

Ausarbeitung einer zukunftsorientierten Instandhaltungsstrategie am Beispiel des leistungsstärksten Magnesitwerks der RHI Gruppe

Masterarbeit
von
Michael Franz Siegfried Omer



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 09.11.2015

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.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

09.11.2015

(Datum)

(Michael Franz Siegfried Omer)

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Danksagung

Allen voran möchte ich mich bei den Beschäftigten der Firma RHI AG am Standort Veitsch für die Unterstützung und Ermöglichung dieser Arbeit bedanken.

Besonders möchte ich an Herrn Dipl.-Ing. Alfred Kinz meinen Dank aussprechen, denn ohne seine Hilfe wäre eine solch rasche Vollendung meiner wissenschaftlichen Arbeit nicht möglich gewesen. Darüber hinaus bedanke ich mich natürlich herzlich bei Herrn o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hubert Biedermann, der mir mit seiner Zusage das Beginnen und Beenden meiner wissenschaftlichen Arbeit erst ermöglicht hat.

Selbstverständlich möchte ich auch meinen Eltern für die langjährige Unterstützung während meiner Studienzeit danken.

Ein besonderer Dank gilt auch meiner Freundin, welche mir mit Rat und Tat bei der Erstellung dieser wissenschaftlichen Arbeit zu Seite stand.

Weiteres bedanke ich mich bei allen Personen, die direkt oder indirekt zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Kurzfassung

Eine zunehmende Komplexität der Anlagen mitsamt immer stärker werdendem Kostendruck zwingt die Unternehmen eine ausgeklügelte Anlagenwirtschaft zu betreiben. Der Drang nach einer höheren Zuverlässigkeit der Aggregate wird dadurch immer stärker. Aus diesem Grund zielt diese Arbeit darauf ab, die ausfallorientierte Strategieauslegung der Instandhaltung am Standort Veitsch der RHI AG durch eine Erarbeitung von zukunftsorientierten Strategievorschlägen an diese Gegebenheiten anzupassen.

Grundlage der Ausarbeitung der Instandhaltungsstrategien war eine ausführliche Istanalyse am Standort Veitsch der RHI AG. Im Zuge dieser wurden die Gliederung der Instandhaltung, die Planung und Abwicklung von Instandhaltungstätigkeiten als auch die Aufbauorganisation und das vorhandene SAP-System analysiert. Aus dieser Analyse resultierte, dass sowohl eine Umstrukturierung der Instandhaltungsbereiche als auch eine Anpassung des SAP-Instandhaltungsmoduls für die Optimierung der Instandhaltungsstrategien notwendig sind.

Als Basis für die Strategieauslegung dient eine materialflusstechnische Engpassanalyse aller Bereiche. Aufbauend darauf wird ein Anlagenindex basierend auf instandhaltungsrelevanten Kriterien bestimmt. Dieser Index dient, samt den Standardmargen der einzelnen Anlagen, als Achsenklassifikationen für das entwickelte Strategieportfolio. Mithilfe dieser Strategiematrix konnten Vorschläge für neue, anlagenspezifische Instandhaltungsstrategien erarbeitet werden. Neben der Priorisierung mittels Anlagenindex wird zusätzlich eine Kostenanalyse des Instandhaltungsbereiches Steinfabrik durchgeführt, um weitere Aussagen über die Wichtigkeit der Anlagen treffen zu können.

Abschließend werden Vorschläge und Hilfestellungen zur folgenden Umsetzung der abgeleiteten Instandhaltungsstrategien ausgearbeitet.

Abstract

An increasing complexity of production facilities together with a stronger cost pressure forces the companies to operate a sophisticated asset management. The urge of a higher reliability becomes stronger and stronger. For this reason, the target is to develop future based strategy proposals instead of the failure oriented strategies actually used at the location Veitsch of RHI AG.

The basis for developing the strategies was a detailed analysis of the current state according to the maintenance of the location Veitsch of RHI AG. During this analysis the structure of maintenance, the planning and execution of maintenance activities as well as the organisational structure and the existing SAP system was analysed. As a finding of this analysis a restructuring of the maintenance areas as well as an adaption of the SAP system, which is used for maintenance, could be beneficial for implementation of new maintenance strategies.

As a basis for the strategy development a material based bottleneck analysis was made. Further a calculation of the asset-index was performed which is based on different maintenance related key figures. This calculated index and the standard margin of each facility were used in the developed strategy matrix. Out of this matrix suggestions for new maintenance strategies could be done. Beyond that a maintenance cost analysis of the stone production area could be found in this thesis.

Subsequently, a number of proposals to the further implementation of the derived maintenance strategies have been worked out.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Methodische Vorgehensweise	2
1.4	Aufbau der Arbeit.....	3
2	Theoretische Grundlagen	4
2.1	Bedeutung der Instandhaltung	4
2.2	Begriffsdefinition	8
2.3	Aufgaben der Instandhaltung	13
2.4	Ziele der Instandhaltung.....	13
2.5	Strategien in der Instandhaltung	14
2.6	Total Productive Maintenance (TPM).....	22
2.6.1	Ziele von TPM.....	24
2.6.2	Das 8-Säulen-Modell des TPM.....	25
2.7	Engpass- und Risikoanalyse	27
2.7.1	Engpass	27
2.7.2	Risiko	31
2.8	Aufbauorganisation in der Instandhaltung	41
2.8.1	Ein-Linien-Organisation.....	42
2.8.2	Stab-Linien-Organisation.....	43
2.8.3	Mehr-Linien-Organisation	44
2.8.4	Matrix-Organisation	45
2.9	Ablauforganisation der Instandhaltung	46
3	Fallstudie RHI AG.....	49
3.1	Das Unternehmen RHI AG - Standort Veitsch.....	49
3.2	RHI spezifisches TPM-Konzept (INGO)	50
3.3	Ist-Zustandserhebung der Instandhaltung	54
3.3.1	Gliederung Instandhaltung	56
3.3.2	Planung und Abwicklung von Instandhaltungstätigkeiten	57
3.3.3	Aufbauorganisation	60
3.3.4	ERP-SAP-System	62
3.4	Ausarbeitung der Instandhaltungsstrategien	66
3.4.1	Engpassanalyse.....	66

3.4.2	Anlagenindexberechnung.....	74
3.4.3	Strategiefindung	89
3.4.4	Kostenbetrachtung	96
4	Zusammenfassung	99
5	Ausblick	101
6	Literaturverzeichnis.....	104
Anhang A	.....	a
Anhang B	.....	b
Anhang C	.....	d
Anhang D	.....	h
Anhang E	.....	l
Anhang F	.....	p

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Kosten- und Leistungserträge der Instandhaltung.....	5
Abbildung 2 - optimaler Planungs- und Informationsaufwand	6
Abbildung 3 - Einflussgrößen der zunehmenden Bedeutung der Instandhaltung	7
Abbildung 4 - Gliederung der Instandhaltung.....	8
Abbildung 5 - Verlauf des Abnutzungsvorrates	9
Abbildung 6 - Teilmaßnahmen der Wartung	10
Abbildung 7 - Teilmaßnahmen der Inspektion	11
Abbildung 8 - Teilbereiche der Instandsetzung	12
Abbildung 9 - Arbeitsziele der Instandhaltung.....	14
Abbildung 10 - Instandhaltungsstrategie im Dreiecksverhältnis	15
Abbildung 11 - optimaler Punkt einer Instandhaltungsstrategie	16
Abbildung 12 - reaktive Instandhaltung.....	17
Abbildung 13 - zustandsorientierte Instandhaltung	20
Abbildung 14 - Zeitgerüst des OEE-Wertes	23
Abbildung 15 - Ziele von TPM	24
Abbildung 16 - Total Productive Management	25
Abbildung 17 - 4 M-Modell.....	27
Abbildung 18 - Trichtermodell.....	29
Abbildung 19 - Trichtermodell und Durchlaufdiagramm	30
Abbildung 20 - Hauptschritte des Risk Based Maintenance.....	32
Abbildung 21 - Anlagenhierarchiestruktur	33
Abbildung 22 - Beispiel einer Risikomatrix.....	35
Abbildung 23 - Beispiel einer Risikomatrix mit Zuordnung der Strategieausprägung	36
Abbildung 24 - Vorgehensweise zur Erstellung eines Kriterienmodells.....	37
Abbildung 25 - Beispiel für Ermittlung des Anlagenindex.....	39
Abbildung 26 - Schematische Darstellung einer Prioritätsmatrix.....	40
Abbildung 27 - Prioritätsportfolio.....	41
Abbildung 28 - Ein-Linien-Organisation	42
Abbildung 29 - Stab-Linien-Organisation	44
Abbildung 30 - Mehr-Linien-Organisation	44
Abbildung 31 - Matrix-Organisation	45
Abbildung 32 - Grad der Differenzierung von instandhaltungsaufgaben	48
Abbildung 33 - INGO-Konzept	50

Abbildung 34 - Säule 1: nachhaltige Schwachstellenbeseitigung.....	51
Abbildung 35 - Säule 2: selbstständige Instandhaltung	52
Abbildung 36 - Säule 3: Instandhaltungsservice	53
Abbildung 37 - Säule 4: Betreiber- und Instandhaltungsfreundliche Investments.....	54
Abbildung 38 - Fragebogen Instandhaltung	55
Abbildung 39 - Instandhaltungsbereiche.....	57
Abbildung 40 - Organigramm.....	61
Abbildung 41 - Überblick Wartungsstrategien	62
Abbildung 42 - variable vs. fixe Strategie.....	63
Abbildung 43 - Verwendungsnachweis Strategie.....	63
Abbildung 44 - Wartungsplan	64
Abbildung 45 - Beschreibung eines Wartungsplanes.....	65
Abbildung 46 - Materialflussdarstellung Kornfraktionierung	68
Abbildung 47 - Materialflussdarstellung C-Massen	69
Abbildung 48 - Materialflussdarstellung Massenfabrik	70
Abbildung 49 - Materialflussdarstellung Steinfabrik Teil 1.....	72
Abbildung 50 - Materialflussdarstellung Steinfabrik Teil 2.....	73
Abbildung 51 - Auswertungskarte für den Anlagenindex.....	79
Abbildung 52 - Anlagenindexberechnung Rohsinteranlage (Kornfraktionierung)	80
Abbildung 53 - Anlagenindexberechnung Walzwerke (Nachzerkleinerung)	80
Abbildung 54 - Anlagenindexberechnung Brecher (Zerkleinerung Nord)	81
Abbildung 55 - Anlagenindexberechnung Mischer (C-Massen)	82
Abbildung 56 - Anlagenindexberechnung pneumatische Anlieferung (C-Massen).....	82
Abbildung 57 - Anlagenindexberechnung 2000kg Waage (Massenfabrik)	83
Abbildung 58 - Anlagenindexberechnung Rotorpacker+Radimat (Massenfabrik)	83
Abbildung 59 - Anlagenindexberechnung Ettiketierroboter (Massenfabrik).....	84
Abbildung 60 - Anlagenindexberechnung Tunnelofen (Steinfabrik)	86
Abbildung 61 - Anlagenindexberechnung Temperaggregat (Steinfabrik)	86
Abbildung 62 - Anlagenindexberechnung Klartextsignierung (Steinfabrik).....	87
Abbildung 63 - Anlagenindexberechnung Do-Linien Messstand (Steinfabrik).....	87
Abbildung 64 - Verteilung der Anlagenindizes	89
Abbildung 65 - Strategiefindungsmatrix neu	91
Abbildung 66 - Strategieklassifizierung IH-Bereich Süd.....	92
Abbildung 67 - Strategieklassifizierung IH-Bereich Nord.....	94
Abbildung 68 - Kostenmatrix Steinfabrik.....	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Vor- und Nachteile reaktiver Instandhaltung	18
Tabelle 2 - Vor- und Nachteile präventiver Instandhaltung	19
Tabelle 3 - Vor- und Nachteile zustandsorientierter Instandhaltung	21
Tabelle 4 - Vergleich der Basisstrategien	22
Tabelle 5 - Beispiel für Bewertungskriterien und Kategorien der Eintrittswahrscheinlichkeiten .	34
Tabelle 6 - Mögliche Bewertungskriterien für die Bestimmung des Anlagenindex.....	38
Tabelle 7 - Vor- und Nachteile der Matrix-Organisation	46
Tabelle 8 - Engpassanlagen IH-Bereich Süd	71
Tabelle 9 - Engpassanlagen IH-Bereich Nord.....	74
Tabelle 10 - Kriterien und ihr Bewertungsmaßstab	74
Tabelle 11 - Störzeiteinteilung IH-Bereich Süd	76
Tabelle 12 - Störzeiteinteilung IH-Bereich Nord	76
Tabelle 13 - Klassifizierung der Priorität	77
Tabelle 14 - Klassifizierung der Planbarkeit.....	77
Tabelle 15 - Klassifizierung der Störungsanfälligkeit.....	78
Tabelle 16 - Klassifizierung der Anlagenkomplexität.....	78
Tabelle 17 - Anlagenindizes IH-Bereich Süd	85
Tabelle 18 - Anlagenindizes IH-Bereich Nord	88
Tabelle 19 - Strategieergebnisse IH-Bereich Süd	93
Tabelle 20 - Strategieergebnisse IH-Bereich Nord.....	95
Tabelle 21 - Verteilung IH-Strategien.....	95
Tabelle 22 - Kostenbetrachtung zur Strategieumsetzung	98

Formelverzeichnis

Formel 1 - OEE Berechnung 1	23
Formel 2 - OEE Berechnung 2	24

Abkürzungsverzeichnis

/	pro
<	kleiner
>	größer
°C	Grad Celsius
AI	Anlagenindex
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise Resource Planning
FL	Fertigungslinie
IH	Instandhaltung
INGO	Instandhaltung gemeinsam optimieren
kg	Kilogramm
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
MGG	Magnesiumsteine gebrannt
MGU	Magnesiumsteine ungebrannt
OEE	Overall Equipment Effectiveness
ÖNORM	österreichische Norm
RIW	Reinigung Inspektion Wartung
RBM	Risk Based Management
Std	Stunden
t	Zeit
to	Tonnen
TPM	Total Productive Maintenance
TPP	Total Productive Process
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Anfänglich war der Fokus in der Produktionswirtschaft vor allem auf die Personalwirtschaft gelegt. Aufgrund zunehmender Substituierung des Mitarbeiters durch Maschinen rückte der Faktor Anlage immer weiter in den Vordergrund.¹

Zudem nimmt durch die steigende Globalisierung der Märkte der Kosten- und Leistungsdruck auf die Unternehmen zu. Des Weiteren werden die Anlagen immer komplexer und fügen sich zu einer komplizierten Anlagenstruktur zusammen. Aus diesem Grund nimmt die Bedeutung der Zuverlässigkeit der Anlagen immer mehr zu und der Drang zu einer ausgeklügelten Anlagenwirtschaft wird immer stärker.²

Mithilfe der Instandhaltung soll die Abnutzungsgeschwindigkeit wesentlich verringert werden, um so einen störungsfreien Betrieb und damit die Lieferbereitschaft sicherstellen zu können.³ Ständige Veränderungen in der betrieblichen Instandhaltung bringen immer neue Anforderungen an die Arbeit der Instandhaltung mit sich. Der Einsatz von immer mehr und qualitativ besseren Mess- und Diagnosetechniken bringen eine Fülle von relevanten Informationen über die Eigenschaften des Zustandes eines Betrachtungsobjektes hervor. Mit diesen enormen Informationsmassen muss die Instandhaltung umgehen lernen, um daraus geeignete Strategien eruiieren zu können.⁴

Im Laufe der Jahre haben sich viele verschiedene Strategien für die Instandhaltungsplanung aus den unterschiedlichsten Anforderungen gebildet. Der optimale Mix aus all diesen Strategien stellt die wesentliche Aufgabe der Instandhaltung dar, um eine kosten- und leistungsoptimierte Produktion sicherstellen zu können.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Schon seit dem späten 18. Jahrhundert wird am Standort Veitsch der Rohmagnesitabbau betrieben. Durch den gewaltigen Aufschwung der Feuerfestindustrie erreichte der Standort Veitsch innerhalb der RHI AG einen Weltruf in Sachen Herstellung von Feuerfestprodukten. Durch zahlreiche Modernisierungsmaßnahmen wurde das Werk Veitsch mit einer Jahresproduktion von rund 210.000 to zum leistungsstärksten Werk des RHI Netzwerkes, welches vor allem die Stahl- und Zementindustrie beliefert. Zum Produktportfolio des Werkes Veitsch gehören gebrannte Zementdrehofensteine, kohlenstoffgebundene bzw. pechgebundene Steine sowie Spezialmassen, welche Abnehmer in mehr als 100 Ländern finden.

¹ vgl. Schröder, W. E.; Sagadin, J. (2013), S. 274

² vgl. Pawellek, G. (2013), S. 1f

³ vgl. Strunz, M. (2012), S. 2

⁴ vgl. Weidenhaun, J.; Corsten, A.; URL: <http://data.fir.de/download/maveroeff/sv4260.pdf> (Zugriff: 03.03.2015)

Um diese Vorreiterrolle innerhalb der Feuerfestindustrie zu festigen, bedarf es unter anderem einer optimalen Produktions- und Anlagenplanung. Der Bereich der Instandhaltung spielt dabei eine große Rolle, um damit die Versorgungskette aufrecht erhalten zu können. Unnötige bzw. ungeplante Stillstände gefährden die Produktion und führen im schlimmsten Fall zur Auftragsstornierung.

Eine vor allem ausfallorientierte Instandhaltungsstrategie, wie es derzeit am Standort Veitsch praktiziert wird, ist auf lange Sicht gesehen nicht der richtige Ansatz, um weiterhin die enormen Produktionsmengen abarbeiten zu können. In den letzten Jahren wurde deshalb bereits der Versuch unternommen, die Instandhaltung ausgewählter Maschinen von einer ausfallorientierten zu einer vorbeugenden Strategie abzuändern. Trotz dieser kleinen Änderungen in der Strategieplanung resultieren immer noch hohe Kosten durch ungeplante Stillstände bzw. Störungen. Ein noch nicht völlig ausgereiftes und teilweise nicht genutztes EDV-System erschweren zudem den optimalen Instandhaltungsansatz.

Aus diesem Grund soll am Standort Veitsch eine zukunftsorientierte Instandhaltungsstrategie ausgearbeitet werden, um weiterhin als leistungsstärkstes Magnesitwerk der RHI Gruppe agieren zu können.

1.2 Zielsetzung

Eine für jede Situation optimale Instandhaltungsstrategie kann nicht realisiert werden. Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit ist es, ein Sollkonzept für die Instandhaltungsorganisation, sprich aggregatspezifische Strategiekonzepte, zu erstellen. Dafür sollen geeignete Strategien für die einzelnen Anlagen gefunden werden, wobei vorerst die Engpassaggregate identifiziert werden sollen und anschließend darauf aufbauend passende Strategien abgeleitet werden, welche sich unter den gegebenen Bedingungen als am sinnvollsten herausstellen. Zudem sollen die derzeitigen Prozesse der Instandhaltung erfasst werden. Eine Analyse der Aufbau- und der Ablauforganisation hinsichtlich der Instandhaltung sollen weitere Erkenntnisse über mögliche Verbesserungspotentiale aufzeigen. Darüber hinaus sollen Untersuchungen des ERP-SAP Systems weitere potentielle Schwachstellen hervorbringen.

1.3 Methodische Vorgehensweise

Um das Ziel dieser Arbeit realisieren zu können, wurde Grundlagen zum allgemeinen Verständnis über die Instandhaltung gesammelt. Aufbauend darauf wurde mittels persönlicher Gespräche, Führungen durch das Werk und Fragebögen, welche relevante Punkte zur derzeitigen Instandhaltungsplanung enthalten, versucht, einen Überblick über die derzeitige Instandhaltungsorganisation des Werkes Veitsch zu bekommen. Mit der Grundbasis ausgestattet, konnten einzelne Themen vertieft behandelt werden, um so eine gute und detaillierte Übersicht über die verschiedenen Zielsetzungen dieser Arbeit zu erreichen.

Den größten Teil dieser Arbeit nimmt die aggregatspezifische Strategiefindung ein. Dafür wurden in Workshops die einzelnen Produktionsbereiche hinsichtlich Materialfluss analysiert

und dargestellt, um darauf aufbauend mittels Kriterien, welche gemeinsam mit der RHI AG erarbeitet wurden, einen Anlagenindex berechnen zu können. Mithilfe dieses Anlagenindex konnten Aussagen über das Risiko, welches die jeweiligen Anlagen bzgl. der Instandhaltung aufweisen, aufgezeigt werden. Durch Einbeziehung der Standardmargen für die einzelnen Anlagen und des berechneten Anlagenindex konnten geeignete Strategien für die einzelnen Aggregate abgeleitet werden. Abschließend wird eine Analyse der Kosten eines Instandhaltungsbereiches durchgeführt sowie ein Ausblick auf die weitere Vorgehensweise gegeben.

1.4 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit werden in Kapitel 1 die Ausgangssituation sowie die Problemstellung erläutert. Zusätzlich stellt die Zielsetzung dieser Arbeit einen weiteren inhaltlichen Punkt dar. Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise und der methodische Aufbau dieser wissenschaftlichen Arbeit runden dieses Kapitel ab.

Kapitel 2 beinhaltet das theoretische Hintergrundwissen, welches es dem Leser erleichtern soll, die weiteren praktischen Vorgehensweisen nachvollziehen zu können. Zudem werden die Grundlagen der Instandhaltung, welche die Begriffsdefinitionen, die Ziele, die Aufgaben sowie die unterschiedlichen Strategien erhalten, erläutert. Eine Übersicht über das Total Productive Maintenance Konzept findet sich ebenfalls in diesem Kapitel sowie das theoretische Grundwissen zur Engpass- und Risikoanalyse. Abschließend werden die Begriffe Aufbau- und Ablauforganisation hinsichtlich der Instandhaltung beschrieben.

Der Hauptteil, die praktische Fallstudie, findet sich in Kapitel 3 wieder. Zunächst gibt dieses Kapitel einen kleinen Überblick über das Unternehmen sowie die RHI interne Interpretation des TPM-Konzeptes. Des Weiteren wird die Ist-Situation der Instandhaltung am Standort Veitsch erläutert. Dabei wird die Gliederung der Instandhaltung, die Planung und Abwicklung, die Aufbauorganisation und die Anbindung bzw. Verwendung des ERP-SAP Systems erfasst und erklärt. Zusätzlich beschäftigt sich dieses Kapitel mit der unternehmensspezifischen Engpassanalyse und Strategiefindung. Die Ergebnisse der Workshops werden aufgezeigt und diskutiert und die aus den Analysen erstellten aggregatspezifischen Strategien definiert.

Abschließend wird im Kapitel 4 eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus der praktischen Fallstudie gegeben. Weiters beschreibt das Kapitel 5 einen Ausblick auf die mögliche zukünftige Vorgehensweise in der Instandhaltung am Standort Veitsch.

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel sollen die grundlegenden Begriffe und Vorgehensweisen bzw. Modelle erklärt werden, welche für diese Arbeit benötigt werden. Mitunter beinhaltet dieses Kapitel die allgemeinen Grundlagen zum Thema Instandhaltung, sowie die verschiedenen strategischen Ansätze und das Konzept des Total Productive Managements. Des Weiteren werden die theoretischen Grundbegriffe zum Thema Risiko und Engpass erklärt. Aufbauend darauf sind in diesem Kapitel Modelle beschrieben, welche eine Risiko- bzw. Engpassanalyse sowie das Risk Based Management ermöglichen. Abschließend findet sich die Beschreibung der Aufbau- bzw. der Ablauforganisation in der Instandhaltung innerhalb des theoretischen Grundlagenwissens wieder.

2.1 Bedeutung der Instandhaltung

In der modernen Produktionswirtschaft geht es nicht allein nur mehr um die reine Produktherstellung, sondern vielmehr darum, alle Produktionsfaktoren in Einklang zu bringen. Neben der menschlichen Arbeitsleistung, den Werkstoffen und den dispositiven Faktoren, wie Betriebs- und Geschäftsleitung, Planung und Organisation, stehen auch die Betriebsmittel als Produktionsfaktoren im Vordergrund. Unter dem Faktor Betriebsmittel wird die gesamte technische Infrastruktur verstanden, welche dem Unternehmen zur Leistungserstellung zu Verfügung steht. Ein wichtiger Bereich, um die Betriebsmittel optimal einsetzen zu können und somit die Leistungsfähigkeit eines Betriebes aufrecht erhalten zu können, ist der Bereich der Instandhaltung.⁵

Dabei ist es schwierig die Bedeutung der Instandhaltung zu beurteilen. Zumeist wird die „Wirtschaftlichkeit“ als Bewertungsgröße herangezogen. Jedoch ist diese in der Instandhaltung nicht einfach zu eruieren. Grund dafür ist, dass die Wirtschaftlichkeit immer eine Beziehung zwischen Leistung und Kosten herstellt (siehe Abbildung 1).⁶

⁵ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 1f

⁶ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 3

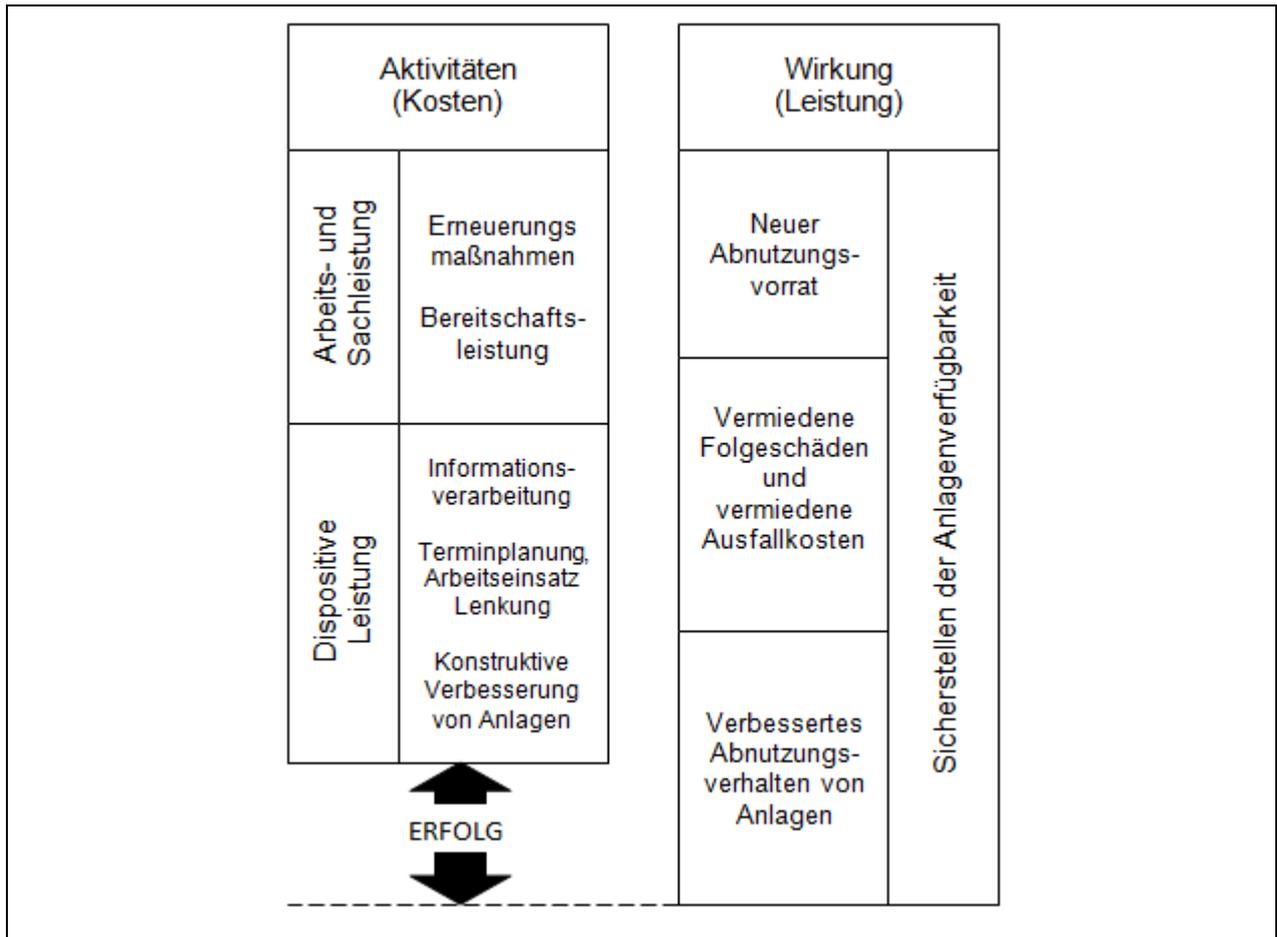


Abbildung 1 - Kosten- und Leistungserträge der Instandhaltung⁷

Zum Beispiel stellt das Vermeiden von Störungen und Ausfällen einen Leistungswert der Instandhaltung dar, ist aber nicht direkt messbar⁸, wodurch die Quantifizierung der Leistungserträge zum Problem wird.⁹

Aufgrund von fehlenden Informationen und Bewertungsmaßstäben ist eine Erfolgsmaximierung nicht möglich und damit ist die Wirtschaftlichkeit in der Instandhaltung nicht eindeutig zu bewerten. Deswegen wird auf Basis der entstehenden Kosten der Anlageninstandhaltung ein Kostenminimum angestrebt. Den optimalen Planungs- und Informationsaufwand basierend auf allen Kostenanteilen zeigt Abbildung 2.¹⁰

⁷ Quelle: Biedermann, H. (2008), S. 30

⁸ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 3

⁹ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 30

¹⁰ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 30f.

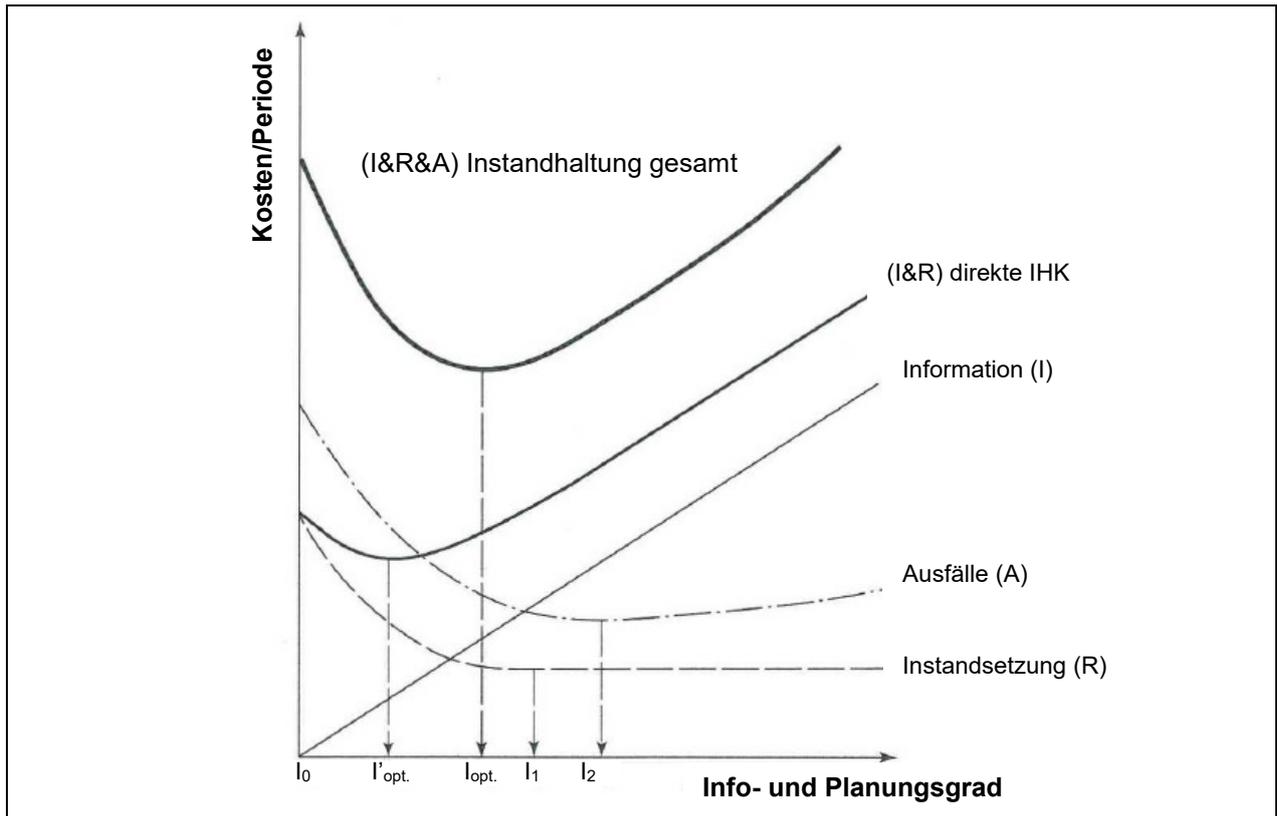


Abbildung 2 - optimaler Planungs- und Informationsaufwand¹¹

Die Wichtigkeit der Instandhaltung kommt in der Regel nur im Zusammenhang mit den technischen Objekten, beispielsweise mit Engpassanlagen im Produktionsprozess oder bei Arbeitssicherheits- und Umweltschutzeinrichtungen, zu tragen.¹²

Aufgrund der steigenden technischen, wirtschaftlichen und sonstigen Einflussgrößen auf die Instandhaltung wird dieser seit den letzten Jahren eine zunehmende Bedeutung zugesprochen (siehe Abbildung 3).

¹¹ Quelle: Biedermann, H. (2008), S. 31

¹² vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 3

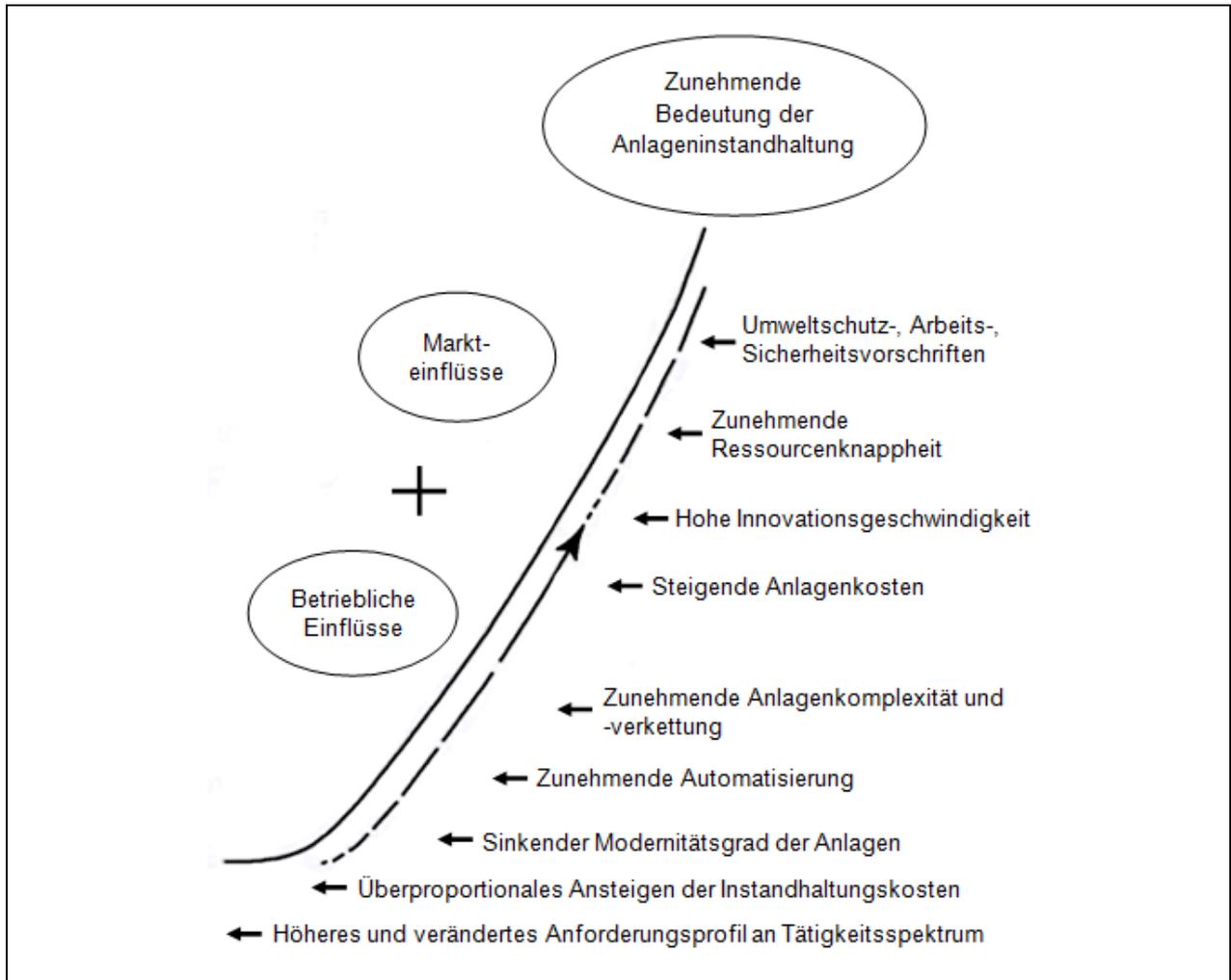


Abbildung 3 - Einflussgrößen der zunehmenden Bedeutung der Instandhaltung¹³

Der Substitutionsprozess des Produktionsfaktors Arbeit durch den Produktionsfaktor Kapital bringt eine vermehrte Anlagenanzahl und Anlagenintensität mit sich. Darüber hinaus sind die neuen Anlagen meist komplizierter und nicht mehr isoliert genutzt, sodass ein Anlagenkomplex entsteht. Durch eine solche Verkettung der Anlagen steigt auch die Gefahr, dass es durch Ausfall eines Elementes zum Stillstand des gesamten Anlagenkomplexes kommt, was die Bedeutung der Instandhaltung in den Vordergrund rückt. Des Weiteren steigen mit zunehmendem technischem Fortschritt die Arbeitsgeschwindigkeit und die Anforderungen an die Arbeitsgenauigkeit, was sich wiederum zunehmend auf den Instandhaltungsbedarf auswirkt. Die wachsenden Ausfall- und Ausfallfolgekosten bzw. die Lohnkostensteigerungen der Instandhaltungstätigkeiten sind im Bereich der wirtschaftlichen Einflussgrößen gleich bedeutend hervorzuheben wie die höheren Kapitalinvestitionen durch Vergrößerung der Betriebsmittelanzahl infolge von Erweiterungsinvestitionen. Zusätzlich steigern die vermehrten Sicherheitsmaßnahmen sowie Umweltschutzbestimmungen, welche im Bereich sonstige Einflussgrößen einzuordnen sind, den Bedarf an Instandhaltungsmaßnahmen.¹⁴

¹³ Quelle: Biedermann, H. (2008), S. 23

¹⁴ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 23f

2.2 Begriffsdefinition

Der Begriff der Instandhaltung wird auf unterschiedlichste Weise aufgefasst. Aus diesem Grund hat sich aus der DIN 31051 eine vereinheitlichte Definition hinsichtlich der Begriffserklärung der Instandhaltung ergeben.¹⁵

Unter dieser Norm wird die Instandhaltung wie folgt zitiert:¹⁶

„Gesamtheit der Maßnahmen zur Bewertung und Wiederherstellung des jeweils angestrebten Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems.“

Innerhalb der Instandhaltung können vier Aufgabenbereiche unterschieden werden. Diese Aufgabenbereiche teilen sich wie folgt auf.¹⁷

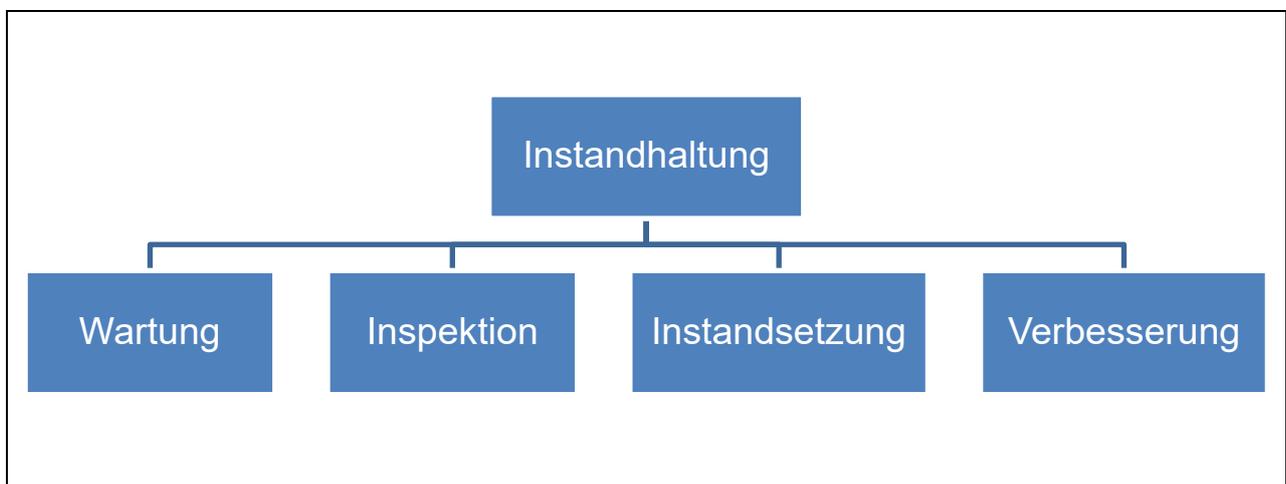


Abbildung 4 - Gliederung der Instandhaltung¹⁸

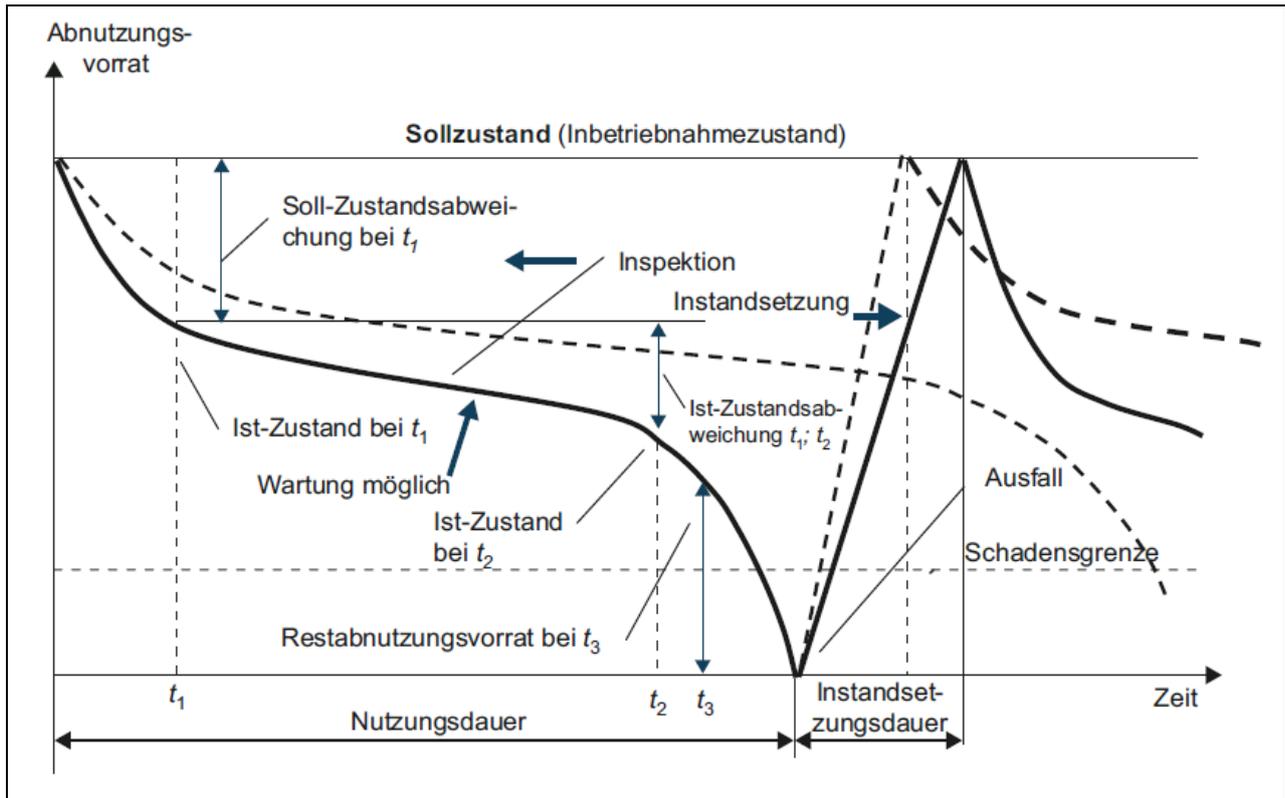
Aufgrund der unterschiedlichen Häufigkeit und Intensität der Nutzung einer Betrachtungseinheit kann der Sollzustand nicht auf Dauer bewahrt werden. Um dennoch die Abnutzung einer Anlage so gering wie möglich zu halten, müssen die vier Teilbereiche der Instandhaltung so gut es geht ineinandergreifen. Der Zusammenhang zwischen Wartung, Inspektion und Instandsetzung kann mittels des Verlaufes des Abnutzungsvorrates beschrieben werden (siehe Abbildung 5).

¹⁵ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 1

¹⁶ Zit. DIN 31051 (2012), S. 1

¹⁷ vgl. DIN 31051 (2012), S. 1

¹⁸ vgl. DIN 31051 (2012), S. 1

Abbildung 5 - Verlauf des Abnutzungsvorrates¹⁹

Wartung

Definiert wird der Begriff *Wartung* wie folgt:²⁰

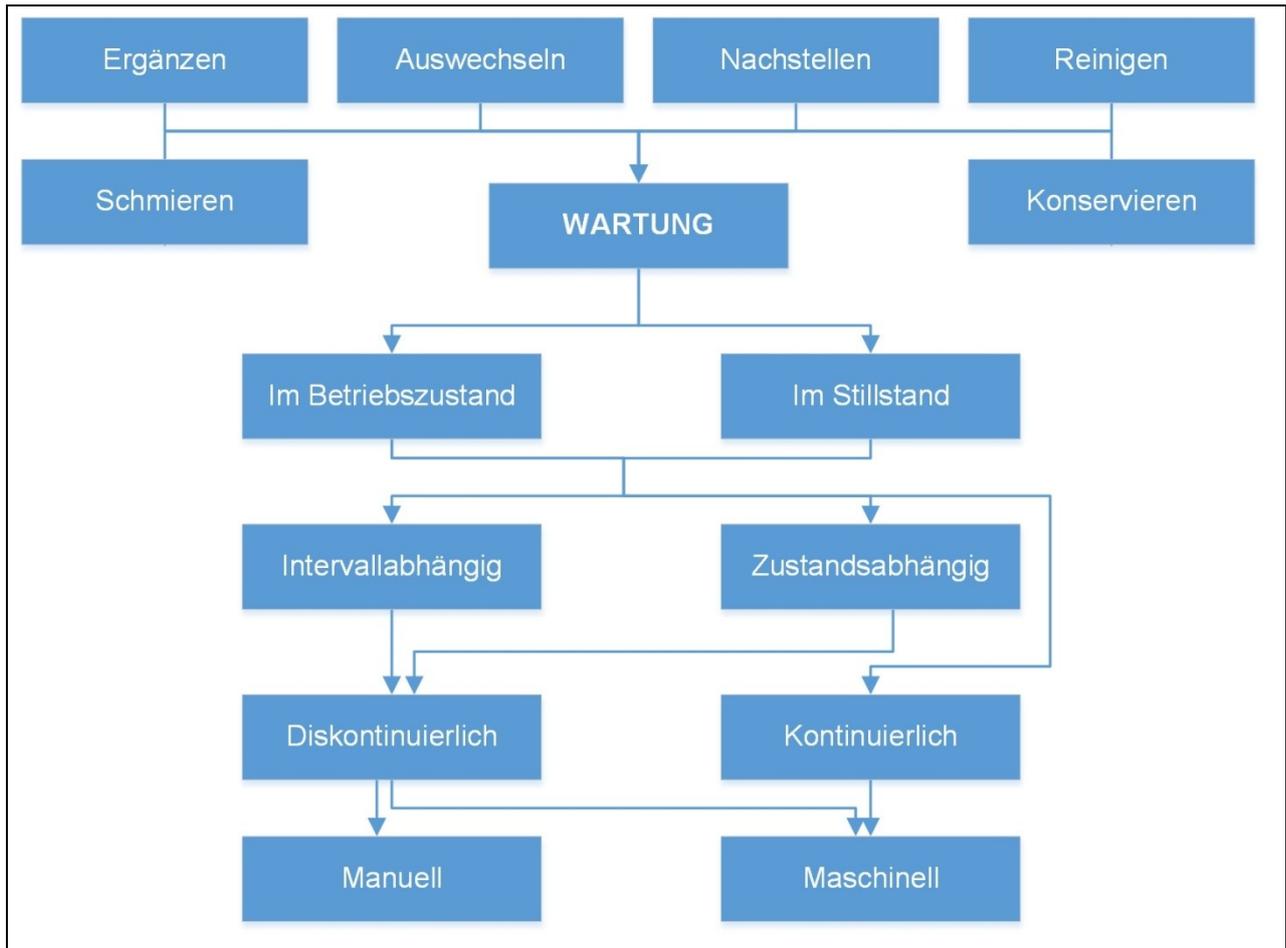
„Wartung und Pflege sind die Summe aller Maßnahmen des Betreibers technischer Arbeitsmittel zum Verzögern der Abnutzung, zum Herstellen der Betriebsbereitschaft und zur Bewahrung des Sollzustandes.“

Mithilfe von *Wartungsarbeiten*, wie z.B. Reinigen, Konservieren, Ergänzen, Auswechseln, Nachstellen und Schmieren, soll der *Abnutzung* entgegengewirkt werden. Des Weiteren können diese *Arbeiten* unterschiedlich eingeplant werden. Zum Einen kann die *Wartung* während des Betriebes durchgeführt werden oder im Zuge eines Stillstandes der Anlage. Neben einer intervallabhängigen *Wartung* zählen die zustandsorientierte und die kontinuierlich bzw. diskontinuierliche *Wartung* zu den am meisten eingesetzten *Wartungsansätzen*. Darüber hinaus kann die *Wartung* manuell oder maschinell durchgeführt werden (siehe *Abbildung 6*).²¹

¹⁹ Quelle: Strunz, M. (2012), S. 42

²⁰ Zit. DIN 31051 (2012), S. 2

²¹ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 19

Abbildung 6 - Teilmaßnahmen der Wartung²²**Inspektion**

Der Begriff der Inspektion umfasst alle „Maßnahmen zur Beurteilung und Feststellung des Ist-Zustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Abnutzungsursachen und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine zukünftige Nutzung“.²³

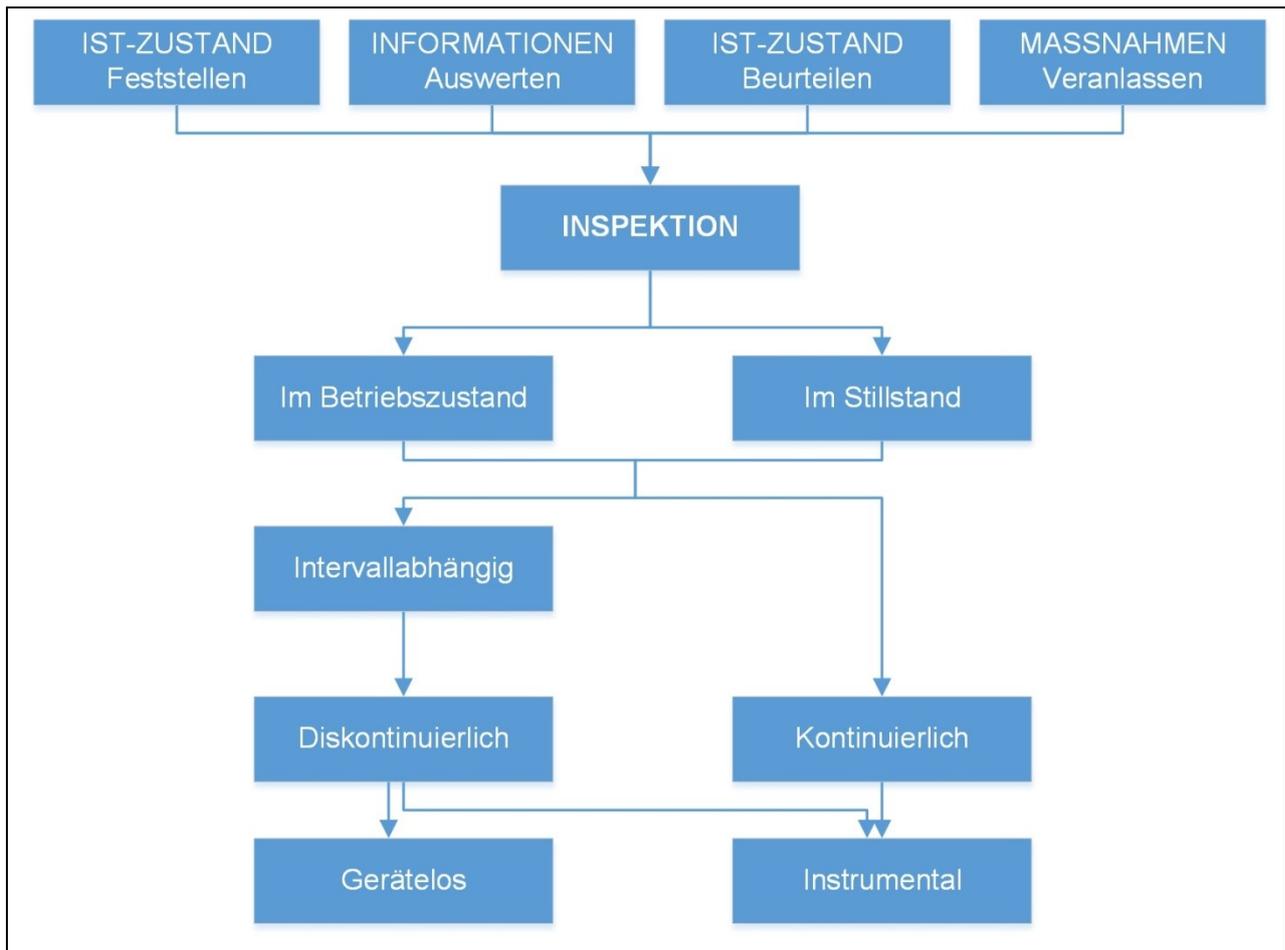
Mithilfe der Inspektion werden alle aktuellen Informationen über den Zustand der Anlagen erhoben, um daraus Erkenntnisse über Zustandsverschlechterungen gewinnen zu können. Dadurch können Schäden an der Betrachtungseinheit vermieden werden. Somit schafft die Inspektion eine Grundlage für die Planung und Durchführung weiterer Instandhaltungsmaßnahmen. Die Inspektion kann des Weiteren in Teilmaßnahmen eingeteilt werden.²⁴

Diese Teilbereiche sowie die verschiedenen Ausführungsarten der Inspektionsabwicklung kann der Abbildung 7 entnommen werden.

²² vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 20

²³ Zit. DIN 31051 (2012), S. 2

²⁴ vgl. Alcalde Rasch, A. (2000), S. 18

Abbildung 7 - Teilmaßnahmen der Inspektion²⁵**Instandsetzung**

DIN 31051 beschreibt die Instandsetzung wie folgt:²⁶

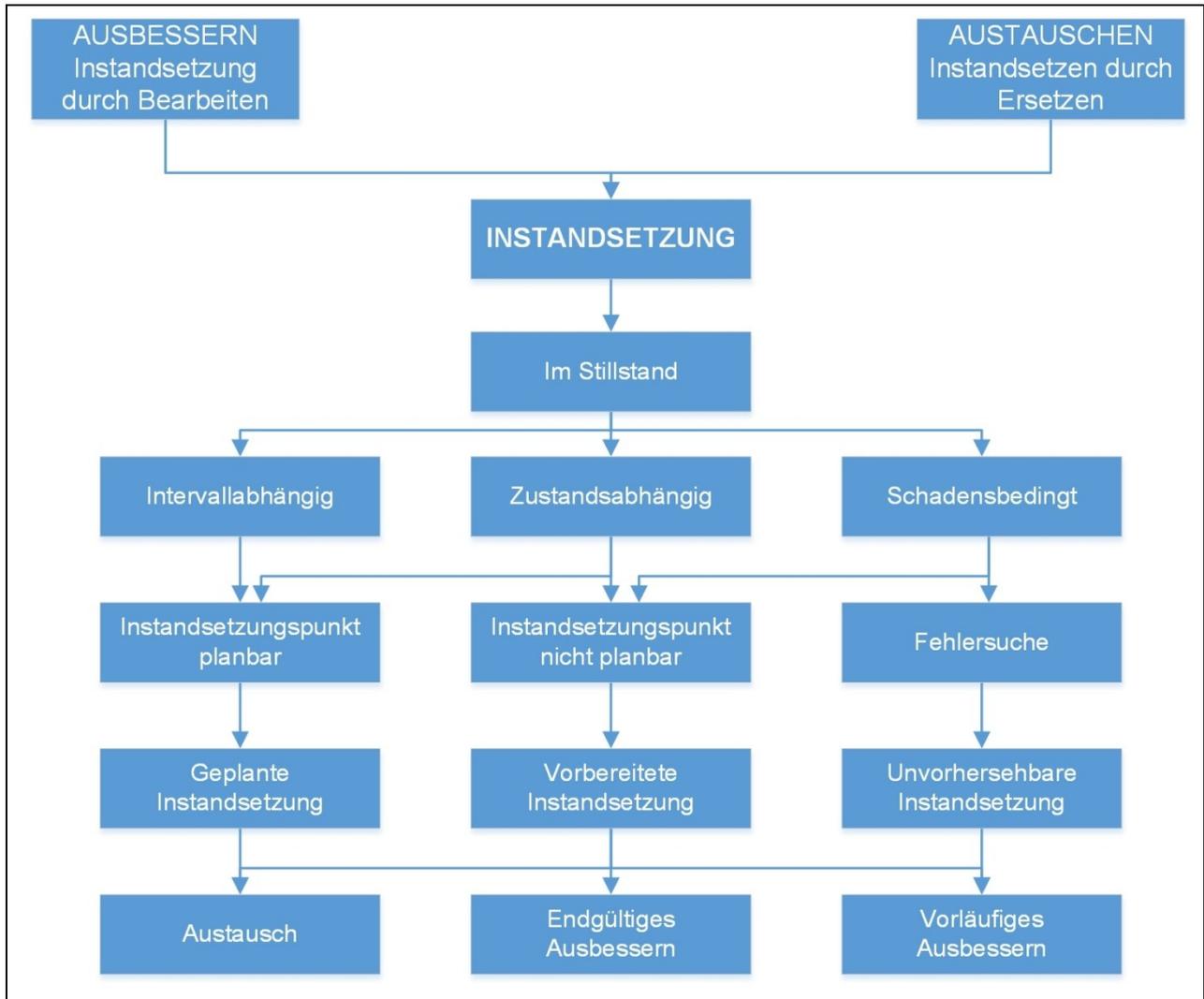
„Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen.“

Hierbei sollte jedoch beachtet werden, dass der anzustrebende Sollzustand nicht gleich der Vergangenheitswert ist, sondern es sollte ein neuer Sollzustand, welcher aus aktuellen Gesichtspunkten eruiert wird, angestrebt werden. Untergliedert wird die Instandsetzung in die Bereiche Austauschen und Ausbessern. Die Gliederung bzw. die verschiedenen Ansätze der Instandsetzungsdurchführung kann der Abbildung 8 entnommen werden.²⁷

²⁵ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 21

²⁶ Zit. DIN 31051 (2012), S. 2

²⁷ vgl. García Márquez, Fausto Pedro; Tobias, A. M. et al. (2012), S. 19

Abbildung 8 - Teilbereiche der Instandsetzung²⁸**Verbesserung**

Der Begriff Verbesserung wie in der DIN 31051 wie folgt definiert:²⁹

„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderte Funktion zu ändern.“

In diesem Bereich bildet die Schadensanalyse eine wichtige Rolle. Erwierungen von Schwachstellen sind von besonderem Interesse für Betreiber und Instandhalter. Darüber hinaus müssen die Verbesserungen technisch möglich sein bzw. wirtschaftlich einen Vorteil versprechen.³⁰

²⁸ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 24

²⁹ zit. DIN 31051 (2012), S. 3

³⁰ vgl. Strunz, M. (2012), S. 70

2.3 Aufgaben der Instandhaltung

Die Hauptaufgabe der Instandhaltung besteht in der Sicherung der Verfügbarkeit, der für die Einhaltung des Produktionszieles notwendigen Anlagen.³¹

Um diese Aufgaben erfüllen zu können müssen die Maschinen, maschinellen Anlagen, Einrichtungen und Gebäude einer laufenden Pflege unterzogen werden. Zusätzlich müssen alle Maßnahmen der Wartung, Inspektion und Instandsetzung so getroffen werden, dass das Leistungsvermögen und die Sicherheit der Anlagen möglichst lange erhalten bleiben.³²

Sozusagen umfasst der Aufgabenbereich der Instandhaltung alle Maßnahmen, um eine hohe Anlagenverfügbarkeit zu gewährleisten und dadurch die Schadenskosten so gering als möglich zu halten.³³

2.4 Ziele der Instandhaltung

Für die Instandhaltung ist es zweckmäßig diese als Subsystem des Gesamtsystems der Unternehmung einzustufen, da die Instandhaltung als Teil der Anlagenwirtschaft betrachtet wird. Aus diesem Grund sind die Instandhaltungsziele an die Ziele des Unternehmens anzupassen. Im Grund unterscheidet man zwischen drei Teilzielen.³⁴

- Sachziel
- Formular-/Wertziel
- Humanziel

Von einem Sachziel ist dann die Rede, wenn es sich um reale Objekte, z.B. Verbesserung der Anlagenzuverlässigkeit durch Einsatz von teuren Ersatzteilen, handelt. Leistungsbeiträge der Instandhaltung, welche messbare Steigerungen der Produktivität zu Folge haben und dadurch auch rentabilitätswirksam sind, zählen zu den Formular- und Wertzielen. Ziele auf humaner Ebene (Humanziele) sind Ziele, wobei es bspw. zur Schaffung von Arbeitserleichterungen bei Instandhaltungsmaßnahmen kommt oder instandhaltungsgerechte humanzentrierte Lösungen angewandt werden.³⁵

Eine weitere wichtige Zielgröße der Instandhaltung sind die Arbeitsziele. Diese unterteilen sich in Kosten-, Sicherheits- und Produktivitätsziele, wobei die Kosten- und Produktivitätsziele im Vordergrund stehen (siehe Abbildung 9).³⁶

³¹ vgl. Strunz, M. (2012), S. 13

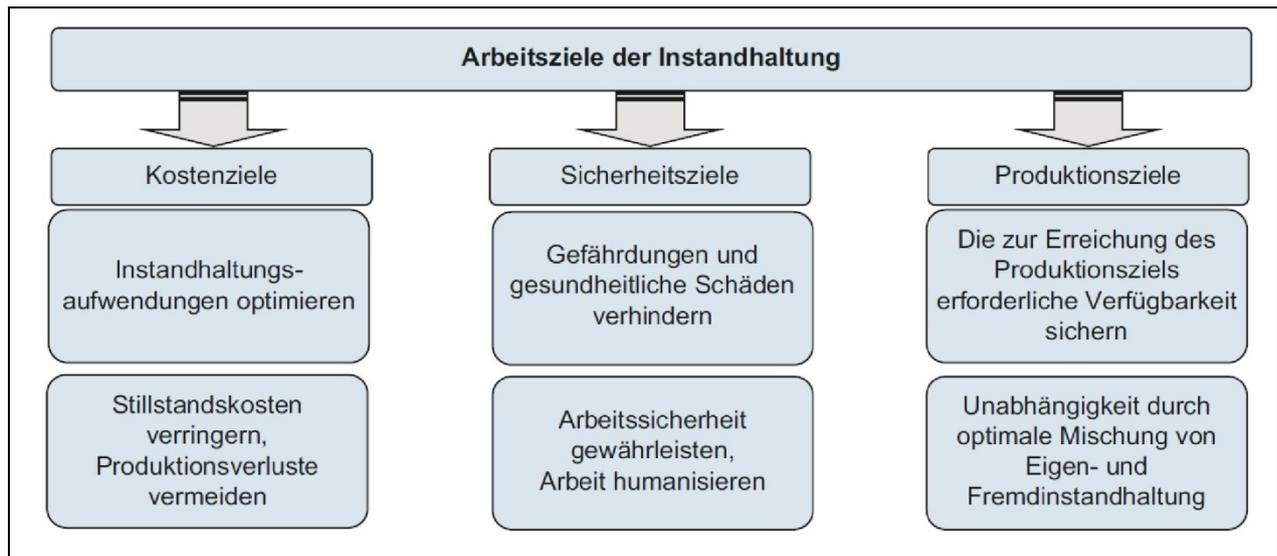
³² vgl. Rötzel, A. (2001), S. 12

³³ vgl. Rötzel, A. (2001), S. 12

³⁴ vgl. Arunraj, N. S.; Maiti, J. (2007), S. 72

³⁵ vgl. Strunz, M. (2012), S. 20

³⁶ vgl. Strunz, M. (2012), S. 20

Abbildung 9 - Arbeitsziele der Instandhaltung³⁷

Aus diesen drei Arbeitszielen lassen sich konkrete Zielsetzungen bzgl. der Instandhaltung ableiten. Übergeordnet wird die Gewährleistung der Funktionalität einer technischen Einrichtung als Ziel genannt. Des Weiteren wird diese Zielsetzung um weitere Definitionen konkretisiert, welche nachstehend aufgelistet werden.³⁸

- Maximierung der Wirtschaftlichkeit
- Maximierung des Gewinnes
- Maximierung der Zuverlässigkeit
- Maximierung des Nutzungsgrades
- Maximierung der Verfügbarkeit
- Minimierung der Kosten

2.5 Strategien in der Instandhaltung

Um die Ziele der Instandhaltung zu erreichen, wurden Richtlinien bzw. Handlungsanweisungen erstellt, welche die Vorgehensweise der zeitlich bestimmten Instandhaltungsmaßnahmen beinhalten. Diese Instandhaltungsstrategien führen die instandhaltungsrelevanten Tätigkeiten inhaltlich, methodisch und umfangsmäßig in bestimmten zeitlichen Abständen durch. Die Wahl der Strategie hängt maßgeblich von zwei Faktoren ab. Zum Einen vom Ausfallsverhalten der Anlagen und zum Anderen von der Informationsunsicherheit eines in der Zukunft liegenden möglichen Ausfalles. Zusätzlich wirkt sich die Strategiewahl auf das Arbeitsumfeld aus. Unterschiedliche Anforderungen an den einzelnen Mitarbeiter sowie Auswirkungen auf die Arbeitsweise gehen mit der Auswahl einer Instandhaltungsstrategie einher.³⁹

Im Allgemeinen wird zwischen drei Strategien unterschieden (siehe Abbildung 10).

³⁷ Quelle: Strunz, M. (2012), S. 20

³⁸ vgl. Arunraj, N. S.; Maiti, J. (2007), S. 75f.

³⁹ vgl. Zielowski, C. (2006), S. 135f.



Abbildung 10 - Instandhaltungsstrategie im Dreiecksverhältnis⁴⁰

Die Frage nach dem richtigen Strategiemix stellt in der Praxis eine besondere Herausforderung dar. Ein optimaler Punkt wird nie erreicht. Eine optimale Mischung zwischen zu viel und zu wenig Instandhaltung, zwischen Kosten und Nutzen bzw. zwischen Risiko und Sicherheit erzeugt ein Spannungsfeld bei der Strategiefindung, welches sich ständig ändert. Die Strategie orientiert sich meistens an den Gesamtkosten, welche in Verbindung mit dem technischen Ausfall zu den wirklichen Betriebskosten führen (siehe Abbildung 11).⁴¹

⁴⁰ Quelle: In Anlehnung an Reichel, J.; Mandelartz, J. et al. (2009), S. 137

⁴¹ vgl. Reichel, J.; Mandelartz, J. et al. (2009), S. 137

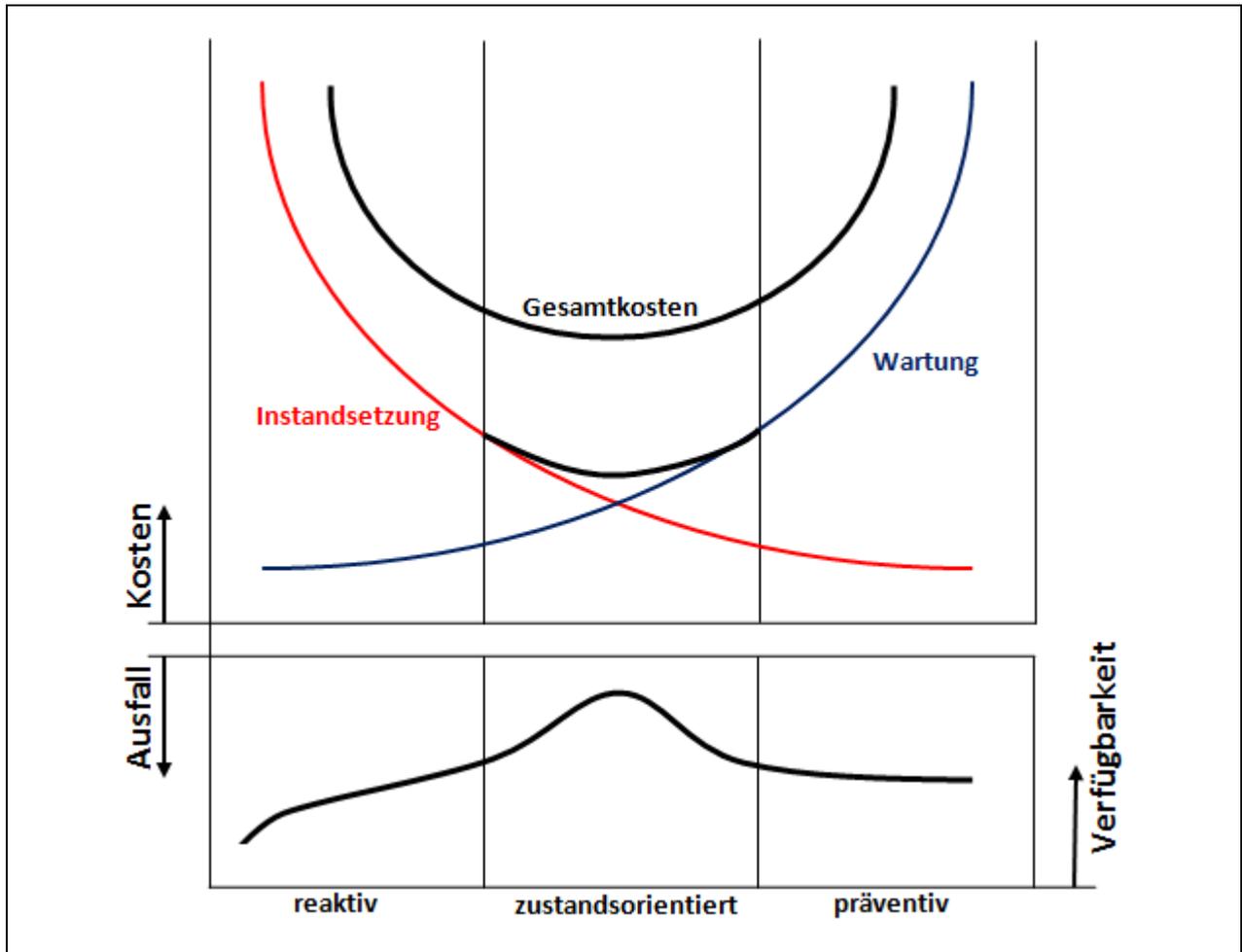


Abbildung 11 - optimaler Punkt einer Instandhaltungsstrategie⁴²

Die zuvor dargestellte Abbildung zeigt den Kostenvorteil einer reinen zukunftsorientierten Strategie. Dabei sollte beachtet werden, dass dieser Kostenvorteil einen bestmöglichen Verlauf der zustandsorientierten Strategie darstellt, in der sich die Anschaffungskosten für Monitoring Systeme usw. amortisiert haben und die zustandsorientierte Instandhaltung am Kostenoptimum arbeiten kann. Zusätzlich ist die Verfügbarkeit bei einer optimalen zustandsorientierten Strategie sehr hoch und die Ausfälle liegen bei einem Minimum, was den Kostenvorteil weiter unterstreicht. Eine reine zustandsorientierte Instandhaltung ist sehr schwer in die Unternehmung zu integrieren, wodurch es meist zu einem Mix der Strategien kommt. Dadurch kommt der Kostenvorteil nicht so zu tragen.⁴³

Reaktive Instandhaltung (Ausfallstrategie)

Hierbei handelt es sich um eine Strategie, welche ohne nennenswerten Aufwand für Wartung und Inspektion auskommt. Auf den Maschinenausfall hat der Betreiber keinen Einfluss. Es werden erst Maßnahmen ergriffen, nachdem der Ausfall eingetreten ist (siehe Abbildung 12), wodurch sich die Eignung der Ausfallstrategien auf Maschinen von untergeordneter Bedeutung

⁴² Quelle: Reichel, J.; Mandelartz, J. et al. (2009), S. 138

⁴³ vgl. Reichel, J.; Mandelartz, J. et al. (2009), S. 138

bezieht, sowie wenn eine geringe Auslastung vorliegt oder aufgrund der Rahmenbedingungen keine andere Strategie anwendbar ist.⁴⁴

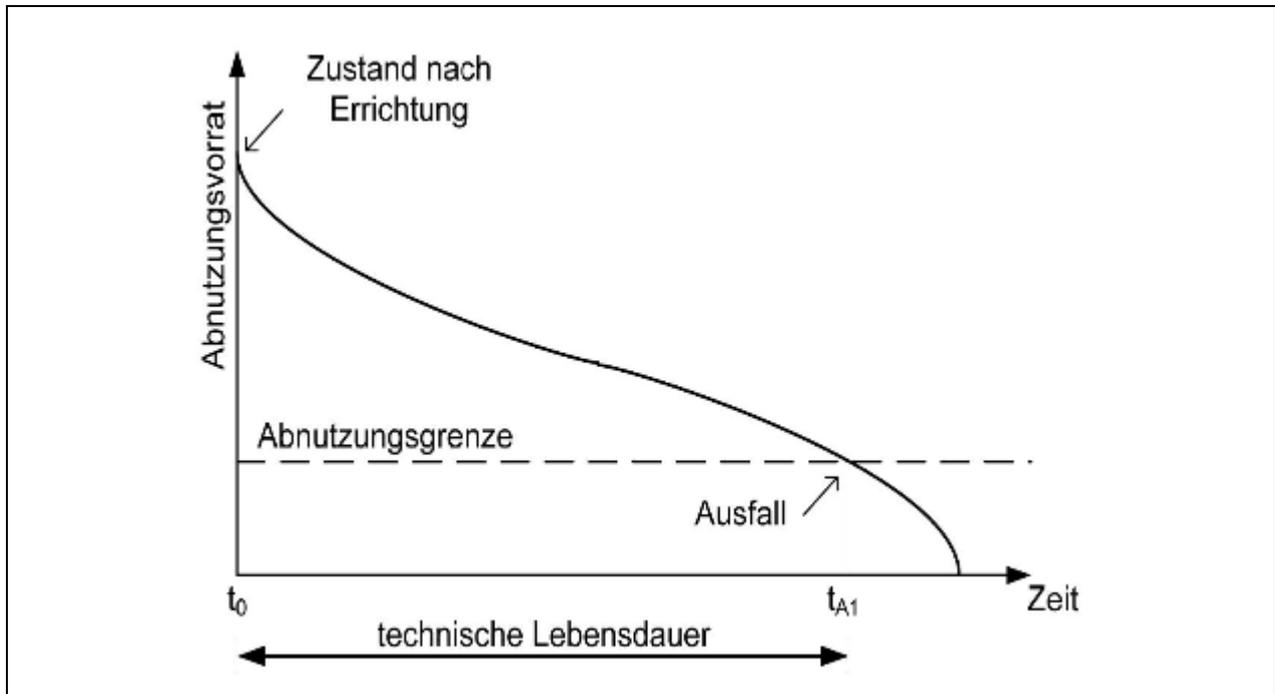


Abbildung 12 - reaktive Instandhaltung⁴⁵

Von dieser Strategie ist abzuraten, sobald Folgeschäden oder gesundheitliche Schäden der Mitarbeiter aufgrund eines Ausfalls zu erwarten sind. Das Hauptaugenmerk liegt in der Maximalausnutzung des Abnutzungsvorrates. Kostenvorteile verspricht diese Strategie nur dann, wenn keine Ausfallkosten zu erwarten sind. Entstehen jedoch im Schadensfall Folgeschäden, so wirkt sich dies auf ein erhöhtes Kostenrisiko aus und ein bislang kostengünstiger Betrieb verursacht, aufgrund des Ausfalles mehrerer Komponenten, erhebliche Mehrkosten.⁴⁶

Bezogen auf die Mitarbeiter verlangt die schadensorientierte Strategie nur wenig Systemverständnis und geringe methodische Kompetenzen, fordert hingegen aber ein hohes Maß an Flexibilität und Reaktionsfähigkeit.⁴⁷

In Tabelle 1 werden die Vor- und Nachteile der Ausfallstrategie aufgelistet.

⁴⁴ vgl. Strunz, M. (2012), S. 296

⁴⁵ vgl. Leidinger, B. (2014), S. 20

⁴⁶ vgl. Strunz, M. (2012), S. 296

⁴⁷ vgl. Zielowski, C. (2006), S. 135

Tabelle 1 - Vor- und Nachteile reaktiver Instandhaltung⁴⁸

Vorteile	Nachteile
Vollständige Ausnutzung des Abnutzungsvorrates	Geringe Verfügbarkeit
Geringer bzw. kein Planungsaufwand	Zeitdruck erfordert zusätzliche Kapazität
Kostengünstig im Bereich der Anlagen	Ggf. hohe Wartezeiten auf Instandhaltung
	Ausfall entzieht sich dem Einfluss des Betreibers
	Folgeschäden, Störungen, im Produktionsablauf und gesundheitliche Schäden
	Überschreitung von Toleranzgrenzen durch erhöhte Abnutzung
	Fehlerhafte Instandhaltung und erneuter Ausfall durch Zeitdruck
	Hohe Aktivierungs- und Vorbereitungszeiten
	Lange Fehlersuche
	Hohe Lagerhaltungskosten für die erforderliche Ersatzteilbevorratung
	Liquiditätsabfluss

Präventive Instandhaltung

Bei dieser Strategie wird die Instandhaltung unabhängig vom Zustand der Betrachtungseinheit durchgeführt. Es werden hierbei Intervalle - also feste Zeitpunkte - festgelegt, welche planungstechnisch und technologisch vorbereitet und durchgeführt werden.⁴⁹

Bei dieser Strategie wird davon ausgegangen, dass nach einer bestimmten Beanspruchung des Bauteils der Anlage aufgrund des dauernden Betriebs der Abnutzungsvorrat verbraucht wird. Ein Austausch des Bauteiles ist vor Erreichen dieses Zustandes anzustreben.⁵⁰

Der Intervallzeitraum kann durch unterschiedliche Gesichtspunkte angesetzt werden. Zum Einen kann der Zeitpunkt der Instandhaltung nach Erbringung einer bestimmten Produktionsleistung angesetzt werden, zum Anderen nach der Herstellung einer bestimmten Produktionsmenge bzw. Stückzahl. Die Anwendung dieser Strategie bedarf einer sehr guten Kenntnis über den Zustand der Maschinen. Kenntnisse über das Ausfallverhalten, der Nutzungsintensität und der Nutzungsdauer werden vorausgesetzt. Die größte Problematik der Präventivstrategie liegt in der Streuung der Ausfälle. So ist ein frühzeitiger Austausch eines Bauteiles sehr teuer, wenn der zur Verfügung stehende Nutzungsvorrat bei Weitem noch nicht erreicht wurde. Dem entgegen wirken ein sehr hoher Planungsgrad der Instandsetzungsplanung, relativ kurze Stillstände und eine nahezu problemlose Ersatzteillogistik. Weiter Vor- bzw. Nachteile können Tabelle 2 entnommen werden.⁵¹

⁴⁸ Quelle: In Anlehnung an Strunz, M. (2012), S. 297

⁴⁹ vgl. Strunz, M. (2012), S. 297

⁵⁰ vgl. Leidinger, B. (2014), S. 17

⁵¹ vgl. Strunz, M. (2012), S. 297

Tabelle 2 - Vor- und Nachteile präventiver Instandhaltung⁵²

Vorteile	Nachteile
Hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Betrachtungseinheit	Ungenügende Ausnutzung des Abnutzungsvorrates bei vorbeugendem Teileaustausch
Vermeidung von Störungen und gesundheitlichen Schäden	Hohe Stillstandszeiten in einer Periode, wenn die zeitorientierte Instandhaltung nicht optimiert erfolgt
Verringerung der instandhaltungsbedingten Stillstandszeiten	Hohe Planungskosten
Vermeidung der Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit benachbarter Elemente und Anlagen	Problemhafte und aufwändige Ermittlung elementbezogener Ausfalldaten
Schonung der Anlagenelemente durch geringere Montage- und Demontagetätigkeiten	Hoher Aufwand durch ständige Aktualisierung der Daten
Kostenvorteile durch geringere Kapitalbindung bei geplanter Ersatzteilbevorratung (kein Liquiditätsentzug)	Mehrverbrauch an Reserveteilen
Bessere Ausnutzung der Instandhaltungskapazitäten und Vorbereitung der Produktion auf den Stillstand durch Planung des Instandhaltungsaufwands	Anstieg der Ausfallrate infolge von Montage-, Demontage-, und Inbetriebnahmefehlern bei zu häufigem Instandhalten
Sinkendes Ausfallrisiko und damit Verringerung des Ersatzteilbedarfs für folgeschädigte Anlagen	Erschwerte Schwachstellenanalyse
Bessere Material- und Ersatzteilbestandsplanung und Lagerhaltung	
Leichtere Vergabe von Instandhaltungsaufträgen an Fremdfirmen	

Zustandsorientierte Instandhaltung (Inspektionsstrategie)

Sinn dieser Strategie ist es, erst bei einem bestimmten Abnutzungsgrad bzw. bei Erreichung einer definierten Nutzungsgrenze die Erneuerung der Komponenten durchzuführen. Hierzu wird in regelmäßigen Abständen der Ist-Zustand, mittels Inspektion, ermittelt und der Abnutzungsvorrat beurteilt. Abbildung 13 zeigt grafisch den Zusammenhang zwischen Einsatzzeit und Abnutzungsvorrat.⁵³

⁵² Quelle: In Anlehnung an Strunz, M. (2012), S. 298

⁵³ vgl. Leidinger, B. (2014), S. 19

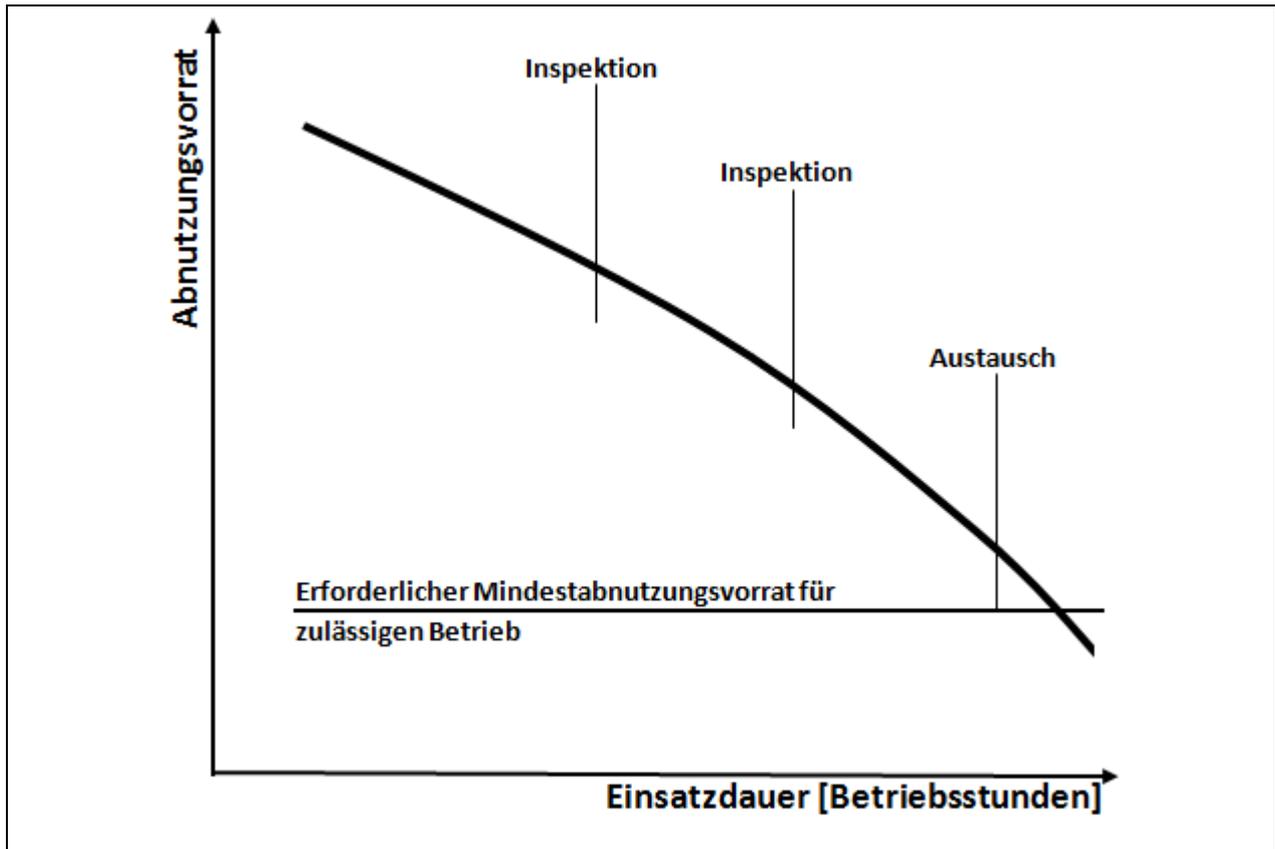


Abbildung 13 - zustandsorientierte Instandhaltung⁵⁴

Mithilfe des sogenannten Condition Monitoring kann eine kontinuierliche Überwachung des Anlagenzustandes gewährleistet werden, um so beginnende Störungen frühzeitig erkennen und mit Wartungs- bzw. Reparaturarbeiten beginnen zu können. Alles in allem beinhaltet das Condition Monitoring die Beschaffung, Bearbeitung, Analyse und Interpretation von Daten und die Auswahl der geeigneten Instandhaltungsmaßnahmen.⁵⁵ Dies erfordert hohe Investitionskosten für die Anschaffung geeigneter Mess- und Prüftechnik sowie die Einstellung hochqualifizierter Mitarbeiter,⁵⁶ welche über ein hohes Maß an Systemverständnis und methodischer Kompetenz verfügen.⁵⁷

Trotz der hohen Investitionskosten haben Condition Monitoring Anwendungen gezeigt, dass dadurch eine Minimierung der Instandhaltungskosten erreicht werden kann. Zudem wurde auch die Betriebssicherheit erhöht und die Menge und Schwere von Systemausfällen konnte reduziert werden.⁵⁸

Durch kontinuierliche und ausführliche Dokumentation und Bewertung können Fehler frühzeitig erkannt, Schadensverläufe diagnostiziert und so Ausfälle weitgehend vermieden werden. Die in

⁵⁴ vgl. Leidinger, B. (2014), S. 19

⁵⁵ vgl. García Márquez, F. P.; Tobias, A. M. et al. (2012), S. 170

⁵⁶ vgl. Strunz, M. (2012), S.298f.

⁵⁷ vgl. Zielowski, C. (2006), S.136

⁵⁸ vgl. García Márquez, F. P.; Tobias, A. M. et al. (2012), S. 170

dieser Strategie angestrebte optimale Ausnutzung des Abnutzungsvorrates stellt den entscheidenden Vorteil dar.⁵⁹

Der Tabelle 3 können weitere Vor- und Nachteile der zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie entnommen werden.

Tabelle 3 - Vor- und Nachteile zustandsorientierter Instandhaltung⁶⁰

Vorteile	Nachteile
Vermeidung der Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit benachbarter Elemente und Anlagen	Hoher Investitionsaufwand für messtechnische Einrichtungen, Informationsverarbeitung und -transfer
Vermeidung von Störungen im Produktionsablauf	Zusätzliche Störquellen und möglicherweise Schwachstellen
Verringerung der instandhaltungsbedingten Stillstandzeiten	Hohe Kostenbelastungen durch Messdatenerfassungs- und Auswertsysteme
Vermeidung von Folge- und/oder bei einem Schadensfall zu erwartende gesundheitliche Schäden	Hoher Planungsaufwand für Strategieentwicklung
Optimale Ausnutzung des Abnutzungsvorrates	Hoher Personalaufwand für Messerfassung und -transfer
Optimale Verfügbarkeit infolge des Frühwarnsystems, Minimierung der Ausfälle	Hohe Qualifikation der Instandhalter für Verarbeitung der Messwertdaten und Erarbeitung der Planungsunterlagen
Optimale Ersatzteilplanung und dadurch verringerte Kapitalbindung	
Optimale Organisation und Kapazitätsplanung, dadurch bessere Ausnutzung der Instandhaltungskapazitäten	
Wegfall der Wartezeiten auf Instandhaltung und der Fehlersuchzeiten	
Kostensenkung durch Restnutzungsdauerprognose und Fehlerfrüherkennung	
Rückinformation an den Hersteller zwecks Schwachstellenbeseitigung (Verbesserung des Ausfallverhaltens)	

Einen Vergleich über die in der Praxis zum Einsatz kommenden Basisstrategien der Instandhaltung gibt Tabelle 4 wieder.

⁵⁹ vgl. Strunz, M. (2012), S. 298f.

⁶⁰ Quelle: In Anlehnung an Strunz, M. (2012), S. 299

Tabelle 4 - Vergleich der Basisstrategien⁶¹

Bewertungskriterium	Instandhaltungsmethode		
	Reaktive Instandhaltung	Präventive Instandhaltung	Zustandsorientierte Instandhaltung
Ausnutzung des Abnutzungsvorrates	maximal	gering	optimal
Restnutzungsdauer	keine	vorhanden	gering/keine
Definierte Überlebenswahrscheinlichkeit	keine	vorhanden	vorhanden
Verfügbarkeit	gering	hoch	hoch/sehr hoch
Fehlersuchzeit	hoch	keine	keine
Wartezeit auf Instandhaltung	hoch	keine	keine
Störungen im Produktionsablauf	sehr hoch	gering	kaum
Gefahr gesundheitlicher Schäden	möglich	begrenzt möglich /sehr gering	begrenzt möglich /sehr gering
Kapazitätsausnutzung	gering	hoch	hoch
Lohnkosten	sehr hoch	hoch	gering
Planungsaufwand	keiner	sehr hoch	gering
Technischer Aufwand	keiner	gering	hoch
Lagerhaltungskosten	sehr hoch	relativ hoch, aber vertretbar	gering

2.6 Total Productive Maintenance (TPM)

TPM ist ein erfolgreicher Ansatz für ein effektives und effizientes Instandhaltungsmanagement. Es wurde in den 1960er Jahren von Seiichi Nakajima entwickelt. Das Grundkonzept beruht auf dem Toyota-Produktionssystem. Im Laufe der Jahre wurden Weiterentwicklungen des Konzeptes durchgeführt. Von einem reinen Instandhaltungsansatz, sprich der Verbesserung der Effektivität und Lebensdauererlängerung, hin zu einem umfassenden Managementansatz, bei dem alle Unternehmensbereiche ineinandergreifen. Das Grundprinzip der TPM-Philosophie liegt in der Vermeidung von Verlusten.⁶²

Die Verlustquellen, welche die effiziente Produktion hemmen, sind folgende.⁶³

- Ausfallzeitverluste: Hierzu zählen Stör- und Ausfallzeiten, welche durch ungeplante und unerwartete Ausfälle zustande kommen. Weiters sind hier die Rüstzeiten durch Korrekturen und Abstimmungen, die sogenannten Brachzeiten durch Rüsten und Abstimmen, enthalten.

⁶¹ Quelle: In Anlehnung an Strunz, M. (2012), S. 300

⁶² vgl. Bert, L.; Kieman, M. L. (2009), S. 16

⁶³ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 155

- Geschwindigkeitsverluste: Geschwindigkeitsverluste aufgrund von Leerläufen und Fehlmeldungen von Sensoren und Produktionsblockaden sowie gedrosselte Geschwindigkeit zur geplanten Anlagenleistung fallen in diese Kategorie.
- Fehlerverluste: Verluste hervorgerufen durch Produktionsfehler und deren Beseitigung und ein vermindertes Ausbringungsvolumen zählen zu den Fehlerverlusten.

Eine Messung dieser Verlustquellen sowie der angestrebten maximalen Anlageneffizienz wird mittels systemübergreifender Kennzahlen vorgenommen. Vorwiegend findet hier die Kennzahl Overall Equipment Effectiveness (OEE) Anwendung.⁶⁴

Der OEE-Wert wird als Maß für Messung der TPM Ziele herangezogen. Vor allem die sechs Verlustquellen, welche die Effektivität der Anlagen verringern, werden mittels dieser Kennzahl bewertet. Berechnet wird der OEE-Wert mithilfe der Nettoproduktivzeit, welche jene Zeit angibt, in der die Anlage verlustfrei produziert. Durch Division der Nettoproduktivzeit durch die Laufzeit ergibt sich dann der OEE-Wert (siehe Formel 1).⁶⁵

$$OEE = \frac{\text{Nettoproduktivzeit}}{\text{Laufzeit}} * 100$$

Formel 1 - OEE Berechnung 1⁶⁶

In nachstehender Abbildung wird das Zeitgerüst, welches der OEE-Wert beschreibt, grafisch dargestellt.

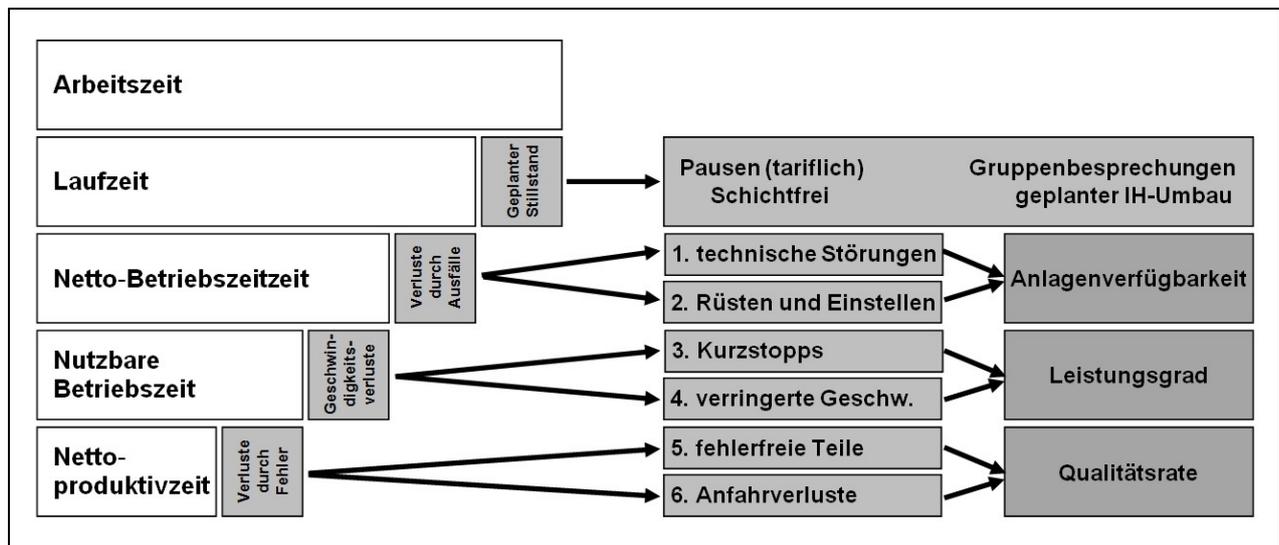


Abbildung 14 - Zeitgerüst des OEE-Wertes⁶⁷

⁶⁴ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 155

⁶⁵ vgl. Jöbstl, O. (2004), S. 36

⁶⁶ Quelle: Jöbstl, O. (2004), S. 36

⁶⁷ Quelle: Jöbstl, O. (2004), S. 36

Neben der in Formel 1 angegebenen Berechnung kann der OEE-Wert auch anderwärtig bestimmt werden. Durch die Multiplikation der Anlagenverfügbarkeit mit dem Leistungsgrad und der Qualitätsrate lässt sich der OEE-Wert berechnen (siehe Formel 2).

$$OEE = \text{Anlagenverfügbarkeit} * \text{Leistungsgrad} * \text{Qualitätsrate}$$

Formel 2 - OEE Berechnung 2⁶⁸

2.6.1 Ziele von TPM

Wie bei jedem Managementkonzept ist es notwendig Ziele klar zu definieren. Da TPM ein sehr komplexes Konzept darstellt, sind Ziele ein gutes Hilfsmittel diese Komplexität aufzulösen und in begriffliche Elemente zu unterteilen. Folgende 5 Ziele verfolgt das TPM:⁶⁹

- Etablierung einer geeigneten Unternehmens- und Arbeitskultur
- Erkennung und Vermeidung von Verlusten und Verschwendungen
- Kontinuierliche Verbesserung
- Funktionsübergreifende Gruppenarbeit
- Engagement aller Betroffenen und Beteiligten sowie die Unterstützung der Führungskräfte auf allen Ebenen.

Zusätzlich zu den oben genannten Zielen verfolgt die TPM Strategie die Reduktion der 6 klassischen Verlustquellen (siehe Abbildung 15).⁷⁰

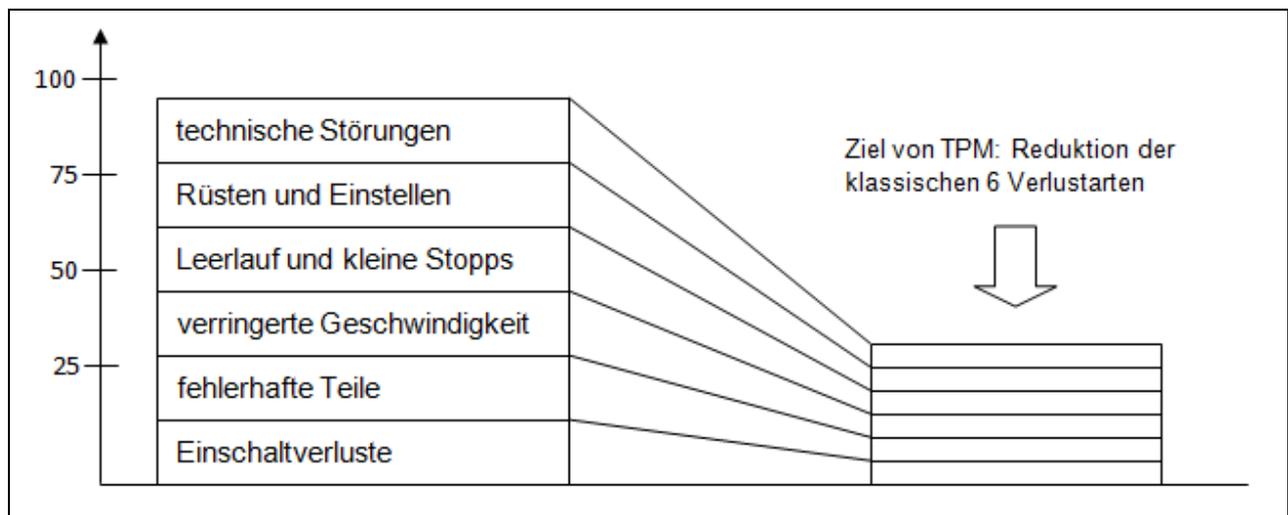


Abbildung 15 - Ziele von TPM⁷¹

⁶⁸ Quelle: Jöbstl, O. (2004), S. 36

⁶⁹ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 15f.

⁷⁰ vgl. Jöbstl, O. (2004), S. 35

⁷¹ Quelle: Jöbstl, O. (2004), S. 36

2.6.2 Das 8-Säulen-Modell des TPM

TPM basiert auf 8 Bausteinen, welches sich durch die Ergänzung von Basis, Werkzeugen, Zielen und Meta-Zielen zum sogenannten Operational Excellence Reference Modell ergibt. Diese 8 Bausteine bilden somit einen Strukturrahmen für die Umsetzung von TPM.⁷²

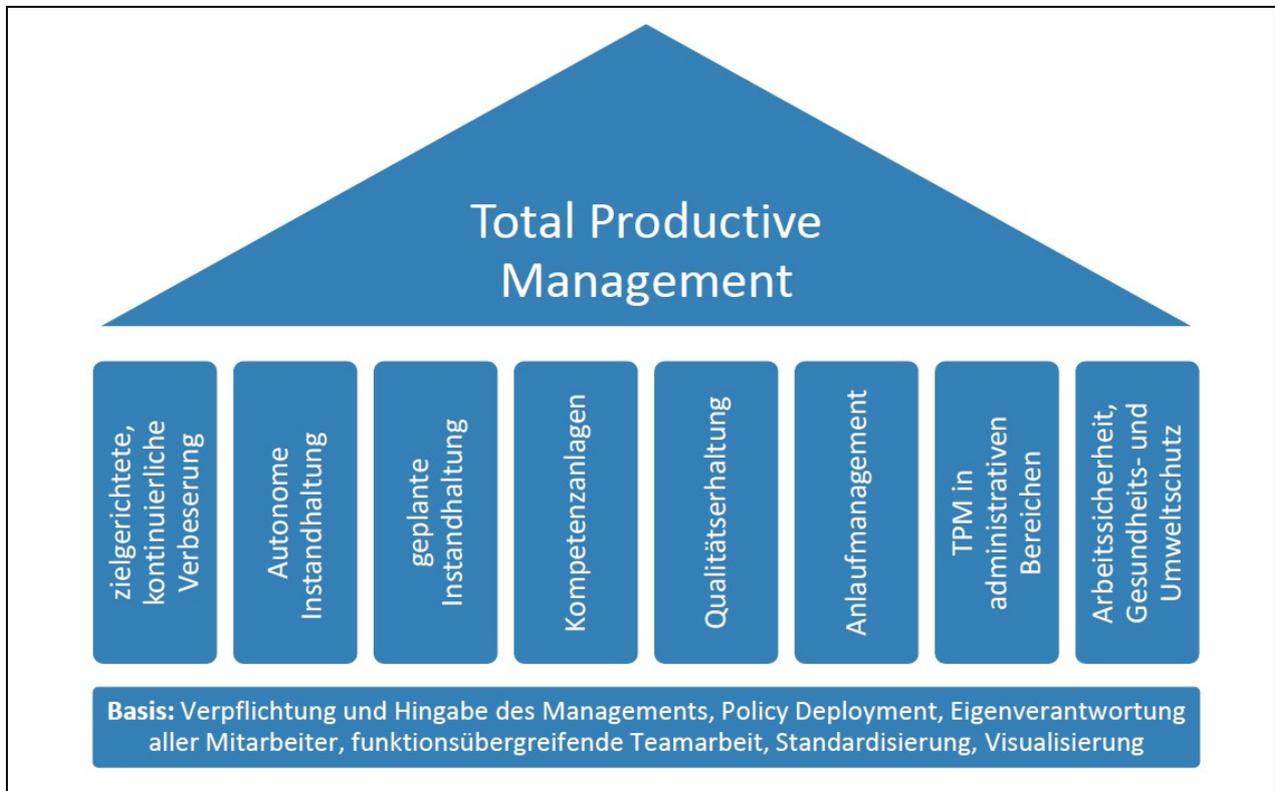


Abbildung 16 - Total Productive Management⁷³

Hinter der ersten Säule verbirgt sich der „kontinuierliche Verbesserungsprozess“ (KVP). Das Prinzip des KVP beruht auf der Annahme, dass viele kleine Verbesserungen wesentlich größere Auswirkungen auf die Effizienz eines Prozesses haben als wenige große Verbesserungen. Ziel dieses Bausteines sollte es sein, „Null-Verluste“, sowohl in der Produktion als auch im administrativen Bereich, zu erreichen.⁷⁴

Die zweite Säule, „Autonome Instandhaltung“, auch „selbstständige Instandhaltung“ genannt, verfolgt das Ziel des „Null-Maschinenausfalls“. Dies soll durch Einbeziehung aller Mitarbeiter gemacht werden, welche direkt an den Produktionsanlagen arbeiten. Gesteigertes Verantwortungsbewusstsein der Mitarbeiter für die Ausrüstung am Arbeitsplatz sollen Störungen schon im Vorfeld vermeiden.⁷⁵

Das Hauptaugenmerk der dritten Säule liegt in der Effizienzverbesserung und einer hohen Verfügbarkeit der Anlagen. Dabei wird das gleiche Ziel wie bei Säule zwei, sprich „Null-

⁷² vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 16

⁷³ Quelle: in Anlehnung an Reichel, J.; Mandelartz, J. et al. (2009), S. 83

⁷⁴ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 19

⁷⁵ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 19

Maschinenausfall“, verfolgt. Durch vorausschauende Instandhaltung sollen die klassischen „Feuerwehreinsätze“, sprich Instandsetzung bei plötzlich auftretenden Störungen, vermieden werden. Maschinen und Anlagen fallen nicht mehr zufällig aus, sondern werden geplant abgeschaltet, um die Instandhaltung durchzuführen.⁷⁶

Unter der vierten Säule, „Kompetenzmanagement“, werden die Schulungen und Ausbildungen zusammengefasst, welche in jeden anderen Baustein eingreift. Schulungen im fachlichen und im methodischen Bereich, wie auch auf sozialer Ebene müssen gezielt auf die unterschiedlichen Hierarchien hin, durchgeführt werden.⁷⁷

Nicht nur die Produkte sondern auch Systeme, Prozesse und Anlagen stehen beim TPM im Mittelpunkt. Dabei spielt die Anlaufphase sowohl bei Neuanläufen von Maschinen als auch bei Initiierung von Entwicklungsprozessen eine wichtige Rolle, was den fünften Baustein des TPM, das „Anlaufmanagement“, darstellt.⁷⁸

Der sechste Baustein, „Qualitätserhaltung“, vereint die Qualitätssicherung und die Bereiche Produktion, Entwicklung und Instandhaltung miteinander und sorgt für eine bereichsübergreifende Zusammenarbeit. Absolute Kundenzufriedenheit, intern als auch extern, durch höchste Qualität ist hierbei das oberste Ziel. Neben den bisher angewandten Prinzipien, „Null-Verlusten“ und „Null- Maschinenausfall“, kommt das Prinzip des „Null-Fehlers“ dazu.⁷⁹

Im siebenten Baustein, „TPM in administrativen Bereichen“, wird in den meisten Unternehmen mit einer großen Aufräumaktion begonnen. Ziel ist es, alles zu eliminieren, was nicht für die tägliche Arbeit benötigt wird.⁸⁰

Der achte und letzte Baustein, „Arbeitssicherheit, Gesundheit- und Umweltschutz“, befasst sich mit dem Prinzip der „Null-Unfälle“. Die Mitarbeiter müssen so sensibilisiert werden, damit potenzielle Gefahrenquellen erkannt und beseitigt werden können.⁸¹

⁷⁶ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 19

⁷⁷ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 20

⁷⁸ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 20

⁷⁹ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 21

⁸⁰ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 21

⁸¹ vgl. May, C.; Schimek, P. (2009), S. 22

2.7 Engpass- und Risikoanalyse

Da die Hauptaufgabe dieser Arbeit die Findung der Risiko- und Engpassanlagen ist, werden in diesem Kapitel die Begrifflichkeiten zu diesem Thema erläutert. Zur allgemeinen Begriffserklärung werden Methoden aufgezeigt und kurz beschrieben. Darunter befindet sich der für diese Arbeit wichtige Ansatz des Risk Based Maintenance. Mithilfe dieser Herangehensweise sollen die instandhaltungstechnisch relevanten Engpass- und Risikoanlagen herausgefiltert werden.

2.7.1 Engpass

Ein Produktionssystem besteht aus mehreren kleineren Arbeitssystemen. Diese kleinste organisatorische Einheit besteht aus folgenden Teilen.⁸²

- Mensch
- Maschine
- Material
- Methode

Zusammengefasst stellen diese vier Teile das 4 M-Modell dar, welches in nachstehender Abbildung grafisch gezeigt wird.

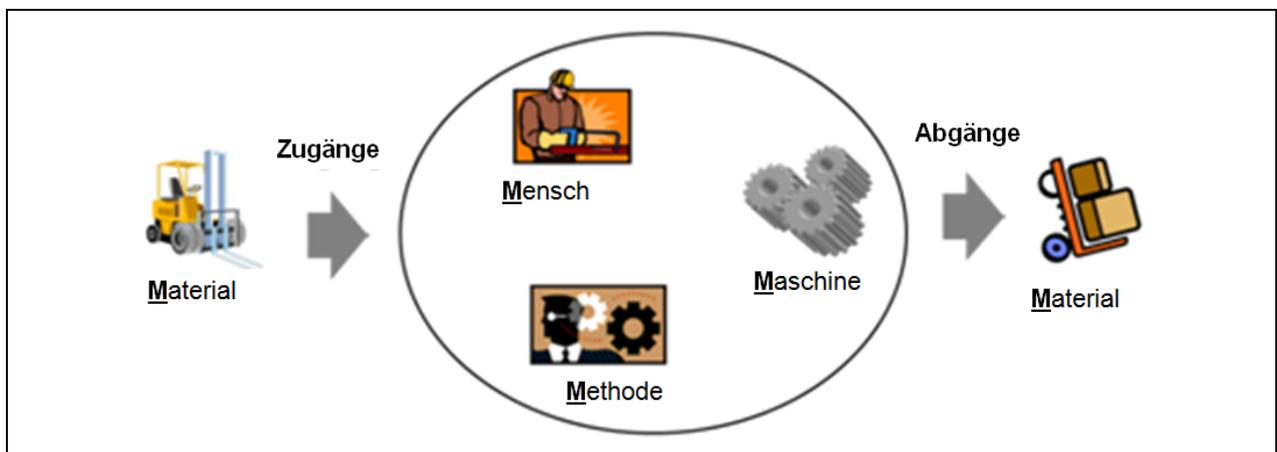


Abbildung 17 - 4 M-Modell⁸³

Damit ein System die volle Leistung erbringen kann, müssen diese 4 Elemente aufeinander abgestimmt werden. Des Weiteren sollten die verschiedenen Systeme zueinander in Einklang gebracht werden. Geschieht dies nicht kann es zu Engpässen kommen, was wiederum zu Leistungsverlusten führt und Kosten verursacht. Aus diesem Grund ist es wichtig die

⁸² vgl. Zsifkovits, H. (2013), S. 109f.

⁸³ vgl. Zsifkovits, H. (2013), S. 110

Engpassaggregate zu finden und insbesondere in die Instandhaltungsstrategieentwicklung einzubeziehen.⁸⁴

Es gibt verschiedene Gründe, warum es zu einem Engpass kommt. Zum Einen können physische Grenzen der Arbeitssysteme zu Engpässen führen und zum Anderen resultieren Engpässe aufgrund von Ausfällen eines oder mehrerer Faktoren.⁸⁵

Es gibt eine Vielfalt von Identifikations- und Analyseinstrumenten zur Engpassfindung. In diesem Kapitel werden folgende ausgewählte Methoden, zur Behandlung der Engpassproblematik vorgestellt:

- Trichtermodell
- Durchlaufdiagramm
- Warteschlangenmodelle
- Simulationsmodelle

Trichtermodell

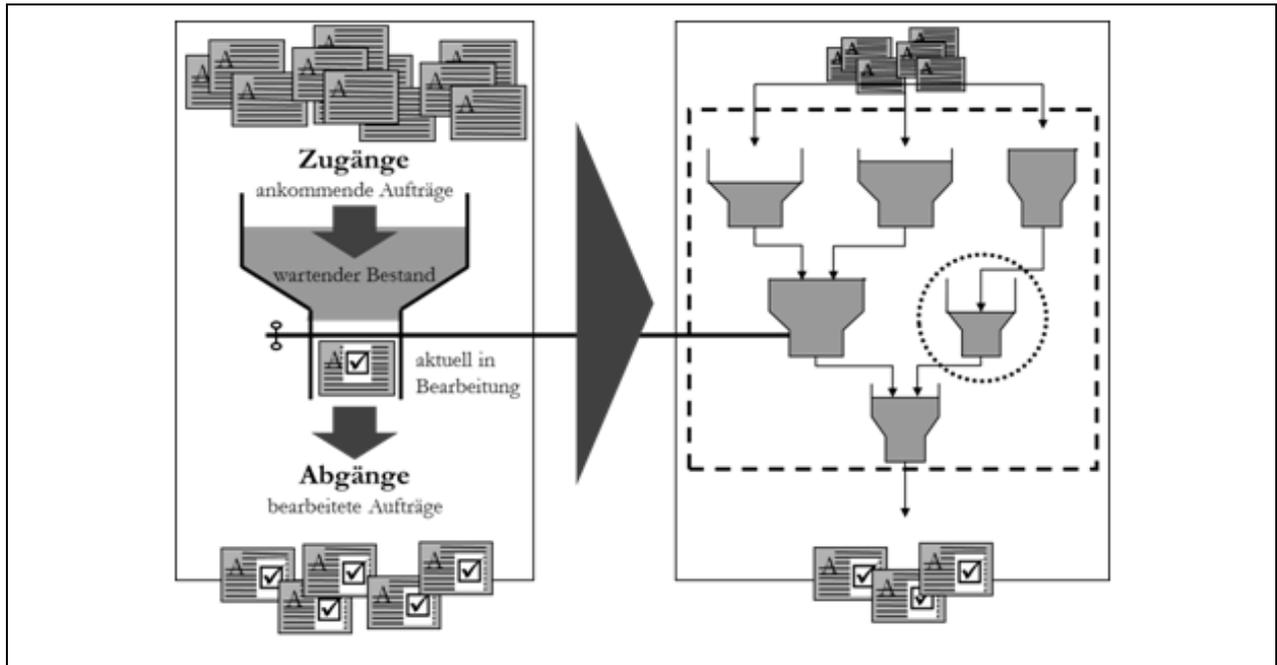
Beim Trichtermodell geht man davon aus, dass sich jede Kapazitätseinheit durch die Größen Zugang, Bestand und Abgang beschreiben lässt. Am Beginn des Trichters liegt der Bestand, welcher sich aus dem Zugang und den dort wartenden Losen ergibt. Am Ende des Trichters kommt der Abgang. Die Trichteröffnung stellt des Weiteren die Leistung der betrachteten Einheit dar (siehe Abbildung 18).⁸⁶

Im Zusammenspiel mehrerer Trichter kann so ein Engpasselement identifiziert werden. Problematisch bei diesem Modell ist jedoch, dass der auftretende Engpass zwar erkannt wird, aber die Ursache dafür nicht eruierbar ist.

⁸⁴ vgl. Zsifkovits, H. (2013), S. 110

⁸⁵ vgl. Zsifkovits, H. (2013), S. 111

⁸⁶ vgl. Nyhuis, P.; Wiendahl, H. P. (2010), S. 25

Abbildung 18 - Trichtermodell⁸⁷

Durchlaufdiagramm

Die Daten aus dem Trichtermodell finden im Durchlaufdiagramm Anwendung. Aus dem Durchlaufmodell lassen sich Daten, wie z.B., mittlere Belastung und mittlere Leistung leicht ablesen. Das dynamische Systemverhalten kann qualitativ in einem Zeitrahmen mit dem Durchlaufdiagramm beschrieben werden, wodurch Wirkungszusammenhänge erkennbar werden und so mathematische Beschreibungen möglich werden.⁸⁸

Abbildung 19 lässt den Zusammenhang zwischen Trichtermodell und Durchlaufdiagramm erkennen.

⁸⁷ vgl. Zsifkovits, H. (2013), S. 112

⁸⁸ vgl. Nyhuis, P.; Wiendahl, H. P. (2010), S. 26

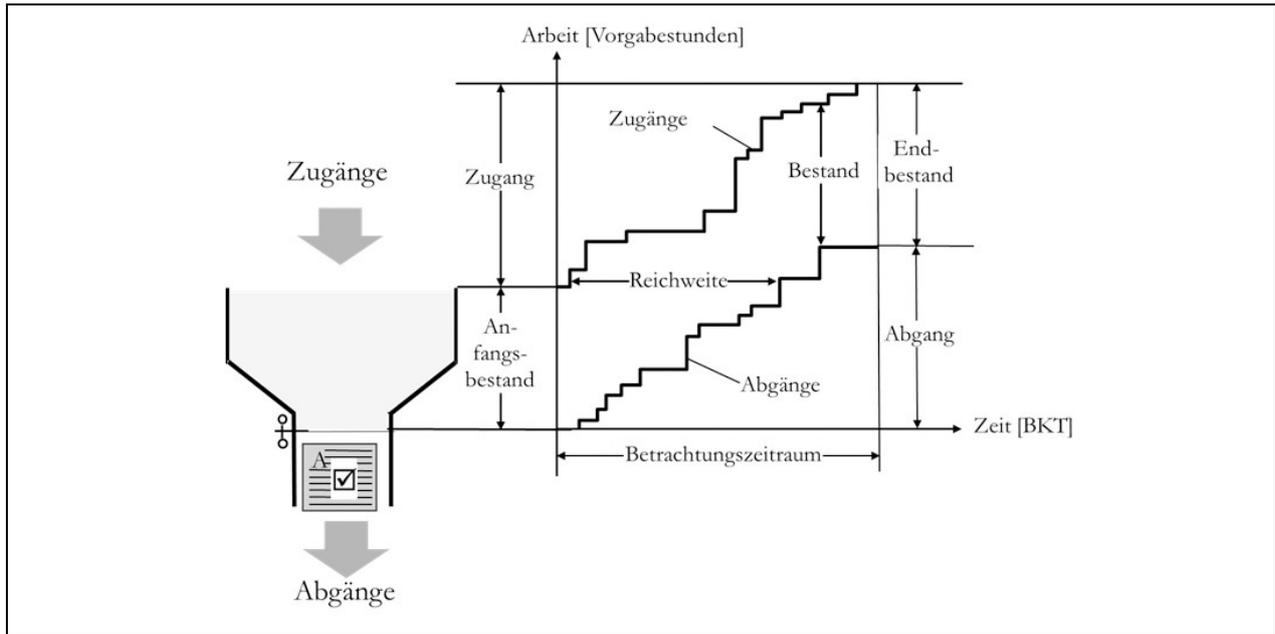


Abbildung 19 - Trichtermodell und Durchlaufdiagramm⁸⁹

Warteschlangenmodelle

Diese Modelle erlauben es, die bei der Planung und Steuerung auftretenden, realistischen Einflüsse zu berücksichtigen. Mithilfe der Mathematik sollen die Geschehen, welche bei einem Objekt auftreten, vorhersehbar gemacht werden. Bei bekannten Eingangsinformationen, hinsichtlich Eingang und Abfertigung von Objekten, soll das reale Ablaufschema fassbar und somit vorhersehbar gemacht werden. Dadurch können Aussagen über die Wartezeiten, Warteschlangenlängen und die Auslastung an den Bedienstationen gemacht werden. Zur Abhandlung der verschiedensten Problematiken hinsichtlich der unterschiedlichen Eingangs- und Abfertigungsschemen bedient man sich einer Menge unterschiedlich entwickelten Warteschlangenmodellen.⁹⁰

Simulationsmodelle

Mithilfe der Simulation können komplexe System auf ihre Auslegung und Optimierung hin analysiert werden. Im Prinzip ist es eine Nachbildung des realen Systems in einem Modell. Unter den verschiedensten Simulationsbedingungen können daraus Erkenntnisse gewonnen werden, welche sich auf die Realität übertragen lassen. So können beispielsweise Engpässe frühzeitig, noch vor Erstellung des realen Systems, erkannt werden.⁹¹

⁸⁹ vgl. Zsifkovits, H. (2013), S. 73

⁹⁰ vgl. Nyhuis, P.; Wiendahl, H. P. (2010), S. 41

⁹¹ vgl. Nyhuis, P.; Wiendahl, H. P. (2010), S. 49f.

2.7.2 Risiko

Eine der Hauptaufgaben von Instandhaltungsstrategien ist es Gefährdungen, welche sowohl für den Menschen als auch für die Umwelt gelten, zu minimieren. Diese Gefährdungen kommen meist durch unerwartete Fehler des Equipments. Das darin zugrundeliegende Risiko für Ausfälle und den damit verbundenden Gefahren für Mensch und Umwelt versuchen Instandhaltungsstrategien auf ein Minimum zu verringern. Darum ist es wichtig, das Risiko der Anlagen zu erfassen und zu kennen, um mithilfe dieser Kenntnisse geeignete Strategien zu finden und einzusetzen.⁹²

Laut ISO 31000 wird Risiko durch „Auswirkungen von Unsicherheiten auf Ziele“⁹³ mit folgenden Anmerkungen definiert:⁹⁴

- *„Eine Auswirkung stellt eine Abweichung von Erwartungen dar – in positiver und/oder in negativer Hinsicht“*
- *„Die Ziele können verschiedene Aspekte umfassen (z.B. Finanzen, Gesundheit und Sicherheit sowie Umwelt) und auf verschiedenen Ebenen gelten (z.B. strategische, organisationsweite, projekt-, produkt-, prozessbezogene Ziele)“*
- *„Risiken werden häufig durch Bezugnahme auf potentielle Ereignisse und Auswirkungen oder eine Kombination davon charakterisiert“*
- *„Risiken werden häufig mittel der Auswirkungen eines Ereignisses (einschließlich von Entwicklungen) in Verbindung mit der Wahrscheinlichkeit seines Eintretens beschrieben“*
- *„Unsicherheit ist der Zustand, der sich aus dem gänzlichen und teilweisen Fehlen von Informationen, Verständnis oder Wissen über ein Ereignis, seine Auswirkungen oder seine Wahrscheinlichkeit ergibt“*

Um das Risiko analysieren zu können, wurde der Begriff bzw. das Verfahren der Risikoanalyse eingeführt. Die ISO 31000 beschreibt den Begriff der „Risikoanalyse“ wie folgt:

„Prozess zur Erfassung des Wesens eines Risikos und zur Bestimmung der Risikohöhe“⁹⁵, unter den Anmerkungen:⁹⁶

- *„Die Risikoanalyse stellt die Grundlage für die Risikobewertung und Entscheidung über Risikobewältigung dar“*
- *„Die Risikoanalyse umfasst eine Risikoschätzung“*

⁹² vgl. Khan, F. I.; Haddara, M. M. (2003), S. 562

⁹³ Zit. ÖNORM ISO 31000 (2010), S. 6

⁹⁴ Zit. ÖNORM ISO 31000 (2010), S. 6

⁹⁵ Zit. ÖNORM ISO 31000 (2010), S. 11

⁹⁶ Zit. ÖNORM ISO 31000 (2010), S. 11

Risk Based Maintenance

Im Zuge des Risk Based Maintenance, wird in der Literatur Risiko als Produkt von Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit beschrieben. Dabei wird das Schadensausmaß meist als Konsequenzen eines wahrscheinlich auftretenden Schadensfalls quantifiziert. Eine Unterscheidung der Schäden kann auch noch wirtschaftlich, personell und umweltbezogen geschehen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit hingegen gibt das mögliche Auftreten eines Fehlers bzw. einer Störung wieder, wobei, wenn Vergangenheitswerte bekannt sind und diese sich in der Zukunft ähnlich verhalten, auch die Eintrittshäufigkeit als Bezugsgröße herangezogen werden kann.⁹⁷

Vorgehensweise von Risk Based Maintenance

In der nachfolgenden Abbildung werden die Hauptschritte des Risk Based Maintenance grafisch erläutert.

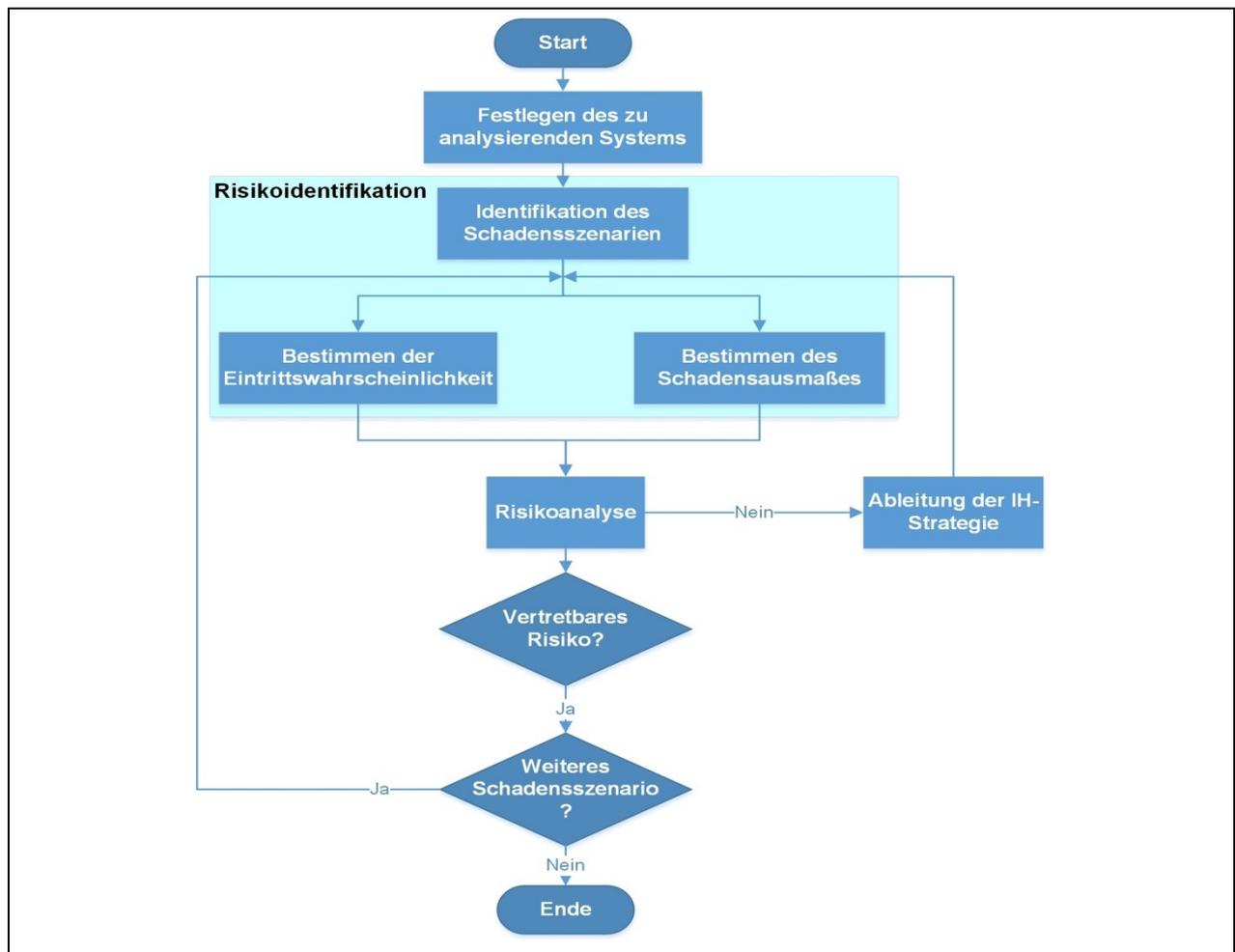


Abbildung 20 - Hauptschritte des Risk Based Maintenance⁹⁸

⁹⁷ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 108

⁹⁸ Quelle: In Anlehnung an Arunraj, N. S.; Maiti, J. (2007), S.655

Im ersten Schritt soll das zu analysierende System festgelegt werden. Hierbei ist es wichtig die Systemgrenzen genau zu definieren.⁹⁹

Ein Gesamtsystem kann sich wiederum in verschiedene Ebenen (siehe Abbildung 21) untergliedern, welche in Serie und/oder parallel miteinander verbunden sein können.¹⁰⁰

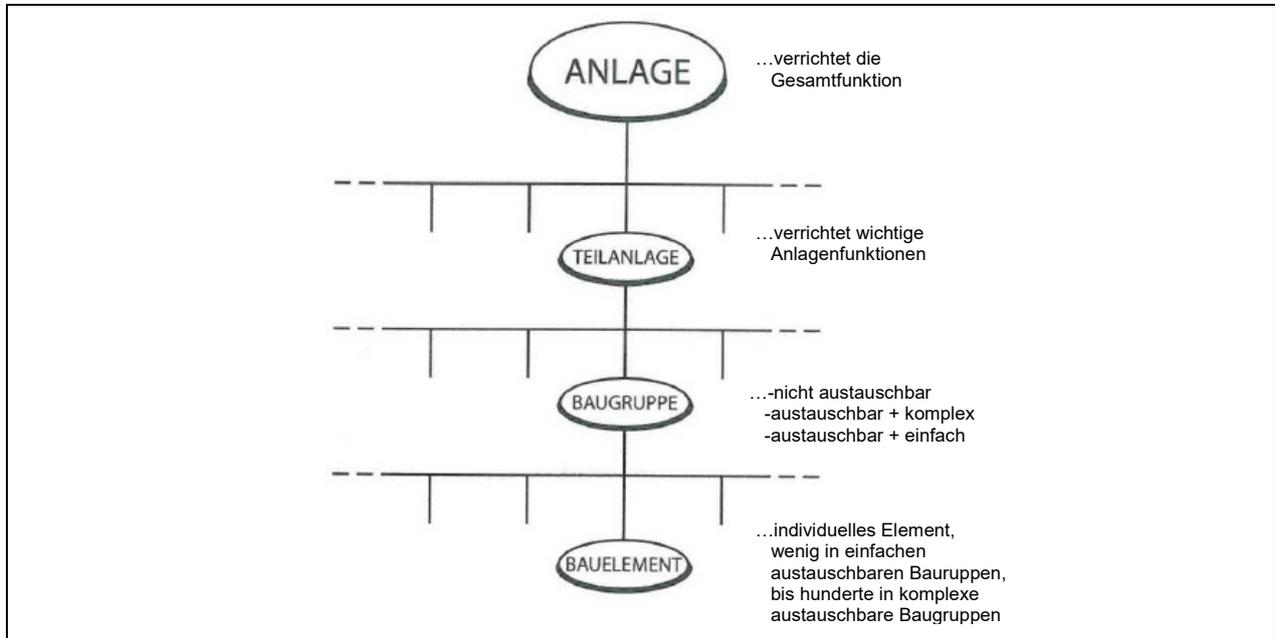


Abbildung 21 - Anlagenhierarchiestruktur¹⁰¹

Der nächste Schritt in der Risk Based Maintenance Vorgehensweise ist die Risikoidentifikation. Diese beinhaltet die Identifizierung der Schadensszenarien, die Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit sowie die Bestimmung des Schadensausmaßes. Zu Beginn der Risikoidentifizierung steht die Ermittlung der Schadensszenarien¹⁰², wobei sich ein Fehlszenario dann ergibt, wenn die Anlage nicht mehr in der Lage ist, die an sie gestellten Anforderungen zu erfüllen.¹⁰³ Hierbei werden die Hauptschäden ermittelt, zu denen die einzelnen Schadensszenarien führen.¹⁰⁴

Darauf aufbauend wird mit der Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit fortgeführt.¹⁰⁵ Für die Ermittlung können Fehlerdaten aus der Vergangenheit herangezogen werden.¹⁰⁶

Mithilfe verschiedenster Techniken, wie z.B. Fehlerbaumanalyse oder Weibullverteilung, können die Wahrscheinlichkeiten berechnet werden.¹⁰⁷

⁹⁹ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 109

¹⁰⁰ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 56f

¹⁰¹ Quelle: Biedermann, H. (2008), S. 57

¹⁰² vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 110

¹⁰³ vgl. Hu, H.; Cheng, G. et al. (2009), S. 393f.

¹⁰⁴ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 110

¹⁰⁵ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 110

¹⁰⁶ vgl. Krishnasamy, L.; Khan, F. et al. (2005), S. 71

¹⁰⁷ vgl. Hu, H.; Cheng, G. et al. (2009), S. 393f.

Sollte eine rein qualitative Bewertung vorliegen, so wird die Wahrscheinlichkeit vordefinierten Kategorien zugeordnet.¹⁰⁸

Ein Beispiel zur qualitativen Bewertung mittels Kategorien zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5 - Beispiel für Bewertungskriterien und Kategorien der Eintrittswahrscheinlichkeiten¹⁰⁹

Ausprägung	Interpretation
Unwahrscheinlich	Der Eintritt des Risikos wird höchstens einmal in 51 Jahren erwartet
Sehr selten	Der Eintritt des Risikos wird bis zu einmal in 50 Jahren erwartet
Selten	Der Eintritt des Risikos wird bis zu einmal in 10 Jahren erwartet
Möglich	Der Eintritt des Risikos wird bis zu einmal in 3 Jahren erwartet
Häufig	Der Eintritt des Risikos wird 3 mal pro Jahr und öfter erwartet

Den abschließenden Schritt in der Risikoidentifizierung macht die Bestimmung des Schadensausmaßes. Hierbei wird zwischen monetärer und nicht monetärer Bewertung unterschieden. Der monetäre Ansatz hat den Vorteil, dass eine gute Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Dimensionsausprägungen besteht. Jedoch kann dies nicht immer angewandt werden, da indirekte Auswirkungen, z.B. auf Märkte, sich nur schwer abbilden lassen.¹¹⁰

Im Instandhaltungsbereich wird vermehrt auf die Ausfallkosten- bzw. Ausfallfolgekosten zurückgegriffen, um wirtschaftliche Schäden zu bewerten.¹¹¹

Basierend auf den zuvor ermittelten Daten wird eine Risikoanalyse durchgeführt. In diesem Schritt wird eine Gegenüberstellung von identifiziertem und akzeptiertem Risiko gemacht. Als Werkzeug liegt hier meistens die Risikomatrix zu Grunde, wobei eine Achse die Eintrittswahrscheinlichkeit und die andere das Schadensausmaß repräsentiert. Des Weiteren kann mithilfe der Risikomatrix eine Priorisierung der verschiedenen Objekte durchgeführt werden.¹¹²

¹⁰⁸ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 110

¹⁰⁹ Quelle: Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 112

¹¹⁰ vgl. Pawellek, G. (2013), S. 134f.

¹¹¹ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 112

¹¹² vgl. Khan, F. I.; Haddara, M. M. (2003), S. 562f.

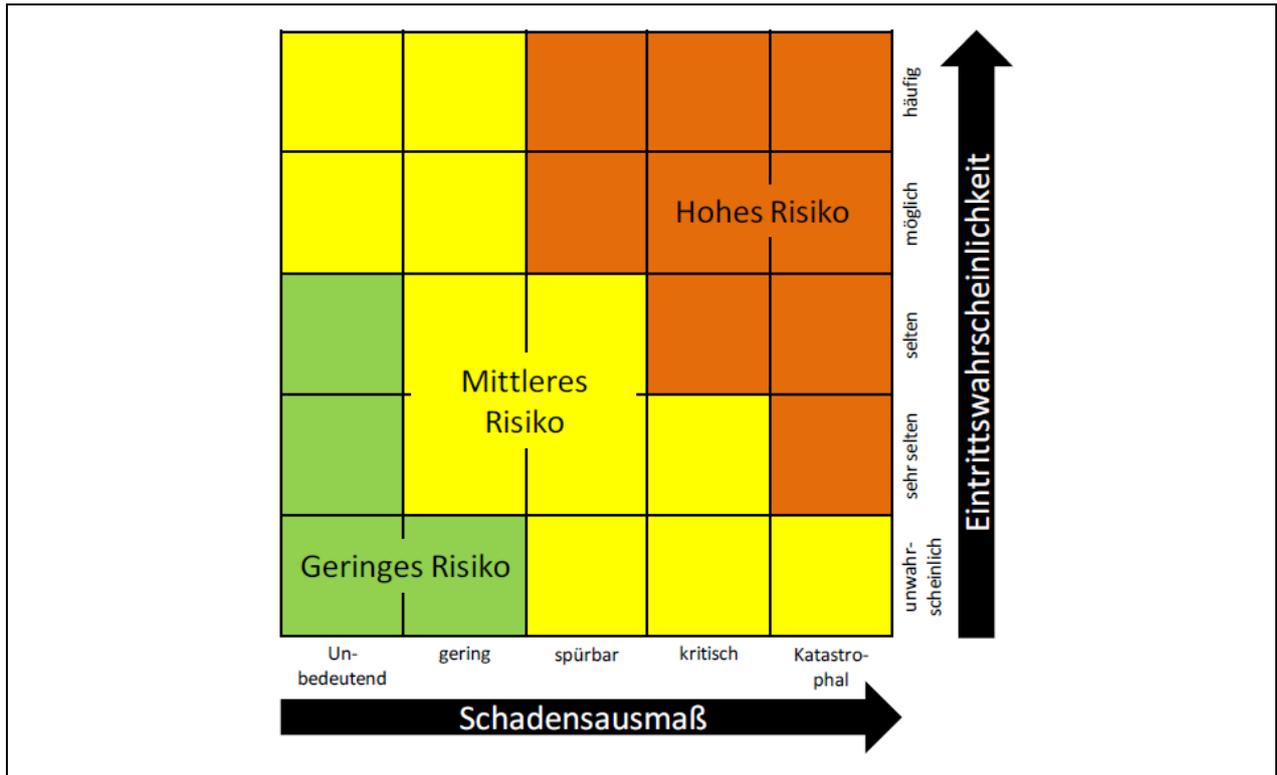


Abbildung 22 - Beispiel einer Risikomatrix¹¹³

Wie Abbildung 22 erkennen lässt, kategorisiert die Risikomatrix die Komponenten in fünf Schadensausmaßkategorien sowie fünf Eintrittswahrscheinlichkeitskategorien. Die Einteilung der verschiedenen Risikobereiche sollte unternehmensspezifisch erfolgen und ist grundsätzlich von der Risikobereitschaft des Unternehmens abhängig.¹¹⁴

Basierend auf den Ergebnissen der Risikoanalyse kann eine Ableitung der IH-Strategie durchgeführt werden¹¹⁵, wobei es verschiedene RBM Ansätze zur Strategiefindung gibt.¹¹⁶

Ein Beispiel für die Zuordnung einer Strategie zum Schadensausmaß und zur Eintrittswahrscheinlichkeit zeigt Abbildung 23.

¹¹³ vgl. Strohmeier, G.; Posch, W. et al. (2004), S. 66

¹¹⁴ vgl. Strohmeier, G.; Posch, W. et al. (2004), S. 60f.

¹¹⁵ vgl. Khan, F. I.; Haddara, M. M. (2003), S. 563

¹¹⁶ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 114

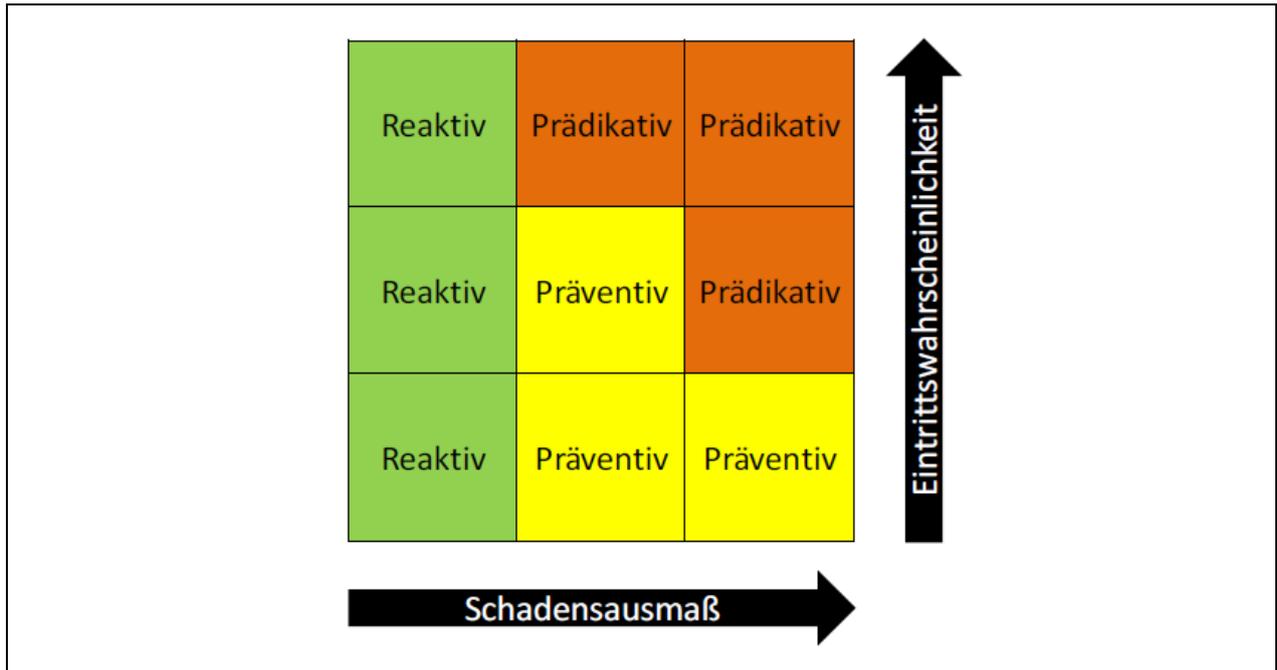


Abbildung 23 - Beispiel einer Risikomatrix mit Zuordnung der Strategieausprägung¹¹⁷

In der zuvor dargestellten Abbildung wird gezeigt, dass in Bereichen mit hohem Risiko vermehrt auf die prädikative Strategie, sprich auf die zustandsorientierte Instandhaltung, gesetzt wird. Der präventive Ansatz findet in den Bereichen des mittleren Risikos Verwendung. Der reaktive, ausfallsorientierte Ansatz der Instandhaltung wird in den Bereichen mit kleinem Schadensausmaß herangezogen.¹¹⁸

Eine Erweiterung der Risk Based Maintenance ist die Bewertung der Anlagen mittels ihres Anlagenindex und einer entsprechenden Kostenanalyse. Mithilfe des Anlagenindex können anlagenspezifische Instandhaltungsstrategieauswahlen durchgeführt werden. Bei der Erstellung des Anlagenindex werden unterschiedliche Bewertungskriterien festgelegt und die Anlagen gemäß dieser Kriterien bzw. Kennzahlen bewertet.¹¹⁹

Die Grundlage bei der Berechnung des Anlagenindex ist eine Ausarbeitung eines Kriterienmodells. Im Zuge dieses sollten Kriterien bzw. Kennzahlen festgelegt werden, welche die Basis für die Berechnung des Anlagenindex darstellen. Die Vorgehensweise zur Entwicklung eines Kriterienmodells kann der Abbildung 24 entnommen werden.

¹¹⁷ Quelle: Sepeda, A. L. (2009), S. 682

¹¹⁸ vgl. Khan, F. I.; Haddara, M. M. (2003), S. 563

¹¹⁹ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 118

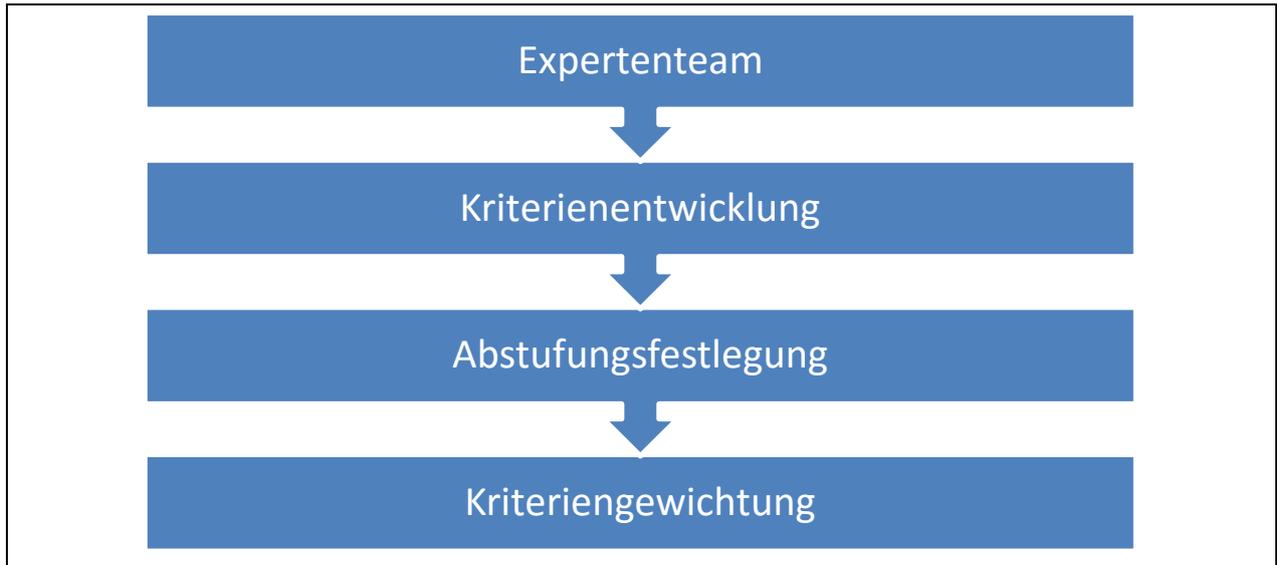


Abbildung 24 - Vorgehensweise zur Erstellung eines Kriterienmodells¹²⁰

Die Bestimmung des Expertenteams stellt den ersten Schritt der Entwicklung des Kriterienmodells dar. Dabei sollte auf eine richtige Zusammenstellung des Expertenteams geachtet werden, um alle relevanten Perspektiven betrachten zu können.

Ist das Expertenteam festgelegt wird mit der Entwicklung der Kriterien bzw. Kennzahlen begonnen. Wichtig hierbei ist, alle relevanten Kriterien, welche für die Unternehmung eine kritische Anlage ausmachen, in den Kriterienkatalog aufzunehmen.¹²¹ Um die Überschaubarkeit und die Komplexität in Grenzen zu halten, sollte von einer Anzahl zwischen 5 und 10 Kriterien ausgegangen werden. Bei der Auswahl der Bewertungspunkte sollte weiter auf die Unabhängigkeit zueinander geachtet werden. Zudem sollten ähnliche Kriterien vermieden werden, da diese den Gesamtindex in eine Richtung verstärken. Weiters ist darauf zu achten, dass keine Kriterien herangezogen werden, bei denen die Bewertung der Maschinen größtenteils gleich ist.¹²²

Eine Auswahl von Kriterien, welche zur Bewertung des Anlagenindex herangezogen werden können, gibt Tabelle 6 wieder.

¹²⁰ Quelle: In Anlehnung an. Kinz, A.; Biedermann, H. (2015), S. 227

¹²¹ vgl. Kinz, A.; Biedermann, H. (2015), S. 227f.

¹²² vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 119

Tabelle 6 - Mögliche Bewertungskriterien für die Bestimmung des Anlagenindex¹²³

Bewertungskriterium
Anlagenkomplexität aus Sicht der IH
IH-Intensität
IH-Kosten
Qualitätsrelevanz
OEE
Auslastung
Störungsanfälligkeit
max. Ausfallzeit der Anlage
Planbarkeit
Erfordernis spezieller Werkzeuge/Know-How
Wertschöpfungsbezug
Leistungsart

Aufbauend auf die Erarbeitung der Kriterien erfolgt im nächsten Schritt die Abstufungsfestlegung. Innerhalb dieses Schrittes werden Abstufungen und Grenzen, meist im Rahmen von drei bis fünf Abstufungen, festgelegt. Eine klare und objektive Definition der Abstufungen sollte dabei eine wichtige Rolle spielen.¹²⁴

Abbildung 25 zeigt ein Fallbeispiel von erarbeiteten Kriterien mitsamt ihrer Abstufungen.

¹²³ Quelle: In Anlehnung an Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 118 und Kinz, A.; Biedermann, H. (2015), S. 228

¹²⁴ vgl. Kinz, A.; Biedermann, H. (2015), S. 228

Objekt 14				
Anlagenkomplexität aus Sicht der Instandhaltung	gering	mittel		hoch
Störungsanfälligkeit	gering	mittel		hoch
max. Ausfallzeit der Anlage	> 3 Tage	8 h - 3 Tage	1h - 8h	5 min - 1h < 5 min
Impact auf Produktionsmenge	keiner	gering	mittel	hoch
Beanspruchungsgrad	gering	mittel		hoch
Einfluss auf die Qualitätskriterien	keiner	gering	mittel	hoch
Auswirkung auf Produktion bei Instandsetzung	keine Auswirkung	Produktions-einschränkung	Stillstand	

Abbildung 25 - Beispiel für Ermittlung des Anlagenindex¹²⁵

Den letzten Schritt der Entwicklung eines Kriterienmodells stellt die Gewichtung der Kriterien dar, wobei diese nicht zwingend notwendig ist.¹²⁶

Mithilfe des berechneten Anlagenindex können, ähnlich der Zuordnung der Strategien aus dem RBM-Ansatz, Instandhaltungsstrategien entwickelt werden. Dabei wird der Anlagenindex als Achsenklassifikation herangezogen werden.

Anschließend an die Ermittlung des Anlagenindex kann eine zusätzliche Kostenanalyse erarbeitet werden. Hierbei wird die verursachungsgerechte Zuordnung der Kosten zu den Analyseobjekten durchgeführt. So wird eine Kostentransparenz geschaffen. Eine Aufschlüsselung der systemrelevanten Kosten stellt das Ergebnis dieser Analyse dar. Nachfolgend sind einige Kostenarten aufgelistet, welche zur Bewertung herangezogen werden können¹²⁷:

- Zentrale Personalkosten
- Dezentrale Personalkosten
- Material-, Ersatzteil- und Reserveteilkosten
- Fremdleistungskosten

¹²⁵ Quelle: In Anlehnung an Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 119

¹²⁶ vgl. Kinz, A.; Biedermann, H. (2015), S. 229

¹²⁷ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 119f.

Aus den gewonnenen Daten der Bestimmung des Anlagenindex und der Kostenanalyse lässt sich dann die Prioritätsmatrix erstellen. Auf der X-Achse wird hierzu der Anlagenindex und auf der Y-Achse die Kosten aufgetragen (siehe Abbildung 26).¹²⁸

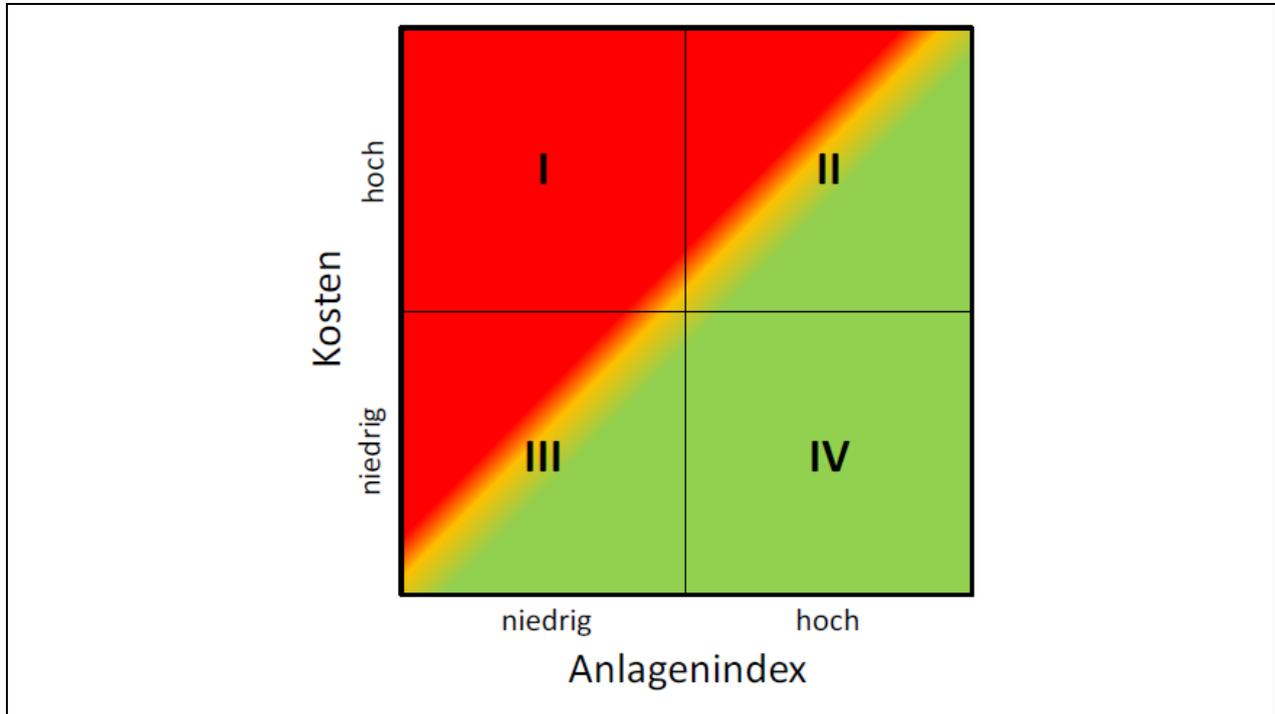


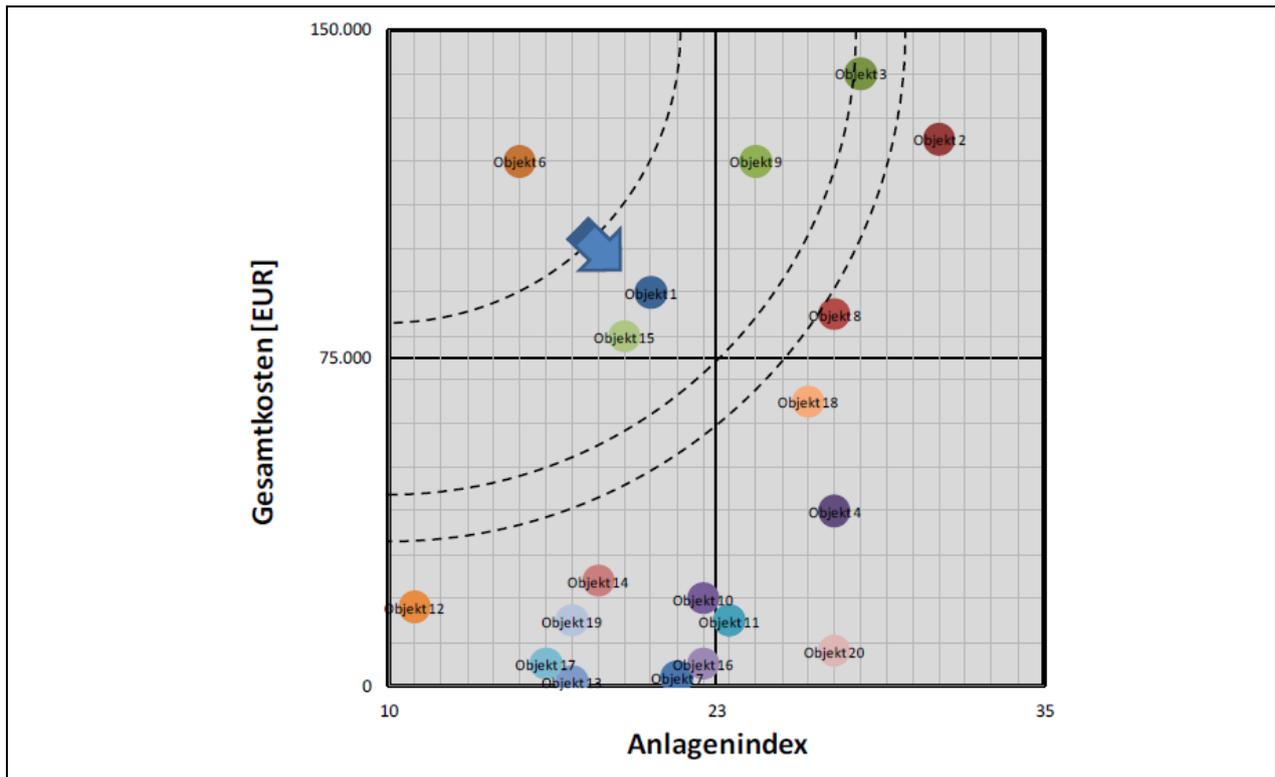
Abbildung 26 - Schematische Darstellung einer Prioritätsmatrix¹²⁹

Hierbei zeigt sich, dass im Quadranten I Anlagen vertreten sind, welche bezogen auf den Anlagenindex weniger kritisch sind aber sehr hohe Kosten verursachen. Der Quadrant IV weist hingegen ein sehr gutes Verhältnis zwischen Anlagenindex und Kosten auf. Sprich die Anlagen mit kritischem Anlagenindex verursachen geringe Kosten. Die Quadranten II und III stellen Übergangsbereiche für die beiden anderen Quadranten dar. Wird eine Diagonale durch die Bereiche gelegt, so weist der Bereich oberhalb der Diagonale eher ein Kosteneinsparungspotential auf, als der Bereich unterhalb. Abbildung 27 zeigt ein Portfolio mit 20 Objekten.¹³⁰

¹²⁸ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 120

¹²⁹ Quelle: Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 121

¹³⁰ vgl. Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 121

Abbildung 27 - Prioritätsportfolio¹³¹

2.8 Aufbauorganisation in der Instandhaltung

Die Aufbauorganisation einer Unternehmung wird allgemein durch die Art der Unterstellung, den Grad der Zentralisierung und den Umfang der Befugnisse, mit dem Ziel der Unterstützung der Ablauforganisation bei der Zielerreichung, gekennzeichnet.¹³²

Für die Instandhaltung speziell bedeutet dies, die Bildung von funktionsfähigen Teileinheiten und die Regelung der Zusammenarbeit zwischen den Instandhaltungsfunktionen, damit die instandhaltungsrelevanten Ziele erfüllt werden. In dieser Art der Strukturierung werden Weisungsbefugnisse zugeordnet und die Einbindung der Unternehmensbereiche in das Gesamtunternehmen vorgenommen.¹³³

Bei der Gestaltung der Aufbauorganisation sollte nach folgendem Grundsatz vorgegangen werden:

„So viel Organisation (und damit Reglementierung) wie notwendig, so wenig Organisation wie möglich.“¹³⁴

Die Instandhaltung kann grundsätzlich in jedes Organisationsmodell einbezogen werden.¹³⁵

¹³¹ Quelle: Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013), S. 122

¹³² vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 303

¹³³ vgl. Pawellek, G. (2013), S. 165

¹³⁴ Zit.: Strunz, M. (2012), S. 540

¹³⁵ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 77

Am häufigsten finden folgende Strukturformen in der Praxis Anwendung¹³⁶:

- Ein-Linien-Organisation
- Stab-Linien-Organisation
- Mehr-Linien-Organisation
- Matrix-Organisation

2.8.1 Ein-Linien-Organisation

Charakterisierend für diese Art der Organisationsform ist die klare Weisungslinie. Anforderungen und Informationen werden immer von oben nach unten, sowie von unten nach oben durchgegeben und durchlaufen stets alle Abteilungen. Abteilungen auf gleicher Höhe müssen daher über die übergeordnete Instanz koordiniert werden.¹³⁷

Abbildung 28 zeigt ein Beispiel einer Ein-Linien-Organisation. Entscheidungen und Anweisungen werden nur entlang der Linien durchgeführt.

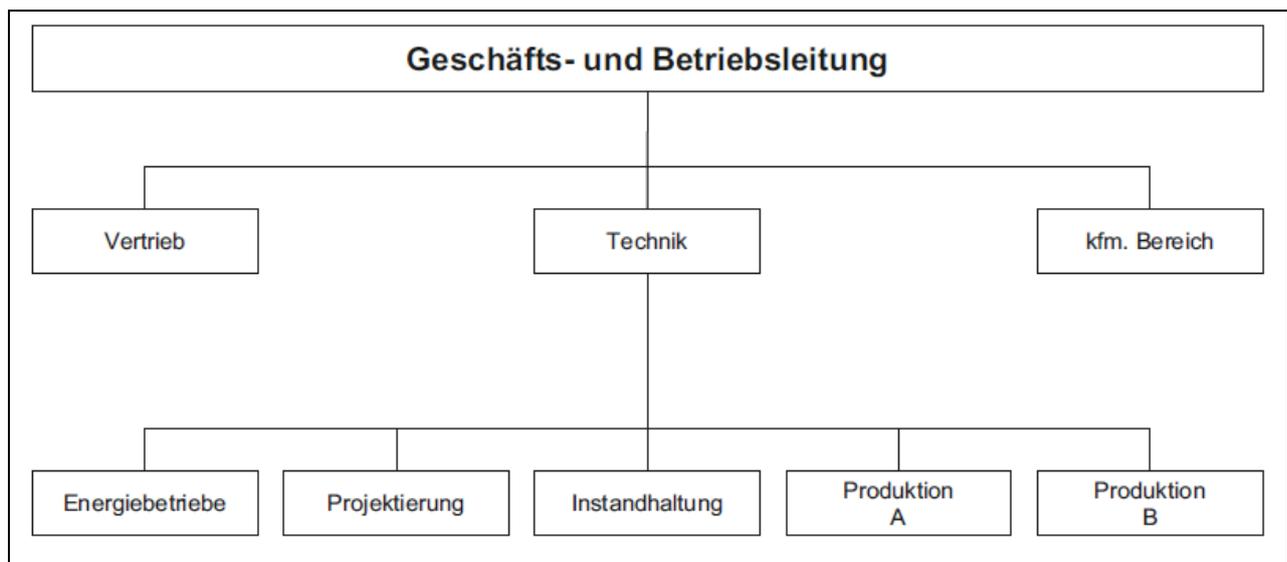


Abbildung 28 - Ein-Linien-Organisation¹³⁸

Vorwiegend findet die Ein-Linien-Organisation in kleinen und mittleren Unternehmen Anwendung.¹³⁹

Diese Organisationsform besteht durch die eindeutigen Kommunikationswege, den einfachen Koordinierungsgrad aufgrund klarer Abgrenzungen, einer schnellen und kompromisslose Entscheidungsfindung und -umsetzung sowie durch Förderung qualifizierter Instanzträger. Diesen Vorteilen stehen einige Nachteile gegenüber. Zum Einen sind die oberen Abteilungen

¹³⁶ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 303

¹³⁷ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 79

¹³⁸ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 305

¹³⁹ vgl. Pawellek, G. (2013), S. 166

oftmals überlastet und zum Anderen entstehen bei großen Unternehmen aufgrund der tiefen Hierachiestruktur lange Kommunikationswege. Zudem kommen noch die Problematiken, dass gleichrangige Instanzen nicht direkt miteinander koordiniert werden können, eine Starrheit der Entscheidungsfindung vorkommt und dass ein geringer Entfaltungsraum der unteren Abteilungen herrscht, hinzu.¹⁴⁰

2.8.2 Stab-Linien-Organisation

Die Stab-Linien-Organisation ist eine Erweiterung der Linien-Organisation um beratende Stellen.¹⁴¹

Diese beratenden Stellen, auch Stabstellen genannt, haben keinerlei Weisungsbefugnis, sondern sind ausschließlich Führungshilfen im Kompetenzbereich der Leistungsinstanzen. Dadurch soll eine Entlastung der Linieninstanz generiert werden.¹⁴²

Stabstellen im Bereich der Instandhaltung befassen sich meist mit folgenden Aufgaben¹⁴³:

- Erarbeiten von Instandhaltungsstrategien
- Personalplanung
- Erarbeiten von Arbeitsplänen
- Erstellung des Instandhaltungsbudgets
- Verwaltung und Pflege des IT-Systems für die Instandhaltung

Die großen Vorteile, welche für diese Art der Organisationsform sprechen, sind die eindeutigen und kurzen Kommunikationswege, die hohe Koordinationsfähigkeit, die erhöhte Entscheidungsqualität durch spezialisierte Stäbe und die quantitative Entlastung der Instanzen durch Stäbe.¹⁴⁴

Nachteilig für diese Organisationsform sind die Starrheit des Systems, Akzeptanzprobleme zwischen Stab und Linie, die unnötige Belastung der Zwischeninstanzen, Auslastungsprobleme der Stäbe und Verlust der Durchsichtigkeit bei Entscheidungen.¹⁴⁵

Des Weiteren verstärken sich die Nachteile mit zunehmender Anzahl an Hierachiestufen. Die Einführung einer Stab-Linien-Organisation ist nur in mittleren und großen Unternehmen sinnvoll, da die Einrichtung und Betreuung von Stabstellen einen erheblichen Mehraufwand bedeutet.¹⁴⁶

Nachstehende Abbildung zeigt eine Möglichkeit der Eingliederung der Stabstelle Instandhaltung.

¹⁴⁰ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 306

¹⁴¹ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 307

¹⁴² vgl. Biedermann, H. (2008), S. 80f

¹⁴³ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 307

¹⁴⁴ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 308

¹⁴⁵ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 82 und Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 308

¹⁴⁶ vgl. Biedermann, H. (2008), S. 82

Aufgrund der Zunahme von Instandhaltungsaufgaben durch den Mitarbeiter direkt am Arbeitsplatz, wird diese Form immer häufiger zum Einsatz kommen. Von der Mehr-Linien-Organisation werden sich eine höchstmögliche Spezialisierung und kurze Kommunikationswege versprochen. Weitere Vorteile stellen die große Koordinationsfähigkeit, eine qualitative Verbesserung der Entscheidungsfindung und -umsetzung aufgrund Spezialisierungen in der Leitungsaufgabe, die Berücksichtigung der speziellen Fähigkeiten und Kenntnisse sowie qualitative Entlastung der Leistungsspitze dar. Zu den Nachteilen zählen der große Informations- und Kommunikationsaufwand, die Anfälligkeit für Kompetenzkonflikte, die Abgrenzungsproblematik der Instanzen aufgrund der starken Interdependenzen, widersprüchliche Entscheidungen infolge Konkurrenzverhalten der Fachbereiche, was eine zeitaufwändige Gesamtentscheidungsfindung zufolge hat, und die große Anzahl der Mitarbeiter für Leitungsaufgaben.¹⁵¹

2.8.4 Matrix-Organisation

Die Matrix-Organisation ist eine zweidimensionale Verknüpfung einer objektorientierten Organisation und einer funktionsorientierten Organisation, die formal einer Matrix gleichen (siehe Abbildung 31).¹⁵²

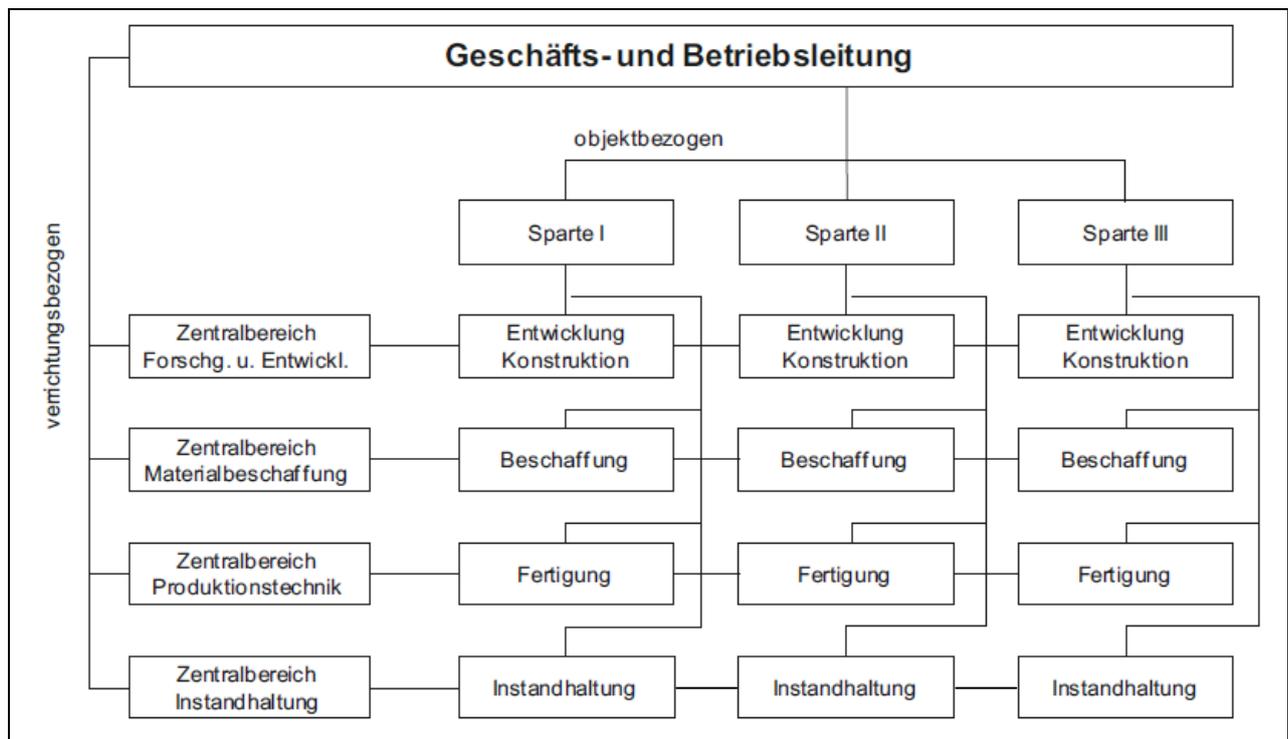


Abbildung 31 - Matrix-Organisation¹⁵³

¹⁵¹ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 308ff.

¹⁵² vgl. Biedermann, H. (2008), S. 86

¹⁵³ Quelle: Pawellek, G. (2013), S. 169

Der objektorientierten Bereich hat die Aufgabe zu entscheiden, *was* ausgeführt werden soll. Dagegen beschäftigt sich der funktionsorientierte Bereich mit der Frage, *wie* etwas ausgeführt werden soll.¹⁵⁴

In der Regel ist eine Eingliederung der Instandhaltung in eine Matrix-Organisation nur in großen Unternehmen sinnvoll.¹⁵⁵

Tabelle 7 beinhaltet die Vor- und Nachteile der Matrix-Organisation.

Tabelle 7 - Vor- und Nachteile der Matrix-Organisation¹⁵⁶

Vorteile	Nachteile
Unkomplizierte und kurze Kommunikationswege	Großer Informations- und Kommunikationsbedarf
Hohes Problemlösungspotential durch Kompetenzüberschneidungen	Problematische Kompetenzabgrenzungen
Möglichkeit zum personellen Ausgleich	Erschwerte Entscheidungsfindung durch Kompetenzüberschneidungen
Entlastung der Führungsinstanzen	Relativ hoher Organisationsaufwand zur Koordinierung
Hohe Entscheidungsqualität durch Spezialisierung	Große Anzahl an Leitungspersonal
Wissen- und Erfahrungsausgleich	Spartenziele werden oftmals höher angesiedelt als Unternehmensziele

2.9 Ablauforganisation der Instandhaltung

Die in der Ablauforganisation zielführende Aufgabe ist die Gestaltung des räumlich-zeitlichen Zusammenhangs von Mensch, Betriebsmittel und Arbeitsgegenstand. Grob gesagt ist die Ablauforganisation verantwortlich für die Gestaltung des organisatorischen Ablaufs.¹⁵⁷ Zusammen mit der Unternehmensführung ist die Ablauforganisation zuständig den Ablauf der Umsetzung von Entscheidungen sowie die Aktivitäten der Mitarbeiter in der Instandhaltung geordnet durchzuführen. Unter Berücksichtigung der Regeln, welche in der Aufbauorganisation festgelegt sind, soll die Ablauforganisation die einzelnen Arbeitsverrichtungen in der Instandhaltung planen, regeln und steuern. Grundlage hierfür bilden die aus den Informationssystemen erarbeiteten Planungsdaten. Dadurch ist es der Instandhaltungsplanung möglich die zeitliche Abfolge von Prozessen sowie deren räumliches Zusammenwirken von Mensch, Maschine, Material, Hilfsstoffen und Energie zu organisieren.¹⁵⁸ Weiters soll die

¹⁵⁴ vgl. Pawellek, G. (2013), S. 167

¹⁵⁵ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 309

¹⁵⁶ vgl. Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992), S. 311 und Biedermann, H. (2008), S.87f.

¹⁵⁷ vgl. Rötzel, A. (2001), S. 18ff

¹⁵⁸ vgl. Strunz, M. (2012), S. 7 und Strunz, M. (2012), S. 60f.

Ablauforganisation eine höhere Transparenz für einen oft komplexen Tätigkeitsablauf bei hierarchischen Organisationsstrukturen erzielen.¹⁵⁹

Nachstehend werden einige Einflussgrößen aufgelistet, welche die Ablauforganisation berücksichtigen sollte:¹⁶⁰

- Strukturgrößen (z.B.: Funktionsverteilung, Stellengliederung, Art und Umfang der personen- bzw. stellige gebundenen Aufgabenzuordnung)
- Branchenspezifische Einflussgrößen (z. B. branchentypische Anlagen, Ausrüstungen und Einsatzbedingungen (wie Banken, Lebensmittelindustrie, Krankenhäuser, u. a.))
- Strategische Einflussgrößen (z. B. Firmenphilosophie, Objektprioritäten, Qualifikationsplan der betrieblichen Weiterbildung, Instandhaltungsstrategie)
- Kapazitive Einflussgrößen (z. B. vorhandene Arbeitskräfte (Qualifikation, Berufsgruppe), Höhe des Instandhaltungsbudgets, Arbeitsmittelausstattung in der Instandhaltung (z. B. Anzahl und Art der Diagnosemittel))
- Funktionelle Einflussgrößen (z. B. Ausprägung und Beherrschung der Methoden und Verfahren zur Planung und Steuerung von Instandhaltungsmaßnahmen)
- Ablaufbezogene Einflussgrößen (z. B. Arbeitsverfahren und -methoden zur Instandhaltungsdurchführung)
- Ökonomische Einflussgrößen (z. B. Instandhaltungskostenrechnung, Kostenstellenstruktur, Inventarisierung der Anlagen und Ausrüstungen)
- Zeitliche Einflussgrößen (z. B. Planzeiten in der Instandhaltung, Ausfallzeiten, Instandhaltungszyklen)
- Gesetzliche Einflussgrößen (z. B. Überwachungs- und Prüfanforderungen wie TÜV, DVGW u. a.; Gesetze und Technische Richtlinien für Instandhaltungsmaßnahmen wie Störfallverordnung, Druckbehälterverordnung u. a.)
- Informationelle Einflussgrößen (z. B. Verarbeitungsalgorithmen für Instandhaltungsdaten, Informationsmittel in der Instandhaltung wie Belege, DV-Systeme. Differenzierte Betrachtung)

¹⁵⁹ vgl. Rötzel, A. (2001), S. 18ff

¹⁶⁰ vgl. Strunz, M. (2012), S. 545f

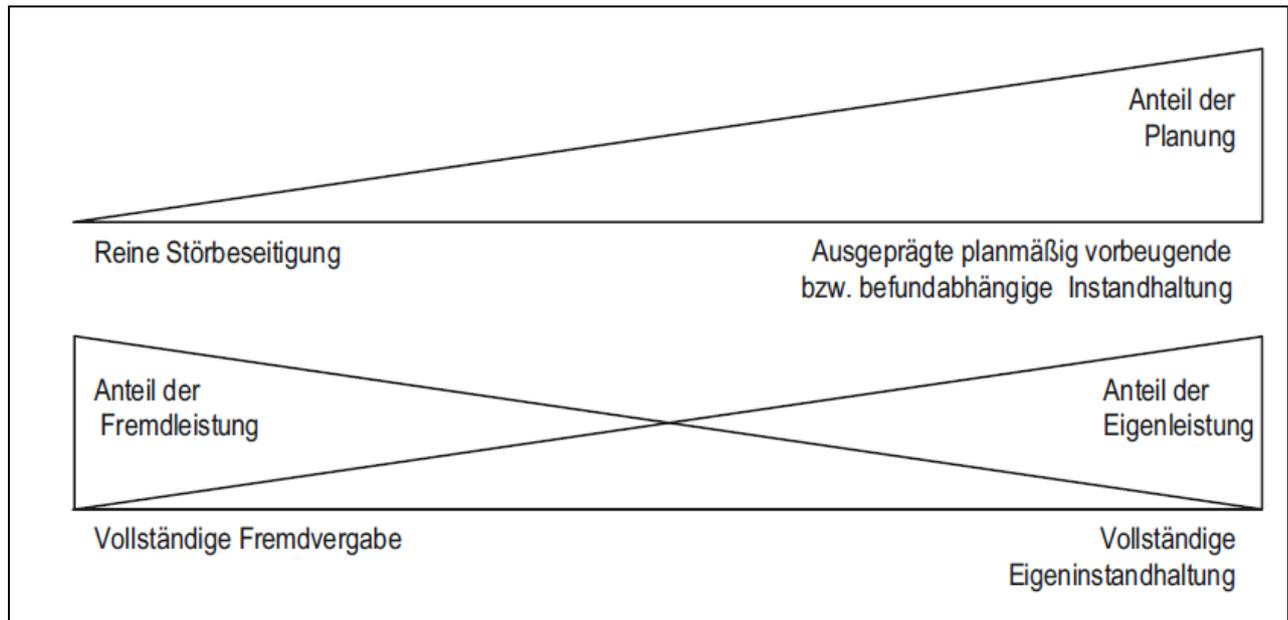


Abbildung 32 - Grad der Differenzierung von Instandhaltungsaufgaben¹⁶¹

Eine differenzierte und unternehmensspezifische Betrachtungsweise der Organisationsentwicklung ist aufgrund der Vielfalt und Komplexität der Einflussgrößen und ihrer Wechselwirkungen zueinander erforderlich. Durch die unterschiedliche Intensität der Einflussgrößen in der Unternehmung kommt es zu einer Vielfalt von Varianten der Ablaufvorgänge in der Instandhaltungsorganisation (siehe Abbildung 32).¹⁶²

¹⁶¹ Quelle: Strunz, M. (2012), S. 546

¹⁶² vgl. Strunz, M. (2012), S. 546

3 Fallstudie RHI AG

In der praktischen Fallstudie werden die Ergebnisse der Recherchen und Arbeiten bei der RHI AG aufgezeigt. Zu Beginn wird das Unternehmen am Standort Veitsch sowie das interne TPM-Konzept der RHI (INGO) kurz erklärt. Des Weiteren wird die Erhebung des Ist-Zustandes der Instandhaltung aufgezeigt. Diese beinhaltet die instandhaltungsrelevante Gliederung der Bereiche, die Planung und Abwicklung, die Aufbauorganisation und die Analyse des SAP-ERP-Systems. Neben der Ist-Zustandserhebung werden die Ergebnisse der Engpassanalyse innerhalb dieses Kapitels erläutert. Mittels der Engpassanalyse konnten die instandhaltungsspezifischen Engpassaggregate herausgefiltert und in der darauf aufbauenden Strategiewahl wurde für die Anlagen eine geeignete IH-Strategie ausgewählt. Eine Kostenanalyse des Bereiches Steinfabrik stellt den Abschluss dieses Kapitels dar.

3.1 Das Unternehmen RHI AG - Standort Veitsch

Der Produktionsstandort Veitsch der RHI AG ist grundsätzlich in drei Hauptbereiche gegliedert: Zerkleinerung, Massenfabrik und Steinfabrik. Hierbei ist zu beachten, dass die Bereiche Zerkleinerung und Massenfabrik, aufgrund der gemeinsamen Verantwortungsbasis hinsichtlich Produktionsplanung, Instandhaltungsplanung, usw., als ein Bereich gesehen werden müssen. In dieser Arbeit werden diese zwei Teilbereiche jedoch getrennt beschrieben. Des Weiteren ist zu beachten, dass es mehrere kleinere Produktionen gibt, welche sich instandhaltungs- und produktionstechnisch unter der Verantwortung der Massenfabrik und der Kornfraktionierung befinden. Zu diesen „Nebenproduktionen“ zählen die Bruchanlage, die C-Massen, die Erzanlage, das Mahlwerk und die Z-Sinter Anlage.

Die Zerkleinerung bildet den ersten Schritt des gesamten Produktionsprozesses. Hier werden die Ausgangsmaterialien, sprich die verschiedenen Sinter, angeliefert und durch unterschiedliche Sieb- und Zerkleinerungsanlagen für die weiteren Schritte in die gewünschten Körnungen gebrochen bzw. gemahlen. Die Bereiche Massenfabrik und Steinfabrik stellen die zwei Produktarten der RHI Veitsch dar und sind unabhängig voneinander. Lediglich den vorgelagerten Zerkleinerungsbereich haben diese beiden gemeinsam. In der Massenfabrik werden Mischungen laut Rezeptur des Kunden erzeugt und entweder in Säcken oder BigBags abgefüllt bzw. in Silo-LKWs verladen. In der Steinfabrik wird zwischen pechgebundenen und gebrannten Steinen unterschieden. Die verschiedenen Mischungen werden mittels hydraulischen Pressen in Form gebracht und anschließend einem Wärmebehandlungsprozess unterzogen. Bei den pechgebundenen Steinen geschieht dies in einem Temperofen bei einer Temperatur von ca. 300 °C. Die gebrannten Steine werden einer wesentlich höheren Temperatur ausgesetzt. Im Tunnelofen bei ca. 1430 – 1750 °C werden die Steine gebrannt. Anschließend an die beiden Wärmebehandlungen werden die Steine geprüft und versandfertig gemacht.

3.2 RHI spezifisches TPM-Konzept (INGO)

INGO steht für „Instandhaltung gemeinsam optimieren“ und ist die spezifizierte Ausprägung des TPM-Konzeptes der RHI am Standort Veitsch. Besonderen Wert legt dieses Konzept auf die Einbeziehung aller Mitarbeiter, welche durch ihre Erfahrungen und produktionsnahe Sicht Verbesserungspotentiale erkennen und somit zur Verbesserung der Prozesse beitragen können. Dadurch können aufwändige Neuinvestitionen vermieden werden.¹⁶³

Abbildung 33 zeigt das INGO-Konzept des Standortes Veitsch.

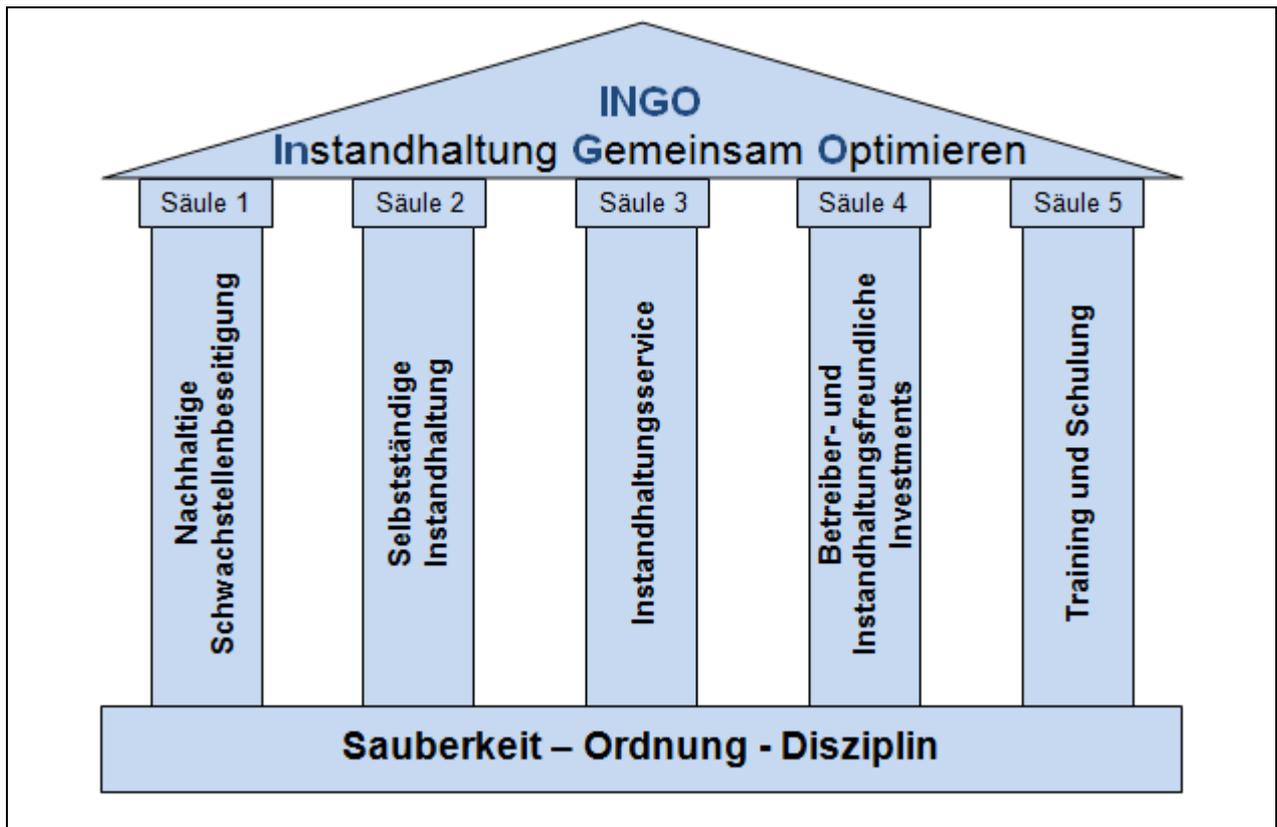


Abbildung 33 - INGO-Konzept¹⁶⁴

Säule 1: Nachhaltige Schwachstellenbeseitigung

Dieser Säule ist gleichzusetzen mit dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess und hat die systematische Beseitigung von Schwerpunktproblemen zum Ziel. In Abbildung 34 werden die Schritte, welche in diesem Teilbereich durchgeführt werden sollen, erläutert, wobei sich die Schritte 2-6 permanent wiederholen und damit den ständigen Verbesserungsprozess darstellen.¹⁶⁵

¹⁶³ vgl. RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 4

¹⁶⁴ Quelle: RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 5

¹⁶⁵ vgl. RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 8

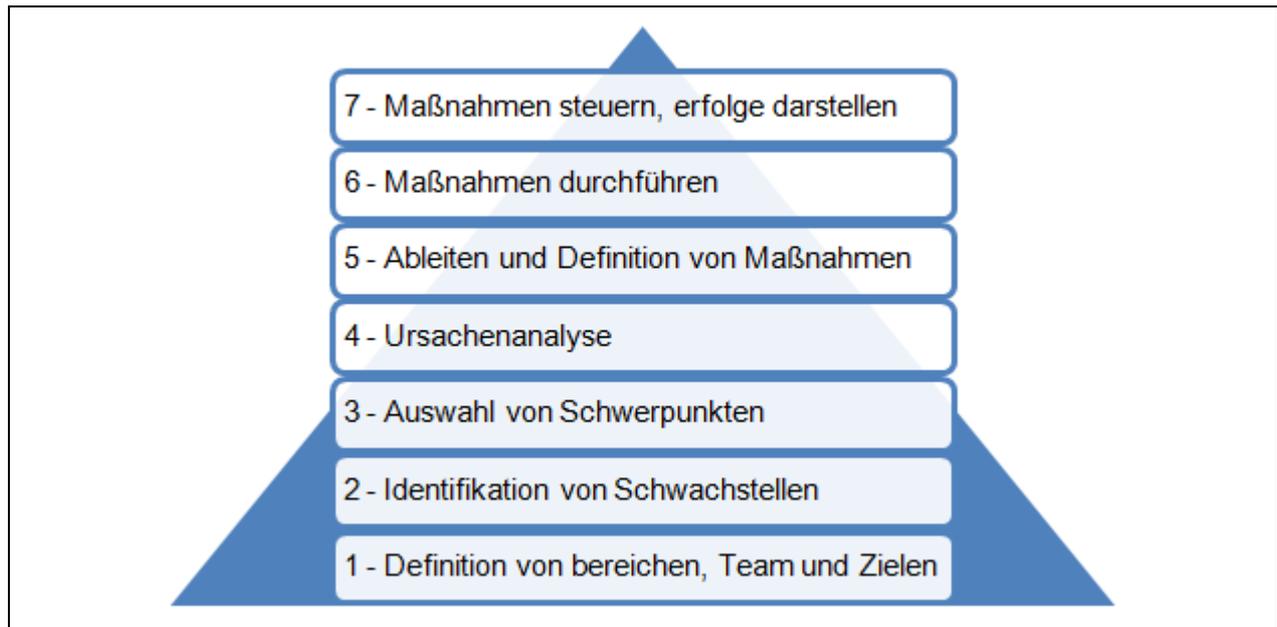


Abbildung 34 - Säule 1: nachhaltige Schwachstellenbeseitigung¹⁶⁶

Säule 2: Selbstständige Instandhaltung

Die Zielsetzung dieser Säule setzt auf die Erhöhung der Anlageneffizienz durch optimale Arbeitsplatzbedingungen, technisches Verständnis der Bediener für ihre Anlagen und optimale Aufteilung der IH- Tätigkeiten. Die IH-Tätigkeiten umfassen folgende Punkte:¹⁶⁷

- Sicherheit, Ordnung, Ergonomie und Sauberkeit am Arbeitsplatz
- Verständnis für die Devise „Reinigung = Inspektion = Wartung“
- Einführung von Bediener RIW-Plänen (Reinigungs-, Inspektions- und Wartungspläne)
- Schulung der Anlagenbediener hinsichtlich technischem Maschinenverständnis und Störungsbeseitigung
- Behebung von Kleinstörungen durch Anlagenbediener
- Übernahme der Verantwortung für die Betriebsmittel durch den Anlagenbetreiber (Fertigungslinie)

Die nachstehende Abbildung zeigt die Schritte zur Durchführung der selbstständigen Instandhaltung, welche bei der praktischen Einführung zum Teil fließend ineinander übergehen und parallel zueinander ablaufen.

¹⁶⁶Quelle: In Anlehnung an RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 8

¹⁶⁷ vgl. RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 17

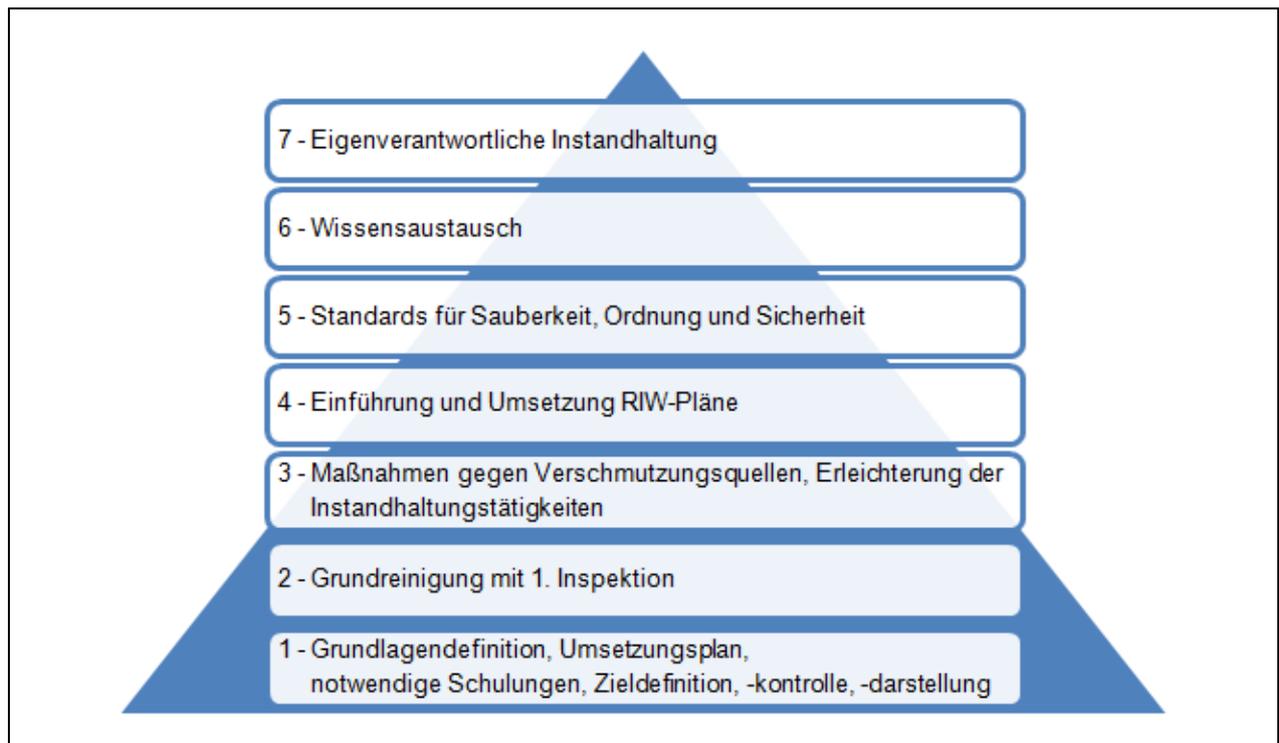


Abbildung 35 - Säule 2: selbstständige Instandhaltung¹⁶⁸

Säule 3: Instandhaltungsservice

Bestandteil der Säule 3 ist die prozessorientierte Ausrichtung der Instandhaltung durch das RSC-T (Regionales Service Center – Technik). Ziel ist, das Fertigen als Kernprozess im Sinne einer optimalen Wertschöpfung bestmöglich zu gewährleisten und zu unterstützen.¹⁶⁹

Dieser Prozess besteht aus sieben Schritten, welche in Abbildung 36 abgebildet werden.

¹⁶⁸Quelle: In Anlehnung an RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S.17

¹⁶⁹vgl. RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 32

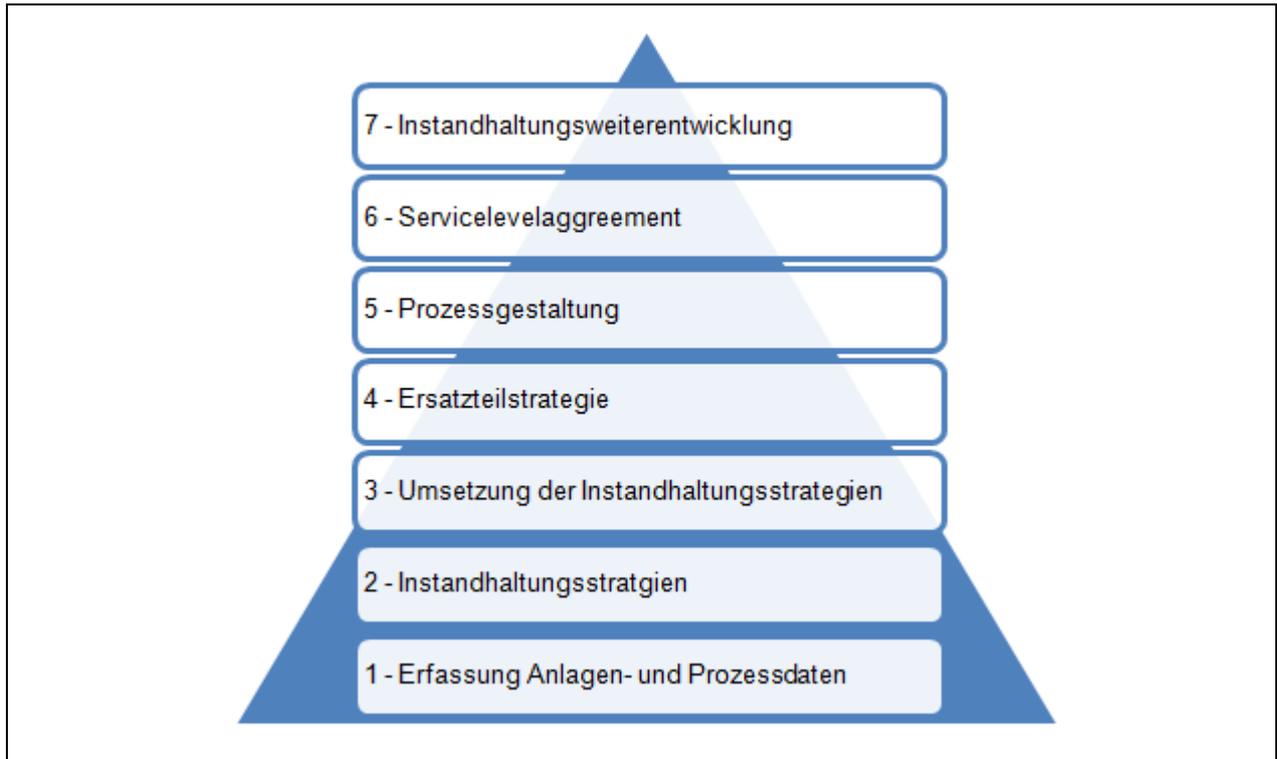


Abbildung 36 - Säule 3: Instandhaltungsservice¹⁷⁰

Säule 4: Betreiber- und Instandhaltungsfreundliche Investments

Diese Säule ist ein Leitfaden zur kundenorientierten Abarbeitung von Investitionsprojekten im Rahmen der Projektordnung und Projektarbeit. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen der Mitarbeiter bei der Planung und Durchführung von Investitionen soll die optimale Bedienung und Instandhaltung der Maschinen sowie deren volle Funktionsfähigkeit gewährleistet werden. Sie besteht aus insgesamt sieben Schritten (siehe Abbildung 37).¹⁷¹

¹⁷⁰Quelle: In Anlehnung an RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 32

¹⁷¹ vgl. RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 59

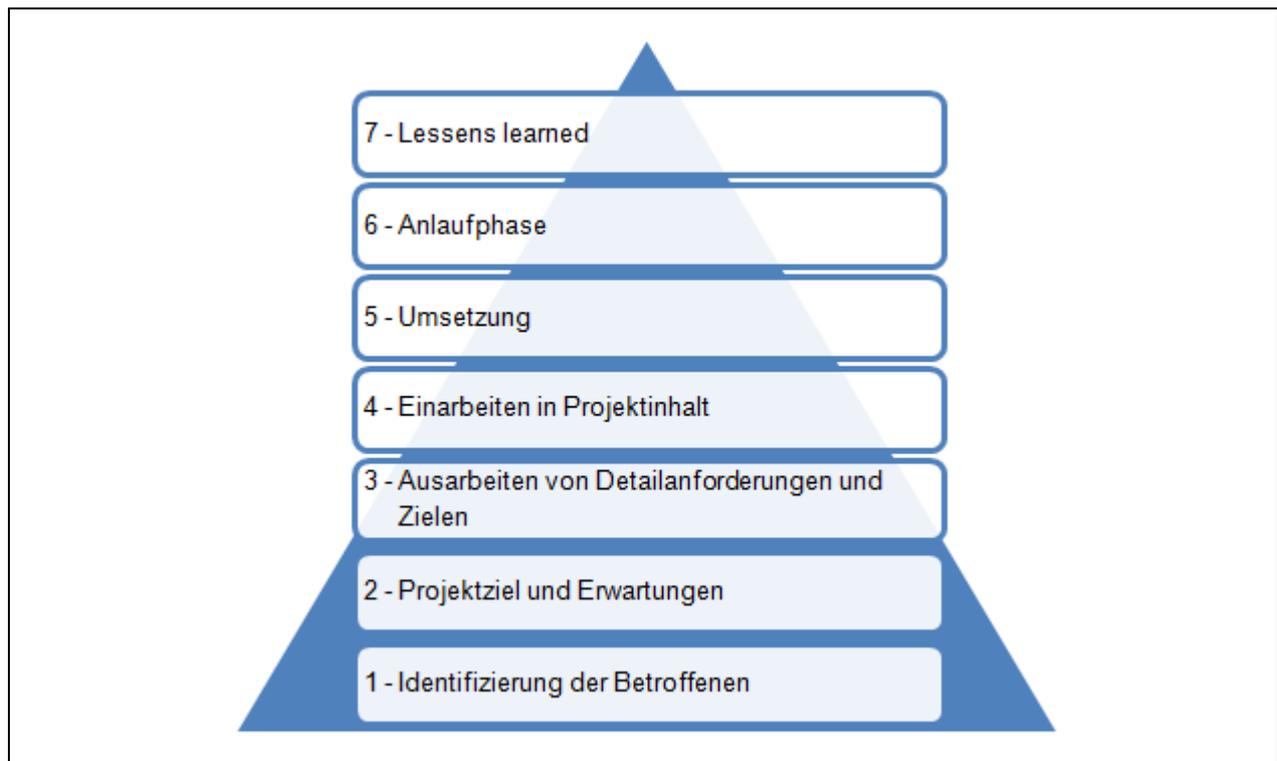


Abbildung 37 - Säule 4: Betreiber- und Instandhaltungsfreundliche Investments¹⁷²

Säule 5: Training und Schulung

In dieser Säule werden die Mitarbeiter hinsichtlich der sich im Rahmen von INGO herbeigeführten Veränderungen geschult, um die neu entstandenen Aufgaben und Arbeitssituationen bewältigen zu können. Als Erfolgsfaktor ist hierbei nicht nur die Vermittlung des persönlichen Nutzens, wie z.B. Arbeitserleichterungen, zu sehen, sondern auch den Mitarbeitern die Angst zu nehmen, neue Dinge auszuprobieren. Die Weiterbildungsmaßnahmen sollen nicht nur technischer Natur sein, sondern auch methodisch und sozial.¹⁷³

3.3 Ist-Zustandserhebung der Instandhaltung

Um den Ist-Zustand der Instandhaltung am Standort Veitsch so gut als möglich erheben zu können, wurden neben den persönlichen Gesprächen mit den Mitarbeitern der verschiedenen Abteilungen auch ein Fragebogen (siehe Abbildung 38) entwickelt, welcher den Mitarbeitern zur Ausarbeitung übergeben wurde. Mithilfe dieses Fragebogens können verschiedene Fragen bzgl. der Instandhaltung, sei es Ablauf, derzeitige Situation, SAP-Problematiken, Engpassanlagen, usw. beantwortet werden, wodurch ein guter Überblick über die Instandhaltung am Standort Veitsch der RHI AG geschaffen werden konnte.

¹⁷²Quelle: In Anlehnung an RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 59

¹⁷³ vgl. RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011), S. 70

Bei der Entwicklung des Fragebogens sollten allgemeine Fragen zur Abwicklung und Planung der Instandhaltungsabteilungen behandelt werden. Zusätzlich wurden Fragen bzgl. Engpassaggregate und möglicher Verbesserungen der Instandhaltungen ausgearbeitet. Nach Erstellung des Fragebogens konnte dieser verschiedenen Personen aus den Bereichen der Technik und Instandhaltung zur Ausarbeitung übergeben werden. Darunter fielen Bereichs- und Gruppenleiter der Fertigungslinien sowie die verantwortlichen Mitarbeiter der Instandhaltungsbereiche. Darüber hinaus wurde der Fragebogen dem Verantwortlichen der Technikabteilung und dem Werksleiter-Stellvertreter übermittelt. Mögliche Fragen der Teilnehmer zu einzelnen Punkten des Fragebogens konnten in einem persönlichen Gespräch behandelt werden. Die gesammelten Antworten aller Fragebögen wurden zusammen mit den persönlichen Gesprächen sowie den Erkenntnissen aus den Werksführungen zur übersichtlichen Darstellung der Ist-Situation der Instandhaltungen verwendet.

Fragebogen Instandhaltung

1. Wie beurteilen Sie die Instandhaltung bis jetzt? (Abwicklung, Durchführung,...)

2. Wie werden die IH-Tätigkeiten in den laufenden Betrieb eingeplant?

3. Wie ist die derzeitige Anbindung bzw. Nutzung des SAP Systems bezogen auf die IH?

4. Wie ist der Ablauf wenn Störungen auftreten?

5. Welche Aggregate sind aus ihrer Sicht besonders wichtig? (Engpassaggregate)

6. Welche Möglichkeiten für eine zustandsorientierte IH sind bei den Anlagen bereits im Einsatz?

Abbildung 38 - Fragebogen Instandhaltung¹⁷⁴

¹⁷⁴ Quelle: eigene Darstellung

3.3.1 Gliederung Instandhaltung

Bei instandhaltungstechnischer Betrachtung werden die Produktionsbereiche des Magnesitwerks Veitsch in zwei mechanische und einen elektrischen Verantwortungsbereiche aufgeteilt. Die Gliederung des mechanischen Instandhaltungsbereichs ist zum Einen der Instandhaltungsbereich Süd, welcher die Massenfabrik, die Zerkleinerung und die in diesen Verantwortungsbereich integrierten Abteilungen beinhaltet und zum Anderen der Instandhaltungsbereich Nord, welcher die Steinfabrik inkludiert. Die elektrische Instandhaltung ist für das gesamte Werk Veitsch verantwortlich, es gibt somit keine Gliederung in Nord und Süd. Aufgrund der personellen, abwicklungstechnischen und organisatorischen Zweiteilung der mechanischen Instandhaltung wurde die Ausarbeitung der Strategien für diese zwei Bereiche getrennt betrachtet. Sämtliche Rückschlüsse und Entscheidungen können auch auf die elektrische Instandhaltung getroffen werden.

In nachstehender Abbildung werden die Instandhaltungsbereiche grafisch am Fließbild der Produktion veranschaulicht.

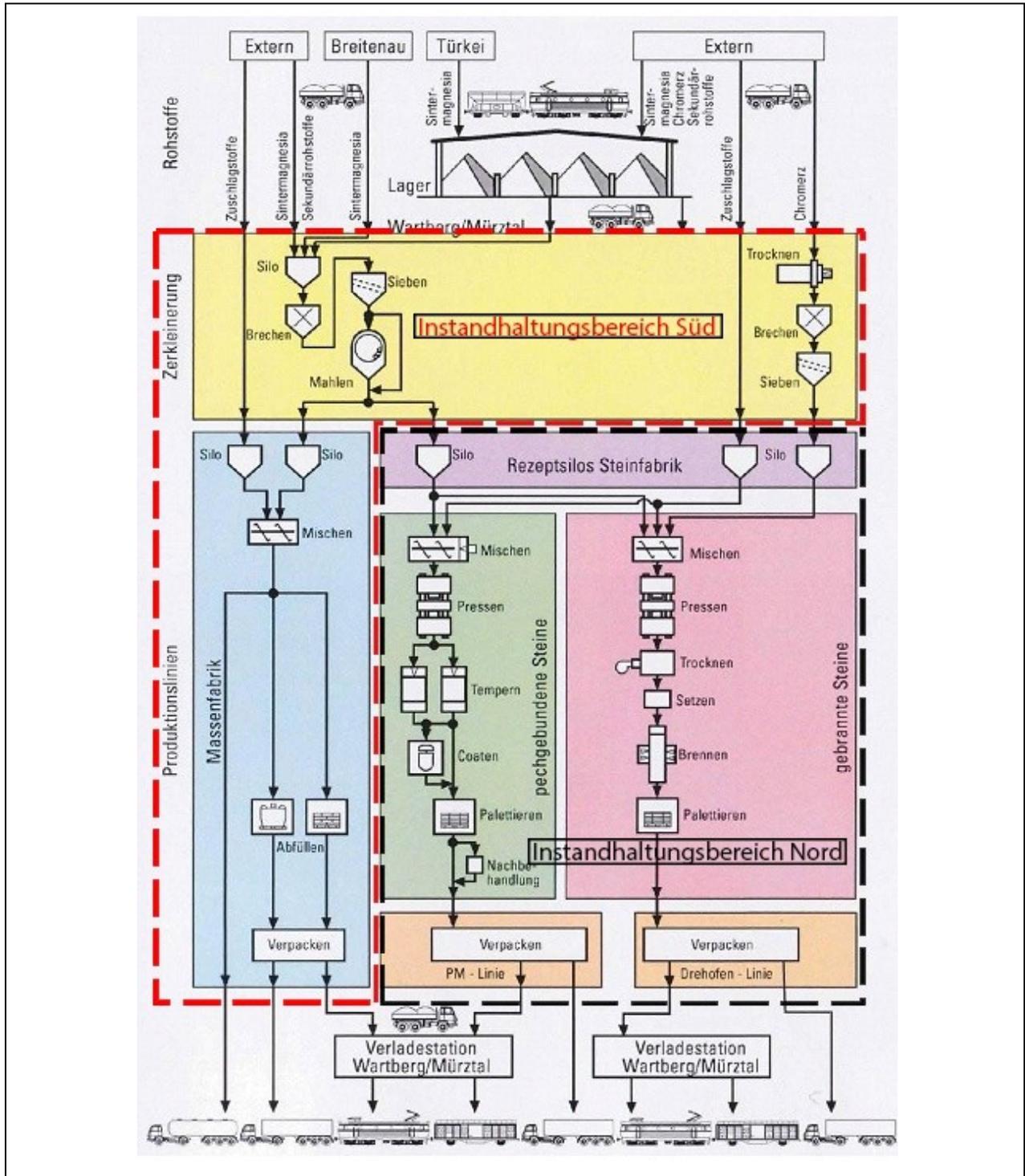


Abbildung 39 - Instandhaltungsbereiche¹⁷⁵

3.3.2 Planung und Abwicklung von Instandhaltungstätigkeiten

In diesem Kapitel werden die Planungstätigkeiten und die Abwicklung der Instandhaltungstätigkeiten in den verschiedenen Bereichen beschrieben. Aufgeteilt wird hierbei

¹⁷⁵ Quelle: RHI AG

in die mechanischen Bereiche, Instandhaltung Süd und Instandhaltung Nord. Zusätzlich wird die Planung und Abwicklung der IH-Tätigkeiten der elektrischen Instandhaltungsabteilung erläutert.

Mechanischer Instandhaltungsbereich Süd

Grundsätzlich wird im Instandhaltungsbereich Süd im Frühschichtbetrieb gearbeitet. Somit können größere Wartungsarbeiten und Störungsbeseitigungen nur in diesem Zeitraum durchgeführt werden. Störungen welche am Vormittag auftreten, werden direkt dem Leiter der Instandhaltungsabteilung Süd mitgeteilt, welcher dann die notwendigen personellen Einteilungen vornimmt. Um kleinere Störungen und Wartungsarbeiten auch in den Nachmittags- und Nachtschichten durchführen zu können, wird ein Inspektionsdienst eingesetzt. Aufgaben die dieser Inspektionsdienst nicht mehr ausführen kann, werden in einer Excelliste notiert, damit diese Arbeiten am nächsten Vormittag abgearbeitet werden können.

Zusätzlich zu den per Anruf und der Excelliste anfallenden Störungsmeldungen kommen Wartungs- und Instandhaltungsaufträge hinzu. Diese Aufträge können auf zwei verschiedene Arten eingehen:

1. Voreingeplante Wartungsaufträge im SAP-ERP System

Die voreingeplanten Wartungen im SAP-ERP System werden nur bei großen Aufträgen bzgl. der Hauptaggregate durchgeführt. Hierbei ist im Vorhinein ein Wartungsauftrag im SAP hinterlegt worden, welcher zum gegebenen Zeitpunkt im System des Instandhaltungstechnikers aufscheint.

2. Selbst eingeplante Aufträge

Bei den selbst eingeplanten Instandhaltungs- und Wartungsaufträgen plant der Instandhaltungsverantwortliche Arbeiten, welche nicht im SAP-System hinterlegt sind, im Vorhinein ein. Dies sind vorwiegend größere Aufträge, welche vorgeplant werden können.

Tritt eine Störung im laufenden Betrieb auf, so werden die verantwortlichen Instandhalter telefonisch kontaktiert und über das Problem informiert. Danach wird die Störungsbeseitigung je nach Dringlichkeit in die Produktion eingeplant. Bei gravierenden Störungen werden die notwendigen Tätigkeiten sofort durchgeführt.

Die Instandhaltungsplanung der verschiedenen Arbeiten wird wöchentlich mit der Produktion abgestimmt und in die laufende Produktion eingeplant. Zusätzlich wird täglich eine Koordinierung der Aufträge und Einteilung der Mitarbeiter zu den Aufträgen vorgenommen, um einen reibungslosen Ablauf zu ermöglichen. Um die Instandhaltungs- und Wartungstätigkeiten in den laufenden Betrieb einbinden zu können, wurde ein Stillstandsplan entwickelt, welcher die einzelnen Anlagen bzw. Bereiche für die Dauer der Wartung stilllegt. Dieser Plan legt die Zeiten für die Bereiche Zerkleinerung, Massenfabrik sowie Steinfabrik fest. Ein Auszug aus dem Stillstandsplan 2015 kann dem Anhang A entnommen werden.

Das große Problem in diesem Bereich der Instandhaltung ist das relativ kleine Zeitfenster für Instandhaltungstätigkeiten, welches für größere Arbeiten nur am Vormittag zur Verfügung steht. Zusätzlich kommt noch das Thema des Personalnotstandes zu tragen. Zu wenig Personal ist vorhanden, um alle anstehenden Tätigkeiten in der zur Verfügung stehenden Zeit zu bewältigen. Somit stapeln sich immer mehr Aufträge und die Abarbeitung der anstehenden Arbeiten wird erschwert.

Mechanischer Instandhaltungsbereich Nord

Im Gegensatz zum Instandhaltungsbereich Süd wird im Instandhaltungsbereich Nord in einem 3- bzw. 4-Schicht Betrieb gearbeitet. Je nach Auftragslage werden die verschiedenen Schichtmodelle in der Instandhaltung Nord praktiziert. Der wöchentliche Produktionsstillstand am Sonntagnachmittag bringt für den Instandhaltungsbereich Nord den Vorteil, dass zu dieser Zeit geplante Instandhaltungs- und Wartungstätigkeiten durchgeführt werden können. Hinzu kommen noch die laut Stillstandsplan geplanten Stillstandszeiten. Da hier in regelmäßigen Abständen Zeit für Instandhaltung zur Verfügung steht, kann im Bereich der Steinfabrik zunehmend auf eine vorbeugende Instandhaltung gesetzt werden, wodurch die Planung der Tätigkeiten vereinfacht wird. Auftragseingänge sind annähernd gleich wie bei der Instandhaltung Süd, wobei über das SAP und die vorgeplanten Aufträge gearbeitet wird. Da in diesem Bereich vermehrt Personal zur Verfügung steht, ist die Problematik des Auftragsstaus nicht so gravierend.

Wie im Instandhaltungsbereich Süd werden Störungen per Handy an die zuständige Stelle weitergegeben und je nachdem wie schwerwiegend die Störungen sind, werden die Tätigkeiten entweder sofort oder bei nicht so dringenden Fällen in die bestehenden Aufträge eingeplant.

Die Instandhaltungsplanung der verschiedenen Tätigkeiten wird in diesem Bereich zum Einen über eine Abstimmung mit der Fertigungsplanung und zum Anderen mittels des vordefinierten Stillstandsplans vorgenommen.

Elektrische Instandhaltungsbereich

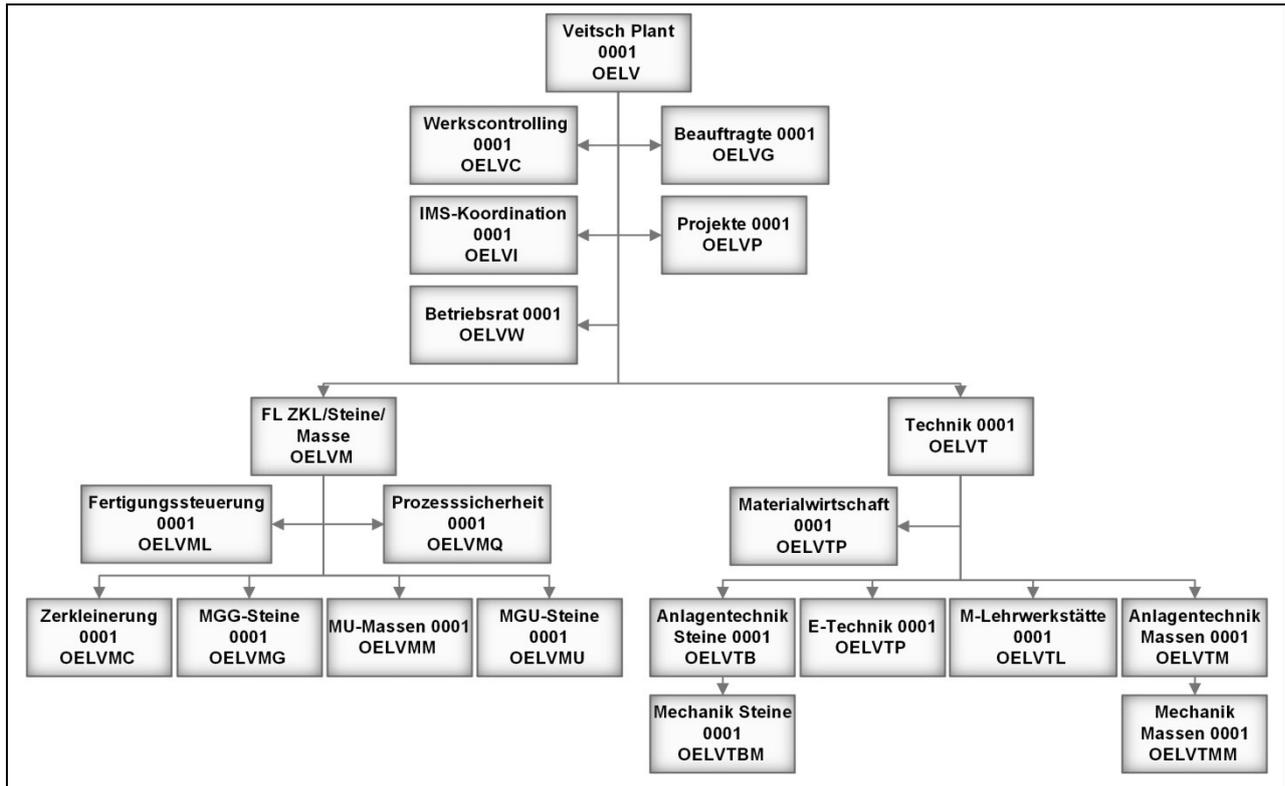
Störungen bzw. Wartungen, welche elektrischen Bauteilen betreffen, fallen in den Verantwortungsbereich der Instandhaltungsabteilung Elektrik. Da in dieser Abteilung nach dem Frühschichtmodell gearbeitet wird, steht dem Instandhaltungsbeauftragten nur zu dieser Zeit die vollständige Mannschaft zur Verfügung. Sollten Störungen außerhalb dieser Zeit auftreten wird ein Inspektionsdienst, ähnlich der Instandhaltung Süd, eingesetzt. Instandhaltungsaufträge können zum Einen über das SAP System, zum Anderen durch E-Mails generiert werden. Zusätzlich werden Instandhaltungstätigkeiten innerhalb von Besprechungen fixiert oder telefonisch mit dem zuständigen Instandhalter besprochen. Die Planung der Instandhaltungstätigkeiten wird ähnlich wie bei den beiden mechanischen Bereichen durchgeführt. Nach Rücksprache mit der Produktion bzw. der Fertigungsplanung und durch Abstimmung mit dem erarbeiteten Stillstandsplan werden die Tätigkeiten in den laufenden

Betrieb eingeplant. Die Abwicklung beim Auftreten einer Störung läuft generell über den Inspektionsdienst bzw. den zuständigen Instandhalter der Frühschicht ab. Dieser wird meist telefonisch über die Störung informiert. Kleinere Störungen werden sofort, sofern es zeitlich möglich ist, beseitigt. Handelt es sich um eine Großstörung wird zusätzlich der Gruppenleiter bzw. der Bereichsleiter über die Störung in Kenntnis gesetzt. Großstörungen, welche nicht durch den Inspektionsdienst beseitigt werden können, werden je nach Dringlichkeit in die bestehenden Aufträge der Frühschicht eingeplant. Die Auftragsbestätigung der Tätigkeiten in der elektrischen Instandhaltungsabteilung geschieht mittels Kontierung im SAP-System.

Problematisch in diesem Bereich ist, dass aufgrund des Frühschichtbetriebes instandhaltungsrelevante Tätigkeiten möglicherweise vor Schichtende nicht mehr vollständig abgearbeitet werden können. Dadurch bleiben die Aufträge bis zum nächsten Tag liegen und es resultiert ein Auftragsstau.

3.3.3 Aufbauorganisation

Wird das Werk Veitsch bzgl. der Aufbauorganisation analysiert, wird schnell klar, dass dieses in einer reinen Linienorganisation mit Stabstellen angeordnet ist. In dieser Organisationsstruktur ist die Weisungsbefugnis entlang der dargestellten Linien erlaubt. Den Stabstellen, wie z.B. der Betriebsrat und das Werkscontrolling, wird eine beratende Position zugesprochen. Das gesamte Organigramm kann der Abbildung 40 entnommen werden.

Abbildung 40 - Organigramm¹⁷⁶

Ausgehend von der Werksleitung teilt sich diese, neben 5 Stabstellen, in den Bereich „Fertigungslinie (FL) Zerkleinerung/Steine/Massen“ und den Bereich „Technik“ auf. Die Abteilung „Fertigungslinie (FL) Zerkleinerung/Steine/Massen“ beinhaltet, wie schon die Bezeichnung deutlich macht, die Produktionsprozesse Zerkleinerung, MGG-Steine, MGU-Steine und die MU Massen. Diese 4 Prozesslinien geben die Produktlinien des Magnesitwerks Veitsch wieder. Für diese Arbeit bedeutend, da die instandhaltungsrelevanten Abteilungen darin enthalten sind, ist der Bereich „Technik“. Dazu zählen die Bereiche „Anlagentechnik Steine“, mit darunter gegliederter Abteilung „Mechanik Steine“ und „Mechanik Massen“, mit dazugehöriger Abteilung „Mechanik Massen“. Dabei fällt die gesamte Steinproduktion, MGG und MGU, in den Bereich „Anlagentechnik Steine“. Die Instandhaltungstätigkeiten der Zerkleinerung und der Massenfabrik werden im Bereich „Anlagentechnik Massen“ zusammengefasst. Diese Bereiche sind für die gesamten mechanischen Tätigkeiten rund um die Instandhaltung, sei es Wartung, Reinigung, etc., verantwortlich.

Zudem sollte angedacht werden, beide Instandhaltungsbereiche zu einem großen Bereich zusammenzuschließen. Dadurch lassen sich die personellen Ressourcen besser einteilen und dem personellen Engpass kann besser entgegengewirkt werden. Zusätzlich könnte auch eine Teilumstrukturierung zu einer Matrixorganisation angedacht werden. Dadurch könnten Informationen schneller und gezielter zu den betreffenden Orten gelangen.

¹⁷⁶ Quelle: RHI AG

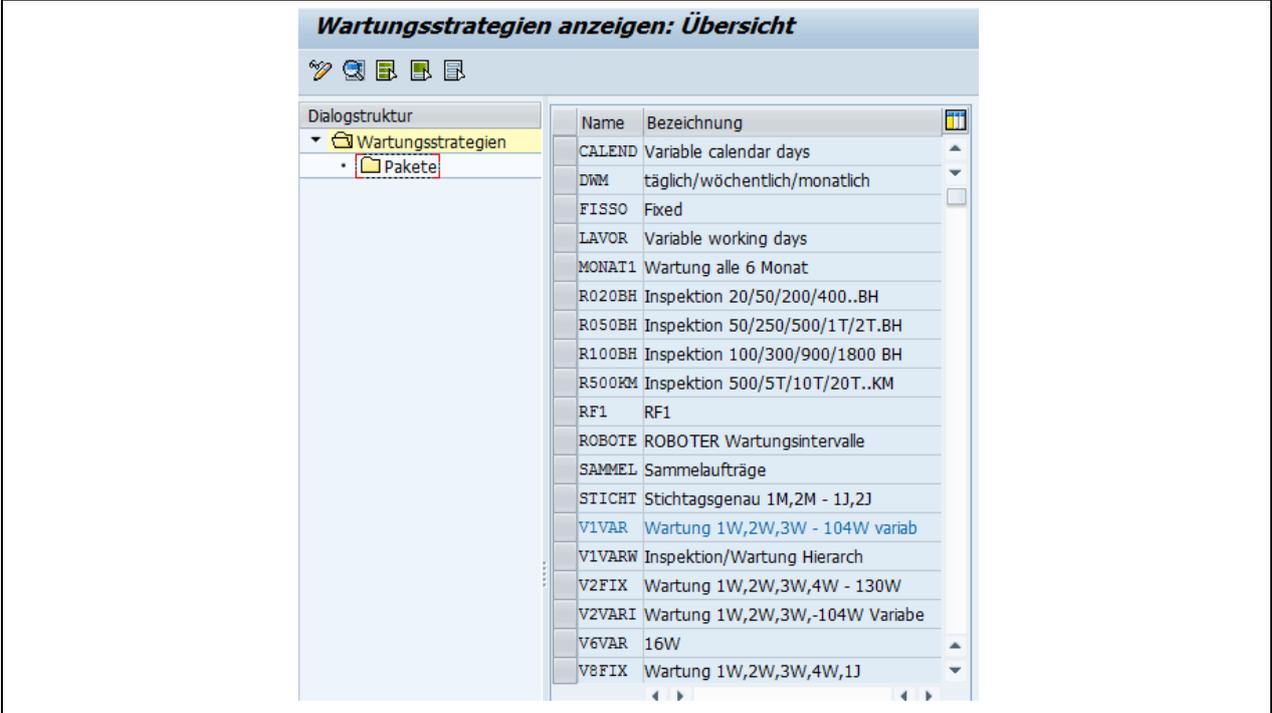
3.3.4 ERP-SAP-System

Vorwiegend wird das SAP System zur Kostenkontrolle herangezogen. Die IH-Aufträge finden im SAP zur Kontierung der Stunden und des Materials Anwendung, wodurch ein eher kostengetriebener Ansatz mittels SAP verfolgt wird.

Im strategischen Bereich wird das SAP-System für die Erarbeitung und Hinterlegung von Wartungsplänen, was nachstehend genauer erläutert wird, verwendet. Diese Wartungspläne können aus dem System automatisch abgerufen werden.

Strategischer Bezug

Um das Instandhaltungsmanagement organisiert verwalten zu können, werden im SAP-System sogenannte Wartungsstrategien eingepflegt, welche der Abbildung 41 entnommen werden können. Diese Wartungsstrategien unterscheiden sich vor allem in ihrer zeitlichen Abfolge. Zusätzlich wird noch zwischen fixen und variablen Strategien unterschieden.



Name	Bezeichnung
CALEND	Variable calendar days
DWM	täglich/wöchentlich/monatlich
FISSO	Fixed
LAVOR	Variable working days
MONAT1	Wartung alle 6 Monat
R020BH	Inspektion 20/50/200/400..BH
R050BH	Inspektion 50/250/500/1T/2T.BH
R100BH	Inspektion 100/300/900/1800 BH
R500KM	Inspektion 500/5T/10T/20T..KM
RF1	RF1
ROBOTE	ROBOTER Wartungsintervalle
SAMMEL	Sammelaufträge
STICHT	Stichtagsgenau 1M,2M - 1J,2J
V1VAR	Wartung 1W,2W,3W - 104W variab
V1VARW	Inspektion/Wartung Hierarch
V2FIX	Wartung 1W,2W,3W,4W - 130W
V2VARI	Wartung 1W,2W,3W,-104W Variabe
V6VAR	16W
V8FIX	Wartung 1W,2W,3W,4W,1J

Abbildung 41 - Überblick Wartungsstrategien¹⁷⁷

Entgegen der variablen Strategie wird bei der fixen Wartungsstrategie kein Verschiebefaktor bzw. keine Toleranz bei Verspätungen oder Verfrühung der Wartungsaufträge einberechnet (siehe Abbildung 42).

¹⁷⁷ Quelle: RHI AG

Abbildung 42 - variable vs. fixe Strategie¹⁷⁸

Weiterführend gibt es eine Verknüpfung zu den hinterlegten Verwendungsnachweisen der jeweiligen Strategie. In Abbildung 43 werden die Verwendungsnachweise aufgezeigt. Ein Verwendungsnachweis gibt an, welche Strategien bei welchen Anlagen eingesetzt werden.

Verwendungsnachweis Strategie			
Wartungsplan			
Wartungsplan	WPlan-Beschreibung	Strategie	Pos.
KUEB--2DU	E-Einricht. Kübelwagen 2	V2VARI	0001
ENERGIE	Revision Elektr. Energieanlagen	V2VARI	0001
SAT-IIDU	E-Einricht. Kübeln für Pressmasse TRANSP.	V2VARI	0001
ANLDU-S5	E-Einricht. Inkl. Schaltwarte Anl. Stfbk	V2VARI	0001
ELB-DU4W	gelöschth. r.Maschinen f. Formenerhaltung	V2VARI	0000
FEUERME	Brandfrühwarnanlage inkl. Sirenenanlage	V2VARI	0001
GYRA--DU	GELöschth. 2.Zerkleinerung (Hazemag, Sie)	V2VARI	0000
NOTBELEU	E-Installation u. Beleuchtung	V2VARI	0001
SCHRU-BR	E-Einricht Brenner Wartung	V2VARI	0004
SCHWEISSL	gelöschtht. Haubenüberziehmaschine	V2VARI	0000

Abbildung 43 - Verwendungsnachweis Strategie¹⁷⁹

Innerhalb des Verwendungsnachweises kann auf den, der Anlage zugeordneten, Wartungsplan zugegriffen werden. Der Wartungsplan stellt eine detaillierte Darstellung und Beschreibung der notwendigen Daten dar, welche zur Durchführung der Wartung benötigt werden. So kann beispielsweise der verwendete Wartungszyklus sowie eine Beschreibung der Tätigkeit

¹⁷⁸ Quelle: RHI AG

¹⁷⁹ Quelle: RHI AG

entnommen werden. Neben dem Zyklus finden sich Informationen über das Objekt, die Planungsdaten und den Arbeitsplatz, wie Abbildung 44 erkennen lässt, wieder.

Wartungsplan anzeigen: Strategieplan 3TO-DU

Wartungsplan 3TO-DU E-Einricht. Rohrmühlanlage 3to

Wartungsplankopf

Zyklen Wartungsplan 23.03.2015 Terminierungsparameter Wartungsplan Zusatzdaten Wartungsplan

Zyklus	Einheit	Text Wartungszyklus	Offset
	4 WCH	4-wöchentlich	0

Position Objektliste Position Standort Position Terminierte Abrufe Position Manuelle Abrufe ...

Wartungsposition 507 Durchsicht 3to Rohrmühle

Bezugsobjekt

Techn. Platz	01-04310-97	Inspektion, Wartung
Equipment	60000312	E-Einricht. Rohrmühlanlage 3to
Baugruppe		

Planungsdaten

Planungswerk	0001 Werk Veitsch	Planergruppe	302 Hr. Schoen
Auftragsart	WP Wartungsauftrag periodisch	IH-Leistungsart	1 Service & Inspektion
Verantw. ArbPl.	EW-4 / 0001 Elektrowerkstatt E...	Geschäftsbereich	0001 Veitsch
Priorität		Abrechnungsvorschrift	
Verkaufsbeleg			

Arbeitsplan

Typ	Plangruppe	PlGrZ	Beschreibung
E	/ 32	/ 1	Durchsicht 3to Rohrmühle

Abbildung 44 - Wartungsplan¹⁸⁰

Zusätzlich kann als Option im Wartungsplan ein Langtext hinterlegt werden. Dieser dient dazu, die genauen Arbeiten, welche am Objekt durchgeführt werden sollen, niederzuschreiben und so eine kleine Checkliste bereitzustellen, die dem Anlageninstandhalter behilflich ist. Ein Beispiel, wie dies bei der 3to Rohrmühle aussieht kann der Abbildung 45 entnommen werden.

¹⁸⁰ Quelle: RHI AG

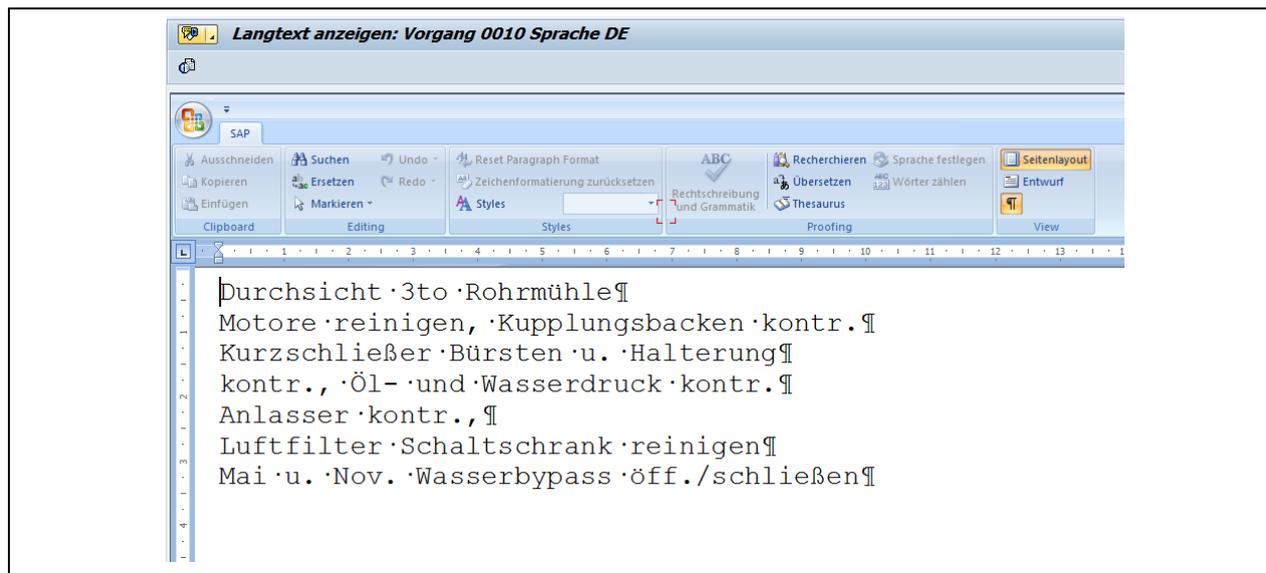


Abbildung 45 - Beschreibung eines Wartungsplanes¹⁸¹

Problematik

Die im SAP hinterlegten Maschinen, samt ihrer Wartungspläne, fanden in den früheren Jahren sehr gute Anwendung. Aufgrund einiger Umbauten an Altanlagen und den zunehmenden Personaleinsparungen wurde das SAP System nicht mehr gepflegt. Demzufolge resultieren große Probleme, da die Anlagen größtenteils nicht auf dem aktuellen Stand sind. Wie in Kapitel 3.3.2 - Planung und Abwicklung von Instandhaltungstätigkeiten beschrieben, gibt es zusätzlich zu diesem System weitere Meldewege, wie ein Instandhaltungsauftrag aufgegeben werden kann. Dies macht es zudem schwieriger eine Übersicht über die Instandhaltungsaufträge zu erhalten. Es werden auch bereichsinterne Listen erstellt, welche die geplanten und geleisteten Tätigkeiten bzgl. Instandhaltung beinhalten. Da die Listen bereichsintern geführt werden, gibt es keine gemeinsame Struktur bzw. Basis der Datenaufbereitung, was eine Auswertung bzw. Analyse der Instandhaltungsdaten erschwert. Zusätzlich gibt es die Problematik, dass es bezogen auf die Auswahl der Wartungspläne für ein bestimmtes Werk zu Schwierigkeiten kommt. Es ist auf Anhieb nicht erkennbar, welcher Plan bzw. welche Strategien in welchen Werken durchgeführt und angewandt werden. Es ist zwar möglich eine Selektion durchzuführen, aber diese ist nicht korrekt bzw. es werden andere Werke ebenfalls dargestellt. Eine Meldung über Instandhaltungstätigkeiten mittels SAP ist zwar vorhanden, wird aber nicht praktiziert.

Alles in allem ist der Ansatz gut und sollte auch weiter im Einsatz bleiben. Es muss jedoch sehr viel Arbeit und Zeit investiert werden, um alle Anlagen auf den neuesten Stand zu bringen. Des Weiteren müssten die Mitarbeiter im Umgang mit diesem System geschult werden, damit eine reibungslose Arbeit durchführbar ist. Zudem wäre es auch sinnvoll, bei so einem System die Ersatzteilstrategie sowie ein einheitliches Störmeldesystem mit einzubeziehen.

¹⁸¹ Quelle: RHI AG

3.4 Ausarbeitung der Instandhaltungsstrategien

Am Standort Veitsch wurde die Ermittlung der instandhaltungsrelevanten Engpassaggregate in einem Workshop durchgeführt. Erster Schritt innerhalb dieses Workshops war die Erfassung aller Anlagen und die materialflusstechnische Anordnung in einem Schema. Aufbauend darauf kam die Bewertung aller Anlagen mit erarbeiteten Kriterien, um so Aussagen über wichtige, instandhaltungsrelevante Anlagen generieren zu können. Der daraus resultierende anlagenspezifische Wert (Anlagenindex) findet anschließend Verwendung in der Strategiefindung. Abschließend werden mithilfe der Kosten weitere Aussagen über die Priorität der Anlagen hinsichtlich der Instandhaltung getroffen. In den nachstehenden Kapiteln wird diese Vorgehensweise genauer erklärt.

3.4.1 Engpassanalyse

Für ein Unternehmen ist es wichtig die Engpassaggregate zu kennen. Vor allem im Bereich der Instandhaltung ist die Kenntnis dieser Anlagen von großer Bedeutung, da dadurch die Strategien, sei es reaktiv, vorbeugend oder zustandsorientiert, gezielt ermittelt werden können. Zur Erstellung des Materialflusseschemas wurden zunächst, mithilfe der Mitarbeiter, die einzelnen Anlagen, welche sich in den jeweiligen Bereichen befinden, eruiert und gemäß dem Produktionsablauf in einem Schema angeordnet. Dadurch können materialflusstechnische Engpässe erkannt werden. Ziel der Engpassanalyse ist es, wichtige Engpassaggregate zu finden und Hilfestellungen für die weitere Vorgehensweise hinsichtlich Umsetzung der Strategien im Unternehmen geben zu können.

Die Engpassanalyse wurde getrennt für die beiden Instandhaltungsbereiche Nord und Süd betrachtet, da deren Arbeitsweisen und Gebiete bereichsmäßig getrennt sind.

Instandhaltungsbereich Süd

Neben den Hauptbereichen Massenfabrik und Kornfraktionierung gliedern sich weitere Bereiche in diesen Verantwortungsbereich unter. Zu diesen zählen die C-Massen, Produktion, die Bruchanlagen, die Erzanlage, die Z-Sinter Produktion und das Mahlwerk. Für jeden einzelnen Bereich wurde ein solches Materialflusseschema erstellt, um mögliche Engpassaggregate zu finden.

In den nachstehenden Erläuterungen wurden nur einige repräsentative Bereiche herangezogen, um die Übersichtlichkeit dieser Arbeit zu erhalten.

Eine Aufstellung der restlichen wichtigen Engpassaggregate aller Bereiche finden sich nach den Ausführungen in Tabelle 8 wieder. Des Weiteren sind die Materialflussdarstellungen der Bereiche, welche nicht genauer erklärt wurden, dem Anhang B zu entnehmen.

Bereich Kornfraktionierung

Zu Beginn wurde der Bereich der Kornfraktionierung analysiert. Nach Erstellung der Materialflussdarstellung (siehe Abbildung 46) ergaben sich die wichtigsten Engpassanlagen. Die so eruierten Anlagen waren der Autoschüttrichter, das Steilförderband und die Rohsinteranlage, welche sich gleich zu Beginn des Materialflusses befinden. Über diese beiden Anlagen wird das gesamte Anlieferungsmaterial befördert und in die Silos eingelagert. Sollte hier ein Problem auftreten, können die Silos nicht mehr beschickt werden und nach Ablauf einer Pufferzeit kommt es zu einem Stillstand des weiteren Produktionsablaufes.

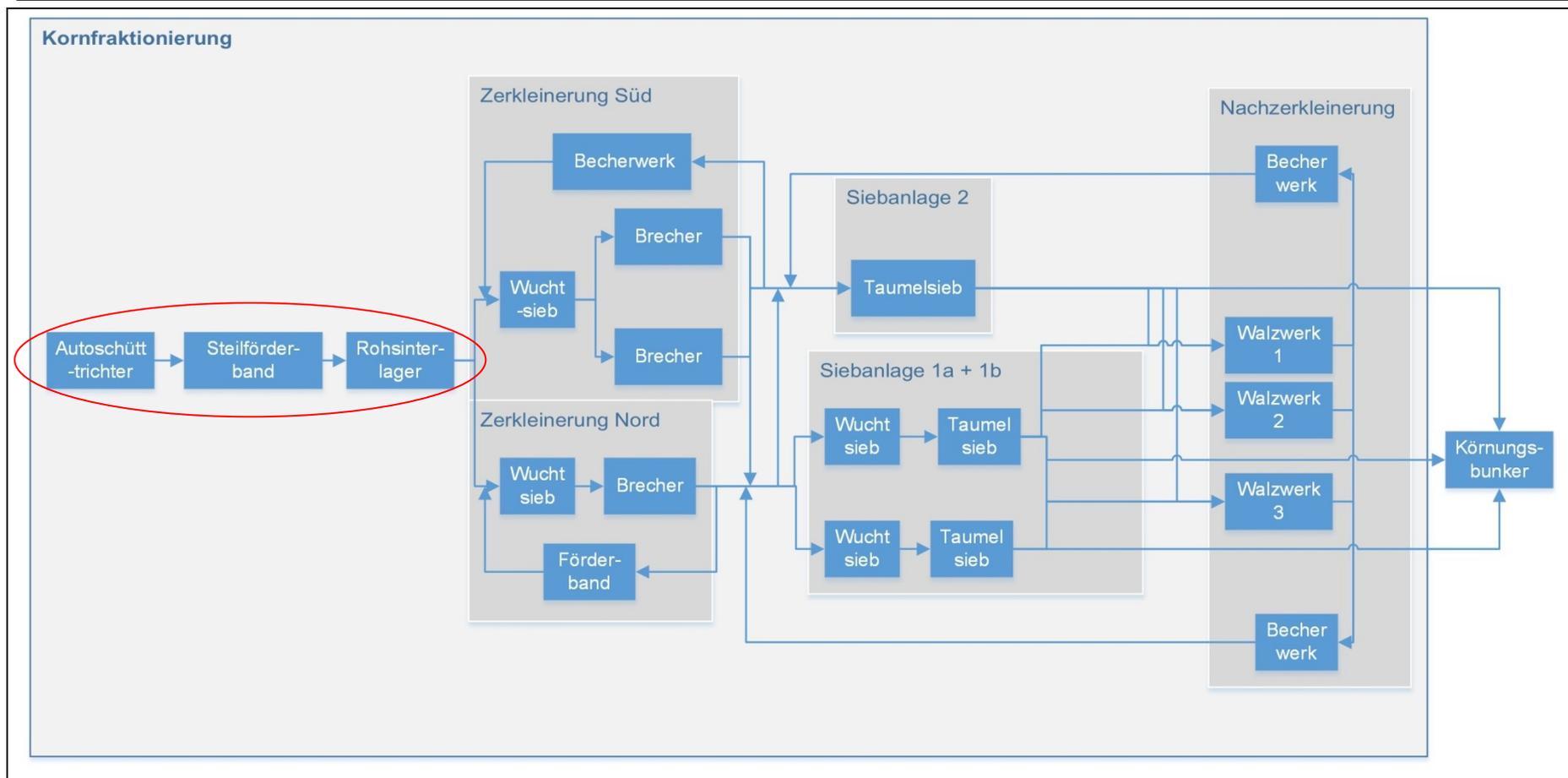


Abbildung 46 - Materialflussdarstellung Kornfraktionierung¹⁸²

¹⁸² Quelle: eigene Darstellung

Bereich C-Massen

Die C-Massen sind ein Endprodukt der RHI AG. Nach genauer Betrachtung der Materialflussdarstellung der C-Massen Produktion ist deutlich ersichtlich, dass sich der Mischer materialflusstechnisch als Hauptengpassaggregat entpuppt. Hier kommen die gesamten Vormaterialien zusammen und werden zu einer homogenen Masse vermischt.

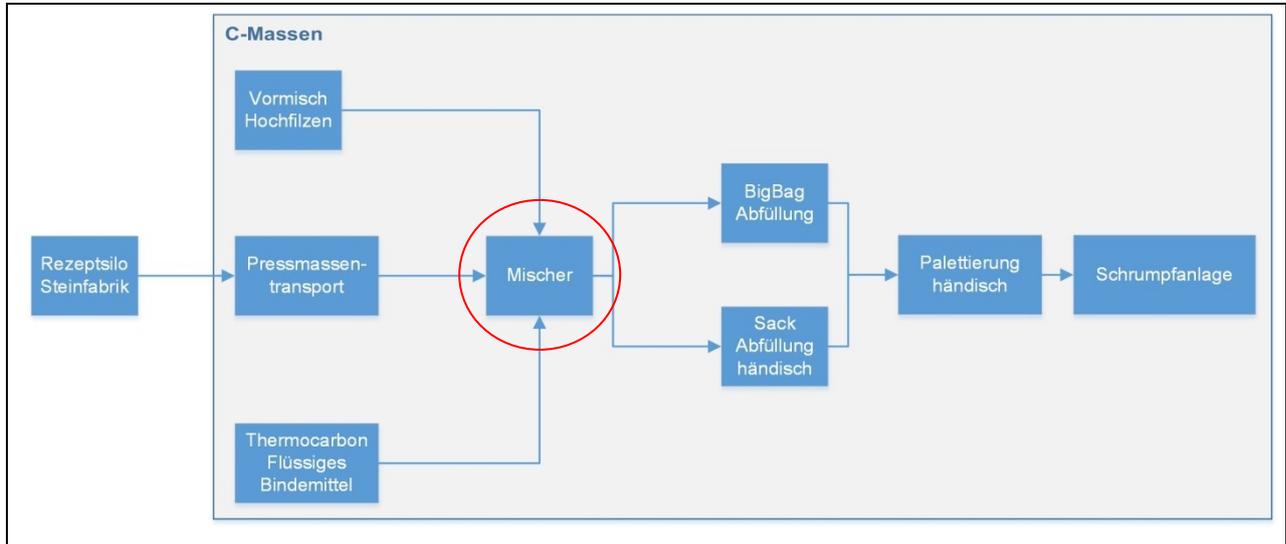
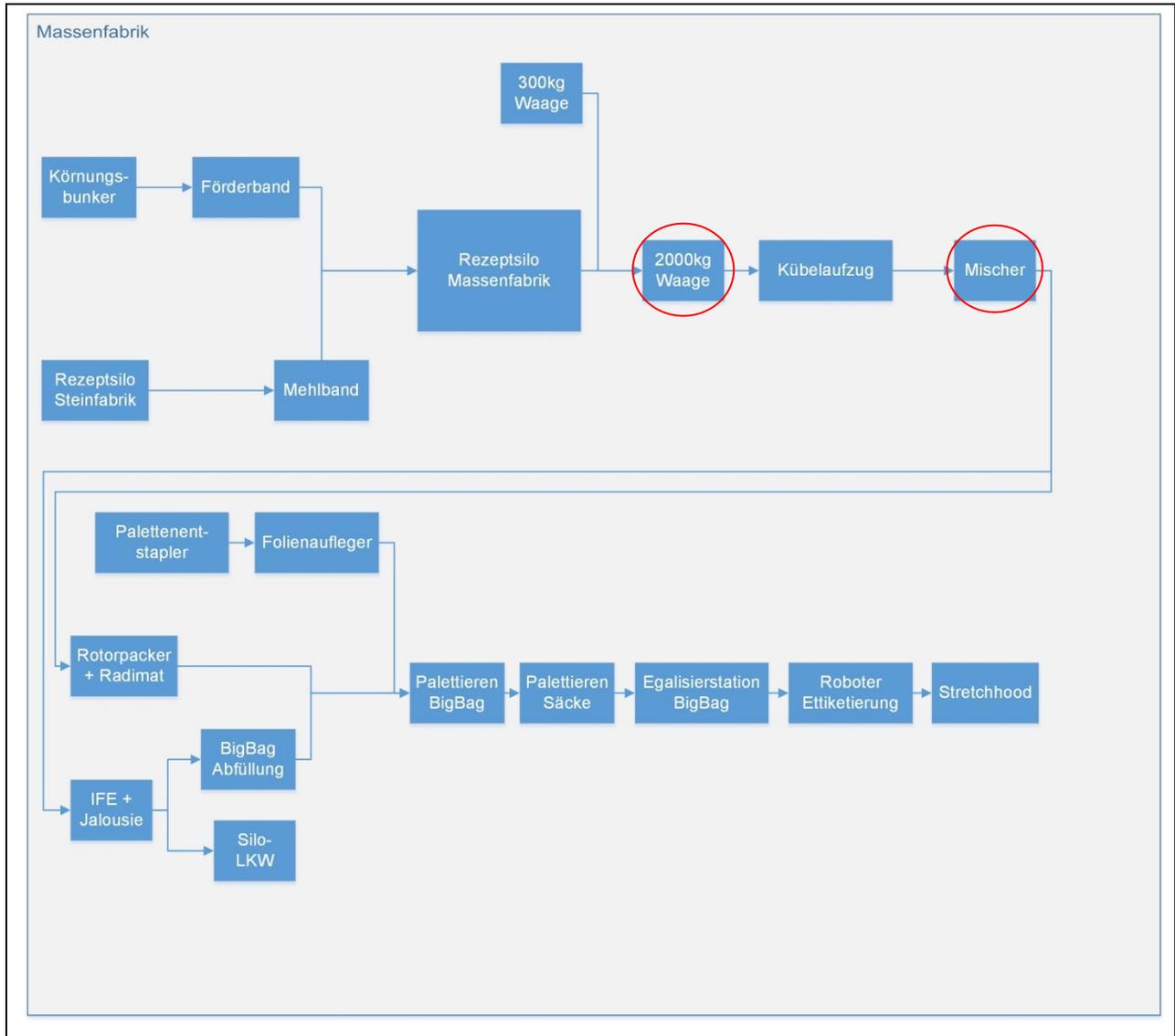


Abbildung 47 - Materialflussdarstellung C-Massen¹⁸³

Bereich Massenfabrik

Die Massenfabrik stellt eine weitere Endproduktherstellung des Werkes Veitsch dar. Nach Analyse der Materialflussdarstellung ist im Bereich der Massenfabrik besonders die 2000kg Waage hervorzuheben, wie Abbildung 48 erkennen lässt. Sie ist eine der wichtigsten Anlagen im Bereich der Massenfabrik. Neben der 2000kg Waage ist der Mischer ebenfalls als Engpassaggregat zu nennen.

¹⁸³ Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 48 - Materialflussdarstellung Massenfabrik¹⁸⁴

Abschließend in der Engpassanalyse des IH-Bereiches Süd wird eine tabellarische Auflistung aller relevanten Engpassaggregate gezeigt. Dadurch können auf einen Blick die relevanten Engpassaggregate des Verantwortungsbereiches Massenfabrik und Kornfraktionierung abgelesen werden.

¹⁸⁴ Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 8 - Engpassanlagen IH-Bereich Süd

Aggregat	
Kornfraktionierung	Autoschüttrichter
	Steilförderband
	Rohsinteranlage
Z-Sinter	Brecher
Bruchanlage	Backenbrecher
	Becherwerk
C-Massen	Mischer
Massenfabrik	2000kg Waage
	Mischer
	BigBag Abfüllung

Instandhaltungsbereich Nord

Wie im Bereich der Massenfabrik und der Kornfraktionierung wurde auch im Bereich Steinfabrik der Materialfluss erhoben und die Engpassaggregate ermittelt.

In der Steinfabrik gibt es mehrere kritische Anlagen. Zu diesen Engpassanlagen zählen aus Sicht des Materialflusses vor allem der Senkrechtförderer, der Pressmassentransport und die Schiebebühne 1 sowie die Presse 86. Zudem sind der Tunnelofen und das Temperaggregat als weitere Engpassanlage zu sehen. Die Presse 86 ist aus diesem Grund als Engpassanlagen zu nennen, da über diese Anlage mengenmäßig am meisten produziert wird. Mithilfe des Senkrechtförderers laufen alle Vormaterialien über die Verwiegung zu den Mixchern der gebrannten und ungebrannten Steinfertigung. Sollte hier ein Problem auftreten, kann die gebrannt bzw. ungebrannte Linie nicht mehr mit Material versorgt werden, was zu einem Produktionsstillstand führt. Des Weiteren ist der Pressmassentransport, welcher die aus den Mixchern erstellte Masse den Pressen übergibt, ein materialflusstechnisch wichtiges Aggregat. Dieser stellt die Verbindung von Mixchern zu den Pressen dar. Sollte kein Material von den Pressmassentransportwägen zu den Pressen transportiert werden können, stehen die Pressen und somit auch die weitere Produktion still. Neben den zwei zuvor erwähnten Anlagen stellt auch die Schiebebühne 1 ein Engpassaggregat dar. Die aus der Presse erzeugten Steine werden mittels dieser Schiebebühne zu den weiteren Aggregaten transportiert. Sollte es hier zu Störungen kommen, können die weiteren Produktionsschritte der ungebrannten und gebrannten Linie nicht mehr mit Material versorgt werden. Der Tunnelofen sowie das Temperaggregat stellen beide sehr wichtige Anlagen dar, da in diesen Aggregaten die Steine den Wärmebehandlungsprozess durchlaufen.

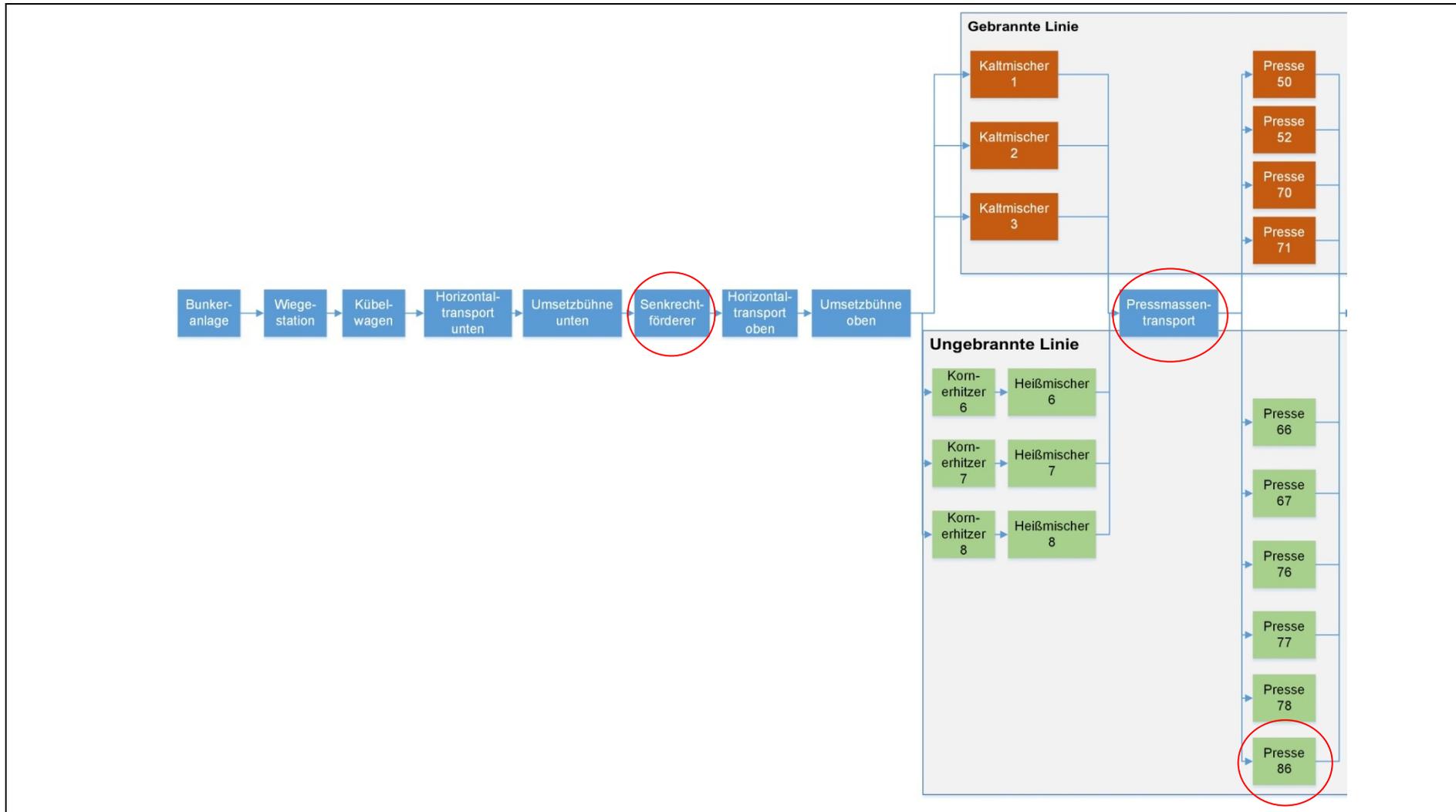


Abbildung 49 - Materialflussdarstellung Steinfabrik Teil 1¹⁸⁵

¹⁸⁵ Quelle: eigene Darstellung

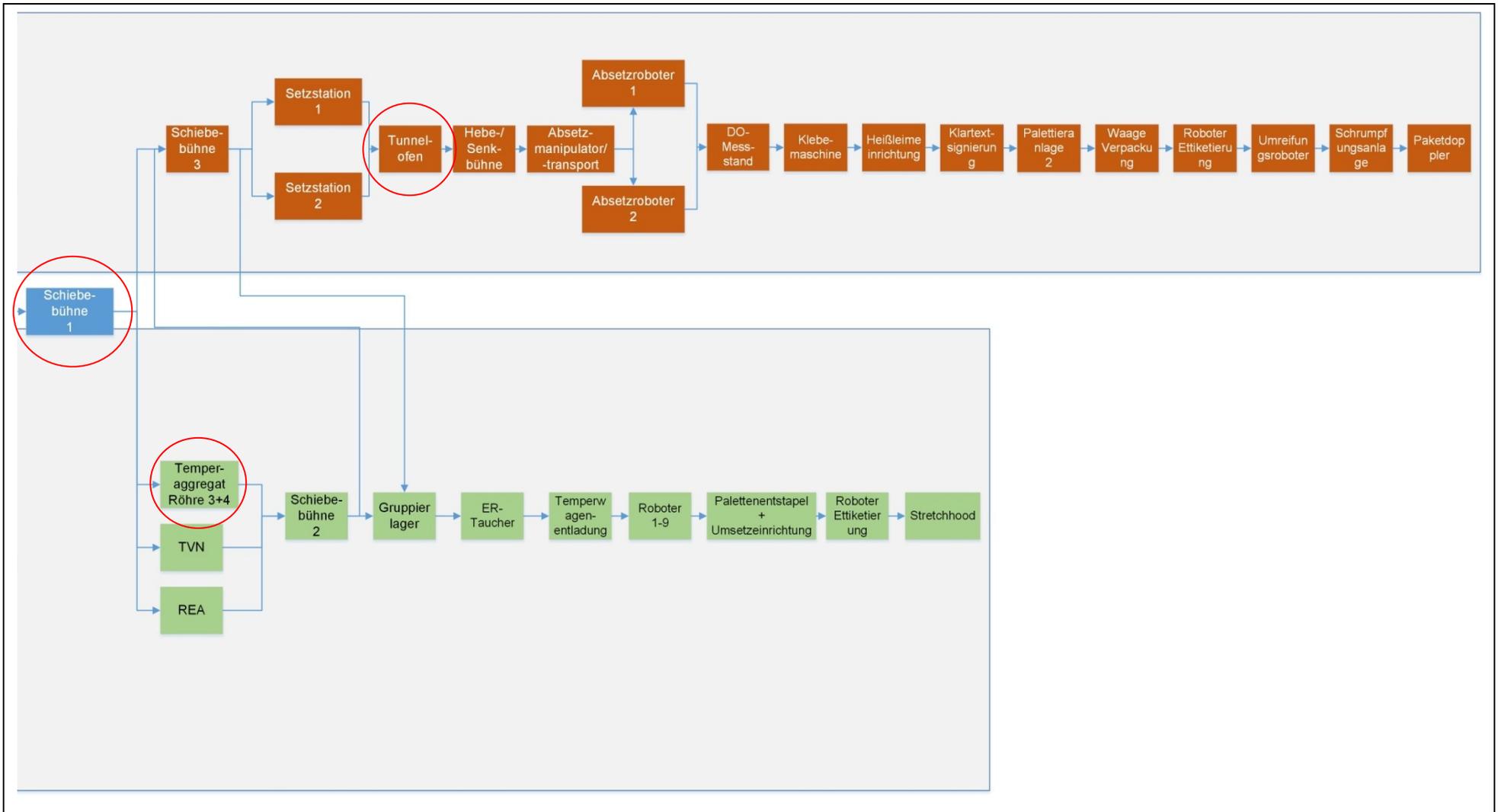


Abbildung 50 - Materialflussdarstellung Steinfabrik Teil 2¹⁸⁶

¹⁸⁶ Quelle: eigene Darstellung

Abschließend listet Tabelle 9 alle Engpassanlagen der Steinfabrik auf, welche sich aus den Analysen ergaben.

Tabelle 9 - Engpassanlagen IH-Bereich Nord

Aggregat
Senkrechtförderer
Pressmassentransport
Schiebebühne 1
Tunnelofen
Presse 86
Temperaggregat, Röhre 3+4

3.4.2 Anlagenindexberechnung

Der nächste Schritt in der Strategiefindung bildet die Anlagenindexberechnung. Der Anlagenindex soll die Wichtigkeit der Anlage im Bezug auf die Instandhaltung für die RHI widerspiegeln. Mithilfe von Kriterien, welche in einem Meeting zusammen mit den Mitarbeitern der RHI erarbeitet wurden, wird der anlagenspezifische Wert (Anlagenindex) ermittelt. Teilnehmer dieses Meetings waren die Gruppen- bzw. Bereichsleiter der Instandhaltungsbereiche, die verantwortlichen Personen der Fertigungslinien sowie der Technikleiter und der Werksleiter-Stellvertreter. In einer offenen Diskussion konnten die in Tabelle 10 aufgelisteten Bewertungskriterien samt Bewertungsmaßstab erarbeitet werden. Nachdem die Kriterien und deren Bewertungsmaßstab festgelegt wurden, wurde gemeinsam mit den Mitarbeitern aus den zuständigen Abteilungen jede Anlage, welche zuvor in den Engpassanalysen eruiert wurden, mittels der erarbeiteten Kriterien bewertet. Dadurch können Aufschlüsse über die Wichtigkeiten der einzelnen Anlagen bzgl. der Instandhaltung getroffen werden. Des Weiteren ist der Anlagenindex eine wichtige Größe in der Ableitung der Strategien für die jeweiligen Aggregate.

Tabelle 10 - Kriterien und ihr Bewertungsmaßstab

Kriterium	Benennung / Wert				
IH Intensität	Sehr gering / 1	Gering / 2	Mittel / 3	Groß / 4	Sehr groß / 5
Priorität	Sehr gering / 1	Gering / 2	Mittel / 3	Groß / 4	Sehr groß / 5
Planbarkeit	Ja / 1		Teilweise / 3		Nein / 5
Störungsanfälligkeit	Sehr gering / 1	Gering / 2	Mittel / 3	Groß / 4	Sehr groß / 5
Anlagenkomplexität	Sehr gering / 1		Mittel / 3		Sehr groß / 5

Die Datenerhebung für die Erstellung des Anlagenindex erwies sich als problematisch. Hauptproblem war, dass die Steinfabrik wesentlich instandhaltungsintensiver ist als die Massenfabrik bzw. Kornfraktionierung. Somit wäre der Vergleich der Anlagenindizes nicht

aussagekräftig. Da die Instandhaltungsbereiche sich mit den Bereichsgrenzen der Produktion überdecken, war es sinnvoll die Vergleichbarkeit auch innerhalb dieser Grenzen zu halten. Dies bedeutet, dass sich die Bereiche Zerkleinerung und Massenfabrik, welche unter den Instandhaltungsbereich Süd fallen, eine gemeinsame Basis haben. Im Gegensatz dazu stellt die Steinfabrik, diese ist dem Instandhaltungsbereich Nord zugeordnet, einen eigenen Betrachtungsbereich dar. Dadurch kann eine gute Aussagekraft des Anlagenindex geschaffen werden. Des Weiteren stehen die personellen und materiellen Ressourcen nur innerhalb dieser Instandhaltungsgrenzen zur Verfügung, weswegen diese Schlussfolgerung bzgl. der Vergleichbarkeit der Bereiche auch sinnvoll ist.

Zur Bewertung der Kriterien wurden qualitative sowie quantitative Daten herangezogen. Grund für diese Hybriddatenerhebung ist, dass einige Aggregate sehr gute Datenaufzeichnungen über Störzeiten und Anzahl der Störungen haben, andere jedoch in der Datenauflistung nicht aufscheinen. So wird versucht mit den gegebenen Daten (quantitativen Daten) eine Grundeinteilung zu machen und die restlichen Anlagen, bei denen die Daten fehlen mittels Expertenbefragungen (qualitative Daten) zu eruieren und an die anderen anzugleichen. Nachfolgend werden die erarbeiteten Kriterien genau erklärt.

Instandhaltungsintensität

Die Instandhaltungsintensität widerspiegelt die Zeit, in der die Anlage technisch nicht zur Verfügung steht. Zu diesen Zeiten zählen geplante sowie ungeplante Störzeiten und auch geplante und ungeplant Instandhaltungszeiten.

Als Grundlage und als Vergleichsbasis wurden die geplanten und ungeplanten Störzeiten der Anlagen herangezogen. Diese sollen einen kleinen Überblick über die verschiedenen Anlagenzeiten geben, um dadurch die weiteren Zeiten besser einordnen zu können. Die Störzeiten wurden aus dem Schichtbuch der Massenfabrik bzw. aus den Total-Productive-Process-Daten (TPP-Daten) der Bereiche Zerkleinerung und Steinfabrik herausgefiltert. Das TPP-System stellt eine detaillierte Auflistung bzw. Veranschaulichung verschiedener Daten, wie z.B. OEE, Störzeiten, TEEP usw., dar. Problem hierbei war, dass sich nur für gewisse, wenige Anlagen Aufzeichnungen über die Störzeiten finden ließen. Deswegen wurden im Rahmen des Workshops mit den Experten die restlichen Aggregate so bewertet, dass sie im Vergleich zu den Referenzanlagen eingeordnet werden konnten. Zusätzlich wurde auf Basis der vorhandenen Werte versucht eine Einteilung zu machen (siehe Tabelle 11), welche den Experten einen kleinen Anhaltspunkt liefern sollte, um die richtige Einordnung der Anlagen vornehmen zu können.

Aufgrund der schon erwähnten Vergleichbarkeit innerhalb der Bereiche wurden zwei verschiedenen Einteilungen getroffen. Tabelle 11 gibt die Klassifizierung für die Bereiche Zerkleinerung und Massenfabrik wieder und Tabelle 12 zeigt die Einteilung für die Steinfabrik.

Tabelle 11 - Störzeiteinteilung IH-Bereich Süd

IH-Intensität	Beschreibung
Sehr gering	< 0,5 h/Monat
Gering	0,5 - 1,5 h/Monat
Mittel	1,5 - 2,5 h/Monat
Groß	2,5 - 4 h/Monat
Sehr groß	> 4h/Monat

Tabelle 12 - Störzeiteinteilung IH-Bereich Nord

IH-Intensität	Beschreibung
Sehr gering	< 10 h/Monat
Gering	10 – 19 h/Monat
Mittel	20 – 29 h/Monat
Groß	30 – 44 h/Monat
Sehr groß	> 45 h/Monat

Priorität

Die Priorität bezieht sich auf die Wichtigkeit bzw. auf die maximale Ausfallzeit der Anlage für das Unternehmen und den Produktionsablauf. Bezogen auf die maximale Ausfallzeit kann angenommen werden, je wichtiger die Anlage ist, desto geringer sollte die maximale Ausfallzeit der Anlage betragen. Der nachstehenden Tabelle kann die Einteilung der Priorität, wie sie im Meeting festgesetzt wurde, entnommen werden.

Tabelle 13 - Klassifizierung der Priorität

Priorität	Beschreibung
Sehr gering	<ul style="list-style-type: none"> • kurzfristiger Ausfall im Produktionsablauf nicht spürbar • längerfristiger Ausfall kann durch redundantes Aggregat (ohne Zusatzschicht) voll kompensiert werden
Gering	<ul style="list-style-type: none"> • kurzfristiger Ausfall stört vor- und nachgelagerte Prozessschritte nicht • längerfristiger Ausfall kann durch Zusatzschichten kompensiert werden
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> • kurzfristiger Ausfall ist in vor- und nachgelagerten Prozessschritten merkbar (Leistungsabfall) • längerfristiger Ausfall durch Vergabe von Aufträgen an andere Werke kompensierbar
Groß	<ul style="list-style-type: none"> • kurzfristiger Ausfall legt Prozesskette lahm • längerfristiger Ausfall legt Werk komplett lahm oder: • bei längerfristigen Ausfall kann Konzern Endkunden nicht mehr bedienen
Sehr groß	<ul style="list-style-type: none"> • kurzfristiger Ausfall führt zu schweren Produktionsschäden • kurzfristiger Ausfall führt zu großer Gefahr für Leib und Leben • längerfristiger Ausfall ist Meldepflichtig, führt zu Änderung der Konzernstrategie

Planbarkeit

Mit dem Kriterium „Planbarkeit“ wird beschrieben, wie gut sich die Instandhaltungstätigkeiten an der jeweiligen Anlage planen lassen. Die Planbarkeit wird in ja, teilweise und nein eingeteilt (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14 - Klassifizierung der Planbarkeit

Planbarkeit	Beschreibung
Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Tätigkeiten können sehr gut eingeplant werden, da es Parallelaggregate/Ausweichaggregate gibt, welche die Arbeit übernehmen können. • Es gibt Bunker, die im Falle der Instandhaltungstätigkeiten als Puffer dienen. • Tätigkeiten können jederzeit eingeplant werden.
Teilweise	<ul style="list-style-type: none"> • Es gibt einen Stillstandsplan der Anlage. Aufgrund der Auslastung, Aufträge kann der Stillstandsplan aber nicht genau eingehalten werden. • Tätigkeiten können nur unter bestimmten Voraussetzungen eingeplant und durchgeführt werden.
Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Instandhaltungstätigkeiten lassen sich nicht an der Anlage planen.

Störungsanfälligkeit

Mittels dieses Kriteriums wird die Anfälligkeit der Anlage auf Störungen angegeben. Allgemein wird unter einer betrieblichen Störung ein ungeplantes, zeitlich begrenztes, bestimmbares oder abschätzbares Ereignis verstanden, welches aufgrund von Fehlfunktionen der Produktionsfaktoren vom Betriebsablauf abweicht.¹⁸⁷

¹⁸⁷ vgl. Kohstall, T. (2011), S. 9

In die Kennzahl der Störungsanfälligkeit muss auch der Lebenszyklusstand der Anlage mit einbezogen werden. Je weiter fortgeschritten die Anlage im Lebenszyklus ist, desto anfälliger ist die Anlage für eine Störung.

Tabelle 15 zeigt die beim Meeting festgelegte Klassifizierung der Störungsanfälligkeit wie sie als sinnvoll erachtet wurde.

Tabelle 15 - Klassifizierung der Störungsanfälligkeit

Störungsanfälligkeit	Beschreibung
Sehr gering	Max. einmal im Jahr
Gering	Einmal innerhalb 6 Monate
Mittel	Einmal innerhalb 3 Monate
Groß	Einmal im Monat
Sehr groß	Einmal in der Woche

Anlagenkomplexität aus Sicht der Instandhaltung

Diese Kennzahl gibt einen Überblick über die Komplexität der Anlage. Hierzu zählt zum Einen das Know-How, welches für Instandhaltungstätigkeiten benötigt wird, und zum Anderen, ob der Einsatz von speziellen Werkzeugen notwendig ist. Die genaue Einteilung kann Tabelle 16 entnommen werden.

Tabelle 16 - Klassifizierung der Anlagenkomplexität

Anlagenkomplexität	Beschreibung
Sehr gering	<ul style="list-style-type: none"> Für die Instandhaltung ist kein spezielles Know-how notwendig Keine Spezialwerkzeuge müssen angeschafft oder eingesetzt werden. Ersatzteile sind leicht zu beschaffen.
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> Es ist ein spezielles Know-how notwendig, welches aber genügen Mitarbeiter haben. Es sind nur kleine spezielle Werkzeuge notwendig. (Befinden sich im Haus) Ersatzteile können nur schwer beschafft werden (kleine Anzahl an Anbietern,...)
Sehr groß	<ul style="list-style-type: none"> Nur Spezialisten können diese Anlagen reparieren. Spezielles Werkzeug wird benötigt (müssen erst angeschafft werden). Ersatzteile gibt es fast nicht mehr. Sind sehr schwer zu beschaffen oder müssen aus anderen Anlagen umgebaut werden.

Mit den erarbeiteten Kriterien und der genauen Einteilung dieser in die entsprechenden Bewertungen konnte mit dem Bewertungsworkshop begonnen werden. Um die Ergebnisse übersichtlicher zu machen wurde für jede Anlage eine eigene Auswertungskarte erstellt (siehe Abbildung 51).

Objekt																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th style="text-align: center; padding: 2px;">Kennzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">IH-Intensität</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Priorität (max. Ausfallzeit)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Planbarkeit</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Störungsanfälligkeit</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Anlagenkomplexität aus Sicht der IH</td></tr> </tbody> </table>	Kennzahl	IH-Intensität	Priorität (max. Ausfallzeit)	Planbarkeit	Störungsanfälligkeit	Anlagenkomplexität aus Sicht der IH	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4682B4; color: white;"> <th colspan="5" style="text-align: center; padding: 2px;">Bewertungsmaßstab</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ja (1)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">teilweise (3)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">nein (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> </tbody> </table>	Bewertungsmaßstab					sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	ja (1)		teilweise (3)		nein (5)	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	sehr gering (1)		mittel (3)		sehr groß (5)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th style="text-align: center; padding: 2px;">Bewertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr style="background-color: #FF0000; color: white; text-align: center;"> <td style="padding: 2px;">0</td> </tr> </tbody> </table>	Bewertung						0
Kennzahl																																													
IH-Intensität																																													
Priorität (max. Ausfallzeit)																																													
Planbarkeit																																													
Störungsanfälligkeit																																													
Anlagenkomplexität aus Sicht der IH																																													
Bewertungsmaßstab																																													
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																									
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																									
ja (1)		teilweise (3)		nein (5)																																									
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																									
sehr gering (1)		mittel (3)		sehr groß (5)																																									
Bewertung																																													
0																																													

Abbildung 51 - Auswertungskarte für den Anlagenindex¹⁸⁸

Im Zuge des Workshops wurden alle Anlagen durch die erarbeiteten Kriterien bewertet. Die Bemessung der Kriterien konnte mithilfe der, für den jeweiligen Bereich zuständigen Mitarbeiter der RHI AG, durchgeführt werden. Dabei wurde jede Anlage hinsichtlich der Kriterien analysiert und bewertet. Durch Addition der Kriterien ergibt sich der Anlagenindex.

Aufgeteilt in die beiden Instandhaltungsbereiche werden anschließend die wichtigsten Anlagen samt errechnetem Anlagenindex aufgelistet und an repräsentativen Beispielen genauer erklärt.

Instandhaltungsbereich Süd

Der gemeinsame Bereich der Kornfraktionierung und der Massenfabrik beinhaltet nicht ausschließlich diese zwei Bereiche, sondern es zählen auch weitere Produktionslinien zu diesem Verantwortungsbereich. Da es zu unübersichtlich wäre jede eigene Produktionslinie zu beschreiben, wurden die repräsentativsten Anlagen aus dem gesamten Verantwortungsbereich der Kornfraktionierung und Massenfabrik ausgewählt. Eine übersichtliche tabellarische Auflistung aller Anlagenindizes aus allen Bereichen kann anschließend an die Einzelauswertungen der Tabelle 17 entnommen werden.

Bereich Kornfraktionierung

Nach Auswertung der Anlagenindizes im Bereich der Kornfraktionierung sind die Rohsinteranlage, die Walzwerke der Nachzerkleinerung sowie der Brecher in der Zerkleinerung Nord als Anlagen mit besonderer Wichtigkeit zu sehen. Mit einem Anlagenindex von 16 (siehe Abbildung 52) ist die Rohsinteranlage eines der Aggregate mit dem höchsten Anlagenindex im Bereich der Kornfraktionierung. Besonders hervorstechend ist die große Störungsanfälligkeit, welche immer wieder Probleme hervorruft und deswegen sollte diese Anlage im Auge behalten werden.

¹⁸⁸ Quelle: eigene Darstellung

Rohsinteranlage																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th style="text-align: center; padding: 2px;">Kennzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">IH-Intensität</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Priorität (max. Ausfallzeit)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Planbarkeit</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Störungsanfälligkeit</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Anlagenkomplexität aus Sicht der IH</td></tr> </tbody> </table>	Kennzahl	IH-Intensität	Priorität (max. Ausfallzeit)	Planbarkeit	Störungsanfälligkeit	Anlagenkomplexität aus Sicht der IH	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4682B4; color: white;"> <th colspan="5" style="text-align: center; padding: 2px;">Bewertungsmaßstab</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ja (1)</td> <td></td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">teilweise (3)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">nein (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td></td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">mittel (3)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> </tbody> </table>			Bewertungsmaßstab					sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	ja (1)		teilweise (3)		nein (5)	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	sehr gering (1)		mittel (3)		sehr groß (5)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th style="text-align: center; padding: 2px;">Bewertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">4</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td></tr> <tr style="background-color: #FF0000; color: white;"> <td style="text-align: center; padding: 2px;">16</td> </tr> </tbody> </table>	Bewertung	3	3	3	4	3	16
Kennzahl																																															
IH-Intensität																																															
Priorität (max. Ausfallzeit)																																															
Planbarkeit																																															
Störungsanfälligkeit																																															
Anlagenkomplexität aus Sicht der IH																																															
Bewertungsmaßstab																																															
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																											
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																											
ja (1)		teilweise (3)		nein (5)																																											
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																											
sehr gering (1)		mittel (3)		sehr groß (5)																																											
Bewertung																																															
3																																															
3																																															
3																																															
4																																															
3																																															
16																																															

Abbildung 52 - Anlagenindexberechnung Rohsinteranlage (Kornfraktionierung)¹⁸⁹

Neben der Rohsinteranlage stehen auch die Walzwerke 1,2,3 der Nachzerkleinerung mit einem Anlagenindex von 16 zu Buche. Ausschlaggebend hierfür sind die große IH-Intensität und die große Störungsanfälligkeit, welches Abbildung 53 erkennen lässt. Durch das Zusammenspiel dieser zwei ungünstig bewerteten Kriterien ist es für die Instandhaltung wichtig diese Anlage stets zu warten.

Walzwerk 1,2,3 (Nachzerkleinerung)																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th style="text-align: center; padding: 2px;">Kennzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">IH-Intensität</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Priorität (max. Ausfallzeit)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Planbarkeit</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Störungsanfälligkeit</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Anlagenkomplexität aus Sicht der IH</td></tr> </tbody> </table>	Kennzahl	IH-Intensität	Priorität (max. Ausfallzeit)	Planbarkeit	Störungsanfälligkeit	Anlagenkomplexität aus Sicht der IH	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4682B4; color: white;"> <th colspan="5" style="text-align: center; padding: 2px;">Bewertungsmaßstab</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ja (1)</td> <td></td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">teilweise (3)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">nein (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td style="padding: 2px;">gering (2)</td> <td style="padding: 2px;">mittel (3)</td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">groß (4)</td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">sehr gering (1)</td> <td></td> <td style="padding: 2px; background-color: #4682B4; color: white;">mittel (3)</td> <td></td> <td style="padding: 2px;">sehr groß (5)</td> </tr> </tbody> </table>			Bewertungsmaßstab					sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	ja (1)		teilweise (3)		nein (5)	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)	sehr gering (1)		mittel (3)		sehr groß (5)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th style="text-align: center; padding: 2px;">Bewertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">4</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">2</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">4</td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td></tr> <tr style="background-color: #FF0000; color: white;"> <td style="text-align: center; padding: 2px;">16</td> </tr> </tbody> </table>	Bewertung	4	2	3	4	3	16
Kennzahl																																															
IH-Intensität																																															
Priorität (max. Ausfallzeit)																																															
Planbarkeit																																															
Störungsanfälligkeit																																															
Anlagenkomplexität aus Sicht der IH																																															
Bewertungsmaßstab																																															
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																											
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																											
ja (1)		teilweise (3)		nein (5)																																											
sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	groß (4)	sehr groß (5)																																											
sehr gering (1)		mittel (3)		sehr groß (5)																																											
Bewertung																																															
4																																															
2																																															
3																																															
4																																															
3																																															
16																																															

Abbildung 53 - Anlagenindexberechnung Walzwerke (Nachzerkleinerung)¹⁹⁰

Ein weiteres Aggregat, welches mit einem Anlagenindex von 16 hervorsticht, ist der Brecher der Zerkleinerung Nord. Da es in diesem Abschnitt nur diesen einen Brecher gibt, sollte er genauer betrachtet werden. Auch aufgrund der sehr großen Anlagenkomplexität sollte dieser Anlage zumindest eine präventive Instandhaltungsstrategie angedacht werden.

¹⁸⁹ Quelle: eigene Darstellung

¹⁹⁰ Quelle: eigene Darstellung

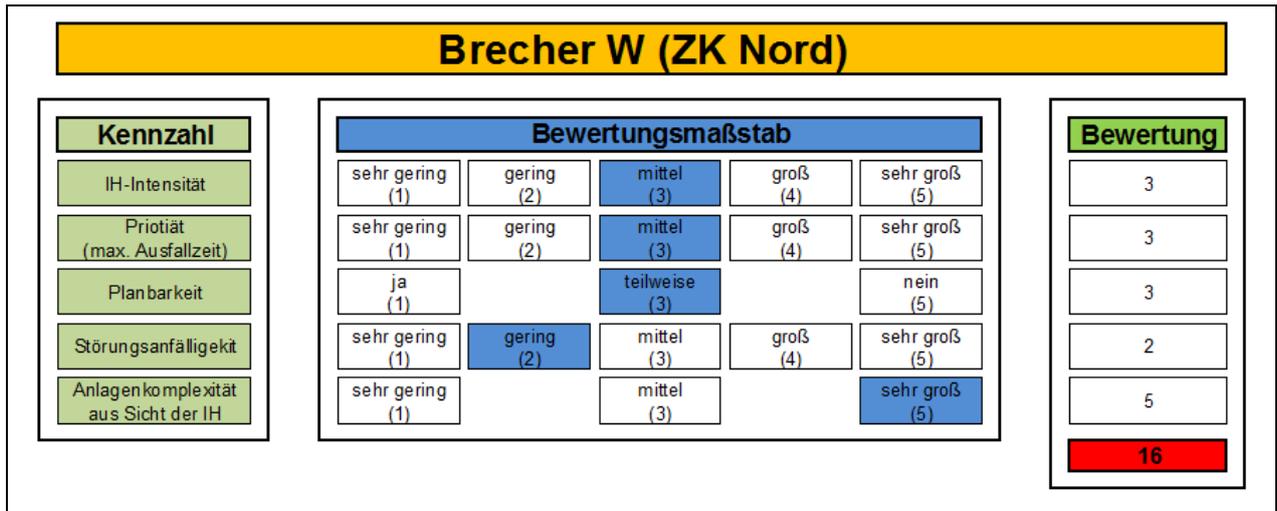


Abbildung 54 - Anlagenindexberechnung Brecher (Zerkleinerung Nord)¹⁹¹

Der große Vorteil im Bereich der Kornfraktionierung ist es, dass es hierbei zu keinem wirklichen Engpass aus der Sicht des Materialflusses kommt, da es unzählige verschiedene Fahrmöglichkeiten gibt, wie das Fördergut zu den nachfolgenden Anlagen gelangen kann. Sollte ein Aggregat repariert oder gewartet werden, kann mit unterschiedlichen Fahrmöglichkeiten dieser Engpass umgangen werden. Ausgenommen sind die zuvor erwähnten wichtigsten Engpassaggregate, welche nicht umgangen werden können.

Bereich C-Massen

Nicht nur aufgrund des Materialflusses, sondern auch aufgrund des Anlagenindex (siehe Abbildung 55), ist der Mischer als Engpassaggregat zu sehen. Hierbei stechen die sehr große Priorität dieser Anlage für die gesamte Produktion und die sehr große Anlagenkomplexität hervor. Aufgrund dieser beiden sehr hoch bewerteten Kriterien sollte beim Mischer zumindest eine präventive Strategie eingeplant werden.

¹⁹¹ Quelle: eigene Darstellung

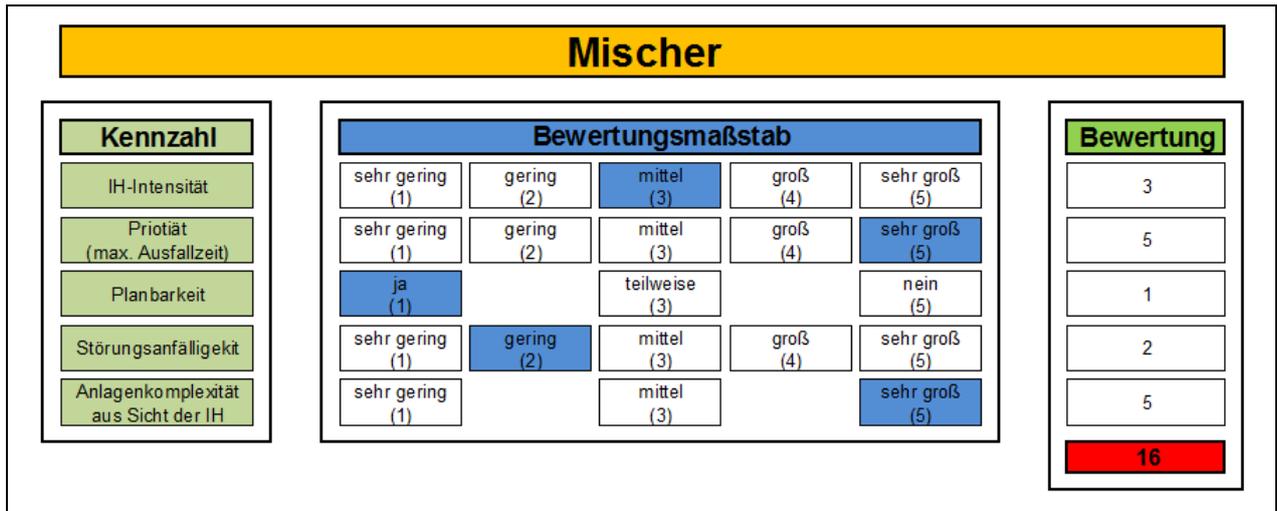


Abbildung 55 - Anlagenindexberechnung Mischer (C-Massen)¹⁹²

Des Weiteren ist aufgrund der hohen IH-Intensität, der hohen Priorität und der hohen Störungsanfälligkeit die pneumatische Anlieferung der Vormisch aus Hochfilz als wichtige Anlage zu sehen, wie Abbildung 56 erkennen lässt.

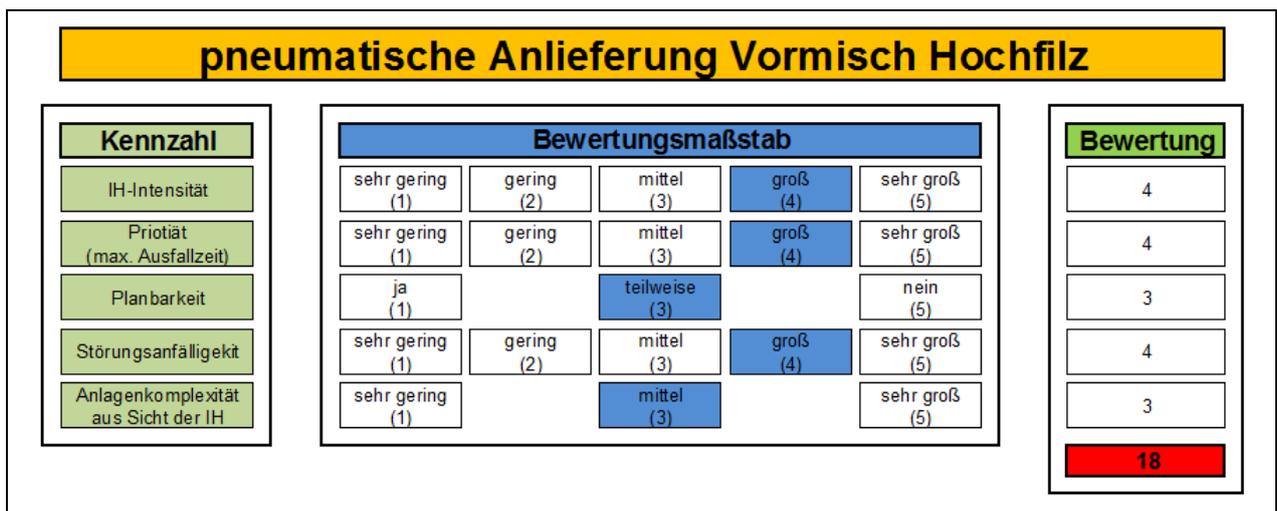


Abbildung 56 - Anlagenindexberechnung pneumatische Anlieferung (C-Massen)¹⁹³

Bereich Massenfabrik

Aufgrund der jeweils sehr großen IH-Intensität und Priorität (siehe Abbildung 57) scheint die 2000kg Waage ebenfalls in der Anlagenindexstatistik mit einem Wert von 20 auf. Dadurch wird die besondere Stellung dieses Aggregats bzgl. der Instandhaltung noch weiter verfestigt.

¹⁹² Quelle: eigene Darstellung

¹⁹³ Quelle: eigene Darstellung

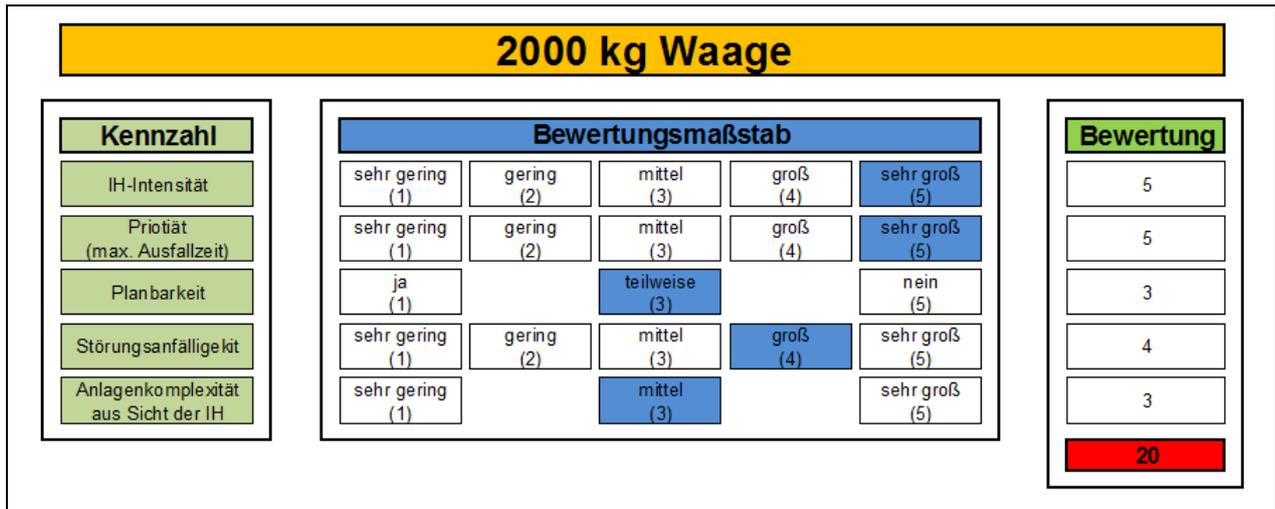


Abbildung 57 - Anlagenindexberechnung 2000kg Waage (Massenfabrik)¹⁹⁴

Neben der 2000kg Waage sticht der Rotorpacker+Radimat mit einem Anlagenindex von 22 hervor. Besonders die IH-Intensität, die Störungsanfälligkeit und die Anlagenkomplexität, welche sich jeweils im „kritischsten“ Bereich der Anlagenberechnung befinden (siehe Abbildung 58), sind für den hohen Anlagenindex verantwortlich.

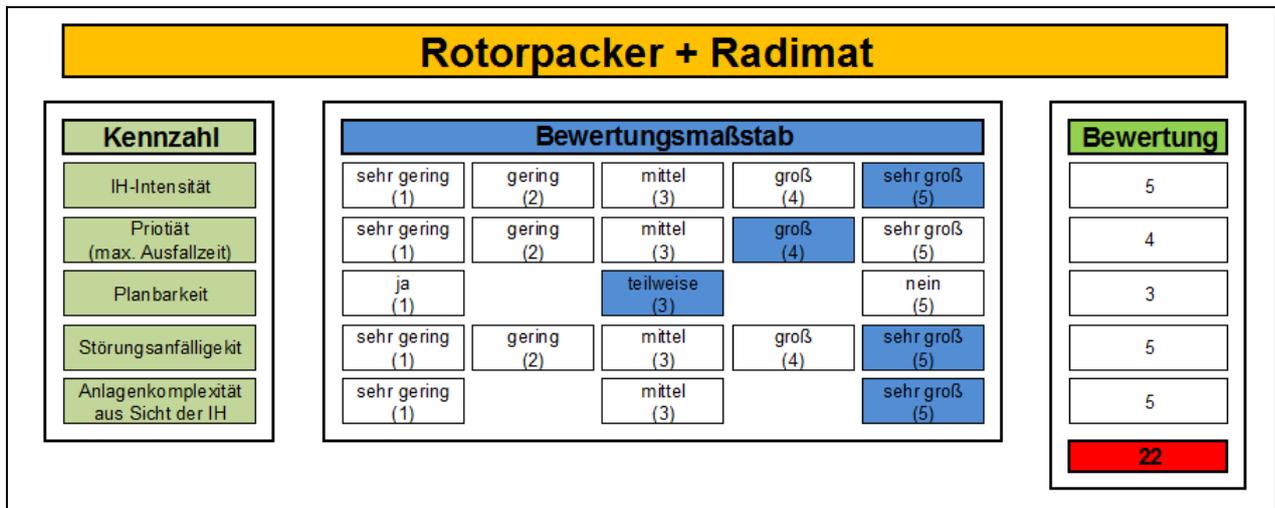


Abbildung 58 - Anlagenindexberechnung Rotorpacker+Radimat (Massenfabrik)¹⁹⁵

Ebenfalls mit einem Anlagenindex von 22 steht der Ettiketierroboter zu Buche. Aus Abbildung 59 lässt sich erkennen, dass alle Kriterien mit einem hohen Bewertungsmaßstab aufwarten. Vor allem die Planbarkeit, welche nicht vorhanden ist, und die sehr große Anlagenkomplexität stellen die Wichtigkeit dieser Anlage in den Vordergrund.

¹⁹⁴ Quelle: eigene Darstellung

¹⁹⁵ Quelle: eigene Darstellung

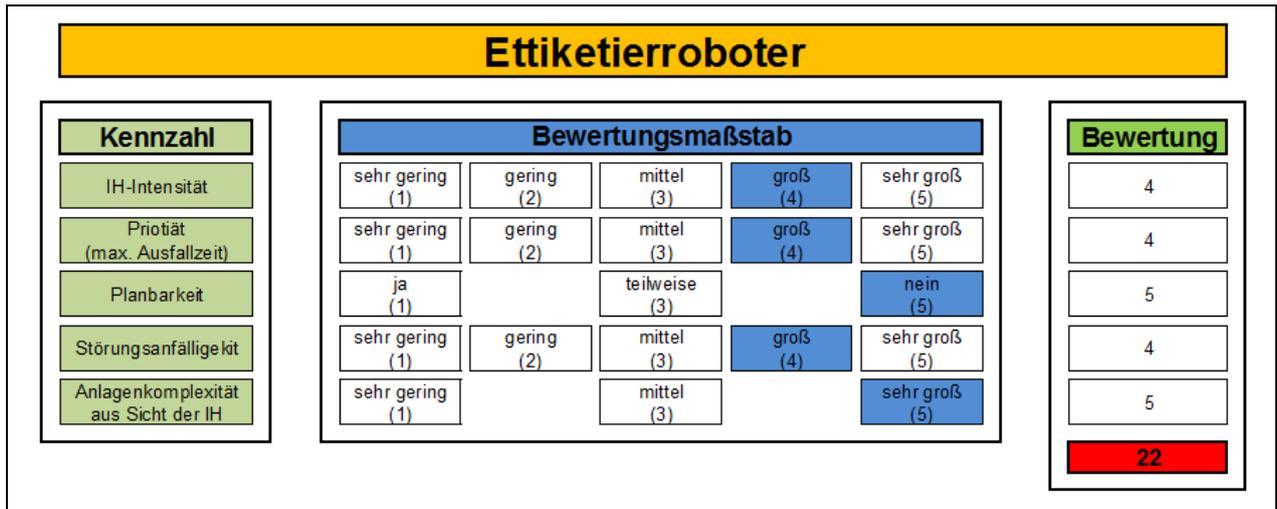


Abbildung 59 - Anlagenindexberechnung Ettiketierroboter (Massenfabrik)¹⁹⁶

Da eine Aufstellung alle Anlagen samt Anlagenindex zu unübersichtlich werden würde, wurde in der nachstehenden Tabelle lediglich Anlagen aufgelistet, welche einen Anlagenindex ≥ 15 haben. Die gesamte Liste aller Anlagen mit den dazugehörigen Anlagenindizes kann dem Anhang C entnommen werden.

¹⁹⁶ Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 17 - Anlagenindizes IH-Bereich Süd

Aggregat		Anlagenindex	
Kornfraktionierung	Rohsinteranlage	16	
	Brecher 80c	15	
	Brecher 81c	15	
	Brecher W	16	
	Nachzerkleinerung	Walzwerk 1	16
		Walzwerk 2	16
		Walzwerk 3	16
Z-Sinter	Walzwerk	15	
C-Massen	pneumatische Anlieferung Vormisch Hochfilz	18	
	Mischer	16	
Massenfabrik	300kg Waage	18	
	2000kg Waage	20	
	Kübelaufzug	15	
	Mischer	17	
	IFE + Jalousie	15	
	BigBag Abfüllung	17	
	Rotorpacker + Radimat	22	
	Folienaufleger	15	
	Palettieren BigBag	15	
	Palettieren Säcke	15	
	Ettikierroboter	22	
	Stretchhood	19	

Instandhaltungsbereich Nord

Wie zuvor in den Erläuterungen der Massenfabrik/Kornfraktionierung wurde ebenfalls im Bereich Steinfabrik repräsentative Anlagen herausgefiltert, welche genauer aufgeschlüsselt und erklärt werden. Die gesamte Aufstellung der Anlagenindizes des Bereiches Steinfabrik kann der Tabelle 18 entnommen werden.

Aus der Anlagenindexberechnung geht hervor, dass der Tunnelofen ein wichtiges Aggregat hinsichtlich der Instandhaltung darstellt. Mit einem Wert von 17 (siehe Abbildung 60) bewegt sich der Tunnelofen im Vergleich zu den anderen Anlagen der Steinfabrik am obersten Ende. Da der Tunnelofen auch das Hauptaggregat der gebrannten Linie darstellt, sollte bei der Auswahl der Strategie auf die Wichtigkeit dieser Anlagen geachtet werden.

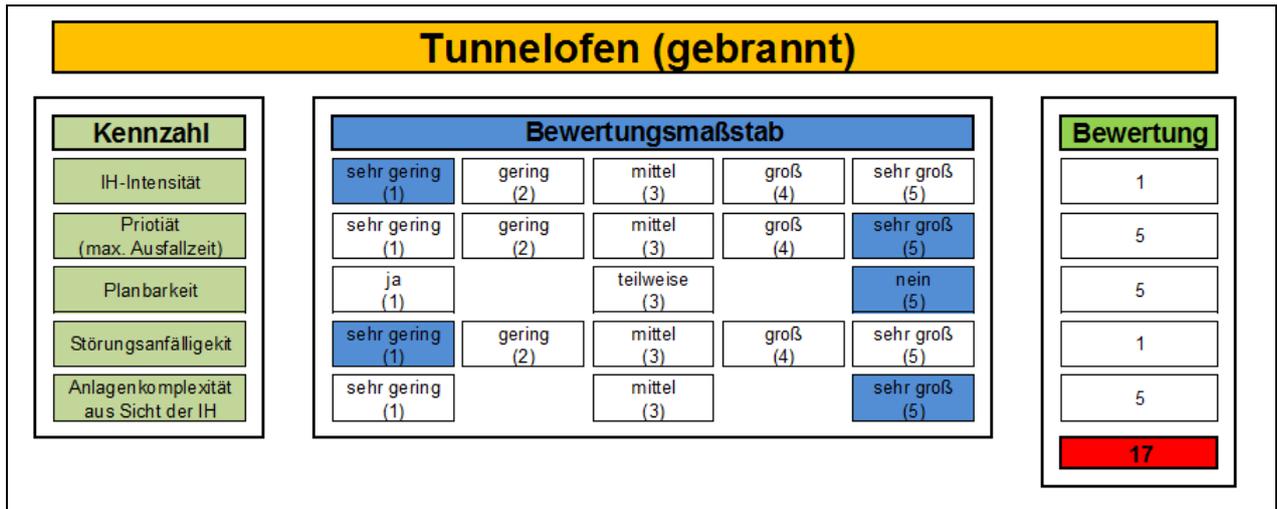


Abbildung 60 - Anlagenindexberechnung Tunnelofen (Steinfabrik)¹⁹⁷

Neben dem Tunnelofen stellt das Hauptaggregat der ungebrannten Linie, das Temperaggregat, eine weitere wichtige Anlage dar. Aufgrund der hohen IH-Intensität, der großen Priorität und der sehr großen Anlagenkomplexität kommt ein Anlagenindex von 16 zustande (siehe Abbildung 61).

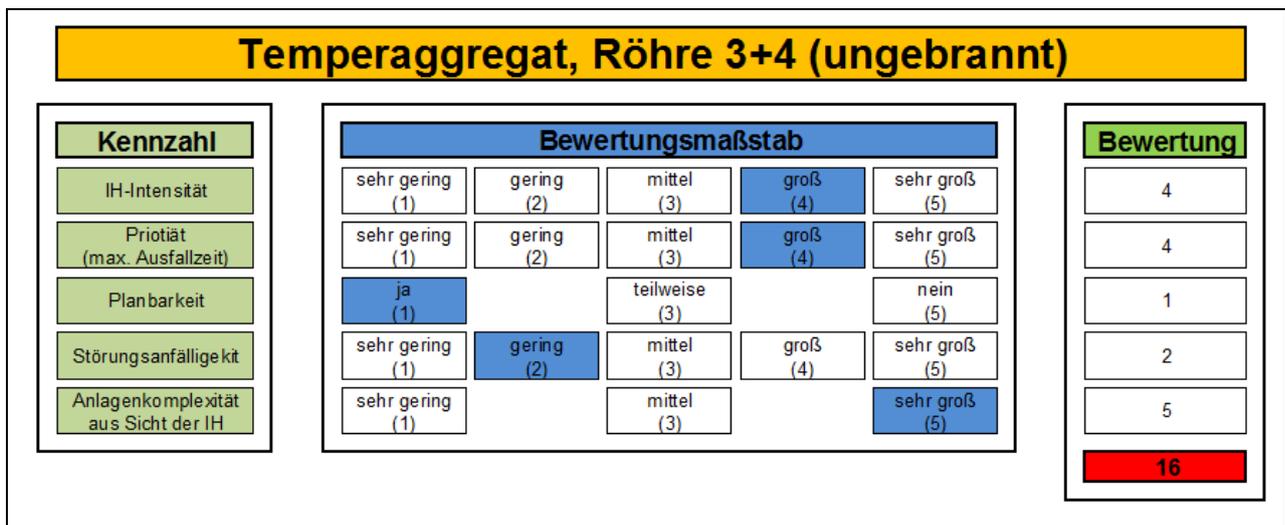


Abbildung 61 - Anlagenindexberechnung Temperaggregat (Steinfabrik)¹⁹⁸

¹⁹⁷ Quelle: eigene Darstellung

¹⁹⁸ Quelle: eigene Darstellung

Mit einem Anlagenindex von 21 nimmt die Klartextsignierung eine wichtige Stellung hinsichtlich der Instandhaltung ein. Vor allem die sehr große Priorität für die gesamte Produktion, die schlechte Planbarkeit und die sehr große Anlagenkomplexität stellt diese Anlage in den Vordergrund, wie Abbildung 62 erkennen lässt.

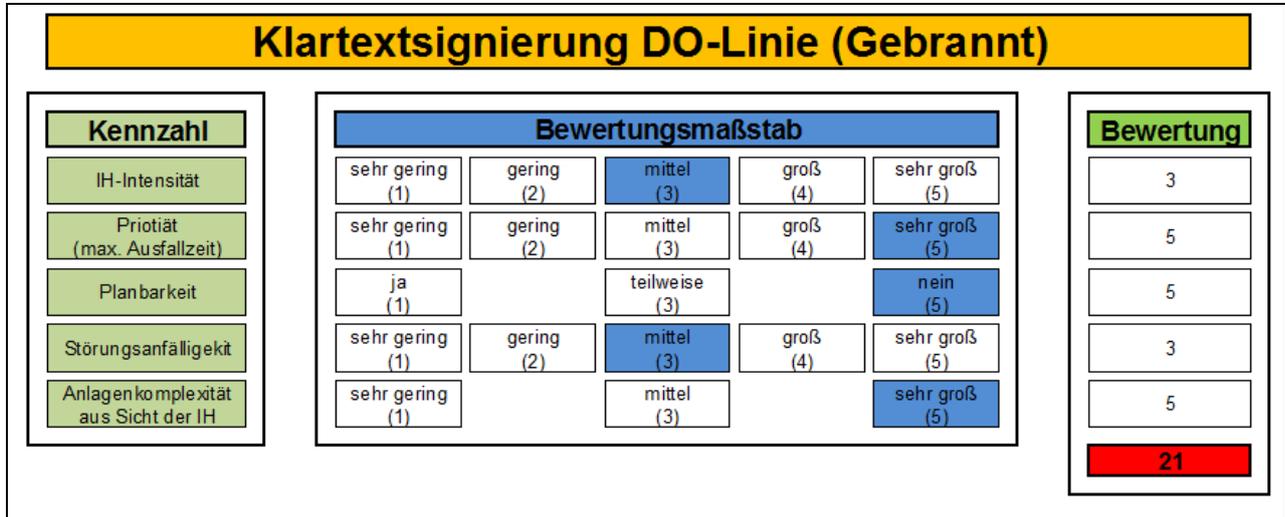


Abbildung 62 - Anlagenindexberechnung Klartextsignierung (Steinfabrik)¹⁹⁹

Als weitere repräsentative Anlage für den Bereich der Steinfabrik ist der DO-Linien Messstand zu erwähnen. Aufgrund des Anlagenindex spielt dieses Aggregat eine wichtige Rolle für die Instandhaltung. Besonders die Störungsanfälligkeit und die Anlagenkomplexität stehen in der Berechnung des Indexes hervor, was Abbildung 63 erkennen lässt.

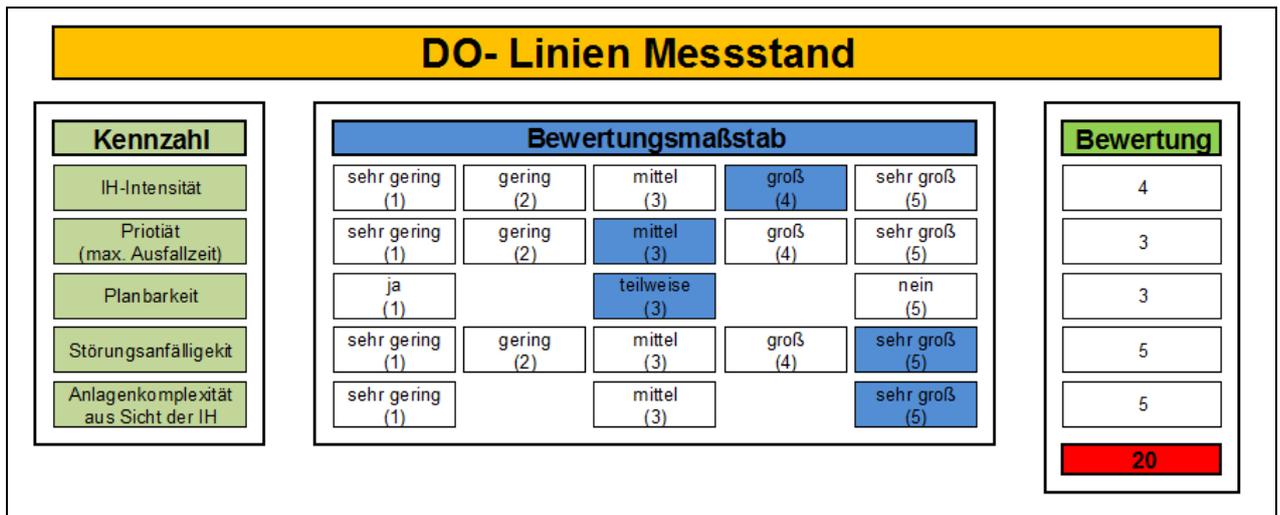


Abbildung 63 - Anlagenindexberechnung Do-Linien Messstand (Steinfabrik)²⁰⁰

¹⁹⁹ Quelle: eigene Darstellung

²⁰⁰ Quelle: eigene Darstellung

In der nachstehenden Tabelle werden alle Anlagen des Bereiches Steinfabrik, welche einen Anlagenindex ≥ 14 haben, aufgelistet. Eine gesamte Auflistung der Anlagen mit dazugehörigem Anlagenindex kann dem Anhang C entnommen werden.

Tabelle 18 - Anlagenindizes IH-Bereich Nord

Aggregat	Anlagenindex
Klartextsignierung DO-Linie	21
DO-Linie Messstand	20
Senkrechtförderer	17
Schiebebühne 1	17
Tunnelofen	17
Klebmaschine DO-Linie	17
Umreifungsroboter DO-Linie	16
Temperaggregat, Röhre 3+4	16
REA	16
Palletieranlage 2 DO-Linie	15
TVN	15
Umsetzbühne unten	14
Umsetzbühne oben	14
Pressmassentransport	14
Presse 70	14
Presse 71	14
Schiebebühne 3	14
Presse 66	14
Presse 67	14
Presse 77	14
Presse 78	14
Presse 86	14

Die Berechnung der Anlagenindizes wurde in den beiden Instandhaltungsbereichen bei insgesamt 129 Anlagen durchgeführt. Dabei ergab sich die in Abbildung 64 dargestellte Verteilung.

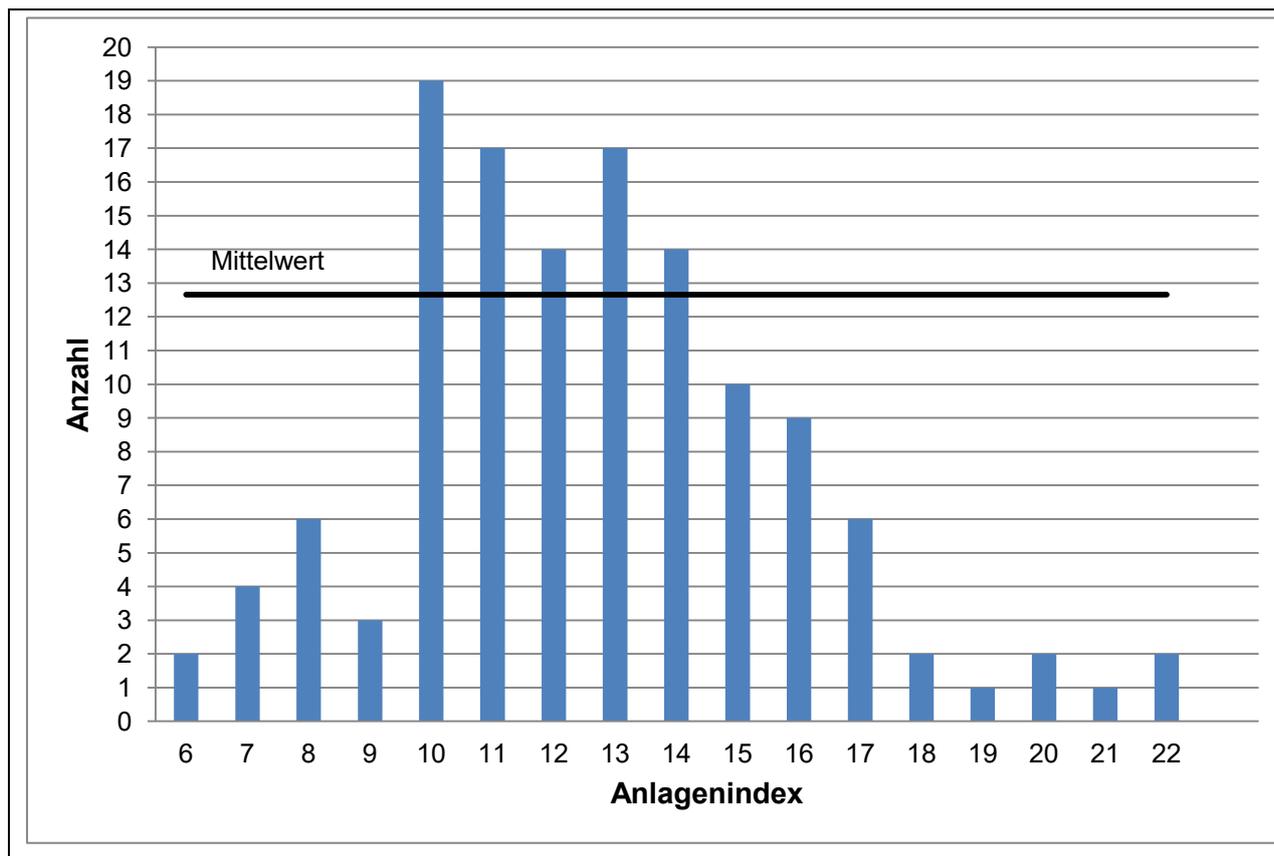


Abbildung 64 - Verteilung der Anlagenindizes²⁰¹

Der höchste Anlagenindex von 22 wurde bei zwei Anlagen, dem Ettiketierroboter bzw. dem Rotorpacker + Radimat, im Bereich Massenfabrik ermittelt. Hingegen beläuft sich der niedrigste Anlagenindex auf einen Wert von sechs. Die diesem Anlagenindex zugeordneten Aggregate finden sich im Bereich der Erzanlage im Instandhaltungsbereich Süd wieder. Nach genauer Auflistung der gesamten anlagenspezifischen Indizes konnte festgestellt werden, dass sich diese zwischen den Werten 16 und zehn konzentrieren. Der exakte Mittelwert über alle Anlagenindizes beträgt 12,7.

3.4.3 Strategiefindung

Nach der Engpassanalyse und den Anlagenindexberechnungen konnte mit der Strategiefindung begonnen werden. Zur Ableitung der Strategien wurde die in Kapitel 2.7.2 angegebene Matrix als Basis herangezogen. Da aufgrund der unterschiedlichen Kriterien nicht die gleiche Matrix verwendet werden konnten, stellte sich die Frage, welche Achsenklassifikationen verwendet werden sollen. In einer Diskussion mit den zuständigen Personen der RHI AG wurde zum Einen der errechnete Anlagenindex als Achsenklassifikation herangezogen und zum Anderen die Kennzahl der Gesamtstandardmarge für die Bestimmung der Strategien ausgewählt. Mit dem Anlagenindex wurden alle relevanten Kriterien betrachtet, welche für die Instandhaltung wichtig sind. Aus diesem Grund erscheint es als plausibel diese

²⁰¹ Quelle: eigene Darstellung

Kennzahl für die y-Achse heranzuziehen. Um die Auswirkung einer Störung auf die Produktion auszudrücken, wurde die x-Achse mit der Gesamtmenge klassifiziert. Diese Kennzahl gibt an, zu wie viel Prozent die Anlage an den drei Produktgruppen (MGU, MGG und Massen) beteiligt ist. So können monetäre als auch nicht monetäre Rückschlüsse aus dieser Kennzahl gewonnen werden. Zur Bestimmung der Margen wurden zunächst die Beteiligungen der Anlagen an den drei Produktgruppen analysiert und in prozentualen Anteilen den Anlagen zugeordnet. Diese Gesamtstandardmargen geben an, wie viel – aufgeteilt auf die drei Produktgruppen – über die Anlagen laufen. Aus diesen drei resultierenden Margen wurde eine Gesamtstandardmarge errechnet, welche als Achsenbewertung herangezogen wird. Eine Auflistung dieser Margeneinteilung für die Verantwortungsbereiche Massenfabrik/Kornfraktionierung und Steinfabrik kann dem Anhang D entnommen werden.

Nach Bestimmung der Achsenklassifikationen musste die Einteilung der Bereichsgrenzen bzw. die Zuordnung der Strategien (reaktiv, präventiv und zustandsorientiert) geklärt werden. Mithilfe dieser Einteilung bzw. Zuordnung sollen nachvollziehbare Ableitungen der Strategien für die jeweiligen Anlagen getroffen werden, welche als Strategievorschläge für die Neuausrichtung der Instandhaltung der RHI AG am Standort Veitsch dienen sollen. Aus diesem Grund sollte diese Einteilung und Zuordnung nicht willkürlich erfolgen, sondern durchdacht getroffen werden. Nach Rücksprache mit den zuständigen Personen der RHI AG und unter Zuhilfenahme des theoretischen Hintergrundwissens wurde eine Einteilung getroffen, welche in Abbildung 65 ersichtlich ist. Diese Einteilung basiert auf der Wertigkeit der Achsenklassifikationen für die RHI AG. Demzufolge ist für die RHI AG ab einem AI von 21 eine zustandsorientierte Strategie anzudenken, egal welchen Margenanteil diese Anlage besitzt. Eine reaktive Strategie betreffen lediglich drei Gebiete, welche am linken unteren Rand zu finden sind. In diesen Bereichen spielt sowohl der Anlagenindex als auch der Margenanteil keine besondere Rolle. Ab einem Margenanteil von 40 % sollte für jede Anlage zumindest eine präventive Strategie eingeplant werden. Je höher der Margenanteil und je höher der Anlagenindex, umso wichtiger wird die Anlage für die gesamte Unternehmung und desto eher wird eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie vorgeschlagen.

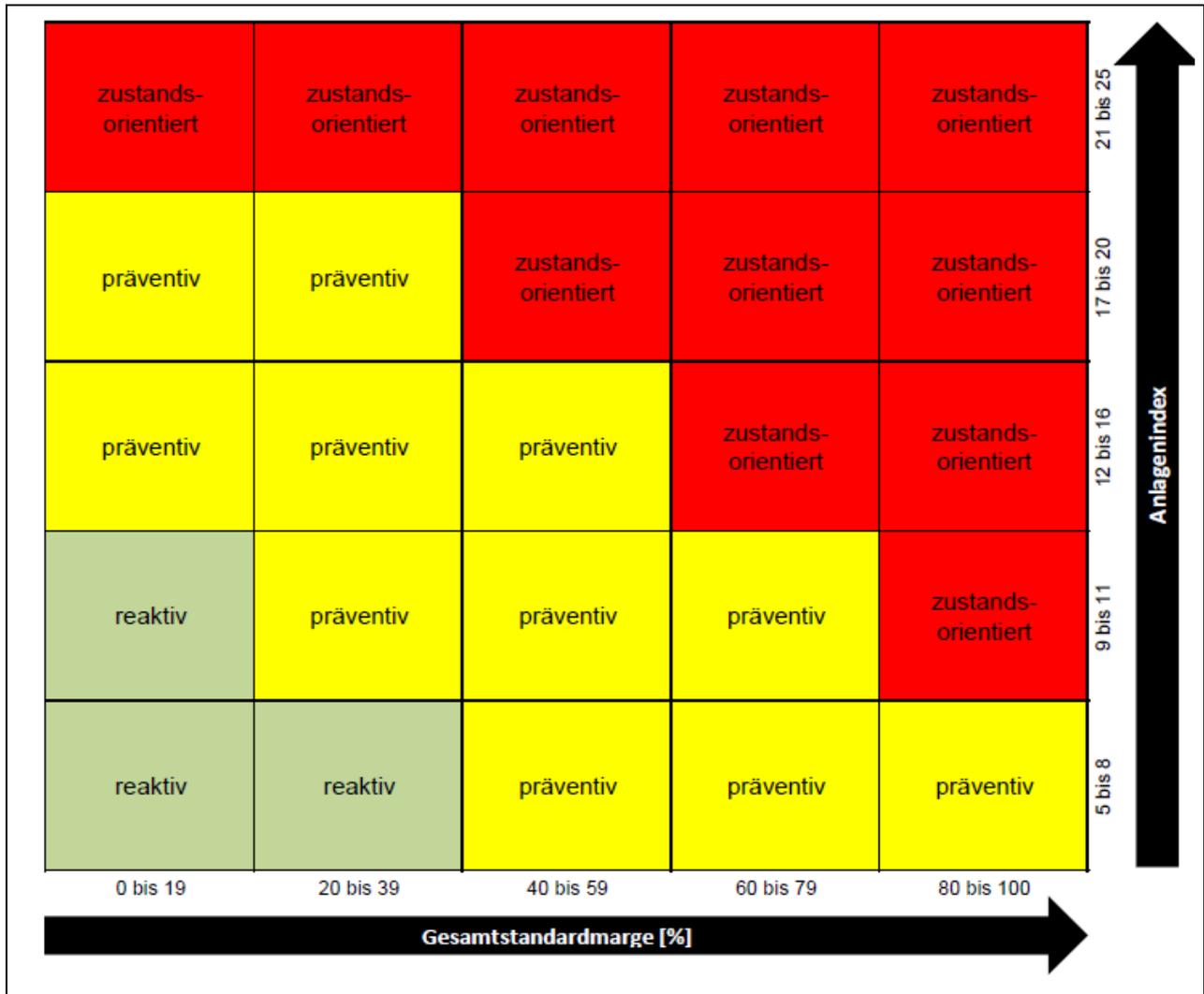


Abbildung 65 - Strategiefindungsmatrix neu²⁰²

Zur Veranschaulichung der Strategiefindung wurden repräsentative Anlagen herangezogen, welche einen Überblick geben sollen, wie die Einordnung bzw. die Erarbeitung der Strategien durch das Portfolio erfolgt. Zusätzlich wurde jeweils eine Strategiematrix für den Instandhaltungsbereich Süd und für den Instandhaltungsbereich Nord erstellt.

Instandhaltungsbereich Süd

In der Abbildung 66 können die Strategieauslegungen der repräsentativen Anlagen aus dem Bereich Kornfraktionierung und Massenfabrik entnommen werden.

²⁰² Quelle: eigene Darstellung

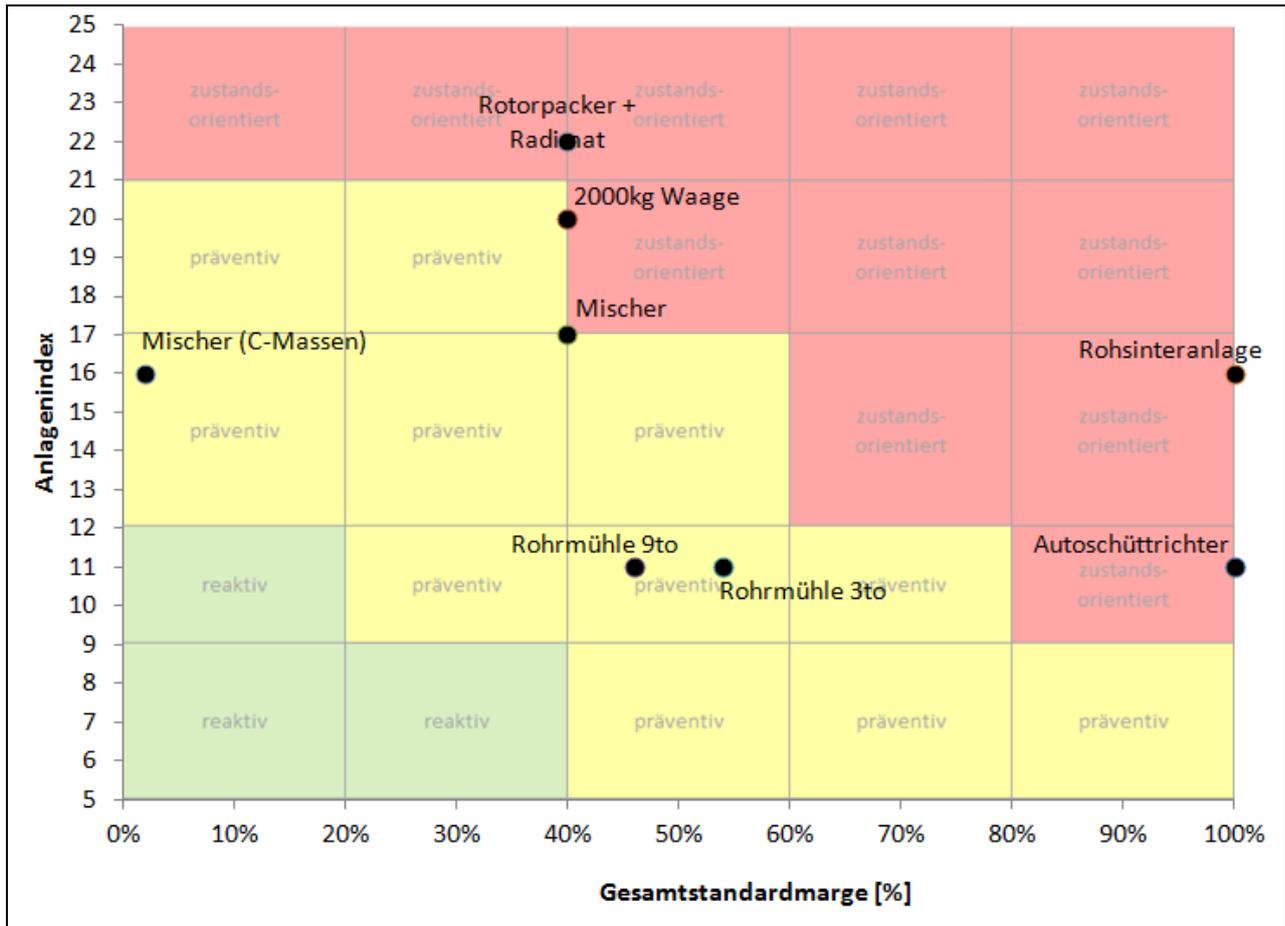


Abbildung 66 - Strategieklassifizierung IH-Bereich Süd²⁰³

Wie aus zuvor dargestellter Abbildung zu erkennen ist, sollte für die Rohsinteranlage, den Autoschüttrichter sowie den Rotorpacker + Radimat, aufgrund der hohen Gesamtmenge und des hohen Anlagenindex, eine zustandsorientierte Strategie angedacht werden. Bei der 2000 kg Waage und dem Mischer der Massenfabrik sollte ebenfalls eine zustandsorientierte Strategie eingeplant werden, obwohl die Entscheidung hier schwer fällt, da diese Anlagen genau auf der Grenze zwischen präventiver und zustandsorientierter Strategie liegen. Für die endgültige Entscheidung der Strategieauslegung der 2000 kg Waage sollten jedoch zusätzliche Gesichtspunkte, wie bspw. Kosten, Ersatzteillogistik, usw., herangezogen werden. Bei den Anlagen Mischer C-Massen, Rohrmühle 9to und Rohrmühle 3to sollte eine präventive, sprich eine zeitintervallabhängige Strategie, eingeplant werden.

Nachfolgend in Tabelle 19 werden einige Anlagen des Instandhaltungsbereiches Süd samt Anlagenindex, Gesamtstandardmenge und den dazugehörigen Strategievorschlägen aufgelistet. Die Strategievorschläge der restlichen Anlagen des Instandhaltungsbereiches Massenfabrik und Kornfraktionierung können dem Anhang E entnommen werden.

²⁰³ Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 19 - Strategieergebnisse IH-Bereich Süd

Aggregat		Anlagenindex	Gesamt Standard Marge	Strategievorschlag
Kornfraktionierung	Autoschüttrichter	11	100%	zustandsorientiert
	Steilförderband	11	100%	zustandsorientiert
	Rohsinteranlage	16	100%	zustandsorientiert
	Walzwerk 1	16	100%	zustandsorientiert
Mahlwerk	Vermahlungsbunker	10	100%	zustandsorientiert
	Rohrmühle 9to	11	46%	präventiv
	Rohrmühle 3to	11	54%	präventiv
C-Massen	BigBag Abfüllung	7	2%	reaktiv
	Mischer	16	2%	präventiv
Massenfabrik	2000kg Waage	20	40%	zustandsorientiert
	Kübelaufzug	15	40%	präventiv
	Mischer	17	40%	zustandsorientiert
	Rotorpacker + Radimat	22	40%	zustandsorientiert

Instandhaltungsbereich Nord

Die gleiche Vorgehensweise wie zuvor bei der Massenfabrik/Kornfraktionierung wurde auch in der Steinfabrik durchgeführt. Hierzu wurden repräsentative Anlagen ausgewählt, um die Zuordnung der Strategien zu den einzelnen Anlagen veranschaulichen zu können. Der Abbildung 67 kann diese Zuordnung entnommen werden.

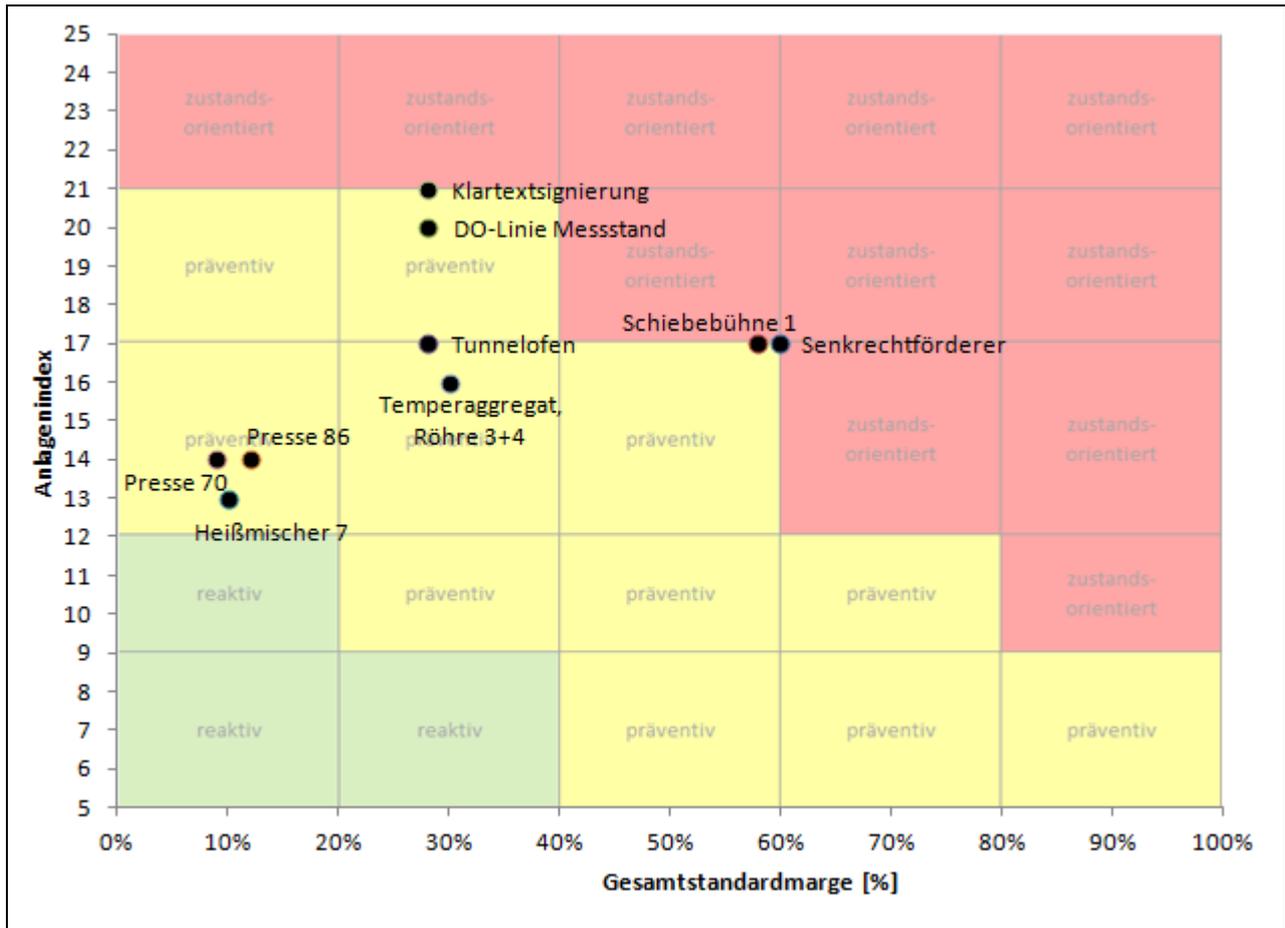


Abbildung 67 - Strategieklassifizierung IH-Bereich Nord²⁰⁴

Im Bereich der Steinfabrik sollten bspw. beim Heißmischer 1, der Presse 70, Presse 86, dem Tunnelofen, dem Temperaggregat und dem DO-Linien Messstand eine präventive Strategie eingeplant werden. Grund dafür sind zum Einen die Anlagenindizes im Bereich von maximal 20 und zum Anderen die noch niedrigen Gesamtstandardmargen. Grundsätzlich sollte für den Senkrechtförderer, die Schiebebühne 1 und die Klartextsignierung eine zustandsorientierte Strategie angedacht werden, jedoch befinden sich diese in den Randbereichen zwischen präventiver und zustandsorientierter Strategie, wodurch für die endgültige Strategieauslegung zusätzliche Entscheidungsquellen (Kosten, Ersatzteilmanagement, ...) herangezogen werden sollten, um eine geeignete Strategie für die einzelnen Anlagen umsetzen zu können.

Eine Auflistung einiger ausgewählter Anlagen aus dem Instandhaltungsbereich Nord kann samt Anlagenindex, Standardmarge und zugehörigem Strategievorschlag der Tabelle 20 entnommen werden. Um die Strategiefindung zu vervollständigen wurden für den Bereich Steinfabrik die gesamten Strategievorschläge, wie sie sich aus dem Portfolio ergaben, in einer Tabelle zusammengefasst. Diese Tabelle ist in Anhang F ersichtlich.

²⁰⁴ Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 20 - Strategieergebnisse IH-Bereich Nord

Aggregat	AI	Gesamtstandardmarge	Strategievorschlag
Wiegestation	12	60%	zustandsorientiert
Senkrechtförderer	17	60%	zustandsorientiert
Pressmassentransport	14	58%	präventiv
Schiebebühne 1	17	58%	zustandsorientiert
Kaltmischer 1	12	9%	präventiv
Presse 50	13	5%	präventiv
Presse 71	14	9%	präventiv
Schiebebühne 3	14	58%	präventiv
DO-Linie Messstand	20	28%	präventiv
Tunnelofen	17	28%	präventiv
Klartextsignierung DO-Linie	21	28%	zustandsorientiert
Heißmischer 7	13	10%	präventiv
Presse 67	14	2%	präventiv
Presse 77	14	5%	präventiv
Presse 78	14	5%	präventiv
Presse 86	14	12%	präventiv
Temperaggregat, Röhre 3+4	16	30%	präventiv
Schiebebühne 2	12	58%	präventiv

Bei der Erarbeitung der Strategien wurden dieselben 129 Anlagen analysiert, welche in der Anlagenindexberechnung herangezogen wurden. Nach Zuordnung der Strategien zu den Anlagen konnte folgende Verteilung der Instandhaltungsstrategien festgestellt werden:

Tabelle 21 - Verteilung IH-Strategien

Bereich	Anlagen mit zustandsorientierter Strategie	Anlagen mit präventiver Strategie	Anlagen mit reaktiver Strategie
IH-Bereich Süd	17	43	11
IH-Bereich Nord	9	39	10

Wie Tabelle 21 erkennen lässt, wird vermehrt die präventive Instandhaltungsstrategie vorgeschlagen. Mit insgesamt 82 Anlagen aus den beiden Bereichen stellt diese Strategie den größten Teil dar. Bei 29 Aggregaten sollte eine zustandsorientierte Strategie angedacht und bei insgesamt 21 Anlagen aus den beiden Instandhaltungsbereichen müsste eine reaktive Instandhaltungsstrategie eingeplant werden.

Diese Strategien für die beiden Verantwortungsbereiche (Massenfabrik/Kornfraktionierung und Steinfabrik), welche sich durch das Portfolio ergaben, sind nicht als endgültig zu sehen. Sowohl die Meinung der Mitarbeiter als auch weitere Aspekte, wie bspw. Kosten und

Ersatzteilmanagement, können als Hilfen für die richtige Strategiewahl herangezogen werden. Zusätzlich muss bei der Umsetzung der Strategien eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, da nicht für jede Anlage jede Strategie anwendbar ist. Zumeist wird ein Strategiemix bei den Anlagen zum Einsatz kommen.

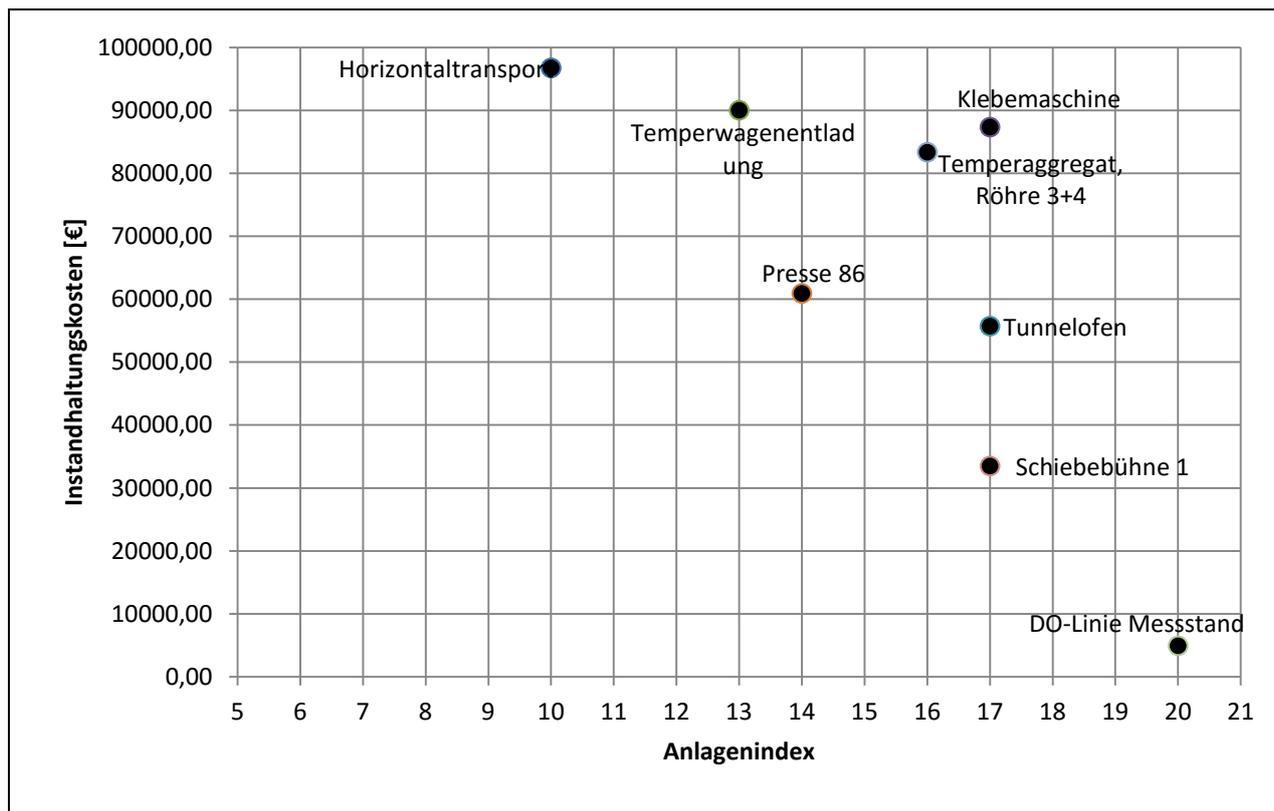
3.4.4 Kostenbetrachtung

Da es in den zuvor erstellten Anlagenindizes keine Berücksichtigung bzgl. der Instandhaltungskosten gab, wurde versucht eine weitere Hilfestellung zur Strategieauswahl zu schaffen. Mithilfe der Instandhaltungskosten, welche sich aus den internen und externen Instandhaltungskosten sowie aus Material- und Personalkosten ergeben, und dem ermittelten Anlagenindex kann eine weitere unternehmensspezifische Priorisierung durchgeführt werden. Für die Auswertung wurden die Instandhaltungskosten aus dem Jahr 2014 herangezogen, da hier die Daten von einem ganzen Jahr zur Verfügung standen.

Für den Bereich der Kornfraktionierung und der Massenfabrik konnte keine detaillierte Darstellung mit Anlagenindex und Kosten erstellt werden, da die Kostenaufzeichnungen nicht mit den Aufstellungen der Anlagenindizes übereinstimmen. Die Aufzeichnungen bezogen sich meist auf einen gesamten Bereich bzw. auf mehrere Anlagen gemeinsam. Dadurch könnte eine Zuweisung der Anlagen-Instandhaltungskosten zu den Anlagenindizes ungenau und nicht sinnvoll dargestellt werden. Um die Kosten dieses Verantwortungsbereiches nicht gänzlich zu vernachlässigen, wurden die im gesamten Bereich der Kornfraktionierung und der Massenfabrik verursachten Kosten im Jahr 2014 ermittelt. Diese beliefen sich für die Anlageninstandhaltungen auf 890.003 €. Werden alle anderen Instandhaltungsaktivitäten hinzugezogen, sprich Instandhaltungen rund um die Gebäude und Arbeitsplätze, beliefen sich diese auf 1.069.353 € pro Jahr.

Im Bereich der Steinfabrik war es möglich sich der im Kapitel 2.7.2 erwähnten Kostenmatrix zu bedienen, da hier die Kostenaufstellungen wesentlich detaillierter waren und so den Anlagen zugeordnet werden konnten. Die auf der x-Achse aufgetragenen Anlagenindizes wurden den Instandhaltungskosten, welche auf der y-Achse dargestellt wurden, gegenübergestellt. Je weiter sich die Anlage in der Matrix nach oben rechts orientiert, desto wichtiger ist diese Anlage für die Instandhaltung. Dadurch kann eine weitere Hilfestellung für die Instandhaltungsstrategieauswahl bereitgestellt werden.

Da eine gesamte Darstellung der Anlagen in der Kostenmatrix zu unübersichtlich wird, wurden nur einige repräsentative Anlagen herangezogen. In der Abbildung 68 kann diese Darstellung der ausgewählten Anlagen in der Kostenmatrix begutachtet werden.

Abbildung 68 - Kostenmatrix Steinfabrik²⁰⁵

Wird die Abbildung 68 genauer betrachtet, lässt sich erkennen, dass die Klebmaschine, der Horizontaltransport und die Temperwagenentladung im Vergleich zu den anderen am meisten Kosten verursacht haben. Mit jeweils mehr als 87.000 € sind diese Anlagen in der Kostenstatistik ganz vorne anzutreffen. Jedoch nur die Klebmaschine ist im Bereich des Anlagenindex (AI von 17) als hoch einzuordnen. Hingegen sind die anderen Maschinen mit Anlagenindizes von 10 bzw. 13 geringer einzustufen. Der Tunnelofen, die Presse 86, das Temperaggregat sowie die Schiebebühne 1 sind in dieser Matrix bei den Kosten im Bereich von 30.000 € bis 85.000 € anzutreffen. Der Anlagenindex dieser Anlagen beläuft sich zwischen 13 und 17. Der Do-Linien Messstand, welcher mit einem hohen Anlagenindex von 21 aufzeigt, verursachte im Jahr 2014 sehr geringe Instandhaltungskosten, welche sich auf rund 5.000 € beliefen. Eine gesamte Auflistung der Instandhaltungskosten samt Anlagenindex für die einzelnen Maschinen des Bereiches Steinfabrik kann dem Anhang entnommen werden.

Alles in allem wurden im Jahr 2014 Gesamtkosten von 1.354.872 € für die Instandhaltung der Anlagen und Maschinen des Bereiches Steinfabrik aufgewendet. Zusammen mit den Gebäude- und Arbeitsplatzinstandhaltungen ergeben sich Kosten für das Jahr 2014 von 2.061.778 €.

Für die weitere Umsetzung der Strategien könnten die Aussagen aus dieser Matrix für eine zusätzliche Gliederung der Einführungsschritte verwendet werden. Es wird in einer Unternehmung nicht möglich sein, alle Anlagen zur gleichen Zeit auf die neuen Strategien umzustellen. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll jene Anlagen zuerst umzustrukturieren,

²⁰⁵ Quelle: eigene Darstellung

welche zum Einen am Wichtigsten für die Instandhaltung sind und zum Anderen die meisten Kosten in der Instandhaltung verursachen. Die Kostenmatrix bildet hierbei einen guten Ansatz, um die Prioritäten hinsichtlich Instandhaltungskosten zu eruieren und in den Umsetzungsplan einzugliedern.

Jene Anlagen, welche in Tabelle 22 aufgelistet sind, sollten aufgrund ihrer Instandhaltungskosten von mehr als 50.000 € und einem Anlagenindex von mindestens 14 bei der Umsetzung der Strategien als erstes betrachtet werden:

Tabelle 22 - Kostenbetrachtung zur Strategieumsetzung

Aggregate Steinfabrik	Anlagenindex	Kosten [€]
Presse 66	14	89812,00
Presse 71	14	88812,00
Klebmaschine	17	87343,00
Temperaggregat, Röhre 3+4	16	83352,00
Presse 67	14	66426,00
Presse 86	14	60923,00
Tunnelofen	17	55728,00
Presse 70	14	52986,00

4 Zusammenfassung

Das leistungsstärkste Magnesitwerk der RHI Gruppe am Standort Veitsch gliedert sich in drei Hauptproduktgruppen. Zu diesen zählen neben den pechgebundenen Steinen, die gebrannten Steine und die Produkte aus der Massenfabrik. Die derzeitige strategische Ausrichtung der Instandhaltung am Standort Veitsch ist zumeist reaktiv behaftet. Um den Anforderungen zu entsprechen, sollte die strategische Ausrichtung überdacht und eine zukunftsorientierte Strategieauslegung durchgeführt werden.

Grundlegend wird in der Instandhaltung am Standort Veitsch zwischen zwei mechanischen – Bereich Nord und Bereich Süd - und einem elektrischen Instandhaltungsbereich unterschieden. In diesen Abteilungen läuft die Planung bzw. Abwicklung von Instandhaltungstätigkeiten beinahe gleich ab. Zum Einen werden bereichsinterne Excellisten geführt, welche die notwendigen Tätigkeiten der Instandhaltung beinhalten und zum Anderen werden Wartungsaufträge durch das SAP-System generiert und eingeplant. Zudem kommen noch selbst eingeplante Instandhaltungstätigkeiten und durch E-Mails bzw. Besprechungen definierte Arbeitsaufträge, welche vom Verantwortlichen in das tägliche Geschäft eingeplant werden. Des Weiteren wurde ein Stillstandsplan entwickelt, der für die größeren Anlagen festlegt, wann diese für Wartungen und Instandsetzungen abgeschaltet und zur Verfügung gestellt werden. Die abschließende Planung der Instandhaltungstätigkeiten wird zusammen mit der Fertigungsplanung abgestimmt und festgelegt. Der große Unterschied zwischen den Instandhaltungsabteilungen liegt in dem zugrundeliegenden Schichtmodell bzw. in der personellen Aufstellung. Wird im mechanischen Instandhaltungsbereich Nord in einem 3- oder 4-Schicht Betrieb gearbeitet, sind die anderen Abteilungen im Frühschichtmodell mit zusätzlichem Inspektionsdienst organisiert. Somit ist der Bereich Nord personell auch stärker aufgestellt.

Das am Standort Veitsch genutzte SAP-System ist aufgrund von Umbauten und Personaleinsparungen nicht auf dem neuesten Stand, wodurch die dort angelegten Wartungspläne nicht oder nur zum Teil abgearbeitet werden können. Das SAP-System wird hauptsächlich zur Kostenkontrolle verwendet.

Aufgrund der getrennten Arbeitsweise in den Instandhaltungsbereichen sind die Datenaufzeichnungen sehr unterschiedlich. Im Instandhaltungsbereich Nord werden Stör- und Instandhaltungszeiten in einem TPP-System festgehalten. Im Gegensatz dazu werden die relevanten Daten für die Instandhaltung im Bereich Süd nur zum Teil im TPP-System aufgezeichnet. Vermehrt werden die Daten mittels internen Excellisten festgehalten. Dadurch wird ein Datenvergleich bzw. eine Datenanalyse erschwert. Um dem Abhilfe zu schaffen kann eine gemeinsame Datenbank mit allen notwendigen Daten generiert und implementiert werden. Darüber hinaus müsste das SAP-Instandhaltungsmodul überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht werden. Aufgrund des zusätzlichen personellen Engpasses in den Bereichen sollte eine Umstrukturierung der Aufbauorganisation angedacht werden. Eine Zusammenlegung der Instandhaltungsabteilungen vereint die personellen Ressourcen und standardisiert die Arbeitsweise der Bereiche.

Nach Erfassung der Ist-Situation folgt die Ausarbeitung der Instandhaltungsstrategien. Zu Beginn wird eine Engpassanalyse durchgeführt, welche die materialflusstechnischen Engpassaggregate eruiert. Die Strategiefindung basiert auf einer Anlagenindexberechnung bzw. der Erhebung der Standardmargen mit anschließender Auswertung in einem Portfolio. Mithilfe erarbeiteter Kriterien kann der Anlagenindex berechnet werden, welcher Rückschlüsse über die Wichtigkeit der Anlagen bzgl. der Instandhaltung gibt und zusammen mit den Standardmargen zur Bestimmung der Strategien herangezogen wird. Das Ergebnis der Strategieausarbeitung ist die Zuordnung der drei unterschiedlichen Strategieansätze (reaktiv, präventiv, zustandsorientiert) zu den untersuchten Anlagen. Dadurch kann jeder Anlage eine geeignete Strategie zugesprochen werden.

Die erarbeiteten Strategievorschläge bilden die Basis für die Umsetzung der Strategien am Standort Veitsch. Dabei muss vorab geklärt werden, ob es technisch möglich ist, die angestrebten Strategien für die Anlagen anwenden zu können. Zudem gibt eine Kostenanalyse weitere Hilfestellungen zur Priorisierung der Umsetzungsreihenfolge.

5 Ausblick

Nachdem die passenden Strategievorschläge für die Anlagen erarbeitet wurden, sollte als nächster Schritt mit der Implementierung dieser Strategien begonnen werden.

Um optimale Voraussetzungen für die Implementierung zu schaffen, wäre es zunächst notwendig das SAP-System auf den neuesten Stand zu bringen. Hierfür sollen alle Anlagen im System erfasst bzw. bereits im SAP-System vorhandenen Anlagen überarbeitet werden. Im Zuge dieser Umstellung müssen die Mitarbeiter geschult und mit dem SAP-System vertraut gemacht werden, damit es in Zukunft auch auf dem neuesten Stand bleibt. In der Instandhaltung sollen die Wartungspläne bei den jeweiligen Anlagen hinterlegt werden.

Da Wartungspläne genaue Arbeitsanweisungen für die Instandhalter darstellen, müssen sie möglichst alle notwendigen Schritte beinhalten, welche für die Instandhaltung notwendig sind. Neben einer genauen Festlegung der Wartungszeitpunkte enthalten die Wartungspläne die Beschreibung der auszuführenden Wartungsaufgaben, die vorgesehenen Arbeitsmittel, die Art und Menge von Hilfs- und Schmierstoffen, den Instandhalter selbst sowie weitere für die Unternehmung wichtige Informationen. Bei der Erstellung eines Wartungsplanes ist festzulegen, was, wann, wo, wer, wie, womit und unter welchen Bedingungen zu warten ist.²⁰⁶

Des Weiteren können zwei Meldepunkte im System integriert werden, da es nicht möglich ist sofort mit der Wartung zu starten. Deswegen soll ein Meldepunkt, ab dem eine Wartung durchgeführt werden könnte, und ein Grenzpunkt, bis zu dem die Wartung vollzogen werden muss, eingeführt werden. Dadurch könnten sich die Wartungen in die bestehende Produktion besser einplanen lassen.

Zusätzlich müssen die Mitarbeiter auf das Thema Instandhaltung sensibilisiert werden, damit vor allem bei einer reaktiven Instandhaltungsstrategie durch visuelle Kontrollen der Mitarbeiter ein Komplettausfall umgangen werden kann. Sprich die Mitarbeiter sollen bei ihrer Abreit, möglicherweise im Zuge der Reinigung des Arbeitsplatzes, eine kurze Inspektion vornehmen, um mögliche Probleme frühzeitig erkennen und melden zu können.

Bei den Anlagen, welche eine zustandsorientierten Strategie zugedacht wird, muss zuerst ein Machbarkeitscheck durchgeführt werden. Dabei soll untersucht werden, ob es überhaupt möglich ist, bei den Anlagen eine zustandsorientierte Wartung mithilfe von Monitoring Systemen durchführen zu können. Sollte die Umsetzung kein Problem darstellen, können Monitoring Systeme eingesetzt werden, welche sich in die bestehenden IT-Strukturen eingliedern lassen. Danach soll für jede Anlage die entsprechenden Parameter, wann, wie, wer, usw., in den entsprechenden Wartungsplan eingetragen werden. Die Daten des Monitoring Systems können in das bestehende SAP System eingebettet werden und die Wartungspläne mit den geeigneten Daten füttern, damit der Wartungsplan mit den hinterlegten Parametern geeignete Zeitpunkte für die Wartungen errechnen und melden kann.

²⁰⁶ vgl. Rötzel, A. (2001), S. 55f.

Im Zuge der Umstellung der Anlagen auf eine präventive Instandhaltungsstrategie müssen für jede Anlage die Zeitpunkte für eine Wartung festgelegt und in die neu aufbereiteten Wartungspläne eingegliedert werden. Zusätzlich müssen alle notwendigen Informationen, welche für die Abwicklung einer Wartung notwendig sind, in den Wartungsplan integriert werden.

Bei den Anlagen, bei denen eine reaktive Instandhaltung eingeplant wurde, wird die Anlage solange betrieben, bis diese ausfällt. Im Grunde genommen wäre ein Wartungsplan hierbei nicht notwendig. Da in der Realität meist keine reine Ausfallstrategie angewendet wird, sondern ein Mix aus mehreren Strategien praktiziert wird, müssen auch die anlagenspezifischen Wartungspläne diesbezüglich angepasst werden.

Im Zuge der Umstellung der Strategien soll die Vorgehensweise bei Störmeldungen überarbeitet werden. Ziel ist es ein zentralisiertes und für den Standort Veitsch standardisiertes Störmeldesystem zu implementieren. Grundsätzlich ist es von Vorteil ein Meldesystem zu erarbeiten, welches sich in die gegebenen IT-Strukturen mit möglichst geringem Aufwand eingliedern lässt. So kann beispielweise das Störmeldesystem auf dem bestehenden SAP System am Standort Veitsch basieren. Eine mögliche Lösung ist ein SAP-Modul zu implementieren, in welches sich alle notwendigen Informationen, welche für eine Störmeldung notwendig sind, eintragen lassen. Da größtenteils alle Anlagen über einen PC mit SAP-Zugang verfügen oder ein solcher in unmittelbarer Reichweite zu finden ist, können die Produktionsmitarbeiter bei einer auftretenden Störung die notwendigen Informationen in dieses Modul eintragen. Nach erfolgreicher Eingabe der Informationen werden die zuständigen Instandhalter automatisch durch das Meldesystem benachrichtigt.

Durch Anmeldung in das System wird der Bediener automatisch vom System erfasst und als Störmelder hinterlegt. Zusätzlich wird der Meldezeitpunkt erfasst und eingetragen. Der Störmelder soll innerhalb der Störmeldung folgende Punkte in das System eintragen können:

- Welchen Bereich betrifft die Störung?
- Welche Anlage ist von der Störung betroffen?
- Wie gravierend ist die Störung?
- Ist die Störung elektrisch oder mechanisch?
- Genaue Beschreibung der Störung.

Durch die Auswahl des Bereiches bzw. der Anlage weiß das System automatisch, wer die verantwortlichen Instandhalter sind. Nach Abschließen der Störmeldung werden diese automatisch per E-Mail, SMS oder Pop-up Nachricht über die Störung informiert. Zusätzlich soll eine Statusanzeige integriert werden, welche den aktuellen Stand der Störung angibt. Nach Eingabe der Störmeldung steht der Status auf „offen“. Bei Übernahme der Störung durch den Instandhalter wird der Status auf „bearbeitet“ geändert und nach Beseitigung der Störung auf „erledigt“ gesetzt. Durch diese Statusänderungen werden vom System automatisch die zeitlichen Abstände erfasst und der Störung hinterlegt, was für weitere Analysen hilfreich ist.

Des Weiteren kann es von Vorteil sein, wenn nach erfolgreicher Beseitigung der Störung eine Ursachenanalyse und ein Maßnahmenkatalog im System hinterlegt wird.

Mithilfe solch eines SAP-Modules bzw. solch eines Störmeldesystems können die Störaufzeichnungen vereinheitlicht und standardisiert werden, was eine Analyse der Daten weitestgehend vereinfacht.

6 Literaturverzeichnis

Alcalde Rasch, A. (2000): Erfolgspotential Instandhaltung: Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements., 21. Band, Berlin: Erich Schmidt. ISBN 9783503058112.

Arunraj, N. S.; Maiti, J. (2007): Risk-based maintenance--techniques and applications. In: Journal of hazardous materials 3 (2007), S. 653–661.

Bauer, C.-O.; Warnecke, H.-J. (1992): Instandhaltungsmanagement, 1. Band, 2. Auflage, Köln: TÜV Rheinland. ISBN 9783885858225.

Bert, L.; Kieman, M. L. (2009): Wertorientierte Instandhaltung mit TPM. Mithilfe des Total-Productive-Managements (TPM) können Sie Ihre betriebliche Instandhaltung wertorientiert gestalten. In: Unternehmen der Zukunft 2 (2009), S. 15–18.

Biedermann, H. (2008): Anlagenmanagement: Managementinstrumente zur Wertsteigerung. 2. Auflage, Köln: TÜV Media. ISBN 3824910802.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2012): DIN 31051 Instandhaltung. Begriffe und Maßnahmen. Berlin: Beuth.

García Márquez, Fausto Pedro; Tobias, A. M.; Pinar Pérez, Jesús María; Papaelias, M. (2012): Condition monitoring of wind turbines: Techniques and methods. In: Renewable Energy (2012), S. 169–178.

Hu, H.; Cheng, G.; Li, Y.; Tang, Y. (2009): Risk-based maintenance strategy and its applications in a petrochemical reforming reaction system. In: Journal of Loss Prevention in the Process Industries 22 (2009), S. 392–397.

Jöbstl, O. (2004): Verbesserung der Overall Equipment Effectiveness als Maßnahme zur Kostensenkung. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Leistungs- und kostenorientiertes Anlagenmanagement: Köln: TÜV-Verlag. ISBN 9783824908912, S. 35–47.

Khan, F. I.; Haddara, M. M. (2003): Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. In: Journal of Loss Prevention in the Process Industries 16 (2003), S. 561–573.

Kinz, A.; Biedermann, H. (2015): Anlagenspezifische Instandhaltungsstrategiewahl durch strukturierte Anlagenbewertung. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Smart Maintenance: Köln: TÜV Media. ISBN 978-3-8249-1950-5, S. 221–238.

Kohstall, T. (2011): Instrumente zum Bewerten betrieblicher Störungen mit Ausfallkosten und Checklisten zur Störungsbewertung Berlin: IGA.

- Krishnasamy, L.; Khan, F.; Haddara, M. (2005): Development of a risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant. In: Journal of Loss Prevention in the Process Industries 18 (2005), S. 69–81.
- Leidinger, B. (2014): Wertorientierte Instandhaltung: Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 3658044012.
- May, C.; Schimek, P. (2009): Total productive management: Grundlagen und Einführung von TPM - oder sie Sie Operational Excellence erreichen., Nr. 1. Band, 2. Auflage, Ansbach: CETPM Publ. ISBN 3940775053.
- Nyhuis, P.; Wiendahl, H. P. (2010): Logistische Kennlinien: Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. 3. Auflage, Berlin: Springer Berlin. ISBN 3540928391.
- Österreichisches Normungsinstitut (2010): ÖNORM ISO 31000 Risikomanagement - Grundsätze und Richtlinien. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- Pawellek, G. (2013): Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik: Vorgehensweisen, Methoden, Tools. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 3642313833.
- Reichel, J.; Mandelartz, J.; Müller, G. (2009): Betriebliche Instandhaltung Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 3642005020.
- RHI Produktions- & Dienstleistungsstandort Veitsch (2011): RHI INGO-Handbuch Veitsch.
- Rötzel, A. (2001): Instandhaltung: Eine betriebliche Herausforderung. 2. Auflage, Berlin, Offenbach: VDE-Verl. ISBN 9783800725847.
- Schröder, W. E.; Kleindienst, B. (2013): Resource Risk Based Maintenance. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Ressourceneffizientes Anlagenmanagement: Köln: TÜV Media. ISBN 382491736X, S. 105–131.
- Schröder, W. E.; Sagadin, J. (2013): Das Management des Produktionsfaktors Anlage – Von der betrieblichen Instandhaltung zur ganzheitlichen integrierten Anlagenbewirtschaftung. In: BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 7 (2013), S. 274–277.
- Sepeda, A. L. (2009): A risk based maintenance approach (for facilities complying with the US OSHA PSM regulation). In: Journal of Loss Prevention in the Process Industries 6 (2009), S. 680–684.
- Strohmeier, G.; Posch, W.; Schwarzberger, K. (2004): Risikomanagement als Basis einer kostenoptimalen Instandhaltungsstrategie in einem Ferngasunternehmen. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Leistungs- und kostenorientiertes Anlagenmanagement: Köln: TÜV-Verlag. ISBN 9783824908912, S. 47–71.

Strunz, M. (2012): Instandhaltung: Grundlagen - Strategien - Werkstätten. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 3642273904.

Weidenhaun, J.; Corsten, A. (2015): Die systematische Auswahl von Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssystemen vor dem Hintergrund neuer Trends bei IPS-Systemen. URL: <http://data.fir.de/download/maveroeff/sv4260.pdf> (Zugriff: 03.03.2015).

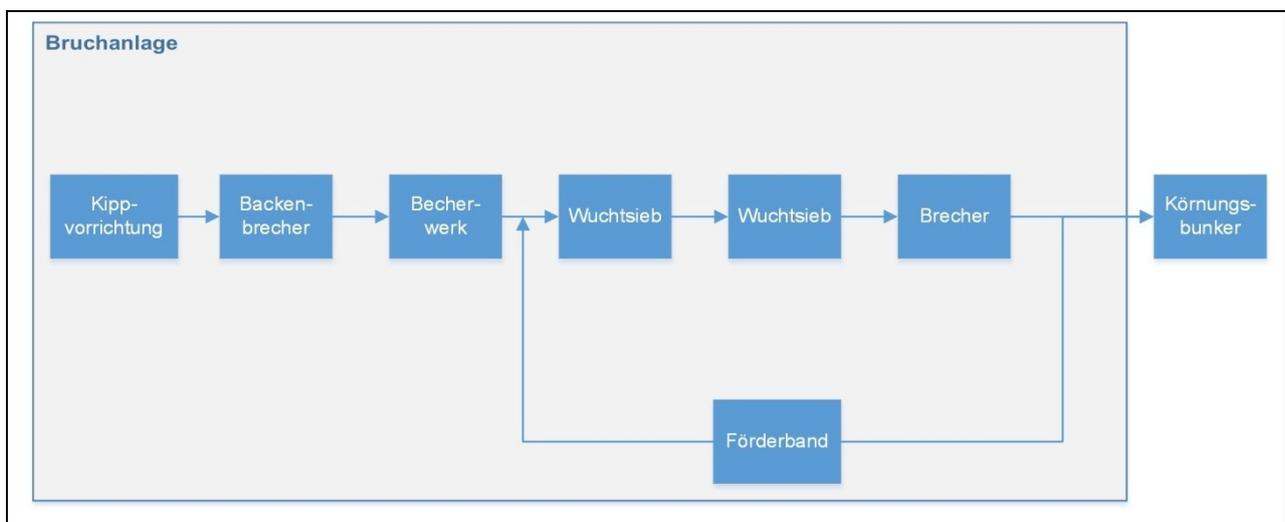
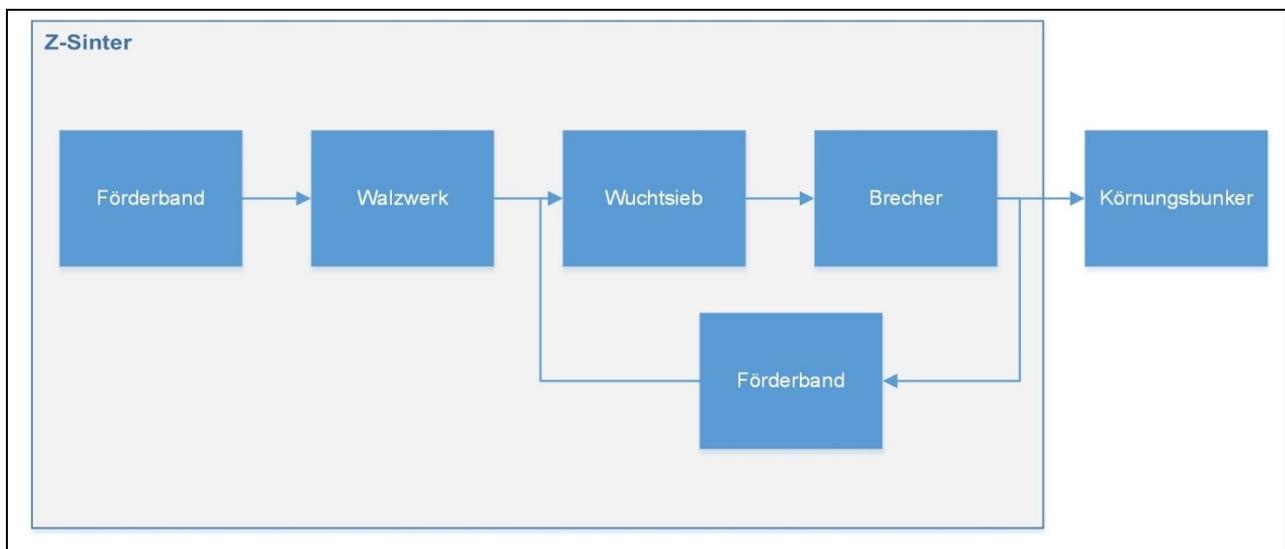
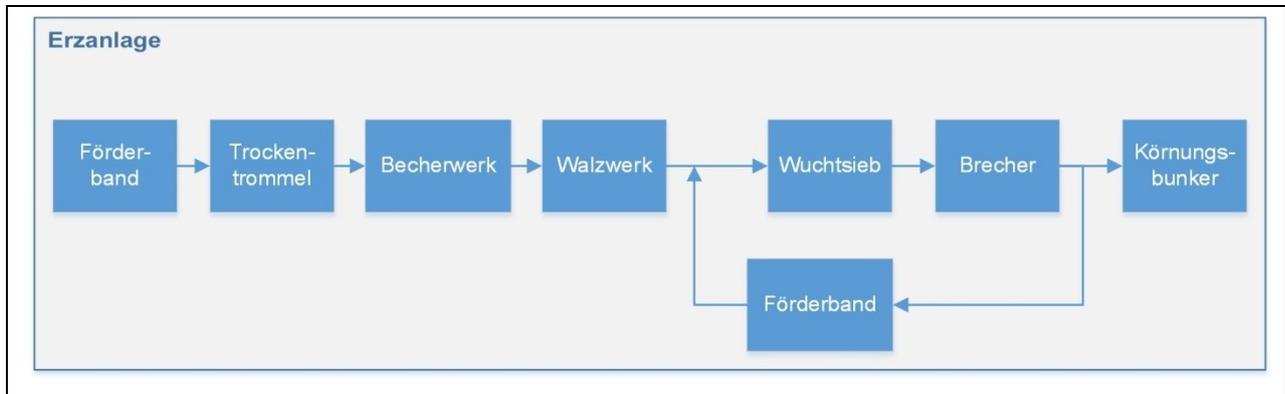
Zielowski, C. (2006): Managementkonzepte aus Sicht der Organisationskultur: Auswahl, Ausgestaltung und Einführung. 1. Auflage, Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. ISBN 3835090526.

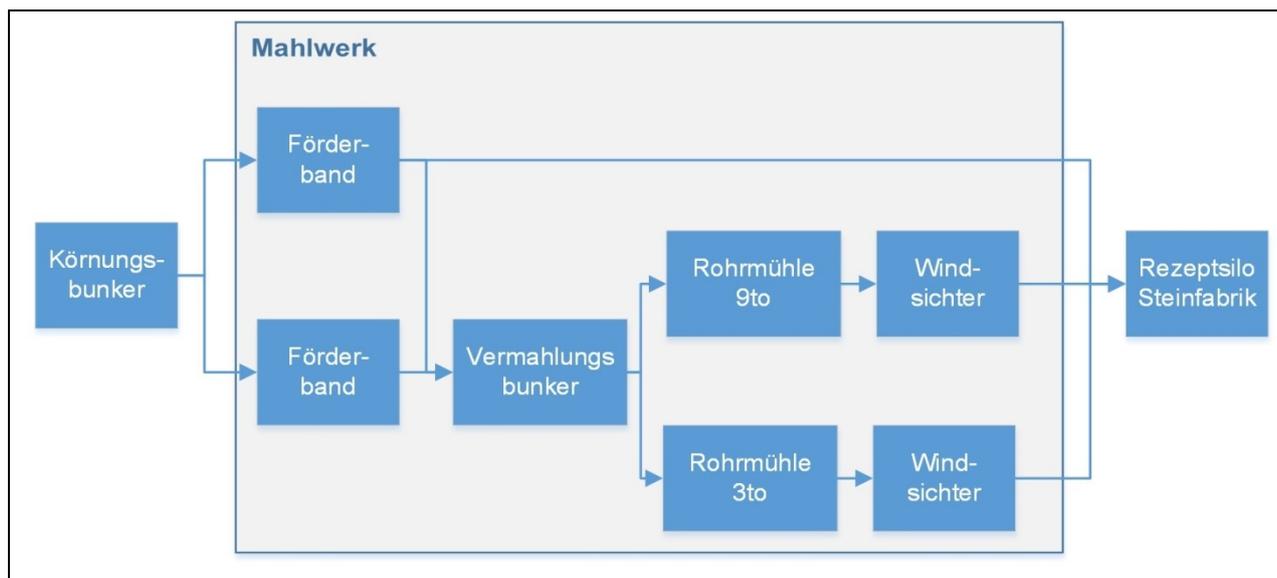
Zsifkovits, H. (2013): Logistik Konstanz: UVK. ISBN 3838536738.

Anhang A

		Febr/März																													
		KW €		KW 10							KW 11							KW 12							KW 13						
Anlage/Bereich	Intervall	Mo	Mo	Di	Mi	DO	FR	SA	So	Mo	Di	Mi	DO	FR	SA	So	Mo	Di	Mi	DO	FR	SA	So	Mo	Di	Mi	DO	FR	SA	So	
Ziegelbruch	1 monatl																														
Chromerzanlage	flexibel																														
Anlieferstrecke 1 & 2	1 monatl																														
Autoschüttrichter	1 monatl																														
Massenfabrik	1 monatl																														
Mischerei	1 monatl																														
Schiebebühnen 1-3	1 monatl																														
TO-Rangierung	2 - monatlich																														
UMW/HM-6	2 monatlich																														
UMW/HM-7	2 monatlich																														
UMW/HM-8	2 monatlich																														
Pr.50	1-monatli. Variabal																														
Pr.52	1-monatli. Variabal																														
Pr.70	1-monatli. Variabal																														
Pr.71	1-monatli. Variabal																														
Pr.66	1-monatli. Variabal																														
Pr.67	1-monatli. Variabal																														
Pr.76	1-monatli. Variabal																														

Anhang B





Anhang C

Aggregate Kornfraktionierung/Massenfabrik		Anlagenindex		
Kornfraktionierung		Autoschüttrichter	11	
		Steilförderband	11	
		Rohsinteranlage	16	
	Zerkleinerung Süd		Wuchtsieb 76	10
			Brecher 80c	15
			Brecher 81c	15
			Becherwerk 78 (Rückführung)	13
	Zerkleinerung Nord		Wuchtsieb L	10
			Brecher W	16
			Förderband V (Rückführung)	13
	Siebanlage 1a + 1b		Wuchtsieb 1	10
			Wuchtsieb 2	10
			Taumelsieb 1	10
			Taumelsieb 2	10
	Siebanlage 2	Taumelsieb	12	
	Nachzerkleinerung		Walzwerk 1	16
			Walzwerk 2	16
			Walzwerk 3	16
		Becherwerk 1 (Rückführung)	10	
		Becherwerk 2 (Rückführung)	10	
	Körnungsbunker	14		
Z-Sinter		Förderband Anlieferung	8	
		Walzwerk	15	
		Wuchtsieb	10	
		Brecher	13	
		Förderband (Rückführung)	8	
Bruchanlage		Kippvorrichtung	10	
		Backenbrecher	13	
		Becherwerk	12	
		Wuchtsieb 1	11	
		Wuchtsieb 2	11	
		Brecher	12	
		Förderband (Rückführung)	9	
Erzanlage		Förderband Anlieferung	6	
		Trockentrommel	8	
		Becherwerk	9	
		Walzwerk	11	
		Wuchtsieb	9	
		Brecher	10	

Aggregate Kornfraktionierung/Massenfabrik		Anlagenindex
	Förderband (Rückführung)	6
Mahlwerk	Förderband Anlieferung 1	10
	Förderband Anlieferung 2	10
	Vermahlungsbunker	10
	Rohrmühle 9to	11
	Rohrmühle 3to	11
	Windsichter 9to	11
	Windsichter 3to	11
	C-Massen	pneumatische Anlieferung Vormisch Hochfilz	18
Pumpe Thermocarbon, flüssiges Bindemittel		14
Mischer		16
BigBag Abfüllung		7
Sack Abfüllung händisch		14
Schrumpfungsanlage		12
Massenfabrik	Förderband Anlieferung	12
	Mehlband Anlieferung	12
	Rezeptsilo Massenfabrik	12
	300kg Waage	18
	2000kg Waage	20
	Kübelaufzug	15
	Mischer	17
	IFE + Jalousie	15
	BigBag Abfüllung	17
	Rotorpacker + Radimat	22
	Silo LKW Abfüllung	8
	Palettenentstapler	11
	Folienaufleger	15
	Palettieren BigBag	15
	Palettieren Säcke	15
	Egalisierstation BigBag	7
	Ettiketierroboter	22
	Stretchhood	19

Aggregat Steinfabrik	Anlagenindex
Rezeptsilo Stein	12
Wiegestation	12
Kübelwagen	8
Horizontaltransport unten	10
Umsetzbühne unten	14
Senkrechtförderer	17
Horizontaltransport oben	10
Umsetzbühne oben	14
Pressmassentransport	14
Schiebebühne 1	17
Kaltmischer 1	12
Kaltmischer 2	12
Kaltmischer 3	12
Presse 50	13
Presse 52	13
Presse 70	14
Presse 71	14
Schiebebühne 3	14
Setzstation 1	13
Setzstation 2	13
DO-Linie Messstand	20
Tunnelofen	17
Hebe-/Senkbühne	10
Absetzmanipulator/-transport	8
Absetzroboter 1	11
Absetzroboter 2	11
Klebmaschine DO-Linie	17
Klartextsignierung DO-Linie	21
Palletieranlage 2 DO-Linie	15
Umreifungsroboter DO-Linie	16
Heißeimeinrichtung DO-Linie	13
Ettiketierroboter DO-Linie	7
Waage DO-Verpackung	11
Schrumpfungsanlage DO-Linie	11
Paketdoppler DO-Linie	7
Kornerhitzer 6	13
Kornerhitzer 7	13
Kornerhitzer 8	13
Heißmischer 6	12
Heißmischer 7	13

Aggregat Steinfabrik	Anlagenindex
Heißmischer 8	13
Presse 66	14
Presse 67	14
Presse 76	13
Presse 77	14
Presse 78	14
Presse 86	14
Temperaggregat, Röhre 3+4	16
TVN	15
REA	16
Schiebebühne 2	12
ER-Taucher	11
Gruppierlager	10
Temperwagenentladung PM-Linie	13
Roboter PM-Linie	11
Palettenentstapler + Umsetzeinrichtung PM-Linie	13
Stretchhood PM-Linie	11
Ettikettierroboter PM-Linie	10

Anhang D

Aggregate Kornfraktionierung/Massenfabrik			Gesamtmarginen			Anteil Std Marge			Gesamt Std Marge	
			MGG	MGU	MU	MGG	MGU	MU		
						28%	30%	42%		
Kornfraktionierung		Autoschüttrichter	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%	
		Steilförderband	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%	
		Rohsinteranlage	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%	
	Zerkleinerung Süd		Wuchtsieb 76	100%	100%		28%	30%	0%	58%
			Brecher 80c	100%	100%		28%	30%	0%	58%
			Brecher 81c	100%	100%		28%	30%	0%	58%
			Becherwerk 78	100%	100%		28%	30%	0%	58%
	Zerkleinerung Nord		Wuchtsieb L			100%	0%	0%	42%	42%
			Brecher W			100%	0%	0%	42%	42%
			Förderband V			100%	0%	0%	42%	42%
	Siebanlage 1a + 1b		Wuchtsieb 1	20%		100%	6%	0%	42%	48%
			Wuchtsieb 2	20%		100%	6%	0%	42%	48%
			Taumelsieb 1	20%		100%	6%	0%	42%	48%
			Taumelsieb 2	20%		100%	6%	0%	42%	48%
		Siebanlage 2	Taumelsieb	80%	100%		22%	30%	0%	52%
	Nachzerkleinerung		Walzwerk 1	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%
			Walzwerk 2	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%
			Walzwerk 3	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%
			Becherwerk 1	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%
			Becherwerk 2	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%
	Körnungsbunker	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%		
Z-Sinter		Förderband Anlieferung	100%			28%	0%	0%	28%	
		Walzwerk	100%			28%	0%	0%	28%	
		Wuchtsieb	100%			28%	0%	0%	28%	
		Brecher	100%			28%	0%	0%	28%	
		Förderband (Rückführung)	100%			28%	0%	0%	28%	
Bruchanlage		Kippvorrichtung	5%	90%		1%	27%	0%	29%	
		Backenbrecher	5%	90%		1%	27%	0%	29%	
		Becherwerk	5%	90%		1%	27%	0%	29%	
		Wuchtsieb 1	5%	90%		1%	27%	0%	29%	
		Wuchtsieb 2	5%	90%		1%	27%	0%	29%	
		Brecher	5%	90%		1%	27%	0%	29%	
		Förderband (Rückführung)	5%	90%		1%	27%	0%	29%	
Erzanlage		Förderband Anlieferung	20%		3%	6%	0%	1%	7%	
		Trockentrommel	20%		3%	6%	0%	1%	7%	
		Becherwerk	20%		3%	6%	0%	1%	7%	
		Walzwerk	20%		3%	6%	0%	1%	7%	
		Wuchtsieb	20%		3%	6%	0%	1%	7%	
		Brecher	20%		3%	6%	0%	1%	7%	

Aggregate Kornfraktionierung/Massenfabrik		Gesamtmargen			Anteil Std Marge			Gesamt Std Marge
		MGG	MGU	MU	MGG	MGU	MU	
					28%	30%	42%	
	Förderband (Rückführung)	20%		3%	6%	0%	1%	7%
Mahlwerk	Förderband Anlieferung 1	100%	100%		28%	30%	0%	58%
	Förderband Anlieferung 2	100%	100%		28%	30%	0%	58%
	Vermahlungsbunker	100%	100%	100%	28%	30%	42%	100%
	Rohrmühle 9to	60%		70%	17%	0%	29%	46%
	Rohrmühle 3to	40%	100%	30%	11%	30%	13%	54%
	Windsichter 9to	60%		70%	17%	0%	29%	46%
	Windsichter 3to	40%	100%	30%	11%	30%	13%	54%
C-Massen	pneumatische Anlieferung Vormisch Hochfilz			4%	0%	0%	2%	2%
	Pumpe Thermocarbon, flüssiges Bindemittel			4%	0%	0%	2%	2%
	Mischer			4%	0%	0%	2%	2%
	BigBag Abfüllung			4%	0%	0%	2%	2%
	Sack Abfüllung händisch			4%	0%	0%	2%	2%
	Schrumpfungsanlage			4%	0%	0%	2%	2%
Massenfabrik	Förderband Anlieferung			96%	0%	0%	40%	40%
	Mehlband Anlieferung			96%	0%	0%	40%	40%
	Rezeptsilo Massenfabrik			96%	0%	0%	40%	40%
	200kg Waage			96%	0%	0%	40%	40%
	2000kg Waage			96%	0%	0%	40%	40%
	Kübelaufzug			96%	0%	0%	40%	40%
	Mischer			96%	0%	0%	40%	40%
	IFE + Jalousie			96%	0%	0%	40%	40%
	BigBag Abfüllung			96%	0%	0%	40%	40%
	Rotorpacker + Radimat			96%	0%	0%	40%	40%
	Silo LKW Abfüllung			96%	0%	0%	40%	40%
	Palettenentstapler			96%	0%	0%	40%	40%
	Folienaufleger			96%	0%	0%	40%	40%
	Palettieren BigBag			96%	0%	0%	40%	40%
	Palettieren Säcke			96%	0%	0%	40%	40%
	Egalisierstation BigBag			100%	0%	0%	42%	42%
	Ettiketierroboter			100%	0%	0%	42%	42%
Stretchhood			100%	0%	0%	42%	42%	

Aggregat Steinfabrik	Gesamtmenge			Anteil Std Marge			Gesamt Std Marge
	MGG	MGU	MU	MGG	MGU	MU	
				28%	30%	42%	
Rezeptsilo Stein	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Wiegestation	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Kübelwagen	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Horizontaltransport unten	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Umsetzbühne unten	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Senkrechtförderer	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Horizontaltransport oben	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Umsetzbühne oben	100%	100%	4%	28%	30%	2%	60%
Pressmassentransport	100%	100%		28%	30%	0%	58%
Schiebebühne 1	100%	100%		28%	30%	0%	58%
Kaltmischer 1	33%			9%	0%	0%	9%
Kaltmischer 2	33%			9%	0%	0%	9%
Kaltmischer 3	33%			9%	0%	0%	9%
Presse 50	18%			5%	0%	0%	5%
Presse 52	18%			5%	0%	0%	5%
Presse 70	32%			9%	0%	0%	9%
Presse 71	32%			9%	0%	0%	9%
Schiebebühne 3	100%	100%		28%	30%	0%	58%
Setzstation 1	50%			14%	0%	0%	14%
Setzstation 2	50%			14%	0%	0%	14%
DO-Linie Messstand	100%			28%	0%	0%	28%
Tunnelofen	100%			28%	0%	0%	28%
Hebe-/Senkbühne	100%			28%	0%	0%	28%
Absetzmanipulator/-transport	1%			0%	0%	0%	0%
Absetzroboter 1	50%			14%	0%	0%	14%
Absetzroboter 2	50%			14%	0%	0%	14%
Klebmaschine	100%			28%	0%	0%	28%
Klartextsignierung	100%			28%	0%	0%	28%
Palletieranlage 2	100%			28%	0%	0%	28%
Umreifungsroboter	100%			28%	0%	0%	28%
Heißleimeinrichtung	100%			28%	0%	0%	28%
Ettiketierroboter	100%			28%	0%	0%	28%
Waage Verpackung	100%			28%	0%	0%	28%
Schrumpfanlage	100%			28%	0%	0%	28%
Paketdoppler	100%			28%	0%	0%	28%
Kornerhitzer 6		33%		0%	10%	0%	10%
Kornerhitzer 7		33%		0%	10%	0%	10%
Kornerhitzer 8		33%		0%	10%	0%	10%
Heißmischer 6		33%		0%	10%	0%	10%
Heißmischer 7		33%		0%	10%	0%	10%
Heißmischer 8		33%		0%	10%	0%	10%
Presse 66		15%		0%	5%	0%	5%

Presse 67		5%		0%	2%	0%	2%
Presse 76		5%		0%	2%	0%	2%
Presse 77		17%		0%	5%	0%	5%
Presse 78		17%		0%	5%	0%	5%
Presse 86		41%		0%	12%	0%	12%
Temperaggregat, Röhre 3+4		100%		0%	30%	0%	30%
TVN		100%		0%	30%	0%	30%
REA		100%		0%	30%	0%	30%
Schiebebühne 2	100%	100%		28%	30%	0%	58%
ER-Taucher		4%		0%	1%	0%	1%
Gruppierlager		100%		0%	30%	0%	30%
Temperwagenentladung		100%		0%	30%	0%	30%
Roboter		100%		0%	30%	0%	30%
Palettenentstapler + Umsetzeinrichtung		100%		0%	30%	0%	30%
Stretchhood		100%		0%	30%	0%	30%
Ettiketierroboter		100%		0%	30%	0%	30%

Anhang E

Aggregat Kornfraktionierung/Massenfabrik		AI	Gesamt Standard Marge	Strategievorschlag		
Kornfraktionierung		Autoschüttrichter	11	100%	zustandsorientiert	
		Steilförderband	11	100%	zustandsorientiert	
		Rohsinteranlage	16	100%	zustandsorientiert	
	Zerkleinerung Süd		Wuchtsieb 76	10	58%	präventiv
			Brecher 80c	15	58%	präventiv
			Brecher 81c	15	58%	präventiv
			Becherwerk 78 (Rückführung)	13	58%	präventiv
	Zerkleinerung Nord		Wuchtsieb L	10	42%	präventiv
			Brecher W	16	42%	präventiv
			Förderband V (Rückführung)	13	42%	präventiv
	Siebanlage 1a + 1b		Wuchtsieb 1	10	48%	präventiv
			Wuchtsieb 2	10	48%	präventiv
			Taumelsieb 1	10	48%	präventiv
			Taumelsieb 2	10	48%	präventiv
	Siebanlage 2	Taumelsieb	12	52%	präventiv	
	Nachzerkleinerung		Walzwerk 1	16	100%	zustandsorientiert
			Walzwerk 2	16	100%	zustandsorientiert
			Walzwerk 3	16	100%	zustandsorientiert
			Becherwerk 1 (Rückführung)	10	100%	zustandsorientiert
		Becherwerk 2 (Rückführung)	10	100%	zustandsorientiert	
	Körnungsbunker	14	100%	zustandsorientiert		
Z-Sinter		Förderband Anlieferung	8	28%	reaktiv	
		Walzwerk	15	28%	präventiv	
		Wuchtsieb	10	28%	präventiv	
		Brecher	13	28%	präventiv	
		Förderband (Rückführung)	8	28%	reaktiv	
Bruchanlage		Kippvorrichtung	10	29%	präventiv	
		Backenbrecher	13	29%	präventiv	
		Becherwerk	12	29%	präventiv	
		Wuchtsieb 1	11	29%	präventiv	
		Wuchtsieb 2	11	29%	präventiv	
		Brecher	12	29%	präventiv	
		Förderband (Rückführung)	9	29%	präventiv	
Erzanlage		Förderband Anlieferung	6	7%	reaktiv	
		Trockentrommel	8	7%	reaktiv	
		Becherwerk	9	7%	reaktiv	
		Walzwerk	11	7%	reaktiv	
		Wuchtsieb	9	7%	reaktiv	

Aggregat Kornfraktionierung/Massenfabrik		AI	Gesamt Standard Marge	Strategievorschlag
	Brecher	10	7%	reaktiv
	Förderband (Rückführung)	6	7%	reaktiv
Mahlwerk	Förderband Anlieferung 1	10	58%	präventiv
	Förderband Anlieferung 2	10	58%	präventiv
	Vermahlungsbunker	10	100%	zustandsorientiert
	Rohrmühle 9to	11	46%	präventiv
	Rohrmühle 3to	11	54%	präventiv
	Windsichter 9to	11	46%	präventiv
	Windsichter 3to	11	54%	präventiv
	C-Massen	pneumatische Anlieferung Vormisch Hochfilz	18	2%	präventiv
Pumpe Thermocarbon, flüssiges Bindemittel		14	2%	präventiv
Mischer		16	2%	präventiv
BigBag Abfüllung		7	2%	reaktiv
Sack Abfüllung händisch		14	2%	präventiv
Schrumpfungsanlage		12	2%	präventiv
Massenfabrik	Förderband Anlieferung	12	40%	präventiv
	Mehlband Anlieferung	12	40%	präventiv
	Rezeptsilo Massenfabrik	12	40%	präventiv
	300kg Waage	18	40%	zustandsorientiert
	2000kg Waage	20	40%	zustandsorientiert
	Kübelaufzug	15	40%	präventiv
	Mischer	17	40%	zustandsorientiert
	IFE + Jalousie	15	40%	präventiv
	BigBag Abfüllung	17	40%	zustandsorientiert
	Rotorpacker + Radimat	22	40%	zustandsorientiert
	Silo LKW Abfüllung	8	40%	präventiv
	Palettenentstapler	11	40%	präventiv
	Folienaufleger	15	40%	präventiv
	Palettieren BigBag	15	40%	präventiv
	Palettieren Säcke	15	40%	präventiv
	Egalisierstation BigBag	7	42%	präventiv
	Ettiketierroboter	22	42%	zustandsorientiert
	Stretchhood	19	42%	zustandsorientiert

Aggregat Steinfabrik	AI	Gesamtstandardmarge	Strategievorschlag
Rezeptsilo Stein	12	60%	zustandsorientiert
Wiegestation	12	60%	zustandsorientiert
Kübelwagen	8	60%	präventiv
Horizontaltransport unten	10	60%	präventiv
Umsetzbühne unten	14	60%	zustandsorientiert
Senkrechtförderer	17	60%	zustandsorientiert
Horizontaltransport oben	10	60%	präventiv
Umsetzbühne oben	14	60%	zustandsorientiert
Pressmassentransport	14	58%	präventiv
Schiebebühne 1	17	58%	zustandsorientiert
Kaltmischer 1	12	9%	präventiv
Kaltmischer 2	12	9%	präventiv
Kaltmischer 3	12	9%	präventiv
Presse 50	13	5%	präventiv
Presse 52	13	5%	präventiv
Presse 70	14	9%	präventiv
Presse 71	14	9%	präventiv
Schiebebühne 3	14	58%	präventiv
Setzstation 1	13	14%	präventiv
Setzstation 2	13	14%	präventiv
DO-Linie Messstand	20	28%	präventiv
Tunnelofen	17	28%	präventiv
Hebe-/Senkbühne	10	28%	präventiv
Absetzmanipulator/-transport	8	0%	reaktiv
Absetzroboter 1	11	14%	reaktiv
Absetzroboter 2	11	14%	reaktiv
Klebemaschine DO-Linie	17	28%	präventiv
Klartextsignierung DO-Linie	21	28%	zustandsorientiert
Palletieranlage 2 DO-Linie	15	28%	präventiv
Umreifungsroboter DO-Linie	16	28%	präventiv
Heißeimeinrichtung DO-Linie	13	28%	präventiv
Ettiketierroboter DO-Linie	7	28%	reaktiv
Waage DO-Verpackung	11	28%	präventiv
Schrumpfanlage DO-Linie	11	28%	präventiv
Paketdoppler DO-Linie	7	28%	reaktiv
Kornerhitzer 6	13	10%	präventiv
Kornerhitzer 7	13	10%	präventiv
Kornerhitzer 8	13	10%	präventiv
Heißmischer 6	12	10%	präventiv
Heißmischer 7	13	10%	präventiv
Heißmischer 8	13	10%	präventiv
Presse 66	14	5%	präventiv
Presse 67	14	2%	präventiv

Aggregat Steinfabrik	AI	Gesamtstandardmarge	Strategievorschlag
Presse 76	13	2%	präventiv
Presse 77	14	5%	präventiv
Presse 78	14	5%	präventiv
Presse 86	14	12%	präventiv
Temperaggregat, Röhre 3+4	16	30%	präventiv
TVN	15	30%	präventiv
REA	16	30%	präventiv
Schiebebühne 2	12	58%	präventiv
ER-Taucher	11	1%	reaktiv
Gruppierlager	10	30%	präventiv
Temperwagenentladung PM-Linie	13	30%	präventiv
Roboter PM-Linie	11	30%	präventiv
Palettenentstapler + Umsetzeinrichtung PM-Linie	13	30%	präventiv
Stretchhood PM-Linie	11	30%	präventiv
Ettikettierroboter PM-Linie	10	30%	präventiv

Anhang F

Bereich IH Süd	IH-Kosten [€]
Massenfabrik	358466,00
Kornfraktionierung	251454,00
Mahlwerk	79536,00
Z-Sinter	61117,00
Bruchanlage	58270,00
C-Massen	47148,00
Erzanlage	34012,00

Aggregate Steinfabrik	Anlagenindex	Kosten [€]
Horizontaltransport	10	96747,00
Presse 50	13	71747,00
Temperwagenentladung	13	90024,00
Presse 66	14	89812,00
Presse 71	14	88812,00
Klebmaschine	17	87343,00
Presse 52	13	76081,00
Wiegestation	12	75984,00
Presse 67	14	66426,00
Presse 86	14	60923,00
Tunnelofen	17	55728,00
Presse 70	14	52986,00
Temperaggregat, Röhre 3+4	16	83352,00
Presse 76	13	42069,00
Schiebebühne 1	17	33508,00
Setzstation 1	13	27895,00
Heißmischer 1	12	23396,00
Senkrechtförderer	17	21522,00
Kaltmischer 2	12	17594,00
Pressmassentransport	14	15720,00
ER-Taucher	11	15378,00
Heißmischer 2	12	12942,00
Roboter	11	11521,00
Palletieranlage 2	15	11351,00
Umreifungsroboter	16	11348,00
Setzstation 2	13	11134,00
Rezeptsilo Stein	12	10355,00
Kornerhitzer 2	13	9491,00
Heißmischer 3	12	9442,00
Kaltmischer 3	12	8866,00
Kübelwagen	8	6364,00
DO-Linie Messstand	20	4951,00

Aggregate Steinfabrik	Anlagenindex	Kosten [€]
Absetzroboter 1	11	4105,00
Ettiketierroboter	7	3906,00
TVN	15	3800,00
Kornerhitzer 1	13	3629,00
Schiebebühne 2	12	3462,00
Kaltmischer 1	12	2989,00
Absetzmanipulator/-transport	8	2548,00
Kornerhitzer 3	13	2529,00
Schiebebühne 3	14	1640,00
Palettenentstapler + Umsetzeinrichtung	13	1225,00
Umsetzbühnen	14	1027,00
Hebe-/Senkbühne	10	733,00
Absetzroboter 2	11	531,00
Schrumpfanlage	11	204,00
Paketedoppler	7	20,00
Klartextsignierung	21	0,00
REA	16	0,00
Heißeimeinrichtung	13	0,00
Waage Verpackung	11	0,00
Stretchhood	11	0,00
Gruppiertlager	10	0,00
Ettiketierroboter	10	0,00