



# Erfolgsfaktoren einer risikobasierten Instandhaltung

**22. ÖVIA Kongress vom 7. - 8. Oktober 2008**

Referent:

Dipl.-Ing. Andreas Theis

## **Kontakt**

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

**Tel.: 02371-9597-18**

**Fax: 02371-53133**

**Mail: [Andreas.Theis@ifinkor.de](mailto:Andreas.Theis@ifinkor.de)**

**Web: [www.ifinkor.de](http://www.ifinkor.de)**



## Standort IFINKOR

**IFINKOR – Institut für Instandhaltung und  
Korrosionsschutztechnik gGmbH, Iserlohn**

Geschäftsführung:

Prof. Dr. habil. Günter Schmitt

Prof. Dr. Ralf Feser



## Kompetenzen IFINKOR

### *Instandhaltung*



### *Sensorik*



### *Korrosionsschutz*

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

### *Qualifizierung*

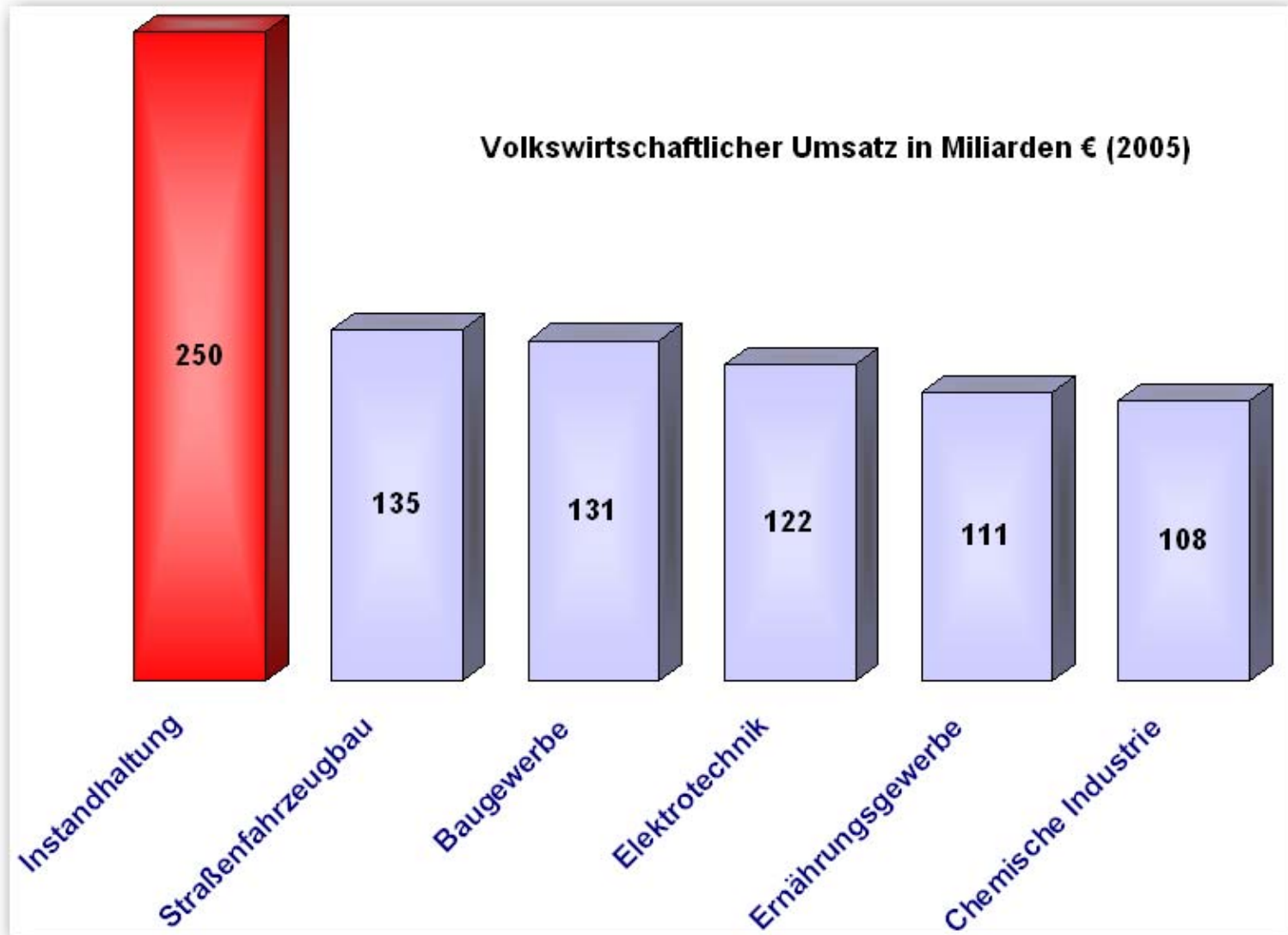
- Instandhaltungsmanagement
- Instandhaltungs-Check
- Internationale Aktivitäten
- Qualifizierung
- Forschung und Entwicklung



## Inhalte der Präsentation

- **Einleitung**
- **Definitionen und Abgrenzungen**
- **Risikomanagementprozess**
- **Methoden und Tools risikobasierter Instandhaltung**
- **Technische Risikoanalyse für den Instandhalter**
- **Die Technische Risikoanalyse bei der Eibach GmbH (Finnentrop) und MeadWestvaco Calmar (Hemer)**

## Instandhaltung in Deutschland



## Instandhaltung in Deutschland

### Instandhaltungskosten 2005

#### direkte Kosten (~ 250 Mrd. €)

- Personalkosten ~ 60% (150 Mrd. €)
- Material, Ersatzteile ~ 40% (100 Mrd. €)

#### indirekte Kosten (~750 Mrd. €)

- Verfügbarkeitsverluste
- Maschinenausfallzeiten
- Qualitätseinbußen
- Lagerkosten
- Lieferausfälle
- Nacharbeit
- Leerkosten Personal
- Logistikkosten
- ...

**Instandhaltung beeinflusst bis zu 40% der Kosten in produzierenden Unternehmen!**



# Keine einheitliche Definitionen zum "Risiko"

Ein **Risiko** ist die *kalkulierte Prognose* eines möglichen *Schadens* bzw. *Verlustes im negativen Fall (Gefahr)*.

Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit \* Schadenshöhe

Risiko wird in der ISO 31000 als "Auswirkungen von Unsicherheit auf Ziele" (Effects of Uncertainty on Objectives) definiert.

## DIN EN 1050

»Sicherheit von Maschinen –  
Leitsätze zur  
Risikobeurteilung«

„Risiko“ konkretisiert das Tripel:

- Welche Ereignisse sind **möglich** ?
- Wie **häufig** können sie eintreten ?
- Was sind die **Auswirkungen** bei ihrem Eintritt ?

Unter **Risikomanagement** [-,mæɪndʒmənt] ist die systematische Erfassung und Bewertung von Risiken sowie die Steuerung von Reaktionen auf festgestellte **Risiken** zu verstehen. Es ist ein systematisches Verfahren, das in vielfältigen Bereichen Anwendung findet, zum Beispiel bei

- Unternehmensrisiken,
- Kreditrisiken,
- Finanzanlagerisiken,
- Umweltrisiken,
- versicherungstechnischen Risiken,
- technischen Risiken.

Bewerten und Beurteilen von Risiken nach der CEL-Methode

Bewerten und Beurteilen von Risiken nach der CEL-Methode

**A = Auswirkung (Schadensausmaß)**

- GERINGE Auswirkung, z.B. Erste Hilfe, Schaden < 7.000 €, A = 1
- WICHTIGE Auswirkung, z.B. schwere Verletzung, Arbeitszeitverlust, Schaden von 7.000 - 70.000 €, A = 3
- ERNSTE Auswirkung, z.B. bleibende Invaliddität, Schaden von 70.000 - 700.000 €, A = 7
- SEHR ERNSTE Auswirkung, z.B. tödlicher Unfall, schwere Erkrankung, Schaden von 700.000 - 1.400.000 €, A = 15
- GROSSSCHADENSEREIGNISS, mehrere Todesfälle, Schaden von 1.400.000 - 14.500.000 €, A = 40
- KATASTROPHE, z.B. zahlreiche Todesfälle, Schaden grösser als 14.500.000 €, A = 100

**H = Häufigkeit**

- SEHR SELTEN, weniger als 1 x jährlich, H = 0,5
- SELTEN, 1 x jährlich, H = 1
- MANCHMAL, monatlich, H = 2
- AB UND ZU, wöchentlich, H = 3
- REGELMÄSSIG, täglich, H = 6
- KONTINUIERLICH, H = 10

**W = Wahrscheinlichkeit**

- NICHT vorstellbar, W = 0,2
- FAST unmöglich, W = 0,5
- UNWAHRSCHEINLICH, aber langfristig möglich, W = 1
- NORMALERWEISE nicht, aber möglich, W = 3
- GUT MÖGLICH, W = 6
- FAST SICHER, W = 10

**R = A \* H \* W**      Rechnerisches Ergebnis für das Risiko "R"      **21**

In Ihrem Anwendungsfall ergibt sich bei der Berechnung eine **MÖGLICHE GEFÄHRDUNG**. In diesem Fall besteht ein Handlungsbedarf!

(c) 2003 by Andreas Perwein

Programminfo      Berechnen      Programm Beenden



## Ein Risiko

- ist ein Ereignis, das mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintritt
- ist ein potentielles Problem



## Definitionen zum "Risiko" im Märkischen 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.

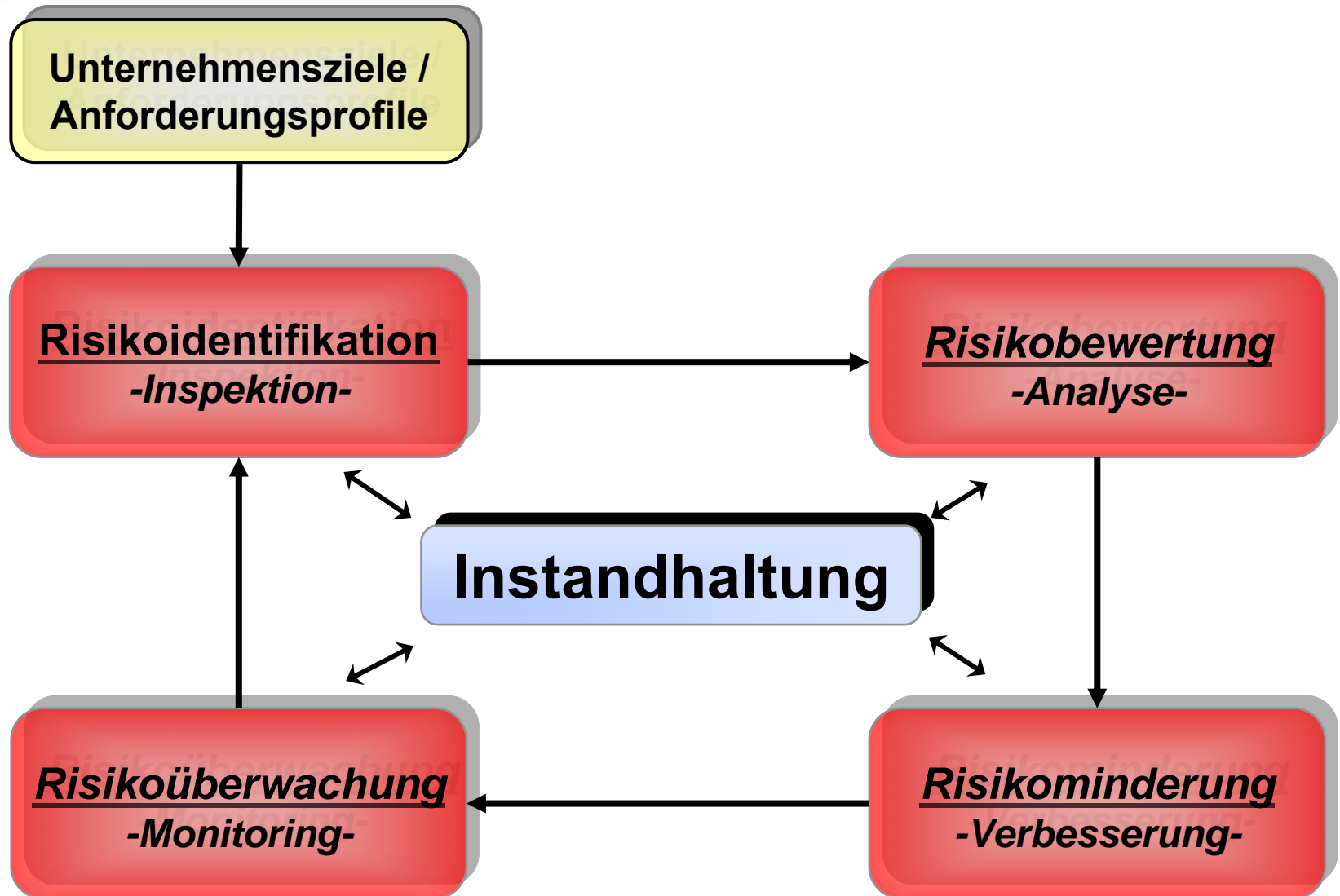
Dies können sein, Anforderungen an:

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

**Ausfall  $\approx$  Risiko**



## Risikomanagementprozess



# "Möglichkeitsspielraum" des Instandhalters

Ausfallanalyse

Risikoanalyse

FMEA

Schwachstellenanalyse

Fehlerbaumanalyse

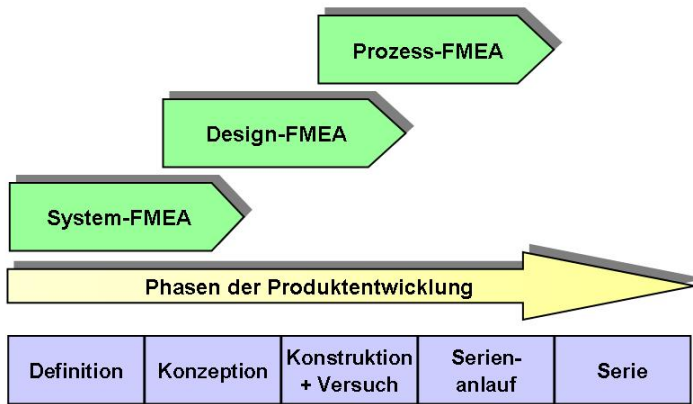
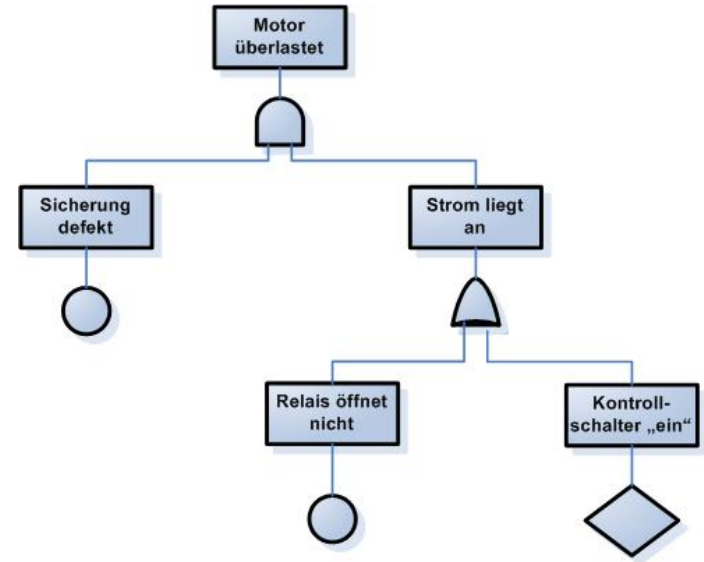
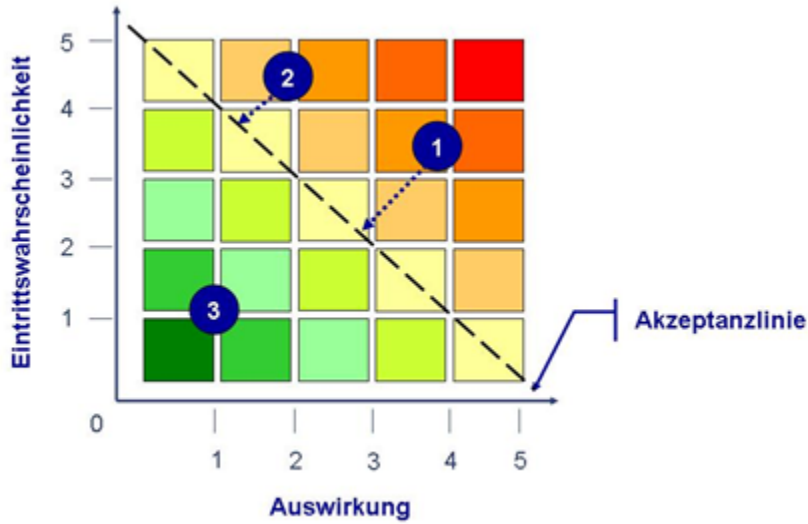


Schadensanalyse

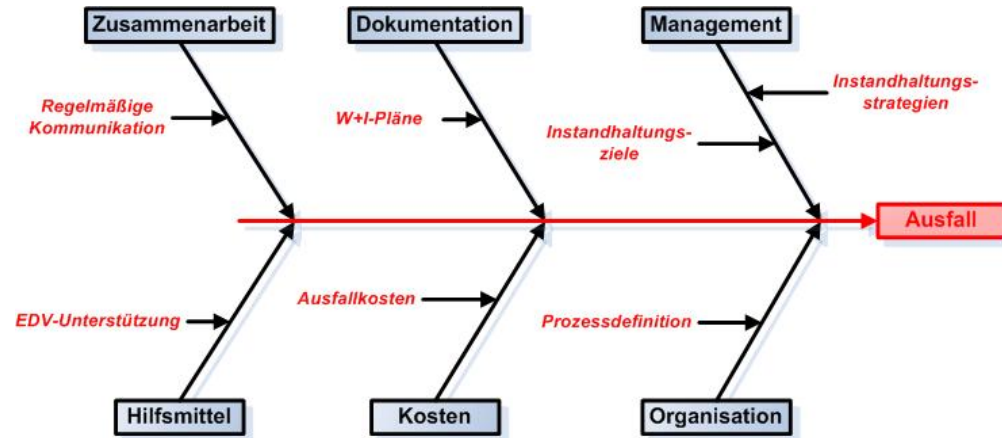
Gefährdungsanalyse

...

### Methoden / Tools

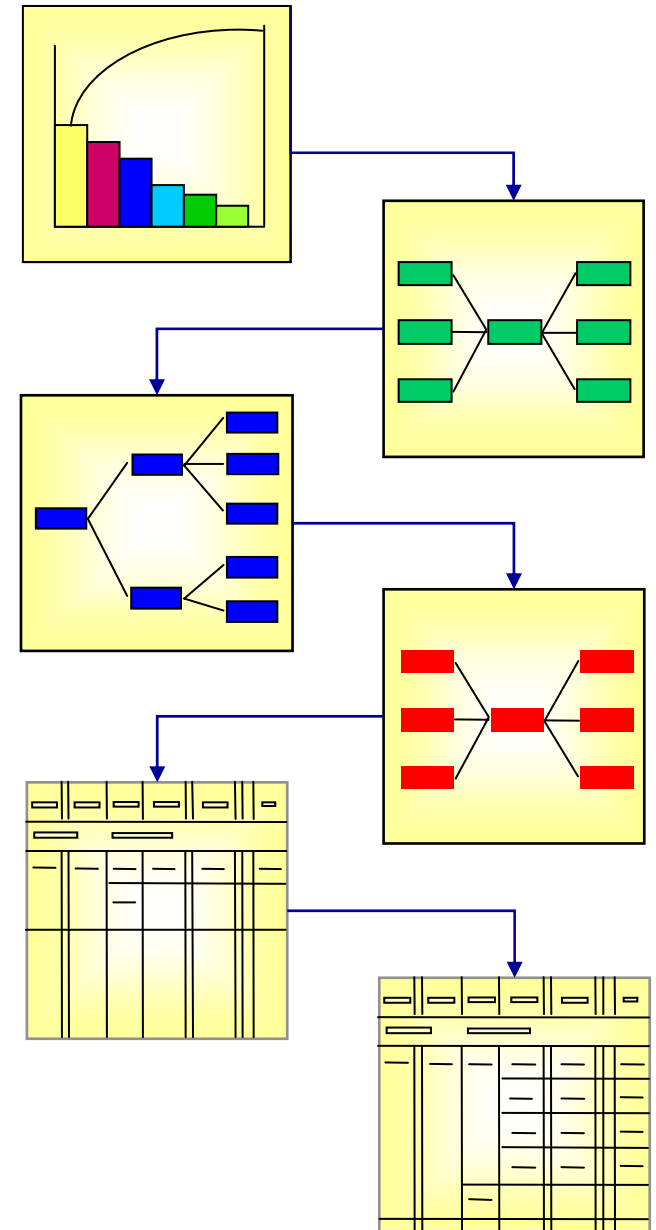


**85 % aller Fehler treten hier auf!**



## Phasen der FMEA

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





## Kritikpunkte an 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**



## 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**



## 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 30 Unternehmen aus der Märkischen Region**

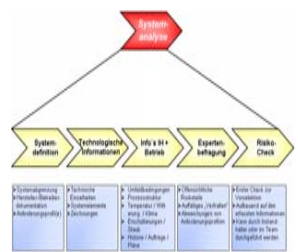
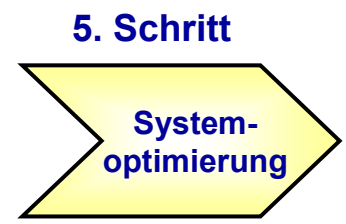
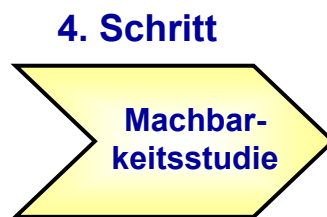
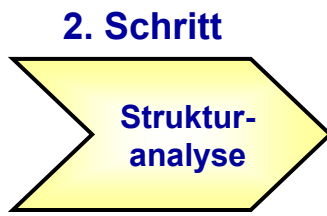
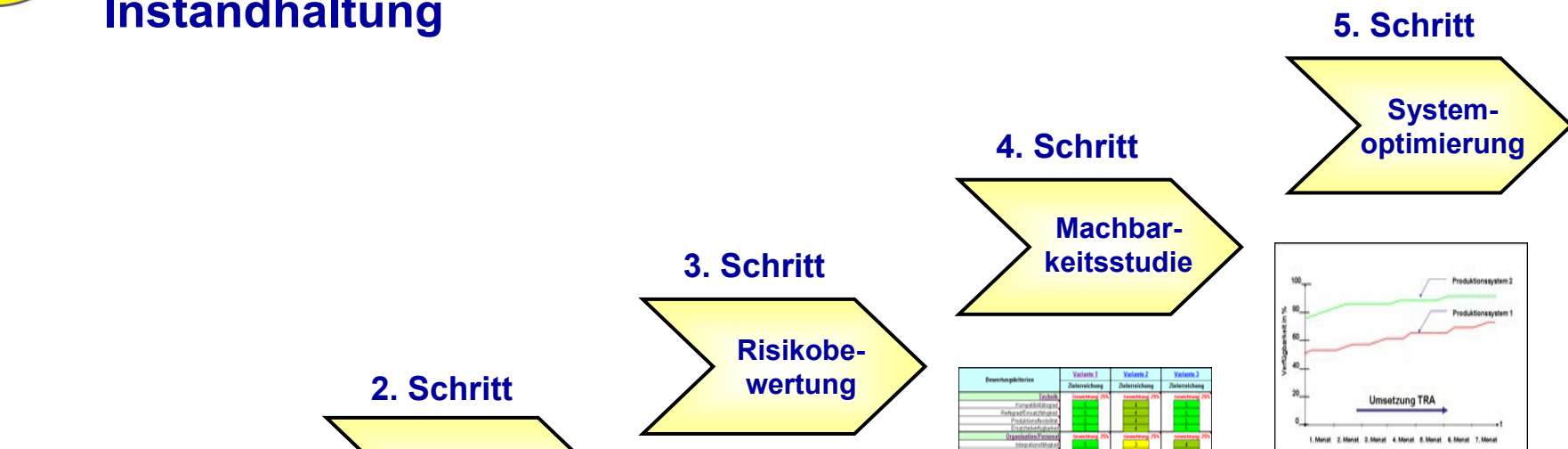
- mit unterschiedlicher Betriebsgröße,
- aus unterschiedlichen Branchen,
- mit einem gemeinsamen Ziel:

**Instandhaltung optimieren!**



# TRA – Technische Risikoanalyse für die Instandhaltung

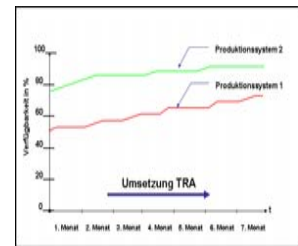
Nutzen - Profit



Pos.	Equipment	Bezugsgruppe	Ausfallbeschreibung	Ausfallfolge
<b>1.1 Aufbereitende</b>				
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
A-1.1	Auftrieb	Werkzeuge/geräten	Störungen	
<b>1.2 Zerkleinerung</b>				
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
C-1.1	Zerkleinerung	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
<b>1.3 Spalten</b>				
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	
SP-1.1	Spalten	Werkzeuge/geräten	Produktions-Defekte	

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

Bewertungskriterien	Variable 1			Variable 2			Variable 3		
	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung	Zielerreichung
<b>Leistung</b>	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktivität	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionskosten	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionsqualität	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<b>Umweltverträglichkeit</b>	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Umweltbelastung	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Umweltverschmutzung	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Umweltverschmutzung	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Umweltverschmutzung	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<b>Qualität und Zuverlässigkeit</b>	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Qualität	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Zuverlässigkeit	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionskosten	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionsqualität	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionskosten	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionsqualität	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionskosten	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Produktionsqualität	?	?	?	?	?	?	?	?	?



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
<b>Systemanalyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>System definieren und strukturieren</li> </ul>	<p><u><a href="#">siehe Prozesse Systemanalyse</a></u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informationen bereitstellen</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risikocheck durchführen</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risikoschwerpunkte bilden</li> </ul>	
<b>Strukturanalyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Systemstruktur verfeinern</li> </ul>	<u><a href="#">Anlagenstruktur</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausfallursachen/-folgen ergänzen</li> </ul>	<u><a href="#">Ausfallfolgen</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abnutzungsmechanismen ermitteln</li> </ul>	<u><a href="#">Ausfallursachen</a></u>
<b>Risikobewertung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formblatt vervollständigen</li> </ul>	<u><a href="#">Anlagenstruktur</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risiken bewerten</li> </ul>	<u><a href="#">Risikoanalyse</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existierende Maßnahmen zur Risikominderung ermitteln</li> </ul>	<u><a href="#">Einstufungen</a></u>
<b>Machbarkeitsanalyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erforderliche Maßnahmen erarbeiten</li> </ul>	<u><a href="#">Risikoanalyse</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realisierungspotenziale bewerten</li> </ul>	<u><a href="#">Machbarkeitsanalyse</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimierungsmaßnahmen auswählen</li> </ul>	<u><a href="#">Armortisationsrechnung</a></u>
<b>Systemoptimierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimierungsmaßnahmen planen und umsetzen</li> </ul>	<u><a href="#">Risikoanalyse</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verbesserungen Controllen</li> </ul>	<u><a href="#">Machbarkeitsanalyse</a></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Feedbackschleife einrichten</li> </ul>	<u><a href="#">Armortisationsrechnung</a></u>

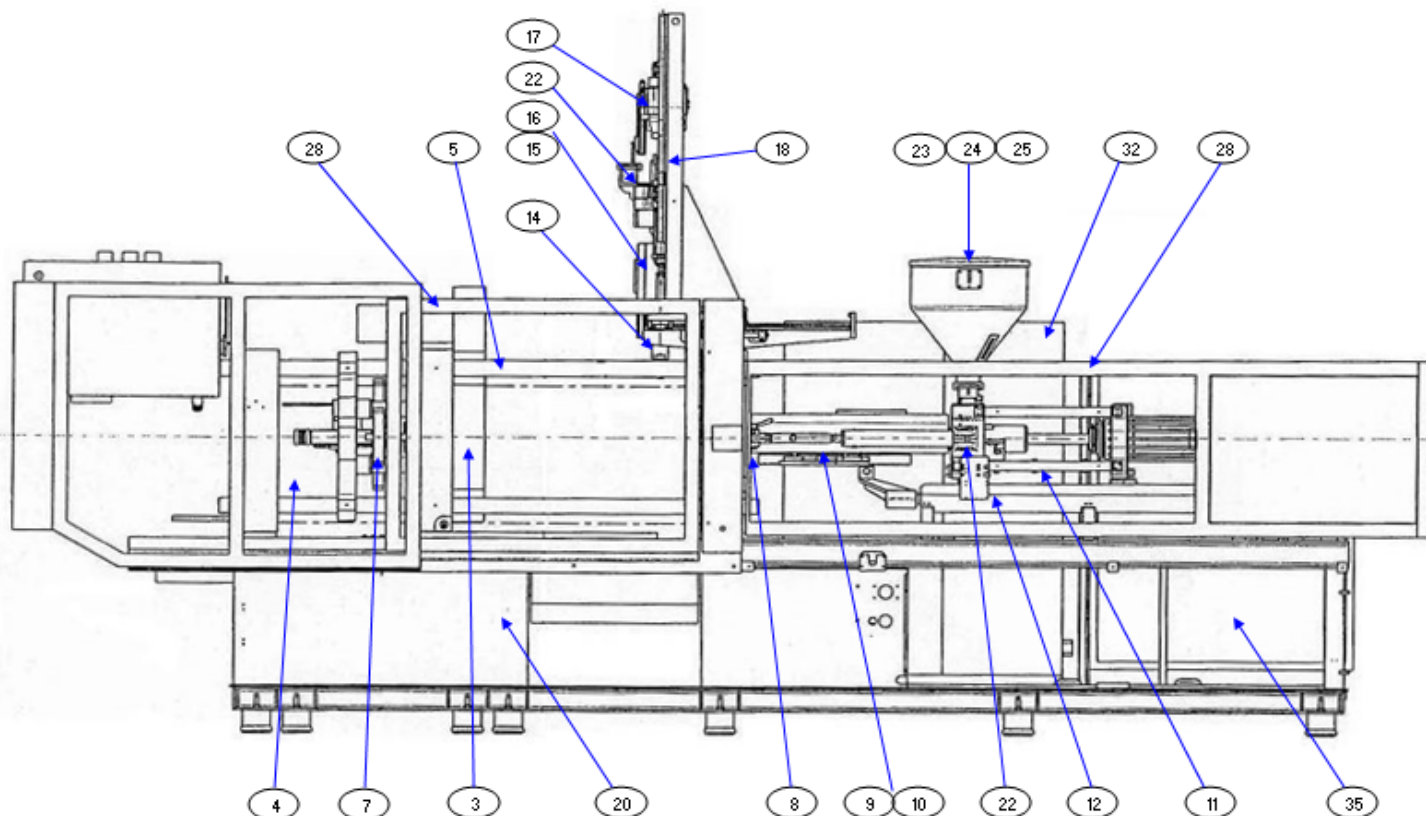


# Auszug Exel-Tool TRA – Prozessschritt Systemanalyse

Prozessschritt	Beschreibung	Checkliste / Tool
<b>Systemdefinition</b>	▪ System abgrenzen	<a href="#">Systembeschreibung</a>
	▪ Anlagenstruktur definieren	<a href="#">Anforderungsprofile</a>
	▪ Basisdaten ermitteln	<a href="#">Anlagenstruktur</a>
<b>Technologische Informationen</b>	▪ Hersteller-/Betreiberdokumentation zusammenstellen	<a href="#">Technologische Informationen</a>
	▪ Technische Einzelheiten klären	<a href="#">Informationen CE-Kennzeichnung</a>
	▪ Zeichnungen / Pläne aktualisieren	<a href="#">Kurzfassung Info-Bedarfe</a>
<b>Informationen Instandhaltung und Betrieb</b>	▪ Einbindung in Produktionsprozesse definieren	<a href="#">Informationen Betrieb und Instandhaltung</a>
	▪ Instandhaltungskosten analysieren	<a href="#">Direkte Instandhaltungskosten</a>
	▪ Historie / Aufträge / Pläne auswerten	<a href="#">Indirekte Instandhaltungskosten</a>
<b>Expertenbefragung</b>	▪ Offensichtliche Risikoteile identifizieren	<a href="#">Anlagenstruktur</a>
	▪ Optimierungspotenziale feststellen	<a href="#">Ausfallfolgen</a> <a href="#">Ausfallursachen</a> <a href="#">Expertenbefragung</a>
<b>Risiko-Check</b>	▪ Risikoreiche Systemelemente vorselektieren	<a href="#">Anlagenstruktur</a>
	▪ Risiko-Check durchführen	<a href="#">Risikoanalyse</a>
	▪ Schwerpunkte für Strukturanalyse bilden	<a href="#">Einstufungen</a>

### 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							





## 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	Ungenaueres 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



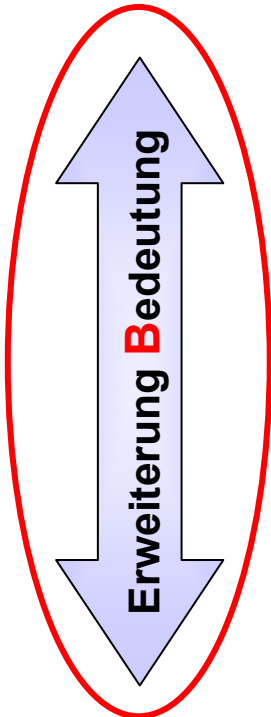
## Definitionen zum "Risiko" im Netzwerk Instandhaltung

**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:

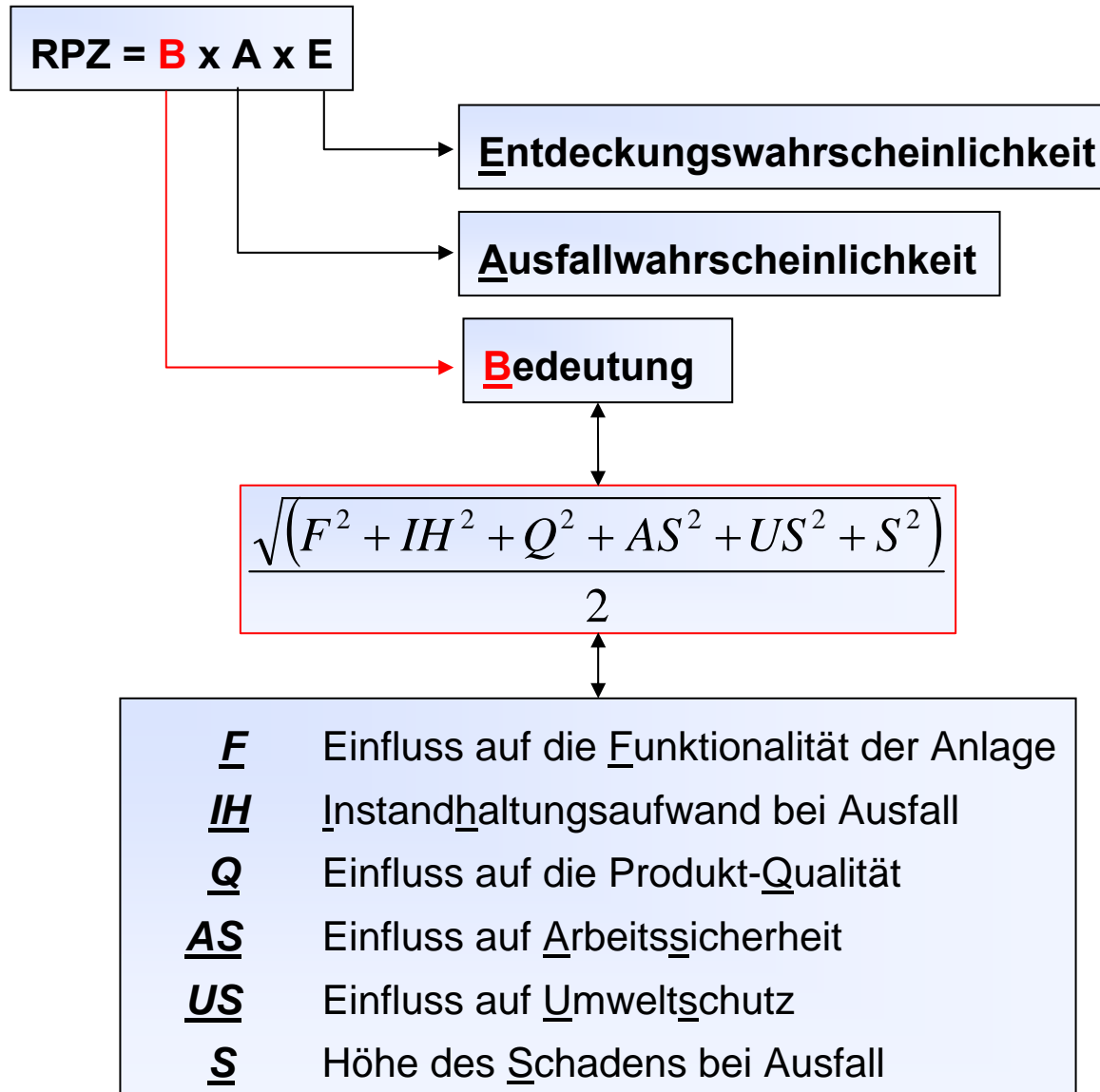
- die Funktionalität,
- die Instandhaltung,
- die Qualitätsfähigkeit,
- die Arbeitssicherheit,
- den Umweltschutz und
- die Wirtschaftlichkeit.



**Ausfall  $\approx$  Risiko**



## Berechnung der Risikoprioritätszahl in der TRA





# Praxisbeispiel TRA



Code	Ebene 1	Ausfallbe- schreibung	Ausfallfolge ?	Ausfallursache ?	E ?	A ?	Bedeutung (B)						RPZ ?
							F ?	IH ?	Q ?	AS ?	US ?	S ?	
K21	Düse K2	Verschluß undicht	Materialaustritt	Fuchslochs-Düse macht nicht richtig zu, Betätigungszyylinder undicht	2	2	2	2	2	5	1	2	12,96
		keine Funktion mehr	Produktionsausfall	Gabel, Mechanische Teile	2	3	5	1	1	5	1	1	22,05
		Düsenheizung heizt nicht mehr	Prozessstörung	Überspritzung	1	1	1	1	1	1	1	1	1,22
K22	Schneckenrohr K2				1	1	1	1	1	1	1	1	1,22
K23	Schnecke K2				1	1	1	1	1	1	1	1	1,22
K24	Hydraulik K2	Absacken des Einspritzzylinders	Produktionsminderung	Ventil defekt, Verstellung defekt, Dichtung defekt	3	2	3	4	3	5	1	3	24,92
		Undichtigkeit	Ölverlust, Verschmutzung der Maschine	Kolbenstangen, Dichtungen, Flanschen, oder Deckel beschädigt	2	5	1	4	3	5	1	3	39,05
K25	Führung K2	Spritzeinheit 2 steht unruhig auf der Düsenplatte	Prozessstörung, Materialaustritt bei Einspritzen, Führungsbeschädigung	Fixierung defekt	3	1	1	2	1	5	1	4	10,39



## Bewertungskriterien - Beispiel

### Bewertung der Auftretenswahrscheinlichkeit

A		Auftretenswahrscheinlichkeit	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 / sporadische 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

## Praxisbeispiel TRA



**EPS-Anlage / Elektrostatische Pulverbeschichtung**



# Praxisbeispiel TRA



Struktur EPS-Anlage							
Pos.	Equipment	Baugruppe	Ausfallbeschreibung	Ausfallfolge	Ausfallursache	Erkennung	Existierende Maßnahmen zur Minimierung des Ausfallrisikos
<b>K 1</b>	<b>Kettenförderer</b>						
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					
<b>E 1</b>	<b>Entfettung</b>						
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
<b>SP 1</b>	<b>Spüle 1</b>						
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
<b>P 1</b>	<b>Posphatierung</b>						
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
<b>K 1</b>	<b>Kettenförderer</b>	
K 1.1		Antrieb
K 1.2		Kette
K 1.3		Laufbahn
K 1.4		Spannstation
<b>E 1</b>	<b>Entfettung</b>	
E 1.1		Sprühpumpe
E 1.2		Umwälzpumpe
E 1.3		Wärmetauscher
E 1.4		Regelung
E 1.5		Düsenstöcke
E 1.6		Absaugung
<b>SP 1</b>	<b>Spüle 1</b>	
SP 1.1		Sprühpumpe
SP 1.2		Düsenstöcke
<b>P 1</b>	<b>Posphatierung</b>	
P 1.1		Sprühpumpe
P 1.2		Umwälzpumpe
P 1.3		Wärmetauscher
P 1.4		Regelung
P 1.5		Düsenstöcke
<b>SP 2</b>	<b>Spüle 2</b>	
SP 2.1		Sprühpumpe
SP 2.2		Düsenstöcke
<b>VE 1</b>	<b>VE-Spüle</b>	
VE 1.1		Sprühpumpe
VE 1.2		Düsenstöcke
VE 1.3		Tauchpumpe
<b>O 1</b>	<b>Ofen Vorbehandlung</b>	
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
<b>E 1</b>	<b>Entfettung</b>	<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 ?	
<b>Kettenförderer</b>													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
<b>Entfettung</b>													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	
<b>Kettenförderer</b>									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+l 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					
<b>Entfettung</b>									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
<b>Technik</b>	<b>25</b>			
Kompatibilitätsgrad		2	4	4
Reifegrad/Einsatzfähigkeit		4	4	4
Produktionsflexibilität		6	2	6
Ersatzteilverfügbarkeit		3	3	3
<b>Organisation/Personal</b>	<b>15</b>			
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
<b>Qualität und Wirtschaftlichkeit</b>	<b>35</b>			
Qualität		5	2	5
Anlageneffektivität		5	2	6
Instandhaltungskosten		5	5	5
Schadensfolgekosten		5	2	5
<b>Ressourceneinsatz/Umwelt</b>	<b>25</b>			
Rohstoff-/Materialeinsatz		2	3	5
Betriebsstoffe/Energie		3	4	5
Abfall		3	3	4
Schadstoffemissionen/Lärm		5	5	5
<b>Gesamt</b>	<b>100</b>	<b>77</b>	<b>72</b>	<b>95</b>
<b>Nutzwert</b>		<b>18,35</b>	<b>15,8</b>	<b>22,05</b>
max. erreichbarer Punktwert (Anzahl Bewertungskriterien * größter Punktwert)		114	114	114
<b>ungewichteter Zielerreichungsgrad</b>		<b>67,54%</b>	<b>63,16%</b>	<b>83,33%</b>
(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."**



# 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
									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20,00
									3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30,00
									4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40,00
									5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50,00

## Bewertung Instandsetzungsdauer

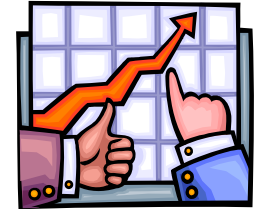
Bewertung	Kriterien	
1	sehr gut	- Zeit < 10 min - kann durch geschulten Anlagenbediener durchgeführt werden
2	gut	- Zeit zwischen 10 und 20 min - kann von Instandhalter allein durchgeführt werden
3	mittel	- Zeit zwischen 20 und 30 min - kann von Instandhalter und Anlagenbediener durchgeführt werden
4	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

## 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!!!**





**Instandhaltung**

**=**

***technisches Risikomanagement (?)***