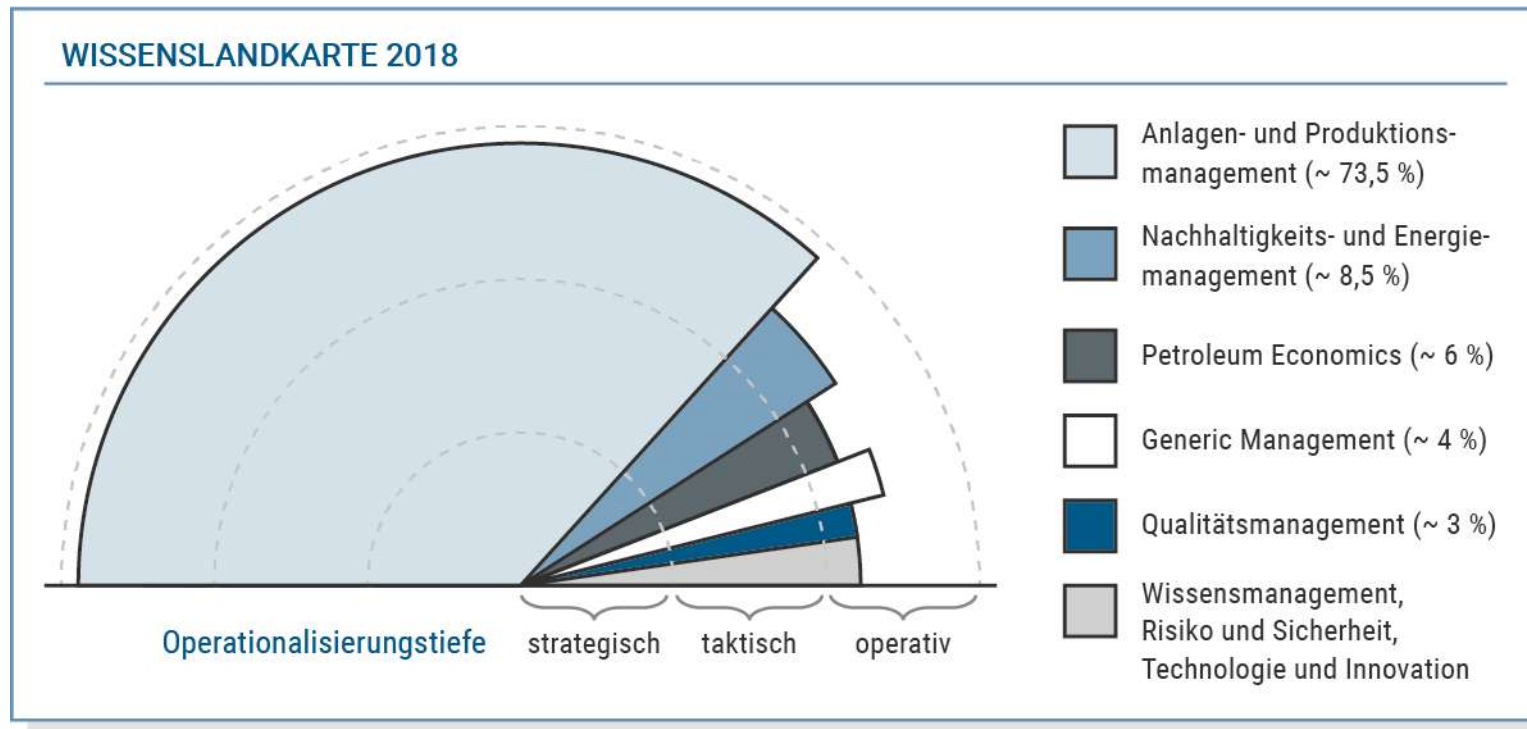


Predictive Maintenance und Schwachstellenanalyse als zentrale Bausteine einer dynamischen, flexiblen Instandhaltung (LSM)

Dr. Robert Bernerstätter

Schloss Schielleiten, 26.06.2019



■ Ursachen:

- Zunehmende Anlagenverkettung
- Zunehmende Technologievielfalt
- Zunehmende Komponentenvielfalt
- Zunehmende Produktvielfalt
- Zunehmende Digitalisierung



■ Folgen:

- Hohes Ausfallkostenpotenzial
- Zunehmende Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanforderungen
- Zunehmende Intransparenz
- Menschliches Verständnis über Verschleiß- und Ausfallursachen sinkt
- Qualifizierungsbedarf steigt



■ Bisher bzw. aktuell verbreitet

- Statische IH-Strategie
- Vorwiegend ausfall- bzw. laufzeit- oder kalenderzeitinduzierte IH-Maßnahmen
- Kostenfokus (Ziel: Budgeteinhaltung)
- Routinisierung der Störungsbehebung (Reparaturfokus)
- Kaum life-cycle-cost Orientierung
- Zentrale, funktional organisierte IH-Steuerung
- Technikzentriertes, funktionales Lernen (erfahrungsbasiert)
- Datenarchivierung

■ Agil: Lean Smart Maintenance

- Dynamische Strategieanpassung
- Condition based, predictive, perfective IH-Maßnahmen im Fokus
- Wertschöpfungsorientierung
- Routinisierung der Schwachstellenanalyse und –beseitigung
- LCA / LCC Orientierung insbes. in der Investitionsphase
- Dezentrale, teilautonome, Organisationsstrukturen
- Duales Lernen (erfahrungs- und informationsbasiert)
- Datenanalytik

Smart Factory bedarf Smart Maintenance

Die Bedeutung von Daten

Die Instandhaltung muss die steigende Quantität und Qualität der verfügbaren Daten auswerten und nutzen lernen!

Datenanalysen helfen vorausschauend Störungen zu vermeiden und erlauben eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung der maschinellen Anlagen

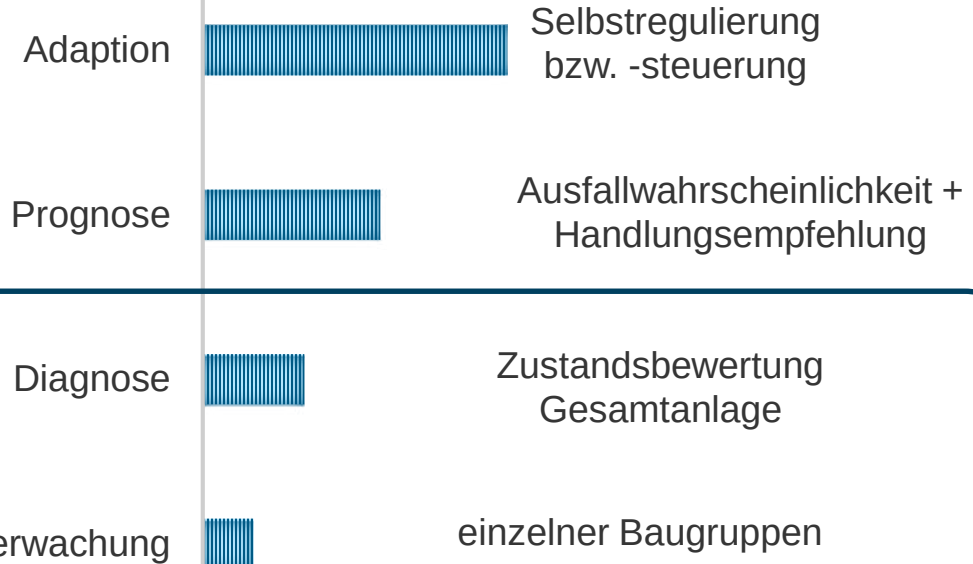
Erfassung
100%



Nutzung
heute
10%

ENTWICKLUNGSSTUFEN

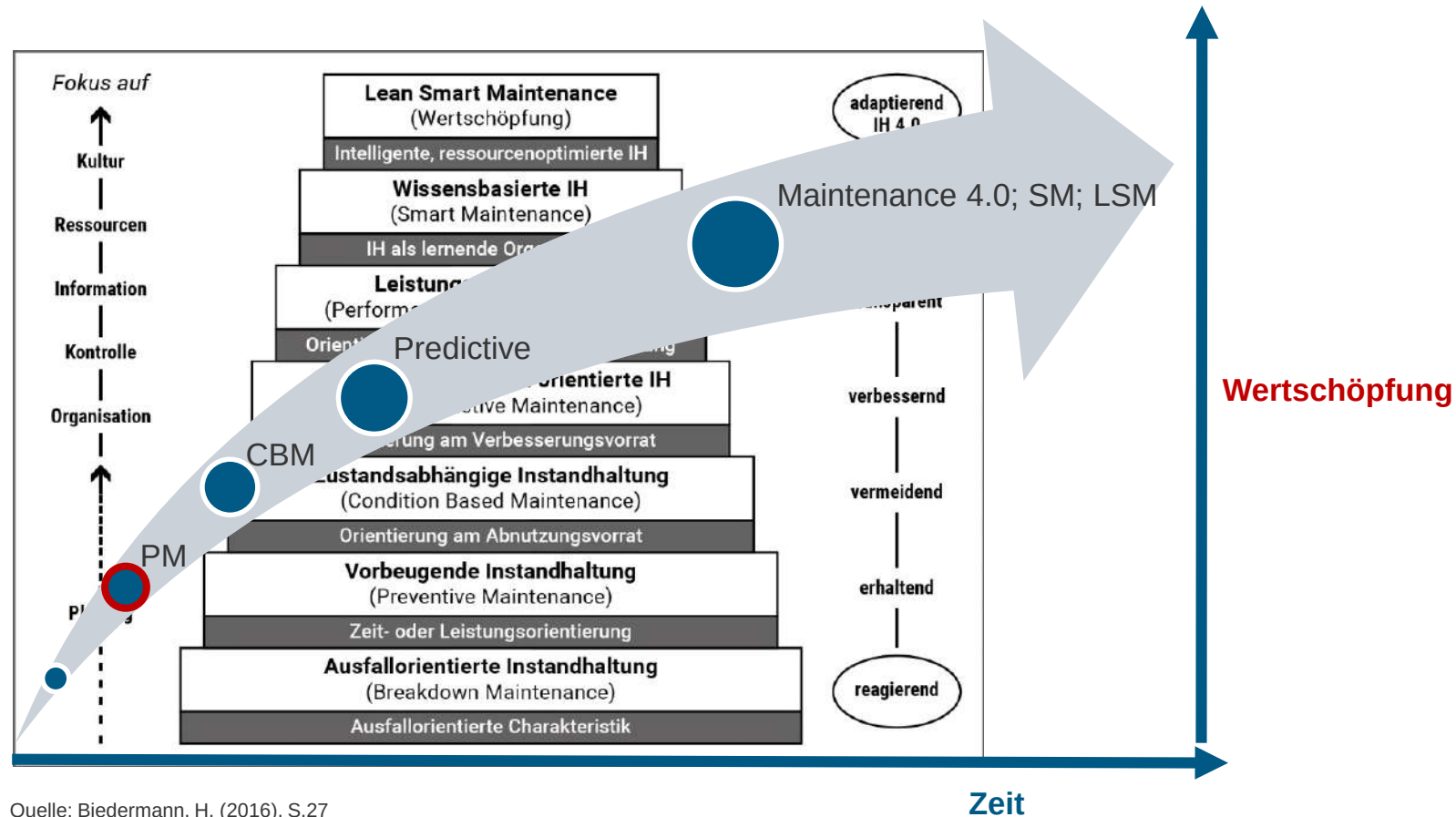
■ Smart Maintenance-Reifegrad



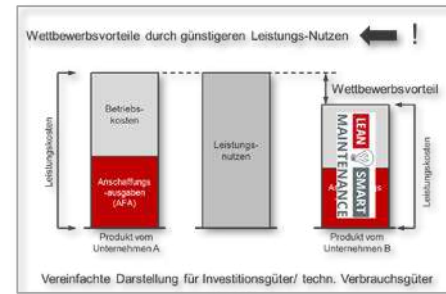
Transparenz: WARUM? = Verstehen!

Transformation von einer reaktiven Instandhaltung zu einer **antizipativen agilen Maintenance!**

Instandhaltungsmodelle (-philosophien)



Quelle: Biedermann, H. (2016), S.27



Lean Maintenance

- Lean Management
- Prozessorientierung
- Verschwendungsfokus

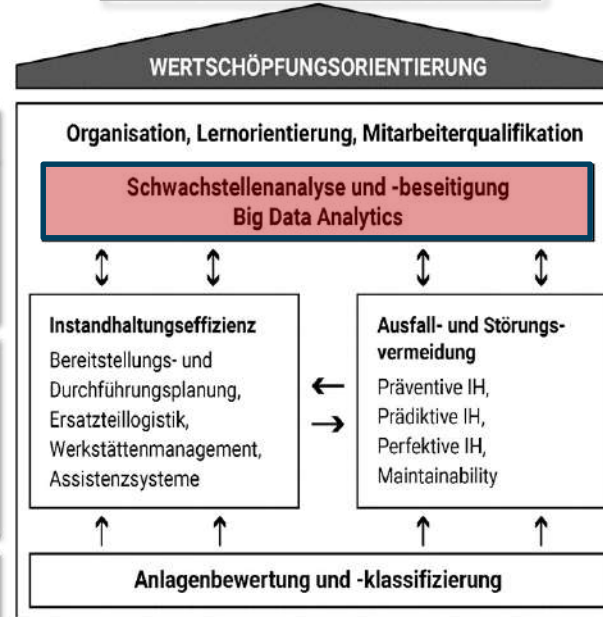
- Ablauforganisation
- Aufbauorganisation
- Outsourcing
- Ersatzteilwirtschaft
- TPM

Nebenzeiten ↓

Bestände ↓

MTTR ↓

Inputperspektive



Smart Maintenance

- Wissens-/Datenmanagement
- Lernorientierter Ansatz
- Industrie 4.0

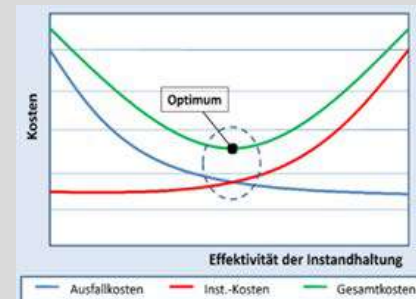
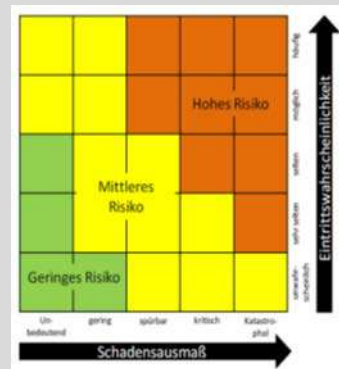
- Störungsprognostik (Datenanalytik, CM)
- LC-Orientierung
- IH-Prävention (RAMS)
- Vorbeugende IH (W&I)
- Standardisierungen

LCC ↓

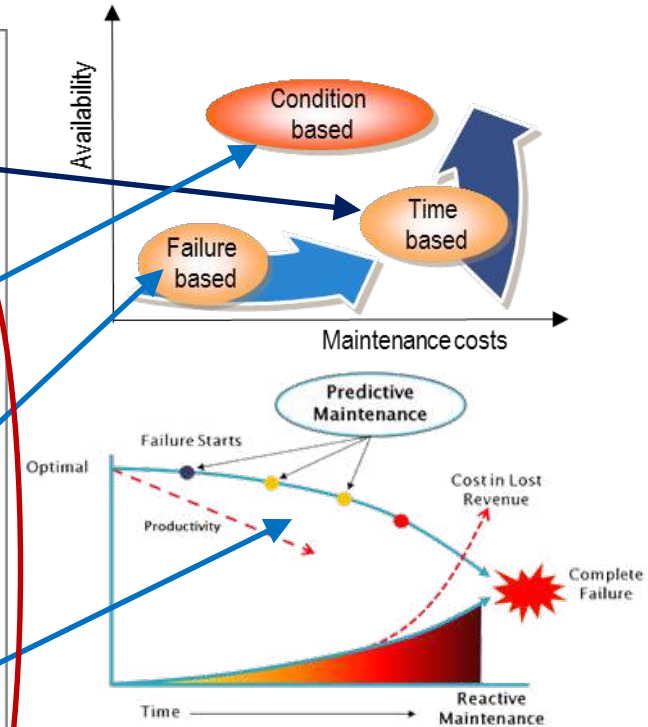
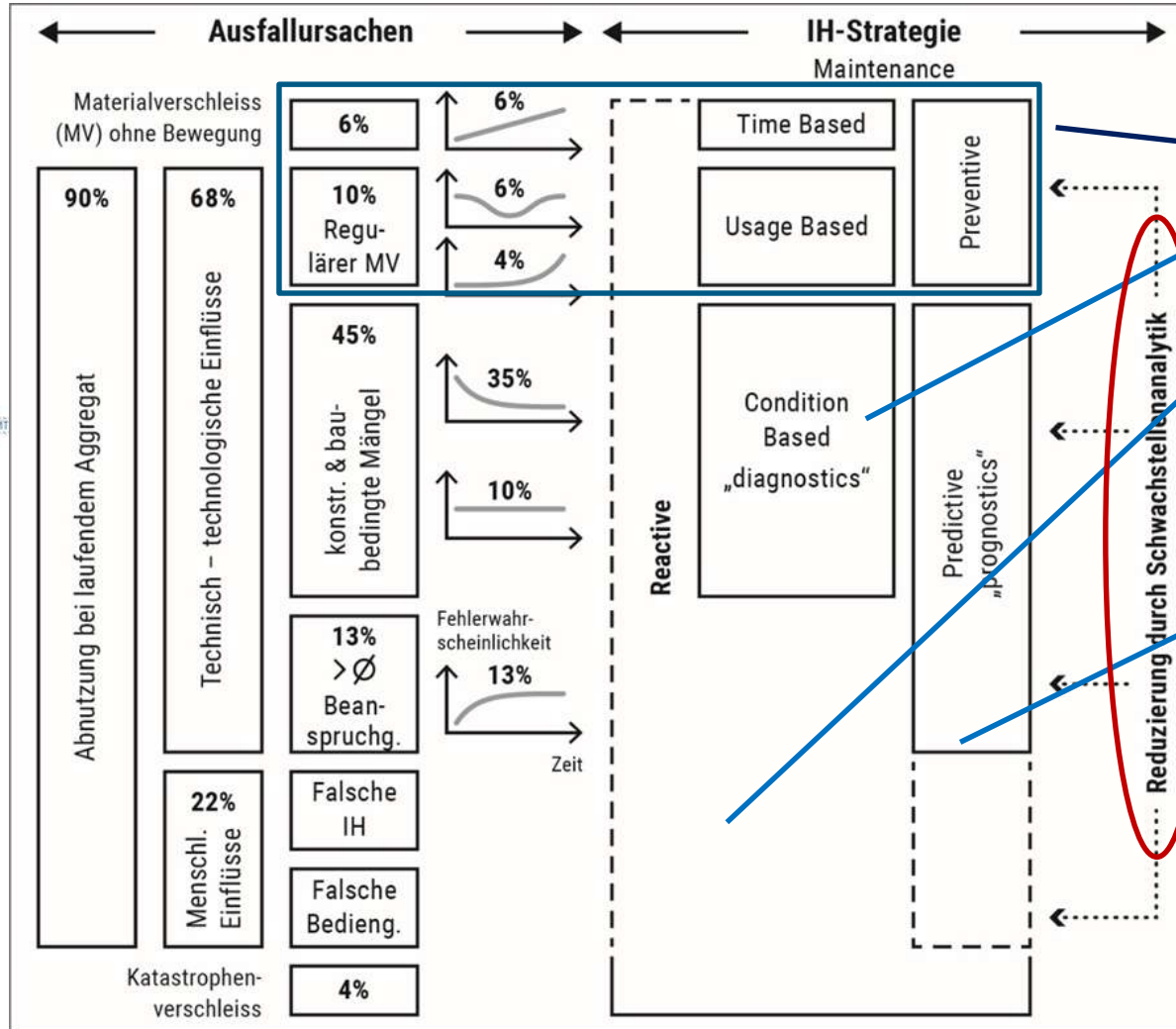
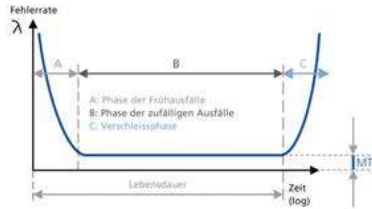
MTBF ↑

Outputperspektive

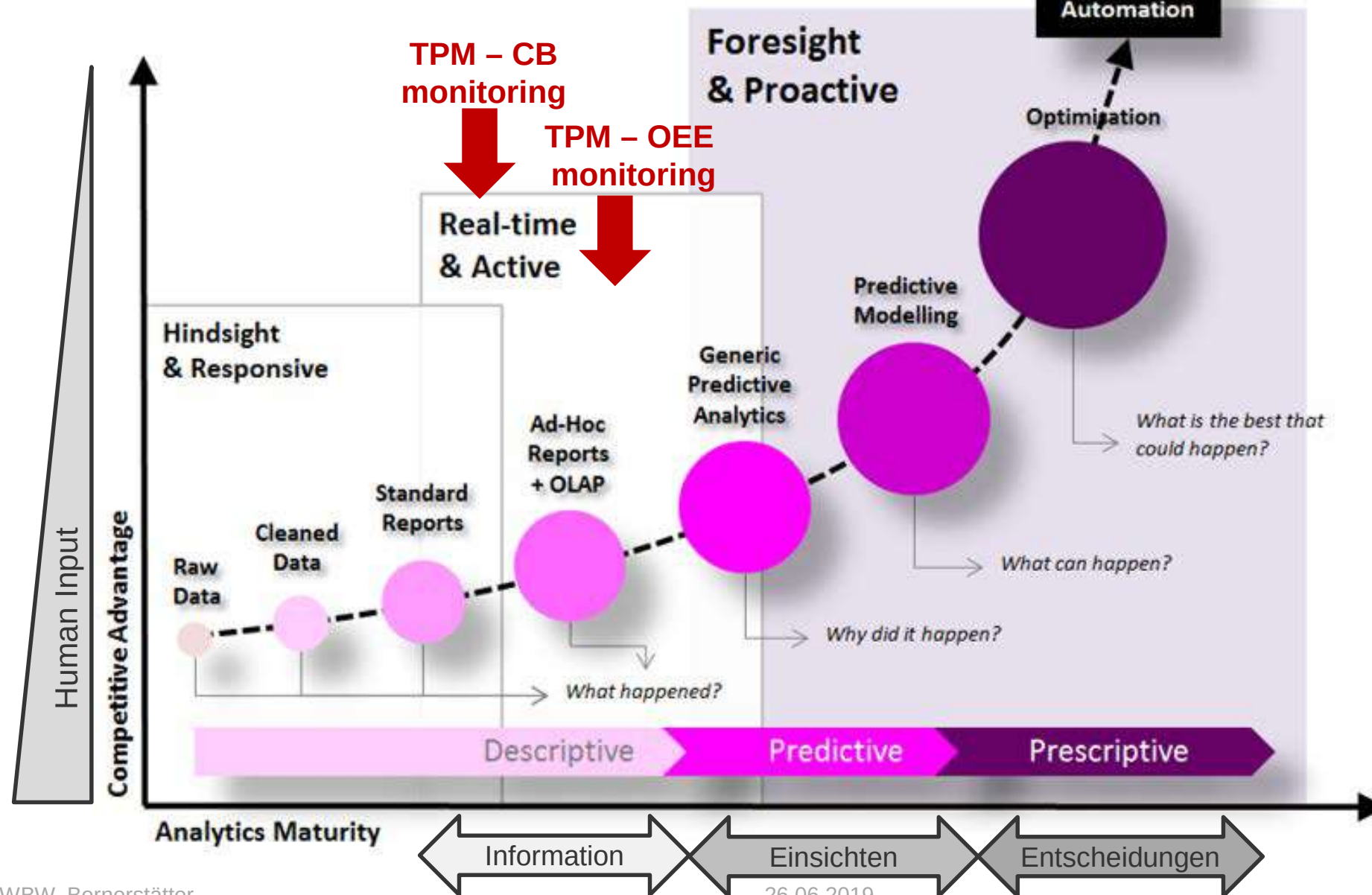
Anlage/Objekt	Bewertung
Anlagenkomplexität in Anbetracht der Instandhaltung	gering mittel hoch 1
Störungsanfälligkeit	gering mittel hoch 1
max. Ausfallzeit der Anlage	> 3 3-5 5-10 > 10 2
Impact auf Produktivität	keiner gering mittel hoch 1
Reparaturzeitpunkt	gering mittel hoch 1
Einfluss auf die Qualität der Produktion	keiner gering mittel hoch 1
Einwirkung auf Produktion bei Instandhaltung	keine Auswirkung Auswirkung Stillstand 1



Ausfallursachen determinieren Strategiewahl



Begriff: Predictive Analytics



Definition Predictive Maintenance

Zusammenfassung

kurz gefasst:

Predictive Maintenance (PdM) ist ein Instandhaltungskonzept zur umfassenden Kostenreduktion. Es basiert auf der Kontrolle und Überwachung von Anlagenkomponenten und wird mit diversen analytischen Methoden durchgeführt.

Wie auch CBM baut PdM auf Condition Monitoring auf und hat eine Vielzahl von weiteren Vorteilen. PdM unterscheidet sich von anderen Instandhaltungsansätzen. Sensormesswerte und weitere externe Datenquellen werden kombiniert und auf Basis dessen eine Analyse über tausende Datensätze durchgeführt.

Definition

Predictive Maintenance verwendet eine Reihe von Methoden und Konzepten zur...

- Überwachung des Zustandes von Komponenten durch
- Verwendung von on-premise oder cloud-analytics Lösungen zur
- Vorhersage von Ausfallzeitpunkten mittels Echtzeit Analysemethoden und maschinellem Lernen

mit dem Zweck der **Wirtschaftlichkeitssteigerung** durch **Zuverlässigkeitserhöhung** und **Kostensenkung**. Daher wird angestrebt - wie bei der zustandsabhängigen Instandhaltung - den Abnutzungsvorrat der Komponenten möglichst komplett auszuschöpfen und gleichzeitig jeglichen Fehler oder möglichen Ausfall zu beheben bzw. zu vermeiden, bevor er passiert.

Was PdM nicht ist

- **Reactive Maintenance**
- **Preventive Maintenance:** regelmäßige geplante Instandsetzung
- **Proactive Maintenance:** Schadensursachen- Analyse und Beseitigung
- **Condition-based Maintenance (CBM)**¹: Überwachung des Komponentenstatus
- **Prescriptive Maintenance**²: Anlagen führen Selbstdiagnose durch und initiieren Instandhaltungsmaßnahmen

1. CBM and PdM bauen auf dem Konzept Condition Monitoring auf, aber unterscheiden sich in ihrer Komplexität

2. Prescriptive Maintenance basiert auf PdM

Schrittweise Vorgangsweise

Fehlerdiagnose: Schadens- und Schwachstellenbestimmung durch Bestimmung Abweichung vom Sollzustand
Dazu notwendig: Anlagenstrukturwissen und ggf. ergänzt Prozesswissen

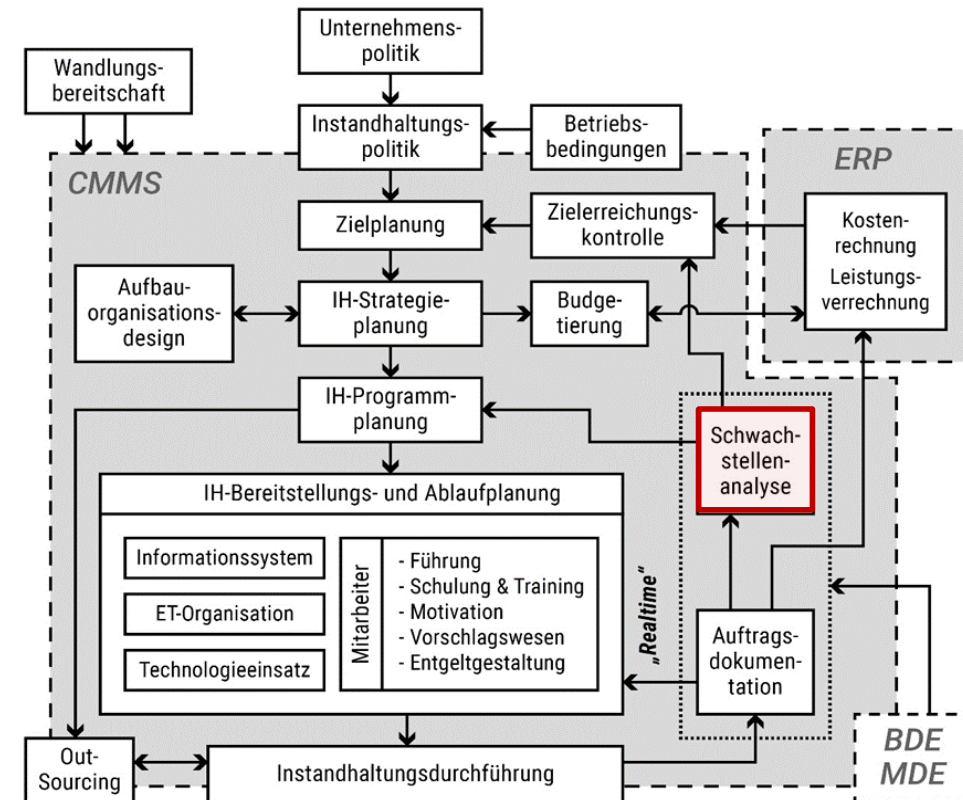
Ursachenanalyse: Kombination von Anlagenstruktur- und Prozesswissen
Domänenwissen zur Interpretation von Verdachtshypothesen notwendig!

Prognose: Dem Fehler vorausgehende Abnormitäten müssen detektiert, modelliert und daraus ableitend die Restlebenszeit prognostiziert werden.
Hoher Komplexitätsgrad!

Ableitung von Handlungsempfehlungen – präskriptive Instandhaltungsstrategie

Schwachstellenanalyse

- Schwachstellenanalyse identifiziert negative Abweichungen vom Soll-Zustand.
- Schwachstellenbeseitigung findet die Ursachen der Schwachstellen und setzt sich mit der Entfernung selbiger auseinander.
- Durch die zunehmende Digitalisierung steigen die Anforderungen an die Schwachstellenanalyse sowie deren Möglichkeiten (z.B. Big-Data Analytics).
- Voraussetzung ist die zunehmende Integration (horizontal wie vertikal) der IT-Systeme.
- Die Möglichkeiten sind in Form der Reifegradstufen abgebildet. Daraus ergeben sich unterschiedliche Arten der Schwachstellenanalyse.

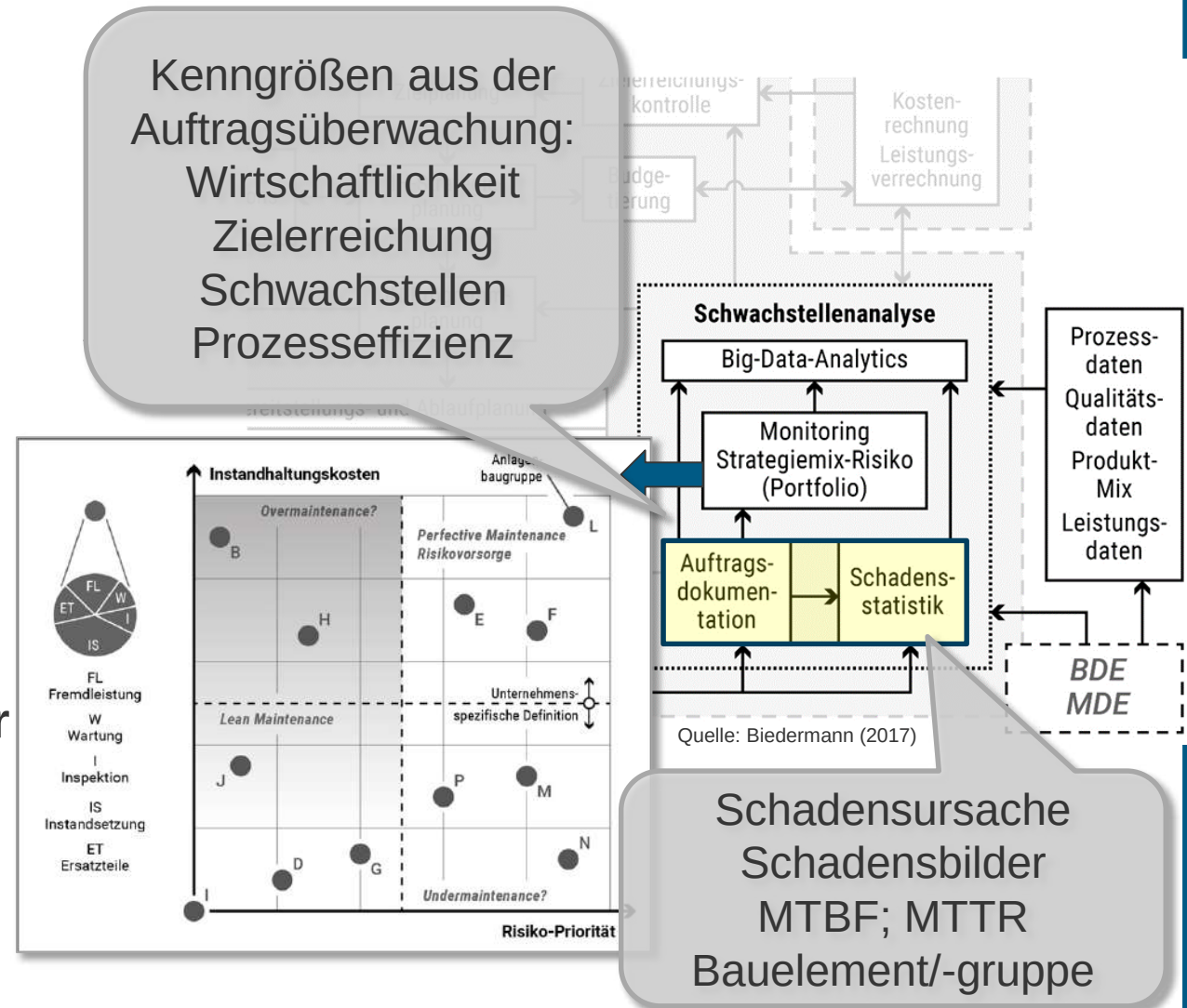


Quelle: Biedermann (2017)

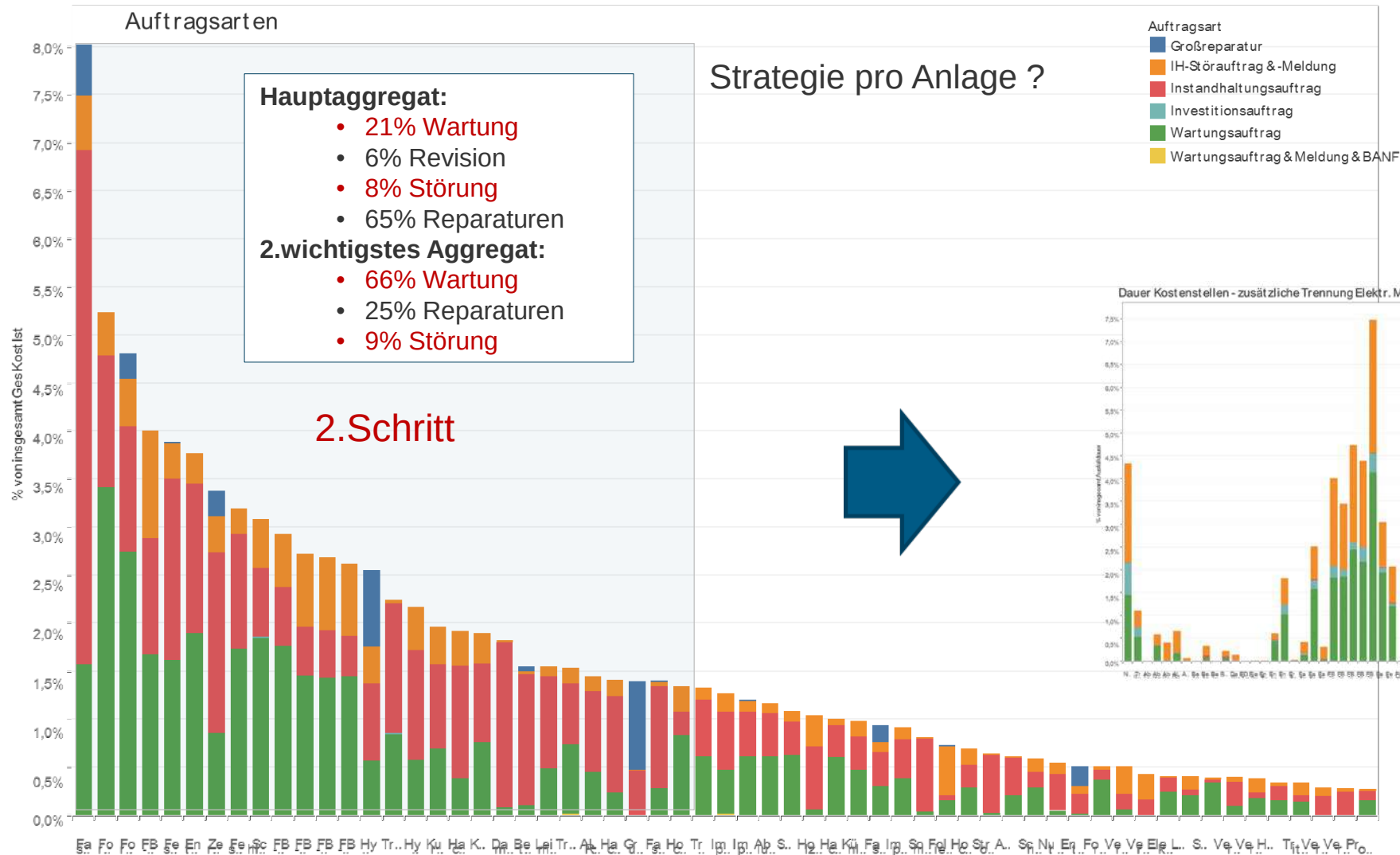
Schwachstellenanalyse

Deskriptiv - Fehlerdiagnose

- Datenmenge begrenzt aufgrund mangelnder Vernetzung und Automatisierung der Datenerfassung.
- Auswertungen dienen zur Identifikation möglicher Schwachstellen durch Visualisierung, Kennzahlenvergleiche und ABC-Analyse (Paretodiagramm)
- Eine weitere Möglichkeit liegt in der Priorisierung der Anlagen/Komponenten für vertiefende Analysen.



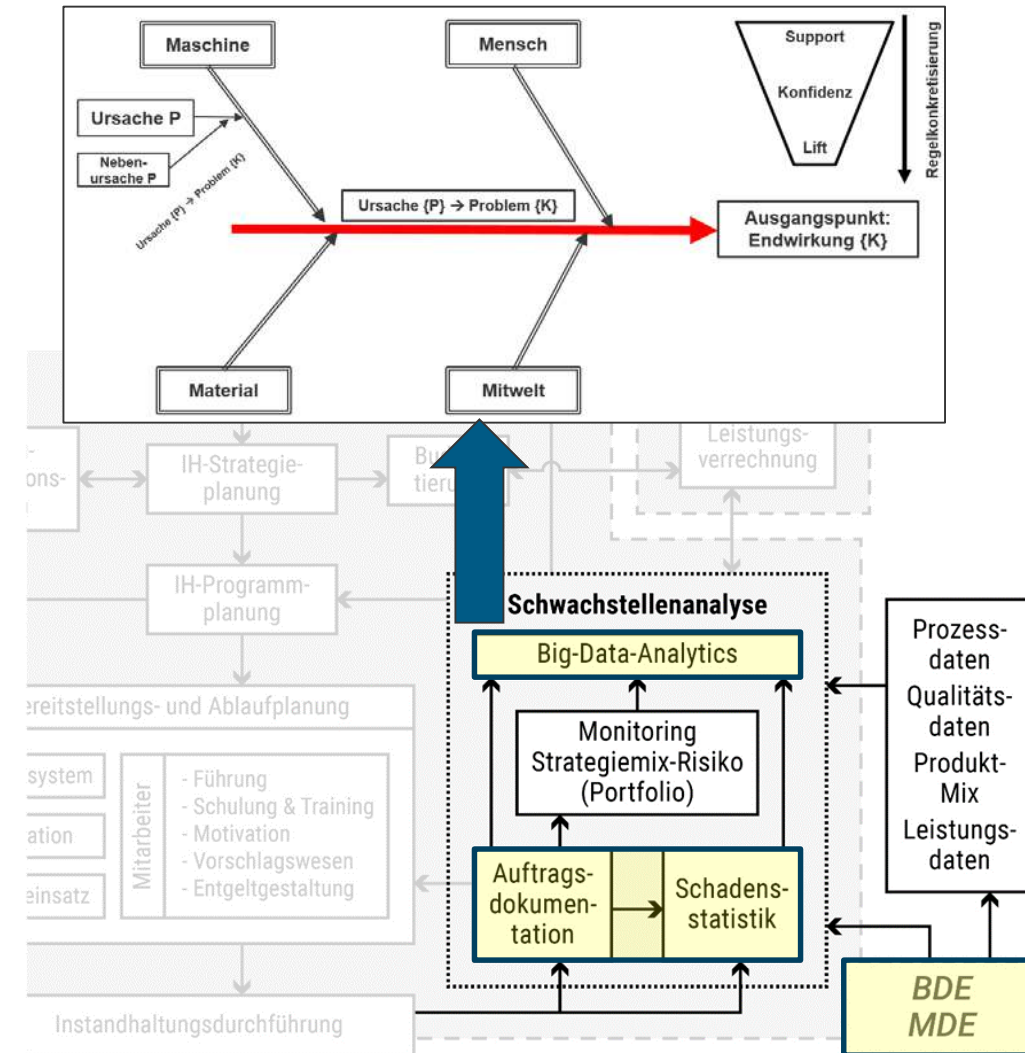
Bsp. Auswertung aus ERP (IPSA) – System



Schwachstellenanalyse

Diagnostisch - Ursachenanalyse

- Erhöhte Datenmenge in der Attributsausprägung und Aufzeichnungsdauer bzw. -frequenz durch die Einbindung von MDE- und BDE-Systemen.
- Möglichkeit von Ursache-Wirkungsanalysen ergeben sich durch die Anwendung von Big-Data Analytics Methoden.
- Beispiel ist die datengestützte Schwachstellenanalyse mittels Assoziations- und Sequenzanalyse.
- Visualisierung der Ergebnisse in einem Daten-Ishikawa-Diagramm.

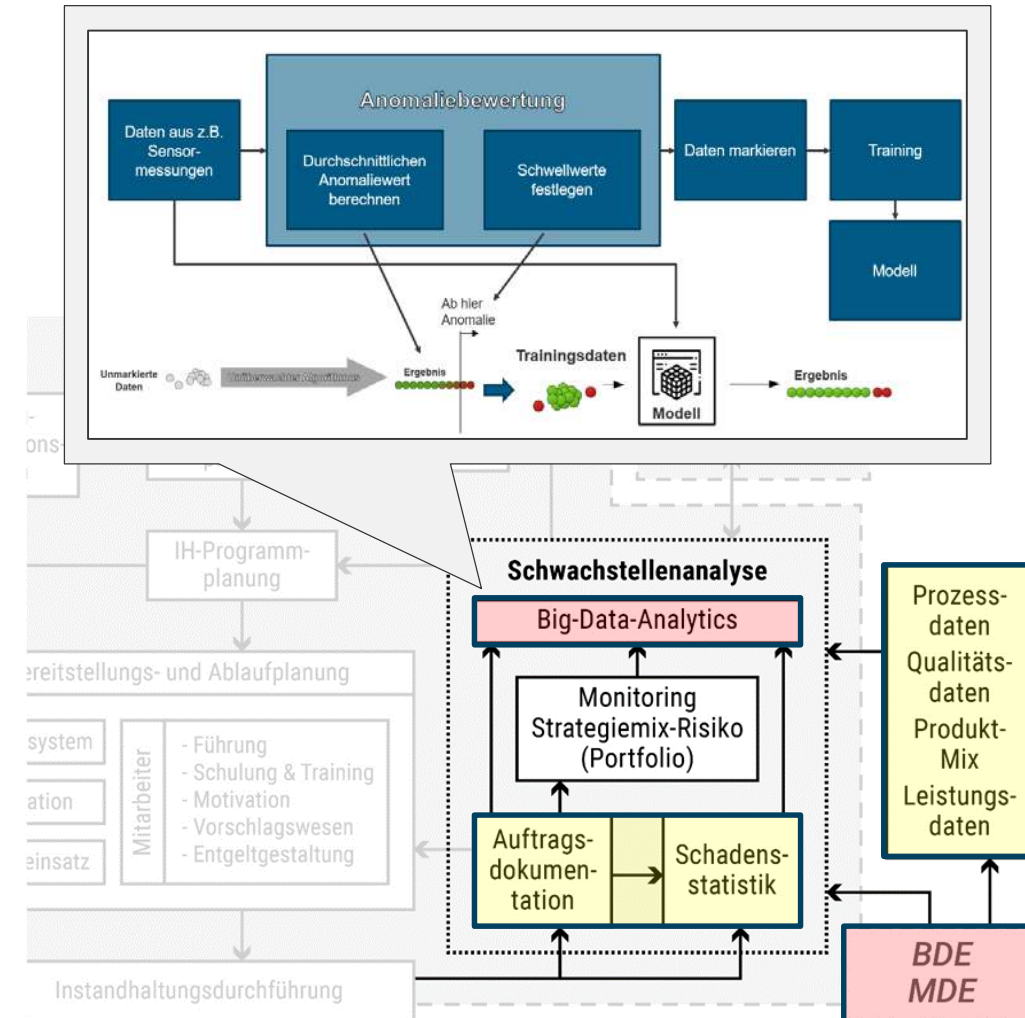


Quelle: Biedermann (2017)

Schwachstellenanalyse

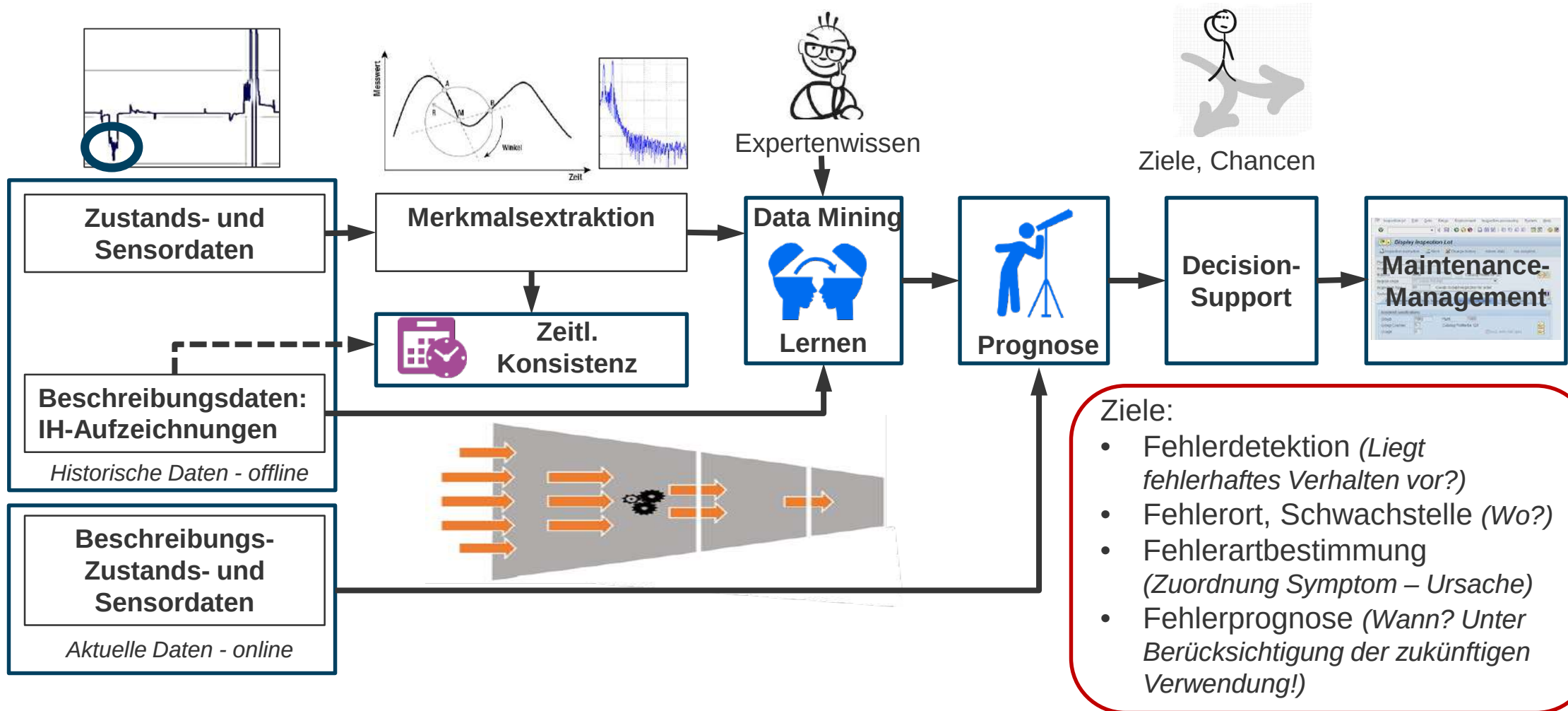
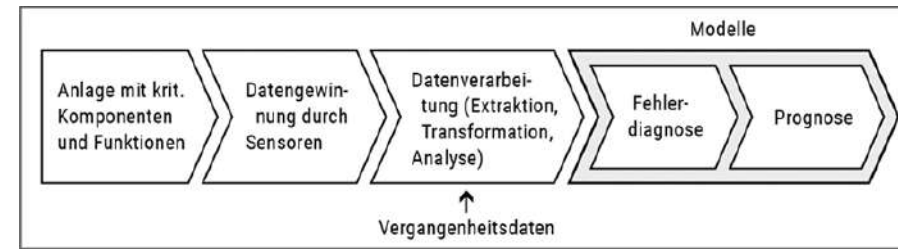
Prognostisch

- Identifizierte Schwachstellen und Ursachen als Grundlage für die Isolierung von Einflussparametern. → komplexere Analysen
- Modellierung des Verhaltens der Einflussparameter für die Vorhersage derer Entwicklung und folglich der Auslösung von Ursachen für Schwachstellen.
- Horizontale Integration erlaubt die Analyse von im Prozess vorgelagerter Datenquellen. → Mehr Daten aus BDE und MDE.
- Bei noch unbekannter Einflussparameter empfiehlt sich eine Anomalieerkennung.



Quelle: Biedermann (2017)

Predictive Maintenance – Prinzipieller Ablauf



Worin bestehen die Grenzen der Prognoseverfahren?

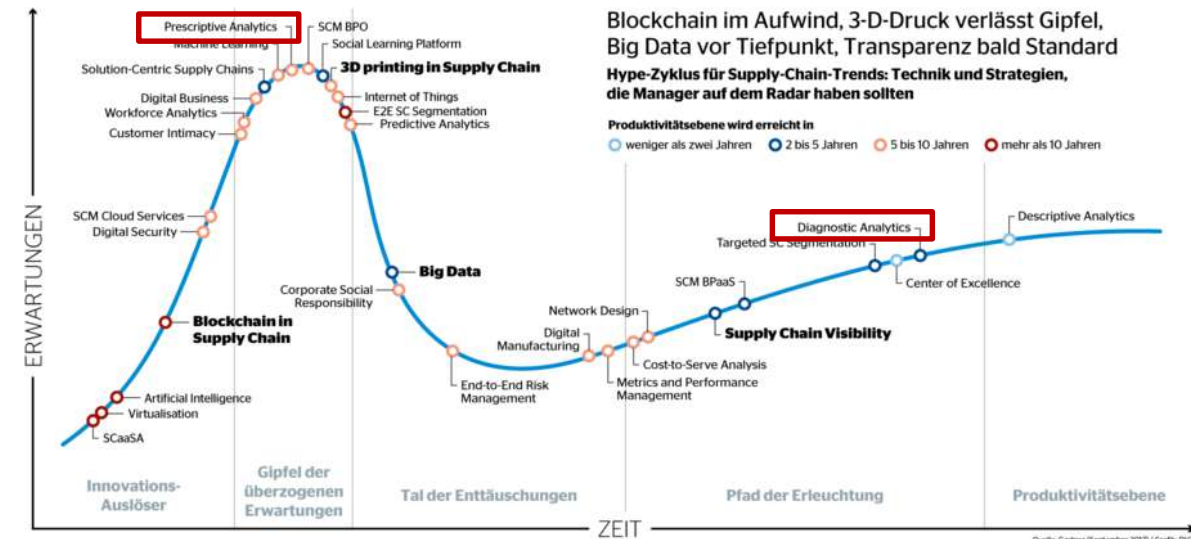
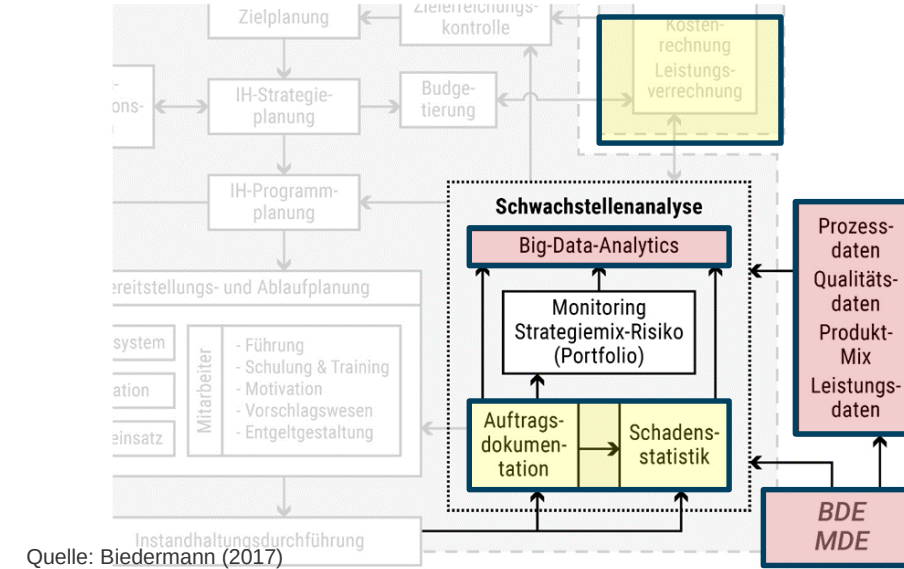
- Modellbasierte Verfahren gelten i.d.R. für den spezifischen Problemfall.
- Realitätsnahe Modelle haben hohe Komplexität und deren Entwicklung ist ein zeit- und arbeitsintensiver Prozess.
- Geeignete Datensätze für das „Training“ datenbasierter Verfahren sind oftmals nur begrenzt verfügbar.
- IT-Performance ist durch Schnittstellen zwischen unterschiedlichen IT-Systemen limitiert
- Oftmals besteht noch eine ungenügende Kostentransparenz wodurch die Wirtschaftlichkeit nicht eindeutig beantwortet werden kann

Allerdings:

- Für die Entwicklung des Prognosemodells ist nur etwa $\frac{1}{4}$ des Zeitaufwandes vorzusehen; der restliche Teil fließt in Datengewinnung und –aufbereitung!
- D.h. in frühen Stadien der PdM mit Datensammlungen beginnen um höhere Reifegrade zu erreichen!

Präskriptive Schwachstellenanalyse (-vermeidung)

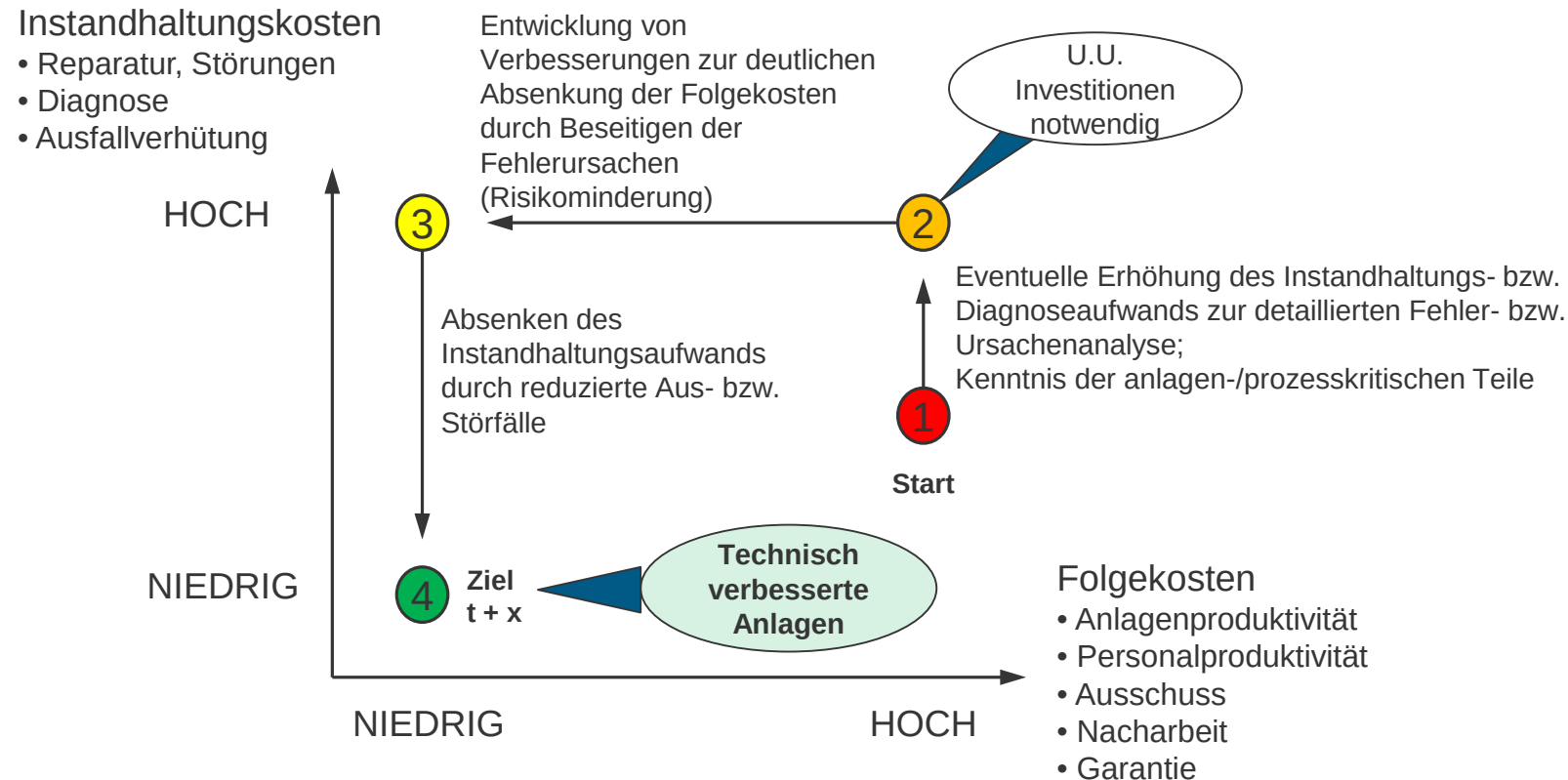
- Einbeziehung von Ergebnissen der diagnostischen und der prognostischen Analyse zur Ableitung von Handlungsempfehlungen.
- Unterstützende Mittel sind Simulationen und Optimierungen zur Ermittlung günstiger Szenarien.
- Erfordert neben einer vollständigen H/V-Integration die Definition eines abgestimmten Zielsystems zur Beurteilung der Szenarien.
- Höchste Komplexität und Anforderungen an das System und die Methodik. → Langfristige Projektzusammenarbeit, um hohe Erwartungen zu erfüllen
- Diagnostische Analysen sind neben den Deskriptiven am meisten ausgereift.



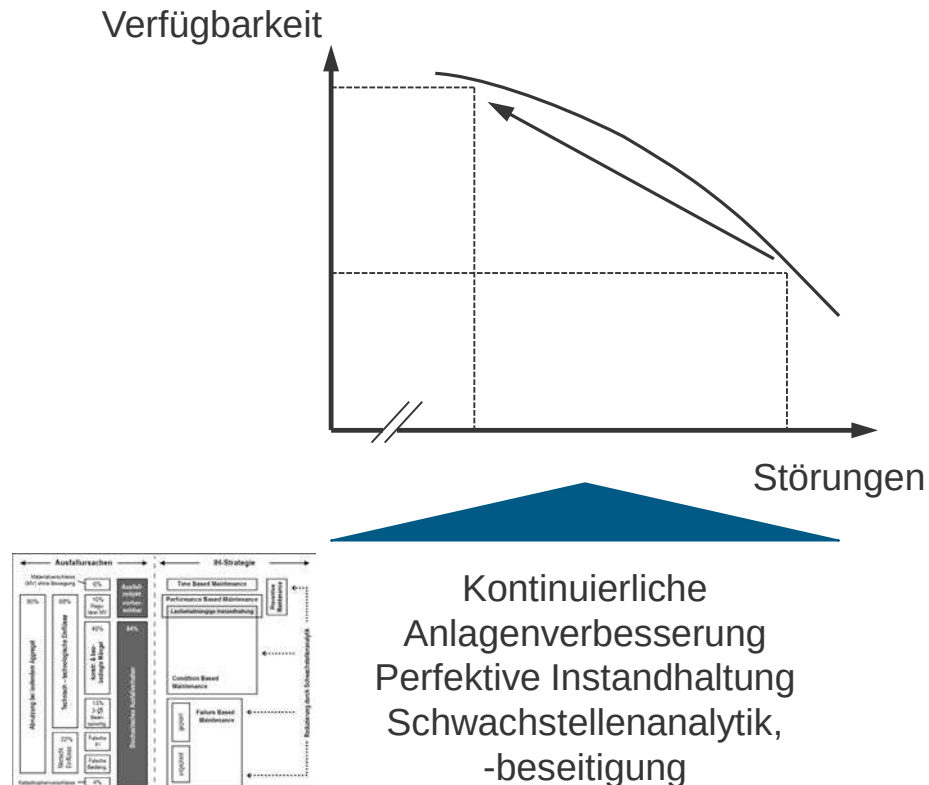
Quelle: <https://www.dvz.de/rubriken/logistik/detail/news/das-ist-im-supply-chain-management-angesagt.html> (13.05.2019)

Instandhaltungs- und Folgekosten

Durch technische/ konstruktive Verbesserungen der Anlagen lassen sich Instandhaltungs- und Folgekosten senken



Auswirkungen von reduzierten Störungen auf die wesentlichen Unternehmensziele (Wertschöpfung!)



Qualitätsverbesserung:

- 2.Wahl verringern
- Ausbeute erhöhen
- Höhere Qualitätskonstanz

Kostensenkung:

- Bessere Fixkostennutzung
- Weniger Wartezeiten
- Geringerer Ausschuss
- Geringerer Instandhaltungsaufwand
- Höhere Energieeffizienz

Besseres Zeitmanagement:

- Weniger Programmänderungen
- Höhere Termintreue
- Kürzere Lieferzeiten
- Höhere Flexibilität
- Geringere Ausfallkosten
- Höhere Anlagenproduktivität

Die Zielsetzung „Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit“ fördert dabei die wesentlichen Unternehmensziele

KRITISCHE ERFOLGSFAKTOREN – Einstieg PdM/LSM

KRITISCHE ERFOLGSFAKTOREN	EMPFEHLUNG
VISION IST ZU AMBITIONIERT	• Mit einem kleinen, aber sichtbaren Use Case beginnen
SCHWIERIG ZU PROGNOSTIZIERENDER NUTZEN	• Erster Use Case sollte an relevanter nicht zu komplexer Anlage erfolgen
ZU TEUER bzw. UNKLARER AUFWAND	• Prüfen, was mit vorhandener IT/Sensorik/Datenlage umsetz- bzw. lösbar ist
VISION ZU DETAILLIERT	• Einfache Anforderungen, die Technik ist komplex genug
PROJEKTMISERFOLG VERMEIDEN	• Start small, with „little“ Data

Quellen und weiterführende Literatur

- Biedermann, H. (2017): Lean Smart Maintenance - Controlling. Die Schwachstellenanalyse als zentrales Element im Führungssystem der Instandhaltung. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Erfolg durch Lean Smart Maintenance: Bausteine und Wege des Wandels. Köln: TÜV Media GmbH. ISBN 978-3-7406-0243-7 (Praxiswissen für Ingenieure - Instandhaltung)., S. 23–36.
- Heimes, H.; Kampker, A.; Bühner, U.; Krotil, S. (2019): Potenziale und Hürden von Data Analytics in der Serienfertigung. In: Industrie 4.0 Management, Jg. 2019, Nr. 1, S. 57–60.
- Lueth, K. L.; Patsioura, C.; Williams, Z. D.; Kermani, Z. Z. (2016): Industrial Analytics 2016/2017. The current state of data analytics usage in industrial companies. IoT Analytics GmbH. 2016.
- Munson, M. A. (2012): A study on the importance of and time spent on different modeling steps. In: ACM SIGKDD Explorations Newsletter, Jg. 13, Nr. 2, S. 65.
- Biedermann, H. (2016): Lean Smart Maintenance: Wertschöpfende, lernorientierte und ressourceneffiziente Instandhaltung. TÜV Media Köln
- Biedermann, H. (2015): Smart Maintenance: Intelligente, lernorientierte Instandhaltung. TÜV Media Köln
- Kinz, A.; Bernerstätter, R.(2016): Instandhaltungsoptimierung mittels Lean Smart Maintenance. TÜV Media Köln

Predictive Maintenance und Schwachstellenanalyse als zentrale Bausteine einer dynamischen, flexiblen Instandhaltung (LSM)

Dr. Robert Bernerstätter

Kontakt: robert.bernerstaetter@unileoben.ac.at
03842/402 6019



Schwerpunkt am WBW

- **Datenanalytik**
 - Einsatz im Anlagen- und Produktionsmanagement
- **Datenqualität**

Werdegang

- **2005: Abschluss HTL-Salzburg**
- **2006-2007: Elektronik- und Firmwareentwickler**
- **2014: Abschluss mit Auszeichnung Montanuniversität Leoben**
 - Diplomarbeit: Genetische Algorithmen zur Attributsauswahl bei Clusteranalysen
 - Bachelorarbeit: Clusteranalysen in der Kapazitätsgrobplanung
 - Ausgedehnte Praktika bei Bosch (Logistikcontrolling) und AMAG rolling (Produktionsplanung)
- **2019: Promotion Montanuniversität Leoben**
 - Datenqualität und –reife (Reifegradmodell zur Bewertung der Inputfaktoren von datenanalytischen Anwendungen - Konzeptionierung am Beispiel der Schwachstellenanalyse)