



Die FMEA

Erfolgsfaktor einer risikobasierten Instandhaltung

Referent:

Dipl.-Ing. Andreas Theis

Kontakt

**Institut für Instandhaltung und
Korrosionsschutztechnik IFINKOR gGmbH
Institut an der Fachhochschule Südwestfalen
Kalkofen 4
58638 Iserlohn**

Tel.: 02371-9597-18

Fax: 02371-53133

Mail: Andreas.Theis@ifinkor.de

Web: www.ifinkor.de

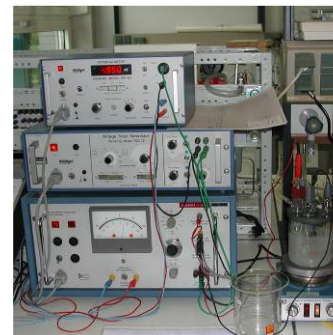


Kompetenzen IFINKOR

Instandhaltung



Sensorik



Korrosionsschutz

- Korrosionsuntersuchungen
- Schadensanalysen
- Technische Risikoanalyse
- Netzwerke, Arbeitskreise
- Drittmittelprojekte

Qualifizierung

- Instandhaltungsmanagement
- Instandhaltungsscheck
- Internationale Aktivitäten
- Qualifizierung
- Forschung und Entwicklung



Inhalte der Präsentation

- **Entwicklung, Methoden und Abläufe der FMEA**
- **Einsatzmöglichkeiten der FMEA in der Instandhaltung**
- **Erweiterung zur Technischen Risikoanalyse für den Instandhalter**
- **Die Technische Risikoanalyse bei der Eibach GmbH (Finnentrop) und MeadWestvaco Calmar (Hemer)**



Definition FMEA

F M E A

Fehler- **M**öglichkeiten- und **E**influss- **A**nalyse

Failure **M**ode and **E**ffects **A**nalysis

Die FMEA ist eine vorausschauende Analyse
zur präventiven Qualitätssicherung.



Je früher ein Fehler erkannt wird, desto größer
ist der Nutzen.



Entwicklung der FMEA

- **USA Armee 1949 MIL-P-1629 - Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA)**
- **Luft- und Raumfahrt, Apollo-Projekt (60er Jahre)**
- **1980 - Normung unter dem Begriff "Ausfalleffektanalyse" (DIN 25448)**
- **Anfang der 80er Anwendung im Bereich der Automobilindustrie (Ford)**
- **Seit 1996 von VDA übernommen und verbessert**
- **DIN EN 60812:2006-11: Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen - Verfahren für die Fehlzustandsart- und auswirkungsanalyse (FMEA)**



Ziele der FMEA

- **Frühzeitiges Erkennen von denkbaren Fehlerpotenzialen**
- **Risikominimierung durch frühzeitige Gegenmaßnahmen**
- **Bessere Zusammenarbeit zwischen den Organisationseinheiten**
- **Erfahrungswissen durch verbesserte Dokumentation**
- **Verbesserung der Qualität, Sicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten**
- **Störungsarme Serienanläufe**
- **Geringere Garantie- und Kulanzkosten**
- **Kürzere Entwicklungszeiten**
- **Wirtschaftlichere Fertigung**
- **Höhere Kundenzufriedenheit und besseres Firmenimage**



Arten der FMEA

System-FMEA

In einer sehr frühen Produktplanungsphase werden Überlegungen zum Gesamtrisiko, wie Marktanteile, Kostenbeherrschung, Make or Buy, Sicherheit, Werbe- und Vertriebsstrategien oder Fragen der Umweltverträglichkeit gestellt.

Design-FMEA

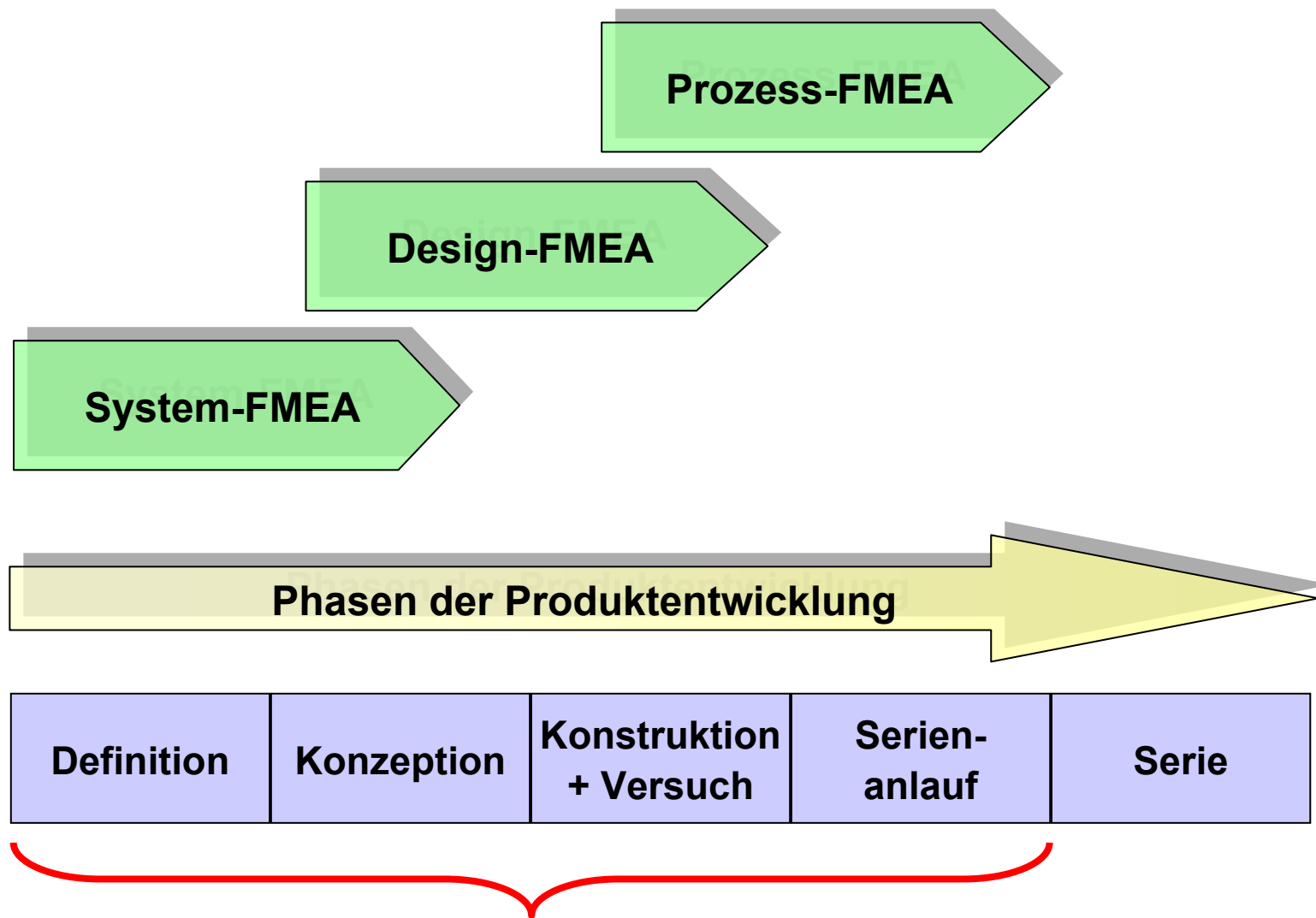
Der konkrete Produktentwurf wird, bevor er in der Detailkonstruktion weiterbearbeitet wird, von Fachleuten der Konstruktion, der Produktion, des Verkaufs, des Kundendienstes und der Qualitätsstelle auf Herstellrisiken, Prüfrisiken oder Materialrisiken untersucht.

Prozess-FMEA

Bevor die Einzelteile und Baugruppen in die Produktion und Montage gehen, untersucht ein Team von Fachleuten die Realisierungsrisiken und legt fest, welche prozessbegleitenden Maßnahmen zur besseren Beherrschung notwendig werden.



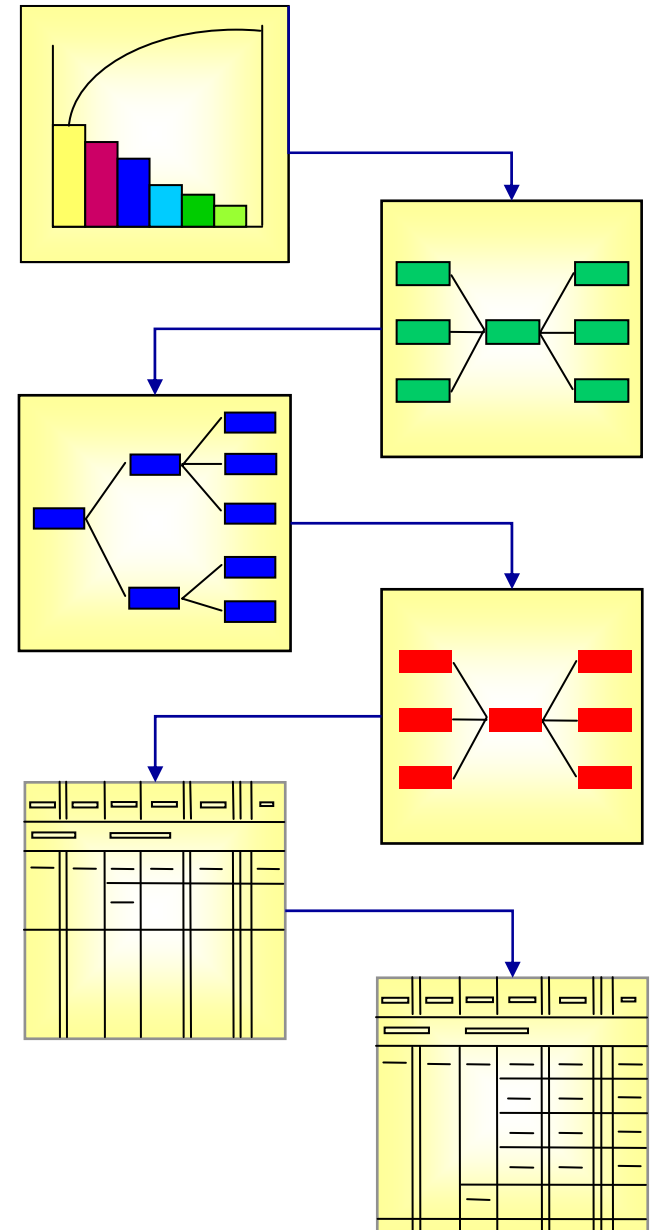
Einsatzmöglichkeiten der FMEA



85 % aller Fehler treten hier auf!

Phasen der FMEA

- Vorbereitung
- FMEA-Team auswählen
- Systemelemente und Strukturen definieren und analysieren
- Funktionen und Funktionsstrukturen beschreiben
- Fehleranalyse durchführen
- Risikobewertung durchführen
- Optimierung veranlassen





Prinzipieller Ablauf der Risikobewertung

- Unter Benutzung eines FMEA-Formblattes werden potentielle Fehler und deren jeweilige Ursachen ermittelt sowie mögliche Folgen abgeschätzt
- Es gibt drei Bewertungskriterien, denen jeweils einen Zahlenwert zwischen 1 und 10 zugeordnet wird:
 - A = Auftreten**
Mit welcher Wahrscheinlichkeit tritt der Fehler in Verbindung mit der Ursache auf?
 - B = Bedeutung**
Welche Bedeutung hat die Folge des potenziellen Fehlers?
 - E = Entdeckung**
Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird der Fehler erkannt?
- Je höher der Zahlenwert, desto kritischer ist der Fehler



Risikoprioritätszahl (RPZ)

- Risikoprioritätszahl $RPZ = A \times B \times E$ ($1 \leq RPZ \leq 1000$)
- In der Praxis haben sich folgende Grenzen für die Risikoprioritätszahl als Richtwerte für Maßnahmen bewährt :

$$RPZ < 50$$

Risiko gering, keine Abstellmaßnahme erforderlich

$$50 < RPZ < 200$$

mittlere Risikolage, genauere Untersuchung nötig
und Entscheidung über Vorgehen im Team

$$200 < RPZ$$

hohes Risiko, Abstellmaßnahmen erforderlich



Beispiel für Bewertungskriterien

Bedeutung (Auswirkung) des Fehlers			
Nr.	Allgemeine Bewertungskriterien	Punkte	Unternehmensspezifische Beispiele
1	Es ist unwahrscheinlich, das der Fehler irgend eine wahrnehmbare Auswirkung haben könnte. Der Fehler ist nur erkennbar, wenn die fehlerhaften Stellen unmittelbar mit fehlerfreien Stellen vergleichbar sind.	1	Die Farbabweichung ist nur feststellbar, wenn ein fehlerhaftes Stoffmuster unmittelbar neben ein fehlerfreies gehalten wird.
2	Der Fehler ist unbedeutend, der Kunde wird nur geringfügig belästigt. Nur bei genauem Hinsehen oder einem bestimmten Blickwinkel ist der Fehler erkennbar.	2 - 3	Der Fehler ist nur feststellbar, wenn der Lack in einem bestimmten Winkel und / oder einer bestimmten Beleuchtung betrachtet wird.
3	Der Fehler ist mittelschwer und wird Unzufriedenheit beim Kunden auslösen. Der Fehler ist offensichtlich erkennbar und stört das Erscheinungsbild.	4 - 6	Der Lack zeigt aus jedem Blickwinkel eine unruhige Oberfläche.
4	Der Fehler ist schwerwiegend und wird Verärgerung beim Kunden auslösen. Ein Mensch wird leicht verletzt oder es entsteht ein nicht unbedeutender wirtschaftlicher Schaden.	7 - 8	Bei der Montage kann der Ring abrutschen und ein Mensch sich leicht verletzen. Die Montage muß unterbrochen werden, es kann zu einem kurzzeitigen Montagestop kommen.
5	Der Fehler ist so schwerwiegend, daß die Schadensfolgen den Menschen betreffen können. Ein Mensch kann zu Tode kommen, schwer verletzt werden oder es entsteht ein hoher wirtschaftlicher Schaden.	9 - 10	Mit Auftreten des Fehlers kann die Funktion versagen und ein Mensch getötet oder schwer verletzt werden. Eine Montage muß abgebrochen werden, es kommt zu einem Bandstillstand mit hohem wirtschaftlichen Schaden.



Nutzen der FMEA

- **Risiken in Systemen, Produkten und Prozessen können abgeschätzt und aufgezeigt werden**
- **Potenzielle Fehler werden frühzeitig erkannt und bewertet**
- **Kostenintensive Nachbesserungen werden vermieden**
- **Eine systematische Vorgehensweise wird etabliert**
- **Optimierungsmaßnahmen werden festgelegt und umgesetzt**
- **Ergebnisse werden nachvollziehbar und transparent dokumentiert**
- **Wissenstransfer im Unternehmen wird abteilungsübergreifend gefördert**



Kritikpunkte der FMEA – aus Sicht des Instandhalters

- **Erheblicher Zeitaufwand für die Durchführung**
- **Risiken und Bedeutung sind nicht hinreichend genug aufgeschlüsselt**
- **Die Nutzungsphase im Produktlebenszyklus wird nicht betrachtet**
- **Einbeziehung von Umfeldbedingungen und Belastungen während des Betriebs fehlt**
- **Der Faktor "Mensch" wird nicht ausreichend berücksichtigt**
- **Unternehmensziele und Anforderungsprofile des Nutzers/Betreibers fließen kaum in die Betrachtung ein**



"Möglichkeitsspielraum" des Instandhalters

Ausfallanalyse?

Risikoanalyse?

FMEA?

Schwachstellenanalyse?



Fehlerbaumanalyse?

Schadensanalyse?

Gefährdungsanalyse?

...



Märkisches Netzwerk Instandhaltung

In 2002 gegründet durch



**Institut für Instandhaltung und
Korrosionsschutztechnik gGmbH**



**Gesellschaft für Arbeits-, Reorganisations-
und ökologische Wirtschaftsberatung mbH**



Effizienz-Agentur NRW

Die Effizienz-Agentur NRW



Mehr als 25 Unternehmen aus der Märkischen Region

- mit unterschiedlicher Betriebsgröße,
- aus unterschiedlichen Branchen,
- mit einem gemeinsamen Ziel:

Instandhaltung optimieren!



Anforderungen an die Technische Risikoanalyse (TRA)

- Erweiterung / Modifizierung der FMEA
- „Einfache“ Identifizierung von Schwachstellen
- Ermittlung von Ausfallursachen und Reduzierung von Ausfällen
- Beurteilung und Bewertung des Risikos eines Ausfalls
- Reduzierung des Aufwandes für Analysen
- Wirtschaftliche Bewertung der Optimierungsmaßnahmen
- Optimierung bzw. Erstellung von W+I-Plänen
- Steigerung der Verfügbarkeit technischer Systeme
- Optimierung des Ersatzteilwesens
- Ableitung (standardisierter) Optimierungsmaßnahmen
- Ableitung von Modernisierungs- und Verbesserungsmaßnahmen
- Einbeziehung der Mitarbeiter vor Ort

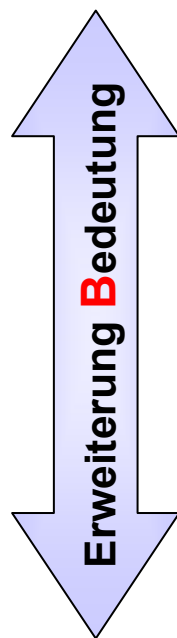
Definitionen im Netzwerk Instandhaltung

Risiko ist die Kombination der Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls mit den möglichen Auswirkungen im Sinne einer "**Worst-Case**" Betrachtung unter Berücksichtigung der **definierten Anforderungsprofile**.

Ein **Ausfall** liegt vor, wenn eines der **definierten Anforderungsprofile** an ein technisches System nicht erfüllt ist.

Dies können sein, Anforderungen an:

- die Funktionalität,
- die Instandhaltung,
- die Qualitätsfähigkeit,
- die Arbeitssicherheit,
- den Umweltschutz und
- die Wirtschaftlichkeit.



Ausfall \approx **Risiko**

Visualisierung von Risiken

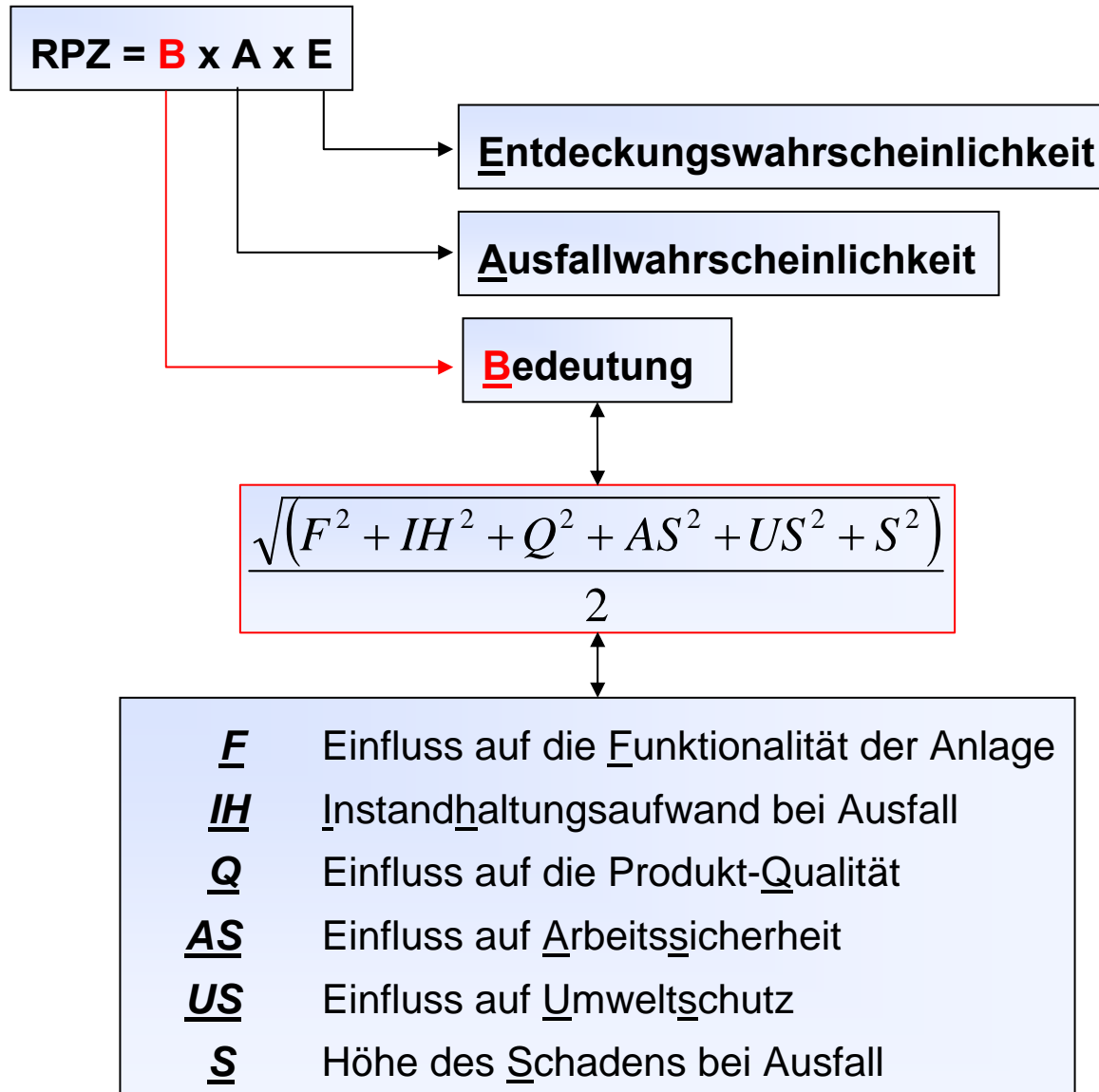


Visualisierung von Risiken





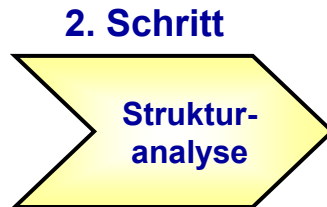
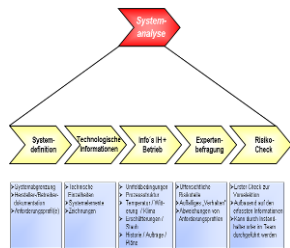
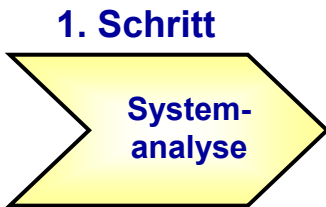
Berechnung der RPZ in der TRA





TRA – Technische Risikoanalyse für die Instandhaltung

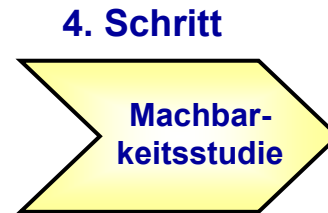
Nutzen - Profit



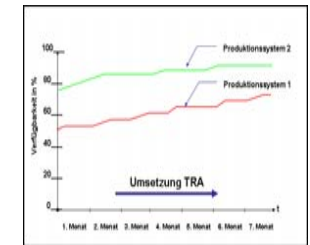
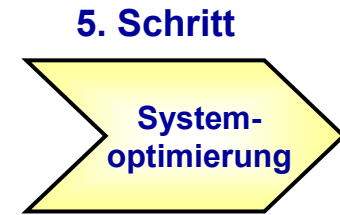
Pos.	Equipment	Bezugsgruppe	Ausfallbeschreibung	Ausfallfolge
1.1 Auftragsdienst				
A1.1	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.2	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.3	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.4	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.5	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.6	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.7	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.8	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.9	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
A1.10	Auftrag	Wartungsgruppe	Wartung	
1.2 Instandhaltung				
I1.1	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.2	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.3	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.4	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.5	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.6	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.7	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.8	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.9	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
I1.10	Instandhaltung	Wartungsgruppe	Wartung	
1.3 Sparte 1				
S1.1	Wartung	Wartungsgruppe	Wartung	
S1.2	Wartung	Wartungsgruppe	Wartung	
S1.3	Wartung	Wartungsgruppe	Wartung	
S1.4	Wartung	Wartungsgruppe	Wartung	
S1.5	Wartung	Wartungsgruppe	Wartung	



Bedeutung (B)										RPZ
E	A	F	IH	Q	AS	US	S			
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
1	1	2	3	3	3	2	2	3	3	3,81
5	3	2	3	3	2	3	3	3	3	49,75
3	3	2	4	2	1	1	2	2	2	24,65
1	3	2	4	2	1	1	1	1	1	10,38
3	4	3	3	3	1	1	2	2	2	34,47
1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	4,47
3	3	2	2	2	1	2	2	2	2	20,62
3	4	4	4	4	1	1	3	3	3	46,09
4	5	4	4	4	1	1	3	3	3	76,81
4	5	4	2	4	1	3	3	3	3	84,26



Bewertungskriterien	Variable 1			Variable 2			Variable 3		
	Zielreichung	Zielreichung	Zielreichung	Zielreichung	Zielreichung	Zielreichung	Zielreichung	Zielreichung	Zielreichung
Leistung	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Umweltverträglichkeit	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Wartung	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Qualität und Zuverlässigkeit	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%



Wer die Ursache nicht kennt, nennt die Wirkung Zufall!

Aufwand - Arbeitsschritte



Auszug Exel-Tool TRA

Technische Risikoanalyse (TRA) für die Instandhaltung

Prozessschritt	Beschreibung	Checkliste / Tool
Systemanalyse	<ul style="list-style-type: none"> System definieren und strukturieren 	<p><u>siehe Prozesse Systemanalyse</u></p> <pre> graph TD SA[Systemanalyse] --> SD[Systemdefinition] SA --> TI[Technische Informationen] SA --> ITB[Info in IT-Betrieb] SA --> EB[Experten befragung] SA --> RC[Risiko-Check] </pre>
	<ul style="list-style-type: none"> Informationen bereitstellen 	
	<ul style="list-style-type: none"> Risikocheck durchführen 	
	<ul style="list-style-type: none"> Risikoschwerpunkte bilden 	
Strukturanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Systemstruktur verfeinern 	<u>Anlagenstruktur</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Ausfallursachen/-folgen ergänzen 	<u>Ausfallfolgen</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Abnutzungsmechanismen ermitteln 	<u>Ausfallursachen</u>
Risikobewertung	<ul style="list-style-type: none"> Formblatt vervollständigen 	<u>Anlagenstruktur</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Risiken bewerten 	<u>Risikoanalyse</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Existierende Maßnahmen zur Risikominderung ermitteln 	<u>Einstufungen</u>
Machbarkeitsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Erforderliche Maßnahmen erarbeiten 	<u>Risikoanalyse</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Realisierungspotenziale bewerten 	<u>Machbarkeitsanalyse</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Optimierungsmaßnahmen auswählen 	<u>Armortisationsrechnung</u>
Systemoptimierung	<ul style="list-style-type: none"> Optimierungsmaßnahmen planen und umsetzen 	<u>Risikoanalyse</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserungen Controllen 	<u>Machbarkeitsanalyse</u>
	<ul style="list-style-type: none"> Feedbackschleife einrichten 	<u>Armortisationsrechnung</u>

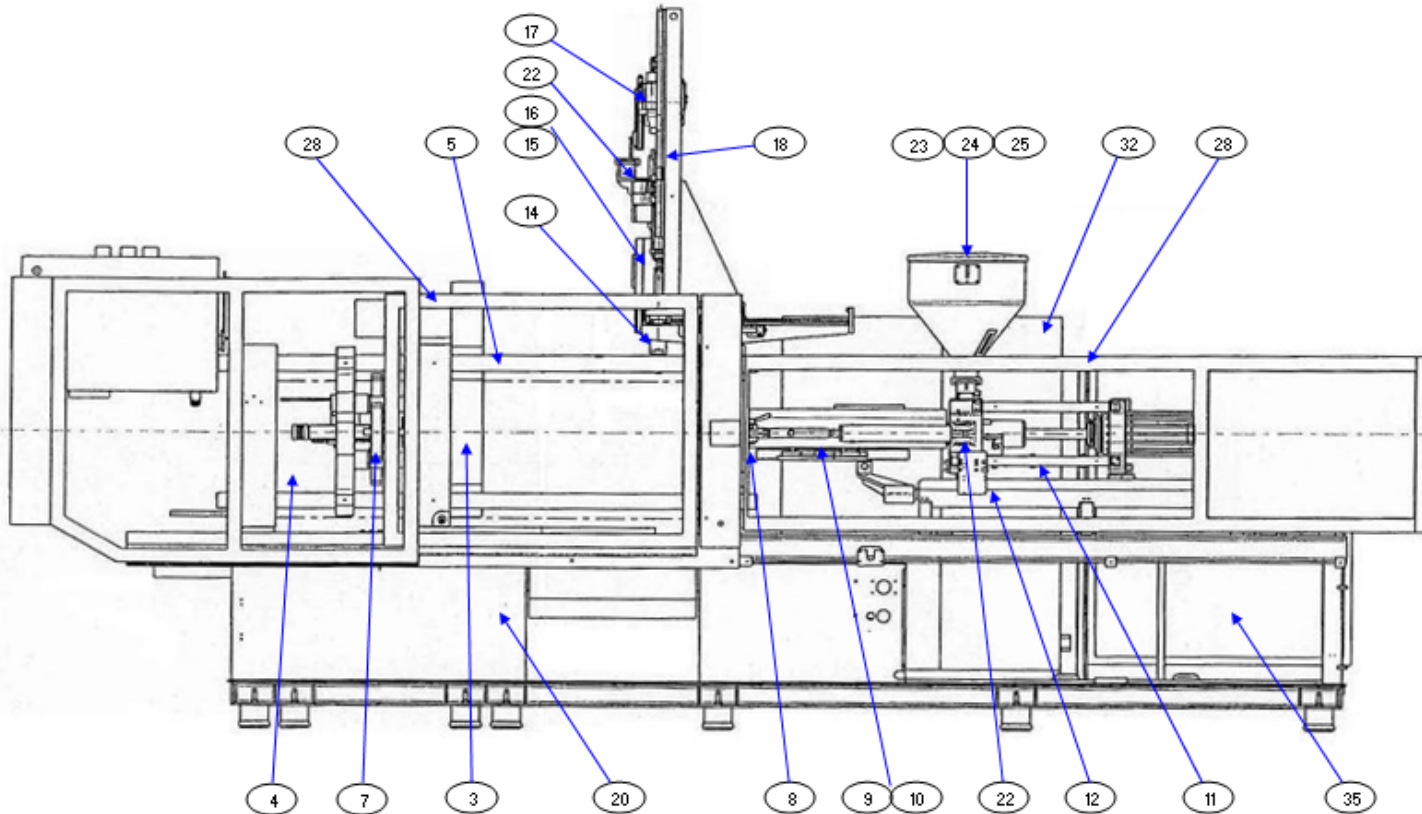


Auszug Exel-Tool TRA – Prozessschritt Systemanalyse

Prozessschritt	Beschreibung	Checkliste / Tool
Systemdefinition	<ul style="list-style-type: none">▪ System abgrenzen	Systembeschreibung
	<ul style="list-style-type: none">▪ Anlagenstruktur definieren	Anforderungsprofile
	<ul style="list-style-type: none">▪ Basisdaten ermitteln	Anlagenstruktur
Technologische Informationen	<ul style="list-style-type: none">▪ Hersteller-/Betreiberdokumentation zusammenstellen	Technologische Informationen
	<ul style="list-style-type: none">▪ Technische Einzelheiten klären	Informationen CE-Kennzeichnung
	<ul style="list-style-type: none">▪ Zeichnungen / Pläne aktualisieren	Kurzfassung Info-Bedarfe
Informationen Instandhaltung und Betrieb	<ul style="list-style-type: none">▪ Einbindung in Produktionsprozesse definieren	Informationen Betrieb und Instandhaltung
	<ul style="list-style-type: none">▪ Instandhaltungskosten analysieren	Direkte Instandhaltungskosten
	<ul style="list-style-type: none">▪ Historie / Aufträge / Pläne auswerten	Indirekte Instandhaltungskosten
Expertenbefragung	<ul style="list-style-type: none">▪ Offensichtliche Risikoteile identifizieren	Anlagenstruktur
	<ul style="list-style-type: none">▪ Optimierungspotenziale feststellen	Ausfallfolgen Ausfallursachen Expertenbefragung
Risiko-Check	<ul style="list-style-type: none">▪ Risikoreiche Systemelemente vorselektieren	Anlagenstruktur
	<ul style="list-style-type: none">▪ Risiko-Check durchführen	Risikoanalyse
	<ul style="list-style-type: none">▪ Schwerpunkte für Strukturanalyse bilden	Einstufungen

Aller Anfang ist schwer...

Maschinenname: SGM M2.13



Position	Strukturelemente
1	Werkzeug düsenseite
2	Werkzeug Auswerferseite
3	Dreheinheit
4	Hydraulik Schließseite
5	Führung Schließseite
6	Steuerung
7	Auswerfer
8	Düse K1
9	Schneckenrohr K1
10	Schnecke K1
11	Hydraulik K1
12	Führung K1
13	Steuerung K1
14	Düse K2
15	Schneckenrohr K2
16	Schnecke K2
17	Hydraulik K2
18	Führung K2
19	Steuerung K2
20	Werkzeugkühlung
21	Ölkühlung
22	Einzugszonekühlung
23	Dosierer
24	Abscheider
25	Mischer
26	Hardware
27	SPS-Steuerung
28	Schutzeinhausung
29	Heizungsregelung
30	Leistungselektrik
31	Steuerelektrik
32	E-Schrank
33	Wasserversorgung
34	Luftversorgung
35	Hydraulikölvorsorgung



...aber machbar!!!



Codierung	Ebene 1	Funktion(en)
FD1	Werkzeug düsenseite	Form Düsenseite
FA1	Werkzeug Auswerferseite	Form Auswerferseite
DR1	Dreheinheit	Drehen
WB1	Hydraulik Wkz	Werkzeug bewegen
WB2	Führung Wkz	Werkzeug bewegen
WB3	Steuerung	Werkzeug bewegen
TE1	Auswerfer	Teile entformen
K11	Düse K1	Einspritzen K1
K12	Schneckenrohr K1	Einspritzen K1
K13	Schnecke K1	Einspritzen K1
K14	Hydraulik K1	Einspritzen K1
K15	Führung K1	Einspritzen K1
K16	Steuerung K1	Einspritzen K1
K21	Düse K2	Einspritzen K2
K22	Schneckenrohr K2	Einspritzen K2
K23	Schnecke K2	Einspritzen K2
K24	Hydraulik K2	Einspritzen K2
K25	Führung K2	Einspritzen K2
K26	Steuerung K2	Einspritzen K2
WK1	Werkzeugkühlung	Werkzeug kühlen
ÖK1	Ölkühlung	Öl kühlen
EK1	Einzugszonekühlung	Einzugszone kühlen
RV1	Dosierer	Rohmaterial versorgen

Codierung	Ebene 1	Ebene 2	Funktion(en)
FD1	Werkzeug düsenseite		
FA1	Werkzeug Auswerferseite		
DR11	Dreheinheit	Drehteller	Werkzeug halten
DR12		Lagerung	Dreheinheit führen
DR13		Fixierung	Dreheinheit fixieren
DR14		Getriebe	Dreheinheit drehen
DR15		Motor	Dreheinheit drehen
DR16		Leistungsansteuerung	Dreheinheit steuern
DR17		Regelung	Dreheinheit regeln

Funktion	Unterfunktion	Teile (Eb 1)	Teile (Eb 2)	Teile (Eb 3)	
Form geben	Form düsenseite	Werkzeug düsenseite			
	Form Auswerferseite	Werkzeug Auswerferseite			
	Drehen	Dreheinheit		Drehteller	
				Lagerung	
				Fixierung	
				Getriebe	
				Motor	
				Leistungsansteuerung	
	Werkzeug bewegen	Hydraulik		Zylinder	Proportionale Wegeventil
				Verrohrung	
				Leiste	
				Holme	
	Werkzeug bewegen	Führung		Wegmessung	
				Ventilansteuerung	
				Steuerung	
Teile entformen	Auswerfer		Zylinder	Proportionale Wegeventil	
			Wegmessung		
			Ventilansteuerung		



Checklisten - Beispiel

Nr.	Anforderungsprofil	Link	Kriterien (Beispiele)	Erforderlich?		Vorhanden?		Angaben zu den Kriterien (z. B. Beschreibung, Kennzahl, Grenzwert etc.)	Bewertung					
				Ja	Nein	Ja	Nein		sehr schlecht...	mittel	...sehr gut			
									--	-	o	+	++	
1	Funktionalität		Gesetzliche Auflagen, Normen, Vorschriften, Bestimmungen, Richtlinien etc.		x		x							
			Produktionsausstoß	x		x		deformierte Teile werden per Hand aussortiert	x					
			Fertigungspläne	x			x	Datenblatt mit Programmauflistung		x				
			Schichtbetrieb		x		x	Einschichtbetrieb			x			
			Fertigungsverfahren	x		x		Oberflächenverfestigung					x	
			Umrüstbarkeit		x		x							
			Wochenlaufzeit	x		x		Ersatzteillager (WZB)					x	
			Zuverlässigkeit	x		x		regelmäßige Strahlanlagenkontrolle						x
			Einsatzorte		x		x							
			Einsatzbedingungen		x		x							
2	Instandhaltung		Gesetzliche Auflagen, Normen, Vorschriften, Bestimmungen, Richtlinien etc.		x		x	Bestandsschutz?	x					
			Ersatzteilkosten	x		x		in EDV					x	
			Lebensdauer	x		x		in VIP			x			
			Anlagenberichte/-toleranzmessungen	x		x		in VIP						
			Kennzahlen (MTBF, MTTR etc.)		x		x							
			Zugänglichkeit	x		x								
			Instandhaltbarkeit	x			x						x	
			Verfügbarkeit	x			x							



Praxisbeispiel TRA



Codierung	Ebene 1	Ausfallbeschreibung	Ausfallfolge ?	Ausfallursache ?	E ?	A ?	Bedeutung (B)						RPZ ?
							F ?	IH ?	O ?	AS ?	US ?	S ?	
							DR1	Dreheinheit	keine Drehung	Produktionsausfall	Lagerung defekt	3	
				Motor defekt	1	2	5	2	1	1	1	3	6,40
				Getriebe defekt	3	2	5	4	1	1	1	3	21,84
				Leistungsansteuerung defekt	1	1	5	2	1	1	1	3	3,20
		ungenau Positionierung	Qualitätsminderung	Verriegelungsblock abgearbeitet	3	2	1	3	5	1	1	3	20,35
WB1	Hydraulik Schließseite	Leckage	Ölverlust, Verschmutzung der Maschine	Schließzylinder	2	2	2	3	1	5	3	3	15,10
		Schließdruck nicht ausreichend	Produktionsminderung	Speicherabsperrventil defekt, diverser Ventile, Kabelbruch,...	3	4	4	3	1	1	1	3	36,50



Existierende Maßnahmen ¹ zur Minimierung des Ausfallrisikos	Erforderliche Maßnahmen ¹ zur Minimierung des Ausfallrisikos	Realisierung möglich?			Termin	Verantwortlich
		technisch	organisatorisch	wirtschaftlich		
	Ersatzteile bevorraten regelmäßige Wartung	ja	ja			
Ersatzmotor bevorraten	Kennzeichnung "Motor ausschalten vor auszustecken"	ja	ja		KW 50	EW
	Detailliertere Betrachtung (Ebene 2) des motors		ja		KW 49	EW
	Getriebe als Ersatz bevorraten	ja	ja	?	KW 50	KG
Kontroll bei normale Wartung	Beschaffungszeit von Ersatzteile?		ja	?	KW 49	EW
	Detailliertere Betrachtung (Ebene 2)		ja		KW 49	EW
	detailliertere Betrachtung (Ebene 2)		ja			



Bewertungskriterien - Beispiel



Bewertung der Auftretenswahrscheinlichkeit

A		Auftrittswahrscheinlichkeit	Mögliche Kriterien
Bewertung	Beschreibung		
1	sehr gering	Auftreten des Ausfalls ist unwahrscheinlich	<input type="checkbox"/> Keine Informationen über derartige Ausfälle <input type="checkbox"/> > 10 Jahre <input type="checkbox"/> spezifische Grenzwerte
2	gering	Der Ausfall tritt nur äußerst selten oder unter bestimmten Umständen auf	<input type="checkbox"/> 5 - 10 Jahre <input type="checkbox"/> Gegen Ende der Nutzungsdauer eines Objektes <input type="checkbox"/> spezifische Grenzwerte
3	durchschnittlich	Der Ausfall tritt gelegentlich / sporadisch auf	<input type="checkbox"/> 2 - 5 Jahre <input type="checkbox"/> Änderung der Nutzungsbedingungen/Belastungsänderung <input type="checkbox"/> spezifische Grenzwerte
4	hoch	Der Ausfall tritt wiederholt, aber unregelmäßig auf	<input type="checkbox"/> 1-2 Jahre <input type="checkbox"/> spezifische Grenzwerte
5	sehr hoch	Der Ausfall tritt häufig und regelmäßig auf	<input type="checkbox"/> < 1 Jahr <input type="checkbox"/> alle 6-8 Wochen <input type="checkbox"/> Unter bestimmten Nutzungsbedingungen (Fehlbedienung, Verträglichkeiten)



Bewertungskriterien - Beispiel

Auswirkungen auf die Instandhaltung

IH		Auswirkungen auf die Instandhaltung	Spezifische Kriterien
Bewertung	Beschreibung		
1	sehr gering	Keine Maßnahmen oder nur einfache Wartungstätigkeiten erforderlich; kein Produktionsausfall	□ Ausfallzeit < 2 Stunden
2	gering	Inspektion / oder Wartung erforderlich; kein Produktionsausfall	□ Ausfallzeit < 2 Tage
3	mittelschwer	Inspektion und ggf. Instandsetzung erforderlich; Maßnahmen können ohne nennenswerten Stillstand durchgeführt werden	□ Ausfallzeit < 1 Woche
4	schwer	Instandsetzung erforderlich; Anlage muß kurzzeitig außer Betrieb genommen werden; Weitere Analysen und Maßnahmen erforderlich	□ Ausfallzeit > 1-2 Wochen
5	sehr schwer	Umfangreiche Instandsetzung erforderlich; Anlage muss für längeren Zeitraum außer Betrieb genommen werden; Weitere Analysen und Maßnahmen erforderlich	□ Ausfallzeit > 2 Wochen



Auszug Excel-Tool TRA

Nr	Ausfallursachen	Beispiele	Mögliche Optimierungsmaßnahmen
1	Konstruktionsfehler	Fehlerhafte Dimensionierung von Bauteilen, Bearbeitungsfehler, Montagefehler, Materialfehler	Pflichtenheft, detaillierte und vollständige Abnahme, Anforderung der vollständigen Konstruktionsunterlagen
2	Maschineneinrichtung	Ungenaues Justieren der Werkzeuge, falsche Werkzeuge, Fehler bei der Umrüstung	Unterweisung und Schulung der Mitarbeiter, Erstellen von Verfahrens- und/oder Arbeitsanweisungen
3	Werkzeuge	Über- oder Unterschreitung der Maßtoleranzen, fehlerhafte Materialien	Qualitätskontrolle im Werkzeugbau im Bezug auf Maßhaltigkeit und Material, Lieferantenbewertung
4	Vormaterial	Von dem Soll-Zustand abweichende Werkstoffkennwerte und Maßtoleranzen, Lieferschwierigkeiten (intern und extern)	Prüfvorrichtungen, Werker selbstkontrolle, Materialeingangskontrolle, Analyse und Optimierung der logistischen Prozesse
5	Verschmutzung	Späne, Abfall, Öle, Fette	Erstellung und/oder Überarbeitung W+I-Pläne, Übertragung von einfachen W+I-Plänen auf Produktionspersonal, TPM
6	Umwelteinflüsse	Gase, Dämpfe, Klima	Abschirmung
7	Maschinenbedienung	Falsche Bedienung durch Personal	Arbeitsanweisungen, Weiterbildung, Poka Yoke
8	Externe Einflüsse	Kollision durch Stapler oder Kran	Technische Vorrichtungen zur Abschirmung, Arbeitsanweisungen
9	Änderung Nutzung	Maschinenüberlastung, übermäßige Belastung einzelner Baugruppen und Bauteile	Ausfallanalyse, Erstellung/Erweiterung W+I-Plan, konstruktive Veränderung (Re-Design, Downgrading)
10	Erhöhte Abnutzung	Alterung, Ermüdung, Kavitation, Korrosion, Kriechen, Mechanische Überlast, Reibung, Verschmutzung	Analyse Parameter Abnutzungsprozess, Schadensanalyse, Wartung, Inspektion und Instandsetzung, Sensorik
11	Folgeschäden	Beschädigte Führungsflächen, Ausschlagen von Wellen infolge Lagerschadens	Risikoanalyse, Ausfallanalyse, Schadensanalyse



Erweiterungsmöglichkeiten TRA



Code	Ebene 1	Ausfallbeschreibung	Ausfallfolge	Ausfallursache	Erkennung	Ergebnis TRA	Art des Bauteils		Instandsetzungsdauer	Austauschdauer	MTBF	Lebensdauer	Lieferzeit	Bauteilkosten	Redundanz	Lagerkosten					Total Alt+ F11
							Verschleißteil	Ersatzteil													
							?	?													
																					10,00
																					20,00
																					30,00
																					40,00
																					50,00

Bewertung Instandsetzungsdauer

Bewertung	Kriterien	
1	sehr gut	- Zeit < 10 min - kann durch geschulten Anlagenbediener durchgeführt werden
2	gut	- Zeit zwischen 10 und 20 min - kann von Instandhalter allein durchgeführt werden
3	mittel	- Zeit zwischen 20 und 30 min - kann von Instandhalter und Anlagenbediener durchgeführt werden
4	schlecht	- Zeit > 30 min - mind. 2 Mitarbeiter erforderlich
5	sehr schlecht	- Pumpen - E-Motoren

Bewertung der Austauschdauer

Bewertung	Mögliche Kriterien	
1	sehr gering	- Zeit < 10 min - kann durch geschulten Anlagenbediener durchgeführt werden
2	gering	- Zeit zwischen 10 und 20 min - kann von Instandhalter allein durchgeführt werden
3	durchschnittlich	- Zeit zwischen 20 und 30 min - kann von Instandhalter und Anlagenbediener durchgeführt werden
4	hoch	- Zeit zwischen 30 min und 2 h - mind. 2 Mitarbeiter erforderlich
5	sehr hoch	- Zeit > 2h



Praxisbeispiel TRA



Struktur EPS-Anlage

Pos.	Equipment	Baugruppe	Ausfallbeschreibung	Ausfallfolge	Ausfallursache	Erkennung	Existierende Maßnahmen zur Minimierung des Ausfallrisikos
K 1	Kettenförderer						
K 1.1		Antrieb	Antriebskette gerissen	Stillstand		Visuell	Sichtkontrolle
K 1.1		Antrieb	Motor Überlast	Stillstand		Visuell	Sichtkontrolle
K 1.1		Antrieb	Kupplung defekt	Stillstand		Visuell	Sichtkontrolle
K 1.2		Kette	Laufrollen gebrochen	Stillstand		Visuell	Sichtkontrolle
K 1.2		Kette	Antriebskette gerissen	Stillstand		Visuell	Sichtkontrolle
K 1.2		Kette	Kette rutscht durch	Stillstand		Visuell	Sichtkontrolle
K 1.3		Laufbahn	Flächen eingelaufen	Prod.ohne Einschr.		Visuell	Sichtkontrolle
K 1.4		Spannstation					
E 1	Entfettung						
E 1.1		Sprühpumpe	Motor überlastet	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	
E 1.1		Sprühpumpe	Lager defekt	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	
E 1.1		Sprühpumpe	Trockenlauf;	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	
E 1.2		Umwälzpumpe	Motor überlastet	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt•Temperatur sinkt	
E 1.2		Umwälzpumpe	Lager defekt	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt•Temperatur sinkt	
E 1.2		Umwälzpumpe	Trockenlauf	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt•Temperatur sinkt	
E 1.3		Wärmetauscher	Dichtung defekt	Prod.mit Einschr.		Visuell•Temperatur sinkt	Monatliche Reinigung
E 1.3		Wärmetauscher	hohe Verschmutzung;	Prod.mit Einschr.		Visuell•Temperatur sinkt	Monatliche Reinigung
E 1.4		Regelung					
E 1.5		Düsenstöcke	Düsen verstopft	Prod.mit Einschr.		Visuell	Sichtkontrolle
E 1.5		Düsenstöcke	Rohre verstopft	Prod.mit Einschr.		Visuell	Sichtkontrolle
SP 1	Spüle 1						
SP 1.1		Sprühpumpe	Motor überlastet	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	Sichtkontrolle
SP 1.1		Sprühpumpe	Lager defekt	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	Sichtkontrolle
SP 1.1		Sprühpumpe	Trockenlauf	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	Sichtkontrolle
SP 1.2		Düsenstöcke	Düsen verstopft	Prod.ohne Einschr.		Visuell	Bei bedarf Düsen und Rohre wechseln
SP 1.2		Düsenstöcke	Rohre verstopft	Prod.ohne Einschr.		Visuell	Bei bedarf Düsen und Rohre wechseln
P 1	Posphatierung						
P 1.1		Sprühpumpe	Motor überlastet	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	Sichtkontrolle
P 1.1		Sprühpumpe	Lager defekt	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	Sichtkontrolle
P 1.1		Sprühpumpe	Trockenlauf	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt	Sichtkontrolle
P 1.2		Umwälzpumpe	Motor überlastet	Prod.mit Einschr.		Visuell•Lampe erlischt;Temperatur sinkt	



Praxisbeispiel TRA

Struktur EPS-Anlage

Pos.	Equipment	Baugruppe
K 1	Kettenförderer	
K 1.1		Antrieb
K 1.2		Kette
K 1.3		Laufbahn
K 1.4		Spannstation
E 1	Entfettung	
E 1.1		Sprühpumpe
E 1.2		Umwälzpumpe
E 1.3		Wärmetauscher
E 1.4		Regelung
E 1.5		Düsenstöcke
E 1.6		Absaugung
SP 1	Spüle 1	
SP 1.1		Sprühpumpe
SP 1.2		Düsenstöcke
P 1	Posphatierung	
P 1.1		Sprühpumpe
P 1.2		Umwälzpumpe
P 1.3		Wärmetauscher
P 1.4		Regelung
P 1.5		Düsenstöcke
SP 2	Spüle 2	
SP 2.1		Sprühpumpe
SP 2.2		Düsenstöcke
VE 1	VE-Spüle	
VE 1.1		Sprühpumpe
VE 1.2		Düsenstöcke
VE 1.3		Tauchpumpe
O 1	Ofen Vorbehandlung	
O 1.1		Brenner
O 1.2		Regelung
O 1.3		Luftumwälzung



Ursachen-Codes

Code	Bezeichnung
01	nicht feststellbar
02	Materialfehler
03	Konstruktions-/Konzeptionsfehler
04	normaler Verschleiß
05	Überlast
06	Korrosion
07	Verschmutzung
08	Bedienungsfehler
09	unzureichende Instandhaltung
10	veränderte Einsatzbedingungen
11	Wasserschaden
12	Flurfahrzeug
13	Fremdkörper im Produkt
14	Gewaltbruch + -einwirkung
15	Herstell- + Reparaturfehler
16	Wartungsfehler
17	anomaler Verschleiß
18	Wärme-/Kälte-Einfluss
19	Trockenlauf
20	Verkalkung
21	Feuer

Experten-
befragung



Praxisbeispiel TRA



<u>Ergebnisse Mitarbeiterbefragung (7 MA) EPS-Anlage</u>				
Pos.	Equipment	Baugruppe	Verbesserungsvorschlag / Bemerkung / Idee Schwachstellenbeschreibung	Anzahl Nennungen (x von 7 Mitarbeitern)
PE 1.1		Brenner	Brennerstörung wird nur "zufällig" bemerkt; Hupe oder Licht anbringen; Wenn zuviel Zeit bis zur Reaktion vergeht, sind die Federn im Ofen Schrott; 2-3 x im Jahr (Monat?) Nacharbeit notwendig	4
SO 1.2		Organisatorisches	Vorbereitung der Kisten beim Aufhängen, Zeitverschwendung, Produktionsausfall, überflüssige Rüstzeiten	4
E 1.3		Wärmetauscher	Muss viel zu oft gereinigt werden	3
P 1.5		Düsenstöcke	Nicht nur die Düsen (alle 2 Wochen), sondern vor allem die Rohre reinigen; Verstopfung der Düsen ist nur Folgeschaden, da die Rohre zu sind.	3
PK 1.1		Kabine	Gestell zum draufstellen beim nachpulvern	3
PK 2.3		Steuerung	Regelung Feuerlöscher; ganze Maschine bleibt stehen	3
SO 1.3		Umfeldbedingungen	Versandtor im Winter (Nacharbeit im Winter?)	3
E 1.5		Düsenstöcke	Alle 2 Monate verstopft (zu oft!)	2
SP 1.1		Sprühpumpe	Pumpe macht zuviel Krach; wahrscheinlich Kupplung defekt; sollte schnellstmöglich ausgetauscht werden	2
			muss alle 2 Wochen gereinigt werden (Samstags)	2
			"Suche" nach Hubwagen; Zeitverschwendung	2
			Belüftung allgemein	2
E 1	Entfettung	<i>allgemein</i>	Entfettung nicht alle 3, sondern alle 2 Monate säubern. Hierdurch können die Wartungsintervalle des Wärmetauschers vielleicht vergrößert werden.	1



Praxisbeispiel TRA



Equipment	Baugruppe	Ausfallbeschreibung	Ausfallfolge ?	Ausfallursache ?	E ?	A ?	Bedeutung (B)						RPZ ?
							F ?	IH ?	Q ?	AS ?	US ?	S ?	
Kettenförderer													0,00
	Antrieb	Antriebskette gerissen	Stillstand	mangelnde Wartung	1	1	5	2	3	3	1	2	3,61
	Antrieb	Antriebskette gerissen	Stillstand	Überlast	5	3	2	3	3	2	3	3	49,75
	Antrieb	Kupplung defekt	Stillstand	Überlast/Verschleiß	2	2	4	4	3	2	1	3	14,83
	Kette	Kette rutscht durch	Stillstand	Überlast/Verschleiß	2	2	4	4	3	2	1	3	14,83
Entfettung													0,00
	Sprühpumpe	Motor überlastet	Prod.mit Einschr.	Verschmutzung	4	3	3	4	3	1	1	2	37,95
	Sprühpumpe	Lager defekt	Prod.mit Einschr.	Verschleiß	3	3	2	4	2	1	1	2	24,85
	Sprühpumpe	Trockenlauf;	Prod.mit Einschr.	Maschineneinrichtung	1	3	5	4	2	1	1	1	10,39
	Umwälzpumpe	Motor überlastet	Prod.mit Einschr.	Verschmutzung	4	3	5	4	3	1	1	2	44,90
	Umwälzpumpe	Lager defekt	Prod.mit Einschr.	Verschleiß	3	4	3	3	3	1	1	2	34,47
	Umwälzpumpe	Trockenlauf	Prod.mit Einschr.	Mediummangel	1	4	2	2	3	1	1	1	8,94
	Wärmetauscher	Dichtung defekt	Prod.mit Einschr.	Erhöhte Abnutzung	3	3	2	2	2	1	2	2	20,62
	Wärmetauscher	Dichtung defekt	Prod.mit Einschr.	Unzureichende Instandhaltung	3	2	3	3	3	1	2	2	18,00
	Wärmetauscher	hohe Verschmutzung;	Prod.mit Einschr.	Prozessbedingt	3	4	4	4	4	1	1	3	46,09
	Wärmetauscher	hohe Verschmutzung;	Prod.mit Einschr.	Prozessbedingt	3	4	4	4	4	1	1	3	46,09
	Wärmetauscher	hohe Verschmutzung;	Prod.mit Einschr.	Prozessbedingt	3	4	4	4	4	1	1	3	46,09
	Düsenstöcke	Düsen verstopft	Prod.mit Einschr.	Prozessbedingt	4	5	4	4	4	1	1	3	76,81
	Düsenstöcke	Rohre verstopft	Prod.mit Einschr.	Verschmutzung	4	5	4	4	4	1	1	3	76,81



Praxisbeispiel TRA



Equipment	E ?	A ?	Bedeutung (B)						RPZ ?	Erkennung	Existierende Maßnahmen* zur Minimierung des Ausfallrisikos	Erforderliche Maßnahmen* zur Minimierung des Ausfallrisikos	Realisierung möglich?				
			F ?	IH ?	Q ?	AS ?	US ?	S ?					technisch	organisatorisch	wirtschaftlich		
Kettenförderer									0,00								
	1	1	5	2	3	3	1	2	3,61	Visuell	Sichtkontrolle						
	5	3	2	3	3	2	3	3	49,75	Visuell	Sichtkontrolle	Überarbeitung W-I Pläne	Ja	Ja	ja		
	2	2	4	4	3	2	1	3	14,83	Visuell	Sichtkontrolle						
	2	2	4	4	3	2	1	3	14,83	Visuell	Sichtkontrolle						
Entfettung									0,00								
Wärmetauscher	3	3	2	2	2	1	2	2	20,62	Visuell+Temperatur sinkt	Monatliche Reinigung						
Wärmetauscher	3	2	3	3	3	1	2	2	18,00	Visuell+Temperatur sinkt	Monatliche Reinigung						
Wärmetauscher	3	4	4	4	4	1	1	3	46,09	Visuell+Temperatur sinkt	Reinigung alle 2 Wochen	Regelung aufstocken	Ja	Ja	Ja		
Wärmetauscher	3	4	4	4	4	1	1	3	46,09	Visuell+Temperatur sinkt	Reinigung alle 2 Wochen	Filtern	?	Ja	?		
Wärmetauscher	3	4	4	4	4	1	1	3	46,09	Visuell+Temperatur sinkt	Reinigung alle 2 Wochen	interne Spülung	?	Ja	?		
Düsenstöcke	4	5	4	4	4	1	1	3	76,81	Visuell	Sichtkontrolle						
Düsenstöcke	4	5	4	4	4	1	1	3	76,81	Visuell	Sichtkontrolle						



Praxisbeispiel TRA



		Filteranlage Jachtmann	Spülanlage Späne	Filteranlage Herding
Bewertungskriterien	Gewichtung	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung
	%	1= schlecht; 6 = ausgezeichnet	1= schlecht; 6 = ausgezeichnet	1= schlecht; 6 = ausgezeichnet
Technik	25			
Kompatibilitätsgrad		2	4	4
Reifegrad/Einsatzfähigkeit		4	4	4
Produktionsflexibilität		6	2	6
Ersatzteilverfügbarkeit		3	3	3
Organisation/Personal	15			
Integrationsfähigkeit		4	3	5
vorhandene Qualifizierung		2	5	5
vorhandene Personalkapazitäten		6	6	6
Motivationseffekt		5	4	6
Kooperationsbedarf		4	5	5
Flexibilitätsgrad		6	6	6
Arbeitssicherheit		2	4	5
Qualität und Wirtschaftlichkeit	35			
Qualität		5	2	5
Anlageneffektivität		5	2	6
Instandhaltungskosten		5	5	5
Schadensfolgekosten		5	2	5
Ressourceneinsatz/Umwelt	25			
Rohstoff-/Materialeinsatz		2	3	5
Betriebsstoffe/Energie		3	4	5
Abfall		3	3	4
Schadstoffemissionen/Lärm		5	5	5
Gesamt	100	77	72	95
Nutzwert		18,35	15,8	22,05
max. erreichbarer Punktwert (Anzahl Bewertungskriterien * größter Punktwert)		114	114	114
ungewichteter Zielerreichungsgrad		67,54%	63,16%	83,33%
(Anteil zu max. erreichbarem Punktwert in %)				



Statements zur TRA

**Klaus Guttek, Betriebsleiter Instandhaltung,
MeadWestvaco Calmar in Hemer:**

"Die Technische Risikoanalyse hilft unserem Unternehmen Verbesserungsprozesse in allen Ebenen anzustoßen. Ob Technik, Prozesse oder Organisation der Instandhaltung. Die TRA ist vielseitig einsetzbar und effektiv."

**Bernd de Schepper, Leiter Engineering,
Federn Brand in Anröchte:**

"Die TRA eignet sich hervorragend, um den Teamgedanken und das Problembewusstsein in Instandhaltung und Produktion zu schärfen. Mittlerweile schulen wir unternehmensweit die Mitarbeiter in der Anwendung der TRA."

Nutzen der TRA für die Instandhaltung

- **ERHÖHUNG** der Gesamtanlageneffektivität
- **VERMEIDUNG** ungeplanter Ausfälle
- **SICHERUNG** der Wettbewerbsfähigkeit
- **SCHONUNG** natürlicher Ressourcen
- **REDUZIERUNG** der Instandhaltungskosten
- **REDUZIERUNG** der Zins- und Lagerkosten
- **REDUZIERUNG** der Investitionskosten
- **SCHAFFUNG** und **SICHERUNG** von Arbeitsplätzen



**Steigerung der
Unternehmensergebnisse
durch die TRA!!!**

