

Lean Smart Maintenance

Wertschöpfende, lernorientierte und ressourceneffiziente Instandhaltung

Hubert Biedermann

Neben den technologischen Herausforderungen bergen die unter dem Schlagwort Industrie 4.0 zusammengefassten Entwicklungen ökonomische, wertschöpfende Potenziale die durch innovative Geschäftsmodelle zu realisieren sind. Das hier vorgestellte Inhaltsmodell zeigt die wesentlichen Bausteine mit ihrer inhaltlichen Ausgestaltung und deren Wechselbeziehungen zum Konzept „Lean Smart Maintenance“ auf.

1 Einleitung

Die Instandhaltung steht vor der Herausforderung den weiter zunehmenden Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit der Anlagensysteme unter dem Aspekt der industriellen Digitalisierung und der sinkenden Kosten von IoT-Technologien zu entsprechen. Hierzu sind die Geschäftsmodelle der Instandhaltung so anzupassen, dass sie die Möglichkeiten von Industrie 4.0 und Big Data aufgreifen und einen dauerhaften Wertschöpfungsbeitrag generieren. Das hier vorgestellte Inhaltsmodell „Lean Smart Maintenance“ ermöglicht die Entwicklung zur Dynamisierung und situationsgerechten Anpassung der Instandhaltungsstrategie ebenso wie die Ausgestaltung einer schlanken, ressourceneffizienten Instandhaltung.

2 Ausgangssituation

Die in zahlreichen Branchen vorherrschende Marktdynamik mit sich stetig verändernden Rahmenbedingungen insbesondere der laufenden Veränderung des Produktsortiments und damit den Anforderungen an die Anlagenstruktur verlangt eine proaktive bis adaptive Veränderung von Unternehmen. Die industrielle Digitalisierung durch Internet of Things (IoT), Big Data Lösungen, von augmented reality und analytischer Intelligenz verbunden mit sinkenden Kosten von IoT-Technologien versprechen Lösungen mit hohen Nutzeffekten. Die Geschäftsmodelle in deren Zentren Prozesse stehen, die sich zunehmend durch intelligente Mensch-Maschine-Interaktionen in Form von innovativen Assistenz-Systemen zur Entscheidungsunterstützung auszeichnen, bedeuten die Vernetzung von räumlich verteilten Produktionsressourcen einschließlich deren Planungs- und Steuerungssysteme. Letztere sind gekennzeichnet durch kleiner werdende Lose bis Losgröße 1, Mensch-Maschine-Kollaboration, intelligente bzw. Echtzeitsteuerung und eine generelle Autonomisierung der Produktion.

Allerdings liegt derzeit noch ein geringer Umsetzungsgrad von Lösungen in Richtung Industrie 4.0 in Unternehmen vor, wobei die systematische Umsetzung vor allem im Bereich Predictive Analytics in den nächsten 5 Jahren von vielen Unternehmen geplant ist¹. In der Instandhaltung findet zwar die vorbeugende Instandhaltung Anwendung, wobei hohes

¹ Vgl. Pierre Andoin Consultants (2014)

Entwicklungspotenzial einerseits bei der Nutzung von Echtzeitdaten zur Instandhaltungsplanung und -steuerung und damit zur Instandhaltungseffizienzsteigerung sowie andererseits der Informationsgewinnung in Richtung der Strategieanpassung durch Ursachen-Wirkungs-Analysen besteht. Es muss das Ziel sein, die Umsetzungsgeschwindigkeit zu erhöhen und die sich abzeichnenden Entwicklungspfade in Richtung Smart- bzw. Lean Smart Maintenance zu beschreiten. Vor dem Hintergrund beschreibt dieser Beitrag das Geschäftsmodell „Lean Smart Maintenance“ in seiner inhaltlichen Dimension.

3 Lean Smart Maintenance (LSM)

Die LSM ist ein ganzheitliches Managementkonzept mit dem Ziel höchsten Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsansprüchen bei kritischen Anlagenkomponenten ebenso zu entsprechen wie einer verlustminimierenden Instandhaltungsdurchführung und -organisation. Das Ziel ist es, einen langfristigen Wertschöpfungsbeitrag für das betreffende Unternehmen zu generieren. Abbildung 1 zeigt das LSM-Haus mit seinen wesentlichen Bausteinen, die im Zusammenwirken eingebettet in ein entwickeltes Vorgehensmodell und durch Unterstützung eines adäquaten IT-basierten Controlling - Systems den Reifegrad der Instandhaltung in Richtung Prognosefähigkeit und Adaptabilität erhöhen². In weiterer Folge werden die einzelnen Elemente näher beschrieben und auf die in der Praxis implementierten Bausteine verwiesen.

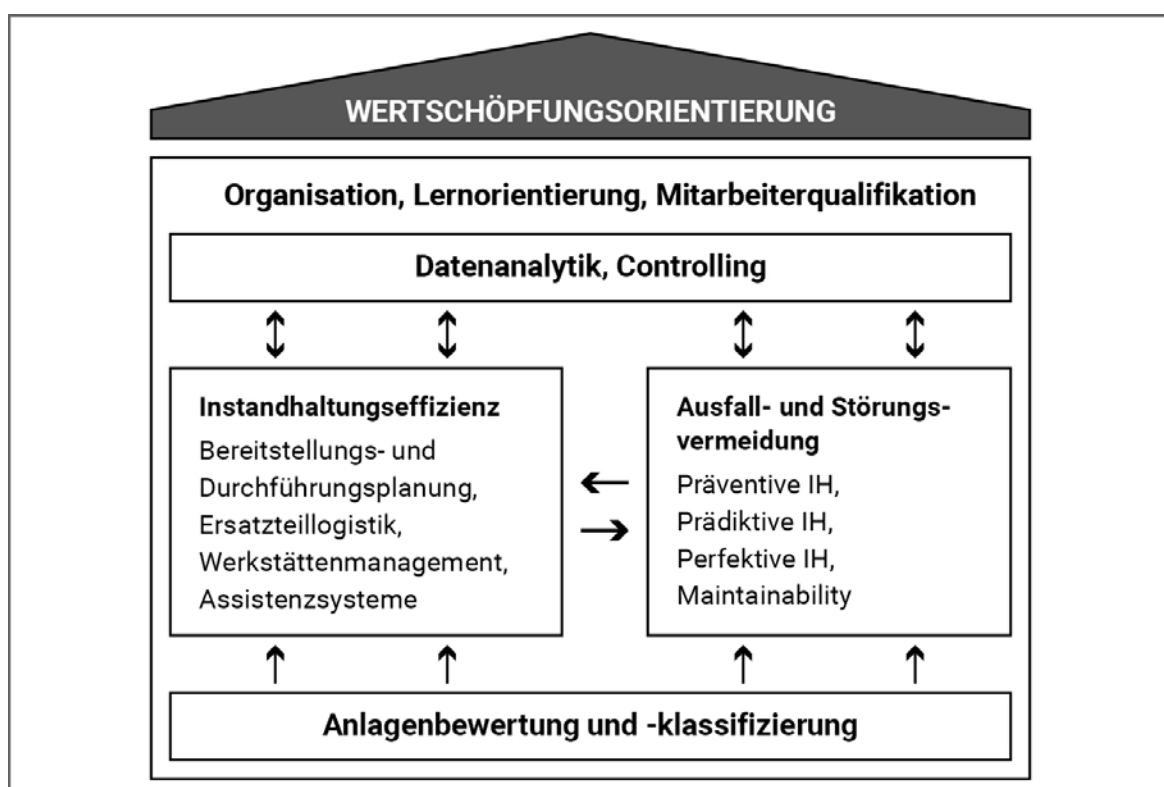


Abbildung 1: Lean Smart Maintenance

² Vgl. Biedermann, H. (2016)

Wertschöpfungsorientierung

Um dem Ziel Wertschöpfung für das Unternehmen zu generieren näher zu kommen muss der Beitrag zum gesamtunternehmerischen Zielsystem in Umsetzung des Minimum- bzw. Maximumprinzips der Wirtschaftlichkeit definiert werden. Hierzu wird der Output in Form einer festgelegten bzw. maximalen Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit bzw. umfassenden Verlustzeitminimierung an den Anlagen unter Beachtung eines zu minierenden Inputs (Instandhaltungsressourcen) als operativ-strategische Orientierung unter Einbezug der Stakeholderinteressen, festgelegt. Letztere berücksichtigen über die betriebs- bzw. unternehmensinternen Anforderungen hinaus auch Sicherheits-, Umwelt- und gesellschaftliche Interessen. Der Output bzw. Outcome durch die zu erreichende Anlageneffizienz (OEE, NEE, TEEP) bzw. darüber hinaus durch den Wertschöpfungsbeitrag, den die Instandhaltung zum Unternehmenserfolg beiträgt, ist jedenfalls zu quantifizieren. Letzterer wird durch den Einfluss auf die Herstellkosten und das Kapitalbindungsvolumen im Umlaufvermögen (Ersatzteilmanagement) sowie die Kapitaleffizienz im Anlagevermögen (darstellbar durch den Kapitalumschlag) beeinflusst³. Dieses – infolge wechselnder Rahmenbedingungen – durchaus dynamisch gestaltete Zielsystem bildet die Basis für die Ableitung der Instandhaltungsstrategie und der Akzentuierung der beiden Handlungsfelder Ausfall- bzw. Störungsvermeidung und Leistungsrationalisierung. Ein wesentlicher Baustein zur Ausgestaltung dieser Handlungsfelder bildet die Anlagenbewertung und -klassifizierung.

Anlagenbewertung und -klassifizierung

Da die Optimierungsobjekte aller Anstrengungen im Bereich der Instandhaltung bzw. des Anlagenmanagements die Anlagen, Maschinen und maschinellen Einrichtungen darstellen, bilden sie den Ausgangspunkt in der zieladäquaten Ausgestaltung des Planungs-, Informations- und Organisationssystems der Instandhaltung. Hierzu werden die Instandhaltungsobjekte einerseits auf ihre Kritikalität betreffend der marktspezifischen Erfolgsfaktoren des analysierten Betriebs bzw. Unternehmens untersucht (Ausfallfolgen) und andererseits in Richtung deren Instandhaltungskosten. In der Risiko- und Gefährdungsbeurteilung kann auf bekannte Ansätze zur Risikobewertung mittels Risikomatrix zurückgegriffen werden, wobei das Risiko hierbei die Kombination aus Wahrscheinlichkeit (Häufigkeit pro Zeitklasse) und Auswirkung eines festgelegten zum Schaden bzw. einer Störung führenden Ereignisses darstellt. Die Risikomatrix der Instandhaltung visualisiert Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung und erlaubt damit eine differenzierte Beurteilung des Risikos. Eine gute Grundlage kann hierbei auch der Risikograph nach EN 61508/61511 (Funktionale Sicherheit; Prozessindustrie) bzw. EN 50156 (siehe Bild 2) darstellen. Dieser ist gestaltet für Personenrisiko, kann jedoch analog für die Unfallfolgen (Unfallkosten) und für die Entdeckungswahrscheinlichkeit (Gefahrenabwehr) modifiziert werden.

Dieser Risikograph sowie die klassische Risikomatrix werden durch die Gefahrenabwendung bzw. die Entdeckenswahrscheinlichkeit ergänzt. Analog einer Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) führt die Multiplikation dieser 3 Perspektiven zu einer Risikoprioritätszahl⁴. Ergänzt wird diese Bewertung und Klassifizierung des Risikos bzw. der Gefahren durch eine Bewertung des Kostenbildes der Instandhaltung der Anlagen unter Berücksichtigung von Betriebsmitteleigenschaften und Fertigungsstrukturen. Ausgangssituation ist dabei die objektspezifische Dokumentation und Darstellung der Instandhaltungskosten und ihrer Strukturierung einerseits nach den Instandhaltungsaufgaben

³ Vgl. Biedermann, H. (2007) S. 11

⁴ Vgl. Kinz, A., et.al. (2016) S. 3f.

(Wartung, Inspektion, Überholung und Reparatur) sowie nach deren Kostenanteilen (Personal-, Material- bzw. Ersatzteil-, Infrastruktur-, Fremdleistungskosten).

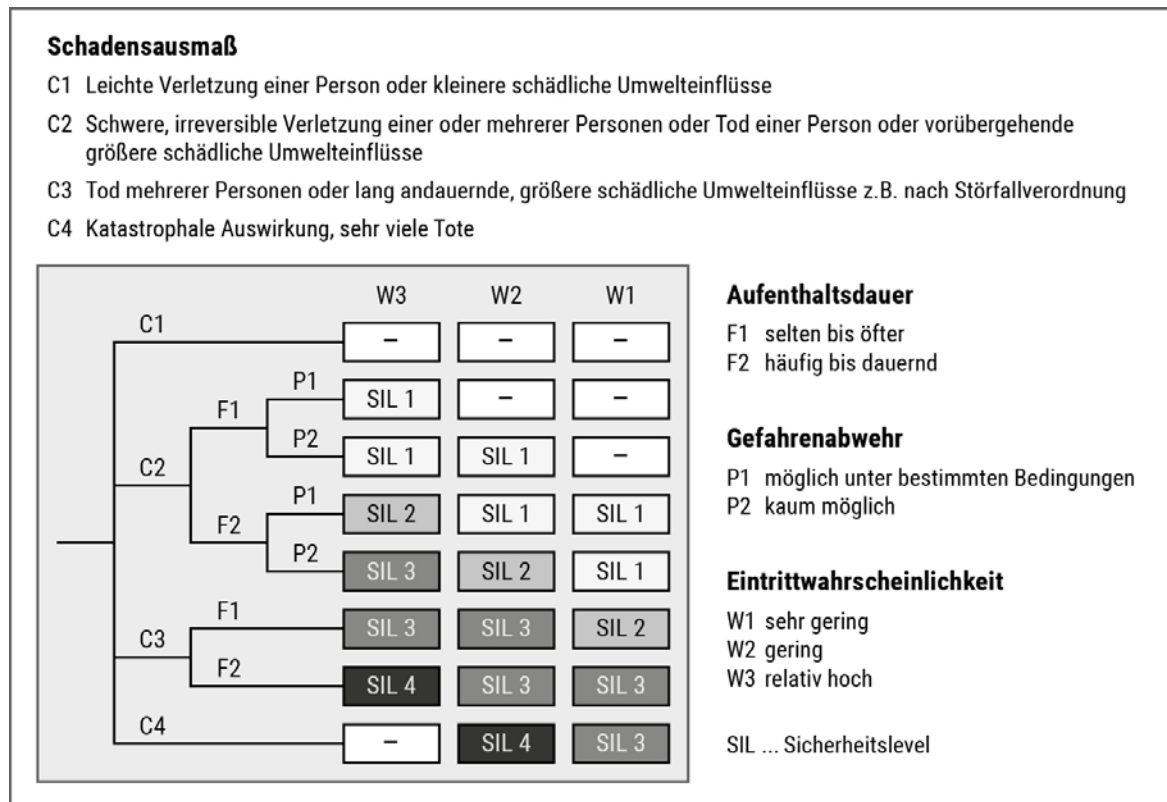


Abbildung 2: Risikograph nach IEC 61508/61511

Die Strukturierung nach den Auftragsarten der Instandhaltung ermöglicht eine weitere Klassifikation in ausfallbezogene bzw. präventiv-prädiktive Instandhaltungskosten. Die objektspezifisch verdichteten Instandhaltungskosten werden nach ihrer absoluten Höhe klassifiziert und der im vorhergehenden Schritt beschriebenen objektspezifischen Risikoklassifikation gegenübergestellt (Abb. 3). Sowohl das Risikopotenzial als auch die Instandhaltungskosten geben Hinweise auf die zu analysierenden Instandhaltungsobjekte in Richtung Ausfall- bzw. Störungsvermeidung sowie Erhöhung der Instandhaltungseffizienz. Beides sind wesentliche Bausteine im „LSM-Haus“. Während die beschriebenen Maßnahmen zur datenanalytischen Klassifikation und Störungsprognose der Ausfallverteilung und der damit verbundenen Ausfallkosten dient, werden die Analyse der Kostenbilder ergänzt durch zusätzliche arbeitsablauf- und dispositionsspezifische Untersuchungen und Maßnahmen zur Leistungsrationalisierung im Sinne der Personalwirtschaft sowie der Ersatzteillogistik. Die Anlagenbewertung und -klassifikation bildet daher die Basis für das duale Vorgehensmodell das zur Ausfallzeitreduzierung unter gleichzeitiger effizienter Ressourcennutzung dient.

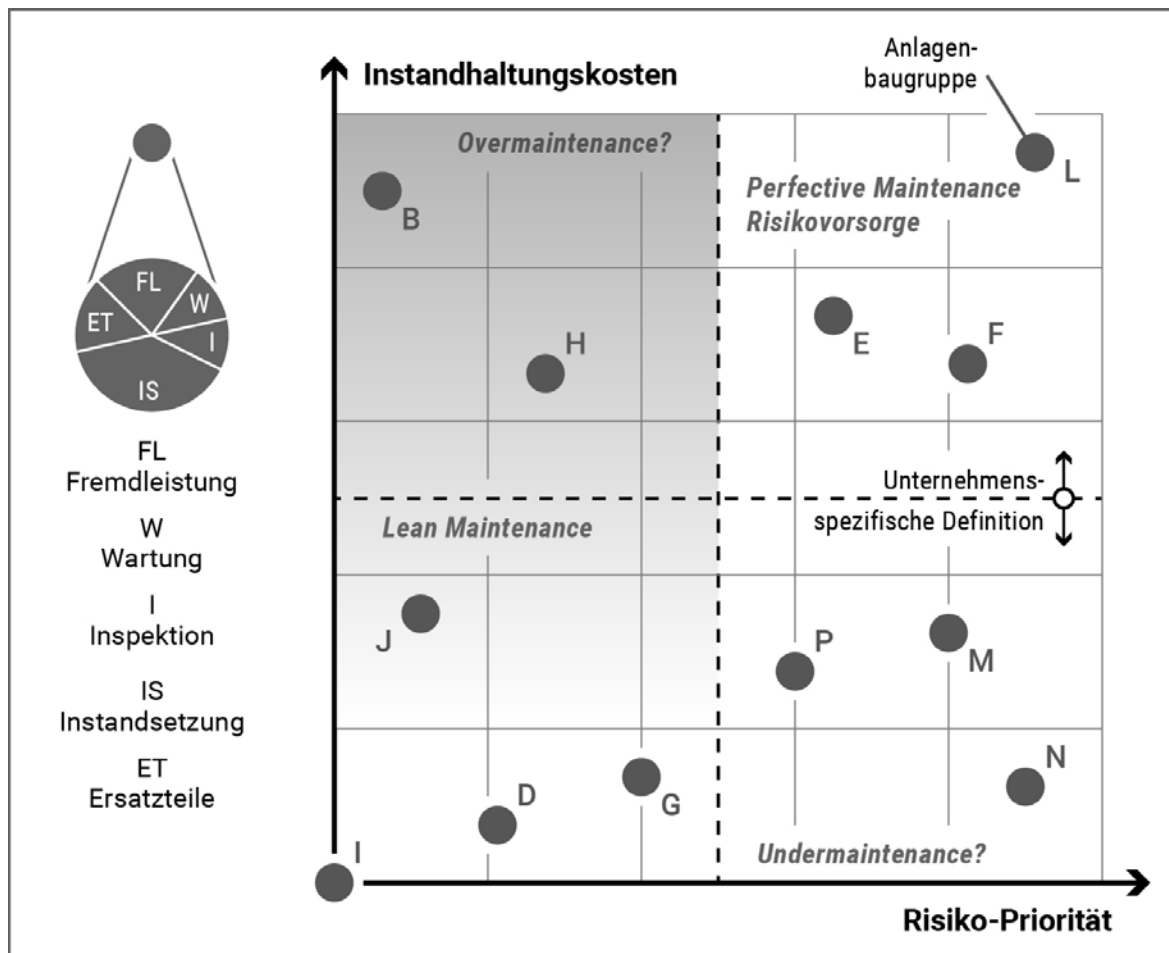


Abbildung 3: Bewertungsportfolio Risiko versus Instandhaltungskosten

Ausfall- und Störungsvermeidung

Dieser Baustein beinhaltet im Wesentlichen die Instandhaltungsstrategiewahl, verstanden als Vorgehensweisen bzw. Regeln, die objektbezogen festlegen, welche Instandhaltungsmaßnahmen inhaltlich, methodisch und im Umfang, in welcher zeitlichen Folge durchzuführen sind. Einflussgrößen zur Bestimmung der Instandhaltungsstrategien sind das Ausfallverhalten der Anlagenelemente bzw. die Kenntnisse über dasselbe, die Struktur der maschinellen Ausrüstungen (Komplexitätsgrad), die Anforderungen an die Zuverlässigkeit und die Inspezierbarkeit des Elementzustandes. In Abhängigkeit dieser 4 Einflussgrößengruppen unter Einbezug des Instandhaltungskostenbildes lassen sich Normstrategien ableiten. Aus der Verknüpfung von Priorität und Ausfallverhalten werden 4 charakteristische Vorgehensweisen gewählt (Abb.4):

- Ausfallbezogene bzw. korrektive Instandhaltung
- Präventive Instandhaltung
 - Deterministische Strategie
 - Probabilistische Strategie
- Condition based Maintenance / zustandsorientierte Instandhaltung (CBM)
- Prädiktive Instandhaltung
- Verbessernde, perfekte Instandhaltung

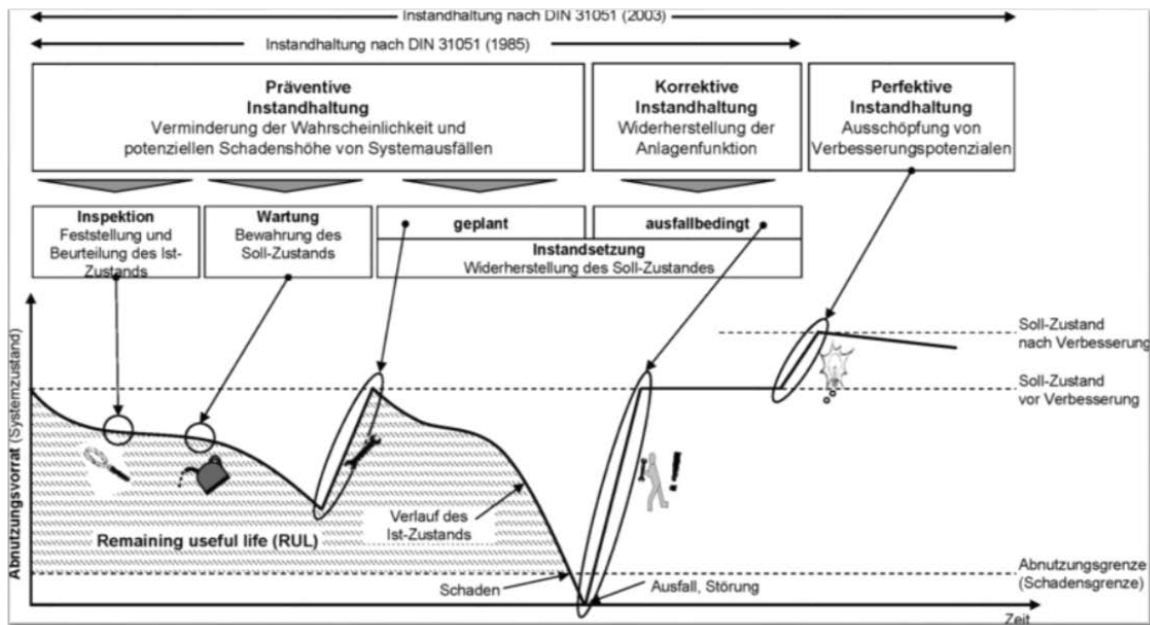


Abbildung 4: Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen (Formalziele) nach DIN 31051 (2003)

Angehend von der Abstimmung der Baugruppenpriorität wird in Kombination mit der Charakterisierung des Ausfallverhaltens der Strategiemix festgelegt. Letzterer muss je nach Dynamik der Umfeldveränderungen zumindest jährlich überprüft und ggf. adaptiert werden.

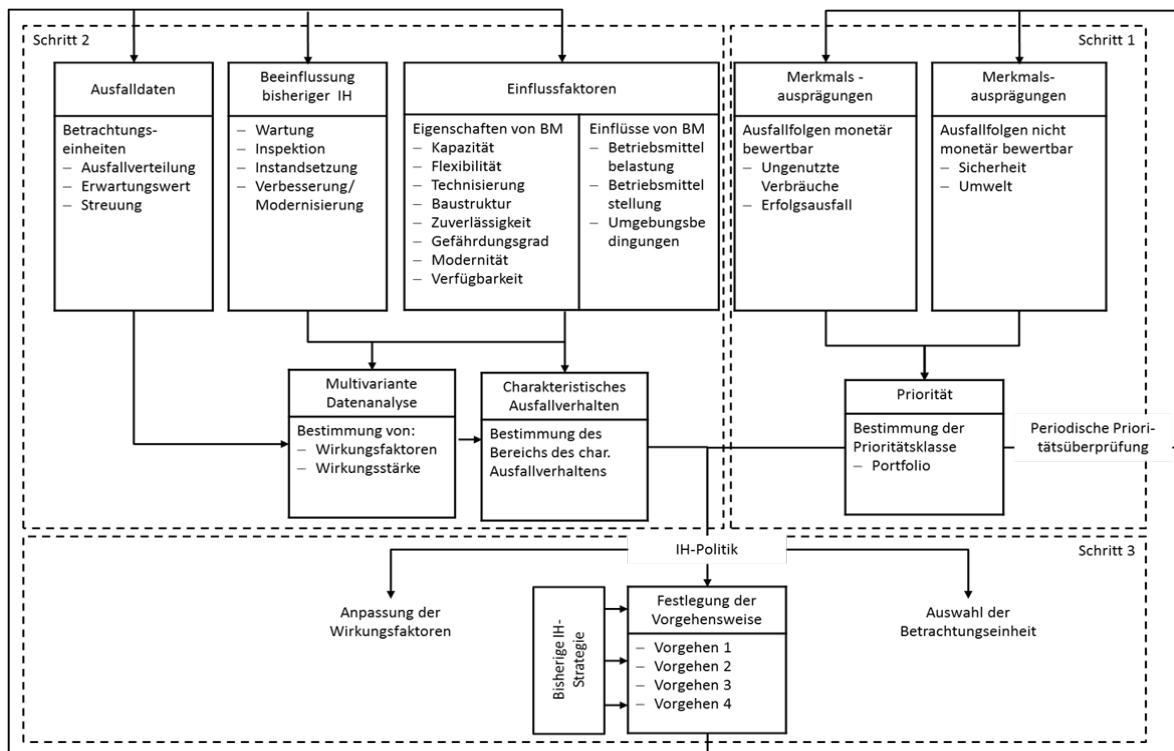


Abbildung 5: Vorgangsweise zur Strategieableitung (Hölbfer 2014, S.108)

Im Sinne der Life – Cycle – Orientierung im Instandhaltungs- und Anlagenmanagement gewinnt der Informations- bzw. Erfahrungsrückfluss in die Anlagenbeschaffungsphase (Konstruktion und Bereitstellung) vor dem Hintergrund, dass etwa 60 % der Ausfallursachen im Betrieb ihre Ursache in den Life-Cycle-Phasen vor der Inbetriebnahme haben, zunehmend an Bedeutung. Es gilt das anlagenspezifische Wissen in diese Phasen zu transferieren und damit die Zuverlässigkeit (Effektivität) und Instandhaltbarkeit (Effizienz) der Anlagen zu verbessern (Maintainability). Zur dynamischen Anpassung der Instandhaltungsstrategie bedarf es eines ausgeprägten Instandhaltungscontrollings basierend auf einer umfassenden Datenanalytik und eines in der Instandhaltung entwickelten Kompetenzniveaus, das die Instandhaltung in die Lage versetzt, faktenbezogene Aussagen über die Tauglichkeit von Bauelementen, Baugruppen und Konstruktionsprinzipien sowie Instandhaltungsergonomischen Ausführungen zu tätigen. Aus dieser zielbezogen formulierten Instandhaltungsstrategie ist unter Berücksichtigung des Organisationsdesigns (z.B. dezentrale autonome Instandhaltung) die Instandhaltungsdurchführung zu organisieren und auf möglichst effiziente Durchführung zu achten.

Instandhaltungseffizienz

Um dem Globalziel der Instandhaltung, Zuverlässigkeit und Sicherheit für Mensch und Umwelt bei minimalen Ressourcenverbrauch zu entsprechen, wird in der dualen Vorgehensweise das in der Vergangenheit entwickelte und in der aktuellen Situation gegebene Kostenbild der Instandhaltung unter Berücksichtigung von Betriebsmitteleigenschaften und Fertigungsstrukturen analysiert. Aus der Anlagenbewertung und Klassifikation wird ersichtlich, welche Objekte bezogen auf die Risikoprioritätszahl näher zu analysieren sind, da eine über- bzw. unter dem notwendigen Aufwand betriebene Instandhaltung vermutet werden kann. Beide Gruppen fokussieren auf zu analysierende Instandhaltungsobjekte und des praktizierten Aufgabenspektrums (siehe hierzu Abb.3). Die anzustrebende Leistungsrationalisierung in der Instandhaltung umfasst einerseits Maßnahmenbündel im Bereich der Personalwirtschaft und andererseits der Ersatzteillogistik. In der Personalwirtschaft gilt es durch eine adäquat ausgestaltete Bereitstellungs- und Durchführungsplanung einerseits die Ausführungszeit des Instandhaltungsauftrages (Wartung, Inspektion, Überholung, Reparatur, Anlagenverbesserung, etc.) und andererseits die Nebenzeiten zu reduzieren. Letztere umfassen Wegzeiten, Vorbereitungstätigkeiten für Instandhaltungsmaßnahmen, Nebenzeiten zur Ersatzteilmontage, Dispositionszeiten vor Ort infolge geringen Planungsgrades, etc. Multimomentstudien zeigen, dass bis zu 50 % der Anwesenheitszeit von Instandhaltern in dieses Nebenzeit- bzw. Leerzeitspektrum fallen (siehe beispielhaft Tab. 1). Gegenstand von Effizienzsteigerungsmaßnahmen bilden die Arbeitsmethodik und das Werkstättenlayout einschließlich deren Zentralisierungsgrad und die Ausrichtung der Leistungstiefe und -breite der Instandhaltung. Letztere schließt die Auslagerung von Instandhaltungstätigkeiten in die Produktion (TPM) sowie Fremdleistungs- und Outsourcingsentscheidungen mit ein. Die eingangs aufgezeigten IoT-Technologien bieten wiederum die Möglichkeit des adäquaten Einsatzes von Assistenzsystemen (z.B. augmented reality) die in der Mensch-Maschine-Kollaboration und der intelligenten, gegebenenfalls Echtzeitsteuerung der Instandhaltungsdurchführung als innovative Assistenzsysteme ebenfalls zum Ziel haben, diese Nebenzeiten zu reduzieren.

Tabelle 1: Beispielhafte Ergebnisse einer Zeitanalyse in der Instandhaltung (Multimomentstudie)

Tätigkeit	% Anteil an der Anwesenheitszeit
Instandsetzung (direkt produktiv)	24,9
W & I: Prüfen, Kontrollieren, Messen, beobachten	5,7
Disposition (Arbeitsablauf klären)	7,5
Vorbereiten, Aufräumen	10,8
Wege, Transporte	31,6
Untätig	15,1
Nicht einordenbar	4,4

Datenanalytik, Controlling

Sowohl die Strategiewahl, wie auch die die Instandhaltungseffizienz steigernden Maßnahmen bedürfen eines datenanalytisch ausgestalteten Controlling Systems, das neben den aus den Auftragsrückmeldungen gewonnen Informationen zur Auftrags Erfüllung (Reparaturdauer, Gewerk, Zeitpunkt, Materialverbrauch und ggf. Schadensklassifikation) Informationen aus dem Prozessvollzug im Rahmen einer Schwachstellenanalyse berücksichtigen. Letztere können Prozessoperatoren, technische Ressourcen, Zustände von Produkt und Energie sowie den Materialfluss (Produktionsplanung) und die Nutzung betreffen. Die im Zuge von Industrie 4.0 verfolgte vertikale Integration der hierarchisch ausgestalteten IT-Systeme in Richtung Ganzheitlichkeit ermöglicht in Verbindung mit der horizontalen Integration verschiedener Prozessschritte im Herstellprozess eine wesentliche Erweiterung der Datenanalytik und damit der Qualität der Schwachstellenanalyse. Die aus der BDE bzw. MDE gewonnenen Daten in Verbindung mit Daten aus weiteren funktionalen Unternehmensbereichen ermöglichen eine breit ausgestaltete Datenanalytik. Bewährt hat sich dabei die Schwachstellenanalyse auf 2 Ebenen durchzuführen. Die Instandhaltungsmaßnahmen werden hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der betrachteten Anlagenobjekte untersucht und zusätzlich in einen bereiteren Rahmen auf eine Anlageneffizienz Kennzahl wie beispielsweise der OEE bezogen (1. Ebene). Damit wird mittelfristig die Erfolgswirksamkeit des Maßnahmenbündels durch das Instandhaltungscontrolling bzw. die Schwachstellenanalyse geprüft und allenfalls eine Dynamisierung bzw. Adaption der Instandhaltungsstrategie vorgenommen. Die zweite Ebene umfasst die Berücksichtigung von Infrastruktur- und Umgebungsdaten, die ebenfalls direkte oder indirekte Hinweise auf die Erfolgswirksamkeit der Instandhaltungsstrategie geben. In jahresbezogenen Kennzahlendarstellungen wird der Wertschöpfungsbeitrag der Instandhaltung zum Unternehmenserfolg insbesondere auf die Kapitalproduktivität dargestellt⁵. Dazu bedient sich das Instandhaltungscontrolling nicht nur der Maschinen- und Betriebsdatenebene sondern im Sinne der vertikalen Integration eines Management Execution Systems, welches in das ERP System eingebettet ist. Inhaltlich sind die bislang beschriebenen Bausteine Basis einer organisations- und lernorientierte Unternehmenskultur, die eine lernende Instandhaltung ermöglicht.

⁵ Vgl. Kleindienst, B.; Bernerstätter, R. (2015)

Erfahrungsbasierte, lernende Instandhaltung

Der durch die Integration unterschiedlichster Instandhaltungsobjekte in Richtung Cyber-physikalischer-Systeme gegebene Komplexitätsanstieg im Aufgabenvollzug der Instandhaltung erfordert eine Arbeitsorganisation, die sich durch Dezentralisierung, Aufgabenerweiterung und Selbstorganisation auszeichnet. Hierzu sind der Handlungsrahmen, die strategischen Ziele, die kollektive Orientierung und die Leitvorstellungen in Richtung eines weitgehend störungsfreien und optimalen technologischen Prozesses vorzugeben. Die menschliche Flexibilität und Kreativität in der Störungs- und Ausfallursachenidentifikation mit der anschließenden Behebung wird auch künftig nicht durch automatisierte, autonome Systeme ersetzbar sein. Durch die Implementierung von organisatorischen und informationstechnischen Rahmenbedingungen ist einerseits das Einbringen des Wissens und der Erfahrung der Mitarbeiter in den Leistungsprozess zu fördern und andererseits das Wissensangebot durch Wissensexplizierung zu erweitern (Assistenzsysteme). Ergänzend sind alle Instrumente zur Akzeptanzförderung auszuschöpfen und durch organisationsbegleitendes Lernen zu unterstützen. In der Mitarbeiterqualifikation ermöglichen arbeitsintegrierte Lern- und Weiterbildungsformen die individuelle und kollektive Wissensvermehrung. Wesentliche Voraussetzung für die Selbstorganisation sind neben einem gemeinsam getragenen Verständnis über die anzustrebenden Ziele eine erhöhte Selbstreflexionsfähigkeit, die Thematisierung externer Einflüsse und Rahmenbedingungen und die Auseinandersetzung mit der instandhaltungsorganisatorischen Arbeitsverteilung unter Berücksichtigung einer selbstregulativen Veränderung. Die Instandhaltungskultur ist gekennzeichnet dadurch, dass sie zur Eigenverantwortung durch Anreize und Anerkennung motiviert und über eine gemeinsame Vision und Leitbild Werte vermittelt, die durch Offenheit und vertrauensbildende Maßnahmen gelebt werden.



Abbildung 6: Instandhaltungsphilosophien – Fokus und Eigenschaften

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der unterschiedlichen Instandhaltungsphilosophien. Ausgehend von der Ausfallorientierung liegt der Schwerpunkt des Managements im Planungsprozess zur Erhöhung des Vorbeugungsgrades. Im TPM-Ansatz kommt der Fokus auf die organisatorische Anpassung der bislang funktionalen Trennung von Produktion und Instandhaltung (teilautonome Arbeitsgruppen ebenso hinzu wie ein Informations- und Kontrollsystem welches auf Anlagenverluste abzielt (OEE). Im Rahmen der Leistungsorientierung tritt die Stakeholderorientierung stärker in den Vordergrund die die Dynamisierung der Zielerreichung (Kontrolle) in den Mittelpunkt stellt. Letzteres ermöglicht – eingebettet in einen unternehmenskulturellen Rahmen – die Entwicklung einer Lernumgebung (Smart Maintenance) die durch Datenanalytik unterstützt wird. Die Lean Smart Maintenance Philosophie legt letztendlich die Basis für eine Smart – Factory in dem sie die Voraussetzung für Adaptabilität als höchstem Reifegrad durch die Ausgestaltung der vier notwendigen Handlungsfelder Kultur, Organisationsstruktur, Informationssysteme und Ressourcen adressiert.

4 Zusammenfassung

Die Dynamik der Umweltveränderungen, die zwingende Notwendigkeit der Wertschöpfungssteigerung und die Möglichkeiten, die die Technologieintegration und die Digitalisierung bieten, stellt ein langfristig orientiertes Instandhaltungsmanagement vor die Herausforderung, ein adäquates Managementsystem zu schaffen. Dies geschieht durch Weiterentwicklungen im Informations-, Organisations- und Kompetenzdesign, die neben der Mitarbeiterqualifikation insbesondere eine laufende Adaptierung und Optimierung der Instandhaltungsstrategie erfordert. Letztere bedient sich einer ausdifferenzierten Schwachstellenanalytik, die die bislang nicht gegebenen technischen IoT-Möglichkeiten nutzt.

Zur Umsetzung der Wertschöpfungsorientierung ist eine duale Vorgehensweise notwendig, die neben der Ausfall- und Störungsvermeidung (Effektivitätsdimension) die Leistungsrationalisierung der Instandhaltung (Effizienzdimension) im Fokus hat. Eingebettet ist dies in Strukturen, die das individuelle und kollektive Lernen ermöglichen (Regelkreismodell der Instandhaltung) und als permanenten Prozess in der Organisation etablieren.

5 Literatur

- Biedermann, H. (2016): Optimierung der Instandhaltungsstrategie durch datenanalytische Risikoklassifikation und Störungsprognose. GITO Verlag. In Veröffentlichung.
- Biedermann, H. (2007): Wertschöpfungsorientiertes Management in der Anlagen- und Produktionswirtschaft. In: H. Biedermann (Hrsg.): Wertschöpfendes Instandhaltungs- und Produktionsmanagement, TÜV Media, Köln.
- Hölbfer, St. (2014): Modell zur Auswahl von Instandhaltungsstrategien in anlagenintensiven Industriebetrieben, Dissertation Montanuniversität Leoben
- IEC 61508 (2011): Funktionale Sicherheit, sicherheitsbezogene Systeme

- IEC 61511 (2005): Funktionale Sicherheit, sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie
- Kinz, A., et.al. (2016): Lean Smart Maintenance - Efficient and Effective Asset Management for Smart Factories. Proceedings of 8th International Scientific Conference - Management of Technology Step to Sustainable Production, 2016.
- Kleindienst, B.; Bernerstätter, R. (2015): Kennzahlen in Smart Maintenance. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Smart Maintenance – Intelligente, lernorientierte Instandhaltung, TÜV Media Köln, S. 161 ff
- Pierre Andoin Consultants (2014): Predictive Analytics in der Fertigungsindustrie - Nischenthema oder Mainstream?