



> Smart Maintenance für Smart Factories

Mit intelligenter Instandhaltung die
Industrie 4.0 vorantreiben

acatech (Hrsg.)

acatech POSITION

Oktober 2015

Herausgeber:

acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2015

Geschäftsstelle
Residenz München
Hofgartenstraße 2
80539 München

Hauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 Berlin

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel
Belgien

T +49 (0) 89 / 5 20 30 90
F +49 (0) 89 / 5 20 30 99

T +49 (0) 30 / 2 06 30 96 0
F +49 (0) 30 / 2 06 30 96 11

T +32 (0) 2 / 2 13 81 80
F +32 (0) 2 / 2 13 81 89

E-Mail: info@acatech.de
Internet: www.acatech.de

Koordination: Dr.-Ing. Christoph Vornholt

Redaktion: Linda Treugut

Layout-Konzeption: acatech

Konvertierung und Satz: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS,
Sankt Augustin

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.utzverlag.de

> DIE REIHE acatech POSITION

In dieser Reihe erscheinen Positionen der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften zu technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Die Positionen enthalten konkrete Handlungsempfehlungen und richten sich an Entscheidungsträger in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit. Die Positionen werden von acatech Mitgliedern und weiteren Experten erarbeitet und vom acatech Präsidium autorisiert und herausgegeben.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

> INHALT

KURZFASSUNG	7
PROJEKT	10
1 EINLEITUNG: DEUTSCHLAND BRAUCHT SMART MAINTENANCE	11
2 EVOLUTION DER INSTANDHALTUNG ZUR SMART MAINTENANCE	17
2.1 Der Adaptionsbedarf der Instandhaltung	17
2.2 Vorreiterrolle in der Industrie 4.0	20
2.3 Der Mensch im Zentrum	22
2.4 Imagewandel der Instandhaltung	25
2.5 Andere Länder – gleiche Entwicklungen	26
3 SMART MAINTENANCE: ENABLING TECHNOLOGY DER INDUSTRIE 4.0	29
3.1 Basis der Smart Maintenance: die konventionelle Instandhaltung	29
3.2 Smart Maintenance zur Beherrschung komplexer Systeme	30
3.3 Querschnittsfunktion der Smart Maintenance	31
4 SMART MAINTENANCE ALS TREIBER DER INDUSTRIE 4.0	33
4.1 Fortschritt durch Smart Maintenance	33
4.2 Standards, Normen und Gesetze	34
5 BIG PICTURE UND HANDLUNGSFELDER DER SMART MAINTENANCE	37
6 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	41
LITERATUR	45

KURZFASSUNG

Deutschland steht mit der Industrie 4.0 an der Schwelle zu einem neuen industriellen Zeitalter, in dessen Zentrum die Smart Factory als intelligente Fabrik der Zukunft steht. Um diese Vision wahrzumachen, muss auch die Instandhaltung in der Smart Factory intelligent und zukunftsfähig werden. Als Smart Maintenance sichert die Instandhaltung die Arbeitsplätze in der Industrie, beherrscht die Komplexität in der Fabrik und treibt als Innovationsmotor und Wissens-träger die Industrie 4.0 voran.

Grundlegend ist die Instandhaltung verantwortlich für die Planung, Organisation, Durchführung und Überwachung sämtlicher technischer und administrativer Abläufe zur Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung von Maschinen und Anlagen. Sie gewährleistet somit die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Maschinen, welche die Leistungsfähigkeit der Industrieproduktion bestimmen. Allein in Deutschland beträgt das Maschinen- und Anlagen-volumen in ihrer Zuständigkeit über 2,2 Billionen Euro. Die wirtschaftliche Leistung der Instandhaltung setzt sich dabei aus den direkten Instandhaltungstätigkeiten wie zum Beispiel der Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit von Maschinen und Anlagen und der damit einhergehenden Werterhaltung oder gar Wertsteigerung und den präventiven Instandhaltungsmaßnahmen zur Vorbeugung von Ausfällen und Folgekosten zusammen. Indem sie die drei- bis fünfmal höheren Folgekosten einer Störung vermeidet, erwirtschaftet die Instandhaltung umgerechnet Anlagenverfügbarkeiten und Produktivitätswerte für die deutsche Industrie mit einem Gegenwert von rund einer Billion Euro jährlich.

Das angestrebte Produktionsziel von kundenindividuellen, maßgeschneiderten Lösungen stellt die zentrale Herausforderung der Industrie 4.0 dar. Dazu müssen die Produktionssysteme hochgradig flexibel, verfügbar und zuverlässig sein. Zu diesem Zweck werden Materialien, Produkte und Anlagen in der Smart Factory mit Sensoren und Aktoren ausgestattet und zu cyber-physischen Systemen verknüpft. Stetig verfügbare und frühzeitige Informationen sollen notwendige

Instandhaltungsmaßnahmen vorhersehbar und dadurch planbar machen. Durch die Überführung aller Elemente eines Produktionssystems in ein cyber-physisches System steigt jedoch die Anzahl der instand zu haltenden Elemente. Gleichmaßen wächst die zur Kommunikation benötigte informationstechnische Infrastruktur rapide an, und neue Einfluss- und Störfaktoren sowie die gestiegene Komplexität müssen verstanden und beherrscht werden. Dazu muss die Instandhaltung die steigende Quantität und Qualität verfügbarer Daten auswerten und nutzen lernen, um ihre Arbeit besser planen und strukturieren und sich zu einer Smart Maintenance weiterentwickeln zu können.

Über die funktionale Notwendigkeit hinaus bietet die Smart Maintenance der deutschen Industrie die Chance, frei werdende Kapazitäten in den direkten Produktionsbereichen der Smart Factory für eine Weiterentwicklung der Industrie zu nutzen. Im Gegensatz zur Produktion sind Instandhaltungsaufgaben in hohem Maße geprägt durch Einmaligkeit und Kontextsensibilität. Eine vollständige Automatisierung solcher Aufgaben scheidet aus. In einer auf permanente Verfügbarkeit ausgerichteten Zielvision der Industrie 4.0 schaffen allein die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Instandhaltung die Voraussetzungen, um die Smart Factory nachhaltig realisieren und erhalten zu können. Diese Voraussetzungen müssen in strategische und operative Fähigkeiten und Fertigkeiten umgewandelt werden. Dabei bietet die Verschiebung in Richtung IT-basierter und planender Instandhaltungsschwerpunkte mit der Abkehr von überwiegend körperlichen Tätigkeiten eine große Chance: Als hochkomplexer und in der Charakteristik seiner Aufgaben stetig neu herausfordernder Arbeitgeber gewinnt die Smart Maintenance an Attraktivität, die es zum Nachwuchsgewinn, zur Steigerung des Frauenanteils und gegen den demografischen Wandel in der Instandhaltung zu nutzen gilt.

Gleichzeitig schafft Smart Maintenance Arbeitsplätze auf dem Markt für Instandhaltungsdienstleistungen. Erwartet wird vom Kunden in der Industrie 4.0 nicht nur eine

hochwertige Maschine „Made in Germany“, sondern auch eine Instandhaltungsperformance auf höchstem Niveau. Hinter dem Attribut „Provided/Maintained in Germany“ entsteht ein Servicemarkt, auf dem sich die deutsche Industrie einen internationalen Wettbewerbsvorteil verschaffen kann. Denn im Vergleich zu anderen Ländern ist die Outsourcing-Quote von Instandhaltungsdienstleistungen gering, da die deutschen Unternehmen sie bewusst in Eigenverantwortung betreiben. Das auf diese Weise entstehende Know-how bietet – in Verbindung mit dem Wettbewerbsvorsprung, Instandhaltungsleistungen bereits während der Entwicklung der Anlagen und Maschinen konzipieren zu können – ein enormes wirtschaftliches Potenzial für die deutsche Industrie. Die Gewinnspanne im Absatz von Maschinen und Anlagen liegt bei zwei bis drei Prozent, Dienstleistungen im Anschluss an den Verkauf der Maschinen und Anlagen führen hingegen zu Überschüssen von zwanzig Prozent und mehr.

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen birgt die Smart Maintenance ein hohes Informations- und Innovationspotenzial. Die großen Datenmengen helfen nicht nur den Instandhalterinnen und Instandhaltern Störungen vorausschauend zu vermeiden, sondern erlauben auch, nach deren Aus- und Aufbereitung durch die Smart Maintenance, Anlagen und Maschinen kontinuierlich zu verbessern und deutschen Unternehmen ihren technologischen Wissensvorsprung zu bewahren. Die Smart Maintenance als Bindeglied zwischen der deutschen Industrie und ihren weltweit im Einsatz befindlichen Produkten muss zur Erschließung dieser Potenziale systematisch die sichere Rückführung, Speicherung, Verarbeitung und den Schutz des Wissens und der Daten realisieren.

Diese POSITION zeigt: Durch eine unvorbereitete Instandhaltung, welche die Smart Factory mit „Feuerwehraktionen“ existenzminimal am Leben erhält, ist die Vision Industrie 4.0 langfristig zum Scheitern verurteilt. Die Instandhaltung muss sich zur Smart Maintenance weiterentwickeln. Sie ist nicht nur die notwendige technische Basis der Industrie 4.0, sondern bietet auch ein enormes Potenzial

zur Steigerung der Leistungsfähigkeit sowie der wirtschaftlichen Rentabilität und treibt diese somit voran. Für ihre strategische Weiterentwicklung braucht die Instandhaltung Technologien für das Datenmanagement und ein gezieltes Wissensmanagement, das das Erfahrungswissen in den Köpfen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für alle verfügbar macht. Qualifizierte Fachkräfte müssen gleichermaßen auf die neuen Herausforderungen, das verlagerte Aufgabenspektrum und die konventionell weiterhin bestehenden Kerntätigkeiten der operativen Instandhaltung in ausreichender Zahl vorbereitet werden. Zur Unterstützung der Instandhalterinnen und Instandhalter an jedem Punkt einer Supply Chain sind technische Assistenzsysteme unter Berücksichtigung von Kompatibilitäts- und Datensicherheitsanforderungen erforderlich.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Adressatengruppe Politik

- (1) Die Smart Maintenance sollte in der staatlichen Forschungsförderung eine stärkere Berücksichtigung finden, da sie (vor allem industriennahe Dienstleistungen) ein entscheidender Enabler sein wird, der die Industrie auf dem Weg in die Digitalisierung begleitet und unterstützt und so zu einem Gelingen der Transformation zur Industrie 4.0 beiträgt. Notwendig sind die zügige Entwicklung der erforderlichen Schlüsseltechnologien, der Integrations- und Interoperabilitätsstandards sowie die Qualifizierung der erforderlichen Fach- und Führungskräfte.
- (2) Zukünftige industriepolitische Maßnahmenpläne sollten um Anreize zur Anwendung effizienter Instandhaltungsstrategien im Sinne des Umwelt- und Ressourcenschutzes und für eine wirtschaftliche Nachhaltigkeit von Investitionen ergänzt werden.
- (3) Mit Blick auf die synergetische Erschließung von Potenzialen durch die Vereinigung von Industrie und Forschung sollte ein Implementierungsrat zur

systematischen, kontinuierlichen Planung, Durchführung, Kontrolle und Verbesserung von gemeinschaftlichen Instandhaltungsinteressen ins Leben gerufen werden. Die Bundesregierung sollte die Konzeption und Entwicklung eines solchen Gremiums unterstützen und die institutionellen sowie finanziellen Voraussetzungen für eine flächendeckende Beteiligung aus der Industrie, insbesondere für die Integration klein- und mittelständischer Unternehmen, schaffen.

- (4) Der europäische und weltweite Export von Instandhaltungstechnologien (beispielsweise Condition Monitoring) und -dienstleistungen sollte gefördert werden. Über die Smart Maintenance wird die Instandhaltung als Geschäftsfeld international erschlossen, wobei insbesondere der langfristige Charakter der Geschäftsbeziehungen einer Smart Maintenance den Wirtschaftsstandort Deutschland nachhaltig stärkt. Parallel dazu ist es zur Vorbeugung von Datenmissbrauch und -diebstahl erforderlich, eine Rechtsgrundlage für die Speicherung, die Verwendung, den Zugriff und die Sicherheitsstandards von Daten voranzutreiben. Dies bietet Unternehmen die Rechtssicherheit für neue Geschäftsmodelle.
- (5) Die Instandhaltung muss zur Smart Maintenance weiterentwickelt werden. Leuchtturmprojekte mit hoher Strahlkraft und innovativen Lösungen sollten initiiert werden. acatech empfiehlt die Aufnahme der Smart Maintenance in die Hightech-Strategie der Bundesregierung und die Einrichtung von Forschungs- und Förder- sowie Leuchtturmprojekten.

Adressatengruppe Wirtschaft/Industrie/Verbände und Institutionen

- (6) Für die Transformation von Daten in Wissen, vor allem hinsichtlich der Maschinen und Anlagen eines Unternehmens und des großen Beitrags und Einflusses, den die Instandhaltung im Rahmen des Life-Cycle-Managements hat, bedarf es eines Maintenance Data Managements. In der Instandhaltung

liegen in der Regel sehr wenige vergleichbare und in ihrem Umfang für eine valide Einschätzung ausreichende Datenmengen vor, sodass bisherige statistische Methoden für die Anforderungen einer Smart Maintenance weiterentwickelt werden müssen. Zudem muss die Erfahrung der Instandhaltungsexpertinnen und -experten allen Beteiligten aus der Instandhaltung in bedarfsgerechter Abstraktion und Aggregation zugänglich sein, um die Instandhaltung der Industrie 4.0 handlungsfähig zu gestalten.

- (7) Die Instandhaltung muss auf die Aufgabe der Sicherstellung von Funktionalität und Integrität der Systeme der Industrie 4.0 grundlegend vorbereitet werden. Diese Anforderungen gilt es in den Qualifikationsanforderungen des Instandhaltungspersonals zu berücksichtigen. Bedarfsgerechte Qualifikationsmodelle und -profile für die industrielle Instandhaltung müssen kreiert werden, um den demografischen Wandel sowie die Potenziale neuer Technologien und der Vernetzung der Industrie 4.0 maximal ausschöpfen zu können.
- (8) Kollaborative Geschäftsprozesse, Standardprozeduren und Kooperationsplattformen müssen entwickelt werden. Diese können beispielsweise durch Leuchtturmprojekte mit hoher Strahlkraft gefördert werden. Elementar ist die Schaffung geeigneter rechtlicher Rahmenbedingungen für unternehmensübergreifende Kooperationsmodelle als Basis neuer Geschäftsmodelle wie Betreibermodelle oder Leistungsversprechen.
- (9) Wissenschaft und Wirtschaft müssen besser vernetzt werden, um zukunftsfähige Lösungen und grundlegende Planungsszenarien zur Umsetzung und Beherrschung neuer, ganzheitlicher Produktionssysteme in der Industrie 4.0 zu erarbeiten.
- (10) Die Entwicklung und Harmonisierung von Standards für Informations- und Kommunikationsprozesse sowie die Normung technischer Komponenten in der Instandhaltung sind voranzutreiben.

PROJEKT

> PROJEKTLEITUNG

- Prof. Dr. Michael Henke – Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML/TU Dortmund
- Prof. Dr. Axel Kuhn – ehemals Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

> PROJEKTGRUPPE

- Prof. Gerhard Bandow, Fachhochschule Dortmund
- Prof. Ludger Brüll, Bayer Technology Services GmbH
- Prof. Klaus Feldmann, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Burchard Kneilmann, UNITY AG
- Prof. Uwe Kubach, SAP SE
- Prof. Gisela Lanza, wbk Institut für Produktionstechnik
- Herr Dr. Joachim Loth, Kiel Montagebau GmbH und Co. KG
- Dr. Reinhard Maaß, Wirtschaftsverband für Industrieservice e.V.
- Dr. Clemens Mittelviehhaus, InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG
- Dr. Jens Reichel, Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH
- Dr. Marcus Schnell, Belfor DeHaDe GmbH
- Prof. Volker Stich, Forschungsinstitut für Rationalisierung e.V. an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
- Dr. Andreas Weber, Evonik Industries AG
- Dr. Sebastian Wenzel, ThyssenKrupp Uhde Engineering Services GmbH

> REVIEWER

- Prof. Günther Schuh, Forschungsinstitut für Rationalisierung e. V. an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (Ltg. des Reviews)

- Prof. Thomas Bauernhansl, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart sowie Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
- Prof. Wilfried Sihn, Fraunhofer Austria
- Prof. Eckart Uhlmann, Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK

acatech dankt allen externen Fachgutachtern. Die Inhalte der vorliegenden Position liegen in der alleinigen Verantwortung von acatech.

Diese acatech POSITION wurde im September 2015 durch das acatech Präsidium syndiziert.

> PROJEKTKOORDINATION

Dr.-Ing. Christoph Vornholt, acatech Geschäftsstelle

> PROJEKTVERLAUF

Projektlaufzeit: 12/2014 – 09/2015

> FINANZIERUNG

acatech dankt dem acatech Förderverein sowie den folgenden Unternehmen für ihre Unterstützung:

- Bayer Technology Services GmbH
- Evonik Industries AG
- Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH
- InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG
- Xervon GmbH
- Unity AG
- Wirtschaftsverband für Industrieservice e.V.
- Forum Vision Instandhaltung e.V.

1 EINLEITUNG: DEUTSCHLAND BRAUCHT SMART MAINTENANCE

Die produzierende Industrie ist das Rückgrat der deutschen Wirtschaft. Der Erhalt und die Weiterentwicklung ihrer Funktions- und Leistungsfähigkeit ist seit jeher die Aufgabe der industriellen Instandhaltung. Um in Zukunft weiterhin die ihr zugedachten Aufgaben erfüllen zu können, muss sich die Instandhaltung der fortschreitenden technologischen Entwicklung anpassen. In Deutschland beginnt mit der Industrie 4.0 ein neues industrielles Zeitalter; im Zentrum steht die Fabrik der Zukunft, in der intelligente Maschinen und Produktionsstücke miteinander vernetzt sind und sich gegenseitig organisieren. Sogenannte Smart Factories entstehen. Vor diesem Hintergrund muss auch die Instandhaltung intelligent und zukunftsfähig werden – gefragt ist die Smart Maintenance.

Die produzierende Industrie trug Deutschland nicht nur durch die letzte Wirtschaftskrise, sondern ist zusätzlich für die positive Außenhandelsbilanz verantwortlich: Deutschland ist Exportweltmeister, und das seit vielen Jahren. Mit einem bilanzierten Exportüberschuss von 220 Milliarden Euro¹ lässt Deutschland sogar China als größte Volkswirtschaft der Welt weit hinter sich. Grund für die internationale Beliebtheit und den hohen Absatz deutscher Industriegüter ist vor allem deren Qualität, Zuverlässigkeit und Innovativität. Zudem sind die Produkte im Funktionsumfang führend. Sie werden ergänzt um ein ebenso leistungsstarkes Spektrum an qualitativ hochwertigen und oftmals einzigartigen Dienstleistungen. Diese Alleinstellungsmerkmale deutscher Industriegüter machen die Marke „Made in Germany“ nicht nur zu einem national und global etablierten Qualitäts- und Gütesiegel, sondern auch zu einem Statement. Diesen Status zu erhalten, auszubauen und auf andere Wirtschaftsbereiche auszudehnen, muss daher der Anspruch Deutschlands sein.

Dass Deutschland als rohstoffarmer Hochlohnstandort im Hinblick auf die Massenproduktion einfacher Produkte international nicht konkurrenzfähig ist und sich dies auch

langfristig nicht ändern wird, ist eine bekannte Tatsache. Aus diesem Grund wird für deutsche Unternehmen weiterhin eine Differenzierungsstrategie bei der Herstellung hochfunktionaler und hochqualitativer Produkte entscheidend sein. Der ausschlaggebende Erfolgsfaktor für die Zukunft der deutschen Industrie sind die vom Kunden wahrgenommene Performance von *Lieferfähigkeit*, *Lieferzeit* und *Liefertreue* sowie die *Innovativität* und *Entwicklungsgeschwindigkeit* von auf den Kunden maßgeschneiderten, ganzheitlichen Lösungen anstelle herkömmlich funktionsorientierter Massenprodukte. Dabei muss der zunehmenden Komplexität der Produktionssysteme mit zum Beispiel einem wachsenden Maß an Dezentralisierung begegnet werden. Diese Entwicklung ist eines der Merkmale einer neuen industriellen Revolution – der Industrie 4.0, die es in Deutschland zu realisieren gilt.

In der Vision der Industrie 4.0 werden sämtliche Materialien, Produkte, Produktionsanlagen, Werkzeuge, Transporttechnologien, Förder- und Lagersysteme sowie Gebäude zu cyber-physischen Systemen (CPS) ausgerüstet. Aus technischer Perspektive bestehen CPS aus Kleinstcomputern, Sensoren und Aktoren, welche über das Internet miteinander kommunizieren. Diese Ausrüstung verleiht den CPS je nach Art und Leistungsumfang des Kleinstcomputers – vom Mini-Chip bis hin zu hochgradig leistungsfähigen Großrechnern – ein gewisses Maß an künstlicher Intelligenz und die Fähigkeit zur Selbststeuerung und Interaktion mit der Umgebung. Die Menschen in der Industrie 4.0 steuern die komplexen Prozesse. Sie werden über geeignete technologische Schnittstellen in die Kommunikation und das Handeln der CPS eingebunden und in jeder Situation individuell und anforderungsgerecht bei ihren Aufgaben unterstützt.

Das Ziel der Industrie 4.0 ist die Smart Factory.² Diese bindet in ihrer umfassenden Vision alle Elemente einer Wertschöpfungskette ein, beginnend bei der Erschließung der Rohstoffe über die Fertigstellung des finalen Produktes bis

¹ ifo Institut 2015.

² Kraft/Schoneboom 2015, S. 82.

hin zur Belieferung des Kunden oder Serviceleistung beim Endkunden. Auf diese Weise sollen an jedem Punkt einer Wertschöpfungskette die ganzheitlich optimalen Entscheidungen getroffen werden können, die für alle Beteiligten die beste Lösung darstellen.

Zur erfolgreichen Realisierung der Industrie 4.0 muss der „Irony of Automation“, dem durch Automatisierung und in der Industrie 4.0 insbesondere durch die Cyber-Physikalisation hervorgerufenen exponentiellen Komplexitätsanstieg, welcher den Nutzen übersteigt, angemessen begegnet werden. Der Systemgedanke und die Technologie der Industrie 4.0 müssen dafür verstanden, kontrolliert, gepflegt und letztendlich beherrscht werden. Dieses Verständnis ist nicht nur die rudimentäre Basis für die Anwendbarkeit und Umsetzbarkeit der Industrie 4.0 – vielmehr ist es ein immanenter Bestandteil zur Sicherung eines nachhaltigen Erfolges und zur Weiterentwicklung der Industrie 4.0. Diesen Grundstein der Industrie 4.0 stellt die industrielle Instandhaltung dar, die auf das Verständnis und die Kontrolle der Systeme und Technologien angewiesen ist. Die Instandhaltung hat in dieser Hinsicht auf ihrem Weg zur Smart Maintenance in den letzten Jahren bereits elementare Entwicklungsschritte zur Anwendung und zum Verständnis neuer Technologien der Industrie 4.0 durchlaufen. Die Bedeutung der Instandhaltung wurde vonseiten der Forschung bereits in der Vergangenheit erkannt, und erste Forschungsaktivitäten wurden dazu ins Leben gerufen.³ Jedoch konnte aus diesen Initiativen keine nachhaltige und vor allem eigenständige Berücksichtigung in der deutschen Forschungslandschaft generiert werden – hier blieb die Instandhaltung oftmals nur ein Randthema im Umfeld produktionstechnischer Fragestellungen. Offensichtlich wird diese Tatsache auch durch das grundsätzliche Fehlen des Begriffs „Instandhaltung“ im Konzept „Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland“ der Bundesregierung.⁴ So schafft die Smart Maintenance der Industrie 4.0 nicht nur die unverzichtbare Basis zur Realisierung, sondern

bietet darüber hinaus durch die Operationalisierung eines immanenten Bestandteils der Industrie 4.0 die Chance, zu einer sich selbst treibenden Entwicklung zu werden.

Die industrielle Instandhaltung ist verantwortlich für die Planung, Organisation, Durchführung und Überwachung sämtlicher technischer und administrativer Abläufe zur Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung von Maschinen und Anlagen.⁵ Im Produktionssystem der deutschen Industrie ist die industrielle Instandhaltung für die Gewährleistung der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen zuständig, welche das Herzstück des Produktionssystems bilden (siehe Abbildung 1).

Als Herzstück des industriellen Produktionssystems geben Maschinen und Anlagen den Takt des Produktionssystems vor und bestimmen dessen Leistungsfähigkeit. Die Instandhaltung fungiert dabei als Immunsystem, welches sowohl einen Schutzschirm über die Gesamtheit des Systems aufspannt als auch alle darin enthaltenen Objekte tangiert, überwacht und analysiert und so zu einem zentralen und durchdringenden Bestandteil der Produktion wird. Durch evolutionäre Verbesserungsmaßnahmen sorgt die Instandhaltung für die präventive Abwehr störender Einflüsse oder im Ernstfall für die Wiederherstellung der Funktions- und Leistungsfähigkeit von Maschinen und Anlagen. Zusätzlich zu den Funktionen der reaktiven Leistungswiederherstellung bei unvorhersehbaren Ereignissen wie Crashes oder der kontinuierlichen Leistungssteigerung muss die Instandhaltung im Zuge regelmäßiger Inspektions- und Wartungszyklen Regenerationsphasen einhalten, um den Organismus des Produktionssystems vor dem Versagen zu schützen.

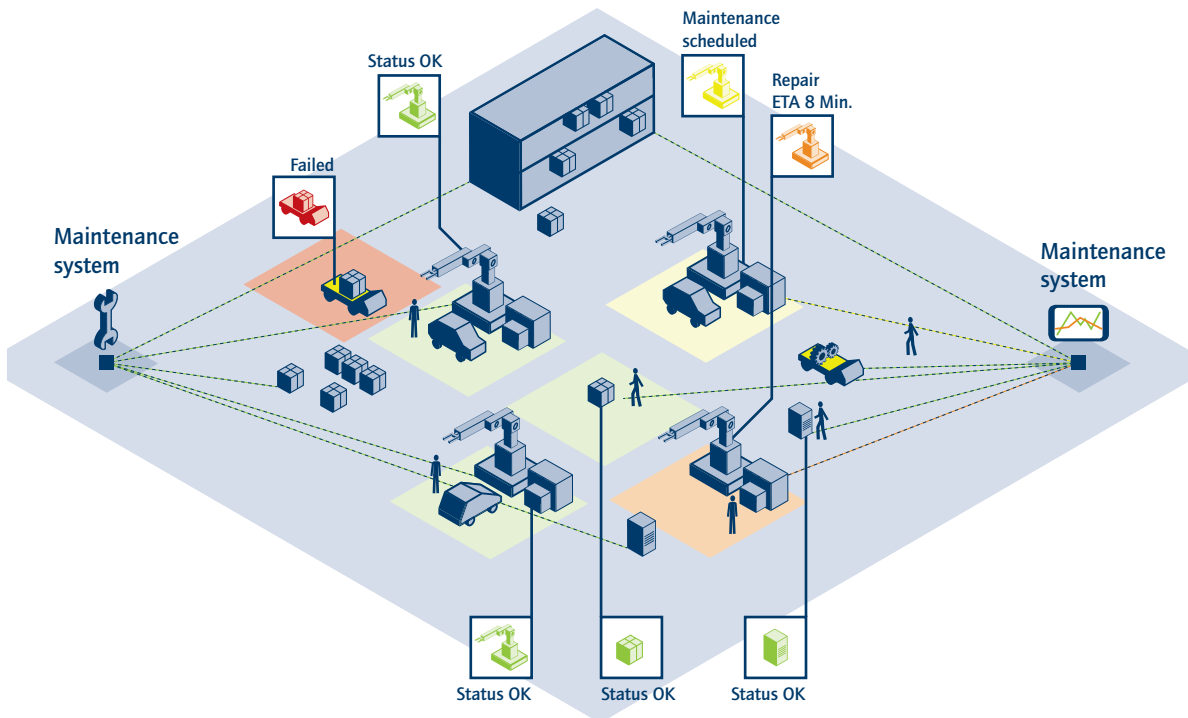
In der Smart Factory der Industrie 4.0 wird die Anzahl an instand zu haltenden Elementen des Produktionssystems aufgrund der Entwicklung von Maschinen und Anlagen zu CPS sowie des Ausbaus der informationstechnischen Infrastruktur

³ BMBF 1999 und SFB 696 2006.

⁴ BMBF 2014.

⁵ DIN 31051.

Abbildung 1: Die Instandhaltung als Schutzsystem der Fabrik



rapide steigen. Die Elemente sind zudem vollständig informationstechnisch miteinander verknüpft, was eine höhere Sensibilität des gesamten Systems gegenüber lokalen Einflüssen mit sich bringt.⁶ In Verbindung mit der steigenden Anzahl möglicher technischer Ausprägungen, neuer Funktionen und neuer Eigenschaften seiner Elemente entstehen neue Anforderungen an den Schutz des Produktionssystems. Neue und bisher unbekannte Einfluss- und Störfaktoren werden auftreten. Diese müssen identifiziert und beherrscht werden. Das „Immunsystem Instandhaltung“ muss zu einer Smart Maintenance weiterentwickelt werden, um auf diese Veränderungen des Produktionssystems der Industrie 4.0 vorbereitet zu sein. Ohne Smart Maintenance wird nicht nur der

Kern des Produktionssystems aufgrund von Fehlfunktionen, Überlastung, Überreizung oder unter den Einwirkungen von Fremdeinflüssen zum Erliegen kommen, sondern die gesamte Smart Factory als Vision der Industrie 4.0.

Über die funktionale Bedeutung als Schutz- und Immunsystem hinaus spielt die Instandhaltung auch aus wirtschaftlicher Perspektive eine entscheidende Rolle im produzierenden Gewerbe Deutschlands. Sie trägt Verantwortung für den Erhalt und die Verbesserung eines instand zu haltenden Maschinen- und Anlagenvolumens in Deutschland von über 2,2 Billionen Euro.⁷ Dabei belaufen sich die jährlichen direkten Ausgaben für Instandhaltungsmaßnahmen mit

⁶ Kuhn et al. 2013, S. 25.

⁷ VDI 2011.

Abbildung 2: Die Smart Factory



rund 250 Milliarden Euro auf etwa zehn Prozent des deutschen Bruttoinlandsprodukts (BIP).⁸ Das wertschöpfende Potenzial der Instandhaltung ergibt sich in diesem Kontext aus den vermiedenen drei- bis fünfmal höheren Folgekosten einer mangelhaften oder vernachlässigten Instandhaltung. Demnach erwirtschaftet die Instandhaltung umgerechnet Anlagen- und Produktivitätswerte für die deutsche Industrie von jährlich rund einer Billion Euro.

Die zur Smart Maintenance weiterentwickelte Instandhaltung bietet der deutschen Industrie die Chance, den Wegfall von Arbeitsplätzen in den direkten Produktionsbereichen durch einen gezielten und geregelten strategischen

Wandel im Sinne einer Weiterentwicklung der Industrie zu kompensieren.

Trotz der nachgewiesenen umfangreichen funktionalen und wirtschaftlichen Implikationen der Instandhaltung für die Unternehmen im Speziellen sowie für die deutsche Industrie und in der Folge für die deutsche Wirtschaft im Allgemeinen wird die Instandhaltung vonseiten der Öffentlichkeit und der Politik nicht ausreichend beachtet. Dies birgt die Gefahr, dass die Instandhaltung vernachlässigt wird und schwere oder irreversible Schäden mit verheerenden wirtschaftlichen Folgen – wie derzeit im deutschen Straßenverkehrsnetz oder bei der Bundeswehr – in der deutschen Industrie auftreten.⁹

⁸ Kuhn/Bandow 2009.

⁹ An dieser Stelle sei aber ausdrücklich erwähnt, dass es neben der aktuell noch unzureichenden Wertschätzung und dem vorhandenen Potenzial zu zukunftsgerichteten, erfolgversprechenden (Forschungs-)Initiativen auch positive Beispiele aus der Industrie gibt. Tendenziell kann man eine gewisse „Aufbruchsstimmung“ feststellen, was sich auch durch verschiedene Aktivitäten von Fachverbänden sowie vielfältige Konferenzen und Veranstaltungen belegen lässt.

Dies zu verhindern haben sich Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und von Verbandsseite vorgenommen und diese POSITION erstellt. Ausgehend von einer Gruppe von Instandhaltungsexperten aus der Industrie, Wirtschaftsverbänden und der angewandten Forschung konstituierte sich unter Federführung des Fraunhofer IML ein „Runder Tisch“, der es sich zur Aufgabe gemacht hatte, die „Zukunft der Instandhaltung“ zu beleuchten. Aus dieser Initiative etablierte sich die acatech Projektgruppe, die für die Erstellung der vorliegenden POSITION verantwortlich ist. Über eine enge Verzahnung mit dem immer noch aktiven „Runden Tisch“, welcher für die Erstellung der POSITION als Industrie- und Forschungsbeirat fungierte und sowohl die Anforderungen und Sichtweisen aus der Praxis einbrachte als auch als validierendes beziehungsweise korrektives Element agierte, konnten die erforderliche Qualität und Relevanz der Aussagen dieser POSITION sichergestellt werden.

Im Rahmen der Datenerhebung und -analyse wurden empirisch belegbare Ergebnisse aus bisherigen Veröffentlichungen zur Industrie 4.0 untersucht und – gestützt durch die Durchführung von Experteninterviews¹⁰ und einer Online-Umfrage mithilfe eines Fragebogens¹¹ – die Schwerpunktsetzung auf die Entwicklung einer Smart Maintenance explorativ vorangetrieben. Der Kern der Arbeitsinhalte lag diesbezüglich auf der Erfassung des Status quo der Instandhaltung, der Identifizierung der zukünftigen Anforderungen an die Instandhaltung in Form einer Smart Maintenance der Industrie 4.0 im Allgemeinen sowie an die Instandhalterinnen und Instandhalter im Speziellen. Das Ziel dieser POSITION ist es, nicht nur auf die Risiken einer nicht ausreichend beachteten Instandhaltung aufmerksam zu machen, sondern vielmehr die Chancen und Potenziale einer Smart Maintenance in der Industrie 4.0 für Deutschland aufzuzeigen. Nur wenn die Grundlagen der Smart Maintenance frühzeitig entwickelt und die daraus entstehenden Potenziale genutzt werden, kann die deutsche Industrie im Zeitalter der Industrie 4.0 bestehen.

¹⁰ Befragt wurden Instandhaltungsexperten aus Industrieunternehmen, Wirtschaftsverbänden und Forschungseinrichtungen: Bayer Technology Services, Evonik Industries AG, Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH, SAP SE, Wirtschaftsverband für Industrieservice e. V., Forschungsinstitut für Rationalisierung e. V. an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Fachhochschule Dortmund, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML.

¹¹ Stichprobenumfang: sechzig vollständig ausgefüllte Fragebogen. Davon entfallen rund dreißig auf mittelständische Unternehmen und weitere dreißig auf großindustrielle Betriebe. Ebenso wurde eine Unterteilung nach Instandhaltungsdienstleistern und internen Instandhalterinnen beziehungsweise Instandhaltern vorgenommen, wobei sich an dieser Stelle teilweise fließende Übergänge ergaben.

2 EVOLUTION DER INSTANDHALTUNG ZUR SMART MAINTENANCE

Die bisher hauptsächlich auf die direkten Produktionsbereiche ausgerichtete Vision und Entwicklung der Industrie 4.0 und der mit dieser einhergehenden Smart Factory treibt die Autonomisierung der industriellen Güterherstellung weiter voran. Produkte, Maschinen und Anlagen sollen aktiv miteinander kommunizieren und sich gegenseitig steuern. Steuerungskreise werden dezentral organisiert.

Im Gegensatz zur unmittelbaren Produktionsseite wurden die aus der Industrie 4.0 resultierenden Implikationen für den indirekten Produktionsbereich der Instandhaltung bis dato nicht ausreichend betrachtet. Es stellt sich daher die Frage, ob die Instandhaltung in ihrer derzeitigen konventionellen Konfiguration, die sich durch ein hauptsächlich reaktives und konservatives Verhaltensmuster auszeichnet, gegenüber den Anforderungen der Industrie 4.0 bestehen kann.

2.1 DER ADAPTIONSBEDARF DER INSTANDHALTUNG

Die Industrie 4.0 ist die Reaktion der deutschen Wirtschaft und Politik auf die heutige Wettbewerbssituation, die durch weltweit gültige Megatrends geprägt ist, wie beispielsweise den demografischen Wandel, gestiegene Anforderungen an Energie- und Ressourceneffizienz, die Globalisierung oder das wachsende Bewusstsein für Umwelt- und Klimaschutz.¹² Das Resultat dieser sozialen, technologischen und wirtschaftlichen Einflüsse ist eine Zunahme individueller Kundenwünsche, steigender Kostendruck, ein Zuwachs unternehmensinterner und globaler Dynamik sowie eine ausgeprägte Marktvolatilität.¹³

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen setzt die deutsche Industrie in der Vision der Industrie 4.0 auf die Steigerung von Individualität, Funktionalität und Qualität ihrer Produkte. Dabei lassen sich sowohl die Anschaffung neuer Produktionsmaschinen und -anlagen als auch die

Steigerung der Gesamt-Anlagen-Effektivität (GAE) als mögliche Handlungsalternativen betrachten. Auch der Einsatz neuer Technologien zur verbesserten Produktionsplanung und -steuerung sowie zur effizienteren und effektiveren Nutzung von Ressourcen kann von großer Bedeutung sein, um die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Produktqualität zu erhöhen. Die genannten Felder liegen dabei vorrangig im Verantwortungsbereich der Instandhaltung. Auf der Basis dieser drei Komponenten lässt sich eine ausreichende Flexibilität gewährleisten, um den Bedarfen kürzerer Produktlebenszyklen in Kombination mit dem Ziel der Losgröße 1 gerecht zu werden.

Verbreitungsgrad der Industrie 4.0 in der Instandhaltung

Damit die postulierten und größtmöglichen Potenziale der Industrie 4.0 ausgeschöpft werden können, muss Deutschland die Industrie 4.0 flächendeckend implementieren. Zur Beurteilung des Fortschritts und der Verbreitung der Vision der Industrie 4.0 sind ihr Bekanntheitsgrad und das einheitliche Verständnis geeignete Indikatoren. Laut einer Studie des meinungsraums.at, in der 900 Entscheidungsträger in Unternehmen mit mehr als zehn Mitarbeitenden befragt wurden, verfügen lediglich rund dreißig Prozent über genaue Kenntnisse der Inhalte und Auswirkungen der Industrie 4.0.¹⁴ Demzufolge sind sich mehr als zwei Drittel der Entscheidungsträger noch im Unklaren darüber, wie sie auf die Industrie 4.0 reagieren sollen – dies gilt vor allem für mittelständische Unternehmen.¹⁵ Die Instandhaltung als ein in der Entwicklung der Produktion nachgelagerter Bereich weist in der Konsequenz eine noch geringere Durchdringung der Vision der Industrie 4.0 auf, sodass die Instandhaltung in den erforderlichen systemischen Entwicklungsansatz der Industrie 4.0 bisher noch nicht integriert ist.

Fazit 1: Die Instandhaltung ist noch nicht ausreichend auf die Industrie 4.0 vorbereitet.

¹² Bauernhansl 2014, S. 11 f.

¹³ Schuh et al. 2014, S. 277 f.

¹⁴ Eckhoff et al. 2014.

¹⁵ BMWi 2015, S. 58.

Technische Vorbereitung der Instandhaltung

Die technische Innovation der Industrie 4.0 resultiert aus der Kombination und dem Zusammenspiel von zum großen Teil bereits bekannten technischen Komponenten und Systemen mit dem Ziel der vertikalen und horizontalen Integration aller Beteiligten. Für die Instandhaltung ergeben sich daraus zwei grundlegende Entwicklungsfolgen:

- (1) Konventionell mechanische Komponenten werden zukünftig mit zusätzlicher Technologie, beispielsweise eingebetteten Systemen, Sensoren und Aktoren, ausgestattet. Aus ursprünglich rein mechanischen Maschinen und Anlagen entstehen – ähnlich der Entwicklung in der Automobilbranche – mechatronische Systeme. Neben der erhöhten Anzahl an vorhandenen Instandhaltungsobjekten verschiebt sich der inhaltliche Aufgabenschwerpunkt in Richtung IT-basierter Objekte. Das bedeutet, dass die Instandhaltungsanforderungen stark von denjenigen abweichen, welche die traditionelle handwerklich-mechanische Instandhaltung derzeit zu erfüllen imstande ist. Neben der Berücksichtigung realer Komponenten muss bei der Weiterentwicklung zur Smart Maintenance auch Sorge für die IT- und Kommunikationsinfrastruktur sowie die damit verbundenen digitalen Elemente getragen werden. Insgesamt wird sich der Verantwortungsbereich der Instandhaltung vergrößern, die Tätigkeitsschwerpunkte werden sich verlagern und neue Instandhaltungsobjekte werden zu betreuen sein.

Fazit 2: Die Instandhaltung muss ihr Wissensmanagement für die Begleitung der Transformation zur Industrie 4.0 nutzen.

- (2) Die Instandhaltung selbst kann von dem technologischen Fortschritt und der Durchdringung der Industrie mit Sensoren und Aktoren profitieren und schon heute,

als Teil der Industrie 4.0-Transformation, als ein maßgeblicher Enabler bezeichnet werden. Die Datenmengen (beispielsweise Betriebs-, Produktions- und Condition Monitoring-Daten) nehmen zu und lassen sich immer besser auswerten. Auf Grundlage der Daten können Planung, Vorbereitung, Umsetzung und Kontrolle von Instandhaltungsmaßnahmen optimiert werden. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können Störungen früher entdecken und Fehler schneller identifizieren. Das verbessert die Zielorientierung und verringert Such- und Wartezeiten am Einsatzort. Leistungsfähigkeit und Performance der Instandhaltung steigen signifikant. Die Entwicklung von Technologien für die Instandhaltung in der Industrie 4.0 wird derzeit allerdings kaum vorangetrieben, sodass sich die Instandhaltung aktuell nur eher reaktiv anpassen kann.

Fazit 3: Die Instandhaltung kann einen entscheidenden Beitrag zur Hebung der mit Industrie 4.0 verbundenen Potenziale leisten.

Vorteile und Nutzen der Industrie 4.0 für die Instandhaltung

Die Instandhaltung ist – verglichen mit dem Bereich der Produktion – in deutlich höherem Maße auf Daten, Informationen und Wissen aus beziehungsweise über die Anlagen und deren Betrieb in der Praxis angewiesen. Nur auf diese Weise kann Störungen systematisch präventiv vorgebeugt und Verbesserungen an der tatsächlichen Fehlerquelle können vorgenommen werden.

In der Regel wird von Instandhaltungseinsätzen erwartet, dass sie Maschinen und Anlagen schnell in einen störungsfreien, betriebsfähigen Zustand zurückführen, was zu einem hohen Zeit- und Erfolgsdruck führt. Erschwerend kommt hinzu, dass die vorzunehmenden Tätigkeiten meist nur unzureichend geplant und vorbereitet werden können. Dass die Instandhaltung heute nicht über eine ausreichende

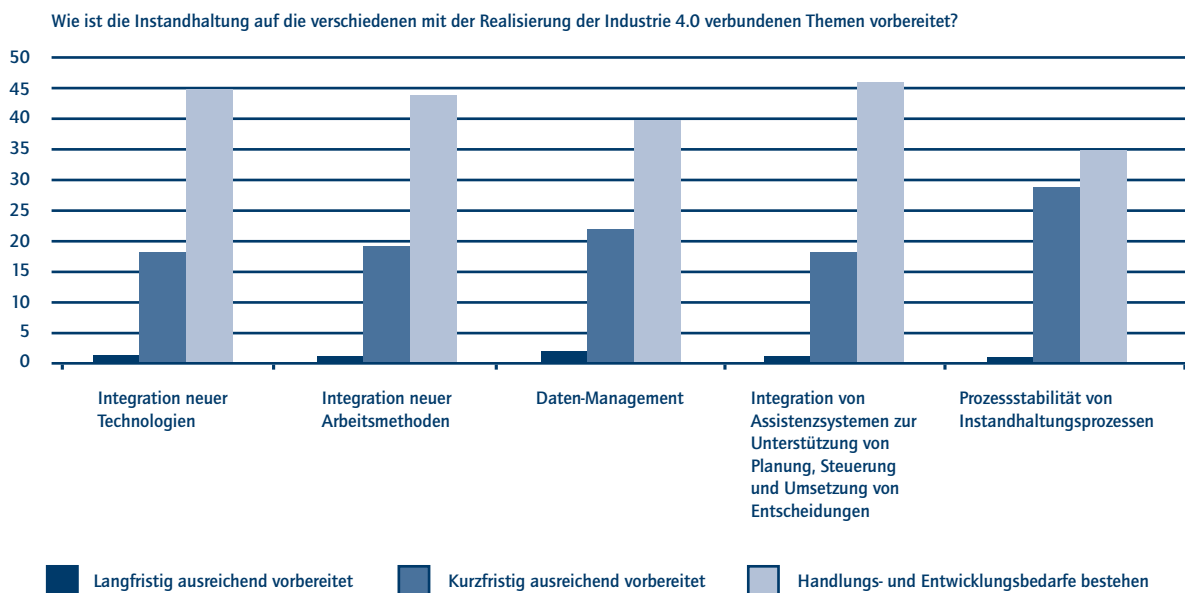
informatrische Grundlage zur Sicherstellung des Maschinen- und Anlagenbetriebs von Unternehmen verfügt, zeigt die Tatsache, dass in siebzig Prozent der für die POSITION befragten Unternehmen die Instandhaltung immer noch als „Feuerwehr“ betrachtet wird, die spontane „Brände“ löschen muss. Der entscheidende Faktor ist – laut den interviewten Experten und der Projektgruppe – jedoch nicht die geringe Datenmenge, sondern vielmehr die unzureichende Auswertung der vorhandenen Daten. Ein gezieltes Data-Mining zur Mustererkennung oder zur Frühdetektion von Fehlern existiert in der Instandhaltung oftmals nicht.¹⁶ Darüber hinaus sind viele Kompetenzen in der Instandhaltung nur in den Köpfen der Mitarbeitenden abgelegt und nicht systematisch erfasst und abrufbar. Die Bewahrung dieses Wissens stellt die Unternehmen vor eine bisher nicht zufriedenstellend lösbare Herausforderung. In der Industrie 4.0 wird explizit verfügbares Wissen in Unternehmen, insbesondere

in der Instandhaltung, zu einem strategischen Differenzierungs- und kritischen Erfolgsfaktor heranwachsen.

Fazit 4: Die Instandhaltung muss im Rahmen des Daten- und Wissensmanagements zukunftssicher aufgestellt werden.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Online-Befragung sowie die befragten Experten stimmen dem Status quo der Instandhaltung zu. In Bezug auf die zukünftigen Anforderungen an die Mitarbeiterqualifikation sahen 85 Prozent der Befragten einen höheren Kompetenzbedarf in den methodischen Fähigkeiten auf die Instandhalterinnen und Instandhalter zukommen, dicht gefolgt von zunehmenden organisatorischen und technologischen Fähigkeiten. Aus heutiger Sicht konnten jedoch nur maximal sechs Prozent einer langfristig ausreichenden Vorbereitung der Instandhaltung auf die Anforderungen dieser Kategorien zustimmen, wohingegen

Abbildung 3: Ergebnis-Auszug der durchgeführten Umfrage: Vorbereitung der Instandhaltung auf Industrie 4.0



¹⁶ Gerade im Kontext der Erfassung von System- und Maschinendaten wird ein großes Potenzial und zugleich Forschungs- und Entwicklungsbedarf gesehen. Bisher durchgeführte und auch noch laufende Forschungsaktivitäten gilt es in Zukunft sowohl zu spezifizieren als auch dahingehend zu aggregieren, dass allgemeingültige Erkenntnisse für die Instandhaltung abgeleitet werden können.

die Hälfte der Befragten zumindest die technologischen Fähigkeiten als „kurzfristig ausreichend vorbereitet“ einschätzte. Speziell im Hinblick auf die methodischen Qualifikationsbedarfe identifizierten rund 75 Prozent der Befragten einen Handlungs- und Entwicklungsbedarf. Die Realisierung der Industrie 4.0 ist verbunden mit den Themen „Integration neuer Technologien“, „Integration neuer Arbeitsmethoden“, „Daten-Management“ und „Integration von Assistenzsystemen zur Unterstützung, Planung, Steuerung und Umsetzung von Entscheidungen“. Nahezu alle Befragten (98 Prozent) sahen die Instandhaltung in den genannten Kategorien bestenfalls kurzfristig ausreichend vorbereitet, wohingegen zwei Drittel einen unmittelbaren Handlungs- und Entwicklungsbedarf in jeder dieser Kategorien ausmachten.

Fazit des Handlungsbedarfes: Die Instandhaltung ist sich insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen über die Entwicklung der Industrie 4.0 nicht ausreichend im Klaren. Ohne ein strukturiertes Eingreifen und eine systematische Einbeziehung wird sie in Zukunft nicht bestehen können. Die voranzutreibende Anpassung der Instandhaltung an die Industrie 4.0 schließt dabei gleichermaßen die Mitarbeitenden, die Technologie und die Vision der Industrie 4.0 ein. Notwendig ist eine klare Kommunikation der Anforderungen der Industrie 4.0. Nur so wird die Instandhaltung einen Leistungszuwachs für die Industrie 4.0 generieren und deren Vorteile erschließen können. Im Mittelpunkt steht deshalb die gezielte Qualifikation und technologische Unterstützung der Mitarbeitenden. Grundlage muss ein ausgereiftes Wissensmanagement sein, das eine gezielte Wissensgenerierung und einen koordinierten Wissenstransfer beinhaltet.

2.2 VORREITERROLLE IN DER INDUSTRIE 4.0

Nachdem Deutschland die vierte industrielle Revolution eingeläutet hat, wartet die Welt gespannt auf die Innovationen des Exportweltmeisters. Dabei ist die Entwicklung – sowohl

für den Bereich der Produktion als auch für den Bereich der Instandhaltung – vielfach noch nicht über das Stadium von Pilotprojekten und -anwendungen hinausgekommen. Nichtsdestotrotz ergeben sich aus Kundenperspektive und auch aus Sicht der Hersteller in diesem Zuge in beiderseitigem Interesse die idealen Voraussetzungen für die Schaffung und Realisierung neuer Geschäftsmodelle und die produktbegleitende Entwicklung von Smart Maintenance.

Der Kunde profitiert dabei durch den Erwerb von „Lösungen statt klassischer Produkte“: Die potenziellen Geschäftsmodelle der Industrie 4.0 stellen statt des konventionellen Produktes die tatsächliche Nutzung und die Leistungserbringung für den Kunden in den Vordergrund.¹⁷ Bezahlt wird anstelle des Produktes ausschließlich der konkrete Output einer Maschine oder Anlage. Dies bedingt eine Instandhaltungsperformance des Herstellers auf höchstem Niveau, da jede Störung zu unmittelbaren wirtschaftlichen Verlusten führt. Der Aspekt der Gewährleistung von Anlagen- und Maschinen-Verfügbarkeit bekommt damit eine noch größere Bedeutung, als dies aktuell schon der Fall ist, und birgt ein hohes Potenzial für die Entwicklung und Vermarktung von Zusatzdienstleistungen.

Als größter Exporteur und Hersteller von Anlagen und Maschinen befindet sich die deutsche Industrie sowohl in der Pflicht, ihre Position als Marktführer zu verteidigen, als auch als Hochtechnologie- und Entwicklungsstandort in einer exzellenten Position ihre Produkte mit der benötigten Hard- und Software auszurüsten. Darüber hinaus sichert sich die deutsche Industrie in diesem Zuge ihre Freiheit zur Selbstbestimmung, da andernfalls externe Softwarehersteller aus aller Welt beginnen, die informationstechnischen und damit funktionalen Leistungseigenschaften deutscher Produkte zu bestimmen. Analog zur Automobilindustrie muss die Maxime „Software produzieren wie Autos“¹⁸ in der gesamten industriellen Produktion auf die Maxime „Software produzieren wie Maschinen, Anlagen

¹⁷ Geissbauer et al. 2012, S. 53.

¹⁸ Ten Hompel 2014, S. 8.

und Systeme“ ausgeweitet werden. Dadurch entstehen zu durchgängigen Lösungen entwickelte Produkte aus einer Hand ohne den Bedarf an unternehmensexternen Zukäufen von Hard- oder Software. Auf diese Weise kann die Einführung einer Smart Maintenance den Wirtschaftsstandort Deutschland nicht nur auf die Industrie 4.0 vorbereiten; die deutsche Wirtschaft realisiert darüber hinaus als Hersteller der Maschinen und Anlagen einen unangreifbaren Wettbewerbs- und Differenzierungsvorteil gegenüber der weltweiten Konkurrenz.

Die Erschließung dieses Wettbewerbs- und Differenzierungsvorteils einer Smart Maintenance ist zwingend erforderlich und lässt sich gut anhand der Verkaufsmargen von Primärprodukten im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus zeigen. Die Gewinnspanne im Absatz von Maschinen und Anlagen liegt bei zwei bis drei Prozent, wohingegen die Erbringung von Dienstleistungen zu Überschüssen von zwanzig Prozent und mehr führt.¹⁹ In vielen Industriesektoren ist der Erstkäufermarkt zusätzlich bereits erschöpft, sodass Hersteller sich mitunter damit begnügen, Primärprodukte mit Verlusten zu verkaufen und auf einen langfristigen Return-on-Investment (ROI) durch die Erbringung von Serviceleistungen zu vertrauen. Die Smart Maintenance kann für diese Problematik einen Lösungsweg aufzeigen, da die Erbringung von Instandhaltungsdienstleistungen in der Industrie 4.0 einen noch weitgehend unerschlossenen, aber hochgradig relevanten Absatzmarkt darstellt.

Die zur Smart Maintenance weiterentwickelte Instandhaltung erfüllt operative Funktionen und hält direkten Kontakt zum Kunden vor Ort. Damit ist es ihr möglich, ein positives Image aufzubauen und eine enge und langfristige Kundenbindung zu pflegen. Da die Lösungsangebote der Industrie 4.0 nicht von jedem Unternehmen eigenständig erarbeitet und verantwortet werden können, wird sich ein Markt für speziell darauf ausgerichtete Instandhaltungsdienstleister entwickeln. Mit der damit verbundenen Verlagerung des Know-hows weg vom Kunden

entsteht eine Abhängigkeit vom Anbieter der Smart Maintenance. Die deutsche Industrie – in Form der genannten Instandhaltungsdienstleistungsanbieter – kann diese Ausgangslage dafür nutzen, sich den Wettbewerbs- und Differenzierungsvorteil der Smart Maintenance auf dem Servicemarkt zu sichern und von den hohen Markteintrittsbarrieren, welche für die internationale Konkurrenz bestehen, zu profitieren.

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen einer Smart Maintenance für die deutsche Industrie birgt sie ein hohes Informations- und Innovationspotenzial. Die Instandhaltung ist für Anlagen und Maschinen im Betrieb verantwortlich. Vor Ort werden Leistungsdaten erfasst, Störungen, Defekte und die realen Einsatzbedingungen dokumentiert. Auf Basis dieses Wissens können Anlagen und Maschinen konstruktiv verbessert werden. Das ist für die Hersteller von unschätzbarem Wert. Die intensivierte Prüfung und Kontrolle der Ausrüstung von Anlagen und Maschinen durch die deutschen Hersteller und der gestiegene Funktionsumfang jedes Elements einer Smart Factory ermöglichen einer Smart Maintenance den systematischen und automatisierten Zugang zu relevanten Informationen aus der praktischen Anwendung und Nutzung. Die Transformation dieser verfügbaren Daten durch Analyse, Auswertung und Interpretation zu explizitem Wissen birgt das große Potenzial, der deutschen Industrie auf Grundlage der Smart Maintenance einen strategischen Wettbewerbsfaktor zu sichern. Dies ist insbesondere in Zeiten kontinuierlich steigenden Innovationsdrucks, begleitet von einer stetigen Abnahme der Innovationszyklen, von großer Bedeutung.

Nicht unbeachtet bleiben darf an dieser Stelle der Einfluss der Smart Maintenance auf die Marke „Made in Germany“. Diese wird einen weiteren Aufschwung erleben und sich in der Industrie 4.0 mittels der Smart Maintenance um das Attribut „Maintained / Provided by Germany“ erweitern. Deutschland wird als Entwickler, Überwacher und Beherrscher der Industrie 4.0 weiter an Attraktivität als innovativer

¹⁹ Österle/Senger 2006, S. 38.

Arbeitgeber gewinnen und im Bereich der Smart Maintenance als Arbeitgeber ein hohes Beschäftigungspotenzial erfahren. Smart Maintenance bietet der deutschen Industrie die Chance, den Wegfall von Arbeitsplätzen in den direkten Produktionsbereichen durch einen gezielten und geregelten strategischen Wandel im Sinne einer Weiterentwicklung der Industrie zu kompensieren.

Ergänzend zur Realisierung der digitalen Potenziale in der Industrie 4.0 bietet sich für die deutsche Industrie die Möglichkeit, analog zur Ausrüstung von Maschinen und Anlagen mit Hard- und Software die Kompetenzen im technischen Management der Maschinen und Anlagen ebenfalls als Alleinstellungsmerkmal und strategischen Wettbewerbsfaktor zu manifestieren. Der tatsächliche Instandhaltungseinsatz wird auch in der Industrie 4.0 beziehungsweise in einer Smart Maintenance durch die Menschen erfolgen; diese sind daher entsprechend zu qualifizieren. Deutschland bietet sich auf Basis seiner weltweit führenden Position, was das Spektrum und die Qualität der Ausbildung der Nachwuchskräfte in der Industrie betrifft, die Chance, dieses Marktpotenzial zu erschließen. Nirgendwo sonst sind die Mitarbeitenden so nah an der Entwicklung und Herstellung der Maschinen und Anlagen und können so den gesamten Lebenszyklus – vom ersten Schritt der Konzeption bis zur Fertigstellung und Installation – begleiten, ihr Wissen und ihre Erfahrungen einbringen und für eine kontinuierliche Verbesserung der Produkte sorgen. Der Komplexitätsanstieg durch die Vernetzung von Maschinen- und Anlagenelementen sowie der individuelle Funktionszuwachs jedes Elements prädestinieren die deutsche Industrie dafür, ihre Produkte im Anschluss an den Verkauf auch selbst zu betreuen.

Die Einnahme einer Vorreiterrolle der deutschen Industrie ist jedoch nicht nur auf die gute Ausgangssituation und die möglichen zu hebenden Potenziale zurückzuführen, sie ist vielmehr sogar zwingend erforderlich. Der Aufstieg der Informationsverfügbarkeit zur eigentlichen Determinante

ganzer Smart Factories resultiert mehr denn je in der Bestätigung von Bacons These „Wissen ist Macht“.²⁰ Die deutsche Industrie ist darauf angewiesen, den technologischen Wissensvorsprung zu wahren und Wissen in der Industrie 4.0 gezielt zu sammeln, zu nutzen und zu neuem Wissen weiterzuentwickeln. Die Smart Maintenance als Bindeglied zwischen der deutschen Industrie und deren weltweit im Einsatz befindlichen Produkten muss in einer gemeinschaftlichen Anstrengung von Politik, Wirtschaft, Forschung und Verbänden systematisch die sichere Rückführung, Speicherung, Verarbeitung und den Schutz des Wissens realisieren.

Deutschland bietet sich durch die Einnahme einer Vorreiterstellung die Chance, gestaltend und prägend auf die Industrie 4.0 und eine Smart Maintenance einzuwirken. Es gilt, den derzeitigen Status der deutschen Industrie als Hersteller und Exportweltmeister effektiv zu nutzen, um die wirtschaftlich langfristigen Potenziale der Smart Maintenance zu sichern und den weltweit nachgefragten Rohstoff „Information“ in Deutschland zu bündeln. Die kritische Produktionsressource der Smart Factory kann Deutschland einen nachhaltigen strategischen Vorteil im globalen Wettbewerb verschaffen.

2.3 DER MENSCH IM ZENTRUM

Im Gegensatz zur fortschreitenden Automatisierung der Produktion in der Industrie 4.0 wird sich die Instandhaltung der Zukunft in großen Teilen manuell gestalten. Dies liegt darin begründet, dass der Lösungsansatz der Automatisierung auf der Übernahme von sich identisch wiederholenden Tätigkeiten, „die als Prozess beherrscht, klar definiert und stabil sind“²¹, basiert. Die Automatisierung der Industrie 4.0 spricht folglich standardisierte Prozesse und Abläufe an. Dies trifft zwar größtenteils auf die Produktion zu, die Instandhaltung jedoch kümmert sich speziell um Störungen, also (zeitweise) nicht beherrschte, undefinierte und nicht standardisierte Prozesse.

²⁰ Schupp 2003.

²¹ Spath et al. 2012, S. 54.

Während sich Tätigkeiten wie Inspektion oder Wartung unter Umständen noch als repetitiv einstufen lassen, sind vor allem die Instandhaltungsaufgaben der Instandsetzung und Verbesserung geprägt durch Einmaligkeit und Kontextsensibilität. Aus diesem Grund scheiden vollständig automatisierte Lösungen für die gesamte Bandbreite der Aufgaben und Tätigkeiten in der Instandhaltung aus.²² Der Mensch wird also nicht nur als entscheidender Faktor der Instandhaltung in einer Smart Maintenance bestehen, sondern wird in Zukunft auch einen elementaren Beitrag zur Funktionserfüllung der Smart Factory leisten.²³

Gefragt sein werden in einer Smart Maintenance vor allem die kreativen, experimentellen, improvisatorischen, intuitiven und sensorischen Fähigkeiten des Menschen. Denn technische Systeme sind grundsätzlich das Ergebnis menschlicher Intelligenz. Sie „führen aus, was Menschen erdacht und erfunden haben“²⁴ und sind demnach in ihrer Handlungsfähigkeit limitiert. Gerade im Bereich der Instandhaltung können jedoch nicht alle Eventualitäten, beispielsweise die äußeren Einflussfaktoren oder das menschliche Handeln, in ihrer gesamten Variabilität erfasst und in den technischen Systemen hinterlegt werden. Dies wird selbst in einer umfassend mit Sensorik und Aktorik ausgerüsteten Smart Factory nicht umsetzbar sein. Und selbst wenn alle Handlungsmöglichkeiten determiniert sind, so zeigt das Beispiel der besten Schachcomputer der Welt, dass diese dem Menschen in ihrer Reaktionsgeschwindigkeit unterlegen sind. Wolfgang Wahlster, Leiter des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz, formuliert den Stand der künstlichen Intelligenz so, „dass jeder Grundschüler selbst den intelligentesten Computersystemen bezüglich seiner Alltagsintelligenz überlegen ist“.²⁵ Das zur Umsetzung von Instandhaltungstätigkeiten erforderliche kreative und improvisatorische Handeln auf der Basis von Erfahrungswissen und

logischen Überlegungen sowie die Einbringung experimenteller Gedanken und das Vertrauen auf das intuitive Gespür sind Stärken des Menschen, die eine Industrie 4.0 nicht übernehmen können.

In dieser neuen Arbeits- und Produktionswelt gilt es daher sicherzustellen, dass der Mensch in einer Industrie 4.0 auch weiterhin seine Aufgaben erfüllen und seinen Beitrag zum Unternehmenserfolg leisten kann. Die größte Herausforderung für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Allgemeinen und die Instandhalterinnen und Instandhalter im Besonderen liegt in der ansteigenden und vor Ort nicht mehr überschaubaren Komplexität, welche sich sowohl in der zunehmenden Datenfülle als auch in der sich stetig weiterentwickelnden eingesetzten Technologie manifestiert. Damit diese aufkommende Intransparenz bezüglich technischer Funktionalität und Vernetzung sowie Konsequenzen des eigenen Handelns die Menschen nicht ihrer Stärken beraubt, müssen diese im Rahmen einer Smart Maintenance technologisch unterstützt werden.

In diesem Zusammenhang ist neben einer geeigneten Integration der Menschen mittels einer Smart Maintenance in die Smart Factory insbesondere mit Blick auf die angestrebte Autonomisierung zunächst eine sichere Arbeitsumgebung zu gewährleisten. Ausgehend von dieser Basis sind technische Assistenzsysteme bereitzustellen, die die kognitive und physische Leistungsfähigkeit der Menschen erhöhen. Daten, Informationen und Wissen müssen in einer individuell auf die Situation und die Fähigkeiten des Einzelnen angepassten Form zur Verfügung gestellt werden, um die Menschen speziell in der Instandhaltung handlungsfähig zu machen. Vereinfacht ausgedrückt bedeutet das: Die Instandhalterin und der Instandhalter benötigen Hilfsmittel, um sich im Datenchaos zurechtzufinden, die relevanten Informationen

²² Für den Bereich der Inspektion und Wartung existieren jedoch bereits erste (teil)automatisierte Lösungsansätze – Uhlmann et al. 2012.

²³ Hirsch-Kreinsen 2014.

²⁴ Sandler 2013, S. 9.

²⁵ Spath et al. 2012, S. 130.

zu erhalten und so die richtigen Handlungen vornehmen zu können, aber auch, um mit den intelligenten Objekten in einer Smart Factory adäquat kommunizieren und interagieren zu können. Nur auf diese Weise können das benötigte Reaktionsvermögen und die notwendige Reaktionsgeschwindigkeit, die Flexibilität und die Handlungsfähigkeit des Menschen in einer Smart Maintenance zur Beherrschung der Industrie 4.0 sichergestellt werden.

Einhergehend mit der Entwicklung zur Smart Factory vollzieht sich ein Wandel des Aufgabenschwerpunktes der Instandhaltung hin zur Verantwortung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Kombination mit den mechanischen Komponenten industrieller Maschinen und Anlagen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Instandhaltung müssen diesbezüglich vorbereitet und qualifiziert werden. Dabei wird es in Zukunft nicht mehr möglich sein, sich auf die Fachkenntnisse einer Technologie zu fokussieren und als Spezialistin beziehungsweise Spezialist in diesem Bereich zu agieren. Vielmehr wird diese Aufgabe einer zentralen Instandhaltungsinstanz der Smart Maintenance zufallen. Spezialistinnen und Spezialisten bündeln dort zentral ihr Expertenwissen und werden dabei von Datenanalytistinnen und -analysten unterstützt. Von dieser Zentrale aus werden die operativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, welche eine grundlegende Qualifikation zur Generalistin beziehungsweise zum Generalisten in der Instandhaltung absolviert haben, individuell in ihrem Arbeitseinsatz begleitet. In Verbindung mit der Nutzung geeigneter Assistenzsysteme kompensiert dieses Vorgehen mangelndes Erfahrungswissen oder fehlende Qualifikationen von Mitarbeitenden und befähigt diese zu einem flächendeckenden Einsatz im Feld. Somit ist die operative Instandhaltung in einer Smart Maintenance nicht mehr an die Verfügbarkeit und Fähigkeit des Einzelnen vor Ort gebunden, sondern realisiert Synergien und erschafft durch die Verteilung des Wissens auf die Schultern vieler den „Universal-Instandhalter“ beziehungsweise die „Universal-Instandhalterin“.

Eine daraus resultierende Chance liegt in der Einbindung von Expertinnen und Experten sowie hochqualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus dem Ausland. Ebenso bietet die Smart Maintenance durch die Reduktion der primär körperlichen Arbeit und Belastung – die es aber schlussendlich auch in Zukunft geben wird – und den Anstieg an planenden und vorbereitenden Arbeitsinhalten sowie den Zuwachs an elektronischen Instandhaltungsobjekten die Gelegenheit, Frauen stärker anzusprechen und zu integrieren. Diese Potenziale sehen auch die für diese POSITION befragten Unternehmen, welche die Einbindung von Fachkräften aus dem Ausland mit rund siebenzig Prozent und einen steigenden Frauenanteil ebenfalls zu knapp zwei Dritteln eindeutig als Chance für die Instandhaltung definieren.

Für die Akzeptanz der Veränderungen, welche mit der Weiterentwicklung der klassischen Instandhaltung in Richtung einer Smart Maintenance verbunden sind, wird es entscheidend sein, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter frühzeitig und aktiv in den Veränderungsprozess der Industrie 4.0 und die daraus resultierenden Folgen für jeden Einzelnen miteinzubeziehen. Die Smart Maintenance muss die Industrie 4.0 von Beginn an begleiten, unterstützen und pflegen, da ihr Scheitern auch die erfolgreiche Realisierung des Projektes Industrie 4.0 verhindern würde. Daher muss die Vision Industrie 4.0 und die Schaffung einer Smart Maintenance deutlich und direkt bei den zuständigen Entscheidern und Akteuren in Politik, Gesellschaft und Unternehmen aufgehängt und kommuniziert werden. Es gilt, sich der Sorgen und Ängste der Mitarbeitenden anzunehmen und ein wandlungsfreundliches Klima in den Unternehmen zu schaffen. Die Industrie 4.0 baut darauf auf, dass alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sich als wichtiges und entscheidendes Element der Smart Factory verstehen und sich aus eigenem Interesse an der Entwicklung, Umsetzung und kontinuierlichen Verbesserung beteiligen.

2.4 IMAGEWANDEL DER INSTANDHALTUNG

Da die Instandhaltung in der Zukunft der Industrie 4.0 eine elementare Rolle spielen wird, muss auch dem Nachwuchsgewinn in diesem Berufszweig Beachtung geschenkt werden. Hier wird eine grundlegende Schwierigkeit der industriellen Instandhaltung offenbar: Diese hat in der Öffentlichkeit und oft sogar unternehmensintern ein negativ belegtes Image. Dies lässt sich auf zwei hauptsächliche Faktoren zurückführen:

Zunächst existiert ein der Instandhaltung immanentes kognitionspsychologisches Hindernis zur Würdigung ihrer Leistungen. Die Instandhaltung wird erst durch Störungen und Fehler im Betriebsablauf notwendig, wobei es in der Natur des Menschen liegt, diese bevorzugt zu vertuschen oder zu dissimulieren.²⁶ Diese Eigenschaft erschwert die betriebsinterne Akzeptanz und Würdigung der Instandhaltungsleistungen, welche die Grundlage für eine positive Darstellung der Instandhaltung in der Öffentlichkeit schaffen.

Die zweite Ursache für die ungewollte negative Auffassung baut auf ebenjener Problematik auf, dass Instandhaltung erst im Falle des Versagens von vorher funktionierenden Einheiten bewusst wahrgenommen wird. Die das öffentliche Meinungsbild prägenden Medien berichten über die marode Infrastruktur in Deutschland, wie beispielsweise bei Schnellstraßen und Autobahnen, Brücken und der Bahn, oder die Probleme beim Bau des Berliner Flughafens. Ebenso vermeldete die Bundeswehr erhebliche Defizite in der Instandhaltung der letzten dreißig Jahre. Die Sicherstellung der Funktion von Maschinen, Anlagen, Objekten und Infrastruktur wird oftmals als selbstverständlich angenommen und der dahinterstehende Aufwand nicht weiter hinterfragt. Dabei zeigen insbesondere die oben genannten Beispiele: Deutschland lebt von der Substanz. Zudem lässt sich ein Mehr an Instandhaltung nicht zwangsläufig mit geringeren Stillständen und Störungen in Verbindung bringen. Die Schwierigkeit, einen dezidierten Wertbeitrag

zu leisten, ist eines der großen Probleme der Instandhaltung. Die Defizite in der Infrastruktur oder Verzögerungen in Bauprojekten können heute noch aufgefangen werden – in einer Industrie 4.0 wird dies erheblich schwieriger und umfangreicher sein sowie gravierende wirtschaftliche Folgen mit sich bringen.

Das der Instandhaltung anhaftende negative Bild bewirkt, dass sie nur sehr schwer mit anderen Berufszweigen um gut ausgebildeten Nachwuchs konkurrieren kann. Vor allem im Hinblick auf die Bedeutung der Gewinnung von gut ausgebildeten jungen Fachkräften gilt es, dieser Problematik nachhaltig zu begegnen. Daher sollte es ein gemeinsames Ziel von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sein, der Instandhaltung ein größeres und vor allem positiver ausgerichtetes Interesse entgegenzubringen, um das Bild der Instandhaltung und den Beruf der Instandhalterin und des Instandhalters nachhaltig aufzuwerten. Nur so kann dem drohenden Fachkräftemangel aktiv entgegengewirkt und das Bestehen der deutschen Industrie gesichert werden.

Im Kontext der Sicherstellung von ausreichend qualifizierten Fachkräften für die Instandhaltung zeigt sich ein weiterer Schwachpunkt: Es fehlt an geeigneten Rahmenbedingungen, um eine anforderungsgerechte Aus- und Weiterbildung gewährleisten zu können. Zu nennen wären hier etwa ein frühzeitiges Sichtbarmachen des Berufsbildes bereits im Umfeld von Schulen und Universitäten sowie die Schaffung eines eigenständigen Berufsbildes und einer speziellen Ausbildung. Diese Herausforderungen müssen unter dem Gesichtspunkt des demografischen Wandels, des drohenden Know-how-Verlustes und der veränderten Anforderungen an das Personal im industriellen Sektor aufgrund der zunehmenden Bedeutung von Technik und IT-Systemen auf dem Weg zur Smart Factory unbedingt adressiert und angegangen werden. Dies hat gerade für Deutschland erhebliche Bedeutung, da es um die Sicherstellung des Wertschöpfungsniveaus und der Produktivität geht.

²⁶ Musahl 2007, S. 1.

2.5 ANDERE LÄNDER – GLEICHE ENTWICKLUNGEN

Die in Deutschland unter der Bezeichnung Industrie 4.0 ausgerufene vierte industrielle Revolution ist auch in anderen Regionen der Erde angekommen. Innerhalb Europas befassen sich beispielsweise die Niederlande mit einer Programmaufstellung zur Realisierung einer „Smart Industry“²⁷, in Österreich wurde das Forschungsprojekt „Instandhaltung 4.0“ realisiert und abgeschlossen²⁸, in Finnland arbeitet man an „Smart Resource“-Projekten²⁹. International veröffentlichte die Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) in Australien einen Bericht zum „iManufacturing“³⁰, wobei Deutschland ausdrücklich die Führungsrolle zugeschrieben wird, während in den USA das Industrial Internet Consortium (IIC) unter der Beteiligung von mittlerweile 187 Partnern entstanden und tätig ist³¹. In China wurde das Programm „Made in China 2025“ ins Leben gerufen, mit dem der Sprung von einem Fertigungsstandort günstiger Massenprodukte zu einem Hochtechnologie-land geschafft werden soll³². All diesen Bestrebungen ist gemein, dass sie sich mit der Zielsetzung einer umfassenden Vernetzung und Digitalisierung von Objekten und deren Integration in den Arbeitsalltag der Menschen in einem cyber-physischen Raum auseinandersetzen. Aus der Perspektive des Wirtschaftsstandortes Deutschland gilt es, diese Initiativen und Aktivitäten zu beobachten, von Ergebnissen und Erkenntnissen zu lernen und sich über internationale Netzwerke sowie Verbände und Konsortien verstärkt einzubringen.

Die bisherigen grundlegenden Erkenntnisse dieser Bestrebungen sind identisch und lassen sich zu zentralen Schlüsselfaktoren zusammenfassen:

- (1) Wissen muss aus den vorhandenen Daten erschlossen und persönliche Erfahrungen müssen zu abrufbarem Wissen umgewandelt werden.
- (2) Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind für die Industrie der Zukunft zu qualifizieren.
- (3) Use-Cases müssen geschaffen werden, welche in speziell verfügbarer Forschungs- und Entwicklungsumgebung getestet und zur Praxistauglichkeit vorangetrieben werden können.

Diese Herausforderungen und noch viele mehr sind in Deutschland bereits seit 2012 unter anderem in den Berichten des Fraunhofer IAO zur „Produktionsarbeit der Zukunft“ oder dem Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 als kooperatives Resultat der Forschungsunion und seitens acatech bekannt. Die dargestellte Entwicklung in den anderen Ländern vollzog sich maßgeblich im Jahr 2014 und folglich mit einem zeitlichen Verzug von zwei Jahren. Dennoch zeigt die neueste Umfrage des Verbands der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE) unter 1.300 Mitgliedsunternehmen, dass nur noch 19 Prozent Deutschland in der Vorreiterrolle bei der Realisierung der Industrie 4.0 sehen.³³ Weitaus mehr Bedeutung wird den Vereinigten Staaten von Amerika beigemessen, welche über die Hälfte der Befragten in der Führungsrolle sehen. Dass das Bewusstsein für den Handlungsbedarf zur Erreichung eines revolutionären Umbruchs dort sehr stark ausgeprägt ist, zeigt die Tatsache, dass die US-Regierung jährlich mehr als 100 Millionen US-Dollar allein für Forschungsprojekte im Umfeld cyber-physischer Systeme bereitstellt.³⁴ Die Konsequenz dieser Anstrengungen ist, dass auch deutsche Unternehmen vermehrt versuchen, sich an der Entwicklung in den USA zu beteiligen. Dieser Trend birgt die Gefahr, dass Deutschland bei der Einführung der Industrie 4.0 von anderen Ländern

²⁷ Smart Industry 2013.

²⁸ Eckhoff et al. 2014.

²⁹ Terziyan 2008.

³⁰ iManufacturing 2014.

³¹ Industrialinternetconsortium 2015.

³² Made in China 2025.

³³ VDE 2015.

³⁴ Riemenschneider 2014.

überholt wird und ins Hintertreffen gerät. Selbst innerhalb Europas versuchen andere Länder verstärkt, sich strategisch für die Industrie der Zukunft zu positionieren.

Eine für die Erstellung dieser POSITION sehr bedeutsame Gemeinsamkeit der Entwicklungen ist die Vernachlässigung der Instandhaltung in allen genannten Bestrebungen. Weder die strategischen Grundlagen der verschiedenen Ansätze noch die theoretischen und praktischen Use-Cases greifen diese auf. Die einzige Ausnahme bildet die österreichische Studie zur „Instandhaltung 4.0“³⁵. Diese analysierte, gefördert durch das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) mit einem Projektvolumen von 250.000 Euro über die Laufzeit eines Jahres, den Status quo der Instandhaltung und die Anforderungen einer Industrie 4.0. Das Resultat entspricht den Erkenntnissen von acatech: Eine proaktive Entwicklung der Instandhaltung hin zur Smart Maintenance ist bisher nicht vorgesehen. Deziert stellte sich im Rahmen der Analyse

heraus, dass ein systematischer Ansatz zur Entwicklung der Instandhaltung fehlt und anderen Projekten der Vorzug gegeben wird. An dieser Stelle ist Deutschland grundsätzlich besser aufgestellt. Im Vergleich zu anderen Ländern weist die deutsche Industrie eine geringe Outsourcing-Quote von Instandhaltungsdienstleistungen und prinzipiell im Bereich der Services auf. Die Instandhaltung betreiben die Unternehmen bewusst in Eigenverantwortung. Die strategische Bedeutung der Instandhaltung ist folglich bekannt, wenngleich sie oftmals nicht explizit zum Ausdruck gebracht wird. Dieser Vorteil ist zwingend zu nutzen. Die bisherige Vernachlässigung der Instandhaltung in der weltweiten Entwicklung kann für Deutschland zu einer Chance werden, die – erfolgreich angegangen – zu einer nachhaltigen Stärkung des Wirtschaftsstandortes beitragen kann. Der Fortschritt der Industrie 4.0 macht jedoch deutlich: Der Vorsprung ist gering und schrumpft durch die Intensivierung anderer Bestrebungen rasant. Die Smart Maintenance muss jetzt beginnen.

³⁵ Instandhaltung 4.0 2015.

3 SMART MAINTENANCE: ENABLING TECHNOLOGY DER INDUSTRIE 4.0

Nur wenn in Zukunft Maschinen und Anlagen der Industrie 4.0 die vorgesehene Leistungsfähigkeit und -verfügbarkeit aufweisen – und im Falle einer Störung, eines Schadens oder einer anderen ungeplanten Beeinträchtigung zeitnah in den benötigten Betriebszustand zurückgeführt werden können –, kann das Vorhaben der Industrie 4.0 zu einem Erfolg werden. Während sämtliche Bereiche der industriellen Produktion auf die Oberfläche und den Nutzen der Industrie 4.0 fokussiert sind, muss die Instandhaltung im Zuge einer Smart Maintenance die Fähigkeit entwickeln, hinter die Kulissen zu blicken und die Technologie sowie die Zusammenhänge als zentrale Essenz der Industrie 4.0 grundlegend „zu verstehen“. Eine an diese Anforderungen und die damit zusammenhängenden technologischen Gegebenheiten angepasste und zur Smart Maintenance weiterentwickelte Instandhaltung wird hier nicht nur zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor, sondern bildet als die eigentliche „Enabling Technology“ der Industrie 4.0 das Fundament, das die Realisierung der Smart Factory erst möglich macht.

3.1 BASIS DER SMART MAINTENANCE: DIE KONVENTIONELLE INSTANDHALTUNG

Die Instandhaltung betreut die Maschinen und Anlagen im Betrieb und verfügt daher über unmittelbaren Einfluss auf die Lieferfähigkeit, die Lieferzeit, die Liefertreue und viele weitere zukünftig entscheidende wirtschaftliche Erfolgsfaktoren von Unternehmen. Dieser Einfluss und die daraus hervorgehenden Ziele der Instandhaltung

- Sicherstellung der Arbeitssicherheit für Personal und Umwelt,
- Sicherstellung einer anforderungsgerechten Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen,
- Sicherstellung einer anforderungsgerechten Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen und
- Minimierung von Produktions- und Instandhaltungskosten

werden in der Smart Factory nicht nur erhalten bleiben, sondern auch erheblich an Relevanz gewinnen. Vor allem vor dem Hintergrund immer komplexerer, stark verketteter Systeme, die dazu noch weitgehend dezentral organisiert und autonom betrieben werden können, werden lokale Störungen in der Smart Factory globale Auswirkungen haben. Der Aufrechterhaltung eines sicheren, funktionsfähigen Betriebszustandes gilt es daher umso mehr Gewicht und Bedeutung beizumessen.

Während sich der Aspekt der „Sicherstellung der Arbeitssicherheit“ nach gesetzlichen Rahmenbedingungen richtet und die Grundlage zur Erteilung einer Betriebserlaubnis darstellt, hängt die Gewährleistung einer anforderungsgerechten Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen von der erforderlichen Stabilität im Produktionsprozess ab. Ausgelöst durch den unvermeidlichen Verschleiß von Maschinen und Anlagen im Betrieb fallen fortlaufend prozessstabilitätsrelevante Instandhaltungsmaßnahmen an. Dies wird sich auch in einer Smart Factory nicht ändern. Einige Instandhaltungsmaßnahmen, speziell die Planung und Vorbereitung von Instandhaltungstätigkeiten, werden zwar technologisch unterstützt werden können, der operative Teil der Instandhaltung wird jedoch in seiner klassischen Bedeutung bestehen bleiben. Der Austausch oder die Instandsetzung von Maschinen- und Anlagenkomponenten ist letztendlich der entscheidende Prozess, um eine Maschine oder Anlage wieder einsatzbereit zu machen.

Einen Quantensprung in der Industrie 4.0 erlaubt die Entwicklung der Instandhaltung zur Smart Maintenance im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Instandhaltung. Aufgrund der mangelnden Nachvollziehbarkeit der unmittelbaren sowie der langfristigen Auswirkungen von Instandhaltungstätigkeiten lautete die Vorgabe bisher stets, die Kosten in der Instandhaltung zu senken. Die Smart Factory schafft mithilfe einer verbesserten Datenbasis Transparenz – alle Elemente und Prozesse

in einer Smart Factory können überwacht und nachverfolgt werden. Auf diese Weise können auch die Resultate von Instandhaltungsmaßnahmen nachvollzogen und wirtschaftlich bewertet werden. Die Instandhaltungsleistung wird messbar. Strategische Entscheidungen können basierend auf einer breiteren Entscheidungsgrundlage besser vorbereitet und operative Instandhaltungsmaßnahmen besser auf die individuelle Handlungssituation angepasst werden. Der Ansatz der reinen direkten Senkung von Kosten kann in der Smart Maintenance in eine nachhaltige und nachvollziehbare Maximierung der operativen und wirtschaftlichen Wirksamkeit der Instandhaltungsmaßnahmen überführt und somit der Wertbeitrag der Instandhaltung dargestellt werden. Die Smart Maintenance kann somit in der Industrie 4.0 nachweislich wirtschaftliche Erfolge für die gesamte Smart Factory erzielen und darlegen.

3.2 SMART MAINTENANCE ZUR BEHERRSCHUNG KOMPLEXER SYSTEME

Die Instandhaltung der Industrie 4.0 schafft nicht nur die Grundlage für deren erfolgreiches Bestehen – sie kann und muss auch am technologischen Fortschritt der Smart Factory teilhaben. Es gilt, ungeplante Störungen durch geplante Instandhaltungsmaßnahmen zu vermeiden. Dies bedeutet für die konventionelle Instandhaltung, sich in der Smart Maintenance zu einer proaktiven und jederzeit zustandsabhängig agierenden Instandhaltung weiterzuentwickeln und nur an solchen Stellen bewusst reaktiv zu handeln, wo es unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll erscheint.

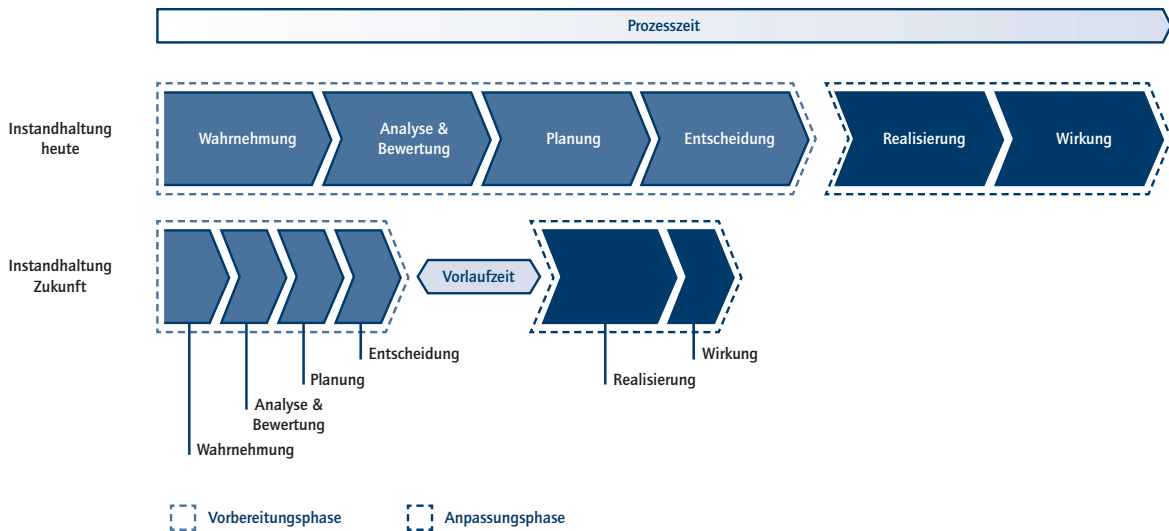
Aus funktionaler Perspektive sind zu diesem Zweck die vorhandene Sensorik und eine speziell auf die Smart Maintenance ausgerichtete Ausstattung von Maschinen und Anlagen mit entsprechenden Technologien notwendig. Ursprünglich vor Ort und manuell durchzuführende Routinetätigkeiten der Kontrolle und Überwachung von

Maschinen und Anlagen können in der Smart Factory besser unterstützt oder gänzlich automatisiert werden. Der Verschleißzustand von Maschinen und Anlagen wird überwacht, Big Data und Data-Mining erlauben die Analyse und Auswertung und somit die Planung von Instandhaltungstätigkeiten. Es findet eine Verlagerung der Arbeitsschwerpunkte der Instandhaltung von der unvorbereiteten operativen Feuerwehrfunktion in Richtung einer gezielten Planung und Vorbereitung der Instandhaltungsmaßnahmen statt. Ungeplanten Ausfällen, unstrukturierten und kurzfristig improvisatorischen Instandhaltungseinsätzen wird auf diese Weise vorgebeugt.

Der Zeitaufwand für den gesamten Prozess der Instandhaltungsmaßnahmen wird sich stark reduzieren lassen (vgl. Abbildung 5). Die konventionell sukzessive Abfolge von Wahrnehmung, Erkenntnis, Entscheidung und Planung als Basis für die Realisierung und Wirkung von Instandhaltungstätigkeiten muss in der Smart Factory weitestgehend automatisiert und parallelisiert werden. Die Senkung der Reaktionszeit durch die Nutzung von Sensoren und den Einsatz instandhaltungsspezifischer Assistenzsysteme führt zu einer verbesserten Vorbereitung von Instandhaltungstätigkeiten und insgesamt effektiveren Instandhaltungsmaßnahmen. Ebenso sinkt der manuelle Koordinations- und Kommunikationsaufwand für Instandhaltungstätigkeiten. Die Smart Maintenance sorgt so für eine Steigerung der Stabilität in Produktionsprozessen, erweitert das Reaktionsvermögen und die Geschwindigkeit des Eingreifens und verlängert den Wirkungszeitraum der Instandhaltungsmaßnahmen.

Aus wirtschaftlicher Perspektive lässt sich mittels einer ausreichend befähigten Smart Maintenance eine erhebliche Verfügbarkeitssteigerung erreichen. Insbesondere die Realisierung der individualisierten Losgröße 1 ist auf die hohe Verfügbarkeit und die Beherrschung der Smart Factory auf Basis einer Smart Maintenance angewiesen. Dabei ist sich die befragte Expertengruppe darin einig, dass Störungen theoretisch zu hundert Prozent mittels einer geeigneten

Abbildung 4: Verkürzung von Prozesszeiten in der Instandhaltung



Technologie vorhersehbar und somit vermeidbar sind. In der Industrie 4.0 müssen diesbezüglich situationspezifische Prüfungen auf die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes solcher Technologien vorgenommen werden. Darüber hinaus ergibt sich basierend auf der individuellen Betrachtung jedes ihrer Elemente und ihrer Zusammenhänge in der Smart Maintenance das Potenzial, durch jede Instandhaltungsmaßnahme eine Verbesserung für die Leistungsfähigkeit der gesamten Smart Factory zu erzielen. Die Smart Maintenance wird somit zu einem evolutionären Element der Industrie 4.0.

3.3 QUERSCHNITTSFUNKTION DER SMART MAINTENANCE

Der Wunsch der Kunden nach Lösungen anstelle von Produkten wird in jedem Prozess einer Wertschöpfungskette von Beginn an Qualität erfordern: Die Qualität der in der Industrie 4.0 hergestellten Güter muss von Anfang an

gegeben sein und kann nicht erst sukzessive durch Korrekturen und Anpassungen erreicht werden. Zur Bewältigung dieser Anforderungen müssen die industriellen und unternehmenstypisch verankerten Bereiche der Forschung und Entwicklung (FuE), der Produktion und der Instandhaltung enger zusammenrücken. Ein hohes Potenzial in diesem Kontext birgt die standardisierte Einbindung des Wissens-(Managements) der Smart Maintenance in andere Bereiche einer Smart Factory der Industrie 4.0.

Bereits in den letzten Jahren zeigte sich eine Tendenz zur Betrachtung der gesamten Betriebs- und Unterhaltskosten anstelle der reinen Investitionskosten bei der Beschaffung von Maschinen und Anlagen in der deutschen Industrie. Dieser Trend wird sich in der Smart Factory der Industrie 4.0 auf Grundlage der durch die umfangreiche Datenbasis geschaffenen Kostentransparenz weiter verstärken. Entscheidend für den Erfolg von Lösungsangeboten wird daher die effiziente Gestaltung der Betriebs- und Unterhaltskosten sein, welche

sich in hohem Maße durch die Instandhaltungskosten definieren. Diese werden bereits zu über achtzig Prozent bei der Konstruktion der Maschine oder Anlage festgelegt.³⁶ Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass die Produktion und die Instandhaltung ihre Anforderungen an Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Leistung und Instandhaltbarkeit von Produkten eindeutig, aufeinander abgestimmt und in standardisierten Prozessen an die FuE kommunizieren.

Die Smart Maintenance liefert dem Forschungs- und Entwicklungsbereich in der Smart Factory Daten, Informationen und fachliches Wissen über das Verhalten, Zustände und Verbesserungspotenziale von Anlagen und Produkten im Betrieb. Der erhöhte und systematische Erfahrungsrückfluss aus der Smart Maintenance in die FuE wird in der Industrie 4.0 technologisch unterstützt, vereinfacht oder gar automatisiert.³⁷ Das Resultat sind schnellere und qualitativ höherwertige Rückmeldungen für die Forschung und Entwicklung, wodurch Verbesserungspotenziale identifiziert und die Innovationskraft in der Industrie gesteigert werden. Hersteller können die neu gewonnenen Erkenntnisse schneller in ihren Fertigungsprozess einfließen lassen und verbesserte oder neue Produkte entwickeln, während Kunden in zeitlich kürzeren Abständen auf verbesserte Produktionsanlagen zurückgreifen können.

Auf Basis der interdisziplinären Zusammenarbeit der Bereiche Instandhaltung, Produktion und FuE können alle Beteiligten voneinander lernen und Synergieeffekte bei der Kreation von neuen Produkten realisieren. Dies gilt

gleichermaßen innerhalb von Unternehmen wie auch für gesamte Netzwerke der Smart Factory respektive der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit von Herstellern, Zulieferern, Betreibern und Dienstleistern. Potenzielle Störfaktoren für den späteren Betrieb können in viel höherem Umfang bereits vor der Herstellung ausgeschlossen und die Betriebs- und Unterhaltskosten in der Folge entscheidend reduziert werden.

Neben der Unterstützung der FuE bietet die Smart Maintenance als Querschnittsdisziplin einen weiteren Vorteil durch ihre Integration in die Produktionsplanung. Da Instandhaltungsmaßnahmen in der Smart Maintenance vorhersehbar und planbar werden, können Unsicherheiten in der Produktionsplanung reduziert werden. Die bisher bei siebzig Prozent industrieller Unternehmen existierenden starken Schwankungen im personellen Kapazitätsbedarf können mittels der Smart Maintenance verringert werden und bieten den Mitarbeitenden sowie den Unternehmen ein neues Niveau an Sicherheit und Zuverlässigkeit ihrer Planungssysteme.³⁸

Insgesamt wird die Smart Maintenance erheblichen Einfluss auf die Qualität der Produkte und Lösungsangebote der deutschen Industrie haben. Zur Erreichung von Stabilität in den Prozessen und in der Planung sowie zur Schaffung einer gesteigerten Innovationsfähigkeit deutscher Unternehmen muss die Smart Maintenance als erfolgskritischer strategischer Partner von Produktion sowie Forschung und Entwicklung anerkannt werden.

³⁶ Mandelartz 2009, S. 316.

³⁷ Spath et al. 2012, S. 108.

³⁸ Spath et al. 2012, S. 71.

4 SMART MAINTENANCE ALS TREIBER DER INDUSTRIE 4.0

Smart Maintenance schafft nicht nur die unabdingbare technische Basis der Industrie 4.0, sondern birgt ebenso ein enormes Potenzial zur vierten industriellen Revolution in Deutschland, zum Erhalt und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und infolgedessen zur wirtschaftlichen Rentabilität. Aus der Enabling Technology Smart Maintenance wird ein Treiber der Industrie 4.0.

4.1 FORTSCHRITT DURCH SMART MAINTENANCE

Zur wirtschaftlich optimalen Produktion der Industrie sollen sich Partner unabhängig von ihrem tatsächlichen Standort in den Smart Factories der Industrie 4.0 zusammenschließen können. Auf diese Weise überwindet die Smart Factory in ihrer Vision die physischen Barrieren der Realität. Dies gilt insbesondere für den Informationsfluss sowie den Kommunikations- und Koordinationsbedarf. Die sich daraus ergebende Dezentralisierung der einzelnen Produktionsstationen und die Globalisierung von gesamten Wertschöpfungsketten birgt die Herausforderung der Kompatibilität der einzelnen Beteiligten. Wie auch die Industrie 4.0 selbst werden Smart Factories dann mit maximal wirtschaftlichem Erfolg arbeiten, wenn alle beteiligten Partner sich aufeinander abstimmen, gegenseitig berücksichtigen und unterstützen. Der Erfolgsfaktor liegt in diesem Fall in der Bereitwilligkeit der Unternehmen und der Rechtssicherheit von Kollaborationen. Die Smart Maintenance kann die in der Praxis nicht gegebene technische Kompatibilität – verschiedene Unternehmen setzen verschiedene Technologien in verschiedenem Umfang ein – gewährleisten, indem sie die informationstechnische Ausstattung der Partner mit CPS im Betrieb koordiniert und überwacht. Dadurch kann die Smart Maintenance in den flexiblen Strukturen der Smart Factories fortwährend den Ausstieg bestehender oder die Einbindung neuer Partner entlang der Wertschöpfungskette ermöglichen. Die Smart Maintenance lässt die Smart Factory lebendig werden.

In der Geschichte der Menschheit ist viel Wissen verloren gegangen. In der Medizin beispielsweise sind zahlreiche Kenntnisse über die heilende Wirkung natürlicher Kräuter und Gewächse aufgrund der Verfolgung der Wissenden bis ins späte Mittelalter nicht mehr erhalten. In anderen Regionen der Erde (Asien, Südamerika) wurde nie versucht, dieses Wissen zu erforschen, obwohl in der Medizin dadurch viel Forschungszeit und -aufwand eingespart werden könnte. Die Kalender, Schriften und Codes südamerikanischer Hochkulturen stellen Forscher heute ebenso vor Rätsel wie der Bau der Pyramiden. Vieles musste zeitintensiv „neu erfunden“ werden. Dies gilt auch für die Industrie. Über die Hälfte ungeplanter Ereignisse und Störungen ist wiederkehrend und ließe sich mit „typischen Lösungen“ beheben. Die konventionelle Instandhaltung als operativer und unter Zeit- und Erfolgsdruck arbeitender Bereich muss sich allerdings oftmals vor allem auf die zeitnahe und praktikable Lösung beschränken, statt auf den Aspekt der Nachhaltigkeit verweisen zu dürfen. In der Regel bleibt keine Zeit für den Abgleich mit bisherigen Instandhaltungseinsätzen oder gar anderen Unternehmen, sodass die persönliche Erfahrungsbasis und die persönlichen Fähigkeiten der Instandhalterin beziehungsweise des Instandhalters vor Ort ausschlaggebend für den Erfolg der Instandhaltungsmaßnahmen sind. Noch dazu sind die späteren Berichte und Aufzeichnungen sowie die Nachverfolgung von Erfolg oder Misserfolg des Handelns in der Instandhaltung heutzutage äußerst dürftig. Die Assistenzsysteme der Smart Maintenance werden die Instandhaltung diesbezüglich dazu befähigen, eine wesentlich höhere Qualität und einen höheren Umfang bei der Dokumentation zu erzielen. Es wird faktisches Instandhaltungswissen entstehen, und „typische Lösungen“ können sich als Best Practice-Lösungen unternehmensübergreifend in der Industrie verbreiten. Die Smart Maintenance schafft durch ihren internen Fortschritt ein stabileres Arbeitsumfeld für andere Bereiche der Industrie.

Best Practice-Lösungen innerhalb der Smart Maintenance tragen sowohl zu einer Evolution der Smart Maintenance als auch zur Industrie 4.0 bei.

Ein hohes Potenzial der Smart Maintenance als Treiber für die Industrie 4.0 liegt in der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Neue Partner werden flexibel entlang der Wertschöpfungskette einer Smart Factory eingebunden. Daraus ergibt sich die Chance einer maximal kosteneffizienten Übertragung von unterstützenden Prozessen und der Integration von Zulieferern, um sich auf das Kerngeschäft zu fokussieren. Durch die Ausstattung der Industrie 4.0 mit CPS und die Smart Maintenance mit entsprechenden Assistenzsystemen kann eine neue Dienstleistungsbranche mit dem Schwerpunkt der Fernwartung und Datenanalyse entstehen. Bereits bestehende Geschäftskonzepte der Betreibermodelle oder Pay-per-use können sich weiter verbreiten und entwickeln. Produzierende Unternehmen können auf dieser Basis ihre Kernkompetenzen schärfen und ausbauen. Als strategischer Erfolgsfaktor ist die Smart Maintenance in diesem Zusammenhang stets ein festes Element der Smart Factory. Die Geschäftsprozesse vollziehen sich in Form von Kollaborationen und einer gemeinsamen Ausrichtung auf das Ziel einer erfolgreichen Smart Factory.

4.2 STANDARDS, NORMEN UND GESETZE

Gleichermaßen sind Referenzarchitekturen und -modelle für die Industrie 4.0 wie auch für die Smart Maintenance voranzutreiben. Diese bilden eine standardisierte Entwicklungsbasis für weitere gemeinsame Vorhaben, sie müssen Standards enthalten und dafür Sorge tragen, dass alle „dieselbe Sprache sprechen“. Dazu gilt es, alle beteiligten Parteien, nämlich Politik, Verbände und Unternehmen, zusammenzubringen, um die Anforderungen an Referenzarchitekturen und -modelle gemeinsam zu definieren. Da die Industrie 4.0 und damit auch die Smart Maintenance

Themen mit einer hohen Entwicklungsgeschwindigkeit darstellen, müssen diese Grundlagen so schnell wie möglich geschaffen werden. Nur auf diese Weise können fixe Bezugspunkte für die kollaborative Entwicklung zukünftiger Produkte, Produktionsstrukturen, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle geschaffen werden. Andernfalls droht aus einer Industrie 4.0 eine zersplitterte, ungeplante und im Nachhinein nicht mehr beherrschbare Entwicklung zu werden. In diesem Zusammenhang seien die Arbeiten des RAMI 4.0-Projektes als positives Beispiel und Leuchtturm erwähnt. Im Rahmen der Zusammenarbeit des ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) mit Industriepartnern konnte der erste Schritt zur Darstellung einer Industrie 4.0-Referenzarchitektur erfolgreich gegangen werden.³⁹

Die Industrie 4.0 zielt darauf ab, das Internet als primäres Kommunikationsmedium zu nutzen. Dabei wird die erzeugte, zu speichernde und schlussendlich zu verarbeitende Datenmenge einen ebenso starken Anstieg erfahren wie die Entwicklung der Rechnerleistung nach dem Moor'schen Gesetz.⁴⁰ Das Internet ist als Kommunikationsmedium dabei auch im privaten Bereich heute stark verbreitet. Um in der Gesellschaft auf Akzeptanz zu stoßen, muss dringend darauf geachtet werden, dass die Industrie 4.0 nicht das Internet zum Erliegen bringt. Die Smart Maintenance ist dabei von Beginn an als hochgradig datenabhängiger und datenerzeugender Bereich in die Entwicklung von benötigten Referenzmodellen zu integrieren.

Gleichermaßen gilt es, technische Standards zu setzen. Software und Hardware der Industrie 4.0 werden sich aufgrund ihrer Verbreitung, Praktikabilität und nicht zuletzt basierend auf ihrer Kosteneffizienz dabei ebenso als „gelebte Standards“ etablieren wie bisher. Dahingegen sind die Aspekte Safety & Security in den Fokus zu rücken. Betriebs- und Instandhaltungsdaten bieten einen hohen Informationsgehalt über die Leistungsfähigkeit

³⁹ ZVEI 2015.

⁴⁰ Bauernhansl 2014, S. 18.

von Unternehmen und stellen in höchstem Maße erfolgskritische Daten dar, die vor Diebstahl und Missbrauch geschützt werden müssen. Vor allem die Definition von benötigten mobilen Daten bei dezentral verteilten Instandhaltungseinsätzen spielt in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle und ist zu berücksichtigen.

Ergänzend zu Standards, Normen und Modellen ist die Entwicklung einer die Industrie 4.0 unterstützenden Rechtsgrundlage erforderlich. Der Datenaustausch in Netzwerken und über Clouds der Smart Factory ist bisher nicht ausreichend definiert. Insbesondere die fortschreitende Globalisierung und die geschäftlichen Beziehungen von weltweit verteilten Geschäftspartnern bedingen eine Überholung und Weiterentwicklung der Rechtsprechung. Es sind rechtliche Grundlagen zur Verwendung und Weitergabe von

Daten ebenso zu erstellen wie rechtliche Aspekte zum Datenschutz zu berücksichtigen. Hinsichtlich des Datenaustausches innerhalb von Smart Factories, ganz besonders im Dienstleistungsbereich der Smart Maintenance, ist es von höchster Bedeutung, dass die rechtliche Basis für Kollaborationen geschaffen wird, um kartellrechtliche Bedenken auszuräumen. Grundsätzlich sind zudem die Zuständigkeit und der Verantwortungsrahmen rechtlich zu definieren. Speziell im Bereich der Smart Maintenance gilt es beispielsweise, die Zugriffs- und Verfügbarkeitsrechte abseits des Werksgeländes der Wertschöpfungspartner festzulegen. Insgesamt sind rechtliche Barrieren zum Datenaustausch und zur Zusammenarbeit zwischen Unternehmen zu überprüfen und abzubauen, um die Unternehmen rechtlich in die Lage zu versetzen, die Potenziale der Industrie 4.0 bestmöglich auszuschöpfen.

5 BIG PICTURE UND HANDLUNGSFELDER DER SMART MAINTENANCE

Industrie 4.0 beschreibt eine Vision und ein Idealbild der Zukunft. Für die Smart Maintenance als elementarer Bestandteil der Industrie 4.0 muss es eine solche Vision in ähnlicher Form geben, damit auch in Zukunft am Produktionsstandort Deutschland wettbewerbsfähig Produkte und Dienstleistungen bereitgestellt werden können.

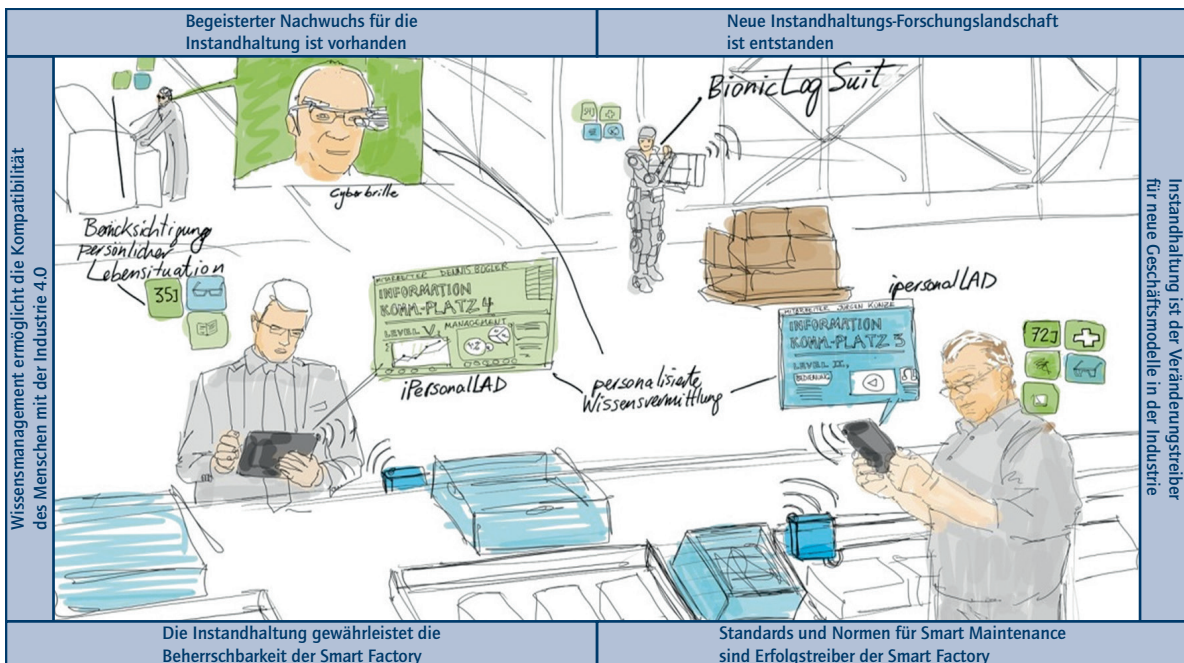
Im Zuge der Analyse des Status quo der Instandhaltung und ihrer Vorbereitung auf die Industrie 4.0 konnten diverse Handlungsfelder identifiziert werden, welche gleichermaßen die Potenziale einer Industrie 4.0 für die Instandhaltung und die Bedeutung der Smart Maintenance für eine erfolgreiche Umsetzung der Industrie 4.0 aufzeigen.

Das Ergebnis ist ein „Big Picture“ der Smart Maintenance, welches die wichtigsten Handlungsfelder vereint und eine Vision vorstellt, die es durch das gemeinschaftliche Verfolgen von konkreten Handlungen und Aktionen durch Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu erreichen gilt.⁴¹

Die identifizierten und für eine erfolgreiche Smart Maintenance zu erreichenden Kernelemente sind:

- (1) Begeisterter Nachwuchs für die Instandhaltung ist vorhanden.
- (2) Eine neue Instandhaltungs-Forschungslandschaft ist entstanden.
- (3) Die Instandhaltung ist der Veränderungstreiber für neue Geschäftsmodelle in der Industrie.

Abbildung 5: Big Picture Smart Maintenance



⁴¹ Die hier genannten Handlungsfelder weisen – vergleichbar mit den Handlungsempfehlungen – unterschiedliche Gewichtungen beziehungsweise Reifegrade auf, anhand derer eine interne Differenzierung vorgenommen werden kann.

- (4) Standards und Normen der Smart Maintenance vereinfachen die Abläufe in der Industrie.
- (5) Die Instandhaltung gewährleistet die Beherrschbarkeit der Smart Factory.
- (6) Wissensmanagement ermöglicht die Kompatibilität der Industrie 4.0 mit dem Menschen.

1. Nachwuchs für die Smart Maintenance

Es herrscht Konsens darüber, dass auch in Zukunft – trotz zunehmender Digitalisierung, Vernetzung und des immer weiter fortschreitenden Einsatzes von neuen Technologien – der Mensch eine unverzichtbare Konstante im Bereich der industriellen Instandhaltung darstellen wird. Jedoch wird es von entscheidender Bedeutung sein, dass Fachkräfte sowohl adäquat ausgebildet als auch in ausreichender Zahl auf dem Arbeitsmarkt vorhanden sind. Hier ist noch einmal hervorzuheben, dass auch in Zukunft ungeachtet aller technologischer Unterstützung sowie umfangreicher Datenerhebung und -analyse weiterhin die grundlegenden technischen und handwerklichen Fertigkeiten des Instandhaltungspersonals erforderlich sein werden. Hier gilt es, dem schlechten Image und der fehlenden Attraktivität des Berufsbildes „Instandhalterin“ beziehungsweise „Instandhalter“ aktiv entgegenzuwirken. Bereits in der Schule sollten die Berufschancen und das abwechslungsreiche und stark von Technik, Kommunikation und Interdisziplinarität geprägte Arbeitsbild ansprechend dargestellt werden, damit gewährleistet werden kann, dass die Smart Maintenance nicht am Fehlen des wichtigsten Elements scheitern wird: dem Menschen.

2. Forschung und Förderung der Smart Maintenance

Im Bereich der Industrie 4.0 wurden die ersten Schritte bereits gemacht, im Hinblick auf die Smart Maintenance stehen wir jedoch noch ganz am Anfang. Um bezüglich der Erforschung und Entwicklung zu ersten realisierten Praxisanwendungen und -lösungen zu gelangen, ist es erforderlich, eine auf diese Ziele ausgerichtete Umgebung zu schaffen, die sowohl Forschung und Entwicklung

fördert als auch eine ausreichende Finanzierung – damit sei hier ausdrücklich einerseits das Engagement von Bund und Ländern, andererseits aber eben auch der Wirtschaft gemeint – sicherstellt. Eine Zusammenführung von (angewandter) Forschung und Industrie – einer Einbindung von KMU sollte hier eine besondere Bedeutung zukommen – mithilfe von zentralen Koordinationsstellen sowie konzentrierten Forschungs- und Entwicklungs-Hubs ist anzustreben. So können alle relevanten Akteure direkt miteinander in Kontakt treten, die interdisziplinäre Entwicklung und Implementierung kann vorangetrieben werden, und Ergebnisse können schnellstmöglich getestet, visualisiert und kommuniziert werden.

3. Geschäftsmodelle für und mit Smart Maintenance

Mit einer weitreichenden und tief greifenden Veränderung der Instandhaltung, die mit der Smart Maintenance verbunden sein wird, ergibt sich auch die Chance, neue Geschäftsmodelle sowohl für die Smart Maintenance als auch für die Industrie 4.0 zu entwickeln und zu etablieren. Instandhaltungs-Dienstleister sowie originäre Instandhalterinnen und Instandhalter haben die Möglichkeit, basierend auf den neuen technischen Möglichkeiten und der Anpassung an die Smart Maintenance ihre Aktivitäten und Leistungen für die Kunden zu neuen, attraktiven und hochgradig effizienten Leistungsbündeln zusammenzustellen und aktiv zu vermarkten. Damit kann sowohl ein Beitrag zur Sicherung des Wirtschaftsstandortes Deutschland als auch zur Stärkung der Instandhaltungsbranche geleistet werden. Um neue Geschäftsmodelle – und damit verbunden auch neue Formen der Kooperation und der Zusammenschlüsse zu Netzwerken und Konsortien – erfolgreich umzusetzen, muss dafür Sorge getragen werden, dass geeignete rechtliche Rahmenbedingungen gegeben sind. Auf diesem Weg kann die Smart Maintenance als Treiber der vierten industriellen Revolution fungieren und ermöglicht dadurch die maximale Ausschöpfung der Potenziale der Industrie 4.0.

4. Entwicklung neuer Standards und Normen für die Smart Maintenance

Neu- beziehungsweise Weiterentwicklungen in Technik und Technologie sind häufig von einer Aufbruchsstimmung geprägt. Jedoch muss sichergestellt werden, dass die daraus resultierenden Veränderungen geplant und strukturiert verlaufen, um insbesondere im Kontext der Industrie 4.0 eine einheitliche Ordnung zu schaffen. Daher ist es für die Smart Maintenance unerlässlich, die Frage nach Regeln, Standards und Normen zu beantworten. Neben der Erarbeitung eines möglichst einheitlichen und gemeinsamen Weges in Richtung neuer Prozesse und technischer Lösungen geht es dabei vor allem um die nachvollziehbare Integration der Instandhaltung als Smart Maintenance in den weiterreichenden Entwicklungskomplex der Industrie 4.0. Andernfalls wird sich die Smart Maintenance nicht als tragende Säule der Industrie 4.0 behaupten können. Ebenso besteht die Gefahr, dass sich „Insellösungen“ in der Instandhaltung etablieren und den Potenzialen und dem Fortschritt der Industrie 4.0 entgegenwirken. Ganzheitliche Lösungen müssen geschaffen werden, die wirtschaftlich bewertet und miteinander vernetzt werden können. Nichtsdestotrotz gilt es, ein gewisses Maß an Schnelligkeit bei der Entwicklung und Erarbeitung von Standards und Normen und auch die experimentelle Untersuchung von potenziellen Lösungen (Try and Error) aktiv und prozessbegleitend anzustreben.

5. Smart Maintenance treibt die Smart Factory

Die Instandhaltung der Zukunft hat als Smart Maintenance gegenüber allen anderen beteiligten Bereichen der Industrie eine zentrale und für die gesamte Industrie 4.0 erfolgsentscheidende Aufgabe: Sie muss

die technischen und technologischen Elemente und Entwicklungen verstehen. Das Verständnis der eingesetzten Technologie und Technik stellt für die Instandhaltung die Grundlage dar, um die Zuverlässigkeit der Maschinen und Anlagen in der Smart Factory gewährleisten zu können. Darüber hinaus wird es der Smart Maintenance obliegen, die „Kinderkrankheiten“ der Industrie 4.0 zu identifizieren und zu beheben, um diese überhaupt erfolgreich und funktional einführen zu können. Des Weiteren wird die Smart Maintenance im Zuge der Beibehaltung ihrer konventionellen Aufgaben die Verantwortung dafür tragen, dass die Industrie 4.0 auf der operativen Ebene weiterentwickelt und bestehende Elemente der Smart Factory verbessert werden.

6. Smart Maintenance bindet den Menschen aktiv in Industrie 4.0 ein

Für den Erfolg der Smart Maintenance sind vorrangig zwei Faktoren von großer Bedeutung: Zum einen ist das Wissen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, welches heute noch allzu oft ausschließlich in deren Köpfen als Erfahrungswissen vorhanden ist, derart aufzugreifen und verfügbar zu machen, dass es der gesamten Instandhaltung zugutekommen kann. Hier gilt es zum einen, neben der Förderung der aktiven Weiterbildung und -befähigung auch der Mitarbeiterfluktuation und dem demografischen Wandel entgegenzutreten. Zum anderen muss dafür Sorge getragen werden, dass der Mensch – in diesem Fall die Instandhalterin und der Instandhalter – optimal in die Smart Maintenance integriert werden kann. Geeignete Assistenzsysteme und technische Lösungen werden hier eine entscheidende Rolle spielen und müssen im Fokus von Entwicklungen und Forschung stehen.

6 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Industrie 4.0 hat bereits begonnen, das produzierende Gewerbe in Deutschland entscheidend zu verändern. Die Auswirkungen werden in Zukunft noch erheblich zunehmen. Es gilt, gleichermaßen die Potenziale der Industrie 4.0 wie auch der Smart Maintenance zu heben. Ziel ist eine gemeinschaftliche, wirtschaftlich und funktional optimale Leistungsfähigkeit. Um den Fortschritt der Industrie 4.0 gezielt steuern und vorantreiben zu können und die Unternehmen, die Gesellschaft und die Politik auf den bevorstehenden Wandel vorzubereiten, gibt acatech die folgenden Empfehlungen zur Einführung und Entwicklung einer Smart Maintenance:

POLITIK

i. Gezielte Förderung der Smart Maintenance-Entwicklung:

Die bisherigen Forschungsansätze und -projekte zur Industrie 4.0 schenken der Instandhaltung eher als Nebenfunktion der Produktion Beachtung, anstatt sie als strategischen Erfolgsfaktor für die Industrie direkt zu betrachten. Der mögliche Beitrag einer Smart Maintenance zur Industrie 4.0 wurde bislang weder in seiner funktionalen Bedeutung noch in seinen wirtschaftlichen Potenzialen untersucht. Im Zuge der Implementierung der Hightech-Strategie 2020 der Bundesregierung wurden 200 Millionen Euro⁴² zur Forschungsförderung bewilligt. Um eine ausreichende Beherrschbarkeit und Stabilität der Industrie 4.0 gewährleisten zu können sowie die postulierten Potenziale gänzlich auszuschöpfen, bedarf es einer hohen Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen. Diese wird die Instandhaltung nur mithilfe ausgereifter Schlüsseltechnologien, hochqualifizierter und gezielt ausgebildeter Fach- und Führungskräfte sowie entsprechender Integrations- und Interoperabilitätsstandards leisten können. acatech empfiehlt, gemessen an der Bedeutung der Instandhaltung für das BIP von rund zehn Prozent einen ebenso hohen Anteil des Forschungsetats zur Hightech-Strategie 2020 für die Entwicklung der Smart Maintenance bereitzustellen.

ii. Anreize zum Umwelt- und Ressourcenschutz:

Die Instandhaltung ist eine wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige Produktion, und der Umwelt- und Klimaschutz fällt in ihren Verantwortungsbereich. Hierfür muss das entsprechende Bewusstsein geschaffen werden, und effiziente ressourcensparende Instandhaltungsmaßnahmen müssen finanziell und öffentlichkeitswirksam unterstützt werden. acatech empfiehlt, in zukünftigen industriepolitischen Maßnahmenplänen Anreize zu schaffen, die die Implementierung wirtschaftlich nachhaltiger, energie- und emissionsparender Instandhaltungsstrategien in der Industrie fördern.

iii. Einrichtung eines Implementierungsrates der Smart Maintenance:

Ein Implementierungsrat zur Smart Maintenance in der Industrie 4.0 ist zwingend einzurichten und eine finanzielle Unterstützung von der Bundesregierung sicherzustellen. Es ist ein Gremium zu schaffen, welches zwischen Wirtschaft und Industrie sowie Politik als kommunikative Schnittstelle fungiert. Auf diese Weise können Synergien gebündelt und gemeinschaftliche Interessen auch gemeinsam verfolgt werden. Die Projekte zur Entwicklung und Umsetzung der Smart Maintenance werden durch dieses Gremium koordiniert, Planung, Durchführung, Kontrolle und Verbesserung werden unterstützt. Ein Implementierungsrat dient dabei insbesondere klein- und mittelständischen Unternehmen als zentrale Anlaufstelle, welche andernfalls aus wirtschaftlichen Gründen nicht an einer Smart Maintenance partizipieren könnten.

iv. Förderung des Exports von Smart Maintenance-Technologien:

Die Bundesregierung sollte deutsche Unternehmen bei der Entwicklung, Herstellung und dem Vertrieb von Smart Maintenance-Technologien unterstützen. Die Smart Maintenance muss als strategisches und langfristiges Geschäftsfeld in Deutschland verankert

⁴² Forschungsunion/acatech 2013, S. 27.

werden. Beispielsweise muss der internationale Vertrieb von Condition Monitoring-Technologien rechtlich vereinfacht und gefördert werden, da die nachgelagerten langfristig abhängigen Geschäftsbeziehungen zu deutschen Unternehmen den Wirtschaftsstandort nachhaltig stärken. Parallel dazu ist es zur Vorbeugung von Datenmissbrauch und -diebstahl sowie einer Know-how-Abwanderung in andere Länder erforderlich, eine Rechtsgrundlage für die Speicherung, die Verwendung, den Zugriff und die Sicherheitsstandards von Daten voranzutreiben. Dies bietet Unternehmen die nötige Rechtssicherheit im Hinblick auf die Nutzung von Daten, sodass in der Folge neue Geschäftsmodelle in der Industrie 4.0 entstehen können. Diese POSITION zeigt die immensen Potenziale für die Smart Maintenance in diesem Zusammenhang deutlich auf, sodass acatech die gezielte politische Förderung durch die Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen in diesem Bereich empfiehlt.

v. Sicherstellung der Befähigung der Instandhaltung:

Die Instandhaltung muss zur Smart Maintenance weiterentwickelt werden, um in der Industrie 4.0 bestehen zu können. Dafür gilt es, die Verschiebung und Erweiterung der inhaltlichen Verantwortungsbereiche der Smart Maintenance im Übergang von der Instandhaltung zur Smart Maintenance zu identifizieren und im Anschluss scharf zu definieren. Vor allem der Wandel vom handwerklichen Tätigkeitsschwerpunkt hin zur Betreuung informationstechnischer Instandhaltungselemente muss gezielt vorbereitet werden, damit die technische Funktionalität der Industrie 4.0 gewährleistet werden kann. Darüber hinaus sind die Tätigkeitsfelder der „Safety und Security“ in der Industrie 4.0 auf die Smart Maintenance zu fokussieren. Im Zuge der Betreuung von Maschinen und Anlagen der Industrie 4.0 im Betrieb gewinnt die funktionale Leistungsfähigkeit der Smart Maintenance in diesem Bereich an Bedeutung, da die Integrität eines jeden technischen

Elements einer Wertschöpfungskette der Industrie 4.0 gleichermaßen die Integrität der gesamten Wertschöpfungskette determiniert. Diese Kontrolle und Pflege der technischen Elemente der Industrie 4.0 kann nur durch die Instandhaltung erfolgen. Unternehmen sollten motiviert werden, ihre Instandhaltung den Erfordernissen der Industrie 4.0 anzupassen. Dazu müssen die Leistungen der Smart Maintenance sichtbar werden. Leuchtturmprojekte mit hoher Strahlkraft und innovativen Lösungen sind hierfür ein geeignetes Mittel. Daher empfiehlt acatech die gezielte und explizite Aufnahme der Smart Maintenance in die Hightech-Strategie der Bundesregierung sowie die Einrichtung von Forschungs- und Förderprojekten unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

WIRTSCHAFT/INDUSTRIE/VERBÄNDE UND INSTITUTIONEN

vi. Erforschung des Maintenance Data Managements:

Das personengebundene Experten- und Fachwissen von Instandhalterinnen und Instandhaltern muss gesichert und mit den Daten und Informationen der Industrie 4.0 zusammengeführt werden. In der Instandhaltung liegen in der Regel sehr wenige vergleichbare und in ihrem Umfang für eine valide Einschätzung ausreichende Datenmengen vor, sodass bisherige statistische Methoden für die Anforderungen einer Smart Maintenance weiterentwickelt werden müssen. Dazu sind Methoden, Hard- und Software zu entwickeln, welche den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Smart Maintenance im operativen Einsatz – anstelle der konventionellen unbearbeiteten und in diesem Sinne „rohen“ Daten – explizites Wissen in einem bedarfsgerechten Aggregations- und Abstraktionsniveau zur Verfügung stellen. Die lokal nicht mehr überschaubare und in noch viel geringerem Umfang beherrschbare

Komplexität bedingt aus der Sicht von acatech zwingend die Erforschung eines speziell auf die Smart Maintenance zugeschnittenen Datenmanagements. Um in der Gesellschaft auf Akzeptanz zu stoßen, ist gleichzeitig darauf zu achten, dass die nicht einschätzbare Menge an Datenströmen in der Industrie 4.0 nicht das Internet zum Erliegen bringt.

vii. Schaffung bedarfsgerechter Qualifikationsmodelle und -profile:

Die fachliche Grundausbildung muss weiterentwickelt und zusätzliche betriebswirtschaftliche Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten müssen in der Instandhaltung geschaffen werden. Ebenso gilt es, Führungskräfte für die Smart Maintenance auf die strategische und juristische Verantwortung ihrer Entscheidungen vorzubereiten. Dazu ist es elementar, die Anforderungsprofile der Instandhalterinnen und Instandhalter auf jeder Ebene hinsichtlich der Industrie 4.0 zu schärfen, um diese gezielt qualifizieren zu können. Anreize und Methoden für ein lebenslanges Lernen sind zu erforschen und zu entwickeln sowie bereits in die schulische Ausbildung zu integrieren. Darüber hinaus sind Weiterbildungsangebote für die Instandhalterinnen und Instandhalter der Industrie 4.0 zu erarbeiten und fortlaufend anzupassen, um mit den neuesten technologischen und systemischen Veränderungen Schritt halten zu können. Außerdem muss der akademische Nachwuchs adressiert werden, und als zukünftige Fach- und Führungskräfte sind die Studentinnen und Studenten auf die Smart Maintenance der Industrie 4.0 gezielt vorzubereiten. Eine strategische Personalentwicklung in der Industrie muss das Kernelement im Rahmen der Nachwuchsgewinnung in der Instandhaltung werden. acatech empfiehlt die Einrichtung von dualen, fachhochschulischen und universitären Studiengängen mit einer inhaltlichen Ausrichtung des Lehrschwerpunktes auf die Instandhaltung und deren Entwicklung zur Smart Maintenance.

viii. Förderung von Kooperationen:

Das größte Potenzial der Industrie 4.0 ist in der zeit- und ortsunabhängigen Informationsverfügbarkeit zu sehen. Konzerne und große Unternehmen verfügen in diesem Zusammenhang bereits über ein hohes Maß an internen Daten und Informationen. Damit klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) überhaupt an der Industrie 4.0 teilnehmen und in der Folge die Entwicklung der Industrie 4.0 fördern können, müssen kollaborative Geschäftsprozesse, Standardprozeduren und Kooperationsplattformen für den Austausch industrieller Unternehmen entwickelt werden. Diese können beispielsweise durch Leuchtturmprojekte mit hoher Strahlkraft gefördert werden. Zur Vorbeugung kartellrechtlicher Probleme sind die rechtlichen Rahmenbedingungen dafür frühzeitig zu schaffen. Nur auf diese Weise können Hersteller, Kunden und Dienstleister das maximale wirtschaftliche und funktionale Potenzial der Industrie 4.0 realisieren. Speziell bei der Entwicklung ganzheitlicher Lösungsangebote anstelle der konventionellen Produkte sind geregelte Kooperationen und Austausche unabdingbar. Dazu empfiehlt acatech die Gestaltung von Instandhaltungshubs zur Smart Maintenance, um zu testen, wie KMU und Großunternehmen miteinander vernetzt werden können. Diese Instandhaltungshubs beinhalten gemeinschaftlich nutzbare Labore und Versuchsfelder zur Entwicklung und Erprobung neuer Konzepte und Technologien in der Smart Maintenance und bieten die Chance, parallel zum laufenden Betrieb der einzelnen Unternehmen Praxistests von entwickelten Lösungen gemeinsam durchzuführen. Auf diese Weise können KMU finanziell entlastet und in die Entwicklung der Smart Maintenance und der Industrie 4.0 aktiv integriert werden. Zugleich wird durch die Aufteilung des finanziellen Risikos und die Erweiterung der personellen fachlichen Kompetenzen die Bereitschaft von Großunternehmen gesteigert, eine Pionierrolle bei der Entwicklung der Smart Maintenance zu übernehmen.

ix. Synchronisierte Erforschung der Smart Maintenance durch Wirtschaft und Wissenschaft:

Wissenschaft und Wirtschaft verfolgen unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Entwicklung der Industrie 4.0. Es hat sich herauskristallisiert, dass das Interesse der Wissenschaft bei der Entwicklung von Grundlagen und Methoden sowie einem globalen Scope liegt, welche Potenziale sich insgesamt mit der Industrie 4.0 realisieren lassen. Die Wirtschaft beziehungsweise die Unternehmen hingegen zielen in hohem Maße auf die Praktikabilität und den unmittelbaren Nutzen von neuen Entwicklungen ab. Zur Nutzung der Synergieeffekte müssen diese beiden Ansätze synchronisiert werden. Die Wissenschaft kann als Partner der Unternehmen die methodischen Grundlagen zu konkreten Forschungsprojekten liefern. Gemeinsam entsteht aus einer punktuellen, lokalen und individuellen Entwicklung der Industrie 4.0 ein systematisches, gemeinschaftliches und beherrschbares Bild der Industrie 4.0 mit einem Vielfachen der Potenziale für alle Beteiligten.

x. Entwicklung von Normen und Standards zur Smart Maintenance:

Während in vielen Schnittstellenprozessen zwischen Unternehmensbereichen oder in Geschäftsbeziehungen bereits definierte Standards zur Kommunikation oder Regelprozesse im Ablauf existieren, ist die Instandhaltung bisher oftmals nicht berücksichtigt worden. Dies gilt es für die Implementierung der Smart Maintenance in der Industrie 4.0 zu ändern. Als Garant und Enabler für ganzheitliche Lösungskonzepte anstelle konventioneller Produkte ist die Smart Maintenance zwingend in die Regelkommunikation zwischen Herstellern, Kunden und Dienstleistern einzubeziehen. Die Smart Maintenance ist in der Lage, umfangreiche Daten und Informationen von Maschinen und Anlagen im Betrieb zur Verfügung zu stellen, wobei sie im gleichen Maße auf den Input anderer Bereiche oder Unternehmen angewiesen ist, um eine maximale Effizienz und Effektivität ihrer Maßnahmen erzielen zu können. Zur Vereinfachung und rechtlichen Absicherung der beteiligten Partner sind entsprechende Standards für Informations- und Kommunikationsprozesse und Normen für technische Komponenten zu entwickeln

LITERATUR

Bauernhansl 2014

Bauernhansl, Thomas: „Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma“. In: Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael/Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung – Technologien – Migration*, Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014, S. 5–35.

BMBF 1999

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): *Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“*, Troisdorf, 1999.

BMBF 2014

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): *Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland*, Berlin, 2014.

BMWi 2015

Bischoff, Jürgen (Hrsg.): *Erschließen der Potentiale der Anwendung von „Industrie 4.0“ im Mittelstand*. Mülheim an der Ruhr: agiplan GmbH 2015.

DIN 31051

DIN 31051 (2012): *Grundlagen der Instandhaltung. Normenausschuss für technische Grundlagen*, Berlin: Deutsches Institut für Normung e. V.

Eckhoff et al. 2014

Eckhoff, Robert/Güntner, Georg/Markus, Mark: *Bedürfnisse, Anforderungen und Trends in der Instandhaltung 4.0*. URL: <http://www.salzburgresearch.at/wp-content/uploads/2014/12/IH40-Analyse-final.pdf> [Stand: 26.06.2015].

Forschungsunion/acatech 2013

acatech (Hrsg.): *Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, Berlin 2013.

Geissbauer et al. 2012

Geissbauer, Reinhard/Griesmeier, Alexander/Feldmann, Sebastian/Toepert, Matthias: *Serviceinnovation. Potenzielle industrieller Dienstleistungen erkennen und erfolgreich implementieren*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2012.

Hirsch-Kreinsen 2014

Hirsch-Kreinsen, Hartmut: *Wandel von der Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“*. In: H. Hirsch-Kreinsen; J. Weyer (Hrsg.), *Soziologische Arbeitspapier 38/2014*. URL: http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz_arbeitspapiere/AP-SOZ-38.pdf [Stand: 26.06.2015].

ifo Institut 2015

ifo Institut: *Deutschland steigert Kapitalexporte auf neuen Rekord*. URL: http://www.cesifo-group.de/de/ifo-Home/presse/Pressemitteilungen/Pressemitteilungen-Archiv/2015/Q1/press_20150202_Kapitalexport.html [Stand: 21.07.2015].

iManufacturing 2014

Adams, Nico/Lefort, Laurent/King, Peter/Prentice, Leon/Taylor, Kerry/Kambouris, Peter: *Equipping Australian Manufacturing for the Information Age: iManufacturing – Is Australia ready?* In: Discussion Paper, 2014, URL: <http://www.csiro.au/en/News/News-releases/2014/Australia-examines-its-strengths-and-sees-its-future-in-iManufacturing> [Stand: 12.08.2015].

Industrialinternetconsortium 2015

Internetauftritt des Industrial Internet Consortium, URL: <http://www.industrialinternetconsortium.org> [Stand:12.08.2015].

Instandhaltung 4.0 2015

Forschungsprogramm im Rahmen der FTI-Initiative „Produktion für die Zukunft“ gefördert und von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) als Vertreter des bmvit als Fördergeber abgewickelt, URL: <http://instandhaltung40.salzburgresearch.at/ergebnisse/> [Stand: 29.06.2015].

Kraft/Schoneboom 2015

Kraft, Volker/Schoneboom, Jens: „Möglichkeit und Auswahl von TMS“. In: *Software in der Logistik*, 2015.

Kuhn/Bandow 2009

Kuhn, Axel/Bandow, Gerhard: „Industrielles Servicemanagement – Garant für unternehmerischen Erfolg“ auf der Veranstaltung *Zukunftsfähige Personalentwicklung für den industriellen Standort*, Dortmund 2009.

Kuhn et al. 2013

Kuhn, Axel/Wötzel, André/Bandow, Gerhard: „Zukunft der Instandhaltung“. In: Bandow, Gerhard (Hrsg.): *Veränderung beherrschen. Exzellente Lösungen aus Praxis und Wissenschaft*, Reihe: Forum Vision Instandhaltung, Band 15, Dortmund: Verlag Praxiswissen 2013, S. 17–42.

Made in China 2025

Internetauftritt des Center for Strategic and International Studies, URL: <http://csis.org/publication/made-china-2025> [Stand: 12.08.2015].

Mandelartz 2009

Mandelartz, Johannes: „VDI-Richtlinien – mit Technischen Regeln Wirtschaftlichkeit erhöhen und Standards setzen“. In: Reichel, Jens/Müller, Gerhard/Mandelartz, Johannes (Hrsg.): *Betriebliche Instandhaltung*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2009, S. 311–318.

Musahl 2007

Musahl, Hans-Peter: „Fehlerfreundlichkeit. Kognitionspsychologische Herausforderungen eines komplexen Störungsmanagements in Mensch-Maschine-Systemen“. In: VDI-Gesellschaft (Hrsg.): *VDI-Berichte 1991*, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 2007, S. 1–20.

Österle/Senger 2006

Österle, Hubert/Senger, Enrico: „Innovative Geschäftskonzepte im After Sales Service“. In: Barkawi, Karim/Baader, Andreas/Montanus, Sven (Hrsg.): *Erfolgreich mit After Sales Services. Geschäftsstrategien für Servicemanagement und Ersatzteillogistik*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2006, S. 37–54.

Riemenschneider 2014

Riemenschneider, Frank: *Machen US-Giganten ihr eigenes Industrie 4.0?* URL: <http://www.elektroniknet.de/automation/sonstiges/artikel/107309/> [Stand: 26.06.2015].

Schuh et al. 2014

Schuh, Günther/Potente, Till/Thomas, Christina/Hauptvogel, Annika: „Steigerung der Kollaborationsproduktivität durch cyber-physische Systeme“. In: Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael/Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung – Technologien – Migration*, Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014, S. 277–295.

Schupp 2003

Schupp, Franz: *Geschichte der Philosophie im Überblick: Band 3: Neuzeit*; Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2003, S. 63.

Sendler 2013

Sendler, Ulrich: *Industrie 4.0 – Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*; Springer Vieweg Verlag, Berlin, Heidelberg: 2013, S. 9.

SFB 696 2006

Sonderforschungsbereich (SFB) 696 „Forderungsgerechte Auslegung von intralogistischen Systemen – Logistics on Demand“, URL: <http://www.sfb-696.de/indexef73.html?id=33> [Stand: 12.08.2015].

Smart Industry 2013

Action agenda smart industry, the Netherlands, URL: <http://www.smartindustry.nl/wp-content/uploads/2014/11/Smart-Industry-Action-Agenda-Summary.pdf> [Stand: 12.08.2015].

Spath et al. 2012

Spath, Dieter (Hrsg.)/Ganscher, Oliver/Gerlach, Stefan/Hämmerle, Moritz/Krause, Tobias/Schlund, Sebastian: *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag 2013.

Ten Hompel 2014

Ten Hompel, Michael: „Software produzieren wie Autos“. In: *IT-Manager*, Nr. 6, 2014.

Terziyan 2008

Terziyan, Vagan: *SmartResource – Proactive SelfMaintained Resources in Semantic Web: Lessons Learned*. In: *International Journal of Smart Home*, Vol. 2, No. 2, 2008, URL: http://www.sersc.org/journals/IJSH/vol2_no2_2008/IJSH-Vol.2-No.2-R01-SmartResource%20-%20Proactive%20Self-Mai.pdf [Stand: 12.08.2015].

Uhlmann et al. 2012

Uhlmann, Eckart/Otto, Franz/Geisert, Claudio: Software optimiert Serviceprozesse an Werkzeugmaschinen. In: *Werkstattstechnik online* Jahrgang 102 (2012) H. 7/8, Springer-VDI-Verlag GmbH & 484 Co. KG, Düsseldorf, 2012, S. 480–484.

VDE 2015

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: *VDE-Studie zeigt: Industrie 4.0 ist in zehn Jahren da*. URL: <https://www.vde.com/de/Verband/Pressecenter/Pressemeldungen/Fach-und-Wirtschaftspresse/2015/Seiten/23-15.aspx> [Stand: 17.06.2015].

VDI 2011

VDI Gesellschaft Produktion und Logistik: *Instandhaltungsaufwand in Deutschland*. URL: <http://www.vdi.de/technik/fachthemen/produktion-und-logistik/artikel/instandhaltungsaufwand-in-deutschland/> [Stand: 08.12.2014].

ZVEI 2015

ZVEI: *Industrie 4.0: Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)*, URL: http://www.zvei.org/Downloads/Automation/ZVEI-Faktenblatt-Industrie4_0-RAMI-4_0.pdf [Stand 12.08.2015].

> acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

acatech vertritt die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu unterstützen und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um den Diskurs über technischen Fortschritt in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft darzustellen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; das Präsidium, das von den Mitgliedern und Senatoren der Akademie bestimmt wird, lenkt die Arbeit; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten vor allem aus der Industrie, aus der Wissenschaft und aus der Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin und einem Büro in Brüssel vertreten.

Weitere Informationen unter www.acatech.de