mehrfach zu Brüchen gekommen. Die Bahn zog schließlich als Konsequenz aus dem ICE-Unglück alle Radreifen von Hochgeschwindigkeitszügen aus dem Verkehr und setzt seitdem wieder Vollräder ein.



Aus Fehlern zu lernen, dieser Weg ist gefährlich und nicht mehr zeitgemäß. Oft bekommen wir nur einmal eine Chance, dann muss es klappen. Wir müssen lernen präventiv zu denken und zu handeln. Qualität ist machbar. Sicherheit und Zuverlässigkeit sind planbar. Die Methode FMEA ist hierfür hervorragend geeignet und längst weltweit zum Ingenieurstandard zum Beispiel in der Medizintechnik oder der Automobiltechnik geworden.

FMEA Prinzipien und Erfahrungen aus unserer Projektarbeit sind in diesem Workbook ebenso enthalten, wie typische Beispiele.

Wir wünschen in allen Vorhaben viel Erfolg!

Das TQU Team

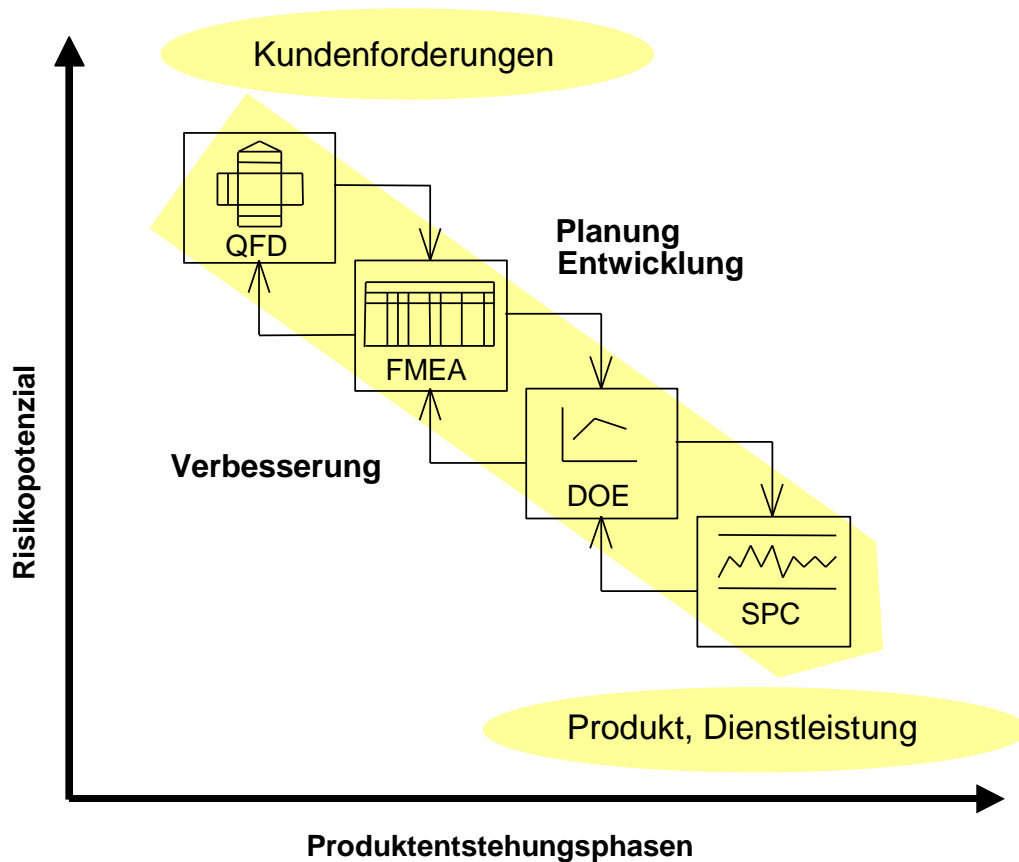
Inhaltsverzeichnis

Mit FMEA Qualität planen und verbessern	5
Die Methoden im qualitätskritischen Pfad	6
Für Raumfahrt und Automobilindustrie geeignet	7
Risiken erkennen und beherrschen.....	7
Planungsfehler können zur Katastrophe führen	8
Forderungen im modernen Qualitätsmanagement.....	9
Systeme, Produkte und Prozesse untersuchen	10
Die Zusammenhänge	11
Die Auslöser für ein Projekt.....	12
Den richtigen Zeitpunkt finden.....	13
Die Grundlagen beachten	14
Die Vorteile nutzen.....	15
Die Nachteile vermeiden	16
Die Erfahrungen nutzen	17
FMEA Projekte führen	18
Voraussetzungen zur erfolgreichen Durchführung.....	19
Die richtige Arbeitsgruppe zusammenstellen	20
Die Anforderungen an die Mitglieder	21
Die Anforderungen an den Moderator	21
Die Arbeitssitzungen vorbereiten	22
Die Projektphasen.....	23
Den Projektablauf optimieren	24
Die Übersicht bewahren	25
Das Projekt managen.....	26
Risiken von der Planung bis in die Produktion	27
Die Meilensteine im Projektmanagement.....	29
Die FMEA-Voranalyse	36
Ziel: Die kritischen Pfade erkennen.....	37
Kundenforderungen und Probleme berücksichtigen	38
Die Analysewerkzeuge.....	39
Die Strukturanalyse	40
Die Kundenanforderungen ermitteln	41
Die Anforderungen nach dem Kano-Modell	42
Die Anforderungen gewichten	43
Die Anforderungen zuordnen	44
Die potenziellen Probleme ermitteln.....	45
Beispiele für potenzielle Probleme	46

Die Problembereiche richtig zuordnen	47
Die kritischen Elemente bestimmen	48
Die FMEA-Analyse	49
Die Analyse in der Übersicht	50
Die Qualitätsanforderungen festlegen	51
Die Arbeitsschritte der System-FMEA Produkt.....	52
Die Arbeitsschritte der System-FMEA Prozess	54
Das FMEA-Formblatt	56
Tipps zur erfolgreichen Bearbeitung	56
Risiken quantifizieren	59
Einheitliche Bewertungsskalen einsetzen	60
Bewertungskatalog verwenden	61
Risikoprioritätszahl berechnen	62
Welche Werte sind überhaupt möglich?.....	63
Abstellmaßnahmen erarbeiten	64
Maßnahmen bewerten und auswählen	65
Verantwortung und Termine festlegen	66
Bewerten der FMEA	67
Bewerten anhand einer Strukturbetrachtung.....	68
Bewerten anhand der Risikozahlen.....	69
Beispiele	70
Beispiel Konstruktions-FMEA.....	71
Beispiel Prozess-FMEA	76
Nützliches im Anhang.....	81
Bewertungskataloge nach VDA Band 4 Teil 2.....	82
FMEA-Formblatt nach VDA Band 4 Teil 2.....	86
Maßnahmenverfolgung nach VDA Band 4 Teil 2	87
FMEA-Formblatt nach QS-9000.....	88
FMEA Software	89

Mit FMEA Qualität planen und verbessern

Die Methoden im qualitätskritischen Pfad



In jedem anspruchsvollen Projekt befinden sich qualitätskritische Pfade. So kann zum Beispiel eine neue innovative Funktion mit der man seine Produkte von den Wettbewerber differenzieren möchte, ein kritischer Pfad sein, der von der Planung bis in die Realisierung hinein reicht. Gelingt die Realisierung, wird das neue Produkt ein Durchbruch (Breakthrough), gelingt es nicht, ein Flopp. Die Amerikaner nennen solche kritischen Pfade auch "Bottlenecks", deren Beherrschung im Entwicklungsprozess das "Bottleneck Engineering" (BNE) oder auch "Breakthrough Engineering".

Entlang der kritischen Pfade lohnt es sich, besonders methodisch und sorgfältig vorzugehen. QFD und andere Methoden bieten wichtige Werkzeuge für qualitätsorientierte Ingenieure und Entwickler.

- QFD: Anforderungen der Kunden in ein im Wettbewerb erfolgreiches Produkt oder Dienstleistung übersetzen (Quality Function Deployment)
- FMEA: Risikoanalyse hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen (Failure Mode and Effects Analysis)
- DOE: Produkte und Prozesse systematisch optimieren und robust gestalten (Design of Experiments)
- SPC: Prozesse produktiver machen durch statistische Methoden (Statistical Process Control)

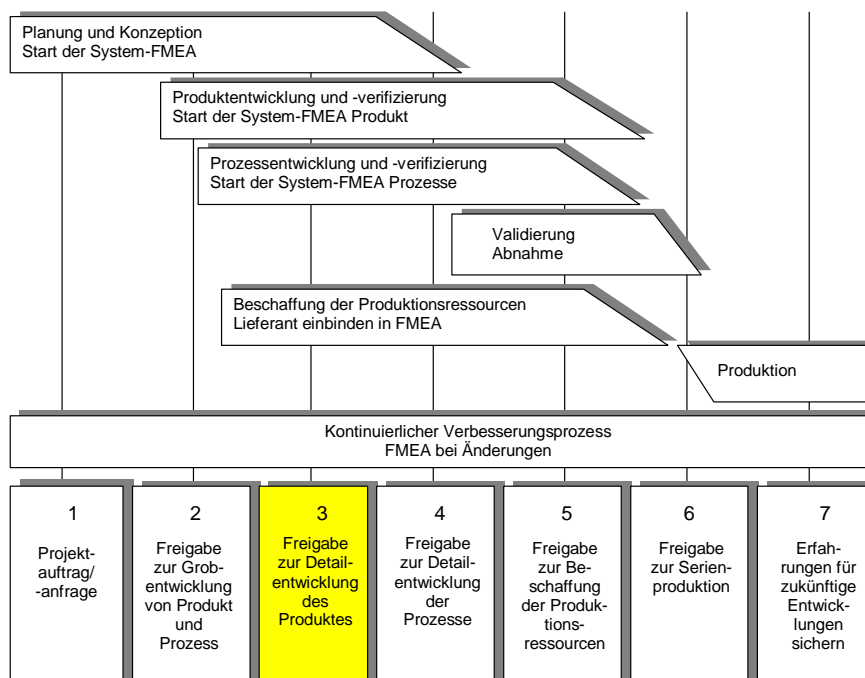
FMEA Projekte führen

Voraussetzungen zur erfolgreichen Durchführung

Im Unternehmen sind persönliche, organisatorische und technische Bedingungen für eine erfolgreiche FMEA-Durchführung zu erfüllen. Es sind folgende Punkte zu gewährleisten:

- Die FMEA muss von der Unternehmensleitung gewollt sein und von ihr unterstützt und gefordert werden. Das heißt, die FMEA muss ein Bestandteil des Qualitätsmanagements sein.
- Bei der Durchführung der FMEA im Unternehmen muss darauf geachtet werden, dass die FMEA in den alltäglichen Arbeitsablauf der betroffenen Bereiche integriert wird. Die FMEA darf nicht als Zusatzarbeit oder Mehrarbeit nebenher geführt und verstanden werden.
- Die FMEA muss verstanden werden. Das heißt, dass durch geeignete Schulung und Weiterbildungskurse der Gruppenmitglieder die Grundlagen der Methodik erklärt und erläutert werden. Somit wird ein zusätzlicher Austausch von Informationen und Erfahrungen über die Anwendung und die Weiterentwicklung vermittelt. Dieses Wissen kann nun im Unternehmen nutzbringend genutzt werden.
- Die richtige Vorbereitung und terminliche Einbindung des Projektes sind Voraussetzungen, um Nutzen aus der FMEA ziehen zu können.
- Die Mitarbeit von aufgeschlossenen Fachleuten muss bei speziellen Problemen ermöglicht werden. Nur so kann Fachwissen gezielt eingebracht, dokumentiert und genutzt werden.
- Eine gute Zusammenarbeit in der Gruppe ist von grundlegender Bedeutung.
- Der Benennung von geeigneten Moderatoren kommt eine entscheidende Rolle zu.

Meilenstein 3: Freigabe der Detailentwicklung



Bei Meilenstein 3 wird die System-FMEA Produkt und, je nach Terminplan, auch die System-FMEA Prozess gestartet. Folgende Aktionen, Informationen oder Tätigkeiten unterstützen die System-FMEA Produkt:

- System-FMEA
- Pflichtenheft
- spezielle Produkt- und Prozessmerkmale
- technische Zeichnungen
- Materialspezifikationen
- sonstige Spezifikationen
- Änderungen an Zeichnungen oder Spezifikationen
- eingekaufte Entwicklungsleistungen
- benötigte neue Ausrüstungen, Werkzeuge und Einrichtungen
- besondere Anforderungen an die Messmittel
- Ergebnisse von Design Reviews
- Produkt verifizieren
- QM-Plan/Control Plan für den Prototypen
- Information des Managements und Freigabe der nächsten Phase

System-FMEA Produkt: Beispiel Airbag

- Funktionen:**
(Kunden anforderungen)
- 1 - Sicherheit im Ruhezustand
 - 2 - Aufblasgeschwindigkeit
 - 3 - auslösen nach definiertem Schock
 - 4 - keine herumfliegenden Teile
 - 5 - halten der Füllung über bestimmte Zeit

- Baugruppen Komponenten:**
- 1 - Gehäuse vormontiert
 - 2 - Abdeckung
 - 3 - Schaltteil komplett
 - 4 - flexible Verdrahtung
 - 5 - Trägheitsschalter
 - 6 - Ausblasventil
 - 7 - Treibsatz
 - 8 - Airbag

Funktionen/
Baugruppen-
Matrix

	Baugruppen/Komponenten							
Funktion	1	2	3	4	5	6	7	8
1			X	X	X			
2				X	X	X	X	X
3				X	X			
4	X	X		X		X		X
5				X			X	X

	Funktion	Spezifikation
Treibsatz	<ul style="list-style-type: none"> • Gas generieren • Halten der Füllung über eine bestimmte Zeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen pro Zeit • Maximalvolumen • Haltezeit

Projekt: Benennung Sach-Nr.:		Konstruktions-FMEA							Bereitgestellt:			
Treibersatz		Referenzdokument:							Bearbeiter:	Begonnen:	Abgeschlossen:	
Nr.	Komponente Prozess	Funktion Zweck	Mögliche Fehler	Fehler- auswirkung	B	Fehlerursache	A	Fehlerent- deckung	E	RPZ	Maßnahmen	Verant- wortung
1	Gehäuse Zündverstärker	Halten in SE	Hält nicht	Zündabstand zu Detonator zu groß, keine Funktion	8	Anzugsmoment bei der Montage zu gering bzw. vergessen	5		10	400	anderes Verbindungs- prinzip suchen	Köhle
		Aufnahme Press- ling gedreht, Plan- fläche Zündein- gang muss an- liegen (D = 9mm)	Planfläche liegt nicht an	Zündabstand zu Detonator zu groß, keine Funktion	8	Maß 14,75 zu groß	5		10	400	Zündkette auf maximale Spaltgrößen überprüfen	Eiche
2	Sprengstoff- Pressling Zündverstärker	Detonation einleiten, Treib- satz zünden	Wirkung zu gering	keine Funktion	8	Pressling bei Montage nicht genügend weit vorgeschoben	2	Güteprüfung	6	96		
			Wirkung zu groß	Airbag füllt sich zu schnell, Sicherheits- problem	10	Maß 14,8 zu kurz falscher Sprengstoff verwendet	3	100% Prüfung	5	120	WE-Prüfung durchführen	Giger
							2	Losabnahme- prüfungen	2	40		

Beispiel Prozess-FMEA

Versand von Kontoauszügen

- Kundenforderungen:**
- 1 - vertraulich
 - 2 - sauber
 - 3 - unbeschädigt
 - 4 - seine eigenen
 - 5 - Inhalt richtig
 - 6 - vollständig
 - 7 - termingerecht

Paarweiser Vergleich

		Bewertung der Kundenanforderungen							Summe	Faktor f (gewählt)
		1	2	3	4	5	6	7		
		vertraulich	sauber	unbeschädigt	seine eigenen	Inhalt richtig	vollständig	termingerecht		
1	vertraulich		2	2	1	2	0	0	7	10
2	sauber	0		0	2	2	2	1	7	10
3	unbeschädigt	0	2		2	0	0	0	4	5
4	seine eigenen	1	0	0		2	1	2	6	8
5	Inhalt richtig	0	0	2	0		2	2	6	9
6	vollständig	2	0	2	1	0		1	6	8
7	termingerecht	2	1	2	0	0	1		6	9

2 wichtiger 1 gleich wichtig 0 weniger wichtig

Prozess:
 Prozessschritte:

Kundenorientierung	Baugruppen											Faktor f	Maximum	
	potenzielle Kundenanforderungen	Selektion	Druck	stapeln	lesen, schneiden	gruppieren	Beilage	couvertieren	bandolieren	speditieren				
vertraulich	2	0	0	1	0	0	2	0	0				10	20
sauber	0	2	1	0	0	0	1	0	0				10	20
unbeschädigt	0	0	1	1	1	1	1	1	1				5	10
seine eigenen	2	0	0	1	0	0	1	0	0				8	16
Inhalt richtig	2	0	0	0	0	0	0	0	0				9	18
vollständig	2	1	1	1	1	1	2	0	0				8	16
termingerecht	0	1	1	0	0	0	0	2	2				9	18
Bedeutung Kunde	70	37	32	31	13	13	59	23	23					118
Prozentwert (%)	59	31	27	26	11	11	50	19	19					100%

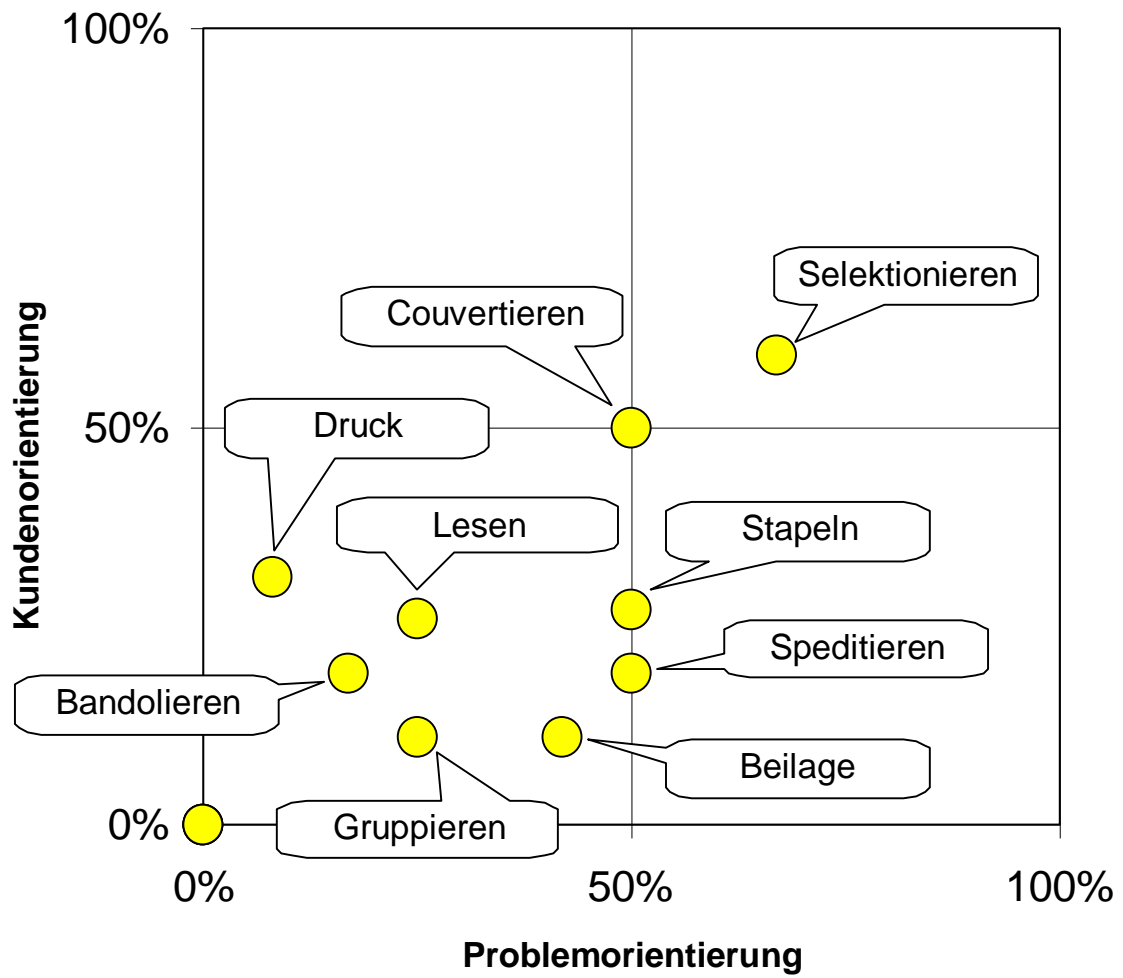
- 2 ... starker Zusammenhang
- 1 ... geringer Zusammenhang
- 0 ... kein Zusammenhang

Prozess:
 Prozessschritte:

Problemorientierung potenzielle Problemursachen	Komponenten/Prozessablauf										Maximum	
	Selektion	Druck	stapeln	lesen, schneiden	gruppieren	Beilage	couvertieren	bandolieren	speditieren			
Reklamationen	0	1	0	0	0	1	2	0	1			2
Entwicklung	2	0	2	1	1	1	2	1	2			2
Verfahren	2	0	0	0	1	0	1	1	1			2
Problemteile	0	0	2	10	0	1	0	0	0			2
neue Einsatzgebiete	2	0	0	0	1	0	0	0	2			2
Zulieferrisiko	2	0	2	1	0	2	1	0	0			2
Summe	8	1	6	3	3	5	6	2	6			12
Prozentwert (%)	67	8	50	25	25	42	50	17	50			100%

- 2 ... starker Zusammenhang
- 1 ... geringer Zusammenhang
- 0 ... kein Zusammenhang

Portfolio



Projekt: Benennung: Sach-Nr.:		Prozess-FMEA							Bearbeiter: Begonnen: Abgeschlossen:				
Drucken von Bankkontoauszügen		Referenzdokument:											
Nr	Komponente Prozess	Funktion Zweck	mögliche Fehler	Fehler- auswirkung	B	Fehlerursache	Fehlerver- meidung	A	Fehlerent- deckung	E	RPZ	Maßnahmen	Verantw.
1	Drucken von Kontoaus- zügen	Drucken, Daten übertragen, lesbar, farbig, sauber, unbeschädigt, saubere Übergabe	Daten werden nicht übertragen	Blankopapier, Störung der Produktion	3	kein Toner im Drucker	Fehlermeldung am Printer	2	Nachver- arbeitung	1	6		
					3	leeres File	Input-Validierung	4		1	12		
					3	Hardware Störung Drucker z. B. Laser, Trommel	regelmäßige Wartung	6		1	18		
			Daten werden falsch übertragen	fehlerhafte Auszüge	10	Softwarestörung (falscher Font)		5	visuelle Stichprobe	10	500	Simulation der Funktionen	D. Eiche
			falsche Sprache wird verwendet	Auszüge nicht lesbar	10	falsche File- Struktur		10		8	800	Simulation der Funktionen	D. Eiche
			Druck verschmutzt	Kunde verärgert, Neuerstellung notwendig	6	falscher Sprachcode verwendet		5	visuelle Stichprobe	10	150	keine weiteren Maßnahmen sinnvoll	
					6	Gerät durch ungenügende Wartung verschmutzt	Wartung	3	visuelle Stichprobe	9	162	keine weiteren Maßnahmen sinnvoll	
				fehlerhafte Zustellung, weil Adresse falsch gelesen wird	6	Papier verschmutzt	Kontrolle beim Papierwechsel	2	visuelle Stichprobe	9	108		
					8	Gerät verschmutzt durch ungenügende Wartung	Wartung	3	visuelle Stichprobe	9	216	Maßnahmen mit Post erarbeiten	B. Giger