



## > 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	Hauptstadtbüro	Brüssel-Büro
Residenz München	Pariser Platz 4a	Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
Hofgartenstraße 2	10117 Berlin	1000 Brüssel
80539 München		Belgien

T +49 (0) 89 / 5 20 30 90	T +49 (0) 30 / 2 06 30 96 0	T +32 (0) 2 / 2 13 81 80
F +49 (0) 89 / 5 20 30 99	F +49 (0) 30 / 2 06 30 96 11	F +32 (0) 2 / 2 13 81 89

E-Mail: [info@acatech.de](mailto:info@acatech.de)  
Internet: [www.acatech.de](http://www.acatech.de)

**Empfohlene Zitierweise:**

acatech (Hrsg.): *Smart Maintenance für Smart Factories. Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben* (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag 2015.

ISSN 2192-6166/ISBN 978-3-8316-4493-3

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH • 2015

Koordination: Dr.-Ing. Christoph Vornholt  
Redaktion: Linda Treugut  
Layout-Konzeption: acatech  
Konvertierung und Satz: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, Sankt Augustin

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Printed in EC  
Herbert Utz Verlag GmbH, München  
T +49 (0) 89 / 27 77 91 00  
Internet: [www.utzverlag.de](http://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](http://www.acatech.de/publikationen) zur Verfügung.

## > INHALT

<b>KURZFASSUNG</b>	<b>7</b>
<b>PROJEKT</b>	<b>10</b>
<b>1 EINLEITUNG: DEUTSCHLAND BRAUCHT SMART MAINTENANCE</b>	<b>11</b>
<b>2 EVOLUTION DER INSTANDHALTUNG ZUR SMART MAINTENANCE</b>	<b>17</b>
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
<b>3 SMART MAINTENANCE: ENABLING TECHNOLOGY DER INDUSTRIE 4.0</b>	<b>29</b>
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
<b>4 SMART MAINTENANCE ALS TREIBER DER INDUSTRIE 4.0</b>	<b>33</b>
4.1 Fortschritt durch Smart Maintenance	33
4.2 Standards, Normen und Gesetze	34
<b>5 BIG PICTURE UND HANDLUNGSFELDER DER SMART MAINTENANCE</b>	<b>37</b>
<b>6 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN</b>	<b>41</b>
<b>LITERATUR</b>	<b>45</b>

# 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.

# 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 zugeordneten 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 Euro<sup>1</sup> 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.<sup>2</sup> Diese bindet in ihrer umfassenden Vision alle Elemente einer Wertschöpfungskette ein, beginnend bei der Erschließung der Rohstoffe über die Fertigstellung des finalen Produktes bis

<sup>1</sup> ifo Institut 2015.

<sup>2</sup> 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.<sup>3</sup> 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.<sup>4</sup> 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.<sup>5</sup> 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.

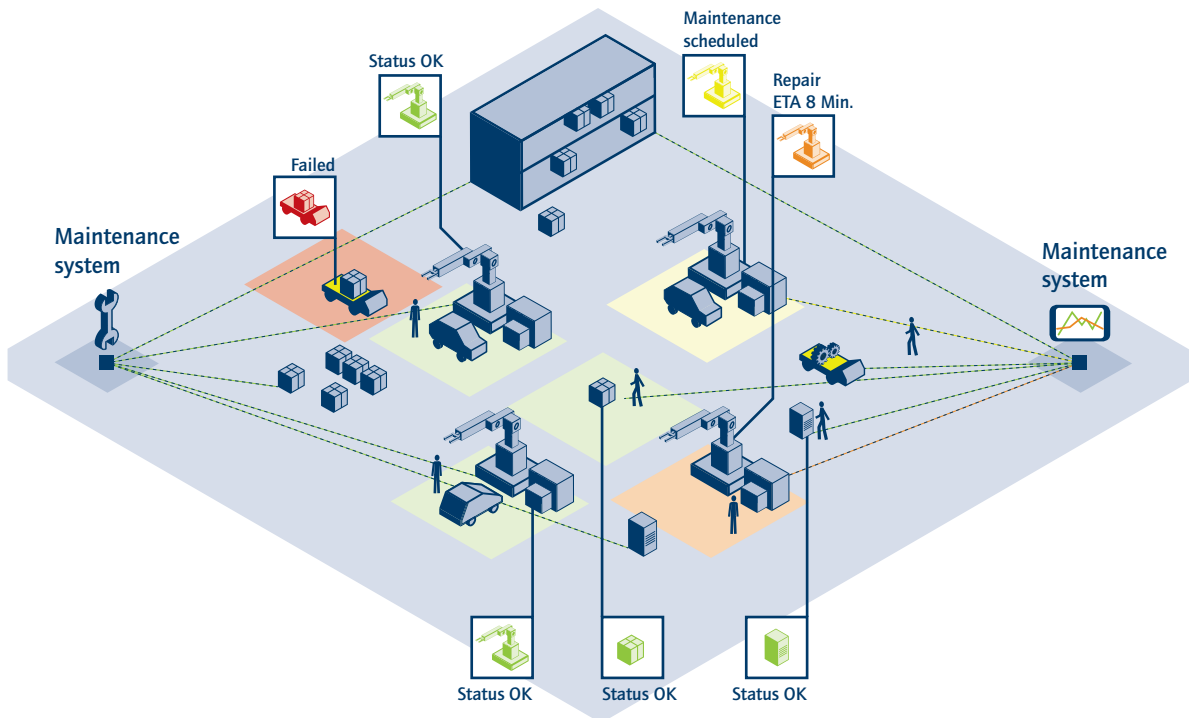
In der Smart Factory der Industrie 4.0 wird die Anzahl an instand zu haltenden Elementen des Produktionssystems aufgrund der Entwicklung von Maschinen und Anlagen zu CPS sowie des Ausbaus der informationstechnischen Infrastruktur

<sup>3</sup> BMBF 1999 und SFB 696 2006.

<sup>4</sup> BMBF 2014.

<sup>5</sup> 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.<sup>6</sup> 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.<sup>7</sup> Dabei belaufen sich die jährlichen direkten Ausgaben für Instandhaltungsmaßnahmen mit

<sup>6</sup> Kuhn et al. 2013, S. 25.

<sup>7</sup> VDI 2011.

Abbildung 2: Die Smart Factory



rund 250 Milliarden Euro auf etwa zehn Prozent des deutschen Bruttoinlandprodukts (BIP).<sup>8</sup> 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.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Kuhn/Bandow 2009.

<sup>9</sup> 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 korrekatives 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 Experteninterviews<sup>10</sup> und einer Online-Umfrage mithilfe eines Fragebogens<sup>11</sup> – 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.

<sup>10</sup> 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.

<sup>11</sup> 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.

#### > **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](http://www.acatech.de)