

Konzeptionierung und Implementierung einer Schwachstellenanalyse am Beispiel eines Anlagenbereiches eines integrierten Hüttenwerkes

Masterarbeit
von
BSc. Anna-Maria Leitner



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 02. September 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

AFFIDAVIT

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Kurzfassung

Konzeptionierung und Implementierung einer Schwachstellenanalyse am Beispiel eines Anlagenbereiches eines integrierten Hüttenwerkes

In der Masterarbeit wird am Beispiel einer Kokerei ein Stördokumentationssystem zur Schaffung einer validen Datenbasis für die Durchführung einer Schwachstellenanalyse und Festlegung eines angepassten Instandhaltungsstrategiemix konzeptioniert und ein Implementierungsvorschlag erarbeitet.

Das nach einer umfassenden Anlagenerweiterung der Kokerei in einem integrierten Hüttenwerkes zu realisierende Koksproduktionsziel ist aufgrund des Verfügbarkeitsniveaus bestehender Ver- und Entsorgungsanlagen eingeschränkt. Der Instandhaltungsregelkreis ist über das Instrument der Schwachstellenanalyse kontinuierlich zu verbessern; die vorhandene vorwiegend ausfallorientierte Instandhaltungsstrategie ist den neuen Erfordernissen anzupassen.

Durch Erarbeitung angepasster Störschlüssel und Einführung eines Stördokumentationssystems zur standardisierten Stördatenerfassung und –auswertung wird eine Datengrundlage für nachfolgende Schadens- und Schwachstellenanalysen gelegt. Die erfassten Daten werden durch Aufbereitung von Störinformationen vergangener Aufschreibungen ergänzt, verdichtet und plausibilisiert. Die Anwendung objektiver Schwachstellenermittlungsmethoden wie der ABC-Analyse und Kennzahlenvergleichen führt zur Identifikation einiger weniger Aggregate als kritische Störschwerpunkte.

Durch Implementierung permanenter, anlagenübergreifender Problemlösungszirkeln wird das Bewusstsein für die Wichtigkeit der Schwachstellenanalyse gesteigert. Die interdisziplinären und organisationsübergreifenden Teams untersuchen die aufgezeigten Anlagenschwachstellen anhand der vorhandenen, aufbereiteten Schadensinformationen näher und erarbeiten Wege zur nachhaltigen Schwachstellenverhütung.

Die Ergebnisse der Schadens- und Schwachstellenanalysen unterstützen den kontinuierlichen Verbesserungsprozess im Instandhaltungsregelkreis und ermöglichen die Ableitung von Anforderungen an den zukünftig anzuwendenden, den vorliegenden Problemstellungen angepassten Instandhaltungsstrategiemix.

Die Arbeit zeigt auf, dass die Implementierung einer adäquaten Instandhaltungsphilosophie ein umfassender Changeprozess, welcher langfristig umzusetzen ist, darstellt. Die Einführung eines standardisierten Stördokumentations- und Analysesystems sowie der Einsatz von Schwachstellenanalysen sind wichtige Wegbereiter für diesen Prozess.

Abstract

Conceptual design and implementation of structured weak point analysis using the example of a coke oven plant of integrated iron and steel works

This thesis deals with the conceptual design and implementation of a common database structure in a coke oven plant to gain valid information about current disturbances to execute weak point analysis (WPA), choose the best mix of maintenance policies and diminish loss of equipment effectiveness.

The broad extension of a coke oven plant places extra requirements on the present maintenance strategy. The availability of existing supply and waste management facility plants delimit the target coke production. Methods for weak point analysis are necessary to gain continuous and effective improvement of the maintenance management system. Appropriate maintenance policies must be chosen, which are technically feasible and worth doing in present context.

The development of a standardised damage glossary and the adaption of a corporate documentation and analyse system, a first sign of an integrated maintenance management information system (MMIS), lay out a detailed library of plant disturbances. Loss and damage data of former information systems are also prepared to improve facts. The common database structure enables data analysis to pin point critical plant units, the main entities that affect equipment effectiveness, and eliminate the identified defects. Methods used to detect weak points and its most critical components are for example ABC analysis or comparisons of special operating figures.

Special working groups analyse and give attention to the detected equipment weaknesses with the data of experiences provided by MMIS. They create trouble-shooting measures to improve plant efficiency via eliminating defects and diminishing factory outage times.

The results of the weak point analysis are key to improve reliability and maintainability operations and choose a suitable mix of maintenance strategies for each piece of equipment or system.

The implementation of a new appropriate maintenance policy represents a global and long-lasting change process. The adaption of an integrated maintenance management information system and the execution of structured weak point analysis are precursors for the continuous and effective improvement of maintenance management systems.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	vi
Abkürzungsverzeichnis.....	vii
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
2 Instandhaltungstechnische Schwachstellenanalyse	3
2.1 Instandhaltung und Instandhaltungsmanagement.....	3
2.1.1 Grundbegriffe der Instandhaltung	4
2.1.2 Instandhaltungsstrategie	6
2.1.3 Instandhaltungsmanagement und Instandhaltungsregelkreise	11
2.2 Schwachstellenanalyse.....	15
2.2.1 Begriffsdefinitionen Schwachstellenanalyse/Schadensanalyse	15
2.2.2 Abgrenzung der Schwachstellenanalyse	21
2.2.3 Ziele der Schwachstellenanalyse.....	22
2.2.4 Schwachstelleneinflussgrößen.....	23
2.2.5 Ansätze zur Schwachstellenermittlung.....	25
2.2.6 Methoden und Instrumente der Schwachstellenanalyse	32
2.2.7 Durchführung der Schwachstellenanalyse und –beseitigung.....	36
2.2.8 Kennzahlen der Schwachstellenanalyse	44
2.2.9 Potentiale der Schwachstellenanalyse	46
3 Konzeptionierung und Implementierung der Schwachstellenanalyse in einem Anlagenbereich.....	51
3.1 Ausgangssituation.....	51
3.2 Erhebung der Ist-Situation.....	54
3.2.1 Stördokumentation und Schadenserfassung.....	54
3.2.2 Stör- und Schadensanalyse	59
3.2.3 Instandhaltungsstrategiemix.....	60
3.2.4 Bewertung der Ist-Situation	61
4 Implementierung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes	63
4.1 Stördokumentation und Schadenserfassung	63

4.1.1	Festlegung eines zukünftigen Stördokumentationssystems	64
4.1.2	Entwicklung angepasster Störschlüssel	67
4.1.3	Einsatz der Stördatenerfassung zur Planung instandhaltungstechnischer Tätigkeiten	70
4.1.4	Konzeptentwicklung „Organisationsübergreifendes, ganzheitliches Stördokumentationssystem“	72
4.2	Stör- und Schadensanalyse	73
4.2.1	Aufbereitung von Störanalysedaten mit dem Ziel der systematischen Störanalyse	74
4.2.2	Ableitung von Kennzahlen	77
4.2.3	Durchführung von Störanalysen im Rahmen anlagenübergreifender Problemlösungszirkeln.....	79
4.3	Instandhaltungsstrategiemix	80
4.3.1	Detaillierte Gegenüberstellung geplanter zu ungeplanter Instandhaltung	80
4.3.2	Fragestellungen zum vorhandenen Instandhaltungsstrategiemix.....	84
4.3.3	Ableitung von Optimierungspotentialen zur Verbesserung der aktuellen Situation	85
4.4	Conclusio und Ausblick.....	87
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	89
	Literaturverzeichnis	91
	Anhang.....	a

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Input output model of the enterprise	3
Abbildung 2: Instandhaltung nach DIN 31051	4
Abbildung 3: Instandhaltungsstrategie im Dreiecksverhältnis.....	8
Abbildung 4: Untergliederung der Instandhaltungsstrategien	8
Abbildung 5: Entwicklung der Anteile von Instandhaltungsstrategien.....	10
Abbildung 6: Funktionelle Instandhaltung (jede Operation ist eine Funktion der vorhergehenden; die einzelnen Operationen schließen sich zum Kreis)	11
Abbildung 7: Kreisdiagramm der Instandhaltung (nach H. Wiegel, 1972).....	11
Abbildung 8: Regelkreis des Instandhaltungsmanagements.....	13
Abbildung 9: Wirkungszusammenhänge im Schädigungsprozess.....	15
Abbildung 10: Bestimmung einer Schwachstelle nach DIN 31051 (j...ja, n...nein)	17
Abbildung 11: Schwachstellenarten und –ursachen (Fehlerbehaftete Anlage).....	17
Abbildung 12: Schwachstellenarten und –ursachen (Fehlerfreie Anlage).....	18
Abbildung 13: Beispiel von Schwachstellenpotentialwerten mit unterschiedlicher Gewichtung der Fehlerarten	19
Abbildung 14: Schadensanalyse und Maßnahmenarten.....	21
Abbildung 15: Schematische Darstellung der Komplexionsanalyse (theoretische Schwachstellenermittlung nach D. Mexis).....	31
Abbildung 16: ABC-Analyse.....	34
Abbildung 17: Instandhaltungskosten über der Lebensdauer einer Maschine.....	36
Abbildung 18: Ablauf einer gemeinsamen Schwachstellenanalyse und -beseitigung	38
Abbildung 19: Flußdiagramm zum Ablauf einer systematisierten Schadensanalyse/Durchführung einer Schadensanalyse	39
Abbildung 20: Struktur des Informationssystems	41
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Schadensbild, Ursache und Grund von Schäden am Beispiel eines Wälzlagers.....	42
Abbildung 22: Codierung einer Schadensinformation.....	43
Abbildung 23: Die sechs großen Verlustquellen und die Gesamtanlageneffektivität	45
Abbildung 24: Wirtschaftlichkeit der Schwachstellenbehebung.....	47
Abbildung 25: Instandhaltungskosten ohne Schwachstellenbeseitigung (Begriffe: I Inspektion, W Wartung, R Instandsetzung)	47
Abbildung 26: Instandhaltungskosten bei Schwachstellenbeseitigung zur Zeit t_0 . Kurve verläuft ab Rentabilitätsschwelle hier flacher.	48
Abbildung 27: Bis zu 80% der Instandhaltungskosten sind Schwachstellenbekämpfungskosten.....	49
Abbildung 28: Verschiedene Instandhaltungsstrategien	50
Abbildung 29: Schritte zur Gestaltung der "Instandhaltungsprozesse"	51
Abbildung 30: Vorgehenskette zur Störungsminimierung	53
Abbildung 31: Übersicht Stördokumentations- und Schadenserfassungssysteme des betrachteten Anlagenbereiches zum Stand 01/2014.....	55
Abbildung 32: Standardisierte Störbilder und Störursachen in SAP.....	57

Abbildung 33: Dokumentation von Auslastungsverlusten in Exceed.....	58
Abbildung 34: Exceed-Eintragungsstatistik zum Stand 01/2014.....	59
Abbildung 35: Informationsquellen zur Erhebung der vorhandenen IH-Strategie.....	60
Abbildung 36: Vorbeugegrad der Instandhaltung für den Anlagenbereich der FM22 (Betrachteter Zeitraum: Januar-März 2014; Datenbasis: SAP Schichtbuch)	61
Abbildung 37: Verbesserung der Exceed-Eintragungsstatistik durch Tätigen von Nacheintragungen rückwirkend bis 01.01.2014.....	65
Abbildung 38: Aufbereite Stördaten auf Störfeld- und Bauteilebene (Betrachtungszeitpunkt: 25.03.2014, Datengrundlage: Exceed).....	66
Abbildung 39: Exceed Störschlüsselanpassung auf bauteilspezifischer Störfeldebene für die FM22	68
Abbildung 40: Bauteilspezifische Störfeldverteilung der FM22 nach Anpassung der Exceed Anlagenstruktur	68
Abbildung 41: Störbildverteilung FM22 für den Zeitraum 01/2014-03/2014	70
Abbildung 42: Einsatz der Stördatenerfassung mittels Exceed im Tagesgeschäft (Stand: 07.- 08.07.2014)	71
Abbildung 43: Summenverlauf der Zeitverluste und Zeitgewinne in der Kokserzeugung (Stand: 07.-08.07.2014)	71
Abbildung 44: Konzeptentwurf "Ganzheitliches Stördokumentationssystem" - Kombinierte Stördatenerfassung mittels Exceed und SAP.....	72
Abbildung 45: Aufbereitung von Instandhaltungskennzahlen auf Basis rückgemeldeter SAP – Arbeiten	73
Abbildung 46: Aufbereitete Störanalysedaten vom 01.01.-20.07.2014 (Quelle. Exceed)	74
Abbildung 47: Adaptierte ABC-Analyse der aufbereiteten Störanalysedaten vom 01.01.- 20.07.2014.....	75
Abbildung 48: Aufbereitete Störanalysedaten auf Störbauteilebene für DM11 und DM12 (Stand: KW 29)	76
Abbildung 49: Aufbereitete Störanalysedaten auf Störbildebene für DM11 und DM12 (Stand: KW 29)	76
Abbildung 50: Ableitung der MTBF für Positionierungsprobleme an der FM22 (Basis: Exceed und HKS Schichtbuch; Stand: 26.03.2014)	78
Abbildung 51: Beispielhafte Maßnahmenliste aus dem wöchentlichen Jour Fixe zum Thema Störungsbeseitigung (Stand: 06/2014)	79
Abbildung 52: Gegenüberstellung geplanter zu ungeplanter Arbeiten an der FM22 für den Zeitraum 01.01.-18.05.2014 (Quelle: SAP Schichtbuch)	80
Abbildung 53: Vergleich Störgeschehen zu Wartungs- und Inspektionsarbeiten am Beispiel der FM22 (Betrachteter Zeitraum: 01.01.-18.05.2014; Quellen: Exceed und SAP Schichtbuch).....	81
Abbildung 54: Wartungs- und Inspektionsanweisung zum Deckelabhebemagneten der FM22 (Stand: 30.05.2014)	82
Abbildung 55: Wartungs- und Inspektionsanweisung zum Antrieb der Deckelabhebedreheinrichtung der FM22 (Stand: 30.05.2014)	82
Abbildung 56: Quantitativer Vergleich des eingetretenen Störgeschehens zu den rückgemeldeten Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen (Betrachtungszeitraum: 01.01.-18.05.2014, Deckelabhebevorrichtung FM22).....	83

Abbildung 57: Dokumentation des Anlagenzustandes im Bereich Deckelabhebevorrichtung der Füllmaschinen (Stand 03/2014)	84
Abbildung 58: Instandhaltungsphilosophien und deren Integration in die Wertschöpfungsorientierung	85
Abbildung 59: Umfang der geplanten Instandhaltung.....	87
Abbildung 60: Vorgehensmodell zur Strategiewahl in der Instandhaltung.....	a
Abbildung 61: CIBOCOF schematically.....	b
Abbildung 62: Schichtleiterprotokoll der Spätschicht der Instandhaltungswechselschicht vom 13.02.2014.....	c
Abbildung 63: Auszug des HKS Schichtbuchs vom 13.02.2014.....	d
Abbildung 64: Exceed Benutzeroberfläche (Screenshot vom 26.02.2014).....	e
Abbildung 65: Vergleich der für den Bereich der FM22 hinterlegten Anlagenbäume für die Dokumentationssysteme HKS Schichtbuch, Exceed und SAP (Regis Cockpit) zum Stand 02/2014.....	f

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Theoretisches und bauteilbezogenes Schwachstellenpotential.....	20
Tabelle 2: Schwachstellenursachen	23
Tabelle 3: Hauptsächliche Einflussfaktoren auf Schwachstellenentstehung	25
Tabelle 4: Einzelkennzahlen der Instandhaltung	44
Tabelle 5: Ausgangslage und Problemfelder des Projektes	52
Tabelle 6: Stärken des Stördokumentationssystems Exceed.....	64
Tabelle 7: Detaillierte Aufbereitung des Störgeschehens der Deckelabhebevorrichtung der FM22 auf Störbildebene	84

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
Anz.	Anzahl
BE	Betrachtungseinheit
bzw.	beziehungsweise
CM	Überleitmaschine
d	Tag, Tage
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKIN	Deutsches Komitee für Instandhaltung
DM	Druckmaschine
Durchgef.	Durchgeführt
EN	Europäische Norm
et al.	et alteri oder et alii= und andere
f.	Folgende Seite
ff.	Folgende Seiten
FM	Füllmaschine
FZ-Ü	Füllzeitüberschreitung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
h	Stunde
HKM	Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH
Hrsg.	Herausgegeben
IH	Instandhaltung
KE	Kokserzeugung
KK/KL	Kohle-/Kokslogistik
KKL	Kohle-/Kokslogistik
LM	Löschmaschine
LOP	Liste offener Punkte
LZF	Laufzeitfehler
Maßn.	Maßnahme
Min.	Minuten
MMIS	Maintenance Management Information System
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time To Repair
MW	Mittelwert
OM	Ofenmaschine
PDCA	Plan-Do-Check-Act, Deming-Rad, iterativer vierphasiger Problemlösungsprozess
Prio	Priorisierung

QFD	Quality Function Deployment
RCM	Reliability Centred Maintenance
S.	Seite
Spez.	Spezifische
Tätigk.	Tätigkeit
Techn.	Technische
TPM	Total Productive Maintenance
Vgl.	Vergleiche
W&I	Wartungs- und Inspektion, Wartungs- und Inspektionsmaßnahme
Wiederh.	Wiederholt
WPA	Weak Point Analysis

1 Einleitung

Die Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH – kurz HKM – wurde am 1. Januar 1990 von der Krupp Stahl AG und der Mannesmannröhren-Werke AG am Standort Duisburg Huckingen gegründet. Ziel dieser Gründung war die Stahlerzeugung der benachbarten Werke der Unternehmen in Rheinhausen und Huckingen an einem Standort zu konzentrieren. Nach verschiedenen Änderungen bei den Gesellschaftern befindet sich HKM zum jetzigen Zeitpunkt zu 50 % im Besitz der ThyssenKrupp Steel Europe AG, zu 30 % im Besitz der Salzgitter Mannesmann GmbH und zu 20 % im Besitz der Vallourec Tubes. HKM ist spezialisiert auf die Erzeugung von Qualitätsstahl und beliefert die Gesellschafter mit Vormaterialien von Brammen- und Rundstrangguss. Die Jahresproduktion an Stahl betrug für das Jahr 2011 5,3 Millionen Tonnen, etwa 12 % des in Deutschland produzierten Stahls.

Der betrachtete Produktionsstandort stellt ein integriertes Hüttenwerk mit rund 3000 Mitarbeitern bestehend aus einer Kokerei, einer Sinteranlage, zwei Hochöfen und einem Stahlwerk mit fünf Stranggießanlagen dar. Überschüssige Prozessgase werden in einem mit der Hütte im energetischen Verbund stehenden Kraftwerk verstromt.¹

Bis zu Beginn des Jahres 2014 musste HKM zur Koksversorgung der Hochöfen zusätzlich zum Eigenkoks Fremdkoks am internationalen Markt zukaufen. Eine umfassende Erweiterung der vorhandenen, im Jahre 1984 erbauten Kokerei (Produktionskapazität: 1,08 Millionen Tonnen/Jahr) im Rahmen eines Neubaus einer zweiten Koksbatte mit dem Ziel der Verdoppelung der Koksabfuhrmenge bereitet dem integrierten Hüttenwerk den Weg vom Koks-Fremdbezieher zum 100 % Koks-Eigenversorger und erlaubt darüber hinaus Koks an die Gesellschafter zu exportieren. Die geplante Inbetriebnahme der zweiten Koksbatte mit einer angestrebten Koksproduktionsleistung von 2,3 Millionen Tonnen pro Jahr wird mit März 2014 festgelegt.

Trotz ganzheitlichem Neubau einer zweiten Koksofenbatte wird die bereits vorhandene Infrastruktur der Kokerei (Ofenmaschinen² und Anlagen der Batterieperipherie) nur geringfügig überarbeitet und der neuen Produktionsherausforderung angepasst. Anlagenleistungstests im Januar 2014 führen zu dem Ergebnis, dass das vorhandene Verfügbarkeitsniveau bestehender Ver- und Entsorgungsanlagen nicht zur Erreichung des zu realisierenden Produktionsziels genügt. Einschränkungen werden sowohl auf leistungstechnischer als auch störungsbedingter Hinsicht gefunden. Diese Arbeit setzt sich mit der Minimierung störungsbedingter Verfügbarkeitsverluste auseinander.

1.1 Problemstellung

Die Ausgangssituation ist mit folgenden Punkten zu beschreiben:

- Das mangelnde Verfügbarkeitsniveau der in der Kokerei eingesetzten Ofenmaschinen ist hauptsächlich auf das aktuelle Störgeschehen zurück zu führen.
- Aussagekräftige Schadens- und Störinformationen fehlen aufgrund nicht vorhandener systematisierter Stördokumentations- und Schadenserfassungssysteme.

¹ Quelle: HKM interne Informationen

² =Füllmaschinen, Druckmaschinen, Überleitmaschinen, Löschmaschinen

- Es sind keine fundierten Kenntnisse über Störursachen und Störbilder zur Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen vorhanden.
- Die aktuelle Instandhaltungsstrategie ist den Anforderungen nach Höchstverfügbarkeit und Zuverlässigkeit in den produktionskritischen Anlagenteilen nicht adäquat angepasst.
- Ein positiver Einfluss des angewendeten Instandhaltungsstrategiemixes auf die nachhaltige Minimierung von Störungen ist nicht erkennbar.

1.2 Zielsetzung

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist die Implementierung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes.

Die Erreichung des Vorhabens stützt sich auf folgende Unterpunkte:

1. Aufbau einer einheitlichen Stördokumentations- und Störanalyse-Systematik
2. Verbesserung des Verhältnisses geplanter zu ungeplanter Instandhaltungstätigkeiten
3. Weiterentwicklung des vorwiegend reaktiven Instandhaltungsstrategiemixes in Richtung vorbeugende Instandhaltung
4. Entwicklung einer kontinuierlichen Berichtssystematik zur Durchführung von Störanalysen, Ableitung von Störungsbeseitigungsmaßnahmen und Überprüfung der nachhaltigen Wirksamkeit von Maßnahmen und Strategien

Auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche mit Fokus auf Schwachstellenermittlung und Schwachstellenbeseitigung wird ein Konzept zur Verbesserung des vorhandenen Instandhaltungsstrategiemixes erarbeitet. Kurz- und mittelfristige Verbesserungsmaßnahmen werden in der Praxis umgesetzt.

Die Durchführung der praktischen Arbeit basiert auf drei Handlungsfeldern, deren aktueller Ist-Stand erhoben, bewertet und in weiterer Folge optimiert wird.

Die Handlungsfelder und deren untergeordnete Teilziele sind wie folgt:

→ Handlungsfeld 1: Stördokumentation und Schadenserfassung

- Vereinheitlichung und Neudefinition von Störschlüsseln
- Entwicklung eines ganzheitlichen Stördokumentationssystems

→ Handlungsfeld 2: Stör- und Schadensanalyse

- Sammlung und Aufbereitung von Stördaten
- Ableitung von Störschwerpunkten
- Entwicklung einer kontinuierlichen Berichtssystematik zur Überprüfung der nachhaltigen Wirkung von Maßnahmen und Strategien

→ Handlungsfeld 3: Implementierung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes

- Optimierung des Verhältnisses von geplanter und ungeplanter Instandhaltung
- Analyse und Verbesserung der vorhandenen W&I-Systematik
- Ableitung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes

2 Instandhaltungstechnische Schwachstellenanalyse

Das nachfolgende Kapitel gibt einen Überblick über die Grundlagen der Instandhaltung. Relevante Leitbegriffe wie Instandhaltungstätigkeiten werden definiert und näher beschrieben. Die Komplexität in der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten wird aufgezeigt. Über das Instandhaltungsmanagement und die Anwendung von Instandhaltungsregelkreisen zur systematisierten, kontinuierlichen Verbesserung der Anlagenleistung wird auf das Thema der Schwachstellenanalyse übergeleitet.

Die Schwachstellenanalyse wird in einer umfassenden Literaturrecherche ausführlich erläutert. Unterschiedliche Ansätze zur Schwachstellenermittlung und –beseitigung werden aufgezeigt. Als Ergebnis werden die Vorteile und Potentiale der Schwachstellenanalyse zusammengefasst und Vorschläge zur Umsetzung dieser Methodik in der Praxis abgeleitet.

2.1 Instandhaltung und Instandhaltungsmanagement

Dieser Abschnitt widmet sich dem allgemeinen Thema der Instandhaltung. Er geht auf die Komplexität der Instandhaltung ein, erläutert, warum die Instandhaltung als eigene Managementaufgabe anzusehen ist und beschreibt die praktische Umsetzung instandhaltungsspezifischer Managementaufgaben im Rahmen von Instandhaltungsregelkreisen.

Die Instandhaltung ist ein wichtiger Unternehmensprozess, ein Kernprozess der Produktion, der aus vorhandenen Inputgrößen Outputgrößen schafft (vgl. Abbildung 1).

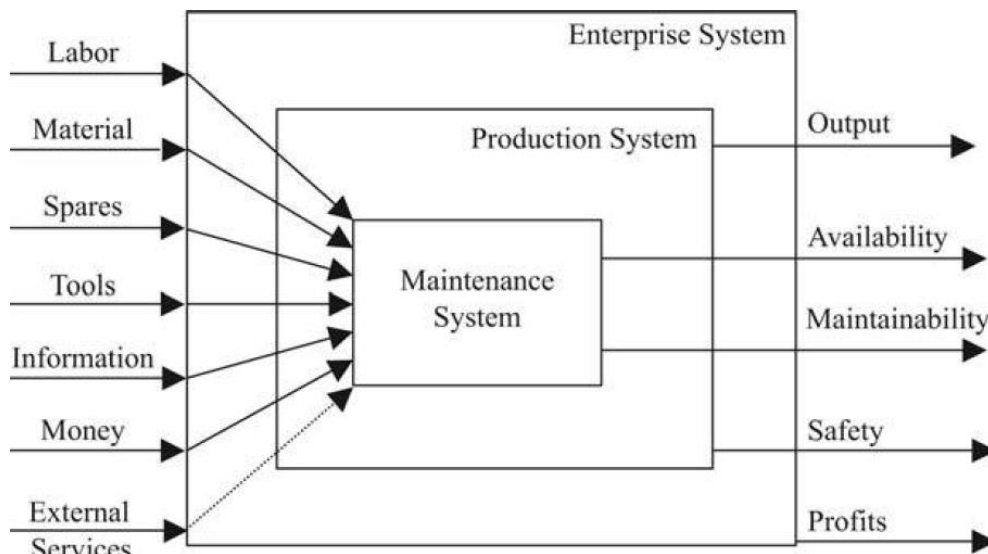


Abbildung 1: Input output model of the enterprise³

Als Prozessinput sind vergleichbar zu Produktionsprozessen maßgeblich die Elemente Material, Mensch und Maschine bestimmend. Der instandhaltungsspezifische Prozessoutput kann in Form der Kenngrößen Verfügbarkeit, Produktionsrate, Qualität, Instandhaltbarkeit und Zuverlässigkeit abgebildet werden.⁴ Neben den Hauptinputgrößen sind Ersatzteilwirtschaft, Methoden und Instrumente, Informationssysteme, wirtschaftliche Aspekte sowie externe Dienstleistungen relevante Prozesseingangsgrößen.⁵

³ Quelle: Al-Turki (2011), S. 153

⁴ Vgl. Campbell et al. (2011)

⁵ Vgl. Al-Turki (2011), S. 153f.

Die prozessorientierte Betrachtung der Instandhaltung stellt einen neuen Fokus auf die behandelte Thematik dar. In vergangenen Anschauungen wird die Instandhaltung rein als kostentreibende Dienstleistung zur Unterstützung der Produktion verstanden. Die Sichtweise der Instandhaltung als eigener Prozess ermöglicht den Mehrwert durch erfolgreiche durchgeführte Instandhaltungstätigkeiten in Form von klar definierten Outputgrößen greifbar zu machen.

2.1.1 Grundbegriffe der Instandhaltung

Der Begriff der Instandhaltung (IH) umfasst sämtliche Aktivitäten, die die Funktionsfähigkeit und den Wert technischer Objekte sichern und erhalten, und wird laut DIN 31051, dem Standard zum Thema „Grundlagen der Instandhaltung“, wie folgt definiert:

„Instandhaltung ist die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“

Als Betrachtungseinheit (BE) wird jedes Bauelement, Gerät, Teilsystem, jede Funktionseinheit, jedes Betriebsmittel oder System, das für sich allein betrachtet werden kann, definiert.⁶

Instandhaltung stellt den Oberbegriff für Tätigkeiten der Wartung, Inspektion und Instandsetzung dar und bezieht seit Neuformulierung der DIN 31051 im Jahre 2003 ebenso Maßnahmen der Anlagenverbesserung mit ein. In Abhängigkeit vom jeweiligen Anlagenzustand beeinflussen Instandhaltungstätigkeiten die Nutzungsdauer technischer Anlagen.

Der Einsatz der unterschiedlichen Instandhaltungstätigkeiten und deren Wirkung auf den zeitlichen Abbau des Abnutzungsvorrates sowie die mit den Maßnahmen einhergehenden Instandhaltungsstrategien werden mit Abbildung 2 verdeutlicht.

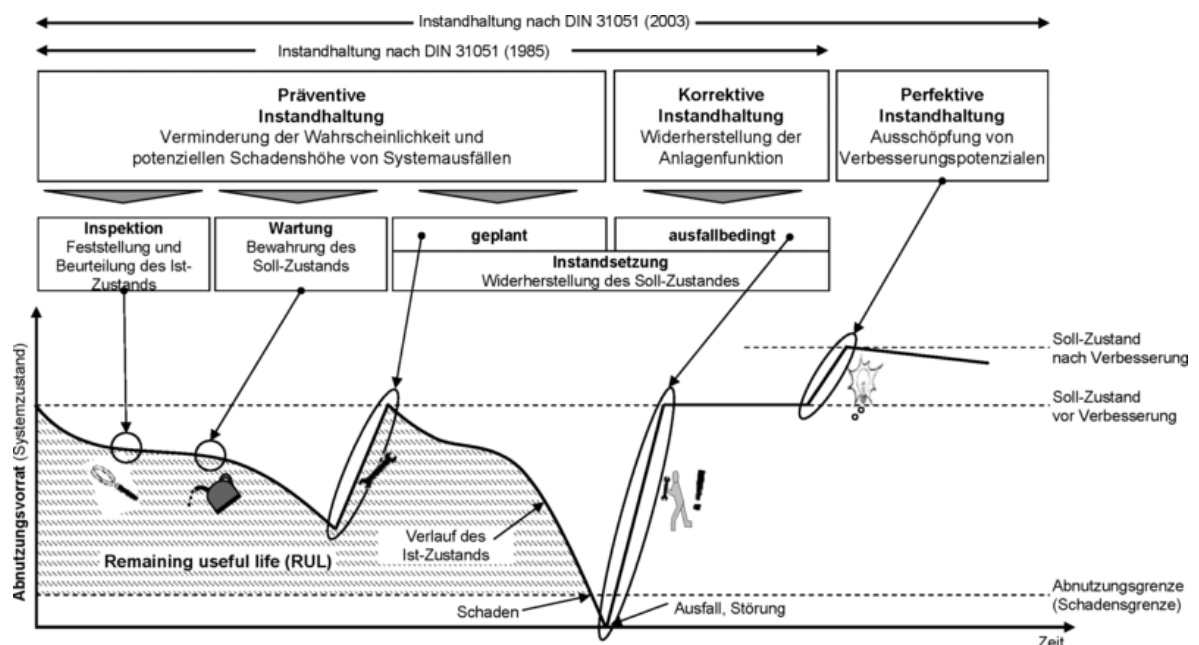


Abbildung 2: Instandhaltung nach DIN 31051⁷

⁶ Quelle: DIN 31051 in der Fassung 2001-10, Überarbeitung von DIN 31051: 1985-01

⁷ Quelle: https://wiki.zimt.uni-siegen.de/fertigungsautomatisierung/index.php/Datei:Bild88_1.png vom 13.08.2014, Verfasser: (Anonym)

Instandsetzung

Unter dem Begriff Instandsetzung fallen Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes von technischen Systemen. Instandsetzungsaufgaben sind beispielsweise Handlungen des Ausbesserns und Austauschens, welche planmäßig oder unplanmäßig durchgeführt werden.

Ausgeschlossen von diesen Tätigkeiten zur Rückführung technischer Anlagen in den funktionsfähigen Zustand sind Lösungen zur Anlagenverbesserung.⁸

Kann im Rahmen der Instandsetzung derselbe Nutzungsvorrat wiederhergestellt werden wie zum Zeitpunkt des Laufzeitbeginns, wird von „perfekter Reparatur/perfekter Instandsetzung“ gesprochen. In der Praxis erreicht nicht jede Instandsetzungsmaßnahme diesen Effekt. Zur perfekten Reparatur werden mangelhafte Instandsetzungsmaßnahmen unterschieden, welche zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit bei höherer Ausfallrate als zu Nutzungsbeginn der technischen Betrachtungseinheit führen.

Neben der perfekten und mangelhaften Reparatur wird zusätzlich zwischen minimalen und schlechten Instandsetzungsmaßnahmen differenziert. Bei minimaler Reparatur liegt die Ausfallrate nach Instandsetzung auf einem Wert, der sehr ähnlich der Ausfallrate direkt vor der eingetretenen Störung ist. Bei schlechter Instandsetzung ist der Abnutzungsvorrat geringer als vor dem Störereignis. Ursachen sind beispielsweise der Austausch falscher Teile oder die Beschädigung von Aggregaten im Rahmen der Reparaturmaßnahme.⁹

Inspektion

Inspektionstätigkeiten dienen der Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Einrichtungen. Um eine Vergleichbarkeit der ermittelten Werte gewährleisten zu können, muss der Ist-Zustand unter klar definierten Betriebs- und Umweltbedingungen untersucht werden.

Im Rahmen der Inspektion werden ebenso Ursachen von Abnutzungen bestimmt und notwendige Konsequenzen zur Verbesserung der zukünftigen Nutzung abgeleitet.

Wartung

Im Gegensatz zur Instandsetzung, der Wiederherstellung des Sollzustandes, dienen Wartungsmaßnahmen der Bewahrung der Sollbeschaffenheit technischer Systeme. Handlungen zur Verzögerung des Abbaus von Abnutzungsvorräten bedingt durch verminderte Abnutzungsgeschwindigkeiten fallen in diesen Instandhaltungsbereich.

Wartungstätigkeiten sind beispielsweise Arbeiten des Reinigens, Konservierens, Schmieren, Ergänzens, Auswechslens und Nachstellens, welche während des Betriebes oder in betrieblichen Stillständen durchgeführt werden.¹⁰

Verbesserung

Unter Verbesserungen werden kombinierte technische und administrative Managementmaßnahmen verstanden, welche zur Steigerung der Funktionsfähigkeit von Systemeinheiten führen, ohne die von ihnen geforderten Funktionen zu verändern. Abnutzungsvorräte vergrößern sich durch Verbesserungsmaßnahmen, Ausfallraten werden minimiert.

Grundlegende Forderung zur Ableitung und Umsetzung von Verbesserungen ist die Durchführung umfassender Schadens- und Schwachstellenanalysen.¹¹

⁸ Vgl. Warnecke (1992), S. 17f.

⁹ Vgl. Hoang & Hongzhou (1996)

¹⁰ Vgl. Warnecke (1992), S. 17ff.

2.1.2 Instandhaltungsstrategie

Eine Strategie ist ein Umsetzungsplan, mit dessen Hilfe Ziele unter Einhaltung einer gewissen Politik erreicht werden. Angepasste, gut formulierte Strategien dienen Unternehmen zur Ordnung und Zusammenfassung ihrer Ressourcen sowie zur angepassten Ausrichtung dieser auf gemeinsame Ziele.¹²

Mintzberg et al. definieren drei zentrale Elemente, welche eine Strategie beinhalten muss:

- Ziele, die es zu erreichen gibt,
- Grundsätze, die den Rahmen für weitere Schritte vorgeben und
- Umsetzungspläne zur Erreichung der Ziele.¹³

Der Begriff der Instandhaltungsstrategie wird in der Literatur nicht eindeutig definiert.

In der EN 13306:2001 wird die Instandhaltungsstrategie als Instandhaltungsinstrument zur Erreichung von Instandhaltungszielen beschrieben.¹⁴ Gallimore und Penlesky charakterisieren den Begriff der Instandhaltungsstrategie als Kombination reaktiver Instandhaltung, geplanter Vorbeugemaßnahmen und Inspektionsmaßnahmen, Ausführung von Anlagen in Form redundanter technischer Einrichtungen und Maßnahmen zur Anlagenverbesserung.¹⁵ Nach Pawellek gibt die Instandhaltungsstrategie die Regeln vor, um „Instandhaltungsmaßnahmen zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Qualität und im richtigen Umfang durch die richtigen Personen durchzuführen“.¹⁶

Trotz Unstimmigkeiten in der genauen Begriffsdefinition der Instandhaltungsstrategie sind sich alle Autoren in einem Punkt einig: Die „optimale“ Instandhaltungsstrategie ist einzig für den jeweilig betrachteten Betrieb gültig. Es gibt keine Standardlösungen. Ebenso gilt: Wird ein adäquater Instandhaltungsmix für ein Unternehmen gefunden, muss dieser kontinuierlich überprüft, überwacht und gegebenenfalls angepasst werden, denn die Instandhaltungsstrategie ändert sich laufend mit dem Betrieb mit.¹⁷

Bei der kontinuierlichen Überarbeitung der Instandhaltungsstrategie wird zwischen Strategieanpassungen und Strategiemodifikationen unterschieden. Strategieanpassungen sind Prozesse geringer Problemkomplexität, welche nicht zwingend als Projekte durchgeführt werden müssen. Strategiemodifikationen stellen umfangreiche Überarbeitungen dar und sind im Rahmen von organisationalen Lernprojekten abzuwickeln.¹⁸

Die er- bzw. überarbeiteten Strategien müssen über ein strukturiertes und zugleich flexibles Konzept verfügen, welches in schriftlicher Form festzulegen ist.

Schwedische Studien über den strategischen Bezug von Unternehmen im Bereich Instandhaltung kommen zu dem Schluss, dass 28 % der nationalen Instandhaltungsbetriebe keine Instandhaltungsstrategie formuliert haben¹⁹, obwohl die Erarbeitung und Implementierung dieser die Kernprozesse des Instandhaltungsmanagements darstellen.²⁰ Eine weitere Umfrage, die etwa 300 schwedische Produktionsunternehmen untersucht, zeigt auf, dass nur

¹¹ Vgl. Strunz (2012), S. 3

¹² Vgl. Salonen (2009)

¹³ Vgl. Mintzberg et al. (1999) zitiert nach Salonen (2009)

¹⁴ Vgl. Kans & Ingwald (2008)

¹⁵ Vgl. Gallimore u. Penlesky (1988) zitiert nach Salonen (2009)

¹⁶ Pawellek (2013), S. 127

¹⁷ Vgl. Waeyenbergh & Pintelon (2009)

¹⁸ Vgl. Sagadin (2002)

¹⁹ Vgl. Salonen (2009), S. 2

²⁰ Vgl. Márquez et al. (2009)

48 % der betrachteten Betriebe über eine niedergeschriebene Instandhaltungsstrategie verfügen.²¹ Die schriftliche Fixierung von strategischen Plänen stellt jedoch einen wesentlichen Erfolgsfaktor im Instandhaltungsmanagement dar. Entscheidungs- und Funktionsträger im Bereich Instandhaltung wie auch in der gesamten Anlagen- und Produktionswirtschaft sollen angestrebte Ziele und Maßnahmenpläne kennen, um den Weg zur Zielerreichung durch Selbstinitiative und bewusstes Handeln unterstützen zu können.²²

Entwicklung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes

Die Festlegung einer adäquaten Instandhaltungsstrategie stellt eine große Herausforderung dar und ist hinsichtlich Personal- und Managementaufwand sehr ressourcenintensiv. Lookheed beschreibt die Strategiefestlegung als kritischen Schritt, in dem es gilt aus einer „Buchstabensuppe aus Philosophien und deren Methoden“ eine geeignete Maßnahmenkombination zu finden.²³

Zur Entwicklung einer Instandhaltungsstrategie sind drei grundlegende Schritte nötig:²⁴

- (1) Die Formulierung eines Plans bezogen auf jede technische Einheit, der vorgibt, was getan werden muss,
- (2) die Bereitstellung von materiellen und personellen Ressourcen und
- (3) die Einführung der Strategie.

Hölbfer beschreibt ein detailliertes Vorgehensmodell zur Strategiewahl in der Instandhaltung. Basierend auf einem Vorgehens- und Entscheidungsmodell kann eine Ableitung und Überarbeitung der Instandhaltungsstrategie durchgeführt werden (vgl. Abbildung 60, Anhang S. a). Wichtige Grundlage für die Festlegung des geeigneten Instandhaltungsstrategiemixes ist die klare Erläuterung des Ausfallverhaltens von Betrachtungseinheiten um den jeweils entsprechenden Ausfallursachen präventiv entgegenwirken zu können.²⁵

Ein experimenteller Ansatz zur vereinfachten Ableitung eines angepassten Instandhaltungsstrategiemixes auf Basis mathematischer Modelle stellt das CIBOCOF²⁶ Rahmenwerk dar. Mithilfe dieses Rahmens werden Leitlinien für die Auswahl der geeigneten Instandhaltungspolitik und damit einhergehender Instandhaltungsmodelle vorgegeben. Die Ableitung der angepassten Strategie erfolgt in einem fünfstufigen Regelkreis, der auf einem erweiterten PDCA-Zyklus beruht und zur Identifikation wichtigster Anlagensysteme (Most Important Systems, MIS) und kritischster Anlagenkomponenten (Most Critical Components, MCC) beiträgt (vgl. Abbildung 61, Anhang S. b).²⁷

Zur methodenbasierten Ableitung von Instandhaltungsstrategien werden ebenso sprachwissenschaftlich ausgeprägte Unschärfemodelle wie das „Fuzzy Linguistic Modeling (FLM)“ angewendet.²⁸

Der praktische Nutzen wissenschaftlicher Modelle zur Strategieableitung ist aufgrund unvollständiger Daten und Informationen in vielen Fällen eingeschränkt. Nähere Informationen über das CIBOCOF- und FLM-Rahmenwerk können den angegebenen Literaturquellen entnommen werden.

²¹ Vgl. Salonen (2009), S. 2f.

²² Vgl. Biedermann (2009)

²³ Vgl. Lockheed (1997)

²⁴ Vgl. Bartz et al. (2014)

²⁵ Vgl. Hölbfer (2013), S. 79ff.

²⁶ CIBOCOF: Centrum voor Industriereel Beleid OnderhoudsConcept Ontwikkelings Framework; Centre for Industrial Management Maintenance Concept Development Framework

²⁷ Vgl. Waeyenbergh & Pintelon (2009)

²⁸ Vgl. Sharma et al. (2005)

Ist ein angepasster Instandhaltungsstrategiemix gefunden, kann dieser in seiner strategischen Ausrichtung als Dreiecksverhältnis zwischen reaktiven, präventiven und zustandsorientierten Instandhaltungsmaßnahmen dargestellt werden (vgl. Abbildung 3).²⁹



Abbildung 3: Instandhaltungsstrategie im Dreiecksverhältnis³⁰

Die grundlegenden, bereits in Abbildung 3 aufgezeigten Basisstrategien der Instandhaltung sind wie folgt:

- (1) Schadensbasierte/Reaktive Instandhaltung
- (2) Zeitbasierte/Präventive Instandhaltung
- (3) Zustandsbasierte Instandhaltung

Zeitbasierte und zustandsbasierte Instandhaltung greifen vorbeugend in das Störgeschehen technischer Einrichtungen ein. Schadensbasierte Instandhaltungsstrategien sind als rein reaktive Störungsbeseitigungsansätze anzusehen.

Anhand der drei Basisstrategien können verschiedene Strategien in der Detailausführung differenziert werden. Abbildung 4 gibt einen Auszug über einige dieser.

Instandhaltungsstrategien	schadensbezogene Strategien	volle Instandsetzung					Schwachstellenbeseitigung
		Minimal-Instandsetzung					
	vorbeugende Strategien	zeitbezogen	starr-periodisch	Wartungsstrategien	opportunistische Strategien	einfache Strategien	
			flexibel-periodisch				
zustandsbezogen	Überwachungsstrategien		Inspektionsstrategien				

Abbildung 4: Untergliederung der Instandhaltungsstrategien³¹

Trotz unterschiedlicher Ansätze zur Störungsminimierung und –beseitigung schließen alle Strategien mit demselben letzten Schritt ab: Einer umfassenden Schwachstellenanalyse mit anschließender Schwachstellenbeseitigung.

²⁹ Vgl. Reichel & Müller (2009)

³⁰ Vgl. Reichel & Müller (2009), S. 137

³¹ Quelle: Pawellek (2013), S. 130

Schadensbasierte Instandhaltung

Die schadensbasierte Instandhaltung, auch reaktive, ausfalls- oder störungsbedingte Instandhaltung genannt, wird nach Eintritt eines Störereignisses angewandt und setzt sich aus unterschiedlichen Störungsbeseitigungsmaßnahmen zusammen. Volle Instandsetzung umfasst Handlungen perfekter Reparatur, Minimal-Instandsetzung mangelhafte, minimale und schlechte Instandsetzungsmaßnahmen.

Vorbeugende Tätigkeiten zur Beeinflussung des Störgeschehens finden in der schadensbasierten Instandhaltung keine Anwendung.

Diese Instandhaltungsstrategie eignet sich für Anlagen, die wenig benutzt werden, in denen Produktionsunterbrechungen zu keinen Schwierigkeiten in der Lieferkette führen oder deren Systeme redundant ausgelegt sind. Geforderte Grundvoraussetzung ist, dass keine unsicheren Anlagenzustände hinsichtlich Gesundheits- und Umweltschutz durch den Einsatz der schadensbasierten Instandhaltung eintreten können.

Zeitbasierte Instandhaltung

Bei Anwendung zeitbasierter Instandhaltungsstrategien werden technische Einrichtungen in zeitlich fixierten Intervallen unabhängig vom gegebenen Anlagenzustand ausgetauscht. Als Basis für die geplanten Instandhaltungsintervalle werden beispielweise Kalenderzeiten, Betriebsstunden oder Produktionsmengen herangezogen.

Diese Form der Instandhaltung findet oft bedingt durch gesetzliche Vorschriften und in Fällen, in denen der Ausfall eines Bauteils aus sicherheitstechnischen und/oder umwelttechnischen Gesichtspunkten ein nicht vertretbares Risiko darstellt, Einsatz.

Zustandsbasierte Instandhaltung

Bei der zustandsbasierten Instandhaltung werden Instandhaltungsmaßnahmen aufgrund von Ergebnissen von Anlagenzustandsüberwachungen geplant. Durch Inspektion, technische Prüfungen und Anwendung von offline oder online Anlagendiagnostik wird der Zustand technischer Einrichtungen laufend überwacht und bewertet. Anhand der Bewertung werden notwendige Tätigkeiten abgeleitet.

Zustandsüberprüfungen werden in zeitlich fixierten Intervallen oder kontinuierlich durchgeführt. Das optimale Ziel dieser Instandhaltungsstrategie ist erreicht, wenn Bauteile kurz vor ihrem Ausfall ausgetauscht und ihre Abnutzungsvorräte maximal ausgeschöpft werden. Das Wissen über die Abhängigkeit zwischen Abnutzungsvorrat und Restfunktionsdauer ist Basis für die Anwendung der zustandsbasierten Instandhaltung.³²

Untersuchungen aus den Neunzigerjahren zeigen, dass viele Instandhaltungsbetriebe einen Großteil ihrer geleisteten Arbeitszeit mit Instandhaltungstätigkeiten nach bereits eingetretenen Störungen verbringen. Der Anteil an Instandsetzungsmaßnahmen liegt im Schnitt zwischen 75 – 85 %.³³ Neuere Untersuchungsergebnisse spiegeln ein anderes Bild wider: Durch Veränderungen im Bereich der Instandhaltung werden etwa 50 % der vorhandenen zeitlichen Instandhaltungsressourcen für reaktive, 20 - 30 % für präventive, etwa 20 % für zustandsbasierte und 10 % für anlagenverbessernde Instandhaltungstätigkeiten eingesetzt.³⁴

Je nach Auswahl der angewendeten Instandhaltungsstrategie lassen sich positive oder negative Einflüsse auf Produktionsqualität, Anlagenverfügbarkeit und allgemeine Kostenreduktion erkennen. Vorwiegend zeitbasiert oder zustandsbasiert ausgerichtete Instandhaltungs-

³² Vgl. Pawellek (2013), S. 130ff.

³³ Vgl. Lockheed (1997)

³⁴ Vgl. Fedele (2011), S. 13

strategien führen zu einer stark positiven Beeinflussung der genannten Größen. Der Einsatz hauptsächlich reaktiver Instandhaltungstätigkeiten wirkt sich leicht negativ auf Produktionsqualität und Anlagenverfügbarkeit und stark nachteilig auf die Kostenreduktion in der Instandhaltung aus.³⁵

Die zukünftige Entwicklung im Bereich Instandhaltungsstrategie wird wie folgt angestrebt: Maximierung zustandsüberwachender, Optimierung reaktiver, nicht planbarer und Minimierung vorbeugender, planbarer Instandhaltung (vgl. Abbildung 5).

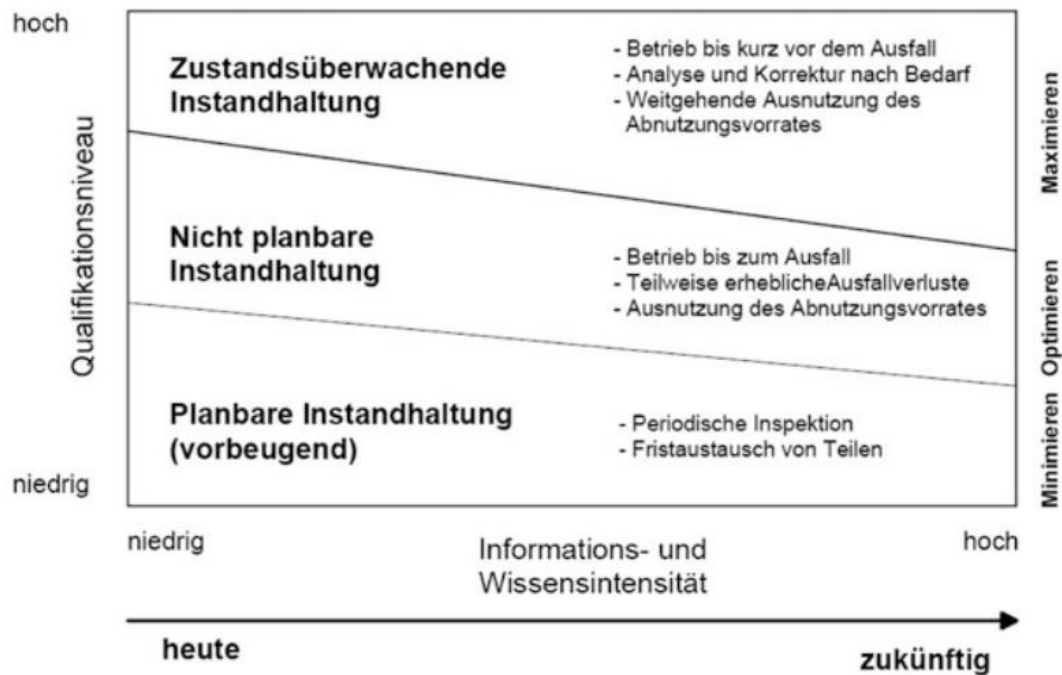


Abbildung 5: Entwicklung der Anteile von Instandhaltungsstrategien³⁶

Umfragen zeigen, dass zahlreiche Betriebe der Stahlindustrie zur kontinuierlichen Instandhaltungs- und Anlagenverbesserung vor allem folgende Methoden und Instrumente als zielführend ansehen: präventive/vorbeugende Instandhaltungsanschauungen, Fremdvergaben, Projektmanagement- sowie allgemeine Managementsysteme gefolgt von den Instandhaltungsphilosophien TPM (Total Productive Maintenance) und RCM (Reliability-Centered Maintenance).³⁷

TPM geht als Globalphilosophie auf die Forderung nach „Nullverlusten“, d.h. Nullstörungen ein.³⁸ RCM ist eine auf Maximierung der Verfügbarkeit fokussierte Methode zur optimalen Planung präventiver Instandhaltungsmaßnahmen.³⁹

Über die bereits erwähnten Philosophien hinaus finden Instandhaltungsanschauungen mit Fokus auf Qualität vermehrt in der Praxis Einsatz. Durch Kombination von TPM mit QFD (Quality Function Deployment) werden Umsetzungsversuche eines „Maintenance Quality Function Deployment (MQFD)“ durchgeführt.⁴⁰ Das Modell des „Plant Function

³⁵ Vgl. Swanson (2001)

³⁶ Quelle: Pawellek (2013), S. 133

³⁷ Vgl. Weddige (2003)

³⁸ Vgl. Biedermann (2008a), S. 154f.

³⁹ Vgl. Selvik & Aven (2011)

⁴⁰ Vgl. Pramod et al. (2006)

Deployment (PFD)⁴¹, einer QFD gestützten RCM, findet ebenso in der Praxis Anwendung.⁴¹

2.1.3 Instandhaltungsmanagement und Instandhaltungsregelkreise

Die Tätigkeiten der Instandhaltung (Inspektion – Wartung/Reparatur – Schwachstellenforschung – Verbesserung) bilden aneinander gereiht das Ablaufbild einer funktionellen Instandhaltung, einen Kreislauf der kontinuierlichen Instandhaltungs- und Anlagenverbesserung, ab.

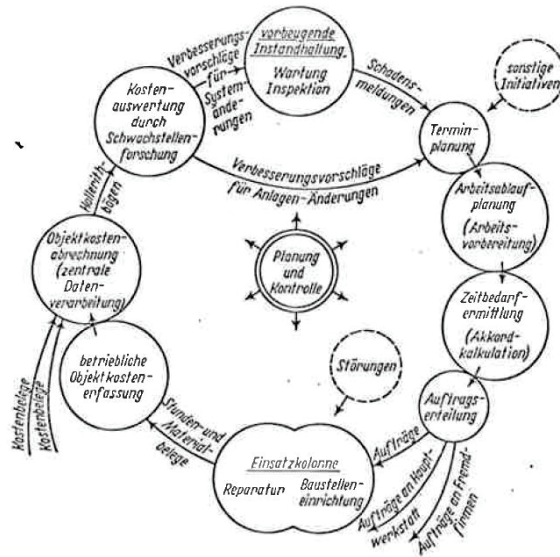


Abbildung 6: Funktionelle Instandhaltung (jede Operation ist eine Funktion der vorhergehenden; die einzelnen Operationen schließen sich zum Kreis)⁴²

Abbildung 7: Kreisdiagramm der Instandhaltung (nach H. Wiegel, 1972)⁴³

Wiegel beschreibt 1965 diesen Regelkreis erstmals (vgl. Abbildung 6) und empfiehlt, den Leitgedanken des geschlossenen Instandhaltungskreises als wichtige Verständnisbasis im Gehirn des Instandhaltungsingenieurs zu verankern um im Iterationsverfahren instandhaltungsspezifische Arbeiten und Kosten kontinuierlich und erfolgreich überwachen und optimieren zu können. Mit den Worten „Der ganze Kreislauf aber ist erfüllt von der Initiative und dem Elan des verantwortlichen Betriebsingenieurs, der stets neue Impulse dorthin zu geben hat“⁴⁴ betont der Autor, dass der Erfolg in der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten stark vom Bewusstsein der verantwortlichen Instandhaltungsmitarbeiter abhängig ist.⁴⁵

Der Regelkreis der funktionellen Instandhaltung stellt einen operativen Soll-Ablauf und eine empfohlene Denkreihenfolge in der Instandhaltung dar. Der Einsatz der Schwachstellenforschung gefolgt von der Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen ist auf operativer und strategischer Ebene ein wichtiges Bindeglied im Instandhaltungskreislauf und ermöglicht die kontinuierliche Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen.

⁴¹ Vgl. Kianfar & Kianfar (2010)

⁴² Quelle: Wiegel (1965), S. 1445

⁴³ Quelle: Unger (1979), S. 970

⁴⁴ Wiegel (1965), S. 1445

⁴⁵ Wiegel (1965), S. 1445f.

Als Kritik an Wiegels 1965 vorgestellten Kreislauf ist anzumerken, dass der gesamte Instandhaltungsregelkreis rein auf Kostenbasis durchleuchtet wird. In einer Neuerung erweitert der Verfasser 1972 seine Ansichten auf eine umfassende Datenerfassung (siehe Abbildung 7).⁴⁶

Der funktionelle Regelkreis der Instandhaltung stellt eine wichtige Basis für das Umdenken der Instandhaltungsanschauung vom reinen Dienstleister und Kostentreiber in Richtung prozessorientierte, wertschöpfende Managementaufgabe dar. Hohe Kostensenkungs- und Leistungssteigerungspotentiale bekräftigen die Managementrolle der Instandhaltung, was vor allem für Produktionsunternehmen hoher Anlagenintensität große Bedeutung hat. Aufgrund hoher Spezifikationen sowie unterschiedlicher Schwierigkeits- und geringer Wiederholungsgrade bei der Ausführung kann der Charakter des Instandhaltungsmanagements mit jenem des komplexen Projektmanagements verglichen werden.⁴⁷

Laut DIN EN 13306:2001 wird der Begriff des Instandhaltungsmanagements wie folgt definiert:

„Alle Tätigkeiten der Führung, welche die Ziele, die Strategie und die Verantwortlichkeiten der Instandhaltung bestimmen und sie durch Mittel der Planung, Steuerung, Überwachung und Verbesserung der Organisationsmethoden einschließlich wirtschaftlicher Gesichtspunkte verwirklichen.“⁴⁸

Biedermann erweitert diese Definition um den Aspekt der Personalführung. Er ergänzt den Rahmen der Instandhaltungsmanagementaufgaben um die Bereiche Planung, Durchführung und Kontrolle und beschreibt das Instandhaltungsmanagement ebenso als Regelkreis, welcher aus folgenden Handlungsfeldern besteht:⁴⁹

- Formulierung instandhaltungsspezifischer Ziele unter Berücksichtigung anlagenwirtschaftlicher Zusammenhänge
- Erarbeitung einer dynamisch gestalteten Instandhaltungspolitik
- Festlegung einer optimal angepassten, dynamischen Instandhaltungsstrategie bzw. einem optimalen Mix unterschiedlicher Strategieansätze
- Implementierung einer instrumentenunterstützten Planung für einzelne Instandhaltungsarbeiten
- Anpassung sämtlicher Ressourcendispositionen
- Vorgabe von Ablaufplanungen sowie Terminsteuerung für sämtliche Instandhaltungsmaßnahmen
- Einführen betrieblicher Kontrollen sowie Entwicklung und Implementierung eines Instandhaltungs-Controllings als Bindeglied zwischen Führung und Ausführung sowie strategischer und operativer Ebene
- Forcierter Einsatz zielgerichteter Organisationstools sowie Problemlösungstechniken und –instrumente zur Umsetzung von Analyse-, Planungs- und Kontrollmaßnahmen

⁴⁶ Vgl. Unger (1979), S. 970f.

⁴⁷ Vgl. Strunz (2012), S. 7

⁴⁸ DIN 13306 (2001), S. 9.

⁴⁹ Vgl. Biedermann (2008a), S. 27f.

Eine beispielhafte Regelkreisdarstellung des Instandhaltungsmanagements ist mit Abbildung 8 gegeben.

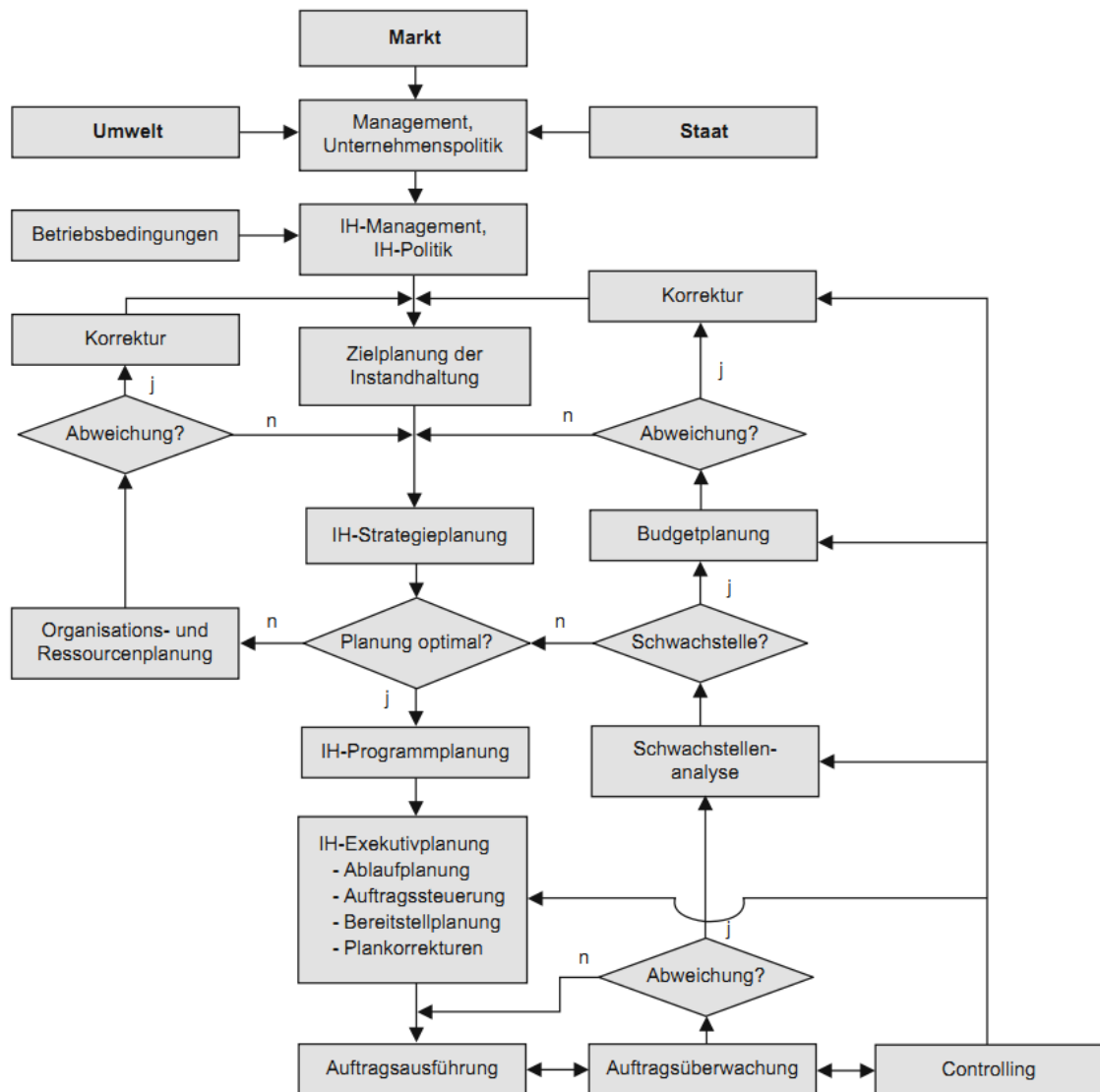


Abbildung 8: Regelkreis des Instandhaltungsmanagements⁵⁰

In der Regelkreisdarstellung nach Abbildung 8 werden die Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Handlungsfeldern ersichtlich. Umwelt, Markt und Staat wirken von außen auf ein Unternehmen ein und beeinflussen die Festlegung von Unternehmensmanagement und Unternehmenspolitik. Das Instandhaltungsmanagement und die Instandhaltungspolitik leiten sich aus den Grundzügen des Unternehmens ab.

Die Instandhaltungspolitik legt fest, wer welche Instandhaltungsleistungen wo und durch welche Tätigkeiten ausführt.⁵¹ Durch Formulierung und Implementierung einer angepassten Politik kann ein Unternehmen seine Produktivität auf umfassende Art und Weise erhöhen.⁵²

⁵⁰ Quelle: Strunz (2012), S. 8

⁵¹ Vgl. Kans & Ingwald (2008)

⁵² Vgl. Rodrigues & Hatakeyama (2006)

Anhand der gewählten Grundzüge der Instandhaltung werden genau definierte Instandhaltungsziele festgelegt. Zur Zielerreichung wird eine geeignete Instandhaltungsstrategie erarbeitet und deren praktische Ausführung in Form von Instandhaltungsprogrammen festgelegt. Instandhaltungsprogramme stellen die Basis für die operative Instandhaltungsplanung und Instandhaltungsdurchführung dar.

Bei der Planung der operativen Instandhaltungsdurchführung ist ein idealer Einsatz von Personal und Material anzustreben. Wie schwedische Studien zeigen, weisen viele Instandhaltungsbetriebe im Bereich effizienter Durchführungsplanung hohe Verbesserungspotentiale auf, da im Schnitt nur 39 % der verfügbaren Instandhaltungszeiten für Instandhaltungstätigkeiten verwendet werden. Die restliche Zeit wird bedingt durch Wartezeiten und fehlende Arbeitsanweisungen nicht genutzt. Unzureichende Instandhaltungsplanung führt neben der nicht optimalen Ausnutzung von zeitlichen Ressourcen zusätzlich zu finanziellen Nachteilen. Etwa ein Drittel der gesamten Instandhaltungskosten ist auf mangelhafte Planung von Tätigkeiten zurückzuführen.⁵³

Über Auftragsüberwachung, Schwachstellenanalyse sowie den Einsatz umfassender Controlling-Systeme und den daraus resultierenden Verbesserungspotentialen schließt sich der Regelkreis des Instandhaltungsmanagements auf unterschiedlichen Ebenen.

Auf die Wichtigkeit der Durchführung umfassender Schwachstellenanalysen wird von vielen Autoren hingewiesen. Basierend auf kontinuierlich erfassten Dokumentationen von Instandhaltungsaufwänden, Schadens- und Störanalysedaten werden organisatorische und technische Schwachstellen identifiziert und beseitigt.

Bei guter Dokumentationsführung gewinnt die Instandhaltung über die Anlagennutzungsdauer immer mehr Informationen über das Ausfallverhalten technischer Einheiten. Die Informationsdichte und die Aussagekräftigkeit gesammelter Störanalyse- und Ausfallsdaten steigen. Eine genaue Ableitung von planmäßigen instandhaltungstechnischen Präventions- und Verbesserungsmaßnahmen im Rahmen von Schwachstellenanalysen wird ermöglicht.⁵⁴

Der Kreislauf des Instandhaltungsmanagements spiegelt einen klassischen Regelkreis der kontinuierlichen Verbesserung wider. Die Anwendung dieses Instandhaltungsrahmens ist eine grundlegende Anforderung für wirksame, durchgängig und flächendeckend durchgeführte Anlagenverbesserungsprogramme.⁵⁵

⁵³ Vgl. Salonen (2009)

⁵⁴ Vgl. Strunz (2012), S. 8ff.

⁵⁵ Vgl. Charma (2013)

2.2 Schwachstellenanalyse

Der nachfolgende Abschnitt widmet sich umfassend der Thematik der Schwachstellenanalyse. Über grundlegende Begriffsdefinitionen, Ziele und Einflussgrößen wird auf die unterschiedlichen Instrumente und Methoden der Schwachstellenermittlung eingegangen. Maßnahmen zur Schwachstellenanalyse und Schwachstellenbeseitigung werden beschrieben und mögliche Probleme in der Ausführung diskutiert. Abschließend werden Stärken und Potentiale dieser Methodik aufgezeigt.

2.2.1 Begriffsdefinitionen Schwachstellenanalyse/Schadensanalyse

Bevor näher auf die Schwachstellenanalyse eingegangen wird, werden einige grundlegende Begrifflichkeiten definiert.

Schaden

Unter Schaden ist laut DIN 31051 „der Zustand einer Betrachtungseinheit nach Unterschreiten eines Grenzwertes des Nutzungsvorrates“⁵⁶ zu verstehen, wobei diese eine unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der betrachteten Betriebseinheit bewirkt.

Durch Verschleiß bedingte Abnutzung/Reduktion von Nutzungsvorräten führt bei Unterschreitung eines definierten Niveaus zu einer Schädigung. Hat diese Schädigung einen Verlust der Gebrauchseigenschaften der Betrachtungseinheit zur Folge, tritt ein „Schaden“ auf. Eine Anlage ist so lange nicht betriebsbereit, solange der Schaden nicht beseitigt wird.⁵⁷

Die Wirkungszusammenhänge im Schädigungsprozess werden mit Abbildung 9 verdeutlicht.

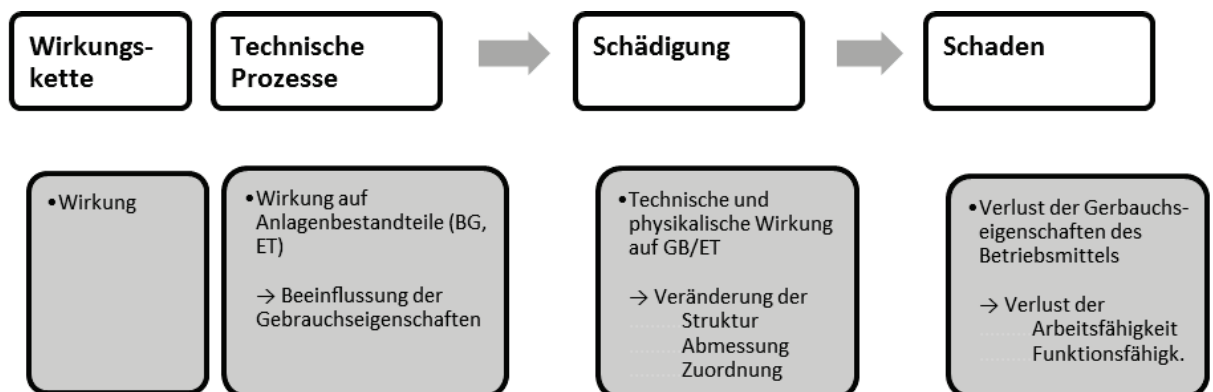


Abbildung 9: Wirkungszusammenhänge im Schädigungsprozess⁵⁸

Schwachstelle

Nach DIN 31051 wird unter dem Begriff „Schwachstelle“ folgender Terminus verstanden:

„Durch die Nutzung bedingte Schadensstelle oder schadensverdächtige Stelle, die mit technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren Mitteln so verändert werden kann, dass Schadenshäufigkeit und/oder Schadensumfang sich verringern.“⁵⁹

In einer Gruppenarbeit von Bsirsky et al. wird die Begriffsdefinition von Schwachstellen als „technische bzw. organisatorische Mängel, die den Betriebserfolg mindern“ weiter gefasst

⁵⁶ DIN 31051 zitiert nach Nebl (2006), S. 181

⁵⁷ Vgl. Nebl (2006), S. 181ff.

⁵⁸ Vgl. Nebl (2006), S. 181 (BG...Baugruppe, ET...Einzelteile)

⁵⁹ Warnecke (1992), S.145

als es die Definition nach DIN vorgibt.⁶⁰ Die Erweiterung möglicher Schwachstellenpotentiale auf den Bereich der Organisation ist ein wesentlicher Schritt von der rein technischen Instandhaltungsbetrachtung zur Betrachtung der Instandhaltung als ganzheitliche Managementaufgabe.

Grothus definiert Schwachstellen detaillierter. Auf Basis der mittleren Zeit zwischen zwei Schäden wird zwischen Bauteilen mit normaler Schadenshäufigkeit und Bauteilen mit gehäuftem Schadenseintritt, den wahren Schwachstellen, unterschieden. Tritt ein bestimmtes Schadensbild bei weniger als 10 % einer untersuchten Grundmenge von Bauteilen, bei denen dieses Schadensbild auftreten kann, auf, wird die mittlere Zeit zwischen zwei Schäden als unendlich angenommen. Dem wiederholten Schadensauftreten kann durch wirtschaftliche Konstruktion, Instandhaltung und Betriebsweise entgegengewirkt werden.

Betrifft das Schadensbild mehr als 10 % der betrachteten Bauteilmenge, wird die durchschnittliche Zeitdauer zwischen zwei gleichartig auftretenden Schäden als Schätzwert für die mittlere Zeit zwischen zwei Schäden (MTBF) herangezogen. Bei diesen Schwachstellen, Bauteilen mit gehäuft auftretenden Schadensbildern, werden Schäden infolge mangelhafter Konstruktion, Herstellung und Montage, Überbeanspruchung durch falsche Bedienung oder Unachtsamkeit in der Instandhaltung verursacht. Technische und organisatorische Maßnahmen zur Schwachstellenbekämpfung kommen zum Einsatz.⁶¹

Zur Identifikation von Schwachstellen müssen sämtliche Schäden auf gleiche Art und Weise erfasst werden. Große, auffällige und kleine, scheinbar unwichtige Ereignisse müssen lückenlos und durchgängig registriert werden. Vor allem Zweitgenannte machen einen großen Anteil der in der Anlage vorhandenen Schwachstellen aus.

Mexis kritisiert die bereits angegebenen Schwachstellendefinitionen. Er weist darauf hin, dass diese zwar korrekt, aber nicht vollständig sind und gibt eine genauere Definition zur Unterscheidung von Schwachstellen zu Schadensstellen an.

Diese Definition reduziert sich auf drei wesentliche Punkte:⁶²

- (1) Eine Schadensstelle ist immer eine Schwachstelle, doch der Umkehrschluss, dass eine Schwachstelle unbedingt eine Schadensstelle ist, gilt nicht.
- (2) Bei einer Schadensstelle ist die Störstelle überwiegend identisch mit der Ursachestelle. Bei etwa 80 % der Schwachstellen stimmen Stör- und Ursachenort nicht überein.
- (3) Ein Schaden ist ein zeitlich enddefiniertes Ereignis. Im Gegenteil dazu sind Störungen wiederholt eintretende Ereignisse.

Mexis fordert die genaue Unterscheidung zwischen Störung und Schaden, um sich von der Instandhaltung von Störungen klar abzugrenzen. Fokus der Instandhaltung ist es, Störungsursachen zu analysieren, nachhaltig zu beheben und infolge dessen zukünftige Instandhaltungskosten bei steigender Verfügbarkeit zu senken.⁶³

Unabhängig von der genauen Definition des Begriffs Schwachstelle ist die Schwachstellenanalyse als Ursachenanalyse zu verstehen. Der Ort der Schwachstelle muss nicht dem Ort der Schwachstellenursache entsprechen, weshalb sich die Schwachstellenanalyse nicht nur auf den Bereich der Schwachstelle bezieht.

⁶⁰ Vgl. Bsirsky (1982), S. 7

⁶¹ Vgl. Grothus (1976)

⁶² Vgl. Mexis (1987), S. 386

⁶³ Vgl. Mexis (1987), S. 386

Ein beispielhaftes Ablaufschema zur Bestimmung von Schwachstellen wird mit Abbildung 10 dargestellt.

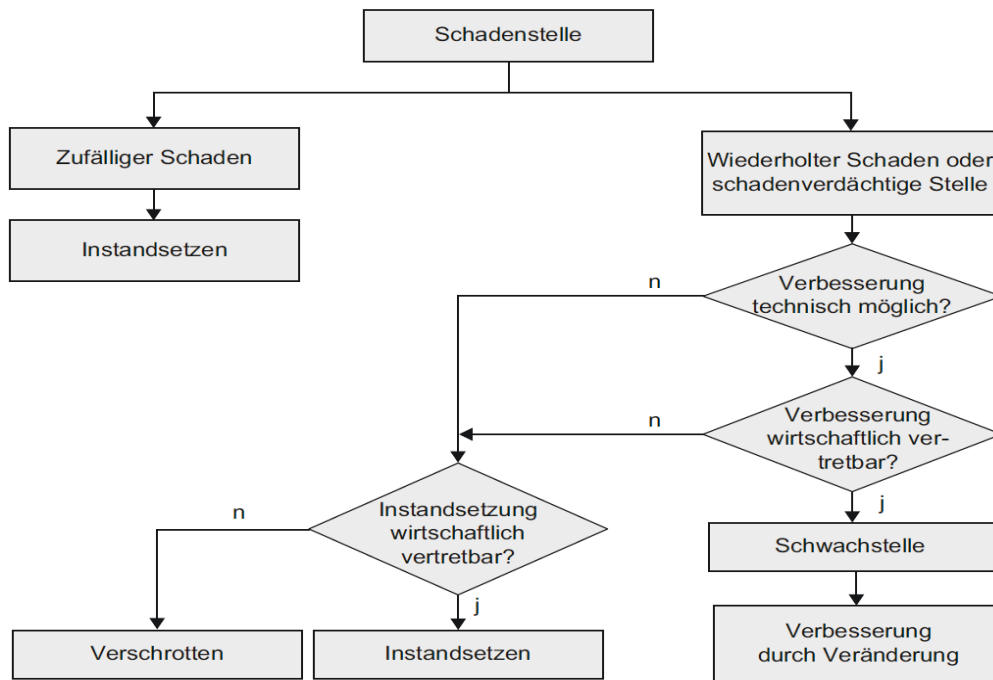


Abbildung 10: Bestimmung einer Schwachstelle nach DIN 31051 (j...ja, n...nein)⁶⁴

Schwachstellenarten

Hinsichtlich Schwachstellenarten lassen sich verschiedene Fehlerausprägungsformen differenzieren. Mexis fasst die unterschiedlichen Arten und Ursachen von Schwachstellen mit Abbildung 11 für fehlerbehaftete und Abbildung 12 für fehlerfreie Anlagen zusammen.

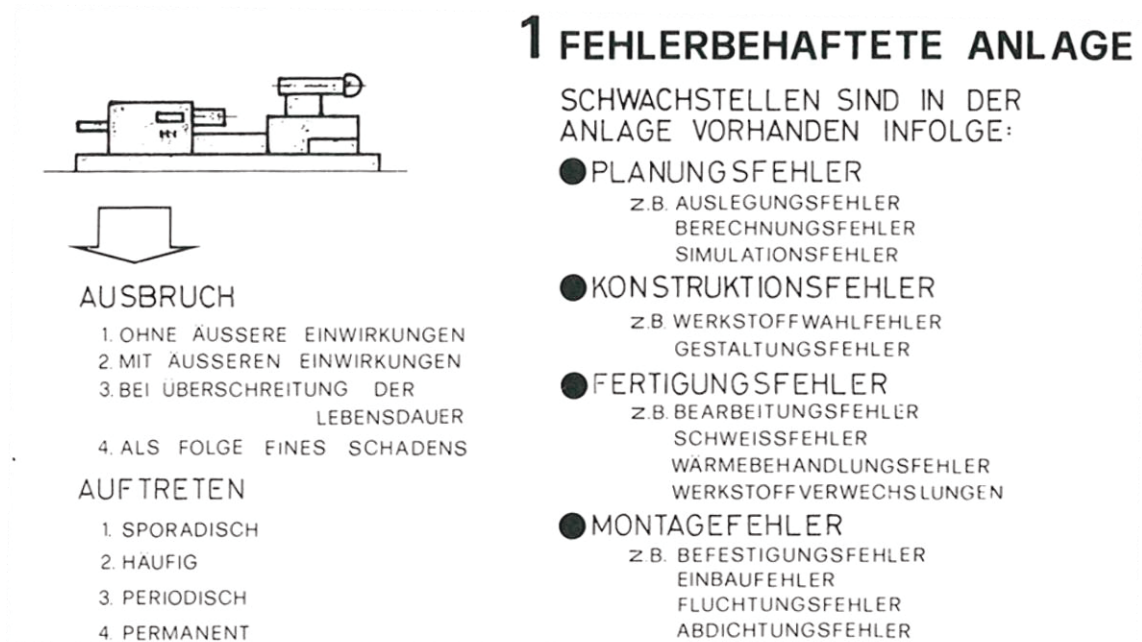
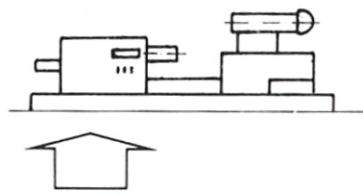


Abbildung 11: Schwachstellenarten und –ursachen (Fehlerbehaftete Anlage)⁶⁵

⁶⁴ Quelle: Strunz (2012), S. 71



EINWIRKUNG

1. IN DER ANLAGE SIND EV. «SCHWACHE»
ABER BETRIEBSFÄHIGE BAUTEILE
AUSSERE EINWIRKUNGEN ENTWICKELN
«DIE SCHWACHEN» BAUTEILE ERST ZU
«SCHWACHSTELLEN»
2. NACH INSTANDSETZUNGEN KÖNNEN
EV. SCHWACHSTELLEN EINGEBAUT
WERDEN.
3. BEI MODIFIKATIONEN KÖNNEN
BAUTEILE/BAUGRUPPEN MIT SCHWACH-
STELLEN EINGEBAUT WERDEN.

2 FEHLERFREIE ANLAGE

THEORETISCH KEINE DEFINIERTEN
SCHWACHSTELLEN VORHANDEN

● BEDIENUNGSFEHLER

z.B. UNZULÄSSIGE ÄNDERUNG VON
ABLAUFVORGÄNGEN
UNZULÄSSIGE EINGRIFFE IN DIE
ENERGIEZUFUHR
BETÄTIGUNGSFEHLER
ÜBERLASTUNGEN

● INSTANDHALTUNGSFEHLER

● WARTUNGSFEHLER

● INSTANDSETZUNGSFEHLER

● ÜBERWACHUNGSFEHLER

● ÜBERHOLUNGSFEHLER

● MODIFIKATIONSFEHLER

z.B. UMBAU
ERWEITERUNG
ERGÄNZUNG

Abbildung 12: Schwachstellenarten und –ursachen (Fehlerfreie Anlage)⁶⁶

Darüber hinaus werden folgende Schwachstellenarten unterschieden:⁶⁷

- Schwachstellen, die auf Fehler im Herstellungsverfahren zurückzuführen sind und Störungen verursachen, deren Zeitpunkt nicht vorauszusagen ist
- Schwachstellen, die vorhanden sind und deren Ausbruch erst durch Betriebsfehler verursacht wird
- Schwachstellen, die durch den Betrieb erzeugt werden
- Schwachstellen, die einen definierten Abnutzungsvorrat aufweisen und nach Unterschreitung dieses ausbrechen
- Schwachstellen, die vorhanden sind aber nicht zum Ausbruch kommen

Auf die unterschiedlichen Fehlerursachen wird näher in Abschnitt 2.2.4 - Schwachstelleneinflussgrößen eingegangen.

Schwachstellenausbruch

Der Schwachstellenausbruch kann in der Praxis in Form einer Störung bzw. einer Schädigung einer Funktion oder eines Bauteiles auftreten. Er kann sich beispielsweise als mechanische Funktionsstörung, messbare Unregelmäßigkeit, hörbare oder sichtbare oder im Endstadium als eingetretene Störung äußern.

Schwachstellenfolgen/Schwachstellenauswirkungen

Schwachstellenfolgen/Schwachstellenauswirkungen umfassen die Ergebnisse, welche als Resultat des Schwachstellenausbruchs am Bauteil selbst, an der Anlage oder der Anlagenumgebung auftreten.

⁶⁵ Quelle: Mexis (1992), S. 146

⁶⁶ Quelle: Mexis (1992), S. 146

⁶⁷ Vgl. Mexis (1992), S. 145f.

Bauteilspezifische Schwachstellenfolgen sind beispielsweise Risse an einer Welle oder Verschleißspuren an einem Wälzlager. Anlagenspezifische Schwachstellenauswirkungen sind Veränderungen angestrebter Leistungen oder vorgegebener Taktzahlen.

Schwachstellenintensität

Die Schwachstellenintensität ist ein Maß für den Grad der Schwere von Schwachstellenfolgen. Sie wird auf Basis von Kostengrößen (z.B. Kosten für Ersatzteile, De- und Remontage, Produktionsverluste, Stillstand etc.) bemessen und dient zum Vergleich unterschiedlicher Anlagenbereiche.

Schwachstellenverhalten

Das Schwachstellenverhalten gibt Aufschluss, warum, wie und mit welchen Folgen eine Schwachstelle zu einer Schadensstelle wird. Durch umfassende Dokumentation von Informationen über Art und Umfang einer Störung/eines Schadens kann das Schwachstellenverhalten genau beschrieben werden.

Schwachstellenpotential

Das Schwachstellenpotential ist ein Versuch Schwachstellen und deren Häufigkeit quantitativ abzubilden um ihre Kritikalität zu bewerten.

Unterschieden wird zwischen einem theoretischen Anlagenschwachstellenpotential ($s_{p,th}$), dem Quotienten der Summe aller Anlagenbauteile zur Summe aller entsprechend möglichen Fehler dieser Bauteile, und dem Schwachstellenpotential für ein dezidiertes Bauelement ($s_{p,B}$) (vgl. Tabelle 1).⁶⁸

Das Schwachstellenpotential für ein Bauteil ($s_{p,B}$) wird mit Abbildung 13 am Beispiel einer Welle verdeutlicht.

FEHLERARTEN	S_p	BEMERKUNGEN
	$S_p = \frac{1}{4} = 0,25$	Die Welle weist 4 verschiedene Fehler auf. Die Ausfallwahrscheinlichkeit ist höher, als im Fall 2 unter der Voraussetzung gleicher Betriebsbedingungen
	$S_p = \frac{1}{2} = 0,5$	Die Welle weist 2 verschiedene Fehler auf. Die Ausfallwahrscheinlichkeit ist niedriger, als im Fall 1 unter der Voraussetzung gleicher Betriebsbedingungen
	$S_p = \frac{1}{2} = 0,5$	Die Welle im Fall 3 hat das gleiche Schwachstellenpotential wie die Welle im Fall 2. Die Bruchgefahr ist jedoch größer und somit die Ausfallwahrscheinlichkeit höher als im Fall 2

Abbildung 13: Beispiel von Schwachstellenpotentialwerten mit unterschiedlicher Gewichtung der Fehlerarten⁶⁹

⁶⁸ Vgl. Mexis (1992), S. 145ff.

⁶⁹ Quelle: Mexis (1992), S. 149

Je kleiner ein Schwachstellenpotential ist, umso kritischer ist das betrachtete System zu bewerten. Reale Schwachstellenpotentiale von Anlagen liegen meist in einer Größenordnung zwischen 1,4 – 2,0. Auch niedrigere Werte können erreicht werden.⁷⁰

Tabelle 1: Theoretisches und bauteilbezogenes Schwachstellenpotential⁷¹

$$S_{p,th} = \frac{\sum \text{Bauelemente}}{\sum \text{entsprechend mögliche Fehler}} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{\sum_{j=1}^m F_j}$$

$$S_{p,B} = \frac{1}{\sum \text{mögliche Fehler}} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m F_j}$$

Schwachstellenanalyse

Bei der Schwachstellenanalyse werden durch systematische Untersuchung und Verknüpfung sämtlicher Informationen und Beeinflussungsgrößen logische Regeln und Schlussfolgerungen zur Behebung und Verhütung von Störungen abgeleitet. Es wird zwischen organisatorischen, technischen und instandhaltungstechnischen Analysen differenziert. Als betrachtete Systeme werden einzelne Bauteile, Einheiten, Teilsysteme oder ganze Anlagen untersucht.

Die organisatorische Schwachstellenanalyse widmet sich betriebstechnischen und wirtschaftlichen Faktoren einer Organisation (z.B. Bedienung, Personal, Materialaufwand etc.). Die technische Schwachstellenanalyse beschäftigt sich mit der Ursachenanalyse von Eigenschaften und Größen wie Funktion, Konstruktion, Werkstoffe sowie Montage von Betrachtungseinheiten. Die instandhaltungstechnische Schwachstellenanalyse analysiert Veränderungen des Verschleißverhaltens von Instandhaltungsteilen und versucht Maßnahmen abzuleiten, welche den Abbau von Abnutzungsvorräten reduzieren und allgemein den Zustand der betrachteten Einheit verbessern.⁷²

Laut Beckmann ist bei der Schwachstellenanalyse weniger Augenmerk auf den Detaillierungsgrad als vielmehr auf ihre konsequente Durchführung zu legen.

Die grobe Analysenausführung gliedert sich in vier Schritte:⁷³

- (1) Schwerpunktauswahl
Auswahl von Schwerpunkt-Anlagen/-Baugruppen/-Abnutzungsteilen auf Basis Aufwandsanalysen des Instandhaltungsgeschehens, vorhandener Stör- und Schadensstatistiken sowie nach Prioritätensetzung von Seiten Produktion
- (2) Vergleich mit Normativen/Sollvorgaben
- (3) Ingenieurstechnische Analyse der Abweichungen
- (4) Ableitung von Schwachstellenbeseitigungsmaßnahmen und deren Umsetzung

Schwachstellenbekämpfung

Unter Schwachstellenbekämpfung werden alle Maßnahmen verstanden, welche zur Ermittlung, Ursachensuche und Beseitigung von Schwachstellen eingesetzt werden. Sie liefert Ansatzpunkte zur kontinuierlichen Anlagenverbesserung sowie zur Stärkung der Produkti-

⁷⁰ Vgl. Mexis (1992), S. 148

⁷¹ Vgl. Mexis (1992), S. 149

⁷² Vgl. Mexis, (1992), S. 145ff.

⁷³ Vgl. Beckmann (1981)

vität und stellt ein wichtiges Element zur Erhöhung der Funktionsdauer von technischen Bauteile und Anlagen dar. Die größte Hebelwirkung im Bereich Schwachstellenbekämpfung kann in der Phase der Projektierung und Konstruktion erreicht werden.

Nach Pawellek können in Abhängigkeit der in der Schadensanalyse detektierten Schadensursachen (nutzungsbedingte, abnutzungsbedingte und altersbedingte Schäden) vier Hauptmaßnahmen gegen das Auftreten von Schäden getroffen werden. Abbildung 14 gibt Überblick über diese.

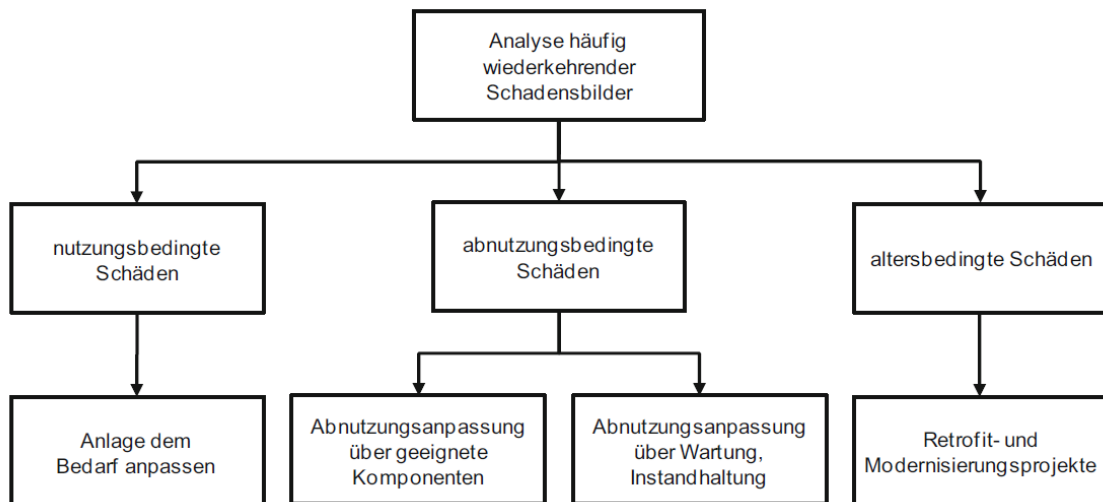


Abbildung 14: Schadensanalyse und Maßnahmenarten⁷⁴

Strunz empfiehlt drei Strategien der Schadensprävention, um dem Schwachstellenausbruch entgegen zu wirken:⁷⁵

- (1) die schmierungs- und wartungsgerechte Konstruktion von Betrachtungseinheiten mit Fokus auf die Berücksichtigung tribologischer Erfordernisse,
- (2) die Realisierung zweckmäßiger, geplanter Instandhaltungsmaßnahmen und
- (3) die kontinuierliche Kontrolle und Überwachung des aktuellen Zustandes einer Anlage/eines Bauteils zur Schadensfrüherkennung.

2.2.2 Abgrenzung der Schwachstellenanalyse

Die Schwachstellenanalyse weist Überschneidungen zu anderen Analysemethoden, wie zum Beispiel der Funktionsanalyse und der Fehlerbaumanalyse, auf und kann nicht als abgekapselte Methodik betrachtet werden. Sie analysiert Schwachstellenursachen wie Konstruktions- und Betriebsfehler und untersucht ob aufgrund dieser Mängel Betriebseinheiten versagen können bzw. versagt haben.

Aus den Betrachtungen der Analyse lassen sich Informationen über Schwachstellenursachen, -verhalten, -ausbrüche und -folgen sowie Lebensdauerverläufe gewinnen.

Im Allgemeinen ist die Schwachstellenanalyse als Ursachenanalyse zu verstehen.

Differenziert man zwischen Schadens- und Schwachstellenanalyse so zieht die Schadensanalyse Erkenntnisse um Schlussfolgerungen zur Schadensverhütung zu finden. Die Schwachstellenanalyse erarbeitet Methoden und Verfahren, bündelt Wissen und bereitet

⁷⁴ Quelle: Pawellek (2013), S. 111

⁷⁵ Vgl. Strunz (2012), S. 153

dieses auf um Schwachstellen aufzufinden noch bevor diese zu einer Schadensstelle werden.⁷⁶

Es muss zwischen einer Schwachstellenanalyse beim Hersteller und beim Anwender unterschieden werden. Vor allem erst genannte leistet einen bedeutenden Beitrag zur Verhinderung nachfolgender Betriebsstörungen, da das zukünftige Schwachstellenverhalten bis zu 80 % in den Phasen der Konstruktion und Fertigung vorprogrammiert wird. Auf Herstellerseite werden in der Praxis nur bedingt Analysen zur Schwachstellenverhütung durchgeführt, da wenige Informationen über zukünftige Einsatzbedingungen vorliegen. Die Schwachstellenermittlung in diesem Bereich ist theoretisch orientiert und auf die Anwendung umfangreicher Regeln im Bereich der Konstruktions- und Werkstofftechnik fokussiert.

Der Anwender bekommt vom Hersteller zur primären Schwachstellenbekämpfung Informationen über Instandhaltungspläne, Werkstoffwerte, Wartungsanleitungen und andere Unterlagen gestellt. Diese dienen der Schwachstellenverhütung nur bedingt, da die Herstellerdaten allgemein definiert und nicht auf die jeweiligen Einsatzbedingungen abgestimmt sind. Der Anwender muss die Anlage aufgrund seiner Erfahrung betreiben.

Bei Neuanlagen, Anlagen ohne vorhandenem Vorwissen, benötigt der Anlagenbetreiber ein bis drei Jahre Nutzungsdauer, um genügend Informationen über Fehler und Störungen sowie deren Ursachen zu sammeln und daraus geeignete Maßnahmen zur präventiven Schwachstellenbeseitigung abzuleiten.⁷⁷

2.2.3 Ziele der Schwachstellenanalyse

Das primäre Ziel der Schwachstellenanalyse ist das sichere und zuverlässige Gestalten von Anlagen.⁷⁸

Für dieses Bestreben werden Schäden aus ingenieurtechnischer Sicht untersucht, beschrieben, analysiert und bewertet. Die während dieser Schritte gewonnen Erkenntnisse dienen der Verbesserung von Planungstätigkeiten und der Optimierung von Instandhaltungsmaßnahmen, um Schäden nachhaltig zu beheben und zukünftige Schäden vorbeugend zu verhindern.

Ein Auszug konkreter instandhaltungstechnischer Teilziele der Schadens- und Schwachstellenanalyse ist mit nachfolgender Auflistung gegeben:⁷⁹

- Ingenieurtechnische Schadensbeschreibung
- Erarbeitung von Grundlagen für die Gestaltung von Instandhaltungsprozessen
- Informationsgewinn zur Vermeidung zusätzlicher bzw. zukünftiger Schäden
- Informationsgewinn für technologische Durchdringungen von Instandsetzungsprozessen
- Verringerung von Betriebsstörungen
- Verringerung nicht geplanter, unerwarteter Kosten bei Ausfall von Maschinen und Anlagen
- Vermeidung des mehrmaligen Auftretens gleichartiger Störungen

⁷⁶ Vgl. Mexis (1992)

⁷⁷ Vgl. Warnecke (1992), S. 153ff.

⁷⁸ Vgl. Mexis (1992)

⁷⁹ In Anlehnung an Strunz (2012) und Biedermann (2008a)

- Minimierung von Zufälligkeiten im Störgeschehen
- Reduktion von Schwankungen im Arbeitsanfall
- Optimierung des Auslastungsgrades des Instandhaltungspersonals
- Erhöhung des Planungsgrades von Instandhaltungstätigkeiten

2.2.4 Schwachstelleneinflussgrößen

Ursachen, welche die Art und das Verhalten von Schwachstellen beeinflussen, können zu folgenden Übergruppen zusammengefasst werden:

Tabelle 2: Schwachstellenursachen⁸⁰

Schwachstellenursache	Beschreibung der Ursachenwirkung
Konstruktionsbedingte Ursachen	Die Konstruktion einer Betrachtungseinheit beeinflusst direkt und indirekt die Existenz, die Auswirkungen und den Ausbruchsort von Schwachstellen (konstruktive Schwachstellen).
Werkstoffbedingte Ursachen	<p>Neben der Konstruktion ist die Werkstoffauswahl als wichtigste Ursache für mögliche Schwachstellenentstehungen anzusehen. Der Schwachstellenausbruch kann vor allem durch eine zweckmäßige Kombination aus Konstruktion und Werkstoff vermieden werden. Der beste Werkstoff kann bei falscher Konstruktion zur Ausprägung einer Schwachstelle führen wie auch umgekehrt.</p> <p>Die Werkstoffauswahl beeinflusst Entstehung sowie unmittelbare und mittelbare Folgen von Schwachstellen (werkstoffbedingte Schwachstellen).</p> <p>60-80 % der in der Praxis vorkommenden Schwachstellen sind auf falsche Auswahl von Konstruktion und/oder Material zurückzuführen.</p>
Fertigungstechnische Ursachen	<p>Verantwortlich für Fehler im Bereich Fertigung ist der Hersteller, der durch die Auswahl geeigneter Fertigungsverfahren und notwendiger Ausführungsqualitäten das Auftreten von Schwachstellen beeinflusst.</p> <p>Konstruktionsbedingte, werkstoffbedingte und fertigungstechnische Schwachstellen werden unter dem Sammelbegriff „herstellungsbedingte Schwachstellen“ zusammengefasst. Diese treten vor allem in frühen Phasen von Anlagenutzungsdauern auf und wirken sich spürbar auf die Zuverlässigkeit, Instandhaltbarkeit und Verfügbarkeit einer Anlage aus.</p> <p>Die Schwachstellenanalyse und –ermittlung beim Hersteller ist mit geringerem finanziellem Aufwand verbunden als die Diagnose derselben Defekte von in Anlagen verbauten Aggregaten.</p>

⁸⁰ In Anlehnung an Warnecke (1992), S. 150ff. und Pawellek (2013), S. 110f.

	Die Kosten für Analysen im laufenden Betrieb sind um ein Vielfaches höher. ⁸¹
Funktions- und betriebs-technische Ursachen	<p>Funktions- und betriebstechnische Schwachstellenursachen werden von Hersteller- und Anwenderseite beeinflusst.</p> <p>Eine ausgewogene Abstimmung der Anforderungen zwischen den beiden Seiten kann die Entstehung von Schwachstellen vermeiden. Instandhaltungskosten werde präventiv gesenkt.</p> <p>Bei der Absprache zwischen Anwender/Betreiber und Hersteller muss auf die Auswahl der richtigen Funktions- und Betriebsforderungen sowie auf sonstige Anforderungen eingegangen werden.</p>
Betriebsbedingte Ursachen	<p>Betriebsbedingte Schwachstellen entstehen im Laufe der Betriebszeit der Betrachtungseinheit. Sie können beispielsweise durch falsche Betriebsweise oder durch Fehler in Ergänzungs- und Instandhaltungsmaßnahmen verursacht werden.</p> <p>Verantwortlich für betriebsbedingte Schwachstellen ist der Anlagenbetreiber.</p>
Technologische Ursachen	<p>Technologische Ursachen sind in Unzulänglichkeiten in Berechnungs- und Fertigungsverfahren wie auch in der Anwendung neuer, nicht erprobter Werkstoffe zu finden. Das Auftreten dieser technologischen Schwachstellen ist unvermeidbar, da in jeder Technik eine gewisse Unvollkommenheit gegeben ist.</p> <p>Durch ausführliche Analysen können diese Schwachstellen bereits vor Eintritt der Störung identifiziert werden.</p> <p>Technologische Schwachstellen treten vermehrt auf, wenn Anlagen nahe ihrer Leistungsgrenze betrieben werden.</p>
Menschliche Ursachen	<p>Der Mensch trägt in allen Lebensphasen einer technischen Einheit zur Schwachstellenbildung bei.</p> <p>Beginnend bei der falschen Auswahl von Konstruktion und Werkstoff über die Anwendung falscher Fertigungsverfahren und Betriebsbedingungen sowie unzureichender Berücksichtigung ergonomischer und sicherheitstechnischer Gesichtspunkte kann die Entstehung von Schwachstellen und deren Ausbruch unterstützt werden.</p>

Anzumerken ist, dass Tabelle 2 nicht als vollständige Aufzählung sämtlicher Schwachstellenursachen anzusehen ist.

Lapp listet in seinen Ausführungen zur vorbeugenden Instandhaltung in der Praxis auftretenden Fehlverhalten auf, welche hauptsächlich verantwortlich für die Entstehung von Schwachstellen sind (vgl. Tabelle 3).

⁸¹ Vgl. Smith (2013)

Ebenso weist Lapp auf folgenden Leitspruch hin: „Eine Fabrikationsanlage ist so sicher wie ihr schwächstes Glied.“⁸²

In der Schwachstellenermittlung muss dieses Glied entdeckt werden.

Tabelle 3: Hauptsächliche Einflussfaktoren auf Schwachstellenentstehung⁸³

- Maschinen- und Anlagenausführung genügen Beanspruchung nicht (→ herstellungsbedingte Schwachstelle)
- Betriebsweise übersteigt Beanspruchbarkeit/Maschinen werden unter Überlast gefahren (→ Betriebsbedingte Schwachstelle)
- Überschreitung konstruktiver Beanspruchbarkeit (→ Funktions- und Betriebstechnische Schwachstelle)
- Anwendung falscher Instandhaltungsverfahren (→ Betriebsbedingte und/oder menschliche Ursache)
- Vernachlässigung rechtzeitiger Beseitigung von Abnutzungsschäden (→ Betriebsbedingte und/oder menschliche Ursache)

Mexis kommt in von ihm durchgeführten Untersuchungen von Schwachstellenursachen zu folgenden Erkenntnissen:⁸⁴

- Die prozentuale Verteilung der Schwachstellen nach den vier wichtigsten Faktoren ist wie folgt: 45,8 % Technik, 28,2 % Material, 16,7 % Produkt, 10,3 % Mensch.
- Über 75 % von Schwachstellen haben mehr als eine Schwachstellenursache. Die meisten Schwachstellen (47,7 %) werden durch drei bis fünf Ursachen zugleich ausgelöst.
- Bis zu 80 % der Schwachstellen entstehen in der Herstellungsphase.
- Der Großteil der herstellungsbedingten Schwachstellen ist auf Konstruktionsfehler zurückzuführen.

2.2.5 Ansätze zur Schwachstellenermittlung

Bei der Schwachstellenermittlung werden drei unterschiedliche Durchführungsansätze unterschieden:

- (1) Kenngrößenbezogene Schwachstellenermittlung
- (2) Schadensstatistikbezogene Schwachstellenermittlung
- (3) Kausalitätsbezogene/Theoretische Schwachstellenermittlung

Kenngrößenbezogene Schwachstellenermittlung

Die kenngrößenbezogene Schwachstellenermittlung findet vorwiegend in Betrieben Anwendung. Geforderte Ausgangslage ist eine fertig gestellte, installierte Anlage.

Durch genaues Beobachten und Dokumentieren von Störungen und Schäden werden Hinweise auf mögliche Schwachstellen gefunden und in Abhängigkeit dieser die Art und Weise der anzuwendenden Instandhaltungsstrategie und die damit einhergehenden

⁸² Lapp (1975), S. 81

⁸³ Vgl. Lapp (1975), S. 81

⁸⁴ Vgl. Mexis (1987), S. 388ff.

Schwachstellenverhütungsmaßnahmen abgeleitet. Die bei der Analyse betrachteten Kenngrößen sind als charakteristische Verhaltensmerkmale anzusehen.⁸⁵

Zur Schwachstellenidentifikation können folgende Kenngrößen herangezogen werden:⁸⁶

- Kosten (Ersatzteilkosten, Instandhaltungskosten, Produktionsausfallkosten etc.)
- Standzeiten von Bauelementen
- Stillstandzeiten von Funktionsteilen und –systemen
- Ausfallhäufigkeiten von Bauelementen und Baugruppen
- Anzahl der Ausfallteile
- Inspektionsparameter (Messwerte)

Kenngrößengruppe „Kosten“

Mit dieser Kenngrößengruppe werden Schwachstellen auf Basis von Kostenkennzahlen unterschiedlicher Herkunft und Zuordnung bestimmt. Die betrachteten Größen sind beispielsweise Kosten für Ersatzteile, Instandhaltungsmaßnahmen oder Instandsetzungsmaßnahmen.

Kenngrößengruppe „Standzeit“

Diese Gruppe vereint Kenngrößen, welche direkt oder indirekt Aufschluss über die Standzeit von Anlagen geben. Ein Beispiel ist der Vergleich zwischen Soll- und Ist-Gebrauchszeit. Zweck dieser Kenngröße ist es, abzuschätzen, in welcher Bauteillebensphase des Betrachtungselementes man sich befindet und ob mit einem baldigen, laufzeitbedingten Versagen des Bauteils gerechnet werden muss.

Kenngrößengruppe „Stillstandzeit“

Die Kenngröße der Stillstandzeit findet vor allem für die Schwachstellenermittlung bei definierten Baueinheiten Anwendung. Kennzahlen, welche in diese Betrachtungsklasse fallen, sind Verfügbarkeit und mittlere Reparaturzeiten/MTTR (Mean Time To Repair).

Die Stillstandzeit spiegelt darüber hinaus Ausfallkosten durch nicht erbrachte Produktionsleistung wider.

Kenngrößengruppe „Ausfallhäufigkeit“

Während die Stillstandzeit rein quantitativ die Dauer von Ausfällen beschreibt, kennzeichnet die Ausfallhäufigkeit die Wiederholbarkeit von Ausfällen. Diese Kenngröße eignet sich zur Identifizierung vermeintlich vernachlässigbarer Kleinstörungen, welche gehäuft auftreten.

Als Kennzahl für die Ausfallhäufigkeit kann die mittlere Zeit zwischen zwei gleichartigen Ausfällen/MTBF (Mean Time Between Failure) herangezogen werden.

Kenngrößengruppe „Anzahl der Ausfallteile“

Mit der Anzahl der Ausfallteile wird festgehalten wie viele Teile pro Maschine in einem gewissen Zeitraum ausfallen und gewechselt werden.⁸⁷

Kenngrößengruppe „Inspektionsparameter“

⁸⁵ Vgl. Mexis (1992), S. 158ff.

⁸⁶ In Anlehnung an Warnecke (1992), S.158f. und Pawellek (2013), S.108

⁸⁷ Vgl. Warnecke (1992), S.158f.

Durch Vergleich von Inspektionsparametern können Schwachstellen ebenso identifiziert werden.⁸⁸

Die Durchführung kenngrößenbezogener Schwachstellenermittlungen basiert auf der Betrachtung unterschiedliche Kenngrößen, um einen Schwachstellenverdacht aus mehreren Blickwinkeln zu bestätigen bzw. zu widerlegen. Wirtschaftliche und technische Aspekte werden parallel untersucht.

Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit von Kenngrößen sind diese genau zu definieren (Siehe Abschnitt 2.2.8 - Kennzahlen der Schwachstellenanalyse) und durch standardisierte, kontinuierlich erfasste Daten zu stützen. Für die jeweiligen technischen Einheiten müssen Kenngrößen gefunden werden, die für das betrachtete System repräsentativ sind. In der Praxis erweist es sich nicht einfach „richtige“ Kenngrößen für Anlagen zu bestimmen.

Vorteile kenngrößenbezogener Schwachstellenanalysen sind, dass sie praktische Methoden beinhaltet und sich auf die Erfahrungen des Betriebes stützen (auch als Nachteil anzusehen). Der Aufwand für ihre Durchführung ist einfach zu kontrollieren. Zu ihrer Anwendung ist keine spezielle Qualifikation des Personals notwendig.

Nachteilig ist, dass die Aussagekraft der Analyseergebnisse von der Zuverlässigkeit und Systematik von Störaufschreibungen sowie dem Detaillierungsgrad und der Qualität dokumentierter Störmerkmale abhängig ist. Sind Störungen nicht genau dokumentiert und wird nicht mit einem standardisierten und kontinuierlich geführten System der Störaufschreibung gearbeitet, sind Kenngrößen nicht exakt bestimmbar und Analysen kommen zu keinem aussagekräftigen Ergebnis. Da die Qualität der Aufschreibungen durch die Qualifikation und das Bewusstsein der individuellen Eintragenden bestimmt wird, ist es schwierig, die erhaltenen Kenngrößen als vergleichbar anzusehen. Darüber hinaus wird die Interpretationsfähigkeit der Größen von der Anzahl erfasster Störungen beeinflusst. Mit steigender Störungsanzahl können die resultierenden Vergleichsgrößen als immer repräsentativer angesehen werden.

Die kenngrößenbezogene Schwachstellenanalyse ist ein reaktives Werkzeug zur Schadensverhütung. Eine Störung muss bereits eingetreten sein, damit sie aufgenommen werden kann. Kosten- und Produktionsnachteile sind schon entstanden.⁸⁹

Schadensstatistikbezogene Schwachstellenermittlung

Die schadensstatistikbezogene Schwachstellenanalyse wird vor allem von Instituten, Versicherungen, technischen Überwachungsvereinen und größeren Firmen eingesetzt. Sie basiert auf einer großen Anzahl eingetretener und untersuchter Schäden.

Als zentrales Element dieser Schwachstellenermittlung ist die Schadensanalyse anzusehen, welche sich entweder auf die Untersuchung der Schadenshäufigkeit unterschiedlicher Bauteile an einer Anlage oder auf die Untersuchung des Auftretens bestimmter Schäden an verschiedenen Objekten bzw. an Objekten desselben Typs (z.B. Untersuchung der Schäden von Wärmetauschern gleichen Typs) fokussiert.

Voraussetzung für den Einsatz dieser Systematik ist die vollständige Erfassung, Dokumentation und Beschreibung der verschiedenen aufgetretenen Schadensarten. Die Ergebnisse der Analyse spiegeln anteilig wieder, welche Schadensarten mit welchen Schadensursachen bei bestimmten Untersuchungsobjekten auftreten.

⁸⁸ Vgl. Pawellek (2013), S.108

⁸⁹ Vgl. Mexis (1992), S. 158ff.

Vorteile der schadensstatistikbezogenen Schwachstellenanalyse sind, dass Störschwerpunkte offensichtlich werden und entsprechende Schadensverhütungsmaßnahmen getroffen werden können. Konkrete Richtlinien zur Schadensverhütung werden aus den gewonnenen Erkenntnissen sowohl für den Hersteller als auch für den Anwender abgeleitet.

Nachteilig ist, dass getätigte Aussagen je nach Herkunft der Daten mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind. Die Vorgehensweise zur Schadensanalyse ist sehr kompliziert und basiert auf unterschiedlichen Hypothesen. Auch können Erkenntnisse erst dann gewonnen werden, wenn Schäden bereits eingetreten und Kosten entstanden sind. Die Gültigkeit von gewonnenen Erkenntnissen muss von Betreiber zu Betreiber erneut überprüft werden, da diese nicht als allgemein geltend anzusehen sind.⁹⁰

Kausalitätsbezogene/Theoretische Schwachstellenanalyse (Komplexionsanalyse)

Der große Nachteil der bereits beschriebenen Verfahren zur Schwachstellenanalyse liegt darin, dass diese nach Eintreten eines Schadensereignisses durchgeführt werden. Sie sind praktische Methoden, welche auf Störaufschreibungen in Lastenheften und Schadenskarten basieren und bereits ausgebrochene Schwachstellen untersuchen. Anlagentechnische und kostentechnische Defizite sind in der Praxis bereits entstanden. Potentielle Schwachstellen werden nicht ermittelt.

Um diesen Nachteilen entgegen zu wirken, kann eine theoretische Schwachstellenanalyse, oft auch kausalitätsbezogene Schwachstellenanalyse genannt, durchgeführt werden.

Folgende Methoden werden zur Analyse potentieller Schwachstellen eingesetzt:⁹¹

- Fehlerbaumanalyse
- Ausfalleffektanalyse
- Ereignisablaufanalyse
- Gefahrenpotentialanalyse
- Komplexionsanalyse

In den nachfolgenden Ausführungen wird auf die Komplexionsanalyse näher eingegangen.

Die Komplexionsanalyse versucht potentielle Schwachstellen rechtzeitig aufzudecken. Sie liefert genaue Beschreibungen und Erklärungen für Ursachen bereits ausgebrochener Schwachstellen und weist mit ausreichender Genauigkeit auf Ursachen potentieller Schwachstellen hin.

Laut Mexis basiert die Komplexionsanalyse auf dem Gedankengut, dass jede Schwachstelle, welche zum Ausbruch kommt, bis zu ihrem offensichtlichen Erscheinen Phasen durchläuft, während denen das betrachtete Bauteil trotz Fehler seine Funktion erfüllt. Erst bei Überschreiten einer gewissen Schadensgrenze wird die Schwachstelle zu einer Schadensstelle.

Die Komplexionsanalyse untersucht die vorgesehenen Funktionen von technischen Einheiten sowie dessen Bauteile und deren Funktionen und eruiert, welche Fehler in den jeweils betrachteten Elementen auftreten können und zieht Schlüsse auf das Vorhandensein möglicher Schwachstellen, deren Auswirkungen und Gewichtungen.

⁹⁰ Vgl. Mexis (1992), S. 161

⁹¹ Vgl. Strunz (2012)

Abgeschlossen wird die Analyse durch eine Abschätzung von Ausfallswahrscheinlichkeiten. Die Durchführung der Komplexionsanalyse gliedert sich in drei wesentliche Schritte (vgl. Abbildung 15):⁹²

- (1) Funktionsanalyse
- (2) Ausfalleffektanalyse
- (3) Schwachstellenanalyse

Funktionsanalyse

Bauteile einer Anlage erfüllen gewisse Funktionen. Aufgabe der Funktionsanalyse ist diese genau zu analysieren und nach konstruktiven, werkstofftechnischen, fertigungstechnischen und betriebstechnischen Gesichtspunkten festzustellen, an welchen Stellen Funktionen versagen können. Um diesen Schritt zu bewerkstelligen, werden Funktionen unterschiedlicher Bauteile zerlegt bzw. verknüpft.

Die Funktionsanalyse splittet Sollfunktionen von Bauelementen auf einen Verknüpfungsplan auf, aus welchem erkennbar wird, wo welche Funktionen versagen können und welche Bedingungen gegeben sein müssen, um bestimmte Funktionen zu gewährleisten. In weiterer Folge liefert sie durch logische, schrittweise Betrachtung von funktionell verknüpften Bauteilen Ansatzpunkte für kritische Stellen von technischen Einheiten.

Als Ergebnis liefert die Funktionsanalyse Informationen über Stellen, an denen Funktionen versagen können, über Funktionsfehler bei der konstruktiven Verwirklichung und über Funktionsstellen, bei denen eine Verzweigung von Funktionssträngen mit überproportional hohem Schwachstellenverhalten eintritt. Ziel der Analyse ist es, Schwerpunkte abzuleiten, welche in der nachfolgenden Ausfalleffektanalyse näher betrachtet werden.

Ausfalleffektanalyse

Als Ausfalleffektanalyse ist eine Untersuchung des Anlagenzustandes nach Ausfall einzelner Systemelemente zu verstehen. Sie dient der genauen Untersuchung und Beschreibung einzelner Ausfallursachen. Die Analyse widmet sich den Anlagenbereichen, welche in der Funktionsanalyse als kritische Stellen detektiert werden. Für diese Betrachtungseinheiten wird simuliert, wie sich der angenommene Störfall weiter fortpflanzen kann, welche Ursachen ihm zugrunde liegen und welche Folgen ganz am Ende des Störgeschehens zu erwarten sind. Jedes einzelne Bauteil kann als Ursprung für einen eigenen Fehlerbaumast dargestellt werden.

Mindestanforderung der Ausfalleffektanalyse ist Bauteile nach den drei hauptsächlichen Schwachstelleneinflussgrößen zu untersuchen:

- (1) Primäre Einflüsse: Als primärer Einfluss wird beispielsweise das mechanische Versagen eines Bauteils unter den vorherrschenden Betriebsbedingungen verursacht durch bereits im Bauteil vorhandene Fehler verstanden. Diese Schwachstelleneinflussgröße umfasst herstellungsbedingte Schwachstellenursachen (Fehlerursachen aus Konstruktion, Werkstoffauswahl und Fertigungstechnik).
- (2) Sekundäre Einflüsse: Sekundäre Einflüssen stellen das Bauteilversagen durch äußerer Manipulation dar. Beispiele sind Überlastungen, Umwelteinflüsse, Kurzschlüsse, Stromausfälle und viele mehr.

⁹² Vgl. Mexis (1992), S. 161ff.

- (3) Bedienungsfehler: Neben den primären und sekundären Schwachstelleneinflussgrößen darf der Faktor „Mensch“ als Schwachstellenursache nicht vergessen werden. Durch Fehlbedienungen oder falsche Instandhaltungsmaßnahmen können einfache Tätigkeiten große Auswirkungen auf das Entstehen von Schwachstellen haben.

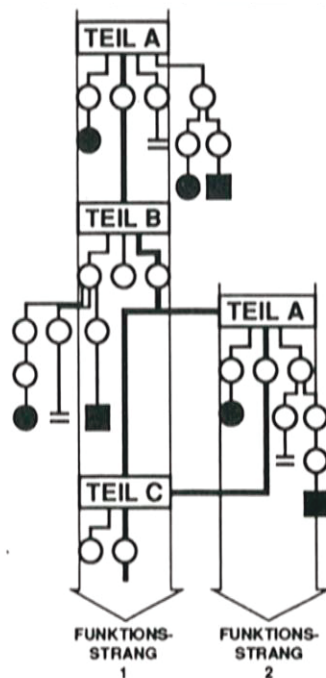
Schwachstellenanalyse (Im Rahmen der Komplexionsanalyse)

Die Schwachstellenanalyse untersucht – entweder auf Herstellerseite oder direkt beim Anwender – ob die in der Phase der Ausfalleffektanalyse erhobenen Fehler in der Praxis auftreten. Nach Untersuchung der Konstruktion, des Werkstoffs, der Fertigung, der Stellung in der Funktionskette der Anlage und vielen anderen Faktoren werden die entdeckten Fehler nach ihren Auswirkungen auf die Funktion der Anlage und den Folgen für das Bauelement selbst sowie auch für mit der Betrachtungseinheit funktionell verbundene oder benachbarte Bauteile gewichtet. Der Aufwand für eine Verhütung der Störung wird abgeschätzt.

Bei dieser Analyse der Schwachstellen muss zwischen verschiedenen Fehlerausprägungsarten differenziert werden. Es werden äußerlich erkennbare und äußerlich nicht erkennbare Fehler unterschieden. Äußerlich erkennbar sind beispielsweise sichtbare Gestaltungsfehler und Oberflächenfehlern, mit freiem Auge erkennbare Fertigungsfehler und Montagefehler. Zur Identifikation äußerlich nicht erkennbarer Fehler werden Unterlagen betreffend Werkstoffauswahl, Berechnungen und Fertigungsverfahren näher untersucht.

Die Ergebnisse der Schwachstellenanalyse werden gebündelt und mit den Erkenntnissen kenngrößenbezogener und schadenstatistikbezogener Analysen, falls vorhanden, verglichen. Einige der theoretisch ermittelten Schwachstellen werden bereits in der Praxis eingetreten sein, andere nicht. Für beide werden in weiterer Folge Maßnahmen zur Schwachstellenbekämpfung und Instandhaltung abgeleitet, um die Verfügbarkeit und Sicherheit von Anlagen zu steigern.⁹³

⁹³ Vgl. Mexis (1992), S. 161ff.



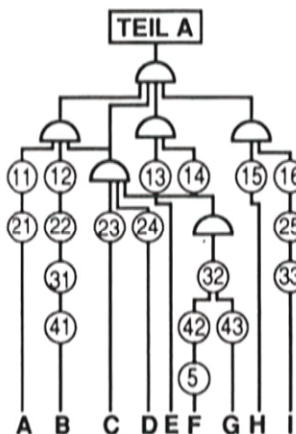
⇒ FUNKTIONSANALYSE

- Es wird die Funktion einer Anlage nach den Gesichtspunkten der konstruktiven, werkstofftechnischen, fertigungstechnischen u. betriebs-technischen Funktionsfähigkeit untersucht.

Sie liefert:

- Stellen, an denen die Funktion versagen kann
- Funktionsfehler bei der konstruktiven Verwirklichung von z.B. physikalischen, chemischen Gesetzen
- Funktionsstellen bei der Verzweigung von Funktionssträngen mit anomalem Schwachstellenverhalten
- Schwerpunkte zur Anwendung der Ausfall-effektanalyse

⇒ AUSFALLEFFEKTTANALYSE

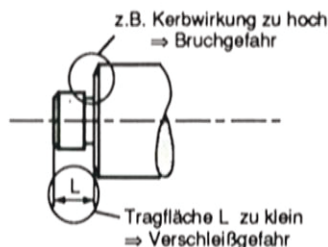


- Es werden bei angenommenem Fehler die möglichen Versagenssituationen und ihre Folgen untersucht.
- Die Verzweigung und Fortpflanzung eines Fehlers wird simuliert.
- Die dem einzelnen Fehler zugeordneten Schadenursachen werden gewichtet.

Sie liefert:

- Schwachstellen und ihre Schadenursachen
- Ansatzpunkte zu Instandhaltungsmaßnahmen durch Gewichtung der Folgen eines Schwachstellenausbruchs
- Schwerpunkte zur sinnvollen Schwachstellenanalyse (z.B. A, D, E)
- Eine qualitative Aussage über die Ausfall-wahrscheinlichkeit der einzelnen Fehlerketten

⇒ SCHWACHSTELLENANALYSE



- Die Schwachstelle wird einzeln oder in Zusammenhang mit anderen auf ihre Art, Intensität und zeitliches Ausbruchverhalten untersucht.

Sie liefert:

- Hinweise zur Verhütung von Schäden
- Hinweise zu Verbesserungsmaßnahmen wie z.B. Konstruktionsänderungen
- Ansatzpunkte zur Festlegung des wahrscheinlichsten Versagenfalls

Abbildung 15: Schematische Darstellung der Komplexionsanalyse (theoretische Schwachstellenermittlung nach D. Mexis)⁹⁴

⁹⁴ Quelle: Mexis (1992), S. 163

2.2.6 Methoden und Instrumente der Schwachstellenanalyse

Zur Durchführung der Schwachstellenanalyse können unterschiedliche Methoden eingesetzt werden, wobei zwischen subjektiven, objektsummarischen und objektiven Methoden unterschieden wird.⁹⁵

Darüber hinaus können unterschiedliche Problemlösungstechniken und -instrumente die Analyse stützen. Beispiele sind ABC-Analyse, Soll/Ist-Vergleiche und Fehlerbaumanalysen.

Subjektive Methode

Bei der subjektiven Schwachstellenanalyse erfolgt die Schwachstellenidentifikation auf Basis von Ereignissen und Erfahrungen im Betrieb oder durch Zufall. Es liegen keine systematischen Aufschreibungen zum vergangenen Störgeschehen vor. Der Zeitpunkt des Schwachstellenausbruchs ist dem Zufall überlassen, da die Frage „Wann bricht eine Schwachstelle aus?“ aufgrund fehlender Dokumentation nicht beantwortet werden kann. Über den aktuellen Anlagenzustand sind keine Informationen vorhanden. Instandhaltungskosten sind gering, Aufwände für Instandsetzungsmaßnahmen sehr hoch.

Im subjektiven Analysebereich kann die Schwachstellenidentifizierung durch jeden Mitarbeiter erfolgen. Sie wird für sehr kleine Betriebe, veraltete technische Einrichtungen sowie Anlagen mit redundanten Ausführungen angewendet.

Objektsummarische Methode

Die objektsummarische Methode versucht Schwachstellen indirekt mittels Kenngrößen zu erkennen. Unter „summarisch“ wird verstanden, dass Kenngrößen der kostenspezifischen Kenngrößengruppe betrachtet werden (vgl. Abschnitt 2.2.5 - Kenngrößenbezogene Schwachstellenermittlung). Die Identifizierung der Schwachstellen erfolgt durch periodischen Vergleich instandhaltungsspezifischer Kosten bezogen auf die jeweilige Betrachtungseinheit. Die Vergleichsintervalle werden beispielsweise monatlich, quartalsweise, jährlich oder auch anders festgelegt.

Voraussetzung für den Einsatz dieser Methode ist die lückenlose Dokumentation instandhaltungsspezifischer Aufwände bei genauer Kostenstellenerfassung. Instandhaltungskosten müssen auf die jeweils betroffenen Arbeitsplätze zugeordnet werden, um Anlagenschwachstellen bis auf die technischen Plätze der untersten Anlagenebene zu identifizieren.

Objektsummarische Methoden zur Schwachstellenermittlung werden vor allem in großen Betrieben, welche über eine gute EDV Dokumentation verfügen, eingesetzt.

Objektive Methode

Die objektive Methode zur Schwachstellenermittlung bedient sich Kennzahlen, durch welche Schwachstellen indirekt erkannt werden. Betrachtet werden sämtliche Kenngrößengruppen (vgl. Abschnitt 2.2.5 - Kenngrößenbezogene Schwachstellenermittlung).

Mögliche Betrachtungsgrößen, welche das Abnutzungsverhalten beschreiben sind beispielsweise aus mechanischer Sicht Verläufe von Abriebstiefen, aus physikalischer Sicht Änderungen von Widerständen und aus chemischer Sicht Veränderungen von Korrosionsbeständigkeiten.

Ebenso wie beim objektsummarischen Vorgehen ist für die erfolgreiche Anwendung dieser Methode eine kontinuierliche und einheitliche Aufschreibung von Daten notwendig. Die Identifizierung der Schwachstellen anhand Kenngrößen kann durch das Personal oder eigens generierte EDV Programme erfolgen.

⁹⁵ Vgl. Mexis (1992)

Die objektive Schwachstellenermittlung findet in mittleren und größeren Firmen Anwendung sowie bei Betrieben mit eindeutiger Produktionspriorität. Sie eignet sich für Anlagen, welche in ihrer Ausführung einmalig existieren, und leistungsstarke, komplizierte sowie leistungsgekoppelte Einrichtungen.

Neben der allgemeinen Differenzierung unterschiedlicher Schwachstellenanalysemethoden werden spezielle Problemlösungstechniken zur Schwachstellenermittlung eingesetzt.

Mögliche Managementtools sind:⁹⁶

- ABC-Analyse
- Soll/Ist-Vergleiche
- Fehlerbaumanalyse
- Zuverlässigkeitsanalyse
- Funktionsanalyse
- Ereignisablaufanalyse
- Gefahrenpotentialanalyse
- Ausfalleffektanalyse
- Risikobasierte Schwachstellenanalyse
- Und einige mehr

Die genannten Instrumente sind vorwiegend deterministische Verfahren, die auf Grundlage von vorhandenen Instandhaltungsdaten Kennwerte ableiten, diese aufbereiten und Schwachstellen identifizieren.

Nachfolgend werden ABC-Analyse und Soll/Ist-Vergleich näher beschrieben.

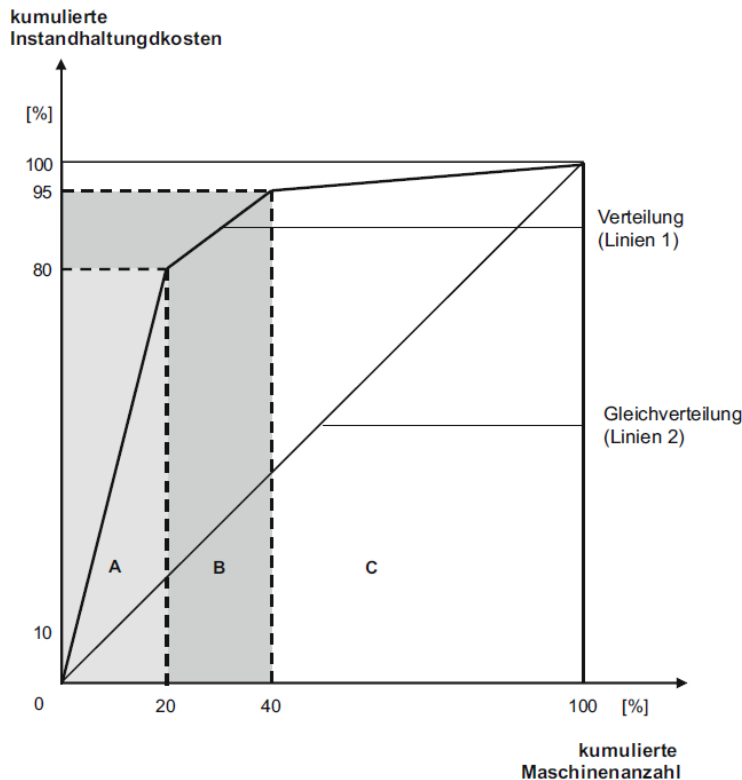
ABC-Analyse

Die ABC-Analyse dient zur Strukturierung großer Datenmengen. Für den Einsatz in der Schwachstellenanalyse bietet sie den Vorteil, dass große Mengen an beispielsweise unterschiedlichen Kostendaten (Schwachstellenkosten und viele mehr) aber auch Unterbrechungs- und Stillstandzeiten einfach gegliedert werden können. Bezieht man die Analyse auf Kostenkenngrößen ist die ABC-Analyse als objektsummarische Methode zu verstehen; bedient man sich zusätzlich anderen Kenngrößen fällt sie in den objektiven Methodenbereich.

Die objektsummarische ABC-Analyse zeigt auf, dass nicht alle Anlagenteile und Maschinen gleich große instandhaltungsspezifische Aufwände hervorrufen (vgl. Abbildung 16). Einige störanfälligere technische Betrachtungseinheiten verursachen höhere Kosten als andere. Da sich Instandhaltungsaufwände bei richtiger Kostenverrechnung sehr einfach bestimmen lassen, werden mithilfe der ABC-Analyse kostenintensive Anlagenbereiche einfach detektiert.

Als erster Schritt der ABC-Analyse werden Instandhaltungskosten entgegen der kumulierten Maschinenzahl aufsummiert und das Ergebnis in Form eines Kurvenverlaufs abgebildet. Als Resultat kann beispielsweise der in Abbildung 16 gegebene Kurvenverlauf erhalten werden. Linie 1 stellt die reale Verteilung der Kosten zur Maschinenzahl und Linie 2 den gleichverteilten Kurvenverlauf dar.

⁹⁶ Vgl. Pawellek (2013), S. 111ff.

Abbildung 16: ABC-Analyse⁹⁷

Aus dem realen Kostenverlauf wird auf einen Blick ersichtlich, dass eine geringe Anzahl der Maschinen für einen Großteil der Instandhaltungsaufwände verantwortlich ist.

Betrachtet man die Verteilung näher, können drei Bereiche unterschieden werden:

- Bereich A: Der Bereich A umfasst etwa 20 % der Maschinen, die rund 80 % der gesamten Instandhaltungskosten verursachen.
- Bereich B: Weitere 20 % der Maschinen sind für 15 % der instandhaltungsspezifischen Aufwände verantwortlich.
- Bereich C: Die restlichen 60 % der Maschinen, beinahe 2/3 der gesamten Aggregate der Anlage, nehmen nur etwa 5 % der gesamten Instandhaltungsaufwände ein.

Auf Basis der Erkenntnisse der ABC-Analyse lässt sich eine Priorisierung für die weitere Vorgehensweise ableiten. Die durchzuführende Schwachstellenanalyse wird sich vertieft mit den Anlagenteilen des Bereichs A auseinandersetzen. Im Vergleich zu den Bereichen B und C sind Aggregate des Bereichs A aus kostentechnischer Sicht mit höherer Priorität einzustufen.

Die Aussagekräftigkeit der Analyseergebnisse ist jedoch eingeschränkt. Die gewonnenen Resultate können nicht als ein-eindeutig angesehen werden. Die Bereiche B und C können ebenso potentielle Schwachstellen beinhalten. Zur Identifizierung dieser müssen in der ABC-Analyse mehrere Betrachtungsgrößen gleichzeitig untersucht werden. Werden mehrere Einflussgrößen berücksichtigt, können Aussagen über mögliche Schwachstellen aus unterschiedlichen Blickwinkeln bestätigt oder widerlegt werden.⁹⁸

⁹⁷ Quelle: Pawellek (2013), S. 112

⁹⁸ Vgl. Pawellek (2013), S. 111ff.

Soll/Ist-Vergleiche

Beim Soll/Ist-Vergleich werden aktuelle Größen bestimmter Daten bzw. Kennwerte mit dafür vorgegebenen Soll-Werten verglichen. Die behandelten Kenngrößen können kosten-spezifisch (→objektsummarische Schwachstellenermittlung) oder allgemein definiert (→objektive Schwachstellenermittlung) sein. In der Praxis werden für Soll/Ist-Vergleiche hauptsächlich Kostengrößen herangezogen, da diese mit geringem Aufwand erfasst werden und in den meisten Fällen bereits vorhanden und aufbereitet sind. Wie auch bei der ABC-Analyse dürfen die Erkenntnisse aus der Durchführung eines Soll/Ist-Vergleichs nicht als ein-eindeutig verstanden werden sondern müssen durch die Betrachtung mehrerer Kennzahlen gestützt werden.

Ziel des Soll/Ist-Vergleichs ist Abweichungen zwischen den vorgegebenen und den tatsächlich vorhandenen Werten zu detektieren und zu begründen.

Wichtige Grundlage ist die Klärung des Ursprungs der Soll-Werte. Handelt es sich um vom Hersteller angegebene Kenngrößen (z.B. mittlere Abnutzung von Verschleißvorräten über die Zeit), Erfahrungswerte aufgrund von Ereignissen der Vergangenheit oder Werte aus Literatur, Benchmark oder anderen Quellen und sind die Soll-Größen für die vorliegenden, betrieblichen Bedingungen geeignet?

Sind Soll-Werte klar definiert, plausibilisiert und an die gegebene Aufgabenstellung angepasst, kann anhand der Abweichungen von Soll zu Ist ein Rückschluss auf mögliche Schwachstellen gezogen werden.

Ein kritischer Schritt in der Durchführung von Soll/Ist-Vergleichen ist die Festlegung geeigneter Vergleichsperioden. Die Prüfintervallen dürfen nicht zu kurz (keine ausreichende Anzahl von Schäden) und nicht zu lang gewählt (Verlust an Detailtiefe) sein.

Die in der Analyse erhaltenen Resultate können in tabellarischer Form oder mithilfe von Diagrammen dargestellt werden. Graphische Darstellungen bieten den Vorteil, dass große Abweichungen auf einen Blick klar erkennbar werden. Neben dem Aufzeigen von Unterschieden zwischen den Soll-Werten und den tatsächlichen Ist-Werten ist vor allem Augenmerk auf die Abweichungsursachenanalyse zu legen.

Ein Beispiel für das Ergebnis eines Soll/Ist-Vergleichs auf Basis von Instandhaltungskosten ist mit Abbildung 17 gegeben. Aus den graphischen Kurvenverläufen der Kosten über die Zeit werden Kostensprünge klar ersichtlich und müssen in weiterer Folge im Rahmen einer Ursachenanalyse begründet werden.⁹⁹

⁹⁹ Vgl. Pawellek (2013), S. 113ff.

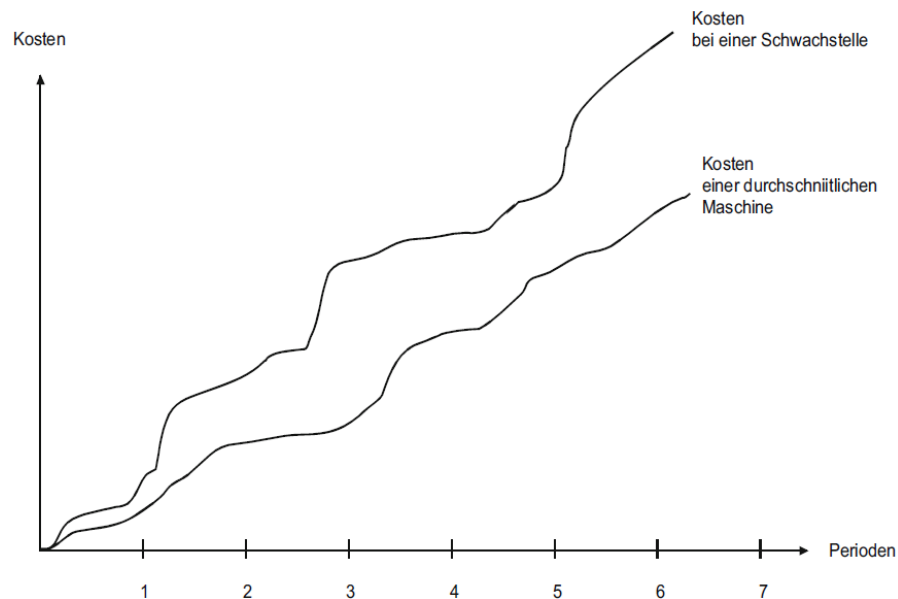


Abbildung 17: Instandhaltungskosten über der Lebensdauer einer Maschine¹⁰⁰

Wie auch die ABC-Analyse ist der Soll/Ist-Vergleich ein gutes Instrument zur anschaulichen Aufbereitung von instandhaltungsspezifischen Kenngrößen. Beide Tools eignen sich zur ersten Abschätzung möglicher Schwachstellen und stellen einen Ansatzpunkt zur weiteren, vertieften Schwachstellenermittlung dar.

2.2.7 Durchführung der Schwachstellenanalyse und –beseitigung

Nach einer umfassenden, theoretischen Einführung in die Schwachstellenanalyse wird in diesem Abschnitt die praktische Durchführung von Schwachstellenermittlungs- und –beseitigungsmaßnahmen beschrieben. Über wichtige Auslösemomente und organisatorische Grundlagen für die Implementierung der Schwachstellenanalyse werden die Durchführung von Schadensanalysen, die Einführung von Schadenserfassungssystemen sowie die Ableitung von Schwachstellenverhütungsmaßnahmen in detaillierter Form ausgeführt.

Wichtige Auslösemomente für Schwachstellenermittlungen

Das Deutsche Komitee Instandhaltung (DKIN) sieht folgende Situationen als „wichtigste Auslösemomente“ für die Durchführung von Schwachstellenanalysen an:¹⁰¹

- „Schäden, die an gleichen Stellen unerwartet häufig vorkommen,
- hoher Ersatzteilverbrauch,
- Funktionserfüllung häufig nicht entsprechend den Forderungen,
- Anlagenverfügbarkeit geringer als gefordert,
- Produktqualität häufig nicht gemäß der Spezifikationen,
- Überproportionale Inspektions- und Wartungsaktivitäten,
- Wenn vor allem in und nach der Anfahrzeit immer wieder „etwas passiert“,
- Schadensbilder mit außergewöhnlichen Erscheinungsformen,
- Instandhaltungskosten bzw. Schadenskosten deutlich ungünstiger als bei vergleichbaren Anlagen,

¹⁰⁰ Quelle: Pawellek (2013), S. 115

¹⁰¹ Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. (1982), S. 7

- Nichterfüllung der Forderungen an die Sicherheit für Personal und Umgebung
- und andere mehr.“

Organisatorische Grundlagen

Zur Durchführung einer Schwachstellenanalyse müssen gewisse organisatorische Grundlagen gegeben sein. Jeder Betrieb, der sich der Analyse widmet, muss über drei Personenkreise verfügen:¹⁰²

- (1) Personenkreis zur Sammlung und geordneten Speicherung notwendiger Daten
- (2) Personenkreis zur systematischen Auswertung gesammelter Daten und Ableitung von Maßnahmen zur zukünftigen Schadensprävention
- (3) Personenkreis zur Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen

Die Analyse ist bereichsübergreifend im interdisziplinären Team durchzuführen. Durch unternehmensweites Miteinbeziehen von Mitarbeitern von Konstruktion, Produktion, Verkauf, Qualität und Betriebssicherheit werden in der Schwachstellenanalyse unterschiedliche Sichtweisen auf die jeweils behandelte Thematik berücksichtigt.

Die Durchführung der Analyse im Fehleranalyseteam muss zusätzlich durch das Management gestützt und koordiniert werden, da ansonsten die Gefahr besteht, dass die Analyse nicht systematisch durchgeführt wird und zu keinem Ergebnis führt.¹⁰³

Zusätzlich müssen dem Schadensanalyseteam sinnvoll aufbereitete Informationen über das vergangene Störgeschehen bereitgestellt werden. Der Einsatz „richtiger“ Störinformationen ist als wichtiger Schlüssel zur nachfolgenden Analyse anzusehen.¹⁰⁴

Schwachstellenermittlung

Die Schwachstellenanalyse und –beseitigung kann als gemeinsame Verbesserungsmaßnahme nach dem in Abbildung 18 dargestellten Ablaufschema durchgeführt werden.

Über Maschinenberichte, Aufzeichnungen von Ersatzteilverbräuchen, vorhandene vorbeugende Instandhaltungspläne sowie Informationen über aktuelle Anlagenzustände werden Fehlerberichte erstellt und im interdisziplinären Team diskutiert. Durch die Zusammenarbeit von Instandhaltung, Fertigung und Konstruktion wie auch möglicher Teilnehmer anderer Partitionen (z.B. Mitarbeiter des Qualitäts- oder Umweltwesens, des Einkaufs, der Prozessoptimierung, etc.) werden Lösungsvorschläge gemeinsam erarbeitet. Die Umsetzung dieser durch Konstruktion und Instandhaltung kann durch das Mitwirken der Produktion unterstützt werden. Nach erfolgter Realisierung der beschlossenen Maßnahmen werden Nachkontrollen und gegebenenfalls Nachbesserungen durchgeführt. Der Kreis der kontinuierlichen Verbesserung in der Schwachstellenanalyse schließt sich über das laufende Verfassen von Maschinenberichten, Ersatzteillisten, etc.¹⁰⁵

¹⁰² Vgl. Mexis (1992), S. 167f.

¹⁰³ Vgl. Ireson et al. (1996)

¹⁰⁴ Vgl. Madu (2000)

¹⁰⁵ Vgl. Rötzel (2009), S. 290

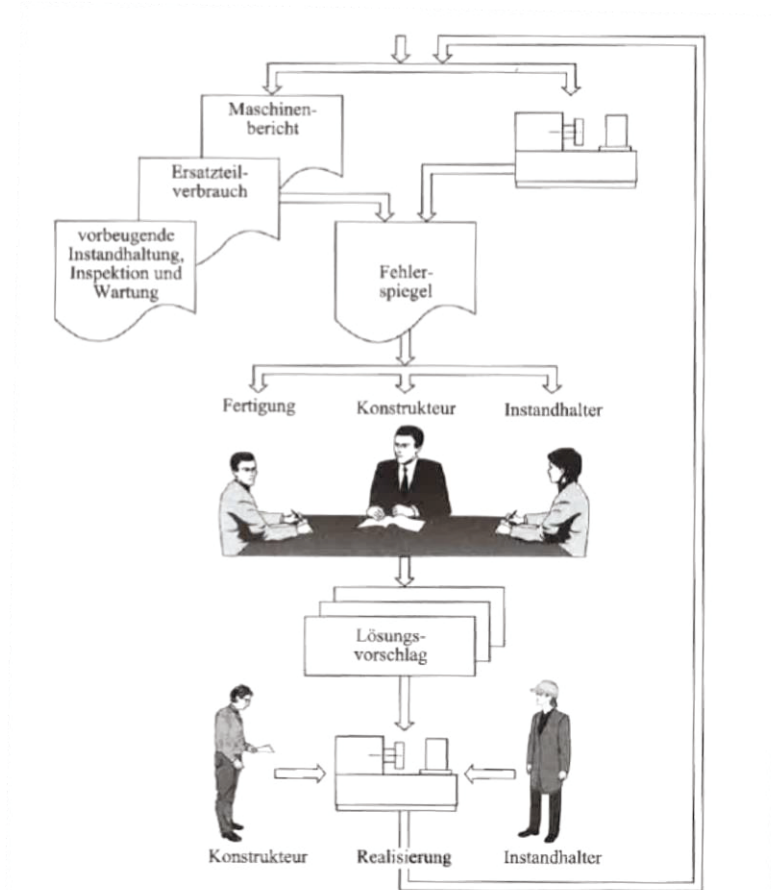


Abbildung 18: Ablauf einer gemeinsamen Schwachstellenanalyse und -beseitigung¹⁰⁶

Die Schwachstellenanalyse ist als kontinuierlicher Optimierungsprozess, als sich ständig drehendes Verbesserungsrad, zu verstehen.

Basis für die Durchführung der Schwachstellenermittlung stellen detaillierte Schadensanalysen dar, die Informationen über Schadensursachen liefern.

Auf die Durchführung von Schadensanalysen wird nachfolgend eingegangen.

Durchführung von Schadensanalysen

Nach Strunz erfolgt die Analyse von Schäden in drei Hauptphasen:¹⁰⁷

- (1) Identifizierung des Schadensbildes,
- (2) Rekonstruktion des Schadensablaufs und
- (3) Ermittlung der Schadensursachen.

Basierend auf den Grundsätzen der VDI-Richtlinie 3822 zum Thema Schadensanalyse kann für die Schadensanalyse eine systematisierte Durchführung nach Abbildung 19 angewandt werden. Die Analyse besteht aus den Phasen der Voruntersuchung, Entscheidung, Untersuchung und Auswertung. Schadensursachen werden auf Basis von Schadensbefunden, Bestandsaufnahmen, Einzeluntersuchungen und einer ganzheitlichen Auswertung aller Daten analysiert sowie Maßnahmen zur Schadensabhilfe formuliert. Abschließend wird ein Schadensbericht erstellt.

¹⁰⁶ Quelle: Rötzel (2009), S. 290

¹⁰⁷ Vgl. Strunz (2012), S. 153

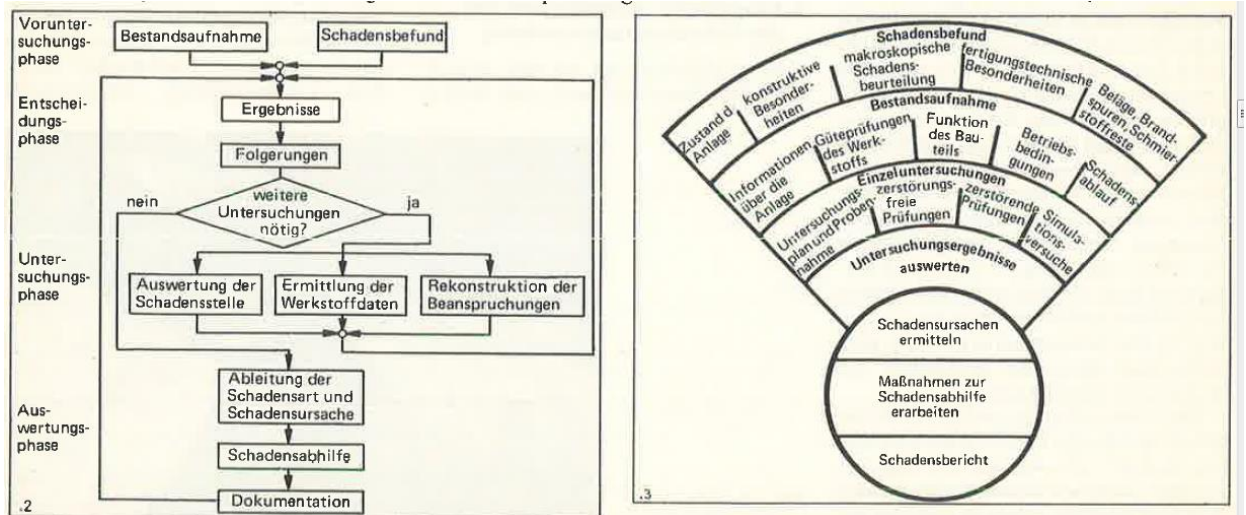


Abbildung 19: Flußdiagramm zum Ablauf einer systematisierten Schadensanalyse/Durchführung einer Schadensanalyse¹⁰⁸

Schmitt-Thomas und Kriner weisen in ihren Ausführungen auf folgenden Tatsache hin: „Die Schadensuntersuchung wird ... zum integralen Bestandteil der technischen Entwicklung.“¹⁰⁹ Obgleich dieser Satz bereits 1980 formuliert wurde, hat sich die systematisierte Schadensanalyse bislang nur in wenigen Industriebereichen als ein in der Praxis eingeführter Standard durchgesetzt.

Nachfolgend wird näher auf die unterschiedlichen Schritte der Analyse eingegangen.

Festlegung der Leitung

Vor Durchführung der Schadensanalyse wird ein interdisziplinäres, objektiv arbeitendes Team hinreichender Qualifikation und Erfahrung benannt und die Leitung des Analyseteams festgelegt.

Schadensbeschreibung

Die Schwachstellenanalyse beginnt mit einer umfassenden Schadensbeschreibung. Nach genauer Lokalisierung von Schadens- und Schadensursachenort erfolgt die detaillierte Charakterisierung des Schadensbildes. Skizzen, Fotos und zusätzliche Beilagen werden zur besseren Dokumentation der Schadensausprägung eingesetzt.

Zur genauen Analyse der Schadens empfiehlt Strunz folgende Punkte in die Dokumentation aufzunehmen:¹¹⁰

- „Beschreibung des Schadensbildes,
- Dokumentation des Schadens durch Fotografien oder Skizzen,
- Festhalten jeglicher Auffälligkeiten, konstruktiver und fertigungstechnischer Einzelheiten sowie der Abmessungen,
- Ermittlung und Dokumentation des Aussehens, der Lage und des Ausgangspunktes von Verformungen, Rissen, Brüchen, Korrosions- und Verschleißerscheinungen,
- Angabe über stoffliche Merkmale: Anlassfarben, Beläge, Korrosionsprodukte, Schmierstoffreste, Brandspuren usw.“

¹⁰⁸ Quelle: Schmitt-Thomas & Kriner (1980), S. 214

¹⁰⁹ Schmitt-Thomas & Kriner (1980), S. 213

¹¹⁰ Strunz (2012), S. 154

Bestandsaufnahme

Nach der Schadensbeschreibung erfolgt die Bestandsaufnahme, die Ermittlung der Hintergrundinformationen zum Schadensfall. Technologische Abläufe werden genau untersucht und kritisch hinterfragt. Sind die Randbedingungen des Schadenseintrittes nicht eindeutig geklärt, kann dies zu falschen Schlüssen in der Schadensanalyse führen. Fokus in diesem Durchführungsschritt muss besonders auf das Schadensteil selbst gelegt werden.

Für die beschädigte technische Einheit sind folgende Punkte zu klären:¹¹¹

- „Art, Herstellung, Weiterverarbeitung,
- Güteprüfung des Werkstoffs,
- konstruktive Gestaltung, Fertigung, Güteprüfung des Bauteils,
- Funktion des Bauteils,
- Betriebsbedingungen während der Betriebszeit und kurz vor dem Ausfall,
- der zeitliche Ablauf des Schadens...“

Schadenshypothese

Anschließend an die Bestandsaufnahme werden im Rahmen der Ableitung von Schadenshypothesen die wahrscheinlichsten Schadensarten und dazugehörige Schadensabläufe abgeschätzt. Die Festlegung geeigneter Schadenshypothesen wird maßgeblich von der Erfahrung der Bearbeitenden beeinflusst.

Einzeluntersuchungen

Zur genauen Klärung von Schadensfällen sind zusätzlich Einzeluntersuchungen notwendig. Durch zerstörungsfreie und zerstörende Prüfungen sowie Simulationen werden nähere Informationen über Schadensbild und –merkmal, Werkstoff und den Gebrauchseigenschaften der Betrachtungseinheit gewonnen.

Bei diesen Untersuchungen ist auf eine zweckmäßige Erstellung von Untersuchungs- und Probeentnahmeplänen und einer sinnvollen Auswertung der Ergebnisse zu achten.

Ermittlung der Schadensursache

Durch logische Verknüpfung der Ergebnisse der vorangegangenen Schritte wird Rückschluss auf die tatsächliche Schadensursache gezogen. In den meisten Fällen werden mehrere Ursachen für das Eintreten eines Schadensereignisses gefunden.

Die primäre Schadensursache ist getrennt von schadensbegünstigenden Einflüssen zu ermitteln.

Schadensabhilfe

Zur zukünftigen Schadensverhütung werden Maßnahmen erarbeitet, die den detektierten Schadensursachen entgegenwirken und einen Schadensausbruch verhindern. Grundlage für die Ableitung nachhaltiger Schadensabhilfemaßnahmen ist das Wissen über die tatsächliche Schadensursache.

Anfertigung eines Schadensberichtes

Zuletzt werden die genauen Schritte sowie sämtliche Erkenntnisse der Schadensanalyse im Rahmen eines ausführlichen Schadensberichtes gesammelt und dokumentiert.¹¹²

¹¹¹ Strunz (2012), S. 155

¹¹² Vgl. Strunz (2012), S. 153ff.

Die Analyse von Schadensstellen nach VDI-RL ist mit großem zeitlichem und wirtschaftlichem Aufwand verbunden. Zur raschen Durchführung von Schadensanalysen mit nachfolgender Ableitung von Schadensbehebungsmaßnahmen haben Haferkamp et al. eine Methodik erarbeitet, die es ermöglicht anhand von verknüpften Informationen aus Anlagenentwicklung und –betrieb über intelligente Suchstrategien im Rahmen einer erweiterten Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse zu schnellen Entscheidungen zu kommen.

Durch Entwicklung eines eigenen Informationssystems auf Basis vorhandener Anlagen- und Bauteilinformationen können im Abgleich von Schadensbild, Betriebsdaten und weiteren Informationen Rückschlüsse auf wahrscheinlich vorliegende Schadensursachen gezogen werden.

Die Struktur des erarbeiteten Informationssystems ist in Abbildung 20 erläutert. Das System bündelt Informationen aus Anlagenbeschreibung, Schadensbeschreibung, Fachwissen und Bewertungen. Als Grundlage für das Funktionieren dieser Methodik in der Praxis ist eine einheitliche Nomenklatur im ganzen System gefordert. Ist diese Bedingung gegeben und das Informationssystem hinreichend mit Daten hinterlegt, wird eine rasche Erstabschätzung von Schadensursachen und darauffolgend eine Festlegung von Schadenverhütungsmaßnahmen in der Praxis erleichtert.¹¹³

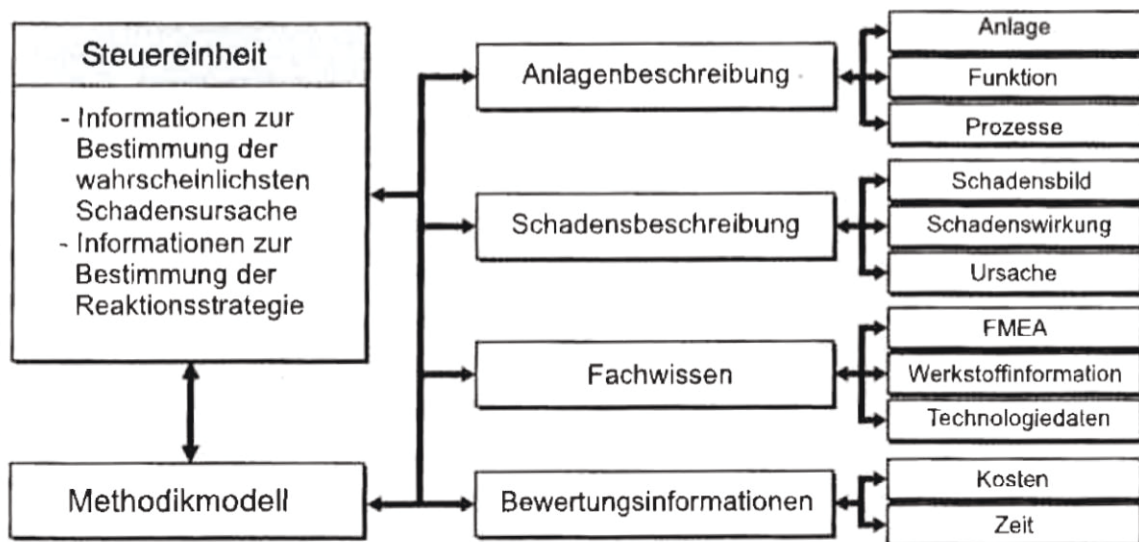


Abbildung 20: Struktur des Informationssystems¹¹⁴

Standardisierte Schadenserfassung

Wiegel fordert bereits 1965, dass zur Schaffung einer neuen Ordnung im Betrieb, zur Realisierung einer Verbesserung, sichere Unterlagen über das Instandhaltungsgeschehen vorhanden sein müssen. Als sichere Informationsquelle schließt er das Gedächtnis von Ingenieuren aus. Nur schriftliche Nachweise über ausgeführte Arbeiten und dabei anfallende Kosten sind als Informationsträger akzeptabel.¹¹⁵

Eine umfassende Datensammlung ist eine wichtige Basis für die Bewertung der Ist-Situation, das Treffen von zukünftigen Entscheidungen, des Erkennen von Abweichungen, des Aufzeigen der betrieblichen Leistung sowie für die Simulation von möglichen Instand-

¹¹³ Vgl. Haferkamp (2000), S. 411ff.

¹¹⁴ Quelle: Haferkamp (2000), S. 411

¹¹⁵ Vgl. Wiegel (1965), S. 1442

haltungsszenarien und stellt darüber hinaus ein kraftvolles Instrument zur Verbesserung der Anlageneffektivität dar.¹¹⁶

Zur genauen Analyse von Schäden müssen diese kontinuierlich und einheitlich untersucht und nach folgenden Gesichtspunkten dokumentiert werden:¹¹⁷

- Auswirkungen des Schadens (Ausfalldauer, Produktionsverlust, Reparaturdauer, Folgeschäden, ...)
- Schadensort
- Schadensart (z.B. Merkmal des Schadens)
- Schadensursache

Um die Auswertung von Schadenserfassungen einfacher zu gestalten sind Störschlüssel, standardisierte Störbegründungen, zu verwenden. Diese können bis in unterschiedliche Informationstiefen reichen. In der Regel werden Störschlüssel zu Allererst auf grobe Anlagenbereiche, in weiterer Folge auf einzelne bereichsspezifische Hauptaggregate und darauf auf die jeweiligen Bauteile dieser Aggregate bezogen. Zusätzlich können dem Bauteil zur näheren Beschreibung der Störung sogenannte Störbilder/Schadensmerkmale zugewiesen werden. Diese beschreiben in standardisierter Form, welche Funktionen durch Störungen eingeschränkt sind bzw. wie Funktionen gestört sind.

Nach Aufnahme des Störbildes muss die tatsächliche Störursache analysiert werden. Durch detaillierte Ursachenanalysen wird geklärt, ob beispielsweise eine herstellungstechnische, betriebstechnische oder menschliche Fehlerursache vorliegt.

Der Zusammenhang zwischen Schadensbild und Schadensursache wird mit Abbildung 21 am Beispiel eines Wälzlagers aufgezeigt.

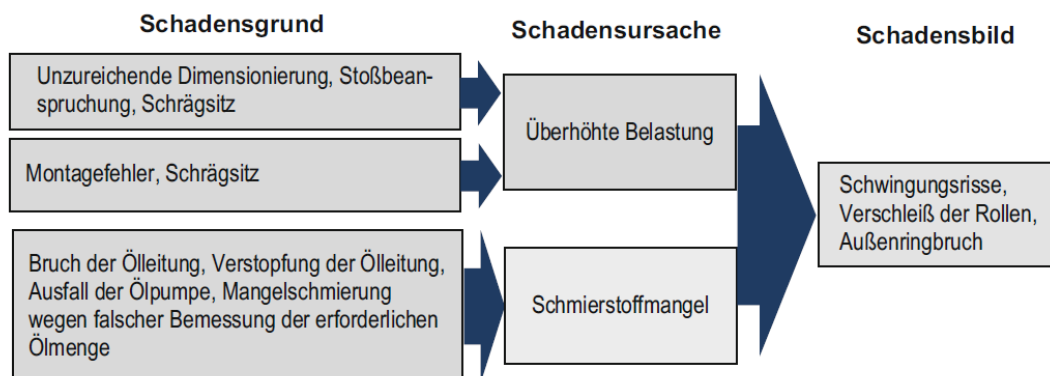


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Schadensbild, Ursache und Grund von Schäden am Beispiel eines Wälzlagers¹¹⁸

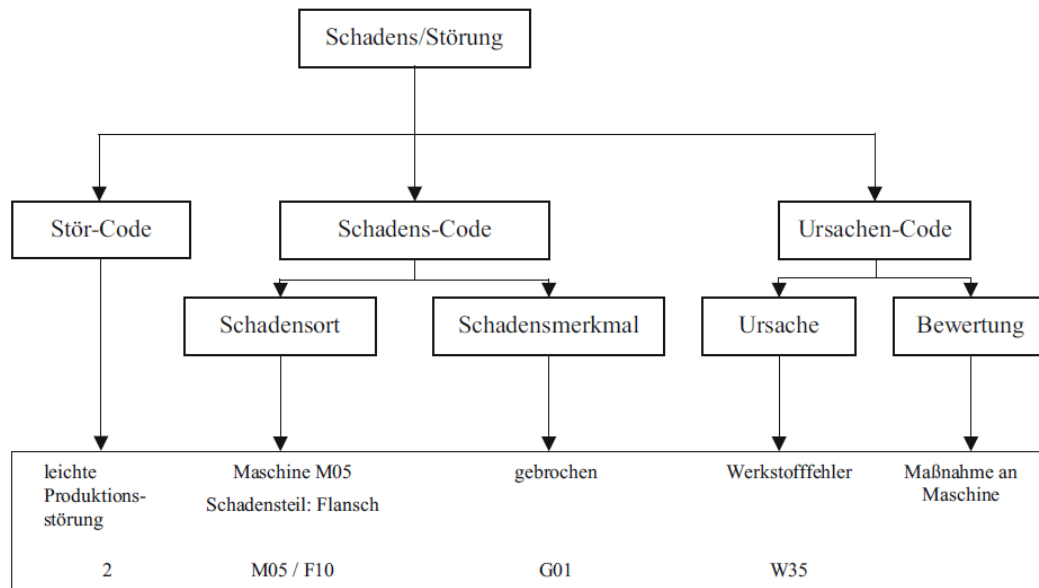
Die jeweils verwendeten Störschlüsselarten werden an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst. Die Einführung eines gut funktionierenden Störerfassungssystems ist als ständige Entwicklung anzusehen, da es zu Veränderungen in Störbildern und Störursachen kommen kann und diese im Erfassungssystem nachgepflegt werden müssen.

Die Schadenserfassung unter Zuhilfenahme von Störschlüsseln kann durch rein verbale Formulierungen oder zahlenmäßige Stör-codes erfolgen. Abbildung 22 gibt ein mögliches System zur Stör-codierung wieder.

¹¹⁶ Vgl. Kans & Ingwald (2008)

¹¹⁷ Vgl. Strunz (2012), S. 154f.

¹¹⁸ Quelle: Strunz (2012), S. 154

Abbildung 22: Codierung einer Schadensinformation¹¹⁹

Neben der Dokumentation von Schadensort, Schadensart und Schadensursache müssen im Rahmen der Stördokumentation auch Reparaturmaßnahmen detailliert angegeben und aufgeschlüsselt werden.

Die Einführung von umfassenden Stördokumentationssystemen stellt in der Praxis eine große Herausforderung dar, da es gibt keine Standardlösungen für Dokumentationssysteme gibt. Die Systeme müssen nicht nur den vorhandenen Störungen, sondern auch der vorliegenden Unternehmenskultur und dem jeweiligen Betrieb bzw. Anlagenbereich individuell angepasst und entsprechend den Wünschen und Anforderungen der Bediener optimiert werden.¹²⁰

Schwachstellenbeseitigung

Ermittelte Schwachstellen können, unter anderem, durch folgende Maßnahmen beseitigt werden:¹²¹

- Änderung der vorhandenen Konstruktion
- Einsatz anderer Materialien und Werkstoffe
- Vermeidung von Fehlbedienungen
- Vermeidung von Überlastung
- Verbesserung der Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse
- Optimierung der Reparaturabläufe
- Optimierte Anpassung von Wartungsmaßnahmen
- Miteinbeziehen von externen Beratern und Spezialfirmen zum Wissensaustausch
- Vertieftes Schulungsangebot zur fachlichen Weiterbildung wie auch Bewusstseinsbildung für das gesamte Betriebspersonal
- Tätigen von Neuinvestitionen

¹¹⁹ Quelle: Pawellek (2013), S. 96

¹²⁰ Vgl. Peng (2012), S. 141f.

¹²¹ Vgl. Bsirsky (1982), S. 8

2.2.8 Kennzahlen der Schwachstellenanalyse

Da viele der in der Schwachstellenermittlung eingesetzten Methoden auf den Vergleich von instandhaltungsspezifischen Kenngrößen basieren, wird mit Tabelle 4 ein Überblick über wesentliche, gängige Instandhaltungskennzahlen gegeben.

Tabelle 4: Einzelkennzahlen der Instandhaltung¹²²

Kennzahl	Definition
MTTR (Mean Time To Repair)	$MTTR = \frac{\sum \text{anlagenbezogene Ausfallzeiten}}{\text{anlagenbezogene Ausfallanzahl}}$
MTBF (Mean Time Between Failure)	$MTBF = \frac{\sum \text{anlagenbezogene Betriebszeit}}{\text{anlagenbezogene Ausfallanzahl}}$
Anlagenverfügbarkeit	$V = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$
Schadensquotient	$\text{Schadensquotient} = \frac{\text{Effektivlebensdauer}}{\text{Nominellebensdauer}}$
Ausfallzeitgrad	$\text{Ausfallzeitgrad} = \frac{\text{Ausfallzeit} / \text{Anlage}}{\text{Betriebszeit} / \text{Anlage}} * 100\%$
Ausfallzeitanteil	$\text{Ausfallzeitanteil} = \frac{\text{Summe Ausfallstunden}}{\text{geleistete IH} - \text{Stunden}} * 100\%$
Schädigungsgrad bezogen auf einzelne Baugruppen (I)	$\begin{aligned} \text{Schädigungsgrad(I)} \\ &= \frac{\text{Erreichte Betriebszeit}}{\text{Kalkulierte Betriebszeit}} * 100\% \end{aligned}$
Schädigungsgrad bezogen auf einzelne Baugruppen (II)	$\begin{aligned} \text{Schädigungsgrad(II)} \\ &= \frac{\text{Anzahl speziell. Schadensart}}{\text{Anzahl der Schäden}} * 100\% \end{aligned}$
Schwachstellenindex bezogen auf einzelne oder gleiche Baugruppen	$\begin{aligned} \text{Schwachstellenindex} \\ &= \frac{\text{Anzahl d. Einzelschädigung}}{\text{Anzahl aller Schädigungen}} * 100\% \end{aligned}$
Prophylaxegrad	$\begin{aligned} \text{Prophylaxegrad} \\ &= \frac{\text{Stunden für vorbeugende IH}}{\text{Gesamtstunden für IH}} * 100\% \end{aligned}$

¹²² In Anlehnung an Biedermann (1992), Hackstein & Weingärtner (1987), Sturm (1996), S. 145, Pawellek (2013), S. 71ff. und Campbell et al. (2011), S. 75

Vorbeugegrad	$\text{Vorbeugegrad} = \frac{\text{Anzahl W\&I - Ma\ssn.}}{\text{Gesamtanz. IH - T\atigk.}} * 100\%$
Instandhaltungsgrad	$\text{Instandhaltungsgrad} = \frac{\text{Instandhaltungskosten}}{\text{Abschreibungskosten}}$
Anlagenkennziffer	$\text{Anlagenkennziffer} = \frac{\text{Maschinenspez. IH - Kosten}}{\text{Sollbelegungszeit}}$
Technische Ausfallrate	$\text{Techn. Ausfallrate} = \frac{\text{Techn. Ausfallzeit}}{\text{Sollbelegungszeit}}$
Spezifische IH-Kosten	$\begin{aligned} \text{Spezifische IH - Kosten} &= \frac{\text{IH - Effizienz}}{\text{Produktions - Effizienz}} \\ &= \frac{\text{IH - Kosten} / \text{Produktionsnutzzeit}}{\text{Produktionsoutput} / \text{ben\ototigte Zeit}} \end{aligned}$
Repeat Job Index	$\begin{aligned} \text{Repeat Job Index} \\ &= \frac{\text{Anzahl wiederh. durchgef. Arbeiten im Zeitraum X}}{\text{Anzahl wiederh. durchgef. Arbeiten im Zeitraum Y}} \end{aligned}$

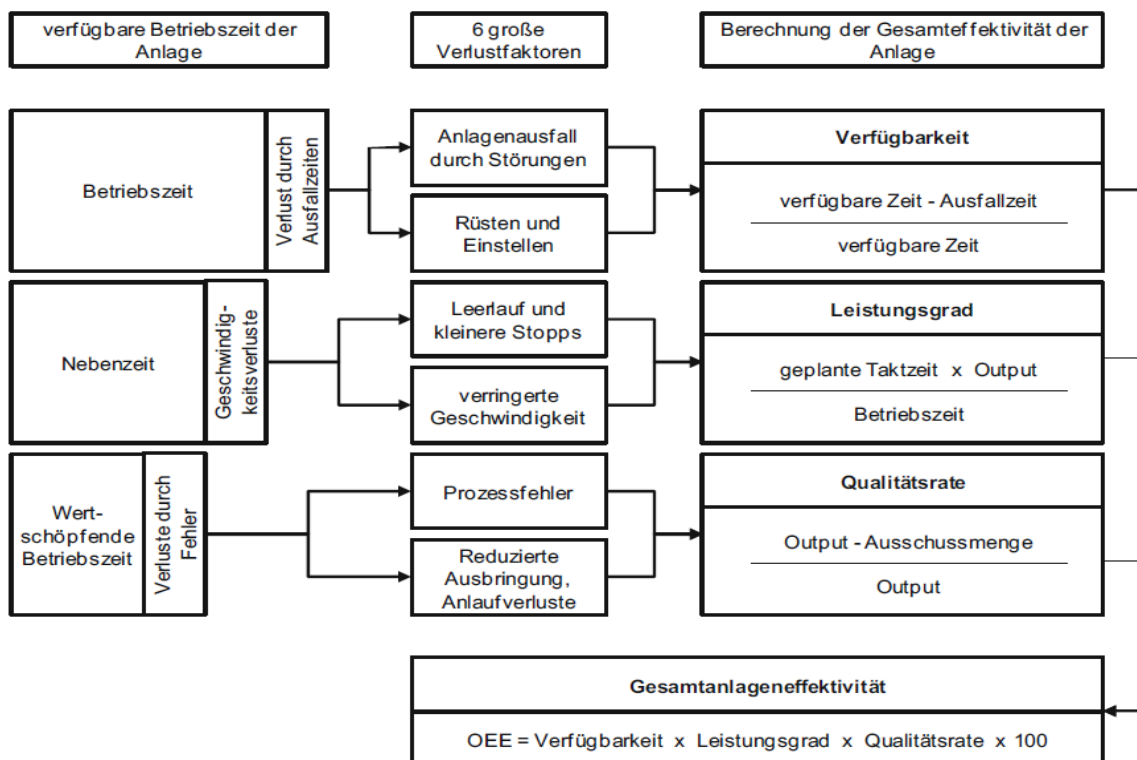


Abbildung 23: Die sechs großen Verlustquellen und die Gesamtanlageneffektivität¹²³

¹²³ Quelle: Pawellek (2013), S. 75

Die Herleitung der bedeutendsten Kennzahl für die Anlagenverfügbarkeit, dem OEE-Wert („Overall Equipment Effectiveness“), wird mit Abbildung 23 erklärt.

Der OEE spiegelt die Gesamtanlageneffektivität wider. Er setzt sich aus den Kenngrößen Verfügbarkeit, Leistungsgrad und Qualitätsrate zusammen und umfasst die nach TPM benannten sechs großen Verlustquellen der Produktion.¹²⁴

Aus schwedischen Studien mit Fokus auf Instandhaltung kann für die Industrie Schwedens ein mittlerer OEE von 66 % angegeben werden. Dieser Wert ist mit einer großen Streuung zwischen den unterschiedlichen untersuchten Unternehmen versehen.¹²⁵

Ein OEE-Wert größer 85 % ist als „Weltklasse“ zu definieren und als Benchmark anzustreben.¹²⁶

2.2.9 Potentiale der Schwachstellenanalyse

Die Durchführung von Schwachstellenanalysen ist aufgrund der hohen Komplexität des Analysierens von Schäden mit hohen zeitlichen und finanziellen Ressourcenaufwänden verbunden.

Darüber hinaus stellt die Schwachstellenermittlung hohe Anforderungen in personeller Hinsicht. Vielseitig ausgebildete Fachkräfte mit einem breiten und tiefen Fachwissen im Bereich Konstruktion, Ergonomie, Werkstoffwissenschaften, Mathematik, Fertigungstechnik und Datenerfassung, die über ein gutes analytisches Denken verfügen, müssen in Schwachstellenanalyseteams eingesetzt werden.¹²⁷

Die hohen Anforderungen der Schwachstellenanalyse sind nicht als Nachteile, sondern als Potentiale anzusehen. Das für die Analyse erforderliche Wissen ist ein gutes Instrument zur Verbesserung der Produktionsleistung, Minimierung von Kosten und Differenzierung vom restlichen Markt.

Die Komplexität der Schwachstellenanalyse ist vielmehr eine Chance und führt bei richtiger Handhabung zu einer positiven Beeinflussung von Kosten und Verfügbarkeiten.

Einfluss auf Instandhaltungskosten

Die Durchführung von Schadens- und Schwachstellenanalysen verbraucht zeitliche und personelle Ressourcen, weshalb diese Analysen als Kostentreiber angesehen werden. Zugleich lassen sich durch die durchgeführten Untersuchungen und der daraus abgeleiteten Optimierungsmaßnahmen Einsparungspotenziale im Bereich Instandhaltungskosten erreichen.

Brocker empfiehlt das „Eliminieren der Schwachstellen durch technisch-konstruktive und organisatorische Maßnahmen, und zwar in allen Fällen, in denen die Behebung wirtschaftlicher ist als das Beibehalten des bestehenden Zustandes“¹²⁸ und geht in seiner Kostenbetrachtung von einem linearen, mit der Zeit ansteigendem Instandhaltungskostenverlauf aufgrund beeinflussbarer Ursachen bei gleichbleibenden Kosten für die Schwachstellenbehebung aus (vgl. Abbildung 24).

Auf Basis Brockers Ansicht ergibt sich ein Punkt in der Nutzungsdauer eines technischen Objektes, ab dem die Schwachstellenbehebung eindeutig wirtschaftlicher ist als diese nicht

¹²⁴ Vgl. Pawellek (2013), S. 74f.

¹²⁵ Vgl. Salonen (2009)

¹²⁶ Vgl. Sharma et al. (2005), S. 362

¹²⁷ Vgl. Slaghuis/Francke (1993), S. 107ff.

¹²⁸ Brocker (1979), S. 104

durchzuführen. Kritik an dieser Anschauung muss dahingehend geübt werden, dass laufende Instandhaltungsaufwände nicht als konstant angesehen werden können.

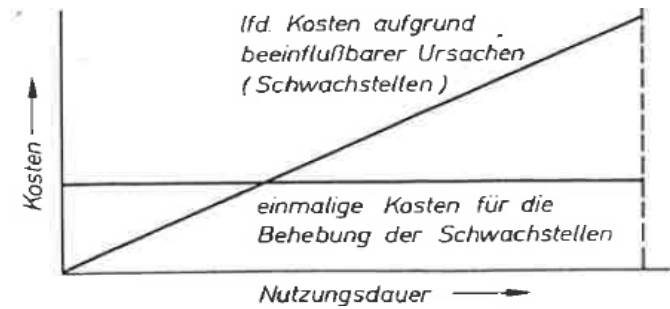


Abbildung 24: Wirtschaftlichkeit der Schwachstellenbehebung¹²⁹

Der reale Verlauf von Instandhaltungskosten und der positive Einfluss von Schwachstellenanalyse und -beseitigung auf diese kann beispielhaft durch Vergleich von Abbildung 25 und Abbildung 26 aufgezeigt werden.

Abbildung 25 gibt den realen Verlauf von Instandhaltungskosten, zusammengesetzt aus Kosten für Wartung, Inspektion und Instandsetzung/Reparatur, über die Lebensdauer eines Bauteiles wieder.

In Abbildung 26 werden die instandhaltungstechnischen Lebenszykluskosten für dieselbe Einheit unter Durchführung einer Anlagenverbesserung betrachtet. Durch die Anlagenverbesserung zum Zeitpunkt t_0 steigen die Instandhaltungskosten in früher Phase über die Kostenschwelle der Betrachtungseinheit ohne Schwachstellenbeseitigung. Über den weiteren Lebenszyklus des Aggregates treten infolge der Verbesserung geringere Instandhaltungsaufwände auf. In Summe sind geringere Instandhaltungskosten über die Lebenszeit entstanden.

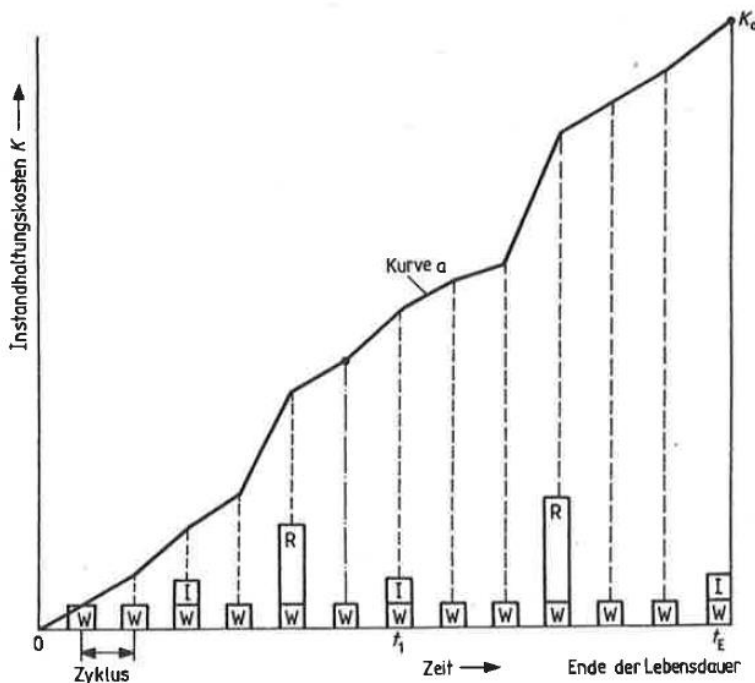


Abbildung 25: Instandhaltungskosten ohne Schwachstellenbeseitigung (Begriffe: I Inspektion, W Wartung, R Instandsetzung)¹³⁰

¹²⁹ Quelle: Brocker (1979), S. 104

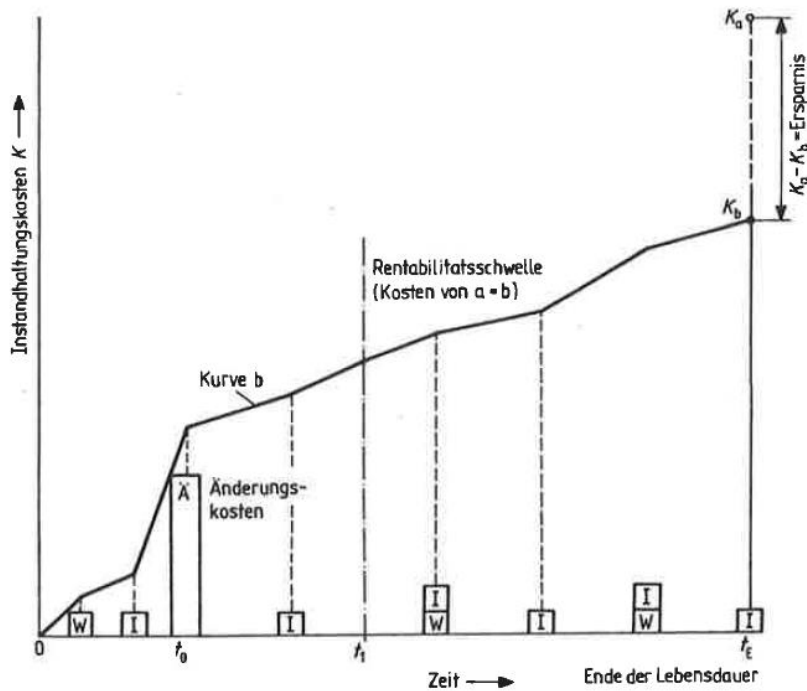


Abbildung 26: Instandhaltungskosten bei Schwachstellenbeseitigung zur Zeit t_0 . Kurve verläuft ab Rentabilitätsschwelle hier flacher.¹³¹

Muss entschieden werden, ob eine Anlagenverbesserung wirtschaftlicher ist als keine, müssen sowohl Änderungskosten als auch Instandhaltungskosten über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage betrachtet werden. Unter Lebensdauer wird die Zeitspanne zwischen Beginn der Bauteilbeanspruchung bis zum endgültigen Bauteilausfall (=Zeitpunkt, zu dem Bauteil nicht mehr instand gesetzt werden kann) verstanden.¹³²

Das Potential der Schwachstellenanalyse wird laut Ritter optimal genutzt, wenn aufgrund ihrer Erkenntnisse eine Minimierung von Ausfallzeiten und Instandhaltungsaufwänden erreicht werden. Zusätzlich werden Wartungstätigkeiten und die Häufigkeit deren Durchführung optimal angepasst. Die Ersatzteilbevorratung wird hinsichtlich Teilebestand und deren Umfang korrigiert.¹³³

Laut Mexis Ausführungen sind etwa zwei Drittel der Instandhaltungsaufwände auf „Kosten, die aufgrund funktionaler und sonstiger Schwachstellen entstehen und die als Instandhaltungskosten im Instandhaltungsbudget erscheinen“ zurückzuführen¹³⁴. Er bezieht sich auf eine Ummünzung der „scheinbaren“ Kostenverteilung in der Instandhaltung auf eine vom ihm abgeschätzt „wirkliche“ Verteilung, welche mit Abbildung 27 wiedergegeben wird.

¹³⁰ Quelle: Rötzel (2009), S. 102

¹³¹ Quelle: Rötzel (2009), S. 103

¹³² Vgl. Rötzel (2009), S. 100ff.

¹³³ Vgl. Ritter (1978), S. 514f.

¹³⁴ Mexis (1987), S. 393

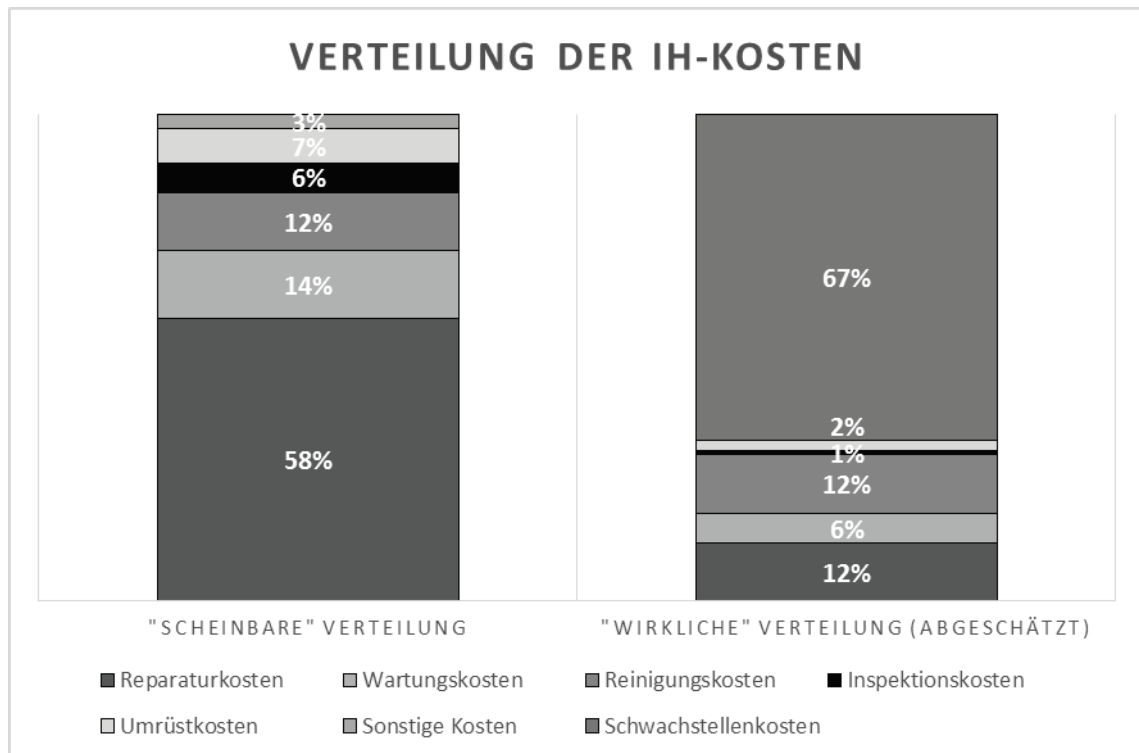


Abbildung 27: Bis zu 80% der Instandhaltungskosten sind Schwachstellenbekämpfungskosten¹³⁵

Die Reduktion von Ausfallzeiten durch Schwachstellenbeseitigungen bewirkt indirekt finanzielle Vorteile. Zur Berechnung der entgangenen Anlagenausfallkosten und Ausfallfolgekosten können mehrere Ansätze gewählt werden. Überlegungen nach Adam, Biedermann, Männel und Rasch finden in der Praxis Anwendung.¹³⁶

Einfluss auf Anlagenverfügbarkeit

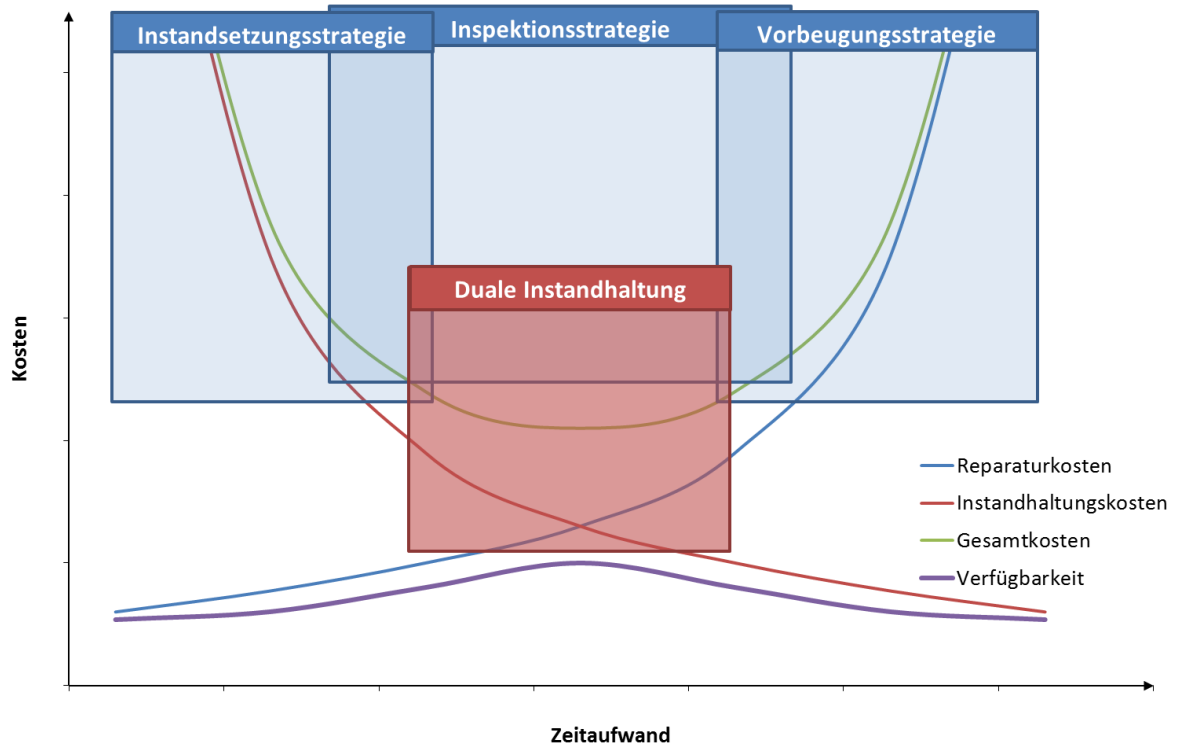
Neben den Instandhaltungskosten wirkt sich die Schwachstellenanalyse positiv auf die Verfügbarkeit von Anlagen aus. Durch Reduktion von Ausfallzeiten aufgrund kontinuierlicher Anlagenverbesserung und Auswahl geeigneter Instandhaltungsverfahren auf Basis der Ergebnisse der Schwachstellenermittlung lassen sich Instandhaltungskosten gegenüber der Anlagenverfügbarkeit optimieren.

Abbildung 28 gibt einen Vergleich der aufsummierten Instandhaltungskosten in Abhängigkeit der jeweils ausgewählten Instandhaltungsstrategie über die Zeit, abgestimmt mit der dabei erreichten Anlagenverfügbarkeit, wieder. Ein Maximum der Anlagenverfügbarkeit lässt sich bei einem ausgewogenen Mix aus Instandhaltungs- und Reparaturaufwänden finden. Das Optimum der Verfügbarkeit fällt mit dem Minimum der Instandhaltungskosten zusammen.

Steigert man über diesen Punkt hinaus die Bestrebungen in Richtung vorbeugender Instandhaltung, gehen die Kosten für notwendige Reparaturen gegen Null. Auch die Verfügbarkeit der Anlagen sinkt ab, da mehr Zeiten für die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen benötigt werden. Die Maschine ist nicht mehr optimal verfügbar.

¹³⁵ Vgl. Mexis (1987), S. 393

¹³⁶ Vgl. Gram (2012)

Abbildung 28: Verschiedene Instandhaltungsstrategien¹³⁷

Mexis führt 1987 eine bundesweite Instandhaltungsstudie mit Fokus auf Schwachstellen über 70 Unternehmen an.

Die Ergebnisse der Studie werden mit folgenden Punkten zusammengefasst:¹³⁸

1. Die Steigerung der Instandhaltungseffizienz kann nur zu einer begrenzten Verfügbarkeitssteigerung in der Praxis führen. Der Grenzwert liegt bei einer Verfügbarkeit von 70 %.
2. Die Forderung einer hohen Anlagenverfügbarkeit bei niedrigen Instandhaltungskosten weist einen Sättigungspunkt auf, dessen Überschreitung entweder zu Lasten der Kostenseite oder der Anlagenverfügbarkeit geht.
3. Störungen instand zu halten, anstatt die Beseitigung von Störursachen zu forcieren, ist als falsche Instandhaltungspolitik anzusehen.

Aus diesen Ergebnissen folgert Mexis den Schluss der Notwendigkeit der Verfolgung einer dualen Instandhaltungsstrategie (=gezielte Kombination aus vorbeugender und reaktiver Instandhaltung) um Verfügbarkeiten bei gleichzeitiger Kostenbetrachtung zu optimieren (vgl. Abbildung 28).

¹³⁷ In Anlehnung an Mexis (1987), S. 386

¹³⁸ Vgl. Mexis (1987), S. 386

3 Konzeptionierung und Implementierung der Schwachstellenanalyse in einem Anlagenbereich

Die praktische Durchführung der in dieser Arbeit geforderten Konzeptionierung und Implementierung der Schwachstellenanalyse in einem Anlagenbereich richtet sich nach der von Pawellek vorgeschlagener Schrittkette zur „Gestaltung von Instandhaltungsprozessen“ (vgl. Abbildung 29).

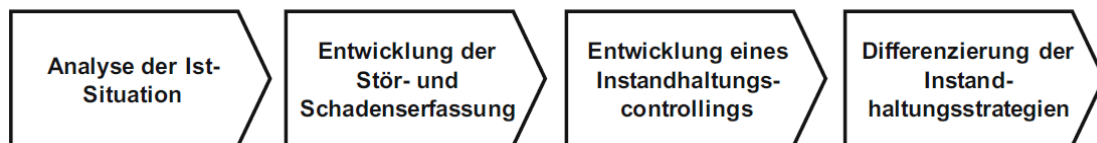


Abbildung 29: Schritte zur Gestaltung der "Instandhaltungsprozesse"¹³⁹

Über eine umfassende Erhebung und Analyse der Ist-Situation wird ein ganzheitliches Stör- und Schadensdokumentationssystem umgesetzt. Auf Basis der erfassten Stör- und Schadensmeldungen werden Methoden zur Schwachstellenermittlung angewendet und Anlagenschwachstellen aufgezeigt. Die durch die Analyse erworbenen Erkenntnisse dienen zur Ableitung einer angepassten Instandhaltungsstrategie.

3.1 Ausgangssituation

Bis zu Beginn des Jahres 2014 musste HKM zur Versorgung ihrer Hochöfen mit Koks zusätzlich zum Eigenkoks Fremdkoks am internationalen Markt zukaufen. Eine umfassende Erweiterung der vorhandenen, im Jahre 1984 erbauten Kokerei (Produktionskapazität: 1,08 Millionen Tonnen/Jahr) im Rahmen eines Neubaus einer zweiten Koksbatte mit dem Ziel der Verdoppelung der Koksabbringungsleistung bereitet dem integrierten Hüttenwerk den Weg vom Koks-Fremdbezieher zum 100 % Koks-Eigenversorger und erlaubt darüber hinaus Koks an die Gesellschafter zu exportieren. Die geplante Inbetriebnahme der zweiten Koksbatte mit einer angestrebten Koksproduktionsleistung von 2,3 Millionen Tonnen pro Jahr wird mit März 2014 festgelegt.

Problemstellung

Nach einer umfassenden Anlagenerweiterung im Bereich der Kokerei wird im Rahmen eines Anlagenleistungstests im Januar 2014 erkannt, dass das vorhandene Verfügbarkeitsniveau bestehender Ver- und Entsorgungsanlagen nicht zur Erreichung des zu realisierenden Produktionsziels genügt.

Die mangelnde Verfügbarkeit produktionskritischer Betriebseinheiten ist zum einen aus leistungstechnischer Hinsicht und zum anderen durch einen hohen Anteil ungeplanter Störungen eingeschränkt. Zur Behebung der Problemstellung werden zwei Projektgruppen gegründet; eine mit der Aufgabe der Leistungssteigerung durch Geschwindigkeitserhöhung und durch Optimierung der Maschinenschrittketten und eine mit dem Auftrag eine Schwachstellenanalyse zur Minimierung der Störaufkommens durchzuführen und die vorhandene Instandhaltungsstrategie den neuen Anforderungen anzupassen.

Die Vorgehensweise der Arbeitsgruppe zur Konzeptionierung einer adäquaten Schwachstellenanalyse mit dem Ziel der Anpassung der bestehenden, vorwiegend ausfallorientierten

¹³⁹ Quelle: Pawellek (2013), S. 86

Instandhaltungsstrategie sowie deren Erkenntnisse, umgesetzte Maßnahmen und daraus resultierende Ergebnisse werden in weiterer Folge näher beschrieben.

Die Ausgangslage des Projektes zur Implementierung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes und dessen Problemfelder sind mit Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Ausgangslage und Problemfelder des Projektes

Problemfeld	Beschreibung der Problematik
Mangelnde Leistung	Das mangelnde Leistungsniveau kritischer Produktionsaggregate ist hauptsächlich auf das aktuelle Störgeschehen zurück zu führen.
Mangelnde Störinformationen	Systematisierte Schadens- und Störaufschreibungen fehlen aufgrund nicht vorhandener Stördokumentationssysteme. Es sind keine fundierten Kenntnisse über Störursachen und Störbilder zur Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen vorhanden.
Eignung der Instandhaltungsstrategie	Die vorhandene Instandhaltungsstrategie muss hinsichtlich der Anforderung nach Höchstverfügbarkeit und Zuverlässigkeit in produktionskritischen Anlagenteilen kritisch hinterfragt werden. Ein positiver Einfluss der vorhandenen Instandhaltungsstrategie auf die Verhinderung bzw. Behebung von Störungen ist nicht erkennbar.

Abgeleitete Handlungsfelder

Entsprechend der vorab diskutierten Vorgehensweise zur Gestaltung von Instandhaltungsprozessen (vgl. Abbildung 29) und Durchführung von Schadens- und Schwachstellenanalysen (Abschnitt 2.2: Schwachstellenanalyse) werden folgende Handlungsfelder zur zielgerichteten Projektabwicklung festgelegt:

- ➔ **Handlungsfeld 1: Stördokumentation und Schadenserfassung**
- ➔ **Handlungsfeld 2: Stör- und Schadensanalyse**
- ➔ **Handlungsfeld 3: Implementierung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes**

Als erster Schritt wird der aktuelle Ist-Stand der jeweiligen Handlungsfelder aufgezeigt und bewertet. Anhand der erhaltenen Erkenntnisse werden kurz- und mittelfristige Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt.

Das Zusammenspiel der fokussierten Handlungsfelder wird mit Abbildung 30 verdeutlicht.

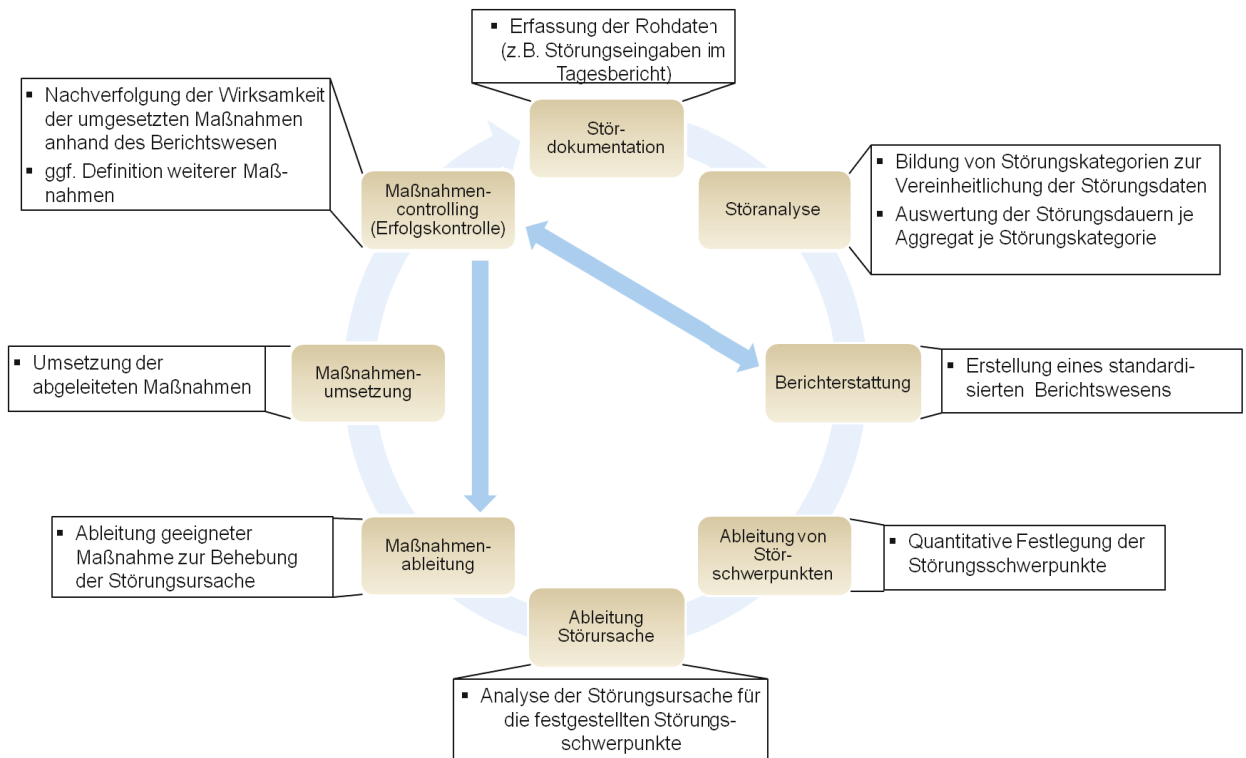


Abbildung 30: Vorgehenskette zur Störungsminimierung¹⁴⁰

Abbildung 30 beschreibt ein mögliches Vorgehen zur Störungsminimierung. Durch eine umfassende Stördokumentation wird die Basis für die Durchführung von Störanalysen gelegt. Die Ableitung und Umsetzung von Störungsbeseitigungsmaßnahmen mit anschließender Erfolgskontrolle und das Setzen von Nachbesserungsmaßnahmen ermöglicht das nachhaltige Minimieren des Störaufkommens.

Die Instandhaltungsstrategie stellt den strategischen Rahmen für die praktische Umsetzung der Vorgehenskette zur Störungsminimierung dar.

Die Abhandlung der schriftlichen Arbeit orientiert sich entsprechend der aufgezählten Handlungsfelder.

Abgeleitetes operatives Vorgehen

Als Ansatzpunkte der operativen Vorgehensweise zur Überprüfung und Bewertung der aktuellen Instandhaltungsstrategie werden folgende Schritte vereinbart:

- Durchführung von Vorortanalyse durch Beobachtung, Dokumentation von Abläufen und Störungen, erhärtet durch Interviews und Expertenbefragungen, um Hinweise auf mögliche Schwachstellen zu erhalten
- Aufnahme und statistische Auswertung von Daten und Informationen
- Darstellung des Verhältnisses von geplanter zu ungeplanter Instandhaltung

¹⁴⁰ Quelle: Interne Darstellung HKM

3.2 Erhebung der Ist-Situation

Bevor Verbesserungsmaßnahmen im Bereich Instandhaltung getroffen werden, erfolgt eine umfassende Erhebung der vorliegenden Ist-Situation. Die Analyse der Ist-Situation ist ein wichtiger Schritt zur Bewertung der aktuellen Instandhaltungsleistung aus objektiver Sicht.

Entsprechend der vorgeschlagenen Vorgehensweise zur Gestaltung von Instandhaltungsprozessen wird die Ist-Situation nach folgenden Gestaltungspunkten untersucht:

- Erhebung der aktuellen Stördokumentations- und Schadenserfassungssysteme
Die in der Praxis vorhandenen Dokumentationssysteme werden aufgezeigt und näher beschrieben. Ihre Eignung für den Einsatz in der Schwachstellenermittlung wird diskutiert.
- Erhebung der aktuellen Stör- und Schadensanalysensysteme
- Erhebung der aktuellen Instandhaltungsstrategie-Ansätze

Der Abschnitt wird mit einer zusammenfassenden Bewertung der erhobenen Ist-Situation abgeschlossen.

3.2.1 Stördokumentation und Schadenserfassung

Stördokumentation und Schadenserfassung stellen eine wichtige Basis zur Durchführung von Schwachstellenanalysen dar. Die Aussagekräftigkeit der Analyseergebnisse wird von der Qualität und Quantität der zugrunde gelegten Stördokumentationsdaten beeinflusst.

Die in der Praxis vorhandenen Systeme zur Stördatenerfassung werden nachfolgend näher untersucht.

Im Bereich der Kokerei des betrachteten integrierten Hüttenwerkes ist eine strikte organisatorische Trennung zwischen Instandhaltung (IH) und Produktion vorzufinden. Die Produktion unterteilt sich darüber hinaus in die Bereiche der „Kokserzeugung (KE)“ und „Koks-/Kohle-Logistik (KK/KL)“; die Instandhaltung gliedert sich in die organisatorisch getrennt geführten Bereiche der Wechselschichtinstandhaltung, Frühschichtinstandhaltung Elektrik und Frühschichtinstandhaltung Mechanik. Durch die vorliegende Organisationsstruktur ergeben sich klar definierte Systembereiche, in denen Störungen unterschiedlich erfasst und dokumentiert werden.

Abbildung 31 gibt Überblick über die verschiedenen, in der Kokerei eingesetzten Systeme zur Schadenserfassung. Die Aufzählung ist als Auszug vorhandener Dokumentationssysteme zu betrachten. Darüber hinaus fließen Informationen von Seiten Kohlenwertstoffanlage und Ofentechnik, Peripheriebereichen der Koksbatte, sowie aktuelle Daten aus zusätzlich geführten LOP (Liste-offener-Punkte)- und Maßnahmen-Listen in die Stör- und Schadenserfassung mit ein.

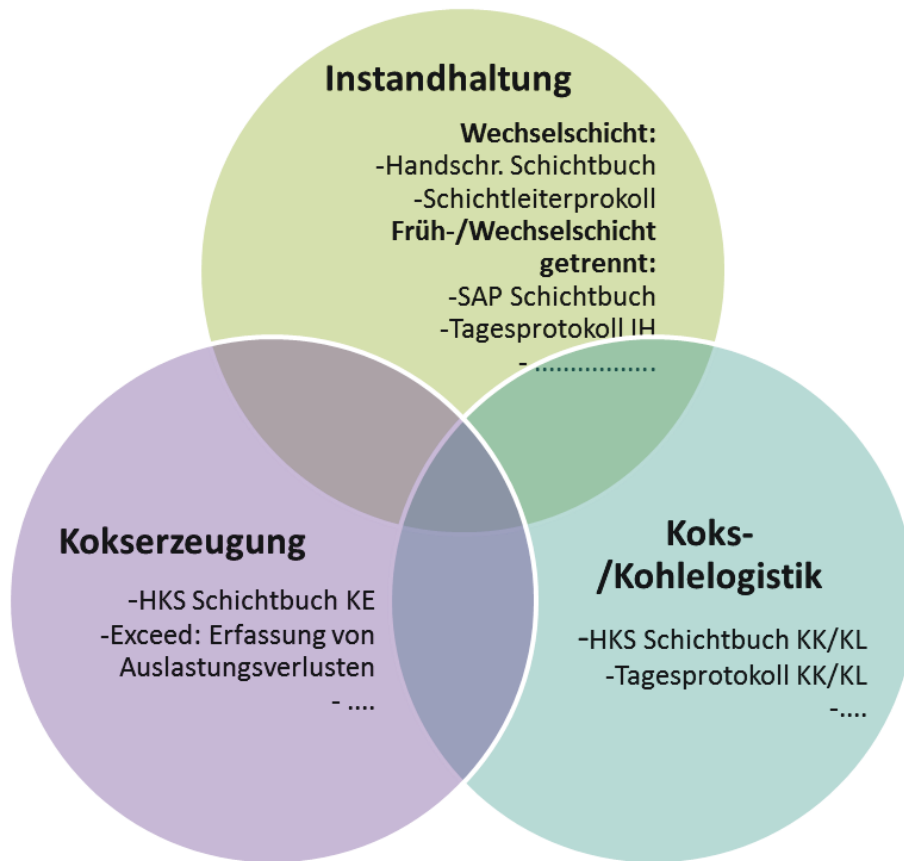


Abbildung 31: Übersicht Stördokumentations- und Schadenserfassungssysteme des betrachteten Anlagenbereiches zum Stand 01/2014

Einsatz der Stördokumentationssysteme zur Instandhaltungsplanung

Die mit Abbildung 31 aufgezählten Dokumentationssysteme zur Informations- und Schadenserfassung werden zur Planung täglicher Instandhaltungsarbeiten eingesetzt.

Im Rahmen einer von Instandhaltung, Produktion und Ofentechnik gemeinsam geführten Morgenbesprechung werden die Inhalte der unterschiedlichen Informationsquellen zusammen geführt. Die offenen Punkte der letzten 24 Stunden werden eruiert und in Tagesprotokolle eingepflegt. Die Tagesprotokolle stellen für die Instandhaltung die mittelfristige Planungsgrundlage für die zu erledigenden Arbeiten der nächsten 24/48/72 Stunden dar und werden von Wechselschichtinstandhaltung, Frühschichtinstandhaltung Elektrik und Frühschichtinstandhaltung Mechanik getrennt geführt. Zusätzlich erledigt die Instandhaltung kurzfristig Störungsbeseitigungsmaßnahmen auf Zuruf der Produktion.

Rückmeldungen von durch die Instandhaltung erledigten Arbeiten erfolgen im Rahmen der Tagesprotokolle, auf Nachfrage der Produktion bzw. in der Morgenbesprechung. Durchgeführte Arbeiten werden von der Produktion in den eigenen Dokumentationssystemen als „erledigt“ rückgemeldet.

Bedingt durch ein fehlendes gemeinsames Dokumentationssystem kommt es innerhalb der Instandhaltung zwischen den Wechsel- und Frühschichten wie auch zwischen Instandhaltung und Produktion zu Informationsbrüchen, die die Qualität, Effizienz und Effektivität in der Arbeitsplanung einschränken.

Beschreibung von Schlüssel-Dokumentationssystemen

Die wichtigsten Schadenerfassungssysteme und deren praktischer Einsatz werden in diesem Abschnitt näher erläutert.

Folgende Dokumentationssysteme werden beschrieben:

- Schichtleiterprotokoll
Geführt von Wechselschichtinstandhaltung
- SAP Schichtbuch
Getrennt geführt von Wechselschichtinstandhaltung, Frühschichtinstandhaltung Elektrik und Frühschichtinstandhaltung Mechanik
- HKS Schichtbuch
Gemeinsam geführt von Kokserzeugung und Kohle-/Kokslogistik
- Exceed
Geführt von Kokserzeugung

Schichtleiterprotokoll (Organisationsbereich: Wechselschichtinstandhaltung)

Das Schichtleiterprotokoll der Wechselschichtinstandhaltung ist eine eigens generierte Exceltabelle, welche vom Instandhaltungsschichtleiter gepflegt wird und dem Zweck der Informationsweitergabe an die nachfolgende Instandhaltungsschicht dient. Alle als wichtig erachteten Informationen über das Störgeschehen und sonstige Arbeiten der letzten Schicht werden in diesem Protokoll zusammengeführt. Der Bericht gibt Auskunft über den aktuellen Status von Instandhaltungs- und Störungsbeseitigungsmaßnahmen und beschreibt diese näher.

Die im Protokoll beschriebenen Arbeiten können mit zusätzlichen Informationen über Anlagenausfallzeiten und Reparaturzeiten hinterlegt werden. In der Praxis findet diese Möglichkeit kaum Einsatz.

Ein beispielhafter Auszug eines Schichtleiterprotokolls ist mit Abbildung 62 (Anhang, S. c) gegeben.

Es besteht keine Möglichkeit, die in den Schichtleiterprotokollen gesammelten Störinformationen automatisch aufzubereiten.

SAP Schichtbuch (Organisationsbereich: Wechselschichtinstandhaltung/ Frühschichtinstandhaltung Elektrik/ Frühschichtinstandhaltung Mechanik)

Instandhaltungswechselschicht, Frühschichtinstandhaltung Elektrik und Frühschichtinstandhaltung Mechanik melden ausgeführte Arbeiten im Rahmen getrennt geführter SAP Schichtbücher zurück.

Bei der Rückmeldung der erledigten Arbeiten besteht die Möglichkeit zwischen geplanten Arbeiten, Störungsbeseitigungsmaßnahmen und Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen (W&I) zu unterscheiden und die Arbeiten den jeweils betreffenden technischen Plätzen des Ausführungsortes zuzuordnen. Die Dauer von Ausfallzeiten und Störungsbeseitigungsmaßnahmen kann in eigens vorgesehenen Feldern eingegeben werden. Die Ursachen für Störungs- und Schadensbeseitigungsmaßnahmen können mithilfe standardisierter Schadenerfassungsschlüssel bis auf Schadensbild- und Schadensursachen-Ebene begründet werden.

Die Möglichkeiten zur systematischen Schadenerfassung mit SAP finden in der Praxis wenig Anwendung. Störungsbeseitigungsmaßnahmen werden mit Stundensätzen rückgemeldet, welche den realen zeitlichen Reparaturaufwänden nicht gerecht werden. Zusätzliche Informationen über die Art und Weise der durchgeführten Arbeiten fehlen. Die stan-

standardisierten Störschlüssel werden nicht eingesetzt. Produktionsausfallzeiten werden nicht angegeben. Rückschlüsse über den genauen Eintrittszeitpunkt von Störungen können nicht gezogen werden. Die Zuordnung der Arbeiten auf die jeweiligen technischen Plätze erfolgt bedingt, ist aber aufgrund einer veralteten Anlagenstruktur in SAP eingeschränkt.

Die dem System hinterlegten Störschlüssel sind sehr generell formuliert (vgl. Abbildung 32), werden in der Praxis von den verantwortlichen Eintragenden nicht verstanden bzw. als nicht praktikabel empfunden.

SAP bietet die Möglichkeiten zur systematischen Erfassung, Auswertung und Analyse von Störinformationen. Kennzahlen wie MTTR und MTBF, Anlagenverfügbarkeit und andere spezifische Instandhaltungskenngrößen können mit SAP automatisch ausgewertet und verglichen werden. Aufgrund der Unvollständigkeit der Informationen in den Eintragungen werden diese Möglichkeiten im gegebenen Fall nicht genutzt.

Schadensbild Schadensbilder		Ursache Ursachen	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ E0 nicht feststellbar ▶ E1 Festsitz / Fresser ▶ E2 Unterbrechung ▶ E3 Verschleiß ▶ E4 Verunreinigung ▶ E5 Brandschäden ▶ E6 Isolationsfehler ▶ E7 Kontaktschäden ▶ E8 Komponentenausfall 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ U0 nicht feststellbar ▶ U1 Bedienungsfehler ▶ U10 Beschädigung ▶ U11 Beschädigung durch Kran ▶ U2 unzureichende Instandhaltung ▶ U3 Überlast, Unterlast, Zweckentfremdung ▶ U4 Material-, Herstellungsfehler ▶ U5 Konstruktions-, Programmfehler ▶ U6 Alterung, unerwartete Abnutzung ▶ U7 Umwelteinflüsse, äußere Einflüsse ▶ U8 Energieausfall, Versagen anderer Teile ▶ U9 Verschmutzung 	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ M0 nicht feststellbar ▶ M1 Festsitz / Fresser ▶ M2 Bruch / Riss ▶ M3 Verschleiß ▶ M4 Verunreinigung ▶ M5 Brandschäden ▶ M6 Verformung 			
<ul style="list-style-type: none"> ▶ S0 sonstige Schäden ▶ S1 verfahrenstechnische Abweichungen ▶ S2 Bauschäden 			

Abbildung 32: Standardisierte Störbilder und Störursachen in SAP

HKS Schichtbuch (Organisationsbereich: Kokserzeugung/Kohle-&Kokslogistik)

Die Produktion verwendet das HKS Schichtbuch zur Weitergabe allgemeiner Informationen und zur Beschreibung des aktuellen Störgeschehens. Das HKS Schichtbuch wird von den Organisationseinheiten Kokserzeugung und Kohle- und Kokslogistik der Produktion gemeinsam geführt.

Die Produktion dokumentiert produktionsrelevante Störungen im HKS Schichtbuch (vgl. Abbildung 63, Anhang S. d). Jeder Eintrag im HKS Schichtbuch wird automatisch mit einem Zeitstempel versehen, der dem Zeitpunkt der Eintragung entspricht. Die hinterlegte Eingabemaske erlaubt es, Störmeldungen auf spezielle Anlagenteile zu beziehen und diese mit weiteren Informationen näher zu beschreiben. Es besteht die Möglichkeit, Meldungen formal an bestimmte Arbeitsplätze oder Personen zu delegieren und Enddaten für die Bearbeitung eingetragener, offener Punkte vorzugeben. Rückmeldungen werden durch Ausfüllen der Felder „Erledigt am“ und „Erledigt durch“ durchgeführt.

Das HKS Schichtbuch wird nur von der Produktion betrieben und stellt – wie alle anderen bereits erwähnten Schadensfassungssysteme – eine „Insellösung“ dar. Es sind keine Schnittstellen zu anderen Dokumentationssystemen vorhanden.

Die Qualität und Informationstiefe von Eintragungen ist bedeutend vom Bewusstsein der jeweils Verantwortlichen abhängig.

Es besteht keine Möglichkeit der systematischen Aufbereitung der im HKS Schichtbuch eingetragenen Daten.

Exceed (Organisationsbereich: Kokserzeugung)

Über das hüttenintern generierte, von der Kokserzeugung geführte Programm Exceed werden Auslastungsverluste (Füllzeitüberschreitungen größer eines definierten Grenzwertes), Garungszeitüberschreitungen und Ofenmaschinenwechsel im Koksproduktionsbetrieb automatisch dokumentiert.

Auslastungsverlusten stellen produktionslimitierende Zykluszeitüberschreitungen dar und sind wie folgt definiert (vgl. Abbildung 33):

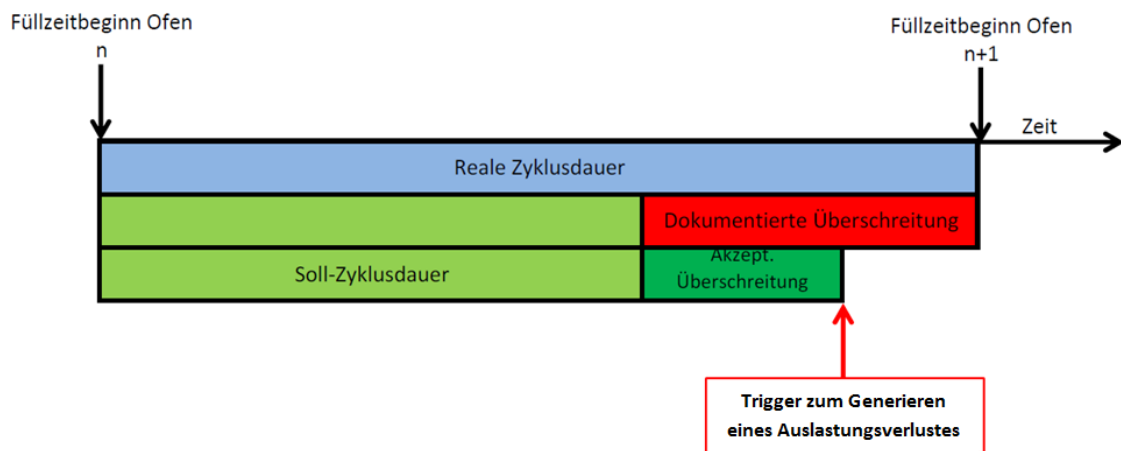


Abbildung 33: Dokumentation von Auslastungsverlusten in Exceed

Die Sollzyklusdauer zwischen dem Füllen zweier Koks batterieöfen wird mit einem nach technischen Gesichtspunkten minimal erreichbaren Zykluswert vorgegeben. Dieser Wert leitet sich aus der vorhandenen Anlagenleistung ab und wird im Fall der betrachteten Kokerei mit neun Minuten festgelegt.

In der Störfassung wird eine bestimmte Zeitüberschreitung über die minimale Zykluszeit hinaus toleriert. Der akzeptierte Zeitpuffer berücksichtigt Leistungsverluste aufgrund zu geringen Maschinengeschwindigkeiten sowie nicht ideal abgestimmten Produktionsschritt ketten. In der Praxis wird dieser maximal tolerierte Zeitüberschreitungswert mit zwei Minuten hinterlegt.

Überschreitet die reale Zyklusdauer die minimale Sollzykluszeit inklusive dem tolerierten Überschreitungsgrenzwert, das heißt, ist die Zyklusdauer größer als elf Minuten, wird im Störfassungssystem Exceed automatisch eine Auslastungsverlustmeldung generiert. Diese Meldung ist mit Informationen über die reale Zykluszeitüberschreitung, der betroffenen Ofennummer und dem Zeitpunkt des Ofenfüllbeginns hinterlegt.

Die Auslastungsverlustmeldung kann mittels einem dem Programm hinterlegten Störschlüssel, welcher Störbegründungen auf Anlagenbereiche und deren Bauteile herunter bricht, begründet werden. Zusätzlich kann die Störung über eine Freitexteintragung näher beschrieben werden. Überblick über die Programmoberfläche und die hinterlegten Störbegründungen wird in Abbildung 64 (siehe Anhang, S. e) gegeben.

Obwohl Exceed die Möglichkeit zur systematischen Erfassung von Störmeldungen bietet, wird dieses System in der Praxis rein sporadisch eingesetzt. Ein geringer Anteil der erfassten Auslastungsverluste ist mit Störbegründungen hinterlegt.

Die in Exceed gesammelten Daten können in Form von Excel-Tabellen exportiert und mit geringem Aufwand nachbearbeitet und aufbereitet werden.

Exceed stellt eine „Insellösung“ zur Stördatenerfassung dar. Nur die Kokserzeugung hat Zugriff auf dieses Programm und es gibt keine Schnittstellen zu anderen Systemen.

3.2.2 Stör- und Schadensanalyse

Wie mit Abschnitt 3.2.1 - Stördokumentation und Schadenserfassung klar ersichtlich wird, sind in der Kokerei unterschiedliche Instrumente zur Stördatenerfassung vorhanden.

Wie Abbildung 30: Vorgehenskette zur Störungsminimierung aufzeigt, soll zur nachhaltigen Störungsminimierung nach der Stördatenerfassung eine Schadensanalyse durchgeführt werden.

In diesem Abschnitt wird aufgezeigt, welche Formen der Schadensanalyse im betrachteten Betrieb Einsatz finden.

Bis einschließlich Ende Januar 2014 werden die Störinformationen aus den unterschiedlichen Dokumentationssystemen rein für die Planung der täglichen Instandhaltungsmaßnahmen eingesetzt.

Eine Schadensanalyse wird nicht durchgeführt. Der Zyklus der Störungsminimierung kommt in der Phase der Stördokumentation zum Erliegen.

Störungen werden instand gesetzt. Schadensanalysen kommen aufgrund fehlender Informationen über Schadensbild und Schadensursache in der Praxis zum Erliegen.

Eine Aufbereitung der Störinformationen aus den unterschiedlichen Schichtbüchern und Dokumentationssystemen ist mit hohem Zeitaufwand verbunden. Die aufbereiteten Daten stellen aufgrund ihrer unterschiedlichen Herkunft, Informationstiefe, Qualität und Vollständigkeit keine valide Datenbasis für nachfolgende Schadensanalysen dar.

Die systematisch in Exceed gesammelten Störinformationen können zur Störanalyse herangezogen werden. Aufgrund der schlechten Eintragungstatistik von Exceed (55 % der Auslastungsverluste sind mit keiner Störbegründung hinterlegt, vgl. Abbildung 34) ist die Schadensanalyse durch die geringe Störinformationsdichte zum Zeitpunkt Januar 2014 nicht durchführbar.

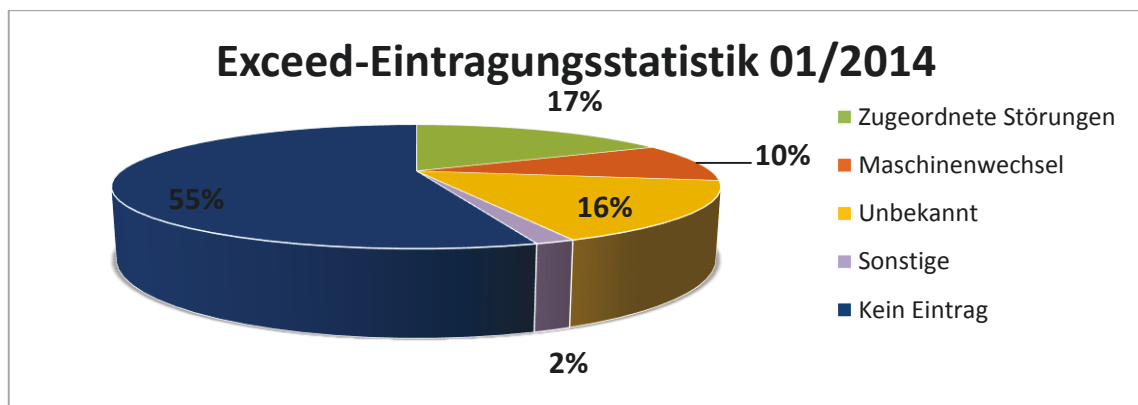


Abbildung 34: Exceed-Eintragungstatistik zum Stand 01/2014

Abbildung 34 spiegelt die Eingabedisziplin von Störbegründungen in Exceed wieder: Bis Januar 2014 werden 17 % der in Exceed dokumentierten Auslastungsverluste mit zuordenbaren Störbegründungen hinterlegt. 10 % der Verluste sind auf Maschinenwechsel, 16 % auf „Unbekannte Störungen“ und 2 % auf „Sonstige Störungen“ zurückzuführen. Der Großteil der Eintragungen (55 %) ist mit keiner Störbegründung hinterlegt.

3.2.3 Instandhaltungsstrategiemix

Zur Erhebung der Ist-Situation der vorliegenden Instandhaltungsstrategie werden das operative und strategische Geschehen in der Instandhaltung, Produktion und Arbeitsvorbereitung sowie das gesamte Instandhaltungsmanagement näher begutachtet.

Die Betrachtungen stützen sich auf vier Informationssäulen, welche in Abbildung 35 dargestellt werden.

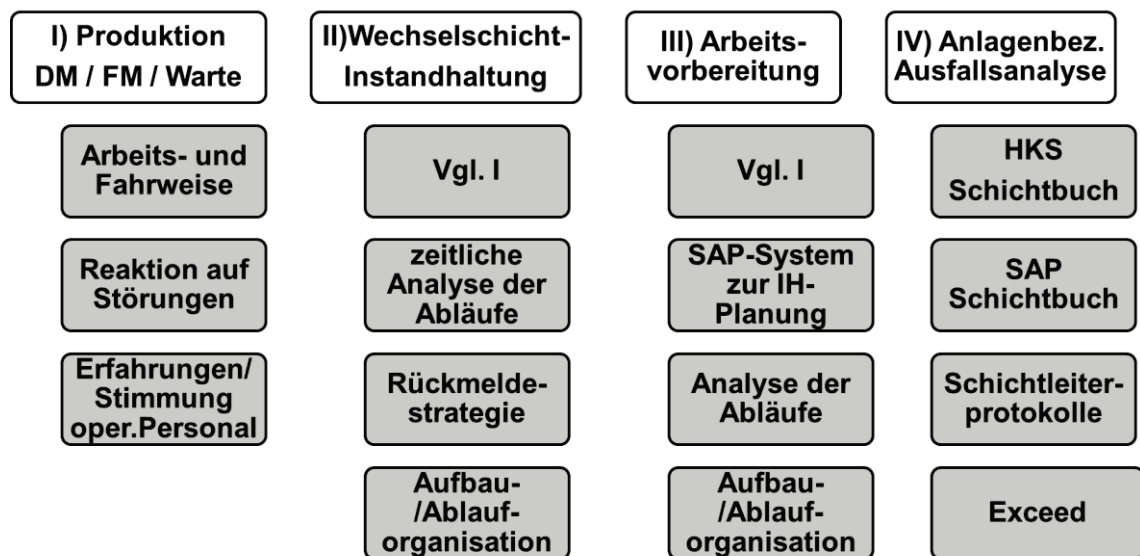


Abbildung 35: Informationsquellen zur Erhebung der vorhandenen IH-Strategie

Durch intensives Begleiten und Befragen der operativen Instandhaltungsgruppen (Wechselschichtinstandhaltung, Frühschichtinstandhaltung Elektrik und Frühschichtinstandhaltung Mechanik) sowie der Produktionsschichten auf allen Ofenmaschinen (OM) und in der Messwarte, durch die Teilnahme an den Morgenbesprechungen der Instandhaltung wie auch organisationsübergreifenden Morgenbesprechungen auf Meister- und Ingenieursebene sowie durch die Einarbeitung in die Abteilung der Arbeitsvorbereitung/Arbeitsplanung wird das operative Feld der Instandhaltung untersucht.

Zusätzlich werden Stördokumentationsdaten aus den in Abschnitt 3.2.1 näher beschriebenen Störfassungssystemen rückwirkend bis Dezember 2013 aufbereitet und analysiert.

Die strategische Orientierung der vorhandenen Instandhaltungsstrategie wird zusätzlich anhand der Kenngröße des Vorbeugegrades untersucht. Ein hoher Vorbeugegrad weist auf eine sehr präventiv ausgerichtete Instandhaltung hin, ein niedriger Vorbeugegrad auf eine sehr reaktive Ausrichtung.

Aus den vorhandenen SAP Rückmeldungen wird für den von der Produktion hochpriorisierten Bereich der Füllmaschine 22 der Vorbeugegrad (vgl. Tabelle 4: Einzelkennzahlen der Instandhaltung) berechnet. Wie aus Abbildung 36 ersichtlich wird, ergibt sich für den Betrachtungsbereich ein Vorbeugegrad von etwa 13 %. Auf Basis dieser Kenngröße kann

die Instandhaltung im Bereich der Füllmaschine als stark auf Instandsetzung fokussiert angesehen werden.

Durch umfassende Vor-Ort-Analysen und Interviews mit Instandhaltungs- und Produktionsmitarbeitern wird bekräftigt, dass nicht nur in diesem Bereich Reparaturen im Mittelpunkt der Instandhaltungstätigkeiten stehen, sondern die Instandhaltungsstrategie allgemein als reaktiv orientiert angesehen werden kann. Arbeiten werden vorwiegend auf Zuruf erledigt, Störungen werden instand gesetzt und geplante Arbeiten werden aufgrund mangelnder Zeit bzw. fehlender Arbeitsaufträge nicht durchgeführt.

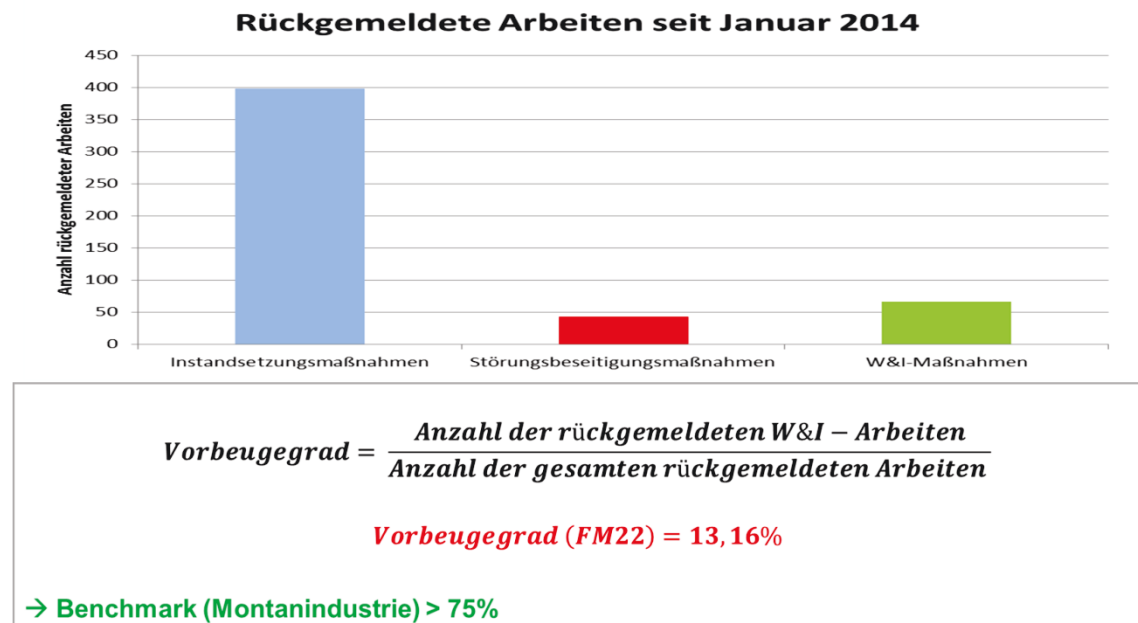


Abbildung 36: Vorbeugegrad der Instandhaltung für den Anlagenbereich der FM22 (Betrachteter Zeitraum: Januar-März 2014; Datenbasis: SAP Schichtbuch)¹⁴¹

3.2.4 Bewertung der Ist-Situation

Für die betrachteten Handlungsfelder werden aus der Erhebung der Ist-Analyse folgende Schlüsse gezogen:

Stördokumentation und Schadenserfassung

Im Bereich Stördokumentation wird aufgezeigt, dass Störinformationen mithilfe einer großen Anzahl unterschiedlicher Dokumentationssysteme erfasst werden. Bei den vorhandenen Störerkennungssystemen handelt es sich um in der Produktion und in der Instandhaltung getrennt geführte „Insellösungen“, welche aufgrund unterschiedlicher Eingabemasken und manueller Dateneingaben keine einheitliche Stördokumentation ermöglichen.

Eintragungen unterscheiden sich in Informationstiefe und Datenqualität. Standards zur Stördatenerfassung fehlen oder werden in der Praxis nicht genutzt. Valide Aussagen über den genauen Eintrittszeitpunkt und die Dauer einer Störung sowie die Dauer von Störungsbeseitigungsmaßnahmen können nicht getätigt werden. Keines der vorhandenen Dokumentationssysteme wird durchgängig genutzt. Eintragungen werden sporadisch gemacht und die Eingabedisziplin der jeweils Verantwortlichen ist als mangelhaft zu beschreiben.

¹⁴¹ Vorbeugegrad d. Benchmarks (Montanindustrie): laut Aussage WBW: empirische Erfahrung

Die unterschiedlichen Dokumentationssysteme basieren zum Teil auf Leitsystemebene, zum Teil auf SAP und zum Teil auf hüttenintern programmierten Systemen. Daneben finden für die jeweiligen Organisationsbereiche eigens generierte, manuell gepflegte Excellisten zur Stördatenerfassung Anwendung.

Für Eintragungen sind keine Hauptverantwortlichen genannt.

Die vorhandenen Systeme stellen eine Vermischung aus allgemeinen Informations- und Stördokumentationssystemen dar.

Valide Informationen können rein durch zeit- und ressourcenaufwändige Handarbeit aus den unterschiedlichen Dokumentationssystemen aufbereitet werden.

Stör- und Schadensanalyse

Aufgrund mangelhafter Stördokumentation kann keine umfassende Störanalyse durchgeführt werden. Durch das Fehlen von Standards in der Störaufschreibung ist eine systematische Aufbereitung der vorhandenen Daten nur stark eingeschränkt möglich. Informationen über den Eintrittszeitpunkt von Störungen, Produktionsausfallzeiten, Störort, Störbild, Störursache sowie Beschreibungen getätigter Störungsbeseitigungsmaßnahmen fehlen entweder ganz oder sind nur teilweise und in unstrukturierter Form vorhanden.

Zwar werden mithilfe von Exceed Stördaten in standardisierter Form und unter Zuhilfenahme von vordefinierten Störschlüsseln erfasst, die Möglichkeit der Störanalyse auf Basis dieser Daten muss jedoch aufgrund einer zu geringen Informationsdichte verworfen werden. Nur 17 % begründete Füllzeitüberschreitungen (vgl. Abbildung 34: Exceed-Eintragungstatistik zum Stand 01/2014, S. 59) können zur Störanalyse herangezogen werden. Eine valide Aussage dieser Analyse ist daher aufgrund der geringen Anzahl der auswertbaren Daten nicht gegeben.

Die Störaufzeichnung in Exceed endet auf Störbauteilebene. Eine umfangreiche Störanalyse erfordert näheres Wissen über Störbild und Störursache. Zusätzlich sollen Störinformationen unter Zuhilfenahme vorgegebener Standards gesammelt werden, um eine strukturierte und methodenbasierte Aufbereitung der Daten zu ermöglichen (siehe Abschnitt Standardisierte Schadenserfassung, S.41).

Die Ableitung von Kennzahlen zur Anwendung objektiver und objektsummarischer Methoden der Schwachstellenanalyse, Durchführung von Soll/Ist-Vergleichen und anderen Instrumenten der Schwachstellenermittlung sind aufgrund der mangelhaften Stördokumentation nicht möglich.

Instandhaltungsstrategie

Die Instandhaltungsstrategie wird am Beispiel eines Kernbereichs, der von der Produktion hochpriorisierten Füllmaschine 22, näher betrachtet. Der Vorbeugegrad von etwa 13 % für diesen Bereich zeigt die fokussierte Ausrichtung der Instandhaltung auf die Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen auf. Befragungen und Vor-Ort-Analysen bekräftigen die reaktive Ausprägung der vorhandenen Instandhaltungsstrategie.

Ansätze zur planmäßigen und vorbeugenden Instandhaltung sind vorhanden, müssen jedoch hinsichtlich Angepasstheit und Nutzen kritisch hinterfragt werden.

Das sehr hohe Störaufkommen und das Fehlen umfassender Wartungs- und Inspektionspläne schränkt die Möglichkeiten in Richtung vorbeugende Instandhaltung ein. Darüber hinaus sind zeitliche und personelle Ressourcen für die Durchführung von Wartungsmaßnahmen nur limitiert verfügbar.

4 Implementierung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes

Aus den in Abschnitt 3.2 - Erhebung der Ist-Situation gewonnen Erkenntnissen werden zur kurz- und mittelfristigen Verbesserung der aktuellen Situation der Handlungsfelder I bis III folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

→ Handlungsfeld 1: Stördokumentation und Schadenserfassung

- Auswahl eines Stördokumentationssystems, welches priorisiert zur Störererfassung Anwendung findet
- Aufbereitung von Stördaten vorhandener Informationsquellen rückwirkend bis 01. Januar 2014
- Nachpflege des vergangenen Störgeschehens in das ausgewählte Stördokumentationssystem rückwirkend bis 01. Januar 2014
- Überprüfung des praktischen Nutzens des Störererfassungssystems für die anschließende Störanalyse
- Ggf. Verbesserung des ausgewählten Dokumentationssystems
- Setzen vorbereitender Maßnahmen zur Entwicklung eines ganzheitlichen Stördokumentationssystems

→ Handlungsfeld 2: Stör- und Schadensanalyse

- Systematisierte Aufbereitung der Stör- und Schadenserfassungsdaten
- Ableitung von Störschwerpunkten
- Entwicklung einer kontinuierlichen Berichtssystematik zur Ableitung von Störungsbeseitigungsmaßnahmen und Überprüfung der Nachhaltigkeit gesetzter Maßnahmen und Strategien

→ Handlungsfeld 3: Implementierung eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes

- Detaillierte Aufbereitung des Verhältnisses geplanter und ungeplanter Instandhaltung für den hochpriorisierten Anlagenbereich der FM22
- Analyse der vorhandenen Systematik zur Wartung und Inspektion
- Ableitung von Optimierungspotentialen zur Verbesserung der aktuellen Situation

4.1 Stördokumentation und Schadenserfassung

Wie in Kapitel 2 - Instandhaltungstechnische Schwachstellenanalyse aufgezeigt wird, stellt eine umfassende und vollständige Stördokumentation eine wesentliche Voraussetzung für die Durchführung von Schwachstellenanalysen dar. Die Notwendigkeit der schriftlichen Erfassung von Störungen wird im Abschnitt 2.2.7 unter Standardisierte Schadenserfassung (S. 41f.) näher erörtert.

Um den Anforderungen einer umfassenden, standardisierten Schadens- und Stördokumentation gerecht zu werden, wird als erster Schritt ein Stördokumentationssystem ausgewählt, welches forciert zur Störaufschreibung eingesetzt wird. Das gewählte Störererfassungssystem wird kurzfristig an die gegebenen Anforderungen bestmöglich angepasst und optimiert.

Ziel ist es, mithilfe dieses Systems den Großteil produktionsrelevanter Störungen zu erfassen und in weiterer Folge mit standardisierten Störschlüsseln zu begründen. Ursachen für Störungen werden detektiert und dokumentiert.

Durch systematische Auswertung der gesammelten Störinformationen und nachträglicher Aufbereitung von Stördaten vergangener Dokumentationssysteme wird eine valide Datengrundlage zur Durchführung zielgerichteter Störanalysen gelegt.

4.1.1 Festlegung eines zukünftigen Stördokumentationssystems

Zur Verbesserung der vorhandenen Stördokumentationssystematik wird beschlossen, das Stördokumentationssystem Exceed zur zukünftigen, systematischen Erfassung von Störungen forciert einzusetzen. Diese Entscheidung begründet sich durch die den in Tabelle 6 aufgezeigten Stärken des Stördatenerfassungssystems.

Tabelle 6: Stärken des Stördokumentationssystems Exceed

Stärke	Praktischer Vorteil
<ul style="list-style-type: none"> • Vollständigkeit 	<p>Durch das automatische Generieren von Auslastungsverlustmeldungen bei Ofenzykluszeiten größer eines bestimmten Grenzwertes ist die vollständige Aufnahme von produktionsrelevanten Zeitüberschreitungen gewährleistet.</p> <p>Bedingt durch die Systemprogrammierung werden Informationen über den Füllzeitpunkt, die reale Zykluszeitüberschreitung und des jeweils gefüllten Ofens automatisch erfasst. Ein Verlust dieser Daten wird verhindert.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Standardisierte Störbegründung 	<p>Der Einsatz standardisierter Störschlüssel ermöglicht es, Auslastungsverluste auf Anlagenebene wie auch auf Bauteilebene standardisiert zu begründen.</p> <p>Durch die vorgegebenen Begründungsschlüssel ist eine einheitliche Nomenklatur in der Störungsbegründung gewährleistet. Eine bessere Auswertbarkeit der Daten ist die Folge.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilität 	<p>Können Störungen nicht durch die vorgegebenen Störschlüssel begründet werden, besteht die Möglichkeit diese über Freitexteintragungen näher zu erläutern.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Aufbereitung der Daten 	<p>Durch die Möglichkeit des Datenexports können die mittels Exceed erfassten Stör- und Schadenserfassungsdaten mit geringem Aufwand nachbearbeitet und aufbereitet werden.</p> <p>Kennzahlen können hergeleitet und graphische Überblicke über das vergangene Störgeschehen erstellt werden.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Systempflege 	<p>Da es sich bei Exceed um ein hüttenintern entwickeltes Tool handelt, ist es einfach, Ansprechpartner für den Bereich der Systempflege zu bekommen. Systemänderungen wie das Anpassen von Sollzyklus- und tolerierten Überschreitungzeiten sowie die Änderung von Störbegründungsschlüssel werden intern weitergeleitet und zeitnah umgesetzt.</p>

Der Beschluss der forcierten Nutzung von Exceed zur vollständigen Stördatenerfassung wird mit 21.02.2014 im Rahmen einer Arbeitsgruppensitzung unter Teilnahme von Mitarbeitern der Produktion und Instandhaltung gefasst.

Die Messwärter der Produktion, welche verantwortlich für die Begründung der Auslastungsverluste sind, werden auf die Wichtigkeit der vollständigen Störbegründung in Exceed hingewiesen. Die Handhabung und Bedienung des Stördokumentationssystems wird allen Beteiligten erklärt. Als Ziel wird eine tägliche Eintragungsstatistik von 100 % vereinbart.

Sammeln und Nachpflegen vergangener Störinformationen in Exceed

Zur Erhöhung der Informationsdichte der erfassten Auslastungsverlustdaten werden Störinformationen rückwirkend bis 01.01.2014 in Exceed nachgepflegt. Durch Aufbereitung vergangener Störaufschreibungen aus den verschiedenen Schichtprotokollen und SAP Rückmeldungen werden bislang unbegründete Auslastungsverluste mit Begründungen hinterlegt. Zusätzlich werden die vorhandenen Eintragungen auf ihre Richtigkeit kontrolliert und gegebenenfalls nachgebessert.

Die Nachtragungen von Stördaten erfolgen in zwei Schritten: Im ersten Schritt werden Störmeldungen für die FM22 nachgepflegt, da diese als hochpriorisierter Anlagenbereich eingestuft ist und die Störanalyse in diesem Bereich forciert wird. In weiterer Folge werden Störmeldungen für die ganze Kokerei nachgetragen.

Durch das Nachpflegen von Störbegründungen und zusätzlicher Optimierung der Exceed-Software (siehe Abschnitt 4.1.2 - Entwicklung angepasster Störschlüssel) verschiebt sich der Anteil von Auslastungsverlusten mit zugeordneten Begründungen von einem Wert knapp über 20 % auf einen Wert von rund 65 %, knapp zwei Drittel der Eintragungen. Die Dichte auswertbarer Informationen ist gestiegen.

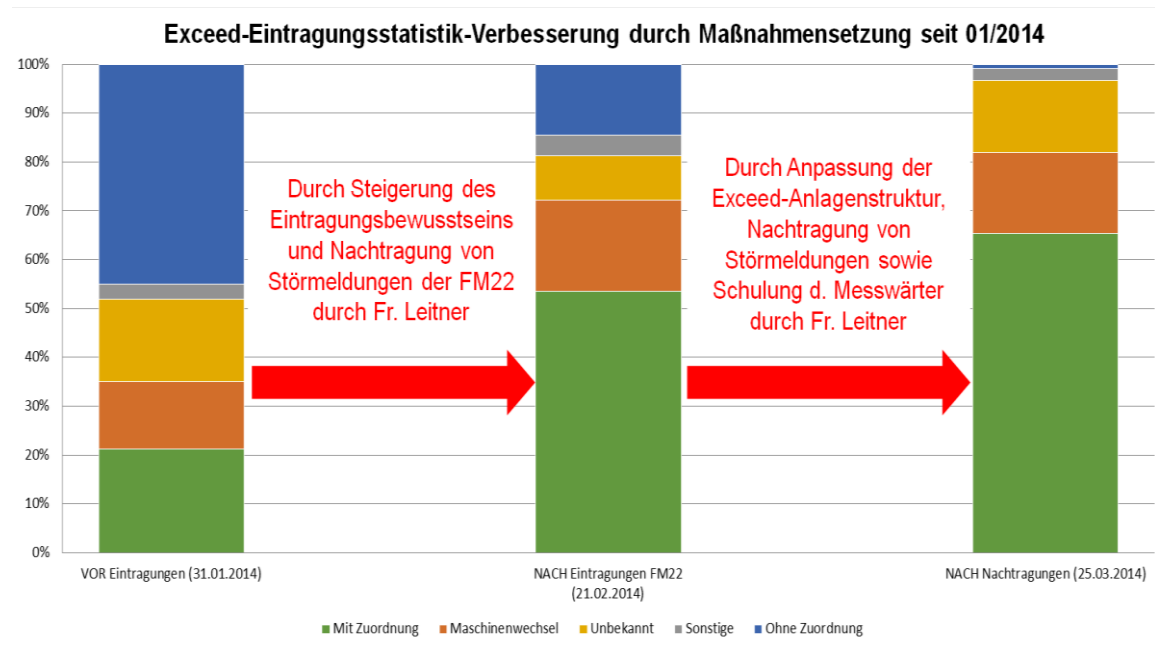


Abbildung 37: Verbesserung der Exceed-Eintragungsstatistik durch Tätigen von Nacheintragungen rückwirkend bis 01.01.2014

Überprüfung des praktischen Nutzens der Stördaten zur Störanalyse

Bricht man die erfassten Stördaten auf Anlagenebene und Bauteilebene auf, erhält man die mit Abbildung 38 aufgezeigte Stördatenauswertung.

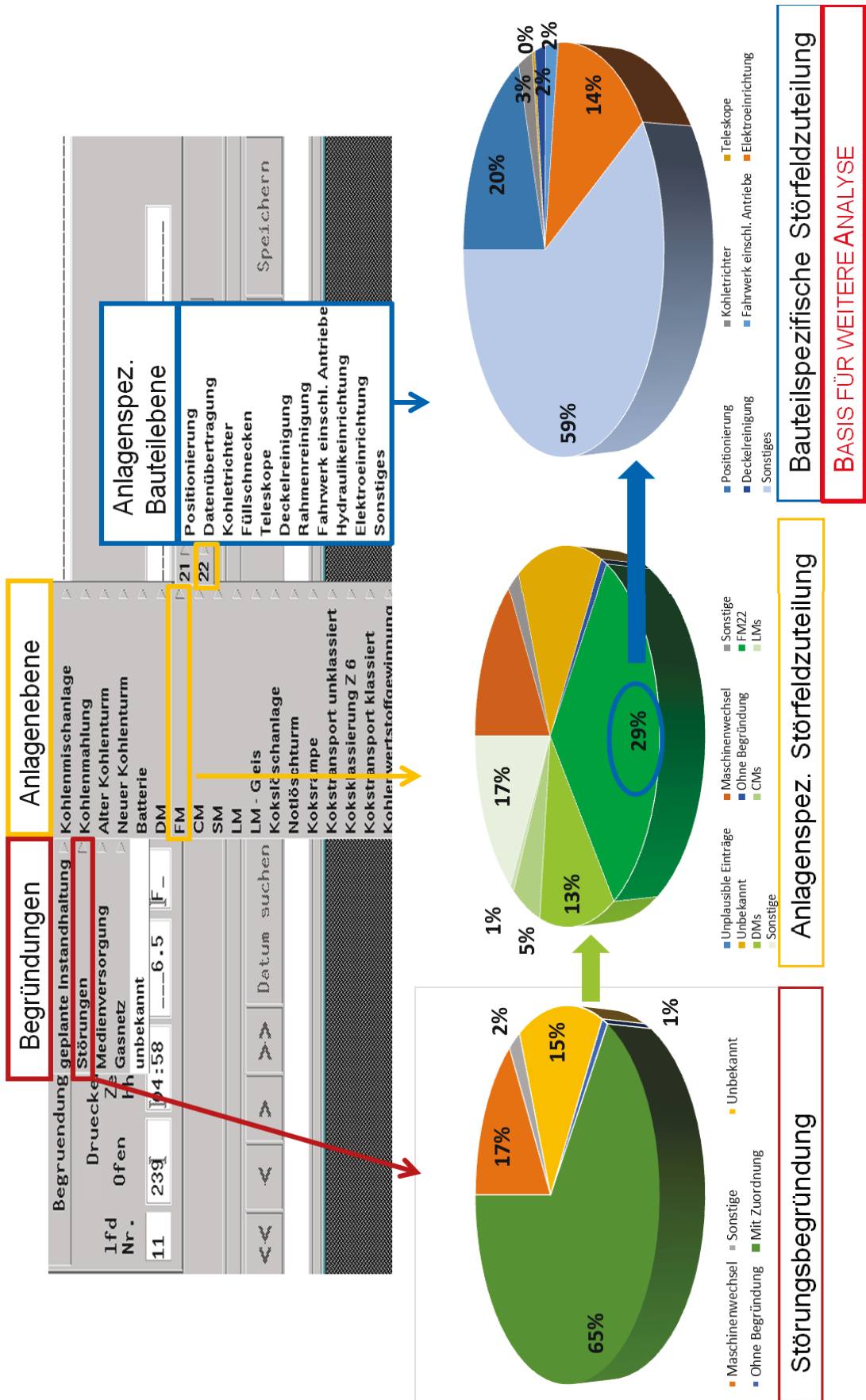


Abbildung 38: Aufbereitete Stördaten auf Störfeld- und Bauteilebene (Betrachtungszeitpunkt: 25.03.2014, Datengrundlage: Exceed)

Die Aufbereitung der Stördaten zeigt, dass sich die 65 % der mit Störbegründungen hinterlegten Eintragungen bezogen auf die gesamte Anzahl der Eintragungen aus 29 % FM22-Störungen, 13 % Druckmaschinen-Störungen (DM), 5 % Überleitmaschinen-Störungen (CM), 1 % Löschmaschinen-Störungen (LM) und 17 % Störungen aus sonstigen Anlagenbereichen (Koks-/Kohlelogistik, Ofentechnik und Kohlenwertstoffanlage) zusammensetzen.

In weiterer Folge werden die erfassten Stördaten auf bauteilspezifischer Störfeldebene untersucht. Analysiert man die Störaufschreibungen der FM22 auf Bauteilebene, zeigt sich, dass 60 % der Auslastungsverluste durch Störungen des Bauteils „Sonstige“ begründet werden (vgl. Abbildung 38). Dieser große Störanteil kann aufgrund fehlender Bauteilzuordnung nicht weiter analysiert werden. Die nachfolgende Störanalyse ist stark eingeschränkt.

Auf der Suche nach der Ursache für den hohen Anteil der auf Bauteilebene nicht zugeordneten Störbegründungen werden zwei Punkte als mögliche Schwachstellen im Stördokumentationssystem genauer untersucht:

- (1) Eintragungsbewusstsein und Qualifikation der Messwärter
- (2) Eignung der Störschlüssel in Exceed

Die nähere Kontrolle der Eintragungen der Messwärter zeigt, dass diese vollständig und richtig angegeben werden. Das Eintragungsbewusstsein der verantwortlichen Eintragenden kann als Schwachstelle im Stördokumentationssystem ausgeschlossen werden.

Die Eignung der in Exceed hinterlegten Störschlüssel wird im weiteren Vorgehen genauer betrachtet. Durch einen Vergleich der Anlagenbäume der hauptsächlich genutzten Stördokumentations- und Informationssysteme wird ersichtlich, dass die den Systemen hinterlegten Anlagenstrukturen deutliche Unterschiede aufweisen (vgl. Abbildung 65, Anhang S. f).

Zum einen unterscheiden sich Anlagenbauteile in ihrer Nomenklatur, zum anderen fehlen Bauteile in manchen Systemen ganz. Vor allem der in Exceed hinterlegte Anlagenbaum weist große Lücken in der Vollständigkeit der Bauteile auf.

4.1.2 Entwicklung angepasster Störschlüssel

Optimierung und Vereinheitlichung von Störschlüsseln auf Bauteilebene

Zur Verbesserung der gegebenen Situation wird unter Berücksichtigung der Anlagenstrukturen im SAP und HKS Schichtbuch ein Vorschlag für einen zukünftigen Anlagenbaum für die FM22 für das System Exceed erarbeitet und umgesetzt (siehe Abbildung 39).

Die Anpassung der bauteilspezifischen Störfeldebene führt zu einer Erweiterung von zehn auf vierzehn standardisiert hinterlegte Bauteile.

Die Bauteilgruppen der Deckelabhebevorrichtung, des Presswasser-, Steigrohr- und Vorlagestößels sowie Zündungsvorrichtungen werden in der hinterlegten Anlagenstruktur ergänzt. Zusätzlich werden die Bauteilgruppen der Deckelreinigung und Rahmenreinigung sowie Kohletrichter und Füllschnecken zu den gemeinsamen Bauteilen „Deckel- und Rahmenreinigung“ und „Kohletrichter und Füllschnecken“ auf Anregung der Messwärter zusammengefasst.

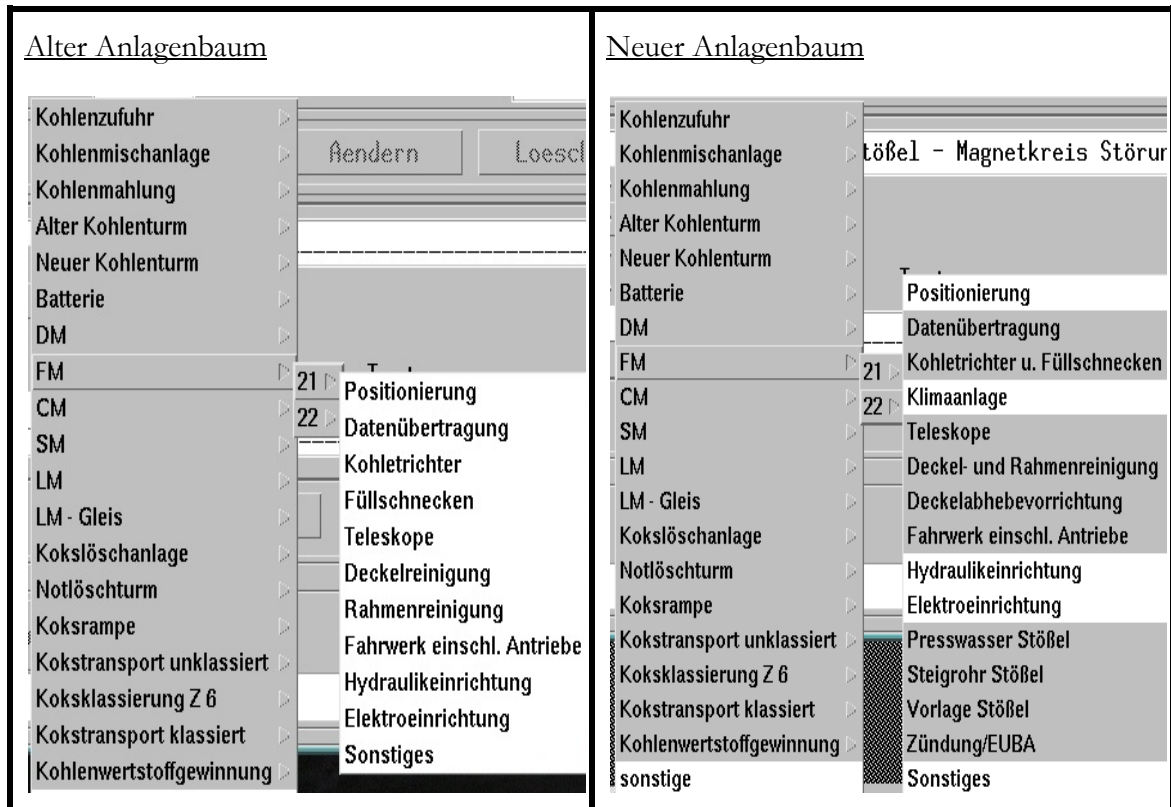


Abbildung 39: Exceed Störschlüsselanpassung auf bauteilspezifischer Störfeldebene für die FM22

Durch die Anpassung der Störschlüssel und durch die Neuzuweisungen der erfassten Auslastungsverluste auf Bauteilebene verschiebt sich die Störfeldverteilung der FM22 auf das in Abbildung 40 aufgezeigte Ergebnis.

Die vormals knapp 60 % Störungen „Sonstiger Bauteile“ werden durch die Anpassung des Anlagenbaumes auf einen Wert von 4 % reduziert. Darüber hinaus verändern sich die restlichen Störfeldanteile aufgrund erneuter Nachkontrolle und Nachzuweisungen.

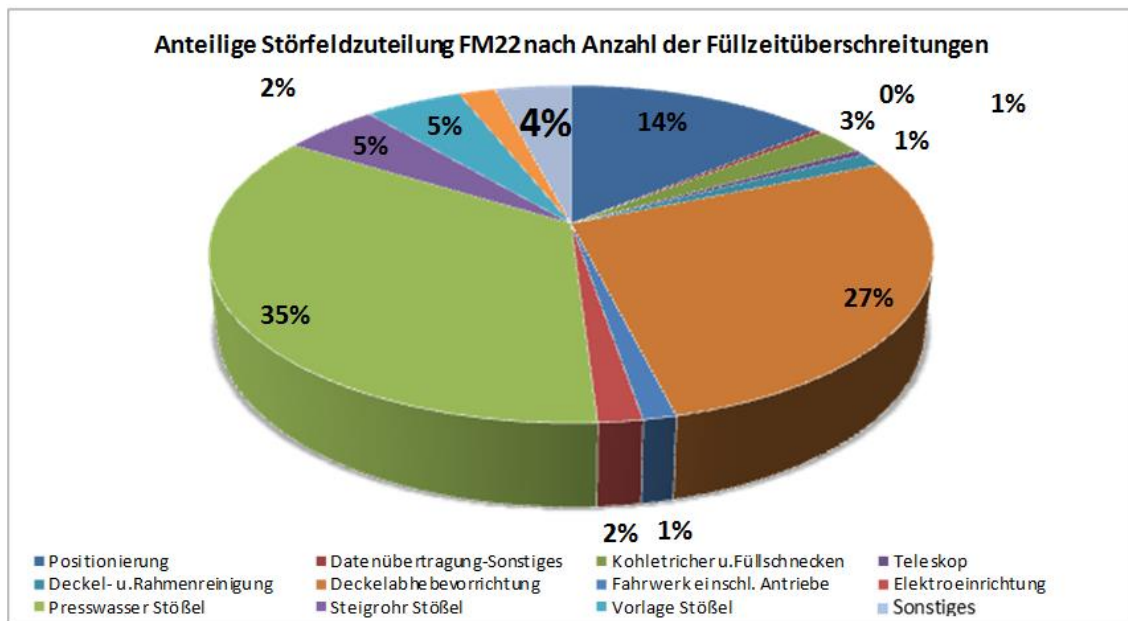


Abbildung 40: Bauteilspezifische Störfeldverteilung der FM22 nach Anpassung der Exceed Anlagenstruktur

Aus Abbildung 40 wird ersichtlich, dass drei Anlagenbereiche der FM22 maßgeblich für Auslastungsverluste verantwortlich sind:

- Anlagenbauteil „Presswasser-Stößel“ (35 %)
- Anlagenbauteil „Deckelabhebevorrichtung“ (27 %)
- Anlagenbauteil „Positionierung“ (14 %)

Die drei genannten Bauteilgruppen sind für rund 80 % der eingetragenen Störmeldungen verantwortlich. Der Fokus der nachfolgenden Schwachstellenanalyse wird auf diese Anlagenbereiche gelegt werden.

Für eine detailliertere Schadensanalyse reicht das Wissen über den Störort nicht aus. Informationen über Störbilder müssen ergänzt werden.

Neudefinition von Störschlüsseln auf Störbildebene

Um eine umfassende Störanalyse zu ermöglichen, müssen Störungen bis auf die Ebene von Störbild und Störursache dokumentiert werden (vgl. Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Schadensbild, Ursache und Grund von Schäden am Beispiel eines Wälzlagers, S. 42). Um dieser Anforderung gerecht zu werden, wird der Störschlüssel in Exceed für die FM22 um die Störbildebene erweitert.

Die Ableitung bauteilspezifischer Störbilder erfolgt anhand vergangener Störaufschreibungen der verschiedenen Stördokumentationssysteme und wird durch Befragungen von Mitarbeitern unterschiedlicher hierarchischer Ebenen von Instandhaltung und Produktion unterstützt. Die erarbeiteten Störbilder werden mit den Messwärtern der Produktion nachbesprochen und zum Teil überarbeitet. Von den vierzehn Bauteilen der FM22 werden zehn Bauteile zusätzlich mit insgesamt 47 Störbildern hinterlegt. Für die restlichen vier Bauteile lassen sich keine spezifischen, vermehrt auftretenden Störbilder ableiten. Eine Eingliederung der neuen Störschlüssel auf Störbildebene in Exceed wird durch die hütteninterne Softwareabteilung umgesetzt.

Nach erneuten Nacheintragungen und Neuzuweisungen der Störbegründungen besteht die Möglichkeit, Auslastungsverluste bis auf die Störbildebene aufzubereiten und zu analysieren. Störursachen werden im Feld des Exceed-Freitextes erfasst.

Eine beispielhafte Aufbereitung der Stördaten der FM22 auf Störbildebene ist mit Abbildung 41 wiedergegeben. Die gegebene Auswertung gibt die kumulierte Anzahl eingegangener Störmeldungen pro Störbild für den Zeitraum von Januar bis März 2014 an.

Die Störbildverteilung zeigt, dass vor allem Magnetkreisstörungen im Bereich Presswasser, Deckelabhebevorrichtung und Steigrohr sowie Positionierungsprobleme der Maschine und Positionierungsprobleme der Deckelabhebevorrichtung das Störgeschehen beeinflussen.

Die fünf genannten Störbilder sind aus quantitativer Sicht für mehr als 80 % der Störungen der FM22 verantwortlich. Die restlichen 42 Störbilder der FM22 verursachen etwa ein Fünftel der auftretenden Störungen.

Die gegebene Störfeldverteilung basiert auf der Anzahl eingegangener Meldungen. Aussagen über den mit den Störungen einhergehenden Zeitverlust können anhand Abbildung 41 nicht getätigt werden.

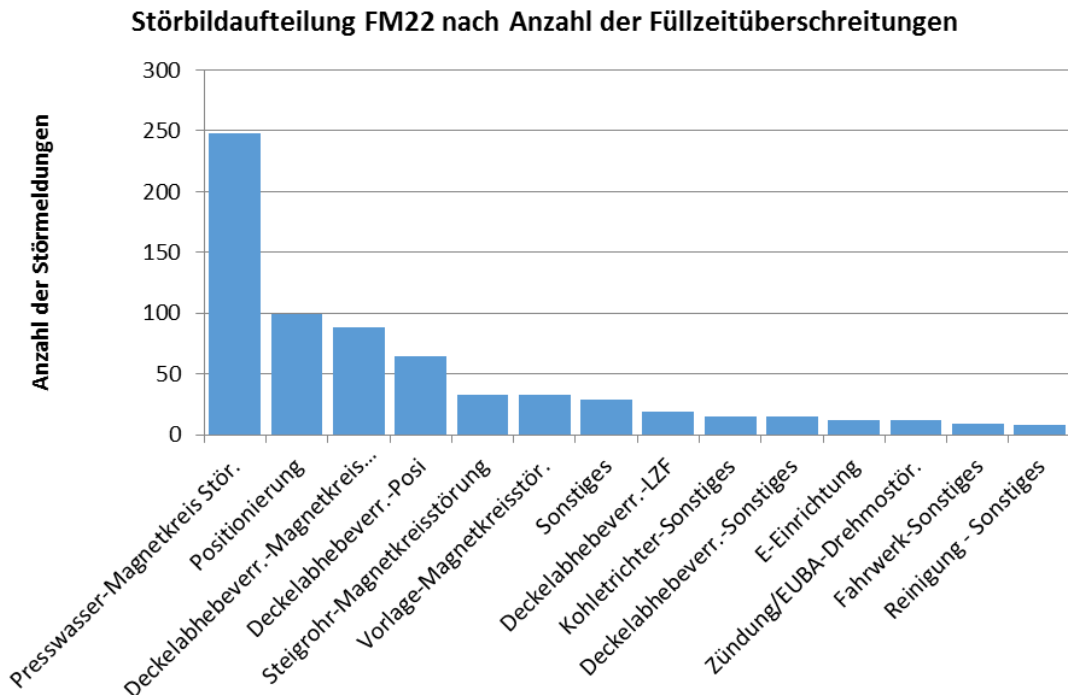


Abbildung 41: Störbildverteilung FM22 für den Zeitraum 01/2014-03/2014

Nach Anpassung der Störschlüssel auf Bauteil- und Störbildebene für die FM22 werden die Störschlüssel sämtlicher Ofenmaschinen überarbeitet und in Exceed eingepflegt. In Summe ergeben sich für die Gesamtheit der Ofenmaschinen (Füllmaschinen, Überleitmaschinen, Löschmaschinen, Druckmaschinen in jeweils doppelter Ausführung) insgesamt 88 bauteil-spezifische Störfelder, welche in Summe mit 306 standardisierten Begründungen auf Störbildebene näher beschrieben werden.

4.1.3 Einsatz der Stördatenerfassung zur Planung instandhaltungstechnischer Tätigkeiten

Durch Optimierung der Stördatenerfassung ergeben sich in der Praxis bessere Möglichkeiten zur Stördatenaufbereitung.

Anhand der mit Exceed gebündelten Daten ist es möglich, das Störgeschehen des letzten Ofentages (06:00 des Tages n bis 06:00 des Tages n+1) plakativ darzustellen. Zur Datenaufbereitung wird ein Excel-Worksheet generiert, welches Daten der Auslastungsverluste von Exceed mit Aufschreibungen der Füllzeitpunkte und Zykluszeiten gefüllter Öfen übereinander lagert und graphisch aufbereitet (vgl. Abbildung 42).

In Abbildung 42 sind die jeweils gefüllten Öfen mit ihren realen Zykluszeiten in Minuten zu sehen. Die Sollzyklusdauer ist mit neun Minuten vorgegeben, die tolerierte Überschreitung liegt bei einem Wert von zwei Minuten. Überschreitet die Zyklusdauer die Toleranzzykluszeit von elf Minuten, wird für den betreffenden Ofen eine Auslastungsverlustmeldung in Exceed angelegt, welche mit einer Störbegründung hinterlegt wird. Im graphischen Output der Excel-Auswertedatei werden diese Störbegründungen dem vergangenen Druckplan überlagert. Ein einfacher Überblick über das vergangene Störgeschehen ist gegeben.

Ebenso als praktikabel erweist sich die Darstellung des Summenverlaufs vergangener Zeitverluste (Zykluszeit größer neun Minuten) und Zeitgewinne (Zykluszeit kleiner neun Minuten), welche – hinterlegt mit den Störbegründungen von Exceed – in Abbildung 43 gezeigt

wird. Diese Darstellung summiert die Zeitverluste und Zeitgewinne von Abbildung 42 auf, wodurch bedeutende Zeitverluste leicht erkennbar werden.

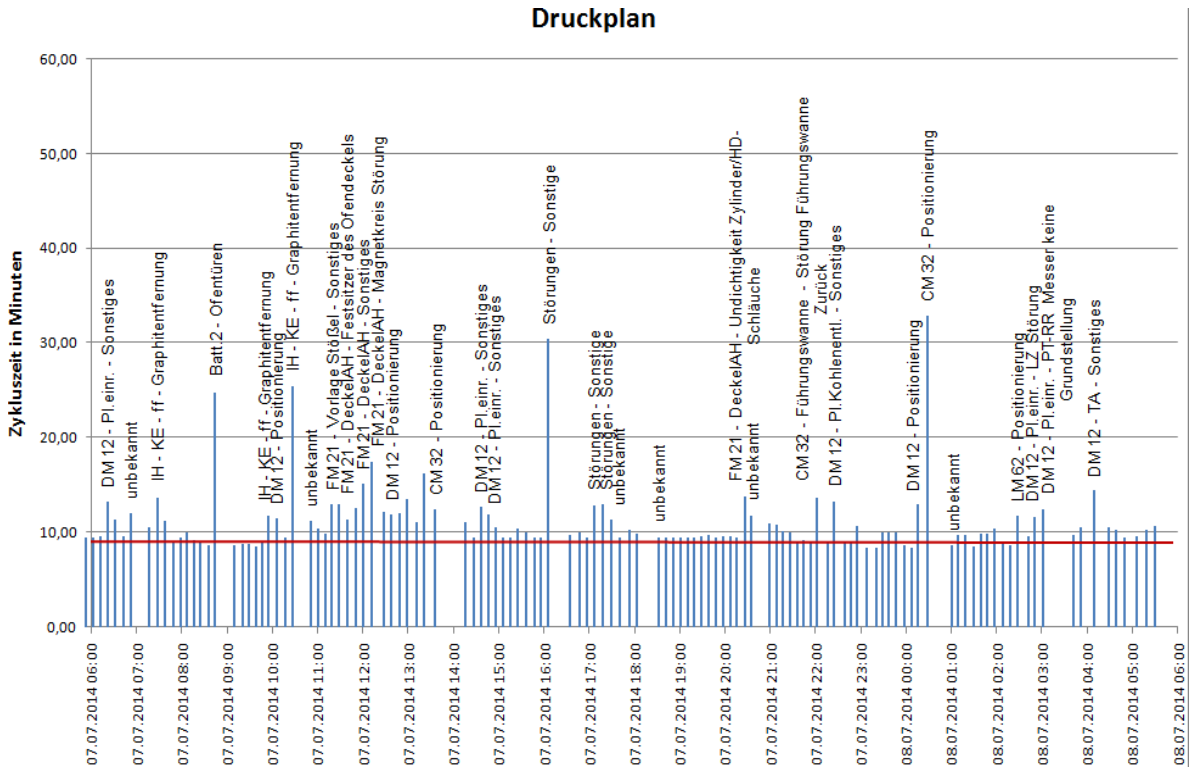


Abbildung 42: Einsatz der Stördatenerfassung mittels Exceed im Tagesgeschäft (Stand: 07.-08.07.2014)

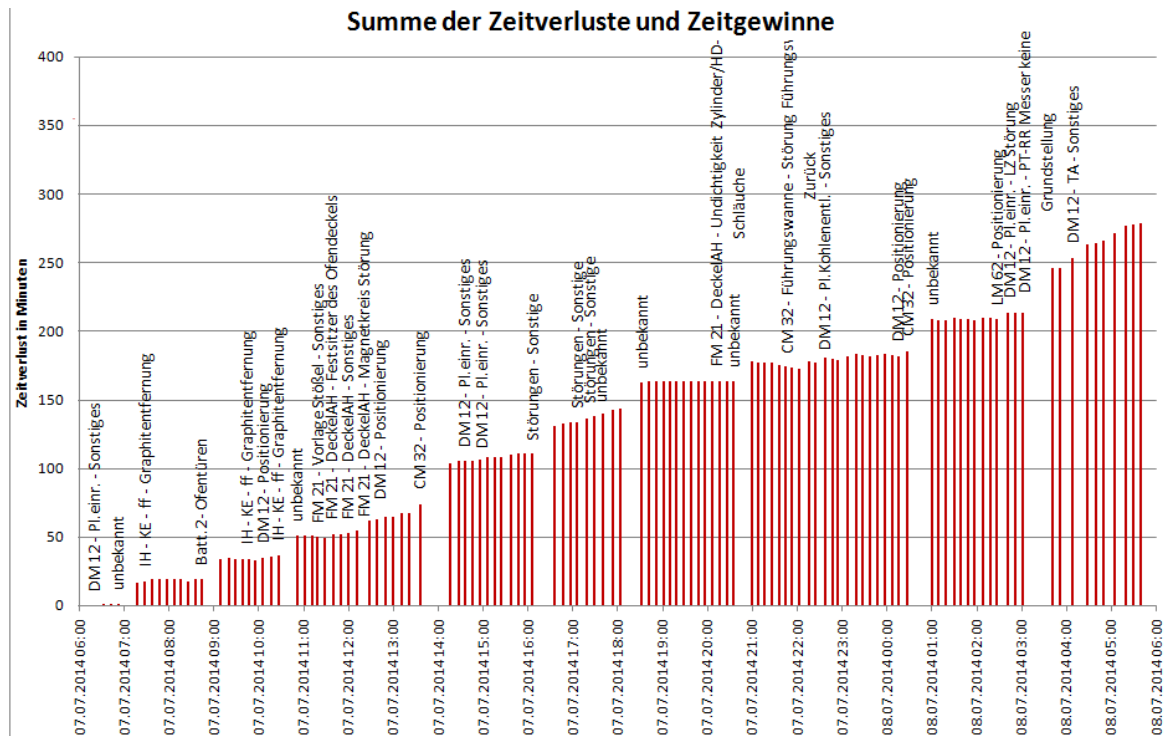


Abbildung 43: Summenverlauf der Zeitverluste und Zeitgewinne in der Kokserzeugung (Stand: 07.-08.07.2014)

Die aufbereiteten Stördaten bilden eine gemeinsame Informationsgrundlage für Instandhaltung und Produktion. Im Rahmen der Morgenbesprechungen wird besprochen, welche der

eingetretenen Störungen behoben wurden und welche Arbeiten und Aufgaben von der Instandhaltung noch auszuführen sind.

4.1.4 Konzeptentwicklung „Organisationsübergreifendes, ganzheitliches Stördokumentationssystem“

Trotz Optimierung von Exceed stellt dieses Dokumentationssystem keine langfristige Lösung zur Stördatenerfassung dar. Zur umfassenden Stördokumentation muss ein organisationsübergreifendes, ganzheitliches System, welches von Produktion und Instandhaltung gemeinsam verwendet wird und Störinformationen bis auf Störursachenebene begründet, angewendet werden.

Die Einführung eines neuen Störfassungssystems kann die gegebene Aufgabenstellung lösen. Die Erarbeitung eines praktikablen und an die Gegebenheiten angepassten Dokumentationssystems ist als sehr aufwändig zu beschreiben. Auch ist es schwierig die Akzeptanz für neue Systeme bei den Mitarbeitern herzustellen, weshalb solche Systemimplementierungen als langfristig umzusetzende Maßnahmen anzusehen sind.

Um eine mittelfristige Lösung im Bereich ganzheitliches Stördokumentationssystem zu erarbeiten, kann eine kombinierte Stördatenerfassung mittels Exceed und SAP umgesetzt werden, welche die Vorteile beider Systeme vereint. Grundlage für die Umsetzung dieser Kombination ist das Generieren einer Schnittstelle zwischen den Programmen.

In der Praxis kann diese Lösung wie folgt umgesetzt werden: Zusätzlich zum automatischen Generieren von Auslastungsverlustmeldungen können bei Überschreitung vorgegebener Grenzykluszeiten Störmeldungen in SAP automatisch erstellt werden. Geht man zum Beispiel davon aus, dass ab einer Zykluszeit von größer fünfzehn Minuten eine so große Störung in der Praxis ansteht, dass diese durch Störbeseitigungsmaßnahmen der Instandhaltung gelöst werden muss, ist diese Grenzykluszeit ein guter Auslöserwert für das Anlegen von SAP-Störmeldungen (vgl. Abbildung 44).

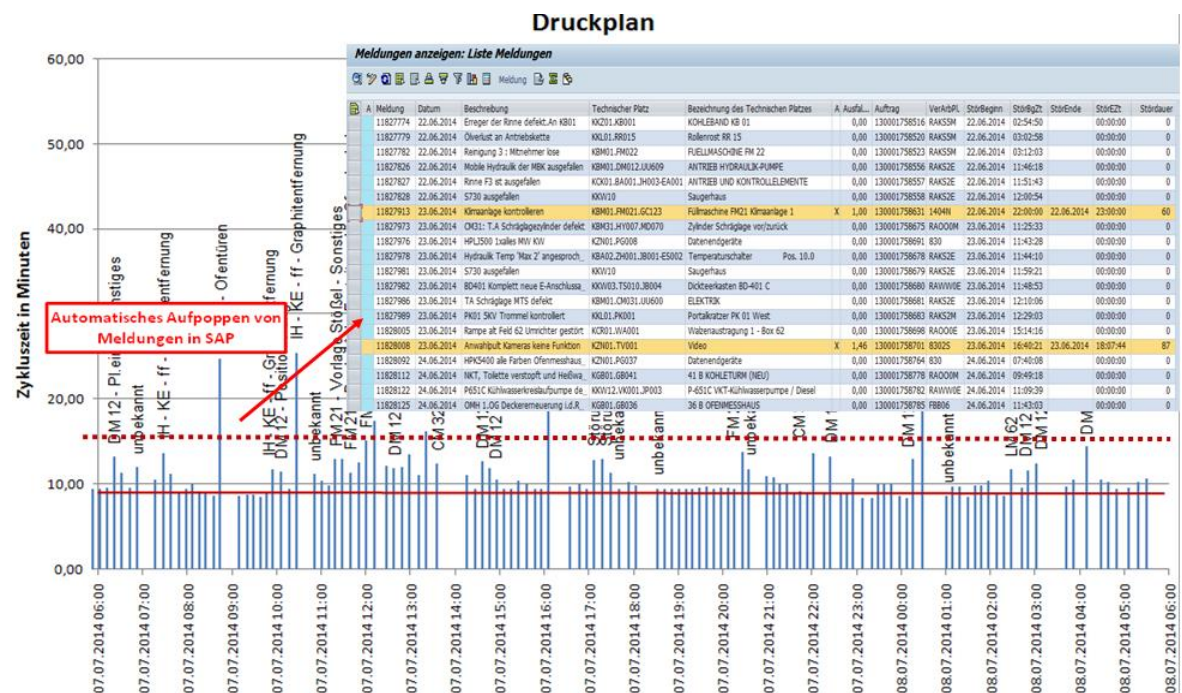


Abbildung 44: Konzeptentwurf "Ganzheitliches Stördokumentationssystem" - Kombinierte Stördatenerfassung mittels Exceed und SAP

Die automatisch erstellten SAP-Störmeldungen können von der Instandhaltung hinsichtlich Störbild, Störursache, Ausfallzeit, Reparaturdauer, Reparaturmaßnahmen und eventuellen anderen Informationen näher beschrieben werden.

Die Umsetzung eines ganzheitlichen Stördokumentationssystems als Kombination aus Exceed und SAP vereint die Vorteile der Systeme. Beide Programme verfügen über standardisierte Störschlüssel. Die Begründungsschlüssel in SAP können denen in Exceed angeglichen werden und sind zusätzlich standardisiert um die Ebene der Störursachen erweitert.

Darüber hinaus ist es mithilfe von SAP möglich, Stördaten in Form von Kenngrößen, graphischen Aufbereitungen und anderen Aufbereitungsmöglichkeiten nachzubearbeiten. Abbildung 45 zeigt eine beispielhafte Möglichkeit zur Ableitung von Kennzahlen anhand der SAP-Eintragungen auf. Die hergeleiteten Kennzahlen können für die Durchführung von objektiven und objektsummarischen Schadens- und Schwachstellenanalyse eingesetzt werden.

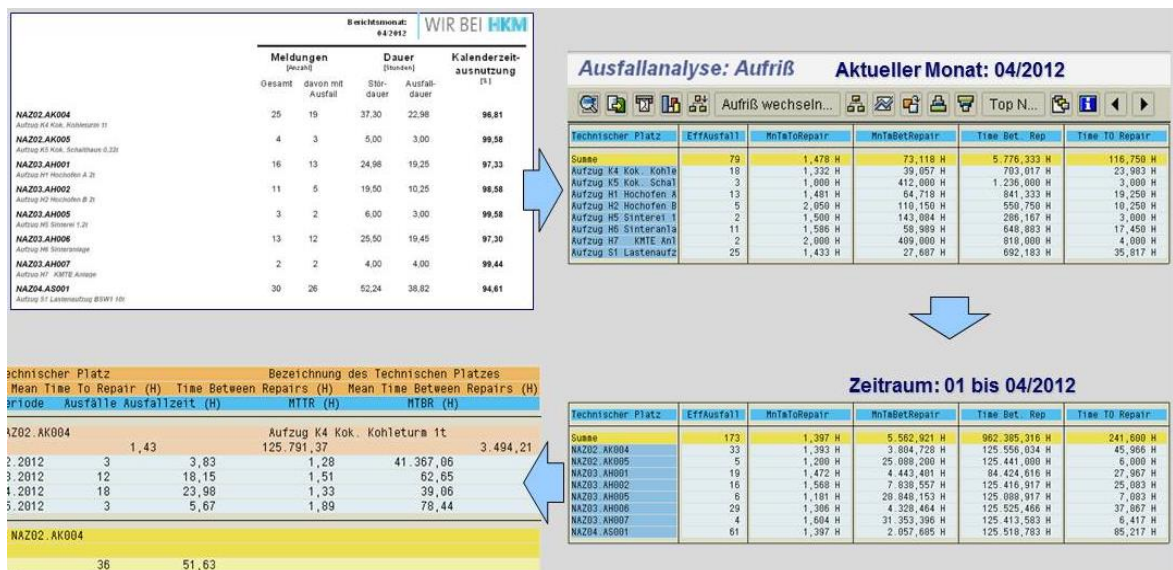


Abbildung 45: Aufbereitung von Instandhaltungskennzahlen auf Basis rückgemeldeter SAP – Arbeiten

4.2 Stör- und Schadensanalyse

Durch Verbesserung der Systeme zur Stördatenerfassung kann die Störanalyse ebenfalls verfeinert werden.

Über die Aufbereitung der vorhandenen Stördaten in Form praktikabler Graphiken wird für nachfolgende Stör- und Schadensanalysen eine geeignete Informationsbasis gelegt. Die aufbereiteten Daten dienen zur Priorisierung der Handlungsfelder des vergangenen und aktuellen Störgeschehens. Durch Anwendung von ABC-Analysen und Soll/Ist-Vergleichen in adaptierter Form wird die vorhandene Datenbasis bestmöglich im Sinne der Schwachstellenanalyse aufbereitet. Anhand der Ergebnisse werden Schwachstellen/Schwerpunkte für nähere Analysen fixiert.

Darüber hinaus werden Kennzahlen zur Beschreibung der Instandhaltungsleistung aus den vorhandenen Daten abgeleitet.

Die Einführung von fixen anlagenübergreifenden Problemlösungszirkeln wird den im Abschnitt Schwachstellenermittlung erwähnten Anforderungen zur Durchführung von Schwachstellenanalysen und –beseitigungen gerecht und steigert das Bewusstsein für die

Wichtigkeit von Stör- und Schadensanalysen. Erste in dieser Arbeitsgruppe abgeleitete Schwachstellenbeseitigungsmaßnahmen werden aufgezeigt.

4.2.1 Aufbereitung von Störanalysedaten mit dem Ziel der systematischen Störanalyse

Nach Verbesserung der Stördokumentation wird die Stördatenaufbereitung für nachfolgende Störanalysen optimiert. Da mithilfe von Exceed Störungen bis auf Störbildebene erfasst werden und diese Daten valide bis 01.01.2014 im System vorhanden sind, wird eine qualitative Datenaufbereitung für das Jahr 2014 durchgeführt. Als qualitativ ist die Aufbereitung dahingehend zu bezeichnen, als dass sie sich auf den Zeitverlust durch eingegangene Störungen bezieht.

Zur besseren Übersichtlichkeit werden die Stördaten in periodischen Abständen graphisch aufbereitet. Kalenderwochenweise werden die mittleren Auslastungsverluste pro Tag, aufgeteilt auf die jeweiligen anlagenspezifischen Störfelder, dargestellt (vgl. Abbildung 46). Die graphische Aufbereitung der Daten erfolgt über ein eigens generiertes Excel-Worksheet, welches Bezug auf die Auslastungsverlustdaten nimmt.

Die im Diagramm rot markierte Linie stellt den Zielwert des zukünftig maximal erlaubten Zeitverlustes pro Tag dar (Vorgabe der Produktion: 60 Minuten pro Tag). Wie die Auswertung zeigt, liegen die täglichen Auslastungsverluste in einem Bereich von etwa 200 Minuten, wobei das Störgeschehen durch Störungen der Füllmaschine (roter Bereich), Druckmaschine (grüner Bereich) und „Unbekannten Störungen“ (grauer Bereich) beherrscht wird.

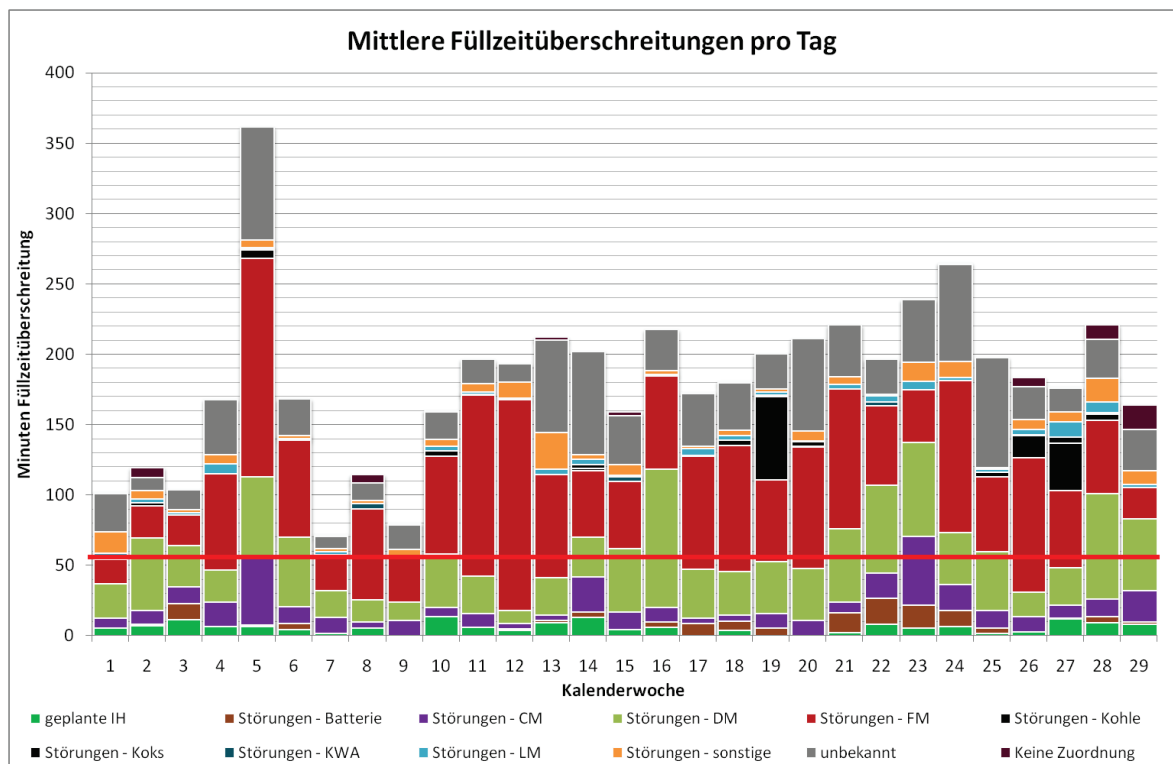


Abbildung 46: Aufbereitete Störanalysedaten vom 01.01.-20.07.2014 (Quelle: Exceed)

Die Darstellung in Abbildung 46 kann als einfache Form des Soll/Ist-Vergleichs angesehen werden. Die betrachtete Kenngröße ist die Füllzeitüberschreitung pro Tag. Der vorgegebene Sollwert ist mit 60 Minuten festgelegt. Abweichungen vom Ist- zum Sollwert werden auf einem Blick aus dem Diagramm ersichtlich. Bei genauer Betrachtung des Diagramms stellt

sich die Frage, wie der vorgegebene Sollwert festgelegt wurde und ob dieser in der Praxis erreicht werden kann.

Anhand Abbildung 46 können folgende Aussagen getätigt werden:

- Die Dauer der Füllzeitüberschreitungen hat sich seit Kalenderwoche 23 etwas reduziert und auf mittlere Werte zwischen 150 bis 200 Minuten pro Tag eingependelt.
- Die erreichten Füllzeitüberschreitungen liegen weit über dem angestrebten Toleranzwert von 60 Minuten am Tag.
- Das den Zeitverlusten zugrunde liegende Störgeschehen wird vor allem durch die Druckmaschine und Füllmaschine sowie durch unbekannte Störungen beherrscht.
- Die Eingabedisziplin der Messwärter ist ab Kalenderwoche 26 abgesunken. Ab diesem Zeitpunkt treten vermehrt Auslastungsverluste auf, die „keine Zuordnung“ in Exceed bekommen haben.

Stellt man die aufbereiteten Störanalysedaten in Form eines Paretodiagramms dar und ordnet die Balken in ihrer Reihenfolge neu an, kann die erhaltene Graphik vergleichbar einer adaptierten ABC-Analyse betrachtet werden (vgl. Abbildung 47). Aus der Abbildung wird ersichtlich, welche Störbereiche in welchem Ausmaß für das eingetretene Störgeschehen verantwortlich sind.

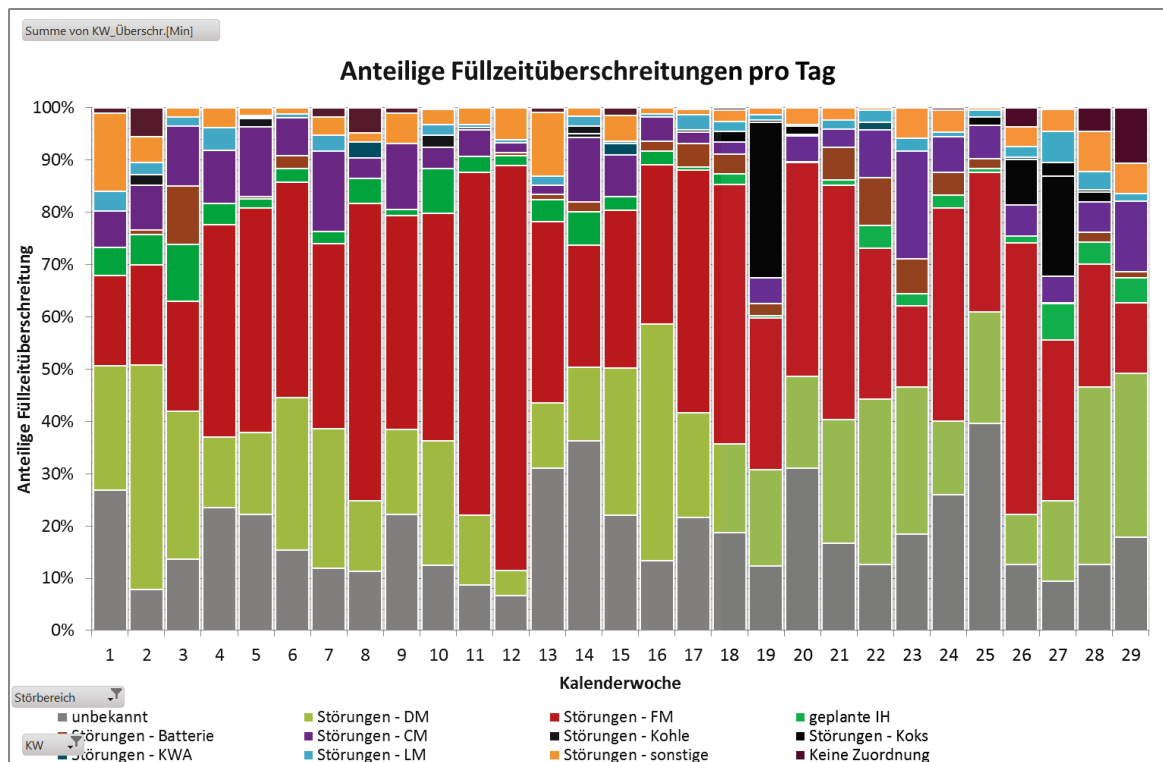


Abbildung 47: Adaptierte ABC-Analyse der aufbereiteten Störanalysedaten vom 01.01.-20.07.2014

Aus Abbildung 47 können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die mittleren wöchentlichen Auslastungsverluste sind vor allem auf Störungen im Bereich Füllmaschine, Druckmaschine und „Unbekannter Störungen“ zurückzuführen. Diese drei Gruppen sind jede Woche für einen überwiegenden Teil, etwa 70 – 80 % der eingetretenen Störungen, verantwortlich.
- Ab Kalenderwoche 25 verschiebt sich das vorwiegend durch die zuvor stark von Druckmaschine, Füllmaschine und „Sonstige Störungen“ dominierte Störgeschehen auf andere Anlagenbereiche. Störungen im Bereich der Kohle- und Kokslogistik

und der Überleitmaschine sowie Auslastungsverluste aufgrund geplanter Instandhaltungsmaßnahmen schränken den Produktionsbetrieb zusätzlich bedeutend ein.

Weitere Aussagen über das Störgeschehen können anhand der Diagramme in Abbildung 46 und Abbildung 47 nicht getätigt werden.

Zur weiteren Störanalyse wird das Störgeschehen auf Störfeld- und Störbildebene näher untersucht. Da die Zeitverluste der Kalenderwoche 29 durch Störungen der Druckmaschinen dominiert werden, wird das Störgeschehen dieses Anlagenbereichs in weiterer Folge auf bauteilspezifischer Störfeldebene und Störbildebene näher betrachtet (vgl. Abbildung 48 und Abbildung 49).

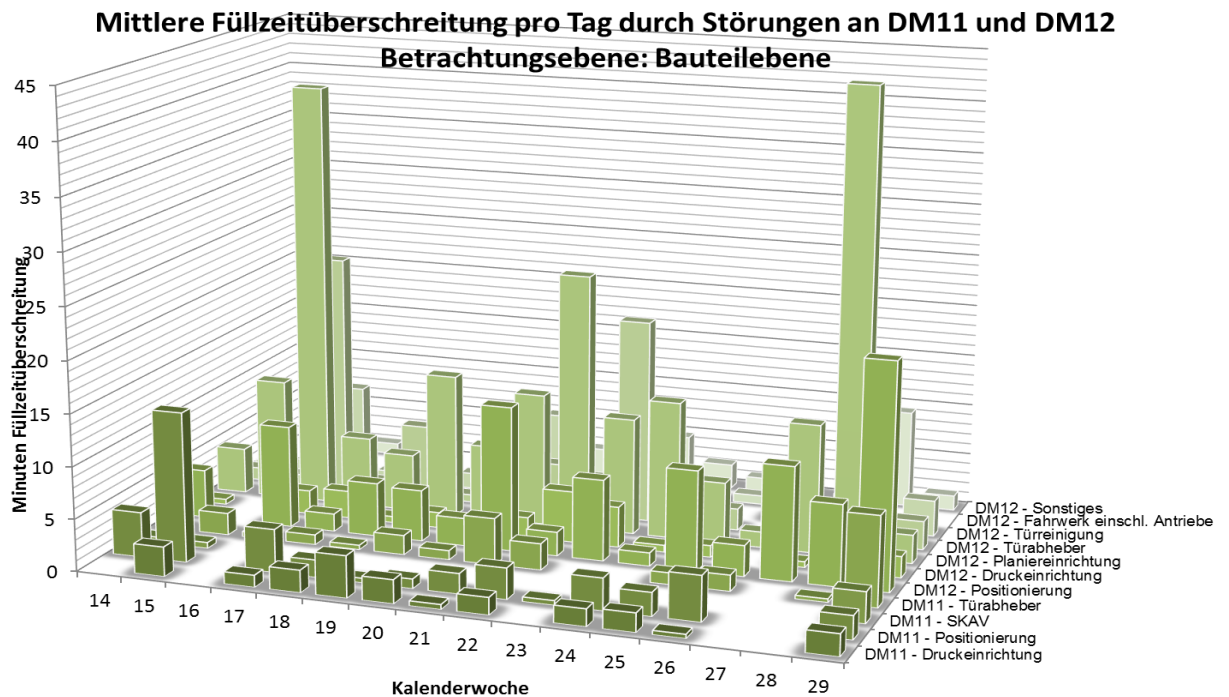


Abbildung 48: Aufbereitete Störanalysedaten auf Störbauteilebene für DM11 und DM12 (Stand: KW 29)

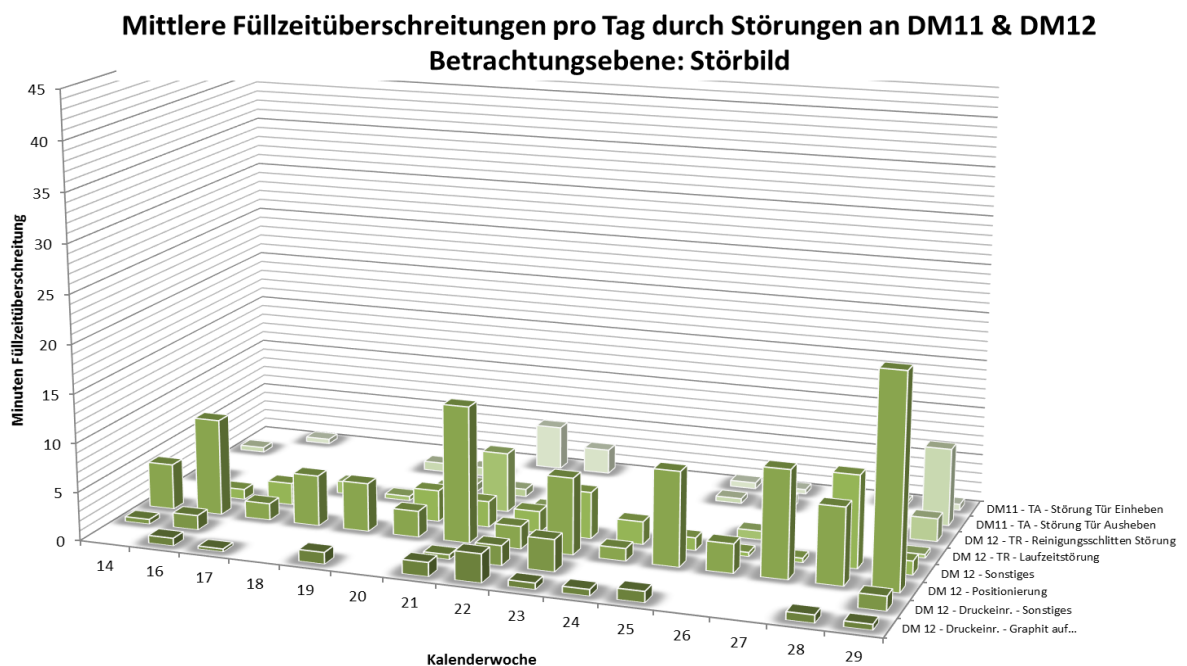


Abbildung 49: Aufbereitete Störanalysedaten auf Störbildebene für DM11 und DM12 (Stand: KW 29)

In der graphischen Aufbereitung des Störgeschehens der Druckmaschine auf Bauteil- und Störbildebene wird nur auf Bauteile mit bedeutendem Störaufkommen eingegangen. Bauteile und Störbilder ohne bzw. mit nur geringfügigen Störanteilen werden ausgeblendet um eine bessere Übersichtlichkeit der Darstellung zu erreichen.

Aus den aufbereiteten Störanalysendaten der Druckmaschine auf Störbauteil- und Störbildebene lassen sich folgende Erkenntnisse ziehen:

- Für die Kalenderwoche 29 gilt: Der hohe Zeitverlust durch Störungen an der DM12 ist vor allem Positionierungsproblemen der Maschine geschuldet. Das Störaufkommen der DM11 ist durch Probleme des Türabhebers (TA) bestimmt.
- Aus den Daten der Störbildaufschreibung wird ersichtlich, dass die Türabheber (TA) – Probleme der DM11 beim „Türausheben“ eintreten.
- Die Probleme beim „Türausheben“ der DM11 scheinen neu zu sein, da in der Vergangenheit keine bzw. nur vernachlässigbar kleine Auslastungsverluste durch dieses Störbauteil verursacht wurden.
- Bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Positionierungsprobleme der DM12 zeigt sich, dass diese in gewissen Intervallen gehäuft auftreten, geringer werden und danach wieder ansteigen. Die Auswertung lässt darauf schließen, dass zwar Maßnahmen zur Störungsbeseitigung gesetzt werden, diese aber zu keiner nachhaltigen Störungsminimierung führen.
- Neben den zwei Hauptproblemen DM12-Positionierung und DM11-Türabheber beeinflussen der Türabheber und die Türreinigung (TR) der DM12 sowie der SKAV¹⁴² der DM11 das Störgeschehen in einem beschränkten Ausmaß.
- Die in Kalenderwoche 28 vermehrt auftretenden Störungen der DM12 im Bereich Planiereinrichtungen scheinen gelöst zu sein, da in der darauffolgenden Kalenderwoche nur mehr sehr geringe Zeitverluste in diesem Bereich verursacht werden.

Die Störanalyse anhand der Auslastungsverluste erstellten Diagramme endet an dieser Stelle, da keine näheren Informationen über Störursachen vorhanden sind.

Es wird empfohlen die Bauteile der Positionierung der DM12 und des Türabhebers der DM11 näher zu betrachten und zu analysieren, um Maßnahmen zur nachhaltigen Störungsbeseitigung ableiten zu können.

4.2.2 Ableitung von Kennzahlen

Auf Basis der aufbereiteten Stördokumentationsdaten werden Kennzahlen abgeleitet, welche für objektive und objektsummarische Methoden der Schwachstellenanalyse eingesetzt werden können.

Aus den vorhandenen Daten lassen sich Informationen über

- (1) Zeitverluste aufgrund von Störungen und
- (2) Finanzielle Verluste aufgrund nicht erbrachter Produktion

sammeln, wobei der finanzielle Verlust aufgrund nicht erbrachter Produktion linear vom zeitlichen Verlust aufgrund von Störungen abhängt.

Zielvorgabe der Produktion ist, alle neun Minuten einen Ofen zu füllen bzw. alle neun Minuten Koks zu drücken. Der finanzielle Gewinn, der durch das Drücken eines Ofens erwirtschaftet werden kann, liegt in der Größenordnung von 5.000 €.

¹⁴² SKAV=Schlabberkoks auffangvorrichtung

Tritt ein Zeitverlust von neun Minuten auf, wird ein Ofen weniger als maximal möglich gedrückt und ein finanzieller Verlust von 5000 € tritt ein. Werden, so wie in Abbildung 46 ersichtlich, am Tag zwischen 150 und 200 Minuten Zeitverlust erreicht, entspricht dies einem Finanzverlust von etwa 84.000 bis 110.000 €.

Berücksichtigt wird in dieser Rechnung nur der dem Störgeschehen geschuldete entgangene Verkaufswert der Minderproduktion, nicht aber Mehrkosten durch Instandsetzungsmaßnahmen.

Weitere Kennzahlen lassen sich anhand der bereitgestellten Stör- und Schadensdaten nicht erfassen.

Zwar werden Reparaturaufwände formal in SAP erfasst, diese spiegeln die real erbrachten Leistungen aber nicht wider. Durch das Fehlen genauer Informationen über tatsächliche Anlagenausfallzeiten, Reparaturzeiten und Störsachen wird die Herleitung weiterer instandhaltungsspezifischer Kennzahlen behindert.

Über die Eintragungen anderer Stördokumentationssysteme wird mittelfristig versucht, genauere Informationen zur Ableitung von Instandhaltungskenngrößen zu gewinnen. Die mittlere Zeit zwischen dem Auftreten von Positionierungsproblemen an der FM22 wird versuchsweise anhand der Störinformationen aus Exceed und dem HKS Schichtbuch für den Zeitbereich vor einer Maßnahmenumsetzung und den Zeitbereich nach einer Maßnahmenumsetzung interpoliert. Das Ergebnis dieser Interpolation ist in Abbildung 50 zu sehen.

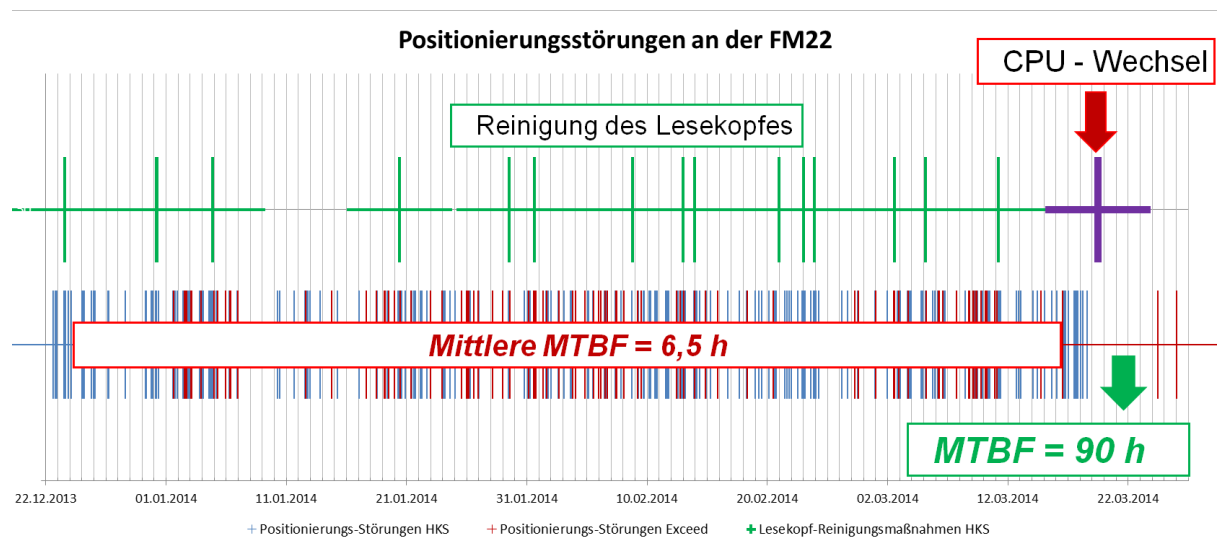


Abbildung 50: Ableitung der MTBF für Positionierungsprobleme an der FM22 (Basis: Exceed und HKS Schichtbuch; Stand: 26.03.2014)

Im dargestellten Diagramm sind Zeitpunkte der Aufschreibung von Positionierungsproblemen der FM22 in Exceed und im HKS Schichtbuch mit blauen und roten Kreuzen markiert. Dem gegenüber werden Maßnahmen zur Störungsbeseitigung (grüne und violette Kreuze) gesetzt.

Es ist deutlich erkennbar, dass das Reinigen des Lesekopfes keine erkennbare Minimierung des Störaufkommens bewirkt. Ein MTBF von etwa 6,5 Stunden wird für diesen Zeitraum abgeleitet. Nach einer tiefgreifenden Anlagenverbesserungsmaßnahme, dem Wechsel der CPU des Positionierungssystems, reduziert sich das Störgeschehen deutlich. Der MTBF steigt erkennbar an. Der nachhaltige Nutzen dieser Störungsbeseitigungsmaßnahme muss durch kontinuierliche Kontrolle des Störaufkommens in diesem Bereich überprüft werden.

Wie Abbildung 50 zeigt ist es möglich, zusätzliche Kennzahlen anhand der vorhandenen Störinformationen her zu leiten. Dies ist jedoch mit großem zeitlichem Aufwand und nur in Handarbeit möglich.

4.2.3 Durchführung von Störanalysen im Rahmen anlagenübergreifender Problemlösungszirkeln

Zum Vorantreiben der Bestrebungen im Bereich umfassender Störanalysen wird ein wöchentlicher „Jour Fixe“ zum Thema Störanalyse und Störungsbeseitigung initiiert.

Bei diesem Termin wird auf Basis des von Beckmann vorgeschlagenen Vorgehens der Schwachstellenanalyse das aktuelle Störgeschehen im interdisziplinären, organisationsübergreifendem Team näher untersucht (Vgl. Abschnitt Schwachstellenanalyse, Seite 20). Über die Auswahl von Schwerpunkttaggregaten, der Untersuchung dieser im Rahmen von Vergleichen mit Sollvorgaben und einer ingenieurtechnischen Abweichungsanalyse werden Verbesserungsvorschläge zur nachhaltigen Störungsbeseitigung von Produktion und Instandhaltung entwickelt.

Der seit 01.04.2014 wöchentlich stattfindende Fixtermin zur gemeinsamen Störanalyse ist als erster Ansatzpunkt in Richtung kontinuierliche, organisationsübergreifende Anlagenverbesserung im Bereich der Kokerei anzusehen. Die in der Arbeitsgruppe entwickelten Maßnahmen zur Störungsbeseitigung werden bereichsspezifisch in Maßnahmenlisten gesammelt und mit Verantwortlichkeiten sowie Umsetzungsterminen hinterlegt (vgl. Abbildung 51).

Diese Intern als „KVP-Listen“ bezeichneten Umsetzungslisten werden mit zusätzlichen Informationen hinsichtlich Art und Weise der Umsetzung, erhofftem Verbesserungspotential und tatsächlich erreichter Verbesserung hinterlegt und kontinuierlich von den jeweils Verantwortlichen gepflegt.

Die Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen wird anhand aktuell aufbereiteter Stördaten kontrolliert und bewertet.

Pos.	Störungsbild	Maßnahme	21	22	Bearbeiter	Termin	Status	Bemerkung
8	Rahmenreinigung bleibt hängen	Überprüfung der horizontalen Ausrichtung der Rahmenreinigungsvorrichtung	x	x	Vasic	23.05.2014		Vierkanthrohre wurden am 22.05.14 an allen Abhebern der FM22 eingebaut => FLRR jetzt in Ordnung Kontrolle, ob an der FM21 auch erforderlich
8.1	"	FM21 Einbau von stärkeren Motoren	x		Lachmann	07.02.2014		elektrischer Umbau von 3kW auf 4kW möglich Motore sind bestellt. Lieferzeit 3 Wochen
9.1	Sonden in den Trichtern reißen ab	Sonden in die Mitte der Trichter montieren (analog KBS)	x		Walk	30.06.2014		FM 21 ist fertig.
10	Kohlerand bleibt auf den Fülllochrahmen stehen	Konus anstatt Dichtschnur, Modifikation Unterteleskop (Rohr)	x	x	Vasic	30.06.2014		Bau Prototyp
11	Reserveteilverschlüsselung unter zwei verschiedenen technischen Plätzen (KBM12XX und KBM01.DM012)	der "alte" technische Platz (KBM01.XX) aus dem System löschen			Zinselmeyer	16.06.2014		
12	Deckelabheber stehen schief	Kontrolle horizontale Ausrichtung der Deckelabheber		x	Termühlen	17.06.2014		Die Abheber stehen etwas geneigt. Diese Neigung befindet sich im Toleranzbereich und hat keinerlei Folgewirkung. Ich habe mehrere Öfen im vorderen Teil der Batterie 2 kontrolliert, die Deckel werden einwandfrei herausgenommen und wieder eingesetzt
13	Zeitersparnis FLRR	Reinigungsvorgang nur jede 2. Ofentour durchführen			Termühlen			Rücsprache mit Produktion = abgelehnt
14	Nach der Reinigung der Fülllochrahmen werden die Kohlereste eingefegt- dadurch verschmutzt die Fülllochreinigung erneut und es kommt zu Undichtigkeiten	Bis zur Umsetzung der Maßnahme 10 (Konus statt Dichtschnur) die Restkohle nicht mehr einfegen			Kopietz			Zustand wird nach Rücsprache mit Produktion geduldet
15	Fehlerhafte Rückmeldung von Deckel an Magnet	Rückmeldetechnik überarbeiten						

Abbildung 51: Beispielhafte Maßnahmenliste aus dem wöchentlichen Jour Fixe zum Thema Störungsbeseitigung (Stand: 06/2014)

4.3 Instandhaltungsstrategiemix

Die in Abschnitt 3.2 durchgeführte Erhebung der Ist-Situation zeigt, dass die vorhandene Instandhaltungsstrategie sehr reaktiv ausgeprägt ist. In diesem Abschnitt wird die Instandhaltungsstrategie am Beispiel eines ausgewählten Anlagenbereiches näher analysiert.

Durch einen Vergleich des vorliegenden Störgeschehens und der planmäßigen Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen zur Verhütung der Störungen, wird die Eignung der vorhandenen Instandhaltungsstrategie überprüft.

Stärken und Potentiale der vorliegenden Situation werden abgeleitet.

4.3.1 Detaillierte Gegenüberstellung geplanter zu ungeplanter Instandhaltung

Um die vorhandene Instandhaltungsstrategie näher zu untersuchen wird der Vorbeugegrad, das Verhältnis geplanter zu ungeplanter Instandhaltungstätigkeiten am Beispiel der FM22, aktualisiert (vgl. Abbildung 52).

Ende Mai 2014 hat sich der Vorbeugegrad im Vergleich zum Stand Ende März (vgl. Abbildung 36) verschlechtert. Der damalige Anteil etwa 13 % geplanter Arbeiten hat sich über den Zeitverlauf auf einen Wert von etwa 11 % reduziert. Die fokussierte Ausrichtung der Instandhaltung auf Instandsetzungsmaßnahmen wird bestätigt.

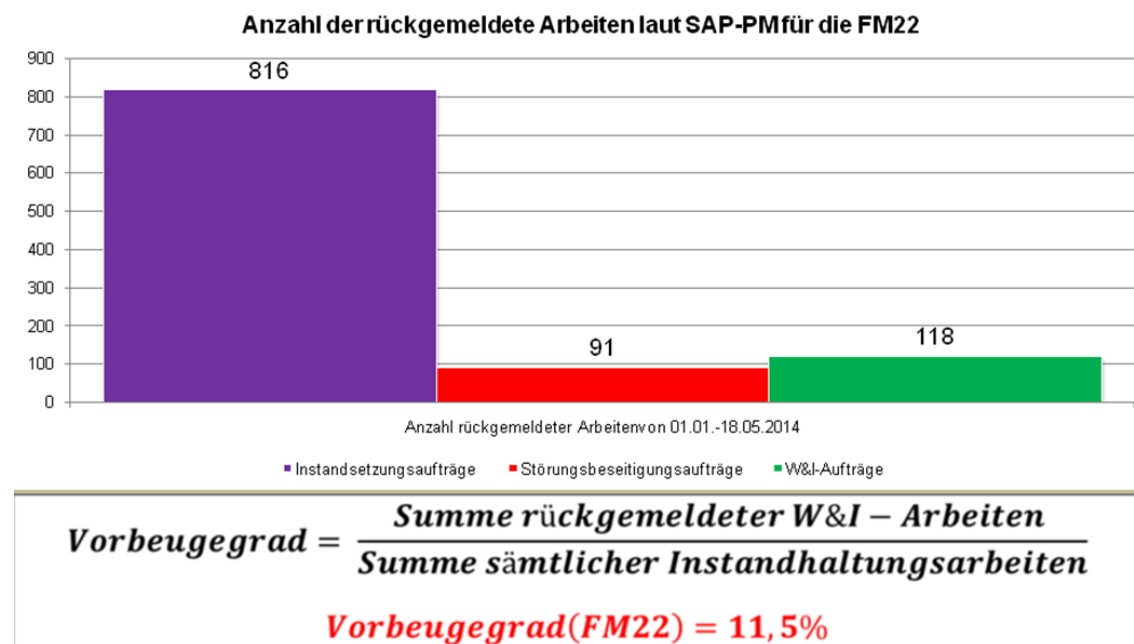


Abbildung 52: Gegenüberstellung geplanter zu ungeplanter Arbeiten an der FM22 für den Zeitraum 01.01.-18.05.2014 (Quelle: SAP Schichtbuch)

Zur genauen Beurteilung der Instandhaltungsstrategie werden die durchgeführten Wartungs- und Inspektionsstrategie mit dem Störgeschehen der FM22 verglichen. Durch quantitative Gegenüberstellung der mittels Exceed dokumentierten Störungen zu den in SAP rückgemeldeten Wartungs- und Inspektionsarbeiten bezogen auf die unterschiedlichen Anlagenbereiche kann die Eignung der vorliegenden Strategie abgeschätzt werden (vgl. Abbildung 53).

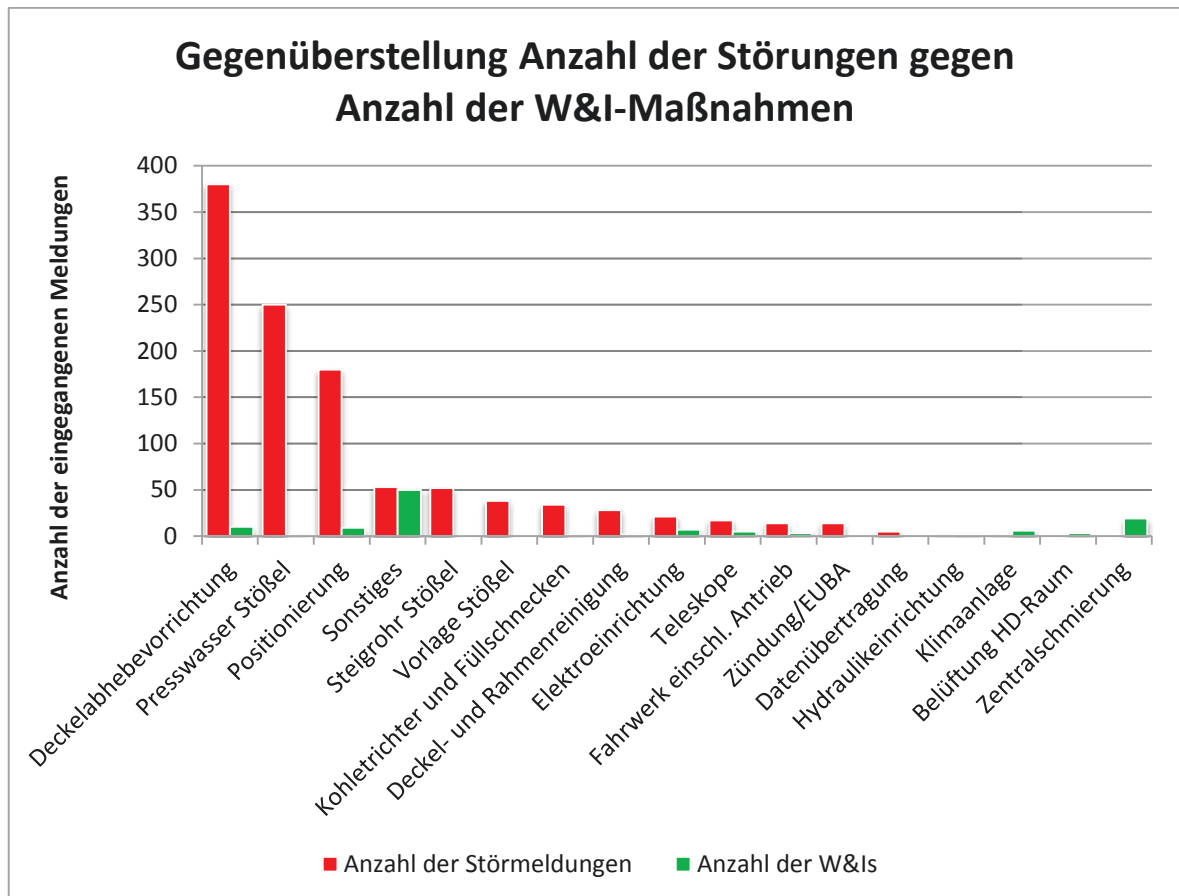


Abbildung 53: Vergleich Störgeschehen zu Wartungs- und Inspektionsarbeiten am Beispiel der FM22 (Betrachteter Zeitraum: 01.01.-18.05.2014; Quellen: Exceed und SAP Schichtbuch)

Anhand Abbildung 53 können folgende Aussagen getätigt werden:

- I. Es gibt Anlagenbereiche der Füllmaschine 22, in denen keine Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen durchgeführt werden.
- II. Es gibt Anlagenbereiche, in denen Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen durchgeführt werden und keine Störungen auftreten.
- III. Es gibt Bereiche mit einer hohen Anzahl eingegangener Störmeldungen, demgegenüber jedoch nur eine geringe Anzahl bzw. zum Teil gar keine planmäßigen Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen gestellt werden können.

Es kann der Schluss gezogen werden, dass die vorhandene Wartungs- und Inspektionsstrategie in bestimmten Anlagenbereichen gute Wirkung zeigt (vgl. Aussage II), in anderen Bereichen jedoch keine bzw. kaum Wirkung auf das Störaufkommen hat (vgl. Aussage III) und in manchen Bereichen ganz vernachlässigt wird (vgl. Aussage I).

Um weitere Aussagen über Wirksamkeit und Nutzen von geplanten Instandhaltungsaufgaben tätigen zu können, wird die vorhandene Wartungs- und Inspektionsstrategie für einen Anlagenbereich der Füllmaschine 22 bis auf technische Bauteilebene analysiert.

Der Fokus wird auf die Deckelabhebevorrichtung, dem Bauteil mit dem höchsten Störaufkommen, gelegt.

Vergleich vorhandener Instandhaltungsstrategie zu Störgeschehen am Beispiel der Deckelabhebevorrichtung der Füllmaschine 22

Für den Anlagenbereich der Deckelabhebevorrichtung der Füllmaschine 22 gibt es zwei Aufträge zur planmäßigen Wartung und Inspektion. Diese Aufträge sind in SAP einge-

pflegt und scheinen in regelmäßigen Intervallen als zu erledigende Arbeiten bei den jeweils Verantwortlichen auf.

Die zwei hinterlegten W&I-Aufträge beziehen sich auf die Bauteilgruppe des Deckelabhebemagneten und auf den Antrieb der vorhandenen Dreheinrichtung. Die allgemeine Kontrolle des Abhebemagneten wird monatlich durch die Elektriker der Wechselschichtinstandhaltung durchgeführt, die Kontrolle des Antriebs der Deckelabhebedreheinrichtung zweimonatlich durch die Wechselschichtmechaniker. Die Arbeitsanweisungen zur Durchführung der Wartungsaufträge werden mit Abbildung 54 und Abbildung 55 aufgezeigt.

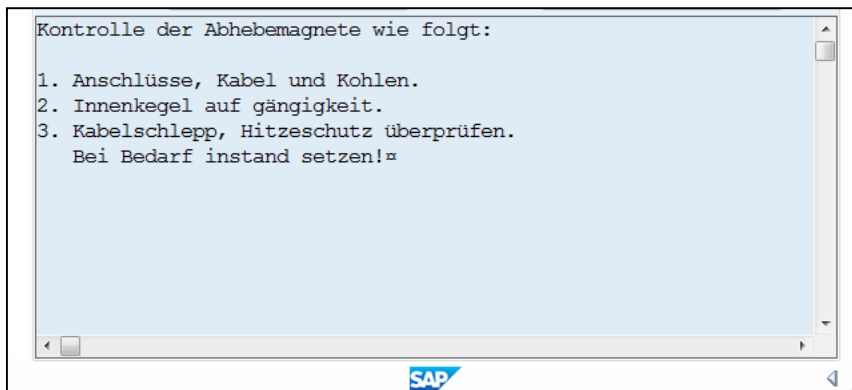


Abbildung 54: Wartungs- und Inspektionsanweisung zum Deckelabhebemagneten der FM22 (Stand: 30.05.2014)

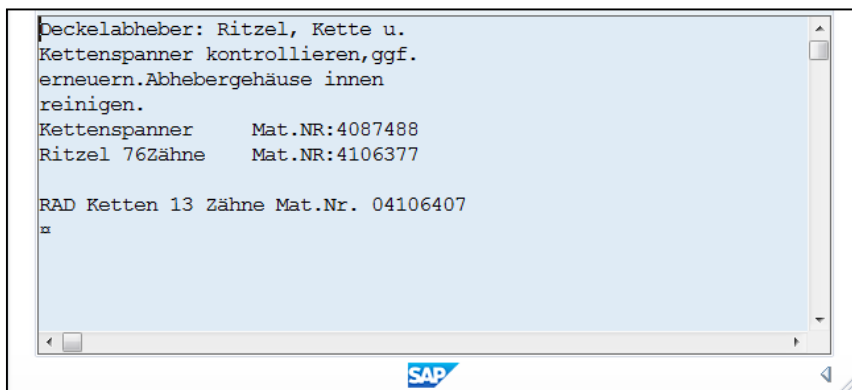


Abbildung 55: Wartungs- und Inspektionsanweisung zum Antrieb der Deckelabhebedreheinrichtung der FM22 (Stand: 30.05.2014)

Betrachtet man die Arbeitsanweisungen näher wird deutlich, dass die Wartungsaufträge nicht mit technischen Zeichnungen oder sonstigen Details hinterlegt sind und als sehr allgemein formuliert charakterisiert werden können. Ein standardisiertes Befundformular zur Rückmeldung der getätigten Arbeit fehlt. Wie Begutachtungen zeigen, erfolgen Rückmeldung erledigter Arbeiten hauptsächlich mit dem Kommentar „erledigt“. Es werden keine weiteren Informationen über den Zustand der inspizierten Anlage angegeben.

In Abbildung 56 wird das Störgeschehen im Bereich der Deckelabhebevorrichtung der Füllmaschine auf Störbildebene quantitativ den W&I-Aufträgen entgegen gesetzt, welche zur Verhinderung dieser Störbilder durchgeführt werden.

Der Arbeitsauftrag zur allgemeinen Kontrolle der Deckelabhebemagnete soll Störungen im Bereich des Deckelabhebemagneten („Magnetkreis Störungen“) verhüten und der Auftrag zur Kontrolle der Dreheinrichtung der Abhebevorrichtung wirkt Laufzeitstörungen (Störungen aufgrund zu langer Schrittkettendauer verursacht durch z.B. Schwergängigkeiten, zu wenig Schmierung etc.) entgegen.

Den anderen Störbildern der Betrachtungseinheit können keine Wartungsaufträge entgegen gesetzt werden.

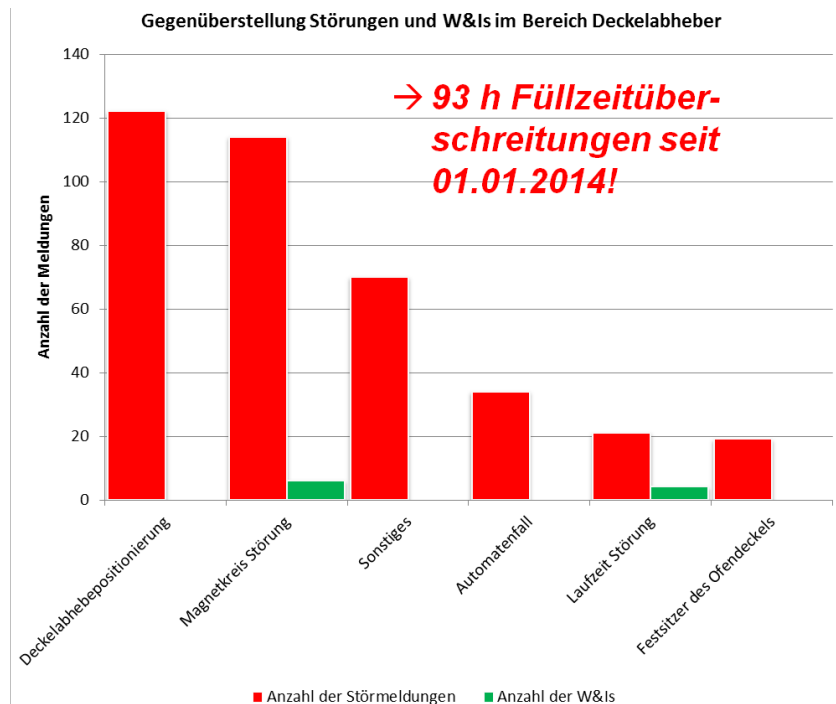


Abbildung 56: Quantitativer Vergleich des eingetretenen Störgeschehens zu den rückgemeldeten Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen (Betrachtungszeitraum: 01.01.-18.05.2014, Deckelabhebevorrichtung FM22)

In weiterer Folge wird das Störgeschehen der Abhebevorrichtung auf Störbildebene näher charakterisiert. Auf Basis der vorhandenen Stördokumentationsdaten werden Mittelwerte für den Zeitraum zwischen dem Auftreten zweier gleicher Störbilder (MTBF) abgeleitet und die durch diese Störungen im Mittel verursachte Füllzeitüberschreitung (FZ-Ü) ermittelt.

Durch Interviews mit Mitarbeitern der Produktions- und Instandhaltungsschicht werden Informationen über mögliche Störursachen gesammelt und Abschätzungen über die Dauer der benötigten Reparaturmaßnahmen (MTTR) getätigt.

Das Ergebnis der detaillierten Störerhebung ist mit Tabelle 7 zusammengefasst. Die Reihung der darin aufgeführten Störbilder wird durch die Häufigkeit der eintretenden Ereignisse vorgegeben.

Aus Tabelle 7 wird ersichtlich, dass im Schnitt alle 1,1 Tage eine Störung im Bereich des Magnetkreises auftritt, diese zu einem Zeitverlust von etwa 14 Minuten führt und durch mechanische oder thermische Beschädigung in diesem Anlagenbereich, wie zum Beispiel der Beschädigung des Magneten selbst, seiner Verkabelung und/oder seiner Anschlüsse, verursacht werden kann. Der zeitliche Aufwand, um eine Störung in diesem Bereich zu beseitigen, wird mit einer Mannstunde abgeschätzt.

Stellt man die Ergebnisse der Störanalyse dem vorhandenen W&I-Auftrag entgegen, wird deutlich, dass das Intervall zur planmäßigen Instandhaltung des Deckelabhebemagneten deutlich größer ist als die in der Praxis eingetretene MTBF. Auch muss in Frage gestellt werden, ob der Inspektionsauftrag inhaltlich sämtliche Störursachen für Störungen in diesem Bereich abdeckt.

Tabelle 7: Detaillierte Aufbereitung des Störgeschehens der Deckelabhebevorrichtung der FM22 auf Störibildebene

Prio	Störbild	MTBF (MW)	FZ-Ü (MW)	Ursache	MTTR
1	Falsche Deckelabhebebeponierung	1,5 d	11 Min.	Falsche Positions-Werte im Programm	3 Min.
2	Störung des Magnetkreises	1,1 d	14 Min.	Mechanische oder Thermische Beschädigung	1 h
3	Sonstige	2 d	19 Min.		
4	Automatenfall	4 d	30 Min.	Beschädigung Magnet. Magnetwechsel.	1 h
5	Laufzeitstörung	4 d	13 Min.	Schwergängigkeiten, fehlende Schmierung, zu geringe Kettenspannung..	
6	Festsitzer Fülllochdeckel	7 d	9 Min.	Deckel mit zu dicker Schamottflüssigkeit abgedichtet.	3 Min.

Bei Kontrolle der örtlichen Gegebenheiten der Verkabelung der Deckelabhebemagnete wird ersichtlich, dass Hitzeschutzverkabelungen aufgerissen, Anschlüsse zum Teil lose und Steckerdosen demoliert sind (vgl. Abbildung 57). Die Anlage entspricht nicht dem anzustrebenden Sollzustand, was wiederum negative Rückschlüsse auf die Eignung der vorhandenen W&I-Maßnahmen zulässt.



Abbildung 57: Dokumentation des Anlagenzustandes im Bereich Deckelabhebevorrichtung der Füllmaschinen (Stand 03/2014)

4.3.2 Fragestellungen zum vorhandenen Instandhaltungsstrategiemix

Anhand der Erkenntnisse der näheren Analyse der vorhandenen Wartungs- und Instandhaltungsstrategie am Beispiel der FM22 ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Sind vorgeschriebene W&I-Maßnahmen aktuell, an die jeweiligen Bedingungen angepasst und geeignet?
- Ist der inhaltliche Detaillierungsgrad vorgeschriebener Arbeiten passend?
- Decken die vorgegebenen W&I-Aufträge die Kontrolle von Bauteilen und deren Funktionen vollständig ab?
- Ist die vorhandene Abarbeitungs- und Rückmeldestrategie der Arbeiten in der Praxis vertretbar?
- Wird die Qualität durchgeführter Arbeit kontrolliert?
- Hätten Beschädigungen vgl. Abbildung 57 im Rahmen der Abarbeitung der vorhandenen W&I-Aufträge auffallen müssen?
- Sind Mitarbeiter hinreichend qualifiziert, um Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen erfolgreich durchzuführen?
- Sind Mitarbeiter sensibilisiert genug auf die Wichtigkeit der genauen Durchführung von W&I-Aufträgen?

4.3.3 Ableitung von Optimierungspotentialen zur Verbesserung der aktuellen Situation

Zur Verbesserung der aktuellen Situation im Bereich Instandhaltungsstrategie ist ein Paradigmenwechsel von ausfallorientierter zu vorbeugender, von reagierender hin zu agierender Instandhaltung anzustreben (vgl. Abbildung 58). Die Weiterentwicklung der Instandhaltungsstrategie ist als umfassender Changeprozess anzusehen, der langfristig und nur durch intensive Begleitung durchzuführen ist.

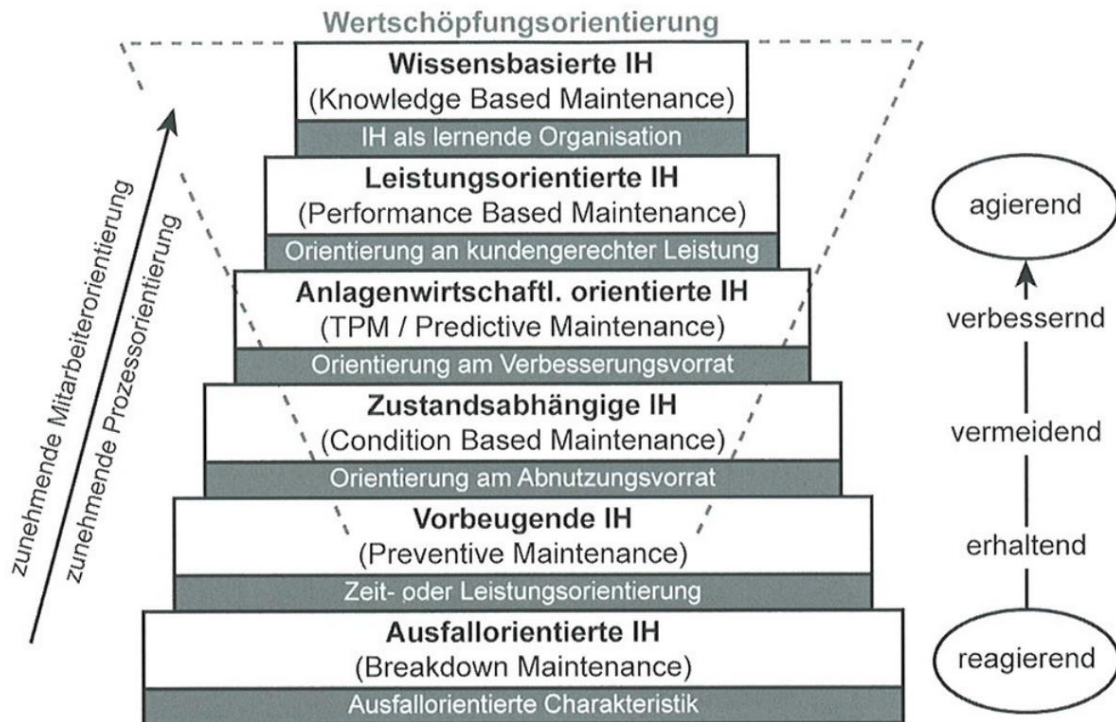


Abbildung 58: Instandhaltungsphilosophien und deren Integration in die Wertschöpfungsorientierung¹⁴³

¹⁴³ Quelle: Biederman (2008), S. 158

Abbildung 58 gibt einen Überblick über die Entwicklung von der ausfallorientierten Instandhaltung in Richtung wissensbasierte Instandhaltung. Über vermehrten Miteinbezug der Mitarbeiter und zunehmende Prozessorientierung entwickelt sich die Instandhaltung von reagierender in Richtung agierender Fokussierung weiter. Über diese Weiterentwicklung der Instandhaltungsphilosophien steigt die Wertschöpfungsorientierung im Prozess an.

Grundlegende Voraussetzung für den Weg zur wertschöpfenden Instandhaltungsstrategie ist eine valide Datenbasis und der Einsatz weiterentwickelter Instrumente. Zusätzlich zur Anpassung der Strategie müssen adäquate Organisationsformen und erforderliche Personalqualifikationen berücksichtigt werden. Der Einsatz Life-Cycle-orientierter anlagenbezogener technisch-wirtschaftlicher Strategien ist notwendig, um unter integrativer Betrachtung der zumeist isoliert wahrgenommenen Arbeitsfelder der Instandhaltung zusätzliche Effizienz- und Effektivitätspotentiale zu erschließen.

Durch die zusätzliche Berücksichtigung instandhaltungsspezifischer Aspekte in den Phasen der Anlagenprojektierung, -konstruktion und -bereitstellung sowie Inbetriebnahme, Nutzung und Außerbetriebnahme dehnt sich der vormals sehr eng definierte Zielrahmen der Instandhaltung aus. Die klassische arbeitsteilige Sichtweise wird durch einen gesamtheitlichen, Life-Cycle-orientierten Fokus unter Anpassung und Weiterentwicklung von Managementinstrumenten und der Anwendung umfassender Koordinationsinstrumente überwunden.¹⁴⁴

Als Konsequenz stellt die Strategieanpassung in der Instandhaltung einen umfassenden Kulturwandel im Unternehmen dar. Unternehmensinterne Einstellungen, Werte, Denkmuster sowie Verhaltensweisen müssen adäquat angepasst werden um langfristige Effizienz- und Effektivitätssteigerungen durch zunehmende Innovation, Marktorientierung und den Erwerb von Kernkompetenzen zu ermöglichen.¹⁴⁵

Wie die Ausführungen zeigen, beeinflusst eine Anpassung der Instandhaltungsstrategie zusätzlich andere Arbeitsfelder. Betrachtet man das Regelkreismodell des Instandhaltungsmanagements (vgl. Abbildung 8, Seite 13) wird erkennbar, dass sich der strategische Instandhaltungsansatz direkt auf die Organisations- und Ressourcenplanung sowie Instandhaltungsprogrammplanung auswirkt.

Zur Stützung der Instandhaltungsstrategie muss eine adäquate Organisation (Aufbau- und Ablauforganisation) generiert werden. Über angepasste Organisationsziele und -strukturen wird das Verhalten der Organisationsmitglieder gesteuert. Zusätzlich legt die Organisations- und Ressourcenplanung Regeln zur Zusammenfassung und Koordination von Instandhaltungsleistungen fest. Im groben kann zwischen Instandhaltungsablauforganisationen auf dem Verrichtungsprinzip und auf dem Objektprinzip unterschieden werden.¹⁴⁶

Die Gestaltung der Instandhaltungsorganisation kann als vierstufiger Prozess durchgeführt werden. Über eine umfassende Analyse der Ist-Situation, den Entscheid über Fremdvergaben und einer Neuverteilung der Aufgaben kann im vierten Schritt eine adäquate Organisationsform festgelegt werden.¹⁴⁷

Die Planung von Instandhaltungstätigkeiten wird ebenso von der gewählten Instandhaltungsstrategie beeinflusst. Zusätzlich erfordern die steigende Komplexität in Technik und Prozessabläufen mehr Transparenz und Planungsrationalität, um die wirtschaftliche Effizienz betrieblicher Instandhaltungsprozesse zu gewährleisten. Ziel der Instandhaltungspro-

¹⁴⁴ Vgl. Biedermann (2008b), S. 9ff.

¹⁴⁵ Vgl. Biedermann (2008a), S. 156ff.

¹⁴⁶ Vgl. Alcalde Rasch (2000), S. 97ff.

¹⁴⁷ Vgl. Pawellek (2013), S. 163f.

grammplanung ist es, Zufälligkeiten von Störungen und unvorhersehbare Schwankungen im Arbeitsanfall soweit wie möglich zu reduzieren. Um dieses Ergebnis zu erreichen, müssen das Ausfallverhalten von Anlagen genau analysiert (Inspektion), der Auslastungsgrad von Instandhaltungsarbeitskräften von Schwankungen freigehalten (Priorisierungssteuerung) und deren Arbeitsintensität gesteigert sowie Leerzeiten vermieden (Ablaufplanung) werden. Die vollständige Planung von Instandhaltungsarbeiten ist bedingt durch die Unvorhersehbarkeit von Störungen eingeschränkt.¹⁴⁸

Mit Abbildung 59 werden die Kosteneinsparungspotentiale durch verbesserte Instandhaltungsplanung am Beispiel eines Maschinenbaubetriebes aufgezeigt. Instandhaltungskosten lassen sich durch bessere Arbeitsplanung reduzieren, Anlagenverfügbarkeiten erhöhen.

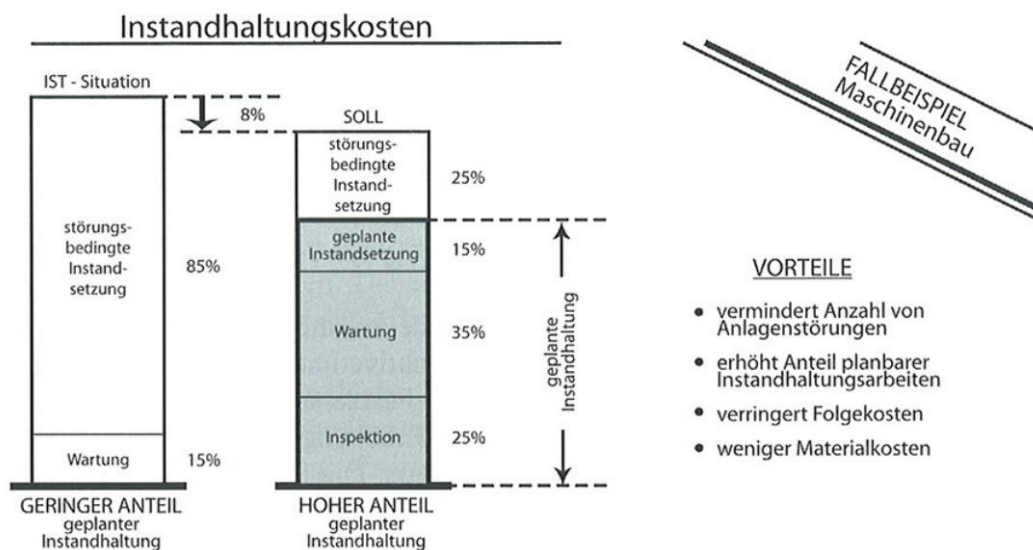


Abbildung 59: Umfang der geplanten Instandhaltung¹⁴⁹

4.4 Conclusio und Ausblick

Für die verschiedenen Handlungsfelder lässt sich nach Durchführung der in Kapitel 4 beschriebenen, mittelfristigen Maßnahmen folgendes Conclusio schließen:

Stördokumentation und Stördatenerfassung

Die umgesetzten Maßnahmen im Bereich Stördokumentation und Stördatenerfassung haben dazu geführt, dass mit dem Programm Exceed ein einheitliches, standardisiertes System zur Stördatenerfassung vorhanden ist. Auslastungsverluste werden automatisch erfasst und mit Daten über Füllzeitpunkt, Zykluszeitüberschreitung und der jeweiligen Ofennummer hinterlegt. Über standardisierte Störschlüssel ist die Begründung der eingetretenen Störung über Störbereich, Störbauteil bis auf Störbildebene möglich. Die Auswertung der Daten gestaltet sich durch das Vorhandensein eigens dafür generierter Auswertetools als sehr einfach.

Als Potentiale im Bereich Stördokumentation sind folgende Punkte zu nennen:

- Die Stördatenerfassung mittels Exceed stellt eine Insellösung dar und wird nur von Seiten Produktion zur Störaufschreibung genutzt.

¹⁴⁸ Vgl. Biedermann (2008a), S. 108ff.

¹⁴⁹Quelle: Herold (1987), S. 29

- Schnittstellen zur Instandhaltung fehlen; Rückmeldungen über den aktuellen Stand eingetretener Störungen können nicht über das vorhandene Stördokumentationssystem abgewickelt werden.
- Die Störaufschreibung endet auf Störbildebene. Informationen über Störursachen können nicht systematisch in die Störfassung eingepflegt werden.

Als langfristige Maßnahme und zur Beseitigung der Schwachstellen des vorhandenen Dokumentationstools wird eine kombinierte Stördokumentationslösung mit SAP angedacht. Diese kombinierte Lösung greift auf bereits im Betrieb vorhandene Systeme zurück, kann zeitnah in der Praxis umgesetzt werden und befriedigt die Anforderungen eines ganzheitlichen Störfassungssystems.

Stör- und Schadensanalyse

Durch die Optimierung der Stördatenerfassung werden Stör- und Schadensanalysen vorangetrieben. Wöchentliche Arbeitsgruppensitzungen zur Ableitung von nachhaltigen Störungsbeseitigungsmaßnahmen sind als erster Schritt in Richtung anlagenübergreifendes Problemlösen zu sehen. Aus der Stördatenerfassung können bedingt Kennzahlen zur objektiven und objektsummarischen Schwachstellenermittlung abgeleitet werden. Systematisierte Ansätze zur weiteren Störanalyse sind in der Praxis umgesetzt.

Als Potentiale im Bereich Stör- und Schadensanalyse sind folgende Punkte anzusehen:

- Vorantreiben der Schadensanalyse in Richtung Schadensursachenanalyse
- Näheres Beschreiben von Störungsbeseitigungsmaßnahmen hinsichtlich Reparaturaufwand, genaue Ausfallzeit, Beschreibung der Reparaturmaßnahme und weiteren Informationen zur Definition und Ableitung weiterer Kenngrößen
- Steigerung des Bewusstseins für die Wichtigkeit der Durchführung umfassender Schadensanalysen auf allen Ebenen

Instandhaltungsstrategie

Ansätze zur planmäßigen, vorbeugenden Wartung und Inspektion von Anlagen sind vorhanden, dennoch sind die täglichen Tätigkeiten der Instandhaltung vor allem durch Reparaturaufträge dominiert. Die Eignung, Richtigkeit, Wirksamkeit und Vollständigkeit vorhandener W&I-Aufträge muss in Frage gestellt werden. Die Qualifikation der Mitarbeiter zur zielgerichteten Durchführung der Arbeiten muss ebenso hinterfragt werden.

Im Bereich Instandhaltungsstrategie ist ein Paradigmenwechsel von der reaktiven Instandsetzung zur vorbeugenden Instandhaltung anzustreben. Dafür müssen Ziele, Politik und Umsetzungspläne neu definiert sowie Planung, Durchführung und Kontrolle von Arbeiten neu überdacht werden.

Der Wechsel zur vorbeugenden Instandhaltung ist als umfassende Änderung der vorhandenen Kultur zu verstehen und nur durch tiefgreifende und langfristige Maßnahmen, gesteuert von oberster Ebene und in enger Zusammenarbeit zwischen Produktion und Instandhaltung, zu erreichen.

Zusätzlich zur Instandhaltungsstrategie müssen die Arbeitsfelder der Organisations- und Ressourcenplanung sowie der Instandhaltungsprogrammplanung den gestellten Anforderungen angepasst werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Nach einer umfassenden Anlagenerweiterung einer Kokerei wird erkannt, dass das vorhandene Verfügbarkeitsniveau bestehender Ver- und Entsorgungsanlagen nicht zur Erreichung des zu realisierenden Produktionsziels genügt. Die mangelnde Verfügbarkeit produktionslimitierender Aggregate ist Großteils dem hohem Störaufkommen geschuldet. Durch den Einsatz von Schwachstellenanalysen mit dem Ziel der nachhaltigen Störungsbeseitigung und durch die Implementierung eines angepassten Instandhaltungsstrategiemixes sollen störungsbedingte Produktionsverluste verhindert bzw. auf ein tolerierbares Maß reduziert werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, organisatorische und strategische Grundlagen zur nachhaltigen Minimierung des Störgeschehens zu erarbeiten. Der Instandhaltungsregelkreis ist über die Implementierung einer Schwachstellenanalyse laufend zu verbessern und die vorhandene Instandhaltungsstrategie den gegebenen Anforderungen anzupassen.

In einer umfassenden Literaturrecherche zum Thema Instandhaltungsstrategie mit Fokus auf Schwachstellenanalyse und Schwachstellenbeseitigung werden die theoretischen Grundlagen zur Ableitung des weiteren Vorgehens gelegt.

Die praktische Durchführung der Arbeit erfolgt in vier Schritten: Der Erhebung der Ist-Situation, der Entwicklung einer Stör- und Schadens Erfassung, des Generierens einer Stör- und Schadensanalyse und der Differenzierung einer adaptierten Instandhaltungsstrategie.

Die Erhebung und Analyse der Ist-Situation zeigt auf, dass nur schwache bzw. unstrukturierte Ansätze zur systematischen Stör- und Schadensdokumentation vorhanden sind. Informationen werden in unterschiedlichen Systemen gesammelt; der Einsatz dieser Stördaten ist bedingt durch eine sehr niedrige Datenqualität stark eingeschränkt.

Eine Störanalyse wird in der Praxis nicht durchgeführt.

Die vorhandene Instandhaltungsstrategie ist deutlich auf Instandsetzung fokussiert.

Anhand der Erkenntnisse aus der Erhebung der Ist-Situation werden Verbesserungspotentiale definiert. Um die Voraussetzungen für eine systematische Stör- und Schadensdatenerfassung zu schaffen, wird ein bereits vorhandenes Stördokumentationssystem überarbeitet, optimiert und an die Anforderungen einer ganzheitlichen Datenerhebung bestmöglich angepasst. Durch die Ableitung auf das Störgeschehen angepasster Störschlüssel auf Störbauteil- und Störbildebene wird die Stördokumentation standardisiert und die Auswertbarkeit der gesammelten Daten gesteigert. Zusätzlich werden Informationen vergangener Störaufschreibungen in das neue Dokumentationssystem eingepflegt. Die Informationsdichte steigt und eine valide Datengrundlage zur nachfolgenden Störanalyse wird gelegt.

Die im Stördokumentationssystem gebündelten Störinformationen werden in Anlehnung an die Problemlösungstools der ABC-Analyse und des Soll/Ist-Vergleichs graphisch aufbereitet. Im Rahmen anlagenübergreifender, interdisziplinärer Problemlösungszyklen wird auf Basis der erhaltenen Darstellungen eine Störanalyse durchgeführt. Als anlagenbereichstechnische Störschwerpunkte werden Füllmaschine und Druckmaschine identifiziert und auf Störbauteil- und Störbildebene näher untersucht. Störungsbeseitigungsmaßnahmen werden erarbeitet und ihre Umsetzung geplant.

Die in der Störanalyse gewonnenen Erkenntnisse werden zur Ableitung von Anforderungen an einen adäquaten Instandhaltungsstrategiemix herangezogen. Es zeigt sich, dass zur

Anpassung der Instandhaltungsstrategie eine grundlegende Strategiemodifikation, eine umfangreiche Überarbeitung der vorhandenen Situation im Rahmen eines umfassenden Projektes, durchgeführt werden muss.

Die in dieser Arbeit durchgeführten Maßnahmen bewirken eine Optimierung der Stör- und Schadensdokumentation und legen die Grundlage für umfassende Stör- und Schadensanalysen. Trotz Verbesserung dieser beiden Handlungsfelder müssen zukünftig noch einige Verbesserungspotentiale ausgeschöpft werden, wie zum Beispiel die Entwicklung eines von Instandhaltung und Produktion gemeinsam geführten Dokumentationssystems und die Stördatenerfassung bis auf Störursachenebene. Ebenso ist die Organisation der Instandhaltung den gegebenen Anforderungen anzupassen.

Darüber hinaus muss das Bewusstsein der Mitarbeiter für die strategische Auslegung der Instandhaltung gesteigert werden.

Die Implementierung einer adäquaten Instandhaltungsphilosophie ist als umfassender, langfristig umzusetzender Changeprozess anzusehen und wird im Rahmen dieser Arbeit nicht vollständig abgedeckt. Die Entwicklung eines standardisierten Stördokumentations- und -analysesystems und die Implementierung von anlagenübergreifenden Problemlösungszyklen zur Durchführung von Schwachstellen- und Schadensanalysen sind jedoch wichtige Wegbereiter für diesen Prozess.

Literaturverzeichnis

- Alcalde Rasch, A. (2000). *Erfolgspotential Instandhaltung: Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements*. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.
- Al-Turki, U. (2011). A framework for strategic planning in maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*; Vol. 17, No.2, 150-162.
- Anonym. (kein Datum). *Anwendung und Nutzen von Condition Monitoring*. (M. Weyrich, Hrsg.) Abgerufen am 13. August 2014 von https://wiki.zimt.uni-siegen.de/fertigungsautomatisierung/index.php/Datei:Bild88_1.png
- Bartz et al., T. (2014). Improvement of industrial performance with TPM implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 20, No.1 , 2-19.
- Beckmann, G. u. (1981). *Instandhaltung von Anlagen - Methoden, Organisation, Planung*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- Biedermann, H. (1992). Kennzahlengestütztes Controlling. In H.-J. Warnecke, *Handbuch Instandhaltung Band 1: Instandhaltungsmanagement* (S. 771-786). Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH.
- Biedermann, H. (2008a). *Anlagenmanagement*. Köln: TÜV Media GmbH.
- Biedermann, H. (2008b). Entwicklungseinrichtungen im modernen Anlagenmanagement. In H. Biedermann, *Entwicklungseinrichtungen im modernen Anlagenmanagement* (S. 9-20). Köln: TÜV Media GmbH.
- Biedermann, H. (2009). Erfolgsfaktoren eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements. In H. Biedermann, *Erfolgsfaktor "Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement"* (S. 9-17). Köln: TÜV Media GmbH.
- Brocker, H. (1979). Instandhaltung. *AV 16* , S. 102-105.
- Bsirsky, G. K. (1982). *Die Arbeitsvorbereitung in der Anlagenerhaltung*. Wien.
- Campbell et al., J. D. (2011). *Asset Management Excellence*. Boca Raton: Taylor and Francis Group.
- Charma, S. K. (2013). Maintenance reengineering framework: a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 19, No. 2, 96-113.
- Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. (1982). *Schwachstellenermittlung an bestehenden industriellen Anlagen*. Düsseldorf.
- Fedele, L. (2011). *Methodologies and Techniques for Advanced Maintenance*. London: Springer Verlag.
- Gram, M. (2012). Methoden und Bewertungsansätze zur Bestimmung von Ausfallkosten von Anlagen. In H. Biedermann, *Total Productive and Safety Management* (S. 133-155). Köln: TÜV Media Group.
- Grothus, H. (1976). Die Integration der Schadensabwehr - das neue Verständnis von der Vorbeugenden Instandhaltung. *REFA Nachrichten 29, Heft 5*, S. 279-290.
- Hackstein, R., & Weingärtner, J. (1987). Die Instandhaltungstypologie. *VDI-Z, Band 129, Nr. 4*, S. 74-78.

- Haferkam, H. e. (2000). Ermittlung von Schadensursachen an komplexen Produktionssystemen. *ZWF, Jahrg. 95/9*, S. 411-414.
- Herold, H. (1987). Strategische und operative Planung in der Instandhaltung. In H. Biedermann, *Planung in der Instandhaltung*. Köln: TÜV Rheinland.
- Hoang, P., & Hongzhou, W. (1996). Imperfect maintenance. *European Journal of Operational Research 94*, 425-438.
- Hölbfer, S. (2013). Strategiefindung in der Instandhaltung: Effiziente Nutzung der Ressourcen durch richtige Instandhaltungsstrategie. In H. Biedermann, *Ressourceneffizientes Anlagenmanagement* (S. 77-103). Köln: TÜV Media GmbH.
- Ireson et al., W. (1996). *Handbook of Reliability Engineering and Management*. New York: McGraw Hill Companies.
- Kans, M., & Ingwald, A. (2008). Common database for cost-effective improvement of maintenance performance. *International Journal of Production Economics 113*, 734-747.
- Kianfar, A., & Kianfar, F. (2010). Plant function deployment via RCM and QFD. *Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 16, No. 4*, 354-366.
- Lapp, H. (1975). Geplante Maschinen-Instandhaltung. *Der Maschinenschaden 48, Heft 3*, S. 81-89.
- Lockheed, M. (1997). *The Road to Proactive Maintenance: The Ideal Philosophy and The Pain of Implementation*. Knoxville, Tennessee: Lockheed Martin Energy Systems.
- Madu, C. N. (2000). Competing through maintenance strategies. *International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 17, No. 9*, 937-948.
- Márquez et al., A. C. (2009). The maintenance management framework: A practical view to maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 15, No. 2*, 167-178.
- Mexis, N. (1987). Instandhaltung und Instandhaltungskonzepte. *süsswaren 9/87*, S. 386-394.
- Mexis, N. (1992). Allgemeine Schwachstellenanalyse (Ursachenanalyse) und deren Durchführung in den Betrieben. In H.-J. Warnecke, *Hanbuch Instandhaltung Band 1: Instandhaltungsmanagement* (S. 145-178). Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH.
- Nebl, T. (2006). *Anlagenwirtschaft*. München: Oldenbourg Wirtschaftsverlag GmbH.
- Pawellek, G. (2013). *Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Peng, K. (2012). *Equipment Management in the Post-Maintenance Era*. Baco Rotan: Taylor & Francis Group.
- Pramod et al., V. (2006). Integration TPM and QFD for improving quality in maintenance engineering. *Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12, No. 2*, 150-171.
- Reichel, J., & Müller, G. (2009). *Betriebliche Instandhaltung*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Ritter, A. u. (1978). Einrichtungen instand halten: Abwicklung, Vorbeugen, Schwachstellen analysieren. *Maschinenmarkt 84*, S. 512-515.
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology 179*, 276-279.
- Rötzel, A. (2009). *Instandhaltung - eine betriebliche Herausforderung*. Berlin: VDE Verlag GmbH.

- Sagadin, J. (2002). *Die lernende Instandhaltungsorganisation*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag GmbH.
- Salonen, A. (2009). *Formulation of maintenance strategies*. Mälardalen: Arkitektkopia Västerås Sweden.
- Schmitt-Thomas, K. G., & Kriner, T. (1980). Richtlinie VDI 3822 "Schadensanalyse" - ein Beitrag zur Systematisierung der Schadensuntersuchung. *VDI-Z 122, Nr. 17*, S. 213-218.
- Selvik, J., & Aven, T. (2011). A framework for reliability and risk centered maintenance. *Reliability Engineering & System Safety, Vol. 96, Issue 2*, 324-331.
- Sharma et al., R. K. (2005). FLM to select suitable maintenance strategy in process industries using MISO model. *Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 11, No. 4*, 359-374.
- Slaghuis/Francke. (1993). *Instandhaltungshandbuch: Wartung - Inspektion - Instandsetzung*. Kreuztal: ORFA VERLAG.
- Smith, D. J. (2013). *Reliability, Maintainability and Risk*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Strunz, M. (2012). *Instandhaltung - Grundlagen, Strategien, Werkstätten*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Sturm, A. (1996). *Zustandswissen für Betriebsführung und Instandhaltung*. Essen: VGB-KRAFTWERKSTECHNIK GmbH.
- Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics 70*, 237-244.
- Unger, H. v. (1979). Die Instandhaltung und ihre Organisation in der Eisenhüttenindustrie. *Stahl u. Eisen 99, Nr. 18*, S. 967-973.
- Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2009). CIBOCOF: A framework for industrial maintenance concept development. *International Journal of Production Economics 121*, 633-640.
- Warnecke, H.-J. (1992). *Handbuch Instandhaltung Band 1 - Instandhaltungsmanagement*. Köln: TÜV Rheinlang GmbH.
- Weddige, H.-J. (2003). *TECHCO Common Subject Report: Maintenance*. Brüssel: International Iron and Steel Institute (IISI).
- Wiegel, H. (1965). Der Instandhaltungsbetrieb. *Stahl u. Eisen 85, Nr. 22*, S. 1441-1446.

Anhang

Auswahl eines adäquaten Instandhaltungsstrategiemixes

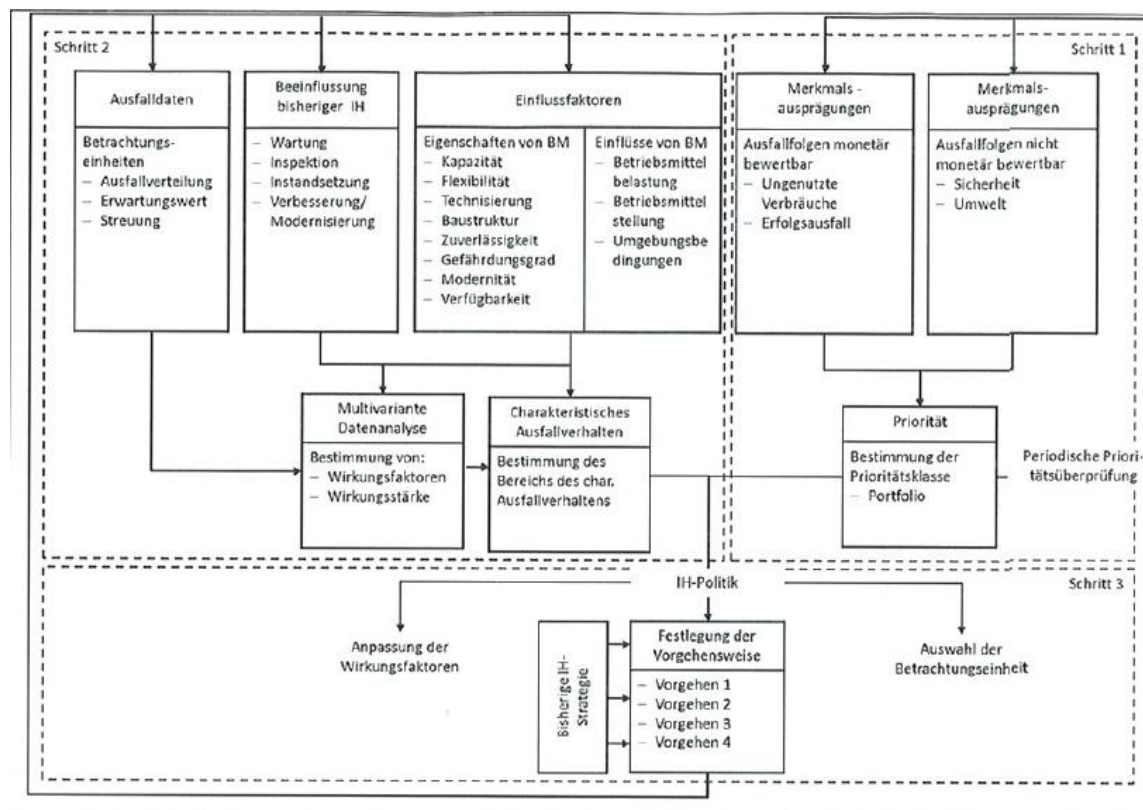


Abbildung 60: Vorgehensmodell zur Strategieauswahl in der Instandhaltung¹⁵⁰

¹⁵⁰ Quelle: Hölbfer (2013), S. 81

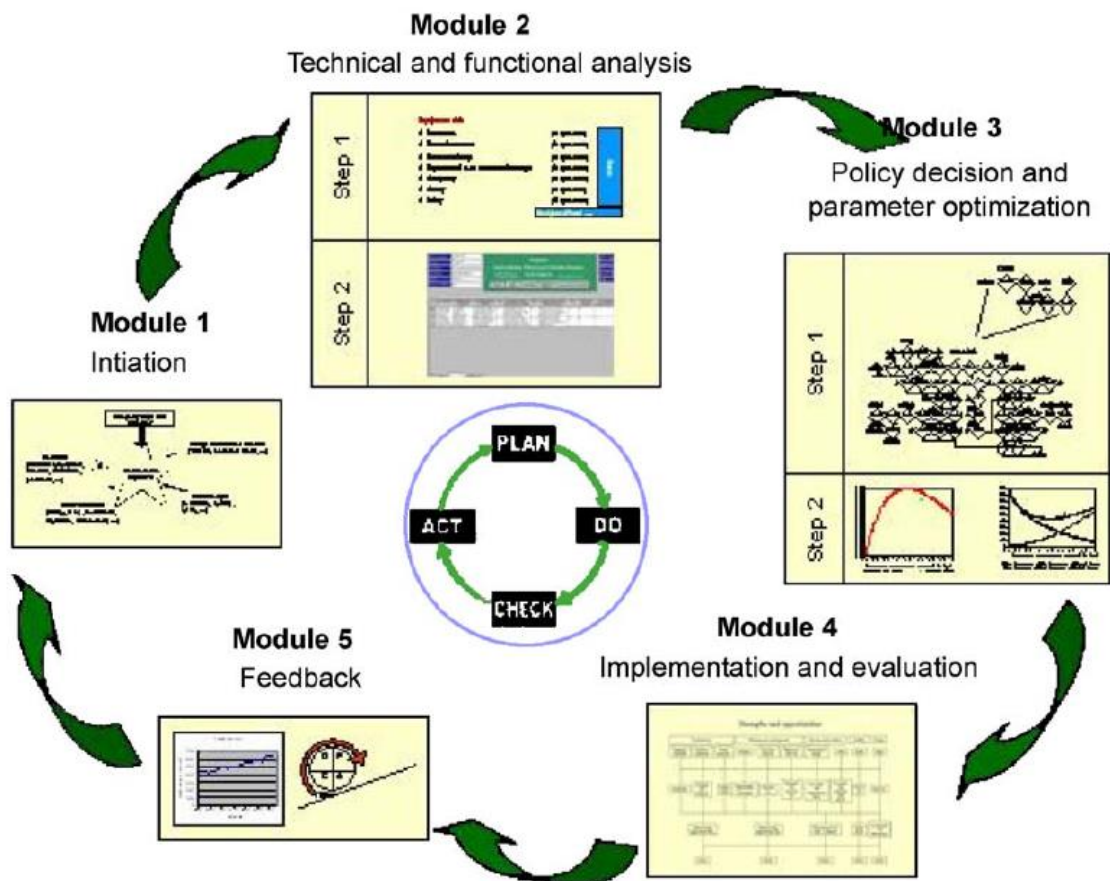


Abbildung 61: CIBOCOF schematically.¹⁵¹

¹⁵¹ Quelle: Waeyenbergh & Pintelon (2009), S. 635

Beschreibung von Schlüssel-Dokumentationssystemen

WIR BEI IMM/KWI		Schichtleiterprotokoll		S
Schichtleiter von TR-AS			Schicht : 13.02.2014	
Schichtführer: Schichtleiter TR-AS oder dessen Vertreter				
Anwesenheit				
Schicht 1	Schicht 2	Schicht 3	Schicht 4	Schicht 5
<input type="checkbox"/> Terzen <input type="checkbox"/> Seyhan <input type="checkbox"/> Fröhlich <input type="checkbox"/> Grasshoff <input type="checkbox"/> Krause <input type="checkbox"/> Koc <input type="checkbox"/> Ponczak	<input type="checkbox"/> Basakaya <input type="checkbox"/> Panakla <input type="checkbox"/> Schuppen <input type="checkbox"/> Ungg <input type="checkbox"/> Krause <input type="checkbox"/> Plehner <input type="checkbox"/> Ponczak	<input checked="" type="checkbox"/> Kanski <input checked="" type="checkbox"/> Schürken <input checked="" type="checkbox"/> Wymlich <input checked="" type="checkbox"/> Bidlasna <input checked="" type="checkbox"/> Elmas <input checked="" type="checkbox"/> Kretschmer <input type="checkbox"/> Ujanik	<input type="checkbox"/> Janssen <input type="checkbox"/> Brandl <input type="checkbox"/> Lenz <input type="checkbox"/> Sipahi <input type="checkbox"/> Seidel <input type="checkbox"/> Kettler <input type="checkbox"/> Magli	<input type="checkbox"/> Thiele <input type="checkbox"/> Klingner <input type="checkbox"/> Zucht <input type="checkbox"/> Gäble <input type="checkbox"/> Brünings <input checked="" type="checkbox"/> Kwarzewski <input type="checkbox"/> Leopold
Unterschlüpf: Kanski Nebst Bereichsbeauftragter				
Zwischenfälle				
<input checked="" type="checkbox"/> Keine <input type="checkbox"/> Unfall <input type="checkbox"/> Verletzung <input type="checkbox"/> Umweltereignis <input type="checkbox"/> Unsicherer Zustand <input type="checkbox"/> Sonstiges Hergegang:				
Check durchgeführt FMZ2 LM52				
Bitte an Neubau weiterleiten:				
geplante Stillstände / geplante Arbeiten:				
Report: Bereich:				
Z1 Band -Ei Hr. Volkmer r und e Einschmürrolle (keine Störung zum e Fettschmier				
KKL KKL				
Z1 Band - Bi				
FMZ 2, 4, Bi				
Z1 Band -Einschmürrolle oben - Ostseite Lagerschaden - Radladerersatz (Notbetrieb) - über Hr. Volkmer neue Einschmürrolle bestellt (Vorplatz). Neues Lager und Gehäuse (MBK) besorgt und eingesetzt - Fettschmierung ohne Funktion - alle Lager des Antriebs und der Einschmürrolle trocken - vorerst von Hand abgeschmiert, da nach Kontrolle Fettschmieranlage (keine Störung - Pumpe lief nicht - 1x über Handbetrieb reingenommen danach ok.) Fett nur bis zum ersten Verteiler (westlich) gefördert wird - Meldungen an MBK angelegt - Fettschmierung, Einschmürrolle und Antriebsstrommel (östlich Lagerschaden - da deutliche Laufrührsche bei Inbetriebnahme - nach Abschmieren besser)				
Z1 Band -Einschmürrolle oben - Produktion wurde angewiesen bis Morgen regelmäßige Begehungen zu machen und Rückmeldungen zu geben (Laufrührsche)				
15- 18 Uhr o x				
i				

- Sonstige Arbeiten, Übergeben und Infos**
- 1 Ofenbetrieb - SM 41 überprüft - Kommunikation zu DM11 (SKAV) i.O. - zwischenzeitlich Probleme
 - 2 mit Heben - Ansteuerung zum MV überprüft i.O. nach mehrmaligem Fahrversuchen wieder i.O.
 - 3 Scherribühne blau - 6,3m Bühne Steckdose ersetzt, Zuleitungsverlegung muss
 - 4 erneuert werden (Staparchbefestigungen) - Meldung wird angelegt
 - 5 CM 31 und LM 52 Lesekopf gereinigt (LM hatte wieder diverse Plausibilitätsfehler)
 - 6 FM 22 - Presswasserstrassel 3x mit Fehler aufgefunden (wurde 20mm höher gesetzt) bitte weiter beobachten
 - 7
 - 8
 - 9 Kobe K13K14 Beleuchtung instandgesetzt, KM03 WH1 (Abschmieren)
 - 10
 - 11 Ofenbetrieb - LM 52 nach Check - nordost inneres Gehäuse Pfeifgeräusche und süd/west
 - 12 Gegendruckrolle Schwinde unten fehlt Deckel - bitte auf FS-Besprechung ansprechen
 - 13 LM 52 min. 1x Lesekopf reinigen
 - 14

Abbildung 62: Schichtleiterprotokoll der Spätschicht der Instandhaltungswechselschicht vom 13.02.2014¹⁵²

¹⁵² Quelle: Schichtleiterprotokoll der Wechselschichtinstandhaltung der Spätschicht vom 13.02.2014 (Abkürzungen: x=in Arbeit, e=erledigt, i=Information, o=offene Arbeit)

HKS Schichtbuch

Neuer Eintrag
Detailsansicht
✓ FERTIG MELDEN(ZURÜCKGEBEN)
AKtualisieren

Filter
ALLE
LEP
LOP
Individual
Nachtschicht
Mittagschicht
Frühschicht
Heute
18.02.2014
10:57:23
16:57:23
Filter einblenden

Buch	Eintrag	Ere...	Eintrag von	Delegiert an	Etz bis	Ereignet am	Ereignet durch	Anlagenref	Eintrag
KOHL	14.02.2014 04:33:34		van het Veld, Bijen	Platzbetrieb+Mess	15.02.2014 04:30:00	17.02.2014 07:44:08	Ernst, Olaf	KK, F7	Eintrag -Zu Hältg. SFD ersetzen -11 Dr. Erklären & Probe genommen -Gasleitung abprüfen -Koks ab prüfen -D1 1,05 v/Dit kontrolliert und leer. -Kamera übergeben Fahrstuhl an der Automatischen Schweißanlage, es sollen 3kg Fett auf dem Boden gelegt! Info an TR-AS Die 2 Koksprobe konnte nicht genommen werden wegen Störung Z1 zu Druckpause. Bitte auf Nachschicht übertragen Erste Hälfte SFD Zug Erklären, Probe genommen. Am K14 wurden von KIM Lampen Instandgesetzt. KENT Geleert. HDA seit 19:52 vom Netz. (Wirkler undicht) Von 14:55 Uhr bis 18:30 Uhr HD-Versorgung über 2S Notaufgabe 612 To.
KOHL	13.02.2014 20:47:31		Grunts, Arno	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 20:44:00	14.02.2014 07:36:32	Meroel, Dirk	Koks-Kohle-L	Auf Mittagschicht wurde die Gasleitung wieder freigegeben, Denweiteren soll bitte darauf geachtet werden die auf Nachtschicht weiterhin Koks abgeleert wird. Fahrzeuge sind defekt bestellt. Sollte es nicht so sein, bitte beim LKW-zusatz informieren! Nachtrag: Gasleitung auf Nachtschicht bitte weiter frei führen.
KOHL	13.02.2014 20:24:30		Fechtinger, Torsten	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 20:22:00	13.02.2014 21:45:50	Meroel, Dirk	Koks-Kohle-L	Am K14 wurden von KIM Lampen Instandgesetzt. KENT Geleert. HDA seit 19:52 vom Netz. (Wirkler undicht) Von 14:55 Uhr bis 18:30 Uhr HD-Versorgung über 2S Notaufgabe 612 To.
KOHL	13.02.2014 20:22:33		Rienhard, Peter	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 20:21:00	14.02.2014 01:35:37	Meroel, Dirk	AKT	Auf Mittagschicht wurde die Gasleitung wieder freigegeben, Denweiteren soll bitte darauf geachtet werden die auf Nachtschicht weiterhin Koks abgeleert wird. Fahrzeuge sind defekt bestellt. Sollte es nicht so sein, bitte beim LKW-zusatz informieren! Nachtrag: Gasleitung auf Nachtschicht bitte weiter frei führen.
KOHL	13.02.2014 20:21:29		Fechtinger, Torsten	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 20:19:00	13.02.2014 21:48:57	Meroel, Dirk	Koks-Kohle-L	Auf Mittagschicht wurde die Gasleitung wieder freigegeben, Denweiteren soll bitte darauf geachtet werden die auf Nachtschicht weiterhin Koks abgeleert wird. Fahrzeuge sind defekt bestellt. Sollte es nicht so sein, bitte beim LKW-zusatz informieren! Nachtrag: Gasleitung auf Nachtschicht bitte weiter frei führen.
KOHL	13.02.2014 19:14:37		Rienhard, Peter	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 19:11:00	14.02.2014 21:46:50	Gojzyast, Almet	AKT	Auf Mittagschicht wurde die Gasleitung wieder freigegeben, Denweiteren soll bitte darauf geachtet werden die auf Nachtschicht weiterhin Koks abgeleert wird. Fahrzeuge sind defekt bestellt. Sollte es nicht so sein, bitte beim LKW-zusatz informieren! Nachtrag: Gasleitung auf Nachtschicht bitte weiter frei führen.
Engel. | 13.02.2014 | 19:07:00 | 19:07:00 | 19:07:00 | 19:07:00 | 19:07:00 | 19:07:00 | 19:07:00 | 19:07:00									
13.02.2014 19:11:05			Rienhard, Peter	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 19:07:00	17.02.2014 07:25:59	Ernst, Olaf	AKT	14:30 bis 18:30 stand die KK, am Z1 war die Einschnürrolle defekt. Es wurde ein neues L aufgezogen, und eine neue Lagebutse montiert. Das Lager der Antriebsrolle ist defekt wurde bestellt werden. Auf Nachtschicht bitte das Z1 weiterhin kontrollieren.
KOHL	13.02.2014 17:42:26		Rienhard, Peter	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 17:41:00	13.02.2014 21:48:29	Meroel, Dirk	AKT	Bemerkung: Burker DS zeigte zu Beginn des Testes 38 an, obwohl dieser Leer war. seit 17:13 Jahren wie eine neue Mischung SFD-12-AR +12. 1a L.Müller
KOHL	13.02.2014 13:23:08		Gojzyast, Almet	Schichtmeister (Fügestrich)	13.02.2014 13:23:00	13.02.2014 13:23:00	Gojzyast, Almet		Schichtbuchübergabe: Koksbehandlung
KOHL	13.02.2014 13:16:29		Buckmann, Cedric	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 13:14:00	18.02.2014 04:50:25	Gojzyast, Almet	Koks-Kohle-L	B43 Bandbedingung M+R Vorort überprüf. Bedingung ohne Funktion da Rohr nicht angeschlossen ist. Kamera Übergaben.
KOHL	13.02.2014 12:51:19		Gojzyast, Almet	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 12:50:00	13.02.2014 13:33:39	Ernst, Olaf	Koks-Kohle-L	Z2 Sturzschacht mussten die Mangangläser Instandgesetzt werden. RE.
KOHL	13.02.2014 12:50:14	X	Gojzyast, Almet	Instandhalter Mechanik	14.02.2014 12:46:00	14.02.2014 05:56:31	Ernst, Olaf	Koks-Kohle-L	Für Messen D11 und D5 Leer Messung wieder. AKT voll führen wo K12
KOHL	13.02.2014 12:46:11		Gojzyast, Almet	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 12:44:00	13.02.2014 12:38:13	Gojzyast, Almet	Koks-Kohle-L	PK02 und KL14, nach Wechsel der Lassoide, durch KIE wieder beigeschaltet.
KOHL	13.02.2014 11:40:56		Schumann, Lars	Platzbetrieb+Mess	14.02.2014 11:38:00	18.02.2014 04:50:42	Gojzyast, Almet	Koks-Kohle-L	Die Huben 479 und 310 wurden beim Fährdienst zum Abbleien angemeldet. Der Fährdienst konnte jedoch nur die 479 abbleien. Grund einer abgelaufenen Ernterolle. Der Fährdienst die Ernterolle 479 abbleien konnte. Die Ernterolle wurde repariert. Die Ernterolle der noch bestehenden Mulde wird für die Mittagschicht beim Fährdienst höchste Priorität ergangen.

Abbildung 63: Auszug des HKS Schichtbuchs vom 13.02.2014

System Anlagen Hilfe

Auslastungsverluste Ofenbetrieb

Datum: 26.02.2014

Nr.	LK	Ofen	D-Zeit	Delta	Gr.	Begründung	Text
31		250	08:38	1369.0	F		.....
32		256	09:38	36.5	G		.....
33		201	15:23	.....	DM		.....
34		201	15:23	47.3	G		.....
35		207	16:07	6.3	F	Störungen - FM - 22 - Kohletrichter	.....
36		209	16:19	11.7	F		.....
37		211	16:37	5.1	F		.....
38		213	16:50	.....	DM		.....
39		213	16:50	5.4	F	Störungen - FM - 22 - Kohletrichter	.....
40		217	17:15	7.5	F		.....
41		227	18:35	49.1	G	unbekannt	.....
42		229	18:46	5.3	F	Störungen - FM - 22 - Kohletrichter	.....
43		237	19:34	5.3	F	Störungen - FM - 22 - Sonstiges	.....
44		251	20:51	7.1	F		.....
45		253	21:04	7.6	F		.....

.....
 Wechsel DM12 -> DM11
 4std pause +
 Kohleübernahme gestört ab3
 dito
 dm gewechselt
 Wechsel DM11 -> DM12
 Kohleübernahme gestört
 dito

 dito
 presswasser nicht zu

Summe Ueberschreitungen Gar.Zeit: 132.9 min FueLLabst.: 67.6 min

Ändern Loeschen

Begründung: geplante Instandhaltung, Druck, Störungen, Z Medienversorgung, Ofen h Gasnetz, unbekannt

21 Positionierung
 22 Datenübertragung
 Kohletrichter
 Füllschnecken
 Teleskope
 Deckelreinigung
 Rahmenreinigung
 Fahrwerk einschl. Antriebe
 Hydraulikeinrichtung
 Elektroeinrichtung
 Sonstiges

LM - Gleis
 Kokslochanlage
 Notlöschurm
 Koksrampe
 Kokstransport unklassiert
 Koksklassierung Z 6
 Kokstransport klassiert
 Kohlenwertstoffgewinnung

Speichern Ende Abbruch

Abbildung 64: Exceed Benutzeroberfläche (Screenshot vom 26.02.2014)

Optimierung und Vereinheitlichung von Störschlüsseln auf Bauteilebene

HKS Schichtbuch	Exceed	Regis Cockpit
Deckelabheber 1		Deckel-Abhebevorrichtung
Deckelabheber 2		
Deckelabheber 3		
Deckelabheber 4		
DÜ gestört	Datenübertragung	
Fahrtrieb	Fahrwerk einschl. Antriebe	Fahrwerk Fahr-Antrieb Schwinge Fahrtrieb
Klima gestört		Klimaanlage 1 Klimaanlage 2 Belüftung Hydraulikr. Belüftung Fahrerkabine
Lesekopf		
Positionierung	Positionierung	
Reinigung 1	Deckelreinigung	Fülllochrahmen- u. Deckelreinigungsvorr.
Reinigung 2	Rahmenreinigung	
Reinigung 3		
Reinigung 4		
Schnecke 1	Füllschnecken	Förderschnecke
Schnecke 2		Schneckenwelle 3xlinks Trichter 1-3
Schnecke 3		Schneckenwelle 1xrechts Trichter 4
Schnecke 4		
Teleskop 1	Teleskope	Teleskope 1-4
Teleskop 2		
Teleskop 3		
Teleskop 4		
Trichter 1	Kohletrichter	Fülltrichter 1-4
Trichter 2		
Trichter 3		
Trichter 4		
Vorlagestößel		Vorlagestößel
	Hydraulikeinrichtung	Hydraulik (19 Unterpunkte)
	Elektroeinrichtung	
	Sonstiges	
		Mechanik
		Steigrohrstößel
		Presswasserstößel
		Druckluftanlage
		Rohrleitungen und Zubehör
		Zentralschmierung
		Elektrik (21 Unterpunkte)
		Mess- und Regeltechnik
		Wiege- und Waagetchnik
		Funktechnik
	Zeichnungsverzeichnis	

Abbildung 65: Vergleich der für den Bereich der FM22 hinterlegten Anlagenbäume für die Dokumentationssysteme HKS Schichtbuch, Exceed und SAP (Regis Cockpit) zum Stand 02/2014

