

# Optimierung der Instandhaltungsstrategie durch datenanalytische Risikoklassifikation und Störungsprognose

**Hubert Biedermann**

Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften, Montanuniversität Leoben

*Die Instandhaltung steht vor der Herausforderung die durch die Integration von IT-Systemen gegebenen Möglichkeiten zu nutzen um den weiter zunehmenden Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit der Anlagensysteme zu entsprechen. Erforderlich sind Geschäftsmodelle die die Möglichkeiten von Industrie 4.0 und Big Data aufgreifen und einen nachhaltigen Wertbeitrag generieren. Das hier vorgestellte Inhalts- und Vorgehensmodell ermöglicht einerseits eine Weiterentwicklung zur Dynamisierung und situationsgerechten Anpassung der Instandhaltungsstrategie und andererseits die Ausgestaltung einer schlanken, ressourceneffizienten Instandhaltung.*

## 1 Ausgangssituation

Die durch die hohe Marktdynamik in zahlreichen Branchen stetig sich verändernden Rahmenbedingungen verlangen eine adaptive (proaktive) Veränderung der Geschäftsmodelle von Unternehmen. Der Megatrend der Digitalisierung und Industrie 4.0 versprechen Lösungen mit hohen Nutzeffekten unter Anderem in der Fertigungsindustrie. Während der Begriff der Digitalisierung gemeinhin als Überführung von analogen Werten in digitale bzw. sehr verallgemeinernd als Automation unter Nutzung von informationstechnischem Fortschritt und gegebenenfalls Änderung von Geschäftsmodellen verstanden wird, bedeutet Industrie 4.0 der Informationsaustausch bzw. die Vernetzung von Maschinen und maschinellen Anlagen in Fertigung und Logistik. Dies kann über das Internet bis hin zur integrierten Informationsverarbeitung im Industriebetrieb geschehen; gegebenenfalls unter Einschluss von maschinellem Lernen und „Big Data“. An dieser Stelle werden nicht die Chancen und Auswirkungen der Digitalisierung der Arbeit näher beleuchtet, sondern vielmehr aufgezeigt, welche Möglichkeiten die Digitalisierung von Wissen in explizite Informationen ermöglichen wird. Die Formalisierung des Wissens, dessen Verfügbarkeit für die Managementinstrumente der Organisation und Planung der Prozesse, der Messung und Kontrolle kann hier als besondere Form der „Informatisierung“ (informatization) verstanden werden. Daten- und wissensfokussiertes Management kann helfen, die stark in Mode gekommenen übertriebenen Erwartungshaltungen bezogen auf die zustandsabhängige vorbeugende Instandhaltung, die an sich seit über 40 Jahren ein Dauerthema des Instand-

haltungsmanagements darstellt, in einen realistischen Rahmen zu setzen (Mertens/Barbian 2016). Auf retardierende Faktoren wird in Abschnitt 3 hingewiesen.

Jedenfalls muss sich das Instandhaltungsmanagement mit der durch zunehmende Automatisierung und Verkettung verbundenen steigenden Komplexität der Anlagen, verbunden mit der Forderung nach geringerer Fehlerhäufigkeit, -toleranz und -robustheit auseinandersetzen und dies hat durch eine deutliche Abkehr von bislang verfolgten, vorwiegend ausfall- bzw. laufzeitorientierten Instandhaltungsstrategien und -philosophien zu erfolgen. Die steigende Bedeutung des Assetmanagements erhöht den Druck etablierte Geschäftsmodelle der Instandhaltung zu überdenken. Hierzu ist einerseits der Relevanz des informellen, nicht formalisierbaren Handelns als Herausforderung für die Mitarbeiter der Instandhaltung, die mit zunehmenden Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen konfrontiert sind, Rechnung zu tragen und andererseits die Möglichkeiten der Digitalisierung zu nutzen, um ein effizientes und effektives Instandhaltungsmanagement zu praktizieren. Das hierfür entwickelte Konzept „Lean Smart Maintenance“ verknüpft das wissensbasierte Instandhaltungsmanagement mit dem Aspekt der Verlustminimierung.

## 2 Lean Smart Maintenance (LSM)

Die LSM ist ein ausdifferenziertes, ganzheitliches Managementkonzept, das sich durch eine schlank gestaltete, verlustminimierende Instandhaltungsorganisation ebenso auszeichnet wie durch die risikominimierende Strategiegestaltung mit höchsten Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsansprüchen bei kritischen Anlagenkomponenten. Hierbei steht die Wertschöpfungsorientierung im Vordergrund, das bedeutet, dass die Instandhaltung einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Kapitalproduktivität zu leisten imstande ist (Biedermann 2007). Abbildung 1 zeigt die Entwicklungsstufen im Instandhaltungsmanagement von der klassischen ausfallorientierten Instandhaltung bis hin zur Instandhaltung als lernende Organisation. Dabei darf dieses Bild nicht so verstanden werden, dass in der Strategiewahl der Instandhaltung die Elemente der ausfallbezogenen bzw. klassischen präventiven Instandhaltung keinen Platz haben. Vielmehr wird aus dem Vorgehensmodell und der Etablierung einer dynamisierten Strategiewahl der Instandhaltung ein Mix aus Vorgehensweisen entwickelt, der sowohl kurative als auch präventive Maßnahmen enthält.

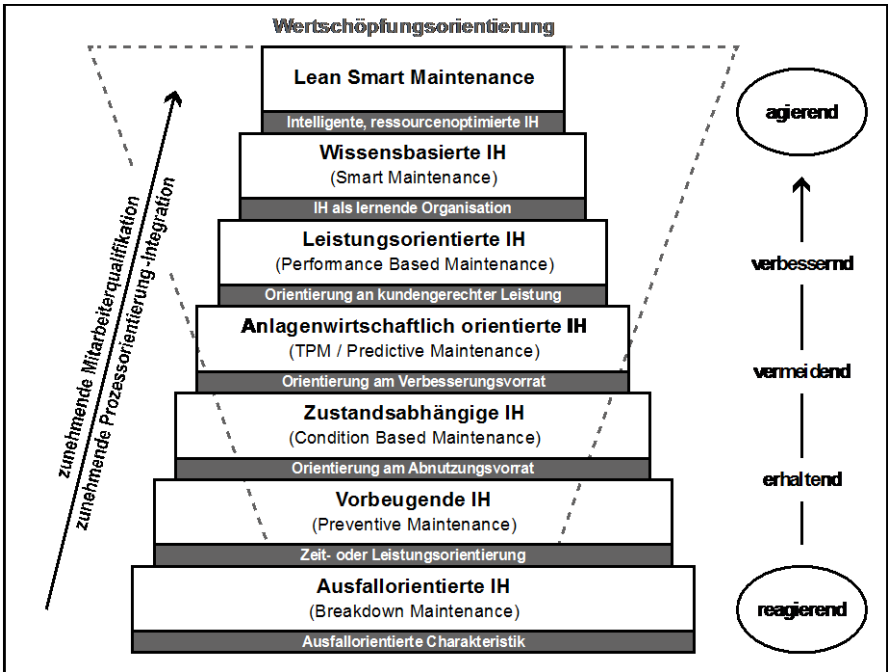


Abbildung 1: Entwicklungsstufen der Instandhaltungsphilosophien (-strategien)

Die im LSM Konzept enthaltenen Modell- und Instrumentenbausteine sind in Abbildung 2 dargestellt. Beginnend mit der Festlegung des wertschöpfungsorientierten Zielbeitrages unter Beachtung des Minimum- bzw. Maximumprinzips der Wirtschaftlichkeit wird der definierte Output (definierte bzw. maximale Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit bzw. umfassende Verlustzeitminimierung, gesamthafte Verlustzeitminimierung an den Anlagen) als operativ-strategische Orientierung unter Einbezug der Stakeholderinteressen, festgelegt. Daraus wird die anzustrebende Instandhaltungsstrategie abgeleitet, die in der realen Umsetzung und deren Auswirkung auf die Anlagenzustände mittelfristig zu einer Anpassung und laufenden Dynamisierung der Instandhaltungsstrategie über das Instandhaltungscontrolling in Verbindung mit einer ausdifferenzierten Schwachstellenanalyse führt. Das hierzu entwickelte Controllingssystem ist mit seinen Strukturelementen in Abbildung 3 dargestellt.

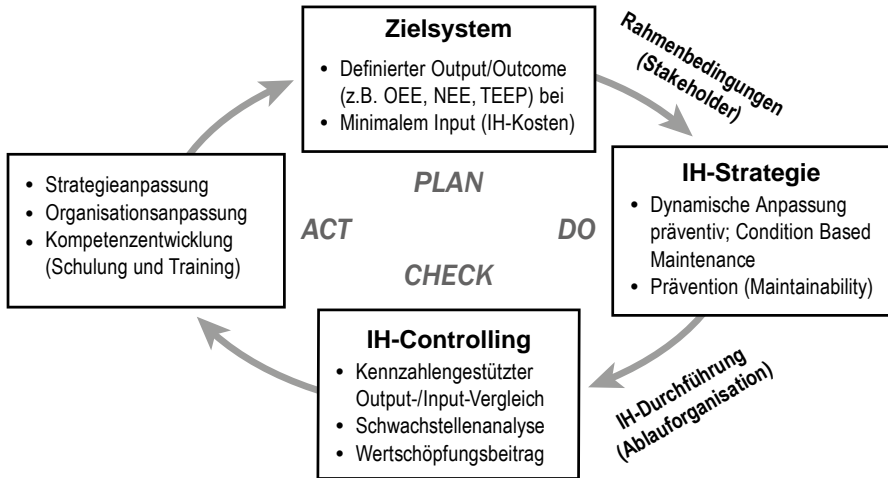


Abbildung 2: Vorgehens- und Inhaltsmodell Lean Smart Maintenance (Biedermann 2015)

Neben den aus den Auftragsrückmeldungen gewonnenen Informationen zur Aufgabenerfüllung (Reparaturdauer, Gewerk, Zeitpunkt, Materialverbrauch und ggf. schadensbeschreibende Informationen) werden insbesondere Informationen aus dem Prozessvollzug in der Schwachstellenanalyse berücksichtigt. Letztere können Prozessoperatoren, technische Ressourcen, Zustände von Produkt und Energie sowie den Materialfluss und die Nutzung betreffen.

Diese aus der BDE bzw. MDE gewonnenen Daten sowie weiteren funktionalen Unternehmensbereichen (horizontale Integration im Sinne von Industrie 4.0) ermöglichen zusätzliche Impulse mit Hilfe der Big Data Analytik. Hierzu bewährt es sich die Schwachstellenanalyse auf zwei Ebenen durchzuführen. Die Wartungs-, Inspektions- und vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen werden hinsichtlich ihrer Wirkung auf Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der betrachteten Anlagenobjekte untersucht (unmittelbarer auftragsbezogener Regelkreis: Ebene 1). Zusätzlich in einem breiteren Rahmen auf eine Anlageneffizienzkennzahl wie z.B. der OEE bezogen. Mittelfristig wird so die Erfolgswirksamkeit des Maßnahmenbündels durch das Instandhaltungscontrolling bzw. die Schwachstellenanalyse geprüft und allenfalls eine 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 oder über das damit verbundene Diagnosesystem einen prädiktiven Instandhaltungsansatz ermöglichen. In jahresbezogenen Kennzahlendarstellungen wird der Wertschöpfungsbeitrag der Instandhaltung zum Unternehmenserfolg, insbesondere auf die Kapitalproduktivität dargestellt.

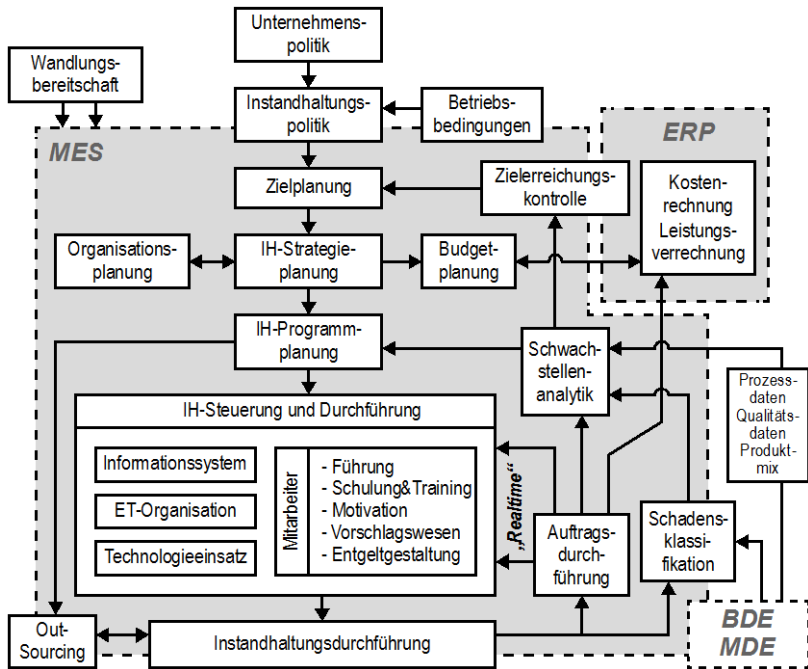


Abbildung 3: Controllingsystem – Instandhaltung (Biedermann H. 2016)

Das Instandhaltungscontrolling bedient sich hierzu nicht nur der Maschinen- und Betriebsdatenebene, sondern im Sinne der vertikalen Integration von Industrie 4.0 eines Instandhaltungsplanungs-, -steuerungs- und -analysetools (IPSA bzw. CMMS) als Management Execution System (MES), welches in das ERP-System eingebettet ist. Für die Realisierung der intelligenten, lernorientierten Instandhaltung ist hierbei die horizontale und vertikale Durchgängigkeit des Informationssystems von entscheidender Bedeutung. Im Produktionsumfeld ist die Datenhaltung besonders vielfältig und reicht von der Feldebene (Sensoren & Aktoren) über die Steuerungs- und Prozessleitebene bis hin zur Betriebsleitebene (MES) und besitzt unterschiedlichen Informationsgehalt. Moderne in der Instandhaltung angewandte MES sind mit ERP-Systemen verknüpft und in der Planung und im Datenmanagement integriert gestaltet. Diese Integration ist für ökonomisch begründete Strategieoptimierungen unabdingbar. Die Nutzung der Daten der Prozessleit- und Steuerungsebene mit überwachten und unüberwachten Lernverfahren ermöglicht prinzipiell die Vorhersage von zukünftigen Ereignissen bzw. das Entdecken von Mustern die bestimmte Ereignisse (z.B. Ausfälle) nach sich ziehen. Wichtig ist es in diesem Zusammenhang die Chancen und Risiken von Data Analytics Projekten zu erkennen sowie den Aufwand für die Datenvorverarbeitung in Grenzen zu halten. Dies gelingt, wenn der Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) zur Anwendung kommt (Chapman et al. 2000).

### 3 LSM Prozessmodell

Zur Implementierung und laufenden Weiterentwicklung des Managementkonzeptes wurde ein Vorgehensmodell entwickelt, in welchem im ersten Schritt die Instandhaltungsobjekte auf Ihre Kritikalität betreffend der marktspezifischen Erfolgsfaktoren des analysierten Betriebes bzw. Unternehmens untersucht werden (Abbildung 4).

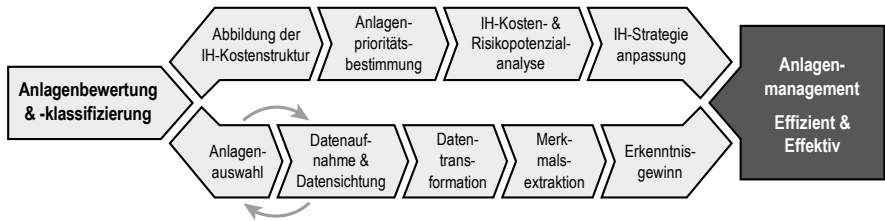


Abbildung 4: LSM – Duales Vorgehensmodell (Kinz et al. 2016)

Diese Bewertung der Instandhaltungsobjekte hinsichtlich ihrer Ausfallfolgen wird aus 2 Perspektiven vorgenommen. Zum einen über die Berücksichtigung von monetären Einflussfaktoren, die die wirtschaftliche Bedeutung der Betrachtungseinheit widerspiegeln und zum anderen über das Berücksichtigen nicht monetär bewertbarer Einflüsse im Sinne eines ausdifferenzierten Zielsystems der Instandhaltung. Aus den bekannten Ansätzen zur Risikobewertung wird das Verfahren mittels Risikomatrix gewählt, wobei das Risiko hierbei die Kombination aus Wahrscheinlichkeit (Häufigkeit pro Zeitklasse) und Auswirkung eines festgelegten zum Schaden bzw. einer Störung führenden Ereignisses darstellt. Die klassisch im Bereich der Instandhaltung angewandte Risikomatrix visualisiert Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung und erlaubt damit eine differenzierte Beurteilung des Risikos. Diese klassischen Attribute werden durch die Entdeckenswahrscheinlichkeit ergänzt. Analog einer Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) führt die Multiplikation dieser 3 Perspektiven zu einer Risikoprioritätszahl. Das Risiko mit der höchsten Prioritätszahl stellt die Kritikalität einer Anlagenkomponente bzw. einer Baugruppe dar und ermöglicht eine Klassifikation derselben. Auftretenswahrscheinlichkeit, Schadensausmaß und Identifikationswahrscheinlichkeit werden in z.B. 6 Klassen unterteilt, sodass die Bandbreite der Risikoprioritätszahl zwischen 1 und 216 liegt. Im gegenständlichen Industriebeispiel bedeutet die Risikoklassifikation von 1 dass die Auftretenswahrscheinlichkeit einmal in 20 Jahren beträgt; von 6, dass das Risiko 2 Mal im Jahr schlagend werden könnte. Eine Entdeckenswahrscheinlichkeit von 1 bedeutet, dass das Risiko mit hoher Wahrscheinlichkeit vor Eintreten feststellbar ist; eine von 6, dass die Risikoursache nicht identifizierbar ist.

Im Schadensausmaß werden sowohl monetäre (Ausfallvollkosten) als auch nicht monetäre Risiken in Bezug auf Arbeitssicherheit und Umwelt berücksichtigt und durch eine kombinierte Risikoklassifikation berücksichtigt.

Dieses Verfahren wird in Workshops mit Vertretern der Produktion, der Anlagentechnik und der Instandhaltung für den betreffenden Betriebsbereich durchgeführt, wobei quantitative Unterlagen wie Ausfallstatistiken, Ausfallkostenkalkulationen, Unfall- und Krankenstandstatistiken sowie die Erfahrung der Mitarbeiter als verfügbare Quellen verwendet werden. Abbildung 5 zeigt beispielhaft ein Ergebnis einer Risikoclusterung. Wie ersichtlich ist, sind die meisten Risiken nicht oder nur im Durchschnitt kritisch, lediglich die Risiken in den Clustern 14 und 12 haben eine hohe Kritikalität. Die im Cluster 15 liegenden Risiken sind im Übergangsbereich. Damit ist es möglich die Cluster zu priorisieren, die Risiken zu bewerten und Maßnahmen einzuleiten, die das Risiko vermeiden bzw. minimieren. Beispielsweise können die Risiken im Cluster 16 durch Veränderung der Inspektionszyklen bzw. der Durchführung einer laufenden Zustandsüberwachung vermieden werden. Neben der Einstufung der Kritikalität von Einzelkomponenten bzw. Baugruppen kann so ein Teil der risikoinduzierten Wartungs- und Inspektionsprogramme zur Strategiewahl abgeleitet werden.

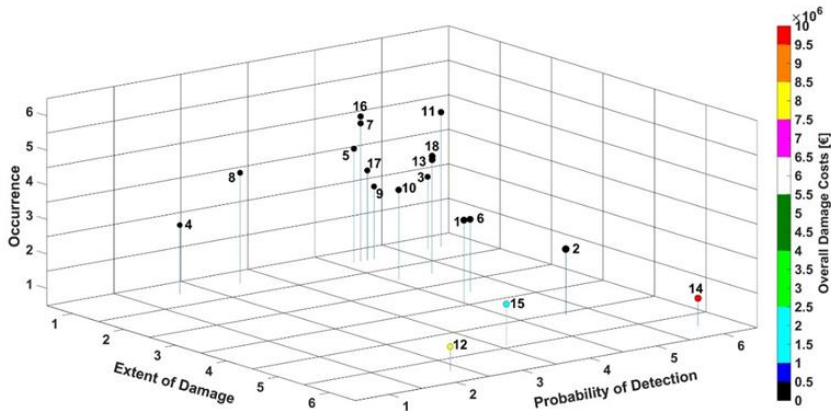


Abbildung 5: Risikoclusterung (Kinz et al. 2016)

Der klassische risikoorientierte Ansatz der Anlagen- bzw. Baugruppenklassifikation basierend auf dem strukturellen Aufbau des technischen Systems (Risk Based Maintenance) wird erweitert indem zusätzlich eine ausfall-, störungs- und damit diagnoserelevante prozessspezifische Betrachtung angestellt wird. Diese kann zusätzliche Informationen für eine wissenschaftliche Diagnose bereitstellen. Die physikalische Struktur und die Gesetzmäßigkeiten des betrachteten Anlagensystems sollen unter Einschluss bekannter Diagnosesysteme den Zusammenhang zwischen Ursache und Auftreten einer Störung (einem Fehler) kausal begründbar machen (Kluwe 1997). Die Daten- bzw. Schwachstellenanalytik soll diese abduktiv gewonnene Verdachtshypothese, die deduktiv zu einer Ausfallprognose führt, durch Induktion verwerfen oder erhärten.

Zur Modellierung des Prozesswissens dient ein Verfahrensfleißbild, aus dem auch die zeitlich aufeinander einwirkenden Vorgänge als Ablaufstruktur ersichtlich sind. Betriebsarten (mit/ohne manuellen Eingriffen) ergänzen die Beschreibung und ermöglichen damit die Ableitung möglicher Fehlerursachen bzw. Diagnoseinformationen; energetische Aspekte (Energiearten, Prozess- und Produktenergie) dienen ebenfalls der Beschreibung der betrachteten Prozesse und damit der Hypothesenbildung über mögliche Ausfallursachen und der anschließenden Analyse bzw. Verifikation. Dies wiederum ermöglicht langfristig eine prädiktive zuverlässigkeitsmaximierende Instandhaltungspolitik.

Wie bereits erwähnt ist zur Beurteilung der Möglichkeiten der in zahlreichen Publikationen über Industrie bzw. Instandhaltung 4.0 thematisierten Condition Based Maintenance der Anlagentypus, das Belastungsspektrum und Sample von gleichartigen Baugruppen und Anlagen entscheidend. Bei einer hohen Anzahl von Mehrerteilen gleichen Typus mit gleicher Betriebsfunktion (z.B. Pumpen, Kompressoren etc.) können aufgrund der umfangreichen Datenbasis die Wirkungsfaktoren auf das Ausfallverhalten und deren Wirkungsstärke identifiziert werden (Hölblfer 2015). Eine Varianzanalyse liefert Erkenntnis darüber, welche Einflussfaktoren statistisch signifikanten Einfluss auf die abhängigen variablen Erwartungswert und Variationskoeffizient besitzen und welche nicht; mit Hilfe der Regressionsanalyse können Zusammenhänge der Wirkungsfaktoren auf den Erwartungswert und die Streuung der Ausfallverteilungen in Bezug auf die betrachteten Stichproben vorgenommen werden. Daraus lässt sich das Ausfallverhalten charakterisieren, in ein Portfolio einordnen und die zu wählende Strategie aus Normvorgehensweisen ableiten. Die Vorgehensweise hierzu ist in Abbildung 5 dargestellt.



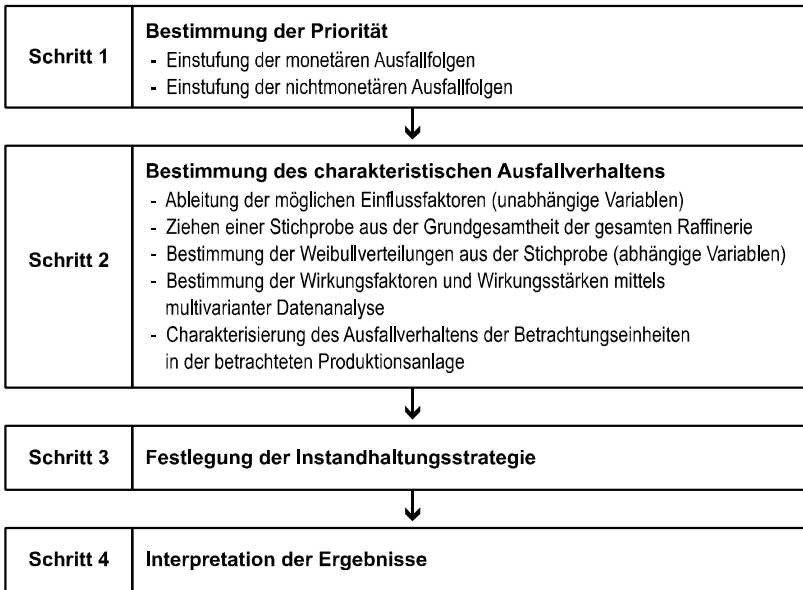


Abbildung 6: Vorgangswise zur Strategieableitung (Hölbfer 2014)

Aus der Verknüpfung von Priorität und Ausfallverhalten können 4 charakteristische Vorgehensweisen gewählt werden:

- Ausfallbezogene Instandhaltung (Bereich 1)
- Vorbeugende Instandhaltung der Betrachtungseinheit (Bereich 2)
  - Deterministische Strategie
  - Probabilistische Strategie
- Zustandsorientierte Instandhaltung der Betrachtung (Bereich 3)
- Technische Verbesserung der Betrachtungseinheit (Bereich 4)

Das Nomogramm in Abbildung 6 charakterisiert beispielsweise das Ausfallverhalten von Pumpen bzw. deren Gleitringdichtungssysteme und die Vorgehensweise für die Instandhaltung.

Im Idealfall lässt sich die Ausfallcharakteristik der Betrachtungseinheit oder deren Wirkung auf Prozess bzw. Produkt durch die Parameter Erwartungswert und Streuung wahrheitstheoretisch beschreiben, womit der Zeitpunkt einer vorzeitigen Erneuerung mit Hilfe der probabilistischen Strategie bestimmt werden kann. Diese ist gegeben, wenn die Summe aus den Kosten der Betrachtungseinheit pro Nutzungsperiode und dem Erwartungswert der Ausfallkosten (bzw. der Folgewirkungen) ein Minimum erreicht. In weiterer Folge konzentriert sich die Vorgangswise auf die kritischen Instandhaltungsobjekte, die für eine präventive Instandhaltungsstrategie zu berücksichtigen sind.

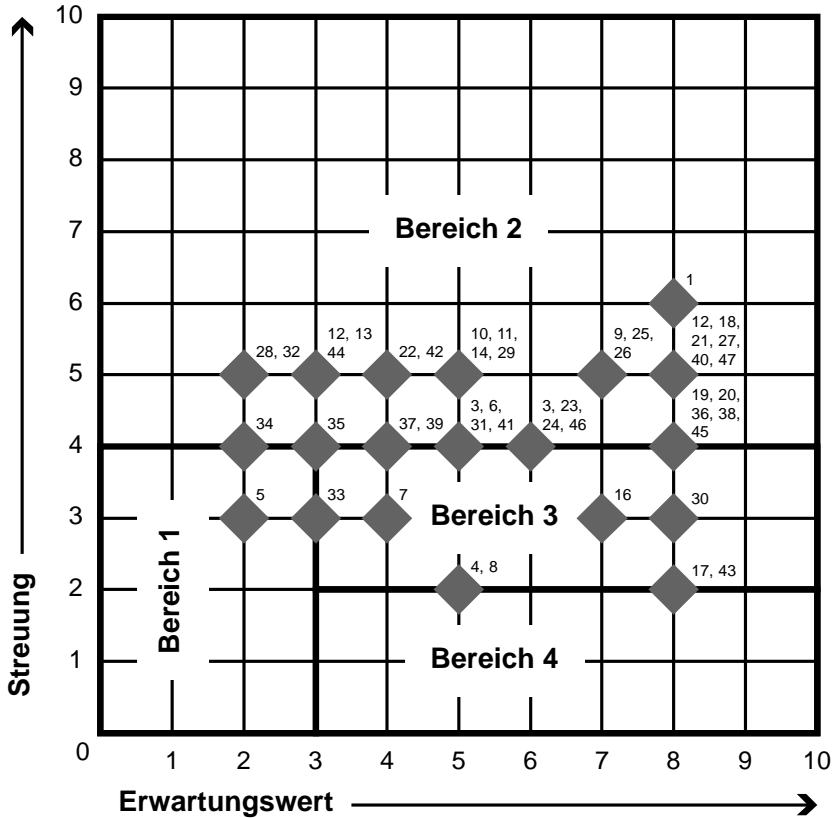


Abbildung 7: Charakterisierung des Ausfallverhaltens (Hölbfer 2014)

Dies sind einerseits Objekte, die zu hohen Ausfallkosten führen, die aufgrund der Informationslage proaktiv durch datenanalytisch bestimmte Ausfallprognose einen vorbeugenden Teiletausch ermöglichen. In einem zweiten Cluster werden Instandhaltungsobjekte untersucht, die eine hohe Ausfallfrequenz aufweisen, die kumuliert zu einer hohen Verfügbarkeitsbeeinträchtigung führen. Können auf diese Art und Weise eine genügende Anzahl von Daten gefunden werden, die direkt oder indirekt statistisch abgesicherten Rückschluss auf den Abnutzungsabbau bzw. auf die Verschleißfortschrittszunahme ermöglichen, lassen sich weitere Objekte identifizieren, die einer prädiktiven Instandhaltungsstrategie zuzuführen sind.

Verfügt der Anlagenbetreiber hingegen über Anlagen mit weitestgehend Pilotcharakter und einer Vielzahl von Baugruppen und -elementen, die trotz Standardisierung völlig unterschiedliche Umgebungsbedingungen und Belastungssituationen ausgesetzt sind, so ist es schwieriger, den Ausfallszeitpunkt zu antizipieren. Der komplexeren Entscheidungssituation wird durch der beschriebenen Kombination des Anlagenstrukturwissens mit dem Prozesswissen als Basis für diagnostisches Vorgehen entsprochen. Auf Basis umfangreicher Schwachstellenanalysen in zahlreichen Industrieprojekten lassen sich für diese komplexe Anlagenkonfiguration die Einflussfaktoren für einen Ausfall wie folgt klassifizieren (Abbildung 8). Wie deutlich wird, lassen sich in etwa 16 % der Ausfallursachen der Ausfallzeitpunkt durch zeitabhängigen bzw. laufzeitbedingten Materialverschleiß vorhersehen. In überwiegendem Maß (84 %) ist das Ausfallverhalten zufällig bzw. stochastisch; unvorhersehbarer Katastrophenverschleiß ist lediglich in 4 % der Fälle feststellbar.

Der überwiegende Anteil schwierig zu prognostizierender Ausfallursachen ist auf konstruktions- und baubedingte Mängel zurückzuführen (45 %) sowie auf überdurchschnittliche bzw. außerordentliche Beanspruchung. Hier ist die Überwachung bzw. Diagnose des Lastkollektivs von großer Bedeutung. Menschliche Ursachen in Betrieb und Instandhaltung führen letztendlich durch fehlerhafte Bedienung bzw. fehlerhafte Instandhaltungsdurchführung in etwa 20 % der Fälle zum Ausfall. Wird nun diesen Einfluss- bzw. Wirkfaktorenspektrum die zu wählende Instandhaltungsstrategie gegenübergestellt wird deutlich, dass die präventive Instandhaltungsstrategie in maximal 16 % der Fälle angemessen ist und CBM am Beginn der Schwachstellen- und Datenanalytik entsprechend dem laufzeitabhängigen Materialverschleiß und gegebenenfalls der überdurchschnittlichen Beanspruchung in etwa 20 % der Fälle eingesetzt werden kann. Das restliche Spektrum von etwa 50 % der Ausfallursachen muss am Beginn der Lernkurve durch Abduktion, Deduktion und Induktion im kombinierten Vorgehen zur Schwachstellenanalytik die Ausfallursachen identifizieren. Konstruktions- und baubedingte Mängel müssen beseitigt sowie menschliche Ursachen durch standardisierte Arbeitsanweisungen und Mitarbeiterqualifikation reduziert werden. In weiterer Folge sollte es möglich sein, den Anteil von CBM auszuweiten, der nach vorsichtiger Schätzung je nach Technisierungsgrad etwa 30-40 % der ausfallursachenbezogenen kritischen Anlagenkomponenten umfassen könnte.

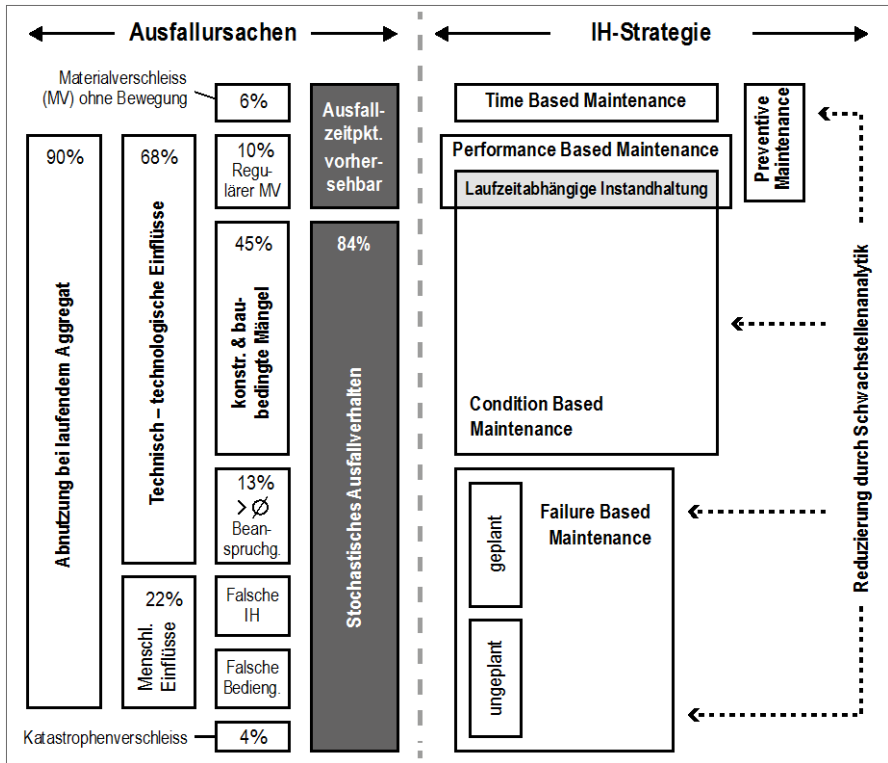


Abbildung 8: Ausfallursachen – Strategiekonnex (Biedermann H. 2015)

Neben der Herausforderung der vertikalen Integration in der Datenarchitektur (exponentiell zunehmende Datenmengen; bestehende Datensicherungen und -architekturen besitzen bedingte Eignung; Anforderungen an Datenmenge, -varianz und -analysegeschwindigkeit steigen) kommt dem Kompetenzprofil der Mitarbeiter der Anlagentechnik bzw. -instandhaltung besondere Bedeutung zu.

## 4 Ressourceneffizienz

Zur Sicherstellung des Globalziels der Instandhaltung, Zuverlässigkeit und Sicherheit für Mensch und Umwelt (Outputorientierung) bei minimalem Ressourcenverbrauch (Inputorientierung) zu entsprechen, wird in der dualen Vorgangsweise zur Strategieoptimierung das in der Vergangenheit entwickelte und in der aktuellen Situation gegebene Kostenbild der

Instandhaltung unter Berücksichtigung von Betriebsmitteleigenschaften und Fertigungsstrukturen analysiert (oberer Analysepfad im dualen Vorgehensmodell – Abbildung 4). Ausgangssituation ist dabei die objektspezifische Dokumentation und Darstellung der Instandhaltungskosten und ihrer Strukturierung einerseits nach den Instandhaltungsaufgaben (Wartung, Inspektion, Überholung und Reparatur) sowie nach deren Kostenanteilen (Personal-, Material- bzw. Ersatzteil-, Infrastruktur-, Fremdleistungskosten). 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 (Abbildung 9).

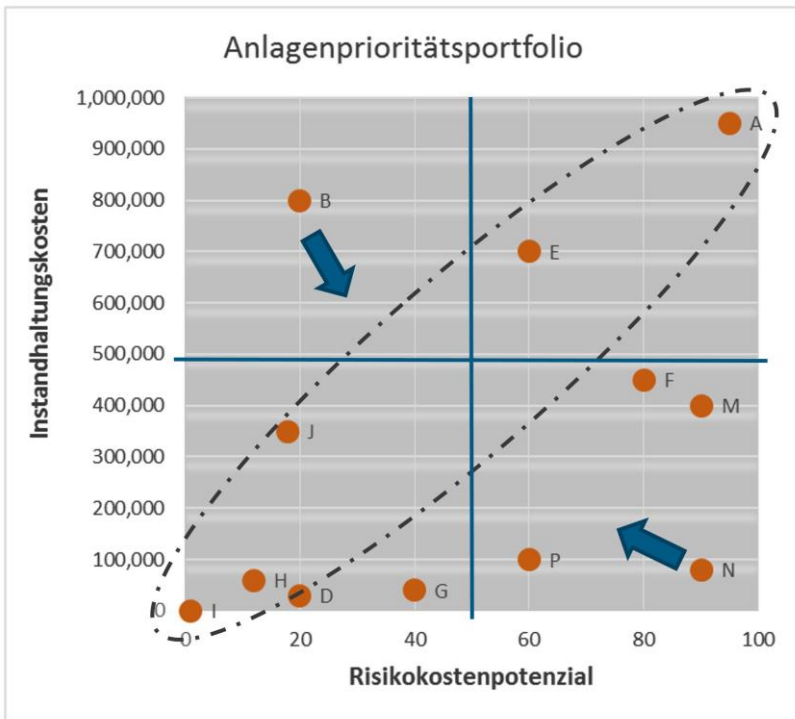


Abbildung 9: IH-Strategieanalyse Portfolio (Kinz A. et al. 2016)

Objekte mit hohen bzw. niedrigen Instandhaltungskosten pro Risikoprioritätszahl werden in weiterer Folge näher untersucht, da eine über- bzw. unter dem notwendigen Aufwand betriebene Instandhaltung vermutet werden kann. Beide Gruppen fokussieren auf zu analysierende Instandhaltungsobjekte und des praktizierten Aufgabenspektrums. Im Rahmen der weiteren Analyse hinsichtlich der adäquaten Ausgestaltung der objektspezifischen Instandhaltungsstrategie werden mögliche Einflussfaktoren auf das Ausfallverhalten und damit das Kostenbild der Instandhaltung abgeleitet. Diese Einflussfaktoren sind Eigenschaften von Betriebsmitteln wie Kapazität, Flexibilität, Technisierungsgrad, Baustruktur und Modernität sowie Einflüsse auf dasselbe wie Belastung, Stellung im Materialfluss und Umgebungsbedingungen (Biedermann 1986). Diese Eigenschaften als Einfluss- und Eigenschaftsmerkmale werden in ein Ursache-/Wirkungsdiagramm gebracht und hinsichtlich ihrer Wirkung abgeschätzt bzw. durch im Idealfall vorliegende Prozess- und Umgebungsparameter näher analysiert. Basis hierzu ist die im unteren Pfad des dualen Vorgehensmodells (Abbildung 4) vorgenommene Modellierung. Mit dieser Vorgangsweise werden die aus der Anlagenkomplexität resultierenden intransparenten Zusammenhänge einerseits im Ausfallverhalten und deren -ursachen und andererseits der objektspezifischen Kostenbilder transparenter. Dysfunktionalitäten in der Strategiewahl können beseitigt und schrittweise dieselbe mit zunehmenden Erkenntnisgewinn adaptiert werden.

Während die beschriebenen Maßnahmen zur datenanalytischen Klassifikation und Störungsprognose der Ausfallvermeidung und der damit verbundenen Ausfallkosten dient, werden in der Analyse der Kostenbilder ergänzt durch zusätzliche Arbeitsablauf und dispositionsspezifische Untersuchungen Maßnahmen zur Leistungsrationalisierung im Sinne der Personalwirtschaft und der Ersatzteillogistik gesetzt (siehe Abbildung 10). Das duale Vorgehensmodell führt neben der Ausfallzeitenreduzierung (linker Ast in Abbildung 10) zur „Lean Maintenance“ durch Maßnahmen zur effizienten Ressourcennutzung in der Personalwirtschaft und der Ersatzteillogistik. Dies betrifft die Nebenzeitreduzierung in der Aufgabenwahrnehmung der Instandhaltung - im Fall des reaktiven Vorgehens bei knapp 50% - und die ausfall- und bestandskostenminimierende Ersatzteilbewirtschaftung. Auf diesen Aspekt des Lean Smart Maintenance Konzeptes wird in gegenständlichem Artikel nicht näher eingegangen; er trägt allerdings wesentlich zur langfristigen Dynamisierung und Optimierung der Instandhaltungsstrategie bei.

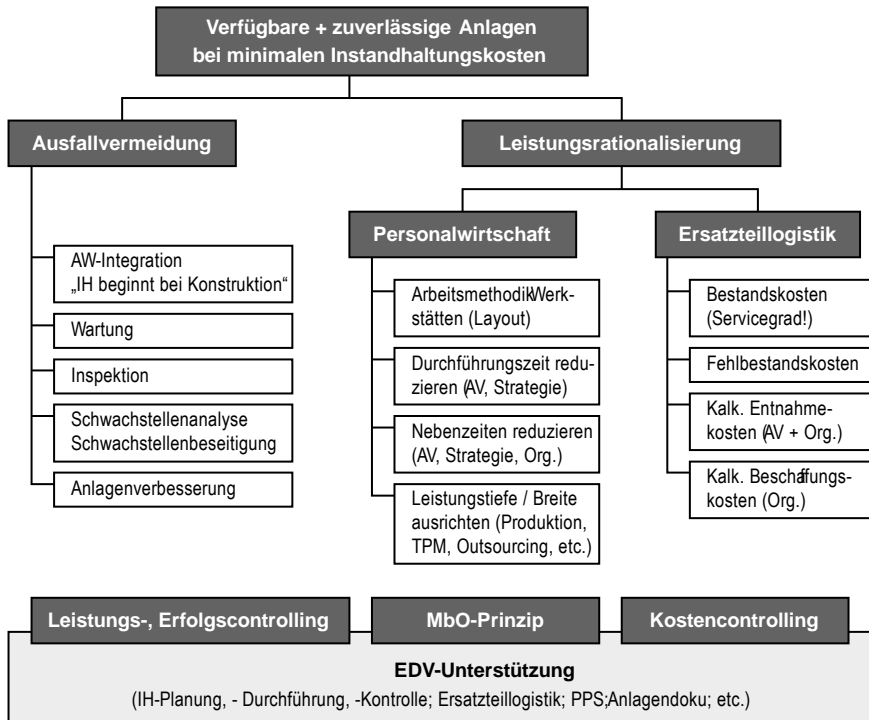


Abbildung 10: Duale Wirkung des Lean Smart Maintenance Konzeptes

## 5 Zusammenfassung

Die Dynamik der Umweltveränderungen, die zwingende Notwendigkeit der Wertschöpfungssteigerung und die Möglichkeiten des Internet der Dinge und Cyber-physikalischer Systeme stellt ein langfristiges Assetmanagement vor die Herausforderung durch Weiterentwicklungen im Informations-, Organisations- und Kompetenzdesign ein Managementsystem zu schaffen. Die dabei - neben der Mitarbeiterqualifikation - im Vordergrund stehende Optimierung, laufende Adaptierung und Optimierung der Instandhaltungsstrategie unterstützt durch eine ausdifferenzierte Schwachstellenanalytik wird durch bislang nicht gegebene technische und IT-System-unterstützende Möglichkeiten die zentrale Aufgabe des Anlagemanagements. Die klassische Trennung von Haupt- und Supportprozessen (Produktion bzw. Instandhaltung) muss in modernen Produktionskonzepten aufgehoben und die Instandhaltung als Assetmanagement zu einer betriebs- bzw. unternehmensübergreifenden Aufgabe. Die Nutzung der Möglichkeiten moderne Informationstechnologien durch die

vertikale Integration von ERP-, MES-, BDE/MDE-Systemen bedarf der Unterstützung eines wissensbasierten Diagnosekonzeptes durch Kombination von Anlagenstruktur- und Prozessmodell. Die vielfach in Unternehmen etablierte TPM-Philosophie stellt die Basis für die kombinatorisch zu entwickelnde datenanalytische Risikoklassifikation und Störungsprognose dar, wobei durch die angesprochenen Informations- und Kommunikationstechnologien die Entwicklung des Instandhaltungsmanagements unterstützt wird. Das duale Vorgehen ermöglicht eine bedarfs- und historiefokussierte Analyse der strategischen Ausrichtung des Aufgabenspektrums der Instandhaltung. Zu begleiten ist dies durch Strukturen, die das individuelle und kollektive Lernen ermöglichen (Regelkreismodell der Instandhaltung) und als permanenten Prozess in der Organisation etablieren.



## Literatur

- Biedermann, H., 1986.  
Das Führungsinstrumentarium des Managements für die Instandhaltung und dessen betriebsspezifische Anpassung. Wien/New York: BHM, Springer, S. 197
- Biedermann, H., 2007.  
Wertschöpfungsorientiertes Management in der Anlagen- und Produktionswirtschaft. In: H. Biedermann (Hrsg.): Wertschöpfendes Instandhaltungs- und Produktionsmanagement. Köln: TÜV Media, S.11
- Biedermann, H., 2008.  
Anlagenmanagement. Managementinstrumente zur Wertsteigerung. Köln: TÜV Media, S. 99
- Biedermann, H., 2015.  
Smart Maintenance. In: H. Biedermann (Hrsg.): Smart Maintenance – Intelligente, lernorientierte Instandhaltung. Köln: TÜV Media, S. 25
- Biedermann, H., 2016.  
Lean Smart Maintenance. In: H. Biedermann (Hrsg.): Industrial Engineering und – Management. Wiesbaden: Springer-Gabler, S. 133
- Chapman, P. et al., 2000.  
CRISP-DM 1.0 – Step-by-step data mining guide, CRISP-DM Consortium
- Hölblfer, S., 2014.  
Modell zur Auswahl von Instandhaltungsstrategien in anlagenintensiven Industriebetrieben. Dissertation Montanuniversität Leoben
- Kinz, A.; Bernerstätter, R.; Biedermann, H., 2016.  
Lean Smart Maintenance – Efficient and effektive asset management for smart factories. In Veröffentlichung
- Kluwe, R. 1997.  
Informationsverarbeitung, Wissen und mentale Modelle beim Umgang mit komplexen Systemen. In: Sonntag, Bergmann (Hrsg.): Störungsmanagement und Diagnostikkompetenz: Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen. Zürich: Vdf ETH

Mertens, P.; Barbian, D., 2016.

Digitalisierung und Industrie 4.0 – Trend mit modischer Überhöhung? Published online: 22. April 2016, Springer Berlin Heidelberg