

Jens Reichel  
Gerhard Müller  
Jean Haeffs *Hrsg.*

# Betriebliche Instandhaltung

*2. Auflage*

VDI

 Springer Vieweg

---

# VDI-Buch

## **Herausgegeben von**

J. Reichel, Technischer Service & Energie, thyssenkrupp Steel Europe AG, Duisburg,  
Deutschland

G. Müller, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg,  
Deutschland

J. Haeffs, Geschäftsführer VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL), Verein  
Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf, Deutschland



# SKF - aus der Praxis, für die Praxis

Wälzlager können nur dann eine lange Lebensdauer erreichen, wenn der Zustand der Maschine und der Lager im Betrieb überwacht und gegebenenfalls optimiert werden kann.

Mit einer gut organisierten, zustandsabhängigen Instandhaltung kann man Maschinenstillstände verhindern oder zumindest die Ausfallzeiten verkürzen und damit die Instandhaltungskosten insgesamt senken.

Dank unserer umfassenden Erfahrungen im Betrieb und in der Instandhaltung laufender Maschinen und Anlagen wissen wir bei SKF, worauf es für das Bedien- und Wartungspersonal tagtäglich ankommt.

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf. Unsere Experten beraten Sie gerne, wie Sie Ihre spezifischen Herausforderungen am effizientesten lösen können - und das unabhängig davon, in welcher Industriebranche Sie tätig sind.

## Kontaktformular



Erfahren Sie mehr über SKF und unsere Produkte und Dienstleistungen

[www.skf.de](http://www.skf.de)

---

Jens Reichel · Gerhard Müller · Jean Haeffs  
(Hrsg.)

# Betriebliche Instandhaltung

2. Auflage



Springer Vieweg

*Herausgeber*

Jens Reichel  
Technischer Service & Energie  
thyssenkrupp Steel Europe AG  
Duisburg, Deutschland

Gerhard Müller  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
-automatisierung IFF  
Magdeburg, Deutschland

Jean Haeffs  
Geschäftsführer VDI-Gesellschaft Produktion  
und Logistik (GPL)  
Verein Deutscher Ingenieure e.V.  
Düsseldorf, Deutschland

VDI-Buch

ISBN 978-3-662-53134-1  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-53135-8>

ISBN 978-3-662-53135-8 (eBook)

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

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2009, 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Projektkoordination: Cathrin Plate

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Vorwort zur 2. aktualisierten Auflage

### Instandhaltung als Wertetreiber

Instandhalter sind sich der Bedeutung ihres Aufgabengebietes bewusst – ohne industrielle Produktion und adäquate Anlagentechnik keine Notwendigkeit für Instandhaltung, ohne Instandhaltung keine zuverlässige und kosteneffiziente Produktion. Die Frage hierbei ist, wer diese Prozesse führt und wie sie organisiert werden? Während in der arbeitsteiligen Organisation der Industrie Instandhaltung im Wesentlichen als Kostentreiber betrachtet worden ist, ist es heute selbstverständlich, Instandhaltungsgergebnisse in Form von Verfügbarkeit und Prozesssicherheit innerhalb des Produktionssystems zu messen und zu bewerten. Dieses macht sich ebenso in unterschiedlichen technologischen und organisatorischen Entwicklungen in der Instandhaltung bemerkbar. Während sich das Aufgabenfeld Instandhaltung ursprünglich ausschließlich in Wartung, Inspektion und Instandsetzung gliederte, gehört auch die Optimierung der Anlagentechnik heute selbstverständlich zum Portfolio der Instandhalter. DIN 31051 und EN 13306 bilden in ihrer Begrifflichkeit diesen Wandel in der Instandhaltung sehr deutlich ab.

Während früher die Instandhalter mit der „Feuerwehrstrategie“ den Ereignissen folgten, wird heute von den Mitarbeitern in der Instandhaltung vorausschauendes Handeln und die proaktive Vermeidung von ungeplanten Stillständen oder reduzierter Produktqualität erwartet. Dies gelingt nicht ohne ein verändertes Selbstbild der Instandhalter. Sie sind nicht mehr die „Reparateure“ der Anlage, deren höchste Berufung darin besteht, gerufen zu werden und für Ordnung zu sorgen oder besser auch gar nicht erst aufzufallen, weil sie im Verborgenen wirken.

Im Gegenteil: Hier ist eine aktive Rolle gefordert, in der die Instandhalter als Asset Manager den Lebenslauf einer Anlage begleiten und als Value Chain Manager über die Wertschöpfung der Anlage im Produktionsprozess wachen. Wertetreiber sind die „versteckten“ Effizienzen der Produktionsanlagen und Organisationssysteme, die der Instandhalter identifiziert und mit geeigneten Methoden hebt. Dazu gehört auch die Integration neuer Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0, mit denen weitere Effizienzpotenziale unserer Produktionssysteme nutzbar gemacht werden können.

Wie diese Anforderungen umgesetzt werden können, diskutieren Fachleute alljährlich auf dem VDI/VDEh-Forum Instandhaltung.

Gefordert wird der Instandhalter von neuen (vielleicht auch alten) Sachverhalten und Anforderungen, wie der zustandsbezogenen Instandhaltungsstrategie, die ihn heute als Predictive Maintenance 4.0 erreicht, und den Menschen in viel stärkerem Maße als zuvor, Interoperabilität zwischen verschiedenen Fach- und Wissensgebieten (Elektrik, Mechanik, Elektronik, Sensorik, Kommunikation, Big Data, Datamining, Life Cycle Costing und Asset Management – um nur einige zu nennen) abverlangt und dies in einem Umfeld, welches durch Dynamik und Stochastik der Veränderungen nur schwer klare Ankerpunkte erkennen lässt.

Da die heutigen betriebswirtschaftlichen Messsysteme in der Regel mit kostenbasierten Ansätzen eine Bewertung der Instandhaltung vornehmen, ist zur Bewältigung dieser Veränderung auch die Entwicklung eines Messsystems zum Wertschöpfungsbeitrag der Instandhaltung als Basis für einen sachlichen Dialog zwischen Anlagenmanagement und Ressourcenmanagement im Unternehmen erforderlich.

Begleitend dazu sind Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten zu schaffen, mit denen das Instandhaltungspersonal und die Managementverantwortlichen zur Bewältigung dieser Aufgaben heute und zukünftig befähigt werden.

In der vorliegenden zweiten, aktualisierten Auflage des Buches „Betriebliche Instandhaltung“, sind solche Erfahrungen und Konzepte niedergelegt, die zum Teil die Fortentwicklung von Themen der Erstauflage aufgreifen oder gänzlich neue Themenfelder beschreiben. Ziel der Autoren ist es, dem Instandhaltungsverantwortlichen Hilfestellung zur effizienteren Lösung seiner Aufgaben an die Hand zu geben. Der Dank des VDI-Fachausschuss Instandhaltung gilt den Autoren für ihre große Bereitschaft an diesem Buch mitzuwirken. Die Durchsicht und Diskussionen der Beiträge haben wie zuvor große Freude bereitet. Unser Dank gilt weiterhin allen Obmännern und Mitgliedern des VDI-Hauptausschuss Instandhaltung, die durch ihre ehrenamtliche Tätigkeit den Erfahrungsaustausch organisieren und aktiv gestalten.

Düsseldorf, 2017



Jens Reichel



Gerhard Müller



Jean Haeffs

---

## Vorwort

Noch bevor die Menschen wahrnahmen, in einer Wissensgesellschaft zu leben, und Begriffe wie Benchmark und Best Practice noch unbekannt waren, man aus Gründen einer wirtschaftlichen Betriebsführung Verschwendungen von Material und Arbeitszeit vermeiden wollte, haben Werks-, Betriebs- und Instandhaltungsleiter beschlossen, ihr tägliches Aufgabengebiet Instandhaltung zum Gegenstand gemeinsamer Betrachtung zu machen und darüber den öffentlichen Erfahrungsaustausch zu institutionalisieren. Im Ergebnis wurde vor mehr als 30 Jahren die Idee des Forum Instandhaltung geboren.

Diese Ingenieure waren sich der Bedeutung ihres Aufgabengebietes bewusst – ohne Produktion und Anlagentechnik keine Notwendigkeit für eine Instandhaltung, ohne Instandhaltung keine zuverlässige und kosteneffiziente Produktion. Instandhaltung ist nicht nur fest in produzierenden Unternehmen verankert, sie ist ebenso untrennbar mit dem Bau und der Benutzung von Brücken, Straßen und Gebäuden, dem Transportwesen, der Luft- und Raumfahrt, modernen IT-Infrastrukturen, Konsumgütern sowie mit neuen Branchen wie der Solarbranche oder dem Bau von Offshore-Windkraftanlagen verbunden. Insgesamt ist die Instandhaltung ein bedeutender Wirtschaftsfaktor geworden.

Die Veränderungen in der Organisation von Unternehmen vor allem in den letzten 20 Jahren haben auch auf die Organisation der Instandhaltungsaufgaben erheblichen Einfluss genommen. Insbesondere durch die Diskussion der Kernleistung eines Unternehmens, die Herausbildung von Industrie- und Gewerbeparks, die Entwicklung des Dienstleistungssektors in der Wirtschaft mit spezialisierten Dienstleistern einerseits und andererseits die Verlängerung der Wertschöpfungskette in der Investitionsgüterindustrie, speziell in Richtung Pre- und After Sales Services, sahen sich die Mitarbeiter und Führungskräfte immer wieder vor neue Herausforderungen gestellt. Zukünftig wird das sicher nicht weniger dynamisch verlaufen.

Auch in der universitären Lehre, Ausbildung und Forschung haben instandhaltungsspezifische Themen immer einen sehr differenzierten Platz gefunden.

Das Spektrum der Aufgaben und der Verantwortungsbereiche in der Instandhaltung ist sehr vielfältig. Ein vollständiges Abbild „der Instandhaltung“ in einem Buch ist kaum möglich. Hier sollen deshalb wesentliche Aspekte aus der Praxis und Forschung der Instandhaltung präsentiert werden. Neben Betrachtungen zu Entwicklungen der letzten Jahrzehnte, die insbesondere jungen Ingenieuren eine Orientierung vermitteln sollen, welche Veränderungen aus welcher Motivation heraus zu welchen Ergebnissen geführt haben, gehören ebenso Beiträge mit dem Blick in die Zukunft der betrieblichen Praxis zu den Inhalten des vorliegenden Buches.

Der VDI-Fachausschuss Instandhaltung freut sich, eine Reihe erfahrener Praktiker sowie Wissenschaftler für dieses Buch gewonnen zu haben. Die Autoren stehen stellvertretend für eine Branche, die stets im Spannungsfeld von Kostenverursachung einerseits und Wertschöpfungsbeitrag andererseits agiert und deshalb immer wieder neu ein Selbstverständnis nach innen und Selbstbewusstsein nach außen gewinnen muss. Es ist auch die betriebliche Instandhaltung, die als essentieller Produktionsfaktor die Position der deutschen Wirtschaft im globalen Wettbewerb maßgeblich stützt.

Wir danken den Autoren, die uns durch ihre facettenreichen Beiträge an ihrer Lebens- und Berufserfahrung teilhaben lassen. Die Auswahl der Beiträge fiel nicht leicht, viele exzellente Konzepte und Lösungen haben sich in Unternehmen bewährt. In Zeiten der Globalisierung, schwankender Marktentwicklungen, volatiler Rohstoff- und Energiepreise sowie sich verändernder politischer Rahmenbedingungen warten heute bereits neue Herausforderungen auf Unternehmen und Volkswirtschaften. Wir stehen vor einer weiteren Etappe der faszinierenden Entwicklung der Instandhaltung. Die Unternehmen müssen auch zukünftig ihre Organisation den Anforderungen einer globalisierten Wirtschaft anpassen, Prozesse müssen zunehmend mithilfe neuer IT-Lösungen effizient, zeitnah und flexibel gestaltet werden. Innovationen in der Anlagentechnik bedingen neue Instandsetzungstechnologien. Das Wissensmanagement in der Instandhaltung wird wichtiger denn je, auch unter Berücksichtigung demografischer Tendenzen. Die Anfänge, den neuen Anforderungen positiv zu begegnen, sind bereits gemacht. Und so bietet dieses Buch nicht nur Gelegenheit, den erfolgreichen Entwicklungspfad der Instandhaltung und ihre aktuellen Leistungen zu dokumentieren, sondern auch einen optimistischen Ausblick zu wagen auf die vielen Herausforderungen der Zukunft einer chancenreichen Branche und eines attraktiven Forschungsgebietes.

Der Dank des VDI-Fachausschuss Instandhaltung gilt den Autoren für ihre große Bereitschaft, an diesem Buch, das anlässlich des 30. VDI/VDEh-Forum Instandhaltung erscheint, mitzuwirken. Der besondere Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Cathrin Plate, die mit außerordentlichem Engagement die Organisation des Buchprojektes übernommen hat. Die Lektüre und Diskussion der Beiträge haben große Freude bereitet. Unser Dank gilt weiter-

hin allen Obmännern und Mitgliedern des VDI-Fachausschuss Instandhaltung, die durch ihre ehrenamtliche Tätigkeit den Erfahrungs- und Wissensaustausch organisieren und aktiv gestalten.

Im Namen des VDI-Fachausschuss Instandhaltung

die Herausgeber



Dr. Jens Reichel



Dr. Gerhard Müller



Dr. Johannes Mandelartz

Düsseldorf, im Juni 2009

---

## Grußwort des VDI-Direktors Ralph Appel

Deutschland ist einer der führenden Technologiestandorte der Welt. Der Weg zu dieser Spitzte war und ist besonders geprägt durch viele aktive und innovative Köpfe, die gemeinsam das Ziel verfolgen, Deutschland nach vorn zu bringen. Gemeinsam unterstützen dieses Ziel der VDEh (heute Stahlinstitut VDEh) und der VDI bereits seit 40 Jahren.

1887 wurde der Begriff „Made in Germany“ in einem britischen Gesetz erstmals verbindlich erläutert. Aus dieser zunächst vermeintlich negativen Bedeutung entwickelte sich allerdings mit der Zeit genau das Gegenteil: Hohe Qualität und Zuverlässigkeit deutscher Produkte führten zu einem verkaufsfördernden Qualitätssiegel. Das Gütezeichen „Made in Germany“ wurde nach dem zweiten Weltkrieg der Katalysator des deutschen Wirtschaftswunders.

Durch zunehmende Automatisierung, Einführung von Prozessleitsystemen, komplexe Anlagen etc. wurden zunehmend dezentrale oder zentrale eigenständige Instandhaltungsbereiche neben der Produktion aufgebaut. So entwickelten sich in der Vergangenheit über viele Jahre in den meisten Unternehmen die beiden Funktionen unter getrennter Leitung und nicht selten auch mit unterschiedlichen Interessenlagen. Aber: Dem Kunden ist die organisatorische Struktur nicht wichtig; sein Interesse ist es, dass Aufträge bestmöglich hinsichtlich Qualität, Termintreue und Kosten erledigt werden. Daraus muss sich die betriebliche Aufgabe für Produktion und Instandhaltung entwickeln, gemeinsam Verfügbarkeit und Zustand der Anlagen zu optimieren, um die Kundenzufriedenheit

VDI-Direktor Ralph Appel.  
(Foto: VDI/Catrin Moritz)



zu gewährleisten. Aus Sicht der Produktion hat die Instandhaltung sich dadurch vom „notwendigen Übel“ oder „Helper in der Not“ hin zum ganzheitlichen Instandhaltungsmanagement entwickelt, an dem Produktion und Instandhaltung gemeinsam Anteil haben.

Dieser Paradigmenwechsel unterstreicht, dass sich die Instandhaltung immer weiter zu einem bedeutenden Wettbewerbs- und Wertschöpfungsfaktor entwickelt hat. Unternehmen verstehen die Instandhaltung inzwischen als Möglichkeit, Anlagenstillstände zu minimieren, damit eine hohe Anlagenverfügbarkeit zu gewährleisten und so die Gesamtkosten der Produktion nachhaltig zu senken.

Die Ansprüche an die Zuverlässigkeit von Produktionsprozessen steigen ständig. Damit werden auch die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Instandhaltung größer. Die Ursachen liegen u. a. in einer zunehmenden Bedeutung der Wettbewerbsfaktoren „Produktqualität“ und „Kosten“ auf den Absatzmärkten, die eine hohe Prozessstabilität und -qualität voraussetzen: Immer kleiner werdende Stückzahlen bis hin zu kundenspezifischen Endprodukten in Stückzahl 1 erfordern zusätzlichen Fokus auf Verfügbarkeit und Effizienz. Auch der hohe Kapitaleinsatz bei steigendem Automatisierungsgrad in vernetzten Produktionen führt zu einer Fixkostenbelastung, die eine optimale Anlagenverfügbarkeit, niedrige Ausfallraten und nur kurze und vor allem planbare Stillstandszeiten erforderlich macht.

In der Stahlindustrie stellen die Instandhaltungskosten den drittgrößten Kostenblock nach den Einsatzstoff- und den Personalkosten dar. Es wird prognostiziert, dass der Anteil der Instandhaltungskosten an den Gesamtkosten in Zukunft aufgrund der weiter steigenden Automatisierung weiter anwachsen wird.

In der Design- und Entwicklungsphase werden 70 bis 85 % der Gesamtkosten festgelegt, also beginnt die Instandhaltung bereits beim Designer. Hierbei helfen bewährte Standards und Technische Regeln, wie zum Beispiel die VDI-Richtlinie 2884 „Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC)“, hier wird auch final entschieden ob und wie lange einen Anlage instandgesetzt und gewartet werden kann. Das wird ausführlich in der VDI-Richtlinie 2882 zum Obsoleszenz-Management beschrieben.

VDI-Richtlinien leisten so als technische Regeln einen entscheidenden Beitrag nicht nur zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie.

Deutschland wird auch in der Zukunft ein bedeutender und zukunftsträchtiger Technikstandort bleiben und seine Führungsposition weiter ausbauen. Dazu muss und wird die Instandhaltung in ihren vielen Facetten als kompetenter Partner der produzierenden Industrie noch an Stellenwert gewinnen.

Mit dem Fachausschuss Instandhaltung und dem VDI/VDEh-Forum Instandhaltung unterhält der VDI ein kompetentes Netzwerk für Fach- und Führungskräfte in der produzierenden Wertschöpfungskette. Hier werden regelmäßig Themen der Instandhaltung sowie Kooperation und ganzheitliche Vorgehensweise umfassend erörtert. Im VDI/VDEh-Forum Instandhaltung wird dieser Anspruch seit fast 40 Jahren gelebt und der Stand der Technik rund um die Instandhaltung ausführlich diskutiert und anhand zahlreicher Richtlinien in diesem Bereich dokumentiert.

Mit diesem Buch zur Betrieblichen Instandhaltung wird in zweiter Auflage ein umfassendes Werk veröffentlicht, zu dem viele kompetente Autoren beigetragen haben und das dadurch einen detaillierten Überblick zur Instandhaltung liefert.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen, denke, dass Sie Antworten auf viele Fragen finden werden und bedanke mich herzlich bei allen Autoren dafür, dass sie uns ihr Wissen zur Verfügung gestellt haben.

Direktor Verein Deutscher Ingenieure e. V.



Dipl.-Wirtsch.-Ing. Ralph Appel

---

## **Grußwort des geschäftsführenden Vorstandsmitglieds des Stahlinstituts VDEh Dr.-Ing. Peter Dahlmann**

Die Zusammenarbeit von Verein Deutscher Ingenieure e. V. VDI und Stahlinstitut VDEh hat mittlerweile eine nahezu 150jährige Tradition in verschiedenen Sachbereichen. Einer ist das gemeinsam vom VDI-Fachausschuss Instandhaltung und VDEh-Anlagenausschuss getragene Forum Instandhaltung. Die jährlich stattfindende Veranstaltung wurde konsequent zu einer wichtigen Tagung auf dem Gebiet Instandhaltung, Industrieservice und Asset-Management weiterentwickelt. Hier gilt zum einen unser Dank vor allem den zahlreichen Vortragenden, Moderatoren und Ausstellern sowie allen Organisatoren „vor und hinter den Kulissen“, zum anderen auch den Teilnehmern aus den verschiedensten Branchen, die durch ihre aktive Teilnahme und Beteiligung an den Fachdiskussionen wesentlich zum Erfolg der Tagung beitragen.

Im Verlauf des fast 40jährigen Bestehens des VDI/VDEh-Forums Instandhaltung wurden eine Vielzahl interessanter, spektakulärer oder völlig unkonventioneller Lösungen für die Effizienzsteigerung von unseren Produktionsanlagen präsentiert. Mit dem Forum Instandhaltung wird auch in den nächsten Jahren eine Plattform geboten, die es ermöglicht Erfahrungen auszutauschen sowie neuartige Entwicklungen vorzustellen und zu diskutieren. Und das in einer Periode, wo die Industrieunternehmen weltweit vor großen Herausforderungen unterschiedlichster Art stehen.

VDEh-Vorsitzender  
Dr.-Ing. Peter Dahlmann.  
(Foto: VDEh)



Der Dank gilt auch den Autoren der hier inzwischen überarbeiteten, 2. Auflage des Buches „Betriebliche Instandhaltung“, in dem ausgewählte Experten ihre Erfahrungen für einen breiteren Anwenderkreis zur Verfügung stellen.

Mit einem herzlichen Glückauf

Ihr

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Peter Dahlmann".

Dr.-Ing. Peter Dahlmann

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Stahlinstituts VDEh

---

# Roadmap der Instandhaltung

## **VDI-Fachausschuss Instandhaltung, VDI GPL, FA 202**

Wertschöpfungsrolle, Technologieaffinität, Gesamtperformance und Zukunftsfähigkeit sind Faktoren, welche die Instandhaltung der Zukunft und die Zukunft der Instandhaltung gleichermaßen bestimmen werden.

Experten des VDI-Fachausschuss Instandhaltung arbeiten deshalb an einer Roadmap der Instandhaltung in Deutschland, um wesentliche wirtschaftliche, technische und soziale Entwicklungstrends und ihre möglichen Auswirkungen auf die Branche Instandhaltung zu erfassen. Das Expertengremium besteht aus Managern der betrieblichen Instandhaltung in Unternehmen sowie des Industrieservice.

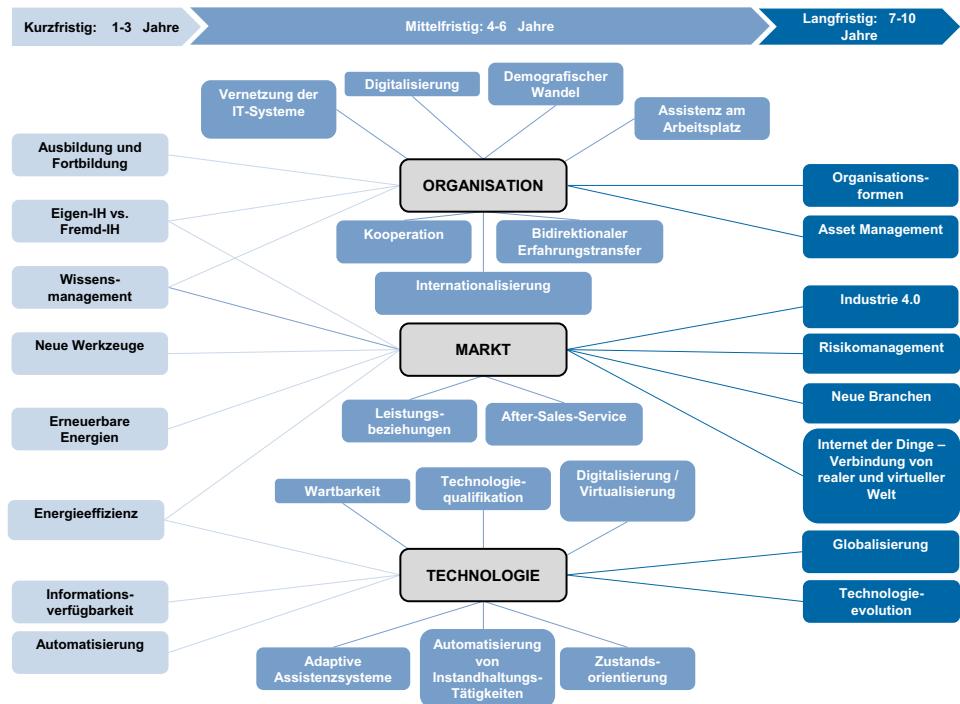
Ziel ist es dabei, frühzeitig Themenschwerpunkte in den Bereichen Organisation und Technologie in der Instandhaltung sowie im Markt der Instandhaltung zu identifizieren, die für die Unternehmen und den VDI als Interessenvertreter der Ingenieure in den nächsten Jahren interessant werden. Vorausschauend sollen entsprechende Weichen unternehmensintern gestellt, aber auch gesamtgesellschaftliche und wirtschaftlich relevante Entwicklungen über Lobbyarbeit beeinflusst werden.

Im Bereich Organisation sehen die Experten, nicht zuletzt bedingt durch die demografischen Änderungen und den gleichzeitigen Trend zur Arbeitsverdichtung, großen Bedarf bei der Entwicklung von neuen Lern- und Ausbildungsformen – am Arbeitsplatz, situations- und qualifikationsbezogen, lebenslang und mit Informationsaustauschformaten für die Instandhaltung.

Dem Wissensmanagement wird dabei aufgrund der gestiegenen Interdisziplinarität der Instandhaltungsaufgaben als interner Ressource sowie als Bestandteil der Kooperation von Unternehmen und Industrieservice große Bedeutung zukommen.

IT-Hilfsmittel wie Wikis, online Wissensbasen oder Virtual Reality basierte Anlagenmodelle unterstützen und beschleunigen die Dokumentation, Verbreitung und Pflege des anlagenbezogenen Wissens. Organisationsstrukturen und Abläufe der Zukunft werden die neuen Hilfsmittel flexibel handhabbar integrieren müssen.

Weitere Aspekte, welche die Organisation der Instandhaltung betreffen werden, sind die organisatorische und datentechnische Verzahnung mit dem betrieblichen Asset Management oder auch neue Zusammenarbeitsformen mit industriellen Dienstleistern. Asset steht in diesem Zusammenhang nicht nur für die instand zu haltende Anlage,



Organisation, Markt und Technologie: Die kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungstrends in der Instandhaltung im Überblick

sondern vielmehr für den Wert, der durch ein effizientes Instandhaltungsmanagement gesichert wird.

Einen maßgeblichen Einfluss auf die Zukunft der Instandhaltung wird der technische Fortschritt an sich haben. Über die Anlagenkomponenten kommen neue Technologien in die Unternehmen, welche auf die zugehörigen Instandhaltungsabläufe wirken. Die zunehmende Sensorintegration, Eigenintelligenz und Kommunikationsfähigkeit von Anlagen schafft die Voraussetzung für eine zunehmend zustandsorientierte und vorausschauende Instandhaltung, etwa im Ergebnis von Industrie 4.0.

Gleichzeitig werden die Anlagenkomponenten mechatronisch und IT-technisch anspruchsvoller und es besteht die Forderung nach Energieeffizienz und nachhaltigen Lösungen. Somit verändern sich die Instandhaltungsaufgaben und benötigten Qualifikationen.

Weiterhin wird das Niveau der IT-Sicherheit im Kontext der immer höheren Anlagenautomatisierung und Vernetzung für die Instandhaltung zum Einflussfaktor auf die erforderliche Anlagenverfügbarkeit.

## Künftige Aufgaben und Strukturen der Instandhaltung

Es etablieren sich jedoch viele Technologien, welche die Instandhaltungsabläufe effizienter und produktiver gestalten. Dies sind beispielsweise die in die Anlagenkomponenten integrierten Assistenzsysteme, während der Instandhaltungstechniker Wearables wie Datenbrille, Smartphone mit Sensorik, RFID-Handschuh oder eine intelligente PSA trägt.

Zudem wird der Markt der Instandhaltung der Zukunft wahrscheinlich anders strukturiert sein als heute. Eine Studie der Initiative FOKUS INSTANDHALTUNG hat gezeigt, dass die Instandhaltung von industriellen Ausrüstungen mit 112 Mrd. € (Betrachtungsjahr 2009) den größten Kostenfaktor der Instandhaltungsaufwendungen der deutschen Volkswirtschaft darstellt und damit sicherlich auch den größten volkswirtschaftlichen Nutzen liefert. In der „Branche“ Instandhaltung arbeiten aktuell etwa 515.000 Beschäftigte. Zum Teil über die Neuanlagen, zum Teil über die neuen Technologien oder spezifische Aufgabenstellungen drängen neben den Anlagenherstellern spezialisierte Instandhaltungsdienstleister in den bekannten Instandhaltungsmarkt. Andererseits entstehen neue Branchen wie etwa Erneuerbare Energien oder Medical und Health Care, die ebenfalls neue Instandhaltungsbedarfe und Qualifikationsprofile generieren werden. Zudem werden Europäisierung bzw. Internationalisierung von Unternehmen und Märkten voranschreiten, wodurch sich das Bemühen um einheitliche Dienstleistungsstandards und Leistungsformen im Industrieservice verstärken wird.

Da die Instandhaltung von Industrieanlagen in Deutschland maßgeblich zur Sicherung des Produktionsstandortes beiträgt, wollen die Akteure der Branche mit dieser Roadmap einen aktiven Beitrag zu dessen Erhaltung und Stärkung leisten. Die Roadmap wird daher im Expertengremium kontinuierlich fortgeschrieben werden. Eine hohe Produktqualität und anforderungsgerechte Anlagenverfügbarkeit sowie der effiziente Einsatz von Energie und Betriebsstoffen sind Aufgabenstellungen der Instandhaltung, die sowohl in der Vergangenheit als auch in der Zukunft eine hohe Bedeutung für die Wertschöpfung produzierender Unternehmen in Deutschland haben werden.

Über den VDI, den WVIS Wirtschaftsverband Industrieservice und über Initiativen wie FOKUS INSTANDHALTUNG, in der auch der VDI-Fachausschuss vertreten ist, sollen zu ausgewählten Aspekten neben den Instandhaltungsverantwortlichen in Unternehmen führende Branchen- und Wirtschaftsvertreter mobilisiert sowie die Politik sensibilisiert werden. Das VDI-Expertengremium will außerdem über Richtlinien und Handlungsempfehlungen eine breitere Öffentlichkeit zu den anstehenden Entwicklungen sowie deren Effekte und Potenziale informieren.

Die Gliederung und die Inhalte des vorliegenden Buches orientieren sich am aktuellen Stand der gemeinsam im VDI-Fachausschuss definierten Roadmap Instandhaltung, wobei hier nicht jeder Aspekt bzw. nicht jeder Aspekt im Detail betrachtet werden kann. Dazu ist die Komplexität der Einflussfaktoren und der Abhängigkeiten untereinander zu groß. Den Instandhaltern in der betrieblichen Praxis gibt sie aber Orientierung, wodurch und ggf. auch wie sich ihr Arbeitsgebiet ändern wird.

---

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Organisation und Management der Instandhaltung

<b>1</b>	<b>Chronik der Instandhaltung – Schlaglichter einer Entwicklung . . . . .</b>	<b>3</b>
	Hans-Werner Gohres und Jens Reichel	
1.1	Einführung . . . . .	3
1.2	1850 bis 1900 Erste industrielle Revolution – Industrie 1.0 . . . . .	4
1.3	1900 bis 1950 Zweite industrielle Revolution – Industrie 2.0 . . . . .	4
1.4	1950 bis 1970 Industrieller Wiederaufbau . . . . .	5
1.5	1970 bis 2010 Dritte industrielle Revolution – Industrie 3.0 . . . . .	7
1.6	2000 bis 2008 Reifephase von Industrie 3.0 . . . . .	11
1.7	2009 Instandhaltung in der Finanzkrise . . . . .	12
1.8	2010 bis 2016 Vierte industrielle Revolution – Instandhaltungsentwicklung im Rahmen von Industrie 4.0 . . . . .	12
<b>2</b>	<b>Instandhaltungsmanagement in Ganzheitlichen Produktionssystemen . . . . .</b>	<b>15</b>
	Uwe Dombrowski und Jonas Wullbrandt	
2.1	Einführung . . . . .	16
2.2	Historische Entwicklung Ganzheitlicher Produktionssysteme . . . . .	16
2.2.1	Das Toyota Produktionssystem . . . . .	16
2.2.2	Lean Production . . . . .	17
2.2.3	Ganzheitliche Produktionssysteme . . . . .	18
2.2.4	Ganzheitliche Produktionssysteme als Bestandteil einer Unternehmenskultur . . . . .	19
2.3	Aufbau Ganzheitlicher Produktionssysteme . . . . .	20
2.3.1	Struktureller Aufbau . . . . .	20
2.3.2	Inhaltlicher Aufbau . . . . .	22
2.4	Die Rolle der Instandhaltung bei der Einführung eines Ganzheitlichen Produktionssystems . . . . .	24
2.5	Einsatz von GPS-Gestaltungsprinzipien und Methoden in der Instandhaltung . . . . .	26
2.5.1	Standardisierung . . . . .	26

2.5.2	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess . . . . .	27
2.5.3	Vermeidung von Verschwendungen . . . . .	28
2.5.4	Visuelles Management . . . . .	30
2.5.5	Mitarbeiterorientierung und zielorientierte Führung . . . . .	31
2.6	Fazit . . . . .	33
	Literatur . . . . .	34
<b>3</b>	<b>Value Chain Service im Asset Management . . . . .</b>	<b>35</b>
	Andreas Weber und Jens Reichel	
3.1	Einleitung . . . . .	36
3.2	Asset Management nach ISO 55000 und neue Möglichkeiten durch die Digitalisierung . . . . .	36
3.3	Rollen des Instandhalters als Asset Manager . . . . .	39
3.3.1	Instandsetzer . . . . .	39
3.3.2	Ganzheitlicher Anlagenmanager . . . . .	39
3.3.2.1	Lebenszykluskostenoptimierung . . . . .	39
3.3.2.2	Ressourceneffizienz . . . . .	40
3.3.2.3	Technologische sowie Leistungsanpassung . . . . .	40
3.3.2.4	Verfügbarkeitsoptimierung . . . . .	40
3.3.2.5	Nachhaltigkeit . . . . .	40
3.3.2.6	Implementierung neuer Technologien . . . . .	41
3.3.2.7	IT-Sicherheit in produktionsnahen Informationssystemen . . . . .	41
3.3.2.8	Sicherstellung des Compliance-konformen Anlagenbetriebs . . . . .	42
3.4	Instandhaltung als Treiber der Optimierung im Asset Life Cycle . . . . .	42
3.5	Kulturwandel: Steigern der Umsetzungsgeschwindigkeit . . . . .	44
3.6	Instandhaltung als Wegbereiter der Digitalisierung . . . . .	45
3.7	Die Instandhaltung als Value Chain Service und damit Verbindungsknoten zwischen Asset Life Cycle und Supply Chain . . . . .	46
3.8	Schlussfolgerungen . . . . .	47
3.9	Ausblick . . . . .	48
	Literatur . . . . .	48
<b>4</b>	<b>Der Weg von einer produktionsintegrierten Instandhaltung zum erfolgreichen, outgesourceten Dienstleister . . . . .</b>	<b>49</b>
	Friedrich Luther	
4.1	Einleitung . . . . .	49
4.2	Die produktionsintegrierte Instandhaltung in einem Maschinenbau-Unternehmen (1950–1990) . . . . .	50
4.3	Interne zentrale Dienstleistungs-AUE Instandhaltung (1990–1993) . . . . .	51

4.4	Einführung von Kaizen und TPM in der Instandhaltung und im Unternehmen (1993–1999) . . . . .	53
4.5	Die Instandhaltung wird Profit-Center (1999–2001) . . . . .	56
4.6	Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung – Gründe und Zielsetzung . . . . .	58
4.7	Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung im Jahr 2001 – Prozessablauf . . . . .	59
4.8	Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung – Bewertung . . . . .	61
4.9	Zusammenarbeit mit den Betreibern – Bewertung aus Sicht der outgesourceten Niederlassung . . . . .	61
4.10	Zukünftige Weiterentwicklung der strategischen Partnerschaft . . . . .	64
	Literatur . . . . .	65
<b>5</b>	<b>Instandhaltung und Asset Management</b> . . . . .	67
	Lennart Brumby	
5.1	Instandhaltung als Teil des Plant Asset Managements . . . . .	67
5.2	Normen und Standards zum Asset Management . . . . .	70
5.3	Digitale Lebenslaufakte einer Anlage als Basis für Asset-Informationssysteme . . . . .	74
5.4	Total Asset Management . . . . .	79
5.5	Asset Management als organisatorische Grundlage der Industrie 4.0 . . . . .	86
5.6	Ausblick . . . . .	87
	Literatur . . . . .	88
<b>6</b>	<b>Wie LCC-Management die Produktionstechnik und die Instandhaltung verändert</b> . . . . .	91
	Manfred Zick	
6.1	Einführung . . . . .	91
6.2	Entwicklung von Lebenszykluskosten-Management . . . . .	91
6.3	Einsatzbeispiele von Lebenszyklusmanagement bei Betreibern (Fall 1: LCC-M bzw. TCO) . . . . .	93
6.3.1	Ford-Werke . . . . .	93
6.3.2	Daimler AG . . . . .	95
6.3.3	Weitere Anwender . . . . .	97
6.4	Einsatzbeispiele von Lebenszyklusmanagement in der Entwicklung (Fall 2: Design to LCP) . . . . .	98
6.4.1	SEW Eurodrive Antriebe . . . . .	98
6.4.2	Agfa Medizintechnik . . . . .	98
6.4.3	MAG (Hüller Cross Ex-Cell-O) Werkzeugmaschinen . . . . .	99
6.4.4	Heller Werkzeugmaschinen . . . . .	99
6.4.5	EMAG Werkzeugmaschinen . . . . .	99
6.5	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	99
	Literatur . . . . .	100

<b>7</b>	<b>Entwicklung und methodische Verbesserung der Arbeitssicherheit in der Instandhaltung</b>	101
	Marek Galinski und Andreas Hennen	
7.1	Einleitung	101
7.2	Unfallentwicklung 1970 bis heute	102
7.3	Die Ansatzpunkte in der Sicherheitsarbeit	103
7.3.1	Ansatzpunkt: Abteilung Arbeitssicherheit ist „Motor“ der Unfallverhütung (1970–1993)	104
7.3.2	Ansatzpunkt: Arbeitssicherheit ist Führungsaufgabe	108
7.3.3	Ansatzpunkt: Wir (alle) sind für Arbeitssicherheit verantwortlich	119
7.4	Entwicklung der Sicherheitsarbeit ab 2008	121
7.5	Zusammenfassung	130
7.6	Ausblick	133
	Literatur	133
<b>8</b>	<b>Die Bedeutung einer zustandsorientierten Instandhaltung</b>	135
	Wilhelm Hodapp	
8.1	Einleitung	135
8.2	Anforderungen an die Instandhaltung	136
8.3	Instandhaltungsstrategien	137
8.4	Die Nutzung von Betriebsmitteln	139
8.5	Funktion und Ausfallrisiko	142
8.6	Inspektionstechniken und Anwendungsbeispiele	144
8.7	Qualität und Fähigkeitsnachweis	146
8.8	Messtechniken und Anwendungsbeispiele	148
8.9	Ausblick und Resümee	150
	Literatur	152
<b>9</b>	<b>Moderne Qualifizierung für neue Betriebsleiter und Betriebsingenieure – eine wichtige Investition in die Zukunft</b>	153
	Oliver Franta	
9.1	Einführung	153
9.2	Ausgangssituation	154
9.3	Aufgaben von Betriebsleitern und -ingenieuren	154
9.4	Weiterentwicklung des Trainingsprogramms	156
9.5	Ergebnisse und Ausblick	159
<b>10</b>	<b>Wandel von Instandhaltungsarbeit</b>	161
	Katja Gutsche und Bernd-Friedrich Voigt	
10.1	Veränderungen in der produktiven Instandhaltung	162
10.1.1	Wandel hin zu einer Smart Maintenance	162
10.1.2	Strukturelle Herausforderungen in der Instandhaltung	164

---

10.1.3	Instandhaltung und Dienstleistung . . . . .	165
10.2	Anforderungen an den Instandhalter . . . . .	167
10.2.1	Rollenvielfalt des Instandhalters . . . . .	167
10.2.2	Der Instandhalter 4.0 . . . . .	168
10.3	Qualifikationen und Kompetenzen des Instandhalters 4.0 . . . . .	169
10.3.1	DIN-EN 15628 . . . . .	169
10.3.2	Kompetenzanforderungen an den Instandhalter . . . . .	171
10.3.3	Qualifikationsrahmen des Instandhalters . . . . .	174
10.3.4	Implikationen für die Employability . . . . .	175
10.4	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	176
Literatur . . . . .		178
<b>11</b>	<b>Obsoleszenzmanagement</b> . . . . .	181
Björn Bartels und Jean Haeffs		
11.1	Einleitung . . . . .	181
11.2	Grundlegende Konzepte des Obsoleszenzmanagements . . . . .	183
11.2.1	Reaktives OM . . . . .	185
11.2.1.1	Arten der Bauteilbevorratung . . . . .	187
11.2.2	Proaktives OM . . . . .	188
11.2.2.1	Lebenszyklus- und Risikoanalyse . . . . .	189
11.2.2.2	Zulassungen . . . . .	189
11.2.3	Strategisches OM . . . . .	190
11.2.3.1	Marktentwicklung/Lieferantenmanagement . . . . .	190
11.2.3.2	Einflussmöglichkeit des Kunden auf den Lieferanten	190
11.2.3.3	Vertragsmanagement – Rechte und Pflichten in Verträgen . . . . .	191
11.2.3.4	Personalmanagement . . . . .	192
11.2.3.5	Technologiemanagement . . . . .	192
11.2.3.6	Redesign . . . . .	193
11.2.4	Konzeptionelles OM . . . . .	194
11.2.4.1	Organisatorische Einordnung des OM im Unternehmen . . . . .	194
11.2.4.2	Einbindung von Dienstleistern (Service-Providern) in das Obsoleszenzmanagement . . . . .	195
11.2.4.3	Absicherung von IT-Struktur/Software/Cloud durch Service-Provider . . . . .	195
11.2.4.4	OM-Plan . . . . .	195
11.3	Zusammenfassung . . . . .	196
Literatur . . . . .		197

<b>12</b>	<b>Ein Lehrstück!</b>	199
	Hartmut Giesler	
 <b>Teil II Technologie</b>		
<b>13</b>	<b>Informations- und Kommunikationstechnologien</b>	
	<b>für die Instandhaltungsplanung und -steuerung</b>	205
	Thomas Zapp, Philipp Jussen und Michael Kurz	
13.1	Einführung und Aufgaben der Instandhaltung	206
13.2	Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssysteme – Begriff und Ziele des Einsatzes	207
13.2.1	Definition und Beschreibung	207
13.2.2	Ziele des IPS-System-Einsatzes	208
13.3	Entwicklung der IT-Systeme in der Instandhaltung	211
13.4	Elemente und Funktionen des IPS-Systems	212
13.4.1	IPS-Module zur Unterstützung von Wartung, Instandsetzung und kontinuierlicher Verbesserung	212
13.4.1.1	Objekt-, Personal- und Betriebsmittelmanagement	213
13.4.1.2	Auftragsmanagement	213
13.4.1.3	Ereignis- und Störfallmanagement	213
13.4.1.4	Mangelerfassung	214
13.4.1.5	Dokumentenmanagement	214
13.4.1.6	Lager- und Warenwirtschaft	214
13.4.1.7	Kosten- und Budgetverwaltung	215
13.4.1.8	Berichte und Reporting	215
13.4.1.9	Einsatzplanung	215
13.4.1.10	Projektplanung	215
13.4.2	Mobile Systeme in der Instandhaltung	216
13.5	Schnittstellen des IPS-Systems	217
13.6	Systemauswahl und -einführung	218
13.7	Die Zukunft der IPS-Systeme	220
	Literatur	221
<b>14</b>	<b>Zukunftstrends der Qualifizierung für Fachkräfte in der Instandhaltung</b>	223
	Tina Haase und Wilhelm Termath	
14.1	Veränderungen der Instandhaltungsprozesse durch Industrie 4.0 und Konsequenzen für die Qualifizierung	223
14.2	Anforderungen an die Gestaltung von Lernsystemen	225
14.3	Anforderungen an die Gestaltung technologiebasierter Assistenzsysteme	228

14.4	Zukunftsszenario: Instandhaltung 4.0 in der Stahlindustrie . . . . .	231
14.5	Zukunftsszenario: Instandhaltung 4.0 in der Prozessindustrie . . . . .	234
	Literatur . . . . .	235
<b>15</b>	<b>Infrarot-Thermografie in der Instandhaltung der chemischen Industrie</b> . . . . .	239
	Christian Huber	
15.1	Infrarot-Thermografie als Methode des Condition Monitoring . . . . .	239
15.2	Maßnahmen zur Sicherung von Qualität und Effizienz der Anwendung	240
15.3	Infrarot-Thermografie als Messmethode und Bedingungen für den Einsatz zur Fehlerdiagnose . . . . .	240
15.4	Typische Anwendungen der Infrarot-Thermografie in der Instandhaltung . . . . .	242
15.5	Umfang des Einsatzes der Infrarot-Thermografie in den jeweiligen Anwendungsgebieten . . . . .	243
15.6	Beispiele aus dem Anwendungsgebiet Maschinen- und Anlagentechnik . . . . .	245
15.6.1	Aufgabenstellung: Wärmedurchgang mehrschichtige Wand .	245
15.6.2	Aufgabenstellung: Wärmeisolierung mit Wärmeleitung über Konstruktionsteile . . . . .	247
15.6.3	Aufgabenstellung: Erkennen von Wanddickenverringerung .	248
15.6.4	Aufgabenstellung: Betrieb im spezifizierten Bereich; Kennlinie, Stoffströme . . . . .	249
15.6.5	Aufgabenstellung: Erkennung von Innenbelag in Rohrleitungen . . . . .	252
15.7	Ausblick . . . . .	254
	Literatur . . . . .	254
<b>16</b>	<b>Anwendungsgebiete und Nutzen der RFID-Technologie in der Instandhaltung</b> . . . . .	255
	Gerhard Müller und Cathrin Plate	
16.1	Einleitung . . . . .	255
16.2	Anwendung von RFID in der Instandhaltung . . . . .	256
16.2.1	Identifizierung von Instandhaltungsobjekten . . . . .	258
16.2.2	Datenspeicherung direkt am Objekt . . . . .	259
16.2.3	Lokalisierung von mobilen Objekten . . . . .	260
16.2.4	Zustandsbestimmung über Zeit und den Prozess . . . . .	261
16.3	RFID in der Instandhaltung – Was bringt die Zukunft? . . . . .	262
16.4	Zusammenfassung . . . . .	264
	Literatur . . . . .	265

<b>17 Qualifizierung und Assistenz von Fachkräften in der Instandhaltung mit VR-Technologien . . . . .</b>	<b>267</b>
Jürgen Beuting und Wilhelm Termath	
17.1 Einleitung . . . . .	267
17.2 Anforderungen an die Qualifizierung von Fachkräften in der Instandhaltung . . . . .	268
17.3 Lernen im Arbeitsprozess . . . . .	269
17.4 Qualifikationen und Kompetenzen . . . . .	270
17.5 Qualifizierung und Transfer von Erfahrungswissen . . . . .	272
17.6 Lösungsansatz: Virtuell-interaktive Lernumgebungen . . . . .	272
17.7 Evaluation des Einsatzes virtuell-interaktiver Lernumgebungen . . . . .	274
17.8 Ausblick und Perspektiven . . . . .	274
Literatur . . . . .	275
<b>18 Kombinierter Einsatz von RFID zur Lebenszyklusverfolgung mobiler Betriebsmittel . . . . .</b>	<b>277</b>
Michael Ließmann und Klaus Richter	
18.1 Einleitung . . . . .	278
18.2 Verfolgung mobiler Betriebsmittel . . . . .	278
18.2.1 Lebenslaufverfolgung einer Kokille . . . . .	279
18.2.2 Auftragsmanagement mittels SAP-PM . . . . .	280
18.2.3 Konkrete Problemlage . . . . .	281
18.3 Das Kokillenverfolgungssystem . . . . .	282
18.4 Nutzen der automatisierten Kokillenverfolgung . . . . .	284
18.5 Ausblick . . . . .	285
Literatur . . . . .	285
<b>19 Instandhaltungs-Cockpit . . . . .</b>	<b>287</b>
Esra Sahan und Victoria Reuter	
19.1 Einleitung . . . . .	287
19.2 Kennzahlen und Kennzahlensystem . . . . .	288
19.3 Projekt IH-Cockpit . . . . .	291
19.3.1 Ausgangslage und Problemstellung . . . . .	291
19.3.2 Zielsetzung und Ist-Analyse . . . . .	292
19.3.3 Kennzahlen der Technologiefabrik Powertrain . . . . .	294
19.3.4 QlikView . . . . .	297
Literatur . . . . .	300

**Teil III Markt**

<b>20 Industrieservice 4.0 . . . . .</b>	303
David Merbecks	
20.1 Innovationen und Standardisierung von Dienstleistungen für die Industrie 4.0 . . . . .	303
20.2 Standards für Industrieservice . . . . .	304
20.3 Leuchtturmprojekte Themensammlung von Best-Practices . . . . .	304
20.4 Abstimmung mit Forschung und Europäischen Verbänden . . . . .	305
20.5 WVIS-Branchenmonitor bestätigt Trend . . . . .	305
20.6 Menschen bewegen Industrie – Qualifizierung für Industrieservice 4.0 . . . . .	306
20.6.1 Handwerkerpass – Maintenance-Skills-Passport . . . . .	306
20.6.2 WVIS academy und Trainingsakademie bieten Main-Cert-Lehrgang an . . . . .	307
<b>21 Neue Servicekonzepte in der Instandhaltung am Beispiel der Prozessindustrie . . . . .</b>	309
Götz Lauschke und Wilhelm Otten	
21.1 Einleitung . . . . .	309
21.2 Entwicklung der Service-Strukturen in der Prozessindustrie . . . . .	310
21.3 Alternative Geschäftsmodelle . . . . .	312
21.4 Optimierung am Beispiel des Leistungsbündels Pumpen . . . . .	317
21.5 Erfahrungen und Erkenntnisse . . . . .	320
21.6 Ausblick . . . . .	322
Literatur . . . . .	323
<b>22 Optimierte Aggregate Management: Chancen zur Kostensenkung durch „Poolen“ von Aggregaten und „Bündeln“ von Leistungen . . . . .</b>	325
Dietmar Zarbock und Werner Bachem	
22.1 Einleitung . . . . .	325
22.2 Der Chemiepark Knapsack . . . . .	326
22.3 Anforderungen der Chemieindustrie an die Fluidtechnik . . . . .	327
22.4 Vorteile eines Aggregatepools . . . . .	327
22.5 Root Cause Analysis in der Praxis . . . . .	329
22.5.1 Beispiel RCA im Produktbereich Salz-Rohsohle . . . . .	330
22.5.2 Beispiel RCA für Rückkühlwasser Chemikalienkühler . . . . .	330
22.6 Life Cycle Costing – Modewort oder Wettbewerbsvorteil? . . . . .	331
22.6.1 Beispiel LCC-Analyse im Produktbereich Monochloressigsäure . . . . .	333
22.6.2 Beispiel LCC-Analyse von Motoren für Kühlwasserpumpen . . . . .	333
22.7 Qualitätssicherung . . . . .	334
22.8 Dokumentation . . . . .	334

22.9	Unternehmensformen . . . . .	335
22.10	Resümee und Ausblick . . . . .	335
	Literatur . . . . .	336
<b>23</b>	<b>Vom Kollegen zum Geschäftspartner – Instandhaltung aus Sicht eines outgesourceten Industriedienstleisters</b> . . . . .	<b>337</b>
	Stefan Grüßer und Heinz-Wilhelm Loeven	
23.1	Einleitung . . . . .	338
23.2	Kurzvorstellung InfraServ Knapsack . . . . .	338
23.3	Festlegung der Kernarbeitsgebiete . . . . .	340
23.4	Dienstleistungsorientierung . . . . .	341
23.4.1	Basis der Zusammenarbeit . . . . .	341
23.4.2	Monitoring der Leistung . . . . .	343
23.5	Gestaltung der Zusammenarbeit . . . . .	343
23.5.1	Vollständige Kommunikation . . . . .	343
23.5.2	Lernschleifen . . . . .	344
23.6	Transparente Instandhaltungsleistung . . . . .	345
23.6.1	Online Kennzahl am Beispiel Entstördienst . . . . .	346
23.6.2	Instandhaltungsdokumente über Internet . . . . .	346
23.6.3	Meldungswesen über Internet . . . . .	347
23.7	Resümee . . . . .	347
<b>24</b>	<b>Smart Maintenance</b> . . . . .	<b>349</b>
	Helmut Mühlnickel, Cäcilia Maria Kurz, Philipp Jussen und Roman Emonts-Holley	
24.1	Einleitung . . . . .	350
24.1.1	Neue Herausforderungen zukünftiger Instandhaltung durch Industrie 4.0 . . . . .	350
24.1.2	Nutzen und Potenziale für ein neues Instandhaltungsmanagement . . . . .	351
24.2	Entwicklung der Instandhaltung . . . . .	352
24.2.1	Smart Maintenance: Umsetzung eines integrativen Produktions-Instandhaltungssystems . . . . .	356
24.3	Rolle des Menschen in der Instandhaltung der Zukunft . . . . .	357
24.3.1	Schnittstelle: Technik-Organisation . . . . .	358
24.3.2	Schnittstelle: Mensch-Organisation . . . . .	358
24.3.3	Schnittstelle: Mensch-Technik . . . . .	359
24.4	Zusammenfassung . . . . .	359
	Literatur . . . . .	360

---

<b>25</b>	<b>Smart Services – Datenbasierte Dienstleistungen in der Instandhaltung</b>	. . . . . 361
	Marcus Schnell, Philipp Jussen und Benedikt Moser	
25.1	Einleitung . . . . .	362
25.2	Digitale Daten als Grundlage neuer Dienstleistungen . . . . .	363
25.2.1	Wissensgenerierung auf Basis von Daten . . . . .	363
25.2.2	Möglichkeiten der Datenanalyse . . . . .	364
25.3	Datenbasierte Dienstleistungen in der Instandhaltung . . . . .	366
25.4	Datenbasierte Geschäftsmodelle . . . . .	368
25.5	Möglichkeiten für den Einsatz von datenbasierten Diensten bei der BELFOR DeHaDe GmbH . . . . .	369
25.5.1	Unternehmen BELFOR DeHaDe GmbH . . . . .	369
25.5.2	Einsatzmöglichkeiten von datenbasierten Diensten bei der BELFOR DeHaDe GmbH . . . . .	370
25.6	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	371
	Literatur . . . . .	372
 <b>Teil IV Standardisierung und Normung</b>		
<b>26</b>	<b>VDI-Richtlinien – Mit Technischen Regeln Wirtschaftlichkeit erhöhen und Standards setzen</b>	. . . . . 377
	Jean Haeffs	
26.1	Der Verein Deutscher Ingenieure e. V. . . . .	377
26.2	VDI-Richtlinien – „Kochrezepte von Ingenieuren für Ingenieure“ . . . . .	378
26.3	VDI-Hauptausschuss Instandhaltung . . . . .	380
26.4	Zusammenfassung . . . . .	383
	Weiterführende Literatur . . . . .	383
<b>27</b>	<b>Normen und Standards als Grundlage einer modernen Instandhaltung</b>	. . . . . 385
	Lennart Brumby	
27.1	Warum Normen und Standards für die Instandhaltung unverzichtbar sind . . . . .	385
27.2	Der Normungsprozess . . . . .	387
27.3	Aktuelle Normen und Standards der Instandhaltung . . . . .	388
27.4	VDI-Richtlinien zur Instandhaltung . . . . .	390
27.5	Normung zur Industrie 4.0 aus der Sicht der betrieblichen Instandhaltung . . . . .	391
	Literatur . . . . .	394
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	395

---

## Autorenverzeichnis



**Werner Bachem**

*InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG, Salesmanager Industrielle Instandhaltung*

*Jahrgang 1966*

Bachem absolvierte von 1983 bis 1986 eine Ausbildung zum Betriebsschlosser bei der Hoechst AG, Werk Knapsack, und von 1986 bis 1990 eine berufsbegleitende Weiterbildung zum staatlich geprüften Maschinenbautechniker. Von 1986 bis 1998 arbeitete er als Betriebsschlosser in verschiedenen chemischen Produktionsbetrieben der Hoechst AG, Werk Knapsack, u. a. verantwortlich für das Planen und Koordinieren von Anlagenstillständen und Kleinprojekten sowie Vertretungen von Führungskräften. Zwischen 1998 und 2007 wirkte er als technischer Angestellter in der Projekt- und Baustellenleitung bei der Infraserv GmbH & Co. Knapsack KG. Nach dem Abschluss der Weiterbildung zum technischen Betriebswirt ist er seit 2007 Salesmanager für das Geschäftsfeld Industrielle Instandhaltung.



**Björn Bartels, M. Sc. Dipl.-Wi-Ing.**

*AMSYS GmbH, Geschäftsführender Gesellschafter*

*Jahrgang 1985*

Bartels hat einen Master-Abschluss im Fachbereich International Business sowie ein deutsches Diplom als Wirtschaftsingenieur. Seine Expertise sind Kernkompetenzen und Taktiken im Obsoleszenz Management, wobei er reaktive, proaktive und strategische Obsoleszenz Management Systeme in einer Vielzahl von Unternehmen erfolgreich entwickelt, implementiert und geleitet hat.

Er ist Leiter des VDI-Fachausschusses „FA209 Obsoleszenz Management“, Sprecher auf diversen internationalen Konferenzen, ausgewiesener Experte innerhalb der IEC/DKE/ISO und Business Partner des Interessenverbandes Component Obsolescence Group. Weiterführend führte er eine Kooperation mit dem CALCE Ingenieursinstitut der University of Maryland, mit dem Ergebnis, dass im Mai 2012 eine 290seitige gemeinsame Publikation mit dem Titel „Strategies to the Prediction, Mitigation and Management of Product Obsolescence“ veröffentlicht wurde.

**Lennart Brumby, Prof. Dr.-Ing.**

*Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim, Studiengangsleiter Service-Ingenieurwesen  
Jahrgang 1969*

Brumby hat Maschinenbau an der Technischen Universität Kaiserslautern studiert, anschließend ab 1996 Projektingenieur bei Schott Glas. Ab 1998 arbeitete er als Leiter der Forschungsgruppe Instandhaltungsmanagement am FIR an der RWTH Aachen, wo er auch promovierte. 2003 wechselte er zur DB Cargo AG, verantwortlich für verschiedene Bereiche der Instandhaltung der Güterwagenflotte und deren Budgetplanung. Seit 2011 ist Brumby Professor für Instandhaltungsmanagement an der DHB Mannheim und seit 2012 Leiter des Studiengangs „Service-Ingenieurwesen“. Vorlesungen u.a. „Grundlagen der Instandhaltung“ und „Service- und Instandhaltungsmanagement“. Darüber hinaus ist Brumby Obmann des DIN-Normungsausschusses NA 159-04-01 AA „Instandhaltung“, stellv. Obmann des DIN/DKE-Steuerkreises „Industrie 4.0“ und langjähriges Mitglied im VDI-Fachausschusses Instandhaltung. Weitere Funktionen: Stellv. Obmann des VDI-Fachausschusses „Digitale Herstellerinformationen“, Mitglied im CEN TC319/WG 4 „Maintenance Terminology“, Mitglied im CEN TC319/WG 10 „Maintenance within physical Asset Management“, Mitglied im CEN TC319/WG 13 „Maintenance Process“, Mitglied im European Asset Management Committee (EAMC) der European Federation of National Maintenance Societies (EF-NMS).

**Uwe Dombrowski, Univ.-Prof. Dr.-Ing.**

*Technische Universität Braunschweig, Geschäftsführender Leiter des Instituts für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (IFU)*

*Jahrgang 1950*

Dombrowski studierte Maschinenbau in Hamburg und Hannover und promovierte 1987 an der Universität Hannover. Nach 12 Jahren in leitenden Positionen der Branchen Medizintechnik und Automobil erfolgte 2000 die Berufung zum Universitätsprofessor an die Technische Universität Braunschweig und die Ernennung zum Geschäftsführenden Leiter des Instituts für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (IFU).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Dombrowski ist Vorsitzender des VDI-Fachausschusses Ganzheitliche Produktionssysteme, in dem die VDI-Richtlinie 2870 erarbeitet wurde.

**Roman Emonts-Holley, M. Sc.**

*Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen Dienstleistungsmanagement/Community Management*

Von 2008 bis 2013 studierte Roman Emonts-Holley Wirtschaftsingenieurwesen (Fachrichtung Fertigungstechnik) an der Universität Hamburg.

Seit 2014 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am FIR e.V. an der RWTH im Bereich Dienstleistungsmanagement in der Fachgruppe Community Management beschäftigt. Der Fokus seiner Arbeiten liegt auf Themen wie der Entwicklung von Unternehmensstrategien, der Erfassung und Optimierung von Prozessen der Instandhaltung und der Reorganisation von Instandhaltungsabteilungen. Darüber hinaus zählen die Erforschung von Social-Media-Kennzahlen mit Fokus auf Dienstleistungen sowie der strategische Aufbau und der Betrieb von Communitys im unternehmerischen Umfeld zu seinen wesentlichen Aufgabenbereichen.

**Oliver Franta, Dipl.-Ing.**

*Evonik Cyro LLC, Methacrylate Americas, Standort Fortier,*

*Leiter Technik*

*Jahrgang 1963*

Nach dem Studium des Chemieingenieurwesens begann Franta 1990 in der Verfahrenstechnik der Degussa und war von 1995-2005 in der Technischen Anlagenbetreuung an verschiedenen Standorten im In- und Ausland tätig. Es folgten die Leitung der Abteilung Anlagenwirtschaft im Servicebereich Verfahrenstechnik und Engineering sowie ab 2011 die Tätigkeit als Senior Project Manager in der Abteilung Operational Excellence der Evonik Industries AG. Seit 2015 ist er Leiter Technik am US-Standort Fortier, Louisiana.

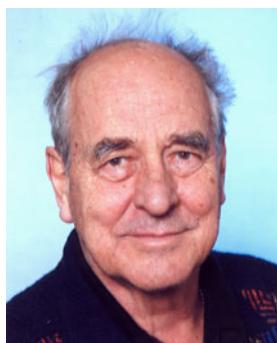
Ehrenamtlich engagiert er sich im VDI-Fachausschuss Instandhaltung und arbeitete seit 2008 an der Erstellung mehrerer Richtlinien auf dem Gebiet der Instandhaltung mit.

**Marek Galinski, Dipl.-Ing.**

*Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH, Projektleiter Neubau*

*Jahrgang 1966*

Marek Galinski studierte Sicherheitstechnik an der Bergischen Universität in Wuppertal. Von 1993 bis 2015 war er Fachkraft für Arbeitssicherheit bei den Hüttenwerken Krupp Mannesmann GmbH in Duisburg; von 1997 bis 2010 Abteilungsleiter Arbeitssicherheit; von 2010 bis 2015 Leiter des Bereiches Gefährdungsmanagement.

**Hartmut Giesler, Dipl.-Ing.**

*VDI-Hauptausschuss Instandhaltung bis 2004, Gründungsmitglied des VDI-Hauptausschuss Instandhaltung, Obmann von 1976 bis 2000*

*Jahrgang 1938*

Giesler studierte nach seiner Ausbildung zum Maschinen-schlosser Maschinenbau an der Staatl. Ingenieurschule Konstanz. Nach beruflicher Tätigkeit beim Bundesbahnausbesserungswerk und der Kleinstmotorengesellschaft Christian Dunker, begann Giesler 1962 als Nachwuchingenieur bei der Daimler AG, Produktion Achsen, in Stuttgart-Untertürkheim. Dort folgten Tätigkeiten als Betriebsingenieur, Hauptgruppen- und Abteilungsleiter. Ab 1993 bis zu seiner Pensionierung

2001 war er E3-Leiter der Werksinstandhaltung PAC/IS. Bereits früh engagierte Giesler sich im damaligen VDI-Ausschuss „Organisation der Instandhaltung“, der ihn im Mai 1976 zum Obmann wählte. Diese Aufgabe gestaltete er bis Ende 2004 aktiv.

**Hans-Werner Gohres, Dipl.-Ing.***Schmidt Anlagentechnik GmbH**Jahrgang 1946*

Gohres studierte nach seiner Offiziersausbildung bei der Bundeswehr Maschinenbau in Darmstadt und war darauf mehrere Jahre als Technischer Offizier tätig. Nach der Bundeswehr war er Betriebsleiter Instandhaltung in einem Spanplattenwerk. Von dort wechselte er zu den Krupp Hüttenwerken Rheinhausen in die Systemtechnik und Konstruktion. Nach Jahren der Tätigkeit als Betriebsleiter Instandhaltung Walzwerke und Leiter der zentralen Technischen Dienste übernahm er die Tätigkeit des Planungschefs zentrale Instandhaltung bei den Hüttenwerken Krupp Mannesmann HKM. Heute ist Gohres Partner in einem mittelständischen Maschinenbauunternehmen.

Gohres ist Ehrenmitglied im VDEh Anlagenausschuss und war langjähriges Mitglied des Programmausschusses des Forums Instandhaltung von VDI und VDEh.

**Stefan Grüßer, Dipl.-Ing.***InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG, Leiter Vertrieb**Jahrgang 1963*

Grüßer studierte bis 1990 Maschinenbau an der RWTH Aachen und bis 1995 Wirtschaftsingenieurwesen an der gleichen Einrichtung. Von 1991 bis 2003 arbeitete er bei der Prymetall GmbH & Co. KG; Stolberg als Betriebsingenieur, Leiter Instandhaltung und Leiter Neubau und Investitionen. Seit 2003 war Grüßer bei Infraserv GmbH & Co. Knapsack KG in Hürth als Leiter Betriebsnahe Instandhaltung tätig. Aktuell hat er die Leitung Vertrieb inne.

**Katja Gutsche, Prof. Dr.-Ing.**

*Hochschule Ruhr West, Lehrgebiet Instandhaltungsmanagement*

*Jahrgang k.A.*

Katja Gutsche ist Professorin für das Lehrgebiet Instandhaltungs- und Life Cycle Management sowie Leiterin des Studiengangs „Industrielles Dienstleistungsmanagement“ an der Hochschule Ruhr West. Außerdem ist sie Gastprofessorin an der Alfred University, USA.

Im VDI arbeitet Frau Gutsche aktiv im Fachausschuss Instandhaltung und in der Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen/ Arbeitsgruppe Betriebsingenieure. Daneben ist sie Beraterin und Trainerin auf dem Gebiet des Asset Managements.

**Tina Haase, Dr.-Ing.**

*Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Geschäftsfeld Mess- und Prüftechnik*

*Jahrgang 1980*

Tina Haase hat 2005 das Studium der Computervisualistik an der Otto-von-Guericke Universität in Magdeburg als Diplom-Ingenieurin abgeschlossen und ist seitdem als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fraunhofer IFF tätig. Von 2012-2015 war sie stellvertretende Leiterin des Geschäftsfeldes „Virtuell Interaktives Training“. Seit 2016 leitet sie das Technologiefeld „Lernen und Erfahrungstransfer“ im Geschäftsfeld „Mess- und Prüftechnik“.

Frau Haase hat in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsprojekten mitgewirkt. Darüber hinaus entwickelt sie in Zusammenarbeit mit der Industrie technologiebasierte Lern- und Assistenzsysteme für die Instandhaltung. Zu diesem Thema erarbeitete sie auch ihre Dissertation.

**Jean Haeffs, Dipl.-Ing.**

*VDI e.V., Geschäftsführer der VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL) im VDI*

*Jahrgang 1963*

Nach dem Ingenieurstudium in Wuppertal (Fachrichtung Druckereitechnik) 1988 war Haeffs für 5 Jahre Konstruktions- und Projektingenieur beim Druckmaschinenhersteller Albert Frankenthal (heute KBA). Von 1993 bis 2006 tätig bei der Tiefdruck Schwann-Bagel in Mönchengladbach als Leiter der Betriebstechnik und Projektleiter, u.a. für das Logistikzentrum mit HRL und FTS, Blockheizkraftwerk, verschiedene große Tiefdruck- und Rollenoffset-Anlagen usw. Ab 2006 bis 2010 bei Garant Engineering & Purchasing als Leiter Projekte verantwortlich für die Projekte und den technischen Einkauf der gesamten Bagel-Gruppe. Seit 2010 ist Haeffs beim VDI als Geschäftsführer der Fachgesellschaft GPL tätig.

**Andreas Hennen, B. Eng.**

*Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH, Leiter Arbeitssicherheit*

*Jahrgang 1962*

Andreas Hennen studierte Metallurgie und Umformtechnik an der Universität Duisburg/ Essen. Seit 2010 ist er Fachkraft für Arbeitssicherheit bei den Hüttenwerken Krupp Mannesmann GmbH in Duisburg, Abteilungsleiter seit 2008.

**Wilhelm Hodapp, Dipl.-Ing.**

*Lehrbeauftragter für Instandhaltung an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, Mannheim*

*Jahrgang 1952*

Nach einer Ausbildung zum Maschinenschlosser studierte Wilhelm Hodapp an der Ruhruniversität Bochum Maschinenbau. Danach war er zunächst im Anlagenbau tätig, bevor er 1982 zur Heidelberger Druckmaschinen AG wechselte und dort über 33 Jahre tätig war. Am Standort Wiesloch-Walldorf arbeitete er zunächst in dem Bereich Investitionsplanung und Produktionsgüterbeschaffung. Dann war er für die Entwicklung und Erprobung neuester Produktionstechnik zuständig. Anschließend übernahm er für mehr als 16 Jahre die Verantwortung für die zentral organisierte Instandhaltung des Werkes. Seine Erfahrungen und sein Wissen flossen u.a. im VDI-Fachausschuss Instandhaltung in die Erstellung mehrerer VDI-Richtlinien sowie aktuell in seine Lehrtätigkeit an der DHBW ein. Des weiteren ist er für den VDI als Seminarleiter für das Themenfeld der Instandhaltungskennzahlen tätig.

Er erhielt bei den 15. MAINDAYS in Berlin den Award MAINTAINER 2013 für ein strategisches Konzept zum Kompetenzmanagement in der Instandhaltung, welches auf Veränderungen in der Mitarbeiterstruktur unter demografischen Gesichtspunkten abzielt.

**Christian Huber, Dipl.-Ing.**

*Wacker Chemie AG, Leiter Vorbeugende Instandhaltung*

*Jahrgang 1956*

Nach dem Studium des Maschinenbau arbeitete Huber als Konstrukteur für Maschinenbau und Sonderapparate bei der Wacker Chemie AG. Danach Aufbau einer Fachstelle für mechanische Schwingungstechnik und Schadensfrüherkennung im Unternehmen. Der Aufgabenumfang erweiterte sich um Wartungsplanung, Maschineninspektion, Schwingungstechnik und Tribologie. Seit 2000 folgten fachliche Erweiterungen der Fachstelle durch Hinzunahme der IR-Thermografie und Instandhaltungsmanagementfunktionen, insbesondere Instandhaltungsmethoden- und Prozessoptimierung. Gegenwärtige Schwerpunkte seiner Tätigkeit sind

neben der VDI-Richtlinienarbeit in verschiedenen Gremien Supportleistungen für die Internationalisierung der Instandhaltungsprozesse im Unternehmen.

**Philipp Jussen, Dr.-Ing.**

*Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen, Leiter Bereich Dienstleistungsmanagement  
Jahrgang 1984*

Von 2004 bis 2011 studierte Philipp Jussen Wirtschaftsingenieurwesen an der RWTH Aachen. Seit 2011 ist er Projektmanager am FIR e.V. im Bereich Dienstleistungsmanagement u.a. in der Fachgruppe Lean Services, welche er seit 2013 leitete. Seit 2015 leitet er den Bereich Dienstleistungsmanagement.

U.a. als Projektleiter des Forschungsprojekts OSE – Overall Service Efficiency erforscht er Kennzahlensysteme zur Messung und Bewertung von Verschwendungen in der Auftragsabwicklung. Im Rahmen des Konsortialbenchmarking Lean Services untersuchte er europaweit die Top Performer im Bereich der Instandhaltung und im After-Sales-Services.

**Cäcilia Maria Kurz, Dipl.-Math.**

*BILSTEIN SERVICE GmbH der BILSTEIN GROUP, Programmleitung Industrie 4.0  
Jahrgang 1954*

Kurz beschäftigt sich beruflich mit Themen wie MES, Manufacturing Execution Systems, in Zusammenhang mit SOA, der serviceorientierten Architektur, und den Möglichkeiten der digitalen Fabrik. Seit 2011 arbeitet sie im DIN NaM Normenausschuss Maschinenbau MES (NA 060-30-05-04 AK) mit. Weiterhin beschäftigt sie sich mit der Methodik der Beschreibung von Industrie 4.0 UseCases (DKE 2014). Seit April 2015 beteiligt sie sich im Gremium VDI/VDE-GMA FA 7.25 „Testen vernetzter Systeme für Industrie 4.0“. Zeitgleich bis insbesondere zum Positionspapier im November 2015 erfolgte eine intensive Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und neue Medien e.V., Bitkom, im Arbeitskreis Industrie 4.0 Interoperabilität mit dem Schwerpunkt Semantik und Wissensorganisation.

**Michael Kurz, M. Sc.**

*Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen, Leiter Competence-Center Instandhaltung  
Jahrgang 1987*

Michael Kurz ist seit 2013 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Dienstleistungsmanagement am Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. In der Fachgruppe Lean Services liegt der Schwerpunkt seiner Tätigkeit in der Gestaltung und Optimierung von Dienstleistungsprozessen.

Seit 2014 leitet er am FIR das Competence-Center Instandhaltung. Im Vordergrund stehen dabei die thematische Weiterentwicklung des Competence-Centers, die Platzierung von Forschungs- und Beratungsaktivitäten im Themenfeld Smart Maintenance sowie die Zusammenarbeit mit den Branchenverbänden VDI, FVI und WVIS. Herr Kurz ist Mitglied im Fachausschuss Instandhaltung des VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik.

**Götz Lauschke, Dr.-Ing.**

*Evonik Technology & Infrastructure GmbH, Geschäftsbereitsleiter Technischer Service  
Jahrgang 1965*

Seit 2015 ist Dr. Lauschke Leiter des Geschäftsbereichs Technischer Service der Evonik Technology & Infrastructure GmbH, dem Standortdienstleister für Technologie- und Infrastruktur-Services von Evonik Industries. Zuvor war er Marketingleiter des Geschäftsbereichs Animal Nutrition von Evonik.

Der promovierte Verfahrenstechniker begann seine berufliche Laufbahn bei der Hoechst AG. Im Jahr 2000 wechselte er als Betriebsingenieur zur damaligen Degussa Corp. in Mobile, USA, einem Vorgängerunternehmen von Evonik. Im Konzern war er außerdem Betriebs- und anschließend Produktionsleiter am Standort Wesseling, bevor er 2011 die Leitung des Produktmanagements für Methionin übernahm. Als Leiter des Technischen Services von Evonik verantwortet er die Entwicklung von Instandhaltungsstrategien sowie die Wartung, Kalibrierung, Montage, Inspektion und die planmäßige Revision von Anlagen sowie die zügige Beseitigung von Betriebsstörungen.

**Heinz-Wilhelm Loeven**

*InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG, Senior Sales Manager  
Jahrgang 1961*

Loeven absolvierte von 1977 bis 1981 eine Berufsausbildung als Energieanlagenelektroniker mit IHK-Abschluss bei der Hoechst AG, Werk Knapsack. Es folgte 1987 die Qualifizierung zum Industriemeister Elektrotechnik. Danach 1998 Fortbildung zum Technischen Betriebswirt. Von 1981 bis 1987 arbeitete er als Energieanlagenelektroniker und von 1987 bis 1997 als Meister in der Elektroinstallationswerkstatt und EMR-Montage bei der Hoechst AG, Werk Knapsack. Zwischen 1998 und 2001 in der Funktion als Projektleiter und Koordination der Leitstellen im Service Center EMSR-Montage der Infraserv GmbH & Co. Knapsack KG. Als Technischer Betriebswirt in der Abteilung Dienstleistungsmarketing wirkte er von 2002 bis 2003 beim Aufbau des Vertriebes mit und ist seit 2004 Salesmanager für das Geschäftsfeld Industrielle Instandhaltung.

**Friedrich Luther, Dipl.-Ing.**

*Piepenbrock Instandhaltung GmbH+Co. KG, ehem. Niederlassungsleiter  
Jahrgang 1946*

Nach Maschinenschlosser-Lehre 1963 und Studium Eintritt als Ingenieur in die Arbeitsvorbereitung von Schlafhorst; Wechsel in die Fertigungsleitung; danach Abteilungsleiter Mechanische Fertigung und Leiter Oberflächentechnik sowie der Instandhaltung der Werke Mönchengladbach/Rheindahlen; Kaizen- und TPM-Schulungsleiter; seit 1998 Leiter des Profit-Centers Instandhaltung bei Saurer; Mitwirkung beim Outsourcing-Prozess der Instandhaltung an die Piepenbrock-Dienstleistungsgruppe; seit 2002 Niederlassungsleiter Piepenbrock Instandhaltungszentrum West (Mönchengladbach/Übach-Palenberg/ Remscheid); seit 1984 Mitglied im VDI-Hauptausschuss Instandhaltung und Mitarbeit bei der Erstellung von VDI-Richtlinien, wie z.B. VDI 3423, 2895, 2892, 2884, 2885, 2887.

**David A. Merbecks, Dipl.-Ing.***WVIS – Wirtschaftsverband für Industrieservice e.V.**Jahrgang 1964*

Nach einem Maschinenbaustudium war David Merbecks sechs Jahre in Beratungsgesellschaften für kommunale Ver- und Entsorgungsbetriebe u.a. in den Themenfeldern Betriebs- führungskonzepte, Contracting und Managementsysteme als Gutachter tätig. Von 1999 an war er im Key-Account- Management, Marketing sowie in der Vertriebssteuerung bei einem kommunalen Energieversorger verantwortlich für die Schwerpunkte Contracting, Dienstleistungen und Vertrags- management.

Seit 2009 ist Merbecks Referent für Technik und Qualität im WVIS – Wirtschaftsverband für Industrieservice e.V., zudem seit 2014 Vice-President, EFNMS - European Federation of National Maintenance Societies, vzw. Brüssel.

Er ist Mitglied des VDI-Fachausschuss Instandhaltung und war an der Erstellung von VDI-Richtlinien, z.B. zu den The- men Obsoleszenz Management und Benchmarking, beteiligt. Zudem ist er aktives Mitglied des DIN Normenausschuss NA Instandhaltung.

**Benedikt Moser, M. Sc.***Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen, Projektmanager Bereich Dienstleis- tungsmanagement**Jahrgang 1991*

Von 2010 bis 2016 studierte Benedikt Moser Wirtschaftsin- genieurwesen an der RWTH Aachen mit den Schwerpunkten Produktionstechnik und Entrepreneurship. Seit 2016 ist er Projektmanager am FIR e.V. im Bereich Dienstleis- tungsmanagement in der Fachgruppe Service Engineering.

Als Projektleiter des Forschungsprojekts Smart Farming Welt erforscht Benedikt Moser die herstellerübergreifende Vernet- zung von Maschinen im landwirtschaftlichen Pflanzenbau mithilfe einer Smart-Service-Plattform.

**Helmut Mühlnickel, Dipl.Ing.**

*BILSTEIN SERVICE GmbH der BILSTEIN GROUP, Leiter Anlagen- und Verfahrenstechnik*  
*Jahrgang 1957*

Ausbildung beim Eschweiler Bergwerksverein zum Betriebsschlosser (Unterlage). Danach und parallel zu seiner anschließenden, dortigen Tätigkeit, holte er die Hochschulreife auf der Abendschule nach. Darauf aufbauend wurde ein Maschinenbaustudium absolviert und danach Ingenieurstätigkeit bei der Mannesmann Demag AG als Walzwerksbauer. Dort ist das theoretisch erworbene Wissen um Instandhaltung im Anlagenbau und in der Walzwerkstechnik mit praktischer Erfahrung abgerundet worden.

Seit 1995 arbeitet Herr Mühlnickel als Prokurist für die BILSTEIN SERVICE GmbH in seiner Funktion als Leiter der Abteilung Anlagen und Verfahrenstechnik. Neben dem Beruf gibt es ein starkes Engagement beim VDEh-Fachausschuss Instandhaltung sowie dem FIR der RWTH Aachen. Herr Mühlnickel ist langjähriges Mitglied im VDI und VDEh.

**Gerhard Müller, Prof. E.h. Dr.-Ing.**

*Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF,*  
*Stellvertretender Institutsleiter*  
*Jahrgang 1951*

Gerhard Müller ist stellv. Institutsleiter, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg. Jahrgang 1951. Müller hatte als studierter Betriebsgestalter von 1974 bis 1992 die Stellung eines Oberingenieurs am Institut Fabrikautomatisierung und Fabrikbetrieb der TU „Otto-von-Guericke“ Magdeburg sowie die Lehrbefähigung Facultas Docendi inne. Seit 1992 ist er am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg in leitenden Funktionen und hier seit 2002 als stellvertretender Institutsleiter tätig. Langjährig beteiligte er sich aktiv an der Gremienarbeit der VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB) und VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL), wobei er über viele Jahre im Vorstand der Gesellschaften tätig war. Regional ist er als Vorstandsmitglied in die Arbeit des RKW Sachsen-Anhalt e.V. eingebunden und als Gründungsmitglied des ZERE Sachsen-Anhalt e.V. aktiv.

**Wilhelm Otten, Dr.-Ing.**

*Evonik Technology & Infrastructure GmbH, Geschäftsbereitsleiter Verfahrenstechnik & Engineering*

*Jahrgang 1958*

Seit 2015 ist Dr. Wilhelm Otten Leiter des Geschäftsbereits Verfahrenstechnik und Engineering der Evonik Technology & Infrastructure GmbH, dem Standortdienstleister für Technologie- und Infrastruktur-Services von Evonik Industries. Vorher war er Leiter des Geschäftsbereits Technischer Service von Evonik.

Der promovierte Maschinenbauer/ Verfahrenstechniker star- tete seine Karriere 1988 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Verfahrenstechnik der Degussa AG in Hanau, einem der Vorgänger-Unternehmen von Evonik. Er bekleidete Positionen in verschiedenen Bereichen von Evonik und den Vor- gängerunternehmen, unter anderem in der Verfahrenstechnik, der Betriebs-/ Anlagentechnik, dem technischen Controlling. Er war Leiter interner Servicebereiche sowie Geschäftsführer der Röhm GmbH. Im Rahmen dieser Tätigkeiten sammelte er Erfahrungen im gesamten Gebiet der praktischen Instandhal- tung und des Instandhaltungsmanagements.

Seit 2011 ist er zudem Vorsitzender der NAMUR, der Interes- sengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindus- trie.

**Cathrin Plate, Dipl.-Ing.**

*Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung, Kompetenzfeld Materialflusstechnik und Systeme*

*Jahrgang 1963*

Nach dem Studium der Elektrotechnik war Plate mehrere Jahre in KMU des Maschinen- und Anlagenbau als Inbetrieb- nahmeingenieur tätig. Seit 1995 ist sie am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und - automatisierung (IFF) in Magdeburg beschäftigt und leitet Projekte zu differenzierten Themen des Produktions- und Instandhaltungsmanagements in ver- schiedenen Branchen. Als Mitglied im VDI-Fachausschuss Instandhaltung arbeitete sie an der Erstellung mehrerer VDI- Richtlinien auf dem Gebiet der Instandhaltung mit. Sie ist ebenfalls Ansprechpartner des Fraunhofer IFF in verschiede- nen Gremien des DIN.

**Jens Reichel, Dr.-Ing.**

*thyssenkrupp Steel Europe AG, Leiter des Technischen Service & Energie  
Jahrgang 1960*

**Dr.-Ing. Jens Reichel**, thyssenkrupp Steel Europe AG, ist Leiter des Technischen Service & Energie. Nach dem Studium des Allgemeinen Maschinenbaus und Tätigkeit als wissenschaftlicher Angestellter an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg war Reichel ab 1990 bei den Hüttenwerken Krupp Mannesmann in Duisburg tätig. Dort übernahm er zunächst Stabtätigkeiten als Betriebsingenieur „Informationssysteme“ und Abteilungsleiter „Systemtechnik Anlagenwirtschaft“. Ab 1996 leitete er operative Aufgaben in unterschiedlichem Zuschnitt interner Dienstleistungen. Seit 2016 ist Reichel Leiter Technischer Service & Energie bei der thyssenkrupp Steel Europe AG; seine Aufgaben umfassen alle Standortdienstleistungen, zentrale Instandhaltungsaufgaben, Realisierung von Großprojekten und die Energieversorgung mit ca. 2500 Mitarbeitern. Ehrenamtlich engagiert sich Reichel im VDI-Fachausschuss Instandhaltung seit mehr als 10 Jahren, er wirkte federführend bei der Erarbeitung diverser VDI-Richtlinien zur Instandhaltung. Seit 2008 ist er Obmann des VDI-Fachausschuss Instandhaltung und seit 2013 Vorsitzender der VDI-Gesellschaft für Produktion und Logistik .

**Victoria Reuter, M. Sc.**

*Universität Paderborn, Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau*

*Jahrgang 1990*

Frau Reuter war Masterstudentin des Wirtschaftsingenieurwesens mit Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn. Sie unterstützte die Projektleitung „IH-Cockpit“ im Rahmen eines Praktikums im Team Methoden und Prozesse Instandhaltung Powertrain der Daimler AG. Ihre Masterarbeit hat sie ebenfalls bei der Daimler AG im Bereich Verfahrensentwicklung Produktions- und Prüftechnik geschrieben. Neben ihrem Studium war sie als wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnik der Universität Paderborn sowie am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie Paderborn tätig. Sie ist ebenfalls Mitglied der Hochschulgruppe Wirtschaftsingenieurwesen e.V. der Universität Paderborn.

**Klaus Richter, Hon.-Prof. Dr.-Ing.***Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung,**Leiter Materialflusstechnik und Systeme**Jahrgang 1958*

Richter studierte Maschinenbau mit Schwerpunkt Fördertechnik und arbeitete nach seiner Promotion 1987 als Ingenieur für rechnergestützte Projektierung von Materialflussanlagen. Seit 2000 ist er in leitender Position am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) in Magdeburg tätig. Aufgabenschwerpunkt sind Forschungs- und Industrieprojekte zur Integration von funk- und videobasierten Technologien in verschiedene Anwendungsbereiche der Logistik und der Materialflusstechnik sowie der Instandhaltung. Im Fokus stehen eigene Entwicklungen IoT-basierter, intelligenter Objekte für Anwendungen in Logistik-, Materialfluss- und Instandhaltungsprozessen.

**Esra Sahan, M. Sc.***Daimler AG. Projektleitung Instandhaltungs-Cockpit Powertrain Mercedes-Benz Cars**Jahrgang 1987*

Nach dem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens (Bachelor) und International Managements (Master) 2013 war Frau Sahan als Projektleiterin des Projektes Arbeitsgestaltung Generationenmanagement und im Anschluss als Ingenieurin im Team Methoden und Prozesse der Instandhaltung Powertrain der Daimler AG tätig. Dort leitete sie das Projekt „IH-Cockpit“ im Rahmen eines einheitlichen Monitorings für instandhaltungsrelevante Kennzahlen. Des Weiteren war sie in verschiedenen Projekten wie zur Verbesserung von Ersatzteil- und Instandhaltungsstrategien aktiv. Sie fungierte außerdem als Koordinatorin und Beraterin im Meister-Nachwuchs-Entwicklungs-Programm. Derzeit ist sie zum Thema Demografischer Wandel und Alternde Belegschaft im Projekt „YES – die Demografie Initiative“ für Mercedes-Benz Cars Operations der Daimler AG als Demografie-Managerin tätig.

**Marcus Schnell, Dr.-Ing.***BELFOR DeHaDe GmbH, Geschäftsführer**Jahrgang 1973*

Von 1993 bis 1998 studierte Dr. Marcus Schnell Maschinenbau an der TU Dortmund mit dem Schwerpunkt Technische Betriebsführung. Im Anschluss an sein Studium promovierte er 2002 am Lehrstuhl für Fabrikorganisation (TU Dortmund) im Bereich Instandhaltung.

Dr. Marcus Schnell ist seit 1.2.2015 Geschäftsführer der BELFOR DeHaDe GmbH, die sich mit der Grundüberholung, Instandsetzung und Schadensanierung von industriell genutzten Produktionsmaschinen (branchenunabhängig und herstellerneutral) beschäftigt. Zuvor war er von 2008 bis 2015 bei der XERVON Instandhaltung GmbH als Geschäftsführer, Regional- und Standortleiter tätig. Davor war er verantwortlich für die Implementierung des MAN Nutzfahrzeuge Produktionssystems (Lean/schlanke Fabrik) sowie bei der SIEMENS AG als Projektingenieur und Six-Sigma-Blackbelt.

**Wilhelm Termath, Dipl.-Sozialpädagoge, Dipl.-Pädagoge***Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Humanwissenschaften, Institut Bildung, Beruf und Medien, Fachdisziplin Berufs- und Betriebspädagogik**Jahrgang 1954*

Wilhelm Termath hat mehr als 20 Jahre an der Entwicklung und Vermarktung von betriebsnahen Qualifizierungsangeboten bei einem Bildungsdienstleister gearbeitet. Von 2005 bis 2009 war er Leiter des Kompetenzzentrums Training und Technologie, einer Kooperation des Fraunhofer-Instituts IFF Magdeburg und dem Lehrstuhl Fachdidaktik technischer Fachrichtungen der Universität Magdeburg. In enger Zusammenarbeit mit Unternehmen hat er Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum Einsatz von Technologien der Virtual Reality in der Beruflichen Weiterbildung durchgeführt. Von 2009 bis 2015 hat er in Bochum am arbeitswissenschaftlichen Institut BIT e.V. gearbeitet. Seit März 2015 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Betriebspädagogik der Universität Magdeburg sowie im Technologiefeld „Lernen und Erfahrungstransfer“ im Geschäftsfeld „Mess- und Prüftechnik“ des Fraunhofer-Instituts IFF in Magdeburg.

**Bernd-Friedrich Voigt, Dipl.-Psychologe**

*Ruhr-Universität Bochum, Institut für Arbeitswissenschaft*

Bernd-Friedrich Voigt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Arbeitsmanagement und Personal des Instituts für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum. Hier widmet sich seine Arbeit den Herausforderungen des Managements von Heterogenität in neu entstehenden Arbeitskontexten unter Bedingungen von hoher Komplexität und Dynamik (z.B. Arbeit 4.0). Bernd-Friedrich Voigt ist außerdem Gründer und Inhaber von Managing Organizations, einer international tätigen Beratungs-, Trainings- und Forschungsorganisation mit den Schwerpunkten Organisationsentwicklung, Führungsentwicklung, Kompetenz-Portfolio Management und Diversity Management.

**Andreas Weber, Mag. Dr., MBA**

*Evonik Technology & Infrastructure GmbH, Vice President Business Development Technischer Service*

*Jahrgang 1967*

Dr. Andreas Weber studierte Electrical Engineering an der Bundesfachlehranstalt Oldenburg. An der SMA Vienna erlangte er den Master of Business Administration und promovierte über das Outsourcing von Industrieserviceleistungen. Er war in den vergangenen 25 Jahren als Manager und Consultant im Bereich Industrial Services und Technical Services in verschiedenen Unternehmen der Industrie in Europa, NAFTA und im Nahen Osten tätig und arbeitete als selbständiger Unternehmer im Mittelstand.

2012 kam er zu Evonik Industries, wo er als Vice President der Evonik Technology & Infrastructure GmbH, dem Standortdienstleister für Technologie- und Infrastruktur-Services von Evonik Industries, innerhalb des Geschäftsgebiets Technischer Service für Global Business Development, Sales & Marketing, Innovation Management sowie Organisationsentwicklung und Strategie verantwortlich ist. Weber ist u.a. ein gefragter Experte zum Thema Data Driven Services in der Prozessindustrie, Verfasser von Fachartikeln und Co-Autor des ACATECH Positionspapiers „Smart Maintenance for Smart Factories“.

**Jonas Wullbrandt, M. Sc.**

*Technische Universität Braunschweig, Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (IFU), Fachgruppe: Ganzheitliche Produktionssysteme  
Jahrgang 1990*

Jonas Wullbrandt absolvierte seinen Masterabschluss in Engineering Management am Rose-Hulman Institute of Technology in den USA. Seit 2016 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung der TU Braunschweig im Fachbereich Ganzheitliche Produktionssysteme angestellt.

**Thomas Zapp, Dipl.-Ing.**

*GreenGate AG  
Jahrgang 1976*

Von 1996 bis 2002 studierte Thomas Zapp Geodäsie an der Rheinischen-Friedrich Wilhelms Universität Bonn und absolvierte im Anschluss bis 2006 das technische Referendariat bei der Bezirksregierung Köln mit dem Abschluss des 2. Staats-examens als Assessor. Von 2006 bis 2009 war er bei der Firma Vivacon AG als Experte für die Bewertung und den Einkauf von Grundstücken zuständig. Ab 2007 war er als Vorstand für das internationale Firmengeschäft mit Sitz in Prag verantwortlich. Von 2009 bis 2012 war er Geschäftsführer der Erbbaurechtsmarkt GmbH, danach wechselte er zur GreenGate AG als Projektleiter im Bereich der technischen Betriebsführung. Im Fokus steht dort die Optimierung des Workforce-Managements bei Kunden zur Verbesserung von deren Arbeitsprozessen, um Ressourcen intelligenter einzusetzen und Unternehmen so langfristig produktiver und wettbewerbsfähiger zu machen.

**Dietmar Zarbock**

*InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG, Leiter Mechanische Werkstätten*

*Jahrgang 1959*

Zarbock beendete 1978 seine Ausbildung zum Industriemechaniker bei der Hoechst AG, Werk Knapsack. 1984 erreichte er den Abschluss als Industriemeister Fachrichtung Metall. Von 1978 bis 1983 arbeitete er als Industriemechaniker. Mit Aufgaben der Kalkulation und Arbeitsvorbereitung war er von 1984 bis 1990 im Unternehmen betraut. Von 1990 bis 1996 war er Leiter der Arbeitsvorbereitung und Ausbilder. Seit 1997 ist er als Leiter der mechanischen Werkstätten der Hoechst AG, Werk Knapsack, heute Infraserv KNAPSACK, tätig.

---

**Teil I**

**Organisation und Management der  
Instandhaltung**



# Chronik der Instandhaltung – Schlaglichter einer Entwicklung

1

Hans-Werner Gohres und Jens Reichel

## Zusammenfassung

Der Beitrag soll dem Leser einen Eindruck davon vermitteln, wie sich die Methoden und Vorgehensweisen auf dem Feld der Instandhaltung entwickelt haben. Dabei erhebt der Beitrag keinen wissenschaftlichen Anspruch auf historisch präzise Wiedergabe jeder technologischen oder methodischen Entwicklung. Die Autoren bemühen sich durch Auswahl von Themen und Schwerpunkten einen Abriss der Entwicklung der Instandhaltung zu geben. Die Auswahl ist dabei subjektiv und auch von persönlicher Erinnerung geprägt, spiegelt jedoch Entwicklungen wider, wie sie langjährig erfolgreiche Instandhaltungsmanager selbst durchlebt haben.

## 1.1 Einführung

Dieser Beitrag soll dem Leser einen Eindruck davon vermitteln, wie sich die Methoden und Vorgehensweisen auf dem Feld der Instandhaltung entwickelt haben. Dabei erhebt der Beitrag keinen wissenschaftlichen Anspruch auf historisch präzise Wiedergabe jeder technologischen oder methodischen Entwicklung. Er will vielmehr durch Auswahl von Themen und Schwerpunkten einen Abriss der Entwicklung der Instandhaltung geben. Die

---

H.-W. Gohres

Duisburg, Deutschland

J. Reichel (✉)

Technischer Service & Energie, thyssenkrupp Steel Europe AG

Kaiser-Wilhelm-Straße 100, 47166 Duisburg, Deutschland

E-Mail: [jens.reichel@thyssenkrupp.com](mailto:jens.reichel@thyssenkrupp.com)

Autoren bitten den Leser an dieser Stelle um Nachsicht, da die Auswahl subjektiv und zum Teil auch von persönlicher Erinnerung geprägt ist. Andere hätten die Geschichte bestimmt anders und deshalb nicht schlechter geschrieben. Trotzdem viel Spaß beim Erinnern oder Entdecken.

---

## 1.2 1850 bis 1900 Erste industrielle Revolution – Industrie 1.0

Die Automatisierung handwerklicher Tätigkeiten mit dem Beginn der Industrialisierung führte in einem hohen Maße zum Einsatz von Maschinen zur Herstellung von Produkten und Gütern. Da es sich in der Regel um mechanische Systeme mit bewegten Komponenten wie Wellen und Hebeln handelte, waren diese Systeme auch verschleißbehaftet. Demzufolge waren Instandsetzungen erforderlich, um diese Systeme in Betrieb halten zu können. Sie folgten aber noch keinem strukturierten Vorgehen, sondern die Maßnahmen wurden ereignisorientiert durchgeführt. Diese Aufgaben wurden nicht von speziell dafür ausgebildeten Fachkräften, sondern von Produktionsmitarbeitern mit handwerklichen Fähigkeiten ausgeführt. Dieses Vorgehen wurde später in der Instandhaltung als *Feuerwehrprinzip* bezeichnet.

---

## 1.3 1900 bis 1950 Zweite industrielle Revolution – Industrie 2.0

Mit der Einführung der Arbeitsteilung, wie sie z. B. Frederik Winslow Taylor in amerikanischen Fertigungen einföhrte, begann sich auch eine Aufgabenteilung zwischen Produktions- und Instandhaltungsmitarbeitern herauszubilden. Während in der Produktion in der Regel nur angelernte Kräfte eingesetzt wurden, nahmen die Aufgaben in der Instandhaltung der Produktionsanlagen Mitarbeiter mit speziell dafür ausgerichteter mechanischer bzw. mit dem Einsatz zunehmender elektrischer Antriebe auch elektrotechnischer Fachausbildung wahr.

Mit der zunehmenden Bedeutung der Wehrtechnik in den kriegerischen Auseinandersetzungen des 20. Jahrhunderts nahm auch die Bedeutung von Standardisierung in der Technik und in der Instandhaltung zu. Während z. B. im 1. Weltkrieg die Notwendigkeit der Austauschbarkeit von Maschinenölen evident wurde und damit entsprechende Standards definiert werden mussten, begannen die militärisch Verantwortlichen zu erkennen, dass auch die Instandsetzung des Gerätes im Feld mit Anleitungen unterstützt werden musste, um die Einsatzfähigkeit in der Operation sicherzustellen.

So wurden die ersten umfangreichen Instandhaltungsanleitungen erarbeitet, die auch Wartungs- und Inspektionspläne (W&I-Pläne) enthielten. Erfahrungsbasiert wurden dazu auch W&I-Intervalle mit festen Zeiten oder betriebsstundenabhängig festgelegt. Viele der in dieser Zeit von den Amerikanern erarbeiteten United States Military Standards (MIL-Standards) gelten noch heute.

## 1.4 1950 bis 1970 Industrieller Wiederaufbau

### 1950

Im Ruhrgebiet wird die Rationierung von Lebensmitteln aufgehoben und im Beisein von Bundespräsident Theodor Heuss wird in Duisburg-Huckingen der erste neue Hochofen der Mannesmann AG nach dem zweiten Weltkrieg angeblasen.

Steigender Arbeitskräftebedarf im Zuge der seit 1945 andauernden Kohleknappheit führt zur Anwerbung von Neubergleuten für den Bergbau. In Deutschland-West hat nach Währungsreform und Marschallplan-Hilfe das Wirtschaftswunder begonnen.

Mit den Begriffen Aufbauen, Organisieren und Vorbeugen macht der bereits 1924 gegründete Verband REFA (Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung) auf sich aufmerksam. Das Ziel der Stunde ist Wiederaufbauen und Wachsen.

In den USA rückt die Instandhaltung in den Fokus der Verantwortlichen, da die Nachfrage nach Industriegütern weltweit groß ist, muss die Produktion der nachgefragten Güter gesteigert werden. Die Entwicklung führt weg von der Strategie der „Breakdown Maintenance“ hin zur „Preventive Maintenance“ (PM). Das Unternehmen General Electric führt diese neue Vorgehensweise flächendeckend ein. Sie wird später als „American Style PM“ bekannt werden.

### 1951

Die Japaner übernehmen ein Jahr später diese neue Instandhaltungsstrategie und bilden bereits

### 1953

die „PM-Forschungsgruppe“ zur Weiterentwicklung von „Preventive Maintenance“.

### 1957

Vier Jahre später entsteht aus dieser Arbeit die Strategie der „Corrective Maintenance“ (CM). Diese Entwicklung mündet dann Ende der 50er-Jahre in „Maintenance Prevention“ (MP).

### 1960

Trotz erfreulicher Entwicklungen weltweit läuten bereits 1958 erste Feierschichten auf den Zechen die Bergbaukrise ein. In der Stahlindustrie lässt die seit 1950 anhaltende Hochkonjunktur die Konzerne wachsen. Gesellschaftlich wird in der Entwicklung der Jahrgänge die so genannte „Schweigende Generation“, die man von 1925–1942 zählt, abgelöst von den „Baby-Boomern“, zu denen man die Jahrgänge 1943–1960 rechnet.

In diesem Jahr scheitert der Plan der Ford-Werke, in Herten ein Automobilwerk zu errichten, am Widerstand der Zechenunternehmen.

**1961**

Im Jahr 1961 wird in Bochum das Institut für Satelliten- und Weltraumforschung seiner Bestimmung übergeben. Der Krupp-Konzern feiert sein 150-jähriges Bestehen und Willy Brandt fordert den blauen Himmel über der Ruhr.

Die 60er-Jahre sind gekennzeichnet durch die Begriffe „Qualitätszirkel, Gruppenarbeit 1 (Humanisierung der Arbeit)“ und der Strategie „Konsolidierung“. Man will sparen und die Qualität sichern.

In Japan wird American Style PM, CM und MP zur „Productive Maintenance“ (PM) zusammengeführt. NipponDenso beginnt als erster mit der Implementierung von PM.

Das Opel-Werk in Bochum wird gegründet.

**1964**

In Deutschland erscheint das Buch „Wege zur Schadensverhütung im Maschinenbetrieb“. Ein großer Versicherer ist der Herausgeber.

Die ersten Zechenstilllegungen beginnen.

**1965**

Die Verschmelzung des Bochumer Vereins mit den Krupp-Hüttenwerken findet statt und die Einwohnerzahl im Ruhrgebiet mit mehr als 5,6 Mio. erreicht ihren Höchststand. Ja, und die Queen hat Duisburg und das Stahlwerk von Mannesmann besucht.

**1966**

Die Lage in der Stahlindustrie wird zunehmend schwieriger. Zusammenschlüsse sind die Folge. In diesem Jahr wird bei Krupp in Rheinhausen die „Vorbeugende Instandhaltung im Walzwerk“ (VI) eingeführt.

**1968**

Die Bundeswehr entdeckt den Wert der Materialerhaltung und nennt ihr Programm „Vorbeugende Materialerhaltung in der BW“.

**1969**

Es ist das Entstehungsjahr der Ruhrkohle. Vertreter von 18 Bergbauunternehmen bringen ihr Vermögen in eine Einheitsgesellschaft ein. In Mülheim wird die Kraftwerksunion KWU gegründet. Der erste Mensch betritt den Mond.

In Japan wird das „Japan Institute of Plant Engineers“ (JIPE) gegründet und NipponDenso beginnt die Entwicklung und Einführung von TPM (Total Productive Maintenance).

Die „Baby-Boomer“ wurden 1961 von den „Baby-Bustern“ oder „Generation X“ oder auch „Pillenknick-Generation“ abgelöst. Man zählt diese im Zeitabschnitt 1961–1981.

## 1.5 1970 bis 2010 Dritte industrielle Revolution – Industrie 3.0

### 1970

Seit 1961 ist im Ruhrgebiet jeder 10. Arbeitsplatz verloren gegangen, insgesamt mehr als 200.000.

Die Industrieeentwicklung ist gekennzeichnet durch die digitale Wende und die Automatisierung. Zwischen der Hoesch AG und Hoogovens kommt es zur Stahl-Ehe. Es entsteht der erste europäische Stahlkonzern Estel (European Steel).

REFA entdeckt das „Industrial Engineering“ und der Mikroprozessor wird zum zentralen Treiber der Automatisierung. In Japan gewinnt NipponDenso den PM-Prize.

### 1971–1980

Mehr als 31 Werke erhalten den PM-Prize für erfolgreiche TPM Einführungen.

### 1972

In Deutschland erscheint die Neuauflage des Allianz-Handbuches der Schadensverhütung und von Horst Grothus das Buch zur „Arbeitsvorbereitung von Reparaturen“.

### 1974

Die DIN 31051 „Grundlagen der Instandhaltung“ wird veröffentlicht. In ihr werden erstmals umfassend Begriffe und Vorgehensweisen in der Instandhaltung beschrieben. Sie gliedert Instandhaltungsaufgabenstellungen in Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung. Damit wurden auch die „Erhalter“ zu „Instandhaltern“, die sich neben dem Betrieb von Anlagen auch um ihre Anpassung an veränderte Anforderungen oder die technische Optimierung zu kümmern haben. Mit einigen Anpassungen ist diese Norm heute noch gültig, wenngleich sich Begriffe wie „Reparatur“ oder „Wartung & Instandhaltung“ hartnäckig in der öffentlichen Diskussion halten.

Horst Grothus verlegt sein Buch „Die totale vorbeugende Instandhaltung“. Das Wort total wird er später bereuen, nichts hätte die ideologisierte Instandhaltungsdiskussion, die daraus entstand, mehr anheizen können, als dieser missverständliche Begriff.

HewlettPackard bringt den ersten programmierbaren Taschenrechner auf den Markt und Porsche verkauft das erste Auto mit Turbolader. Die 1. Energiekrise führt zur Reservenbilanz der Erde.

### 1975

Als Folge der Ölkrise entsteht die 1. Stahlkrise. Nach einem Boom in der Metallindustrie sinkt die Produktion von Stahl um nahezu 30 %. Die Folgen sind Kurzarbeit und Entlassungen.

Es entstehen die ersten Autos mit alternativen Antrieben, gehen aber nicht in Serie. Sony stellt seinen Betamaxrecorder vor und IBM baut einen Hochleistungsdrucker.

**1976**

In Witte-Herdecke wird die letzte Kleinzeche stillgelegt.

**1977**

Die Stahlkrise weitet sich aus, bis 1978 sollen fünf Kokereien stillgelegt werden. Duisburg verhängt einen totalen Ausgabenstopp. Die Ursache für die Stahlflaute liegt unter anderem in der Konkurrenz ausländischer Erzeuger, die ihre Produkte billiger als deutsche Produzenten anbieten können.

**1978**

Krupp liefert den größten Schaufelradbagger der Welt an das rheinische Braunkohlenrevier.

**1979**

Matsushita erhält ein Patent für einen Flüssigkristall-Fernsehbildschirm. Im Ruhrgebiet gibt es zum ersten Mal Smog-Alarm.

**1980**

Die Thyssenhütte wird modernisiert. Das größte Elektrostahlwerk der Bundesrepublik geht in Betrieb. Für Dortmund wird ein neues Stahlwerk gefordert und geplant. Estel aber will die Produktion von Stahl nach Ijumiden in den Niederlanden verlagern. In Dortmund soll nur die Weiterverarbeitung bleiben. Die Proteste in Dortmund sind massiv. Das Stahlwerk wurde jedoch nicht gebaut.

In Japan wird das Japan Institute of Plant Maintenance aus der JIPE gegründet.

**1981–1990**

In den folgenden Jahren erhalten weitere 154 Werke den „PM-Prize“ für erfolgreiche TPM-Einführung.

Die Manager aus ganz Deutschland bevölkern die Flieger nach Japan. TPM breitet sich über die japanischen Grenzen hinaus aus. Rover in England, Ford in den USA und Volvo in Belgien beginnen mit der Implementierung von TPM.

Die Welle der Automatisierung auf Grund leistungsfähiger Steuerungscomputer erreicht die Unternehmen. Unter dem Label „Computer Integrated Manufacturing (CIM)“ erreicht Industrie 3.0 einen ersten Höhepunkt. Die Firma General Motors investiert in den USA 2 Mrd. \$ in ein Automobilwerk mit dem Ziel der vollintegrierten computerbasierten Automatisierung und Steuerung einer Fertigung. Jedoch sind die Systeme noch nicht leistungsfähig genug bzw. zu teuer, um dem Anspruch gerecht zu werden.

Darauf aufbauend errichten viele Unternehmen wieder hybride Fertigungen aus einer Kombination von automatisierten und humanbasierten Arbeitsplätzen, um wirtschaftlich produzieren zu können.

SAP bringt nach dem Schwerpunkt der Materialwirtschaft seine erste Fassung eines Instandhaltungsplanungs- und Abwicklungssystems „RM-Inst“ auf den Markt.

**1982**

Hoesch trennt sich von Hoogovens. Fast alle Betriebe der Metallverarbeitung kündigen Rationalisierungsmaßnahmen an.

**1983**

Drei von der Bundesregierung eingesetzte Stahlmoderatoren legen ein Konzept zur Neuordnung der deutschen Stahlindustrie vor, verwirklicht wird es nicht. In Bochum läuft bei Opel der 5-Millionste Kadett vom Band.

**1986**

Der Thorium-Hochtemperaturreaktor in Hamm wird nach einem Gasaustritt abgeschaltet.

Die großen Instandhaltungsorganisationen mit eigenen Werksdirektoren sind im Umbruch. Sie werden dezentralisiert, verkleinert und auf Kernaufgaben zurück geschnitten. Fremdvergabe und Besinnung auf Kernkompetenz sind die Aufgaben der Stunde.

**1987**

Krupp beschließt die Schließung der Hüttenwerke Rheinhausen und die Gründung der Hüttenwerke Krupp Mannesmann.

Die USA beginnen mit dem Aufbau des Satellitennavigationssystems zur Neuvermessung der Erde.

In Hattingen und Oberhausen werden die Stahlwerke stillgelegt. Mit Minister Stein wird nach 112 Jahren in Dortmund die letzte Zeche stillgelegt.

**1988–1989**

Die Jahre sind gekennzeichnet durch große Protestaktionen der Stahlarbeiter in Rheinhauen, die die Schließung ihres Werkes verhindern wollen.

**1989**

Die Wiedervereinigung ist da.

**1990**

Die „Standort Deutschland“-Diskussion bestimmt das gesellschaftliche Umfeld der Unternehmen. Unternehmen in Deutschland beginnen mit der Implementierung von TPM. Die Hüttenwerke Krupp Mannesmann nehmen ihre Arbeit auf. Die nächsten 10 Jahre werden eine Fülle von neuen Ideen bringen.

**1990–2000**

Das Controlling findet Einzug in viele Unternehmen und SAP ist in aller Munde.

Neben RM-Inst von SAP finden viele PC-basierte Instandhaltungsplanungs- und Abwicklungssysteme Einzug in die Unternehmen. Nachdem sich die Instandhaltungsforschung noch nicht in der deutschen Hochschullandschaft etablieren konnte, dokumentieren die Instandhaltungsfachleute ihre Vorgehensweisen in zahlreichen VDI-Richtlinien,

die als Grundlagenwerke heute in aktualisierter Form immer noch Gültigkeit besitzen. Stellvertretend für die einsetzenden Entwicklungen sollen folgende Schlagworte stehen: neue Instandhaltungsorganisation, Fremdvergabe, Produktivitätssteigerung der Eigenleistung, Dezentralisierung, Betriebsfestigkeit, EDV-Einsatz in der Instandhaltung und Materialwirtschaft sowie Anlagenzustandsüberwachung. Anpassung und Reorganisation sind die Folgen für die Instandhalter.

In der Konstruktion tritt 2-D-CAD seinen Siegeszug an. Weitere Themen sind Visualisierung, relationale Datenbanken und digitale Dokumentation. Der PC als universales Hilfsmittel am Arbeitsplatz im Büro und in der Fertigung wird allgegenwärtig.

## 1991

Zum ersten Mal gewinnen zwei nicht japanische Unternehmen den „PM-Excellent Plant Award“: Nachi Industries in Singapur und Volvo in Belgien.

In den Unternehmen werden die Prozesse in den Fokus genommen. Mit Methoden wie Lean Management, neuen Formen der Zusammenarbeit wie der fraktalen Fabrik, oder Gruppenarbeit mit dem Fokus höherer Produktivität bestimmen die Reorganisationsprojekte in der Industrie. Ein Teil der Entscheider glaubt auch, dass das Erstellen von Blaupausen genügt und man die Fertigung besser in Niedriglohnländer verlegt. Schmerzhafte Erfahrungen mit hohen Gewährleistungskosten, mangelnder Fertigungssicherheit lassen viele später wieder zurückkehren. Bei hochqualitativen und damit in der Regel auch hochpreisigen Produkten verzeiht der Kunde keine qualitativen Mängel.

Dies musste auch die Automobilindustrie erkennen, die mit Reduzierung der Fertigungstiefe gleichzeitig versuchte, die Zulieferkosten soweit zu drücken, bis die Qualität nicht mehr stimmte. Mit Methoden wie Business Reengineering, Total Quality Management TQM und Kaizen wurden in den Reorganisationsprojekten die Produktivitätspotenziale erschlossen, selbstverständlich auch in der Instandhaltung. Die Instandhaltung als Unternehmensaufgabe wurde jedoch immer noch als Kostenfaktor und nicht als Wertetreiber betrachtet.

Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess KVP wird neu entdeckt und systematisch belebt. Führen mit Zielvereinbarungen und das Controlling mit Kennzahlen erleben eine Renaissance. Teamarbeit wird groß geschrieben und der Gedanke Qualität zu erzeugen und nicht zu überprüfen, rückt in den Vordergrund.

Auch in der Instandhaltung werden fraktale Organisationsformen ausprobiert. Outsourcing und die Abgrenzung der Kernkompetenz des unternehmenseigenen Personals sind weiterhin bestimmende Fragen.

Gruppen- und Teamarbeit für Instandhalter werden heftig untersucht und ausprobiert. Die Teams sind uns bis heute erhalten geblieben.

Mit der weiteren Verbreitung von TPM ist ein Schwerpunkt in der Projektarbeit der Instandhaltung die Integration der Instandhaltung in die Produktion und nicht zu vergessen, SAP-R3 mit dem Instandhaltungsmodul PM (Plant Maintenance) wird in vielen Unternehmen eingeführt.

## 1.6 2000 bis 2008 Reifephase von Industrie 3.0

Die 2000er bringen uns die Netzwerke, die Fabrik der Zukunft wird diskutiert. In der Instandhaltung werden die risikobasierten IH-Strategien entwickelt. Das Spektrum der IH-Methoden wird ergänzt um Verfahren wie die zuverlässigkeitsoorientierte RCM-Analyse (Reliability Centered Maintenance) oder das risikobasierte RBM-Verfahren (Risk Based Maintenance). Insbesondere die chemische und petrochemische Industrie sind Vorreiter, da ihre Anlagen in der Regel eigenentworfen und konstruiert sind und somit die Zahl der eingesetzten Komponenten auch beschränkt werden kann.

Ein weiteres Feld ergibt sich für die Instandhalter aus dem Ansatz des Life-Cycle-Costing LCC, das nicht nur die Anschaffungskosten einer Anlage, sondern auch die Betriebskosten während der Nutzungsphase bis zu den Rückbaukosten in die Wirtschaftlichkeitssichtung mit einbezieht. Erste Erfahrungen werden dazu in der Automobilindustrie mit den Herstellern von Werkzeugmaschinen gesammelt. Die nur schwer kalkulierbaren Haftungsfragen eines Herstellers über einen längeren Benutzungszeitraum beschränken aber den Anwendungsbereich der Life-Cycle-orientierten Beschaffungsstrategie.

Kostensenkung und Produktivitätssteigerung bleiben weiterhin im Vordergrund der Organisationsentwicklung in den Unternehmen. Nicht zuletzt werden die möglichen Folgen der anbrechenden Globalisierung aufgezeigt. Europa bekommt in weiten Bereichen den Euro und die Unternehmen lernen schnell mit der neuen Währung zu rechnen.

### 2003

Die Prozessorientierung wird weiterentwickelt. Instandhaltung wird zum unterstützenden Unterstützungsprozess und lernt, sich auditieren und zertifizieren zu lassen. Qualität ist inzwischen etwas Selbstverständliches geworden, sie wird nicht mehr erzeugt, sondern permanent durch das Prozessmanagement gewährleistet. Das kennzahlengestützte Instandhaltungscontrolling entwickelt sich und wird mit den VDI-Richtlinien 2983 und 2986 standardisiert. Die Balanced Score Card BSC findet auch Eingang in die Instandhaltungsorganisationen. Weitere Elemente wie Strukturen für Instandhaltungsverträge beginnen sich in vereinheitlichter Form zu etablieren.

Durch die neue europäische Norm DIN/EN 13306 „Begriffe der Instandhaltung“ wurde auch die Überarbeitung der DIN 31051 erforderlich und so lag es nahe, deutsche und englische Begriffe auf Deckung hin zu untersuchen.

### 2005

Condition-Monitoring-Systeme CMS haben sich in der industriellen Anwendung etabliert, basieren aber im Wesentlichen auf der Schwingungsdiagnostik, der Temperaturmesstechnik und der Ölanalyse. Die Thermografie steckt bei der Verbreitung noch in den Anfängen, da die Gerätetechnik noch sehr teuer ist. Die darauf basierenden, zustandsorientierten Instandhaltungsmethoden finden dadurch auch ihre Grenzen, da die maschinelle Erfassung des Anlagenzustands nach wie vor aufwendig und teuer ist. Daten-

analysemethoden großer Messdatenmengen befinden sich noch im Forschungsstadium. Dagegen bringt die Integration der Finiten-Elemente-Methoden und die Einführung der 3-D-basierten Konstruktionsverfahren eine nachhaltige Veränderung für die Instandhaltungsorganisationen mit sich. Sie entwickeln sich als unverzichtbares Hilfsmittel der Analyse und Simulation. Anlagenreserven stärker zu nutzen ist ein weiteres Gebot der Stunde und ein probates Mittel zur Kostensenkung.

## **2007**

Das dazu erforderliche Anlagenzustandswissen und die Zustandsüberwachung risikoreicher Bauteile werden unverzichtbarer Bestandteil im Wettbewerb. Dies geht nicht ohne eine noch stärkere Durchdringung der Prozesse mit EDV-Unterstützung. Die Datenverarbeitung in der Instandhaltung wird mobil und die mobile Nutzung von Wartungs- und Inspektions-Plänen sowie die Erfassung von Ergebnissen und Auftragsrückmeldungen in der Anlage werden alltäglich. Neben den bis dato verwendeten maschinell lesbaren Datenträgern wie dem Barcode entwickelt sich RFID zu einem viel versprechenden Instrument für die eindeutige Identifikation von Instandhaltungsobjekten.

---

### **1.7 2009 Instandhaltung in der Finanzkrise**

Unter dem Eindruck der Ereignisse in der Finanzkrise muss in den Unternehmen drastisch gespart werden. Da sich Bewertungsmodelle zur Ermittlung des Wertbeitrages der Instandhaltung noch nicht etabliert haben, wird im Costcenter Instandhaltung der Rotstift zur Verhinderung von Cash-Out angesetzt. Wie in allen Fällen zuvor erleben die Instandhalter erneut, dass dies zur anschließenden Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit der Anlagen mit Mehraufwand verbunden ist.

Dennoch werfen die Vorboten der nächsten Entwicklungsstufen ihre Schatten voraus. Während das Smartphone seinen Siegeszug um die Welt als allwissender Helfer in vielen Lebenssituationen beginnt, gewinnt die Datenaufbereitung und -verfügbarkeit an den Anlagen an Bedeutung zu gewinnen.

---

### **1.8 2010 bis 2016 Vierte industrielle Revolution – Instandhaltungsentwicklung im Rahmen von Industrie 4.0**

Die Automatisierung erreicht eine neue Dynamik. Durch gesunkene CPU-, Speicher- und insbesondere auch Sensorkosten werden neue Automatisierungsprojekte in Angriff genommen, die früher noch unwirtschaftlich waren. Maschinenintelligenz als dezentrale Ressource kennt kaum noch Grenzen. Dies eröffnet auch ein Feld völlig neuer, digitaler Geschäftsmodelle. Nicht mehr der Besitzer der Hardware, sondern der Herrscher über die Daten ist in der Lage, mit seinem Geschäftsmodell eine möglichst hohe Wertschöpfung zu generieren.

## 2012

Die Leistungsfähigkeit dezentraler Computer, wie z. B. eines Smartphones, erreicht spiegelnd das Ausmaß eines Großcomputers Ende der 80er, der noch ein ganzes Rechenzentrum ausfüllte. Mit den Möglichkeiten der dezentralen Intelligenz ergeben sich bis dahin ungeahnte Entwicklungen verteilter Steuerungskonzepte und neue Optionen selbststeuernder Systeme.

Während zuvor das Enterprise Resource Management die Domäne zentraler EDV-Anwendungen wie z. B. ERP-Systeme war, besteht auf einmal die Möglichkeit, dem Fertigungssystem nur das Ergebnis (Fertige x Stück zum Termin y) vorzugeben. Daraufhin kümmert sich das angesprochene System eigenständig um die dafür notwendige Organisation von Ressourcen und Kapazitäten.

In einem Zwischenschritt haben die Manufacturing-Execution-Systems (MES) die Fertigungsleitstände abgelöst und alle in der Produktion vorhandenen Automatisierungskomponenten miteinander vernetzt. Damit lässt sich die Durchlaufzeit eines Auftrages verkürzen und die Flexibilität des Fertigungssystems steigern.

## 2013

Die Möglichkeiten erweiterter Datenanalyse eröffnen völlig neue Geschäftsmodelle, die sich auch in der Instandhaltung zeigen. Während noch 10 Jahre zuvor die Auswertung komplexer Messdatenstrukturen kaum signifikante Aussagen über den aktuellen Maschinenzustand zuließ, ist es nun über eine Big-Data-Analysis genannte Technologie möglich, mit Hilfe von Musterkennungsverfahren Rückschlüsse auf den aktuellen Maschinenzustand und eine ggfs. erforderliche Instandhaltungsmaßnahme zu treffen. Über die zunehmende Vernetzung aller Komponenten werden dabei Datenquellen mit einbezogen, an die zunächst niemand gedacht hatte.

## 2014

Mit der wachsenden Komplexität der technischen Systeme steigt die Bedeutung der Qualifikation des Instandhaltungspersonals. Die Manager in der Instandhaltung erkennen, dass die Qualifikation ihrer Mitarbeiter der Schlüssel für den Erfolg ist und beginnen, sich systematisch darum zu kümmern. Um hier eine bessere vergleichbare Basis zu schaffen, wird ein europaweit einheitlicher Rahmen in der DIN/EN 15628 „Qualifikation des Instandhaltungspersonals“ geschaffen. Mit diesem angepassten Kompetenzkonzept werden die Instandhalter in die Lage versetzt, die Herausforderungen zu meistern.

Die Struktur der Qualifikationsanforderung verschiebt sich erheblich. Manuelle Fertigkeiten verlieren an Bedeutung gegenüber Methodenkompetenz und Systemanalysefähigkeiten. Da der Einzelne nicht mehr alle Komponenten des vernetzten Systems in jedem einzelnen Detail kennen kann, kommt es in stärkerem Maße darauf an, dass er das System entflechten und über soziale Kompetenzen externe Experten einbinden kann, um das anstehende Problem zu lösen.

## 2015

Aus der wachsenden Vernetzung aller Komponenten in der Fabrik ergibt sich aber auch ein komplett neues Aufgabenfeld für die Instandhalter. Während sich die IT-Abteilungen in den Unternehmen um die Datensicherheit in den Rechenzentren und an den PC-Arbeitsplätzen kümmern, fällt es der Instandhaltung zu, für die Datensicherheit der automatisierten Produktionsanlagen zu sorgen. Dies beschränkt sich nicht darauf, USB-Ports in der Fabrikhalle mechanisch zu verschließen, sondern reicht von betrieblichen Vorschriften zum Umgang mit mitgebrachten Geräten, dem Anschluss von Fremdsystemen über Firewalls an die eigene Leittechnik bis zu vertraglichen Regelungen mit Fremdfirmen, damit die Prozesssicherheit der Fertigung gewährleistet bleibt.

## 2018 Was wird die Zukunft bringen?

Industrie 4.0 ist in der Weltwirtschaft angekommen. Auf dem World Economic Forum im Januar in Davos diskutieren Spitzenpolitiker und Wirtschaftsführer die Implikationen und Auswirkungen automatisierter Geschäftsprozesse und digitaler Geschäftsmodelle. Einige Mutige sprechen bei der Veränderung der Arbeitswelt auch von der automatischen Instandhaltung. Die liegt wahrscheinlich aber immer noch in weiter Ferne. Sind wir gespannt, wie es weitergehen wird. Egal was sich auch verändern wird, die Forderungen nach Anlagenverfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Reduzierung des Instandhaltungsaufwandes werden der Instandhaltung erhalten bleiben. Die Forderungen werden jenseits der Veränderungen Bestand haben. Dazu bietet das 39. VDI/VDEh-Forum Instandhaltung die Möglichkeit des Ausblicks. Frei nach August Bebel „Man sollte die Vergangenheit kennen, um die Gegenwart zu verstehen und um vielleicht die Zukunft mitgestalten zu können“.

Glück auf!

Hans-Werner Gohres

Dr.-Ing. Jens Reichel



# Instandhaltungsmanagement in Ganzheitlichen Produktionssystemen

2

Uwe Dombrowski und Jonas Wullbrandt

## Zusammenfassung

Im Zuge sich wandelnder Märkte und wechselnder Rahmenbedingungen sind Unternehmen in der Vergangenheit verstärkt dazu übergegangen Ganzheitliche Produktionsysteme einzuführen. Diese unternehmensspezifischen Regelwerke, die auf den Grundlagen des *Toyota Produktionssystems* aufbauen, helfen Organisationen flexibel und anpassungsfähig zu agieren. Im Umkehrschluss kann die verstärkte Agilität als direkter Wettbewerbsvorteil angesehen werden, der sich dadurch auszeichnet, dass Unternehmen befähigt werden, den vorherig genannten Trends eigenständig entgegenwirken zu können. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass die bloße Übertragung der Gestaltungsprinzipien und Methoden Ganzheitlicher Produktionssysteme auf den Bereich der Produktion nicht ausreichend ist. Um nachhaltigen Erfolg sicherzustellen, ist es wichtig auch andere direkte und indirekte Unternehmensbereiche in die Ausweitung mit einzubeziehen. Insbesondere im Instandhaltungsmanagement ergeben sich durch die Berücksichtigung von Gestaltungsprinzipien, wie beispielsweise Standardisierung oder Visuellem Management, erhebliche Vorteile. Diese können ihren Teil dazu beitragen, die gesamte Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens zu verbessern.

---

U. Dombrowski · J. Wullbrandt (✉)

Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung, TU Braunschweig  
Langer Kamp 19, 38106 Braunschweig, Deutschland  
E-Mail: u.dombrowski@tu-bs.de

J. Wullbrandt  
E-Mail: jwullbrandt@ifu.tu-bs.de

## 2.1 Einführung

Sich kontinuierlich verändernde Rahmenbedingungen, wie beispielsweise eine steigende Variantenvielfalt, verkürzte Produktlebenszyklen sowie Kundenforderungen nach höherer Qualität, kürzeren Lieferzeiten und geringeren Kosten, fordern von produzierenden Unternehmen eine stetige Anpassung der Prozesse, der Organisation und der Strukturen. Um diesen immer komplexer werdenden Herausforderungen gerecht zu werden, sind Ganzheitliche Produktionssysteme (GPS), spätestens seit Erscheinen der VDI-Richtlinie 2870 im Jahr 2012, zum Industriestandard geworden (VDI 2870). GPS sind dabei in ihren Grundlagen an das *Toyota Produktionssystem* und die Methoden von *Lean Production* angelehnt, vereinigen in ihrem jeweiligen Kern aber stets individuelle Prinzipien, Methoden und Werkzeuge zu einem ganzheitlichen unternehmensspezifischen Regelwerk. Im Rahmen des langfristigen Trends zu immer flexibleren und anpassungsfähigeren Unternehmen wird der aktuelle Fokus bei der Einführung von GPS, sowohl in der Industrie als auch in der Forschung, nicht mehr nur auf den produzierenden Bereich eines Unternehmens gelegt. Die zahlreichen Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeuge, die im GPS Anwendung finden, werden zukünftig immer stärker auch auf andere direkte und indirekte Unternehmensbereiche ausgeweitet. Auch der Prozess der Instandhaltung bietet für den Einsatz von Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeugen aus dem GPS großes Potenzial. Die generelle Ausweitung der prozessorientierten, ganzheitlichen Sichtweise geschieht vor dem Hintergrund, im Sinne eines *Lean Enterprises*, ein ganzheitlich schlankes Unternehmen zu erschaffen. Dafür ist die Ausweitung von GPS-Prinzipien auf die Bereiche Produktentstehung, administrative Bereiche und After Sales Service notwendig.

---

## 2.2 Historische Entwicklung Ganzheitlicher Produktionssysteme

### 2.2.1 Das Toyota Produktionssystem

Das *Toyota Produktionssystem* wurde nach dem zweiten Weltkrieg entwickelt, als Toyota in einem kleinen, stark zersplitterten Markt agieren musste. Eine hohe Produktvielfalt, neue Arbeitsgesetze und fehlende finanzielle Mittel verhinderten eine Massenproduktion nach westlichem Vorbild. Daher entwickelte Toyota innovative Methoden, um die Produktion zu optimieren und nicht wertschöpfende Tätigkeiten in jeglicher Form zu vermeiden. Ein zentrales Prinzip dieses Vorgehens ist die Ausrichtung aller Unternehmensaktivitäten am übergeordneten Unternehmensziel, der Erfüllung des Kundenwunsches. Daher ist die oberste Prämisse für alle Tätigkeiten im Unternehmen die Wertschöpfung. Generell lassen sich Tätigkeiten unterteilen in

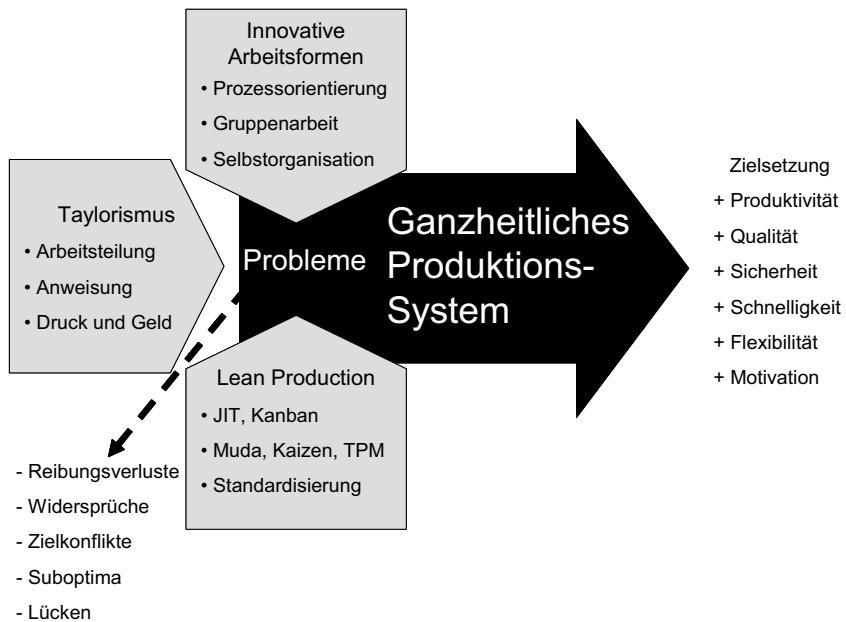
- wertschöpfende,
- nicht wertschöpfende Tätigkeiten und
- Verschwendungen.

Wertschöpfend sind letztendlich die Vorgänge, bei denen der Wert des (halbfertigen) Produktes erhöht wird und für die der Kunde bereit ist zu bezahlen. Nicht wertschöpfende Tätigkeiten können notwendig sein (z. B. Transport von Gütern in der Fertigung), erhöhen jedoch nicht den Wert des Produkts für den Kunden. Verschwendungen ist die Gesamtheit der Tätigkeiten, die den Wert des Produktes nicht erhöhen und auch nicht für den Prozessablauf erforderlich sind. In diesem Zusammenhang gilt es, die Verschwendungen zu verringern oder sogar zu eliminieren, die nicht wertschöpfenden Tätigkeiten zu reduzieren und die wertschöpfenden Tätigkeiten zu optimieren. Verschwendungen wird im Zusammenhang der Ganzheitlichen Produktionssysteme auch häufig mit den japanischen Ausdrücken „Muda“, „Muri“ und „Mura“ beschrieben, die an späterer Stelle näher beschrieben werden (Ohno 1993, S. 46).

Die Überlegenheit und die enormen Potenziale des von Toyota entwickelten Produktionssystems waren nicht sofort ersichtlich. Erst während der Ölkrise 1973, die mit hohen Energiepreisen und einer wirtschaftlichen Rezession einherging, wurde die Konkurrenzfähigkeit der japanischen Automobilindustrie deutlich. Als sich in den 1980er-Jahren der globale Automobilmarkt in viele Sparten unterteilte, um dem Kundenwunsch nach einer höheren Individualität nachzukommen, mussten die Automobilhersteller eine hohe Flexibilität in Produktion und Logistik bei steigenden Qualitätsanforderungen und einer zunehmenden Produktkomplexität erreichen. Zu diesem Zeitpunkt trat die Stärke des *Toyota Produktionssystems* noch deutlicher hervor, was sich unter anderem in einer hohen Profitabilität des Unternehmens, einer hohen Kundenzufriedenheit und einer hohen Qualität der Güter widerspiegeln (Dombrowski und Mielke 2015).

## 2.2.2 Lean Production

Die großen Wettbewerbsvorsprünge, die japanische Hersteller und hier insbesondere Toyota gegenüber ihren europäischen und amerikanischen Konkurrenten besaßen, wurden im International Motor Vehicle Program (IMVP) 1979 am Massachusetts Institute of Technology (MIT) untersucht. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde von John F. Krafcik der Begriff „Lean Production“ für die schlanke, flexible Produktion der japanischen Automobilindustrie geprägt. *Lean Production* bezeichnet somit kein historisch gewachsenes unternehmensspezifisches Produktionssystem, sondern ein aus einer Not-situation heraus gewachsenes Benchmark Konzept, das Best-Practice-Vorgehensweisen japanischer Unternehmen zur Erreichung einer schlanken Fertigung enthält. Ganzheitliche Produktionssysteme umfassen, neben den Methoden der *Lean Production*, aber auch Elemente des Taylorismus, wie beispielsweise die Arbeitsteilung, und innovative Arbeitsformen, wie Gruppenarbeit und Selbstorganisation (siehe Abb. 2.1).



**Abb. 2.1** Einflussfaktoren in einem Ganzheitlichen Produktionssystem. (In Anlehnung an Spath 2003, S. 33; Korge und Scholz 2004, S. 3)

### 2.2.3 Ganzheitliche Produktionssysteme

Die vorherig erwähnten, sich zum Teil widersprechenden Konzepte, die Reibungsverluste sowie Zielkonflikte mit sich bringen, müssen unternehmensspezifisch zu einem Ganzheitlichen Produktionssystem aufeinander abgestimmt werden. Der VDI hat dazu eine Richtlinie zur Gestaltung dieser Systeme entwickelt. In der Richtlinie wird GPS folgendermaßen definiert:

Ein GPS bildet ein unternehmensspezifisches, methodisches Regelwerk für die kontinuierliche Ausrichtung sämtlicher Unternehmensprozesse am Kunden, um die von der Unternehmensführung vorgegebenen Ziele zu erreichen (VDI 2870-Blatt 1 2012, S. 2).

Ganzheitlich bezieht sich in diesem Zusammenhang sowohl auf die Abstimmung der Methoden und Werkzeuge aufeinander, als auch auf die gleichzeitige und kombinierte Berücksichtigung der humanzentrierten und der technologischen Subsysteme in einem Unternehmen sowie die erfolgreiche Organisation beider. Dazu werden der Mensch, die Organisation und die Technik angemessen eingebunden und die Interessen und Bedürfnisse der drei genannten Faktoren strategiekonform berücksichtigt. Ein GPS kann seine volle Wirksamkeit nur dann entfalten, wenn es von den Mitarbeitern gelebt wird. In diesem Zusammenhang darf keine einseitige Konzentration auf die harten Erfolgsfaktoren (z. B. Verbesserung von Kennzahlen durch die Anwendung von Methoden und Werkzeugen)

erfolgen, sondern auch und insbesondere die weichen Erfolgsfaktoren (z. B. Motivation und Führung) müssen bewusst berücksichtigt und gezielt gestaltet werden. Im Gegensatz zum Taylorismus, in dem eine strikte Trennung von Hand- und Kopfarbeit praktiziert wurde, gelten die Mitarbeiter in einem GPS als wichtigste Ressource im Unternehmen. Das spiegelt sich insbesondere darin wieder, dass Menschen als die Quelle von Ideen und als der Ursprung von kontinuierlicher Verbesserung anzusehen sind. Neben einer hohen Produktivität und Qualität, hoher Sicherheit in den Prozessen und hoher Schnelligkeit und Flexibilität, um auf Veränderungen reagieren zu können, sind daher auch eine hohe Motivation der Beteiligten als Zielsetzung in einem GPS definiert (Dombrowski und Mielke 2015).

Obwohl die Entwicklung des *Toyota Produktionssystems* in Japan bereits Ende der 1940er-Jahre begann, wurden in Europa und Nordamerika erst fünfzig Jahre später die ersten Vorläufer Ganzheitlicher Produktionssysteme eingeführt. Keimzelle dieses Trends war auch hier die Automobilbranche, die gegenüber anderen Branchen schon frühzeitig einem globalisierten Wettbewerb ausgesetzt war und die Wettbewerbsvorteile der japanischen Konkurrenten spürte.

Ab 1980 entstand ein erstes durchgängiges Produktionssystem in Nordamerika im Kontext des Joint Venture „New United Motor Manufacturing Inc.“ zwischen Toyota und General Motors. Auch bei einem weiteren japanisch-nordamerikanischen Joint Venture, bei „Canadian-American-Manufacturing Inc.“ von Suzuki und General Motors, wurde zeitgleich ein GPS implementiert. General Motors führte anschließend bei seinem Tochterunternehmen Opel in Eisenach das erste deutsche GPS, das Opel Produktionssystem, ein.

Während die ersten GPS in Europa und Nordamerika werkspezifisch ausgelegt waren, wurden erst Mitte der 90er-Jahre mit dem Chrysler Operating System (COS), dem Delphi und dem Ford Produktionssystem in den USA und Ende der 90er-Jahre mit dem Mercedes Produktionssystem (MPS) in Deutschland unternehmensweite Ganzheitliche Produktionssysteme geschaffen (Jürgens 2003). Seit Einführung der VDI-Richtlinie 2870 im Jahr 2012 hat sich das Konzept der Ganzheitlichen Produktionssysteme branchenübergreifend etabliert und ist in nahezu allen großen Industriebetrieben vorzufinden. Dabei ist die Systematik eines GPS nicht auf den Bereich der Produktion begrenzt, sondern soll als ein methodisches Regelwerk dienen, das für sämtliche Unternehmensprozesse gilt. Grundsätzlich lassen sich alle Kernprozesse, Unterstützungsprozesse und Führungsprozesse in einem Unternehmen zum gemeinsamen Anwendungsbereich für ein GPS-Regelwerk zusammenfassen.

## 2.2.4 Ganzheitliche Produktionssysteme als Bestandteil einer Unternehmenskultur

In der Vergangenheit wurde deutlich, dass die bloße Anwendung einzelner Methoden und Werkzeuge in einzelnen Unternehmensprozessen nicht zu einer Gesamtoptimierung

des Systems führt. Gleichermassen hat sich gezeigt, dass das Kopieren und Anwenden fremder Methodenzusammenstellungen nicht zum gewünschten Erfolg des eigenen Unternehmens führt. Um hingegen eine nachhaltige Verbesserung und Erhöhung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen, ist eine systematische Einführung unternehmensspezifisch ausgewählter und aufeinander abgestimmter Methoden notwendig. Getreu dem Motto „**Kapieren statt Kopieren**“ ist es nicht das Imitieren von Erfolgsmodellen, das die gewünschte Wirkung verspricht, sondern das Begreifen der Ideologie hinter den angewandten Methoden. Bereits Deming warnt nachdrücklich vor einer unbesonnenen Übernahme unternehmensfremder Best Practice, wie es in den Anfängen der Implementierung von GPS gehandhabt wurde und auch heute oftmals zu beobachten ist. Was nicht verstanden wird, kann nicht verändert werden (Deming 1982).

Unternehmen lassen sich als komplexe sozio-technische Systeme beschreiben, in denen sich individuelle Strukturen ausbilden und in denen Relationen stets dynamisch sind. Infolgedessen können Methodenstandards nur dann übernommen werden, wenn die eigenen Prozesse und das fremde System vollständig verstanden werden und sie kongruent sind. Denn beispielhaftes Verhalten allein lehrt nichts, wenn die Theorie dahinter nicht bekannt ist und verstanden wird.

Begründet durch die Tatsache, dass die Idee hinter den Methoden und Werkzeugen von allen Mitgliedern der Organisation verinnerlicht werden muss, darf die Einführung eines GPS nicht als kurzfristiges Rationalisierungsprojekt gesehen werden. Stattdessen stellt sie eine umfassende Veränderung in Organisation und Kultur der Unternehmen dar. Für die Einführung und Etablierung in bestehenden Werken ist ein Zeitraum von 5 bis 10 Jahren realistisch. Dieser Zeitraum ist notwendig, um die umfassenden Veränderungen in Organisation und Kultur unter Einbindung der Mitarbeiter vorzubereiten und zu implementieren. Nur wenn sich alle Mitglieder der Organisation mit der Einführung und der Arbeit im GPS identifizieren, wird auch nachhaltig die Reaktionsfähigkeit auf veränderte Rahmenbedingungen am Markt steigen. Auch nach der Implementierungsphase muss kontinuierlich am Aufbau sowie der inhaltlichen Struktur des GPS gearbeitet werden (VDI 2870-Blatt 1 2012, S. 18; Dombrowski und Mielke 2015, S. 5).

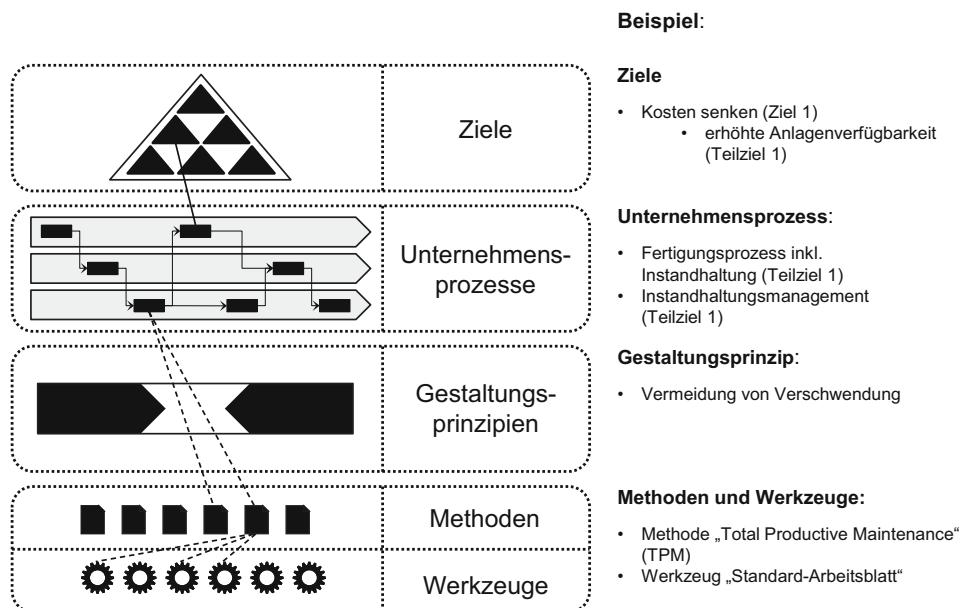
---

## 2.3 Aufbau Ganzheitlicher Produktionssysteme

### 2.3.1 Struktureller Aufbau

Da die GPS in der betrieblichen Praxis unternehmensspezifisch konzipiert werden, herrscht eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen und Begrifflichkeiten für die verschiedenen Elemente vor, was den Vergleich GPS in der Vergangenheit erschwert hat (Hinrichsen 2002). Mit der VDI-Richtlinie 2870 wurde nun ein Standard entwickelt, der die Grundlagen, den Prozess der Einführung sowie die Bewertung von GPS einheitlich zusammenfasst.

Zu den Grundlagen zählt der Basisaufbau der Strukturen eines GPS, welcher in Abb. 2.2 erkennbar ist. Auf der obersten Ebene werden im Zielfindungsprozess aus Vision und Mission strategische Ziele der Unternehmen abgeleitet, die sich häufig aus den Dimensionen Qualität, Kosten oder Zeit zusammensetzen und die größtenteils unmittelbar die Anforderungen der Kunden wiederspiegeln. Dafür werden aus der Mission und Vision des Unternehmens verschiedene Strategien abgeleitet, die wiederum als Basis für die Zielformulierung dienen. Mit Hilfe von Teilzielen sollen somit komplexere Unternehmensziele und schließlich die festgelegten Strategien erreicht werden. Um den Wirkzusammenhang zwischen den Teilzielen und der operativen Ebene herzustellen, werden alle Unternehmensprozesse sukzessiv auf die Anforderungen des Kunden abgestimmt. Diese prozessorientierte Organisationsstruktur schafft einerseits Transparenz für alle Beteiligten im Unternehmen, andererseits erhöht sie das Verantwortungsgefühl der Mitarbeiter für die eigenen Prozesse und das Endprodukt. Die operativen Maßnahmen auf Prozessebene, die einen direkten Einfluss auf die übergeordneten Teilziele und im Unternehmen haben, lassen sich in einem GPS aus verschiedenen Gestaltungsprinzipien ableiten. Gemäß VDI 2870 stellt ein Gestaltungsprinzip einen Rahmen für inhaltlich ähnliche oder zusammengehörige Methoden und Werkzeuge dar. Unter dem Begriff „Methode“ wird eine bestimmte standardisierte Vorgehensweise verstanden, die einem Gestaltungsprinzip zugeordnet ist und zur Erreichung von Unternehmenszielen eingesetzt wird (VDI 2870-Blatt 1 2012, S. 4). Unter dem Begriff „Werkzeug“ werden standardisier-



**Abb. 2.2** Aufbau und Struktur eines Ganzheitlichen Produktionssystems mit Beispiel. (VDI 2870-Blatt 1 2012, S. 10)

te, physisch vorhandene Mittel (inklusive Software) verstanden, die zur Anwendung bzw. Umsetzung von Methoden notwendig sind (VDI 2870-Blatt 1 2012, S. 4). Werkzeuge können einer oder mehreren Methode zugeordnet sein, aber auch für sich allein einem Gestaltungsprinzip angehören. Die Methoden und Werkzeuge sind demnach der direkt ausführbare Teil eines GPS, über den ein unmittelbarer Einfluss auf die Unternehmensziele ausgeübt werden kann. Das folgende Beispiel, dargestellt in Abb. 2.2, veranschaulicht die abstrakte Darstellung Ganzheitlicher Produktionssysteme: Als strategische Zieldimension ist in einem Unternehmen beispielsweise die Kostensenkung ausgegeben.

Dieses Ziel wird in einem Teilziel präzisiert: Eine maximale Anlagenverfügbarkeit durch optimierte Instandhaltungsaktivitäten soll die Ausfallkosten der Anlagen minimieren. Die Unternehmensprozesse, die einen direkten Einfluss auf die Zieldimensionen haben, sind einerseits die Fertigungsprozesse andererseits Unterstützungsprozesse, wie das Instandhaltungsmanagement.

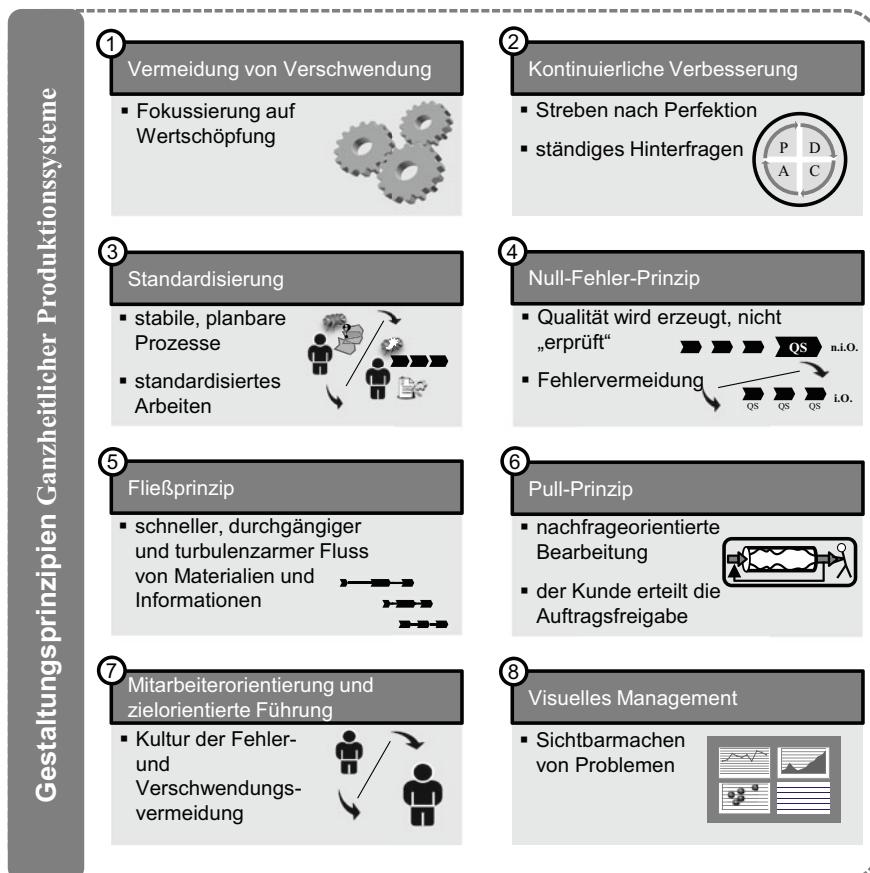
Ein Gestaltungsprinzip, welches Methoden und Werkzeuge für die Sicherung der Anlagenverfügbarkeit bereitstellt, ist die Vermeidung von Verschwendungen. Eine wichtige Methode, welche eingesetzt werden kann, um Verschwendungen zu vermeiden und somit die Anlagenverfügbarkeit zu erhöhen, ist *Total Productive Maintenance* (TPM). Wird diese Methode angewandt, so kann unterstützend beispielsweise das Werkzeug Standard-Arbeitsblatt zum Einsatz kommen, welches eine exakte Prozessbeschreibung liefert und so dem Auftreten von Fehlern vorbeugt. Dieses Herunterbrechen der Ziele auf die Ebene der Werkzeuge und Methoden, ermöglicht eine durchgängige und ganzheitliche Ausrichtung des GPS an den übergeordneten Unternehmensstrategien und Zielen, die in diesem Beispiel die generelle Senkung der Kosten waren.

### 2.3.2 Inhaltlicher Aufbau

Im Rahmen einer am Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (IFU) durchgeföhrten Analyse von Ganzheitlichen Produktionssystemen deutscher und europäischer Unternehmen konnte ein grundlegender inhaltlicher Basisaufbau von GPS identifiziert werden. Dabei wurden die Produktionssysteme bis auf die Ebene der Methoden und Werkzeuge untergliedert, um sicherzustellen, dass trotz unterschiedlicher Begriffe und einer differierenden Struktur die gleichen oder zumindest ähnlichen Inhalte betrachtet werden. Die erwähnte Studie diente dem IFU als Grundlage für die Entwicklung der VDI-Richtlinie 2870, in der in Teil 2 eine Übersicht über die Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeuge Ganzheitlicher Produktionssysteme zusammengetragen wurde. Der Geltungsbereich von GPS beschränkte sich in der Vergangenheit in den meisten Unternehmen auf die Fertigung bzw. Auftragsabwicklung sowie auf die dazugehörigen Unterstützungsprozesse Logistik, Human Ressource-, Qualitäts- und Instandhaltungsmanagement. Seit einigen Jahren wird auch der Produktentstehungsprozess, die administrativen Prozesse sowie der Vertriebs- und Serviceprozess mit in die ganzheitliche Betrachtung einbezogen. Der Begriff *Lean Development* steht dabei für die Übertragung der GPS-Prinzipien auf den Produktentstehungsprozess in dem Innovationen die wichtigste Zielgröße sind (Dom-

browski 2015). Im Gegensatz dazu beziehen sich die Unternehmensziele in der Auftragsabwicklung meist auf die Zieldimensionen Qualität, Kosten und Zeit. Da in jedem Unternehmen starke Interdependenzen zwischen den verschiedenen Unternehmensbereichen und -prozessen bestehen, ist es wichtig alle existierenden Ziele untereinander abzustimmen und am übergeordneten Unternehmensziel, der Erfüllung der Kundenerwartungen, auszurichten. Die in VDI 2870 Blatt 1 (2012) beschriebenen acht Gestaltungsprinzipien, mit Hilfe derer zusammengehörige Unternehmensziele auf die einzelnen Unternehmensprozesse heruntergebrochen werden sollen, sind in Abb. 2.3 dargestellt.

Neben dem *Kontinuierlichen Verbesserungsprozess* (KVP) ist die Vermeidung von Verschwendungen eines der wichtigsten Gestaltungsprinzipien im GPS. Bereits Deming (Deming 2000) betonte in den 1950er-Jahren, dass durch die Verschwendungsvermeidung deutliche Verbesserungen in den Zieldimensionen Kosten und Qualität erreicht werden können.



**Abb. 2.3** Gestaltungsprinzipien Ganzheitlicher Produktionssysteme. (Dombrowski und Mielke 2015, S. 5)

## 2.4 Die Rolle der Instandhaltung bei der Einführung eines Ganzheitlichen Produktionssystems

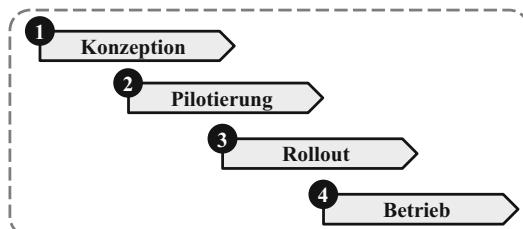
Für die Einführung Ganzheitlicher Produktionssysteme existieren in der Literatur verschiedene Vorgehensmodelle, die sich jedoch hinsichtlich der Anzahl der Phasen, Schritte und Tätigkeiten unterscheiden. Die in der nachfolgenden Abb. 2.4 dargestellten Phasen sind an das Einführungsmodell in der VDI-Richtlinie 2870 angelehnt. Der Prozess der Einführung gliedert sich demnach in die vier Schritte Konzeption, Pilotierung, Rollout und Betrieb (Dombrowski und Mielke 2015, S. 174).

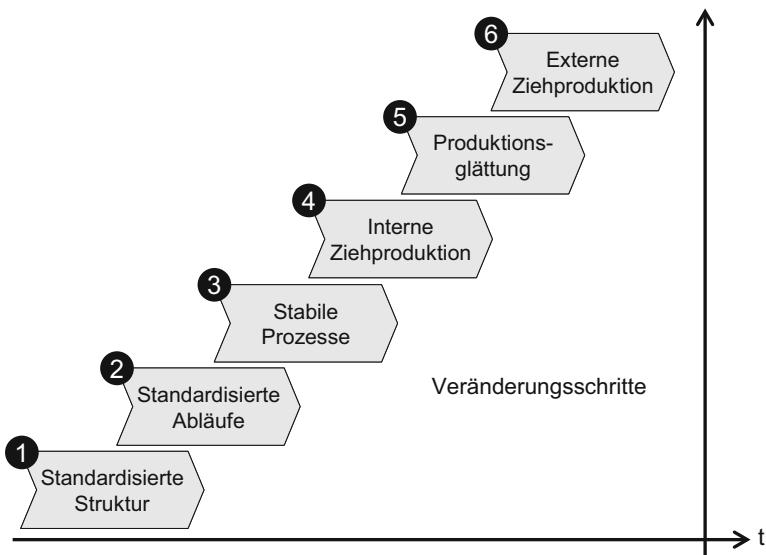
Um die Relevanz der Instandhaltung bei der Einführung eines Ganzheitlichen Produktionssystems zu verdeutlichen, ist es notwendig, die einzelnen Phasen auf Prozessebene herunter zu brechen. Von der Planung sicherer Prozesse im Rahmen der Konzeptionierung, über die Etablierung und Überwachung von Pilotprozessen, bis hin zur Realisierung stabiler Prozesse in den Phasen Rollout und Betrieb, ist es notwendig eine durchgängige Prozesssicht bei der Einführung eines Ganzheitlichen Produktionssystems einzunehmen. Zur Verdeutlichung der Relevanz stabiler Prozesse im Rahmen der Einführung wird an dieser Stelle auf ein weiteres Phasenmodell verwiesen, welches sich in sechs Schritte untergliedert lässt (siehe Abb. 2.5).

Die Schritte werden für einzelne Prozessfolgen sequentiell durchlaufen, können also in einem Unternehmen mit einer Vielzahl unterschiedlicher Produktionsprozesse mehrfach und zeitparallel stattfinden. Durch die Betrachtung kompletter Prozessketten wird vermieden, dass an einzelnen Stellen lokale Verbesserungen erreicht werden, die jedoch aufgrund von Defiziten und Schnittstellenproblemen zu anderen Bereichen nicht das Gesamtsystem verbessern (Reinhart et al. 2003).

In den ersten beiden Schritten der Einführung werden standardisierte Strukturen und Abläufe etabliert, die den Gestaltungsprinzipien Ganzheitlicher Produktionssysteme genügen. Stabile Prozessparameter sind Voraussetzung für den dritten Schritt der Einführung. Stabile Prozesse, der dafür sorgt, dass die Ausbringung des Systems konstant und prognostizierbar ist. Weiterhin würden, im Falle von instabilen Prozessen, die Einführung einer Produktion nach dem Pull-Prinzip (externe Ziehproduktion) sowie eine Produktionsglättung scheitern. Grund dafür wäre die Tatsache, dass Kundenaufträge oftmals nur mit großen Terminverschiebungen realisiert werden könnten.

**Abb. 2.4** Phasen der Einführung eines GPS (Dombrowski und Mielke 2015, S. 174)





**Abb. 2.5** Veränderungsschritte in der Produktion bei der Einführung von Ganzheitlichen Produktionssystemen. (In Anlehnung an Reinhart et al. 2003, S. 572)

Um stabile Prozesse zu gestalten, ist einerseits eine Identifikation und Beseitigung von Qualitätsproblemen, andererseits die Vermeidung der Weitergabe fehlerhafter Teile unbedingt notwendig. Für die Identifikation und das Abschalten von Qualitätsproblemen können Methoden der Ganzheitlichen Produktionssysteme, wie Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA), 5x-Warum-Techniken oder Poka-Yoke-Einrichtungen benutzt werden. Als weiterer Aspekt steht bei der Gestaltung stabiler Prozesse die Pflege von Maschinen und Werkzeugen im Mittelpunkt.

Aus diesem Umstand erwächst bei der Einführung von GPS die vordringliche Forderung an das Instandhaltungsmanagement: Stabile Prozessparameter durch eine hohe und planbare Anlagenverfügbarkeit zu sichern.

Die Produktion kann den Anforderungen an Prozesssicherheit und -stabilität, zum Beispiel bei der Just-in-Time-Fertigung, nur genügen, wenn die zur Verfügung stehenden Anlagen eine hohe Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit aufweisen.

Eine effiziente Instandhaltung der Anlagen und Betriebsmittel hat deshalb im Kontext der Einführung von GPS eine hohe Bedeutung. Bestandssenkende und verfügbarkeits-sichernde Methoden Ganzheitlicher Produktionssysteme sind erst dann funktionsfähig, wenn sie auf Grundlagen, wie stabilen Prozessparametern und Anlagensicherheit, aufgebauten. Daraus lässt sich schließen, dass das Instandhaltungsmanagement ein entscheidender und notwendiger Teilprozess für die Implementierung eines GPS in einem Unternehmen ist und bereits im Zuge der Konzeptionierung, der Pilotierung, dem Rollout sowie dem Betrieb des Produktionssystems von höchster Relevanz ist.

## 2.5 Einsatz von GPS-Gestaltungsprinzipien und Methoden in der Instandhaltung

Neben den Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement im Zuge der Einführung eines GPS, bergen Ganzheitliche Produktionssysteme jedoch auch Potenziale für erhebliche Effektivitätssteigerungen. So konnte beispielsweise die KS Aluminium Technologie durch die Anpassung des Instandhaltungskonzepts an das firmeneigene Produktionssystem bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit um 13 %, die Instandhaltungskosten innerhalb von zwei Jahren um 15 % senken. Wesentliche Bausteine im Zuge dieser Verbesserung waren die Verringerung der Fremdleistung in der Instandhaltung, die Definition und konsequente Verfolgung von Kernkompetenzen und eine Erhöhung des Anteils geplanter Tätigkeiten, was eine nivellierte Auslastung der Mitarbeiter mit sich brachte (Walter 2008). Im Instandhaltungsmanagement lassen sich eine Vielzahl an Methoden und Werkzeugen anwenden, die unterschiedlichen Gestaltungsprinzipien zuzuordnen sind. Im Folgenden wird auf fünf der acht Gestaltungsprinzipien von GPS näher eingegangen und ihr Bezug zum Instandhaltungsmanagement herausgestellt.

### 2.5.1 Standardisierung

Die Arbeitsplatzorganisation und -gestaltung bilden zentrale Aspekte des Gestaltungsprinzips „Standardisieren“. Eine darin oft genutzte Methode ist 5S – im deutschen Sprachgebrauch häufig auch als 5A beschrieben – mit den Bestandteilen:

- **Seiri** – Sortieren, d. h. die für die Arbeit notwendigen Gegenstände identifizieren und alles nicht Notwendige vom Arbeitsplatz entfernen.
- **Seiton** – Systematisieren, d. h. für jedes Werkzeug oder Bauteil einen festen Platz definieren und es an diesem Platz aufzubewahren.
- **Seisō** – Sauberhalten.
- **Seiketsu** – Standardisieren, d. h. standardisierte Arbeitspläne beispielsweise für die Reinigung und standardisierte Arbeitsplätze.
- **Shitsuke** – Selbstdisziplin, d. h. verinnerlichen von 5S und tägliche Beachtung weiterer GPS-Gestaltungsprinzipien.

Da die Methode 5S einfach zu verstehen ist, schnell implementiert werden kann und die Erfolge schnell für die Mitarbeiter sichtbar werden, bietet sie sich als erster Schritt bei der Einführung eines GPS an.

Das Gestaltungsfeld Standardisierung kann, neben einer Standardisierung der Prozesse und Methoden, auch eine Standardisierung der Maschinen und Anlagen sowie der eingesetzten Fertigungstechnologien umfassen.

Dies bewirkt eine Verringerung der Aufgabenvielfalt in der Instandhaltung und kann beispielsweise dabei unterstützen, die Verschwendungen in Form von hohen Ersatzteilbe-

ständen zu vermeiden. Standardisierte Prozesse erlauben es aufgrund der Routine, die dem Mitarbeiter zur Verfügung gestellt wird, die einzelnen Aufgaben schneller durchzuführen, so dass eine höhere Produktivität bei der Arbeit zu erwarten ist. In der Instandhaltung können neben den Prozessen auch die Arbeitsplätze, Werkzeugwagen etc. standardisiert werden, so dass sie den Ansprüchen genügen und jeder Mitarbeiter sich schnell und sicher zurechtfindet. Such- und Verteilzeiten können somit minimiert werden und dementsprechend der Anteil an wertschöpfender Arbeit erhöht werden. Ebenfalls verringert sich durch die standardisierten Abläufe die Fehleranfälligkeit an den Anlagen und Maschinen, da sich alle Teile, Werkzeuge und Dokumente am jeweilig vordefinierten Platz befinden.

### 2.5.2 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Aufbauend auf den festgelegten Standards kann als Grundlage vieler Aktivitäten in GPS der *Kontinuierliche Verbesserungsprozess* (KVP), japanisch Kaizen (kai = ändern; zen = das Gute), verwendet werden. *Kaizen* (Imai 1994) unterscheidet sich in wesentlichen Punkten von dem in der Vergangenheit in deutschen Unternehmen praktizierten Vorschlagswesen. Beim Betrieblichen Vorschlagswesen (BVW) entwickeln die Mitarbeiter ihre Verbesserungsvorschläge meist außerhalb der Arbeitszeit. Die Verbesserungsvorschläge, die kleine aber auch sehr große Veränderungen betreffen können, beziehen sich bei diesem Teil des Ideenmanagements nicht auf den eigentlichen Pflichtenkreis der Mitarbeiter. Die eingereichten Vorschläge werden von Fachleuten begutachtet und bei Realisierung prämiert (Schat 2005). Das klassische BVW besitzt einen standardisierten Ablauf zur Bearbeitung der Ideen. Da gerade in der Vergangenheit diese Abläufe häufig sehr komplex gestaltet wurden, besteht die Gefahr, dass das BVW träge wird und lange Reaktions- und Durchlaufzeiten aufweist.

Dagegen ist ein Verbesserungsvorschlag nach der Philosophie KVP kein „Zufallsprodukt“ eines Mitarbeiters, sondern alle Mitarbeiter sind permanent angehalten, Methoden, Werkzeuge und Arbeitsabläufe zu hinterfragen, diese kontinuierlich zu verbessern, den Erfolg der Veränderung zu überprüfen und so neue, bessere Standards zu generieren. Gemäß VDI-Richtlinie 2870 Blatt 1 ist das permanente Streben nach Perfektion einer der Kerngedanken in GPS.

Das Ziel besteht darin die Wertschöpfung im Unternehmen, durch Vermeidung von Verschwendungen kontinuierlich zu optimieren. Der kontinuierliche Verbesserungsprozess zielt auf kleine aber permanente Verbesserungen ab und verfolgt somit den Kerngedanken der angestrebten Perfektion. Im Gegensatz zum BVW, regt der Vorgesetzte im KVP die Verbesserungen an, die oft während der Arbeitszeit in Gruppenarbeit erarbeitet werden und sich auf den Pflichtenkreis des Einreicherers beziehen.

Der Vorgesetzte ist in Fragetechniken und in der Beobachtung von Prozessen geschult und hat durch die direkte Einbindung bei der Maßnahmenumsetzung vorhergehender Vorschläge ein umfassendes und detailliertes Verständnis über die betrachteten Arbeitsprozesse und -mittel erlangt. Er leitet die Mitarbeiter fortlaufend an, Methoden, Werkzeuge,

Prozesse und Arbeitsabläufe zu hinterfragen, permanent zu verbessern, den Erfolg von Umsetzungsmaßnahmen zu überprüfen und neue Standards zu schaffen (VDI 2870-Blatt 1 2012, S. 8).

Eine Vielzahl der Ideen kann zudem ohne einen aufwändigen und zeitraubenden Bewertungsprozess umgesetzt werden. Viele kleine Vorschläge kann der Mitarbeiter anschließend eigenständig implementieren. Dadurch kann erreicht werden, dass sich die Mitarbeiter verstärkt mit den Prozessen im eigenen Zuständigkeitsbereich identifizieren und nachhaltig Veränderungen bezüglich der Abläufe akzeptieren. Die Vorschläge können finanziell honoriert werden, wobei die Mehrheit der vielen kleinen Vorschläge auch mit kleinen Beträgen vergütet wird. Der Erfolg der umgesetzten Änderungsmaßnahmen wird anschließend dahingehend bewertet, ob er den vorher formulierten Anforderungen genügt.

Der Unterschied zwischen erwartetem und tatsächlichem Erfolg kann im Anschluss weiter untersucht werden, wodurch ein besseres Verständnis des Prozesses erzielt wird und eine neue Basis für weitere Vorschläge entwickelt wird. Durch dieses „Experiment“ können sukzessiv Best-Practice-Vorgehensweisen erarbeitet werden, die anschließend zu einem neuen vorläufigen Standard erhoben werden. „Vorläufig“ ist dieser Standard, weil er nur solange gilt, bis neue Probleme entdeckt und gelöst werden. KVP kann ganzheitlich im Unternehmen Anwendung finden und birgt daher auch deutliche Optimierungspotenziale für das Instandhaltungsmanagement. Insbesondere wenn die Verantwortung für die Instandhaltung der Anlagen bei den Mitarbeitern im jeweiligen Bereich liegt, ist die Anwendung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses vorteilhaft. Vorgesetzte können die Mitarbeiter in der Instandhaltung dazu anleiten ihre Prozesse zu hinterfragen damit kontinuierlich kleine Verbesserungspotenziale direkt erkannt und durch entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden können. Dabei wird das Gefühl der Verantwortung für die Anlagensicherheit bei den Mitarbeitern gestärkt, was letztendlich eine Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit zur Folge hat.

### **2.5.3 Vermeidung von Verschwendungen**

Die sieben Arten der Verschwendungen, im Japanischen als „Muda“ bezeichnet, werden von Ohno wie folgt definiert (Ohno 1993):

- Überproduktion,
- unnötige Wartezeit,
- unnötiger Transport,
- unnötige Produktbearbeitung,
- Bestände,
- überflüssige Bewegungen und
- defekte Produkte.

Im Kontext der Instandhaltung werden hauptsächlich Verschwendungen in Form von Wartezeiten, beim Transport, als Bestände im Lager und in der Form überflüssiger Bewegungen von Bedeutung sein. Wartezeiten können beispielsweise bei den Werkern auftreten, die auf die Instandsetzung einer ausgefallenen Anlage warten und in dieser Zeit keine produktiven Aufgaben erfüllen können.

Genauso kann jedoch auch der Instandhalter gezwungen sein zu warten, beispielsweise, wenn er in einer Schichtpause eine kurze Reparatur an einer Maschine durchführen will. Insbesondere bei reaktiver Instandhaltung, also wenn Anlagen erst beim Auftreten von Ausfällen oder Defekten instand gesetzt werden, sind unproduktive Wartezeiten der Instandhaltungsmitarbeiter nicht zu vermeiden. Wegen eines möglichen Ausfalls der Anlagen und dem damit einhergehendem Stillstand der Produktion, harmoniert die reaktive Instandhaltung nicht mit Methoden der *Just-in-Time*, Produktionsnivellierung und flexiblen Produktion. Die präventive Instandhaltung, also Instandhaltungsaktivitäten nach regelmäßigen Zeitintervallen oder einer definierten Anlagennutzung, ist dagegen im Sinne eines GPS zu bevorzugen.

Verschwendungen beim Transport kann aufgrund langer Wege und ungünstig angeordneter Layouts entstehen. Ist die Werkstatt oder das Ersatzteillager nicht in unmittelbarer Nähe zu den Produktionseinrichtungen angeordnet, muss der Instandhalter während eines Reparaturvorganges lange Wege, oftmals sogar mehrfach, zurücklegen. Diese Laufwege erhöhen den Anteil an nicht wertschöpfender Tätigkeit und sollten, im Sinne des Gestaltungsprinzips „Vermeidung von Verschwendungen“, eliminiert oder zumindest minimiert werden.

Bei der Einführung von GPS und der Ausdehnung der Gestaltungsprinzipien auf das Instandhaltungsmanagement müssen die Mitarbeiter dahingehend geschult werden, dass sie die verschiedenen Arten der Verschwendungen erkennen und Wege zur Reduzierung und Elimination der Verschwendungsursachen finden können. Dieser Wissenstransfer kann bevorzugt mithilfe von Workshops geschehen, in denen zielgruppengerecht anhand von beispielhaften Arbeitsgängen und -plätzen Verbesserungsmaßnahmen erarbeitet werden.

Neben „Muda“, also den sieben Arten der Verschwendungen nach Ohno, sind auch „Muri“ und „Mura“ zu vermeiden. Dabei bezeichnet „Muri“ im Japanischen sowohl die Überbelastung des Menschen als auch der Maschinen. Im Speziellen führen Belastungen, die über die natürliche Grenze des Menschen oder der Maschinen hinausgehen, zu Sicherheits- oder Qualitätsproblemen. Hieraus ergibt sich die Besonderheit der Verschwendungsvermeidung in der Instandhaltung in GPS. Durch den Begriff „Muri“ ist die direkte Vermeidung von Verschwendungen durch eine Überlastung der Maschinen in den Grundzügen von Ganzheitlichen Produktionssystemen verankert.

„Mura“ ist der japanische Ausdruck für Ungleichmäßigkeit. Ungleichmäßige Auslastungen können durch kurzfristig veränderte Produktionsplanungen oder Probleme, wie Maschinenstillstände und Fehlteile, verursacht werden. Häufig bewirkt die Ungleichmäßigkeit Verschwendungen in den Prozessen, was daraus resultiert, dass Systeme grundsätzlich für den ungünstigsten Fall ausgelegt werden.

„Muda“, „Muri“ und „Mura“ werden häufig auch unter dem Ausdruck die „3 Ms“ zusammengefasst (Liker und Meier 2006). Alle drei Verschwendungsarten müssen in der Instandhaltung erkannt, beseitigt und nachhaltig vermieden werden.

## 2.5.4 Visuelles Management

Ein weiteres Gestaltungsprinzip, das in der Instandhaltung Anwendung findet, ist das „Visuelle Management“. Die Visualisierung dient vor Allem dazu, Transparenz und eine „Steuerung der Fertigung durch Sicht“ zu schaffen. Ziel ist es, auf einen Blick den Zustand der Fertigung zu erkennen, ohne die Fertigung selbst zu verlassen, um von anderen Abteilungen oder aus einem Computersystem Daten zu beschaffen (Bicheno 2004). Nur wenn Abweichungen vom gewünschten Zustand schnell erkannt werden – an den Prozessen selbst oder anhand von geeigneten Kennzahlen – können zeitnah Ursachen der Probleme bestimmt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Das Prinzip des Visuellen Managements umfasst viele Methoden und Werkzeuge wie z. B. das Visualisieren von Status oder Störungen in einem festgelegten Fertigungsbereich (jap. Andon) oder das Shopfloor Management bei dem unter Zuhilfenahme des Werkzeugs „Kennzahlentafel“ vor Ort geführt wird, um nachhaltig eine kontinuierliche Verbesserung zu betreiben. Mängel in der Qualität von Produkten oder in der Funktionalität von Prozessen können so sofort sichtbar gemacht machen. Auf den Bereich des Instandhaltungsmanagements übertragen, kann beispielhaft angeführt werden, dass die Einrichtung der Werkstatt mit Hilfe des Gestaltungsprinzips Visuelles Management erfolgt. In Verbindung mit dem Gestaltungsprinzip Standardisierung lassen sich beispielsweise farbliche Zonen auf dem Hallenboden abbilden, die dafür sorgen, dass sich jede Anlage, Teile oder Werkzeuge an fest definierten Standorten befinden.

Die unter diesem Prinzip zusammengefassten Methoden und Werkzeuge helfen klare Abgrenzungen zwischen fertigen, begonnenen und noch nicht vollendeten Aufträgen sichtbar zu machen. Vorausschauend betrachtet, wird sich im Zuge der Digitalisierung und der Vernetzung von Menschen und Maschinen im Zeitalter der Industrie 4.0 eine Vielzahl neuer Potenziale im Visuellen Management ergeben.

Bereits jetzt ist es Mitarbeitern in der Instandhaltung mit Hilfe von Virtual (VR) bzw. Augmented Reality (AR) möglich, den Zustand der Fertigung durch das Tragen von Datenbrillen zu überwachen. Maschinen und Anlagen senden dabei Informationen über ihren Betriebs- bzw. Wartungszustand an die Datenbrille des sich in der Nähe befindlichen Mitarbeiters. Dadurch erhält dieser computergenerierte Zusatzinformationen als Ergänzung zur Realität, die er durch die Brille wahrnimmt und wird direkt über anstehende Wartungen oder mögliche Probleme und Ausfälle informiert. Ein Potenzial liegt darin, dass sich Abweichungen vom Sollzustand der Anlagen noch schneller erkennen und zeitnah entsprechende Maßnahmen zur Instandhaltung einleiten lassen. Weiterhin bietet die digitale Vernetzung von Anlagen und die Schaffung von menschengerechten Schnittstellen die Möglichkeit, dass der Mitarbeiter Anleitungen zu Wartungsaktivitäten sowie War-

tungspläne direkt auf seiner VR-Brille einsieht, ohne sie, wie bisher üblich, händisch in Schränken suchen zu müssen.

## 2.5.5 Mitarbeiterorientierung und zielorientierte Führung

Neben den vorangehend beschriebenen, eher technisch orientierten Gestaltungsprinzipien, haben Ganzheitlichen Produktionssysteme weitergehende Schnittpunkte mit dem Instandhaltungsmanagement, welche die Anlagenverfügbarkeit nachhaltig verbessern können. Die in nahezu allen GPS enthaltene Gruppenarbeit kann ebenfalls als Arbeitsform in der Instandhaltung eingesetzt werden. Zur Gruppenarbeit zählen das Einrichten selbstständiger und selbstorganisierender Mitarbeitergruppen und die Teamorganisation.

Wesentliches Ziel der Gruppenarbeit ist die Nutzung des Innovations- und Problemlösungspotenzials der Mitarbeiter, z. B. bei der Optimierung von Abläufen und Produktgestaltung im Sinne eines KVP.

Eine Verbesserung der Qualität zur Verminderung von Fehler- und Nacharbeitskosten sowie eine Straffung der Aufbauorganisation mit einem Entfall von Hierarchieebenen und einer deutlichen Reduzierung von Schnittstellenverlusten, sind weitere Ziele bei der Einführung der Gruppenarbeit. Nicht zuletzt soll auch eine Produktivitätserhöhung realisiert werden. Dies geschieht durch eine Reduzierung von Nichttätigkeitszeiten infolge der Selbstorganisation und einer Verminderung von Abwesenheit sowie Fluktuation unter den Mitarbeitern. Die Einführung von Gruppenarbeit hat oftmals weitergehende Auswirkungen auf andere Tätigkeitsbereiche im Unternehmen, wie das Personalmanagement oder die Arbeitsplatzgestaltung. Dazu gehören unter anderem die Schaffung einer Innovationskultur im Unternehmen, die Arbeitsorganisation, die Motivation der Mitarbeiter, die Personalentwicklung und -qualifikation, das Führen mit Zielen („Management by Objectives“) und flexible Arbeitszeitmodelle. Der Einsatz dieser Methoden bietet sich auch im Zuge der Ausweitung eines GPS auf die Instandhaltung an.

Eine Methode, die im Rahmen der Mitarbeiterorientierung und zielorientierten Führung in Gruppen verwendet wird, ist *Hancho* (jap. für Gruppenleiter). Ziel des Einsatzes dieser Methode in der Instandhaltung ist es, die Mitarbeiterproduktivität sowie die Anlageneffektivität durch selbständige Problemlösung in der Gruppe zu erhöhen.

Dabei wird die Verantwortung für die Qualität der Produkte, die Einhaltung von GPS-Methoden, wie z. B. Standardisierung, den Prozess der kontinuierlichen Verbesserung sowie die Unterweisung und Motivation der anderen Gruppenmitglieder, auf einen Vorarbeiter in der Gruppe (Hancho) übertragen. Dieser stellt damit den Motor für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess dar indem er seine Mitarbeiter in der eigenständigen Entwicklung und Anwendung von Problemlösungen unterstützt (VDI 2870-Blatt 2 2013).

Wie bereits erwähnt, müssen bei der Einführung alle Führungskräfte und Mitarbeiter eines Unternehmens den kundenorientierten Wertschöpfungsgedanken eines GPS verinnerlichen und in den Methoden und Werkzeugen des GPS geschult werden. Dies ist zwingend erforderlich, damit die Ideen und Prinzipien des GPS auch innerhalb des Un-

ternehmens nachhaltig angewendet werden. Häufig sind die Mitarbeiter an der Linie am besten in der Lage, kleine Fehler und Verschwendungen in Prozessen zu erkennen, da sie sich eine tägliche Routine in ihren Abläufen und Tätigkeiten angeeignet haben. Da der Fokus nicht auf einmaligen, sprunghaften Verbesserungen liegt, sondern ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess in kleinen Stufen erreicht werden soll, müssen alle Mitarbeiter die KVP-Denkweise verinnerlichen.

Zur Weitervermittlung der Methodenkenntnisse an die Mitarbeiter gibt es drei grundlegende Ansätze (Schmidt 2011): Expertentraining, Kaskadenschulung und Methodenpartnerschaft. Beim **Expertentraining** leiten fachliche Experten die Organisation der Schulungsveranstaltung, die Ausarbeitung der zu vermittelnden Inhalte und die Vermittlung des Wissens. Experten können interne oder externe Berater sein, die bei der Implementierung des GPS im entsprechenden Bereich unterstützen. Bei der **Kaskadenschulung** sorgen die Vorgesetzten selbst für die Weitergabe des Wissens an ihre Mitarbeiter. Wie bei einem Wasserfall erfolgt die Weitergabe entlang der Hierarchieebenen von Mitarbeiter zu Mitarbeiter. Jede Führungskraft übernimmt dabei eine Lehrerrolle und muss sich daher eingehend mit den Inhalten und dem weiterzugebenden Wissen beschäftigen. Bei der Schulungsmethode **Methodenpartnerschaft** übernehmen qualifizierte Mitarbeiter die Verantwortung für die Weitergabe des Methodenwissens. Im Falle der Ausweitung einer Methode auf weitere Bereiche oder Arbeitssysteme, dient dieser Mitarbeiter einerseits als Ansprechpartner für das Umsetzungsteam und die betroffenen Mitarbeiter, andererseits als Koordinator für die zukünftige Weiterentwicklung und Standardisierung „seiner“ Methode.

Diese drei Ansätze können von Unternehmen während der Implementierung und Aufrechterhaltung eines GPS nach den jeweiligen Ansprüchen ausgewählt und kombiniert werden. Die Eignung der Methoden hängt unter anderem von der betrachteten Implementierungsphase ab.

Expertentrainings sind ein sinnvoller Qualifizierungsansatz in der Systemplanungsphase, wenn im gesamten Unternehmen wenig Erfahrung mit Ganzheitlichen Produktionssystemen vorherrscht und ein hoher Einsatz personeller Ressourcen für die Implementierung notwendig ist. Die Kaskadenschulung ist besonders für die Phase der Einrichtung vor Ort und des Rollouts geeignet, um das vorhandene Wissen mit geringem finanziellem Einsatz zu multiplizieren. Für eine nachhaltige Anwendung der Methoden und zur Aufrechterhaltung eines Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses ist die Nutzung von Methodenpatenschaften in der Anwendungsphase zu empfehlen. Dies kann ebenfalls auf die Instandhaltung übertragen werden. Bei einer Ausweitung der Gestaltungsprinzipien Ganzheitlicher Produktionssysteme auf die Instandhaltung erlangen die betroffenen Mitarbeiter entsprechende Methodenkenntnisse und werden in die Lage versetzt die zu verantwortenden Instandhaltungsprozesse selbst schrittweise zu optimieren.

Zusammenfassend verfolgt die Umsetzung des Gestaltungsprinzips Mitarbeiterqualifizierung und zielorientierte Führung den Grundgedanken, das Verhalten der Mitarbeiter im Sinne einer lernenden KVP-Organisation zu verändern (Dombrowski und Mielke 2015). Dieses Ziel basiert auf der in der VDI-Richtlinie 2870 beschriebenen Erkenntnis, dass allein der Mensch die Wertschöpfung im Unternehmen maßgeblich vorantreibt.

Da die Sicherstellung der Anlagenverfügbarkeit unmittelbar mit der Wertschöpfung im Unternehmen verknüpft ist, lässt sich das vorangehend beschriebene Gestaltungsprinzip „Mitarbeiterqualifizierung und zielorientierte Führung“ hervorragend auf das Instandhaltungsmanagement übertragen.

---

## 2.6 Fazit

Ganzheitliche Produktionssysteme werden immer häufiger in Unternehmen implementiert, um flexibler auf die sich verändernden Märkte und Kundenanforderungen reagieren zu können, die Wirtschaftlichkeit der Produktion zu stärken und die Innovationskraft der Mitarbeiter zu nutzen. Das reine Kopieren von Best Practices, beispielsweise des Toyota Produktionssystems, ist dabei jedoch kein vielversprechender Ansatz. Erfolgsversprechender ist es für Unternehmen hingegen, aus den in der VDI-Richtlinie 2870 beschriebenen Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeugen Ganzheitlicher Produktionssysteme ein ihren Bedürfnissen entsprechendes Regelwerk zu entwickeln. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die tiefgreifenden Änderungen, die die Einführung eines Ganzheitlichen Produktionssystems mit sich bringt, nicht nur Auswirkungen auf die Produktion, sondern auch auf die indirekten Bereiche haben. Neben zusätzlichen Anforderungen an die internen Prozesse und Mitarbeiter im Unternehmen, die sich aus Konzepten wie *Just-in-Time* oder der *Eliminierung von Verschwendungen* generieren, können die genannten Auswirkungen, bei richtiger Implementierung, auch Potenziale für nachhaltigen Erfolg darstellen.

Wie in diesem Kapitel exemplarisch dargestellt wurde, kann das Teilziel einer erhöhten Anlagenverfügbarkeit durch den systematischen Einsatz aufeinander abgestimmter Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeugen im Instandhaltungsmanagement erfüllt werden.

Die Erreichung des Teilziels trägt im Umkehrschluss direkt zur Verbesserung der übergeordneten Zieldimensionen Qualität, Kosten und Zeit bei und stärkt somit indirekt die Wettbewerbsposition des Unternehmens am Markt.

Durch die Übernahme der Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeuge Ganzheitlicher Produktionssysteme, wie beispielsweise KVP oder Standardisierung, lassen sich in allen Unternehmensbereichen erhebliche Prozessverbesserungen erzielen. Im Zusammenspiel mit dem Gestaltungsprinzip Mitarbeiterorientierung und zielorientierte Führung lässt sich die Ideologie hinter den GPS-Methoden nachhaltig in den Köpfen der Mitarbeiter verankern. Dies hilft insbesondere dabei, auch die Unterstützungsprozesse, wie das Instandhaltungsmanagement, am obersten Unternehmensziel, der Erfüllung der Kundenwünsche, auszurichten. Dies kann als weiterer Schritt gesehen werden, um im Sinne eines *Lean Enterprises*, ein ganzheitlich schlankes Unternehmen zu schaffen.

## Literatur

- Bicheno, J. (2004): The new Lean Tool Box: Towards Fast Flexible Flow. 3. Auflage, GB: Picsie Books
- Deming, W. E. (1982): Out of the Crisis. Massachusetts: MIT Press
- Deming, W. E. (2000): Out of the Crisis. Cambridge: First MIT Press edition
- Dombrowski, U., Mielke, T. (2015): Ganzheitliche Produktionssysteme, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2015
- Dombrowski, U (2015): Lean Development, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015
- Hinrichsen, S. (2002): Ganzheitliche Produktionssysteme: Begriffe, Funktionen, Stand der Umsetzung und Erfahrungen. In: FB/IE-Zeitschrift für Unternehmensentwicklung und Industrial Engineering, Heft. 6/2002, S. 251–255
- Imai, Masaaki (1994): Kaizen – Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. 4. Aufl., Ullstein, Frankfurt/M.
- Jürgens, U. (2003): Aktueller Stand von Produktionssystemen: ein globaler Überblick. In: Angewandte Arbeitswissenschaft – Zeitschrift für die Unternehmenspraxis, Nr. 176, Köln: Wirtschaftsverlag Bachem, 2003, S. 25–36
- Korge, A., Scholz, O. (2004): Ganzheitliche Produktionssysteme: Produzierende Unternehmen innovativ organisieren und führen. In: Werkstatttechnik online, Heft 1/2(2004), S. 2–6
- Liker, J.K., Meier, D. (2006): The Toyota Way Fieldbook. A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps. New York: McGraw-Hill
- Ohno, T. (1993): Das Toyota-Produktionssystem. Campus Verlag, Frankfurt/Main
- Reinhart, G., Zäh, M., Habicht G., Neise, P. (2003): Einführung schlanker Produktionssysteme. Methoden und Vorgehensweisen. in: wt Werkstatttechnik online Jahrgang 93 (2003) 9
- Schat, H.-D. (2005): Ideen fürs Ideenmanagement: Betriebliches Vorschlagswesen (BVW) und Kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) gemeinsam realisieren. Köln: Wirtschaftsverlag Bachem
- Schmidt, S. (2011): Regelung des Implementierungsprozesses Ganzheitlicher Produktionssysteme, In: Schriftenreihe des IFU Band 19, Shaker Verlag, Aachen 2011
- Spath, D. (2003): Ganzheitlich produzieren – Innovative Organisation und Führung. LOG\_X Verlag, Stuttgart
- VDI 2870-Blatt 1: 2012-07 Ganzheitliche Produktionssysteme – Grundlagen, Einführung und Bewertung
- VDI 2870-Blatt 2: 2013-02 Ganzheitliche Produktionssysteme – Methodenkatalog
- Walter, R. (2008): Neukonzeption der Instandhaltung im Sinne eines Ganzheitlichen Produktionsystems. Maintainer 2008, 25.02.2008, Neckarsulm



# Value Chain Service im Asset Management

3

## Die Instandhaltung als Wertetreiber für den Produktionsstandort Deutschland

Andreas Weber und Jens Reichel

### Zusammenfassung

Die Aufgaben und Rollen der Instandhalter stehen an der Schwelle zu grundlegenden Veränderungen, wie sie zuletzt nur bei der Einführung der Automatisierungstechnik und der Auswertung maschinenlesbarer Daten durch den flächendeckenden Einsatz von Computern beobachtet wurden. Die unter dem Schlagwort Industrie 4.0 beschriebenen Veränderungen der digitalen Transformation der Produktionssysteme wird ihren Niederschlag im Alltag der Instandhaltung finden. Der Beitrag beschreibt diesen Wandel und die damit einhergehende Veränderung der Welt der Instandhalter, die als Asset Manager\* im Lebenszyklus der Anlage sich einerseits um die Wertschöpfung des Produktionsfaktors Anlage kümmern werden und andererseits sich völlig neuen Aufgaben wie der IT-Sicherheit in Produktionsanlagen und dem funktionierenden Zusammenspiel zahlreicher digitalisierter Komponenten des Produktionssystems widmen müssen. Dies führt zu veränderten Qualifikationsanforderungen an die Instandhaltungsmitarbeiter, aber auch zu einem anderen neuen Selbstverständnis der Instandhalter.

\*Die Bezeichnung Asset Management bezieht sich in diesem Zusammenhang auf das Management von Produktionseinrichtungen bzw. -anlagen, also die wichtigsten Assets von Industrieunternehmen, und nicht auf die Vermögensverwaltung.

---

A. Weber (✉)

BL-Technical Services, Evonik Industries AG  
Goldschmidtstraße 100, 45127 Essen, Deutschland  
E-Mail: [andreas.weber@evonik.com](mailto:andreas.weber@evonik.com)

J. Reichel

Technischer Service & Energie, thyssenkrupp Steel Europe AG  
Kaiser-Wilhelm-Straße 100, 47166 Duisburg, Deutschland  
E-Mail: [jens.reichel@thyssenkrupp.com](mailto:jens.reichel@thyssenkrupp.com)

### 3.1 Einleitung

Die Industrie befindet sich zurzeit in ihrer vierten großen Entwicklungsstufe. Nach der ersten industriellen Revolution durch die Dampfmaschine, dem zweiten Entwicklungsprung mithilfe der Massenfertigung durch das Fließband und dem dritten Schritt, in dem Elektronik und Informationstechnologie Einzug hielten, geht der Weg der Industrie 4.0 hin zu digital vernetzten Systemen, in denen Menschen, Maschinen, Anlagen, Produkte und logistische Abläufe miteinander kommunizieren. Die Basis für diese Kommunikation ist bereits vorhanden: Viele Bauteile, Geräte und Module liefern heutzutage mehr Daten als ihre Vorgänger. Diese Entwicklung verläuft beschleunigt: Alle 14 Monate verdoppelt sich die von der Industrie generierte Datenmenge (Bauerhansl 2015). Neue Sensoren und digitale Datenquellen sollen künftig noch mehr Daten auch aus dem Umfeld der eigentlichen Produktionsprozesse erfassen, wie Vertriebsdaten, Rohstoffeingänge, Markt- und Preisinformationen, Wetterprognosen oder Abfall- und Abwasserströme. In der Industrie 4.0 geht es nun darum, die erhobenen Daten sinnvoll zu analysieren und miteinander zu verknüpfen, um daraus neue Erkenntnisse zu gewinnen und für Unternehmen Mehrwert zu schaffen. Die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von Daten entlang der Wertschöpfungskette wird künftig also die Triebfeder der Produktion sein. Hieraus logisch abgeleitet bedeutet das aber auch, dass die Wertschöpfungsstufen strukturiert miteinander vernetzt und auf das finale Produkt hin optimiert werden müssen. Die Wertsteigerung von Industrie 4.0 liegt genau und nur in diesen Optimierungspotentialen. In der digitalen Fabrik selbst steigt dadurch die Komplexität, genauso wie durch zunehmende Vernetzung zahlreicher Einzelkomponenten. Dies betrifft den gesamten Asset Life Cycle, nicht nur die eigene Produktionsmaschine und stellt auch die Instandhaltung vor Herausforderungen, da sie als Asset Manager für den im Lebenszyklus einer Anlage längsten Abschnitt zuständig ist.

---

### 3.2 Asset Management nach ISO 55000 und neue Möglichkeiten durch die Digitalisierung

2014 definierte die International Organization for Standardization (ISO) einen weltweiten Standard für Asset Management und Asset Management Systeme (ISO 55000 2014), um einen Leitfaden zu geben, wie Unternehmen einen möglichst großen Nutzen aus ihren Assets ziehen können. Er gilt für ein breites Spektrum an Unternehmen und Branchen, da Assets grundsätzlich gleichen Mechanismen und Zyklen unterliegen.

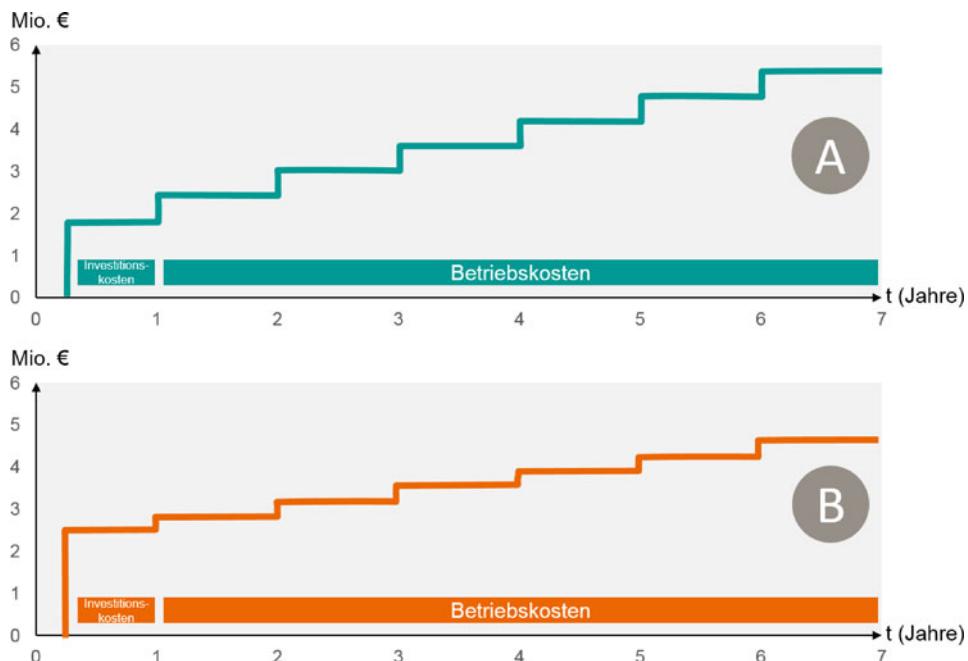
Das Asset Management betrachtet dabei den gesamten Lebenszyklus von Anlagen, auch kostenseitig wird der Lebenszyklus ganzheitlich betrachtet, um die Lebenszykluskosten zu optimieren. Die Phasen des Asset Managements gliedern sich dabei in:

- Produktstrategie,
- Produktionsstrategie,
- Anlagenstrategie,

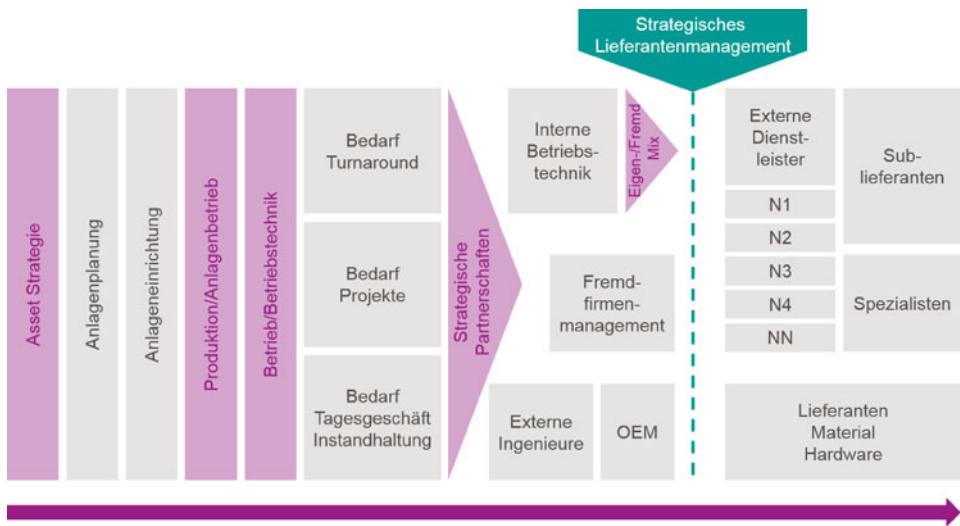
- Errichtung,
- Produktions- und Instandhaltungsphase und
- Rückbau.

So können sich beispielsweise Investitionen bei der Errichtung von Anlagen positiv auf die Instandhaltungskosten auswirken (siehe Abb. 3.1).

Abb. 3.1 stellt zwei Fälle gegenüber. Im Fall A wird die Anlage für einen Investitionsbetrag von 1,8 Mio. € errichtet. Die jährlichen Betriebskosten belaufen sich auf 600.000 €, so dass nach sechs Jahren Betrieb Gesamtkosten von 5,4 Mio. € entstanden sind. Im Fall B wird die Anlage instandhaltungsfreundlich und besonders energieeffizient ausgeführt. Die Investitionskosten steigen auf 2,5 Mio. €, dafür sinken die jährlichen Betriebskosten auf 350.000 €. Nach sechs Jahren Betrieb sind Gesamtkosten von 5,6 Mio. € entstanden. Auch für den Rückbau am Ende der Laufzeit lassen sich Aufwendungen einsparen, wenn die Anlage gleich zu Beginn rückbaufreundlich konstruiert wird. Zur Vereinfachung der Betrachtung wurde keine Abschreibung der Anlage über die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer vorgenommen und auch keine notwendige Kapitalverzinsung miteingerechnet. Aber auch unter Berücksichtigung dieser Faktoren kann mit der Asset Life Cycle-Kostenbetrachtung so die für jeden Einsatzfall richtige Lösung gefunden werden.



**Abb. 3.1** Life-Cycle-Kostenvergleich Investitions- und Instandhaltungskosten. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

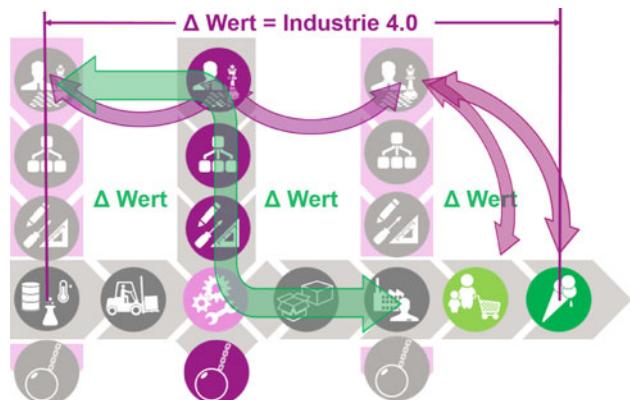


**Abb. 3.2** Diese Funktionskette entspricht heute noch nicht der Informationskette. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

Solcherlei Zusammenhänge zu erkennen ist eine Aufgabe im Asset Management. Dies wird erschwert durch die Zahl der Schnittstellen, die jeweils auch Informationsverluste bedeuten können. Denn aktuell entspricht die Funktionskette nicht der Informationskette. Durch die Digitalisierung in Zeiten von Industrie 4.0 und die Möglichkeiten der digitalen Kommunikation über Wertschöpfungsstufen hinweg – von der Anlagenstrategie über den Anlagenbetrieb bis hin zu externen Dienstleistern und deren Lieferanten – sollen diese Ketten in Deckungsgleichheit gebracht werden (siehe Abb. 3.2).

Die Digitalisierung eröffnet dabei weitere Möglichkeiten. Entlang der Lieferkette unterliegen alle Wertschöpfungsstufen jeweils einem Asset Life Cycle. Durch zunehmende

**Abb. 3.3** Verknüpfungen entlang der Lieferkette und des Asset Life Cycle. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)



Vernetzung auch in Asset Life Cycles über verschiedene Wertschöpfungsstufen hinweg können immer mehr Informationen analysiert und gewinnbringend eingesetzt werden (siehe Abb. 3.3).

Die Instandhaltung besetzt dabei eine wichtige Schlüsselposition. Denn um immer mehr Daten zu generieren und sie noch besser digital steuern zu können, müssen Anlagen transformiert werden. Dies kann nur die Instandhaltung mit ihrem Anlagen-Know-how leisten.

---

### 3.3 Rollen des Instandhalters als Asset Manager

Insgesamt kommen der Instandhaltung beim Asset Management verschiedene Rollen zu. Mit fortschreitender Entwicklung in der Industrie nimmt deren Zahl zu. Der prozentuale Anteil, den die einzelnen Rollen einnehmen, verändert sich dabei jedoch mit der Zeit.

#### 3.3.1 Instandsetzer

Nach wie vor ist die Instandhaltung unabdingbar, wenn es um die klassische Instandsetzung von Anlagen geht. Trotz präventiver Maßnahmen wird diese Rolle immer nötig sein, auch wenn ihr Anteil im Gesamtpaket der Instandhaltung tendenziell reduziert wird, da reaktive Instandhaltung in der Regel höhere Kosten verursacht als präventive Maßnahmen. So ist der Anreiz für Betreiber gegeben, mehr in die Prävention zu investieren. Als Lebensversicherer der Produktion kommt der Instandhaltung jedoch weiterhin eine bedeutende Rolle als Instandsetzer zu.

#### 3.3.2 Ganzheitlicher Anlagenmanager

Neben der Rolle als „Feuerwehrmann der Produktion“ ist die Aufgabe der Verbesserung der Anlagen entscheidend. Diese erstreckt sich von der Optimierung der Lebenszykluskosten bis hin zur Sicherstellung eines regelkonformen Betriebs.

##### 3.3.2.1 Lebenszykluskostenoptimierung

Der Gedanke der Lebenszykluskostenbetrachtung rückt dabei nicht nur die Optimierung der Instandhaltungskosten in den Fokus, sondern setzt bereits in der Konstruktionsphase einer Produktionsanlage an. Hierbei wird der Instandhaltungsmanager in dieser frühen Lebensphase der Anlage gefordert, sein Erfahrungs- und Methodenwissen beim Design der Anlage einzubringen, damit verschleißarme Technologien zum Einsatz kommen und die kritischen Bauelemente auf den Einsatzfall hin optimiert ausgewählt werden. Darüber hinaus wirkt er darauf hin, dass die Konstruktion der Anlage instandsetzungsfreundlich ausgeführt wird, d. h. im Fall notwendiger Maßnahmen nicht unnötig Zeit aufgewendet

werden muss, um die Zugänglichkeit von Bauteilen herzustellen, sondern die aufzuwendenden Leistungen wertschöpfend eingesetzt werden.

Heute sind im Produktionsalltag vielfach noch mehrere Iterationsschleifen und damit Anlagenmodifikationen erforderlich, bis die Konfigurationen instandhaltungsfreundlich ausgeführt sind. Auch der rationelle Rückbau der Anlage kann so in der Konstruktionsphase bereits Berücksichtigung finden.

Damit der ggfs. erforderliche Anfangsaufwand, der im späteren jahrelangen Betrieb erhebliche Einsparungen erwirtschaftet, einer betriebswirtschaftlichen Bewertung zugeführt werden kann, empfiehlt sich der Einsatz der Lebenszyklus-Kostenrechnung, die die Anlage von ihrer Design-Phase bis zum Abbruch begleitet. Eine Vorgehensweise und die dafür notwendige Datengrundlage sind in der VDI-Richtlinie 2884 (VDI 2884) beschrieben.

### **3.3.2.2 Ressourceneffizienz**

Während der Produktionsverantwortliche sich in der Regel auf die Verfahrenstechnik, den Materialeinsatz und den Output der Anlage konzentriert, hat der Instandhaltungsmanager darüber hinaus die Aufgabe, für einen schonenden Umgang der Anlage mit den umweltrelevanten Ressourcen zu sorgen. Hierzu gehört häufig auch die Energie-Effizienz der Anlage, bei der der Instandhalter seine umfangreichen elektrischen und mechanischen Anlagenkenntnisse einsetzen kann.

### **3.3.2.3 Technologische sowie Leistungsanpassung**

Außerdem ist die Instandhaltung verantwortlich dafür, technologische und Leistungsanpassungen in den Anlagen durchzuführen. Dies schließt eine stetige Optimierung der Gesamtanlage genauso ein wie „Debottlenecking“, wo es darum geht, durch technische Optimierungen Kapazitäten von Teilanlagen zu steigern.

### **3.3.2.4 Verfügbarkeitsoptimierung**

Im Rahmen von Servicepartnerschaften soll die Anlagenverfügbarkeit ganzheitlich optimiert werden. Hier übernimmt der Dienstleister eine Mitverantwortung für die Verfügbarkeit der Anlagen, da der Beitrag der Instandhaltung erst in zweiter Linie eine Senkung der Instandhaltungskosten ist. Vorrangiges Ziel ist die Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit bzw. der *Overall Equipment Effectiveness OEE* (vgl. Kap. 21).

### **3.3.2.5 Nachhaltigkeit**

Instandhaltung hat auch einen nachhaltigen Aspekt, beispielsweise beim Rückbau von Anlagen. Hier kommt es auf einen sinnvollen Rückbau oder eine effektive Demontage auch im Hinblick auf ökologische Faktoren an. So sollen natürliche Ressourcen geschützt werden sowie Abfälle vermieden bzw. idealerweise einer Rohstoffrückführung zur Verfügung gestellt werden.

### 3.3.2.6 Implementierung neuer Technologien

Immer wichtiger wird die Implementierung neuer Technologien. Digitale Aufrüstung kann zunächst nur im Bestand durchgeführt werden. Digitale Elemente wie Automatisierung und Fernsteuerung sind nicht neu, aber Umfang und Schnelligkeit der digitalen Möglichkeiten verändern sich mit enormer Geschwindigkeit. Um immer mehr Daten zu generieren und sie noch besser digital steuern zu können, müssen Anlagen transformiert werden. Das kann nur von Experten durchgeführt werden, die die Anlagen kennen. Nur so kann das Zusammenspiel der „smarten“ Anlagenkomponenten ermöglicht werden und die Basis für eine sinnvolle Nutzung der generierten Daten geschaffen werden. Auch die Vernetzung mit weiteren Wertschöpfungsstufen der Lieferkette, um für den Anlagenbetrieb wichtige Informationen aufzunehmen und Anlagen ggf. entsprechend zu transformieren, liegt im Aufgabenbereich der Instandhaltung.

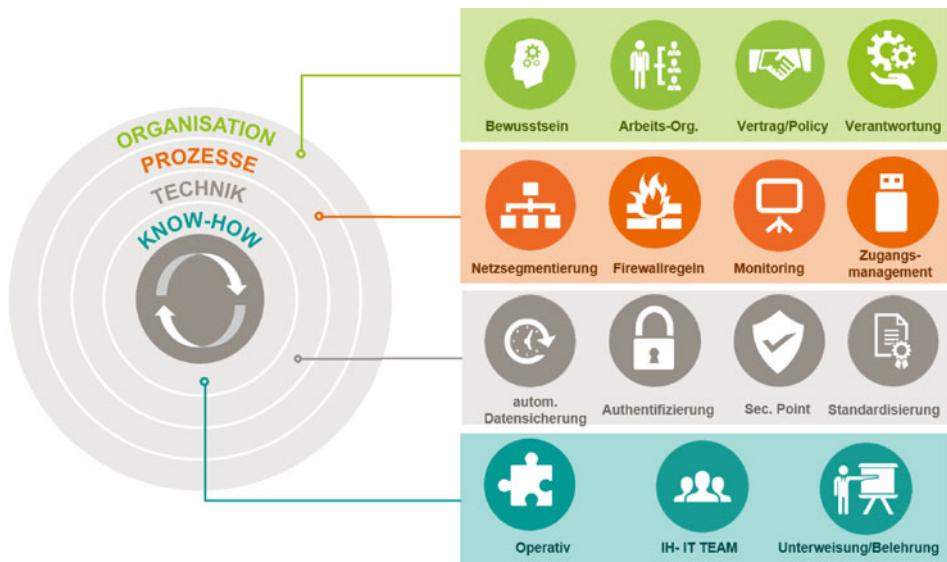
Perspektivisch dürfen digitale Optimierungen nicht nur die eigenen Prozesse betreffen. Vielmehr ist eine Gesamtsicht der vor- und nachgelagerten Abläufe bei Lieferanten und Kunden erforderlich. Wenn man beispielsweise in Wertschöpfungsketten Echtzeit-Informationen über die Produkte der Lieferanten erhält, können Anlagen passend zur Anlieferung darauf eingestellt werden. So fällt der Instandhaltung die Rolle als Wegbereiter für die Digitalisierung zu.

### 3.3.2.7 IT-Sicherheit in produktionsnahen Informationssystemen

Im Zeitalter der Digitalisierung erhält die IT-Sicherheit eine noch größere Bedeutung. Es geht darum Daten zu teilen, aber dies soll gesteuert geschehen. Die Instandhaltung erhält dabei eine völlig neue Rolle im Produktionssystem. Während die IT-Abteilungen in den Unternehmen bei den Daten-Endgeräten und den Firewalls in den Netzwerken Kompetenz aufgebaut haben, um an diesen Stellen für IT-Sicherheit zu sorgen, ist rund um die Steuerungssysteme der Produktionsanlagen und bei den sie verbindenden Komponenten eine Lücke entstanden. Diese beginnt bei den USB-Ports der Steuerungen, an denen Mitarbeiter ihre Smartphones aufladen und endet bei den Wartungs- und Fernwartungszugängen der Steuerungssysteme, zu denen Fremdfirmen insbesondere in Störungssituationen ungehindert Zugänge erhalten.

Hier fällt der Instandhaltung im Unternehmen eine neue Rolle zu. Sie hat die verschiedenen Funktionen, die in diesem Zusammenhang eine Aufgabe haben, zu koordinieren und für eine geordnete Abarbeitung der entstandenen Maßnahmen zu sorgen. Dazu gehört zunächst die Schärfung des Bewusstseins der beteiligten Personen im Unternehmen. Es gilt die Erstellung von kontrollierten Zugängen der Mitarbeiter in der Produktion an die Steuerungssysteme und die Erstellung und Durchsetzung von geregelten Zugängen für Fremdfirmen für Wartungs- und Entstörungsaufgaben zu realisieren. Dieses erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Einkauf. Notwendig ist dies um die Einbindung der Produktionsnetzwerke in problemadäquate Firewall-Konzepte und die Installation von Überwachungseinrichtungen, die im Fall nicht zugelassener Intrusion Alarm geben und die notwendigen Reaktionen zu ermöglichen.

Wiederum hilft den Instandhaltern dieses umfangreiche technologische Wissen, welches sie für die Bewältigung der beschriebenen Aufgaben prädestiniert. Hierbei überneh-



**Abb. 3.4** Handlungsfeld IT-Sicherheit in der Produktion. (Abbildung in Anlehnung an Köhler 2015; Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

men sie auch die koordinierenden Aufgaben mit den Produktionsverantwortlichen, der IT-Abteilung, dem Einkauf und den erforderlichen Fremdfirmen. Ggf. notwendige ergänzende IT-Qualifikationen müssen die Instandhalter zusätzlich erwerben, steht doch auf einmal neben dem „Funktionieren der Anlage“ die „IT-Sicherheit der Anlage“ gleichrangig auf ihrer Aufgabenliste. Ein Beispiel erfolgreicher Umsetzung zeigt Abb. 3.4 (Köhler 2015).

### 3.3.2.8 Sicherstellung des Compliance-konformen Anlagenbetriebs

Daneben ist die Instandhaltung im Rahmen des ganzheitlichen Asset Managements dafür zuständig, den Compliance-konformen Betrieb der Anlagen sicherzustellen. Dies beinhaltet sowohl die Übereinstimmung mit Unternehmensregularien als auch mit gesetzlichen Anforderungen, Auflagen und Normen. Gleichzeitig ist sie verantwortlich, Regeländerungen im Blick zu haben und diese beim Anlagenbetrieb umzusetzen.

## 3.4 Instandhaltung als Treiber der Optimierung im Asset Life Cycle

Die Rollen der Instandhaltung müssen klar von den Rollen der anderen am Wertschöpfungsprozess Beteiligten abgegrenzt sein. Wenn die Instandhaltung die Bandbreite an Rollen für sich annimmt, und die Aufgabe als ganzheitlicher Asset Manager ausfüllt, wird sie zum Treiber der Optimierung im Asset Life Cycle sowie des digitalen Wandels. Diese Verantwortung gilt es anzunehmen, um den Herausforderungen der Industrie 4.0 zu begegnen.

nen. Dafür ist insgesamt ein erweiterter Blickwinkel nötig: Nicht nur die eigene Anlage muss betrachtet werden, vielmehr ist die Instandhaltung gefordert, bestimmende Einflüsse von außen und innen zu erkennen. Energiebedarf, Datenverfügbarkeit, Lagerkapazitäten oder sich verändernde Gesetzmäßigkeiten sind nur einige Beispiele der Einflussfaktoren, die sich auf den Anlagenbetrieb auswirken und die analysiert werden müssen, um den Anlagenbetrieb weiter zu optimieren.

So wird sich auch die Instandhaltung selbst durch die Digitalisierung verändern. Beispielsweise erprobten Partner aus Industrie, Wissenschaft und Verbänden im Leuchtturmprojekt SIDAP (Skalierbares Integrationskonzept zur Datenaggregation, -analyse, -aufbereitung von großen Datenmengen in der Prozessindustrie, SIDAP 2015) das Sammeln und Verwerten großer Datenmengen in Produktionsprozessen. Durch Analyse unternehmensübergreifender Prozess-, Anlagen-, Geräte- und Instandhaltungsdaten sollen die Ursachen für Geräteausfälle erkannt und konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit entwickelt werden. Hierfür werden Daten über ausgewählte Anlagenteile sowie Einsatzparameter gesammelt und ausgewertet. So sollen bisher unbekannte Zusammenhänge identifiziert werden, die nur aufgrund großer Datenmengen gefunden werden können. Ziel ist die Erhöhung der *Overall Equipment Effectiveness OEE*. So soll die Produktqualität verbessert, die Anlagenleistung erhöht und die Anlagenverfügbarkeit gesteigert werden. Die höhere Anlagenverfügbarkeit ist dann wiederum die Basis für eine weitergehende Automatisierung der Anlage und den Remote-Betrieb (Fernüberwachung) von Anlagen.

Für die Arbeitsweisen der Instandhaltung geht der Weg insgesamt hin zu einer *Performance-based Maintenance*. Hier werden Entscheidungen auf Grundlage von Simulationen und Szenarien getroffen. Insgesamt wird dies beispielsweise zu einer Dynamisierung der Wartungszyklen führen, da der optimale Wartungszeitpunkt aus vielfältigen Informationen wie Anlagenzustand, Laufzeit, vorliegenden Daten und abgeleiteten Szenarien bestimmt wird.

### **Performance-based Maintenance**

Performance-based Maintenance ist umfassender als lediglich auf Basis gefilterter Anlagendaten Prognosen über ihren technischen Zustand zu treffen und Wartungszyklen entsprechend zu optimieren. In der Performance-based Maintenance werden zusätzlich Produktionszustände simuliert, um daraufhin verschiedene Szenarien abzuleiten und auf dieser Basis Instandhaltungsstrategien zu antizipieren.

### **Auf dem Weg zur Performance-based Maintenance – der Wandel der Instandhaltungsstrategien im Überblick**

Reaktive Maintenance: reine Risiko-Kostenbetrachtung

Präventive Maintenance: Risiko-Kosten-Nutzenbetrachtung

Condition-based Maintenance: Entscheidungen basierend auf dem heutigen Anlagenzustand und Ableitung daraus

Data-based Maintenance: Entscheidungen basierend auf den vorhersehbaren Daten und Ableitungen

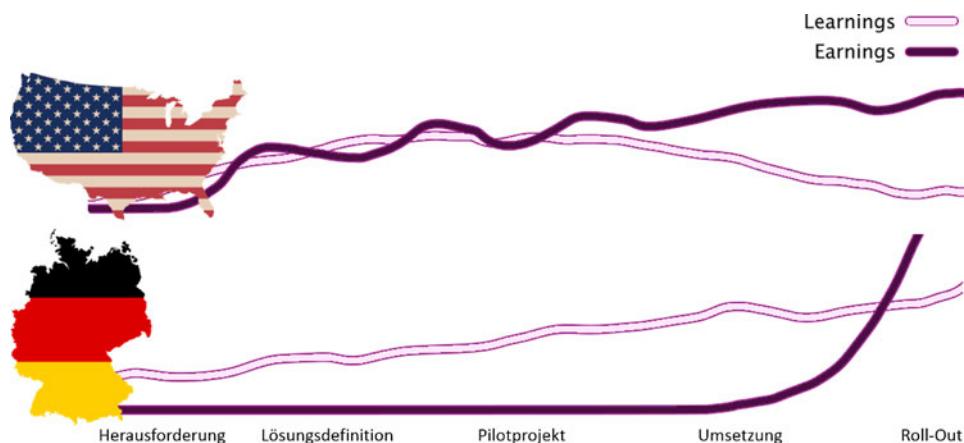
Performance-based Maintenance: Entscheidungen basierend auf Simulationen und Szenarien

### 3.5 Kulturwandel: Steigern der Umsetzungsgeschwindigkeit

Auch die Instandhaltung selbst befindet sich in einem Transformationsprozess. Veränderte Schwerpunkte bei der Aufgabengestaltung und gänzlich neue Arbeitsweisen erfordern Fachpersonal, das die Anlagen kennt, aber entsprechend weitergebildet werden muss. Wo Unternehmen traditionellerweise viel in die Entwicklung von Managementtalenten investieren, gilt es nun, Fachkräfte stärker in den Fokus zu rücken und mit entsprechenden Maßnahmen in Richtung digitale Industrie weiterzuentwickeln. Zur Zukunftssicherung ist es entscheidend, Fachkräfte auszubilden und die Inhalte der Ausbildung zeitgemäß anzupassen.

Für die notwendigen fachlichen Kompetenzen gibt es mit der sprichwörtlichen deutschen Ingenieurskunst bereits eine solide Grundlage. Eine viel größere Herausforderung ist kultureller Art, denn um die Digitalisierung in der Industrie umzusetzen ist eine Abkehr vom traditionellen Ingenieursdenken unabdingbar. Vor Realisierung eines Projekts hundertprozentige Lösungen zu suchen und mögliche Wege dorthin bis in letzter Konsequenz theoretisch abzubilden, wird vor dem Hintergrund der beschleunigten technischen Entwicklung nahezu unmöglich werden. Was beim Start eines Projektes als Ausgangsbasis für einen Lösungsansatz gilt, kann noch vor Abschluss bereits wieder überholt sein. Der traditionelle, in Deutschland in der Instandhaltung verbreitete Ansatz, Probleme strukturiert und gründlich zu beleuchten und lösen, ist in Zeiten von Industrie 4.0 zu langsam – Techniken ändern sich und damit auch Lösungsansätze.

Abb. 3.5 zeigt im Vergleich dazu die Lern- und Ertragskurven aus dem anglo-amerikanischen Raum. Hier gibt es nach dem Grundsatz „trial & error“ eine stärker ausgeprägte Fehlerkultur. Durch diese Inkaufnahme von Fehlern geht die Umsetzung in der Regel schneller vonstatten. Es wird ausprobiert und es werden erste Schritte gemacht. Aus diesen



**Abb. 3.5** Vergleich der Lern- und Ertragskurven klassisch anglo-amerikanischer und deutscher Herangehensweisen. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

lernt man und kann wiederum Anpassungen vornehmen. So wird schneller Geld verdient als bei der deutschen Herangehensweise der perfektionierten Vorausplanung. Danach werden die Lernschritte jedoch immer kleiner – dies wirkt sich auch auf die Gewinnschritte aus, die nicht mehr so immens sind wie am Anfang. Dieser Mechanismus dämpft den Anreiz, einen Ansatz zu perfektionieren, wohingegen im deutschen Raum diese Perfektion angestrebt wird, der Hauptteil des Ertrags dann am Ende realisiert wird, dafür aber sehr viel Zeit investiert werden muss.

Ziel muss es sein, eine Synthese zu finden, die das Beste aus beiden Herangehensweisen vereint: Das Streben nach gründlichem Durchdenken, um die beste Lösung zu finden, sowie nach schneller Umsetzung, um Lösungen zu einem Zeitpunkt in den Markt zu bringen, zu dem sie noch aktuell sind, und um sie letztlich schneller zu monetarisieren. Das macht die Transformation der Industrie in ihrer Entwicklungsstufe 4.0 zum größten Change-Projekt, das die Industrie in Deutschland kennt. Denn parallel zur Digitalisierung und den erweiterten fachlichen Kompetenzen müssen sich Denkstrukturen und Handlungsweisen ändern, um im internationalen Vergleich zu bestehen.

---

### 3.6 Instandhaltung als Wegbereiter der Digitalisierung

Durch die Besetzung der Schlüsselstelle zwischen Asset Life Cycle und Lieferkette hat die Instandhaltung eine Schlüsselfunktion inne und kann so zum Wegbereiter der Digitalisierung in der Industrie werden. Instandhalter befinden sich durch ihr umfangreiches Wissen über die Anlagen und ihre Möglichkeiten der Modifikation in der besten Ausgangsposition, um die Anlagen zu transformieren und digital weiterzuentwickeln. So kann der Anlagenbestand auf die Welt der vernetzten Wertschöpfungsstufen vorbereitet werden.

Gerade in etablierten Industrienationen wie Deutschland ist die Transformation im „Brownfield“ von entscheidender Bedeutung, wenn es um internationale Wettbewerbsfähigkeit geht. Die Möglichkeiten in Deutschland im „Greenfield“ neue, direkt für die digitale Welt geplante Anlagen zu errichten, sind beschränkt oder unwirtschaftlich. Das Festhalten am Anlagenbestand mit seinen aktuellen Möglichkeiten ist ebenfalls kein gangbarer Weg. Um international im Markt, in den durch die neuen Chancen der Digitalisierung auch immer mehr marktfremde Teilnehmer drängen, bestehen zu können, müssen die neuen Technologien in gewachsenen Strukturen umgesetzt werden. Das heißt, die in Deutschland vorhandenen Anlagen müssen transformiert werden, um sie auf die Herausforderungen der Industrie 4.0 vorzubereiten und flexibler einsetzbar zu machen. Wenn den aktuellen Marktteilnehmern die Umrüstung bestehender Anlagen nicht gelingt, werden neue Marktteilnehmer neue Anlagen bauen. Prinzipiell ist dies überall möglich, so dass ein intensiver Vergleich der Rahmenbedingungen auf globaler Ebene gezogen werden wird. Aufgrund der Nähe zu anderen Produktionsfaktoren wie beispielsweise Rohstoffen wird die Wahl bei Neuerrichtung von Anlagen nicht auf Deutschland fallen. Zur Sicherung des Industriestandorts Deutschland nimmt die Instandhaltung also eine wichtige Rolle ein. Menschen, die die Anlagen kennen, werden die entscheidende Rolle in ihrer Trans-

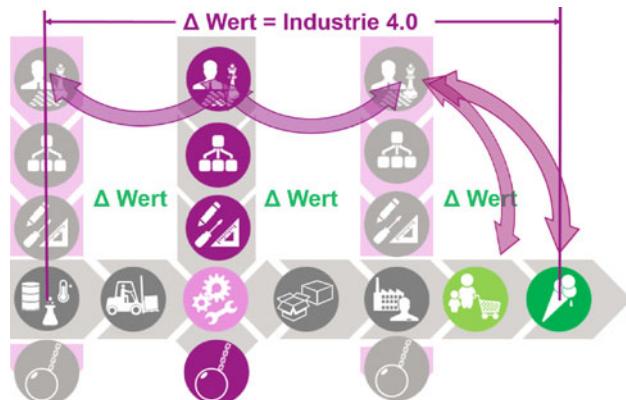
formation hin zu mehr Flexibilität und Vernetzung spielen. So wird die Instandhaltung zum „Vernetzer“ entlang der Lieferkette und damit zum wesentlichen Wertetreiber der Industrie.

### 3.7 Die Instandhaltung als Value Chain Service und damit Verbindungsknoten zwischen Asset Life Cycle und Supply Chain

Schon wenn man nur ein Unternehmen betrachtet, wird die entscheidende Bedeutung, die der Instandhaltung am Verbindungsknoten zwischen dem Asset Life Cycle und der Lieferkette zukommt, ersichtlich. Auf die Bedeutung der Instandhaltung für den eigenen Asset Life Cycle wurde bereits eingegangen. Erweitert man nun den Blickwinkel und bezieht auch die vor- und nachgelagerten Stufen der Lieferkette, die auch jeweils einem eigenen Asset Life Cycle unterliegen, ein, wird die Komplexität deutlich, in der sich die Industrie 4.0 bewegt. Durch die Digitalisierung können sich auch die Asset Life Cycles der verschiedenen Wertschöpfungsstufen der Lieferkette vernetzen. Durch zunehmenden Datenaustausch können Unternehmen sich schon in Strategie- und Planungsprozessen aufeinander einstellen, wie Abb. 3.6 illustriert.

Auch dafür sitzt die Instandhaltung an der Schlüsselstelle. Durch Einbringung der Erfahrungen und des Know-hows sowie des Wissens um Erfordernisse anderer Stufen in der Supply Chain kann sie darauf hinwirken, dass Anlagen entsprechend geplant werden. Sollen die Potenziale der Digitalisierung vollständig ausgeschöpft werden, ist diese Gesamtsicht der vor- und nachgelagerten Abläufe bei Lieferanten und Kunden erforderlich, um sicherzustellen, dass die eigentlichen Schnittstellen bestmöglich aufeinander abgestimmt sind. Wenn man beispielsweise in Wertschöpfungsketten Informationen in Echtzeit über die Produkte der Lieferanten erhält, können Anlagen passend zur Anlieferung darauf eingestellt werden. Und wiederum ist die Instandhaltung dafür zuständig, dass die Anlage des Lieferanten entsprechend transformiert wird, damit ein Kunde solche Daten überhaupt

**Abb. 3.6** Vernetzung mit anderen Stufen der Lieferkette.  
(Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)



erhalten kann. Somit wird die Instandhaltung neben ihrer Rolle als Asset Manager im Unternehmen zum Value Chain Service, der die ideale Verbindung und Vernetzung zwischen dem Asset Life Cycle und der Lieferkette gewährleistet.

Für diese Art von Kooperationen müssen sich Unternehmen jedoch öffnen. Es gilt, die Balance zwischen Know-how- bzw. Datenschutz und nötigem Datenaustausch zu finden. Als geeignetes Modell der Zusammenarbeit zwischen Lieferanten und Kunden bietet sich dabei wiederum das Modell der globalen Servicepartnerschaften an. In weltweiten Produktionsnetzwerken kann durch Servicepartnerschaften ein verstärkter Wissens- und Datentransfer sichergestellt werden. Durch die intensive Beziehung zwischen Dienstleister und Kunde, die dann nicht mehr regional eingeschränkt für eine bestimmte Anlage eingegangen wurde, sondern auf globaler Ebene Anwendung findet, sind die Voraussetzungen für stärkeren Datenaustausch gegeben, weil Servicepartnerschaften für beide Seiten Optimierungspotenzial aufdecken (vgl. Kap. 21).

---

### 3.8 Schlussfolgerungen

Mit den vorgenannten Entwicklungen will dieser Beitrag aufzeigen, wie gravierend sich die Aufgaben der Instandhaltung verändern bzw. sich bereits verändert haben. Von der Gewährleistung notwendiger Verfügbarkeit der Produktionseinrichtungen und der Qualitätsfähigkeit der Anlage wandelt sich das Aufgabenfeld der Instandhalter hin zur ganzheitlichen Kostenbetrachtung des Asset Managers, der die Anlage von der Design-Phase bis zum Rückbau begleitet und ein betriebswirtschaftliches Optimum schafft. Dabei hat er nicht nur Verfügbarkeit und Qualitätsfähigkeit im Blick, sondern sorgt für einen bestmöglichen Ressourcen-Einsatz und kümmert sich um den umwelt- und regelkonformen Anlagenbetrieb. Anpassungen hinsichtlich Leistung und veränderten Produktanforderungen sind dabei ebenso selbstverständlich wie die Gewährleitung der IT-Sicherheit der Produktionsanlage. Besondere Aufgaben fallen den Instandhaltern bei der Bewältigung der Integrität des Zusammenspiels aller Komponenten des Produktionssystems, die im Rahmen von Industrie 4.0 neue und neuartige Schnittstellen schaffen, zu. Erst die Integration aller dieser Komponenten zu einem in der Regel ja gewachsenen Produktionssystem ermöglicht den effizienten Einsatz dieser Technologien. Daher wird es ohne Instandhaltung auch kein funktionierendes Industrie-4.0-System geben.

Hierbei kommt den Grundlagenkenntnissen aus dem deutschen Ausbildungssystem eine besondere Bedeutung zu. Es ermöglicht den handelnden Personen, ganz unterschiedliche Lösungsansätze für wechselnde Probleme zu finden. Ihr Methodenwissen und damit ihre Lösungskompetenz für neuartige Aufgabenstellungen in komplexen, vernetzten Produktionssystemen erlaubt die Entwicklung hin zu einem besonders produktiven Betrieb dieser Anlagen. Damit wird dieser veränderte „Value-Chain-Service – Made in Germany“ zu einem handfesten Vorteil in unseren Produktionsanlagen, die auf Grund eines hohen Automatisierungsgrades auch am Standort Deutschland eine wirtschaftliche und wettbewerbsfähige Produktion ermöglichen.

Daher lässt sich die anstehende Entwicklung zu folgender These zusammenfassen: Mit Value-Chain-Service wird Deutschland wieder zum industriellen Produktionsstandort Nummer 1 in der Welt.

---

### 3.9 Ausblick

Dies wird nicht ohne ein verändertes Selbstbild der Instandhalter gelingen. Sie sind nicht mehr die „Reparateure“ der Anlage, deren höchste Berufung darin besteht, gerufen zu werden und für Ordnung zu sorgen oder besser gar nicht erst aufzufallen, weil sie im Verborgenen wirken.

Im Gegenteil: Hier ist eine aktive Rolle gefordert, in der die Instandhalter als Asset Manager den Lebenslauf einer Anlage begleiten und als Value-Chain-Manager über die Wertschöpfung der Anlage im Produktionsprozess wachen. Wertetreiber sind die Effizienzpotenziale der Produktionsanlagen, die der Instandhalter identifiziert und mit geeigneten Methoden hebt. Dazu gehört auch die Integration neuer Technologien aus dem Industrie-4.0-Baukasten, mit denen weitere Effizienz-Potenziale unserer Produktionssysteme gehoben werden können.

Da die heutigen betriebswirtschaftlichen Messsysteme in der Regel mit kostenbasierten Ansätzen eine Bewertung der Instandhaltung vornehmen, ist zur Bewältigung dieser Veränderung auch die Entwicklung eines Messsystems zum Wertschöpfungsbeitrag als Basis für einen sachlichen Dialog zwischen Anlagenmanagement und Ressourcenmanagement im Unternehmen erforderlich. Hier ist zunächst die Unterstützung in der Forschungslandschaft gefordert, um die Erarbeitung eines Verfahrens zur Ermittlung des Wertbeitrages, den die Value-Chain-Services bei der Bewirtschaftung der Anlage in einem Berichtszzyklus (z. B. Monat oder Geschäftsjahr) beiträgt, zu erarbeiten.

Begleitend dazu sind Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten zu schaffen, mit denen das Instandhaltungspersonal und die Managementverantwortlichen zur Bewältigung dieser Aufgaben befähigt werden. Es gibt viel zu tun und die Instandhaltung sollte möglichst bald damit beginnen.

---

### Literatur

- Bauerhansl, T. (2015) Wertschöpfung 4.0 – Wie die digitale Transformation reale Werte schafft. Siemens Wirtschaftsforum. Frankfurt/M., 16.09.2015
- ISO 55000 (2014) Asset management – Overview, principles and terminology.
- Köhler, W. (2015) IT-Security in der Produktion. VDI-Fachausschuss Instandhaltung, Hürth, 12.03. 2015
- SIDAP (2015) Skalierbares Integrationskonzept zur Datenaggregation, -analyse, -aufbereitung von großen Datenmengen in der Prozessindustrie. FuE-Projekt, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bekanntmachung SMART DATA; [www.sidap.de](http://www.sidap.de), online abgerufen am 04. Juli 2016



# Der Weg von einer produktionsintegrierten Instandhaltung zum erfolgreichen, outgesourceten Dienstleister

4

Friedrich Luther

## Zusammenfassung

Instandhaltungsbereiche als interne Dienstleister in Unternehmen werden häufig hinsichtlich ihrer Funktionen und Effizienz kritisch hinterfragt. In diesem Beitrag wird am realen Beispiel einer betrieblichen Instandhaltung eines produzierenden Unternehmens der Weg von einer produktionsintegrierten Einheit, über den zentralen/dezentralen Unternehmensbereich hin zu einem Profit-Center und schließlich zu einem erfolgreichen, externen Dienstleistungsunternehmen nachvollzogen. Neben den rein organisatorischen Fragen hatten dabei Unternehmens- und Mitarbeitererwartungen sowie deren Motivation, Instandhaltungsstrategien und IT-Nutzung sowie Bedingungen des Instandhaltungsmarktes großen Einfluss auf die genommene Entwicklung.

## 4.1 Einleitung

Eine marktorientierte Unternehmensführung verlangt heute auch ein kritisches Überdenken der Dienstleistung Instandhaltung und deren Schnittstellen zu anderen Unternehmensbereichen.

Die Instandhaltung als Dienstleistungsabteilung, welche oft zu Unrecht als nicht „produktiver“ Betriebsbereich angesehen wird, sieht sich deshalb vielen Fragen und Überprüfungen ihrer Funktion und Effizienz ausgesetzt.

In diesem Beitrag soll beispielhaft der Weg einer solchen Instandhaltung vom produktionsintegrierten Bereich in einem mittelständischen Unternehmen des Textilmaschinenbaus über den zentralen/dezentralen autonomen Unternehmensbereich zum Profit-Center

---

F. Luther (✉)

Piepenbrock Instandhaltung GmbH + Co. KG

Mönchengladbach, Deutschland

E-Mail: noreply@springer.com

und letztendlich die Entwicklung zum erfolgreichen externen Dienstleister, eingegliedert in die Piepenbrock Gruppe, dargestellt werden. Dieser Entwicklungsprozess überstreicht einen Zeitraum von etwa 65 Jahren, von 1950 bis heute.

Die Betrachtung des gesamten Prozessablaufs, die dabei aufgetretenen Probleme und Hindernisse auf dem Weg zum externen Dienstleister werden analysiert und Aspekte der Zusammenarbeit mit den Anlagenbetreibern aus Sicht der outgesourceten Instandhaltung aufgezeigt.

---

## 4.2 Die produktionsintegrierte Instandhaltung in einem Maschinenbau-Unternehmen (1950–1990)

Die Funktion der Instandhaltung von Maschinen und Anlagen wurde im betrachteten Unternehmen in den 50er-Jahren von meist hoch qualifizierten Werkern und Anlagenbedienern ausgeführt, die eine enge Verbundenheit zu „ihrer“ Maschine hatten und neben ihrer Produktionsaufgabe auch die Pflege, Wartung und teilweise sogar die Instandsetzung übernahmen.

Mit Beginn der 60er-Jahre boomte die Wirtschaft und die Produktion mit überwiegend handwerklichen Tätigkeiten wurde durch die zunehmende Massenfertigung mit Automatisierung, Mehrmaschinenbedienung, Drei-Schichtbetrieb, Akkord-Entlohnungsformen und einem immer geringeren Qualifikations- und Ausbildungsstand der Produktionsmitarbeiter, abgelöst.

Dadurch trat eine zunehmende Entfremdung des Werkers bzw. Bedieners zu den Maschinen und Anlagen ein, die dazu führte, dass die komplexer werdenden Instandhaltungsaufgaben einem spezialisierten Bereich mit qualifizierten Schlossern und Elektrikern übertragen wurden.

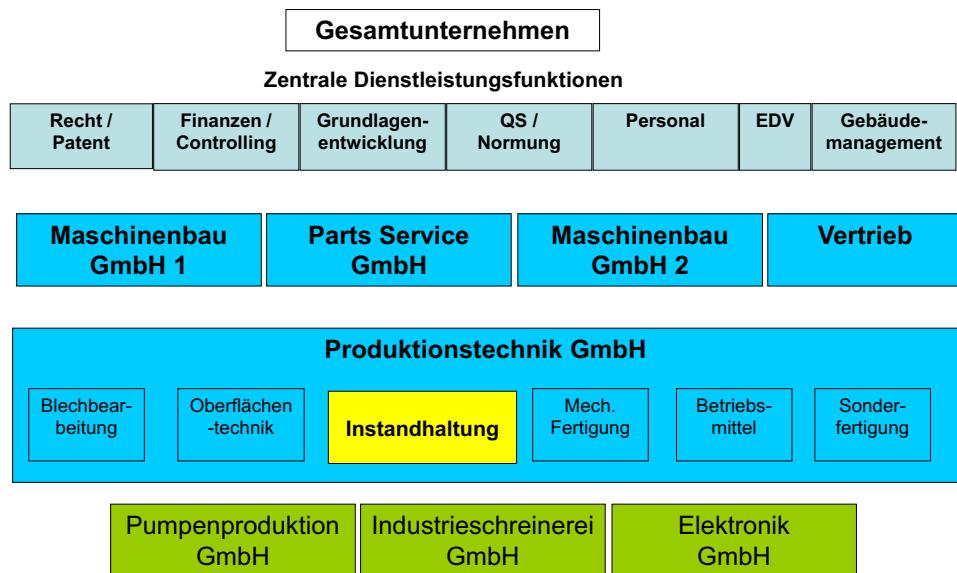
Die Maschinen- und Anlageninstandhaltung wurde in den Produktionsbereich integriert und arbeitete mit einer klassischen Arbeitsteilung zwischen Produktion und Instandhaltung, wobei die Reinigung und der einfache Schmierdienst eine Aufgabe der Produktion war (siehe Abb. 4.1).

Sie war zunächst zentral strukturiert und wurde mit zunehmender Größe der Werksbereiche mit dezentralen, multifunktionellen Stützpunkten erweitert, die in der Lage waren, kurze Reaktions- und Instandhaltungszeiten bei Störbehebung zu gewährleisten (vgl. VDI 2895 2012).

Die Aufgaben und Ziele der Instandhaltung wurden durch die Produktionsbereiche vorgegeben und dienten vorrangig zu deren Optimierung.

Die präventive inspekionsorientierte Instandhaltungsstrategie wurde von den Produktionsverantwortlichen kurzfristig vernachlässigt und hatte eine Crash-Strategie mit hohen technischen Ausfallzeiten und geringer Anlagenverfügbarkeit zur Folge.

Die Instandhaltung als Fixkostenbereich mit damals ca. 30 Mitarbeitern (Betriebschlosser und Elektriker) betrachtete man als notwendiges Übel. Sie hatte deshalb kaum Chancen eigenständige sinnvolle Strategien zu entwickeln.



**Abb. 4.1** Struktur des Maschinenbauunternehmens

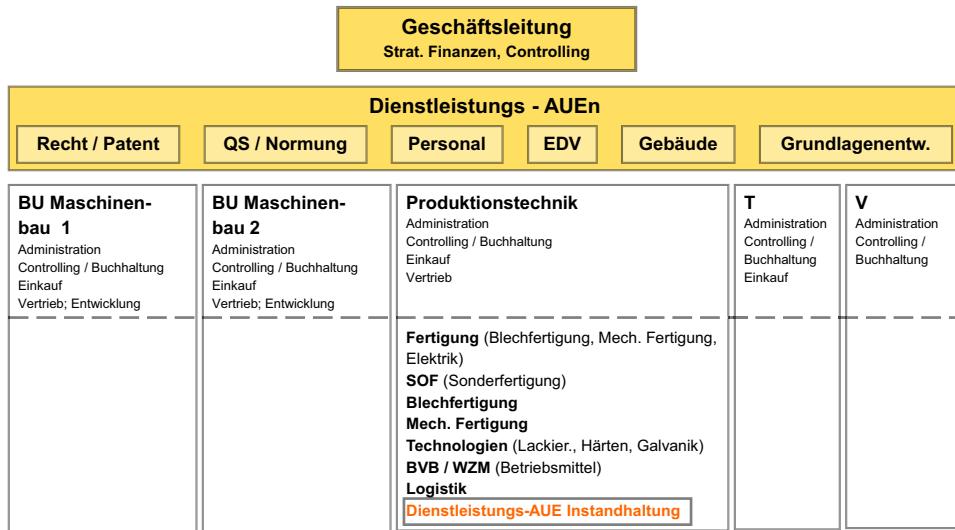
Außerdem mussten für das Unternehmen viele zusätzliche Aufgaben übernommen werden, die mit der klassischen Instandhaltung nichts zu tun hatten. Einige Beispiele:

- Kühlschmierstoff-Service,
- Einkauf und Verwaltung von Betriebsstoffen,
- Abfall-Entsorgung,
- Umzüge von Maschinen und Anlagen,
- Betriebsmittelverwaltung,
- Erstellung von Baukasten-Vorrichtungen,
- Werkzeug-Schleiferei,
- Einrichten von Produktionsanlagen.

Zusätzlich gab es auch noch eine getrennte Instandhaltung für das Facility Management, die aber 1984 mit der Maschinen- zu einer Werksinstandhaltung zusammengefasst wurde.

### 4.3 Interne zentrale Dienstleistungs-AUE Instandhaltung (1990–1993)

Im Zuge von Restrukturierungsmaßnahmen wurden Anfang der 90er-Jahre Business Units (BU) und Autonome Unternehmens-Einheiten (AUE) im gesamten Unternehmen gebildet.



**Abb. 4.2** Unternehmensstruktur mit Business Units und Dienstleistungs-AUEn

Die Instandhaltung wurde zwar als zentraler Dienstleister als AUE aufgestellt, war aber immer noch in die Produktionstechnik integriert (siehe Abb. 4.2).

Im Rahmen der Strategie von *Lean Production* wurde Gruppenarbeit im Unternehmen eingeführt und produktionsnahe Instandhaltungskonzepte entwickelt. Die neu gebildeten Produktionsteams übernahmen mit Unterstützung der zentralen Dienstleistungs-AUE Instandhaltung Instandhaltungsaufgaben. Die Einführung von „Bord-Instandhaltung“, einer Vorstufe von *Total Productive Maintenance* (TPM), in die Produktionsteams war eines der Ergebnisse (siehe Abb. 4.3).

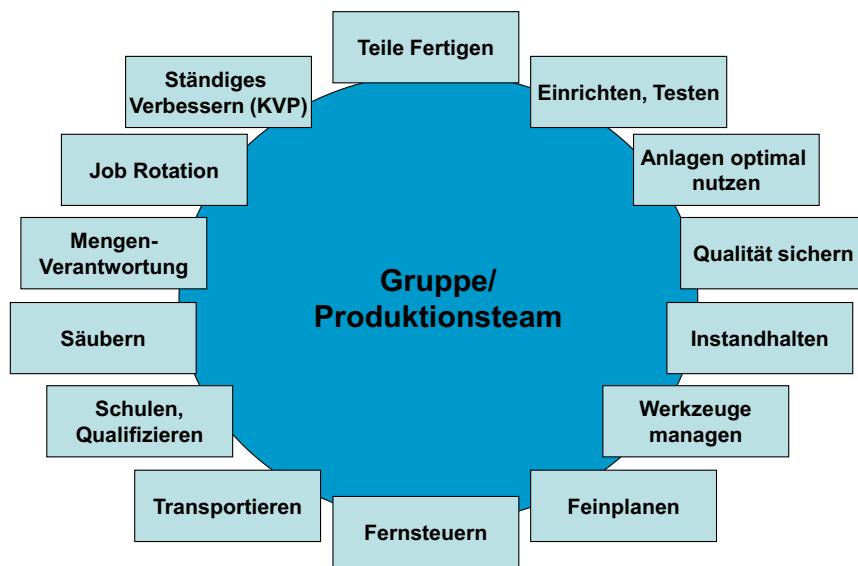
Die Integration von Instandhaltungsmitarbeitern wurde kontrovers diskutiert, aber nicht durchgeführt, da nur etwa 80 Instandhaltungsmitarbeiter (Elektriker und Schlosser) einem Bedarf von 156 Produktionsteams gegenüberstanden.

Die Übertragung von Instandhaltungsaufgaben in die Produktionsteams brachte folgende Vorteile:

- kurze Reaktionszeiten durch die ständige Anwesenheit der Bediener und Einrichter auch im Drei-Schicht-Betrieb,
- Verbesserung der Fertigungsprozesse durch mehr spezifische Kenntnisse des Anlagenbedieners,
- dadurch höhere Flexibilität der Fertigung.

Die Nachteile waren:

- hoher Aufwand, um die Produktionsteams für die Instandhaltungsaufgaben zu qualifizieren,



**Abb. 4.3** Aufgaben der Produktionsteams

- selten benötigtes Spezialwissen und spezielle Betriebsmittel (Werkzeuge, Mess- und Prüfgeräte, Ersatzteile, etc.) verursachten hohe Kosten,
- die Konzentration von vielen Funktionen und Aufgaben in die AUEn und Produktionsteams hatte neben vielen anderen Problemen auch eine ständige Gratwanderung zwischen Produktions- und Instandhaltungsprioritäten und eine Überforderung der Mitarbeiter sowie
- eine geringere Produktivität zur Folge.

#### 4.4 Einführung von Kaizen und TPM in der Instandhaltung und im Unternehmen (1993–1999)

Die Funktion und die Bedeutung der Instandhaltung änderte sich 1993 mit der Einführung von *Kaizen* und *Total Productive Maintenance* (TPM) im Unternehmen entscheidend (siehe Masaaki 1994; Nakajima 1988).

Die Führungsmannschaft der Produktion und Instandhaltung wurden in Japan gemeinsam auf Management-Kursen in den Kaizen-Techniken geschult und zu Kaizen-Teams zusammengefasst. Deren Aufgabe war es, die nun folgenden „5S-Kampagnen“, die Untersuchungen zur Ermittlung der „Produktivitätsverluste“ durchzuführen sowie die Verschwendungen „Muda“ zu minimieren (siehe Abb. 4.4 und 4.5).

**5 japanische Worte, die mit „S“ beginnen:**

**SEIRI** ⇒ Ordnung schaffen (entfernen aller unnötigen Dinge)

**SEITON** ⇒ Jeden Gegenstand am richtigen Platz aufbewahren

**SEISO** ⇒ Sauberkeit am Arbeitsplatz verbessern

**SEIKETSU** ⇒ Persönlicher Ordnungssinn

**SHITSUKE** ⇒ Disziplin (Einhaltung der Vorschriften und Standards)

**Abb. 4.4** Die „5S“-Kampagne

**Abb. 4.5** Produktivitätsverluste

Leerlauf, Stop-Verluste, Stillstandsverluste, Qualitätsdefekte, Nacharbeiten, Rüstzeit-Stillstände, Nachrüsten, Anlaufverluste, Nacharbeit, Vorschubverluste

**Produktivität**

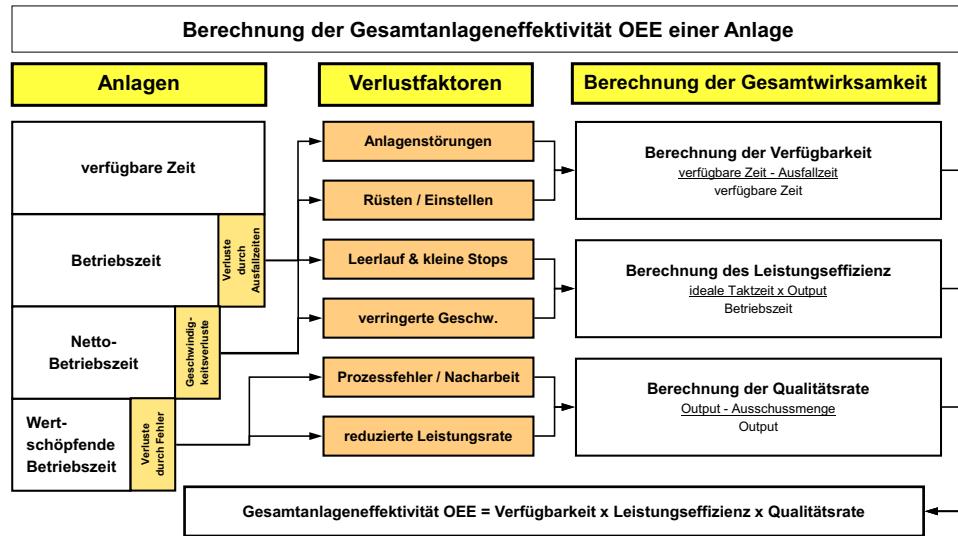
Anhand der Kennzahl *Overall Equipment Effectiveness OEE* = Gesamtanlageneffektivität (vgl. VDI 2893 2006) wurden die Produktivitätsverluste an den Maschinen und Anlagen ermittelt, Schwachstellen konsequent erfasst und beseitigt (siehe Abb. 4.6).

Diese Maßnahmen brachten eine entscheidende Verbesserung der Organisation der Instandhaltung und eine wesentlich höhere Verfügbarkeit und Produktivität der Anlagen.

Die Instandhaltung hatte neben der Mitarbeit in den Kaizen-Teams die Schulung der Produktionsteams in TPM-Techniken zur Aufgabe und arbeitete nun gleichberechtigt an der Verbesserung des Unternehmenserfolges.

Durch Managementfehler, Auftragsrückgang und eine nur kurzfristig ausgerichtete Kaizen-Strategie konnten die Verluste im Unternehmen nicht aufgefangen werden.

Die Weiterentwicklung von Kaizen und TPM wurde 1996 gestoppt und Maßnahmen zur Reduzierung der Fixkosten eingeleitet. Im Rahmen dieser Restrukturierung entschloss sich die Instandhaltung, sich zu einem „Profit-Center“ umzuformieren (siehe Abb. 4.7) und ihre Leistungen auch anderen produzierenden Unternehmen anzubieten.



**Abb. 4.6** Ermittlung der Gesamtanlageneffektivität OEE. (In Anlehnung an Nakajima 1988)



**Abb. 4.7** Weiterentwicklung der zentralen DL-AUE Instandhaltung 1996

Die Einführung von SAP mit allen Modulen von 1996 bis 1999 im gesamten Unternehmen erleichterte die Aufstellung als Profit-Center erheblich. Bisher stand nur ein eigenentwickeltes Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssystem (IPS-System) ohne durchgängige Serviceabwicklung, Fakturierung, Auswertung und Dokumentation zur Verfügung. Durch die gezielte Modifikation und Ausrichtung von SAP-SM (Service-Management) auch auf technische und instandhaltungsspezifische Belange konnte ein rationelles und kundenorientiertes IPS-System erstellt werden.

---

## 4.5 Die Instandhaltung wird Profit-Center (1999–2001)

Die Neuorientierung der Instandhaltung brachte eine Reihe von nachhaltigen Veränderungen in der Organisation und bei den Mitarbeitern mit sich: Erstmals hatte die Instandhaltung „wirkliche“ Kunden und musste sich als Dienstleister begreifen, der seine Leistungen wirtschaftlich, termingemäß und für die internen und externen Kunden transparent anbietet. Der Umdenkungsprozess in Richtung einer klaren Kunden-/Lieferanten-Beziehung war mühsam und erforderte häufig Korrekturen. Auch die Gewinnung von Neukunden gestaltete sich schwieriger als geplant – das Profit-Center war zunächst unbekannt als Instandhaltungs-Dienstleister und ein effizienter Vertrieb fehlte und musste noch aufgebaut werden.

Auch die Verhandlungen mit dem Betriebsrat über eine Betriebsvereinbarung für ein wettbewerbsfähiges Profit-Center waren langwierig, da viele alte Besitzstände in Frage gestellt und aufgegeben werden mussten.

Aber ohne niedriges Gemeinkostenniveau, wettbewerbsfähige Stundensätze, leistungsbezogene Preisfindung, verursachergerechte Kostenzuordnung und ein kundenorientiertes Leistungsangebot kann ein Profit-Center nicht am Markt bestehen (siehe Abb. 4.8 und 4.9).

**Wettbewerbsfähige Stundensätze durch den differenzierten Verkauf von Dienstleistungen und Ersatzteilen innerhalb und außerhalb der Produktionstechnik.**

- Abrechnung von Dienstleistungen nicht mehr personenbezogen nach der Qualifikation des eingesetzten Mitarbeiters, sondern leistungsbezogen in Anlehnung an die tatsächlich erbrachte Leistung.
  - Verursachergerechte Kostenzuordnung von Dienstleistungen und Ersatzteilservice
-  Die Bevorratung von Ersatzteilen beschränkt sich auf geringwertige Verschleißteile. Teure maschinenspezifische Teile werden nur noch nach besonderer Absprache mit den Kunden gegen Kostenertattung im Bestand geführt.

**Das Profit-Center „Instandhaltung“ muss durch ein niedriges Gemeinkostenniveau und eine leistungsbezogene Preisfindung Dienstleistungen und Ersatzteilservice im Innen- wie auch im Außengeschäft wettbewerbsfähig anbieten können.**

**Abb. 4.8** Profit-Center Instandhaltung

- **Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung) von Maschinen und Anlagen**
- **Maschinenüberholungen und -umbauten**
- **Planung und Durchführung von Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen**
- **Einführung von produktiver Instandhaltung und TPM (Total Productive Maintenance)**
- **Planung und Instandsetzung von Anlagen der Energieversorgung**
- **Planung und Durchführung von Maschinen- und Anlagenverlagerungen**
- **Beratung bei der Einführung von DNC-Systemen sowie deren Wartung u. Instandsetzung**
- **Lieferung von Ersatz- und Verschleißteilen**
- **Ermittlung der Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen**
- **Schwachstellen und Schadensursachenanalyse, Erstellung Maschinenhistorie**
- **Verkauf und Vermittlung von Gebrauchtmaschinen**

**Abb. 4.9** Leistungsangebot

Schließlich war aber doch der Weg frei für ein Profit-Center Instandhaltung, das aber die Unternehmensleitung nicht als eigenständigen Dienstleistungsbereich, sondern wieder in die Produktionstechnik GmbH integrierte.

Durch vielseitige Maßnahmen zur Steigerung des Umsatzes mit externen Kunden (außerhalb des Unternehmens) wie z. B.

- Aufbau eines Vertriebes,
- Schulungsmaßnahmen der Mitarbeiter im Umgang mit Kunden,
- gezielte Werbemaßnahmen und Kundenakquisition,

konnte die Unabhängigkeit des Profit-Centers von Einflüssen verursacht durch die Produktionstechnik (Umsatz-Verluste, keine maschinenbauliche Kernkompetenz mehr, etc.) gestärkt werden.

Zu diesem Zeitpunkt hatten wir etwa 60 externe Kunden, für die ungefähr 10 Mitarbeiter von insgesamt 80 arbeiteten. Der größte Teil der Mitarbeiter war aber immer noch in den drei Standorten des Maschinenbau-Unternehmens beschäftigt.

Anfang 2000 stellte sich für das Profit-Center Instandhaltung aufgrund der sich dramatisch veränderten Rahmenbedingungen bei dem Hauptkunden Produktionstechnik (Aufgabe von Fertigungsbereichen, Verlagerung ins Ausland, etc.) die Frage über die weitere zukünftige Entwicklung. In einem Workshop des Profit-Centers wurden verschiedene Strategien und Alternativen diskutiert und bewertet. Letztlich entschieden sich das Profit-Center und die Unternehmensleitung für ein Outsourcing und die Suche nach einem geeigneten, leistungsfähigen Partner.

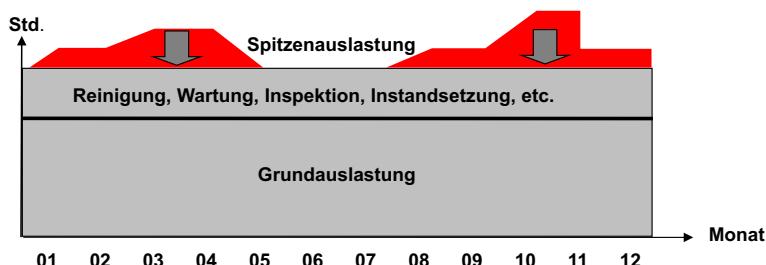
## 4.6 Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung – Gründe und Zielsetzung

Nach der Unternehmensstrategie gehörte die Instandhaltung (und später auch die Fertigung) nicht mehr zum Kerngeschäft. Der starke Wettbewerb und der damit verbundene dramatische Umsatzeinbruch zwangen den Hauptkunden Produktionstechnik des Maschinenbauunternehmens zu Personalabbau und einem konsequenten Kostenmanagement. Konjunkturelle Schwankungen führten zu erheblichen Über- und Unterauslastungen in der Produktion und in der Instandhaltung. Außerdem wurde die Fertigungstiefe durch Maschinen- und Anlagenabbau stark reduziert, so dass bei Störungen eine Ausweichfertigung nicht mehr möglich war. Die präventive inspektionsorientierte Instandhaltung wurde durch den Kostendruck weitestgehend eingeschränkt und fast nur noch Störungsbehebung durchgeführt. Der ungeplante Ausfall von Produktionsanlagen hatten eine geringe technische Verfügbarkeit und Produktivität zur Folge (siehe Abb. 4.10).

Die Unternehmensziele beim Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung waren aus den oben aufgeführten Gründen vorgegeben:

- Reduzierung der Instandhaltungskosten um 25 % in drei Jahren durch Optimierung der Prozesse, Synergieeffekte und Ermittlung von Einsparpotentialen.
- Verbesserung der Produktivität durch eine hohe technische Verfügbarkeit von 80–90 % (Maschinenpark war überaltert; im Durchschnitt älter als 15 Jahre) und eine kurze Reaktionszeit von 30 min.
- Umwandlung der Fixkosten in variable Kosten für Instandhaltungsleistungen.

- Der Bereich Instandhaltung gehört nicht zum Kerngeschäft des Unternehmens und der Produktionstechnik.
- Das Kerngeschäft des Unternehmens war in den vergangenen Jahren rückläufig. Der Mitarbeiterstamm wurde drastisch reduziert und Produktionsbereiche ins Ausland verlagert.
- Konjunkturelle Schwankungen im Kerngeschäft des Unternehmens führten zu saisonbedingten Über- und Unterauslastungen in der Produktion und der Instandhaltung.
- Die Reduzierung der Fertigung und der veränderte Produktionsprozess verursachten einen Mitarbeiterabbau auch in der Instandhaltung mit gleichzeitig erhöhter Flexibilität.
- Erhöhter Wettbewerbsdruck zwang zu einem konsequenten Kostenmanagement und zum Abbau von Fixkosten.



**Abb. 4.10** Gründe für das Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung

- Transparente Kostenabrechnung für jede Leistung, kein „Gießkannen-Prinzip“.
- Reduzierung des Personalrisikos (Entlassungen, Abfindungen, etc.) bei Unterauslastung.
- Langfristige Zusammenarbeit und Partnerschaft mit dem neuen Dienstleister.

---

## 4.7 Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung im Jahr 2001 – Prozessablauf

Es wurden zunächst 5 leistungsfähige und seriöse Dienstleister, die auch Instandhaltung als Kerngeschäft im Leistungsportfolio hatten, ausgewählt und mit den Übernahmeverhandlungen begonnen.

Alle Beteiligte an diesem Outsourcing-Prozess legten Wert auf eine offene und ehrliche Zusammenarbeit mit den potentiellen Partnern. Ihnen wurden alle Fakten, Kennzahlen und Rahmenbedingungen für eine wirtschaftliche Bewertung und Abschätzung des Übernahmerisikos zur Verfügung gestellt und erläutert. Zusätzliche Maßnahmen (Informationsveranstaltungen, Partner-Präsentationen, Besuche bei den Partnern, etc.) sicherten die Zustimmung der Mitarbeiter und des Betriebsrates ab. Im Laufe der Gespräche und Verhandlungen reduzierte sich die Anzahl der potentiellen Partner aus verschiedenen Gründen immer weiter, so dass sich das Profit-Center und die Unternehmensleitung etwa ab Mitte 2001 für die Piepenbrock Dienstleistungsgruppe als zukünftigen Eigentümer des Profit-Center Instandhaltung entschieden. Ab diesem Zeitpunkt wurden die Mitarbeiter und der Betriebsrat umfassend durch vertrauensbildende Maßnahmen in den Prozess eingebunden. Auf Informationsveranstaltungen wurden das Konzept, das Angebot und der Entwurf des Rahmenvertrages vom Unternehmen und Piepenbrock vorgestellt, diskutiert und bei Bedarf geändert. Nach Zustimmung der Mitarbeiter, des Betriebsrates und der Geschäftsleitung wurde der Übernahmevertrag unterzeichnet und ein übergreifendes Projektteam gebildet, das die weiteren organisatorischen und personellen Maßnahmen durchführte.

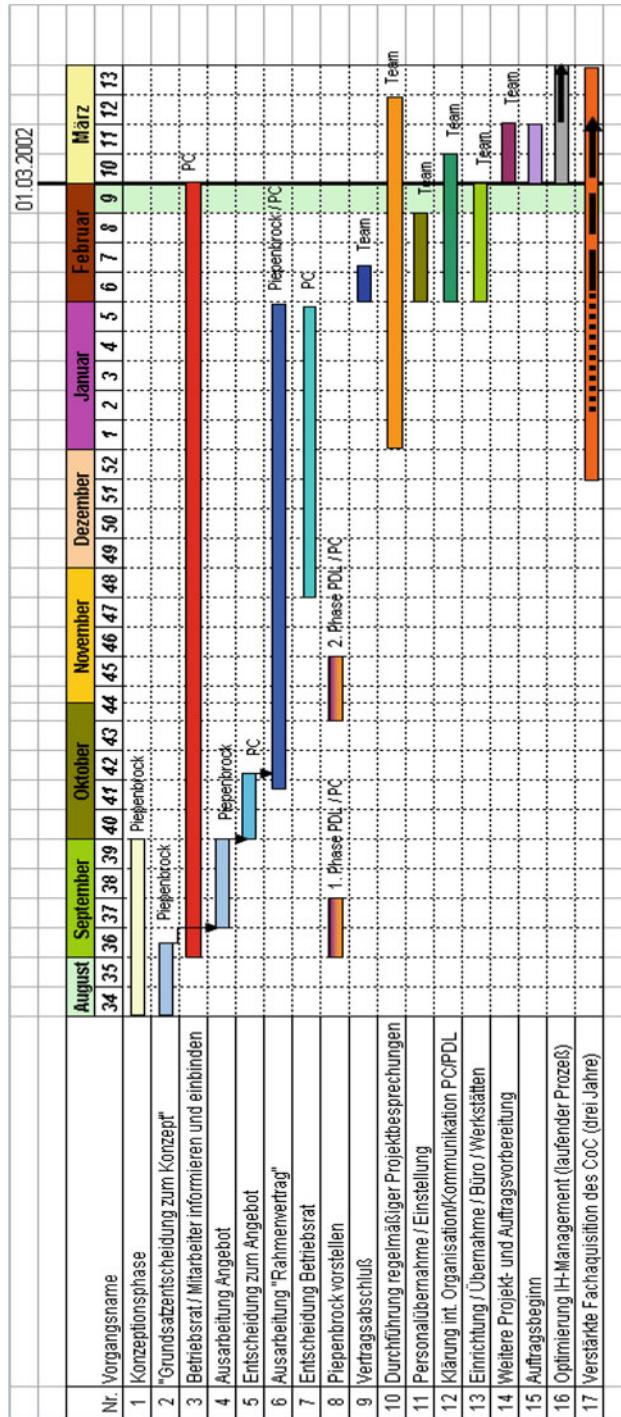
In einem EDV-Nutzungs- und Betreuungsvertrag mit unserem bisherigen Unternehmen wurde weiterhin die Nutzung des SAP-Moduls SM (Service Management) und der Zeitwirtschaft HR (Human Resources) vereinbart.

Diese Maßnahme verkürzte und vereinfachte den Outsourcing-Prozess erheblich.

Erst 2007 wurden das SAP-Modul SM und die Zeitwirtschaft HR ohne Zeitdruck von Piepenbrock übernommen und in deren EDV-System integriert.

Nach ca. 8 Monaten Planungs- und Überzeugungsarbeit konnte schließlich zum 01.03.2002 (vgl. Abb. 4.11) das Profit-Center Instandhaltung nach § 613a BGB zu Piepenbrock wechseln. Ergebnisse des Outsourcing waren:

- Alle Mitarbeiter inkl. der Auszubildenden wurden übernommen und die Stützpunkte in allen Werken blieben bestehen.
- Integration des Profit-Centers als eigenständige und fast autarke Niederlassung in die Piepenbrock Instandhaltung.



**Abb. 4.11** Veränderungsprozess – Ablauf und Meilensteine beim Outsourcing

- In einem Rahmendienstleistungsvertrag waren die Leistungskonditionen, die Übernahme der Ersatzteil- und Materiallager, die Mietverträge für die Werkstätten sowie der EDV-Leistungsvertrag, etc. mit dem Betreiber vereinbart worden.
- Ein zusätzlicher Übernahmevertrag, an den ein Sozialplan gekoppelt war, garantierte für drei Jahre eine sich reduzierende Grundauslastung der neuen Niederlassung.

---

## 4.8 Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung – Bewertung

Die Instandhaltung organisierte sich, wie zuvor berichtet, nach den Erfordernissen und Vorgaben der sich ständig ändernden Unternehmens- und Produktionsziele und erlebte dabei meist nur Tiefen und selten Höhen. Heute ist die Instandhaltung das Kerngeschäft der Niederlassung und nicht wie früher nur ein geduldeter und nicht geförderter Dienstleistungsbereich.

Durch das Outsourcing des Profit-Centers war die Sicherung der Arbeitsplätze in der Instandhaltung überhaupt erst möglich, da in der Zwischenzeit die Produktionstechnik aufgelöst und die Fertigung weiter reduziert worden war.

Der Strategiewechsel im Unternehmen und der Outsourcing-Prozess mit Implementierung bei der Piepenbrock Unternehmensgruppe erforderten einen Zeitrahmen von ca. 1,5 Jahren.

Nicht zu unterschätzen ist der schwierige Veränderungsprozess von einer produktionsintegrierten Instandhaltung zu einem wettbewerbsfähigen Dienstleister. Die Ausrichtung der Mitarbeiter auf eine neue Kundenorientierung, der Kampf um alte Besitzstände, die wiederholten Diskussionen mit dem Betriebsrat, die langwierigen Verhandlungen über eine dienstleistergerechte Betriebsvereinbarung, die einzelvertragliche Zustimmung der Mitarbeiter, etc. kosteten viel Kraft, Überzeugungsarbeit und ließen manchmal verzweifeln. Trotzdem haben sich der Aufwand und die Mühe gelohnt – wir haben heute eine dienstleistergerechte Betriebsvereinbarung mit wettbewerbsfähigen Konditionen. Die Mitarbeiter werden leistungsorientiert entlohnt und über Prämien am Betriebsergebnis beteiligt. Die Niederlassung ist heute an mehreren Standorten als qualifizierter Dienstleister mit einem Instandhaltungsvollservice in den Unternehmen integriert. Außerdem hat sie viele regionale Kunden, die eine kontinuierliche Auslastung garantieren. Durch die Übernahme von zusätzlichen Dienstleistungen aus dem Bereich des Facility Managements und dem technischen Gebäudemanagement wurde ab 2005 das Dienstleistungsangebot für die Industrieparks mit etwa 20 größeren Fremdfirmen erweitert.

---

## 4.9 Zusammenarbeit mit den Betreibern – Bewertung aus Sicht der outgesourcten Niederlassung

Das Profit-Center Instandhaltung und die damalige Unternehmensführung planten und gestalteten den Outsourcing-Prozess gemeinsam. Die Zielsetzung war dabei, eine part-

nerschaftliche und langfristige Zusammenarbeit mit einem leistungsfähigen Dienstleister einzugehen, zu beiderseitigem Nutzen. Diese partnerschaftliche Strategie zeigte sich auch bei der Gestaltung des Übernahme- und Rahmendienstleistungsvertrages:

- Die Standorte und das organisatorische Umfeld blieben auch nach Übergang in die Piepenbrock Instandhaltung weitestgehend erhalten.
- Die Führung und die Mitarbeiter des Profit-Centers wechselten gemeinsam aus dem bisherigen Unternehmen.
- Die Betreiber garantierten für 3 Jahre eine sich reduzierende Grundauslastung der Niederlassung.

Auf der anderen Seite bestanden die Betreiber auf einer konsequenten Einhaltung der abgeschlossenen Verträge:

- permanente Verfolgung der Reduzierung der Instandhaltungskosten um 25 % sowie
- Steigerung der technischen Verfügbarkeit auf 80–90 % (je nach Anlagenkonfiguration).
- Instandhaltungs-Vollservice und „Dienstleistungen aus einer Hand“ mit nur einem Ansprechpartner.
- Lückenlose Dokumentation aller Instandhaltungsmaßnahmen über Service-Aufträge, Maschinenhistorie, Schwachstellen- und Schadensursachenanalyse, Instandhaltungskosten pro Equipment, technische Ausfallzeiten und Reaktionszeiten bei Störungen (vgl. VDI 2893 2006).
- Transparente Zuordnung von Instandhaltungskosten und -leistungen durch eine auftragsbezogene, variable Leistungsabrechnung.
- Einhaltung der inspektions- und zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie.

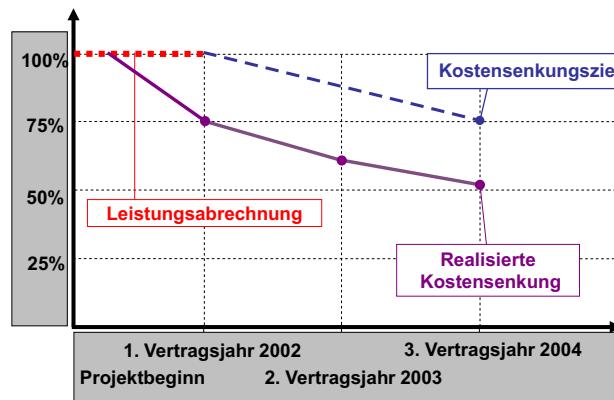
Durch wöchentliche und später monatliche Besprechungen mit den Betreibern wurde der Stand und die Einhaltung der Vorgaben überprüft, aufgetretene Probleme und Schwachstellen offen diskutiert und wenn nötig Gegenmaßnahmen ergriffen. Im Ergebnis konnten über mehrere Jahre die angestrebten Kostensenkungsziele erreicht werden (vgl. Abb. 4.12).

Als Basis für diese Besprechungen dienten standardisierte und angepasste Auswertungen aus SAP-SM, wie z. B.:

- Instandhaltungskosten pro Equipment, verdichtet auf Projekt, Abteilung, Werk, etc.
- Technische Ausfallzeiten und Reaktionszeiten aus den Service-Aufträgen (vgl. VDI 3423 2011).
- Maschinen- und Anlagenhistorie und deren Auswertung hinsichtlich Schwachstellen- und Schadensursachen.

Bei diesen Besprechungen und im täglichen Umgang mit den Betreibern traten in der Anfangszeit häufig Probleme auf – es fehlte ein professionelles Kundenbeziehungs-

Durch „Dienstleistungen aus einer Hand“ sind für die Betreiber Synergieeffekte wirksam geworden, die mittel- und langfristig zu Kosteneinsparungen geführt haben, die Produktqualität sicherten und die techn. Verfügbarkeit der Anlagen und Maschinen gewährleisteten. Das Kostensenkungsziel betrug 25% bis zum 3. Vertragsjahr und wurde weit überschritten.



**Abb. 4.12** Kostensenkungsziel beim Outsourcing des Profit-Centers Instandhaltung

Management. Aus den ehemaligen Kollegen waren jetzt Kunden geworden, die Leistungen konsequent einforderten, Schwachstellen aufzeigten und Kritik übten. Das war ungewohnt und bereitete vielen Mitarbeitern Schwierigkeiten. Durch Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit Kunden konnte ein Umdenken erzielt und eine professionelle Kunden-/Dienstleister-Beziehung aufgebaut werden.

Schwierig ist es ebenso, die Balance zwischen den berechtigten oder auch unberechtigten Forderungen der Betreiber hinsichtlich kostenloser Garantie- und Kulanzmaßnahmen und der Einhaltung der eigenen Kosten zu finden.

Festgeschriebene Incentive-Systeme der Betreiber für besondere Leistungen des Dienstleisters gibt es nicht, sondern nur eine sehr subjektive und individuelle Regelung. Ein vertraglich fixiertes Bonus-Malus-System wäre sicherlich für beide Seiten besser und transparenter gewesen.

Ein weiteres Problem ist die Delegation der Betreiber-Verantwortung auf uns als Dienstleister bei dem komplexen Thema der Arbeitssicherheit. In einer Verfahrensanweisung und in einer gemeinsam entwickelten Sicherheits-Checkliste wurde die Übergabe und Übernahme von Maschinen und Anlagen der Betreiber durch benannte „Koordinatoren“ und „Auftragsleiter“ geregelt und alle Beteiligten darin geschult. Je nach Höhe des Gefährdungspotentials wird eine mündliche oder schriftliche Unterweisung durchgeführt, die auf den Service-Aufträgen mit Unterschriften von beiden Seiten dokumentiert werden muss. Instandhaltungsarbeiten in besonders gefährdeten Bereichen setzt eine „Arbeitserlaubnis“ der Betreiber voraus, in der die Sicherheitsauflagen und die Rahmenbedingungen festgelegt sind. Die Ergebnisse der Überprüfung von prüfpflichtigen Betriebsmitteln und Anlagen, nach den Unfallverhütungsvorschriften (UVV), VDE- und

sonstigen Vorschriften, muss umfassend dokumentiert und die Mängelbeseitigung mit den Betreibern abgestimmt werden.

Die Arbeits- und Betriebssicherheit sind auch Schwerpunkte bei der Zertifizierung der Niederlassung nach DIN ISO 9001:2000. Insbesondere die Ernennung unserer Service-techniker zu „Auftragsleitern“, die für die Übernahme, das Abschalten und Sichern sowie die Übergabe von Maschinen und Anlagen an die Kunden verantwortlich sind und die eine Abschätzung des Gefährdungspotenzials durchführen müssen, sind immer Gegenstand einer intensiven Prüfung. Voraussetzung für die Ernennung sind umfassende Einarbeitungspläne, eine ständig weitergehende Schulung und Qualifikation der Mitarbeiter sowie eine konsequente Unterweisung bei Arbeitsantritt, auf Baustellen, bei Auftragsänderung, im Umgang mit Gefahrstoffen, etc. und die wiederkehrenden jährlichen Unterweisungen aller Mitarbeiter.

Die Zertifizierung erfolgt nicht mehr wie früher relativ einfach im Rahmen der Produktionsprozesse, sondern jetzt, bedingt durch die eigenständige Instandhaltungs-Niederlassung, erheblich aufwändiger und umfangreicher. Das Ziel ist jetzt der Nachweis eines aktiven Umgangs mit dem Qualitätsmanagement-System in der Instandhaltungs-Organisation. Geprüft werden besonders:

- das Auftragsmanagement,
- die Serviceabwicklung inkl. der Kunden-Reklamationsbearbeitung und der Feedback-Gespräche,
- der ständige Verbesserungsprozess (KVP) anhand von Managementplänen, dem Vorschlagswesen und Protokollen zu Zielvereinbarungen
- sowie die Dokumentation der Prozesse.

---

## 4.10 Zukünftige Weiterentwicklung der strategischen Partnerschaft

Beim Kauf von neuen Maschinen und Anlagen durch die Betreiber erfolgt nur selten eine Einbindung bei der Beschaffung oder eine spezielle Schulung unserer Mitarbeiter. Besser wäre eine frühzeitige Einbindung, um das Anlagenbewusstsein, die Qualifikation und das Maschinen-Know-How unserer Mitarbeiter zu erhöhen. Dies ist eine gemeinsame Aufgabe für die nähere Zukunft und wird die Zusammenarbeit weiter verbessern.

Wir haben bisher den Betreibern eine gezielte zustandsorientierte Instandhaltung – *Condition Based Maintenance (CBM)* – basierend auf der Inspektion von Maschinen und der Früherkennung von Schwachstellen und kritischer Betriebszustände angeboten. Durch den langfristigen Einsatz unseres IPS-Systems SAP-SM, bei dem die Historie von Anlagen anhand einer Schwachstellen- und Schadensursachen-Analyse ausgewertet werden kann, ist jetzt eine wissensbasierte Instandhaltung möglich. Diese Kombination von „Wissen“ aus der Historie und der langjährigen betrieblichen Erfahrung bieten den Betreibern zusätzliche Einsparpotentiale in der weiteren strategischen Partnerschaft.

Auch die Erweiterung des Dienstleistungsangebotes wurde von den Betreibern gefordert, da sich die Standorte zu Industrieparks mit vielen Fremdfirmen entwickelt haben.

Dienstleistungen aus dem Bereich Facility Management, wie Gebäudeleittechnik, Klima- und Lüftungstechnik, Energieversorgung, etc. wurden von der Niederlassung übernommen und heute als eigenständiger Geschäftsbereich „Technisches Gebäudemanagement“, in dem auch die Gebäude- und Industriereinigung integriert ist, geführt.

Die Piepenbrock Instandhaltung bietet heute ein umfassendes Dienstleistungspaket an, das alle Kundenwünsche abdecken kann. Sie hat sich zu einem kompetenten Servicepartner entwickelt, der mit einer „ProAktiven Instandhaltung“ dafür sorgt, dass durch ein effizientes Instandhaltungskonzept das Schadensrisiko an Maschinen und Anlagen minimiert wird. Mit insgesamt fünf Instandhaltungszentren und über 20 Stützpunkten bundesweit ist die Piepenbrock Instandhaltung in Deutschland tätig.

---

## Literatur

- Masaaki, I. (1994): Kaizen – Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb. 4. Auflage, Ullstein, Frankfurt/M.
- Nakajima, S. (1988): Introduction to TPM – Total Productive Maintenance. Productivity Press, Cambridge MA
- VDI-Richtlinie 2893 (2006-05): Auswahl und Bildung von Kennzahlen für die Instandhaltung. Beuth Verlag, Berlin
- VDI-Richtlinie 2895 (2012-12): Organisation der Instandhaltung – Instandhalten als Unternehmensaufgabe. Beuth Verlag, Berlin
- VDI-Richtlinie 3423 (2011-08): Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen – Begriffe, Zeiterfassung und Berechnung. Beuth Verlag, Berlin



# Instandhaltung und Asset Management

5

Lennart Brumby

## Zusammenfassung

Asset Management ist heute untrennbar mit der Instandhaltung verbunden. Der Wandel des Instandhalters zum Asset Manager ist in vielen Unternehmen bereits vollzogen worden. Der Beitrag beschreibt die aktuellen Normen zum Asset Management, insbesondere die ISO 55000-Familie und die DIN EN 16646 zur Rolle der Instandhaltung im Asset Management. Für die Zusammenarbeit aller Beteiligten im Anlagenlebenszyklus stellen Asset-Informationssysteme eine wichtige Grundlage dar. Der Beitrag zeigt wichtige Aspekte solcher Systeme auf und veranschaulicht, warum der Ansatz der digitalen Lebenslaufakte eine erfolgsversprechende Lösung für Asset-Informationssysteme sein kann. In Anlehnung an das ganzheitliche TPM-Konzept wird eine Vision des „Total Asset Management“ aufgezeigt, die über den gesamten Anlagenlebenszyklus die wesentlichen Management-Aspekte und Schlüsselressourcen beschreibt. Abschließend wird dargelegt, warum Asset Management als organisatorische Grundlage für Industrie 4.0 dienen wird.

## 5.1 Instandhaltung als Teil des Plant Asset Managements

Die Instandhaltung eines Produktionsunternehmens wurde lange Zeit nur als Kostenfaktor angesehen. Der Instandhaltungsleiter sollte im Rahmen seiner Möglichkeiten die erforderlichen Instandhaltungskosten minimieren, die Einhaltung des Instandhaltungsbudgets war seine oberste Zielsetzung. In den letzten Jahren wandelte sich dieses Bild der Instandhaltung als Kostentreiber. Zunehmend wird sie als zentraler Bestandteil des Life Cycle

---

L. Brumby (✉)

Service-Ingenieurwesen, Duale Hochschule Baden-Württemberg

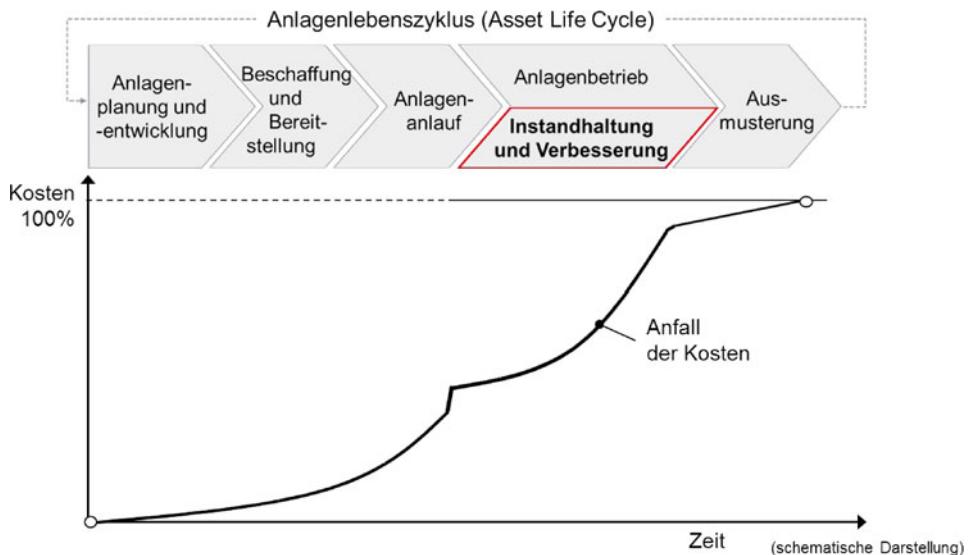
Coblitzallee 1-9, 68163 Mannheim, Deutschland

E-Mail: Lennart.Brumby@dhw-mannheim.de

Managements einer Anlage verstanden, teilweise spricht man sogar von der Instandhaltung als Wettbewerbsfaktor für das Unternehmen.

Im Zusammenhang mit diesem veränderten Verständnis für das Life Cycle Management einer Produktionsanlage wird in der Industrie verstärkt der Begriff des Asset Management verwendet. Was mit diesem Begriff zu verstehen ist, kann in hohem Maße von der jeweiligen Branche abhängen. Internationale Normen wie die ISO 55000 definieren *Asset Management* als „... koordinierte Tätigkeiten einer Organisation mit dem Ziel der Wertschöpfung mit Anlagen“ (ISO 55000:2014). Zu beachten ist aber auch, dass der Begriff Asset Management gleichzeitig in der Finanzwelt weit verbreitet ist, wo er synonym zur Vermögensverwaltung verwendet wird. Auch hier geht es letztlich um die Wertschöpfung mit bzw. durch (Vermögens-)Anlagen. Für die Abgrenzung zur Finanzwelt wird daher in der Industrie gerne von *Plant Asset Management* gesprochen, insbesondere in der Prozessindustrie. Der Begriffszusatz „*Plant*“ verdeutlicht dabei die Betrachtung technischer Betriebsmittel, die dem unmittelbaren Produktionsprozess zuge-rechnet werden können.

Im Fokus eines solchen Asset Managements steht der Lebenszyklus der Produktionsanlagen, mit deren optimalen Management die jeweiligen Geschäftsziele nachhaltig erreicht werden sollen. Der Lebenszyklus einer Produktionsanlage kann dabei typischerweise in die Phasen der Anlagenplanung und -entwicklung, der Beschaffung und Bereitstellung, dem Anlagenanlauf sowie dem eigentlichen Anlagenbetrieb mit der zeitgleich verlaufenden Instandhaltung sowie Verbesserung der Anlage bis hin zur Ausmusterung unterteilt werden (siehe Abb. 5.1). In allen Phasen dieses Anlagenlebenszyklusses entstehen für das Unternehmen Kosten, die aufsummiert als Lebenszykluskosten (Life cycle cost) bezeich-



**Abb. 5.1** Der Asset Life Cycle – Kostenfestlegung und Kostenbeeinflussung

net werden (vergleiche hierzu Kap. 6). Dabei sind die Kosten während des Betriebs und der Instandhaltung einer Anlage in der Regel um ein Vielfaches höher als die Kosten für die zeitlich davorliegende Entwicklung und Beschaffung (Investitionssumme). Somit lässt sich auch erklären, warum der Instandhaltungsleiter in der Betriebsphase ein besonderes Augenmerk auf die Kostenreduzierung legen soll. Allerdings sind ein Großteil der Kosten im Rahmen der Betriebsphase kaum noch beeinflussbar, da beispielsweise durch vorgegebene Ersatzteile, konstruktiv bedingte Demontageaufwendungen oder einzuhaltende Wartungsintervalle der Entscheidungsspielraum des Instandhalters bereits stark eingeschränkt ist. Und dies ist letztlich das große Dilemma der Instandhaltung beim Versuch der Kostenoptimierung: Während in der Betriebsphase der Großteil der Lebenszykluskosten anfallen, sind die verursachenden Effekte dieser Kosten in den frühen Phasen der Anlagenplanung, -entwicklung und -beschaffung bereits festgelegt worden und können dann häufig nicht mehr oder nur noch mühsam verändert werden.

Für eine Optimierung der Lebenszykluskosten einer Produktionsanlage darf sich die Instandhaltung daher nicht nur auf Maßnahmen beschränken, die nach der Installation, also mit Beginn der Betriebsphase ergriffen werden. Im Sinne eines ganzheitlichen Asset Managements muss sie alle Phasen des Anlagenlebenszyklusses aktiv begleiten, der Instandhalter wird dabei zum *Asset Manager*.

Die Aufgaben eines Instandhalters – oder besser Asset Managers – in den einzelnen Lebenszyklusphasen sind sehr vielfältig, dementsprechend erweitert sich auch sein Aufgabenprofil. Beispielhaft genannt werden können:

- Das Mitwirken bei der instandhaltungsgerechten Anlagenkonstruktion, indem zum Beispiel auf die Verwendung von standardisierten Komponenten (Variantenminimierung) und auf eine leichte Demontierbarkeit der einzelnen Bauteile geachtet wird;
- Das Festlegen der TCO-Kriterien und -Anforderungen (Total Cost of Ownership) für die Beschaffung neuer Produktionsanlagen, um im Rahmen der Auftragsvergabe alle anfallenden Kosten fundiert abschätzen zu können;
- Das genaue Definieren der benötigten Serviceleistungen, die vom Anlagenhersteller bezogen werden sollen, insbesondere in Abstimmung mit den eigenen Instandhaltungsleistungen und den Leistungen der Instandhaltungsdienstleister;
- Das Reduzieren der Anlaufzeit einer neuen Produktionsanlage durch eine bereichs- und unternehmenübergreifende Koordination zwischen Einkauf, Lieferant, Produktion und Instandhaltung;
- Das Schulen der Anlagenbediener, damit diese ein technisches Verständnis für „ihre“ Anlage bekommen und so einfache Wartungs- und Inspektionstätigkeiten eigenständig durchführen können (autonome Instandhaltung);
- Das regelmäßige Anpassen der jeweiligen Instandhaltungsstrategie gemäß den sich wandelnden Rahmenbedingungen wie z. B. der konjunkturellen Entwicklung, den jeweils aktuellen Verfügbarkeitsanforderungen oder neuer Diagnosetechniken;
- Im Rahmen der Ausmusterung von Altanlagen das systematische Rückgewinnen von Komponenten und Ersatzteilen, die gegebenenfalls aufbereitet in Neuanlagen wieder verwendet werden können.

Wie diese Beispiele zeigen, nimmt die Instandhaltung in einem derartigen Asset Management-System eine Schlüsselrolle wahr. Dies wird auch durch eine europäische Studie der European Federation of National Maintenance Societies (EFNMS) belegt, in der Industrieunternehmen aus 24 europäischen Staaten Auskunft über ihr Asset Management gegeben haben (EFNMS Asset Management Survey 2011). Die Studie zeigt, dass die Instandhaltung oftmals bereits in der Planungs- und Entwicklungsphase für neue Produktionsanlagen mit eingebunden wird. Die Lebenszykluskosten sind in diesen Unternehmen ein wesentliches Kriterium in den Investitionsentscheidungen. Nicht selten liegt auch die finanzielle Verantwortung für das Asset Management in den befragten Unternehmen bei der Instandhaltung. Dass die Ergebnisse dieser europäischen Studie auch für Deutschland repräsentativ sind, hat eine daran angelehnte deutsche Studie der Dualen Hochschule Baden-Württemberg DHBW Mannheim belegen können (Hibner 2013).

---

## 5.2 Normen und Standards zum Asset Management

Die wachsende Bedeutung eines ganzheitlichen Asset Managements spiegelt sich auch in den aktuellen internationalen Normungsaktivitäten wider. So hat die British Standards Institution (BSI) bereits vor einigen Jahren eine Publicly Available Specification (PAS) herausgegeben, in der unterschiedliche Aspekte eines systematischen *Asset Managements* von der Life Cycle-Strategie bis zur täglichen Instandhaltung erläutert werden (PAS 55-1 2008). Diese PAS 55 bildete auch die Grundlage für die bereits erwähnte ISO 55000. Mit dem Management-Standard ISO 55000 werden das Konzept des Asset Managements dargestellt und Begrifflichkeiten geklärt. In einer weiteren ISO-Standards 55001 werden ergänzend dazu Anforderungen an ein entsprechendes Management-System für Produktionsanlagen definiert, ähnlich wie dies bereits zum Qualitätsmanagement von der ISO 9000 ff. bekannt ist. Unter einem *Asset Management System* sind dabei die verschiedenen zusammenwirkenden Elemente und Teilbereiche eines Unternehmens zur nachhaltigen Zielerreichung des Asset Managements zu verstehen. Als Asset Management wiederum versteht die ISO-Standard 55001 das optimale Management des Lebenszyklus von Assets, um die angegebenen Geschäftsziele nachhaltig zu erreichen. Und ein Asset wird schließlich als ein Objekt bezeichnet, das einen potenziellen oder tatsächlichen Wert für eine Organisation hat. Beispiele für Assets sind Komponenten, Maschinen, Werke, Fabrikanlagen und Gebäude (DIN EN 16646:2015).

Der in dem neuen Management-Standard ISO 55000 beschriebene Ansatz des Asset Managements ist also ein Schlüsselfaktor, um ein optimales Management des Lebenszyklus von Produktionsanlagen eines Unternehmens mit dem Ziel der nachhaltigen Wertschöpfung realisieren zu können. Die Normenreihe ISO 55000 ff. ist dabei wie andere bekannte Management-Standards der ISO 9000 zum Qualitätsmanagement oder ISO 14000 zum Umweltmanagement aufgebaut und beschreibt in der ISO 55001 sieben wesentliche Elemente eines Asset Management-Systems:

- Zusammenhänge der Unternehmensorganisation und Einflüsse
- Führung, Vorgaben, Strategie und Verantwortung
- Planung, Planungssicherheit durch Risiko-Management
- Unterstützungsfaktoren wie Ressourcen, Kompetenzen, Kommunikation, Dokumentation etc.
- Durchführung von operativen Tätigkeiten
- Leistungsmessung des Asset Management Systems
- Verbesserung

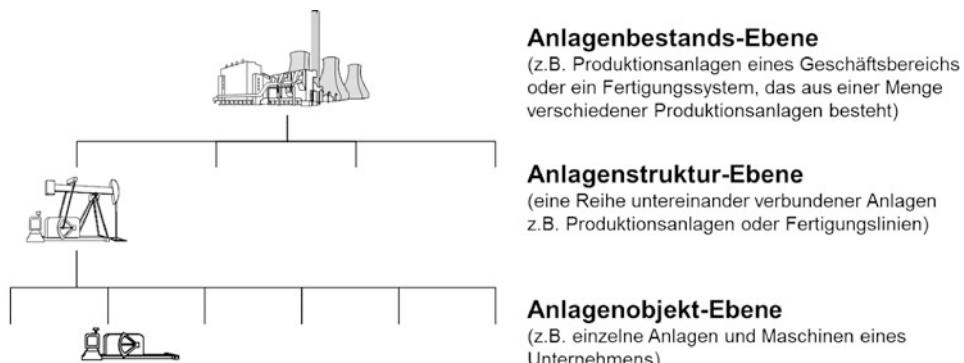
Mit der ergänzenden Norm ISO 55002 wird zusätzlich noch ein Leitfaden für solches Asset Management System präsentiert.

Dieses umfassende Aufgabenspektrum des Asset Management kann natürlich nicht vollständig von nur einem Funktionsbereich eines Unternehmens wie der Instandhaltung wahrgenommen werden. So wird beispielsweise die erforderliche Spezialisierung in der Anlagenplanung und -entwicklung auch weiterhin Bestand habe. Eine Instandhaltung wird oftmals schon wegen ihrer begrenzten Ressourcen und Kompetenzen keine neuen Anlagen entwickeln können. Es geht im Asset Management vielmehr darum, die jeweiligen Beiträge und Zusammenarbeit der Instandhaltung zu den anderen beteiligten Abteilungen und Bereichen im Rahmen des Anlagenlebenszyklusses systematisch zu gestalten. Aus diesem Grund wurde ergänzend zur ISO 55000 eine europäische Normung DIN EN 16646 „Maintenance within asset management“, also zur Rolle der Instandhaltung innerhalb des Asset Management, erstellt. In Abgrenzung zur ISO 55000 ist die DIN EN 16646 jedoch nicht für die Anwendung bei Zertifizierungen oder für regulatorische oder vertragsrechtliche Zwecke vorgesehen. Die DIN EN 16646 ergänzt vielmehr und konkretisiert die ISO 55000 ff. aus Sicht der Instandhaltung durch praktische Leitlinien und Empfehlungen für die Gestaltung der Instandhaltung im Rahmen eines Asset Managements.

Um nicht zuletzt die Bedeutung der Instandhaltung zu unterstreichen, zeigt die DIN EN 16646 anschaulich den Zusammenhang zwischen der strategischen Unternehmensplanung und dem Instandhaltungsmanagement auf und gibt die Wechselwirkungen zwischen dem Instandhaltungsprozess und allen weiteren Prozessen des Asset Managements wider. Zudem werden die notwendigen Informationsflüsse zwischen der Instandhaltung und anderen Unternehmensbereichen im Sinne des Asset Management umfassend beschrieben werden (DIN EN 16646:2015).

Ein wichtiger Aspekt des Asset Managements, den die DIN EN 16646 explizit aufgreift, ist die Betonung und Differenzierung, dass ein Asset Management auf drei unterschiedlichen Ebenen mit unterschiedlichen Rollen und Aufgaben für die Instandhaltung stattfindet (siehe Abb. 5.2).

Auf der Ebene der einzelnen Anlagen und Maschinen eines Unternehmens, der so genannten *Anlagenobjekt-Ebene*, sind die Tätigkeiten des Asset Managements sehr stark auf die Instandhaltung ausgerichtet. Die DIN EN 16646 listet hierzu detailliert die Aufgaben und Prozessen an der eigentlichen Produktionsanlage auf und betont die aktive,



**Asset Management findet auf allen drei Hierarchie-Ebenen mit unterschiedlichen Rollen und Aufgaben für die Instandhaltung statt.**

**Abb. 5.2** Hierarchie-Ebenen des Asset Managements: Anlagenbestand – Anlagenstruktur – Anlagenobjekte

systematische und geplante Mitwirkung der Instandhaltung dabei. Aber nicht die Betrachtung des einzelnen Anlagenobjekts, sondern auch das systematische Management von untereinander verbundener Produktionsanlagen oder Fertigungslinien auf der so genannten *Anlagenstruktur-Ebene* wird in der DIN EN 16646 beschrieben. Auch hierzu werden die Rolle und Aufgaben der Instandhaltung in diesen Prozessen dargestellt und ihre Bedeutung insbesondere in den frühen Phasen des Asset Managements der Anlagenstrukturbene betont. Und schließlich legt die DIN EN 16646 dar, wie ein Asset Management auf der *Anlagenbestands-Ebene* mit allen Produktionsanlagen eines gesamten Unternehmens funktionieren sollte. So fordert dieser Standard auf dieser Ebene u. a. die Entwicklung des unternehmensweiten Instandhaltungsmanagementsystems auf der Grundlage einer gründlichen Analyse des Geschäftsumfeldes, des technologischen Umfeldes und der Merkmale des Unternehmens.

Die oben genannten Normen versuchen, die Anforderungen und Zusammenhänge eines Asset Managements für alle Branchen gleichermaßen und umfassend zu beschreiben. Allerdings herrscht in den unterschiedlichen Branchen eine verwirrende Vielfalt von spezifischen Vorstellungen zum Asset Management, so dass die allgemeinen Beschreibungen der ISO 55000 ff. wie auch der DIN EN 16646 für die konkrete Anwendung oftmals nur eingeschränkt hilfreich sind.

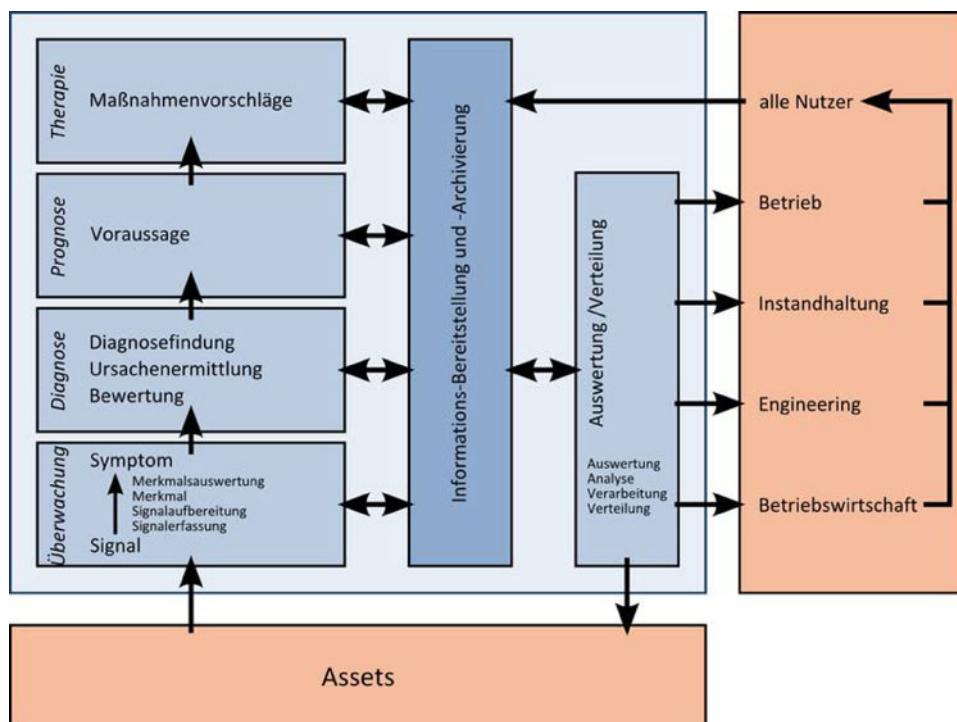
Für die Prozessindustrie wurde daher vom VDI/VDE in Kooperation mit der NAMUR die VDI-Richtlinie 2651 „Plant Asset Management (PAM) in der Prozessindustrie“ erarbeitet, die eine Grundlage der einheitlichen Betrachtungsweise der verschiedenen Aspekte des Asset Managements in der Prozessindustrie bilden soll. Neben einem Modell des Plant Asset Management werden sehr konkrete Hilfen und Werkzeuge zur Anwendung des Modells darin angeboten (VDI 2651 2015). Im Gegensatz zu den oben genannten Normen werden in der VDI 2651 nur technische Betriebsmittel (Assets) betrachtet, die dem un-

mittelbaren Produktionsprozess zugerechnet werden können. Zudem beschränkt sich die Betrachtung lediglich auf die Betriebsphase im Lebenszyklus der Produktionsanlage in der Prozessindustrie.

Abb. 5.3 illustriert die logischen und funktionalen Aspekte des Plant Asset Management nach VDI 2651. Die Hauptaspekte sind im Wesentlichen die drei Felder: Informationserstellung, Informationsaufarbeitung und Informationsverteilung.

Für den Aspekt der *Informationserstellung* werden zunächst die von und über Assets vorhandene Information erzeugt. Um jedoch für den Anlagenzustand sinnvolle Aussagen treffen zu können, müssen aus den Zustandsinformationen weiterhin Prognose- und Therapieinformationen erzeugt werden. Das zweite zentrale Element des Plant Asset Management ist die *Informationsaufbereitung*. Dabei kann erst durch die intelligente Zusammenführung verschiedenster Information aus mehreren Bereichen eine sinnvolle Bewertung des Anlagenzustands erfolgen. Der dritte Aspekt betrifft die *Informationsverteilung* für die verschiedener Nutzer. Es ist inzwischen unstrittig, dass Asset-Informationen für verschiedene Nutzer ganz unterschiedlich aussehen können (Horch 2009).

Für die beschriebenen drei Hauptaspekte des Plant Asset Management sind die wichtigsten Aufgaben in Tab. 5.1 dargestellt.



**Abb. 5.3** Funktionales und logisches Schema zur Darstellung der Kernaufgaben von Plant Asset Management. (VDI 2651)

**Tab. 5.1** Kernaufgaben des Plant Asset Management

Zustandsbewertung von Assets	Bereitstellung und Archivierung	Interaktion mit Anwender
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Signalüberwachung und Asset-Meldungen</li> <li>– Funktionsprüfung</li> <li>– Condition Monitoring</li> <li>– Performance Monitoring</li> <li>– Verhaltensprognose und Nutzungsvorrat</li> <li>– Therapievorschlag/ IH-Anforderung</li> <li>– Performance Optimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stammdaten und Dokumentenmanagement</li> <li>– Asset-Historie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kalibrierung und Eichung</li> <li>– Konfiguration und Parametrierung</li> <li>– Asset-Alarne und Asset-Meldungen</li> <li>– Betriebsbewährung</li> <li>– Betriebswirtschaftliche Kennwerte</li> </ul>

Die Kenntnis und Prognose der Asset-Zustandsdaten stellt den Hauptteil der Kernaufgaben. Dies unterstreicht die Bedeutung dieser Information. Im zweiten Block (Bereitstellung und Archivierung) werden die gesamten Informationen zusammengeführt und in geeigneter Weise verknüpft, um die verschiedenen Nutzer sinnvoll zu unterstützen. Für viele Assets gibt es bereits umfassende Wege zur Ermittlung der Asset-Zustandsdaten, sei es auf automatisiertem Weg oder in Form von personengestützter Inspektion. Die Herausforderung liegt in der Zusammenführung dieser komplexen und heterogenen Informationen. Aus dem Wert dieser Informationen und ihrer Nutzung wird sich dann erst der zu erwartende Nutzen der jeweiligen Kernaufgabe ergeben (Horch 2009).

---

### 5.3 Digitale Lebenslaufakte einer Anlage als Basis für Asset-Informationssysteme

Im gesamten Lebenszyklus einer Anlage, von der Planung bis zum Betrieb und Instandhaltung, resultieren auch heute noch viele Probleme in der Praxis aus der ineffizienten Abstimmung zwischen den einzelnen beteiligten Unternehmensbereichen und der mangelnden Unterstützung durch bereichsübergreifende Informationssysteme. Hinzu kommt, dass mit der zunehmenden Konzentration auf Kernkompetenzen und der daraus resultierenden Leistungsvergabe in der Industrie die Zahl der beteiligten Unternehmen in den Lebensphasen einer technischen Anlage stetig zunimmt. Zu jeder Lebensphase gibt es heute eine Vielzahl unterschiedlicher anlagenbezogener Dienstleistungen von unterschiedlichen Unternehmen. Die erfolgreiche Zusammenarbeit dieser Unternehmen hängt dabei oftmals von dem intensiven Austausch der anlagenbezogenen Daten und Informationen ab, die in der jeweiligen Phase erzeugt bzw. ermittelt werden. Gleichzeitig ist der jeweilige Betreiber der Anlage gesetzlich verpflichtet, eine umfassende Dokumentation zur Anlage zu pflegen.

Solche anlagenbezogenen Daten und Informationen und deren optimale Verarbeitung und Kommunikation haben demnach eine hohe strategische Bedeutung im Asset Management. Sie entstehen in allen Phasen des Anlagenlebenszyklus und werden heute in ver-

schiedenen Medien (z. B. Papier als technische Zeichnung oder elektronisch als CAD-Datei) gespeichert. Je nach Geschäftsmodell sind diese Daten dabei in unterschiedlichen Unternehmen vorhanden. So sind die anlagenbezogenen Daten in den frühen Phasen des Anlagenlebenszyklus in der Regel ausschließlich beim Hersteller der Anlage vorhanden, während in den späteren Phasen die Daten beim Betreiber der Anlage generiert und gespeichert werden. Ein Datenaustausch zwischen Hersteller und Betreiber der Anlage findet oftmals nur mit dem Kauf der Anlage statt und ist selten vollständig, da u. a. Geschäftsinteressen dem gegenüber stehen. Zudem sind die beim Kauf einer Anlage übergebenen Daten kaum standardisiert, so dass die Übernahme der Herstellerdaten in die IT-Systeme des Betreibers mit erheblichem personellem Aufwand verbunden ist<sup>1</sup>.

Diese anlagenbezogenen Daten und Informationen werden gleichzeitig in unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklusses benötigt (siehe Abb. 5.4). So sind beispielsweise die im Rahmen der Beschaffung erstellten Ersatzteillisten unabdingbar für die spätere Instandhaltung. Die gewonnenen Verschleißdaten während der Betriebsphase sind für die (frühe) Phase der Anlagenentwicklung von großer Bedeutung. Gerade hier zeigen sich in der Praxis aber vielfältige Probleme. Zum einen stehen die anlagenbezogenen Daten und Informationen nicht frei zur Verfügung (Hersteller vs. Betreiber-Interessen), zum anderen liegen diese Daten häufig nicht bedarfsgerecht vor (Daten-Format, -Struktur, Aktualität, ...).

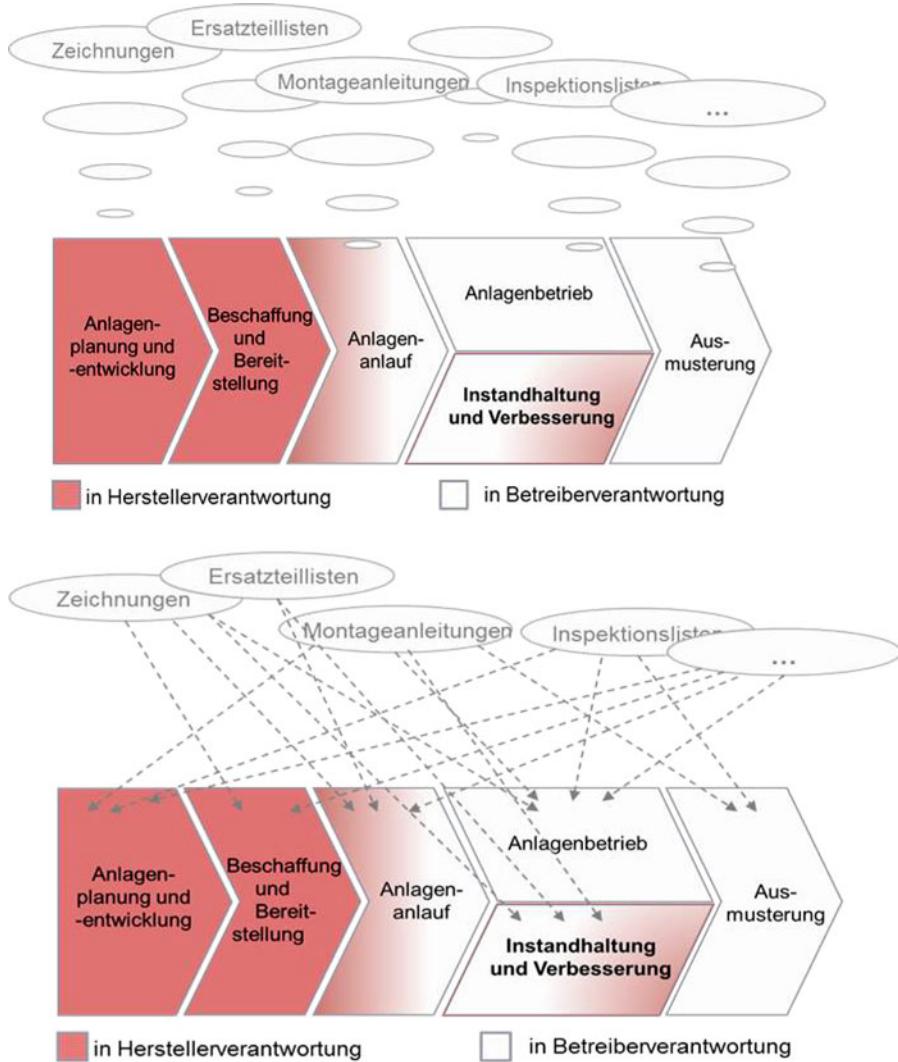
Im Asset Management ist aber gerade dieser übergreifende Daten- und Informationsaustausch über die verschiedenen Phasen des Lebenszyklusses hinweg von zentraler Bedeutung. Grundsätzlich sollten Informationssysteme den Daten- und Informationsaustausch innerhalb eines Unternehmens und auch über die Unternehmensgrenzen hinweg unterstützen, indem sie die verschiedenen Aufgabenträger innerhalb des Anlagenlebenszyklusses mit allen relevanten Informationen versorgen. Aufgrund ihrer großen Bedeutung haben sich heutige Informationssysteme für viele Unternehmen zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor entwickelt.

In der Praxis haben sich hierfür zwei grundsätzliche Lösungsansätze heraus gebildet (siehe Abb. 5.5):

- Zum einen verfügt nahezu jeder Funktionsbereich über ein eigenes Anwendungssystem, das die Funktionalitäten der jeweiligen Phase des Anlagenlebenszyklusses abdeckt und die speziellen Anforderungen der Anwendergruppen berücksichtigt. Der Daten- und Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Funktionsbereichen soll über spezielle Schnittstellen zwischen den Anwendungssystemen erfolgen. So werden beispielsweise im Bereich der Instandhaltung sogenannte Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssysteme (IPS-Systeme) eingesetzt, die genau auf die Bedürfnisse des

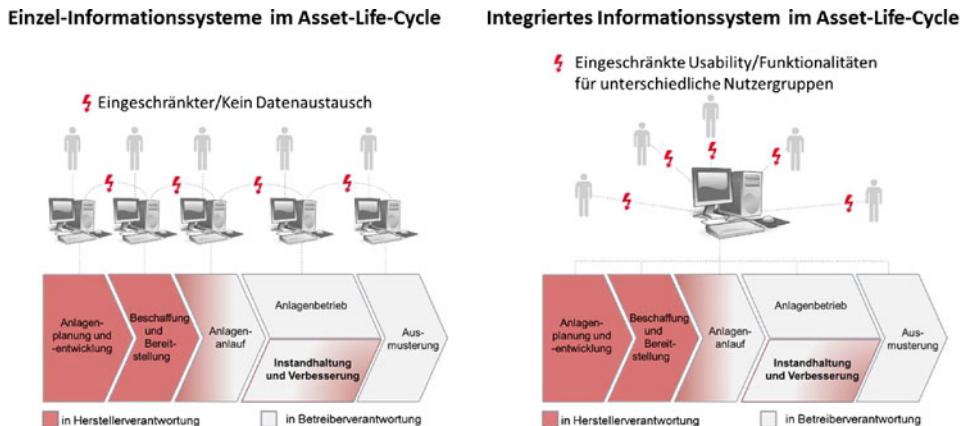
---

<sup>1</sup> Der 2016 initiierte VDI-Richtlinienausschuss 2770 „Digitale Herstellerinformationen“ hat zum Ziel, eine Richtlinie zur Standardisierung dieser digitalen Herstellerinformationen zu erarbeiten und damit den branchenübergreifenden fachlichen Austausch über die notwendige Beschaffenheit von digitalen Herstellerinformationen zwischen Herstellern und Anwendern zu organisieren und institutionalisieren.



**Abb. 5.4** Informationsquellen und -senken im Asset Life Cycle

Instandhalter angepasst sind und z. B. mit den IT-Systemen der Anlagenplanung verbunden sind. In der Praxis zeigt sich jedoch oft, dass genau dieser Datenaustausch zwischen den verschiedenen Anwendungssystemen im Anlagenlebenszyklus nur sehr eingeschränkt oder gar nicht möglich ist. In diesen Fällen manifestieren solche bereichsspezifischen Informationssysteme das „Silo-Denken“ der Beteiligten, der eigentliche Kern-Gedanke des Asset Managements der funktionsübergreifenden Maximierung der Effektivität von Produktionsanlagen wird konterkariert.

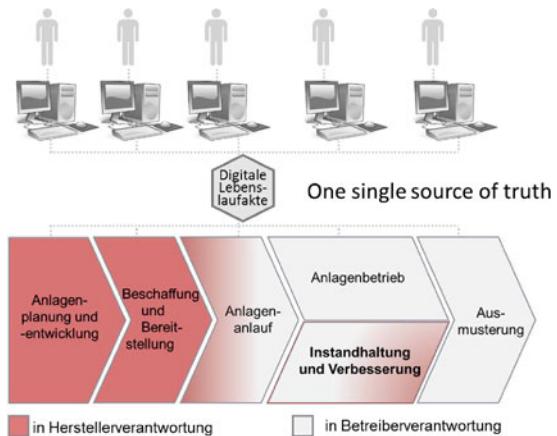


**Abb. 5.5** IT-Lösungen zum Asset Management

- Zum anderen wird stattdessen mit einem zentralen, sogenannten integrierten IT-System versucht, mehrere funktionsbezogene Anforderungen zu bündeln und mit einzelnen Modulen eines Systems die jeweiligen Anforderungen der unterschiedlichen Beteiligten im Anlagenlebenszyklus abzudecken. Die Daten über die relevanten Ressourcen, auch über die jeweiligen Anlagen, werden zentral gespeichert, wodurch eine redundante Datenspeicherung vermieden wird. Ein solches zentrales Asset-Informationssystem soll damit den Kern-Gedanke des Asset Managements aufgreifen und den Zugriff auf die relevanten Daten über den gesamten Planungsprozess bis zur Betreuung der Anlage im laufenden Betrieb sicherstellen. Jedoch ist in der Praxis häufig zu beobachten, dass diese funktionsbezogener Module eines integrierten IT-Systems die jeweiligen Anforderungen der einzelnen Nutzergruppen nur eingeschränkt erfüllen, die sogenannte *Usability* (Benutzerfreundlichkeit) oftmals als eher schlecht bewertet wird.

Ein neuerer Ansatz, der die oben beschriebenen Probleme aufgreift, trennt grundsätzlich die Datenspeicherung von der Datenanwendung. Dabei werden alle Daten der Anlage und der mit ihr verbundenen Ressourcen über den gesamten Anlagenlebenszyklus zentral gespeichert und vorgehalten. Einzelne, funktionsspezifische Anwendungssysteme der jeweiligen Lebenszyklus-Phasen können auf diese Daten zugreifen und sie für ihre Zwecke verwenden. So wird beispielsweise die Ersatzteil-Stückliste einer Anlage nur einmal zentral gespeichert, die Anwendungssysteme des Einkaufs und der Instandhaltung können auf diese Ersatzteil-Stückliste zugreifen, anwenden und bei Bedarf auch verändern. Dadurch ist sichergestellt, dass einerseits die Anlagendaten redundantfrei vorgehalten werden und andererseits gleichzeitig alle Beteiligten im Anlagenlebenszyklus Zugriff auf diese zentralen Daten haben. Die einzelnen Anwendungssysteme, die auf den zentralen Datenbestand zugreifen, sind auf die speziellen Bedürfnisse der Anwender angepasst und erfüllen die jeweiligen Usability-Anforderungen.

**Abb. 5.6** Digitale Anlagen-Lebenslaufakte verbindet Einzel-Informationssysteme im Asset-Life-Cycle



Die zentrale Vorhaltung aller anlagenbezogenen Daten und Informationen über den gesamten Anlagenlebenszyklus entspricht dabei dem Konzept der sogenannten *Lebenslaufakte*, wie sie bereits in einigen Branchen wie der Luftfahrt praktiziert wird. Eine solche Lebenslaufakte beinhaltet eine Fortschreibung der Übergabedokumentation des Anlagenherstellers mit der Betriebs- und Rückbaudokumentation durch den Anlagenbetreiber, also eine zentrale Dokumentation über den gesamten Anlagenlebenszyklus (siehe Abb. 5.6). Damit wird der Traum von „Just one Single Source of Truth“ realisiert, also dass es nur eine gemeinsame und redundanzfreie Datenbasis für das Asset Management gibt, die den unterschiedlichen Einzellösungen im Anlagenlebenszyklus einen bedarfsgerechten Zugriff ermöglicht (Stich et al. 2015).

Als Beispiel für eine solche Digitale Lebenslaufakte kann das in der DIN SPEC 91303 „Bestandteile und Struktur einer Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen“ beschriebene Modell genannt werden (DIN SPEC 91303:2015). Dort wurden Festlegungen für spezielle Energie-Anlagen getroffen, die grundsätzlich aber auch auf sämtliche Arten von technischen Anlagen übertragbar sind. Grundlegende Normen und Standards aus den Bereichen Dokumentation, Kennzeichnung und Instandhaltung für technische Anlagen wurden darin berücksichtigt. Mit der DIN SPEC 91303 soll ein einheitliches Verständnis zu den Strukturierungsmerkmalen einer Lebenslaufakte für alle Domänen geschaffen werden, in denen technische Anlagen errichtet, betrieben oder rückgebaut werden. Durch die verbesserte Informationsstrukturierung und -qualität können die Tätigkeiten an der Anlage effizienter abgewickelt werden. Dadurch reduzieren sich die Aufwände für alle Beteiligten, da sämtliche notwendigen Informationen in der gewünschten Qualität vorliegen und sich die Pflegeaufwände verringern (DIN SPEC 91303:2015).

Mit der darauf aufbauenden DIN 7705-1 „Lebenslaufakte für technische Anlagen“ soll nun für alle Domänen, in denen technische Anlagen errichtet, betrieben, instand gehalten oder rückgebaut werden, einheitliche Strukturierungsmerkmale einer Lebenslaufakte festgelegt und einheitlich normiert werden. Folgende Anwendernutzen werden damit angestrebt:

- gemeinsame Basis für die effiziente inner- und zwischenbetriebliche Kommunikation im Asset Management,
- Anleitung für die Verwaltung aller dokumentierten anlagenbezogenen Informationen,
- Schaffung auswertbarer Datenstrukturen für Asset-bezogene Analysen,
- Erhöhung der Effizienz von Prozessen und Arbeitsabläufen im Asset Management,
- Unterstützung bei der Umsetzung von Asset Managementsystemen.

---

## 5.4 Total Asset Management

Die Entwicklung der Instandhaltung zum Asset Management von Produktionsanlagen spiegelt eine langfristige Entwicklung wider, die insbesondere durch eine stetige Erweiterung des Aufgaben- und Verantwortungsbereichs der Instandhaltung und damit auch der wachsenden Anforderungen, aber auch des gestiegenen Stellenwerts der betrieblichen Instandhaltung im Unternehmen gekennzeichnet ist. So hat die Instandhaltung bereits in den letzten Jahrzehnten einige grundlegende Veränderungen erlebt, die getrost als kleine „Revolutionen in der Instandhaltung“ bezeichnet werden können.

Schon die Entwicklung von Ganzheitlichen Instandhaltungssystemen im Rahmen des Total Productive Maintenance (TPM), die in Deutschland ab den 90er-Jahren zuerst in der Automobil-Industrie, später dann auch in anderen Branchen eingeführt wurden, hat das Aufgabenfeld der Instandhaltung deutlich erweitert (vgl. Kap. 2). In Zusammenarbeit mit der Produktion wurden damals in den zahlreichen TPM-Projekten Inhalte der Autonomen Instandhaltung definiert. Gemeinsame Teams aus Produktion und Instandhaltung haben im Rahmen von 5S-Initiativen die Ordnung und Sauberkeit an der Anlage betrieben und mit gemeinsamen KVP-Teams die Verbesserung der Anlagennutzung vorangetrieben. Die Instandhaltung wurde mit TPM nicht mehr nur an der erzielten Verfügbarkeit (Nutzungsgrad) gemessen, sondern anhand der Kennzahl Overall Equipment Effectiveness OEE auch für den Leistungsgrad der Anlage und den Qualitätsgrad der produzierten Produkte mitverantwortlich gemacht. Ursachen für fehlerhafte Produktion und Produktionsausschuss waren vor TPM in der Regel nicht im Fokus der Instandhaltung. Diese Erweiterung des Verantwortungsbereichs der Instandhaltung durch die Einführung eines TPM-Systems stellte schon damals für viele Beteiligte eine kleine „Revolution“ dar.

Mit dem wachsenden Bewusstsein für den gesamten Lebenszyklus einer Produktionsanlage und damit einher gehend für die Notwendigkeit eines ganzheitlichen Anlagenmanagements, deren Idee sich auch schon teilweise in den TPM-Konzepten wiederfinden, lassen sich ab den 2000er-Jahren in Deutschland verstärkt die ersten Versuche zur Einführung eines systematischen Asset Managements beobachten. Auch hierbei kann von einer weiteren „Revolution in der Instandhaltung“ gesprochen werden, wenn die Verantwortlichen der Instandhaltung nun auch für Aufgaben der Anlagenplanung, des Engineering und der Anlagenbeschaffung mitverantwortlich sein sollen. Die erweiterte Verantwortung für den gesamten Anlagenlebenszyklus wird dabei auch mit zusätzlichen Kennzahlen erfasst, sei es durch die Kennzahlen zum Life Cycle Costing (LCC) oder durch Ansätze des

Total Cost of Ownerships (TCO). Insbesondere der letztgenannte TCO-Ansatz beschränkt sich dabei nicht nur auf die Verantwortlichkeiten des eigene Produktionsunternehmens, sondern bindet auch den Anlagenhersteller mit ein, in dem er durch verbindliche TCO-Verträge angehalten wird, auf eine kostenoptimale Konstruktion und Instandhaltbarkeit der Anlage zu achten (vgl. Kap. 6). Die kontinuierliche Verbesserung der Produktionsanlage umfasst damit alle Beteiligte des gesamten Lebenszyklusses, also Betreiber wie auch Hersteller.

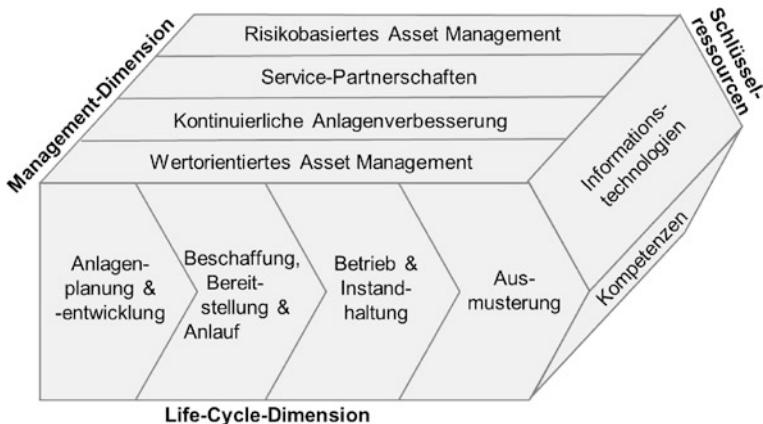
Der Wandel der Instandhaltung zum Asset Management ist heute jedoch noch längst nicht bei allen Produktionsunternehmen angekommen, und die Unternehmen, die in den letzten Jahren Projekte und Maßnahmen zur Umsetzung der ISO 55000 begonnen haben, werden ihre Umsetzung kaum als vollständig abgeschlossen bezeichnen. Dieser revolutionäre Wandel mit seinen umfangreichen Herausforderungen setzt einen langjährigen, vielleicht auch kontinuierlichen Veränderungsprozess voraus, der nahezu alle Bereiche eines Produktionsunternehmens umfassen kann.

Nachfolgend soll daher die Vision eines „Total Asset Management“ TAM aufgezeigt werden, welche die aktuelle Entwicklung zum Asset Management aufgreift und – in Anlehnung an das ganzheitliche Konzept des *Total Productive Managements* – die wesentlichen Dimensionen eines solchen umfassenden Ansatzes beschreibt. Dieses Modell des Total Asset Management erhebt dabei nicht den Anspruch, alle möglichen Aspekte aufzuzählen, die heute und zukünftig berührt werden. Vielmehr sollen nur die wesentlichen und für die Instandhaltung neuen Management-Aspekte betrachtet werden, die zukünftig den Verantwortungsbereich der (früheren) Instandhaltung prägen werden. Die dabei genannten Management-Aspekte sind dabei für sich gesehen nicht neuartig. Vielmehr werden oftmals bekannte Ansätze integrativ betrachtet und zu einem gemeinsamen Ansatz zusammengeführt. Zusätzlich soll in dem Modell des Total Asset Management betrachtet werden, welche Schlüsselressourcen dabei von besonderem Interesse sein werden, um diesen Wandel erfolgreich zu bewältigen.

Das Modell des Total Asset Management (siehe Abb. 5.7) stellt einen ganzheitlichen Ansatz zur optimalen Nutzung und Verbesserung der (Produktions-)Anlagen eines Unternehmens dar. Der Anspruch der Ganzheitlichkeit („Total“) resultiert dabei aus folgenden Punkten:

Die Teilaspekte des *Total Asset Management* umfassen ...

- I. alle Phasen des Anlagenlebenszyklusses, von der Anlagenplanung, -beschaffung, -nutzung bis zur Ausmusterung
- II. alle beteiligte Partner im Anlagenlebenszyklus, von den Engineering-Dienstleistern über die Hersteller bis zu den Betreibern und den Service-Dienstleistern
- III. alle Hierarchie-Ebenen eines Unternehmens, von den Mitarbeitern auf der Shop-floor-Ebene, die u. a. Verbesserungsideen zur Anlageninstandhaltung entwickeln und umsetzen sollen bis zur Geschäftsführung, die für die langfristigen Investitionsentscheidungen verantwortlich ist



**Abb. 5.7** Modell des Total Asset Management

IV. alle Dimensionen eines systemischen Wandels, sowohl technologische Aspekte wie auch organisatorische Aspekte und Aspekte der beteiligten Menschen mit all seinen Wechselwirkungen zwischen Mensch, Organisation und Technik (MOT-Ansatz)

### Life Cycle Dimension des Total Asset Management

Eine wesentliche Dimension im Modell des Total Asset Management stellt der eigentliche Anlagenlebenszyklus dar. Dabei ist es unerheblich, in welche konkreten Phasen der Anlagenlebenszyklus im Einzelfall unterteilt wird. So können die Einteilungen und Bezeichnungen der jeweiligen Lebensphasen von Branche zu Branche unterschiedlich sein, auch innerhalb einer Branche können Unternehmen unterschiedliche Bezeichnungen ihrer Lebenszyklusphasen wählen. Wichtig ist vielmehr, dass sämtliche Planungen, Entscheidungen und Maßnahmen im Unternehmen sich nicht nur auf eine einzelne Lebensphase beziehen, sondern die Konsequenzen auf den gesamten Anlagenlebenszyklus berücksichtigt werden. Das setzt zum einen voraus, dass die vorherrschenden Zielsysteme im Unternehmen sich nicht auf die jeweiligen Funktionsbereiche beschränken, sondern funktionsübergreifend die optimale Wertschöpfung der eigenen Anlagen zum Ziel haben. So ist es naheliegend, dass im Rahmen einer Anlagenbeschaffung der Einkaufsbereich nicht nur zum Ziel haben darf, den möglichst günstigsten Beschaffungspreis zu erzielen.

Zum anderen sind die Unternehmensprozesse derart zu gestalten, dass sie die optimale Zusammenarbeit aller Beteiligten im Anlagenlebenszyklus unterstützen. Wie vielfältig die Beziehungen und gegenseitige Informationsflüsse zwischen der Anlagenplanung, -beschaffung, Produktion und Instandhaltung sind, zeigt eindrucksvoll die DIN EN 16646 auf. Detailreich werden dort die gegenseitigen Beiträge der einzelnen Funktionsbereiche im Anlagenlebenszyklus in Beziehung zur Instandhaltung aufgelistet (DIN EN 16646:2015).

Wie sowohl die DIN EN 16646 als auch die noch folgenden Ausführungen zeigen werden, besitzt die Instandhaltung hierbei eine Schlüsselrolle und ist daher in der Verantwortung, den Wandlungsprozess im Unternehmen als treibende Organisationseinheit

voranzubringen. Letztlich müssen allerdings alle Beteiligte im Anlagenlebenszyklus, vom Instandhaltungsmitarbeiter bis zum Geschäftsführer, vom Anlagenplaner bis zum Verwerter, vom Hersteller bis zum Betreiber ein übergreifendes Bewusstsein für den gesamten Anlagenlebenszyklus und seinen Einfluss auf den Erfolg einer Unternehmung einnehmen. Die Interessen und Ziele der jeweils anderen Beteiligten sollten bekannt und in den eigenen Entscheidungen mit berücksichtigt werden. Dieses Bewusstsein aller Beteiligten für die Bedeutung des Anlagenlebenszyklus ist letztlich die wichtigste Grundlage eines Total Asset Managements.

### **Management-Dimension im Total Asset Management**

Ziel des Asset Managements ist die Maximierung des Werts von Produktionsanlagen (Assets), die zur Erreichung der strategischen Geschäftsziele eines Unternehmens notwendig sind. Hierfür ist eine konsequente Fokussierung aller Unternehmensbereiche und Geschäftstätigkeiten auf erfolgskritische Aspekte über den gesamten Lebenszyklus der Produktionsanlagen erforderlich. Gleichzeitig sind mögliche Risiken in den verschiedenen Lebenszyklusphasen der eingesetzten Anlagen frühzeitig zu erkennen und gezielt zu lenken und zu kontrollieren.

Die Management-Dimension im Total Asset Management beschreibt die wesentlichen erfolgskritischen Management-Aspekte im Lebenszyklus einer Anlage aus Sicht des Asset Managements. Hervorzuheben sind dabei folgende vier Aspekte, wobei anzumerken ist, dass selbstverständlich auch andere, hier nicht genannte Management-Aspekte wichtig sein können. Doch im Total Asset Management sind eben diese vier Aspekte im besonderen Maße kennzeichnend für diesen Ansatz.

#### **1) Wertorientierung im gesamten Lebenszyklus eines Assets**

Eine Betrachtung einer Produktionsanlage nicht nur als Kosten-verursachendes Objekt, sondern als etwas, das einen potenziellen oder tatsächlichen Wert für eine Organisation hat, stellt die wesentliche Neuerung (Paradigmenwechsel) durch das Asset Management dar. Damit rückt die Maximierung des Wertschöpfung der eingesetzten Produktionsanlagen („Assets“) für ein Unternehmen in den Vordergrund. Sämtliche Maßnahmen innerhalb des Anlagenlebenszyklus sind konsequent und von allen Beteiligten unter dem jeweiligen Wert-Beitrag der Assets für das Unternehmen zu betrachten und zu lenken. Die Ziele des Asset Managements orientieren sich dabei immer an den Zielen zur Wertsteigerung des gesamten Unternehmens. Sämtliche Entscheidungsprozesse im Unternehmen, auch die der Instandhaltung einer Produktionsanlage, sollen sich an der Maximierung der Wertschöpfung orientieren.

Ein solches Wertorientiertes Asset Management findet beispielsweise seine Umsetzung in der Anwendung der Methoden des Life Cycle Costing (LCC) und des Total Cost of Ownership (TCO). Beim Life Cycle Costing bzw. Lebenszykluskostenrechnung werden sämtliche Kosten einer Anlage von der Entwicklung bis zur Nutzung, Instandhaltung und Ausmusterung betrachtet. Nicht berücksichtigt bzw. nur in eingeschränktem Maße werden in der Regel dabei die Transaktionskosten im Einkauf und andere Transaktions-

kostenkategorien, die wiederum beim TCO-Ansatz miteinfließen. Der TCO-Ansatz wird derzeit insbesondere in der Automobil-Branche eingesetzt, um Anlagenhersteller auch nach dem Kauf stärker in die Kosten-Mitverantwortung zu nehmen. Beiden Ansätzen ist jedoch gemein, dass sie lediglich die Kosten im Zusammenhang mit einer Produktionsanlage betrachten, nicht aber die Leistungen, die mit der Anlage erzielt werden können. Der mögliche Gewinn-Beitrag einer Produktionsanlage könnte beispielsweise durch eine quantifizierte Abschätzung des zu erwartenden Life Cycle-Profits erfolgen. Derartige Ansätze sind jedoch in der betrieblichen Praxis bislang kaum vorhanden.

Die konsequente Wertorientierung des Total Asset Managements kommt insbesondere bei den Investitions- und Deinvestitions-Entscheidungen zum Ausdruck, wenn diese Entscheidungen nicht nur auf Basis der bekannten Kosten, sondern auch auf Basis des zukünftigen Wert-Beitrags der Anlage getroffen werden. Hier ist bei vielen Unternehmen noch ein großes Potenzial festzustellen, da heute noch überwiegend die Investitions- und Deinvestitions-Entscheidungen auf Basis kurzfristiger Kosten-Überlegungen getroffen werden.

## 2) Kontinuierliche Prozess- und Anlagenverbesserungen

Eine Organisation für kontinuierliche Verbesserungsprozesse ist vom Grundsatz her für viele Unternehmen heute bereits etabliert und damit auf den ersten Blick nicht neuartig. Allerdings sind diese Verbesserungsbemühungen oftmals wenig systematisch und doch noch sehr getrieben von den Ideen einzelner, kreativer und motivierter Mitarbeiter des Unternehmens. Eine regelmäßige und systematische Analyse der oft wechselnden (Markt-)Anforderungen und sowie aktueller technologischer Entwicklungen im Hinblick auf mögliche Anpassungs- und Verbesserungspotenziale der eigenen Produktionsanlagen fließen nur bei wenigen Unternehmen in die Verbesserungsprozesse.

Im Rahmen des Total Asset Managements werden diese bestehenden Ansätze, die – getrieben vom Lean Thinking – die Suche nach Verschwendungen zum Ziel haben, zu einem „Lean Asset Management“-Ansatz vereint und alle Funktionsbereiche im Lebenszyklus einer Anlage übergreifend betrachtet. In interdisziplinären Teams aus verschiedenen Lebensphasen werden sowohl die technischen Aspekte der Anlage als auch die prozess-orientierten Aspekte des Asset Managements kontinuierlich hinterfragt und verbessert. Dabei machen diese Verbesserungsaktivitäten nicht vor der eigenen Unternehmensgrenze halt, sondern binden auch die Anlagenhersteller sowie Dienstleister im Anlagenlebenszyklus im Rahmen von langjährigen Kooperationen für gemeinsame Verbesserungsprozesse dauerhaft mit ein.

## 3) Strategische Partnerschaften mit Anlagen-Herstellern und Industrieservice

Die wachsende Komplexität heutiger Produktionsanlagen, die mit der Industrie 4.0 weiter ansteigen wird, erfordert mehr und mehr eine intensivere Einbindung von Herstellerservices und Industrieservice über den gesamten Anlagenlebenszyklus. Eine alleinige Betreuung einer modernen Anlage durch eine interne Instandhaltungsabteilung erscheint immer weniger zeitgemäß, da zu viele Spezial-Kompetenzen und Werkzeuge vorgehalten

werden müssten. Die Einbindung von (externen) Serviceleistungen wird immer weniger von kurzfristigen, operativen Gesichtspunkten gekennzeichnet sein, als vielmehr auf langfristigen, strategischen Sourcing-Entscheidungen mit Anlagenherstellern und Industrieservice-Unternehmen beruhen.

Auf Basis solcher strategische Service-Partnerschaften können dann z. B. umfassende Remote-Services des Anlagenherstellers konzipiert und umgesetzt werden, die nicht nur im Störungsfall, sondern kontinuierlich die Funktionssicherheit der Anlage überwachen und Verbesserungspotenziale identifizieren. Dies wird dann – ganz im Kerngedanken des Asset Managements – zu einer gemeinsamen (Weiter-)Entwicklung der Anlage und begleitender Anlagenservices durch Hersteller und Betreiber (Co-Creation) führen. Langfristig ausgewählte Industrieservice-Unternehmen mit ihrem spezialisierten Leistungsspektrum sind dabei feste Partner im Total Asset Management.

#### **4) Systematische Risikobetrachtung und -beherrschung**

Wie in der ISO 55000 hervorgehoben ist eine systematische Risikobetrachtung und -beherrschung elementarer Bestandteil des Asset Managements. Eine umfassende Risiko-Orientierung wirkt bei allen Entscheidungen entlang des gesamten Anlagenlebenszyklus mit und prägt das Denken und Handeln aller Beteiligten. Auf allen Entscheidungsebenen des Asset Managements sollen systematische Planungs- und Kontrollmaßnahmen stattfinden, die sämtliche Risiken, welche von Betrieb einer Anlage ausgehen, auf ein vertretbares Maß für alle Beteiligten halten. Total Asset Management vereint dabei den Grundgedanken zum Risikomanagement nach ISO 31000 mit denen des Asset Managements.

So lassen sich denn auch in allen Phasen des Anlagenlebenszyklus risiko-orientierte Entscheidungen beobachten:

- Bereits die anfänglichen Investitionsentscheidungen sind in hohem Maße von Risiko-Abwägungen geprägt und versuchen anhand der TCO-Abschätzungen die möglichen Risiken der Investition zu bewerten;
- Die Auswahl der jeweiligen Instandhaltungsstrategien basiert mehr und mehr auf Risiko-basierten Inspektionen (RBI), die für den gesamten Anlagenbestand durchgeführt werden;
- Auch zur systematischen Anlagenverbesserung werden zunehmend Methoden aus der Risiko-Analyse zum Einsatz kommen (RAMS-Analysen, FMEA, FTA, ...);
- Ein proaktives Obsoleszenz-Management erfordert Risiko-Einschätzungen hinsichtlich der Veraltung von Ersatzteilen, um somit frühzeitig Risiken in der Ersatzteilbeschaffung aufzeigen zu können.

#### **Schlüssel-Ressourcen des Total Asset Management**

Die Komplexität im Management wird durch die Technologien der Industrie 4.0 als auch durch die Erweiterung der Aufgabenprofile im Asset Management erheblich erhöht. Infolgedessen ist es für das Management eines Unternehmens kaum mehr möglich, alle Aspekte in gleicher Intensität zu verfolgen. Eine Fokussierung auf die wichtigsten Fakto-

ren (Schlüsselressourcen) wird daher immer wichtiger. Als erfolgskritische Schlüsselressourcen in einem Total Asset Management sind im Besonderen folgende zwei Aspekte hervorzuheben:

- **vollständig vernetzte Informationstechnologien entlang des gesamten Anlagenlebenszyklus**

Die intensivere Kooperation und damit auch einher gehende Kommunikation zwischen allen Beteiligten im Asset Life Cycle erfordert Unterstützungssysteme, die diese Kooperation optimal unterstützen. Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien werden daher immer wichtiger für das Arbeiten in der Industrie 4.0. Die beteiligten Akteure müssen frei miteinander kommunizieren und Informationen austauschen können, auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Medienbrüche, die heute leider immer noch zu häufig vorkommen, werden der Vergangenheit angehören. Hierzu zählen auch papier-gebundenen Herstellerunterlagen, die oftmals Informationen enthalten, die während des gesamten Lebenszyklus der Anlage zwingend benötigt werden. Die Übertragung dieser Informationen in die Informationssysteme der Anlagenbetreiber ist jedoch heute aufgrund fehlender Normung der Beschaffenheit der Herstellerinformationen noch mit einem erheblichen Aufwand für die Betreiber verbunden.

Gleichzeitig mit dem größer werdenden Kommunikationsbedarf zwischen den beteiligten Akteuren im Anlagenlebenszyklus steigt auch die Kommunikation der Maschinen, Anlagen und IT-Systeme untereinander. Als sogenannte horizontale Integration der Anlagen und IT-Systeme wird in der Industrie 4.0 die verstärkte Vernetzung der Systeme im Anlagenlebenszyklus innerhalb eines Unternehmens wie auch über Unternehmensgrenzen hinweg (Betreiber, Hersteller, Dienstleister). Die gleichzeitig in der Industrie 4.0 auftretende vertikale Integration der IT-Systeme beschreibt dagegen die Vernetzung entlang der Automatisierungspyramide, also von der Aktor- und Sensor-ebene über die Steuerungsebene bis zur Unternehmensplanungsebene des ERP-Systems. Sowohl die horizontale Integration als auch vertikale Integration der Systeme werden im Total Asset Management Schlüsselaspekte sein.

- **umfassende, interdisziplinäre Kompetenzen der Führungskräfte und Mitarbeiter im Total Asset Management**

Das Arbeiten im Total Asset Management wird für alle Akteure von hoher Komplexität geprägt sein, sowohl bezüglich der zu betreuenden Assets als auch infolge der erweiterten Aufgabenprofile. Die Führungskräfte und Mitarbeiter im Total Asset Management müssen dabei ein verstärktes Bewusstsein für die Folgen ihrer Arbeit im Anlagenlebenszyklus entwickeln (Life Cycle Awareness). Dies erfordert neuartige Kompetenzprofile, die mehr denn je von einer hohen Interdisziplinarität über die verschiedenen Funktionsbereiche im Anlagenlebenszyklus geprägt sein werden. Kommunikations-, Sprach- und interkulturelle Kompetenzen werden exponentiell wichtiger. Ein systematisches Kompetenzmanagement gewinnt dabei mehr und mehr an Bedeutung. Neben funktionsspezifischen Qualifizierungen der Spezialisten in einzelnen Phasen des Anlagenlebenszyklusses werden zunehmend auch generalistische Qualifizierungsangebote

für Asset Manager erforderlich sein. Derartige Asset Manager überblicken den gesamten Anlagenlebenszyklus und sind dabei als Integratoren der funktionsspezifischen Spezialisten ein wesentliches Bindeglied im Total Asset Management. Infolge der immer größeren Komplexität und Systemzusammenhänge derartiger Aufgabenprofile ist mit einer verstärkten Akademisierung in der Ausbildung der Beteiligten zu rechnen.

---

## 5.5 Asset Management als organisatorische Grundlage der Industrie 4.0

Der Wandel unserer Produktion und Instandhaltung durch die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung ist in vollem Gange. Schlagwörter wie Industrie 4.0, Industrial Internet, Smart Factory und das Internet of Things and Services prägen die aktuelle Diskussion zur Produktion von morgen. Standards werden dabei eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung spielen, betonen zahlreiche Experten. Doch trotz der vielfältigen Standardisierungsbemühungen im Umfeld dieser Diskussion existiert noch kein einheitliches Verständnis, was diese Industrie 4.0 nun genau sein soll. So verwundert es nicht, dass sich fast jede neue automatisierte Lösung und digitale Anwendung gerne als „Industrie 4.0-Lösung“ bezeichnet oder zumindest mit Industrie 4.0 in Verbindung gebracht wird.

Zwei Grundgedanken tragen den eigentlichen Kern von Industrie 4.0: Zum einen die vertikale Integration der verschiedenen IT-Systeme auf den unterschiedlichen Hierarchieebenen eines Unternehmens zu einer durchgängigen Lösung. Zum anderen die horizontale Integration der IT-Systeme für die unterschiedlichen Prozessschritte sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch über mehrere Unternehmen hinweg bis hin zur vollständigen digitalen Durchgängigkeit des gesamten Engineerings über die Wertschöpfungskette eines Produkts über Firmengrenzen hinweg. Diese Integration der Technologien resultiert in hochkomplexen Strukturen mit weitreichenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle, aber auch für die Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung eines Unternehmens.

Aus Sicht der betrieblichen Anlageninstandhaltung bietet diese vertikale wie auch horizontale Integration der Systeme eine große Chance, die langersehnte Betreuung einer Produktionsanlage über den gesamten Anlagenlebenszyklus realisieren zu können. Dieser Grundgedanke des Asset Managements, bei der ein Instandhalter bereits die Anlagenplanung und -entwicklung mitgestaltet und zusammen mit dem Anlagenhersteller den gesamten Lebenszyklus der Anlage gemeinsam begleiten und beeinflussen kann, kann durch Industrie 4.0 Realität werden. Die vertikale und horizontale Integration der Systeme ist dabei die technologische Voraussetzung für diesen fundamentalen Wandel der Instandhaltung hin zum Asset Management.

Ein solcher fundamentaler Wandel, der heute gerne als Transformation bezeichnet wird, beinhaltet neben den technologischen Aspekten aber auch immer organisatorische und personelle Aspekte, die im Sinne eines ganzheitlichen Transformationsansatzes gleichermaßen zu beachten sind. So ist es offensichtlich, dass nur mit einer technologischen

Vernetzung und Integration von bislang separaten IT-Systemen noch längst nicht die wirkliche Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen Prozessbeteiligten in einem Unternehmen verbessert wird. Oftmals sind die organisatorischen Hürden, das „Silo-Denken“ zwischen den Abteilungen noch so groß, dass ein durchgängiges Engineering und Management von Produktionsanlagen über den gesamten Lebenszyklus der Anlage eine ferne Vision bleibt, auch wenn die technologischen Voraussetzung mit der Industrie 4.0 gegeben sind. Es ist daher erforderlich, dass neben den rasanten und revolutionären technologischen Fortschritten auch grundlegende organisatorische Veränderungen vorgenommen werden, die eine abteilungs- und unternehmensübergreifende Zusammenarbeit im Sinne eines Total Asset Managements ermöglichen, wie dies bereits in Abschn. 5.4 ansatzweise beschrieben wurde.

---

## 5.6 Ausblick

Instandhaltung und Asset Management sind heute in der industriellen Produktion untrennbar miteinander verbunden. Der Wandel des „klassischen“ Instandhalters zum Asset Manager wurde in vielen Produktionsunternehmen bereits vollzogen, die frühere Instandhaltung ist heute als Asset Management ein wichtiges und hoch geschätztes Glied in der Wertschöpfungskette einer industriellen Produktion. Immer häufiger wird konsequenterweise auch der Begriff „Instandhaltung“ in den Unternehmen durch die Bezeichnungen „Asset Management“ oder „Asset Service“ ersetzt.

In der zukünftigen Smart Factory der Industrie 4.0 wird dieser „Asset Manager“, der mit seinem umfassenden Aufgabeprofil die Funktionen der Instandhaltung vereint, weiter an Bedeutung gewinnen. Darin sind sich zahlreiche Experten und Meinungsführer der Industrie 4.0 einig:

Das **Beheben von Ausnahmen und von Störungen** wird [in der Industrie 4.0] weiterhin wichtig sein und vielleicht bei komplexen Lösungen sogar **noch wichtiger** werden. Und hier können wir auf den Menschen nicht verzichten (Siegfried Russwurm, Mitglied des Vorstands der Siemens AG und Mitglied des Lenkungsgremiums der Plattform Industrie 4.0. In: VDI-Nachrichten vom 13.11.2015).

In den Fabriken werden **Wartungsaufgaben wichtiger**, denn je komplexer Systeme werden, desto schlimmere Folgen haben Störungen.

Tendenziell wird es eine **Verschiebung zu anspruchsvollerem Tätigkeiten** und höheren Qualifikationen geben ... zum Beispiel in Vertrieb und **Service** (Henning Kagermann, Präsident der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) und ehem. Vorstandssprecher der SAP AG; In: Süddeutsche Zeitung vom 09./10.01.2016).

Industrie 4.0 und die Smart Factory sind dabei nicht nur Treiber dieses Wandels, gleichzeitig erfordert die Smart Factory ein Total Asset Management als Grundlage, um die wirtschaftlichen Erfolgspotenziale dieser neuen Technologien auch gewinnbringend aus schöpfen zu können. Die vollständige Digitalisierung und Vernetzung der Industrie mit

allen Partnern über die gesamte Wertschöpfungskette wird dabei neue Möglichkeiten eröffnen, die Werterhaltung der industriellen Assets in ihrem Life Cycle weiter zu verbessern. Die Potenziale der Zustandserfassung und -prognose sind heute noch längst nicht ausgeschöpft und werden in Zukunft neue Erkenntnisse bringen, die die Industrie dem Ideal der „Störungsfreien Produktion“ immer näher bringen wird (auch wenn dieses Ideal sicherlich nie vollständig erreicht werden kann).

Standards und Normen zur Industrie 4.0 und zum Asset Management werden in diesem Prozess eine wichtige Rolle spielen. Mit der Verbreitung der Normenreihe ISO 50000 ff. wird Asset Management in Zukunft für Unternehmen ein nicht mehr weg zu denkender Bestandteil sein, ähnlich wie dies das Qualitätsmanagement heute bereits darstellt. Versicherungen und Banken werden bei der Absicherung und Finanzierung der zukünftigen Investitionen für moderne Produktionsanlagen nachprüfen wollen, wie verantwortungsvoll die Unternehmen mit den bereitgestellten Finanzmitteln umgehen und ob hierfür ein wirksames Asset Management-System nachweisbar ist. Es ist zu erwarten, dass in Zukunft das Vorhandensein eines systematischen Asset Management-Systems zur Voraussetzung für benötigte Industriever sicherungen wird. Zertifizierungssysteme zum Asset Management werden für Produktionsunternehmen – ähnlich wie bei der ISO 9000 ff. zu Qualitätsmanagement – unentbehrlich sein.

Es ist offensichtlich, dass die Akteure im zukünftigen Asset Management mit ihrer umfassenden Verantwortung einen hohen Stellenwert genießen werden. Der „Asset Manager“ bzw. „Asset Service-Ingenieur“ wird sich dementsprechend in den nächsten Jahren als eigenständiges und nachgefragtes Berufsbild etablieren. Die Hochschulausbildung wird hierfür entsprechende Studienangebote bereitstellen müssen. Es bleibt zu hoffen, dass auch der Ingenieurnachwuchs die Attraktivität dieses Berufsbildes erkennen und sich für ein Studium zum Asset Service-Ingenieur entscheiden wird. Denn nur so wird Instandhaltung und Asset Management die Produktion der Zukunft sicherstellen können.

---

## Literatur

- DIN EN 16646:2015, Instandhaltung – Instandhaltung im Rahmen des Anlagenmanagements; Deutsche Fassung EN 16646:2014
- DIN SPEC 91303:2015, Bestandteile und Struktur einer Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen
- EFNMS Asset Management Survey 2011 (2011) How organizations manage their physical assets in practice. European Federation of National Maintenance Societies
- Hibner, M. (2013) Empirische Analyse zum Plant Asset Management in deutschen Industrieunternehmen. Studienarbeit Duale Hochschule Baden-Württemberg DHBW Mannheim, 2013
- Horch, A. (2009) Instandhaltung und Plant Asset Management – zwei Welten? In: Reichel et al. (Hrsg.): Betriebliche Instandhaltung
- ISO 55000:2014, Asset management – Overview, principles and terminology

- PAS 55-1:2008, Asset management Part 1: Specification for the optimized management of physical assets. British Standards Institution
- Schmidt, J., van Hoof, A., Kühne, S. (2013) Konzeption einer digitalen Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen, In Energieinformatik 2013, 2013.
- Stich, V. et al. (2015) Supply Chain 4.0: Logistikdienstleister im Kontext der vierten industriellen Revolution. In: Voß, P. (Hrsg.): Logistik – eine Industrie, die (sich) bewegt
- VDI-Richtlinie 2651:2015, Plant Asset Management (PAM) in der Prozessindustrie



# Wie LCC-Management die Produktionstechnik und die Instandhaltung verändert

6

Manfred Zick

---

## 6.1 Einführung

Die zunehmende Komplexität von Produktionsanlagen und deren steigende Investitionssummen erfordern eine intensive Nutzung und überschaubare Folgekosten, zum Beispiel in der Instandhaltung. Um diese Ziele beim Investitionsvorgang von Anlagen effizienter als in der Vergangenheit zu gestalten sind Organisationsverfahren wie Life Cycle Cost Management (LCC-Management) bzw. Total Cost of Ownership (TCO) sinnvoll. Dieser Beitrag zeigt, wie Hersteller und Betreiber bis heute mit diesen Verfahren die Auslegung und das Betriebsverhalten von Anlagen entwickeln, deren reduzierten Instandhaltungsaufwand prognostizieren und die Leistungen zum Vorteil beider Vertragspartner steigern.

---

## 6.2 Entwicklung von Lebenszykluskosten-Management

Bis etwa 1980 waren Produktionsanlagen meist individuell konstruierte Objekte, deren Betriebsverhalten kaum prognostiziert werden konnte. Daher wurden bei der Investition die Anschaffungskosten der angebotenen Leistung einer Anlage gegenübergestellt und dementsprechend entschieden. Die Folgekosten, über die wenig Daten und Fakten vorlagen, blieben meist „unter der Wasseroberfläche“ des Eisbergmodells und konnten hohen Streuungen unterliegen.

Vor etwa 30 Jahren wurde mit zunehmendem Einsatz von Standardkomponenten im Maschinenbau ein grundsätzlicher Wandel möglich. Die Fertigungstiefe im Werkzeugmaschinenbau nahm ab, zugunsten von qualitativ überlegenen Baugruppen, die von Spezialisten entwickelt und hergestellt wurden. Als Beispiele seien Spindeln, Führungen, Lager,

---

M. Zick (✉)  
Esslingen, Deutschland  
E-Mail: noreply@springer.com

Steuerungen, Antriebe oder Versorgungseinheiten genannt. Diese in Serie hergestellten Komponenten sind in ihrer Lebensdauer, abhängig vom Belastungskollektiv, statistisch behandelbar und erlauben die Anwendung von Zuverlässigkeitsskenngrößen gemäß VDI 4004 (1986), bzw. Begriffe aus den amerikanischen MIL-Standards wie MTBF, MTTR etc.

Die Summe der Betriebs- und der Instandhaltungskosten übersteigt in der Regel die Investitionssumme erheblich. Grund genug, die Kostentreiber der künftigen Nutzung genau zu diagnostizieren und zwar im Voraus. Heute ist das häufig noch ein weißes Feld in vielen Beschaffungsprozessen der Industrie. Nach wie vor werden große Investitionsentscheidungen nach Preis-/Leistungsgesichtspunkten getroffen. In der Tat ist es nicht einfach, die Folgekosten zu ermitteln; dazu müssen Anbieter und Besteller einen deutlichen Planungsaufwand in Kooperation erbringen, der jedoch sehr gering im Verhältnis zu den späteren Auswirkungen ist.

In den 60er-Jahren des letzten Jahrhunderts gab es in den USA Untersuchungen, um bei großen Projekten nicht nur Entwicklungs- und Herstellkosten, sondern auch Folgekosten beurteilen zu können. 1985 hat die Unternehmensberatung Gartner Inc. das Verfahren Total Cost of Ownership TCO, entwickelt, das in der IT-Branche Herstellern und Betreibern ermöglichte, Investitionsentscheidungen nicht nur nach Preis-/Leistungsverhältnis zu bewerten, sondern auch die Folgekosten einzubeziehen. Damals waren Hardwarekosten noch hoch und die Kosten der Software und Umgebung ebenso wie heute schwer abzuschätzen.

Aus diesem Gedankengut haben sich inzwischen zwei Ansätze für die Anwendung ergeben, die entweder:

- die Analyse und das Controlling der Folgekosten eines zu beschaffenden (bestehenden) Objektes und dessen Beeinflussung (Fall 1: LCC-M, TCO) oder
- die Entwicklung eines neuen Objektes unter starker Beachtung der Lebenszykluskosten von vorne herein (Fall 2: Design to Life-Cycle-Performance LCP)

zum Ziel haben.

In der Produktionstechnik drängte sich zunächst ein Lebenszykluskosten-Management entsprechend Fall 1 auf, da die Anlagenkosten und noch mehr deren Folgekosten stiegen und die Verfügbarkeit der Anlagen in den Prozessketten immer wichtiger wurden. Insbesondere die Instandhaltungskosten nahmen ein wachsendes Gewicht ein. Deshalb haben sich schon 1995 Instandhaltungsfachleute im VDI-Hauptausschuss Instandhaltung dieses Themas angenommen und im Jahr 1999 einen Richtlinienentwurf VDI 2885 vorgelegt, um Kostentreiber im Betrieb zu identifizieren und ein Controlling zu ermöglichen.

Damit konnten für Produktionsanlagen erstmals auf Basis einer industrieweit bekannten Grundlage folgekostenrelevante Ereignisse strukturiert in einer Vertragsgestaltung gefasst werden, z. B. Instandhaltungspläne und Ausführungsaufwand mit Intervallangaben (MTBF) und Ausfallzeitangaben (MTTR) für einzelne Baugruppen bzw. Funktionen (VDI 2885 2003, S. 8 ff.). Nach anfänglichem Zögern haben sich ab 2000 einschlägige Institute,

Verbände, Betreiber und progressive Lieferanten von Werkzeugmaschinen in unterschiedlichen Gremien der Diskussion und Anwendung von Lebenszykluskosten zugewandt.

---

## 6.3 Einsatzbeispiele von Lebenszyklusmanagement bei Betreibern (Fall 1: LCC-M bzw. TCO)

Aufgrund großer Einkaufsvolumina war es die Automobil-Industrie, die an einem Lebenszyklus-Management für Anlagen am meisten interessiert war und die auch die Macht hatte, es durchzusetzen.

### 6.3.1 Ford-Werke

Als Pionier kann das Unternehmen Ford gelten, das bereits Ende der 90er-Jahre in den USA und im Werk Köln in seiner „Reliability and Maintainability Specification (R&M)“ mit der Ausschreibung von Produktionsmittel begann. In einer LCC-Analyse waren die Lieferanten gehalten, die Zuverlässigkeit anhand von Dokumenten, Testdaten und Prognosen mittels MTBF- und MTTR-Kennzahlen vorzulegen. Die Betriebs- und Einsatzbedingungen mit Grenzwertangaben wurden von Ford detailliert dargelegt.

In mehreren Engineering-Phasen wurden die Angebote kooperativ entwickelt und dokumentiert, bis sie den Vertragsanforderungen der R&M-Spezifikation entsprachen. Inhalte waren unter anderem:

- Design Reviews
- R&M-Status
- Berechnungen und Analysen, z. B. FMEA
- KVP-Ansätze und
- Kommunikations-Prozeduren

Unterstützt wurde diese Aktivität durch intensive Ausbildung und Workshops des Hauses Ford. So wurden R&M-Seminare für Lieferanten angeboten und jeder Vertrag spätestens halbjährlich in gemeinsamen Meetings überprüft und weiterentwickelt.

Als erstes Beispiel sei eine TCO-Studie aus dem Hause Hüller Ludwigsburg genannt, das für ein Ford-Werk in den USA im Jahr 2001 in einem einzigen Auftrag 50 Bearbeitungszentren angeboten hat. Die Tabelle in Abb. 6.1 weist in exemplarischer Form für alle verschleißrelevanten Komponenten von der Motorspindel über Achsenantriebe bis zum Kabelschlepp die Fehlerraten (MTBF) und mittleren Reparaturzeiten (MTTR) aus.

Eine Angebotsabgabe mit dieser Tabelle konnte zur damaligen Zeit als außerordentlich mutig bezeichnet werden und sie trug tatsächlich erfolgreich mit zum Auftrag bei. Bei genauerer Sichtung der Vertragsbedingungen kommt ein vorbildliches Auftraggeber-

TCOO - Total Cost of Ownership	
Speecht 500 W (Ford Typ 1 A,1090.32/10)	
Eingangsdaten EinKauf:	
EinKaufpreis	600.000 DM
Kosten Aufstellung:	20.000 DM
Kosten Entsorgung:	20.000 DM
Eingangsdaten Service:	
Betriebsstauer	50.000 h
Stundensatz Monteur:	100 DWh
Energiepreis	0,10 DWh/kWh
Mietkosten Anschaffung Halle:	100.000 DM
Mietkosten Betriebshalle:	60.000 DM
Mietkosten Lager:	60.000 DM
<b>3.4.3 MTBF-Anwendung für die Ermittlung von anteiligen Instandhaltungskosten über der Lebensdauer (LCC)</b>	

### 3.4.3 MTBF-Anwendung für die Ermittlung von anteiligen Instandhaltungskosten über der Lebensdauer (LCC)

**Abb. 6.1** TCO-Angebotsliste für Bearbeitungszentren Specht 500 W aus dem Jahr 2001

Verhalten zum Vorschein. Im Problemfall drohten keine direkten Sanktionen oder gar Regress; bei Ford findet man etwa den folgenden Text in den R&M-Spezifikationen:

Eine Nichteinhaltung des Vertrags bzw. Nichtausarbeitung eines Maßnahmenkatalogs zur Einhaltung der ursprünglich vereinbarten Bedingungen, kann eine Berücksichtigung der Angebote eines Lieferanten für künftige Geschäfte gefährden.

Mit dieser auch heute noch praktizierten partnerschaftlichen Vertragsform gelang es Ford, schon zu früher Zeit mit den Lieferanten ein LCC-Management zu praktizieren, ohne diese in eine zu hohe Risiko-Situation zu treiben.

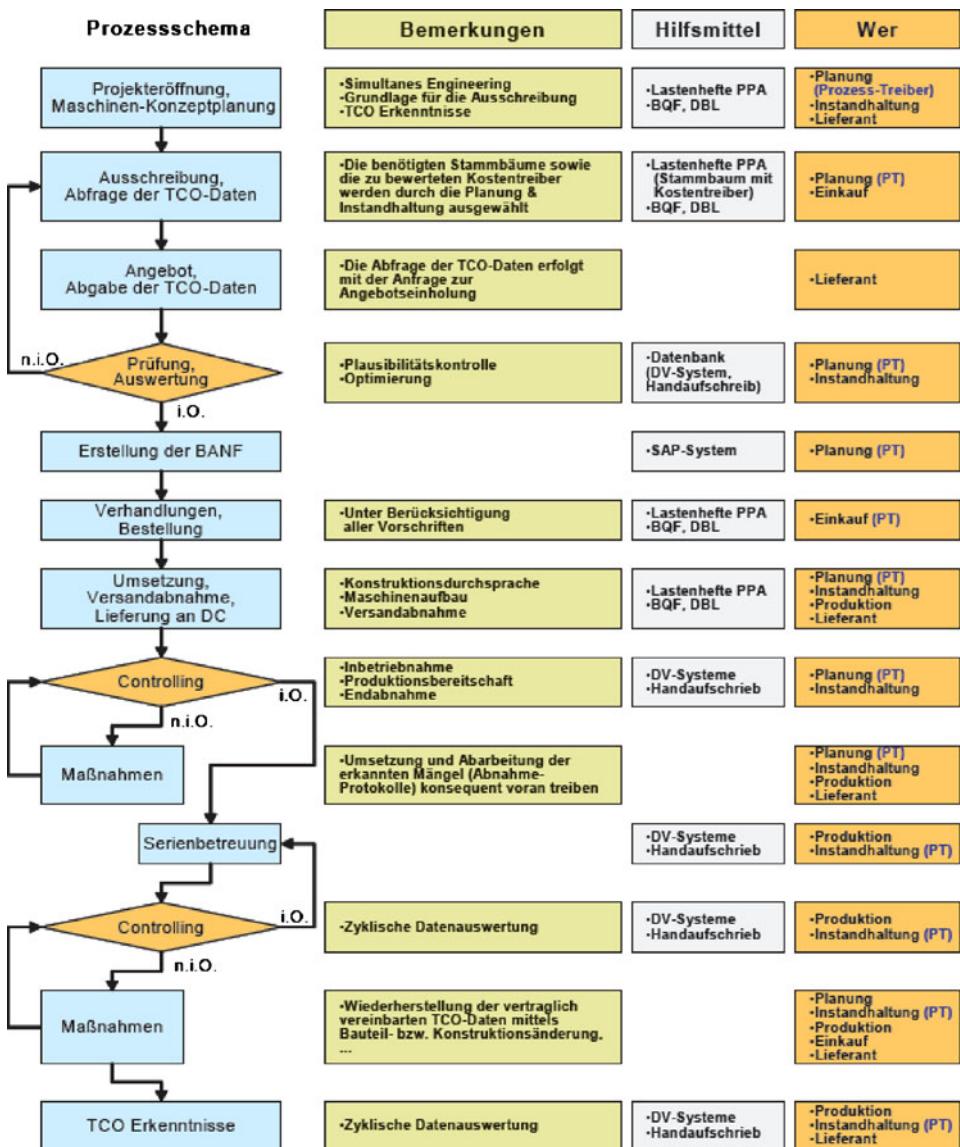
### 6.3.2 Daimler AG

Wesentlich strengere Regeln erlegt das LCC-Management der Daimler AG auf. Im Jahr 2002 wurde entschieden, Produktionsmittel künftig unter dem Verfahren TCO einzukaufen. Mittels eines EDV-geführten Controlling werden alle Folgekosten vor Vertragsabschluss in den TCO-Verträgen definiert. Dazu wurde eine umfangreiche Modifikation der bestehenden Lastenhefte getroffen und die TCO-Organisationsunterstützung mit dem Softwaresystem „TCOMS“ vom internen IT-Bereich in Zusammenarbeit mit externen IT-Dienstleistern entwickelt. Einher ging die Anwendung des intern entwickelten Datenerfassungssystems „PRISMA“, das Betriebsdaten mit einer bisher nicht bekannten Dichte und Qualität erfassen kann. Seit 2004 werden Produktionsmittel definierter Bereiche ab einem Wert von 200.000 € ausschließlich unter TCO-Bedingungen nach Ablauf gemäß Abb. 6.2 gekauft und betrieben.

Der TCO-Prozess beinhaltet eine ausführliche Vorbereitung vom Engineering bis zur Bestellung und eine strenge Stördaten-Ermittlung von Beginn der Produktion an. Hierfür muss ein hoher Aufwand an qualifizierter Störungserfassung geleistet werden. Die Mitarbeiter der Instandhaltung werden darauf zunehmend eingearbeitet, um den Verlauf der TCO-relevanten Störungen zu ermitteln und mit den Vorgaben der im Vertrag vereinbarten Werte in Beziehung zu bringen. Daraus ist ermittelbar, wie gut der Betriebsverlauf mit den Vertragsvereinbarungen übereinstimmt (Abb. 6.3). Eine Unterschreitung wird positiv zur Kenntnis genommen. Die im negativen Grenzfall von Überschreitungen anteilige Kostenübernahme durch den Lieferanten ist vertraglich vereinbart. Eine tatsächliche Verrechnung wurde bisher jedoch noch selten praktiziert.

Ein KVP-Prozess, der Hersteller und Betreiber einbezieht, zeigt auch hier gute Ergebnisse, die ohne TCO nicht in vergleichbarer Zeit zustande gekommen wären.

Das mit Perfektionsanspruch gestaltete TCO-Projekt verlangt heute einen sehr hohen Pflegebedarf über die gesamte Betriebszeit. Ob eine weitere Intensivierung der Fortbildung und der IT-System-Unterstützung zu einer aufwandsärmeren Lösung führt, muss die Zukunft zeigen.



**Abb. 6.2** TCO-Prozessschema Mercedes-Benz Powertrain (PT)

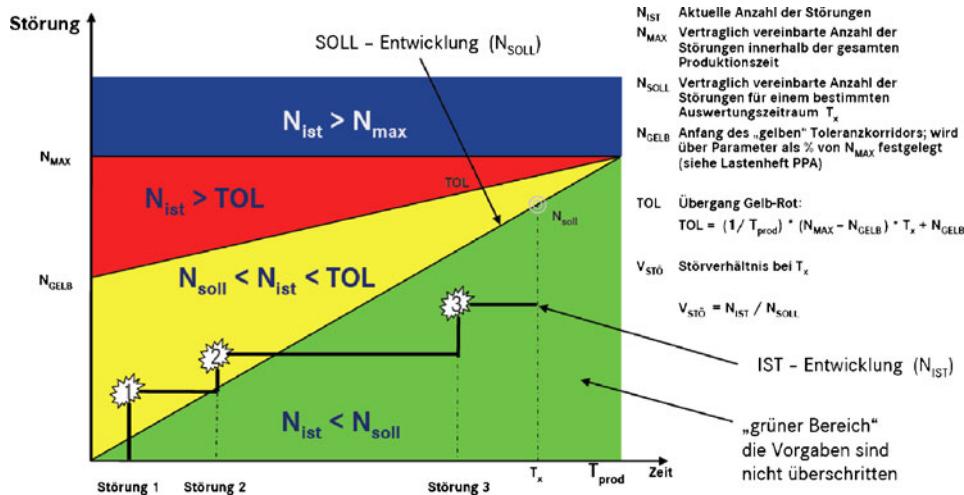


Abb. 6.3 Darstellungsschema der Störungen eines Produktionsmittels

### 6.3.3 Weitere Anwender

Bis heute sind weitere Anwender von LCC-Management hinzugekommen, meist aus der Automobil-Industrie. Einen Vergleich zeigt Abb. 6.4. Man kann ersehen, dass das Geschehen noch in Entwicklung ist.

Der Nutzfahrzeughersteller MAN sieht seine Life-Cycle-Performance-Kriterien durch intensive partnerschaftliche Service-Vereinbarungen mit den Lieferanten ausreichend bedient und verzichtet auf einen „radikalen“ LCC-Ansatz.

	Ford	Daimler Chrysler	FIAT	VW
Laufzeit	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	Keine Angabe
Gegenstand der Vereinbarung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MTBF*</li> <li>- MTTR*</li> <li>- MTBE*</li> <li>- Ersatzteile</li> <li>- Wartungsdaten der gesamten Maschine</li> <li>- FMEA*</li> <li>- Ausfalldatenanalyse</li> <li>- RHB-Kosten*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MTBF</li> <li>- MTTR</li> <li>- MCRP*</li> <li>- Ersatzteile</li> <li>- Wartungsdaten ausgewählter Kostentreiber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MTBF</li> <li>- MTTR</li> <li>- Ersatzteile</li> <li>der gesamten Maschine</li> <li>- FMECA*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instandhaltungskosten</li> <li>- RHB-Kosten</li> </ul>
Controlling	Ständige Überwachung über Betriebsdatenerfassung	½ - jährlich oder im Schadensfall	Einmaliges Treffen zwischen Fiat und Hersteller	Keine Angabe
Maßnahmen bei Nichteinhaltung	Frist zur Fehlerbehebung, dann Ausschluss als Zulieferer	Kostenaufteilungsmodell im Fall von Forderungen	Konstruktive Änderungen bis Vorgaben erreicht werden	Keine Angabe
Besonderheiten	Langfristige Bindung von Zulieferern erwünscht	Kostencontrolling über die Vertragslaufzeit	3 Jahre Garantie, FMECA ist Hauptmerkmal	Noch im Aufbau

Abb. 6.4 LCC-Strategie von verschiedenen Automobil-Firmen

Mittelständische Firmen sind, meist als Teilnehmer in geförderten Forschungsprojekten, in zunehmender Zahl mit dem Thema befasst. Sie nehmen in der Folge der vorgenannten Entwicklungen durch die Automobilhersteller die Vorteile des LCC-Managements wahr, die sie alleine nie hätten realisieren können. Eine weitere zunehmende Anwendung ist zu erwarten.

Im Vergleich von Schienenfahrzeugen hat sich bei Verkehrsbetrieben eine LCC-Analyse als sehr aufschlussreich erwiesen. Wie immer bei langlebigen Investitionsgütern zeigte sich auch hier eine große Streuung bei Investitions- und Folgekosten von Anbieter zu Anbieter.

---

## **6.4 Einsatzbeispiele von Lebenszyklusmanagement in der Entwicklung (Fall 2: Design to LCP)**

Progressive Entwickler und Hersteller von Produkten aller Art machen sich im Hinblick auf langfristige Ausrichtung das Instrument des LCC-Managements und des Design to LCP zu Nutze. Die folgenden Beispiele sind nur eine Auswahl und können als Best Practice gelten.

### **6.4.1 SEW Eurodrive Antriebe**

In vielen Anwendungen wird von der Antriebstechnik hohe Zuverlässigkeit und Langlebigkeit erwartet. Daneben sind Kosten- und Lebensdauerprognosen erforderlich, um im Markt ein hochwertiges Produkt angemessen honoriert zu bekommen. Durch frühzeitige Entwicklung der Produkte nach Design to LCP-Gesichtspunkten kann SEW Eurodrive schon seit einiger Zeit jeder Anforderung mit allen Fakten und Daten gerecht werden. Darüber hinaus konnte der weltweite Service durch die bessere Kenntnis der einzelnen Produkte optimiert werden.

### **6.4.2 Agfa Medizintechnik**

Ein Beispiel aus der Geräteentwicklung gibt das Haus Agfa, das im Jahr 2002 mit dem diagnostischen Drucker Drystar 5300 nach LCC-Gesichtspunkten begann. Obwohl dieses in der Entwicklung bereits fortgeschrittene Gerät nicht mehr alle Freiheitsgrade bot, entschloss man sich für eine begleitende LCC-Methodenanwendung durch eine Beratungsgesellschaft. Die Erkenntnisse aus diesem Prozess führten zu erheblichen Kosten einsparungen bei gleichzeitig höherer Zuverlässigkeit und Servicefreundlichkeit und einer Umorganisation des weltweiten Service. Künftige Entwicklungen werden von Anfang an „designed to LCP“.

### **6.4.3 MAG (Hüller Cross Ex-Cell-O) Werkzeugmaschinen**

Das genannte Beispiel der Ford-Werke war bei MAG-Powertrain der Einstieg in die LPC-Welt, die seit dieser Zeit fortgesetzt wurde. Die Zusammenarbeit mit Kunden und Instituten auf dem Gebiet der LCP findet auf hohem Niveau statt und ermöglicht, auf die Marktanforderungen individuell zu reagieren. Aus den daraus gewonnenen Erfahrungen werden die Maschinenkonzepte laufend erfolgreich weiterentwickelt.

### **6.4.4 Heller Werkzeugmaschinen**

Heller hat sich mit seinen Bearbeitungssystemen ebenfalls schon früh mit dem LCC-Management befasst und erkannt, welche Potenziale im intensiven Informationsaustausch mit den Betreibern liegen. Während die Kunden aus der Automobilindustrie vorwiegend mit – leider voneinander abweichenden – Kennzahlen (LCC-M, TCO) bedient werden, setzt Heller bei anderen Kunden auf eine kundenorientierte Servicekooperation. Neben hohen Verfügbarkeiten werden damit im „großen KVP-Kreis“ Informationen gewonnen, die sich sofort und in allen späteren technischen Lösungen bewähren.

### **6.4.5 EMAG Werkzeugmaschinen**

Beim Drehsysteme-Hersteller EMAG setzt das Management den umfassenden Denkrahmen für sämtliche Erfolgsfaktoren eines Lebenszykluskonzepts zur ganzheitlichen Berücksichtigung. Die wissenschaftlich fundierte Arbeitsweise wirkt auch hier direkt und nachhaltig in die Produktentwicklung hinein. Besondere Aufmerksamkeit wird der Ermittlung von Lastkollektiven zugewendet, einem bedeutenden Thema für die Lebensdauerbestimmung.

---

## **6.5 Zusammenfassung und Ausblick**

Die früher meist auf oberer Managementebene einander zugesagte Kooperation bei Beschaffung und Betrieb von Anlagen ist in der Praxis des Controllings kaum hilfreich gewesen. Zielvereinbarungen auf der Basis kostenorientierter Daten sind eben durch nichts zu ersetzen. Mit dem LCC-Management-Ansatz wird eine objektivierte Kommunikation bei Problemen durch alle Ebenen möglich, die im Betrieb und in der Instandhaltung zu erheblichen Fortschritten und positiven Entwicklungen führen.

Progressive Hersteller von Komponenten, Systemen und Anlagen haben die Potenziale von LCP längst erkannt und arbeiten mit hervorragendem Erfolg daran weiter. Wer sich heute diesen Aufgabenstellungen zugewendet hat oder jetzt dringend annimmt wird auf

Sicht einen Wettbewerbsvorteil erarbeiten, der ihn deutlich und in Verträgen sichtbar von der Konkurrenz unterscheidet.

Häufig besteht das Problem der Prozesslastbestimmung und -Aktualisierung. Ob es mittelfristig gelingen wird, die Mehrzahl dieser Lasten technisch zu erfassen steht dahin. Weiterhin gibt die Zuordnung der Störungsverursachung, die Datenerfassung und die entsprechende Behandlung bei Abweichungen Anlass zur Diskussion. Diese Themen werden die Forschung und Entwicklung noch etliche Jahre beschäftigen. Da objektive Verfahren nie für alle Probleme zur Verfügung stehen werden, liegt es bei den Vertragspartnern, insbesondere den Auftraggebern, mit einer positiven Vertragsgestaltung und Kommunikation die Vorteile des LCC-Managements zu nutzen und mit den Abweichungen bzw. Härten partnerschaftlich und mediativ umzugehen.

Insgesamt haben sich die Prozesse in der Produktion durch die Anwendung von LCC-Management weiter stabilisiert; die Anlagen haben ein höheres Qualitätsniveau. Die Instandhaltung muss seltener eingreifen und kann ungeplante durch geplante Einsätze ersetzen. Darüber hinaus wird eine bisher noch zu selten geübte Kommunikation weiter zu entwickeln und zu pflegen sein, insgesamt eine höhere Kulturstufe in der Zusammenarbeit von Hersteller und Betreiber von Produktionsanlagen. Diese Chance zur Win-Win-Situation sollten sich Hersteller wie Betreiber nicht entgehen lassen.

---

## Literatur

VDI-Richtlinie 2885 (2003-12) Einheitliche Daten für die Instandhaltungsplanung und Ermittlung von Instandhaltungskosten – Daten und Datenermittlung. Beuth-Verlag, Berlin

VDI-Richtlinie 4004 Blatt 4 (1986-07) Zuverlässigkeitsskenngrößen; Verfügbarkeitskenngrößen. Beuth-Verlag, Berlin



# Entwicklung und methodische Verbesserung der Arbeitssicherheit in der Instandhaltung

7

Marek Galinski und Andreas Hennen

## Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt am Beispiel der Hüttenwerke-Krupp-Mannesmann GmbH die Analyse des aktuellen Unfallgeschehens und die darauf basierende Entwicklung bereichsspezifischer Methoden zur Verbesserung. Die Methodenansätze lösen sich keinesfalls ab, sie bauen aufeinander auf und involvieren unterschiedliche Anwendergruppen.

## 7.1 Einleitung

Die Hüttenwerke Krupp Mannesmann gehören zu den führenden Stahlherstellern in Europa. Die Instandhaltung ist einerseits den Anlagen vor Ort zugeordnet, andererseits gibt es für werksweite bzw. spezielle Themen eine zentrale Instandhaltung. Die im Folgenden beschriebenen Methoden wurden für das gesamte Unternehmen entwickelt, jedoch je nach Organisationseinheit unterschiedlich adaptiert und unterschiedlich intensiv verfolgt. Die zentrale Instandhaltung hat insbesondere in den letzten 20 Jahren der Arbeitssicherheit einen hohen Stellenwert beigemessen, und hervorragende Ergebnisse erzielt. So ist die Unfallhäufigkeit in der zentralen Instandhaltung von damals ca. 30 anzeigenpflichtigen Unfällen pro eine Million verfahrener Stunden in 2009 zum ersten Mal auf Null gesunken!

---

M. Galinski

Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH  
Ehinger Straße 200, 47259 Duisburg, Deutschland  
E-Mail: Marek.Galinski@hkm.de

A. Hennen (✉)

Leiter Arbeitssicherheit, Abt. PG-A, Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH  
Ehinger Straße 200, 47259 Duisburg, Deutschland  
E-Mail: Andreas.hennen@hkm.de

Bis heute konnte dieses hervorragende Ergebnis in den Jahren 2010 und 2015 wiederholt werden.

Der Schwerpunkt des Beitrags liegt auf der Erläuterung der Ansatzpunkte mit denen die Ergebnisse erreicht wurden und der Darstellung der Methoden incl. der Anpassung an die veränderten Ansatzpunkte in den betroffenen Bereichen. Die beschriebenen Methoden sind in der zentralen Instandhaltung der Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH so angewendet worden.

## 7.2 Unfallentwicklung 1970 bis heute

Um 1970 lag die Unfallhäufigkeit (UH) im Unternehmen bei ca. 100 anzeigenpflichtigen Unfällen pro eine Million verfahrener Stunden. Das bedeutete ca. 5 bis 6 anzeigenpflichtige Arbeitsunfälle pro Tag. In 2008 betrug die UH 2,4 anzeigenpflichtige Unfälle pro eine Million verfahrener Stunden. In Abb. 7.1 sind die einzelnen Unfallhäufigkeitswerte seit 1970 (Punktwerte) dargestellt, sowie die angedeuteten Entwicklungen (Tendenz). Charakteristisch ist hierbei, dass sich mit einem Methodenansatz positive Entwicklungen einleiten lassen, worauf aber eine Stagnation folgt. Hier hat der gewählte Ansatz anscheinend seine Wirkgrenzen erreicht. Bei den Hüttenwerken Krupp Mannesmann (HKM) wurden drei

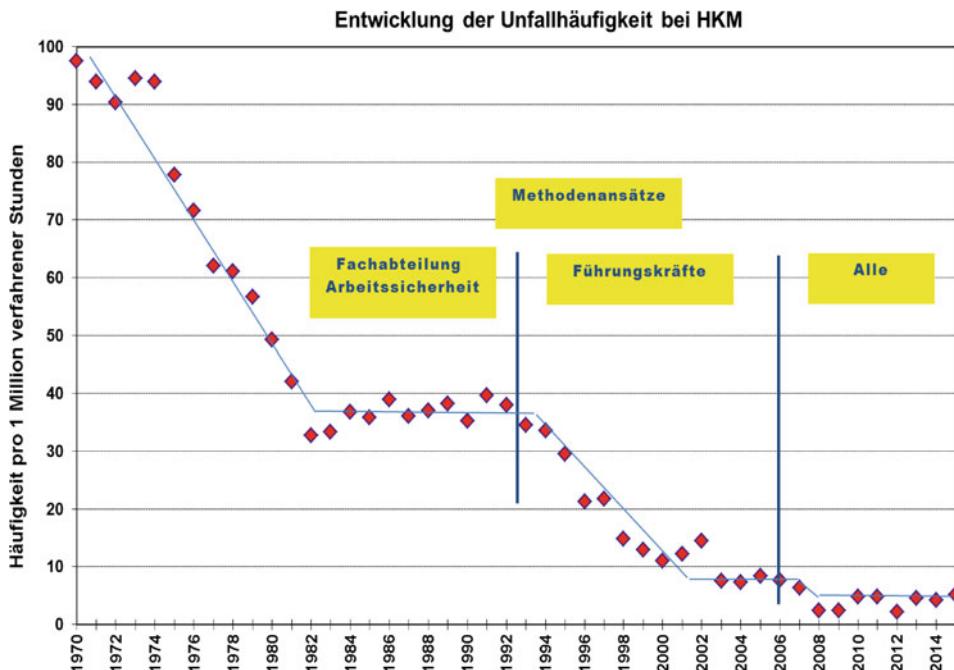


Abb. 7.1 Unfallentwicklung und Methodenansätze bei HKM

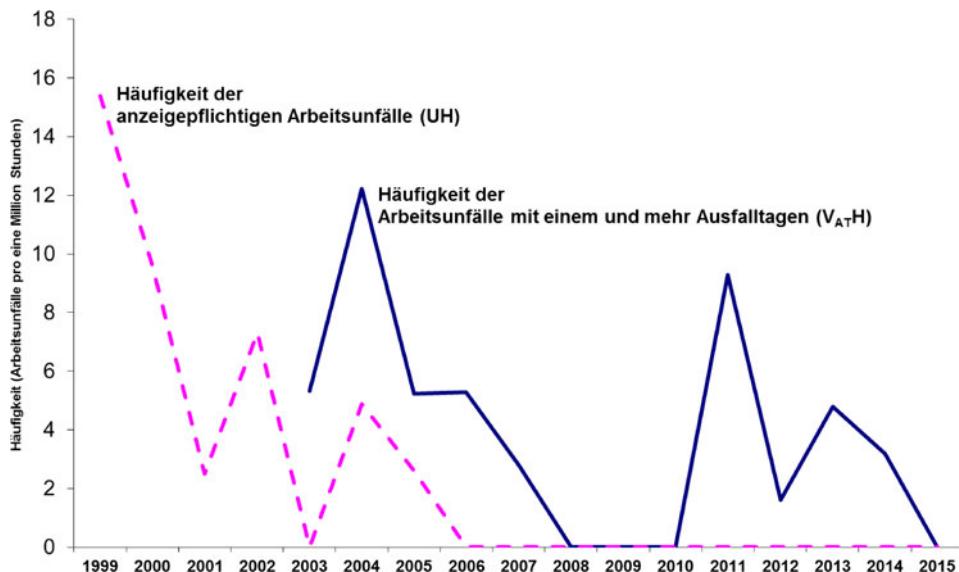


Abb. 7.2 Unfallentwicklung im Bereich der zentralen Instandhaltung

Methodenansätze angewendet, die mit zwei vertikalen Linien voneinander getrennt dargestellt sind.

Im Methodenansatz „Fachabteilung Arbeitssicherheit“ sind die Fachkräfte für Arbeitssicherheit die „Macher“. Es folgt der Ansatz „Führungskräfte“ in dem die betrieblichen Vorgesetzten die Sicherheitsarbeit bestimmen und ausgestalten. In dem Ansatz „Alle“ werden Mitarbeiter, die bisher nur als „Konsumenten“ der Sicherheitsarbeit aufgetreten sind, aktiviert. Einzelheiten zu den Methodenansätzen werden im Folgenden beschrieben. Die Jahreszahlen verstehen sich als Orientierung und nicht als scharfe Grenze, weil die Entwicklung(-sgeschwindigkeit) in den organisatorischen Einheiten unterschiedlich ist.

Die Unfallentwicklung in der zentralen Instandhaltung eilt der Entwicklung der HKM voraus (siehe Abb. 7.2). Die im Vergleich zu HKM starken Veränderungen der Häufigkeit sind auf die kleinere Stundenzahl zurückzuführen.

### 7.3 Die Ansatzpunkte in der Sicherheitsarbeit

Die Methodenansätze lösen sich keinesfalls ab, sie bauen aufeinander auf. Die angewandten Methoden werden modifiziert und dem verfolgten Ansatz angepasst. Ein Überspringen einer dieser Phasen würde sich wahrscheinlich in der Praxis nicht als zielführend bzw. erfolgsversprechend erweisen.

### **7.3.1 Ansatzpunkt: Abteilung Arbeitssicherheit ist „Motor“ der Unfallverhütung (1970–1993)**

In der Ausbildung von Vorarbeitern und Meistern sowie Qualifizierungsmaßnahmen der Sicherheitsbeauftragten oder Informationsveranstaltungen für neue Ingenieure stelle ich als Fachkraft für Arbeitssicherheit gerne die Frage: „Wer ist für die Arbeitssicherheit verantwortlich?“. Vor zwanzig Jahren war die Antwort oft „Die Abteilung Arbeitssicherheit!“. Das war wahrscheinlich eine der Auswirkungen des damaligen Methodenansatzes.

Die hier dargestellte Vorgehensweise wurde damals zusammen mit der Mannesmann AG und im Rahmen von Forschungsprojekten der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) in den 70er-Jahren entwickelt. In den Methoden wurde grob unterschieden zwischen der indirekten Gefährdungsbeurteilung (nach einem Unfallereignis) und der direkten Gefährdungsbeurteilung (Aktivitäten, die ergriffen werden, ohne dass ein Unfallereignis stattgefunden hat). Dieses System hat bis 1982 gut funktioniert und die Unfallhäufigkeit von ca. 100 auf Werte unter 40 gesenkt, dann stagnierten die Zahlen bei Werten zwischen 30 und 40. Hier einige typische Methoden aus dieser Zeit:

#### **Technische Optimierung/Arbeitsplatzgestaltung**

Die Beschaffenheitsforderungen für Maschinen und Anlagen waren in verschiedenen staatlichen Vorschriften gestreut. Eine wesentliche Hilfe boten die Unfallverhütungsvorschriften (UVV). Auch die Sicherheitseinrichtungen waren auf einem anderen Niveau als heute. So wurden die Neuanschaffungen und Umbauten im Sinne der Funktion von den Abteilungen getätigt. Für die Beurteilung der Arbeitssicherheit wurde die Fachkraft für Arbeitssicherheit eingeschaltet. Sie legte im Wesentlichen die Sicherheitsmaßnahmen fest.

Bei der Gestaltung der Arbeitsplätze wurden neben den Fachkräften für Arbeitssicherheit eigene Ergonomen beteiligt.

Der Betrieb hat sich beraten lassen und die vereinbarten Maßnahmen, oft mit tatkräftiger Unterstützung der Arbeitssicherheitsabteilung umgesetzt. Als Orientierung und Festlegung von internen Standards wurden Arbeitshilfen und werkweite Regelungen von der Arbeitssicherheitsabteilung ausgearbeitet (siehe Abb. 7.3).

#### **Persönliche Schutzausrüstung**

Persönliche Schutzausrüstung (PSA) ist bis heute ein Dauerthema, obwohl sie mittlerweile im Unfallgeschehen keine Rolle mehr spielt. Zu dieser Zeit war es die Aufgabe der Arbeitssicherheit die Notwendigkeit zu erkennen, auf Anforderung eine geeignete PSA zu finden oder mit dem Hersteller eine passende zu entwickeln. Das war in den Zeiten, als es noch keine CE-Kennzeichnung und keine Konformitätsbescheinigung gab, wesentlich einfacher. Die Auswahl war jedoch erheblich geringer. Es Entstand ein PSA-Katalog mit bewährten Lösungen für das gesamte Unternehmen. Die einzelnen organisatorischen Einheiten legten dann – auf der Basis des PSA-Katalogs – für bestimmte Personengruppen (z. B. Schlosser, Schweißer, Elektriker) fest, welche PSA zu benutzen ist (siehe Abb. 7.4).

Ergonomische Standards für Neu- und Umbauten		
<b>1 Anforderungen an Büroräume</b>		
<b>1.1 Platz- und Raumgrößen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundfläche mind. 8 m<sup>2</sup> (Büros mind. 8 - 10 m<sup>2</sup>, Großraumbüros mind. 12 - 15 m<sup>2</sup> je Platz; für Bildschirm-Arbeitsplätze gelten die oberen Werte)</li> <li>- Mindestluftraum 12 m<sup>3</sup> pro Arbeitnehmer</li> <li>- Mindesthöhe 2,50 m (bis 50 m<sup>2</sup>); 2,75 m (bis 100 m<sup>2</sup>); 3,00 m (bis 2000 m<sup>2</sup>)</li> <li>- Freie Bewegungsfläche pro Arbeitnehmer mindestens 1,5 m<sup>2</sup>; nicht weniger als 1 m breit</li> </ul>		ArbStättV § 23 ZH 1/535 ZH 1/618
<b>1.2 Licht und Beleuchtung</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sichtverbindung ins Freie (Fenster in Augenhöhe mit Abschirmung gegen Sonneninstrahlung)</li> <li>- Fensterfläche mindestens 1/10 der Grundfläche</li> <li>- Nennbeleuchtungsstärke: 300 bis 500 Lux; Großraumbüros 750 Lux; Zeichenbüros 1000 Lux</li> <li>- Besondere Sorgfalt ist in Verbindung mit der Beleuchtungsplanung auf die farbliche Gestaltung der Räume zu richten</li> </ul>		ArbStättV § 7, 9 ASR 7/1  ASR 7/3 DIN 5035
<b>1.3 Heizung, Lüftung, Klima</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftgeschwindigkeit bei 20°C &lt; 0,2 m/s; Luftwechsel 20 - 40 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Luftfeuchtigkeit bei 20°C max. 80 %; bei 22°C max. 70 %; bei 24°C max. 60 % und bei 26°C max. 55 %</li> <li>- Temperatur 20 - 21°C, max. 26°C</li> </ul>		ArbStättV § 5 ASR 5  ArbStättV § 6 ASR 6/1, 3
<b>1.4 Lärm</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schallpegel so niedrig wie möglich: Beurteilungspegel max. 55 dB(A), Betriebsbüros max. 70 dB(A)</li> <li>- Die Oberflächengestaltung von Wänden, Decken, Böden und Büroeinrichtungen hat großen Einfluss auf die Raumakustik (Reflexionen, Schall-Absorption, Nachhallzeit etc.)</li> </ul>		ArbStättV § 15 VDI 2058
<b>1.5 Raumausstattung</b>		
<b>1.5.1 Büroarbeitsplätze</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bürodrehstuhl z.B. DRABERT 6 C(L) bei zeitweise sitzender Tätigkeit; Bürodrehstuhl z.B. DRABERT entrada V(L) bei überwiegend sitzender Tätigkeit (&gt; 4 Stunden)</li> </ul>		ArbStättV § 25 ASR 25/1 ZH 1/535

**Abb. 7.3** Ergonomische Standards für die Gestaltung

## Betriebsanweisungen

Im Bereich der Betriebsanweisungen haben die Fachkräfte für Arbeitssicherheit viel Unterstützung angeboten. Letztendlich wurden die meisten sicherheitsrelevanten Betriebsanweisungen von der Arbeitssicherheit entworfen, mit dem Betrieb abgestimmt, verteilt (auch an andere betroffene organisatorische Einheiten) und archiviert. Die Mappen mit den Betriebsanweisungen wurden vor Ort von der Abteilung Arbeitssicherheit auf Stand gehalten.

## Unfalluntersuchung

In der Zeit mit 5 bis 6 anzeigenpflichtigen Unfällen pro Tag war die indirekte Gefährdungsbeurteilung eines der effizientesten und effektivsten Möglichkeiten zur Unfallvermeidung.

**Abb. 7.4** Festlegung der PSA im Betrieb

Unter der Federführung der Fachkraft für Arbeitssicherheit wurden systematisch die Unfälle erfasst, untersucht, die Ursachen ermittelt, Schutzziele festgelegt, dem Vorgesetzten Maßnahmen vorgeschlagen und mit ihm festgelegt sowie die Durchführung und Wirkung der Maßnahmen kontrolliert und dokumentiert. Die Zielsetzung war Wiederholungsunfälle zu vermeiden und Unfallschwerpunkte zu erkennen. Die übertragbaren Informationen wurden durch die Abteilung Arbeitssicherheit weiter gegeben. Mindestens monatlich wurden Auswertungen nach unterschiedlichsten Gesichtspunkten erstellt und mit den Betrieben kommuniziert, Aktivitäten vereinbart und in vielen Fällen durch die Arbeitssicherheit durchgeführt.

Hier ein Beispiel: In der Auswertung hat sich gezeigt, dass *Hantieren* ein Unfallschwerpunkt ist. Mit Hilfe von Taschenkarten (siehe Abb. 7.5) wurden die festgelegten Sicherheitsregeln z. B. in Unterweisungen oder Besprechungen vermittelt und kontrolliert.

Die indirekte Gefährdungsbeurteilung hat jedoch einen systemimmanenten Fehler. Für eine gute Auswertung werden Unfälle benötigt. Je mehr Unfälle berücksichtigt werden, umso besser die Auswertung. Je besser die Auswertung, desto gezielter können Unfallvermeidungsmaßnahmen ergriffen werden. Dann stehen aber für die erneute Auswertung weniger Unfälle zur Verfügung. Die Auswertung wird ungenauer. Um mehr Unfälle für die Auswertung zur Verfügung zu haben, wurde das berücksichtigte Zeitfenster vergrößert. Der Zeitraum für die Auswertung kann jedoch nur begrenzt ausgeweitet werden, denn so können auch schon mal Unfallschwerpunkte z. B. Tätigkeiten ermittelt werden, die nicht mehr gemacht werden.

### Betriebssicherheitsausschüsse

Die offizielle Kommunikation zur Arbeitssicherheit fand in dem jeweiligen Betriebssicherheitsausschuss (BSA) einer organisatorischen Einheit ein Mal pro Quartal statt. Beteiligt waren – nach Vorbild des Arbeitsschutzausschusses – die betrieblichen Vorgesetzten, Sicherheitsbeauftragte, Betriebsrat und die Arbeitssicherheit. Die Sitzung wurde vom Betriebsleiter geleitet. Der Redeanteil lag je nach Betrieb zwischen 60 und 80 % bei der Fachkraft für Arbeitssicherheit. Vorgestellt wurde die Statistik, die Unfälle und die Auswertungen. Die Aktivitäten wurden hier beschlossen. Die Maßnahmenliste, die von der Arbeitssicherheit geführt wurde, war ebenfalls ein fester Bestanteil der Besprechung. Je nach Betrieb waren das 1 bis 3 h mit 15 bis 30 Teilnehmern.

### Unterweisungen

Jeder neuer Mitarbeiter wurde anhand einer Checkliste, die ihm von der Personalabteilung ausgehändigt wurde, im Betrieb unterwiesen. Diese Liste wurde dann in seiner Personalakte hinterlegt.

Die Wiederholungsunterweisungen zur Sicherheit wurden von den Meistern des Betriebes durchgeführt. Die Unterweisungsinhalte und -hilfen wurden von oder unter Mitwirkung der Arbeitssicherheit erstellt. Teilweise hatte die Fachkraft für Arbeitssicherheit die Unterweisung durchgeführt, weil der Meister neu in seiner Position war oder ein neues,



## ***Begehungskarte „Hantieren“ (Hauptwerkstatt)***



Segment/Gruppe:	Datum:	Punkte :)	
<b><u>Hantieren mit Werkstücken/Bauteilen (Ein-/Ausbau, Lagerung)</u></b>			
– Schutzhandschuhe tragen	0	1	2
– Teile sicher lagern (gegen Kippen/Umfallen/Herabfallen/Verrollen)	0	1	2
– Bewegliche Teile festsetzen/unterbauen	0	1	2
– Quetschfrei fassen (bewußt auf Hand-/Fingerfreiheit achten)	0	1	2
<b><u>Transport von Werkstücken (von Hand, mit Hebezeugen/Kranen)</u></b>			
– Schwere Teile zu zweit oder mit Kran/Stapler bewegen	0	1	2
– Auswahl der richtigen/geeigneten Lastaufnahmemittel	0	1	2
– Haken/Ringe von außen fassen	0	1	2
– Anschlagmittel oberhalb der Last führen	0	1	2
– Sicherheitsabstand einnehmen	0	1	2
<b><u>Arbeiten an Vorrichtungen/Maschinen (z.B. Pressen)</u></b>			
– Geeignete Arbeitshaltung/sicherer Standplatz einnehmen	0	1	2
– Geräte/Stempel abrutschsicher ansetzen/führen (flächig/mittig)	0	1	2
– Hände außerhalb des möglichen Quetschbereiches halten	0	1	2
– Späne nur mit geeigneten Hilfsmitteln entfernen	0	1	2
<b>Bemerkungen:</b>		Punkte erreicht:	
		Punkte max.:	
		Erfüllungsgrad:	
TA-FH:	PG-WA:	BR:	

**Abb. 7.5** Taschenkarte „Hantieren“

unbekanntes Thema anstand. Die Ingenieure wurden im Rahmen der Wiederholungsunterweisung nicht erfasst.

### **7.3.2 Ansatzpunkt: Arbeitssicherheit ist Führungsaufgabe**

Etwa 10 Jahre Stagnation in der Unfallentwicklung vor 1993 machten deutlich, dass mit dem bisherigen Ansatz Unfallhäufigkeiten unter 30 anzeigenpflichtigen Unfällen pro eine Million Stunden in unserem Hüttenwerk nicht möglich sind. Es musste ein Methoden-

sprung her. Es wurde klar, dass mehr Sicherheit über die Linie eingebracht werden muss oder „**Sicherheit kommt von ‚oben‘, oder sie kommt gar nicht**“. Die Rolle der betrieblichen Vorgesetzten wandelte sich vom „sich informieren“, „Fachleute beauftragen“, „Unterstützung einfordern“ und „Empfehlungen aufgreifen“ in eine aktiver Rolle. Diejenigen, die sich bereits aktiv in die Sicherheitsarbeit eingebracht haben, wurden bestätigt und nun auch mehr in der Linie unterstützt. Die Erfolge ließen nicht lange auf sich warten. Das war auch ein wichtiger Motivationsschub, weil es für die betrieblichen Vorgesetzten viel mehr in der Sicherheitsarbeit zu tun gab. Die Herausgabe des Sicherheitsleitbildes durch die Geschäftsführung markiert den Beginn dieses Ansatzes. Die Grundsätze des Sicherheitsleitbildes bei HKM sind (siehe auch HKM 2000, S. 4):

- Arbeitsbedingte Verletzungen und Erkrankungen sind vermeidbar!
- Jeder Mitarbeiter trägt Verantwortung für die Sicherheit!
- Die Geschäftsführung schafft die Grundlagen für eine erfolgreiche Sicherheitsarbeit!
- Führungskräfte sind Vorbild und nehmen übertragene Pflichten verantwortlich wahr!
- Systematische Aktivitäten zur Sicherheit und Gesundheit sind betriebliche Aufgaben!
- Die sichere Gestaltung der Arbeit ist Voraussetzung!
- Die Einbeziehung aller Mitarbeiter ist Bedingung!
- Alle Hinweise auf Gefährdungen sind für die Ableitung von Sicherheitsmaßnahmen zu nutzen!
- Die Führungskräfte entwickeln die Sicherheitskonzepte mit Unterstützung der Sicherheitsfachkräfte und Betriebsärzte kontinuierlich weiter!
- Für Fremdfirmen gelten gleiche Sicherheitsstandards wie für HKM!

Die sicherheitsrelevanten **Betriebsanweisungen** werden nun von den Betrieben selbst erstellt und verwaltet. Die Arbeitssicherheit wird soweit erforderlich in die Erstellung eingebunden. Seit der Einführung des integrierten Managementsystems in 2003 werden prozessorientierte Anweisungen erstellt, die auch sicherheits- und umweltrelevante Inhalte enthalten. Betriebsanweisungen mit nur sichertechnischem Inhalt sind weniger geworden.

Die **Wiederholungsunterweisungen** werden nun auch für Führungskräfte von den jeweiligen Vorgesetzten durchgeführt. Hier sind Unterweisungshilfen z. B. zur Pflichtenübertragung neu entstanden.

Die **Unfalluntersuchung** wird von den betrieblichen Vorgesetzten durchgeführt (mit Unterstützung und nicht unter Federführung der Arbeitssicherheit). Die Dokumentation wird zwar noch von der Abteilung Arbeitssicherheit geführt, jedoch die Berichterstattung in der Linie sowie Kommunikation im Betrieb ist Führungsaufgabe. Die Geschäftsführung wird zeitnah informiert und kann sich gezielt im Betrieb bei der jeweiligen Führungskraft informieren.

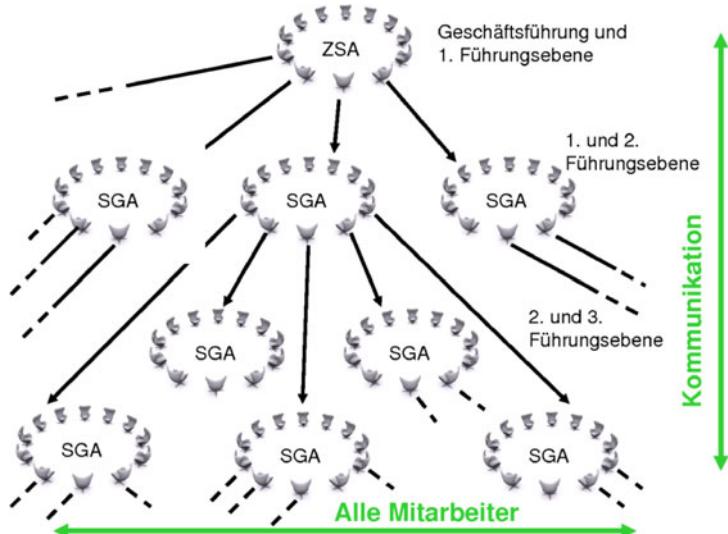
Zusammen mit der Arbeitssicherheit wurden neue Methoden gesucht das Verletzungs-geschehen zu reduzieren. Im Folgenden werden die wahrscheinlich erfolgreichsten Aktivitäten vorgestellt.

## Arbeitsschutzzsitzungen in der Linie

Das alte System der Betriebssicherheitsausschüsse in den organisatorischen Einheiten wurde abgelöst durch Kommunikation in der Linie. Ab diesem Zeitpunkt sind alle Mitarbeiter integriert und die Informationen können von oben nach unten und umgekehrt monatlich fließen. Die Systematik ist relativ einfach. Die Geschäftsführung tagt mit der ersten Führungsebene einmal pro Monat. Das ist der Zentrale Sicherheitsausschuss (ZSA). Die Führungskräfte der ersten Ebene setzen sich dann mit ihren direkten Mitarbeitern der zweiten Führungsebene zusammen und bilden den Sicherheits- und Gesundheitsschutzausschuss (SGA). Die Mitarbeiter der zweiten Führungsebene setzen sich folgend ebenfalls mit ihren Mitarbeitern zusammen und bilden weitere SGAs usw. (siehe Abb. 7.6). So werden alle Mitarbeiter in den Produktions- und Instandhaltungsbereichen in ca. 150 SGAs monatlich erreicht. Die Inhalte sind: Aktuelle und besondere Themen, Informationen aus dem ZSA und den anderen SGAs, Statistik sowie Maßnahmenliste. In vielen SGAs wird auch die Wiederholungsunterweisung durchgeführt. Ursprünglich für die Arbeitssicherheit eingeführt, hat sich dieses System zu einem Top Kommunikationssystem für Themen des Integrierten Managementsystems entwickelt.

## Arbeitsschutzziele

Für die jeweiligen organisatorischen Bereiche wurden realistische Ziele abgeleitet. Natürlich soll jeder Unfall vermieden werden, aber eine Zielsetzung „Null Unfälle“ wäre 1996 bei 300 Unfällen, wovon 100 anzeigenpflichtig waren, nicht besonders motivierend, wenn im Februar des Folgejahres klar wäre, dass das Ziel nicht mehr erreicht werden kann. Die ersten Ziele wurden unter Moderation der Arbeitssicherheit der Geschäftsführung vorge-



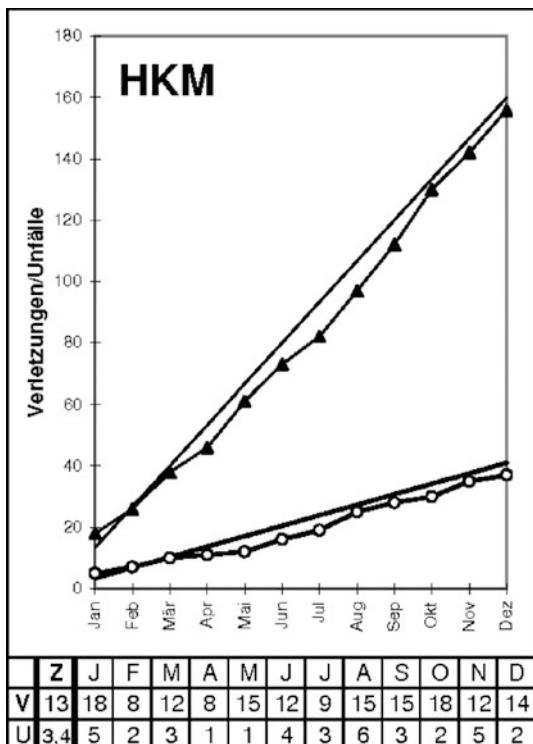
**Abb. 7.6** Kommunikationssystem in der Linie (Ausschusssystem)

schlagen, die dann nach Rücksprache mit dem Betrieb die Ziele festsetzte. Diese Ziele wurden dann auf die zugeordneten organisatorischen Einheiten weiter aufgeteilt. Hier ein Beispiel aus dem Jahre 2004: Für das gesamte Unternehmen war die Zielsetzung (Z) maximal 160 Arbeitsunfälle (V) und maximal 41 anzeigenpflichtige Arbeitsunfälle (U) im gesamten Jahr. Für die zentrale Instandhaltung war die Zielsetzung maximal 9 Arbeitsunfälle davon keine anzeigenpflichtig. Die Abb. 7.7, 7.8 und 7.9 verdeutlichen den damaligen Zustand.

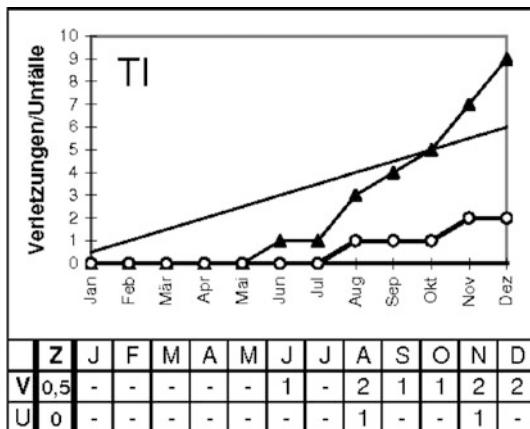
In den letzten Jahren wurde als Zielgröße die Anzahl der Arbeitsunfälle mit Ausfalltagen ( $V_{AT}$ ) gewählt.

Die Zielfestlegung in 2007 erfolgte nach einer anderen Systematik. Als Zielgröße wurde die Häufigkeit der Arbeitsunfälle mit Ausfalltagen pro eine Million verfahrener Stunden ( $V_{ATH}$ ) gewählt. Dann wurde das beste Ergebnis für sechs zusammenhängende Monate in den letzten drei Jahren ermittelt und als Ziel für 2010 beschlossen. Für das Unternehmen wurde das Ziel von maximal 5,8 Arbeitsunfällen mit Ausfalltagen pro eine Million Stunden festgelegt und für die einzelnen organisatorischen Einheiten wurden dann Ziele auf der Basis der maximalen Anzahl von Verletzungen mit Ausfalltagen ( $V_{AT}$ ) abgeleitet.

**Abb. 7.7** Zielverfolgung für das Unternehmen (Jahr 2004)



**Abb. 7.8** Zielverfolgung für die zentrale Instandhaltung (Jahr 2004)



**Abb. 7.9** Legende für die Zieldarstellungsdiagramme

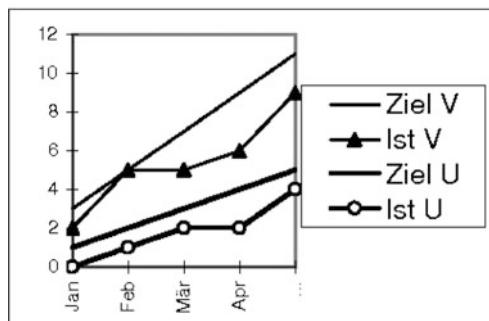
### Legende

#### für die Tabelle

V: alle Verletzungen (Gesamtbelegschaft)

U: davon anzeigenpflichtige Unfälle (> 3 AT)

Z: mtl. Zielzahlen



Die zentrale Instandhaltung hatte für 2008 eine Zielzahl von  $\leq 1 V_{AT}$ . Mit  $0 V_{AT}$  wurde das Ziel erreicht. Die Instandhaltung in den Betrieben hat gemeinsame Ziele mit der Produktion als eine organisatorische Einheit.

### Einbindung und Motivation der Mitarbeiter

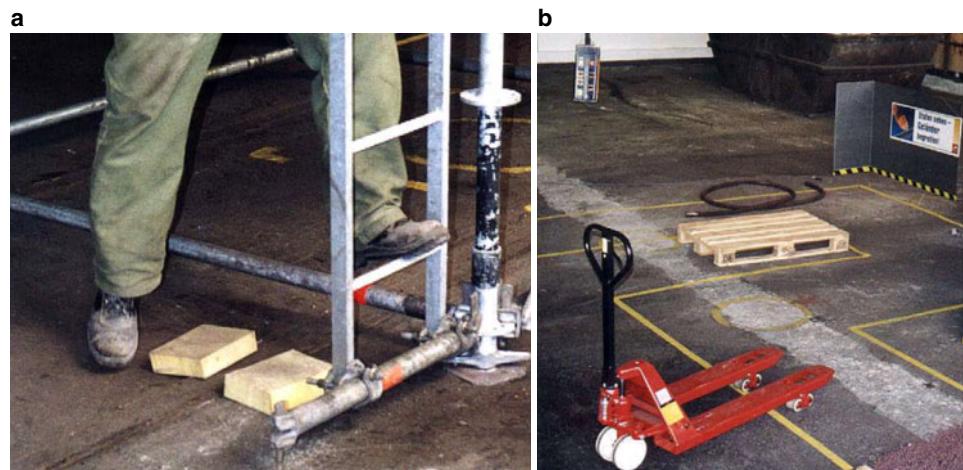
Der Unfallschwerpunkt *Gehen und Steigen* sollte aufgegriffen werden, und es wurde nach einer geeigneten Umsetzung gesucht. Mit Unterstützung eines externen Beraters wurde dann eine Aktion „Stolperstopp“ durchgeführt. Die Aktion erstreckte sich über 10 Wochen.

Zunächst wurden (Plakate – das Größte so groß wie eine Hallentoreinfahrt) mit der Botschaft „Stolperstopp kommt“ aufgehängt. Das führte zu vielen Gesprächen in der

Mannschaft und weckte Neugierde. Es war für einige Tage das Thema Nr. 1. Die Führungskräfte waren informiert und konnten Auskunft geben, was jetzt kommt.

In der folgenden Woche wurde die Spannung nochmals erhöht, jetzt kamen Betriebsfremde und bauten einen Stolperparcours auf. Die Mitarbeiter wurden in 15 Gruppen á 20 bis 30 Mitarbeiter eingeteilt und innerhalb einer Woche durch den Parcours geführt. Nach der Neugierde in der Woche davor waren die Mitarbeiter etwas irritiert, als sie die Einladung in einen Parcours erhielten, aber nach der Veranstaltung wollten die Meisten sofort anfangen. Was war geschehen? Abb. 7.10 zeigt Ausschnitte des Gehwegs mit Stolperstellen, den die Mitarbeiter beschreiten sollten, aber mit einer packenden Moderation. Auf einer Karte sollte dann jeder die Stolperstellen aufschreiben und wer mindestens 5 von 10 möglichen gefunden hat, konnte etwas gewinnen. Zwischendurch wurden von den Teilnehmern die Stolperstellen beseitigt, was vom Moderator aufgegriffen wurde (incl. einer Belohnung z. B. in Form eines Taschenmessers).

Insgesamt gesehen war es eine Veranstaltung, die den Beteiligten viel Spaß bereitete, Augen für mögliche Stolperstellen öffnete und zum aktiven Beseitigen von Stolperstellen animierte. Nebenbei war *Gehen und Steigen* als Thema „salonfähig“ geworden und nicht mit dem Satz „mach' ich schon seit 40 Jahren, kein Thema“ beendet. Diese Stimmung galt es in den folgenden Wochen zu halten. Die Mitarbeiter sollten auf Karten Stolperstellen melden, wobei im Vordergrund stand, „Was kann ich selbst tun und wenn ich die Stelle nicht beseitigen kann, dann zumindest kennzeichnen und melden.“ Die Meldekarten kamen in eine Lostrommel und ca. 20 Preise wurden ausgelobt. Es folgten viele begleitende Maßnahmen, die hier nicht detailliert beschrieben werden können. Exemplarisch soll hier der wöchentlich ausgegebene „Fahrplan“ einen Eindruck verschaffen (siehe Abb. 7.11).



**Abb. 7.10** Aufnahmen aus dem Stolperparcours

# StolperStopp



Info 24.KW

Nach der Startveranstaltung im Parcour geht es jetzt richtig zur Sache.

wer	was
alle	Relevante Stolperstellen <b>finden</b> , gelb <b>markieren</b> , Postkarte <b>schreiben</b> und in den gelben Kasten <b>einwerfen</b> . Die Gruppe mit den meisten Karten gewinnt ein Essen.
Sicherheits-beauftragte	Bei der Erstellung von Karten und Prüfung von Maßnahmen beraten.
Meister / Betreuer	Karten <b>sichten</b> , Karten aus anderen Gruppen weiterleiten, Maßnahme in einer Liste <b>erfassen</b> , Stolperstelle <b>begutachten</b> , <b>Maßnahmen festlegen</b> ggf. bei Problemen Einreicher informieren.
Betriebsleiter	Aktion StolperStopp in <b>Sicherheitsbegehungen</b> einbinden. Bodenplakate und Schilder für Handläufe anbringen.
Arbeits-sicherheit	Plakate „Gipsbein“ anbringen. Muster für Aufgaben-/ Maßnahmenliste erstellen Briefkästen verteilen Verlosung und Preisverleihung organisieren

**Abb. 7.11** Wöchentliche Information für die 24. KW

**Abb. 7.12** Tischkarte



Der Erfolg war wahrscheinlich auf das **aktive Einbinden der Mitarbeiter** und die **lange Dauer der Maßnahme** zurückzuführen. Das Thema war ebenfalls durch „Kleinigkeiten“ wie z. B. Tischkarten immer präsent und von den Vorgesetzten wach gehalten (siehe Abb. 7.12).

Die Wirkungskontrolle zeigte nicht nur eine Verbesserung im Unfallschwerpunkt *Gehen und Steigen*, sondern die Mitarbeiter wurden bei anderen Problemen aktiver und aufmerksamer im Sinne der Arbeitssicherheit. Etliche Stolperstellen sind verschwunden, die Sensibilisierung für dieses Thema ist gelungen.

### Sichere Arbeitsweisen üben

Die Vermittlung von sicherheitstechnischen Inhalten verlief bis dahin mündlich. Um die Effektivität zu steigern wurden Präsentationen, Merkkarten usw. verwendet. Jedoch eine deutliche Steigerung der Effektivität konnte nur durch Erleben oder „Selber“-Tun erzielt werden.

Im Projekt „Handlingsecken“ wurde der Unfallschwerpunkt *Hantieren* (alle manuell ausgeführte Tätigkeiten am Arbeitsplatz) aufgegriffen. Hier wurde nach Vorbild Stolperstopp am Arbeitsplatz z. B. an einer Werkbank ein Platz zum aktiven Üben eingerichtet. In der Gruppe unter Begleitung des Vorgesetzten wurden dann Tätigkeiten durchgeführt und die Arbeitsweise besprochen.

### Begehungen vor Ort

Die Kommunikation über Arbeitssicherheit sollte auch an den Arbeitsplätzen stattfinden. Hierzu wurden Begehungsintervalle für Führungskräfte von der Geschäftsführung bis i. d. R. zur 3. Ebene festgelegt. Im Unterschied zu SGAs, die sich an der Organisation orientieren, wurden die Begehungen personenbezogen (ohne Vertreterregelung) definiert. Der Begehungsleiter in der Instandhaltung hatte in den ersten Jahren jede 2. Woche eine Begehung dann 12 im Jahr. An der Begehung waren oft der Sicherheitsbeauftragte, der Vorarbeiter oder Meister beteiligt. Die Zielsetzung war, die eigenen Mitarbeiter an den Arbeitsplätzen aufzusuchen und die Arbeitsumgebung sowie die Arbeitsweise sicherheitstechnisch zu beurteilen und ggf. Maßnahmen zu ergreifen.

### Ereignisschwerpunkte

Die Unfallereignisse wurden immer seltener und damit war die Schwerpunktermittlung kaum mehr möglich. Da nur die wenigsten Gefährdungen sich in Form von Unfällen bemerkbar machen, galt es die Gefährdungen zu erfassen, bevor sie zum Unfall führen. Um mehr Informationen für die Sicherheitsarbeit zu bekommen, wurde begonnen, „Beinaheunfälle“ zu erfassen. In der zentralen Instandhaltung, wo selbst die Beinaheunfälle selten geworden sind, wurden unsichere Handlungen und Zustände aufgegriffen. Der Unterschied: Beim Beinaheunfall muss ein Mitarbeiter gerade noch „Glück gehabt“ haben, bei den unsicheren Handlungen bzw. Zuständen ist das Potenzial zu erkennen. Das Erkennen und Aufgreifen von unsicheren Handlungen ist ungleich schwerer als bei den anderen Ereignissen. Hier musste gezielt nachgesteuert werden. Mit ausgefüllten Mustern und Erklärungshilfen ist ein auf diesem Gebiet besonders engagierter Mitarbeiter in die SGAs gegangen und hat dafür mit gutem Erfolg geworben. Damit war wieder eine ausreichende Datenbasis für Auswertungen geschaffen. Die Schwerpunktermittlung wurde mit externer Unterstützung optimiert. Mit Hilfe einer Software wurden zunächst alle Ereignisse erfasst

Tätigkeit	Mache Tätigkeit			Geschätzte Häufigkeit von Unfällen oder Beinaheunfällen					
	nie	Manch-mal	häufig	gar keine			sehr häufig		
				1	2	3	4	5	6
<b>Beispieldateneingabe</b>		X					X		
1. Arbeiten an Leitungen									
2. Arbeiten an Elektroanlagen									
3. Verlegen von Kabeln									
4. Arbeiten auf Dächern									
5. Löten									
6. Schweißen/Brennen									
7. Trennschleifen									
8. Schleifarbeiten									
9. Besteigen von Steigleitern									
10. Besteigen von Anlegeleitern									
11. Arbeiten im Aufzugschacht									
12. Einstiegen in Schächte									
13. Entlüften von									

**Abb. 7.13** Auszug aus der Checkliste zur Gefährdungsabschätzung

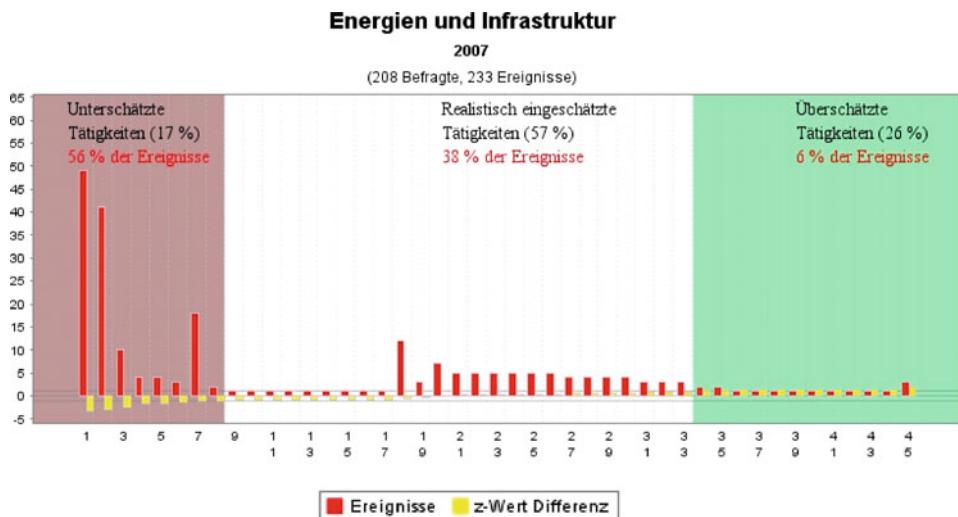
und nach Tätigkeiten ausgewertet. Die so ermittelten Tätigkeiten wurden als Checkliste an Mitarbeiter – in den SGAs – verteilt und die Mitarbeiter sollten auf einer Skala von 1 bis 6 einschätzen, ob oft oder selten Ereignisse bei dieser Tätigkeit geschehen (siehe Abb. 7.13).

Die Ergebnisse der Checklisten wurden dann wieder eingegeben und programmintern mit dem tatsächlichen Ereignisgeschehen verglichen. Die Auswertung lässt sich grob in vier Kategorien einteilen (Tab. 7.1).

Eine Auswertung aus der zentralen Instandhaltung hat für verschiedene Tätigkeiten (x-Achse) die in Abb. 7.14 dargestellten Ergebnisse erbracht.

**Tab. 7.1** Kategorisierung von Ergebnissen der Schwerpunkttermittlung Beinaheunfälle

Tatsächliche Ereignisse	Schätzung der Mitarbeiter	Ergebnis	Schutzziel	Aktivität
Viele	Gar keine	Unterschätzt	Korrektur der Einschätzung	Workshop mit externer Unterstützung Arbeitshilfen aus dem Workshop in SGAs anwenden
Wenige	Sehr häufig	Überschätzt	Einzelfall-betrachtung	Einzelfallbetrachtung im Rahmen der Untersuchung
Viele	Sehr häufig	Richtig ein- geschätzt	Technische oder organisatorische Veränderungen	Gefährdungsbeurteilung
Wenige	Gar keine	Richtig ein- geschätzt	Einzelfall-betrachtung	Einzelfallbetrachtung im Rahmen der Untersuchung



**Abb. 7.14** Auswertung für die zentrale Instandhaltung

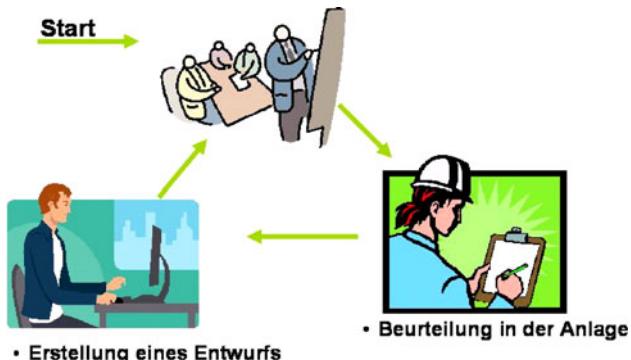
Die Tätigkeiten Nr. 1, 2 und 7 werden zuerst im Sinne der Korrektur der Gefährdungseinschätzung aufgegriffen. Die Tätigkeiten 18 und 20 sind im Sinne technischer/organisatorischer Verbesserungen aufzugreifen. Das Besondere an der Auswertung ist auch, dass 17 % der unterschätzten Tätigkeiten 56 % der Ereignisse darstellen und 26 % der überschätzten Tätigkeit nur 6 % am Ereignisgeschehen ausmachen. Rund 60 % der Tätigkeiten werden von den Mitarbeitern in ihrer Gefährdung richtig einschätzt.

### Prozessorientierte Gefährdungsbeurteilung

Die Gefährdungsbeurteilung ist einer der wichtigsten Methoden in der Arbeitssicherheit. Hier wird schon im Vorfeld entscheidend im Sinne der Unfallverhütung agiert. Seit den 60er-Jahren wurde die Gefährdungsbeurteilung anlassbezogen erstellt. Eine flächendeckende Erstellung kam mit dem Arbeitsschutzgesetz und zwar tätigkeitsorientiert. Es folgten dann weitere Vorschriften wie Biostoffverordnung, Gefahrstoffverordnung und Betriebssicherheitsverordnung, die weitere Gefährdungsbeurteilungen (teilweise nach einer anderen Systematik) einforderten. In der Zwischenzeit sind die Dokumentation und deren Aktualisierung mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden und die Handhabung wird zunehmend komplexer.

Die Zielsetzung war eine durchgehende Systematik zu entwickeln, die den Umgang mit Gefährdungsbeurteilung erleichtert und bei der Erstellung Unterstützung anbietet. So lassen sich die Gefährdungen besser erkennen und beurteilen sowie einfacher in die Sicherheitsarbeit einbinden. Der Aktualisierungs- und Dokumentationsaufwand sollte reduziert werden. Entstanden ist ein Programm für eine Gefährdungsbeurteilung, die sich an den Unternehmensprozessen orientiert. Das Programm führt den Anwender vom Prozessschritt bis zur Maßnahme und bietet darüber hinaus ein Erledigungsmanagement. Neben

**Abb. 7.15** Erstellung der Basis für die prozessorientierte Gefährdungsbeurteilung



der aktuellen Gefährdungsbeurteilung ist der Blick in die Historie möglich. Die Umstellung der Gefährdungsbeurteilung erfolgt mit Unterstützung eines Projektteams, das einerseits gemeinsam mit dem Betrieb die neue Datenbasis schafft, andererseits die Führungskräfte im Umgang mit der neuen Gefährdungsbeurteilungssystematik qualifiziert. Hier entsteht ein Wissensspeicher, der die Informationen z. B. nach einem Hinweis des Mitarbeiters oder Beinaheunfall aufnimmt, dann aber u. a. als Hilfe bei der Erstellung von Anweisungen oder Unterweisungsunterlagen helfen kann.

Die Erstellung erfolgt in den folgenden Schritten: Beim ersten Termin, an dem der Abteilungsleiter und der Ansprechpartner des Betriebes teilnehmen, erklären die Projektmitarbeiter die Vorgehensweise und Grundzüge des Programms. Gemeinsam wird dann die Reihenfolge der Abarbeitung von Prozessen festgelegt. Im zweiten Schritt sind die Projektmitarbeiter mit dem Meister oder Vorarbeiter vor Ort und lassen sich die Arbeitsweise und Anlagen erklären. Durch aktives Zuhören erfahren sie hier die wichtigen Informationen für die Gefährdungsbeurteilung. Eigene Erfahrung und Sichtung der vorhandenen Dokumentation vervollständigen das Bild. Im dritten Schritt wird durch die Projektmitarbeiter im Programm ein Entwurf der Gefährdungsbeurteilung erstellt. Dieser Entwurf wird dann mit dem betrieblichen Ansprechpartner und ggf. mit weiteren von ihm eingeladenen Mitarbeitern durchgesprochen, bei Bedarf angepasst und verabschiedet (siehe Abb. 7.15). Aus Erfahrung der durchgeföhrten Gefährdungsbeurteilungen beherrschen nach diesem Schritt alle eingebundenen Mitarbeiter die neue Systematik. Die dann entstehenden Entwürfe für weitere Prozesse der Abteilung werden dem betrieblichen Ansprechpartner als fertiger Entwurf gemeldet. Der Ansprechpartner und ggf. andere von ihm angesprochene Mitarbeiter sichtet den Entwurf und in der folgenden Besprechung werden nur die Unklarheiten besprochen.

Die Akzeptanz ist im Vergleich zu den früheren Ansätzen überproportional hoch. Ursache hierfür ist in erster Linie die Prozessorientierung, weil in den Feedbackbögen die Systematik, Verwendbarkeit in der Zukunft und die Qualität der Gefährdungsbeurteilung gut bewertet werden. Außerdem wird hier von den Führungskräften die Chance gesehen, im Vorfeld Unfälle zu vermeiden.

### Sicherheit selbstverständlich machen

Beim Arbeiten ist es schwierig, alle Sicherheitsanforderungen gleichzeitig präsent zu haben. Hier hilft die Gewöhnung. Ein Beispiel für sichere Gewohnheit ist die Anschnallpflicht im Auto. Wer denkt heute an die Strafe? Das Anschnallen erfolgt unbewusst. Eine andere Methode ist ein erzeugter gewisser „Gruppenzwang“. Wenn alle im Betrieb einen Schutzhelm tragen und das selbstverständlich ist, fühlt sich – normalerweise – der Einzige ohne Schutzhelm etwas unwohl.

Und wie erreicht man das? Wahrscheinlich ist das nur durch eine permanente Nachfrage in der Linie und sofortige Reaktion der Führungskräfte auf unsicheres Verhalten möglich. Hier wird sicheres Verhalten nicht mehr erwartet, sicheres Verhalten wird dann aus Gewohnheit normal. Das ist eine sehr langfristig angelegte Veränderung durch Sicherheitsarbeit in der Linie. Ziel ist es, „unbewusstes sicheres Verhalten“ zu erreichen.

Das gilt natürlich auch für Fremdfirmen. Neben der obligatorischen Prüfung auf gegenseitige Gefährdungen, hat der auftragsbezogen benannte HKM-Ansprechpartner auf das sicherheitsgerechte Verhalten des Auftragnehmers zu achten.

### 7.3.3 Ansatzpunkt: Wir (alle) sind für Arbeitssicherheit verantwortlich

Mit dem neuen Ansatz wurde der Mitarbeiter in den Mittelpunkt gestellt. Ausgehend von der Fragestellung, weshalb sich Menschen sicher verhalten, hat HKM folgende Überlegung aufgegriffen: Neben der Motivation sich selbst vor Verletzungen zu schützen verhält sich der Mitarbeiter sicher, wenn sein Vorgesetzter dieses Verhalten bei ihm unmittelbar einfordert. Die nächste Stufe ist erreicht, wenn der Mitarbeiter sich immer an Sicherheitsregelungen hält, auch wenn der Vorgesetzter nicht da ist. Sollte es gelingen, dass die Mitarbeiter sich gegenseitig Hinweise geben und sie auch angenommen werden, wird das Wir-Gefühl die Sicherheit positiv weiterbringen. Sicherlich ist es heute schon so, dass bei hoher Gefährdung Hinweise/Warnungen gegeben werden. Bei niedrigerer Gefährdung ist das im Unternehmen vielfach noch nicht realisiert. Gerade bei den unerkannten Beinaheunfällen (der Betroffene hat den Beinaheunfall nicht bemerkt) wird das besonders wichtig. Im Abschnitt „Beobachtungsgespräche“ wird das Thema noch mal aufgegriffen.

Mit dem neuen Ansatz gab es eine drastische Verbesserung in 2008. Das Ziel für 2010 von  $V_{ATH} \leq 5,8$  mit dem Zwischenziel in 2008 von  $V_{ATH} \leq 7,9$  wurde mit Werten um 3 deutlich übertroffen (siehe Abb. 7.16).

### Begehungenvor Ort

Kernstück der Veränderung war die Neuaustrichtung der Begehungenvor Ort. Den Mitarbeiter in den Mittelpunkt zu stellen, bedeutet, sich für seine Sicherheit zu interessieren. Es ist kein Kontrollgang, sondern eine Möglichkeit ein positives Sicherheitsklima zu erzeugen. Der Mitarbeiter bringt sich dann ein und leistet einen positiven Beitrag.



Abb. 7.16 Entwicklung der VATH bei HKM

Hier einige Eckpunkte aus der Durchführungshilfe:

- Anlass und erster Einstieg sollten positive Verhaltensweisen in Bezug auf Sicherheit sein.
- Die Kommunikation ist offen und ehrlich zu führen (Vertrauen der Mitarbeiter gewinnen).
- Möglichst „W-Fragen“ stellen (Was könnte passieren? Wie könnte die Arbeit sicher ausgeführt werden? etc.), die nicht mit „ja“ oder „nein“ zu beantworten sind.
- Keine Fangfragen und keine Kritik.
- Zuhören: die angesprochenen Mitarbeiter sollen sich frei aussprechen können.
- Keine eigenen Zugeständnisse machen (z. B. zu Maßnahmen/Aufgaben).
- Aussagen der Mitarbeiter aufnehmen, aber nicht bewerten.
- Ggf. Vereinbarungen über sein zukünftiges (sicheres) Verhalten mit dem Mitarbeiter treffen.

Eine weitere wesentliche Veränderung war, dass mehr als die Hälfte der Begehungsleiter nicht in den eigenen Bereichen durchgeführt werden. Sowohl die Begehungssleiter als auch die während der Begehung angesprochenen Mitarbeiter haben sich hierzu sehr positiv geäußert.

Für die Veränderung der Begehungen in diese Form, wurden mit externer Unterstützung Schulungen durchgeführt. Insgesamt hat die Schulung – mit einem theoretischen Teil und einem praktischen Teil in einer Kleingruppe von vier Personen – einen Tag in Anspruch genommen. Durch gezieltes Nachsteuern wurde (und wird) die Qualität der Gespräche immer besser.

### Sich gegenseitig Unterstützen

Die Bereitschaft und das Geschick andere Menschen anzusprechen, wenn man meint, dass sie sich unsicher verhalten, ist sehr unterschiedlich. Auch die Bereitschaft etwas positiv aufzunehmen, wenn man angesprochen wird, differiert sehr. Dies positiv zu verändern soll mit zwei weiteren Ansätzen gelingen.

Mit dem Einsatz von Schauspielern, die betriebliche Situationen darstellen und ab einem bestimmten Zeitpunkt „Regieanweisungen“ der (noch) Zuschauer annehmen, diese

Anweisungen auf der Bühne visualisieren und so einen „Spiegel vorhalten“, der die Zuschauer zu aktiven Beteiligten macht. Auf der Bühne werden die Gedanken der Beteiligten ausgesprochen, und die Zuschauer – oder schon Beteiligte – können quasi in die Gedankenwelt der Figuren eintauchen und vielleicht über sich selbst reflektieren. Der erste Versuch ist positiv angekommen und die weitere Umsetzung wird aktuell bei uns konzipiert.

Die zweite Möglichkeit sollen die so genannten „Beobachtungsgespräche“ sein. Die Idee ist: Es werden zwei Mitarbeiter eingebunden, davon ist mindestens Einer geschult. Ein Mitarbeiter führt eine Tätigkeit aus, der Andere beobachtet ihn. Der Beobachtete weiß, dass er beobachtet wird und soll die Tätigkeit sicher ausführen. Wenn aus Sicht des Beobachters alles sicher war, wird das positiv kommuniziert. Ist dem Beobachteten etwas aufgefallen, spricht er das an. Da der Beobachtete davon ausgeht (er sollte alles sicher machen), dass er sicher gearbeitet hat, könnte es eine unsichere Arbeitsweise sein, die er als solche noch gar nicht erkannt hat (unerkannter Beinaheunfall). Wichtig ist, dass beide die Tätigkeit gut kennen.

Nach Berichten von Beteiligten haben die Beobachter immer einen größeren Nutzen aus dem Beobachtungsgespräch als die Beobachteten gezogen. Das Ansprechen und Sprechen über das Gesehene werden etwas Normales.

### **Mitarbeiter als Multiplikatoren gewinnen**

Unter dem Begriff „Sicherheitsshop“ entwickeln wir die im Abschn. 7.3.2 unter „Ergebnisschwerpunkte“ dargestellte Methode weiter. Bisher wurde die Methode von den Vorgesetzten getragen. Der nächste Schritt ist, die Mitarbeiter als Multiplikatoren zu gewinnen.

Eine Analyse der Ereignisse hat immer gute Ansatzpunkte für Sicherheitsarbeit aufgezeigt. In den Pilotprojekten wurden die Analysen zusammen mit ausgewählten Mitarbeitern diskutiert und Aktivitäten festgelegt. Die Akzeptanz und Wirksamkeit der Maßnahmen kann so bei Beteiligung der Mitarbeiter wesentlich verbessert werden.

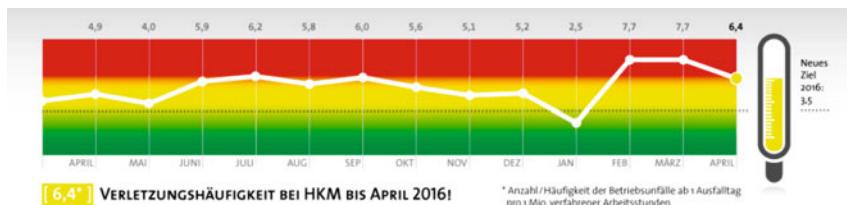
---

## **7.4 Entwicklung der Sicherheitsarbeit ab 2008**

Wie in vielen anderen Situationen, ist es auch bei der Sicherheitsarbeit so, dass nicht nur der Weg zu positiven Ergebnissen anspruchsvoll sein kann, sondern dass deren Konsolidierung die deutlich größere Herausforderung ist. Abb. 7.17 zeigt die aktuelle Unfallentwicklung 2015/2016 bei der HKM.

### **Konzepte entwickeln, die einen Kulturwandel unterstützen**

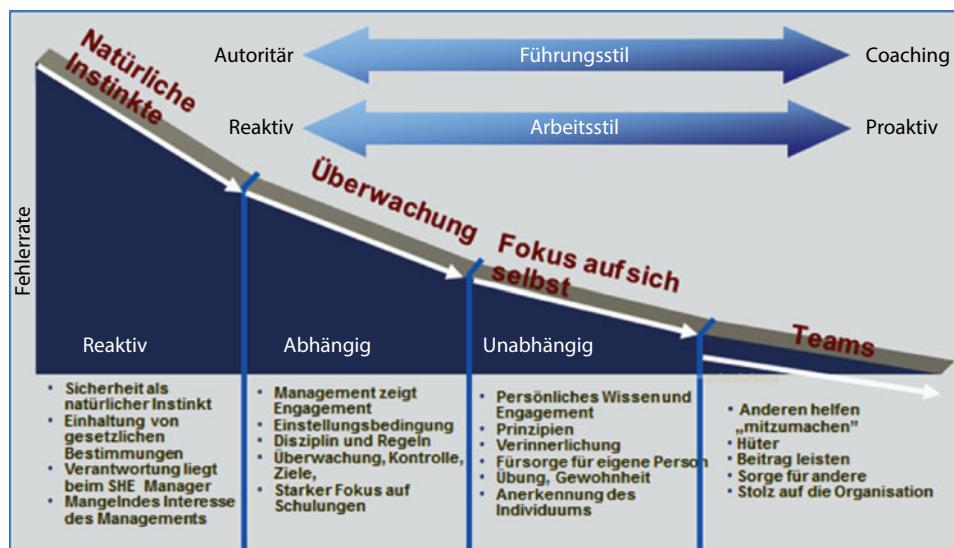
In der ersten Veröffentlichung dieses Beitrages in der Erstausgabe des vorliegenden Buches berichteten wir über die Entwicklung der Sicherheitsarbeit von der reaktiven Phase in der die Verantwortung für Arbeitssicherheit, aus Sicht der Mitarbeiter bei der Fachabteilung Arbeitssicherheit lag, über die Phase der Überwachung und Kontrolle mit dem ersten



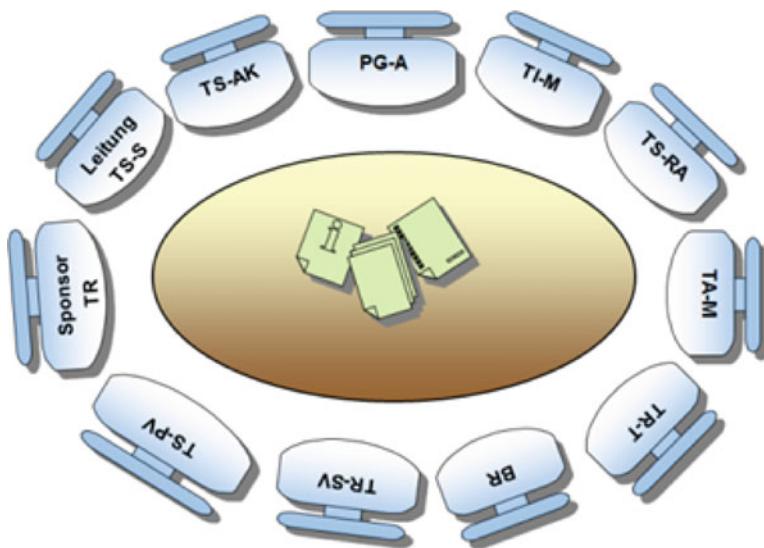
**Abb. 7.17** Entwicklung der V\_ATH BEI ab 4/2015 bei HKM

Engagement des Managements und der Einführung der Sicherheits- und Gesundheitsausschüsse bis zum Beginn der dritten Phase, in der Fokus stark auf die Kommunikation mit den Mitarbeitern gelegt wurde.

Die vorherige Abb. 7.1 zeigt aber, dass es nach Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen in den Jahren nach 2008 wieder zu einer Stagnation der Kennzahlen kam. Ein neuer Impuls wurde notwendig, der dazu dienen sollte den nächsten Schritt in die Phase vier des teamorientierten Verhaltens der Mitarbeiter zu tun, in der nicht mehr nur der Fokus auf die eigene Person gelegt wird, sondern auch auf den Kollegen nebenan (siehe Abb. 7.18). Hierbei spielt nicht nur die erhöhte Sensibilität für unsichere Zustände, sondern auch das Verantwortungsgefühl für Kollegen und Team eine große Rolle. Dieses durchaus komplexe Spannungsfeld von Kommunikation und Handlung galt es zu analysieren und mit angemessenen Maßnahmen innerhalb der Belegschaft zu etablieren.



**Abb. 7.18** Darstellung des Kulturwandels in der Arbeitssicherheit (Quelle: DuPont Safety Resources)



**Abb. 7.19** Zusammensetzung eines Komitees bei HKM

### Komiteearbeit

Eine erfolgreiche Strategie zur Umsetzung von langfristigen und komplexen Projekten ist es, Betroffene zu Beteiligten zu machen.

Zur Bearbeitung umfangreicher Projekte, wie organisierte Begehungungen in den Betrieben [USO-Begehungungen (U = Umwelt, S = Sicherheit, O = Ordnung)] und Zwischenfallberichterstattung oder auch für die sehr vielfältigen Themen rund um das Projekt „Safety First“ wurden **Komitees** installiert. Neben dem Leiter des Komitees und den Vertretern der Bereiche wurde immer auch ein Sponsor (aus Geschäftsführung oder 1. Ebene) eingesetzt der für kurze Entscheidungswege sorgte (siehe Abb. 7.19).

So entwickelte das Safety First Komitee Ideen, mit welchen Instrumenten der Schritt in die Phase der teamorientierten Zusammenarbeit erreicht werden sollte.

### Der Film „Freunde“

Im ersten Ansatz schien es sinnvoll, innerhalb der Mannschaft ein Gefühl für diese kritischen Situationen zu erreichen. Die Erfahrungen, die die Fachabteilung Arbeitssicherheit im Vorfeld mit der Produktion von HKM-spezifischen Sicherheitsfilmen, unter professioneller Begleitung einer Filmproduktionsfirma gemacht hatte, ließ die Idee reifen, der Belegschaft das Thema mit einem kurzen Spielfilm nahe zu bringen (siehe Abb. 7.20).

Innerhalb eines halben Jahres wurde das Projekt von der ersten Idee für eine Story, über die Entwicklung des Drehbuchs, das Casting der Schauspieler bis zur Durchführung der Dreharbeiten in die Tat umgesetzt. Am Ende war ein Film entstanden, der auch über die Grenzen der HKM hinaus hohe Beachtung fand und der den ursprünglich gedachten Zweck in hohem Maße erfüllte.

**Abb. 7.20** DVD-Cover zum HKM Spielfilm „Freunde“



Neben dem Film wurde eine umfangreich Plakataktion gestartet, die in drei Teilschritten ebenfalls das Thema unterstützte.

Bilder sportlicher Aktivitäten wie Tauchen, Bergsteigen oder Fallschirmspringen (Schritt 1) über Köpfen mit Sprechblasen (Schritt 2, siehe Abb. 7.21) bis hin zu Bildern, die die Mitarbeiter selbst, im Rahmen eines Preisausschreibens eingereicht hatten (Schritt 3) waren lange auf der Hütte zu sehen.

### Schau hin und sprich drüber

Mit dem Film als Basis wurde ein Projekt mit dem Titel „Schau hin und sprich drüber“ im Stahlwerk gestartet, das unter bekannter externer Begleitung umgesetzt werden sollte. Die ersten Erfahrungen mit dem Projekt waren eher negativ. Eine Evaluation innerhalb der beteiligten Belegschaft, unter wissenschaftlicher Begleitung der Uni Duisburg/Essen zeigte, dass die Kommunikation auf Augenhöhe, die gerade bei einem solchen Thema einen besonders hohen Stellenwert hat, im ersten Versuch nicht gelang. Im zweiten Versuch nutze man die gemachten Erfahrungen, wählte einen anderen Ansatz und nahm nur für den Einstieg in das Thema externe Unterstützung in Anspruch. Es wurden Mitarbeiter gesucht, die sich freiwillig als Multiplikatoren ausbilden ließen, um ihren Kollegen das Thema Ansprechen auf unsichere Zustände und Verhaltensweisen näher zu bringen. Nach

**Abb. 7.21** Plakatkampagne zum Projekt



einer überraschend kurzen Trainingsphase waren die Multiplikatoren sehr erfolgreich und hoch motiviert im Einsatz. Die zweite Evaluation zeigte, dass der nun eingeschlagene Weg der richtige war. Die Bewertung durch die beteiligten Mitarbeiter war durchweg sehr positiv. Inzwischen sind alle Mitarbeiter des Stahlwerks und der zentralen Instandhaltung geschult und die Schulung der Roheisenstufe steht bevor.

Ein außerordentlich wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang ist die durchgängige Information der zuständigen Führungskräfte, um sicher zu stellen, dass die geschulten Mitarbeiter die entsprechende Unterstützung erfahren, wenn sie mit dem erlernten in ihren Betrieb zurückkehren. Dies ist noch nicht durchgängig gelungen.

### **Mit Sicherheit in Führung gehen**

Unter dem o. g. Titel wurde ein zweites Projekt im Bereich Hochofen durchgeführt, dass sich auf die Zielgruppe der Vorarbeiter und Meister mit ihren Mitarbeitern konzentrierte. Im Rahmen von sogenannten Lerngängen befassten sich die Arbeitsgruppen mit kritischen Situationen im betrieblichen Arbeitsalltag. Hierbei stand besonders die Bildung einer Verantwortungsgemeinschaft innerhalb der Gruppe im Mittelpunkt, durch die am Ende die Erfahrung jedes einzelnen Kollegen in die Lösungsfindung einfließen konnte.

### **Einheitliches Verständnis**

Was bedeutet eigentlich Safety First?

Dass es durchaus Unterschiede bei der Interpretation des Begriffes gibt,stellten die Teilnehmer des AS-Strategieworkshops fest, der im März 2014 bei der HKM stattfand. Wenn das im Kreise der Mitglieder der Geschäftsführung und der 1. und 2. Ebene schon so war, wie unterschiedlich sollte es dann erst innerhalb der gesamten Belegschaft gedeutet werden?

Eine Arbeitsgruppe unter Leitung der Geschäftsführung erarbeitete Leitsätze, die eine einheitliche Wahrnehmung sicherstellen sollten.

Im Ergebnis entstanden die folgenden Leitsätze zum Thema Safety First:

#### **Unser wichtigstes Ziel:**

**Volle Aufmerksamkeit statt Routine!**

*Wir bei HKM ...*

- ... schützen immer erst Leib und Leben*
- ... lassen keine Selbstgefährdung zu*
- ... sichern Arbeitsprozesse konsequent*
- ... üben für den Ernstfall und die Ausnahmesituation*
- ... realisieren Sicherheit ausnahmslos für jede Person*
- ... akzeptieren grundsätzlich keine Abweichungen*

**Sei auch Du jeden Tag ein Vorbild für Deine Kollegen!**

### **Zwischenfallberichte**

Neben den Projekten die über das Safety First Komitee geplant und umgesetzt wurden hat sich ein System in den letzten Jahren als ein besonderes Erfolgsmodell herauskristallisiert.

Ebenfalls durch die Arbeit eines Komitees aus Angehören der Produktion, Instandhaltung und verschiedener Fachabteilungen gesteuert, hat sich die Erstellung von Zwischenfallberichten (ZB) im integrierten Managementinformationssystem (IMIS) inzwischen zu einem etablierten Instrument entwickelt (siehe Abb. 7.22).

Als das System 2009 auf der Basis der Beinahe-Unfallberichte in das IMIS übernommen wurde, waren nicht wenige Zweifel vorhanden, das System könnte von den Mitarbeitern nicht angenommen werden. Das Gegenteil war der Fall.

Bis zum Ende des Jahres waren bereits über 600 ZB geschrieben und bis heute sind es mit einer jährlichen Steigerung mehr als 11.000.

<b>IMIS Zwischenfallbericht</b>				<b>WIR BEI HKM</b>
7018	Beinaheunfall, unsichere Handlung / Zustand	14.03.2014 11:00	Mustermelder	
AS Nr.	Art des Zwischenfalls	Ereignisdatum	Meldender	
Musterleiter		TS-R - Runderzeugung		
Untersuchungsleiter		Prozess		
S1 Halle 7 Kranbahn Rundanlage Bereich Kran 7d				
Ort / Anlage				
--	--			
Körperteile	Art der Verletzung			
<b>Zwischenfall / Schaden (Hergang / Fakten)</b>				
<p>Mitarbeiterin hatte Arbeiten an der Wlan-Antenne AP9 durchzuführen.          Der gesamte Gehbereich vor dem Anschlusskasten liegt mit Gerüstbauteilen voll, so dass ein sicheren Arbeiten am Kasten nicht möglich ist.          Des weiteren ist der Zugang zur dort befindlichen Treppe nicht möglich.</p>				
Gültige Regelungen vorhanden? (Betriebsanweisung, Arbeitsanweisung, Unterweisung, HKM-Richtlinie, Gefährdungsbeurteilung, ...)		nicht bekannt		
Ursache	Maßnahmen	Verantwortlicher	Termin	
O.P: nicht genutzte Gerüstbauteile nicht von der Kranbahn entfernt bzw. falsch abgelegt.	Gespräch mit x x x	Muster	17.03.2014	
Muster Teilnehmer	Muster Verteiler			
Untersuchungsteilnehmer	Kenntnisnahme / Verteiler			

**Abb. 7.22** Zwischenfallbericht

Ca. 2000 ZB im Jahr haben die Arbeit der Abteilung Arbeitssicherheit (AS) deutlich verändert. Als das zentrale Thema in der Frühbesprechung der AS stellen die ZB eine Art Fenster in den Betrieb dar. Während früher die Fachkraft für Arbeitssicherheit (SIFA) darauf angewiesen war, sich im Rahmen von regelmäßigen Begehungen ein Bild über die Situation im Betrieb zu machen, weisen die Mitarbeiter heute mit den Zwischenfallberichten auf unsichere Zustände und Verhaltensweisen im betrieblichen Alltag hin und liefern so konkrete Handlungsansätze für die Arbeit der SIFA's.

Im Laufe der Zeit wurde die Erstellung der ZB mehrfach optimiert.

Eine erste deutliche Verbesserung der Verständlichkeit wurde mit der Möglichkeit erreicht, die ZB mit Bildern zu ergänzen (siehe Abb. 7.23).

Dies war insbesondere deshalb von Bedeutung, weil die Berichte inzwischen über das IMIS in die entsprechenden Sicherheits- und Gesundheitsausschüsse zur Besprechung mit den Mitarbeitern verteilt wurden.

**Abb. 7.23** Foto zum Zwischenfallbericht in Abb. 7.22



The screenshot shows the IMIS Integrated Management Information System (IMIS) interface for risk calculation. On the left, a vertical menu bar lists several modules: Einführung, Prozessbeschreibung, Gefährdungsbeurteilung (highlighted in blue), Erledigungsmanagement, Anweisungen, Administration, Zwischenfallber., and USO. The main content area has a light blue header "Risikozahl". Below it, there are two bullet points explaining risk calculation:

- Risiko = Wahrscheinlichkeit x Schwere
- Risiko = Wahrscheinlichkeit x 2x Auswirkungen auf Mensch + Auswirkungen auf Umwelt + Auswirkungen auf Produkt

On the right, there is a frequency scale from "häufig" (5) down to "praktisch unmöglich" (1). To the right of this is a risk matrix table:

	Mensch*	Umwelt	Wirtschaftlichkeit
häufig	13	13	13
gelegentlich	4	4	4
selten	1	1	1
unwahrscheinlich	0	0	0
praktisch unmöglich	0	0	0

Below the frequency scale, there is a risk value scale: 0 bis 16 (green), 17 bis 64 (yellow), and über 64 (red).

At the bottom left is the date 04.11.2014, and at the bottom right is the page number 1.

**Abb. 7.24** Bewertung Risikolevel

Weiter dienen die ZB dazu einer Forderung aus der BetrSichV nachzukommen, die bereits vorhandenen Gefährdungsbeurteilungen hinsichtlich Aktualität bzw. Vollständigkeit zu hinterfragen.

Insbesondere die Zwischenfälle die Situationen mit hohem Risikopotential beschreiben, sind für die präventive Sicherheitsarbeit zur Entwicklung sicherer Arbeitsprozesse von großer Bedeutung.

Die Zwischenfallberichte werden seit 2015 bewertet und kategorisiert (siehe Abb. 7.24).

Zunächst bewertet die Abteilung Arbeitssicherheit die im ZB beschriebene Situation.

Ist die Höchste Risikostufe A erreicht, wird der Bericht mit dem betroffenen Betrieb erneut besprochen und abschließend bewertet.

Bleibt die Einschätzung des Risikopotentials auf dem hohen Niveau, wird der Bericht in der wöchentlichen Besprechung der Hauptabteilungsleiter (HAL) besprochen und ggf. hier bereits entsprechende Maßnahmen festgelegt.

### Vor den Unfall kommen

Hatte man den Fokus früher auf die Verletzungshäufigkeit gelegt (vergleiche Abb. 7.1), retrospektiv, also auf die bereits eingetretenen Ereignisse, richtet sich der Blick heute auf

die Zwischenfälle mit einem hohen Risikopotential und dient so dem Ziel „vor den Unfall zu kommen“.

### Situative Gefährdungsbeurteilung

Ursprünglich dazu entwickelt, den Forderungen der Betriebssicherheitsverordnung nachzukommen, mit den Fremdunternehmen im Rahmen von Auftragsabwicklung gegenseitige Gefährdungen abzustimmen, hat sich situative Gefährdungsbeurteilung inzwischen zu einem hervorragenden Instrument entwickelt auch der Forderung der Technische Richtlinie für Betriebssicherheit (TRBS) 1112 Instandhaltung zu erfüllen.

Nach dem Erscheinen dieser Technischen Regel stellte sich die Frage, wie man in angemessener Form den Forderungen nach einer Gefährdungsbeurteilung für jede ausgeübte Tätigkeit und jeden Arbeitsplatz nachkommen sollte.

Durch die häufig komplexen und immer unterschiedlichen Aufgabenstellungen der Instandhaltung, war nur ein überschaubarer Teil der Tätigkeiten im Rahmen einer prozessorientierten Gefährdungsbeurteilung zu bearbeiten.

Durch die Beschreibung der jeweils vor Arbeitsbeginn anzutreffenden betrieblichen Situation ist der zuständige Verantwortliche in der Lage individuell die Gefährdungen zu erfassen und so ein Optimum an Sicherheit zu gewährleisten.

Durch die Integration der situativen GBU im IMIS ist es möglich, die beschriebenen und bewerteten Arbeitssituationen zu archivieren und bei erneuter Durchführung der Tätigkeit wieder aufzurufen (siehe Abb. 7.25). So erreicht die situative GBU im Laufe der Zeit den Status einer prozessorientierten GBU.

**Hinweis**

- Beim Speichern wird eine neue Situative Gefährdungsbeurteilung angelegt. Anschließend können Sie die weiteren Reiter auswählen.

**Was & Wann** [Wo](#) [Wer](#) [Gefährdungen & Maßnahmen](#) [Mitgeteilte Unterlagen](#) [Ausdruck und Archivierung](#)

<b>Titel:</b>	<input type="text"/>
<b>Beschreibung:</b>	<input type="text"/>
<b>HKM-verantwortlicher Ansprechpartner:</b>	<input type="text"/> * Bitte wählen
<small>IN JEDER S-GBU MUSS EIN HKM-VERANTWORTLICHER ANSPRECHPARTNER FESTGELEGT WERDEN. Solange dieser keinen Koordinator benennt, übernimmt er die Koordination.</small> <small>Aufgaben:</small> <small>Abwicklung und Kontrolle des Auftrages (inkl. AS)</small> <small>Koordination und Überwachung von Fremdfirmen</small>	
<b>voraussichtlicher Beginn:</b>	<input type="text"/> (dd.mm.yyyy HH:mm) *
<b>voraussichtliches Ende:</b>	<input type="text"/> (dd.mm.yyyy HH:mm) *
<b>Zeitliche Besonderheiten:</b>	<input type="text"/>
<input type="button" value="Speichern"/>	

**Abb. 7.25** HMK-Formblatt Situative GBU

## 7.5 Zusammenfassung

Die hier exemplarisch beschriebenen Methoden waren in der Instandhaltung erfolgreich und sollen den Wandel veranschaulichen.

Die Wirkung der geleisteten Sicherheitsarbeit bei der HKM wird bei Betrachtung der Abb. 7.1 deutlich: Wurde das **Unfallgeschehen** zu Beginn der Entwicklung noch von Experten analysiert, Ergebnisse vorgestellt und Aktivitäten vorgeschlagen (retrospektiv), wechselte diese Aufgabe im ersten Schritt auf die Führungskräfte.

Ähnlich verlief in den folgenden Jahren die Entwicklung der **präventiven Sicherheitsarbeit**.

Dem Ziel vor den Unfall zu kommen, sind wir mit der Einführung der **Zwischenfallberichte** und der damit verbundenen, gemeinsam mit Betrieb und AS durchgeführten **Analyse von kritischen Situationen** ein großes Stück näher gekommen.

Bei den **Begehungen** in den Betrieben ist der Wandel von einer „Expertenbegehung“ im ersten Ansatz, über eine „Vorgesetztenbegehung im eigenen Bereich“, zu einer Begehung, die ein positives Sicherheitsklima fördert, vollzogen und etabliert. Die kontinuierliche Beteiligung der Sicherheitsbeauftragten ist gewünscht, hat aber noch Verbesserungspotential.

Die **Kommunikation** über die Sicherheitsarbeit veränderte sich von einem Ausschuss von Experten und Vorgesetzten der jeweiligen organisatorische Einheit in ein Ausschusssystem in der Linie, das nun durch ein positives Sicherheitsklima ergänzt wird, welches ein Ansprechen durch einen Kollegen als etwas Gutes auffasst. Projekte wie „Schau hin und spricht drüber“ und „Mit Sicherheit in Führung gehen“ unterstützen den Kulturwandel.

**Arbeitssicherheitskennzahlen**, die früher in den Berichten gesucht werden mussten, sind heute auf den ersten Seiten zu sehen. Vergleiche anhand diverser Kennzahlen sind in der Zwischenzeit bei Vorträgen und Berichten obligatorisch.

Bei der **Festlegung von Zielen**, wechselt der Fokus von Anzeigepflichtigen Unfällen über die Verletzungshäufigkeit, also dem Blick auf die eingetretenen Verletzungsergebnisse immer mehr auf die Ereignisse mit hohem Risikopotential.

Das frühzeitige Erkennen kritischer Arbeitssituationen, ist der Schlüssel um vor den Unfall zu kommen!

Regelungen zur **Arbeitssicherheit** im Betrieb wurden zunächst unter Federführung der Arbeitssicherheit erstellt und verwaltet. Dann übernahmen die Führungskräfte diese Aufgabe. Heute sind neue Regelungen prozessorientiert und beinhalten die sicherheitlichen Inhalte.

Die **Arbeitsplatzgestaltung** und **PSA**, die in der ersten Phase eine bedeutende Rolle spielten, haben erheblich an Bedeutung verloren. Im Unfallgeschehen spielen sie kaum noch eine Rolle.

Die **Gefährdungsbeurteilung** hat sich in der Zwischenzeit zu einer der wichtigsten Methoden entwickelt. Je weniger Ereignisse für eine Auswertung zu Verfügung stehen, umso wichtiger wird die Gefährdungsbeurteilung.

Insgesamt haben die drei Ansätze (vergleiche Abb. 7.1) zum Zeitpunkt der Einführung erhebliche Verbesserungen gebracht. Sie wurden auch für den damaligen Stand entwickelt. Nach einigen Jahren unter veränderten Bedingungen erreichten sie ihre Wirkgrenze und es folgte Stagnation. Mit der Einführung neuer Ansätze passten sich die einzelnen Methoden an und konnten wieder Ihre Wirkung entfalten. Es kamen auch neue Methoden hinzu wovon einige verworfen wurden.

War die Gefährdungsbeurteilung im Integrierten Managementsystem zu Beginn hinsichtlich der Detailtiefe sehr heterogen, führte die Einteilung der Gefährdungen in bestimmte Level zu einer deutlich übersichtlicheren Struktur. Hierzu werden die Arbeitsmittel und Anlagen in Zusammenhang mit der Prozessbeschreibung erfasst, und in Level eingeteilt. Aus der Level-Einteilung ergibt sich die weitere Vorgehensweise (siehe Tab. 7.2).

**Tab. 7.2** Level-Einteilung in der Richtlinie Gefährdungsbeurteilung (RL GBU)

Level	Definition der Gefahr	Beispiele	Vorgehensweise
<b>0</b>	Tätigkeiten, Arbeitsmittel und Arbeitsumfelder mit geringem Gefährdungspotential, die auch im alltäglichen und privaten Umfeld vorkommen können. (BetrSichV § 7 Vereinfachte Vorgehensweise bei der Verwendung von Arbeitsmitteln)	Büro, Bildschirmarbeit, Handwerkzeuge (wie Handhammer, Meißel, Messer, Kabelmesser, Handbühlgsäge, Knipp-Stange, Ring- und Maulschlüssel, Handtacker), Treppe, Gehen und Steigen, Fahrweg zur Arbeit (außerhalb der Werkstore)	Die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung für Arbeitsmittel und Arbeitsumfeld Level 0 erfolgt <u>nicht</u> im IMIS. Jeder Mitarbeiter erhält eine jährliche Sicherheitsunterweisung anhand der Werksregeln. Level 0-Themenschwerpunkte werden durch Aktionen wie AS-Infobriefe, HKM-TV, Plakataktionen, Workshops, AS-Parcours etc. zur Sensibilisierung der Mitarbeiter behandelt
<b>1</b>	Tätigkeiten, Arbeitsmittel und Arbeitsumfelder mit geringem bis mittleren Gefährdungspotentialen, die aus den „Alltagsgefahren“ bei HKM hervorgerufen werden, bei denen [...] Prüfungsanforderungen berücksichtigt werden müssen	Leitern und Tritte im Bürobereich, Dienstfahrrad, -mofa, -roller, Rolltore	Die Prüfungsanforderungen (Prüfzyklus, -art, -umfang) werden den jeweiligen Prozessen durch Expertenbausteine zugewiesen

**Tab. 7.2** (Fortsetzung)

Level	Definition der Gefahr	Beispiele	Vorgehensweise
2	Tätigkeiten, Arbeitsmittel und Arbeitsumfelder mit betrieblichem Bezug (hüttenweiter Standardcharakter), welche nicht im alltäglichen und privaten Umfeld vorkommen [...]	Gabelstapler, Drehmaschine, Anschlag- und Lastaufnahmemittel, Führerkorbbediente und Flurbediente Krane	Arbeitsmittel (Level 2) werden, um Doppelungen zu vermeiden, einmalig in der Gefährdungsbeurteilung unter „Arbeitsmittel/-umfeld Arbeitsstoffe Level 2“ [...] beurteilt. Hier können die im IMIS hinterlegten Bausteine genutzt werden
3	Tätigkeiten, Arbeitsmittel und Arbeitsumfelder mit spezifischem Anlagenbezug [...]	Scheibengasbehälter (Gasometer), Medienleitungen, Stahlübergabewagen, Drehturm, Shooter, Wieger, Lastaufnahmeeinrichtungen, wiederkehrende Instandhaltungstätigkeiten (Konverterwechsel), prozessspezifische Störungen, Radioaktive Strahler, Stichlochbohrmaschine, Zündofen, Druckmaschine, Hochspannungsanlagen	Arbeitsmittel und Arbeitsumfelder Level 3 müssen in der Gefährdungsbeurteilung in den Prozessschritten beurteilt werden in denen die Gefährdung vorliegt
4	Bei besonderen Arbeitssituationen [...] ggf. Einsatz von Fremdfirmen ist die <b>Situative Gefährdungsbeurteilung</b> zu nutzen	<p><b>Besondere Arbeitssituationen</b>            Beispiele: eingeschränkter Anlagenbetrieb/Gefährdungen durch Produktion, Bau- und Montagetätigkeiten, Gleissperrungen, Kranüberfahrten, Gas-, Explosionsgefahr, Begehen von Silos, in und auf Rohrleitungen, Schächte, Gruben, Kanäle, Hohlräume in Bauwerken und Maschinen, nicht ausreichend belüftete Räume, Räume unter Erdgleiche, prozessbedingte Gefahrstoffe, Arbeiten in unbekannten Bereichen, gegenseitige Gefährdung durch mehrere Gewerke</p> <p><b>Beim Einsatz von Fremdfirmen</b>            Bedingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Besondere HKM-spezifische Gefährdungen wirken auf das Gewerk der Fremdfirma ein (z. B. CO-Gasgefahr, feuerflüssige Massen usw.) oder</li> <li>– es bestehen gegenseitige Gefährdungen, die aus der Zusammenarbeit zwischen HKM-Mitarbeitern und Fremdfirmen entstehen</li> </ul>	Der Verantwortliche für die Arbeitsstelle erstellt die Situative Gefährdungsbeurteilung im IMIS oder verwendet die Blaue Karte. Er muss die Schutzmaßnahmen mit den eigenen Mitarbeitern, beteiligten HKM-Fremdabteilungen und den Fremdfirmenansprechpartnern verbindlich festlegen. In besonderen Situationen sind Freigabescheine/Erlaubnisscheine notwendig (Mitgeltende Unterlagen). Hinweis: Die Situative Gefährdungsbeurteilung ist maximal ein Jahr gültig. Die Archivierung erfolgt in Papierform

## 7.6 Ausblick

Neben der Weiterentwicklung der vorhandenen Instrumente, wie das IMIS als ein führendes Instrument zur Dokumentation, sind Projekte zur Aufbereitung und Weitergabe von Wissen künftig von großem Interesse.

Der wesentliche Fortschritt, d. h. der nachhaltige Aufenthalt in der Stufe 4 – Teams (siehe Abb. 7.18) kann aber nur gemeinsam mit allen Mitarbeitern erreicht werden.

Ein erreichbares Ziel, wenn man Alle erreicht!

---

## Literatur

<http://www.hkm.de/safety-first/> (26.06.2016)

„HKM Gefährdungsbeurteilung“ <http://www.gefaehrdungsbeurteilung.de/de/handlungshilfen/praxis> (26.06.2016)



# Die Bedeutung einer zustandsorientierten Instandhaltung

8

## Einsatz und Nutzen in der Investitionsgüterindustrie

Wilhelm Hodapp

### Zusammenfassung

Für die Wettbewerbsfähigkeit hochkomplexer Produktionsstätten spielt die Instandhaltung eine immer wichtigere Rolle. Dabei gewinnen zustandsorientierte Instandhaltungs-Prozesse an strategischer Bedeutung. In der Zielsetzung geht es dabei um Funktion und Ausfallrisiko technischer Betriebsmittel, die immer wieder unter qualitativen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu betrachten sind. Hierzu bedarf es tiefgreifender Kenntnisse über die Produktionsprozesse in all ihren technischen Zusammenhängen um schlussendlich geeignete Inspektionstechniken zur Anwendung bringen zu können. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind hochqualifizierte Instandhaltungsmitarbeiter ein wesentlicher Erfolgsgarant. Dabei liegt eine besondere Herausforderung im Schritt halten mit der sich immer schneller verändernden technischen Welt unter all den Aspekten von „Industrie 4.0“.

### 8.1 Einleitung

In Hochlohnländern wird die Wirtschaftlichkeit von Arbeitsplätzen des produzierenden Gewerbes in starkem Maße von Maschinen und Anlagen mit hohem Automatisierungsgrad geprägt. Das dabei geforderte Produktivitäts- und Qualitätsniveau lässt sich in einer immer komplexer werdenden technischen Welt nur noch mit angepassten Instandhaltungsstrategien beherrschen, die sich im Spannungsbogen reaktiver und präventiver Maßnahmen bewegen. Dabei kristallisiert sich zunehmend die Notwendigkeit einer zustandsorien-

---

W. Hodapp (✉)

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Coblitzallee 1-9, 68163 Mannheim, Deutschland

E-Mail: noreply@springer.com

tierten Instandhaltung heraus, deren Methoden vorausschauende Prognosen und Eingriffe ermöglichen, und damit scheinbare Zufallsentwicklungen kalkulierbar machen.

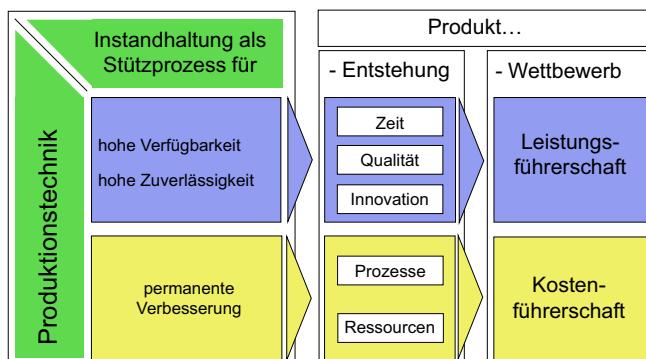
## 8.2 Anforderungen an die Instandhaltung

Die Wettbewerbsfähigkeit eines Produktes zeichnet sich in dem Maße ab, wie es sich in der Vermarktung durch Alleinstellungsmerkmale gegenüber den Konkurrenzprodukten unterscheidet. Diese Merkmale lassen sich in die zwei Kategorien der *Leistungsführerschaft* und *Kostenführerschaft* (siehe Abb. 8.1) zusammenfassen.

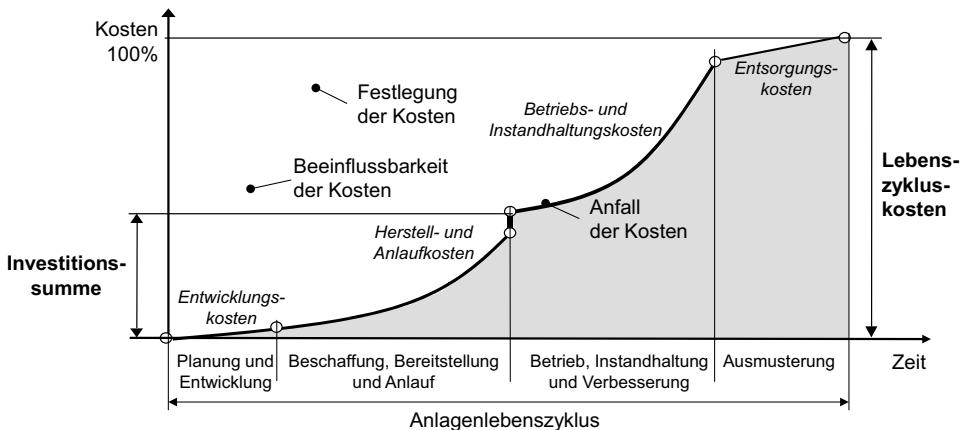
**Leistungsführerschaft** Die Leistungsführerschaft kann z. B. dadurch geprägt werden, dass neue Produkte in kürzester Entwicklungszeit, mit hoher Qualität und hoch innovativ, quasi dem Wettbewerb immer eine Nasenlänge voraus, an den Markt gebracht werden. Dies erfordert dann auch ein produktionstechnisches Umfeld, das mit hoher Zuverlässigkeit die geforderten Produkte herstellen und zur Auslieferung bringen kann. Hierzu ist Instandhaltung als Stützprozess unabdingbar, um die technische Verfügbarkeit der Maschinen und Anlagen in der Fertigung und Montage sicherzustellen.

**Kostenführerschaft** Ein weiterer Faktor im Wettbewerb sind die Herstellkosten. Es gibt kaum noch Produkte, bei denen jeder beliebige Preis am Markt durchsetzbar ist. Demzufolge müssen die Herstellprozesse permanent verbessert und der Ressourceneinsatz optimiert werden. Auch hier kann und muss sich Instandhaltung im Life Cycle der Technik kontinuierlich einbringen.

Der Instandhaltungsprozess beginnt dabei nicht erst in der Produktionsphase. Es ist bekannt, dass bereits mehr als 80 % der Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen in den frühen Phasen der Entstehung bis hin zur Projektierung und Dimensionierung festgelegt werden. Dies gilt auch für später im Rahmen der Inbetriebnahme und Produk-



**Abb. 8.1** Instandhaltung im Dienste einer wettbewerbsfähigen Produktion



**Abb. 8.2** Life Cycle Costing im Asset Management. (In Anlehnung an VDI 2884)

tionsaufnahme identifizierbare Schwachstellen, die im Wesentlichen auf Fehler bei der Konstruktion zurückzuführen sind.

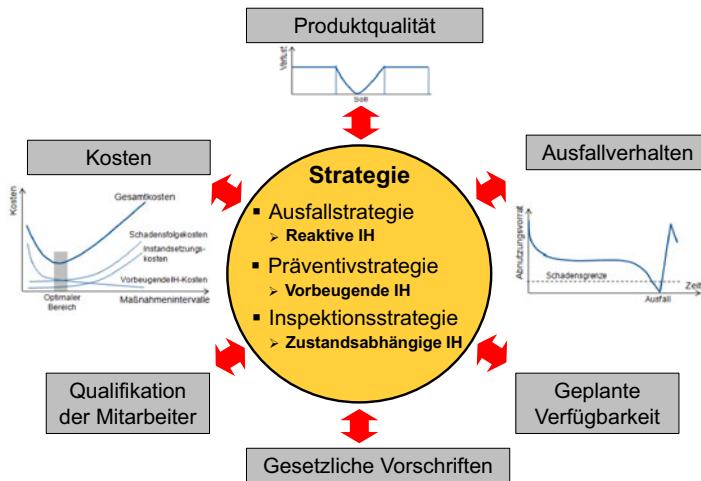
Je früher sich deshalb die Instandhaltungsfachleute mit ihrem praktischen Wissen in die Planungs- und Investitionsphasen einbinden können (siehe Abb. 8.2), umso leichter sind Schwachstellen mit hohen Folgekosten vermeidbar. Dabei kann idealerweise auch die Basis für einen langjährigen Serviceprozess bestehend aus Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung und Ersatzteilmanagement gelegt werden.

### 8.3 Instandhaltungsstrategien

Der Instandhaltungsprozess bewegt sich in seiner strategischen Ausrichtung üblicherweise im Dreiecksverhältnis *reaktiver*, *präventiver* und *zustandsorientierter Maßnahmen* (siehe Abb. 8.3). Bei der reaktiven Instandhaltung steht die Funktionserhaltung durch „Crash- und Feuerwehreinsätze“ im Vordergrund. Folgeschäden werden in Kauf genommen. Im Gegensatz hierzu steht die präventive Instandhaltung. Der Focus liegt in der Werterhaltung durch vorbeugenden Austausch verschleißanfälliger Teile. Restnutzungsmöglichkeiten werden nur bedingt ausgeschöpft.

Beide Ansätze haben auch heute noch ihre Berechtigung. Die Grenzen werden jedoch immer fließender, durch die Anforderungen an eine zustandsorientierte Instandhaltung. Durch Inspektionen werden technische Veränderungen frühzeitig erkannt und Ursachenanalysen zeigen den Handlungsrahmen auf. In die Zukunft gerichtete Prognosen werden ermöglicht und Risiken sind kalkulierbar.

In der Frage nach dem richtigen Strategiemix zeigt die Realität allerdings, dass der optimale Punkt nie wirklich erreichbar ist. Im Spannungsfeld zwischen zu viel und zu wenig, zwischen Kosten und Nutzen und zwischen Risiko und Sicherheit ändern sich die



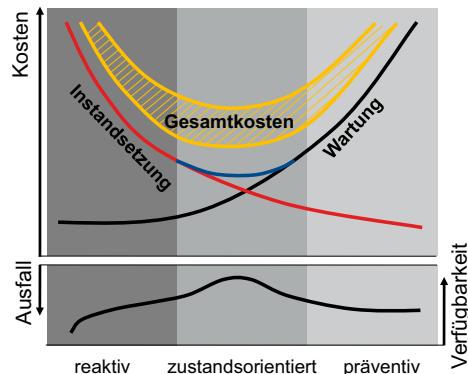
**Abb. 8.3** Grundstrategien der Instandhaltung in ihren Wechselbeziehungen

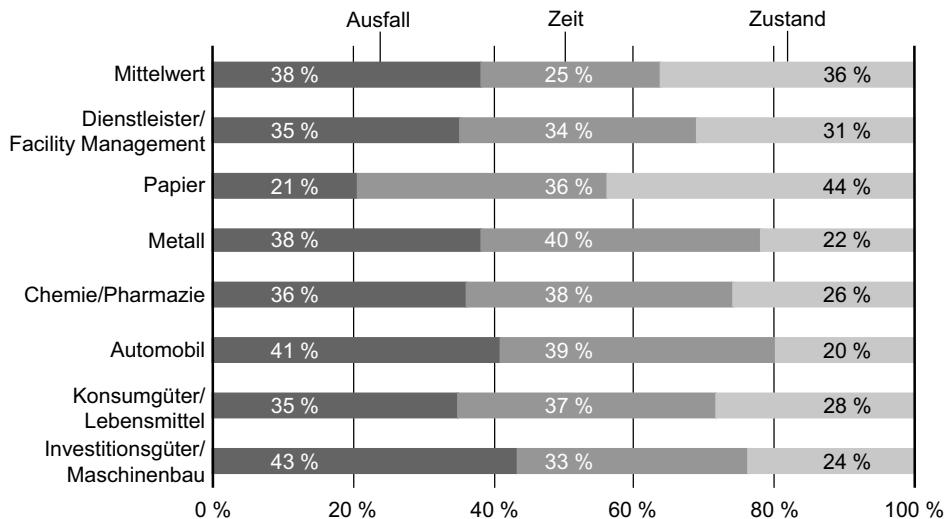
Rahmenbedingungen ständig. Dabei spielt die Mitarbeiter-Qualifikation in den Umsetzungsszenarien eine nicht unwesentliche Rolle.

Die Strategie hat sich schlussendlich an den Gesamtkosten zu orientieren, die in Verbindung mit dem technischen Ausfall zu den wirklichen Betriebskosten führen (siehe Abb. 8.4).

Die Praxis bestätigt einen branchenabhängigen Strategiemix. Dies zeigt eine vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF geförderte Untersuchung bezüglich Trends, Potenzialen und Handlungsfeldern nachhaltiger Instandhaltung (siehe Abb. 8.5). Tendenziell überwiegt der am Ausfall orientierte reaktive Anteil. Eine hohe Bedeutung hat weiterhin der an der Zeit fixierte und durch Wartung geprägte präventive Anteil. Die Zustandsorientierung ist in der Papierindustrie in besonderem Maße ausgeprägt und lässt aus der Verteilung heraus in allen Branchen noch Ausbaupotential erkennen.

**Abb. 8.4** Der optimale Punkt einer Instandhaltungsstrategie



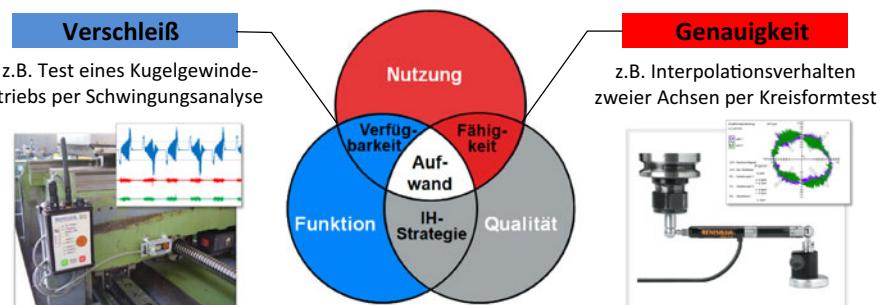


**Abb. 8.5** Strategiemix in der Praxis. (Kuhn et al. 2006, S. 18)

## 8.4 Die Nutzung von Betriebsmitteln

Grundvoraussetzung für eine effektive Betriebsmittelnutzung ist deren technische Verfügbarkeit innerhalb eines definierten Fähigkeitsverhaltens (siehe Abb. 8.6). Erst die Beherrschung beider Kenngrößen macht Prozesse wirtschaftlich kalkulierbar. Dies betrifft sowohl den Nutzungs- als auch den Instandhaltungsprozess.

Demzufolge muss sich eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie nicht nur mit den Verschleiß-/Ausfallrisiken sondern insbesondere auch mit den Genauigkeits-/Qualitätsrisiken beschäftigen. Hierzu sind allerdings umfassende Kenntnisse über den Fertigungsprozess erforderlich, da das Fähigkeitsverhalten einer Werkzeugmaschine diversen Betriebs- und Randeinflüssen unterliegt. In dieser gesamtheitlichen Betrachtungsweise



**Abb. 8.6** Funktion und Qualität





## SPEZIALSCHMIERSTOFFE FÜR IHRE INDUSTRIE UND ANWENDUNG



### BERATUNG, ENTWICKLUNG UND PRODUKTION AUS EINER HAND

TUNAP steht seit mehr als 40 Jahre für Leidenschaft und Kompetenz im Bereich chemischer Produkte. Als Spezialist für chemisch-technische Anwendungen liegen unsere Stärken insbesondere im Bereich der Schmierfette, -öle und -pasten sowie Reiniger.

Mit unserem ganzheitlichen Angebot, von der betriebswirtschaftlichen Beratung über die Chemical Compliance, bis hin zur technischen Produktschulung, liefert TUNAP die komplette tribologische Lösung.

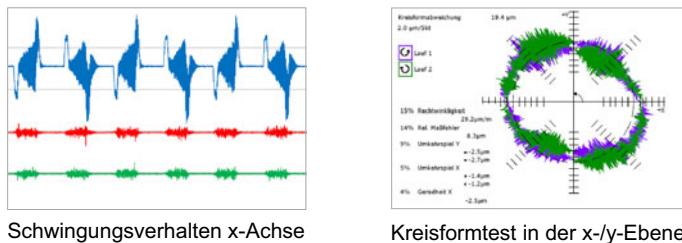
Unsere hochqualifizierten Chemiker und technischen Berater haben TUNAP als Innovations- und Technologieführer weltweit bekannt gemacht. Heute bieten wir über 800 attraktive Arbeitsplätze in 19 Ländern. Für unser kontinuierliches Wachstum sind wir ständig auf der Suche nach Verstärkungen für unser Team. Werden sie ein Teil der TUNAP Familie.

**Wir freuen uns auf Sie!**



TUNAP GmbH & Co. KG  
Bürgermeister-Seidl-Straße 2  
D-82515 Wolfratshausen

vertrieb-produktion@tunap.com  
www.tunap.com



**Abb. 8.7** Messmethodik und ihre Aussagekraft

muss immer wieder die Korrelation von Ausfallrisiko und Qualitätsrisiko hergestellt werden. Je prognostizierbarer diese Risikogrößen im Zusammenspiel sind, umso sicherer und eingriffsfreier kann dann ein automatisierter Fertigungsprozess mannarm bis mannlos betrieben werden.

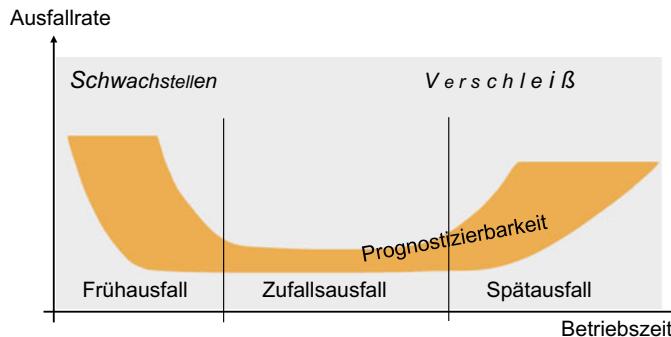
Das wirtschaftliche Betreiben von Maschinen oder Anlagen bedarf neben der Betriebssicherheit auch einer optimalen Ausschöpfung technischer Ressourcen. Deshalb muss trotz allem Sicherheitsdenken der Verschleiß- und Nutzungsvorrat technischer Komponenten bestmöglich ausgeschöpft werden. Den Betriebsanforderungen entsprechend sind dann in der Risikobetrachtung die Prioritäten mit den daraus ableitbaren Maßnahmen immer wieder neu zu setzen. Dies soll anhand zweier Messergebnisse an einem Bearbeitungszentrum (siehe Abb. 8.7) verdeutlicht werden.

Das Schwingungsverhalten in der X-Achse deutet auf Verschleißerscheinungen im Kugelgewindetrieb hin. Erste Anzeichen für erhöhtes Ausfallrisiko sind erkennbar. Aufgrund bereits vorliegender Erfahrungswerte mit Referenzdaten kann ein Weiterbetrieb für einige Monate als relativ sicher prognostiziert werden.

Der Kreisformtest zeigt allerdings in der X-/Y-Ebene unzulässige Abweichungen im Interpolationszusammenspiel der beiden Achsbewegungen. Der Haupteinfluss ist auf Umkehrspiel im Kugelgewindetrieb der X-Achse zurückzuführen. Der dafür verantwortliche Verschleiß wurde bereits im Rahmen der Schwingungsmessungen erkannt. Die Tragweite für die Produktion lässt sich konkret allerdings erst in Verbindung mit der zweiten Messmethodik darstellen. Danach sind beim Kurvenfräsen Genauigkeitsprobleme zu erwarten, die übergangsweise nur durch eine elektrische Fehlerkompensation beherrschbar sind.

## 8.5 Funktion und Ausfallrisiko

Über die Nutzungszeit von Maschinen und Anlagen wird deren Ausfallverhalten relativ verlässlich durch die Phasen des Früh-, Zufalls- und Spätausfalls geprägt. Dieser Verlauf kann idealtypisch auch als sogenannte „Badewannenkurve“ bezeichnet werden (siehe Abb. 8.8). Diese Verhaltenskurve spiegelt das Funktions- und Ausfallverhalten aller technischen Baukomponenten einer Maschine oder Anlage im Summenspiel wider.



**Abb. 8.8** Ausfallverhalten über die Nutzungszeit

Frühausfälle treten in den ersten Phasen der Lebensdauer eines Bauelementes auf und beruhen meist auf Projektierungs-, Konstruktions-, Fertigungs- und Montagefehlern. Hier zeigt sich der Reifegrad einer Konstruktion, die erfahrungsgemäß bei Sonderlösungen besonders hohe Risiken beinhaltet. Diese zu Frühausfällen führenden Mängel werden in der Praxis auch als „Kinderkrankheiten“ bezeichnet. Die Produktionsanlaufphase ist im technischen Detail vorab sehr schwer zu prognostizieren und wird häufig auch durch fehlerhafte Bedienung des noch nicht ausreichend qualifizierten Bedienungspersonals überlagert. In dieser Phase ist Instandhaltung als Berater und Optimierer gefragt.

Hat sich der Prozess eingeschwungen, tritt üblicherweise die stabile Phase der Zufallsausfälle ein. Dabei muss sich Instandhaltung im Servicegeschäft einerseits reaktiv bewahren und gleichzeitig Wartung als präventiven Schwerpunkt optimal gestalten. In dieser langjährigen Nutzungsphase ergeben sich quasi zwangsläufig Berührungspunkte in fast allen technischen Details der zu betreuenden Betriebseinrichtungen. Diese Zeit muss genutzt werden, um das Langzeitverhalten aufgrund von Verschleißcharakteristiken prognostizierbar zu machen. Hier spätestens setzt eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie in einer mehrjährigen Lernkurve an.

Der eigentliche Nutzen einer zustandsorientierten Instandhaltung kommt in der Phase des alterungsbedingten Spätausfalls zum Tragen. Dieser Ausfall betrifft dann aufgrund regulärer technischer Abnutzung eines langzeitigen Produktionsbetriebes auch Funktionshauptkomponenten wie z. B. Kugelgewindetriebe, Führungssysteme, Spindellagerungen, elektrische Leistungskomponente und vieles mehr.

Je präziser diese Prognosen gelingen, umso zielgerichteter kann ein Austausch ohne nennenswerte Produktionsstörung durchgeführt werden. Dabei besteht ein nicht unerheblicher Effekt in einem kostenminimierbaren Ersatzteilmanagement, das teure Reserveteile auf den Punkt genau beschafft und nicht langjährig in ungenutzten Lagerbeständen bindet. So wird Instandhaltung zu einem Produktivitätsfaktor, indem das Risiko kalkulierbar wird und der technische Werterhalt gezielt bis hin zur definierten Nutzzeitverlängerung im Abgleich mit der Investitionspolitik erfolgen kann.

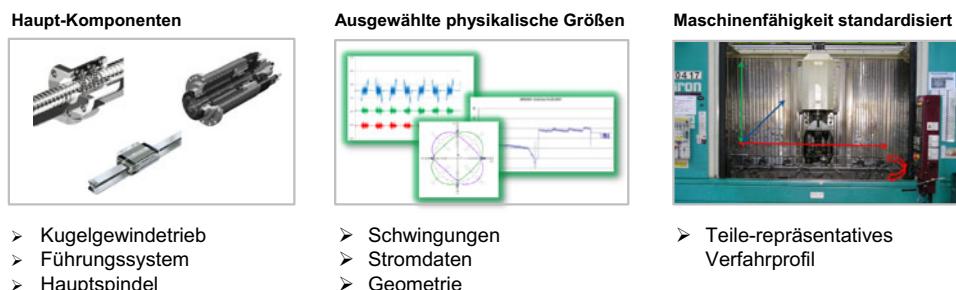
## 8.6 Inspektionstechniken und Anwendungsbeispiele

Eine Werkzeugmaschine ist ein sehr komplexes Gebilde. Die Grundherausforderung besteht darin, sich auf die wesentlichen Komponenten und Messgrößen zu konzentrieren (siehe Abb. 8.9), um mit einer beherrschbaren Datenmenge standardisierte Inspektionsmethoden zur Erfassung von Daten und Fakten zur Anwendung bringen zu können. Hierzu ist Equipment gefordert, das anwendungstechnisch hohe Anforderungen an das Know-how der Mitarbeiter stellt. Der besondere Schwierigkeitsgrad liegt dabei in der Datenanalyse zur Standortbestimmung. Gibt es dabei keine eindeutigen Grenzwerte hilft nur das kontinuierliche Sammeln weiterer Stichproben und das nicht selten über einen langen Zeitraum, um aus einer Trendveränderung eine relativ sichere Prognose ableiten zu können. Demzufolge lässt sich die Beurteilungsfähigkeit nur über einen kontinuierlichen Entwicklungsprozess vorantreiben, dessen Nutzen sich erfahrungsgemäß erst mittel- und langfristig einstellt. Eine Beschreibung für die Einführung und die laufende Nutzung einer zustandsorientierten Instandhaltung in einem Unternehmen sind in VDI 2888 (1999) enthalten.

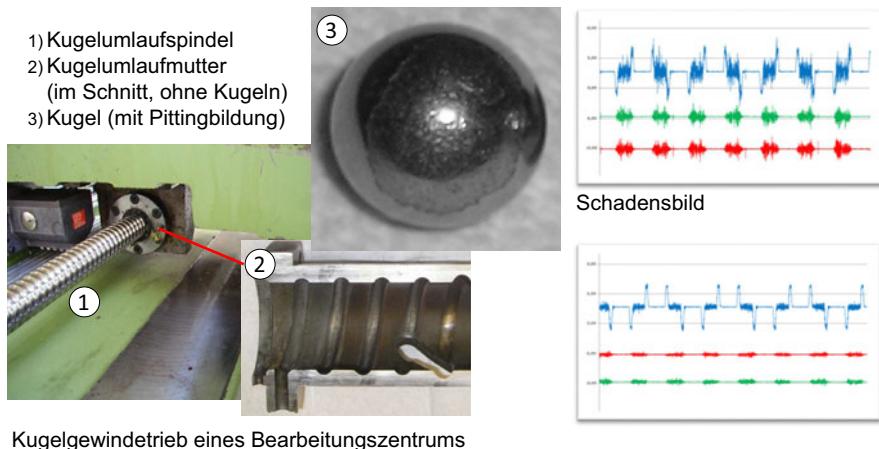
Je gleichmäßiger eine Veränderung verläuft umso diskontinuierlicher kann die messtechnische Erfassung erfolgen, ohne dass die Prognosequalität darunter leidet. Bei Veränderungen durch Zufallsstörgrößen, wie z. B. durch kollisionsähnliche Vorgänge, bietet nur die kontinuierliche Erfassung ausreichende Reaktionsfähigkeit. Diese Thematik wird im Abschn. 8.9 unter Remoteservice aufgegriffen.

Eine erfolgreich anwendbare Inspektionsmethode im Bereich rotatorisch bewegter Funktionskomponenten, wie z. B. Kugelgewindetriebe, Spindelsysteme, Getriebe und Lagerungen, ist die Schwingungsmesstechnik (siehe Abb. 8.10).

Die Thermografie ist ein messtechnisches Verfahren, welches in der Anwendung relativ einfach erscheint. Die eigentliche Problemstellung liegt jedoch in den Absorptionseigenschaften der Materialoberflächen, so dass von einem Wärmebild aus noch nicht auf eine Absoluttemperatur im Bauteil geschlossen werden kann. Hierzu müssen begleitende Temperaturmessungen durchgeführt werden. Mit zunehmenden Erfahrungswerten verbessert sich jedoch die Präzision der Temperaturinterpretation thermografischer Bilder. Die



**Abb. 8.9** Messtechnische Konzentration auf das Wesentliche einer Maschine



Kugelgewindetrieb eines Bearbeitungszentrums

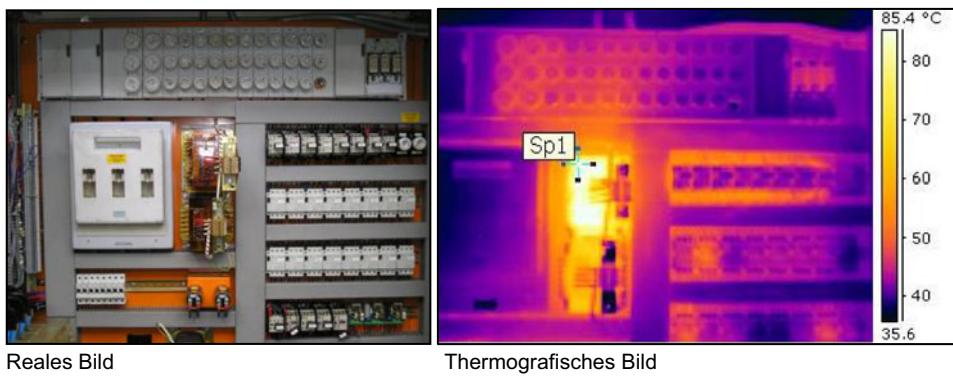
**Abb. 8.10** Schadensbild in einem Kugelgewindetrieb

Einführung von Thermografie als Inspektionsverfahren im Unternehmen sollte nicht unkritisch erfolgen, selbst wenn die Infrarot-Kameratechnik in den letzten Jahren immer leistungsfähiger und kostengünstiger und auch deren Nutzung durch „Laien“ einfacher geworden ist. Hilfestellung bei der Einführung bietet u. a. VDI 2878 – Blatt 1 (2012), in der die praktisch auftretenden Restriktionen und die Vorgehensweise zur Einführung und zur Nutzung von Thermografie im laufenden Betrieb dargestellt sind.

Das Verfahren wird häufig eingesetzt um im Bereich elektrischer Anlagen sogenannte „Hot Spots“ zu lokalisieren. Bei Temperaturen größer 60 °C erfolgt eine verstärkte Alterung elektronischer Bauteile, was deren Funktion, Zuverlässigkeit und Lebensdauer wesentlich beeinflusst. In dem vorliegenden Beispiel (siehe Abb. 8.11) ist eine extreme Wärmeentwicklung in einem elektrischen Leistungsteil innerhalb eines Schaltschrankes erkennbar. Ein Austausch kann rechtzeitig eingeleitet werden, bevor es zu einem technischen Ausfall kommt. Weitere Ausführungen zu Grundlagen und Anwendungsbeispielen zum Einsatz der Thermografie in elektrischen Anlagen lassen sich der VDI/VDE 2878 – Blatt 2 (2015) entnehmen.

Erfolgreich zum Einsatz gebracht werden kann diese Messtechnik auch in fluidtechnischen Anlagen der Hydraulik und Pneumatik oder in thermischen Anlagen einschließlich deren Wärmedämmssysteme, wie auch für die Diagnose in der Maschinen- und Anlagen-technik (VDI 2878 – Blatt 3 2015).

Schwingungsmesstechniken der verschiedensten Ausprägungsstufen und die Thermografie gehören mit zu den bekanntesten aber auch anspruchsvollsten Inspektionsverfahren zur Zustandserfassung. Daneben gibt es branchenspezifisch diverse weitere Verfahren wie z. B. Druck- und Leckageprüfungen oder Mengendurchflussmessungen in der Fluidtechnik, Rissprüfung in der Hebe- und Fördertechnik oder die Videoendoskopie im Getriebe- und Turbinenbau zur Einsicht und Beurteilung schwer zugänglicher Einbausituationen, um nur einige Beispiele zu nennen.



**Abb. 8.11** Thermografie in einem Schaltschrank

Ein weiterer Schwerpunkt einer zustandsorientierten Instandhaltung ist neben der reinen Ausfallrisikobetrachtung technischer Komponenten von Maschinen und Anlagen die bereits eingangs erwähnte Fähigkeitsbewertung der einzelnen Funktionselemente hinsichtlich ihrer Nutzungsqualität. Dabei kommt eine Vielzahl messtechnischer Verfahren zum Einsatz, auf die im folgenden Abschnitt näher eingegangen wird.

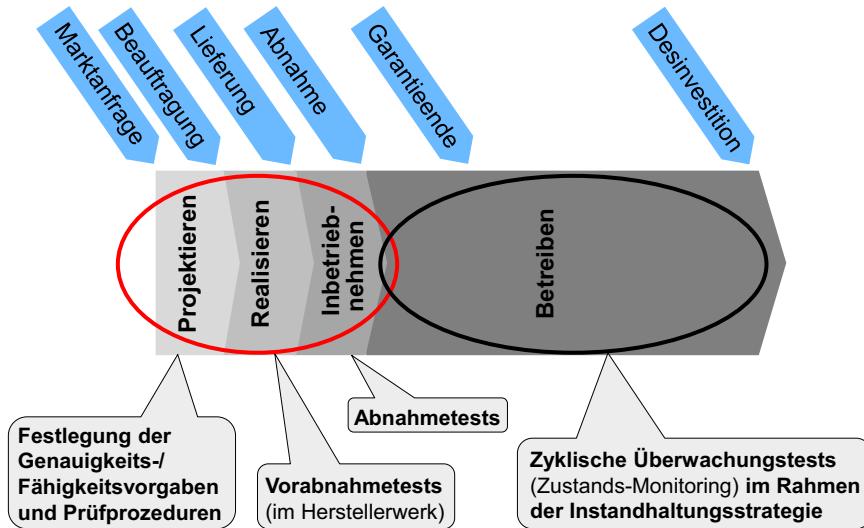
## 8.7 Qualität und Fähigkeitsnachweis

Produktprüfungen sind integraler Bestandteil einer auf Qualität bedachten Produktion. Im Rahmen der Qualitätsplanung werden hierzu Qualitätsmerkmale für Produkte, Funktionen und Prozesse und deren Umsetzung definiert.

Dies betrifft auch die zum Einsatz kommenden Prüf- und Betriebsmittel, deren Fähigkeit ebenfalls durch Überwachungstests nachzuweisen und sicher zu stellen ist. Grundvoraussetzung hierfür sind jedoch Vorgaben, die bereits in den Phasen der Projektierung, Realisierung und Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen realistischen Eingang finden müssen (siehe Abb. 8.12). Hierzu ist das Wissen der Instandhaltung gefordert, denn die Eigenschaften einer produktionstechnischen Einrichtung im Neuzustand muss über viele Betriebsjahre nutzungsfähig gehalten werden. Sind dabei die entsprechenden Reserven nicht ausreichend mit eingeplant und die Prozessanforderungen bewegen sich ständig im technischen Grenzbereich oder übersteigen diesen gar, sind Mehraufwände zur Qualitätssicherung vorprogrammiert.

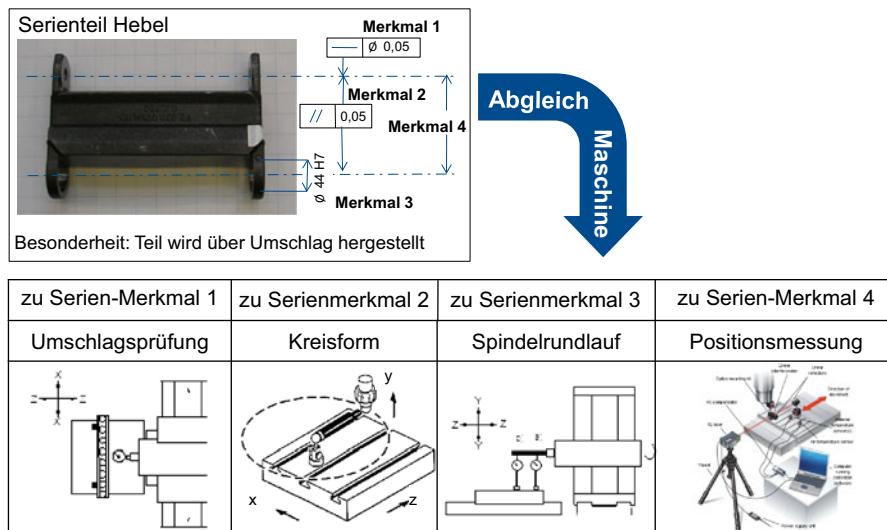
Mit der Festlegung der Genauigkeits- und Fähigkeitsvorgaben, idealerweise bereits in der Projektierungsphase, wird die Basis für die erforderlichen Prüfprozeduren gelegt. Diese besitzen dann üblicherweise auch vertragliche Relevanz, die schwerpunktmäßig während der Abnahme und der Garantiephase zum Tragen kommt.

Dabei sollte die Korrelation zwischen Werkstück- und Maschinenqualitätsmerkmalen bekannt sein, um den messtechnischen Aufwand eingrenzen zu können. Eine Heraus-



**Abb. 8.12** Qualitätssicherung im Life Cycle der Technik

forderung, die sehr viel praktische Erfahrung erfordert, um einen realistischen Abgleich bewerkstelligen zu können (siehe Abb. 8.13). Beispielhaft dargestellt sind vier Merkmale eines Serienteils, das auf einem Bearbeitungszentrum gefertigt werden soll. Des Weiteren sind in einem Folgeschritt die korrespondierenden Maschinenmerkmale mit den dafür geeigneten Prüfmethoden abgeleitet.



**Abb. 8.13** Korrelation von Werkstück- und Maschinenqualitätsmerkmalen

Um dabei den Aufwand, insbesondere für die zyklischen Wiederholungsprüfungen im langjährigen Nutzungsbetrieb in Grenzen zu halten, sollten bei einer Maschinenbelegung mit vielen unterschiedlichen Teilen sogenannte Repräsentanten als Maßstab herangezogen werden.

Das Qualitäts- und Fähigkeitsverhalten wird in der sogenannten Maschinenlebensakte dokumentiert. Ein Dokument, das für den Betreiber- wie auch Instandhaltungsprozess strategische Orientierungshilfe bietet, wenn die Fortschreibung kontinuierlich und lückenlos genug erfolgt.

---

## 8.8 Messtechniken und Anwendungsbeispiele

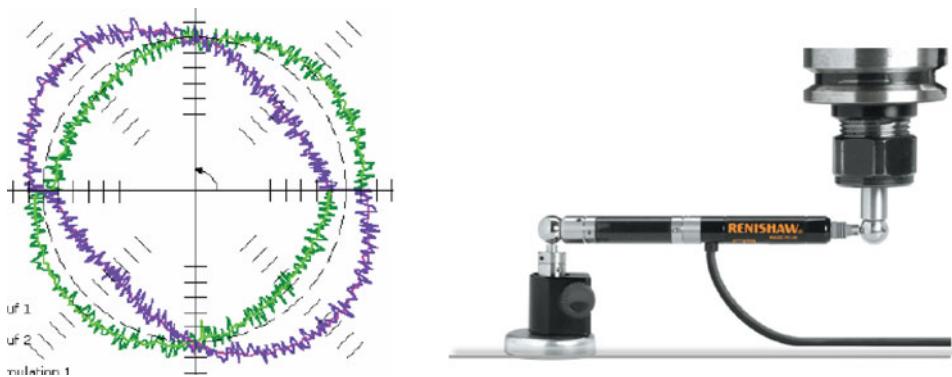
Für Qualitäts- und Fähigkeitsprüfungen sollten möglichst Methoden zum Einsatz kommen, für die der Markt ausgereifte und vertrauenswürdige Messtechnik zur Verfügung stellt. Denn erst entsprechend zertifiziert ist die Grundvoraussetzung für eine Messmittelfähigkeit gegeben, die verlässliche Ergebnisse liefert. Ein wesentlicher Faktor dabei ist auch die Messdatenerfassung, Auswertung und Dokumentation. Bei großen Datenmengen sind automatisierte Lösungen anzustreben, die auch unter statistischen Gesichtspunkten einfach anzuwenden sind, einschließlich diverser grafischer Darstellungsformen, mit deren Hilfe sich Ergebnisse leichter vermitteln lassen.

Nicht immer lassen sich Sonderprüfaufbauten vermeiden. In diesen Fällen darf der Aufwand für den Nachweis der Messmittelfähigkeit nicht unterschätzt werden, selbst wenn dabei auf Seriengrundmesselemente zurückgegriffen werden kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn von den Messergebnissen wichtige vertragsrelevante Entscheidungen abhängen.

### Kreisformtest

Der Kreisformtest (siehe Abb. 8.14) ist ein standardisiertes Messverfahren, dessen Einsatzschwerpunkt im Bereich von Bearbeitungszentren liegt. Wegen der gerätetechnisch relativ leichten und aufwandsarmen Anwendung ist das Verfahren weit verbreitet. Die messtechnische Stärke liegt in der hochpräzisen Erfassung zweier Achsbewegungen zueinander, in einer Ebene. Aus den Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse auf die mechanische Grundgenauigkeit der Führungssysteme (Rechtwinkligkeit zweier Achsen zueinander), das Umkehrspiel in den Kugelgewindetrieben (Richtungsumkehr am Quadrantenübergang) und das steuerungstechnisch beeinflussbare Interpolationsverhalten zweier Achsen zueinander ziehen. Die Aussagekraft ist dann von besonderer Bedeutung, wenn die Qualitätsfähigkeit für eine Kreis- oder Kurvenbearbeitung sichergestellt werden soll. So auch in der Herstellung winklig zueinander angeordneter Flächen. Der Einfluss der Maschinendynamik kann dabei durch unterschiedliche Verfahrgeschwindigkeiten simuliert werden.

Da die Messergebnisse relativ eindeutig auf die Problemfelder hinführen, sind notwendige Korrekturmaßnahmen zielgerichtet auf der steuerungstechnischen und/oder mecha-



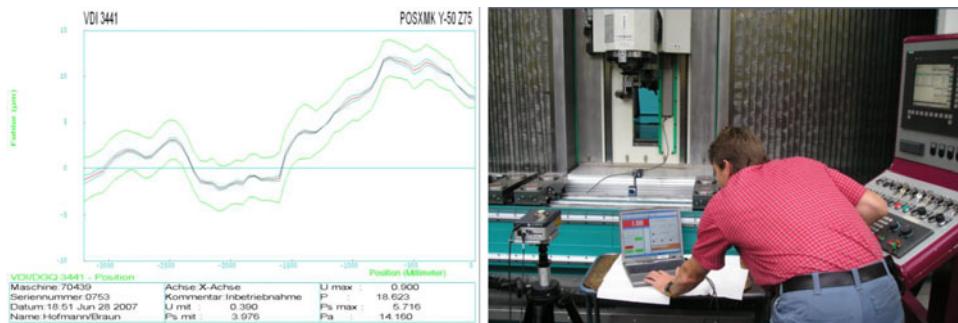
**Abb. 8.14** Kreisformtest

nischen Seite ausführbar. Durch eine Folgemessung ist das Ergebnis in seiner Qualität sofort beurteilbar.

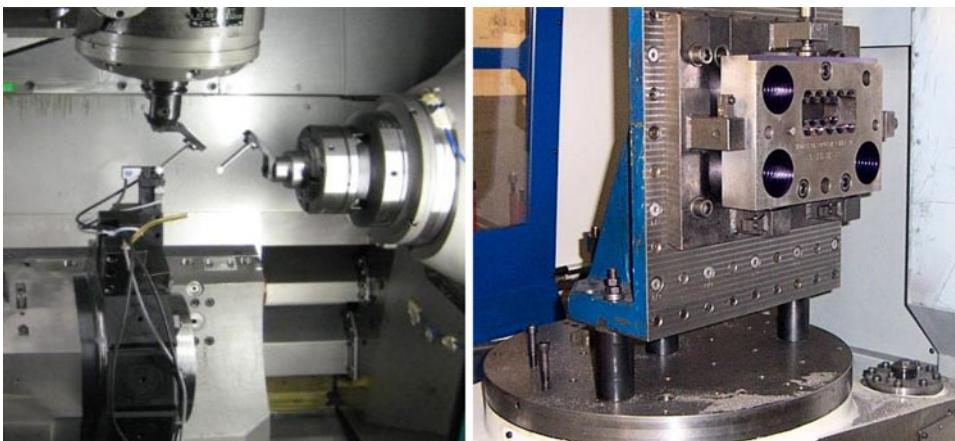
### Laserinterferometrie

Die Laserinterferometrie (siehe Abb. 8.15) ist ein hochpräzises Messverfahren mit dem Maschinenachsen auch in größeren Verfahrbereichen hinsichtlich ihrer Geradheit, Parallelität, Rechtwinkligkeit, Positioniergenauigkeit und diversen weiterer Qualitätseigenschaften untersucht werden können. In ihrer Auflösungsgenauigkeit bewegen sich die Messungen im Grenzbereich der mechanisch herstellbaren Qualität, so dass die Daten bei hohen Anforderungen zur elektrischen Kompensation herangezogen werden. Hierzu gibt es steuerungsspezifisch ausgelegte Kompensationssoftware zur automatisierten Übertragung an die Maschinensteuerung.

Das Equipment in Hard- und Software ist allerdings kostenintensiv und erfordert darüber hinaus hohe Anwendungskompetenz, die in der Praxis kontinuierlich gestärkt und weiterentwickelt werden muss. Ist jedoch ein entsprechend großes Anwendungsfeld vor-



**Abb. 8.15** Laserinterferometrie an einem Bearbeitungszentrum



**Abb. 8.16** Aufgabenspezifische Sonderprüfaufbauten

handen, amortisiert sich diese Investition relativ schnell und kann sich zu einem gefragten Faktor für Beratungskompetenz durch Instandhaltungseigeneleistung entwickeln.

### Sonderprüfaufbauten

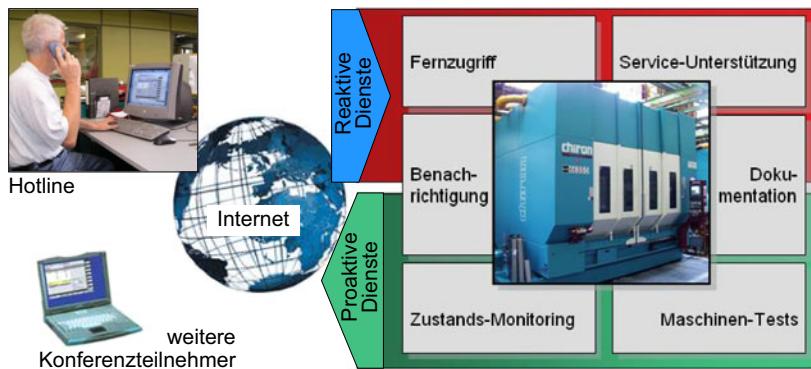
Sonderprüfaufbauten (siehe Abb. 8.16) erfordern ein besonderes Maß an mechatronischem Wissen in der Messtechnik und im besonderen Maße aber auch Prozessverständnis in den Wirkzusammenhängen von Maschinenelementen. Bildlich dargestellt sind ein Messaufbau in einer Drehmaschine und eine Prüfplatte in einem Bearbeitungszentrum. Beide Lösungen basieren auf standardisierten Grundelementen, die auch bei ähnlichen Maschinenkonzepten Verwendung finden können.

---

## 8.9 Ausblick und Resümee

Im Zeitalter der global vernetzten Welt ist der Daten- und Informationsaustausch per Internet eine sich immer rasanter entwickelnde Technik. So ist es inzwischen Stand der Technik, dass bei elektro-, steuerungs- und softwaretechnisch schwerwiegenden Problemen kompetenter Service per Datenleitung zugeschaltet wird. Damit können auch Spezialisten aus der Ferne ohne Zeitverzug Hilfestellung bieten (siehe Abb. 8.17). Diese sogenannten reaktiven Dienste werden allerdings im Normalfall erst nach eingetretenem Störfall aktiv. Unter dem Aspekt der zustandsorientierten Instandhaltung gewinnen aber auch hier die proaktiven Dienste an Bedeutung, indem Informationen z. B. über Sensoren aus der Maschine abgefragt und auf Merkmalsänderungen hin überwacht werden.

Diese Informationen können z. B. aus Alarmen und Fehlermeldungen bestehen, die häufig ohne unmittelbare Auswirkungen auf den laufenden Produktionsbetrieb im komplexen Steuerungshintergrund entstehen. Von Bedeutung sind auch Lastkollektive, die



**Abb. 8.17** Remoteservice für schnellen Informationsaustausch

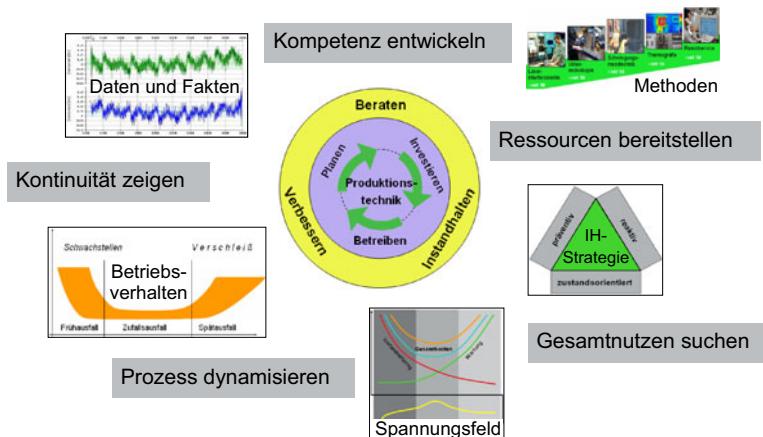
sich z. B. aus Stromdaten, Fahrwegen oder der Werkzeugwechselhäufigkeit ableiten lassen oder Veränderungen im Steifigkeits- und Schwingungsverhalten von Spindeln und Achsen.

Es ist zu erwarten, dass sich unter den Entwicklungen „Industrie 4.0“ neue Ansatzpunkte bezüglich der Eigenüberwachung und Eigendiagnose (sog. Smart Objects und Smart Services) von Komponenten, Baugruppen oder auch kompletten Anlagen bieten werden.

Die große Herausforderung besteht allerdings darin, einerseits die im Onlinebetrieb langfristig erzeugbare Datenflut auf das Notwendigste zu begrenzen und andererseits Grenzwerte zu finden, die ein Indiz für ableitbare Korrekturmaßnahmen (z. B. die Durchführung einer Wartung wegen erreichter Verschleißgrößen) darstellen. Hierfür sind wiederum Wissen und praktische Erfahrung erforderlich. Deren Grundlagen aber müssen im Vorfeld durch manuelle Inspektionsmethoden gelegt werden.

Zustandsorientierte Instandhaltung ist keine Strategie des schnellen Erfolges, denn die Methoden müssen langfristig im Lebenszyklus der Technik angelegt werden (siehe Abb. 8.18). Dabei gilt es, die dafür erforderlichen Ressourcen zu planen und bereitzustellen. Mit dem richtigen Equipment sind geeignete Mitarbeiter methodisch an die Prozesse heranzuführen, so dass sich praxistaugliche Kompetenzen entwickeln. Nach Plan sind dann messtechnisch Daten und Fakten zu erfassen und zu analysieren. Dies erfordert Kontinuität und Durchhaltevermögen über viele Jahre. Dabei sind die unterschiedlichen Phasen im Betriebsverhalten einer vielfältigen und komplexen Produktionstechnik zu berücksichtigen. Im Spannungsfeld des Kosten-/Nutzenverhältnisses sind die Methoden immer wieder anzupassen. Herausforderung und Zielsetzung ist schlussendlich im Strategiemix den Gesamtnutzen zu suchen, so dass sich unter dem Kostenaspekt der Kreis schlüssig und erfolgreich schließt.

Die Digitalisierung der Produktion wird sich in Dimensionen weiterentwickeln, die in ihrer Auswirkung auf die Arbeitsplätze z. Zt. nur bedingt einschätzbar sind. Die Instandhaltung wird dabei an strategischer Bedeutung gewinnen, denn gerade die zukünftige Technik, in all der zu erwartenden Komplexität, muss unter wirtschaftlichen Aspekten



**Abb. 8.18** Langfristig angelegter Serviceprozess

funktionsfähig gehalten werden, damit sich Investitionen lohnen. Allerdings wird sich das Berufsbild des Instandhalters verstärkt an den Facetten des Programmierens, der Steuerungs- und Netzwerktechniken, der Datenanalyse, sowie Daten- und Netzwerksicherheit auszurichten haben, ohne dass das Wissen und Können in den handwerklichen Techniken des Maschinenbaus verloren gehen dürfen.

Für das Gelingen oder Scheitern der zukünftigen Instandhaltungsstrategien wird weiterhin der Mensch mit all seinen Kompetenzen die zentrale Rolle spielen. Dies dürfte in besonderem Maße die instandhalterische Herausforderung unter den Aspekten „Industrie 4.0“ sein.

## Literatur

- Kuhn, A., Schuh, G., Stahl, B. (2006): Nachhaltige Instandhaltung – Trends, Potenziale und Handlungsfelder. VDMA-Verlag, Frankfurt/M.
- VDI 2878 (2012-05): Blatt 1 – Anwendung der Thermografie zur Diagnose in der Instandhaltung – Allgemeine Anforderungen sowie Hinweise für Entscheidungsträger und Verantwortliche. Beuth Verlag, Berlin
- VDI 2878 (2015-05): Blatt 3 – Anwendung der Thermografie zur Diagnose in der Instandhaltung – Maschinen- und Anlagentechnik. Beuth Verlag, Berlin.
- VDI 2888 (1999-12): Zustandsorientierte Instandhaltung. Beuth Verlag, Berlin.
- VDI/VDE 2878 (2015-05): Blatt 2 – Anwendung der Thermografie zur Diagnose in der Instandhaltung Elektroanlagen. Beuth Verlag, Berlin.



# Moderne Qualifizierung für neue Betriebsleiter und Betriebsingenieure – eine wichtige Investition in die Zukunft

9

Oliver Franta

## Zusammenfassung

Aktuelle Entwicklungen auf dem Weltmarkt, veränderte Kundenanforderungen und sich stetig weiter entwickelnde Technologien verlangen neue Inhalte und Formen der betrieblichen Weiterbildung. Jedes Unternehmen ist gefordert seine Qualifizierungsbedarfe genau zu analysieren, anforderungsgerechte Trainingsprogramme zu entwickeln und diese nachhaltig zu implementieren. Der Beitrag zeigt am Beispiel der Evonik Industries AG aus der Prozessindustrie wie sich Unternehmen mittels moderner Qualifizierungskonzepte auf geänderte Anforderungen für Betriebsleiter und Betriebsingenieure einstellen.

## 9.1 Einführung

Bedingt durch die Globalisierung und die damit einhergehende Verschärfung des Wettbewerbs befinden sich die Produktionsbetriebe der chemischen Industrie in stetigem Wandel. Für Betriebsleiter und Betriebsingenieure werden damit zusätzlich zur Kenntnis der externen und internen Regelwerke Fähigkeiten wie Kostenmanagement, Sozial- und Organisationskompetenz, Führungsqualifikationen und unternehmerisches Handeln immer wichtiger. Neben den Anforderungsprofilen bei Neueinstellungen ist dies auch bei der Fortbildung zu berücksichtigen. Das Trainingsprogramm der Evonik Industries AG wurde durch die Konzeption neuer Seminare und die Anpassung bestehender Weiterbildungsmaßnahmen weiterentwickelt. Neben Vorträgen und Fallbeispielen sind auch die Durchführung von interaktiven Planspielen sowie das Kennenlernen eines Produktionsbetriebes einer

---

O. Franta (✉)

Technical Director Fortier, Performance Materials – Methacrylates, Evonik Cyro LLC  
10800 River Road, LA 70094 Westwego, USA  
E-Mail: oliver.franta@evonik.com

anderen Organisationseinheit enthalten. Ziel ist es vor Allem, die unternehmerische Orientierung neuer Betriebsleiter und -ingenieure zu fördern, die Innovationsgeschwindigkeit zu erhöhen und durch Kenntnis und Nutzung bereits anderweitig entwickelter Lösungen und Methoden die Produktivität zu steigern. Der Erfolg des Trainingsprogramms zeigt sich an den Teilnehmerzahlen und den durchgehend positiven Rückmeldungen.

---

## 9.2 Ausgangssituation

Die Produktionsbetriebe der chemischen Industrie befinden sich in stetigem Wandel und Anpassungsbedarf aufgrund von Globalisierungseffekten, Veränderungen des Wettbewerbsumfelds und technischen Weiterentwicklungen. Neben dem Betriebsleiter als Gesamtverantwortlichem für die Produktion kommt dabei dem Betriebsingenieur in Bezug auf die Technische Anlagenbetreuung (Instandhaltung, Investitionsprojekte und Prozesstechnik) eine wichtige Rolle als Ansprechpartner und Verantwortlicher zu.

Im genannten Umfeld ist eine rein fachliche Ausrichtung der Funktionen Betriebsleiter und Betriebsingenieur nicht mehr hinreichend. Zusätzlich werden die Übernahme von Kostenverantwortung, Sozial- und Organisationskompetenz, Führungsqualifikationen sowie unternehmerisches Denken und Handeln besonders wichtig. Dies hat Auswirkungen auf das Anforderungsprofil bei Stellenneubesetzungen, aber auch auf die Anforderungen bezüglich der Weiterqualifikation innerhalb der ersten Berufsjahre in der neuen Funktion. Da aufgrund der Altersstruktur in den nächsten Jahren eine Vielzahl von Stellen neu besetzt werden müssen und die früher – insbesondere für neue Betriebsleiter – zur Einarbeitung üblichen Zeiträume von z. T. 1 bis 2 Jahren oft nicht mehr zur Verfügung stehen, nimmt die Bedeutung der internen Qualifikation für die o. g. Funktionen weiter zu.

---

## 9.3 Aufgaben von Betriebsleitern und -ingenieuren

Abb. 9.1 zeigt die wichtigsten Aufgaben eines Betriebsleiters.

Der „Überblick über interne und externe Dienstleister“ bezieht sich primär auf Leistungen außerhalb der Instandhaltung und der Abwicklung von Investitionsprojekten, wie z. B. Logistik- oder Dienstleistungen für Umwelt, Sicherheit, Gesundheit und Qualität (USGQ), da die erstgenannten Fachgebiete i. d. R. vom Betriebsingenieur abgedeckt werden. An größeren Standorten wird er dabei ggf. von internen Dienstleistern unterstützt.

Abb. 9.2 zeigt die wichtigsten Aufgaben eines Betriebsingenieurs.

Die Kernaufgaben „Mechanik- oder Elektro-Mess-Regeltechnik(EMR)-Ingenieur“ sowie „Planung und Abwicklung von Investitionsprojekten“ erfordern häufig bereits einen hohen zeitlichen Aufwand, so dass für die Initiierung und Durchführung verfahrenstechnischer Verbesserungen z. T. nur wenig Zeit bleibt. Unabhängig hiervon wird jedoch

## **Kernaufgaben**

### **Produktion**

- Menge, Spezifikation und Termin gemäß Kundenanforderung
- Einhaltung aller gesetzlichen und internen Bestimmungen bzgl. Umwelt, Sicherheit und Gesundheit (USG)
- Kosten- und Ressourcenmanagement

### **Personalführung**

- Führung, Entwicklung und Förderung der Mitarbeiter

### **Kontinuierliche Verbesserung / Veränderungsmanagement**

- Initiierung verfahrenstechnischer Optimierungsprojekte
- organisatorische Veränderungen

## **Zusammenarbeit mit anderen Funktionen**

### **Kompetenter und kritischer Partner des Geschäftsgebiets**

- z.B. Know-how Träger Verfahren, Investitionsplanung, Produktionsstrategie

### **Manager mit Überblick über interne und externe Dienstleister**

- beauftragt Arbeitspakete die andere wirtschaftlicher erbringen

### **Partner des Betriebsingenieurs (BI)**

- mit technischem Basiswissen; fördert den BI beim Ausbau des Prozesswissens

**Abb. 9.1** Aufgaben des Betriebsleiters

## **Kernaufgaben**

### **Mechanik- oder EMR-Ingenieur**

- Sicherstellung der geforderten Anlagenverfügbarkeit
- Gewährleistung der technischen Anlagensicherheit
- Kostenmanagement, proaktive Steuerung der Instandhaltung

### **Prozessingenieur**

- Initiierung und Durchführung verfahrenstechnischer Verbesserungen

### **Planung und Abwicklung von Investitionsprojekten**

- technische Realisierung
- Übernahme des Projektmanagements

## **Zusammenarbeit mit anderen Funktionen**

### **Kompetenter technischer Partner des Betriebsleiters**

- in allen Fragen der technischen Anlagenbetreuung (siehe Kernaufgaben)
- mit Überblick über internes und externes Know-how

### **Partner für Projektgenieure anderer Standorte / Organisationseinheiten**

- unterstützt Projektgenieure und vertritt die betrieblichen Interessen
- strebt ein Gesamtoptimum aus Investitions- und Lebenszykluskosten an

**Abb. 9.2** Aufgaben eines Betriebsingenieurs

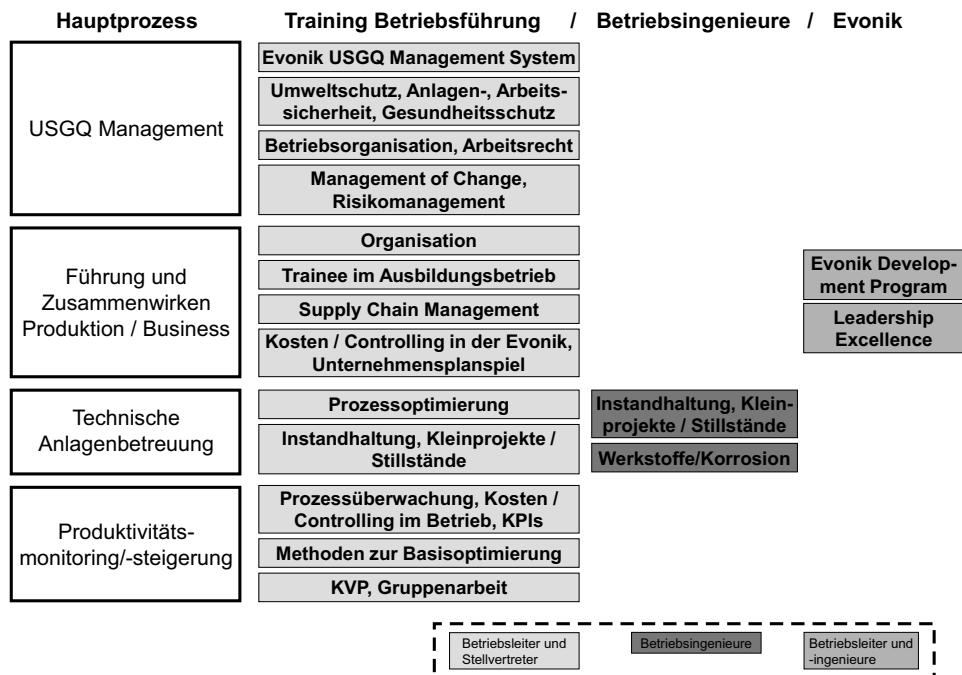
großer Wert auf Prozesskenntnis und -verständnis gelegt, da der Instandhaltung zugeordnete Schwachpunkte wie häufige Ausfälle von Aggregaten in manchen Fällen sehr viel einfacher durch Änderungen des Produktionsverfahrens bzw. der Anlagenfahrweise eliminiert werden können als durch Änderungen am betroffenen Equipment.

## 9.4 Weiterentwicklung des Trainingsprogramms

Um die operativen Bereiche bei der Erfüllung der zuvor beschriebenen Anforderungen zu unterstützen, wurde das Ausbildungsprogramm der Evonik für neue Betriebsleiter und -ingenieure grundlegend überarbeitet bzw. teilweise neu konzipiert. Das Gesamtprogramm besteht aus den Seminarbausteinen *Curriculum Betriebsführung* und *Curriculum Technische Anlagenbetreuung* und wird durch Evonik-weite, allgemeine Entwicklungsseminare und -bausteine ergänzt (siehe Abb. 9.3). Das neu konzipierte *Curriculum Betriebsführung* besteht aus den drei Teilen

1. USGQ-Management,
2. Produktivitätssteigerung im Produktionsbetrieb sowie
3. Risikomanagement, Investitionen und Controlling.

Teil 1 deckt die gemäß interner Beschlüsse für neue Betriebsleiter, deren Stellvertreter und Ingenieurgruppenleiter verpflichtend zu schulenden USGQ-Grundkenntnisse ab, während die Teile 2 und 3 betriebswirtschaftliche Grundlagen und die im Unternehmen entwickelten „Best Practice“-Methoden und -Werkzeuge, den kontinuierlichen Verbesserungsprozess und die Möglichkeiten zur Steigerung der Produktivität vermitteln.



**Abb. 9.3** Seminare für neue Betriebsleiter und Stellvertreter sowie Betriebsingenieure

Hierbei werden die durch internes und externes Benchmarking gewonnenen Erkenntnisse genutzt. Besonders wichtige Inhalte werden sowohl aus der Perspektive der entsprechenden Zentralabteilung als auch aus Betreibersicht vermittelt, um eine möglichst gute Umsetzbarkeit zu gewährleisten. Bei der Auswahl der von Anlagenbetreibern vorgestellten Beispiele wurde Wert darauf gelegt, dass die Methodik auch in anderen Betrieben anwendbar ist, also z. B. nicht die Installation einer speziellen Software voraussetzt.

Die aktive Beteiligung der Teilnehmer wird durch die Bearbeitung zahlreicher Fallbeispiele sowie die Durchführung von Planspielen (z. B. Unternehmensplanspiel) gewährleistet. Als weitere Neuerung erfolgt zwischen den Trainings durch jeweils zwei Seminar teilnehmer ein mehrtägiger Besuch eines Produktionsbetriebes, der weder am eigenen Standort ansässig ist noch dem eigenen Geschäftsgebiet angehört. Hierzu wurden von den Produktions- und Technikverantwortlichen der Bereiche ca. 10 geeignete Betriebe benannt, die für diese Ausbildungsaufgabe zur Verfügung stehen. Hierdurch wird es den Teilnehmern ermöglicht, ihre bisherigen Erfahrungen und Vorstellungen mit der Betriebs führung in einem anderen Bereich zu vergleichen und für sie neue, jedoch bereits erfolgreich praktisch erprobte Methoden und Lösungen aufzunehmen.

Ziel dieser Erstausbildung ist es vor Allem, externe und interne USGQ-Anforderungen durchgängig zu vermitteln, die unternehmerische Orientierung neuer Betriebsleiter/Stellvertreter und Betriebsingenieure zu fördern, die Innovationsgeschwindigkeit zu erhöhen sowie durch Kenntnis und Nutzung bereits anderweitig entwickelter Lösungen und Methoden die Produktivität zu steigern. Die Trainings ermöglichen es den Teilnehmern ferner, ein standort- und bereichsübergreifendes Netzwerk aufzubauen bzw. zu erweitern.

In Abb. 9.3 sind die Struktur und die wichtigsten Inhalte des Trainingsprogramms dargestellt.

Bereits seit 2006 wird das *Curriculum Technische Anlagenbetreuung*, bestehend aus den jeweils zweitägigen Seminaren „Instandhaltung“ sowie „Kleinprojekte und Stillstände“, durchgeführt. Die Zielgruppe hierfür sind überwiegend Betriebsingenieure Mechanik und Elektro-Mess-Regeltechnik sowie weitere Technikfunktionen (z. B. Werkstattleiter).

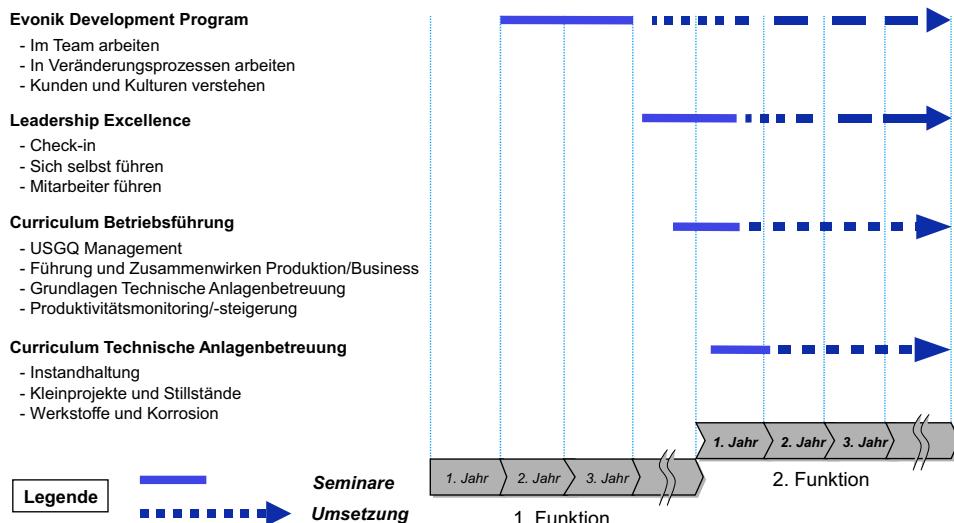
Im Training „Instandhaltung“ werden Themen behandelt wie:

- Instandhaltungsmanagement,
- Aufbau- und Ablauforganisation,
- Overall Equipment Effectiveness (OEE),
- Instandhaltungsmethoden und -strategien,
- Prüfpflichten,
- interne technische Standards und
- praktische Anwendung von Kennzahlen (Key Performance Indicators – KPIs)

Im Seminarteil „Kleinprojekte“ stehen insbesondere Umbauprojekte innerhalb bestehender Anlagen mit dafür typischen Randbedingungen, wie Durchführung von Projekt montagen während des Anlagenbetriebs, viele Einbindepunkte in die bestehende Anlage

(die i. d. R. einen Anlagenstillstand erfordern), begrenztem Raumangebot etc. im Fokus. Die in Großprojekten eingesetzten Vorgehensweisen und Werkzeuge werden vermittelt, soweit sie auf Kleinprojekte sinnvoll anwendbar sind. Darüber hinaus werden Praxisbeispiele zu den Themen „kostengünstiges Investieren“ und „Lebenszykluskosten“ vorgestellt. Der Seminarteil „Stillstände“ umfasst neben der Vermittlung der für deren Planung und Ausführung wichtigen Methoden und Werkzeuge die Aspekte Sicherheit, Organisation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP). Die Teilnehmer erlangen damit die Möglichkeit, Projekte und Stillstände im eigenen Verantwortungsbereich aktiv zu steuern und gezielt auf das in der Evonik vorhandene Know-how zuzugreifen. In beiden Seminaren werden die Teilnehmer durch zahlreiche in Kleingruppen bearbeitete Fallbeispiele sowie anschließende Präsentation und Diskussion aktiv eingebunden.

Der zeitliche Aufwand für die dargestellten Weiterbildungsmaßnahmen beträgt insgesamt ca. 30 Arbeitstage, wovon 10 Tage auf das allgemeine, funktionsübergreifende Evonik Development Programm entfallen. Dieses wird bei Betriebsleitern/Stellvertretern und Betriebsingenieuren üblicherweise innerhalb von 3 Jahren nach Eintritt ins Unternehmen absolviert und beinhaltet beispielsweise Themen zur Teamarbeit, zum Zeitmanagement, zum Kundenverständnis und zum Arbeiten unter sich verändernden Rahmenbedingungen sowie Elemente der Führung. Die oben beschriebenen beiden weiteren Bausteine des Ausbildungsprogramms sollen von dieser Zielgruppe innerhalb der anschließenden 2 bis 3 Jahre absolviert werden, siehe Abb. 9.4. Die Schulung der USGQ-Grundkenntnisse erfolgt dabei vor der erstmaligen Übernahme einer Funktion als Betriebsleiter/Stellvertreter oder in engem zeitlichem Zusammenhang.



**Abb. 9.4** Gesamtdarstellung des Ausbildungsprogramms für neue Betriebsleiter und Stellvertreter sowie Betriebsingenieure

Die genaue zeitliche Abfolge sowie die Absolvierung zusätzlicher Trainings (z. B. fachliche Weiterbildung) richten sich nach den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Funktion und der Organisationseinheit.

Zusätzlich zur vorstehend beschriebenen Erstausbildung enthält das neue Konzept ein 1,5-tägiges USGQ-Auffrischungstraining. Dieses vermittelt u. a. Änderungen externer und interner Anforderungen und ist von Betriebsleitern, deren Stellvertretern und Ingenieurgruppenleitern verpflichtend im Zeitintervall von maximal 5 Jahren zu absolvieren.

Inzwischen wurde das Ausbildungsprogramm für Betriebsleiter und -ingenieure – nach einer Anpassung der Inhalte auf die jeweiligen lokalen Bedürfnisse – nach Nordamerika und Greater China ausgedehnt.

---

## 9.5 Ergebnisse und Ausblick

Die für Betriebsingenieure und weitere Technikfunktionen seit 2006 eingeführte Seminarreihe *Curriculum Technische Anlagenbetreuung* stößt sowohl bei den Produktions- und Technikverantwortlichen des Unternehmens als auch seitens der Teilnehmer auf eine sehr positive Resonanz und ist inzwischen zu einem festen Bestandteil der internen Qualifizierung im deutschsprachigen Raum geworden. Die Übertragung auf andere Regionen (Osteuropa, USA, Asien) erfolgt in der Form bereichsspezifischer Trainings. Diese bauen auf den zuvor beschriebenen Seminaren auf, berücksichtigen jedoch die regional unterschiedlichen Voraussetzungen.

Das neugestaltete *Curriculum Betriebsführung* für Betriebsleiter/Stellvertreter und Betriebsingenieure wurde Anfang 2014 zunächst im Inland gestartet und seit Ende 2014 international ausgerollt. Die Rückmeldungen sind – unter anderem aufgrund der Vermittlung der USGQ-Grundkenntnisse und diverser „Best-Practice“-Methoden und -Werkzeuge sowie wegen des neu eingeführten Elements „Trainee im Produktionsbetrieb“ – ebenfalls ausgesprochen positiv. Anregungen der Teilnehmer werden zur kontinuierlichen Weiterentwicklung des gesamten Trainingsprogramms genutzt.



# Wandel von Instandhaltungsarbeit

10

Katja Gutsche und Bernd-Friedrich Voigt

## Zusammenfassung

Mit den aktuellen Veränderungen in der produzierenden Industrie verändert sich das Arbeiten des Instandhalters/der Instandhalterin\*. Dieser Beitrag führt die wesentlichen Aspekte im Wandel von Instandhaltungsarbeit auf und stellt den Mensch in den Mittelpunkt der Betrachtung. Ausgehend vom Status-Quo werden die Auswirkungen der Veränderungen diskutiert und die sich daraus ableitenden grundsätzlichen Anforderungen an Qualifikation wie auch Wissenschaft herausgestellt. Der Beitrag unterstreicht die große Bedeutung des Instandhalters für eine erfolgreiche Wertschöpfung und zeigt gleichsam Schwachstellen in der aktuellen (Fach-)Diskussion auf.

\*Im Folgenden wird aus Gründen der sprachlichen Vereinfachung nur die männliche Form verwendet. Es sind jedoch stets Personen männlichen und weiblichen Geschlechts gleichermaßen gemeint.

---

K. Gutsche (✉)

Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Hochschule Furtwangen  
Robert-Gerwig-Platz 1, 78120 Furtwangen, Deutschland  
E-Mail: Katja.Gutsche@hs-furtwangen.de

B.-F. Voigt (✉)

FOM Hochschule für Ökonomie und Management  
Essen, Deutschland  
E-Mail: bernd-friedrich.voigt@fom-net.de

## 10.1 Veränderungen in der produktiven Instandhaltung

### 10.1.1 Wandel hin zu einer Smart Maintenance

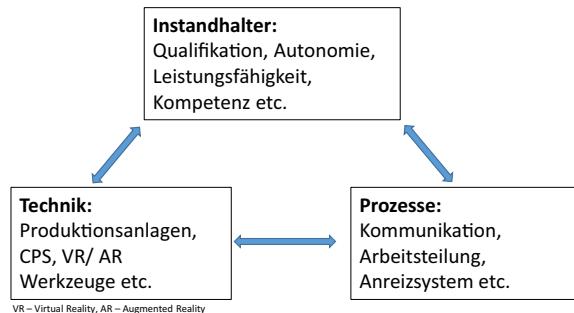
Die Digitalisierung in der Produktion ist für den Instandhalter eine riesige Chance. Wenn nicht jetzt, wann dann ist der Zeitpunkt gekommen, um das Rollenverständnis weg vom Kostenverursacher hin zum Wertschöpfer zu schaffen. Warum? Nun, schaut man sich die Erwartungen produktiver Betriebe an die Digitalisierung an, so fallen folgende Stichpunkte:

- Wertschöpfung effizienter gestalten
- Nachhaltigerer Umgang mit vorhandenen Ressourcen
- Störungen im Betriebsprozess vermeiden bzw. besser steuern.

All diese Überpunkte werden wesentlich durch den Instandhalter, respektive Asset Manager (vgl. ISO 55000) beeinflusst. Trotz dieser bedeutsamen Rolle des Instandhalters für die erfolgreiche Umsetzung einer Digitalisierungsstrategie in den produzierenden Unternehmen, sind seine menschlichen Anforderungen und Rahmenbedingungen in diesem Veränderungsprozess bisher nur sehr begrenzt betrachtet oder gar wissenschaftlich analysiert worden. Vielmehr sind die vielzähligen Beiträge zum Thema „Industrie 4.0“/„Digitalisierung in der Produktion“/„smart factory“ stark technikgetrieben. Fragen zur Auslegung von Sensorik, Kommunikations- und Datenmanagement, Software und Robotik stehen aktuell im Vordergrund (Bauernhansl et al. 2014; Schäfer und Pinnow 2015). Lediglich in der Betrachtung der MMI (Man-Machine-Interfaces/Benutzerschnittstelle) sind tiefergehende Betrachtungen erfolgt (Gorecky et al. 2014; Gorecky und Meixner, 2011; Osterbauer et al. 2010; Hassenzahl et al. 2001). Sicher, ohne die technische Lösung sind die Potentiale einer Digitalisierung nicht zu heben, dennoch bedarf es einer gründlichen Betrachtung des Wandels der Instandhaltungsarbeit unter Industrie 4.0. Dass ein solcher Wandel erfolgen wird, lässt sich anhand der Überlegungen von Hirsch-Kreinsen (Hirsch-Kreinsen und ten Hompel 2015) und Spath (Spath 2013) zu Veränderungen in der Produktionsarbeit leicht nachvollziehen.

Wie für die Produktionsmitarbeiter so gilt auch für den Instandhalter ein zunehmender Einfluss technischer Komponenten auf seine Arbeitsweise. Die Einführung cyber-physischer Systeme (CPS) (u. a. acatech 2011; Geisberger und Broy 2012) als ein wesentlicher Möglichmacher der digitalen Produktion spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Um entsprechend den Menschen für eine Instandhaltung 4.0 zu gewinnen und damit seiner Rolle in einer digitalisierten Produktion und Instandhaltung gerecht zu werden, muss zunächst ein grundlegendes Verständnis für das Zusammenspiel technischer und sozialer Komponenten in Form eines sozio-technischen Systems (Hirsch-Kreinsen und ten Hompel 2015) geschaffen werden (vgl. Abb. 10.1). Nur wenn es gelingt, Arbeits- und Technikgestaltung aufeinander abzustimmen, können die Erfolgspotentiale einer Instandhaltung 4.0 gehoben werden. Dies gilt in besonderer Weise für die mit der Technik in unmittelbarem Kontakt

**Abb. 10.1** Instandhaltung 4.0 als soziotechnisches System.  
(In Anlehnung an Hirsch-Kreinsen und ten Hompel 2015)



stehende Instandhaltungsfachkraft (vgl. DIN 15628), weshalb diese im Fokus dieser Beitrags stehen soll.

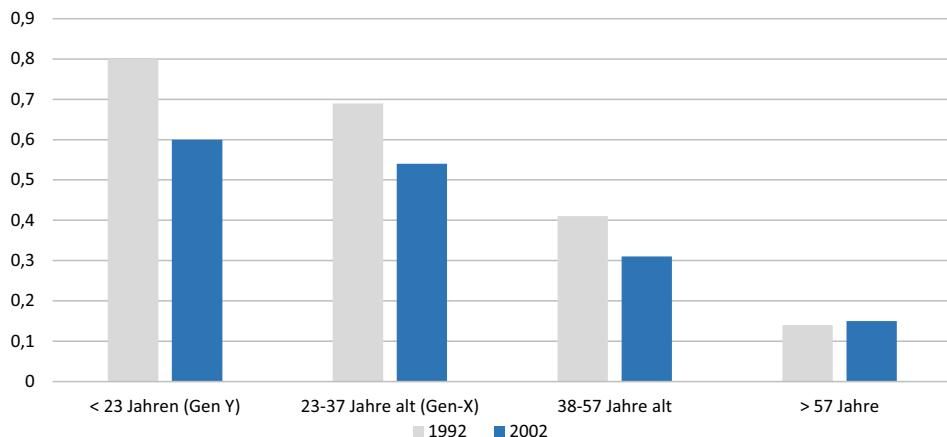
Abb. 10.1 macht deutlich, dass es, neben einer ausgereiften Technik (technologisches Teilsystem) für eine digitalisierte Produktion, entsprechend ausgelegter Prozesse (organisatorisches Teilsystem) und einer angepassten Arbeitsplatzgestaltung (personelles Teilsystem) für die Instandhaltung bedarf (Gutsche 2013). Der Mensch in der Industrie 4.0 muss in immer selteneren, dafür immer komplexeren Situationen richtige Entscheidungen treffen und entsprechende Handlungen ausführen. Genau dann, wenn hinterlegte Algorithmen scheitern, muss er den bis dahin selbständigen Arbeitsprozess übernehmen und oftmals rein auf Anlagendaten ohne Kenntnis des Prozesszustandes (fehlende „situation awareness“, vgl. Bainbridge 1983; Nof 2009) Maßnahmen definieren. Daraus und aus der Einflussnahme autonomer Produktionsanlagen und -prozesse auf die Aufgaben des Instandhalters resultieren sehr oder gar zu anspruchsvolle Arbeitssituationen (Nullmeier und Dietrich 2015). Dies gilt es bei der Umsetzung einer „smart factory“ und damit einer Instandhaltung 4.0 zu bedenken. Aus der Veränderung der Instandhaltungsarbeit resultierende Risiken gilt es vorausschauend zu minimieren, hilfreich hierbei ist eine Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit (engl. HRA) (Hollnagel 1998; Sharit 2008), die in Abhängigkeit der Ausgestaltung der Prozesse und Techniken im soziotechnischen System durchzuführen ist.

Dass die Betrachtung des Instandhalters in einer „smart factory“ von besonderer Relevanz ist, erklärt sich durch den geringen repetitiven Charakters seiner Tätigkeiten. Im Zuge der Automatisierung und Digitalisierung der Prozesse, insbesondere durch die Einführung von sich eigenständig steuernden, optimierenden und konfigurierenden Produktionssystemen (vgl. CPS), fallen automatisierbare Prozesse und Arbeitsaufgaben weg. Diese Aufgaben befinden sich aber vorrangig im Produktionsbereich. Im Aufgabenfeld der Instandhaltung trifft dies lediglich auf Routinetätigkeiten der Wartung und der Inspektion zu. Letzteres wurde bereits im Laufe der vergangenen Jahre durch Einführung von Condition Monitoring und Remote Service Lösungen umgesetzt. Und auch die Automatisierung wiederkehrender Wartungsarbeiten ist nur bei einer Vielzahl gleicher Anlagen ökonomisch sinnvoll. Durch das geringe Automatisierungs- und Rationalisierungspotential ist es umso mehr von Bedeutung, den Instandhalter als die tragende Säule in einer Instandhaltung 4.0 zu verstehen und zu unterstützen.

### 10.1.2 Strukturelle Herausforderungen in der Instandhaltung

Neben diesen technologiegetriebenen Veränderungen, muss die Instandhaltung, wie weite Teile des produzierenden Gewerbes, folgende Herausforderungen meistern:

- ungünstige Altersstruktur in der Instandhaltung. So sind laut VDI-Umfrage 2015 ca. 60 % der Betriebsingenieure älter als 45 Jahre (VDI 2015),
- sinkende Mitarbeiteranzahl in der Instandhaltung,
- erwartete altersbedingte Fluktuation,
- hoher Wissensverlust, da ausscheidende Mitarbeiter oftmals langjährige Erfahrungen in dem Berufsfeld des Instandhalters haben (VDI 2015),
- sinkende Patenschaftsprogramme, d. h. junge Instandhalter übernehmen ohne längerfristige Begleitung durch erfahrene Kollegen verantwortungsvolle Aufgaben,
- junge Kollegen wollen nicht mehr bzw. in der Gesamtheit weniger Verantwortung übernehmen (vgl. Abb. 10.2),
- Volatile Auftragslage verlangt nach erhöhter Mitarbeiterflexibilität auch in der Instandhaltung.



**Abb. 10.2** Bereitschaft zur Übernahme von Positionen mit mehr Verantwortung. (Families and Work Institute 2002)

### 10.1.3 Instandhaltung und Dienstleistung

Im Zuge der Umsetzung einer „smart factory“ verändert sich das Nachfrageverhalten von Kunden bei industriellen Leistungen und Produkten. Es lässt sich ein Trend feststellen, bei dem Sachgüter und Dienstleistungskomponenten zunehmend integriert gefordert werden (Meier 2004; Spath 2013; Hirsch-Kreinsen und ten Hompel 2015). Produzierende Betriebe treten am Markt mit individualisierten und dynamischen Erwartungen gegenüber Anbietern von industriellen Leistungen auf, um flexibler und mit geringerem Investitionsrisiko auf die Volatilität des Abnehmermarktes reagieren zu können. Dies bedingt, dass standardisierte Technologien und Dienstleistungen zunehmend von wandlungsfähigen Lösungsangeboten abgelöst werden müssen. Die Erbringung dieser Lösungsangebote erfolgt unter Bedingungen von Industrie 4.0 vor allem über dynamische Wertschöpfungsnetzwerke, deren Kernaufgabe in der individualisierenden Integration von materiellen und immateriellen Leistungsbestandteilen besteht (Becker et al. 2008). In der Regel koordinieren dabei verschiedene Netzwerkpartner ihre Leistungen unter dem Dach einer zentralen Netzwerkorganisation. Nicht selten sind die Partner in mehrere solcher Lösungsnetzwerke gleichzeitig eingebunden (Meier 2004). Aus dieser Konstellation heraus fällt den Erbringern von Teilleistungen eines Lösungsangebots die Rolle des multiplen Dienstleisters in sich kontinuierlich wandelnden und heterogenen Netzwerkstrukturen zu; einerseits im Binnenverhältnis der jeweiligen Wertschöpfungsnetzwerke selbst und andererseits gegenüber den jeweiligen Kunden mit ihren individualisierten und dynamischen Leistungsanforderungen.

Diese Transformation des Erbringungskontextes industrieller Produkt- und Serviceleistungen erweitert auch den Funktionsumfang von Instandhaltungsarbeit elementar (Zerbst 2000; Forstner und Dümmler 2014). In immer selteneren Fällen wird Instandhaltung dabei als rein interne Leistung erbracht, während der Anteil externer Instandhaltungsdienstleistungen steigt. Im Zuge dieser Entwicklung lässt sich ein verstärkter Beitrag in der Wertschöpfungsbreite feststellen, indem Instandaltungsdienstleister parallel mehrere Betreuungsobjekte begleiten, wobei aus Effizienzgründen kürzere Phasen der Betreuung je Objekt gefordert werden (Horn 2009). Digitale Technologien ermöglichen dabei den Austausch und die Transformation von Wissen. Sie unterstützen die Systemvernetzung und ermöglichen letztlich erst den Aufbau von smart factories (Chen et al. 2010). Sie substituieren teilweise sogar klassische Monitoring- und Steuerungsaufgaben (Geisert et al. 2012). Sie ersetzen jedoch kaum den Bedarf an zusätzlicher Hintergrundkommunikation, die im sozio-technischen Gesamtsystem (vgl. Abb. 10.1) von zentraler Kohärenzfunktion ist und zusätzlich wichtiges Systemwissen transportiert (Söllner et al. 2012). Hier fällt der dienstleistenden Instandhaltung als stabilisierendem Schnittstellenakteur im Wertschöpfungsnetzwerk zukünftig eine tragende Rolle zu.

Mit zunehmender Umweltdynamik und Individualisierung der Instandhaltungsobjekte bedeutet die Entwicklung zum lösungsorientierten Wertschöpfungsnetzwerk auch, dass sich die Instandhaltung als Dienstleistung nicht mehr in dem Maße auf das im Erwerbsleben aufgebaute, erhebliche Erfahrungswissen verlassen kann, das in Bezug auf eine

spezifische technische Anlage effizient wirksam wird. Vielmehr verändern sich Betreuungsobjekte und Instandhaltungsanforderungen im Lebenszyklus kontinuierlich (Takata et al. 2004). Damit wandelt sich die klassische Instandhaltung im Sinne des Bewahrens eines einmal optimierten Sachgüterzustandes hin zur gestaltenden und entwickelnden Instandhaltung, die in den gesamten Lebenszyklus eines Lösungsangebots in multipler Dienstleistungsfunktion eingebunden ist (Dombrowski et al. 2009). So greift die Instandhaltung mit ihrem operativen Betriebswissen zukünftig stärker in die Schnittstellen zur Entwicklung und zum Vertrieb und wird damit aus organisatorischer Sicht auch zum Knowhow Dienstleister (Zerbst 2000). Über diesen veränderten Funktionsumfang erfährt die Instandhaltungsarbeit eine zusätzliche Wertschöpfungstiefe (van Husen 2015). Unter Umständen ergeben sich für Instandhaltungsdienstleister auf diese Weise bisher nicht erschlossene Arbeits- und Geschäftsfelder – wie zum Beispiel in der Verdichtung, Verallgemeinerung und im kundenindividualisierten Vertrieb von Lösungswissen, im Gegensatz zum eher traditionellen Instandhaltungswissen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Arbeitskontext, in dem Instandhaltung als Dienstleistung erbracht wird, an Dynamik und Komplexität gewinnt. Die Dienstleistungsfunktion weitet das Arbeitsfeld der Instandhaltung im Wertschöpfungskontext insgesamt horizontal und vertikal aus. Instandhaltung kann intern am betriebseigenen Kunden, für den externen Kunden im Wertschöpfungsnetzwerk oder sowohl als auch erbracht werden. In allen Varianten wird dabei der Wertschöpfungsbeitrag der Instandhaltung verstärkt lebenszyklusorientiert evaluiert (Takata et al. 2004; Freund 2010). Dies bedingt, dass das Arbeitsfeld der Instandhaltung sich zukünftig auch über eine entwicklungs- und vertriebsgesteuerte Orientierung mitdefiniert. Angesichts der stärkeren Dienstleistungsorientierung wandelt sich demnach das Funktionsverständnis von Instandhaltung weg vom Bewahrer der Betriebsfähigkeit eines Sachgutes hin zum (Mit-)Gestalter und Entwickler einer Gesamtlösung im Kontext der „smart factory“. Über die Dienstleistungsfunktion wird die Instandhaltung zunehmend zum Empfänger und Übersetzer des kundenspezifischen „front-end pull“. Als wesentlicher Schnittstellenakteur und Know-how Träger kann die Instandhaltung damit als treibender und regulierender Innovationskatalysator betrachtet werden (Dombrowski et al. 2009). Gleichzeitig dienstleistet die Instandhaltung auch im Binnenverhältnis, um in Zusammenarbeit mit den Wertschöpfungspartnern an der Weiterentwicklung von effizienzsteigernden Standardisierungen im produzierenden Back-end mitzuwirken.

Indem Instandhaltung als Dienstleistung sichtbar wird, die dazu gestaltend und nicht rein reaktiv agiert, ändern sich der Funktionsumfang und das organisationale Leistungsverständnis. Instandhaltung ist kein reiner Kostenfaktor, sondern schöpft eigenständig Werte und trägt im Verbund mit anderen Partnern dazu bei, dass die Möglichkeiten einer „smart factory“ überhaupt erst realisiert werden können. Mit dieser veränderten organisationalen Funktion geht letztlich eine Veränderung im Selbstverständnis des Instandhalters selbst einher, da er nun i. d. R. unmittelbar einem Profit Center zuordenbar ist. Mit dieser Zuordnung verknüpft sind Veränderungen in Rolle und Auftreten des Instandhalters. Servicementalität und das Wahrnehmen, Verstehen und Bearbeiten von Kundenemotionen (u. a. Delcourt et al. 2016; Yoo und Arnold 2016) werden nun wichtig.

## 10.2 Anforderungen an den Instandhalter

### 10.2.1 Rollenvielfalt des Instandhalters

Der Dienstleistungsgedanke bestimmt immer stärker das Rollen- und Verantwortungsspektrum des Instandhalters. Entlang des Lebenszyklus von kundenindividualisierten Leistungen ist der Instandhalter als operativer Know-how-Träger in zunehmend unterschiedliche Teilbereiche eingebunden. Er fungiert als Übersetzer von Kundeninformationen zum Anbieter, als Übersetzer von Anbieteranliegen zum Kunden und als elementarer Informationsgeber zwischen operativen Einsatz erfahrungen am „front-end“ und der „back-end“-Entwicklung und -Produktion (Stevens und Wulf 2002). Er ist als humanes Pendant zu digitalen Unterstützungsleistungen letztlich entscheidender Referenzgeber für die Erbringungseffekte bei der Verzahnung von Sach- und Dienstleistungskomponenten im Wertschöpfungsnetzwerk (Dombrowski et al. 2009). Indem Instandhaltung damit im Binnen- und Außenverhältnis zunehmend über die Dienstleistungsfunktion sichtbar werden wird, sind die Mitarbeiter in der Instandhaltung gefordert, ein größeres Spektrum an Schnittstellenverantwortung mit zu tragen. Insofern lassen sich die verschiedenen Rollen und Verantwortungen des Instandhalters 4.0 in seine übergreifende Rolle als Grenzgänger (Van de Ven 1976) in einem zunehmend heterogenen Arbeitsumfeld eintortieren.

Unabhängig davon, ob Instandhaltung nur intern oder nur für Dritte oder sowohl als auch geleistet wird, allen drei Formen ist gemein, dass Instandhaltung und damit jeder einzelne zunehmend stärker von Marktschwankungen und dynamischen Kundenanforderungen betroffen ist. Volatilitäten in den Produktbedarfen auf (Welt-)Märkten nehmen Einfluss auf Instandhaltungsbedarfe an den Anlagen und damit auch auf das Arbeitsaufkommen in der Instandhaltung. Damit verbunden steigt das Niveau an geforderter Flexibilität, wenn auch unterschiedlich je nach Stellung des Instandhalters zum produzierenden Unternehmen (intern, extern). Der Instandhalter trägt als „letzte Instanz“ in der Sicherstellung einer erfolgreichen Wertschöpfung eine enorme Verantwortung. Sein Arbeitsfeld ist durch eine hohe Heterogenität geprägt, zum einen bedingt durch die Vielzahl z. T. technologisch sehr unterschiedlicher Anlagen und zum anderen durch die Vielzahl der Arbeitssituationen. Dies gilt umso mehr, wenn der Instandhalter als Dienstleister in verschiedenen Unternehmen tätig ist, und dazu neben seiner fachlichen Expertise auch eine ausgeprägte Dienstleistungsmentalität gefragt ist (Lay und Nippa 2005). Daneben ist der Instandhalter ein entscheidender Faktor für ein sicheres Arbeitsumfeld, sein ordnungsgemäßes Arbeiten schafft Arbeitssicherheit für ihn und die Produktion (Reichel et al. 2015).

Grundsätzlich lässt sich das breite Spektrum der Arbeitssituationen und Rollenanforderungen des Instandhalters wie folgt charakterisieren:

- geringer Standardisierungsgrad der Tätigkeiten,
- im Vergleich zur Produktion hoher Anteil manueller Arbeiten,
- (zeitweise) nicht beherrscht,

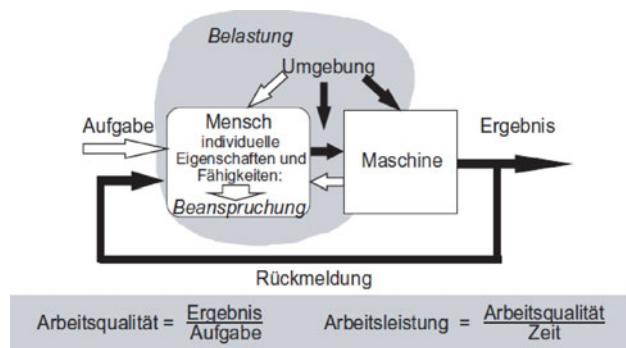
- hoher Anteil improvisierten Handelns,
- insbesondere in der Störungsbeseitigung niedrige Repetitionsquote (Einmaligkeit),
- Ad-hoc Entscheidungen und Maßnahmen,
- (akuter) Zeitdruck bei Störfallbeseitigung,
- z. T. sehr eigenverantwortliches Arbeiten/große Handlungs- und Entscheidungsspielräume,
- hohe Relevanz von Erfahrungswissen,
- teilweise Einzelkämpfer/wenig Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch,
- Schnittstelle zur Produktion/dem Kunden (Instandhalter sichert Kommunikation, Transparenz, Wünsche etc.)

## 10.2.2 Der Instandhalter 4.0

Aus den obigen Ausführungen lässt sich zusammenfassen, dass der Instandhalter 4.0 mit seinen „kreativen, experimentellen, improvisatorischen, intuitiven und sensomotorischen Fähigkeiten“ (acatech 2015) als „Systemregulierer“ (Hirsch-Kreinsen und ten Hompel 2015) oder „kreativer Problemlöser“ (Gorecky et al. 2014) verstanden werden kann, der situationsabhängig mit der Technik in Abhängigkeit der organisatorischen Strukturen interagiert (vgl. Abb. 10.1). Somit und unter Berücksichtigung von Abb. 10.3 ist für den Erfolg von Instandhaltung 4.0 folgender Zusammenhang elementar: Damit das System Instandhaltung 4.0 erfolgreich zur Wertschöpfung beitragen kann, ist es nicht ausreichend eine zuverlässige Technik (Werkzeuge) zur Verfügung zu stellen, sondern es Bedarf auch einer Zuverlässigkeit (R) auf Seiten des interagierenden Menschen und damit des Instandhalters (Gl. 10.1).

Dass der Instandhalter bereits auf vielfältigen Ebenen eine hohe Belastung (Die Gesamtheit der äußeren Bedingungen und Anforderungen, (VDI 4006)) erfährt, wird aus seiner Rollenvielfalt und den aktuellen grundsätzlichen Herausforderungen in der Instandhaltung (siehe oben) deutlich. Hinzu kommt nun die notwendige Interaktion mit komplexen, vernetzten, autonomen technischen Systemen des Typs Industrie 4.0 und der Ab-

**Abb. 10.3** Strukturschema Mensch-Maschine System.  
(Quelle: VDI 4006)



nahme eines direkten Kontaktes des Instandhalters mit den physischen und stofflichen Produktionsprozessen, was wiederum das Erkennen und Interpretieren von Anlagenfehlern erschwert (Hirsch-Kreisen und ten Hompel 2015) und neue Unsicherheiten in der Arbeit schafft. So hält die Acatech (acatech 2015) fest, dass aktuell die größte Herausforderung für den Instandhalter in der ansteigenden und vor Ort nicht mehr überschaubaren Komplexität liegt. Während konstant an der Perfektionierung der Technik gearbeitet wird, haben bisher die Bedürfnisse des Instandhalters bei aller Technikeuphorie für Industrie 4.0 zu wenig Berücksichtigung gefunden.

Zuverlässigkeit eines soziotechnischen Systems

$$R_{\text{gesamt}} = R_{\text{Mensch}} \cdot R_{\text{Technik}} \quad (10.1)$$

Die Stellschrauben zur menschlichen Zuverlässigkeit sind vielfältig. So gilt es grundsätzlich, die Grenzen der kognitiven Fähigkeiten des Menschen bei der Gestaltung von Instandhaltung 4.0 zu bedenken. Die Arbeitsgestaltung bestimmt wesentlich den Erfolg des Menschen in einem bestimmten Aufgabenkontext (Hackman und Oldham 1975). So beeinflusst die Arbeitsgestaltung z. B. wesentlich die Motivation und damit auch die Arbeitsqualität (Judge et al. 2001). Vergegenwärtigt man sich nur drei wesentliche Aspekte intrinsischer Motivation

- (1) Arbeitsautonomie,
- (2) Aufgabenbeherrschung und
- (3) Arbeitszweck (u. a. Pink 2011),

so wird deutlich, dass die Veränderung zu Instandhaltung 4.0 nicht unerheblich Auswirkungen auf diese 3 Motivatoren haben wird. Wie, ist bisher unzureichend analysiert. Schon jetzt wirkt sich mancherorts eine zu hohe Arbeitsverdichtung in der Instandhaltung negativ auf die Motivation aus, schlachtweg, weil (2) Aufgabenbeherrschung nicht mehr umfänglich gegeben ist.

---

## 10.3 Qualifikationen und Kompetenzen des Instandhalters 4.0

### 10.3.1 DIN-EN 15628

Die 2014 veröffentlichte DIN EN 15628 beschreibt die Qualifikationsanforderungen in der Instandhaltung und unterscheidet hierbei zwischen der

- (1) Instandhaltungsfachkraft,
- (2) Instandhaltungsführerkraft/Instandhaltungsingenieur und
- (3) Instandhaltungsleitung.

**Abb. 10.4** Kompetenzmatrix eines Instandhalters. (Eigene Darstellung)

Fachkompetenz	Methodenkompetenz
Soziale Kompetenz	persönliche Eigenschaften

Mit Blick auf die Veränderungen in der Instandhaltungsarbeit auf ausführender Ebene, wie sie in diesem Beitrag im Mittelpunkt stehen, sind vorrangig die Ausführungen dieser DIN zur Instandhaltungsfachkraft relevant. Die Ausführungen in der DIN 15628 bezüglich der benötigten Kompetenzen und damit einhergehenden Kenntnisse sind vielschichtig. Grundsätzlich gilt, dass eine Instandhaltungsfachkraft über die in Abb. 10.4 aufgezeigten Kompetenzfelder verfügen muss. Diese Vielfalt unterscheidet die Instandhaltungsfachkraft wesentlich von einem Shopfloor-Mitarbeiter in der Produktion.

Von einer Instandhaltungsfachkraft wird nach DIN 15628 das selbstständige Durchführen von Instandhaltungsaufgaben erwartet. Im Detail bedeutet dies:

- „Ausführen oder Sicherstellen der betriebssicheren Umsetzung der Instandhaltungspläne,
- unverzügliches Handeln bei Ausfällen oder Betriebsstörungen, Sicherstellen der Effektivität der Wiederherstellung,
- Ausführen oder Sicherstellen der ordnungsgemäßen Umsetzung entsprechend den Regeln und Verfahrensweisen des Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzes,
- Sicherstellen der Verfügbarkeit von Materialien, Werkzeugen und Geräten, die für die Durchführung der Instandhaltungsaufgaben erforderlich sind,
- Koordinieren und/oder Beaufsichtigung der Instandhaltungsaufgaben vor Ort,
- Sicherstellen der Qualität der Instandhaltungsaufgaben,
- Einsatz und Sicherstellen der Anwendung der Informations- und Kommunikationstechniken“ (DIN-EN 15628).

Wie sich im Zuge der Digitalisierung in der Produktion die Kompetenzanforderungen verändern werden, ist bis dato nicht in der Norm berücksichtigt worden. Entsprechend haben sie auch keine explizite Berücksichtigung in dem aufbauend auf der DIN 15628 von (Reichel et al. 2015) entwickelten Leitfaden gefunden. Nichtsdestotrotz wird hierin ein sinnvoller Rahmen für Qualifizierungsvorhaben in der Instandhaltung formuliert, der unter Berücksichtigung der Veränderungen im „soziotechnischen System Instandhaltung“ (vgl. Abb. 10.1) angewendet werden muss. Wie auch immer diese Veränderung in den einzelnen Unternehmen aussehen wird, wichtig bleibt für den Instandhalter seine Begeisterungsfähigkeit für Technologien und Verständnis für Techniken sowie Geschicklichkeit im Umgang mit dieser (Reichel et al. 2015).

### 10.3.2 Kompetenzanforderungen an den Instandhalter

In Anbetracht der Vielfalt an Rollen und Aufgaben im Arbeitsalltag eines Instandhalters (siehe Abschn. 10.2) beschränken sich die Qualifikationsanforderungen nicht nur auf fachlichen Qualifikationen, vielmehr muss der Instandhalter als „Sensor, Akteur und Entscheider“ über vielfältige methodische und soziale Kompetenzen verfügen (vgl. Abb. 10.4). Die notwendige Fachkompetenz reicht von umfassenden technischen Kenntnissen bis hin zu Kenntnissen der Arbeitsvoraussetzungen (z. B. Sicherheitsvorschriften, Verantwortlichkeiten). Methodisch muss ein Instandhalter vielfältige Werkzeuge beherrschen (zunehmend relevant ist die Kenntnis von IT). Außerdem sind Gesprächsmethodiken (insbesondere Konfliktbewältigung) sowie Grundlagen betriebswirtschaftlicher Methoden erfolgs-wirksam. Letzteres ist umso relevanter, je stärker das Unternehmen die Instandhaltung in die Entwicklung und Gestaltung neuartiger, sich fundamental veränderter Geschäftsmodelle einbindet und die Aufgaben und Ziele aus der ISO 55000 umsetzt. Ein souveräner Umgang in Situationen divergierender Meinungen zwischen Produktionsmitarbeiter (Auftraggeber) und Instandhalter zeichnet einen guten Instandhalter aus. Nicht weniger wichtig sind soziale Kompetenzen wie Auftreten und Freundlichkeit sowie persönliche Eigenschaften wie bspw. Flexibilität, Offenheit und Belastbarkeit. Auch wenn sich nicht jeder Instandhalter als Dienstleister versteht, so bietet Abb. 10.5 eine gute Übersicht über die Vielfalt der Kompetenzanforderungen an einen Instandhalter als wissensintensiven Dienstleister.

Daneben verlangt die Veränderung hin zu einer stärkeren Automatisierung auch im technischen Service Anpassungen in den geforderten Kompetenzen. Leichte, standardisierte, sich wiederholende und damit in Algorithmen abbildbare Aufgaben werden weg-fallen. Umfangreiche Überwachungs- und Analyseaufgaben sowie ein flexibles, nicht-repetitives situations- und zielabhängiges Handeln werden zunehmen. Diese Überlegun-gen werden durch erste empirische Befunde zu den veränderten Arbeitscharakteristika unter Industrie 4.0 untermauert. Die Ergebnisse einer Vergleichsstudie zeigen auf, dass sich das Ausmaß der Heterogenitätsbedingungen, die Komplexität, Dynamik und Ambiguität signifikant von traditionellen Arbeitskontexten unterscheiden (Externbrink et al. 2012). Erst aus dem gleichzeitigen Einwirken dieser Faktoren entsteht dabei jedoch das besondere Belastungsprofil (vgl. Abb. 10.3) (Externbrink et al. 2012; Wilkens et al. 2015). Es definiert die Anforderungen an die Bewältigungsmuster auf Seiten der Mitarbeiter, aber auch an die Entwicklung von unterstützenden organisationalen Rahmenbedingun-gen und Führung (Wilkens et al. 2016). Im Ergebnis sind die organisationalen Akteure gefordert, zunehmend neuartige, komplexe und lösungsoffene Problemsituationen zu bewältigen (Mänz et al. 2013). Dazu können Wissens – und Kreativitätspotenziale aus der gestiegenen Heterogenität der im Wertschöpfungsnetzwerk interdependent vernetzten Akteure integriert und zur kollaborativen Leistungserbringung genutzt werden (Voigt 2015). Gleichzeitig begründet die steigende Heterogenität des Arbeitskontexts aber auch zusätzliche Belastungen für die kognitive und emotionale Verarbeitung der zu integrierenden Wissensbestände (Mänz et al. 2013).



**Abb. 10.5** Kompetenzanforderungen an einen Instandhalter. (Quelle: Lay und Nippa 2005, S. 158)

Heterogenität ist dabei nicht nur unter dem Aspekt der zunehmenden Vielfalt und Varietät der Akteure und technischen Systeme eine Herausforderung. So sehen sich die Instandhaltungsmitarbeiter unter Industrie 4.0 mit der parallelen Existenz von verschiedenen in sich homogenen Subsystemen im sozio-technischen Gesamtkontext konfrontiert. Dies erfordert einen balancierenden Umgang mit der Fragestellung der Schnittstellenüberwindung (Wilkens et al. 2014). Aus Zeit- und Kostengründen müssen Wissens- und Informationsgrenzen effizient überbrückt werden, um Lösungen für den dynamischen Wandel ad hoc verfügbar zu machen. Mit digitaler Unterstützung und Führung als Empowerment funktioniert dies insbesondere mittels der Koordination von dezentralen Know-how Trägern – wie unter anderem auch dem Instandhalter (Wilkens et al. 2016). Indem es gelingt, für jedes Lösungsmuster ein belastbares gemeinsames mentales Modell der beteiligten Ansprechpartner zu entwickeln und zu kommunizieren (Mathieu et al. 2000; Externbrink et al. 2011), können vorhandene Grenzen überwunden und separate Subsysteme konflikt-vermeidend integriert werden. Für den Instandhalter als Dienstleister heißt das beispielweise für die Produktion von Sachleistungen relevante Informationen aus der Instandhaltung zu filtern, in die Sprach- und Denkmuster von internen oder externen Kunden zu übersetzen und dezentral über standardisierte digitale Technologien zur Verfügung zu stellen.

Gleichzeitig gilt es aber auch, einen Beitrag dazu zu leisten, dass die eigene Organisation neue Wertschöpfungsansätze explorieren, neue Technologien und Lösungen innovieren kann. Die Organisationsforschung weist darauf hin, dass eine wesentliche Grundlage einer

solchen kontinuierlichen Erneuerung die Existenz von grundlegenden organisationalen Spannungen ist (Lewis 2000; Graetz und Smith 2008). Diese Spannungen entstehen zwischen in sich homogenen Subsystemen und sollten trotz aller Dienstleistungs- und Integrationsbemühungen im Wertschöpfungsnetzwerk bewusst aufrechterhalten werden (Wilkens et al. 2014). Für die Instandhaltung beinhaltet das eine Redefinition von traditionellen Stereotypen und Abgrenzungen gegenüber anderen Abteilungen in der Leistungserstellung. Es ergibt sich so ein schwer messbarer Wertschöpfungsbeitrag, der in innovativen und kreativen Zugängen zu offenen Problemlösersituationen, vor allem aber auch in der kontinuierlichen strategischen Erneuerung liegen kann. Für die Instandhaltung an sich und für den Instandhalter in Person bedeutet dies, den fundamentalen Wandel im Selbstbild und im Umgang mit Konflikten über die Entwicklung eines veränderten Kompetenzprofils zu unterstützen.

Der Instandhalter als Dienstleister überbrückt damit Vergangenheit und Gegenwart insofern er zum Beispiel auch Geschäftsmodellwechsel als Konstante im Binnen- und im Auftragsverhältnis begleitet; einerseits was die Rolle des internen Instandhalters, andererseits aber auch, was die Erwartungen des Kunden gegenüber einem persönlichen externen Kontakt zum Instandhaltungsdienstleister betrifft, der über kundenspezifisches Anlagen- oder Sachgutwissen verfügt. Demnach sind zukünftig Veränderungen auch auf der Ebene der Geschäftsmodelle zu verstehen, mitzutragen und als wesentliche Schnittstelle zum Kunden immer stärker zu vermitteln.

Es kann vermutet werden, dass es mittels eines Kompetenzprofils, das diese vermittelnden, Komplexitäts-bewältigenden, koordinierenden und lern-orientierten Verhaltensmuster beinhaltet, gelingen kann, die komplexe Belastungssituation des Arbeitskontexts unter Industrie 4.0 abzufedern (Mänz et al. 2013; Wilkens et al. 2016). So kann nachgewiesen werden, dass sich Mitarbeiter, die über hoch ausgeprägte Fähigkeiten in den benannten Kompetenzbündeln verfügen, in größerer Anzahl in diesen anspruchsvollen Tätigkeitsfeldern anzutreffen sind, als Mitarbeiter mit niedrigeren Fähigkeitsausprägungen (Voigt 2015). Dabei bleibt aktuell noch unklar, ob dieser Effekt lediglich als das Ergebnis von Selektionseffekten zu betrachten ist, bei denen sich nur die Mitarbeiter in anspruchsvolleren und belastenden Arbeitskontexten bewähren können, die bereits im Vorhinein über die benötigten Kompetenzen zur Bewältigung verfügen. Ebenso gilt es aber auch zu bedenken, dass gerade die beschriebenen Problemlösekompetenzen sich in erster Linie im Prozess der Arbeit selbst entwickeln lassen (Wilkens et al. 2015). Demnach fiele den Themen Führung und Gestaltung von unterstützenden organisationalen Rahmenbedingungen nicht nur in der Instandhaltung unter Bedingungen von Industrie 4.0 eine entscheidende Bedeutung bei der Kompetenzentwicklung im Sinne der langfristigen Abfederung steigender Belastungen zu. Dieser Aspekt wird zukünftig aus der Perspektive des Arbeits- und Gesundheitsschutzes und letztlich auch aus Gründen der Systemsicherheit eine zentrale Rolle bei der Erforschung und Bewertung des veränderten Arbeitskontextes und seiner Auswirkungen spielen müssen. Er schärft damit eindeutig auch die Ansprüche, die an den Qualifikationsrahmen und an die Sicherstellung der Employability von Instandhaltern in Zukunft zu stellen sind.

### 10.3.3 Qualifikationsrahmen des Instandhalters

Die Veränderungen in den Qualifikations- und Kompetenzanforderungen sind mit Blick auf den ausgeführten Wandel in der Arbeit eines Instandhalters augenscheinlich. Wie genau das Arbeiten in der Instandhaltung aussehen wird, lässt sich aktuell nur vermuten und sicher ist auch, dass hier längerfristig verschiedenste Modelle in den unterschiedlichsten produzierenden Unternehmen und Wertschöpfungsnetzwerken bestand haben werden. Glaubt man den Ausführungen der Acatech ([acatech 2015](#)) wird „es in Zukunft nicht mehr möglich sein, sich auf Fachkenntnisse einer Technologie zu fokussieren und als Spezialistin beziehungsweise Spezialist in diesem Bereich zu agieren.“ Vielmehr werden von einer Zentrale aus „die operativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, welche eine grundlegende Qualifikation zur Generalistin beziehungsweise zum Generalisten in der Instandhaltung absolviert haben, individuell in ihrem Arbeitseinsatz begleitet.“ Assistenzsysteme kompensieren das mangelnde Erfahrungswissen und im Feld gebraucht wird der „Universal-Instandhalter“ ([acatech 2015](#)). Unabhängig davon wie realistisch dieses Szenario in letzter Instanz ist, die Schnelligkeit der Veränderungen heute und sicher auch in Zukunft verlangt von einem Instandhalter eine fundierte, bereichsübergreifende (IT, Elektrotechnik, Mechanik) und breite (überfachliche Kompetenzen) Ausbildung. Ein Instandhalter kann nicht verschiedenste Techniken und Automationen beherrschen und vor allem in ihrer Weiterentwicklung begleiten. Vielmehr muss er in der Lage sein, Probleme systematisch zu analysieren und zu lösen (lösungsorientiertes Denken). Grundlage hierfür ist eine fundierte Methodenkenntnis und grundlegendes Prozess- und Systemverständnis. Diese erlauben dem Instandhalter sich an sich verändernde Unternehmens- und Arbeitsbedingungen anzupassen sowie sich in verändernde Techniken einarbeiten zu können. Diese geistige Flexibilität und Kreativität, die es bereits in der Ausbildung zu fördern gilt, ist umso bedeutender für einen Instandhalter, da er aufgrund seiner Rollenvielfalt auf verschiedenen Ebenen Veränderungen erfährt (nicht nur technologisch) und sein Umgang mit diesen eine wichtige Säule für die Wettbewerbsfähigkeit anlagenintensiver Produktionsbetriebe ist.

Eine Qualifikation zum „Universal-Instandhalter“ verlangt eine Qualifikation bezüglich Interaktions- und Überzeugungsmethoden, die es ihm erlauben, andere in eine Problemstellung eindenken zu lassen und sie ggf. überzeugen zu können. In ihren Qualifikationsphasen müssen Instandhalter Denkstrukturen für Erklären und Anwenden erlernen, die ihnen das Einbringen von Abstraktion und Erfahrung in den Arbeitskontext erlauben. Ein Lernen nach dem Modus „Vormachen und Nachmachen“ erfüllt die Anforderungen einer stärker digitalisierten, kosteneffizienteren Instandhaltung nicht. Unabhängig davon ist im Zuge der Geschwindigkeit von Veränderungen im Arbeitsumfeld eine systematische Fortbildungen der Instandhaltungsfachkraft ([Reichel et al. 2015](#)) für eine erfolgreiche Wertschöpfung zwingend.

### 10.3.4 Implikationen für die Employability

Reichel et al. (2015) halten fest, dass das Meistern der Veränderungen in Gesellschaft und Wirtschaft erhöhte Anforderungen an den Instandhalter als wissensintensiven Dienstleister stellen. Ein hoher Wissenstand mit breitem Erfahrungshintergrund ist notwendig. Hierbei fließen Rollenerwartung, Qualifikations- und Kompetenzanforderungen ineinander ein. Die klassischen Grenzen zwischen „white-collar worker“ und „blue-collar worker“ werden auch in der Instandhaltung aufweichen, vielmehr werden wir noch stärker als bisher auf den „knowledge worker“ (Drucker 1999) in der Instandhaltung zurückgreifen müssen. Für die Aus- und Weiterbildung hat dies erhebliche Konsequenzen, verlangt es doch nach einer breiten Ausbildung auch auf der ausführenden Ebene der Instandhaltung. Von Vorteil ist hierbei das in Deutschland bewährte duale Ausbildungssystem, in dem angehende Instandhalter optimal notwendiges methodisches Wissen mit praktischen Herausforderungen kombinieren und damit die dringend notwendige Lösungskompetenz (vgl. Abschn. 10.1.3) gezielt entwickeln können.

Aus Sicht der beschäftigenden Unternehmen lohnt sich ein solches Ausbildungsengagement in mindestens zweierlei Hinsicht: Zum Einen zeigen die jüngeren Erfahrungen mit den nötigen organisationalen Transformationsprozessen, dass ein nicht unerheblicher Teil der Stammbelegschaften die nötigen Qualifikations- und Kompetenzanpassung nicht eigenständig leisten kann und zwangsläufig „auf der Strecke bleibt“. Hier ist Nachwuchssicherung stärker gefragt denn je. Damit wird Change- und Kompetenzmanagement auch für die Instandhaltung eine zentrale Organisationsaufgabe. Zum anderen adressiert diese Form der Kompetenzentwicklung im Prozess der Arbeit einen wesentlichen Aspekt des Arbeits- und Gesundheitsschutzes auf Seiten der Betriebe, aber auch auf Seiten der verantwortlichen Institutionen und Verbände, sowie nicht zuletzt auch seitens der Forschung (Nöllenheidt und Brenscheidt 2015). Dass hier auch im Bereich der Instandhaltung erhebliche Verantwortung wahrzunehmen ist, lässt sich nicht zuletzt daran erkennen, dass weiterhin noch Bedarf besteht, die digitale Transformation in ihren Auswirkungen auf die Beschäftigungsfähigkeit stärker nach Altersgruppen zu differenzieren. Darüber hinaus gilt auch für das Instandhaltungsfeld, dass für die wenigen verbleibenden repetitiven Tätigkeiten die Effekte einer (Re-)Taylorisierung neu zu begreifen und auf die Bedürfnisse und Ansprüche der heutigen Arbeitnehmer zu übertragen sind.

Während die duale Ausbildung für angehende Instandhalter ein praktikabler und für Unternehmen ein finanziabler Weg zur Qualifikations- und Kompetenzentwicklung ist, stellt die Notwendigkeit zur Kompetenzentwicklung im Prozess der Arbeit die Unternehmen bei bestehenden Belegschaften vor ökonomische und organisatorische Herausforderungen. Die fachliche Begleitung und die Unterstützung im Prozess des arbeitsnahen Lernens erfordern personelle Ressourcen, Zeitkontingente und Führungskompetenzen, die in der Regel nicht ausreichend verfügbar sind. Vor diesem Hintergrund leisten neuere Ansätze zum simulierten, arbeitsnahen Lernen möglicherweise einen positiven Beitrag zur Sicherung der Employability im Instandhaltungsbereich. Über möglichst realistische Szenarien, bei denen die Erweiterung der Rollenerwartungen, heterogene Arbeitskontakte und

die Verdichtung der Problemlöseprozesse berücksichtigt werden, lernen Teilnehmer neue Verhaltensmuster für den Umgang mit offenen und komplexen Problemlösersituationen zu entwickeln (Wilkens et al. 2014). Planspiele, Übungsfirmen, Lernfabriken und Simulationen initiieren die gewünschte Kompetenzentwicklung über die arbeitsnahe Kontextgestaltung in zeitlich und finanziell überschaubarem Rahmen. Wenngleich die Angebote hierzu zunehmen, dürfte die Qualitätssicherung dieser Verfahren für die zukünftige Employability der Teilnehmer von entscheidender Bedeutung sein (Wilkens et al. 2014). Dabei sollten Nutzer grundsätzlich hinterfragen, inwieweit die arbeitsnahen Lehr-/Lernumgebungen die Performanzenforderungen der Praxis im simulierten Szenario realistisch abbilden und das oben skizzierte Anforderungsprofil systematisch adressieren.

Abschließend braucht es für eine umfassende (Weiter-)Entwicklung der benötigten Qualifikationen und Kompetenzen auf betrieblicher Seite ein Anreizsystem, dass der steigenden Rollen- und Anforderungskomplexität für die Instandhaltung gerecht wird. Angesichts der zunehmenden Dienstleistungsorientierung kann erwartet werden, dass hier seitens der Auftraggeber verstärkt an die Eigenverantwortung des Instandhalters appelliert wird. Daraus resultiert die paradoxe Situation, dass eigenständige und ggf. arbeitsplatzferne Kompetenzentwicklung eingefordert wird, wo doch Lernen und Entwicklung im Prozess der Arbeit für Instandhaltung 4.0 nur in Ansätzen eigenständig und arbeitsfern geleistet werden kann. Letztlich fällt daher der arbeitsplatznahen Führung und Organisationsgestaltung für die Kompetenzentwicklung unter Bedingungen von Industrie 4.0 eine entscheidende Verantwortung zu (Wilkens et al. 2016). Nur so können Betriebe zukünftig sicherstellen, dass sie ausreichend kompetente Instandhalter 4.0 als interne oder externe Dienstleister in ihre Lösungsangebote integrieren können.

---

## 10.4 Zusammenfassung und Ausblick

Aus den Ausführungen wird in Anbetracht der technologischen Veränderungen im vielschichtigen Arbeitskontext des Instandhalters deutlich, dass ein bewusster Umgang bei mit der Einführung von Instandhaltung 4.0 verbundenen Change Prozessen gewahrt werden muss. Nur so sind die Potentiale einer Instandhaltung 4.0 umfassend umsetzbar. Hierzu bedarf es eines besseren Verständnisses des Instandhalters als Individuum. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass der Mensch aufgrund der Komplexität der Aufgaben in der Instandhaltung langfristig eine tragende Rolle spielen wird. So gilt es unter anderem folgende Fragen von Seiten der Wissenschaft in Kooperation mit den Unternehmen zeitnah zu beantworten:

- Wie verhält sich der Instandhalter in der Akzeptanz von ihm in seiner Arbeit steuernden Systemen (z. B. Augmented Reality Brillen), da er doch in einem sehr autarken, wenig standardisierten Umfeld arbeitet?
- Was bewirkt die Einführung solcher Systeme bzgl. der Motivation des Mitarbeiters? Fühlt er einen Kontrollverlust/eingeschränkte Selbstbestimmung? etc.

- Wie hoch ist das Risiko eines übermäßigen Vertrauens in die Automation in der Instandhaltung unter Berücksichtigung oben aufgeführter Vielfalt von Rollen und Herausforderungen?

Einige Untersuchungen aus der Anfangszeit des Computer Integrated Manufacturing (CIM) können hier einen guten Ausgangspunkt schaffen. Jedoch gilt zu bedenken, dass (1.) die bestehenden Untersuchungen bevorzugt den Produktionsmitarbeiter und weniger das Arbeiten eines Instandhalters im Fokus hatten und dass (2.) eine Vielzahl an technologischen und organisatorischen Veränderungen seit den 80er und 90er-Jahren einen Vergleich mit den Anfängen des CIM nur begrenzt erlauben.

In der sozio-technischen Gesamtsicht determinieren weiterhin auch ökonomische und soziale Veränderungen den zukünftigen Arbeitskontext der Instandhaltung. Hieraus ergeben sich zusätzliche Implikationen für eine humane Perspektive auf Instandhaltung 4.0. Über den Wandel des Funktionsumfangs hin zu verstärkt dienstleistenden Verantwortungen im Kontext größerer Wertschöpfungsnetzwerke verändert und erweitert sich das Rollenspektrum von Instandhaltungsarbeit ebenso wie die Anforderungen an die Employability von Mitarbeitern in der Instandhaltung. Auch hierzu gilt es angesichts der Dynamik der Veränderungen zeitnah offene Fragestellungen in einer Weise zu adressieren, die sich an den spezifischen Gegebenheiten der Instandhaltungsarbeit orientiert:

- Inwieweit vollzieht sich der Wandel zur Dienstleistungsorientierung auf den verschiedenen Ebenen der Instandhaltungsarbeit in der Praxis konkret und welche differenzierteren Konsequenzen folgen daraus für Beschäftigungs- und Qualitätssicherung?
- Welche veränderten Anforderungen an die Qualifikation von Instandhaltungsmitarbeitern resultieren, wenn das Leistungsspektrum sich verstärkt auf den gesamten Lebenszyklus industrieller Sachgüter, von der Entwicklung über den Betrieb bis hin zum End of Life bzw. dem Re-Use, erstreckt?
- Wie lassen sich insgesamt steigende Belastungen im Arbeitskontext von Instandhaltung sinnvoll abfedern und welche Rollen können dabei gezielte Kompetenzentwicklung, Führung und organisationale Rahmenbedingungen spielen?
- Mit welchen innovativen und effizienten Mitteln und Methoden können die geforderten Kompetenzen und Führungsfähigkeiten berufsbegleitend im Prozess der Arbeit oder in der Berufsvorbereitung möglichst realitätsnah entwickelt werden?

Erkenntnisse aus der Forschung zu Industrie 4.0, zur smart factory und zur hybriden Wertschöpfung oder zum Solution Business können als Referenzrahmen für diese Überlegungen herangezogen werden. Gleichwohl ist auch hier zu berücksichtigen, dass sich ein Großteil der beschriebenen Untersuchungen bevorzugt dem Produktionssektor und seinen Produktionsmitarbeitern, vor allem auf Ingenieursebene widmet. Eine Spezifikation für das Arbeitsfeld der Instandhaltung, vor allem für Instandhaltungsfachkräfte, für die die Veränderungen das relativ größte qualitative und quantitative Ausmaß ausmachen dürften, steht somit aus.

## Literatur

- Acatech (Hrsg.) (2011): Cyber-Physical-Systems – Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion, Berlin
- Acatech (Hrsg.) (2015): Smart Maintenance für Smart Factories – Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben, Berlin
- Bainbridge, L. (1983): Ironies of automation, *Automatica* 19, 6, S. 775–779
- Bauernhansl, T., ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer
- Becker, J., Beverungen, D., & Knackstedt, R. (2008). Wertschöpfungsnetzwerke von Produzenten und Dienstleistern als Option zur Organisation der Erstellung hybrider Leistungsbündel. In: *Wertschöpfungsnetzwerke* (pp. 3–31). Physica-Verlag HD.
- Botthof, A., Hartmann, E.A. (2015): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Springer
- Chen, D., Kjellberg, T., & von Euler, A. (2010). Software Tools for the Digital Factory – An Evaluation and Discussion. In *Proceedings of the 6th CIRP-Sponsored International Conference on Digital Enterprise Technology* (pp. 803–812). Springer Berlin Heidelberg.
- Delcourt, C., Gremler, D., van Riel, A., van Birgelen, M. (2016): Employee Emotional Competence: Construct Conceptualization and Validation of Customer-Based Measure. In: *Journal of Service Research*, Vol. 19(1), S. 72–87
- DIN-EN 15628:2014-10 (2014): Qualifizierung in der Instandhaltung. Beuth Verlag Berlin.
- Dombrowski, U., Schulze, S., & Otano, I. C. (2009). Instandhaltungsmanagement als Gestaltungsfeld Ganzheitlicher Produktionssysteme. In *Betriebliche Instandhaltung* (pp. 29–43). Springer Berlin Heidelberg.
- Drucker, P. F. (1999). Knowledge-worker productivity: The biggest challenge. *California management review*, 41(2), 79–94.
- Externbrink, K., Reiβ, C. & Wilkens, U. (2011): Antecedents and Consequences of Team Mental Models in Project Teams – A Competence Perspective. Paper im Download der Kommissionstagung Organisation des VHB, 24./25. Feb. 2011, Berlin.
- Externbrink, K., Lienert, A. & Wilkens, U. (2012): Identifikation von Mitarbeiter- und Teamkompetenzen in hybriden Leistungsbündeln. In: *Industrie Management*, 3/2012, S. 65–69.
- Externbrink, K., Wilkens, U. & Lienert, A. (2012): Antecedents to the Successful Coordination of IPS<sup>2</sup> Networks – A Dynamic Capability Perspective on Complex Work Systems in the Engineering Sector. In: Shimomura, Yoshiki & Kimita, Koji (Hg.) (2012): *The Philosopher's Stone for Sustainability. Proceedings of the 4th CIRP International Conference on Industrial Product-Service Systems*. Tokyo, Japan. November 8th–9th, 2012. S.103–108.
- Families and Work Institute (2002): Generation and Gender in the Workplace, New York
- Forstner, L., & Dümmler, M. (2014). Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 131(7), 199–201.
- Freund, I. C. (2010). Die Instandhaltung im Wandel. In *Instandhaltung technischer Systeme* (pp. 1–22). Springer Berlin Heidelberg.
- Geisberger, E./Broy, M. (2012): agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, Heidelberg

- Geisert, D. I. C., Raue, D. I. N., & Stelzer, D. I. C. (2012). Automatisierungstechnik für Erbringungsprozesse hybrider Leistungsbündel. In *Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen* (pp. 245–263). Springer Berlin Heidelberg.
- Gorecky, D., Meixner, G. (2011): Auf dem Weg zu ergonomischen Mensch-Maschine-Systemen, SPS-Magazin, 1+2/2011, S. 74–77
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M. (2014): Mensch-Maschine Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter, In: Bauernhansl, T., ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer, S. 525–542
- Graetz F, Smith A C. (2008): The role of dualities in arbitrating continuity and change in forms of organizing. *IJMR* 2008;3:265–280.
- Gutsche, K. (2013): Proactive Maintenance – what about the maintainer?, In: Rao, R. BKN (Hg.): 26th International Congress on Condition Monitoring and Diagnostics Engineering Management, S. 81–86
- Hackman, J. Richard; Oldham, Greg R. (1975): Development of the Job Diagnostic Survey. In: *Journal of Applied Psychology*, Vol 60(2), S. 159–170
- Hassenzahl, M., Beu, A., Burmester, M. (2001): Engineering Joy, IEEE Software, January/February
- Hirsch-Kreinsen, H., ten Hompel, M. (2015): Digitalisierung industrieller Arbeit – Entwicklungs-perspektiven und Gestaltungsansätze. In: Vogel-Heuser et al. (Hrsg.), Handbuch Industrie 4.0., Springer Nachschlagewissen, S. 1–20
- Hollnagel, E. (1998): Cognitive reliability and error analysis method. Elsevier, New York
- Horn, W. (2009). Dienstleistung Instandhaltung. In *Betriebliche Instandhaltung* (pp. 253–269). Springer Berlin Heidelberg.
- van Husen, C. (2015). Neue Serviceprodukte in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken. In *Interaktive Wertschöpfung durch Dienstleistungen* (pp. 493–515). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- ISO 55000 (2014): Asset Management
- Judge, T.A.; Thoresen, C.J.; Bono, J.E.; Patton, G.K. (2001): The job satisfaction – job performance relationship: A qualitative and quantitative review. In: *Psychological Bulletin*, Vol 127(3), S. 376–407
- Lay, G., Nippa, M. (Hrsg.) (2005): Management produktbegleitender Dienstleistungen, Springer
- Lewis, M.W. (2000). Exploring paradox: Toward a more comprehensive guide. *Academy of Management Review*, 4, 760–776.
- Mänz, K., Wilkens, U., Süße, T. & Lienert, A. (2013): Die Bewältigung hoher Arbeitsanforderungen in HLB. Mitarbeiterkompetenzen als ermöglichernder Faktor in HLB-Arbeitsbereichen. In: *wt Werkstatttechnik online*, 2013, (7/8), S. 583–588.
- Mathieu J E, Heffner T S, Goodwin G F, Salas E, Cannon-Bowers J A (2000): The influence of shared mental models on team process and performance. *J. of Applied Psychology* 2000;85(2):273–283.
- Meier, H. (2004). Service im globalen Umfeld Innovative Ansätze einer zukunftsorientierten Dienstleistungsgestaltung. In *Dienstleistungsorientierte Geschäftsmodelle im Maschinen- und Anlagenbau* (pp. 3–13). Springer Berlin Heidelberg.
- Nof, S.Y. (Hrsg.) (2009): *Handbook of Automation*, Springer
- Nöllenheidt, Ch., Brenscheidt, S. (2015): *Arbeitswelt im Wandel: Zahlen – Daten – Fakten* (2015). Ausgabe 2015. 1. Auflage. BAuA, Dortmund. ISBN: 978-3-88261-049-9

- Nullmeier, E., Dietrich, U. (2015): Zwischen realen Prozessen und ihren digitalen Abbildern – Qualifikationserfordernisse für die Arbeit in Industrie 4.0. In: Schäfer, S., Pinnow, C.: Industrie 4.0 – Grundlagen und Anwendungen, Beuth Verlag, Berlin, S. 69–81
- Osterbauer, C., Lackner, M., Weinberger, G. (2010): Usability in Chemical Engineering, Trends in Chemical Engineering, Vol.13, 2010
- Pink, D. (2011): Drive – The Surprising Truth About What Motivates Us, New York
- Reichel et al. (2015): Leitfaden Qualifizierung in der Instandhaltung, Beuth Verlag
- Schäfer, S., Pinnow, C. (Hrsg.) (2015): Industrie 4.0 – Grundlagen und Anwendungen, Beuth Verlag
- Sharit, J. (2008): A Methodology for promoting reliable Human-System Interaction, In: Misra, K., Handbook of Performability Engineering, Springer, S. 641–665
- Söllner, D. K. M., Hoffmann, D. W. I. A., Hoffmann, H., & Leimeister, J. M. (2012). Vertrauensunterstützung für sozio-technische ubiquitäre Systeme. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 82(4), 109–140.
- Spath, D. (Hrsg.) (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer Verlag, Stuttgart
- Stevens, G., & Wulf, V. (2002). A new dimension in access control: Studying maintenance engineering across organizational boundaries. In *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work* (pp. 196–205). ACM.
- Takata, S., Kirnura, F., Van Houten, F. J. A. M., Westkamper, E., Shpitalni, M., Ceglarek, D., & Lee, J. (2004). Maintenance: changing role in life cycle management. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 53(2), 643–655.
- VDI (2015): Betriebsingenieure – eine Männerdomäne vor dem Generationenwechsel. In: CITplus 7+8/2015, S. 21
- VDI 4006 – Blatt 1 (2015): Menschliche Zuverlässigkeit – Ergonomische Forderungen und Methoden der Bewertung, Berlin
- Van de Ven, A. H. (1976). On the nature, formation, and maintenance of relations among organizations. *Academy of management review*, 1(4), 24–36.
- Voigt, B.-F. (2015): Coping with the Challenges of a Heterogeneous Working Context – A Configuration of Individual Competencies for PSS Workers. Proceedings of the 7th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, Elsevier, S. 402–407.
- Wilkens, U., Süße, T. & Voigt, B.-F. (2014): Umgang mit Paradoxien von Industrie 4.0 – Die Bedeutung reflexiven Arbeitshandelns. In: Kersten, W., Koller, H. & Lödding, H. (Hg.): Industrie 4.0 – Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern, Berlin: GITOMbh Verlag, S. 199–210.
- Wilkens, U., Sprafke, N., & Voigt, B.-F. (2015): Kompetenz 2020: Bewältigung von Änderungsdynamik im Arbeitskontext. In A. Bullinger, Mensch 2020 – transdisziplinäre Perspektiven, Chemnitz: Verlag für Wissenschaft und Praxis, S 277–288.
- Wilkens, U., Voigt, B.-F., Lienert, A., Süße, T. (2017): Personal, Führung und Organisation in IPSS. In: Meier, H., Uhlmann, E. (Hg.): Industrielle Produkt-Service Systeme – Entwicklung, Betrieb und Management. Berlin: Springer-Verlag, S. 325–342.
- Yoo, J., Arnold, T. (2016): Frontline Employee Customer-Oriented Attitude in the presence of job demands and resources – the influence upon deep and surface acting. In: Journal of Service Research, Vol. 19(1), S. 102–117
- Zerbst, M. (2000). Dienstleistungsproduktion und Dienstleistungsqualität. In *Total Productive Maintenance* (pp. 150–216). Deutscher Universitätsverlag.



# Obsoleszenzmanagement

11

Björn Bartels und Jean Haeffs

## Zusammenfassung

Der Trend, dass Entwicklungs- und Produktlebenszyklen immer kürzer werden nimmt zu. Damit verbunden sind zum einen Probleme bei der Beschaffung von Ersatzteilen oder Baugruppen für die Instandhaltung (Obsoleszenz), zum anderen in nicht mehr verwendbaren Bauteilen, die jetzt zu viel bevorratet sind, wenn die übergeordneten Baugruppen vom Markt genommen werden. Dieser Beitrag beschreibt die grundlegenden Arten von Obsoleszenz, wie sie heute praktiziert werden, und Wege, wie man im Unternehmen mit einer drohenden oder bereits eingetretenen Obsoleszenz umgehen kann.

## 11.1 Einleitung

Viele Industriebetriebe stehen immer wieder vor dem Problem, dass benötigte Komponenten und Systeme nicht mehr lieferbar sind, weil sie abgekündigt wurden. Dieser Umstand wird mit dem Begriff Obsoleszenz bezeichnet und hat gerade für die Instandhaltung z. T. gravierende Wirkungen. In der VDI-Richtlinie 2882 – Obsoleszenzmanagement wurde diese Entwicklung aufgenommen, wobei Experten die besten praktischen Konzepte zusammen getragen haben, um Konsequenzen aus einer Obsoleszenz für ein Unternehmen

---

B. Bartels

Amsys GmbH

Fürstenrieder Straße 279a, 81377 München, Deutschland

J. Haeffs (✉)

Geschäftsführer VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL), Verein Deutscher Ingenieure e.V.

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf, Deutschland

E-Mail: haeffs@vdi.de

zu mindern. Wesentliche Aussagen der VDI 2882 sind in diesem Beitrag zusammen gefasst.

**Obsoleszenz** bedeutet, dass eine Komponente, eine komplette Baugruppe oder ganze Systeme (Prozesse, Materialien, Software, Produktionseinrichtungen, etc.) während ihrer Nutzungsdauer nicht mehr beschaffbar sind. Betreiber und Lieferant müssen sich schon zum Zeitpunkt der Beschaffung eines Systems gemeinsam Gedanken machen, wie man den Betrieb und die Versorgung mit Ersatzteilen für das System über die gesamte Nutzungsdauer sicherstellen kann.

Die Komponentenverfügbarkeit über die Nutzungsdauer des Systems ist als Kernfrage in alle Betrachtungen durch die gesamte Supply-Chain mit einzubeziehen.

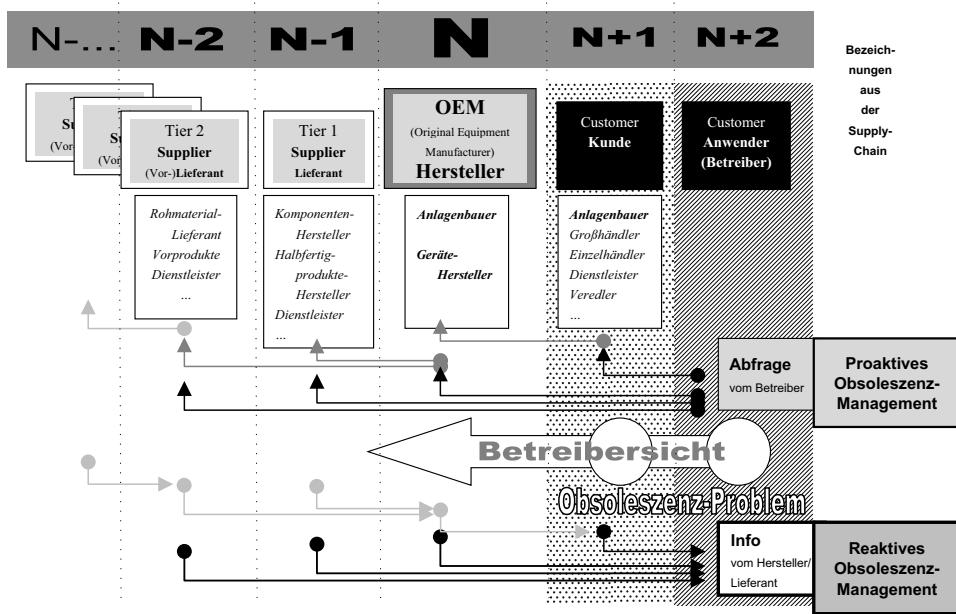
Obsoleszenzfälle treten durch die rapide ansteigende Anzahl von Innovationen oder der „Elektronifizierung“ in allen Branchen der Investitionsgüterindustrie (Anlagegüter, Infrastruktur, langlebige Gebrauchsgüter, Verbrauchsmaßnahmen und auch Softwareprodukte) auf.

Das führt im Einzelfall dazu, dass ein Betreiber zwar im Besitz eines Datenträgers mit der Software zu einer Anlagensteuerung ist, ihm aber weder eine funktionierende Leseeinheit, noch ein entsprechend ausgebildeter Techniker zur Verfügung steht. Dann führt schlimmstenfalls an einer großflächigen Ersatzinvestition in die Anlagensteuerung (dem sog. Retrofit oder Re-Engineering) kein Weg mehr vorbei.

Das Obsoleszenzmanagement wird als Teil des Risikomanagements angesehen. Richtig durchgeführt dient es der Vermeidung oder der Reduzierung von Produktions- oder Dienstleistungsausfällen wegen veralteter oder nicht mehr verfügbarer Prozesse, Materialien, Software, Produktionseinrichtungen oder verloren gegangenem Wissen. Dieses ist insbesondere auch bei einer Verlängerung der geplanten Nutzung der Anlage, der Maschine, des Produktionsmittels zu berücksichtigen.

**Gründe für eine Obsoleszenz** sind vielfältig und können folgende sein:

- Der Originalgeräte- (Original Equipment Manufacturer [OEM]) oder Originalteilehersteller (Original Component Manufacturer [OCM]) ist nicht mehr auf dem Markt aktiv.
- Das nötige Wissen ist nicht mehr vorhanden oder ging verloren.
- Die Abkündigung oder Änderung der Komponente, Baugruppe (Ersatzteil) durch den Hersteller (End of Life [EOL], End of Support [EOS], Product Change Notification [PCN], etc.)
- Das Werkzeug ist nicht mehr nutzbar oder vorhanden (z. B. Programmiergerät, Spritzgussform, Testgerät).
- Die wirtschaftliche Obsoleszenz (Kosten für die Komponente oder die Reparatur zu hoch).
- Die Änderungen von nationalen und internationalen Gesetzen und Normungen (z. B. Verbot von Asbest, REACH, RoHS).
- Eine Komponente ist vorübergehend nicht verfügbar oder lieferbar (Allokation).



**Abb. 11.1** Informationsfluss aus den einzelnen Stufen der Supply-Chain vom OEM bis zu den entsprechenden Vorlieferanten an den Betreiber. (In Anlehnung an VDI 2882 2016)

In Abb. 11.1 sind die Wege dargestellt, in denen die Informationen aus den einzelnen Stufen der Supply-Chain vom OEM bis zu den entsprechenden Vorlieferanten an den Betreiber fließen.

Das kann entweder aktiv vom Betreiber getrieben sein (Pfeile von rechts nach links)

- der Betreiber fordert die Informationen in der Supply-Chain ab (im Ergebnis kann der Betreiber vorzeitig Obsoleszenz-Ereignisse planen und vorzeitig reagieren = proaktive Obsoleszenz-Management)

oder vom OEM bzw. den Vorlieferanten getrieben sein (Pfeile von links nach rechts)

- der Betreiber reagiert erst, wenn ihm die Information zur Abkündigung von Lieferfähigkeiten der Lieferanten und Vorlieferanten vorliegen = reaktives Obsoleszenz-Management

## 11.2 Grundlegende Konzepte des Obsoleszenzmanagements

Es gibt folgende Ansätze von Obsoleszenzmanagement (OM), deren Konzeption der Betreiber fixiert:

### **Reaktives OM (reagierende Vorgehensweise)**

Reaktives Obsoleszenzmanagement beschreibt einen bestimmten Lösungsprozess sowie die dazugehörige Dokumentation für einzelne Komponenten, die bereits von Obsoleszenz betroffen sind oder deren Obsoleszenz offiziell durch den Originalhersteller angekündigt ist. Allgemeine reaktive Obsoleszenzmanagement Maßnahmen beinhalten zum Beispiel:

- Bauteilbevorratungen,
- Austausch von Komponenten aus Aftermarket-Quellen,
- Instandsetzungen,
- Fit-Form-Function-Substitute,
- Emulationen,
- Reverse-Engineering und Redesigns.

Ein reaktives Obsoleszenzmanagement allein ignoriert langfristige umfassende Lösungen in Bezug auf Obsoleszenz. Die Ausrichtung besteht ausschließlich auf die Problemlösung von einzelnen eingetretenen Obsoleszenz Fällen (siehe auch Abb. 11.1).

### **Proaktives OM (vorausschauende Vorgehensweise)**

Proaktives Obsoleszenzmanagement beschreibt einen Analyseprozess der ermittelt, in welcher Phase des Produktlebenszyklus sich die zur Herstellung oder Instandhaltung eines Produktes benötigten Komponenten befinden. Diese Gesundheitsüberwachungen sind ein integraler Bestandteil eines proaktiven Obsoleszenzmanagements, um vorausschauend zu agieren schon lange bevor Bauteile der Obsoleszenz unterliegen (siehe auch Abb. 11.1).

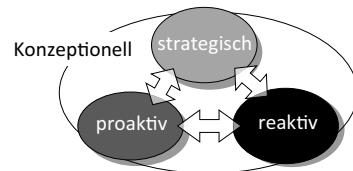
### **Strategisches OM (strategische Vorgehensweise)**

Strategisches Obsoleszenzmanagement beschreibt den Schlüssel zum Erfolg, das Planen, Entwerfen, Prüfen und Handeln in Bezug auf Obsoleszenz voraussetzt. Von einem strategischen Obsoleszenzmanagement wird gefordert, dass es auf alle Lebenszyklusphasen des eigenen Systems angewendet wird. Die Implementierung geschieht schon während der Entwicklungsphase, um festzulegen, welche Bauteile für den angestrebten Lebenszyklus des eigenen Systems verwendet werden können und um entsprechende Verträge mit Lieferanten zu schließen. Auch die strategische Planung von Upgrades des eigenen Systems gehört zum strategischen Obsoleszenzmanagement, um eine Vielzahl von bereits oder bald veralteten Komponenten mit einem lediglich einmaligem Ingenieurs- und Qualifizierungsaufwand aus einem System zu entfernen.

### **Konzeptionelles OM**

Das konzeptionelle Obsoleszenzmanagement stellt die Definition der passenden Mischung zwischen reaktiven, proaktiven und strategischen Obsoleszenzmanagement-Ansätzen innerhalb eines Unternehmens dar (siehe Abb. 11.2). Es ist der erste Schritt

**Abb. 11.2** Konzeptionelles Obsoleszenzmanagement.  
(VDI 2882 2016)



zur Implementierung eines Obsoleszenzmanagement Systems, das passend für die Obsoleszenzfälle des jeweiligen Betreibers ausgerichtet ist.

### 11.2.1 Reaktives OM

Eine Möglichkeit sich mit dem Ausfall eines Systems zu beschäftigen ist, es dann zu tun, wenn dieser Fall eintritt.

Dies kann eine sinnvolle Vorgehensweise sein, wenn der geschäftliche Erfolg nicht von der Funktion dieses Einzelsystems abhängt, oder wenn es keinerlei Sicherheitsrisiken für Mensch und Umwelt gibt.

Die sogenannte „Reagierende Strategie“ kommt dann zum Tragen, wenn entweder ein Obsoleszenzproblem bereits eingetreten ist oder diese Variante bewusst gewählt wird. Wenn sich bewusst für ein reaktives Obsoleszenzmanagement entschieden wird, sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Das eingesetzte Produkt bzw. die Anlage wurde betriebsbedingt für einen zeitlich begrenzten, absehbaren Bedarf beschafft,
- die Wahrscheinlichkeit einer Obsoleszenz ist sehr niedrig,
- die Zuverlässigkeit kann als ausreichend hoch bewertet werden,
- die Ersatzteilversorgung kann über den geplanten Lebenszyklus garantiert und ggf. vertraglich zugesichert werden,
- mit dem OEM/OCM werden verlässliche Garantien im Hinblick auf Instandhaltung und Ersatzteilversorgung vereinbart,
- mit einem produktspezialisierten Dienstleister werden verlässliche Garantien im Hinblick auf Instandhaltung und Ersatzteilversorgung vereinbart,
- es gibt genügend alternative Hersteller auf dem Markt,
- die Auswirkungen auf das Gesamtsystem im Obsoleszenzfall eines Bauteils sind marginal und somit vernachlässigbar,
- die Sicherheitsstrategie eines Unternehmens unterliegt der Obsoleszenz; wenn sich die Kommunikation und der Dokumentenaustausch vom physikalischen zum digitalen verändert. Die allgemeine Herangehensweise ist, so lange mit neuen Sicherheitssystemen zu warten, bis etwas geschehen ist. Dann wird reagiert und die Sicherheit verändert (Compliance).

Diese kostengünstigste Variante des OM wird idealerweise nur auf Komponenten angewendet, die nicht systemrelevant sind, d. h., dass bei einer Obsoleszenz dieser Komponente die Nutzungseinschränkung nicht signifikant ist bzw. die Verfügbarkeit schnell wieder hergestellt werden kann.

Das reaktive OM erstreckt sich dann auf Standard- und Normteile, wie z. B. mechanische Komponenten, Halterungen, Befestigungsteile sowie Komponenten ohne spezielle Anforderungen, bei denen von einer generellen Marktverfügbarkeit in „form-fit-function“ ausgegangen werden.

Das Verwenden von vorhandenen Lagerbeständen beschreibt originale Bauteile, die trotz eingetretener Obsoleszenz noch bei einer Firma oder einer Organisation vorhanden sind. Es ist klar abzugrenzen, dass es sich hierbei nicht um Bauteile aus dem Bauteilanschlussmarkt oder der Bauteilnachbildung handelt.

Der Prozess der Kannibalisierung oder Bauteilrückgewinnung beschreibt die Variante, Teile und Baugruppen aus Altbeständen zu entnehmen, um diese an anderer Stelle wieder einzusetzen. Diese nicht selten angewandte Art ist mit einigen Risiken verbunden, die es zu beachten gilt.

Grundsätzlich sollten immer sämtliche ausgeschlachtete Bauteile auf die noch zu erwartende Lebensdauer und die Zuverlässigkeit beurteilt werden. In diesem Zuge ist zu prüfen, ob die Möglichkeiten Instandsetzung, vorbeugende Maßnahmen und Ersatzbeschaffung bestehen und für die Dauer des gewünschten Einsatzes bestehen bleiben.

In einigen Bereichen und Branchen erlauben die zuständigen Aufsichtsbehörden diese Variante grundsätzlich nicht. Darüber hinaus muss bei jedem Ausschlachten jedes Bauteil auf eine mögliche Notwendigkeit einer Re-Qualifikation geprüft werden.

Eine Bauteilersatzbeschaffung ist auf vielfältige Art und Weise möglich. Die Suche kann vom OEM, OCM, einem Dienstleister oder dem Endbetreiber direkt durchgeführt werden. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass zuerst gleichwertige oder gar bessere Produkte im Fokus liegen. Im Falle eines nötigen Austauschs des Produkts, ist darauf zu achten, dass der Qualifikationsstatus des Produkts erhalten bleibt. Um sicherzustellen, dass der Bauteilersatz auch die geforderten Spezifikationen erfüllt, muss auf die FFF-Kompatibilität (Form, Fit, Function) geachtet werden. Es muss insbesondere darauf geachtet werden, dass Zulassungen, Genehmigungen, Zertifizierungen usw. durch ausgetauschte Teile nicht erlöschen.

Die Dokumentationen müssen vollständig, korrekt und aktuell (Stand der Technik) sein.

Weiterhin empfiehlt es sich die Suche zuerst in den eigenen Reihen zu beginnen. Oft finden sich über standortübergreifende Synergien Über- oder Restbestände im eigenen Unternehmen.

Bei der Bauteilsuche, vor allem im Internet, sollte auf geprüfte und, wenn möglich und nötig, „refurbished“ Produkte geachtet werden. Dies bedeutet, dass häufig generalüberholte Produkte angeboten werden, die vorbeugend behandelt wurden und gegen verschleißbehaftete Bauteile ersetzt werden.

Oft ist eine Reparatur eines Produkts, einer Komponente oder eines Bauteils auch nach Abkündigung durch den OEM noch fachgerecht möglich. In manchen Fällen wird dieser Service auch nach Abkündigung noch über den OEM erbracht. Daneben besteht die Möglichkeit, die Instandsetzung in den eigenen Reihen oder über Dienstleister aus dem Industrieservice, die sich auch auf abgekündigte und obsolete Produkte spezialisiert haben, abzuwickeln.

Beachtet werden sollte, dass gültige Regelwerke, gerade in sensiblen Bereichen (wie z. B. in kerntechnischen Anlagen) eingehalten werden. Gerade bei Instandhaltungsmaßnahmen durch Industrieserviceunternehmen sollte auf die nötigen Qualifikationen des Dienstleisters geachtet werden. Weiterhin sollte das Industrieserviceunternehmen über die nötigen technischen Einrichtungen verfügen, die eine fachgerechte und nachhaltige Instandhaltung (Instandsetzung, Generalüberholung, etc.) ermöglichen. Bei elektronischen Komponenten, aber auch darüber hinaus sollte eine Aufarbeitung mit einer Prüfung unter realitätsnahen Einsatzbedingungen abgeschlossen werden.

Als Bauteilanschlussmarkt werden Lieferquellen bezeichnet, die Produktionslinien von Bauteilen aufkaufen, die durch den Originalhersteller nicht mehr gefertigt werden und somit einer Obsoleszenz unterworfen wurden. Der Bauteilanschlussmarkt bietet eine Möglichkeit nicht mehr beschaffbare Bauteile zu reproduzieren. Oft haben die Originalhersteller der Bauteile sogar Abkommen geschlossen, die eine Versorgung nach dem Einstellen der eigentlichen Produktion durch den Bauteilanschlussmarkt vertraglich regeln.

Unter der Neukonstruktion (Redesign) eines Produktes wird verstanden, dass ein Bauteil, welches einer Obsoleszenz unterliegt, komplett aus dem betroffenen System entnommen wird. Das neu eingesetzte Bauteil erfordert hierbei eine Neukonstruktion bzw. eine Anpasskonstruktion des betroffenen Produktes, um die geforderten Funktionen weiterhin zu gewährleisten oder sogar zu verbessern bzw. auszuweiten. Unterschieden wird hierbei in eine kleine und eine große Neukonstruktion (minor/major Redesign). Die kleine Neukonstruktion beschreibt eine Änderung der Produktgestalt oder des Produktaufbaus, wohingegen die große Neukonstruktion einen Austausch oder einen Ersatz weiterer Bauteile voraussetzt. Das kann u. U. Auswirkungen auf bestehende Zulassungen haben.

Oft werden eingetretene Obsoleszenzfälle auch nach einer Last-Time-Buy-Meldung durch eine Bevorratung gelöst. Hierbei sollte der Betreiber prüfen, ob die dann oft lange Zeit lagernden Produkte einem Verschleiß- und/oder Prüfungsprozess während der zu erwartenden Lagerzeit unterliegen. Die so entstehenden Kosten sollten vor der Beschaffung berücksichtigt und in einem Kostenplan festgehalten werden.

### 11.2.1.1 Arten der Bauteilbevorratung

#### Life of Type Buy/Life of Need Buy

Bei der Bauteilbevorratung (oder Endbevorratung) kauft ein Abnehmer so viele Bauteile, dass der Vorrat ausreicht, um den Bedarf während des kompletten Produktlebenszyklus seines eigenen Produktes zu decken. Dieser so genannte Life of Type Buy (LOT Buy) oder auch Life of Need Buy (LON Buy) kann geschehen, nachdem durch den Bauteilhersteller

die letzte Möglichkeit zum Kauf eines Bauteils vor dem Ende der Produktion eingeräumt wird. Auch wenn noch keine Obsoleszenz vorliegt, kann eine Bauteilbevorratung durchgeführt werden, um sich ein lebenslanges Vorratslager für die eigene Produktion anzulegen.

### **Bridge Buy**

Der Überbrückungskauf stellt eine weitere Variante der Bauteilbevorratung dar. Dieser so genannte Bridge Buy wird angewendet, um durch das Anlegen eines Vorratslagers genügend Bauteile für die laufende Produktion zur Verfügung zu stellen, während parallel beispielsweise eine zeitaufwendige Neukonstruktion, eine Bauteilnachbildung oder die Suche nach einer Alternative durchgeführt wird.

### **Unterstützung durch Dienstleister**

Im Fall einer eingetretenen Obsoleszenz muss ein Unternehmen dieses Problem schnellstmöglich effektiv lösen. Wie beschrieben gibt es mehrere Alternativlösungen zur Beseitigung einer Obsoleszenz. Die Auswahl der am besten geeigneten Möglichkeit der Obsoleszenzbeseitigung ist allerdings schwierig, da jeder Obsoleszenzfall nach einer dem betroffenen Produkt angepassten Lösung verlangt. Für Unternehmen kann es daher teilweise nötig sein, Kontakte zu externen Quellen herzustellen, um das Problem einer Obsoleszenz zu lösen. Weiterhin kann die Einbindung von Dienstleistern für Unternehmen, die kein eigenes Obsoleszenzmanagement implementiert haben, eine große Hilfe darstellen.

## **11.2.2 Proaktives OM**

Das proaktive OM ist im Grunde genommen ein reaktives OM mit einer Vorlaufzeit. Diese Vorlaufzeit gewinnt man durch eine regelmäßige (zeitlich definierte) Lifecycle-Status-Untersuchung der für das proaktive OM festgelegten Komponente. Für das proaktive OM werden vor allem Komponenten innerhalb eines Systems festgelegt, deren Ausfall einen erheblichen Einfluss (z. B. Totalausfall, Teilausfall, erhebliche Funktionseinschränkung) auf das System oder die übergeordnete Anlagen haben. Der Ersatz einer solchen Komponente ist fast immer mit einem erheblichen Aufwand (z. B. Re-Design, Re-Zertifizierung, Wiederzulassung) verbunden. Der Aufwand für die periodischen Lifecycle-Status Untersuchung sollte im Verhältnis zu einem möglichen Aufwand für das Ersetzen der Komponente stehen. Um ein proaktives OM für ein System zu installieren, sollte im Vorfeld eine Analyse stattfinden, in der die Komponenten für das proaktive OM festgelegt werden. Folgende Kriterien könnten für die Analyse von Bedeutung sein (Liste nicht vollständig):

- Systemrelevanz
- Verfügbarkeitsrelevanz
- MTBF (Mean Time Between Failures)
- IT-Sicherheitsrelevanz

- Marktverfügbarkeit (single manufacturer, single supplier)
- Zeitpunkt der Markteinführung
- Technologisches Obsoleszenzrisiko
- Anzahl im Gesamtprogramm
- Entwicklungsrisiko der Produktnachfolger
- Klassifizierung von technischen Abhängigkeiten
- zukünftig Qualitäts- und Verfügbarkeitsanforderung an die Anlagen

Eine vorausschauende Herangehensweise an das Thema Obsoleszenz ist nutzbringend, wenn sich durch die Untersuchung der Prozesse herausstellt, dass es zu erheblichen Verlusten kommt, wenn Prozessteile nicht mehr arbeiten. Proaktives OM setzt voraus, dass man sich mit dem Thema Obsoleszenz bereits beschäftigt. Reaktives OM ist nur dann konzeptionell, wenn es als die sinnvolle Lösung erachtet wurde. Reaktives OM kann das Ergebnis der Fehlerignoranz sein, proaktives OM hingegen nicht.

### **11.2.2.1 Lebenszyklus- und Risikoanalyse**

Es ist notwendig, sich mit Lebenszyklen von Bauteilen auseinander zu setzen, damit für Produkte benötigte Bauteile keinem Versorgungsengpass unterliegen und eine weitere Fertigung bzw. Instandsetzung ermöglicht wird. Dieses nennt man Health-Monitoring, also Gesundheitsüberwachung. Hier kann Health-Monitoring auch als Überwachung von Obsoleszenz übersetzt werden.

Die Vorhersage der zukünftigen Obsoleszenz bezieht sich hierbei auf einen Zeittab- schnitt, in der die Wahrscheinlichkeit einer eintretenden Obsoleszenz sehr hoch ist.

Das Health-Monitoring stützt sich sowohl auf das Wissen der qualifizierten Mitarbeiter im eigenen Unternehmen als auch auf entsprechendes Fachwissen und Schlüsselqualifikationen von Dienstleistern. Einige Dienstleistungsunternehmen bieten outgesourcete Lö- sungen an, die einen Zugriff auf Informationen über Lebenszyklen, meist elektronischer Bauteile, sowie andere damit verbundene Auskünfte bereitstellen.

Health-Monitoring ist ebenfalls schon während der Entwicklungs- und Konstruktionsphase nötig, um festzulegen, welche Bauteile für den angestrebten Lebenszyklus des eigenen Produktes verwendet werden können. Für ein Produkt ist auch die Bauteilüberwa- chung über den geplanten Lebenszyklus notwendig, um nicht mit Versorgungsengpässen konfrontiert zu werden.

### **11.2.2.2 Zulassungen**

Die Lösungen, die für reaktive bzw. proaktive Obsoleszenzfälle entwickelt werden, füh- ren in vielen Fällen dazu, dass ein System, eine Komponente oder ein Bauteil geändert, erneuert oder durch einen anderen Hersteller nachgebaut wird. Je nach Einsatzspektrum des abgekündigten Produkts kann dies viele verschiedene Anwendungsfälle aus den unter- schiedlichsten Industriebereichen (bspw. Militär, Luftfahrt, Kraftwerke, Eisenbahn, etc.) betreffen. Sofern weiterhin für die einzelnen Anwendungsfälle Qualitäts-, Prüf- bzw. Si- cherheitsnachweise sowie Inbetriebnahme-Genehmigungen (auch international) o. ä. er-

forderlich sind, führt die Obsoleszenz eines Systems, einer Komponente oder eines Bau-teils zu einem hohen Zeit- und Kostenaufwand (ca. 50–70 % des Gesamtaufwands).

### **11.2.3 Strategisches OM**

Von einem strategischen Obsoleszenzmanagement wird gefordert, dass es auf alle Lebenszyklusphasen des eigenen Systems angewendet wird. Die Implementierung geschieht schon während der Entwicklungsphase, um festzulegen, welche Bauteile für den ange strebten Lebenszyklus des eigenen Systems verwendet werden können. Diese Form des OM ist nicht zu verwechseln mit der konzeptionellen Herangehensweise an das Thema OM.

#### **11.2.3.1 Marktentwicklung/Lieferantenmanagement**

In diesem Themenfeld wird beleuchtet, wie sich verschiedene Beschaffungsstrategien langfristig auswirken. So gilt es einerseits die Variantenvielfalt und andererseits Abhängigkeiten von Einzelleferanten zu vermeiden.

#### **11.2.3.2 Einflussmöglichkeit des Kunden auf den Lieferanten**

Die Einflussmöglichkeiten des Kunden in den einzelnen Stufen der Supply-Chain (vom OEM bis zu den entsprechenden Vorlieferanten an den Betreiber) sind abhängig von der Art bzw. Intensität der Kunden-/Lieferantenbeziehung. Soweit die Verhältnisse in den einzelnen Stufen der Supply-Chain auf „gleichgestellte Partner“ treffen, ist die Basis für ein erfolgreiches Obsoleszenzmanagement vorhanden. Sollten „Ungleichgewichte“ in der Supply-Chain, beispielsweise durch eine „Übermacht des Kunden“ oder eine „Monopol-Stellung des Lieferanten“ vorhanden sein, wird das Obsoleszenzmanagement massiv erschwert. Bedauerlicherweise stellt dieser Fall in mehr oder weniger starken Abwandlungen den Normalfall an dezidierten Stelle einer jeden Supply-Chain dar. Die Einflussmöglichkeiten des Kunden richten sich somit theoretisch zunächst grundsätzlich nach dessen Bedeutung beim Lieferanten sowie der Marktgegebenheiten.

Mit Blick auf die Praxis bedeutet das, dass an einigen Stellen in der Supply-Chain „Ungleichgewichte“ das Obsoleszenzmanagement erschweren.

Ein möglicher Ansatz sind strategische Partnerschaften, die durch die komplette Supply-Chain gehen. Diese wiederum haben nur eine Chance zu entstehen, wenn eine Verhältnismäßigkeit der Machtverhältnisse in der Supply-Chain vorhanden ist. Sollte dies nicht der Fall sein, empfiehlt sich die neue Auswahl von Partnern. Mit den richtigen Partnern in der Supply-Chain kann nicht nur die Marktentwicklung aktiv vorangetrieben werden, sondern es können auch vom Lieferanten initiierte Innovationen Einzug in die Supply-Chain erhalten, die in letzter Instanz einen Benefit für das Produkt schaffen werden.

Ziel sollte es also sein, möglichst ausgeglichene Verhältnisse zu schaffen um dann mittels strategischer Allianzen bzw. Partnerschaften die langfristige Verfügbarkeit als strategisches Ziel zu sichern bzw. zu erreichen.

Es empfehlen sich im Lieferantenmanagement sogenannte „Produktänderungs- und Abkündigungs-Vereinbarungen“, die in beidseitigen Einvernehmen den prozessualen Ablauf klar definieren und regeln. Sollten die gemeinsam getroffenen Vereinbarungen nicht eingehalten werden, können (je höher man in der Supply-Chain „hinaufsteigt“) Vertragsstrafen oder (im mittleren bis unterem Bereich) entsprechende Lieferantenbewertungen zur langfristigen Verbesserung der Lieferbeziehung hinzugezogen werden.

Im optimalen Fall werden mit dem Lieferanten regelmäßige (beispielsweise quartalsweise oder jährlich) gemeinsame Workshops zum Thema der langfristigen Verfügbarkeit abgehalten.

Das Ziel sollte die „Machtgleichheit“ aller Supply Chain Elemente sein. Sollten alle Versuche zur Kooperation fehlschlagen, bleibt nur die Möglichkeit den Anbieter zu wechseln (Wettbewerb) oder eine strategische Allianz einzugehen. Liegt ein „Lieferanten-Monopol“ vor, sollte mittels Kooperation eine Einigung erzielt werden. Alternativ sollte im nächsten Entwicklungsprojekt ein solches Monopol unbedingt vermieden werden bzw. gezielt ein zweiter Lieferant aufgebaut werden. Es empfiehlt sich bereits im Stadium der Entwicklung eine strategische Partnerschaft mit einem möglichen Single-Source-Lieferanten einzugehen.

### 11.2.3.3 Vertragsmanagement – Rechte und Pflichten in Verträgen

In diesem Themenfeld wird die Frage beleuchtet, welche Punkte man bei der Gestaltung von Verträgen beachten sollte, um Obsoleszenzen zu vermeiden bzw. die Risiken daraus zu reduzieren. Im Kern geht es um die Frage, welche Rechte (Nutzungs- und Verwertungsrechte) sollten wie geregelt werden, um im Fall einer Obsoleszenz oder beim Ausfall eines Lieferanten die Technik weiter betreuen zu können und wie die Risiken der Obsoleszenz sinnvoll zwischen Kunde (Betreiber) und Lieferant verteilt werden können.

In Anlehnung an grundsätzlich vorhandene Standards in z. B. Ausschreibungsunterlagen, AGBs oder individualvertragliche Regelungen sollten klare Definitionen zwischen den Vertragsparteien aufgelistet werden, wie das entsprechende Obsoleszenzmanagement (Monitoring und Reporting) durch den geplanten Lebenszyklus eines Systems auszusehen hat. Zu beachtende Inhalte sollten hierbei idealerweise sein:

- Klare Definition und Darstellung von Obsoleszenzmanagement Prozessen zur Vermeidung von Obsoleszenzen in Form von Obsoleszenzmanagement-Plänen sowie Risikobewertung und Road-Maps für z. B. Umbauten, Retrofit, Kannibalisierungen, Design Refresh etc. über den gesamten Lebenszyklus.
- (Unter-)Lieferantenauswahl und -bewertung in Form von Audits: Die Auswahl der richtigen Lieferanten (und somit auch Ersatzteilquellen) ist essentiell.
- Komplettes Lifecycle Management sowie Lifecycle Kostenberechnung und -ausweitung: Nicht die Anschaffungs- bzw. Investitionskosten stehen im Vordergrund sondern die gesamten Kosten, wie sie über den Lebenszyklus eines Systems verteilt sind.
- Individuelles Produkt Lifecycle Management: Von der Gesamtstrategie zur Einzelstrategie oder von der Einzelstrategie zur Gesamtstrategie. Nicht planbare Events müssen registriert, verarbeitet und nachhaltig gelöst werden

- Performance Monitoring mit IST- und SOLL-Abgleich gem. Service Level Agreements (SLA) in den jeweiligen Verträgen.
- Definition von Key Performance Indikatoren (KPI) mit Abgleich von der IST- mit der SOLL Performance.
- Claim Management für Garantie und Gewährleistung bzw. Vertragsbruch und Vertragsstrafen: Monitoring der Performance ermöglicht es, vertraglich festgelegte Werte zu messen und zu prüfen und ggfs. Konsequenzen einzuleiten.
- Standardisiertes Konfigurationsmanagement inkl. Änderungsmanagement: Vollständige und richtige Dokumentationsstandards (inkl. Dokumentenmanagement) sind Basis eines erfolgreichen Lifecycle Managements. Das ist ebenso notwendig für das OM und eine Instandhaltung durch den Betreiber oder einen Instandhaltungsdienstleister.
- Vollständiges Kommunikations- und Datenaustauschkonzept: Das schafft eine Win-Win-Situation zwischen Betreiber und Hersteller, da u. a. Felddaten ausgetauscht werden können.

#### **11.2.3.4 Personalmanagement**

Die Beherrschung und Bewältigung von Obsoleszenzrisiken in der Instandhaltung ist auch eine Aufgabe des Personalmanagements eines Unternehmens. Durch ein proaktives Personalmanagement können bestimmte Obsoleszenzrisiken im Vorfeld vermieden werden.

Dabei besteht das Ziel, die richtige Anzahl von Arbeitskräften mit der richtigen Qualifikation und den erforderlichen Kompetenzen zur richtigen Zeit am richtigen Ort sicher zu stellen. Aus Sicht des Obsolesenzmanagements spielt dabei insbesondere die Sicherstellung der langfristig benötigten Kompetenzen eine hervorgehobene Rolle. Neben den bereits geschilderten Obsoleszenzrisiken (beispielsweise durch die Abkündigung der Lieferungsbereitschaft von Ersatzteilen) ist auch das Risiko durch nicht mehr vorhandene Mitarbeiterkompetenzen beim Hersteller oder beim Betreiber, die für den Betrieb und/oder die Instandhaltung einer alten Produktionsanlage erforderlich sind, zu beachten. So haben die Unternehmen, ganz gleich ob Hersteller oder Betreiber, darauf zu achten, dass mit dem Ausscheiden von Mitarbeitern wichtige und gegebenenfalls gar kritische Kompetenzen, über die ein ausscheidender Mitarbeiter zu einer alten Produktionsanlage verfügt, dem Unternehmen weiterhin erhalten bleiben. Ein anderes Beispiel für Obsoleszenzrisiken aus Sicht des Personalmanagements entsteht aus der Situation, dass Lieferanten ihren unterstützenden Service für den Betreiber einstellen und der Betreiber nun selbst die für die Produktionsanlage erforderlichen Kompetenzen sicherstellen muss.

#### **11.2.3.5 Technologiemanagement**

Bei der Beschaffung einer neuen Anlage sollte man folgende Punkte beachten, um Obsoleszenzen zukünftig besser beherrschen zu können.

Folgende Fragen sollten in diesem Zusammenhang u. a. beantwortet werden:

- Welche Designvorgaben sind vorteilhaft, um Obsoleszenzproblemen zu begegnen?
- Welche Anforderungen an Schnittstellen sind zu stellen?

- Welche technischen „Mainstreams“ sind relevant, um für Anlagen auch langfristig „kompatible“ Ersatzteile erwarten zu können?
- Welche typischen Lebenszyklen muss man für welche Technologien annehmen?
- Was ist bei der Dokumentation zu beachten?
- Können Entwicklungsumgebungen langfristig gepflegt werden?
- Welche Rechte sind wichtig und wie können vertragliche Regelungen aussehen?
- Wie ist die Nachserienversorgung zu sichern?
- Wie sehen Zukunftsperspektiven hinsichtlich Design, Schnittstellen, Mainstream aus?
- Gibt es Informationen zu den Lebenszyklen der Basistechnologien?
- Wie ist der Dokumentationsstand für die Basis- und Peripheriegeräte?
- Gibt es Abhängigkeiten zwischen Hardware und Software?

### 11.2.3.6 Redesign

In einer langen Produktions- und Feldlebenszeit von Systemen werden diese in der Regel während ihrer gesamten Lebenszeit ein oder mehrere Male umgestaltet, um die Funktionalität zu aktualisieren und/oder Veralterungen entgegenzuwirken. Im Gegensatz zu kommerziellen Produkten (sog. Massenprodukten = „High-Volume“) werden langlebige Systeme nicht durch Verbesserungen in der Fertigung oder durch Technologiesprünge aktualisiert, sondern durch sogenannte „Redesigns“ (auch Design-Refreshs) nachhaltig produzierbar und instandhaltbar umgerüstet.

Idealerweise sollte eine Methodik entwickelt werden, die den besten Zeitpunkt (oder mehrere Zeitpunkte) für das Redesign ermitteln und so den optimalen Mix von Maßnahmen bestimmen, die für ein Redesign nötig sind.

Das Ziel der Planung ist es, zu bestimmen:

- Wann ein Redesign durchzuführen ist (also der optimale Zeitpunkt).
- Welches die optimale Frequenz von mehreren geplanten Redesigns darstellt.
- Welche veralteten (obsoleten) Komponenten durch ein Redesign ersetzt werden (im Vergleich mit einigen anderen Obsoleszenz beseitigenden Maßnahmen).
- Welche noch nicht veralteten (obsoleten) Komponenten durch ein Redesign proaktiv ersetzt werden.

Die folgenden Informationen zur Bestimmung des optimalen Redesign Zeitpunktes sind notwendig:

- Welche Komponenten obsolet werden.
- Wann diese Komponenten obsolet werden.
- Welche Maßnahmen zur Vermeidung (proaktiv) und Beseitigung (reakтив) von Obsoleszenz angewendet werden.
- Welche Zulassungsanforderungen bestehen und Requalifikationsanforderungen entstehen.

## 11.2.4 Konzeptionelles OM

Die Einführung des Obsoleszenzmanagement in einem Unternehmen oder einem Teilbereich oder in einem Prozess muss mit einer Konzeptionsphase vorbereitet werden. Hierfür sind die verschiedenen Teilbereiche (reakтив, proaktiv oder strategisch) für den jeweiligen Fall zu beleuchten. Je nach System oder Produkt macht es unter Umständen Sinn, eine differenzierte Herangehensweise zu betrachten, aus technischen und betriebswirtschaftlichen Allgemeingültige Konzepte, die einen normierten Weg aufzeigen, gibt es bisher nicht. Ein Vorgehensmix ist möglich und bei sehr differenten Prozessen innerhalb eines Unternehmens sogar sinnvoll.

Ein Unternehmen, das seine Prozesse und Abläufe strategisch betrachten will, wird das z. B. in unterschiedlichen Bereichen sehr unterschiedlich bewerten (wie Verwaltung, Produktion, IT usw.); das wird in einem Großkonzern sicherlich anders bewertet, als in einem KMU.

### 11.2.4.1 Organisatorische Einordnung des OM im Unternehmen

Die Aufgaben, die sich im OM stellen, übergreifen mehrere Fachbereiche und bei fast allen Aufgaben im OM existiert eine enge Verbindung zwischen kaufmännischen und technischen Problemstellungen.

Eine eindeutige Zuordnung in eine einzelne Abteilung ist somit schwierig und quasi nicht praktikabel, da bei jeder Entscheidung im OM mehrere Fachbereiche unmittelbar betroffen sind. Eine klassische Zuordnung der OM-Verantwortung (z. B. zur Produktions-, Instandhaltungs- oder Einkaufsabteilung) ist somit in der Praxis nicht sinnvoll, da Interessenskonflikte vorprogrammiert sind. Vereinzelt findet diese Zuordnung in kleinen und mittelständischen Unternehmen statt.

Etwas fortschrittlichere Ansätze ordnen das OM den jeweiligen Betriebsverantwortlichen zu. Für diejenigen Unternehmen, die über wenige Prozesse bzw. ein kleines gut vernetztes Prozessmanagement verfügen, ist das ein guter Weg. Mögliche Interessenskonflikte der Fachabteilungen sind somit zu Gunsten des Betriebes und im Sinne der „Total Cost of Ownership“ (TCO) vernünftig repräsentiert.

Für Unternehmen die über mehrere Einheiten, Prozesse und Linien verfügen, ist das OM dezentral nicht optimal angesiedelt. Verschiedene Interessen die sich aus Gründen der Bündelungsbestrebungen ergeben, führen hier zu Konflikten, die ein objektives OM massiv erschweren können.

Größere Unternehmen verfolgen in der Regel einen anderen Ansatz. Ein zentrales OM, das eine Stabstelle bildet, kann die Entscheidungen des OM unparteiisch im Sinne des Unternehmens am besten abbilden. Interessenskonflikte werden sich in dieser Konstellation unter Umständen mit anderen Fachabteilungen, die ebenfalls dem Stab angehören, bilden, führen aber stets zu einer konstruktiven Lösung im Sinne des Unternehmens. Diese Lösung hat sich im Bereich großer mittelständischer Unternehmen als erfolgreich bewährt.

#### **11.2.4.2 Einbindung von Dienstleistern (Service-Providern) in das Obsoleszenzmanagement**

Industrielle Dienstleistungen werden vom Hersteller selber (dem OEM), dem Instandhalter im eigenen Betrieb oder dem Industrieserviceunternehmen als Dritten erbracht. Dabei werden die Aufgaben inzwischen durch Rahmenverträge, Betriebsführungsverträge oder langfristige Wartungs- und Serviceverträge geregelt. Insofern ist es notwendig, dass die Informationswege und Fristen in beide Richtungen geregelt sind. Des Weiteren bietet es sich an, das Knowhow externer Services zu nutzen, um eine gemeinsame OM-Strategie zu entwickeln. Dabei kann das fach- und branchenübergreifende Wissen des Industrieservice eingesetzt werden.

Die Einbindung von industriellen Dienstleistern in die gewählte OM-Strategie ermöglicht es dem Anlagennutzer und Betreiber, die Auswirkungen der Obsoleszenz auf die eigenen Aktivitäten abzumildern, um die Sicherstellung der Langzeitverfügbarkeit von abgekündigten Produkten zu ermöglichen.

In die Rolle des OEM können in der Regel auch Industrieserviceunternehmen treten, die in der jeweils gewünschten Beauftragungstiefe Services, Instandhaltung und weiterführende Maßnahmen sicherstellen. In diesem Zusammenhang sind auch die Einführung einer gemeinsamen Lagerhaltung denkbar zur Sicherung der Ersatzteilbeschaffung und die Instandsetzung für bereits abgekündigte Produkte durch einen industriellen Dienstleister.

#### **11.2.4.3 Absicherung von IT-Struktur/Software/Cloud durch Service-Provider**

Das IT-Umfeld gestaltet sich vielschichtig, da sowohl die Obsoleszenz der im Haus vorhandenen Infrastruktur mit seinen aktiven Komponenten, als auch die Dienste und Applikationen in den verschiedenen Ebenen des InHouse-Betriebes sowie bei den externen Dienstleister betrachtet werden müssen (z. B. in der Cloud). Die unterschiedlichen Stufen bis hin zur vollständigen Cloud sind im Rahmen einer OM-Betrachtung für das Unternehmen zu definieren und abzusichern. Entsprechende Vereinbarungen zwischen den Dienstleistern müssen erstellt werden. Besonderes Augenmerk muss auf eine mögliche Änderung des Outsourcing-Grades der eigenen IT (insbesondere von Datendiensten) gelegt werden. Als Beispiel sei hier der vollständige Rückzug aus der Cloud benannt. Es muss ein OM-Szenario entwickelt werden, welches alle Stufen berücksichtigt. Die kurzen Innovationszyklen im IT-Umfeld erzwingen immer wieder und zyklisch ein angepasstes OM. Es werden derzeit Zeitspannen von fünf Jahren betrachtet, und in Zukunft eine Verkürzung auf zwei Jahren erwartet, da sich die professionelle Welt immer stärker an die semiprofessionelle Welt bzw. den Bedarf privater Anwender annähert.

#### **11.2.4.4 OM-Plan**

Es ist notwendig, die obsoleszenzkritischen Komponenten in regelmäßigen Abständen zu überwachen, um frühzeitig durch Substitution oder Qualifizierung anderer Lieferanten auf etwaige Obsoleszenzfälle reagieren zu können. Da die Überwachung aller hin-

terlegten Materialien durch das Obsoleszenzmanagement einerseits zu aufwändig (u. U. sogar unnötig ist, da nicht jedes Material zwingend obsolet wird), ist die Bestimmung der obsoleszenzkritischen Komponenten ein wichtiges Hilfsmittel beim proaktiven Obsoleszenzmanagement. Hierunter versteht man eine qualitative Bewertung der verschiedenen Ersatzteile in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, dass das Material zukünftig obsolet werden könnte.

Es hat sich die Erstellung einer Liste aller Anlagenkomponenten bewährt, in der man (je nach notwendiger Detaillierung unterschiedlich fein) alle Anlagenkomponenten aufführt und sich die folgenden Fragen je Komponente beantwortet:

- Situation Beschaffungsmarkt: Ist Lieferfähigkeit bestätigt?
- Reichweite/Lagerbestand: Passt die Reichweite zur Nachfolgestrategie?
- Nachfolgestrategie: Sind Nachfolgestrategie und Nachentwicklungsduer für das Ersatzteil bekannt?
- Obsoleszenz/Ersatzbeschaffung: Liegen Änderungs- oder Abkündigungsmeldungen vor?
- Kritikalität: Ist das Bauteil kritisch für den Betrieb?
- Zulassung/Freigabe: Ist das Ersatzteil von Zulassung/Freigabe betroffen?
- Elektronik mit Software: Hat die Baugruppe eine Software?
- Wirtschaftliche Lage: Ist die Lage des/der Unterlieferanten stabil?
- Dokumentation/Rechte: Sind die Dokumentationen verfügbar?
- Lagerfähigkeit des Ersatzteils: Ist das Ersatzteil lagerfähig verfügbar?
- Aufarbeitbarkeit: Kann man das ausgebaute Ersatzteil aufarbeiten (lassen)?
- Kosten für Nachentwicklung: Sind die Kosten für eine evtl. Nachentwicklung bekannt?

So lokalisiert man quasi über ein Ampelsystem oder eine ABC-Analyse sehr schnell und einfach die kritischen Komponenten, die ein entsprechendes OM-System benötigen.

---

### 11.3 Zusammenfassung

Die Komponentenverfügbarkeit über die gesamte Nutzungsdauer des Systems ist die Kernfrage aller Betrachtungen.

Obsoleszenzfälle treten durch die rapide steigende Anzahl von Innovationen sowie die „Elektronifizierung“ in allen Branchen der Investitionsgüterindustrie (also Anlagegüter, Infrastruktur, langlebige Gebrauchsgüter, Verbrauchsmaterial und auch Softwareprodukte) auf.

Der Betreiber sollte sich eines (oder mehrerer) Konzepte zur Sicherstellung der Nutzung von Systemen bzw. Komponenten, die älter als 10 oder 20 oder auch 30 Jahre sind oder werden, Gedanken machen. Die Konzepte sollten sich nicht nur auf die schnelle Beschaffung im Schadensfall reduzieren, sondern auch mit großer Vorlaufzeit eine Strategie entwickeln. Das Obsoleszenz-Management kann als Teil des Risikomanagements

angesehen werden. Richtig durchgeführt dient es der Vermeidung und Reduzierung von Produktions- oder Dienstleistungsausfällen wegen veralteter oder nicht mehr verfügbarer Prozesse, Materialien, Software, Produktionseinrichtungen, ... oder auch verloren gegangenem Knowhow.

Die Aufgaben, die sich im OM stellen, übergreifen immer mehrere Fachbereiche und eine enge Verbindung zwischen kaufmännischen und technischen Problemstellungen ist notwendig, die nur gemeinsam von Technikern und Kaufleuten gelöst werden können. Auch hier liegt eine der Herausforderungen des angewendeten OM, nämlich die Eingliederung in die Unternehmensorganisation. Eine klassische Zuordnung (oft in KMU so vorgenommen) der OM-Verantwortung z. B. zur Produktions-, Instandhaltungs- oder Einkaufsabteilung, ist somit in der Praxis nicht immer sinnvoll, da Interessenskonflikte vorprogrammiert sind. Etwas fortschrittlichere Ansätze ordnen das OM den jeweiligen Betriebsverantwortlichen zu. Für Unternehmen mit wenigen Prozessen bzw. ein kleines gut vernetztes Prozessmanagement funktioniert das gut. Größere Unternehmen realisieren ein zentrale OM als Stabstelle bildet, um die Entscheidungen des OM unparteiisch im Sinne des Unternehmens abzubilden um stets eine konstruktive Lösung im Sinne des Unternehmens herbeizuführen. Diese Lösung hat sich im Bereich großer mittelständischer Unternehmen als erfolgreich bewährheit, birgt aber die Gefahr, dass sich das OM u. U. betriebsfern entwickelt, durch mangelnde Information und Bezug zur Praxis und die Entfernung zu den Fachabteilungen.

---

## Literatur

VDI 2882 (2016-08): Obsoleszenzmanagement – Entwurf, Beuth Verlag, Berlin.



# Ein Lehrstück!

12

Hartmut Giesler

Gewidmet einem Instandhaltungsabteilungsleiter eines deutschen Großbetriebes. (Die Ähnlichkeit mit lebenden Personen und wahren Begebenheiten ist beabsichtigt.)

## **ca. 6.30 Uhr**

Abteilungsleiter Produktion lässt Maschine abstellen, weil seit 6.00 Uhr Hydraulik-Kupp lung undicht ist.

Auskunft Schlosser: Instandsetzung erst ab 7.00 Uhr möglich.

## **ca. 7.00 Uhr**

Schlosser waren da, ... und sind wieder weg.

## **7.20 Uhr**

Kein Schlosser anwesend, aber 2 Werkzeugwagen vor Ort.

## **7.25 Uhr**

1 Schlosser (Lehrling) spielt mit Lappen und Kupplung.

## **7.30 Uhr**

Noch 2 Schlosser (keine Lehrlinge), ratlos, einer geht telefonieren.

## **7.32 Uhr**

Auskunft: „Keine neue Kupplung vorhanden“.

Produktionsmeister sagt: „Instandhaltungsmeister suchen!“

---

H. Giesler (✉)  
Stuttgart, Deutschland  
E-Mail: noreply@springer.com

**7.35 Uhr**

1 Schlosser geht Meister suchen.  
1 Schlosser (Lehrling) raucht.  
1 Schlosser verschwunden.

**7.38 Uhr**

Lokaltermin:  
Instandhaltungsmeister  
2 Schlosser  
Produktionsmeister  
Teamleiter Produktion

**7.40 Uhr**

Zusätzlich erscheinen:  
Abteilungsleiter Produktion  
1 weiterer Produktionsmeister

**7.43 Uhr**

Alle wieder weg, nur noch 2 Werkzeugwagen da.

**7.47 Uhr**

Lehrling spielt weiter mit Kupplung.

**7.50 Uhr**

Produktionsmanagement geht, wahrscheinlich situationsbedingt, vorbei.  
Lehrling spielt immer noch.

**7.51 Uhr**

Achtung: 2 Schlosser kommen, Lehrling unterbricht sein spielen, staunt und lernt.

**7.52 Uhr**

Instandhaltungsmeister kommt dazu.

**7.56 Uhr**

Maschine läuft.  
Auskunft: Nur ein O-Ring war defekt!

**8.02 Uhr**

3 Schlosser noch da, warten auf Lob???

Frage: Was wohl der „Stift“ gelernt hat?

Übrigens: Die Hydraulik-Kupplung war schon am Freitag undicht.

Ein stiller noch nicht resignierender Beobachter.

So geschehen an einem Montag oder an einem anderen beliebigen Tag und Jahr, in jedem erdenklichen Unternehmen. Schreiben eines Produktionsleiters an seinen Kollegen in der Instandhaltung.

---

**Teil II**

**Technologie**



# Informations- und Kommunikationstechnologien 13 für die Instandhaltungsplanung und -steuerung

Thomas Zapp, Philipp Jussen und Michael Kurz

## Zusammenfassung

Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen die effiziente, schnelle und sichere Planung und Steuerung von Verwaltungs- und Leistungsprozessen in der Instandhaltung. Die systematische Erfassung, Verwaltung und Nutzung administrativer Auftragsdaten kombiniert mit technischen Zeichnungen, Materialeigenschaften und Maschinendaten unterstützt gezielt die Abwicklung von Instandhaltungsprozessen von der Initiierung bis zum Abschluss des Auftrages. Das vorliegende Kapitel zeigt die Ziele des Einsatzes von IT-Systemen in der Instandhaltung auf, beschreibt die Elemente und Funktionen von Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystemen (IPS-Systeme), befasst sich mit der Nutzung mobiler Systeme und gibt einen Überblick über aktuelle und künftige Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien in der Instandhaltung.

---

T. Zapp  
GreenGate AG  
Alte Brücke 6, 51570 Windeck, Deutschland  
E-Mail: t.zapp@greengate.de

P. Jussen · M. Kurz (✉)  
Dienstleistungsmanagement, Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen  
Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen, Deutschland  
E-Mail: Philipp.Jussen@fir.rwth-aachen.de

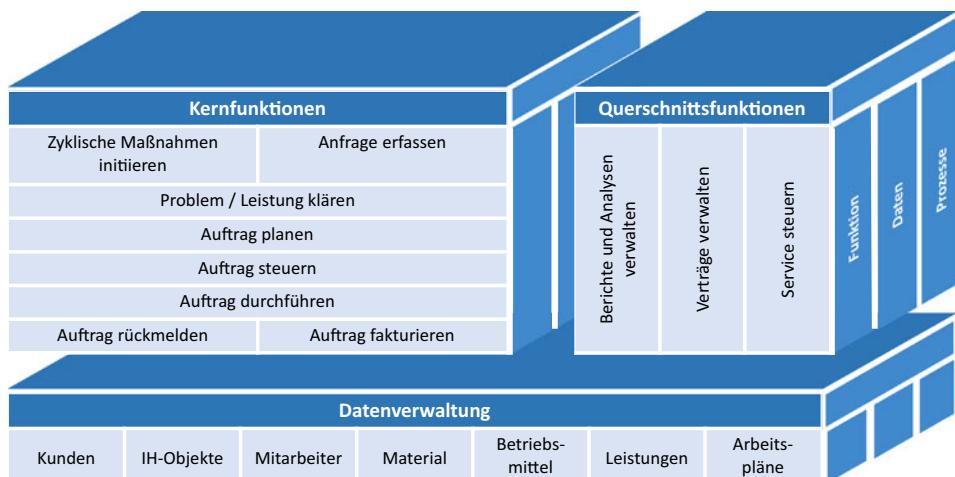
M. Kurz  
E-Mail: Michael.Kurz@fir.rwth-aachen.de

### 13.1 Einführung und Aufgaben der Instandhaltung

Der technische Fortschritt hat einen starken Einfluss auf Unternehmen. Dieser äußert sich beispielsweise in einer wachsenden Technisierung der Fertigung sowie einer deutlich gestiegenen Automatisierung der Produktionsprozesse. Längst haben Unternehmen erkannt, dass die Instandhaltung ihrer technischen Anlagen direkte Auswirkungen auf ihre Wettbewerbsfähigkeit hat und zudem einen hohen Beitrag zum Unternehmensergebnis leistet. Deshalb wird von Instandhaltungsabteilungen heutzutage ein ganzheitliches Anlagenmanagement gefordert (s. Pawellek 2016, S. 1; Liebstückel 2013, S. 15; Matyas 2013, S. 21).

Dennoch erschweren der Instandhaltung heterogene Maschinenparks, über Jahrzehnte gewachsene Anlagenstrukturen und fehlende Dokumentation im Bereich der Systemkomponenten, Bauteile und Ersatzteillisten, ihre anfallenden Maßnahmen präzise zu planen, mit benötigten Informationen zu unterstützen und somit effizient durchführen zu können. Dabei können die Maßnahmen innerhalb der Instandhaltung grundsätzlich in vier Grundmaßnahmen unterteilt werden: Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung (s. DIN 31051 2012, S. 4).

Zur Bewältigung dieser Maßnahmen sind auf operativer Ebene die Kernfunktionen des technischen Service umzusetzen. Von der Erfassung einer Störmeldung oder Anfrage beziehungsweise der Initiierung einer zyklischen Maßnahme über die Planung der Arbeitsinhalte, Ressourcen und Mitarbeiter bis hin zur Rückmeldung und Fakturierung des durchgeföhrten Auftrages sind verschiedene Phasen mit unterschiedlichen Anforderungen an Mitarbeiter, Materialien, Ressourcen und Informationen zu durchlaufen. Neben diesen auftragsabhängigen Kernfunktionen der Instandhaltung sind zur Erbringung der Instandhaltungsleistung übergreifende Querschnittsfunktionen notwendig – wobei charakteristisch für die Querschnittsfunktionen ist, dass sie sich nicht nur auf einen Auftrag beziehen,



**Abb. 13.1** Aufgabenmodell der Instandhaltung. (In Anlehnung an Kallenberg 2002, S. 91)

sondern ein direkter oder indirekter Bezug zu mehreren Aufträgen besteht (s. Kallenberg 2002, S. 85 ff.). Eine übersichtliche Darstellung der Aufgaben in der Instandhaltung ist in Abb. 13.1 gegeben.

Zur systemischen Abbildung der Aufgaben besteht die Notwendigkeit der Verfügbarkeit eines zentralen Planungs- und Steuerungssystems zur effizienten Abwicklung der o. g. Tätigkeiten innerhalb der Instandhaltung. Dabei ist die Bereitstellung der benötigten Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort und in der geforderten Qualität die Bedingung für eine effiziente Instandhaltungsplanung und -steuerung. Die notwendige Unterstützung hierbei bieten IKT-Anwendungen. Für die instandhaltungsspezifische IT-Unterstützung hat sich der Begriff der Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssysteme (IPS-System) etabliert. Das IPS-System wird im Folgenden detailliert beschrieben.

---

## 13.2 Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssysteme – Begriff und Ziele des Einsatzes

„In den meisten anderen Unternehmensbereichen bereits zu einer Selbstverständlichkeit geworden, setzt sich in vielen Unternehmen für den Instandhaltungsbereich erst allmählich die Erkenntnis durch, dass der Weg vom Kostentreiber zum Erfolgsfaktor nur beschritten werden kann, wenn er durch eine moderne Kommunikations- und Informations-technologie unterstützt und begleitet wird.“ (Liebstückel 2013, S. 17) Im Folgenden wird kurz der Begriff *IPS-System* definiert und beschrieben. Daran anschließend werden die Ziele des Einsatzes eines IPS-Systems aufgezeigt.

### 13.2.1 Definition und Beschreibung

Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssysteme sind elektronische Datenverarbeitungssysteme, die zur Unterstützung der Instandhaltung konzipiert und entwickelt wurden. Diese Systeme umfassen Funktionen zur Abwicklung aller innerhalb des Instandhaltungsprozesses relevanten Aufgaben der Planung, Verwaltung, Dokumentation, Kommunikation, des Controllings, der Steuerung und Analyse (s. VDI 2898 1996). Im englischen Sprachraum wird ein solches System auch als *Computerized Maintenance Management System (CMMS)* bezeichnet. Um von einem IPS-System nach obiger Definition sprechen zu können, muss das betrachtete EDV-System einige Leistungsmerkmale aufweisen (s. VDI 2896 2013, S. 16):

- Planung: Bereitstellung der Daten für die Instandhaltung
- Reporting und Verdichtung: Systematische Ermittlung und Berichterstattung von relevanten Abweichungen
- Automatisierung: Einfache und effiziente Auswertungsverfahren und Hilfestellungen
- Schnittstellen: Ermöglichung des Datenaustausches über die verschiedenen Datenverarbeitungssysteme eines Unternehmens

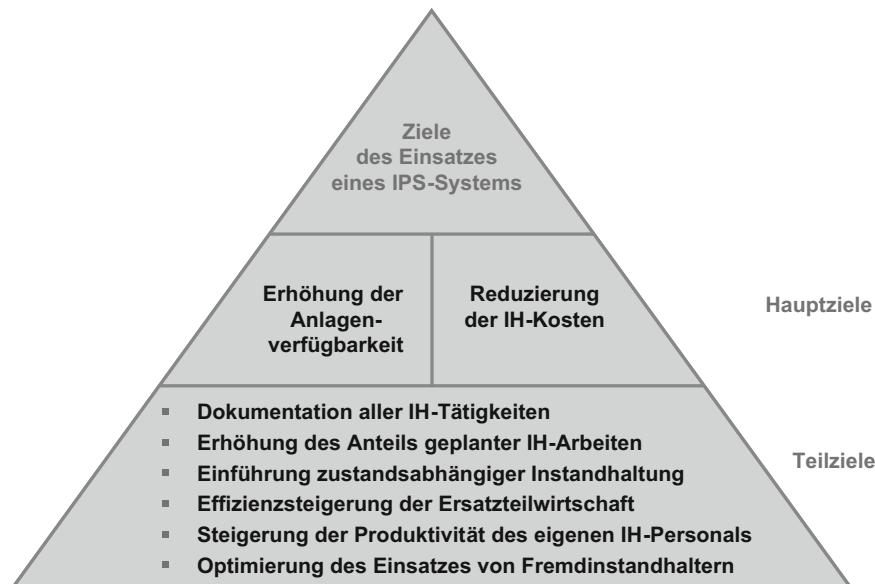
- Strukturierung: Flexible Abbildung der gewählten Strategie sowie der Aufbau- und Ablauforganisation

Des Weiteren sind durch ein IPS-System die Anforderung an eine permanente Verfügbarkeit, Aktualität und Vollständigkeit der zugrundeliegenden Daten sowie eine ganzheitliche Betrachtung aller Anlagen zu erfüllen (s. Pawellek 2016, S. 399).

### 13.2.2 Ziele des IPS-System-Einsatzes

Die Instandhaltung befindet sich dauerhaft im Spannungsfeld zwischen den Dimensionen *Verfügbarkeit* und *Kosten*. Einerseits gilt es die Verfügbarkeit der Maschinen und Anlagen stetig zu erhöhen, aber andererseits sieht sich die Instandhaltung in jedem Zeitpunkt mit der Forderung nach einer kontinuierlichen Reduzierung der Instandhaltungskosten konfrontiert. Durch den Einsatz von IPS-Systemen soll die Effizienz der Planungs-, Steuerungs- und Kontrollmaßnahmen deutlich gesteigert werden (s. Wiedemann und Wolff 2013, S. 806), sodass die Hauptziele „Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit“ und „Reduzierung der Instandhaltungskosten“ erfüllt werden können (s. Strunz 2012, S. 31). Zur Erreichung der Hauptziele können die folgenden Teilziele identifiziert werden:

- Dokumentation aller Instandhaltungstätigkeiten zur Erhöhung der Transparenz von Schadensursachen und Kosten
- Erhöhung des Anteils an geplanten Instandhaltungsarbeiten



**Abb. 13.2** Ziele des Einsatzes eines IPS-Systems



Auf der Suche nach vielfältigen Karrieremöglichkeiten? #HumanChemistry  
Bei Evonik ist alles möglich, wenn die Chemie stimmt: [careers.evonik.com](http://careers.evonik.com)

**Exploring opportunities. Growing together.**

FÜR DIE EVONIK TECHNOLOGY & INFRASTRUCTURE GMBH SUCHEN WIR BUNDESWEIT  
IM BEREICH TECHNISCHER SERVICE

## INGENIEURINNEN & INGENIEURE VERSCHIEDENER FACHRICHTUNGEN

### Wer wir sind

Innovative Technologien und verlässliche Leistungen machen Technology & Infrastructure zum Rückgrat des Chemiegeschäfts von Evonik. Mit Kompetenz, fachlicher Exzellenz und Kreativität schaffen wir die Plattform für die Lösungen von morgen. Das Geschäftsbereich Technischer Service unterstützt die Produktionsprozesse der Kunden entlang des Lebenszyklus von Anlagen mit einem umfangreichen Angebot. Unsere Experten optimieren die Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Produktionsanlagen und begleiten Kunden von der Idee bis zum fertigen Projekt. Durch Bildung von Technologie Hubs mit einem intensiven Best-Practice-Ansatz unterstützt der Technische Service Produktionsstandorte weltweit.

Für unsere Bereiche EMR-Technik, Projekte und Revisionen, Montagen, Bau- und Gebäudetechnik, Werkstätten sowie für die Betreuung von Produktionsanlagen suchen wir kreative Ingenieurinnen und Ingenieure, die den Mut haben, gemeinsam neue Wege zu gehen.

### Was wir bieten

Sie sind Ingenieurin und wollen aufregende Innovationsprozesse mitgestalten? Sie sind Ingenieur und möchten Ihre Talente und Ihr Wissen gewinnbringend einsetzen? Dann sind Sie bei uns genau richtig. Sie arbeiten gemeinsam in Teams an herausfordernden Themen in einem innovativen und kreativen Umfeld. Eine intensive Einarbeitung „on the job“ mit kompetenten Kollegen garantiert einen schnellen Einstieg in die eigenverantwortliche Aufgabenbearbeitung. Eine leistungsgerechte Bezahlung, die Förderung Ihrer persönlichen Entwicklung sowie der fachlichen Qualifizierung sind für uns selbstverständlich. Seit 2009 trägt die Evonik Industries AG als familienbewusstes Unternehmen die von der „Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung“ vergebene Auszeichnung „audit berufundfamilie“.

### Was wir erwarten

- Erfolgreich abgeschlossenes ingenieurwissenschaftliches Studium (zum Beispiel der Fachrichtungen Maschinenbau, Anlagentechnik oder Bauingenieurwesen) mit oder ohne Promotion
- Mehrjährige Berufserfahrung in der Produktion/Technik, der Abwicklung von Stillständen oder im Bereich Hoch-/Industriebau, alternativ auch hervorragend qualifizierte Hochschulabsolventen
- Hohe Einsatzbereitschaft, Durchsetzungsvermögen sowie eine selbstständige Arbeitsweise
- Ausgeprägte Kommunikations- und Teamfähigkeit, Führungsfähigkeit
- Bereitschaft zu Dienstreisen, auch international

Bitte bewerben Sie sich online über unsere Karriereseite [careers.evonik.com](http://careers.evonik.com). Für Fragen und weitere Informationen steht Ihnen das Recruiting Team unter der Telefonnummer +49 800 2386645 zur Verfügung.





- Einführung oder Intensivierung der zustandsabhängigen Instandhaltung
- Effizienzsteigerung der Ersatzteilwirtschaft durch Erhöhung der Materialverfügbarkeit und Reduzierung von Lagerbeständen
- Steigerung der Produktivität des eigenen Instandhaltungspersonals
- Optimierung des Einsatzes von Fremdinstandhaltern hinsichtlich Make-or-Buy-Entscheidungen

Abb. 13.2 visualisiert das Vorstehende und verdeutlicht, dass das Erreichen der Hauptziele positiv von dem Fundament aus Teilzielen beeinflusst wird.

---

### 13.3 Entwicklung der IT-Systeme in der Instandhaltung

IT-Systeme zur Unterstützung der Instandhaltung sind bereits seit den 80er-Jahren im Einsatz (s. Breer 1989, S. 11 f.). Das Bewusstsein über den Bedarf einer IT-Unterstützung für die Instandhaltungsplanung und -steuerung ist demnach nicht neu. Jedoch weisen die eingesetzten Systeme teils große Unterschiede auf, was nicht zuletzt auf die technischen Entwicklungen der letzten Jahre zurückzuführen ist. Dadurch wird heutzutage eine Vielzahl an heterogenen IT-Lösungen in Unternehmen eingesetzt. Es kann zwischen den folgenden Integrationslösungen unterschieden werden (s. Güntner et al. 2014, S. 23):

- IH-Funktionalität als Teil eines anderen IT-Systems (z. B. Enterprise-Ressource-Planning (ERP)-System)
- Eigenentwickelte Programme/Datenbanken
- Vollfunktionale IH-Module als integraler Bestandteil, z. B. eines ERP-Systems
- Einfache Tabellen-/Text-/Kalkulationsprogramme auf MS-Office-Basis
- Vollfunktionale IH-Software ohne Schnittstellen zu anderen IT-Systemen (Stand-alone-Lösung)
- Vollfunktionale IH-Software mit Schnittstellen zu anderen IT-Systemen (z. B. ERP)

Bis in die 2000er-Jahre wurden primär eigenprogrammierte IT-Anwendungen oder Lösungen, die auf MS Office basierten, eingesetzt. Der Nachteil dieser beiden Varianten ist, dass ihr Funktionsumfang nur eingeschränkt erweiterbar ist und sie aus diesem Grund nicht zukunftsfähig sind, weil keine standardisierten Schnittstellen vorhanden sind oder neue Funktionsanforderungen technisch nicht realisiert werden können. Zudem sind das interne Know-how und die erforderlichen Kapazitäten, die dem Unternehmen für die Entwicklung entsprechender Software zur Verfügung stehen, selten ausreichend, um leistungsfähige Softwareprodukte zu erzeugen. Das führt häufig dazu, dass die eingesetzten Anwendungen dem allgemeinen technischen Entwicklungsstand nicht entsprechen. Nach einer von Güntner et al. durchgeföhrten Studie sind alle oben aufgeführten IT-Lösungen bis heute in den Unternehmen zu finden, jedoch ist die Zufriedenheit der Anwender von vollfunktionaler Instandhaltungssoftware deutlich höher im Vergleich zu der Zufriedenheit der Anwender der übrigen IT-Lösungen (Güntner et al. 2014, S. 23).

## 13.4 Elemente und Funktionen des IPS-Systems

Im Folgenden werden zu Beginn die wichtigsten Arbeitsbereiche, die durch ein IPS-System abgedeckt werden, aufgezeigt. Daran anschließend werden zum einen Mobile Systeme in der Instandhaltung und zum anderen Schnittstellen des IPS-Systems zu anderen Systemen vertieft betrachtet.

### 13.4.1 IPS-Module zur Unterstützung von Wartung, Instandsetzung und kontinuierlicher Verbesserung

Mit einer IPS-Software können vielfältige Aufgaben innerhalb der Instandhaltung über eine einzige Plattform organisiert werden. Dabei werden die einzelnen Arbeitsbereiche durch verschiedene Programmmodulen abgedeckt. Die wichtigsten Module eines IPS-Systems werden im Folgenden dargestellt. In Abb. 13.3 sind die wichtigsten Module zusammenfassend dargestellt.



**Abb. 13.3** Standard-Module eines IPS-Systems

### 13.4.1.1 Objekt-, Personal- und Betriebsmittelmanagement

Innerhalb der Objektverwaltung werden alle durch die Instandhaltung betreuten Maschinen, Anlagen, Gebäude und sonstige technische Infrastrukturen im Unternehmen abgebildet. Die einzelnen Assets, z. B. Gebäude, Maschinen, Pumpen etc., werden in Form von Objekten im System angelegt. Dabei wird die komplette Struktur der zu wartenden Objekte hierarchisch abgebildet. Die Detailtiefe ist dabei frei wählbar. Zur Identifikation und Beschreibung eines jeden Objekts werden diesem Eigenschaften, Kostenstellen, Wartungspläne, Termine, Materialien und Ersatzteillisten zugeordnet. Die Betriebsmittelverwaltung ermöglicht eine konsequente und lückenlose Verwaltung der Betriebsmittel im Verantwortungsbereich der Instandhaltung. Die Personalverwaltung unterstützt die Instandhaltung dabei, den Überblick über die Verfügbarkeiten einzelner Mitarbeiter zu behalten und somit eine effiziente Zuordnung der Mitarbeiter zu offenen Aufträgen zu gewährleisten. Unterschiedliche Qualifikationen der Mitarbeiter werden hierbei ebenfalls berücksichtigt.

### 13.4.1.2 Auftragsmanagement

Das Auftragsmanagement stellt das Kernstück des IPS-Systems dar. Mit dem Auftragsmanagement besteht jederzeit eine Übersicht über den aktuellen Terminstand, die Auftrags- und Personalsituation sowie die Auslastung der Ressourcen. Wiederkehrende Aufgaben können mit einer Intervallregelung gesteuert werden. Resultierende Prozesse aus eingehenden Störmeldungen oder aus bestimmten Ereignissen können mit dem System gesteuert werden.

Die durch Aufträge erzeugten Daten bilden die Grundlage für weitere Analysen und Auswertungen hinsichtlich der Instandhaltungsleistung. Dazu gehören beispielsweise die Schwachstellenanalyse oder Auswertungen von Kennzahlen zur Leistungsmessung. Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung, dass die aus Daten gewonnenen Informationen Qualitätskriterien entsprechen. Dazu zählen insbesondere die Relevanz, Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit und Konsistenz der Daten.

### 13.4.1.3 Ereignis- und Störfallmanagement

Die Ereignisverwaltung ermöglicht ein optimiertes Störungsmanagement. Alle relevanten Informationen bzgl. einer Störung wie Ort und Zeitpunkt der Störung, Art des Defekts etc., werden erfasst. Daraus können unmittelbar notwendige Schritte eingeleitet werden. So ist es beispielsweise möglich, feste Workflows zur Störungsbehebung zu definieren, falls eine bestimmte Störung auftritt. Zudem werden alle Zeitpunkte vom Eintreten der Störung bis zur endgültigen Behebung erfasst und dokumentiert. Dies bildet die Basis für eine anschließende Auswertung zu Störhäufigkeiten, Ausfallzeiten und Kennzahlen wie MTBF (*Mean Time between Failures*) und MTTR (*Mean Time to Repair*).

Konkret bedeutet dies zum Beispiel, dass eine gezielte Schwachstellenanalyse ermöglicht wird, indem jede auftretende Störung dokumentiert und anschließend in einem Gesamtkontext betrachtet werden kann. Häufig ist dies eine Möglichkeit, das „Bauchgefühl“

der Mitarbeiter zu quantifizieren, wenn sie ungewöhnlich häufig wegen ein und derselben Störung gerufen werden. Dies kann den Anstoß für Verbesserungsmaßnahmen liefern.

#### **13.4.1.4 Mangelerfassung**

Mängel sind nicht gleichzusetzen mit Störungen, denn sie bedeuten meistens keine direkte Unterbrechung der Produktion. Vielmehr sind Mängel als Schäden zu betrachten, die langfristig zu einer Störung des Produktionsprozesses führen können, jedoch akut keinen Handlungsbedarf erfordern. Diese Mängel können im Rahmen von Inspektionen festgestellt und mithilfe dieses Moduls dokumentiert und anschließend zur Behebung eingeplant werden, sodass eine geplante Beseitigung erfolgen kann.

#### **13.4.1.5 Dokumentenmanagement**

Das Dokumentenmanagement stellt ein digitales Archiv sämtlicher anfallender Dokumente in der Instandhaltung dar. Dabei kann es sich beispielsweise um technische Zeichnungen, Bilddateien oder gesetzlich erforderliche Prüfberichte handeln. Die Dokumente werden zentral gespeichert und in regelmäßigen Intervallen gesichert, um das Risiko des Verlustes von Dokumenten zu minimieren.

Dies trägt generell dazu bei, das in mancherlei Hinsicht nachteilige Medium Papier im Bereich der Instandhaltung zu reduzieren. Bedenkt man, dass für eine Anlagendokumentation inklusive CAD-Zeichnungen, Verträgen etc. früher große Archivkapazitäten vorgehalten werden mussten, können hiermit sämtliche zu einer Anlage gehörigen Dokumente digital gespeichert werden. Dies führt nicht nur dazu, dass zusätzliche Fläche für eine andere Verwendung freigegeben werden kann, sondern auch dazu, dass jeder Mitarbeiter unkompliziert und schnell auf diese Informationen zugreifen kann. Des Weiteren wird der immer wichtiger werdende Wissenstransfer nachhaltig verbessert. Zudem wird neuen Mitarbeitern eine wichtige Unterstützung geboten, indem zum Beispiel Vorgehensweisen zur Störungsbehebung dokumentiert werden.

#### **13.4.1.6 Lager- und Warenwirtschaft**

Dieses Modul dient zum Führen von Lagerbeständen für Material, Ersatzteile und Verbrauchsmaterialien. Darüber hinaus lassen sich Bestellvorgänge automatisieren indem Mindest- und Meldebestände im System hinterlegt werden, genauso wie Informationen zu Herstellern und Lieferanten. Zudem ist gewöhnlich eine Inventurfunktion hinterlegt.

Dem Modul Lager/Warenwirtschaft wird eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung der gewählten Instandhaltungsstrategien zugewiesen. Die geforderte Instandhaltungsstrategie wird auf der Ersatzteilebene abgebildet und gleichzeitig wird sichergestellt, dass die Verfügbarkeit der Ersatzteile in der richtigen Menge, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort gewährleistet ist. Somit erhält man die Garantie einer bedarfsgerechten Ersatzteilversorgung. Zudem sind ebenfalls Optimierungen und Anpassungen der Melde- und Bestellschranken einzelner Ersatzteile anhand des tatsächlichen Verbrauchs möglich.

### 13.4.1.7 Kosten- und Budgetverwaltung

Die Kosten- und Budgetverwaltung ermöglicht eine exakte und dem jeweiligen Objekt zugeordnete Fakturierung von Arbeitszeiten, Fremdfirmenleistungen und verbrauchten Materialien. Gleichzeitig erfolgt eine Verbuchung auf die entsprechenden Kostenstellen, sodass auch das Budget stets tageaktuell bestimmt werden kann. Die Folge ist eine maximale Transparenz bezüglich der Instandhaltungskosten. Dies bildet die Grundlage für eine erfolgreiche Reduzierung der Instandhaltungskosten.

### 13.4.1.8 Berichte und Reporting

Durch die Vielzahl an anfallenden Daten enthält ein IPS-System ein entsprechendes Modul zur Unterstützung des Berichtswesens und der Erstellung von Reports. Damit lassen sich automatisiert vielfältige Aussagen bzgl. der aktuellen Situation in Form von Listendarstellungen, Übersichten oder Visualisierungen erzeugen. Durch die Erstellung von Vorlagen können kundenindividuelle Reports zu definierten Zeitpunkten vollautomatisch generiert werden. Dieses Modul bildet die Grundlage für eine effiziente Steuerung der Instandhaltung. Die erstellten Reports und graphischen Übersichten können darüber hinaus als Anreiz- und Motivationsinstrument für die Teams in der Instandhaltung eingesetzt werden.

### 13.4.1.9 Einsatzplanung

Das Modul *Einsatzplanung* unterstützt die Disposition von räumlich verteilten Aufgaben unter Einbeziehung von Ressourcen, Qualifikationen und Terminen. Dabei wird die Disposition in die Lage versetzt, dynamisch auf neue Ereignisse wie Störungen zu reagieren. Über eine Kartendarstellung sind Wegzeiten und Einsatzorte visualisiert. Des Weiteren werden die Disponenten durch Planungsvorschläge durch die Software unterstützt. Die Zielvorgabe zur Planung wie beispielsweise eine möglichst gleichbleibende Mitarbeiterauslastung oder besonders kurze Fahrtstrecken sind dabei individuell anpassbar.

In der Instandhaltung liegt nicht selten der Fall vor, dass die Einsatzorte der Mitarbeiter geographisch stark verteilt sind. Dies ist auch bei Einsätzen verteilt über großflächige Werksgelände von Bedeutung. Der Anteil an Wege- bzw. Hol- und Bringzeiten des benötigten Materials an der Gesamtdauer einer Instandhaltungsmaßnahme kann dabei einen gewichtigen Faktor der Durchlaufzeit eines Auftrages darstellen. Dadurch kann in der Einsparung von solchen Zeiten ein Stellhebel zur Verbesserung der Effizienz der Instandhaltung gesehen werden.

### 13.4.1.10 Projektplanung

Mit dem Modul Projektplanung können zusammenhängende Maßnahmen zu einem Projekt zusammengefasst werden, wobei jeder Maßnahme eine Reihe von Aufgaben zugeordnet werden kann. Auf diese Weise können komplexe Vorhaben wie Neubau- und Revisionsmaßnahmen projektiert werden. Damit kann jederzeit der aktuelle Projektstand wiedergegeben werden und eine Gegenüberstellung von Plan- zu Ist-Kosten erfolgen.

Die vorstehenden Ausführungen stellen lediglich die wichtigsten IPS-Module dar. Gerade durch den modularen Aufbau moderner IPS-Systems können einzelnen Funktionen kundenindividuell umgesetzt und erweitert werden.

### 13.4.2 Mobile Systeme in der Instandhaltung

Infolge des gestiegenen Komplexitätsgrades innerhalb der Erbringung industrieller Instandhaltungsleistungen steigt der Bedarf an einer konsistenten und vollständigen Datenbasis über die Objekte. Darüber hinaus ist ein schneller und einfacher Zugriff auf historische Instandhaltungs- und Maschinendaten eine wichtige Grundlage für die optimierte Abwicklung von Instandhaltungsaufträgen. Dabei ist eine unmittelbare Verfügbarkeit der Daten direkt vor Ort notwendig. Ein wesentliches Nutzenpotenzial für die Instandhaltung liegt in diesem Zusammenhang in der Nutzung mobiler IKT-Technologien.

Zu den wichtigsten technischen Geräten zählen dabei Tablets und Smartphones, wobei häufig auf spezielle, für den industriellen Gebrauch konzipierte Modelle zurückgegriffen wird. Weiterhin ist die Technologie für die Datenübertragung zwischen den mobilen Endgeräten und IPS-System als Backend entscheidend. In Frage kommen hier vor allem Mobilfunknetze und lokale Datenübertragungsnetzwerke. Eine sinnvolle Erweiterung stellt die Verwendung von Auto-ID-Techniken wie Barcodes, RFID Tags und Sensorik dar, um weitere Nutzenpotenziale zu erschließen.

Die mobile Kommunikation in der Instandhaltung ermöglicht ein mobiles Bearbeiten von Aufträgen. Dabei stehen dem Mitarbeiter die erforderlichen Informationen am Ort des Geschehens zur Verfügung. Zudem ist er in der Lage eine Rückmeldung des Auftrags vor Ort zu erledigen, sodass die erzeugten Informationen in Echtzeit zur Verfügung stehen.

Eine Vielzahl an Funktionen eines IPS-Systems kann mobil abgebildet werden. Tablets und Smartphones bieten zwar eine eingeschränkte Oberfläche zur Visualisierung von Informationen gegenüber vollwertigen PC-Lösungen, aber über spezielle Apps können jedoch Workflows abgebildet werden. Die Workflows sollten weitestgehend vordefiniert sein, damit sich der Anwender schnell auf der Bedienoberfläche zurechtfindet und mit wenigen „Klicks“ zum gewünschten Ergebnis kommt. Je nach Anwendungsfall ist es sinnvoll, einzelne zielorientierte Apps zu entwickeln. Es lassen sich konkrete Anwendungsfälle, wie z. B. das Ablesen oder Austauschen von Gas-, Strom- und Wasserzählern oder das Erfassen von Mängeln und Störungen, über nutzerfreundliche Bedienoberflächen umsetzen. Das Nachladen der Informationen kann dann über Webservices erfolgen, mit denen der mobile Anwender die erforderlichen Informationen erhält. Dabei können zusätzliche Services wie GPS für die Standortbestimmung und die Kamerafunktion für die Dokumentation verwendet werden.

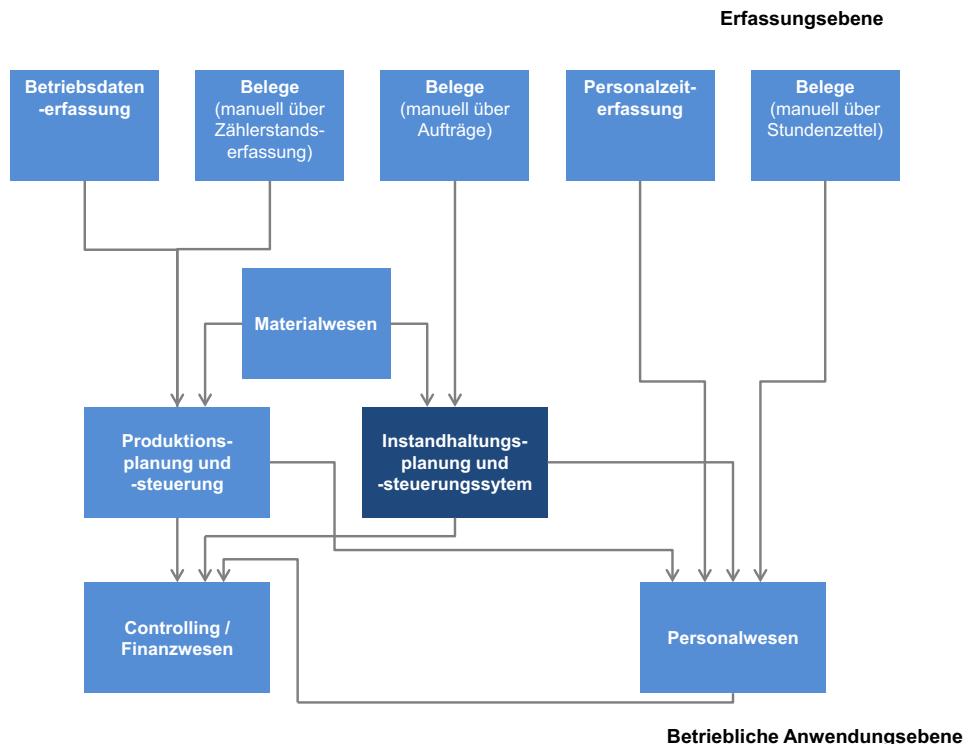
Die System- und Kommunikationsstruktur zwischen dem mobilen Endgerät und dem zentralen IPS-System ist in den Grundzügen bei den Systemen am Markt vergleichbar aufgebaut. Die Daten werden in der lokalen Installation vorgehalten und per Webservice den mobilen Endgeräten zur Verfügung gestellt. Die Kommunikation erfolgt dabei über

einen SSL-verschlüsselten Datenkanal, der durch Zertifikate gesichert wird. Der Kommunikationsserver ist in einer DMZ angesiedelt und kommuniziert über einen Port mit der Datenbank der Anwendung und nach Außen über einen Webservice.

Bei der Auswahl der mobilen Hardware ist eine Vielzahl an Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Robustheit spielt dabei eine entscheidende Rolle, ist aber nicht das einzige Kriterium. Vielmehr ist es wichtig, dass richtige Gerät für den vorliegenden Anwendungsfall zu finden. Anwender müssen frühzeitig in den Prozess der Geräteauswahl eingebunden werden. Für ein gutes Gelingen des Projekts muss das Gerät für den Einsatzzweck passen (Schutzklassen, Ex-Schutzzonen, etc.), es müssen aber auch die Belange der Mitarbeiter bei der Wahl der Geräte einfließen (Bedienung, Ergonomie, Gewicht, Ablesbarkeit etc.).

### 13.5 Schnittstellen des IPS-Systems

IPS-Systeme werden zumeist nachträglich in bestehende IT-Systemlandschaften (Produktionsplanung und -steuerung, Betriebsdatenerfassung, Controlling, Personal etc.) eines



**Abb. 13.4** Exemplarische Einordnung der Instandhaltungssoftware in die Unternehmenssystemlandschaft

Unternehmens integriert. Die Herausforderung bei der Integration des IPS-Systems in die Unternehmenssystemlandschaft liegt neben den technischen Hürden darin, die Anforderungen der Stakeholder abzubilden. Dabei sind die Anforderungen seitens der Instandhalter als primäre Nutzer, aber auch Anforderungen beispielsweise seitens des Controllings hinsichtlich der Datenübermittlung in das Controlling- oder Personalsystem, zu berücksichtigen. Die Abb. 13.4 zeigt mögliche Beziehungen zwischen IT-Systemen im Unternehmen.

Je nach Anforderung werden Online- bzw. Offlineschnittstellen zwischen den Systemen verwendet. Für den Datenaustausch werden dabei verschiedene Datenformate verwendet. Im Offline-Bereich sind dies typischerweise XML- und Json-Formate für strukturierte Daten, aber auch Text-Formate; Im Online-Bereich zumeist XML und Json per SOAP.

Die Synchronisation der Daten zwischen den Systemen kann je nach Anwendungsfall sehr unterschiedlich definiert sein. Bei Systemen mit Datei-Schnittstellen (z. B. SAP idoc) wird die Synchronisation zyklisch per Windows-Task oder über einen Dienst aktiviert. Für die Kommunikation per Webservice (z. B. PLS über OPC-UA) kann die Synchronisation ereignisgesteuert erfolgen. Grundsätzlich werden bei jeder Synchronisation Protokolldaten geschrieben, die dem Anwender nachträglich Informationen über den Ablauf geben.

---

## 13.6 Systemauswahl und -einführung

Insbesondere der deutsche Markt für betriebliche Informations- bzw. Anwendungssysteme ist überaus komplex. Bedingt wird dies durch die Vielzahl und Vielfalt der am Markt angebotenen Softwarelösungen sowie unterschiedliche funktionale Schwerpunkte derselben (s. Schmidt et al. 2014, S. 362). Aus diesem Grund ist bei der Auswahl und Einführung einer Softwarelösung ein methodisch unterstütztes Vorgehen notwendig. Im Folgenden wird eine systematische Vorgehensweise beschrieben, um die Auswahl und Einführung betrieblicher Anwendungssysteme zu unterstützen und somit die notwendige Grundlage für eine sichere und tragfähige Investitionsentscheidung zu liefern. Das Konzept gliedert sich in Anlehnung an VDI 2898 in die Phasen: Analyse, Auswahl und Einführung. Die Phasen sind weiterhin in einzelne Arbeitsblöcke unterteilt und für jeden Arbeitsblock existiert ein Set an bewährten Methoden und Werkzeugen. Im Folgenden werden die einzelnen Phasen detailliert erläutert (s. auch Schuh und Schmidt 2014, S. 367–375):

**Analysephase** Die Analysephase ist gegliedert in die Arbeitspakete *Projekteinrichtung*, *Prozess-* und *IT-Analyse* sowie *Prozess-* und *IT-Konzeption*. Die Gesamtaufgabe der Auswahl und Einführung einer Anwendungslösung ist zwingend von Beginn als ein Projekt aufzufassen. Folglich besteht der erste Schritt der Projekteinrichtung darin, einen Zeitplan zu entwickeln, Meilensteine zu definieren und ein Projektteam zusammenzustellen. Grundsätzlich empfiehlt sich, nicht nur alle betroffenen Bereiche einzubeziehen, sondern auch die zukünftigen Anwender zu integrieren, um frühzeitig Akzeptanzproblemen

vorzubeugen. Weiterhin sind bereits bewährte Methoden aus dem Projektmanagement anzuwenden. Im zweiten Schritt gilt es, die aktuelle Ist-Situation zu betrachten. Die unternehmensspezifischen Strukturen und Prozesse sind aufzunehmen und zu analysieren. Es empfiehlt sich, ausgehend von einem Gesamtzusammenhang der Prozesse schrittweise auf die Ebene relevanter Teilprozesse zu abstrahieren. Methodisch kann dabei beispielsweise auf Prozesslandkarten zurückgegriffen werden. Es sind Kern- und Detailprozesse zu identifizieren. Schließlich bildet diese umfangreiche Prozessanalyse die Basis für die Definition der zukünftigen Soll-Prozesse, die das Ergebnis dieser Phase darstellen.

**Auswahlphase** Die Phase der Auswahl wird in die Arbeitspakete *Lasterhefterstellung*, *Ausschreibung* und *Systempräsentation* unterteilt. Zuerst ist der umfangreiche Anbietermarkt zu sondieren und die Anzahl der in Frage kommenden Anbieter auf eine handhabbare und zweckmäßige Anzahl zu reduzieren. Im Rahmen der Lasterhefterstellung wird ein Anforderungsprofil an die Softwarelösung definiert, indem Funktionsmerkmale definiert und gewichtet werden (von „kritisch“ bis „optional“). Im Folgenden ist die Anbieterzahl durch einen Abgleich des Anbieterprofils bzw. Leistungsprofils mit den unternehmensspezifischen Anforderungen weiter auf eine praktikable Anzahl von circa drei bis fünf Anbieter zu reduzieren. Im Anschluss daran findet die Durchführung von Systempräsentationen statt. Dabei ist im Vorfeld ein einheitlicher Ablauf- und Testfahrplan festzulegen. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf eine möglichst realitätsnahe Demonstration der zukünftigen Soll-Prozesse gelegt werden. Die Integration der späteren Anwender in dieser Phase ist unerlässlich. Ebenso ist eine eindeutige und vergleichbare Bewertung der Systeme zu gewährleisten. Am Ende dieser Phase werden aufgrund einer Entscheidungsvorlage, die ebenfalls eine Kostenübersicht enthalten muss, ein bis zwei Favoriten für die letzte Phase ausgewählt.

**Einführungsphase** Die dritte und abschließende Phase besteht aus den Arbeitspaketen *Vertragsverhandlung*, *Prozessoptimierung* und *Implementierung*. Zu Beginn dieser Phase ist das in der vorherigen Phase formulierte Lastenheft ggf. zu aktualisieren und der geforderte Leistungsumfang ist endgültig festzulegen. Auf Basis dieser Angaben geben die verbliebenen, favorisierten Anbieter ihre Angebote ab. Dabei ist in der Regel die benötigte Hardware nicht Teil des Angebots und die Anbieter stehen diesbezüglich nur beratend zur Seite. Für die finalen Vertragsverhandlungen ist eine intensive inhaltliche, sachliche sowie rechtliche Prüfung der Vertragswerke durchzuführen. Parallel zu den Verhandlungen sind im Unternehmen alle notwendigen Vorbereitungsmaßnahmen zu initiieren, die vor der Implementierung durchgeführt werden müssen. Nach der erfolgreichen Vertragsverhandlung beginnt erst das eigentliche Implementierungsprojekt. Für die Implementierung hat der Systemanbieter in der Regel ein eigenes Projektvorgehen entwickelt und wird auf dessen Basis die Implementierung des Systems vornehmen. Transparenz im Vorgehen und ein kontinuierliches Controlling sollten gewährleistet sein, um die Einhaltung des gewünschten Go-live-Termins sicherzustellen.

Durch die Anwendung des Konzepts wird sichergestellt, dass sowohl die Rahmenbedingungen verbindlich beschrieben, die Anforderungen eindeutig definiert und die Auswahlkriterien festgelegt sind als auch einer ganzheitlichen Betrachtung Rechnung getragen wird.

---

### 13.7 Die Zukunft der IPS-Systeme

Die betriebliche Instandhaltung wird sich zunehmend in Richtung einer ganzheitlichen, serviceorientierten Leistungseinheit entwickeln, welche vielfältige Aufgaben rund um die Produktion als Kernbestandteil des Unternehmens übernimmt. Zukünftig werden sich die Kernaufgaben des IPS-Systems nicht grundlegend ändern; dennoch wird der technologische Fortschritt auch im Bereich der IPS-Systeme zu Weiterentwicklungen führen. Es entstehen neue Handlungsfelder, aufgrund derer das IPS-System angepasst und weiterentwickelt werden muss. Dabei werden aktuelle und künftige Entwicklungen rund um das Thema Industrie 4.0 starken Einfluss haben. „Ganz speziell für die Instandhaltung sowie für die gesamte Anlagenwirtschaft von der Beschaffung bis zur Entsorgung wird eine vertiefte Digitalisierung der Prozesse und Informationen neue Herausforderungen und Chancen bringen“ (s. Szukitsch 2014, S. 109).

Ein Handlungsfeld ist dabei die automatische Einbindung, Auswertung und Analyse großer Datenmengen. Bekannt ist dieses Feld unter dem Namen Big-Data-Analytics. Im Bereich der Instandhaltung gilt es, die durch Condition-Monitoring-Systeme erzeugten Daten im IPS-System effizient zu verarbeiten, um daraus einen Nutzen in Form von der Ableitung geeigneter Instandhaltungsstrategien zu erzielen (s. Wiedemann und Wolff 2013, S. 898). Bedingt durch den technologischen Fortschritt ist es mit heutigen Condition-Monitoring-Systemen bereits möglich, Zustandsdaten direkt an der Maschine in Echtzeit zu erfassen. Solche Systeme werden besonders bei ausfallkritischen Anlagen eingesetzt, wo eine Vielzahl von Messgrößen erfasst wird (s. Kaps 2014, S. 132). Die reine Aufnahme der Daten bringt jedoch keinen Mehrwert mit sich und es werden enorme Datenvolumina binnen kurzer Zeit erzeugt. Die Herausforderung in Bezug auf IPS-Systeme besteht nun darin, die Daten geeignet aufzubereiten und zu visualisieren. Es wird eine automatische Auswertung der Daten auf Basis von Mustererkennung und Statistik gefordert, sodass eine Entscheidung bzgl. der durchzuführenden Instandhaltungsmaßnahmen valide getroffen werden kann. Daneben sollen die Daten dem Nutzer auch durch entsprechende Grafiken und Diagramme visualisiert werden.

Ein weiteres Handlungsfeld sind Simulationen in der Instandhaltung. Zum einen sollen sie dazu dienen, Vorhersagen bzgl. Verschleiß- und Versagenserscheinungen sowie Ausfallkosten zu ermöglichen und zum anderen Virtualisierungen, die zu Schulungs- bzw. Qualifizierungszwecken eingesetzt werden können, ermöglichen (s. Wiedemann und Wolff 2013, S. 898).

Letztlich muss sich die Instandhaltung im Rahmen von Industrie 4.0 in die Richtung einer Smart Maintenance entwickeln (s. acatech 2015, S. 7). Bei der vollständigen Durch-

dringung der Instandhaltung mit Informationstechnologien spielt das IPS-System eine zentrale und tragende Rolle und muss als Kernelement der betrieblichen Anwendungssysteme verstanden werden. In Konsequenz dessen tragen IPS-Systeme zukünftig verstärkt zu einer „nachhaltigen Maximierung der operativen und wirtschaftlichen Wirksamkeit der Instandhaltungsmaßnahmen“ ermöglicht (s. acatech 2015, S. 30).

---

## Literatur

- acatech (Hrsg.): Smart Maintenance für Smart Factories – Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. acatech Position. Utz, München 2015.
- Breer, U.: Auswahl und Beurteilung EDV-gestützter IPS-Systeme. fir+iaw Forschung für die Praxis, Berichte aus dem Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) und dem Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen; Bd. 21. Springer, Berlin [u. a.] 1989. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1989.
- DIN 31051: Grundlagen der Instandhaltung Deutsches Institut für Normung (DIN) 01.040.03; 03.080.10. Beuth, Berlin, September 2012.
- Güntner, G.; Eckhoff, R.; Markus, M. [Studie]: Bedürfnisse, Anforderungen und Trends in der Instandhaltung 4.0 2014. <http://www.salzburgresearch.at/publikation/beduerfnisse-anforderungen-und-trends-der-instandhaltung-4-0/> (letzter Zugriff: 17.05.2016).
- Kallenberg, R.: Ein Referenzmodell für den Service in Unternehmen des Maschinenbaus. Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung; Bd. 44. Shaker, Aachen 2002. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2002.
- Kaps, C.: Intelligentes Condition Monitoring für Smart Factories. In: Instandhaltung im Wandel – Industrie 4.0 – Herausforderungen und Lösungen; 28. Instandhaltungsforum. Hrsg.: H. Biedermann. TÜV Media, Köln 2014, S. 131–141.
- Liebstückel, K.: Praxishandbuch Instandhaltung mit SAP. 3., aktualisierte und erw. Aufl. Galileo Press, Bonn 2013.
- Matyas, K.: Instandhaltungslogistik – Qualität und Produktivität steigern. 5., aktualisierte Aufl. Hanser, München [u. a.] 2013.
- Pawellek, G.: Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik – Vorgehensweisen, Methoden, Tools. 2. Aufl. Springer, Berlin [u. a.] 2016.
- Schmidt, C.; Meier, C.; Kompa, S.: Informationssysteme für das Produktionsmanagement. In: Produktionsmanagement – Handbuch Produktion und Management; Bd. 5. Hrsg.: G. Schuh; C. Schmidt. 2. Aufl. VDI-Buch. Springer, Berlin 2014, S. 281–378.
- Schuh, G.; Schmidt, C. (Hrsg.): Produktionsmanagement – Handbuch Produktion und Management 5. 2. Aufl. VDI-Buch. Springer, Berlin [u. a.] 2014.
- Strunz, M.: Instandhaltung – Grundlagen – Strategien – Werkstätten. Springer, Berlin [u. a.] 2012.
- Szukitsch, F.: Instandhaltung 4.0 aus Sicht der IT – Wo die Reise hingeht. In: Instandhaltung im Wandel – Industrie 4.0 – Herausforderungen und Lösungen; 28. Instandhaltungsforum. Hrsg.: H. Biedermann. TÜV Media, Köln 2014, S. 109–117.
- VDI 2896: Instandhaltungscontrolling innerhalb der Anlagenwirtschaft Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 03.080.10. Beuth, Berlin, Januar 2013.

VDI 2898: DV-Einsatz in der Instandhaltung – Anforderungen und Kriterien Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 03.080.10; 35.240.50. Beuth, Berlin, Oktober 1996.

Wiedemann, M.; Wolff, D.: Instandhaltung – Handlungsfelder zur Optimierung der softwaretechnischen Unterstützung im Kontext von Industrie 4.0. Berichte aus der inpro-Innovationsakademie (Teil 1). In: ZWF 108 (2013) 11, S. 804–808.

Wiedemann, M.; Wolff, D.: Instandhaltung – Handlungsfelder zur Optimierung der softwaretechnischen Unterstützung im Kontext von Industrie 4.0. Berichte aus der inpro-Innovationsakademie (Teil 2). In: ZWF 108 (2013) 12, S. 897–900.



# Zukunftstrends der Qualifizierung für Fachkräfte in der Instandhaltung

14

Tina Haase und Wilhelm Termath

## Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag untersucht den Einfluss der zunehmenden Digitalisierung, wie sie derzeit unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ zusammengefasst wird, auf die Instandhaltung und betrachtet neue Formen der Qualifizierung und der arbeitsplatznahen Unterstützung der Fachkräfte, die im Zuge dieser Entwicklungen erforderlich werden. Für die Gestaltung technologiebasierter Lern- und Assistenzsysteme werden Empfehlungen erarbeitet, die abschließend in zwei Zukunftsszenarien für die Gestaltung und Entwicklung von Assistenzsystemen für die Stahl- und Prozessindustrie reflektiert werden.

## 14.1 Veränderungen der Instandhaltungsprozesse durch Industrie 4.0 und Konsequenzen für die Qualifizierung

Die Rahmenbedingungen für die Instandhaltung werden sich im Rahmen der zunehmenden Digitalisierung von Produktionssystemen (Industrie 4.0) insbesondere dahingehend verändern, dass den Fachkräften in der Instandhaltung für die Inspektion und Fehleranalyse größere Datenmengen zur Verfügung stehen, die für die Identifikation von Fehlern und die Planung der Fehlerbehebung herangezogen werden können.

---

T. Haase (✉) · W. Termath

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF  
Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg, Deutschland  
E-Mail: tina.haase@iff.fraunhofer.de

W. Termath  
E-Mail: wilhelm.termath@iff.fraunhofer.de

► Industrie 4.0 beschreibt „eine Vernetzung von autonomen, sich situativ selbst steuern den, sich selbst konfigurierenden, wissensbasierten, sensorgestützten und räumlich verteilten Produktionsressourcen (Produktionsmaschinen, Roboter, Förder- und Lagersysteme, Betriebsmittel) inklusive deren Planungs- und Steuerungssysteme“ (Hellinger et al. 2013).

Die zunehmende Verbreitung von Monitoringsystemen soll eine kontinuierliche Überwachung der Produktionssysteme und damit eine frühzeitige Erkennung des Wartungszeitpunktes ermöglichen und Wartungsmaßnahmen teilweise automatisiert auslösen. Besteigt sich dieses Szenario, können Wartungszyklen besser als bisher in Abhängigkeit von den realen Belastungs- und Benutzungsintensitäten geplant werden. Damit sollen die Stillstand- und Ausfallzeiten weiter minimiert werden (Biedermann 2014). Möglich werden die Monitoringsysteme durch verbesserte Sensortechnologien, die sehr genau den aktuellen Abnutzungsvorrat bestimmen können und daraus eine präzisere Bestimmung der Restnutzungs- und Lebensdauer der Maschinen und Anlagen ableiten.

Es ist zu erwarten, dass der Anteil ungeplanter Instandhaltungsmaßnahmen zugunsten vorbeugender Instandhaltungen zurückgehen wird (Windelband und Dworschak 2015), wobei einige Autoren (Hirsch-Kreinsen 2015; Biedermann 2014) davon ausgehen, dass sog. „trouble shootings“ im Sinne einer schadensbedingten Instandsetzung an Komplexität gewinnen werden. Diese ist auf die Vielzahl von Daten zurückzuführen, die der Fachkraft im Falle einer Störung zur Verfügung stehen und die interpretiert werden müssen.

Im aktuellen wissenschaftlichen Diskurs werden die zu erwartenden Veränderungen infolge einer zunehmenden Digitalisierung aus verschiedenen Perspektiven diskutiert:

- Welche Rolle wird der Mensch in dieser Entwicklung einnehmen?
- Welche Tätigkeiten werden zukünftig durch automatisierte Prozesse ersetzt und was bedeutet das für die Beschäftigten?
- Sind die Beschäftigten in den Unternehmen auf die anstehenden Veränderungen vorbereitet?

Der Einfluss der Technologie wird dabei oft mit Blick auf Routine- und Nicht-Routine-Tätigkeiten unterschieden, wobei für die Beschreibung von Routine kein einheitliches Verständnis existiert (Alda 2013; Fernández-Macías 2014; Pfeiffer und Suphan 2015). Die Arbeiten von (Pfeiffer und Suphan 2015) zeigen, dass die Mitarbeiter auf die Veränderungen, die im Rahmen der Digitalisierung zu erwarten sind, gut vorbereitet sind, weil bereits heute 71 % der Erwerbstätigen in Deutschland in der Lage sind, mit Komplexität und unvorhergesehenen Unwägbarkeiten umzugehen. Die Autoren sehen darin eine gute Basis auch die bevorstehenden Veränderungen meistern zu können und stellen stattdessen die Frage, wie sich die Erfahrungen der Mitarbeiter in den Gestaltungsprozess von Industrie 4.0 einbringen lassen.

Die Neugestaltung der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine sollte so gestaltet werden, dass Beschäftigte mit unterschiedlichen Kompetenzprofilen eine Chance auf eine aktive Teilhabe im Rahmen dieser Entwicklungen haben und ihre Erfahrungen

einbringen können. Wenn der Mitarbeiter nur noch eine Rädchen in einer Cyberfabrik darstellt und keine nennenswerten Entscheidungsbefugnisse und Handlungskompetenzen erhält, wäre das ein „digital basierter Taylorismus 4.0, eine Neuauflage der alten Spaltung zwischen Kopf- und Handarbeit, die für die Beschäftigten nicht akzeptabel und für die erfolgreiche Realisierung einer Industrie 4.0 in hohem Maße dysfunktional ist“ (Kurz 2013).

Die Betrachtungen zeigen, dass einerseits die Mitarbeiter für die neuen Anforderungen qualifiziert werden müssen und andererseits die technischen Assistenzsysteme lernförderlich gestaltet werden müssen. Die folgenden beiden Abschnitte gehen daher näher auf die Anforderungen an die Gestaltung von

1. Lernsystemen und
2. Assistenzsystemen

ein.

---

## 14.2 Anforderungen an die Gestaltung von Lernsystemen

Ein wichtiges Kriterium für die erfolgreiche Gestaltung von Industrie 4.0 sind qualifizierte Mitarbeiter, die in der Lage sind, den Produktionsprozess in seiner Gesamtheit zu verstehen und im Fehlerfall schnell und sicher zu agieren. Waren hierzu früher vor allem mechanische und elektrotechnische Kenntnisse und Fähigkeiten erforderlich, müssen heute verstärkt IT-Kenntnisse erworben werden.

Die Störungsdiagnosekompetenz ist eine zentrale Kompetenz von Fachkräften in der Instandhaltung. Sie wurde für flexibel automatisierte Produktionsanlagen von (Bergmann und Wiedemann 1997) analysiert, um Rückschlüsse darauf ziehen zu können, was erfahrene Instandhaltungsfachkräfte ausmacht. Sie haben dazu die Kompetenzen erfahrener Instandhaltungsfachkräfte mit denen Aus- und Fortzubildender verglichen. Für die Analyse wurden Störungen mit folgenden Charakteristika herangezogen:

- Störungen lassen sich auf eine Vielzahl verschiedener Ursachen zurückführen
- Störungen treten selten auf
- Störungssymptome sind mehrdeutig
- Die Symptome und Ursachen von Störungen sind teilweise nicht direkt wahrnehmbar, sondern müssen erschlossen werden
- Die Störungen verändern sich über die Lebenszeit der Anlage

Die Bewertung der Störungsdiagnosekompetenz erfolgte anhand folgender Kriterien:

- Diagnoseerfolg
- Diagnosezeit
- Gesamtzahl der Prüfschritte
- Anzahl der Prüfschritte im relevanten Bereich

Anhand dieser Kriterien wird eine Unterscheidung zwischen einer effizienten und einer ineffizienten Störungsbehebung ermöglicht. Die Ergebnisse zeigen, dass die erfahrenen Fachkräfte durchweg in allen Kriterien besser abschließen als die Aus- und Fortzubildenden.

Für die besseren Diagnoseleistungen wurde gezeigt, dass ihnen nicht ein größerer Umfang an Wissen zugrunde liegt, sondern dass es qualitativ anderes Wissen ist und die Erfahrenen besser in der Lage sind, relevantes von irrelevantem Wissen zu trennen. Aus ihren Untersuchungen ziehen (Bergmann und Wiedemann 1997, S. 134) die folgende Schlussfolgerung: „Nicht das Aneignen einer überschaubaren Anzahl von Diagnosestrategien kann das Ziel sein, sondern eher die Fähigung zu diesem sehr flexiblen, stark rückkopplungsorientierten, viel und sich änderndes Detailwissen nutzendem Vorgehen, mit dem erfahrene Personen nicht immer optimal, aber doch oft erfolgreich die Diagnose neuartiger Störungen meistern.“

Die Entwicklung dieser Diagnosestrategien erfolgt in der Regel in der beruflichen Praxis und ist eng verbunden mit der Bearbeitung von Arbeitsaufträgen, die besonders charakteristisch für eine herausfordernde Problemstellung sind. Prägend sind zum einen sehr erfolgreich bearbeitete Aufträge, zum anderen solche, in denen Probleme auftraten. Da viele Störungen nur sehr selten auftreten, insbesondere infolge der technologischen Verbesserungen im Rahmen der Industrie 4.0-Entwicklungen, fehlen zunehmend Lerngelegenheiten um diese Expertise erwerben zu können.

Technologiebasierte Lernsysteme können hier ergänzend eingesetzt werden. Sie sollten so gestaltet werden, dass sie das Erwerben von Problemlösekompetenz fördern. Ein großes Potential dafür bieten Virtual Reality-Lernmodule (Blümel et al. 2010). Virtual-Reality-Anwendungen zeichnen sich vor allem durch ihre Immersivität (Gefühl des Eintauchens in die Szene) und ihre Interaktivität (Schmucker et al. 2015) aus. Aktuelle technische Entwicklungen ermöglichen das stereoskopische Betrachten virtueller Szenarien mit Consumer-Produkten, z. B. dem Smartphone. Damit ist diese Technologie zunehmend für den betrieblichen Einsatz interessant, weil sie nicht mehr zwangsläufig mit immensen Kosten verbunden ist und zudem mobil genutzt werden kann.

Die Interaktivität ermöglicht es dem Lernenden, Handlungen in der virtuellen Welt durchzuführen und die Konsequenzen des eigenen Handelns gefahrlos zu erfahren. Insbesondere in Domänen, in denen das Arbeiten am realen Modell nur eingeschränkt möglich ist, bieten virtuelle Technologien eine sinnvolle Ergänzung, z. B. bei der Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln (Beuting et al. 2010) und der Grundinstandsetzung von Tagebaugroßgeräten (Stock et al. 2012).

► **Technologiebasierte Qualifizierung** Die Technologiebasierte Qualifizierung integriert Technologien des Digital Engineering and Operation, Methoden der Didaktik für technische Bildung und Technologien der Virtual/Augmented Reality mit dem Ziel, Lernsysteme zu entwickeln, die individuelles und organisationales Lernen in realen und virtuellen Umgebungen ermöglichen (Schmucker et al. 2015).

Bei der Gestaltung von technologiebasierten Lernanwendungen sollten für die Verwendung unter den eingangs geschilderten Bedingungen die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Um das Lernen orts- und zeitunabhängig zu gestalten und es somit flexibel an den Arbeitsprozess anpassen zu können, müssen die Lernanwendungen für die mobile Nutzung entwickelt werden. Mobilität beschreibt in diesem Zusammenhang zum einen das mobile Gerät (Smartphone oder Tablet-PC), auf dem die Anwendung genutzt wird und zum anderen die plattformübergreifende Bereitstellung. Somit kann es im Unternehmen ermöglicht werden, dass die Anwendungen auf speziell vorgesehenen PCs genutzt werden können, auf dem Weg nach Hause kann aber auch auf dem persönlichen Smartphone in der Straßenbahn gelernt werden.
- Die Lerninhalte sollten didaktisch aufbereitet werden und dem Prinzip der Handlungsorientierung folgen (Schmucker et al. 2015).
- Die Lernanwendung muss in den organisationalen Kontext eingebettet werden und eine Reflektion der Lerninhalte mit Kollegen, Experten, Fachkräften und Vorgesetzten ermöglichen.

Der Einsatz virtuell interaktiver Lernumgebungen wurde hinsichtlich der Kriterien Akzeptanz, Usability und Lernerfolg im industriellen Kontext evaluiert (Haase et al. 2012). Verglichen wurde ein Lehrer-zentriertes Seminar, das unter Verwendung klassischer Lehrmaterialien wie Folienpräsentationen und realen Modellen durchgeführt wurde, mit einem Virtual-Reality-basierten Seminar. Hier wurden aktive Lernphasen eingeführt, in denen die Lernenden selbstgesteuert am virtuellen Modell arbeiten konnten. Der Dozent stand in dieser Phase als Lernbegleiter zur Verfügung und ermöglichte den Teilnehmern die Reflektion der Lerninhalte.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Teilnehmer die neue Technologie in hohem Maß akzeptiert haben und dass insbesondere die erfahrenen Fachkräfte darin einen hohen Nutzen sehen. Dieses Ergebnis erscheint aufgrund der allgemeinen Meinung zur Medienkompetenz und -akzeptanz älterer Mitarbeiter überraschend, lässt sich jedoch mit deren Erfahrung erklären. In ihrem beruflichen Leben haben sie eine Vielzahl von Störungen vorgefunden, bei denen ihnen eine solche visuell-interaktive Unterstützung geholfen hätte, z. B. bei der Identifikation von Fehlern oder dem Nachvollziehen technischer Funktionsabläufe.

Die Bedienung des Systems war für alle Teilnehmer nach einer kurzen Einarbeitungsphase problemlos möglich.

Zur Messung des Lernerfolgs mussten beide Gruppen nach einer mehrwöchigen Pause am realen Gerät eine Fehlererkennung und -behebung durchführen. Dabei fiel auf, dass die Gruppe, die am virtuellen Modell gelernt hatte, eine bessere Orientierung am realen Gerät hatte.

Die Erstellung der Qualifizierungsanwendungen ist derzeit noch mit einem sehr hohen Aufwand verbunden und muss in zukünftigen Forschungsarbeiten reduziert werden, damit die beschriebenen Vorteile in vollem Umfang zum Tragen kommen. Ein erster Schritt ist das genaue Abwägen der technischen Umsetzung und der Auswahl der Visualisierungsmethoden. Interaktive 3D-Modelle sollten nur dort zur Anwendung kommen, wo sie gegenüber vorhandenen realen Modellen einen tatsächlichen Mehrwert bieten. Ergänzend sollte der Einsatz weiterer Medien, die teils mit deutlich geringerem Aufwand zu erstellen und anzupassen sind, für jede Anwendung überprüft werden. Die grundlegende Visualisierung von Arbeitsprozessen kann in der Regel auch durch Videos realisiert werden. An schwer einsehbaren Sichtpunkten kann dann ergänzend ein virtuelles Modell eingesetzt werden, das über die Verwendung von Transparenzen einen Blick in das Innere der Bauteilstrukturen und deren Funktionsweise ermöglicht.

Aktuelle Trends auf dem Consumer-Markt wirken diesen hohen Aufwänden positiv entgegen. Zum einen sind die Hardware-Komponenten deutlich leistungsfähiger als noch vor einigen Jahren, zum anderen sind sie wesentlich preisgünstiger. Damit erfordert der Einsatz von Virtual-Reality-Technologien heute keine Spezialhardware mehr, was den Zugang der Unternehmen, insbesondere von kleinen und mittelständischen Unternehmen, zu diesen Technologien erleichtert. Die Verbreitung von Anwendungen auf mobilen Endgeräten nimmt zu und findet mehr und mehr Einzug in die betrieblichen Prozesse.

Auch bei den Softwarelösungen kann die Industrie vom Consumer-Markt, z. B. der Spieleindustrie, profitieren. Game-Engines, die für die Gestaltung von Computerspielen genutzt werden, bieten ein großes Potential für die Entwicklung technologiebasierter Lernanwendungen.

---

### **14.3 Anforderungen an die Gestaltung technologiebasierter Assistenzsysteme**

Assistenzsysteme unterstützen den Mitarbeiter direkt in seiner Tätigkeit und liefern ihm aktuelle Sensordaten, Kennzahlen und Handlungsanweisungen, auf deren Basis die Entscheidungsfindung unterstützt werden soll. Die Assistenzfunktion umfasst dabei die Filterung der Vielzahl verfügbarer Daten, um die erforderlichen Informationen situationsgerecht bereitstellen zu können. Windelband und Dworschak (2015, S. 80) gehen davon aus, dass aufgrund der deutlich zunehmenden Komplexität technischer Daten „die gezielte Aufbereitung der Daten und Informationen [...] eine der Schwierigkeiten für die Zukunft“ sein wird. Bei der Gestaltung von Assistenzsystemen beschreiben sie ein Spannungsfeld zwischen einer sehr instruktional geprägten Aufbereitung der Assistenzinformationen, die algorithmisch in Handlungsanweisungen überführt werden, und der Notwendigkeit,

Handlungen hinterfragen und reflektieren zu können, um ein Lernen im Arbeitsprozess zu ermöglichen.

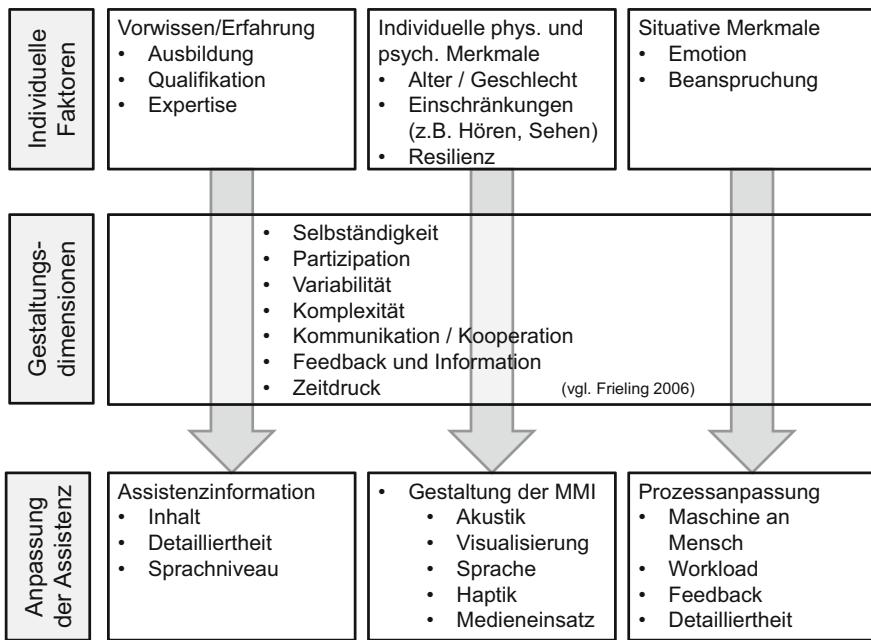
Für die Verwendung von Assistenzsystemen in der Instandhaltung beschreiben (Mathur und Weiß 2014, S. 151) ein Szenario, das auf der Nutzung von Tablets, Smartglasses oder Smartphones basiert, über die dem Instandhalter Arbeitsaufträge, Kontaktdaten, Auftragsdetails, Gebrauchsanleitungen Checklisten, Ersatzteilinformationen und Messergebnisse direkt zur Verfügung gestellt werden. Damit kann die Nutzung und Weiterverwendung dieser Informationen direkt im Arbeitsprozess erfolgen und ermöglicht die Auslösung von Ersatzteilbeschaffungen, die Einholung von Kundenunterschriften oder das Auslösen von Folgeaufträgen.

Die zentralen Herausforderungen bei der Entwicklung mobiler Assistenzsysteme für die Instandhaltung sehen (Wächter und Bullinger 2015) in der „Gestaltung der Benutzeroberfläche (Software-Usability) und einer geeigneten Hardware (Hardware-Usability).“ Die Autoren fokussieren in ihren Arbeiten die Gestaltung gebrauchstauglicher Hardware-Komponenten. Dazu werden mittels Prototyping-Verfahren frühzeitig Prototypen entwickelt, die den Probanden eine Evaluation hinsichtlich der ergonomischen Gestaltung, Haptik und Optik erlauben. Die Anforderungen wurden im Rahmen einer Anforderungs- und Nutzerkontextanalyse in der Automobilindustrie, der Automobil-Zuliefererindustrie und der Windkraftbranche erhoben.

Im vorliegenden Beitrag soll auf die Betrachtung der ergonomischen Hardware-Gestaltung verzichtet werden. Die Autoren dieses Beitrages sehen die Herausforderung in der Einbindung des Menschen in automatisierte cyberphysische Systeme und in der Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, so dass der Mensch weiterhin Herr des Prozesses bleibt, in seinem Arbeitsprozess selbst Expertenwissen generieren kann und dieses in Fehlersituationen sowohl nutzeradaptiv (in Abhängigkeit von den persönlichen Voraussetzungen des Bedieners) als auch situiert (in Abhängigkeit von der Fehlersituation, vom Maschinenzustand etc.) abrufen kann.

Abb. 14.1 gibt einen Überblick über die individuellen Faktoren, die Einfluss auf die Gestaltung von Assistenzsystemen haben. Dabei werden Vorwissen/Erfahrung, die individuellen physischen und psychischen sowie situative Merkmale des Bedieners unterschieden. Ziel ist es, die Assistenzinformationen und ihre Darstellung an die nutzerspezifischen Voraussetzungen anzupassen. In Abhängigkeit vom Qualifikationsniveau und von der Erfahrung für einen bestimmten Prozessschritt sollte z. B. die Detailliertheit der Assistenzinformationen angepasst werden, damit weder eine Unter- noch eine Überforderung auftritt. Erfolgreich durchgeführte Tätigkeiten werden wiederum zurückgeführt und führen zu einer Anpassung des Referenzwertes beim nächsten Auftreten einer Tätigkeit der gleichen Art.

Die individuellen physischen und psychischen Voraussetzungen bestimmen die Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion. So sollte eine rot-grün-Schwäche bei der Farbwahl von Assistenzinformationen ebenso Berücksichtigung finden wie ein eingeschränktes Hörvermögen, das akustische Rückmeldungen des Assistenzsystems ausschließt.



**Abb. 14.1** Unterscheidung individueller Faktoren, die Einfluss auf die Gestaltung des Assistenzsystems haben

Aktuelle technische Entwicklungen werden es zukünftig erlauben situative Merkmale des Bedieners, wie z. B. Emotionen und die aktuelle physische und psychische Beanspruchung, zu messen. Im Vergleich zu den zuvor genannten Faktoren sind diese an die aktuelle Situation gebunden und können sich kontinuierlich verändern. Ziel ist es, dass z. B. Taktzeiten angepasst werden, wenn der Mitarbeiter in hohem Maße beansprucht ist oder die aktuelle Arbeitsplanung so anzupassen, dass weniger beanspruchte Mitarbeiter in diesen Phasen unterstützen und für Entlastung sorgen.

Mit den wachsenden technischen Möglichkeiten geht weiterhin eine zunehmende Verantwortung für den Umgang mit personenbezogenen Daten einher. Das geht auch aus den Umsetzungsempfehlungen für Industrie 4.0 (Hellinger et al. 2013) hervor, die „Sicherheit als erfolgskritischen Faktor für die Industrie 4.0“ einstufen.

Um Bedenken bezüglich der Nutzung von Daten zum Qualifikationsniveau, zum Alter, zur aktuellen Beanspruchung etc. entgegenzuwirken werden zwei konkrete Maßnahmen vorgeschlagen:

1. Assistenzsysteme werden in einer ersten Entwicklungsphase nicht „adaptiv“ gestaltet, sondern „adaptierbar“, d.h. die Mitarbeiter können aktiv selbst entscheiden, ob das System diese Informationen nutzt und daraufhin den Umfang sowie die Art der Darstellung der Assistenzinformationen entsprechend anpasst.

2. Die Gestaltung des Assistenzsystems sollte unter Beteiligung der zukünftigen Nutzer erfolgen. Die (DIN EN ISO 9241-210 2010) beschreibt den Prozess gebrauchstauglicher interaktiver Systeme und bewertet Partizipation als in hohem Maße erfolgsrelevant. In der Gestaltung, Entwicklung und Erprobung können die zukünftigen Anwender auf verschiedenste Weise aktiv eingebunden werden. Folgende Auflistung gibt eine Auswahl möglicher Maßnahmen wieder, die sich in durchgeführten Projekten als praxistauglich und erfolgreich erwiesen haben:
- Die Anwender unterschiedlicher Hierarchiestufen werden angeleitet, Erwartungshaltungen an das Assistenzsystem, an die Prototypen und an den Prozess der Gestaltung zu formulieren und überprüfbare Kriterien für den Erfolg des Assistenzsystems aus ihrer Sicht zu beschreiben.
  - Es sollten alle Mitarbeiter in den Gestaltungsprozess involviert werden, die direkt oder indirekt vom Einsatz des Assistenzsystems betroffen sind (Anwender, Führungskraft, Einkauf etc.).
  - Sensibilisierung der unterschiedlichen Gruppen für die Potentiale und Grenzen des Systems.
  - Die Entwicklung des Assistenzsystems sollte durch ein interdisziplinäres Projektteam erfolgen und nicht nur aus technologischer Sicht getrieben werden.

Im Folgenden werden zwei Zukunftsszenarien beschrieben, die derzeitige und geplante Entwicklungen von Assistenzsystemen in der Stahl- und in der Prozessindustrie skizzieren.

---

#### 14.4 Zukunftsszenario: Instandhaltung 4.0 in der Stahlindustrie

Die Instandhaltungstätigkeiten in der Stahlindustrie sind durch komplexe Störungssituationen charakterisiert, in denen sowohl die aktuellen Zustandsdaten des Systems als auch interdisziplinäres Erfahrungswissen, z. T. unternehmensübergreifend, verfügbar sein müssen. Das folgende Anwendungsbeispiel beschreibt einen typischen Anwendungskontext der Stahlindustrie und zeigt auf, wie ein Assistenzsystem die beschriebenen Tätigkeiten unterstützen kann.

An Bandverarbeitungsanlagen werden Stahlprodukte mithilfe von Kalt- und Warmwalzverfahren verarbeitet. Neben dem Prozess des Walzens kommen je nach Verfahren weitere Arbeitsschritte hinzu, z. B. Beizen, Beschichten, Ab- und Aufhaspeln, Fügen und Trennen. Die Anlagen werden im Routinebetrieb von den Mitarbeitern von Leitständen aus gesteuert. Im Störfall müssen Mitarbeiter manuelle Instandhaltungseingriffe vornehmen, die zum Teil vom Leitstand (siehe Abb. 14.2) aus, zum Teil unmittelbar an den Aggregaten ausgeführt werden. Die dabei auftretenden komplexen Aufgabenstellungen erfordern Expertenwissen in entsprechenden technischen Disziplinen, wie Elektrik, Steuerungstechnik, Mechanik und Hydraulik. Aufgrund des hohen Anlagendurchsatzes und wegen angrenzender Prozessschritte muss im Störungsfall hocheffizient gehandelt werden.



**Abb. 14.2** Blick in den Leitstand eines Stahlwerkes

Gleichzeitig sind alle Arbeiten unter höchsten arbeitssicherheitstechnischen Standards durchzuführen, um eine Gefährdung der Mitarbeiter durch das Arbeitsumfeld auszuschließen und Unfälle vollständig zu verhindern.

Die Behebung komplexer Störungen kann häufig nur von Mitarbeitern mit mehreren Jahrzehnten Erfahrung in der betreffenden Produktionsanlage effektiv bewältigt werden. Das erforderliche Erfahrungswissen ist oft nicht dokumentiert oder liegt in einer Form vor, die in der Fehlersituation nicht verfügbar oder nutzbar ist. Hinzu kommt, dass die immer ausgereifteren Prozesse und Anlagen dazu führen, dass Störungen immer seltener auftreten. Es fehlen somit zunehmend die Lerngelegenheiten für neue Mitarbeiter, um den Umgang mit Störungen zu trainieren.

Das beschriebene Szenario wird im vom BMBF geförderten Projekt „StahlAssist – Didaktische Gestaltung und arbeitswissenschaftliche Evaluierung von Assistenzsystemen für sicheres Handeln in komplexen Situationen in der Stahlindustrie“ (Förderkennzeichen: 02L15A140) realisiert.

Für die Gestaltung des Assistenzsystems ist ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich, der es ermöglicht, erfahrungsbasiertes Wissen systematisch in die lern- und gesundheitsförderliche Gestaltung von Arbeitssystemen zu integrieren. Entsprechend der eingangs beschriebenen Anforderungen wird das Assistenzsystem als eine Mensch-Maschine-Schnittstelle gestaltet werden, die direkt im Arbeitsprozess zur Anwendung kommt und die es den Mitarbeitern ermöglicht, Erfahrungswissen bedarfsgerecht abzurufen, zu reflektieren und für die Fehlerbehebung zu nutzen. Diese Lösung soll jedoch nicht statisch im Sinne eines abgeschlossenen Wissensschatzes gestaltet werden, sondern das vorhandene Wissen ständig reflektieren, ergänzen und anpassen. Dazu erhalten die Mitarbeiter Eingabemöglichkeiten, mit denen sie die Fehlerbehebung besonders kritischer Situationen im

**Abb. 14.3** Head Mounted Display in der Instandhaltung.  
(Quelle: Wille 2016)



Arbeitsprozess dokumentieren und im Assistenzsystem für andere Mitarbeiter zur Verfügung stellen können. Die Auswahl der Hardware wird in Abhängigkeit vom Arbeitsplatz und von der Arbeitsaufgabe erfolgen. Für Hands-free-Tätigkeiten wird der Einsatz von Datenbrillen erprobt (siehe Abb. 14.3; Terhoeven et al. 2015).

An stationären Arbeitsplätzen werden verschiedene Smart Devices, z. B. Tablet-PCs oder am Arbeitsplatz installierte Displays, getestet. Die Softwarelösung wird skalierbar sein, so dass sie sowohl im Leitstand (stationär) als auch in der Arbeitssituation (mobil), an den Aggregaten, zur Anwendung kommen kann. Das in den Instandhaltungstätigkeiten ausgetauschte Erfahrungswissen wird erhoben, reflektiert und für die Nutzung im Assistenzsystem visuell aufbereitet. Die Aufbereitung soll durch Methoden der interaktiven Visualisierung unterstützt werden, weil diese das Inszenieren und Erlebbarmachen der Arbeitssituation ermöglicht (Blümel et al. 2010; Haase et al. 2015).

Im Tagesgeschäft kann sich der Einsatz des Assistenzsystems wie folgt darstellen:

Im Störfall greift der Instandhalter zum Tablet und kann dort auf bereits dokumentiertes Wissen zu diesem Fehler zurückgreifen. Neben Datenblättern findet er hier auch dokumentierte Erfahrungen seiner Kollegen, die bereits mit diesem Fehler konfrontiert waren. In kleinen Erfahrungsepisoden haben sie beschrieben, wie sie den Fehler behoben haben, was sich als sinnvoll erwiesen hat und womit sie schlechte Erfahrungen gemacht haben. Diese Hinweise hat der Instandhalter früher im persönlichen Gespräch erhalten, jetzt kann er sie in Form der visuell aufbereiteten Episoden abrufen, reflektieren und auf ihre Eignung für die eigene Problemlösung überprüfen. Aber der Instandhalter ist nicht nur Konsument des Wissens, sondern dokumentiert seine eigenen Erfahrungen bei der Fehlerbehebung auch selbst. Dazu nutzt er z. B. eine am Helm installierte Kamera, mit der er seinen Arbeitsraum filmt. Ergänzend erläutert er sein Vorgehen, beschreibt einzelne Handgriffe und begründet seine Entscheidungen. Die Erläuterungen werden über ein am Helm installiertes Mikrofon aufgezeichnet. Ausgewählte Tätigkeiten werden von einem Redaktionsteam auf ihre fachliche Korrektheit überprüft, visuell aufbereitet und können im System abgerufen werden.

Die Partizipation der zukünftigen Anwender wird über deren frühzeitige Beteiligung im Rahmen von Arbeitsplatz- und Anforderungsanalysen sowie eine Gefährdungsbeurteilung an den betreffenden Arbeitsplätzen realisiert. Zudem werden die Anwender bei der Konzeption des Assistenzsystems und in deren Evaluationsprozess aktiv beteiligt.

---

## 14.5 Zukunftsszenario: Instandhaltung 4.0 in der Prozessindustrie

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojektes „*CPPSPProcessAssist – Assistenzsysteme für die Prozessindustrie auf Basis von cyber-physikalischen Produktionssystemen*“ werden Methoden und Systeme entwickelt, die es der Prozessindustrie ermöglichen, die Zeiten für die Instandhaltung deutlich zu reduzieren und damit eine höhere Auslastung der Anlagen und eine unmittelbar resultierende verbesserte Wirtschaftlichkeit zu erzielen.

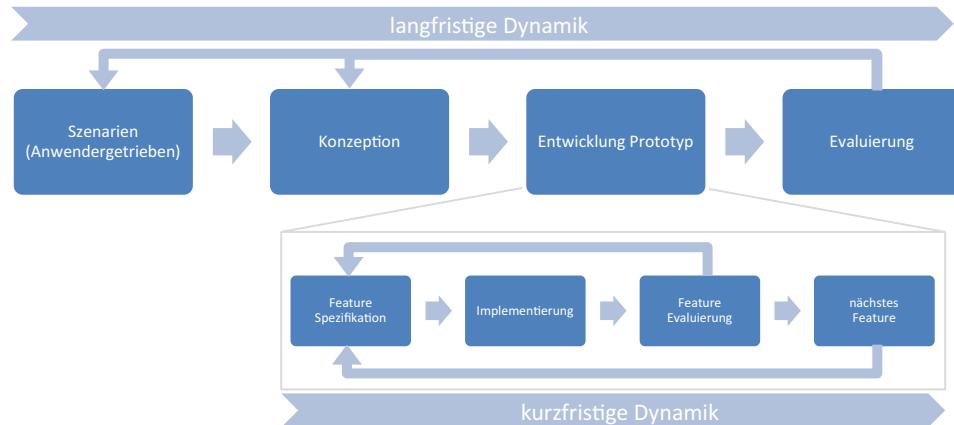
Es wird ein modulares Assistenzsystem entwickelt, das unabhängig von konkreten Infrastrukturen eingesetzt werden kann und erweiterbar ist. Dazu werden zunächst allgemein erforderliche Grundfunktionen entwickelt, die zur Realisierung lernförderlicher Assistenzfunktionen erforderlich sind. Diese sind z. B. die Verknüpfung von Anlagenkomponenten mit Fakten-, Prozess- und Erfahrungswissen. Zusätzlich werden Funktionen realisiert, die anwenderspezifisch sind, um so die Modularität des Systemansatzes nachzuweisen.

Die Entwicklung des *CPPSPProcessAssist* erfolgt nach dem Prinzip des szenariobasier-ten Designs (SBD) (Benyon 2014). Im Rahmen einer Arbeitsprozessanalyse beschreiben die Anwender zunächst exemplarische Tätigkeiten, die sinnvoll durch ein Assistenzsystem unterstützt werden sollten. Aus diesen anwendergetriebenen Szenarien werden die Module für die Einzelfunktionen des Assistenzsystems, durch die eine Evaluierung des Gesamtprinzips erfolgt, konkretisiert und konzipiert (siehe Abb. 14.4). Diese Konzepte werden zwischen den Partnern abgestimmt. Die Erkenntnisse der Evaluierung von Einzelmodulen sowie eines Prototypen als Gesamtsystem einer Modulgruppe ermöglichen die Re-Konzeption und Konkretisierung der Szenarien und finden Eingang in die nächste Iteration der prototypischen Umsetzung.

Die Gestaltung des Assistenzsystems erfolgt in starkem Maße nutzerzentriert (DIN EN ISO 9241-210 2010) und bindet die zukünftigen Anwender in den Entwicklungs- und Gestaltungsprozess ein. „Ein besonders wirksamer, in den meisten Unternehmen nur vereinzelt genutzter Ansatzpunkt zu einer nachhaltigen Förderung von Lernen und Kompetenzentwicklung im Arbeitsprozess ist die Nutzung der gesamten Palette von Beteiligungsfeldern und Beteiligungsinstrumenten“ (Kötter 2012).

Kötter benennt eine Reihe von Beteiligungsfeldern, -zielsetzungen und -leitbildern, von denen im beschriebenen Prozess vor allem die partizipative Produkt- und Prozessoptimierung sowie die Projektarbeit zum Tragen kommen.

Die Partizipation wird in *CPPSPProcessAssist* durch die folgenden Maßnahmen erzielt:



**Abb. 14.4** Vorgehensweise bei der Prototypenentwicklung

- Aktuelle Prozesse und Instandhaltungsabläufe werden interdisziplinär analysiert. Es werden unternehmensspezifische Bedarfe für die Assistenzfunktionalitäten abgeleitet.
- Bei der Entwicklung und Gestaltung des Assistenzsystems werden die zukünftigen Anwender mit ihren Erfahrungen einbezogen.
- Neben der Funktionalität werden die organisationalen Rahmenbedingungen berücksichtigt, unter denen das Assistenzsystem zur Anwendung kommen soll.
- Ängste und Vorbehalte werden ernst genommen und aufgelöst. Das Assistenzsystem wird als unterstützendes Werkzeug entwickelt, das die Fachkräfte der Instandhaltung bei der Entscheidungsfindung und Problemlösung unterstützt.
- Die Anwender werden in den Evaluationsprozess einbezogen, indem unternehmensspezifische Kriterien für den erfolgreichen Einsatz des Assistenzsystems erfragt und bei der Gestaltung des Evaluationsdesigns berücksichtigt werden.

Die beschriebenen Maßnahmen sollen eine maximale Identifikation der Anwender mit der entwickelten Lösung und damit einen hohen Gebrauchswert erreichen.

## Literatur

- Alda, Holger (2013): Tätigkeitsschwerpunkte und ihre Auswirkungen auf Erwerbstätige. In: Bonn: BiBB (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Berufsbildung), S. 138.
- Benyon, David (2014): Designing interactive systems. A comprehensive guide to HCI, UX and interaction design. Johanneshov: MTM.
- Bergmann, B.; Wiedemann, J. (1997): Beschreibung der Störungsdiagnosekompetenz bei Instandhaltungstätigkeiten in der flexible automatisierten Fertigung. In: Karlheinz Sonntag und Niclas Schaper (Hrsg.): Störungsmanagement und Diagnosekompetenz: Leistungskritisches Denken

- und Handeln in komplexen technischen Systemen, Bd. 13. Zürich: vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH (Mensch Technik Organisation – MTO, 13), S. 119–136.
- Beuting, J.; Haase, T.; Termath, W. (2010): Qualifizierung von technischen Fachkräften in der Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln mit Methoden der Virtual Reality. In: lernen & lehren 25 (97), S. 26–33.
- Biedermann, H. (2014): Anlagenmanagement im Zeitalter von Industrie 4.0. In: Hubert Biedermann (Hrsg.): Instandhaltung im Wandel. Industrie 4.0 – Herausforderungen und Lösungen; 28. Instandhaltungsforum. Köln: TÜV Media (Praxiswissen für Ingenieure : Instandhaltung), S. 23–32.
- Blümel, E.; Jenewein, K.; Schenk, M. (2010): Virtuelle Realitäten als Lernräume: Zum Einsatz von VR-Technologien im beruflichen Lernen. In: lernen & lehren 25 (97), S. 6–13.
- DIN EN ISO 9241-210 (2010): Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010); Deutsche Fassung FprEN ISO 9241-210:2010. Berlin: Beuth (Ergonomie der Mensch-System-Interaktion, = Ergonomics of human-system interaction = Ergonomie de l'interaction homme-système / Normenausschuß Ergonomie (NAErg) im DIN; Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen (NIA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ; Teil 210).
- Fernández-Macías, E.; Hurley, J. (2014): Drivers of recent job polarisation and upgrading in Europe: Eurofound Jobs Monitor 2014. In: Luxembourg. Eurofound. [http://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef\\_publication/field\\_ef\\_document/ef1419en.pdf](http://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1419en.pdf) [heruntergeladen am 20.06.2016].
- Haase, T.; Termath-Bechstein, W.; Martsch, M. (2012): Virtual Reality-based training for the maintenance of high voltage equipment. In: Bodo Urban (Hrsg.): eLearning Baltics 2012: Proceedings of the 5th International eLBa Science Conference in Rostock, Germany, June 21–22, 2012. Stuttgart: Fraunhofer Verlag
- Haase, T.; Termath, W.; Schumann, M. (2015): Integrierte Lern- und Assistenzsysteme für die Produktion von morgen. In: Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt. Berlin: Gito.
- Hellinger, A.; Stumpf, V.; Kobsda, C.; acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. In: Alfons Botthof und Ernst Andreas Hartmann (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0: Springer Berlin Heidelberg, S. 89–98.
- Kötter, Wolfgang (2012): Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung. Betriebliche Ansatzpunkte. In: Fachkräftesicherung : Situation – Handlungsfelder – Lösungen. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Buch, S. 183–198.
- Kurz, C. (2013): Industrie 4.0 verändert die Arbeitswelt. In: Gegenblende. Das gewerkschaftliche Debattenmagazin.
- Mathur, S.; Weiß, J. M. (2014): Werte durch Wartung – Wie Industrie 4.0 die Instandhaltung verändert und zum Mehrwerttreiber im Unternehmen wird. In: Hubert Biedermann (Hg.): Instandhaltung im Wandel. Industrie 4.0 – Herausforderungen und Lösungen ; 28. Instandhaltungsforum. Köln: TÜV Media (Praxiswissen für Ingenieure : Instandhaltung), S. 143–153.
- Pfeiffer, S.; Suphan, A. (2015): Industrie 4.0 und Erfahrung – das Gestaltungspotenzial der Beschäftigten anerkennen und nutzen. In: Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann und Jonathan Niehaus (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit: Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos Ed. Sigma, S. 205–230.

- Schmucker, U.; Haase, T.; Schumann, M. (2015): Digital Engineering and Operation. In: M. Schenk (Hg.): Produktion und Logistik mit Zukunft – Digital Engineering and Operation: Springer-Verlag.
- Stock, W.; Suchodoll, D.; Eberlein, M. (2012): Fokus: Erfahrungswissen und „Virtuelle Realität“. Virtuelle 3D-Ablaufplanung in der Instandhaltung von Großgeräten. In: T.A. Cook Consultants (Hrsg.): Wissensmanagement in der Instandhaltung. Wissen: Erkennen, Sichern, Teilen. Wissende: Gewinnen, Fördern und Halten. Wissensmanagement in der Instandhaltung. Frankfurt/Main, 7.–9. Mai 2012.
- Terhoeven, J.; Grauel, B.; Wille, M.; Wischniewski; S. (2015): Head Mounted Displays als Arbeitshilfen der Zukunft: Gestaltung eines beanspruchungsoptimalen Einsatzes. In: Schenk, M. (Hrsg.): Digitales Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme. 18. IFF-Wissenschaftstage. Magdeburg, 24.–25. Juni 2015. Magdeburg: Fraunhofer IFF, S. 125–129.
- Wächter, M.; Bullinger, A. C. (2015): Gestaltung gebrauchstauglicher Assistenzsysteme für Industrie 4.0. In: Mensch und Computer 2015 – Workshopband.
- Wille, Matthias (2016): Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Windelband, L.; Dworschak, B. (2015): Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0: Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In: Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann und Jonathan Niehaus (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit: Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos Ed. Sigma, S. 69–84.



# Infrarot-Thermografie in der Instandhaltung der chemischen Industrie

15

Christian Huber

## Zusammenfassung

Aufgabe der Instandhaltung ist es, die Verfügbarkeit der Fertigungs- und Produktionsanlagen sicherzustellen. Ein wesentlicher Indikator zur Bewertung von Zustand, Funktion und Lebensdauer von technischen Systemen ist die Oberflächentemperatur. Ein Verfahren zur Erfassung der Oberflächentemperatur ist die Infrarot-Thermografie, mit deren Hilfe Beanspruchungen an Betriebsmitteln, Anlagen und Systemen sichtbar gemacht werden können. Anhand der gewonnenen Messergebnisse lassen sich Maßnahmen ableiten, um den Sollzustand eines technischen Systems wiederherzustellen. Im Beitrag werden die notwendigen Grundlagen, Prinzipien und Vorgehensweisen beschrieben, um eine Hilfestellung zum Einsatz thermografischer Messverfahren in der Instandhaltung respektive Anlagendiagnose zu geben.

## 15.1 Infrarot-Thermografie als Methode des Condition Monitoring

Als Folge der raschen technologischen Entwicklung preisgünstiger, leistungsfähiger Thermografiekameras rückte diese für viele Anwendungen nutzbringend einzusetzende Inspektionsmethode zunehmend ins Interesse der Instandhalter aller Branchen. Die Infrarot(IR)-Thermografie wird damit als Schadensfrüherkennungsmethode integriert in das Repertoire bereits langjährig angewandter Methoden wie der Schwingungsmesstechnik, Schmierstoffanalyse, Fehlerdiagnose an elektrotechnischen Komponenten sowie die gesamte Fülle zerstörungsfreier Untersuchungen im Werkstoffbereich.

---

C. Huber (✉)

Wacker Chemie AG

Johannes-Hess-Str. 24, 84489 Burghausen, Deutschland

E-Mail: christian.huber@wacker.com

Die verbesserten Bedingungen zum Einsatz der Zustands- und Schadensfrüherkennungsmethoden (Condition Monitoring, vgl. VDI 2888 1999) treffen zeitgleich auf Änderungen im Selbstverständnis und der Ausrichtung der Instandhaltung sowohl als Unternehmensfunktion als auch als Branche. Galt vormals ein starkes Augenmerk der eigenen Instandhaltungsorganisation und Optimierung der Instandhaltungsabläufe, so richtet man sich zunehmend an Instandhaltungsprozessen und deren Integration in den Produktionsprozess aus. Ein wesentliches Element dabei ist die Findung der optimalen Instandhaltungsstrategie für eine technische Einrichtung in Abhängigkeit betriebswirtschaftlicher, produktionstechnischer sowie sicherheits- und umwelttechnischer Erfordernisse. Fehlerfrühdiagnose muss sich „rechnen“. Zudem muss die Anwendung schon alleine aus Kapazitätsgründen auf die nutzbringendsten Einsatzfälle konzentriert werden.

Die Bestimmung der optimalen Instandhaltungsstrategie nimmt in den Fachkreisdiskussionen und Seminarinhalten breiten Raum ein. Bezogen auf Thermografie als Inspektionsmethode ist deren Ergebnis, also Einbindung der Messungen in Inspektionspläne (entsprechend DIN 31051 2003) und singuläre Anwendungen als Bestandteil einer zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie anzusehen.

---

## **15.2 Maßnahmen zur Sicherung von Qualität und Effizienz der Anwendung**

Fehlerfrüherkennungsmethoden müssen immer an die jeweilige Aufgabenstellung angepasst sein, d. h. typisch zu erwartende Fehlerarten einer technischen Einrichtung müssen durch Anwendung der Diagnosemethode zuverlässig erkennbar sein. Wegen der Vielzahl verschiedenartiger Fehler wenden interne bzw. externe Dienstleistungsgruppen für das Condition Monitoring meist mehrere Diagnosemethoden parallel an.

Der eingangs erwähnte Vorteil preiswerter und leicht bedienbarer Thermografiesysteme kann auch zu Problemen führen. Zur Sicherung der Diagnosequalität gilt es daher die Ausbringung der Geräte durch Schulungsmaßnahmen, aber auch Interpretationshilfen in Richtlinienform zu begleiten. Andernfalls besteht die Gefahr, dass man sich in vielen bunten Bildern ohne ausreichenden Informationsgehalt oder Diagnosezuverlässigkeit verliert.

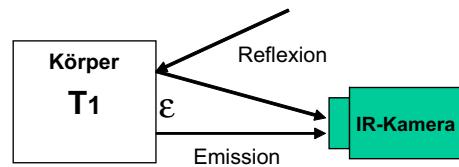
Der vorliegende Beitrag skizziert Anwendungsbeispiele der IR-Thermografie für Maschinen- und Anlagentechnik in der chemischen Industrie.

---

## **15.3 Infrarot-Thermografie als Messmethode und Bedingungen für den Einsatz zur Fehlerdiagnose**

Die IR-Thermografie basiert auf der Ermittlung von Oberflächentemperaturen durch Messung emittierter Wärmestrahlung. Technische Oberflächen und Körper geben entsprechend ihrer Temperatur und strahlungstechnischen Eigenschaften sowie Umgebungsbedingungen Wärmestrahlung als Emissionen ab, nehmen aber auch Wärmestrahlung aus

**Abb. 15.1** Wärmestrahlung an IR-technisch nicht transparentem Körper (stark vereinfacht)

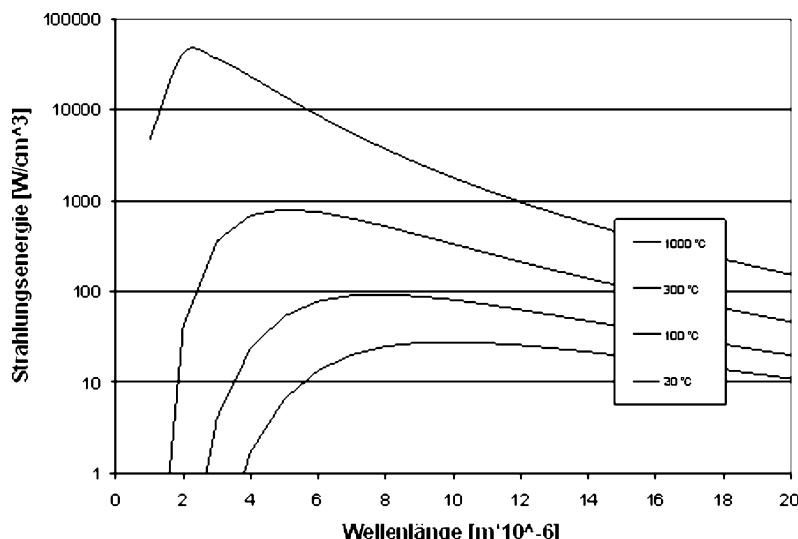


der Umgebung auf bzw. reflektieren diese. Sie können aber auch Wärmestrahlung durch den Körper leiten. Als Strahlungsenergie sind daher Emission, Reflexion und Transmission relevant. Körper, welche im Rahmen der Instandhaltung betrachtet werden, sind meist im Wellenlängenmessbereich der IR-Kameras nicht transparent, weshalb sich die Betrachtung auf Emission und Reflexion vereinfacht. Die Abb. 15.1 verdeutlicht dies. Der Körper emittiert Strahlung entsprechend dem Boltzmann-Gesetz:

$$\dot{q}_S = \varepsilon C_S \left( \frac{T}{100} \right)^4.$$

Für die zuverlässige Messung von Oberflächentemperaturen ist daher einerseits die Kenntnis des Emissionswertes erforderlich, andererseits darf der Reflexionsanteil (Spiegelung von Wärmestrahlung anderer Körper der Umgebung) nicht zu groß werden.

Wegen der Vielzahl von Fehlereinflussmöglichkeiten und deren fachgerechter Minde rung müssen Thermografen, je nach Aufgabenstellung, physikalische Zusammenhänge der Wärmelehre, insbesondere der Wärmestrahlung verstehen.



**Abb. 15.2** Spektrale Energieverteilung beim schwarzen Strahler

Dazu gehört auch das Wissen um die spektrale Leistungsverteilung der Strahlung. Bei niedrigen Temperaturen ist die abgegebene Strahlungsenergie gering und das Maximum bei Wellenlängen über  $10\text{ }\mu\text{m}$  (siehe Abb. 15.2).

## 15.4 Typische Anwendungen der Infrarot-Thermografie in der Instandhaltung

Anschauliche Einzelbeispiele zu Industrieanwendungen der Thermografie sind in Artikeln einschlägiger Fachzeitschriften und Vorträgen in großer Stückzahl veröffentlicht.

Zur effizienten Anwendung in der Schadensfrüherkennung bedarf es neben der fachgerechten Messdurchführung eines Leitfadens zur Vorgehensweise und Interpretation der Ergebnisse, welche die gemessenen Temperaturen in einen logischen Zusammenhang zu einem erwarteten Fehler der technischen Einrichtung in Verbindung bringt. Für die Diagnose mittels Thermografie ist es also unabdingbar, dass sich ein typischer Fehler in vorhersehbarer Weise durch veränderte messtechnisch zugängliche Oberflächentemperaturen abbildet und dies so deutlich, dass andere Parameter diesen Einfluss nicht überdecken.

Beispielhaft kann bei gleichbleibender Strombelastung, Kühlbedingungen und Oberflächenbeschaffenheit von Starkstromverbindungen bei Zunahme von Temperaturen zuverlässig auf eine Erhöhung des Ohmschen Übergangswiderstandes geschlossen werden. Will man dagegen bei einer gasdurchströmten Rohrleitung mittels Thermografie auf Verkrustungen und andere Querschnittsverengungen schließen, so benötigt man vorab eine

Anwendung	Treibende Energie	Wärmetechnisches Prinzip
Starkstromverbindungen Bauelementerwärmung ...	elektrische Verluste	Wärmeleitung und Wärmeübergang
Wärmedämmung Kältedämmung Innenbeläge/Verkrustungen Materialabtrag Defekte im Schichtaufbau ...	Temperaturdifferenz Medium zu Umgebung	Wärmedurchgang und Wärmeübergänge an mehrschichtigen Wandaufbauten
Kupplungen Riementriebe Lager Getriebe/ Hydrauliken Motorkühlung Überhitzung von Maschinen ...	Reibungsverluste  z.B. Energieeintrag durch Fehler in Betriebsweise	Wärmeleitung und Wärmeübergang
Leckageortung Füllstandsermittlung Phasengrenze an Behältern	Temperaturdifferenz Medium zu Umgebung	Wärmedurchgang und Wärmeübergänge an Wandaufbauten
Oberflächentemperaturen bei Ex-Schutz-Einstufung	hohe Oberflächentemperaturen durch Fehler in Betriebsweise, Kühlung usw.	Wärmeleitung und Wärmeübergang

**Abb. 15.3** Rückführung der Anwendung auf ein wärmetechnisches Prinzip

rechnerische Analyse der Einflussparameter, weil diese bei betriebsüblichen Schwankungen größeren Einfluss haben können als die Zielmessgröße „Umfang der Verkrustung“.

Wegen der Vielzahl von Anwendungen ist es daher notwendig, die Anwendungen auf die energetische Wirkungsweise bzw. wirksame Wärmeströme zusammenzuführen. Damit können Anwendungen wie beispielhaft in Abb. 15.3 dargestellt, eingeteilt werden.

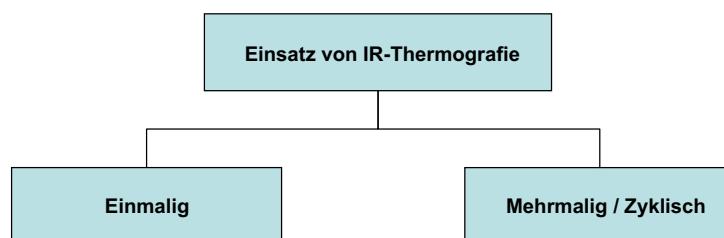
## 15.5 Umfang des Einsatzes der Infrarot-Thermografie in den jeweiligen Anwendungsbereichen

Für den qualifizierten und rationalen Einsatz thermografischer Messtechnik sind der geschulte Umgang mit dem Messsystem, gute Kenntnisse über die zulässigen thermischen Parameter an der Anlage und von Werkstoffen sowie sehr gute strahlungsphysikalische Kenntnisse erforderlich.

Die Entscheidung für den Einsatz thermografischer Messtechnik durch eigenes qualifiziertes Instandhaltungspersonal oder durch einen Dienstleister obliegt dem Unternehmen. Der Einsatz von Dienstleistern ist immer dann vorteilhaft, wenn die Thermografie nur einmalig bzw. sehr selten (z. B. im Rahmen einer Schwachstellensuche) durchgeführt werden soll oder es generell nur wenige Anlagen im Unternehmen gibt, bei denen der Einsatz thermografischer Inspektion in regelmäßigen Abständen sinnvoll ist. Die Abb. 15.4 gibt einen Überblick über Anlässe zum Einsatz der Thermografie.

### Elektrotechnische Anlagen

Bei elektrotechnischen Anwendungen wird Thermografie zur Schadensfrüherkennung bereits langjährig an Anlagen ab 10 kV (Trafos, Klemmungen, Kupplungen, Sicherungen, Schalter, elektrische Leiter usw.) eingesetzt, ebenso im Niederspannungsbereich beim Schalten und Verteilen hoher Stromstärken.



- Erkennung technischer Schwachstellen
- Gefährdungsbeurteilung im Rahmen der Betriebssicherheitsverordnung
- Prüfung der Einhaltung von Arbeitsschutzrichtlinien
- Abnahme / Inbetriebnahme von Neuanlagen
- Inspektionsmethode im Rahmen einer zustandsorientierten Instandhaltung
- Prüfung der Einhaltung von Arbeitsschutzrichtlinien
- Planung und Vorbereitung von Großstillständen und Shutdowns

**Abb. 15.4** Arten des Einsatzes von IR-Thermografie

Je nach Vertragsgestaltung gibt es von den Versicherungsgesellschaften fallweise Auflagen zur regelmäßigen Durchführung thermografischer Aufnahmen, verschiedentlich auch Rabatte. Die Durchführungshäufigkeit ist in der Regel nicht kürzer als jährlich. Die zuständigen elektrotechnischen Ingenieure beurteilen aus Erfahrungen und in Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller den Umfang und die Häufigkeit durchzuführender Messungen.

Auch bei Anlagen ohne besondere Versichererauflagen beobachten wir einen Trend zu freiwilligen regelmäßigen Messungen als Schadensfrüherkennungsmaßnahme.

Wichtig ist eine Erstaufnahme der Anlagen bei definierter Strombelastung unmittelbar nach der Errichtung in Zusammenarbeit mit dem Hersteller.

Aufgrund der Heterogenität der Anlagen, fallweise auch der Betreiber, gibt es keine einheitliche Vorgehensweise auf einem Werksgelände. Mit den derzeit verfügbaren Kamerasystemen und deren teilautomatisierten Auswertereports sind die elektrotechnischen Messaufgaben sehr gut und effizient durchführbar.

Erfahrungen zeigen, dass bei Erstmessungen an Altanlagen eine deutliche Anzahl von Fehlern verschiedenster Kategorien entdeckt wird, welche dann bei Wiederholungsmessungen stark sinkt.

Neuanlagen zeigen nach einiger Betriebszeit wenige punktuelle Fehler. Probleme bereitet die zunehmende thermografische Unzugänglichkeit durch immer weitere Schutzabdeckungen.

## Maschinentechnik

In der Maschinentechnik besitzt die Thermografie eine wichtige, aber mehr ergänzende Funktion zur etablierten Schwingungsdiagnose. Sie kommt hauptsächlich zum Einsatz bei der Ursachenfindung bereits vorliegender Problemfälle. Dies sind typischerweise Wärmeableitungsprobleme an Lagern, Dichtungen, Getrieben, behinderte Kühlung, Probleme an Kraftübertragungsgliedern (Kupplungen, Riemen usw.), Überhitzung von Bauteilen durch die Betriebsweise und vieles mehr.

Besonders einfach und effizient können an Maschinen und Anlagenteilen örtliche Überhitzungen (Hot Spots) in Verbindung mit Einstufungen des in der Chemie, Petrochemie und Bergbau häufig anzutreffenden Ex-Schutzes, gemessen werden.

## Anlagentechnik

In der Anlagentechnik wird Thermografie sowohl zur Ursachenfindung an Problemstellungen eingesetzt, als auch zunehmend zur periodischen Zustandsüberwachung bei Wärme-/Kälteisolierungen sowie Fernwärmeleitungen zur Erkennung von Innenbelägen und eingeschränkt des Werkstoffabtrags. Die Fülle der Anwendungen ist sehr groß und kann deshalb auch in Interpretationsrichtlinien nicht vollständig dargestellt werden. In der Regel sind zur fachgerechten Durchführung zu erwartende Wärmeströme und Temperaturprofile aus Berechnungen zu entnehmen oder neu zu berechnen. Ausgenommen rein vergleichende Messungen, benötigt man meistens zusätzlich zu den thermografischen Bildern eine Analyse der Wärmeströme.

Bei einigen Anwendungen, insbesondere Innenbelags- und Leckageerkennung sind vor der Durchführung von Messungen Betrachtungen anzustellen, ob sich der gewünschte zu detektierende Effekt ausreichend deutlich neben den Einflüssen anderer Parameter abhebt.

Besonders lohnend ist der Einsatz bei der Abnahme von Dämmungen an Neuanlagen, weil erfahrungsgemäß Ausführungsfehler gefunden werden, die zu einem späteren Zeitpunkt entweder nur auf Eigenkosten oder schwierig nach zu bessern sind.

Die Praxis zeigt, dass neben Instandhaltungsaufgaben viele Aufgabenstellungen an die Dienstleistungsgruppen für zustandsorientierte Instandhaltung herangetragen werden, welche der Anlagenverbesserung, teilweise auch der Entwicklung zugerechnet werden. Die damit verbundenen höheren Anforderungen bedingen dann meist die Anschaffung höherwertigerer Thermografiesysteme mit weiterführenden Mess- und Analysemöglichkeiten.

---

## 15.6 Beispiele aus dem Anwendungsbereich Maschinen- und Anlagentechnik

Die folgenden Beispiele orientieren sich an typischen Aufgabenstellungen auf dem Gebiet der Zustandserkennung von Maschinen- und Anlagentechnik.

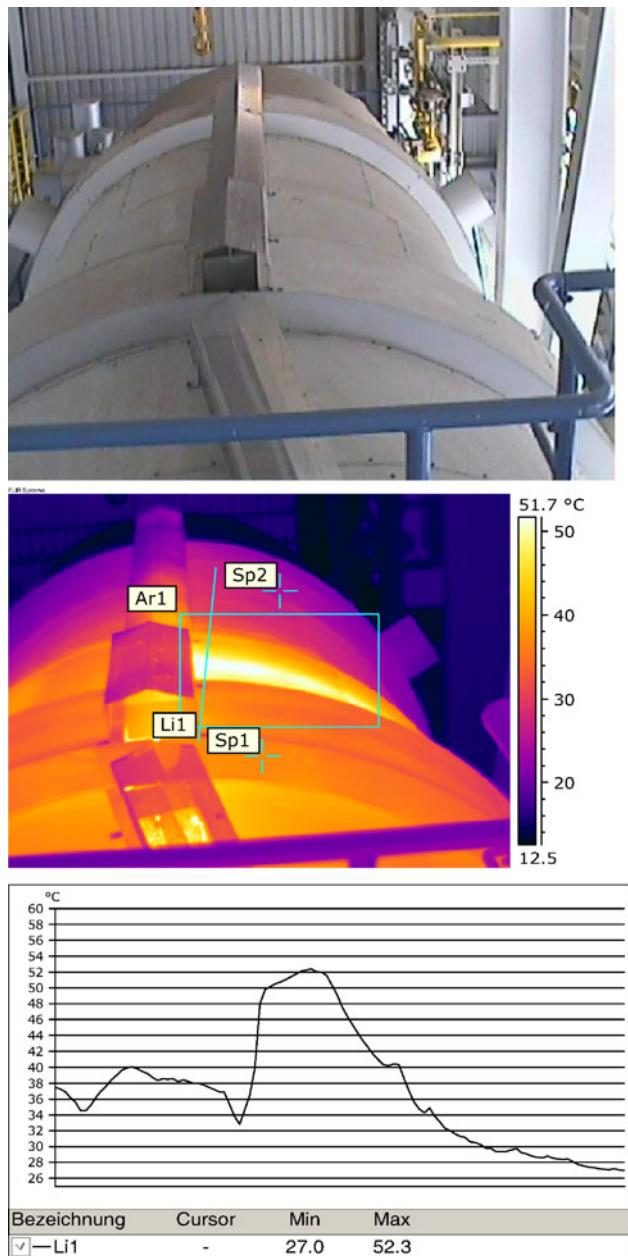
### 15.6.1 Aufgabenstellung: Wärmedurchgang mehrschichtige Wand

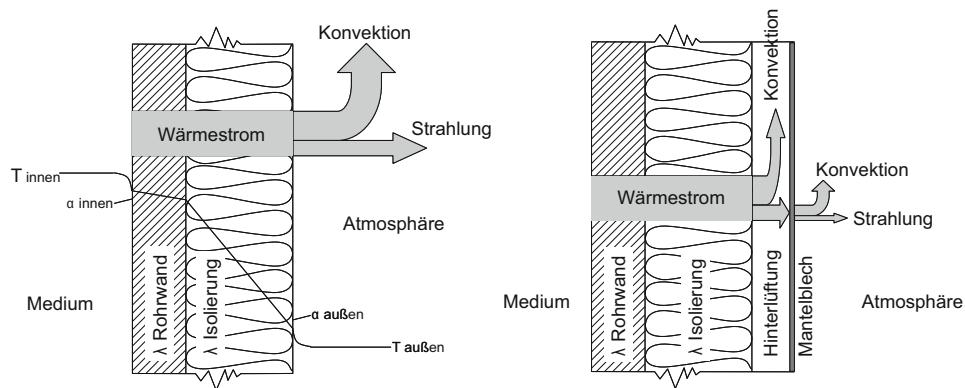
Das Beispiel bezieht sich auf den Wärmedurchgang an einem Verbrennungsofen für Rückstände mit mehrschichtiger innerer Ausmauerung, Stahlmantel, äußerer Isolierung mit und ohne Hinterlüftung (siehe oberstes Bild in Abb. 15.5). Das Ziel ist hier, im Neuzustand und nach periodischen Messungen im Betrieb Fehler im Isolieraufbau aus verschiedensten Gründen zu erkennen. Wesentlich ist dabei, dass im Wärmedurchgang die Temperatur des Stahlmantels in einem definierten Bereich gehalten werden muss, damit einerseits keine Kondensation aggressiver Dämpfe möglich ist, die Temperatur aber aus Festigkeitsgründen nicht zu hoch wird. Darüber hinaus darf wegen Berücksichtigung der Oberflächentemperatur am Abdeckblech nicht zu hoch werden. Punktuell sind auch Thermoelemente vorhanden.

Rechts unterhalb des hellen Bereichs befindet sich ein Mannlochstutzen (siehe Markierung im mittleren Bild in Abb. 15.5). Der dortige Isolermangel führt Konvektionsströmungen mit Wärmestau im oberen Bereich. Der Fehler liegt also nicht dort, wo das Mantelblech am wärmsten ist, sondern davor am Wärmeentstehungsort.

Die Vorgehensweise besteht bei Mängeln an der Isolierung meist darin, die Wärmeflüsse anhand vorliegender Berechnungsunterlagen, Tabellen aus verschiedensten Richtlinien oder eigenen Berechnungen zu analysieren und mit den Ergebnissen aus den thermografisch zugänglichen Oberflächenmessungen zu vergleichen.

**Abb. 15.5** Außenisolierung eines Verbrennungsofens





**Abb. 15.6** Prinzipbild Wärmedurchgang/Wärmeübergang bei verschiedenen Isolieraufbauten

Technisch häufig vorkommende Wärmedurchgänge sind in DIN 4140 (2008) beschrieben. Deren Berechnung und Prüfung ist in der VDI-Richtlinie 2055 (2008) nachzulesen (vergleiche Abb. 15.6).

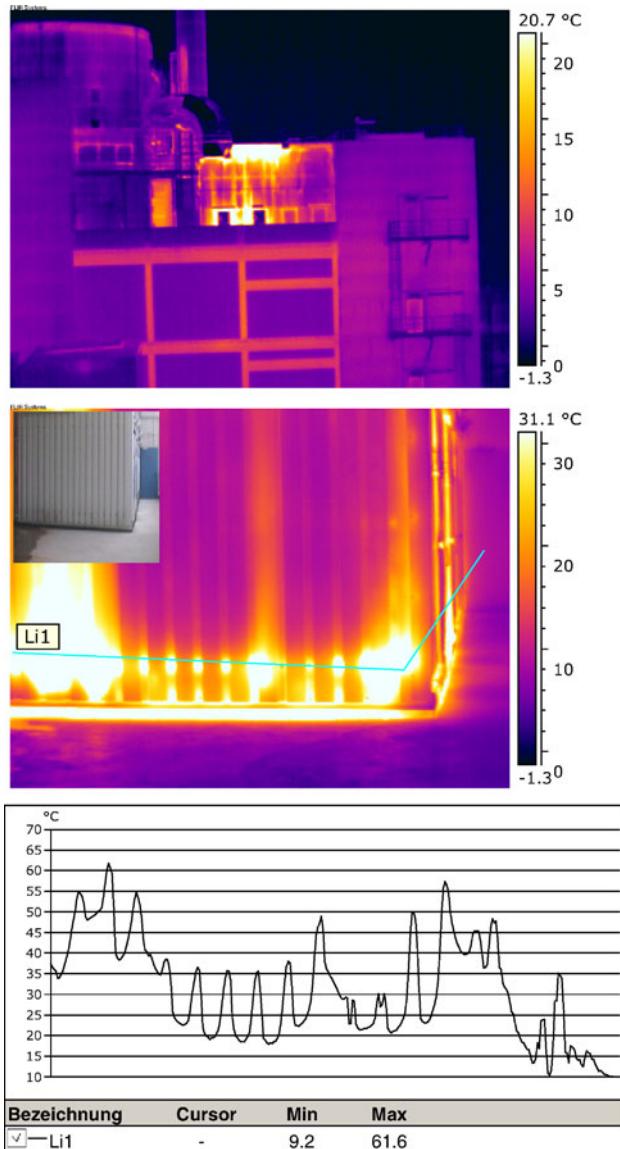
### 15.6.2 Aufgabenstellung: Wärmeisolierung mit Wärmeleitung über Konstruktionsteile

Die in Abb. 15.7 dargestellte Heizkammer dient zur Vorwärmung der Zuluft eines Trockners. Die Trockenkammer ist aus großer Entfernung auf dem Gebäude erkennbar (oberes Bild in Abb. 15.7). Darunter ist die thermografische Aufnahme auf das Verkleidungsblech (Trapezblech) sichtbar.

Die Temperatur des Trapezblechs ist nicht relevant für den Wärmedurchgang, weil es eine Hinterlüftung darstellt. Maßgeblich für die Bewertung sind Stellen, an denen die Temperatur der eigentlichen Außenwand erkennbar ist. Im vorliegenden Fall besteht an einigen Stellen zu hohe Wärmeleitung durch die tragende Stahlkonstruktion. Der zulässige Umfang von Wärmeleitungen über Konstruktionselemente ist in VDI 2055 (2008) festgelegt. Weil im Vergleich zum Gesamtwärmeumsatz der Kammer die berechneten Wärmeverluste nur knapp den Promillebereich erreichen, wurden nur Stellen erhöhter Oberflächentemperatur im Berührungsreich nachgebessert.

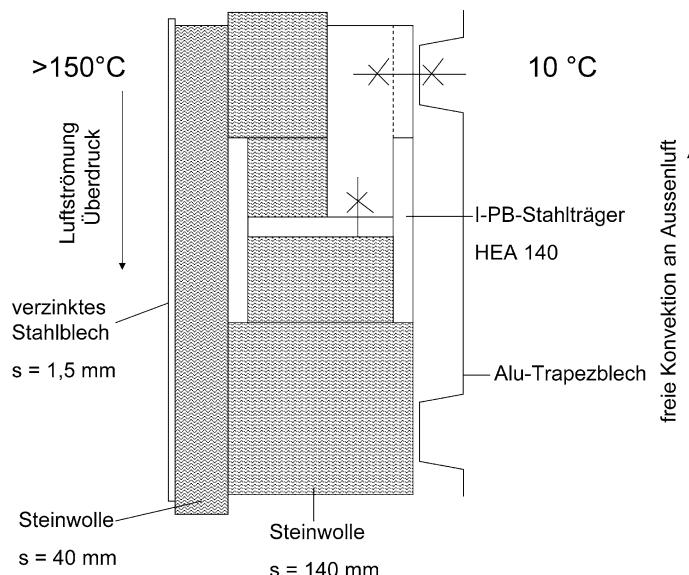
Die Abb. 15.8 zeigt den Wandaufbau der Heizkammer zur Berechnung zu erwartender Außenwandtemperaturen und Wärmeverluste.

**Abb. 15.7** Heizkammer für Trocknerzuluft



### 15.6.3 Aufgabenstellung: Erkennen von Wanddickenverringerung

An Behältern und Rohrleitungen ohne Außenisolierung und ausreichender treibender Temperaturdifferenz lassen sich qualitativ durch Thermografie sowohl Innenbeläge als auch Abtragungen oftmals gut erkennen. Die aus den thermografischen Aufnahmen gewonnenen Bilder werden in der Regel zur Lokalisierung für weitere Untersuchungen verwendet.



**Abb. 15.8** Wandaufbau Heizkammer

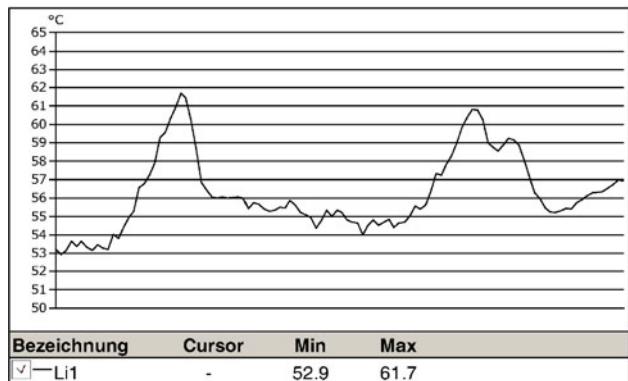
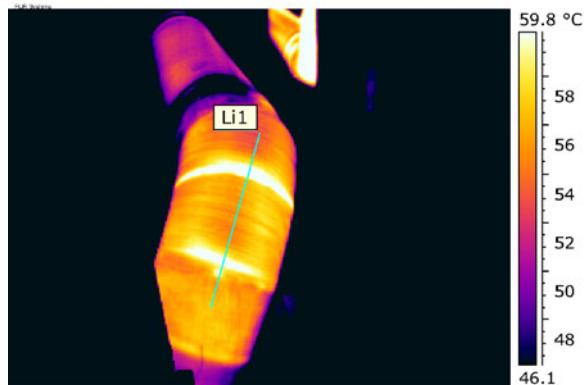
Im in Abb. 15.9 dargestellten Beispiel durchströmt korrosiv wirkendes Gas eine Rohrleitung. Im Bereich der Schweißnähte von Bogensegmenten ist qualitativ eine deutliche Wanddickenverringerung zu erkennen, welche nach Demontage des Leitungsstückes auch bestätigt wurde.

#### 15.6.4 Aufgabenstellung: Betrieb im spezifizierten Bereich; Kennlinie, Stoffströme

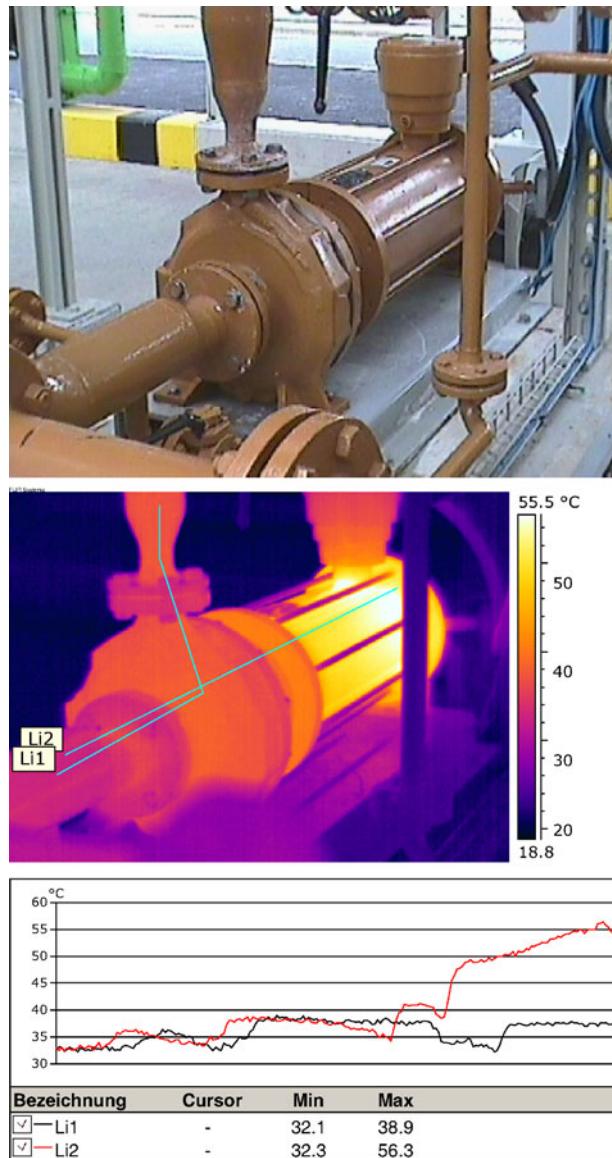
An der in Abb. 15.10 dargestellten Spaltrohrmotorpumpe wird ein Teil des Förderstroms zur Kühlung und Schmierung des Motorteils und der Gleitlager verwendet. Das Fördermedium besitzt hohen Dampfdruck und neigt damit zu partiellen Verdampfungen, wenn örtlich eine zu große Erwärmung stattfindet. Konkret traten am hinteren Gleitlager vermehrt Lagerschäden auf.

Die Verfolgung des Temperaturverlaufs zeigt eine normale minimale Erwärmung des reinen Förderstroms von der Saugleitung zur Druckleitung. Die Pumpe ist somit nicht zu stark angedrosselt. Der Teilstrom durch den hinten liegenden Spalttopf wird durch Wirbelstromverluste der Motoreinheit zu stark erwärmt. Zur Abhilfe hat der Maschinenhersteller konstruktiv verschiedenste Möglichkeiten, den Massenstrom zur Kühlung des Motorteils zu erhöhen.

**Abb. 15.9** Materialabtrag an einem Rohrleitungsbogen



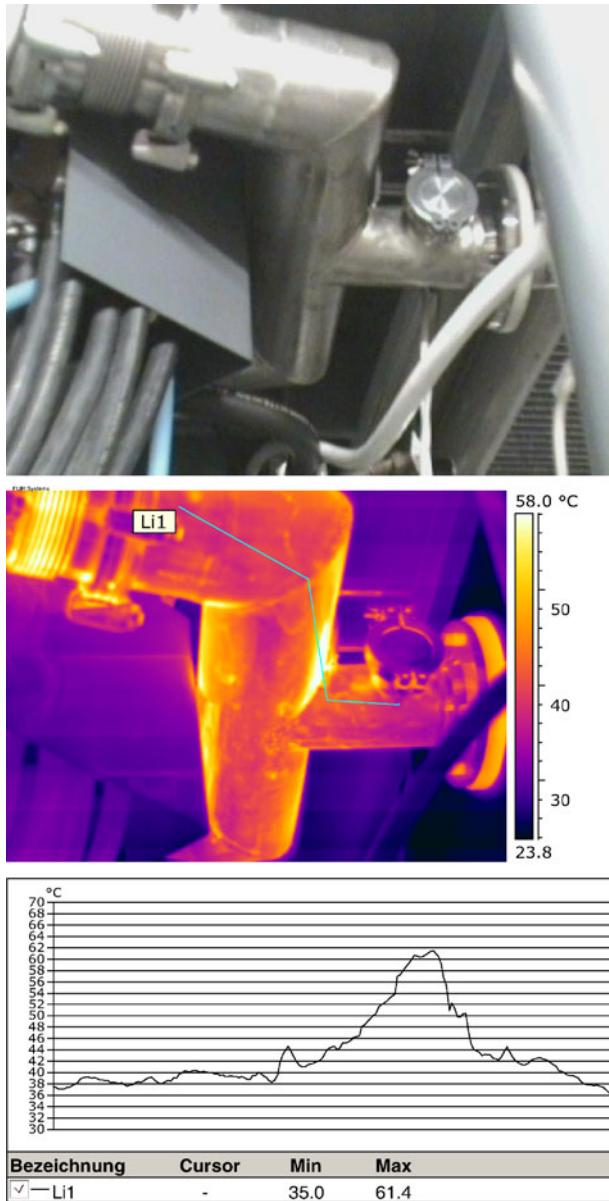
**Abb. 15.10** Erwärmung  
Fluidstrom zur Kühlung des  
Motors und der Lagerung

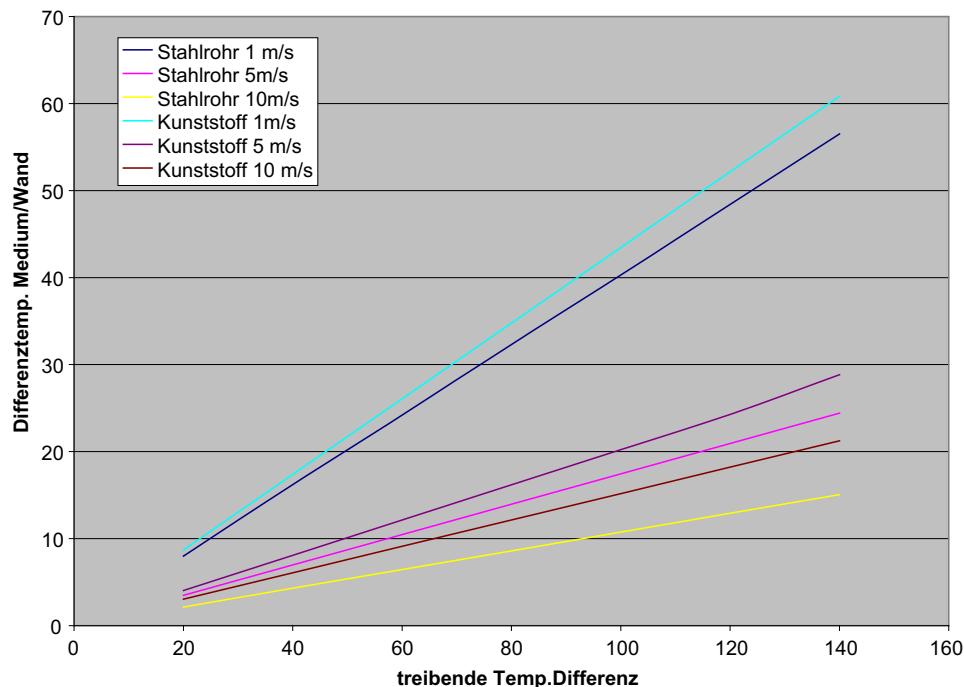


### 15.6.5 Aufgabenstellung: Erkennung von Innenbelag in Rohrleitungen

Die in Abb. 15.11 abgebildete Abgasleitung wird mit einem geringen Massenstrom betrieben. Insgesamt ist es bei Gasleitungen mit geringer Massenströmung sehr schwierig, Innenbeläge zu erkennen. Im vorliegenden Fall ist an den Umlenkkantern mit erhöhter

**Abb. 15.11** Abgasrohr mit Innenbelag





**Abb. 15.12** Temperaturunterschied Gasstrom zu Messpunkt Rohraußenwand bei Luftströmung in Rohr DN 100

Strömung die Abgastemperatur gut erkennbar. In den Bereichen mit wesentlich niedrigerer Temperatur ist von Innenbelag auszugehen.

Bei besonders geringen Strömungsgeschwindigkeiten ist Vorsicht geboten, weil der innere Wärmeübergang sehr ungünstig wird und somit eine wärmedämmende Innenverkrustung vorgetäuscht wird.

Bei Rohrleitungen mit Flüssigkeitsströmung, sowie Gasen und Dämpfen bei hoher Strömungsgeschwindigkeit sind Innenbeläge im Allgemeinen gut thermografisch zu detektieren.

Das Diagramm in Abb. 15.12 zeigt die starke Abhängigkeit der Außenwandtemperatur gasdurchströmter Rohrleitungen (gilt sinngemäß auch für Behälter) bei verschiedenen treibenden Temperaturdifferenzen, Wandwerkstoffen und Strömungsgeschwindigkeiten.

Bei Flüssigkeitsströmung nimmt i. d. R. die Außenwand weitgehend die Temperatur des Fluids an.

## 15.7 Ausblick

Mit der weiteren Entwicklung leistungsfähiger und noch preiswerterer Thermografiesysteme wird sich diese Diagnosemethode als messtechnische Standardausrüstung in Instandhaltungsabteilungen etablieren. Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Thermografieanwendung fließen somit in die kurz- respektive mittelfristige Instandhaltungsplanung ein. Instandhaltungsmaßnahmen werden günstig beeinflusst.

Die Zustands- und Risikobeurteilung bzw. Anlagendiagnose (Condition Monitoring) von maschinen- und elektrotechnischen Komponenten ohne Betriebsunterbrechung trägt weiterhin zu einer Reduktion von Unfall- und Brandgefahrenpotenzialen bei. Folglich führt das frühzeitige Erkennen von Mängeln auch zu einer Erhöhung der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der bestehenden Anlagen.

Zur fachgerechten effizienten Anwendung ist deren Einsatz durch Schulungen und Anwendungs- bzw. Interpretationsrichtlinien zu begleiten, wie es sie in vergleichbaren Anwendungen als Stand der Technik schon länger gibt. Die Ausbildung zum Thermografen für verschiedene Fachanwendungen ist in einem mehrstufigen System bereits gut gelöst (vergleiche z. B. VdS 2859 [2005](#)). Interpretationsrichtlinien für die praktische Anwendung sind in Ansätzen vorhanden. Auf Initiative des VDI besteht ein Regelwerk zur Anwendung der Thermografie in der Instandhaltung (VDI [2878](#)), analog dem der Schwingungsdiagnose, mit mehreren Blättern als Hilfsmittel für Entscheidungsträger und Instandhaltungspersonal.

---

## Literatur

DIN 31051 (2003) Grundlagen der Instandhaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH

DIN 4140 (2008) Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung – Ausführung von Wärme- und Kältedämmungen. Berlin: Beuth Verlag GmbH

VDI 2055 Blatt 1 (2008) Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung – Berechnungsgrundlagen. Berlin: Beuth Verlag GmbH

VDI 2878 (in Erarbeitung) Thermografie in der Instandhaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH

VDI 2888 (1999) Zustandsorientierte Instandhaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH

VdS 2859 (2005) Richtlinien für die Anerkennung von Sachverständigen für Elektrothermografie (Elektrothermografen), Verfahrensrichtlinien. Berlin: Beuth Verlag GmbH



# Anwendungsgebiete und Nutzen der RFID-Technologie in der Instandhaltung

16

Gerhard Müller und Cathrin Plate

## 16.1 Einleitung

Im Vergleich zu Fertigungsbereichen, in denen eine Vielzahl von Terminals den Zugriff auf Fertigungsinformationen und Produktionsdaten ermöglichen, sind viele Instandhaltungsbereiche dadurch gekennzeichnet, dass der Zugriff auf Anlagendaten, Planungs- und operative Informationen nur an wenigen Stationen des Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssystems (IPS-System) vollzogen werden kann. Das IPS-System-Spektrum reicht von einfachen MS-Office Produkten über Stand-Alone-Applikationen der Instandhaltung (z. B. IPS-Systeme wie ApiPro oder WartMan) bis hin zu in Warenwirtschaftssysteme integrierten Instandhaltungsmodulen (z. B. SAP-PM).

Die Erfüllung der Aufgaben der betrieblichen Instandhaltung hinsichtlich

- der Stammdatenerfassung von Objekten im IPS-System,
- des Monitoring von Auftragsstatus und Fortschrittskontrolle,
- der Verfolgung der Ausstattung/Konfiguration eines Instandhaltungsobjekts,
- der Qualifizierung der Ausführung von Instandhaltungsaufgaben an einem Instandhaltungsobjekt und deren Dokumentation,
- der quantitativen Analyse von Prozessen

ist heute im Wesentlichen papierbasiert, mit manuellen Datenerfassungstätigkeiten und Systemeingaben verbunden und von Medienbrüchen geprägt. Eine neue Qualität bringen hier mobile Endgeräte (z. B. Personal Digital Assistant PDA, industrielle Handhelds oder Notebooks), die entweder die Mitnahme von Daten an den Ort des Geschehens (Offline-Kommunikation) oder den echtzeitnahen Zugriff auf Informationen des IPS-Systems

---

G. Müller · C. Plate (✉)

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg, Deutschland

E-Mail: cathrin.plate@iff.fraunhofer.de

(Online-Kommunikation) ermöglichen. In Verbindung mit der Implementierung mobiler Endgeräte in die Arbeitsprozesse gewinnen Technologien zur Auto-Identifikation an Bedeutung. Eine Zielrichtung des Einsatzes der Technologien zur Auto-Identifikation (z. B. Barcode, Direct Part Marking, Radio Frequenz Identifikation RFID) in Kombination mit der mobilen Datenerfassung und -kommunikation ist die Verringerung der operativen Arbeitszeit durch Senken der Zeiten für Dokumentations- und Informationsaustauschprozesse in den jeweiligen Arbeitsprozessen (Müller et al. 2007). Weiterhin ist es möglich, Fehlerquellen – bedingt durch fehlende Identifizierungsmöglichkeiten, Verwechslungen oder manuelle Datenerfassungsaufgaben – zu reduzieren.

Die betriebliche Praxis zeigt hier, dass es nicht ausgeschöpfte Verbesserungspotenziale in der Ablauf- und IT-Organisation in vielen Instandhaltungsbereichen gibt. Forciert wird diese Entwicklung durch die zunehmende Forderung nach Transparenz im Instandhaltungsgeschehen und durch die allgemeinen Entwicklung von Automatisierungs-, Kommunikations- und informationstechnischen Einheiten.

---

## 16.2 Anwendung von RFID in der Instandhaltung

Die RFID-Technologie bietet die in Abb. 16.1 dargestellten Eigenschaften (passiv/aktiv, Read-Only/Read-Write, etc.), auf denen die entsprechenden Anwendungsszenarien in der Instandhaltung (IH) aufbauen. Hierbei lassen sich bestimmte Nutzungsarten, die typische Einsatzgebiete darstellen, erkennen. Diese Nutzungsarten sowie deren technische Umsetzung in der Instandhaltung werden im Folgenden kurz vorgestellt. Für eine detaillierte Beschreibung der zugrunde liegenden Funk-Technologien wird auf entsprechende Fach- und weiterführende Literatur verwiesen (z. B. BMWI 2007; Kern 2006; Müller et al. 2006).

Allen Anwendungen immanent ist die Kommunikation zwischen einem Transponder (auch Tag genannt) und einem Erfassungs- bzw. Kommunikationssystem, das mobil (mobiles Endgerät) oder stationär (stationäre Antenne, Gate) sein kann sowie über dieses die Kommunikation mit einem beliebigen zentralen IT-System. Hierbei werden zwei Konzepte unterschieden:

- Data-on-Tag: Der Transponder enthält die relevanten Daten zum Objekt oder zum Prozess, diese werden über ein Erfassungssystem ausgelesen oder modifiziert. Der Zugriff über eine Kommunikationseinheit auf ein zentrales IT-System ist nicht notwendig, da alle benötigten Daten vor Ort vorhanden sind.
- Data-on-Network: Der Transponder enthält nur eine eindeutige Identifikationsnummer (ID), alle relevanten Daten sind in einem zentralen IT-System gespeichert und über eine Online-Schnittstelle im Zugriff.

In der Praxis werden auch Mischkonzepte angewendet, wenn nicht alle Daten vom Transponder mit dem zentralen System synchronisiert werden. Die Synchronisation er-

Typ	Technologie	Anwendungsfelder
<b>1</b>	▪ RO/WORM, passiv LF/HF/UHF	▪ <b>Identifizierung</b> von Objekten ▪ mobiles Auftragswesen
<b>2</b>	▪ RW, passiv HF/UHF ▪ max. 4 kByte/256bit	▪ <b>Identifizierung</b> von Objekten ▪ <b>Datenspeicherung</b> am Objekt ▪ mobiles Auftragswesen
<b>3</b>	▪ RW, passiv HF, mit µP und Sensorik, max. 64kByte ▪ Dual Interface (Kommunikationsschnittstellen mit anderen Systemen)	▪ <b>Identifizierung</b> von Objekten ▪ <b>Überwachung mit Sensoren</b> und Signalverarbeitung mit µP; Ergebnisausgabe ▪ <b>Zustandsorientierte Instandhaltung (ZOI)</b> ▪ mobiles Auftragswesen
<b>4</b>	▪ RO aktiv (UHF, MW, UWB)	▪ <b>Identifizierung</b> von Objekten ▪ <b>räumliche, lokal begrenzte Verfolgung</b> mobiler Instandhaltungsobjekte
<b>5</b>	▪ RO aktiv, mit µP und Sensorik, GPS (UHF, MW, UWB)	▪ <b>Identifizierung</b> von Objekten ▪ <b>globale Verfolgung</b> mobiler Instandhaltungsobjekte ▪ <b>Überwachung mit Sensoren</b> und Signalverarbeitung mit µP; Ergebnisausgabe

LF – Low Frequency  
 HF – High Frequency  
 UHF – Ultra High Frequency  
 MW – Micro Wave  
 UWB – Ultra Wide Band

RO – Read Only  
 RW – Read Write  
 WORM – Write Once Read Many  
 µP – Mikroprozessor  
 GPS – Global Positioning System

**Abb. 16.1** Typisierung von RFID-Merkmalen und deren Anwendung in der Instandhaltung

folgt dabei entweder Online (z. B. über WLAN bei mobilen Endgeräten, kabelgebunden oder per Funk bei stationären Erfassungseinheiten) oder Offline (z. B. Dockingstation bei mobilen Endgeräten, spezifische Auswertungssoftware bei stationären Erfassungssystemen).

Für die Integration von RFID-Systemen in Instandhaltungsprozesse sind bereits sehr viele passive Transponder entwickelt worden, die im Metallumfeld hervorragend arbeiten, robust sind gegenüber aggressiven Medien oder hohen Temperaturen und eine garantierte Lebensdauer (in der Regel mindestens 10 Jahre) haben. Die Anschaffungskosten solcher Transponder liegen je nach Spezifikation zwischen 2 bis 10 € pro Stück. Es gibt mehrere Hersteller, die sowohl Serientransponder als auch kundenindividuelle Lösungen (z. B. temperaturbeständig bis 200 °C) für die Instandhaltung anbieten. Aktuell werden Transponder auch mit verschiedenen Sensoren (z. B. Temperatur, Stoß) als Datenlogger angeboten.

Sende-Empfangseinheiten (Reader) sind ebenfalls für den industriellen Einsatz verfügbar. Sie werden entweder stationär (z. B. Antennentechnik, Gates) oder in Kombination mit mobilen Endgeräten angeboten. Mobile Endgeräte können Personal Digital Assistants PDA, industrietaugliche Handhelds (auch mit diversen Schutzgraden und Ex-Schutz) oder auch Handys (z. B. Nokia Field Force) sein.

Die Integration in die jeweiligen IT-Systeme erfolgt entweder unternehmensindividuell oder mit Hilfe spezifischer Umgebungen wie z. B. dem SAP-Mobile Assistant Management (MAM) oder Edge Server.

### **16.2.1 Identifizierung von Instandhaltungsobjekten**

Für Aufgaben der Identifikation in Instandhaltungsprozessen sind Systeme auf Basis der Funkfrequenzen 135 kHz (LF), 13,56 MHz (HF) und 868 MHz (UHF) bereits eingeführt. Im Frequenzbereich 13,56 MHz ist es zudem möglich, viele Daten auf dem Transponder zu speichern. Aktuell sind dies bis zu 32 kBit. Die anderen Frequenzbereiche offerieren eine Speicherkapazität bis zu 256 Bit. In einem Metallumfeld sinkt allerdings die erzielbare Kommunikationsreichweite zwischen Transponder und der Sende-Empfangseinheit. In logistischen Anwendungen stellt dies einen Nachteil dar. Für Instandhaltungsaufgaben ist eine eindeutige Identifikation im Nahfeld jedoch durchaus erwünscht, denn dadurch kann sichergestellt werden, dass die „richtige Tätigkeit am richtigen Objekt“ ausgeführt wird. Auf Basis passiver LF-, HF- oder UHF-Transponder sowie aktiver Transponder kann eine eindeutige Erkennung von Objekten im Sinne einer Kennzeichnung erreicht werden, z. B.:

- Eindeutige Identifizierung von Objekten wie
  - Gleichteilen in der Anlagenstruktur mit unterschiedlichem Alter oder Instandhaltungsintervall,
  - Schmier- oder Diagnosemessstellen,
  - bauähnlichen Teilen/Komponenten im Ersatzteil-Lager,
  - mobilen Betriebsmitteln (Werkzeuge, Fahrzeuge, Flurförderzeuge).
- Qualifizierung von Aufträgen durch RFID-Scannen des Objekts in Verbindung mit mobilem IH-Auftragsmanagement (die „richtige“ Tätigkeit am „richtigen“ Objekt).
- Zugangskontrolle (Personal fremd/eigen).

Durch den RFID-Einsatz werden Fehlerquellen beseitigt oder vermieden, die durch eine fehlende oder nicht-lesbare (z. B. überlackierte Typenschilder, verschmutzte Schilder) Kennzeichnung erzeugt werden.

Benötigt wird auf dem Transponder eine Identifikationsnummer (ID), die entweder vom Transponder selbst durch seine eigene ID (RFID-Transponder) oder durch eine von der Instandhaltung vergebene Nummer (z. B. Equipmentnummer im IPS-System) erzeugt wird. Im Zusammenhang mit dem Auslesen der ID können auf einem mobilen Endgerät weitere Daten erfasst werden wie Datum und Uhrzeit der Lesung. Diese Funktionalität ist damit dem Barcodeeinsatz gleichzusetzen, vermeidet aber dessen Schwachstellen (z. B. direkter Sichtkontakt notwendig, Beschädigung der Barcode-Oberfläche verhindert Erkennung). Die Interaktion des passiven Transponders mit z. B. einem mobilen Endgerät besteht im Auslesen des Transponders und dem Zwischenspeichern der Daten, bevor diese

mit dem zentralen System synchronisiert werden, um z. B. das Abgehen einer Inspektionsrunde oder die Erfassung von Störungen zu dokumentieren.

Neben der innerbetrieblichen Anwendung zur Kennzeichnung von Anlagenobjekten gibt es bereits marktfähige Applikationen von Anbietern von Mess- und Diagnosetechnik für die Kennzeichnung von Mess- und Diagnosestellen in einer Anlage. Zu nennen ist hier u. a. das Unternehmen AssaLub mit seinem computergestützten Handschmiersystem LubeRight (AssaLub 2009), wobei jeder Schmierpunkt mit einem LF-Transponder ausgerüstet ist. Eine vergleichbare Lösung bietet das Unternehmen FAG Industrial Services mit dem Detector III Kit (FIS 2009) für die Kennzeichnung von Messstellen für die Schwingungsdiagnose mittels HF-Transponder an.

Aber auch Anlagenhersteller beginnen ihre Produkte mit RFID auszustatten. Stellvertretend seien hier der Stapler-Hersteller Jungheinrich AG (RFID zur Palettenidentifikation und Kommunikation mit dem Lagerverwaltungssystem) im Rahmen des BMBF-Projektes „IdentProLog“ (IdentProLog 2006) oder das BMWI-Projekt „Mobile Servicewelten“ (Mobile Servicewelten 2006) genannt.

### 16.2.2 Datenspeicherung direkt am Objekt

Dominierend ist hier die Technologie passiver Transponder auf HF- oder UHF-Basis. Es werden eine ID sowie weitere Daten auf einem Transponder am Objekt gespeichert. Die speicherbare Datenmenge wird begrenzt von der jeweiligen Speicherkapazität des Transponders, aktuell sind bis zu 32kBit (HF) möglich. Damit sind im Bereich der Instandhaltung die folgenden Aufgaben lösbar:

- Speicherung von Daten zum IH-Objekt (Anlage, Bauteil, Werkzeug, Betriebsmittel) direkt vor Ort, z. B.
  - Anlagenkennzeichen, Typenschildangaben oder technische Stammdaten des Objekts,
  - Zertifizierungsangaben,
  - Arbeitsschutzanweisungen,
  - Arbeitspläne und Wartungs-/Inspektionsanweisungen als Checkliste,
  - aktuelle Konfiguration (Zubehör) oder Ersatzteilzuordnung,
  - Kennzahlen der IH zum Objekt (z. B. MTTR, MTBF).
- Nutzung für das Auftragsmanagement mit mobilen Endgeräten und Lebenslaufverfolgung eines Objekts:
  - Qualifizierung des Objekts (z. B. Auftrag wird nur geöffnet/fertig gemeldet, wenn der Transponder unmittelbar zuvor gelesen wird),
  - Wer hat Wann Was gemacht? (IH-Historie),
  - Objekt-Zustände (Verschleißzustände, Diagnosewerte, letzte Kalibrierung, etc.)



- sehr hohe Speicherkapazität
- passive Transponder als spezielle on metal Bauformen (ca. 2,50 bis 10,00 Euro/Stck. in Abh. von Bestellmenge und Features)
  - mit Schutzgraden (IP 65, IP 67, Ex-Schutz, ...)
  - Verträglichkeit auch hoher Temperaturen
  - resistent gegen aggressive Medien
  - lange Lebensdauer (>10 Jahre)
  - Integration mit Sensorik
- datentechnisch einfache Schnittstellen (z.B. SAP-RFC, SAP-MAM; XML, Sharepoint, Webservices)
- insbesondere in der betrieblichen Instandhaltung sehr viele Referenzprojekte bereits realisiert:
  - Airbus, FRAPORT, Wacker Chemie, SOLVAY, Rhein Papier Hürth, Alunorf, Daimler, Ticona, PCK Schwedt, STEAG/Evonik Energy, ...
- für den After Sales Service werden Transponder (z.T. verdeckt) ebenfalls bereits eingesetzt:
  - Siemens (Telefone), VEM Motors, Jungheinrich AG, ...

**Abb. 16.2** Datenspeicherung mit der HF-Technologie. (Fotos von Smart-Tec GmbH & Co. KG, Tectus Transponder Technology GmbH, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF 2009; Smart-TEC 2009; TECTUS 2009; Fraunhofer und Institut 2009)

Die Daten werden vom Transponder mittels eines mobilen Endgeräts ausgelesen und dort angezeigt. Daten können auf dem mobilen Endgerät geändert und ergänzt und anschließend auf den Transponder zurück geschrieben werden. Über das mobile Endgerät werden die Daten mit dem zentralen System synchronisiert, z. B. als Rückmeldung nach Auftragsbeendigung (Online per WLAN) oder zum Schichtende (Offline per Dockingstation).

Die Abb. 16.2 fasst die Vorteile der HF-Technologie für die Datenspeicherung am Objekt zusammen.

Für Applikationen im Umfeld kooperativer Instandhaltprozesse zwischen Betreibern und Herstellern bzw. anderen Dienstleistern sind entsprechende Nutzer- und Rechtekonzepte zu implementieren. Als Beispiele seien hierzu die Projekte des Unternehmens VEM Motors GmbH (Müller 2006), der Daimler AG (Ehleiter 2007) oder das Projekt LogIDSoft (Dorochevsky und Hiesinger 2008) genannt. Weitere Anwendungsbeispiele in der innerbetrieblichen Instandhaltung sind in (Bandow und Martin 2007) zu finden.

### 16.2.3 Lokalisierung von mobilen Objekten

Hier können neben den passiven ebenfalls aktive Technologien genutzt werden. Für räumlich begrenzte Lokalisierungsaufgaben werden Systeme im Frequenzbereich 868 MHz (UHF, passiv mit eingeschränkter Reichweite), 2,4 GHz, 5,8 GHz oder im Ultra Wide Band-Bereich von 3 bis zu 10 GHz eingesetzt. Es werden verschiedene Lösungen am

Markt angeboten. Die zuletzt genannten nutzen aktive Transponder mit einer Batterie, wodurch sich die Kommunikationsreichweiten drastisch erhöhen.

Mit passiven Transpondern (UHF) an den Objekten kann identifiziert und lokalisiert werden:

- direkt über eine in ein mobiles Endgerät integrierte WLAN-Komponente,
- indirekt mit stationären Erfassungseinheiten (Gates, Antennen), deren Position (z. B. an Toren, an Hauptwegen) bekannt ist.

Beim Einsatz stationärer Gates sind die Bereiche ermittelbar, in denen sich ein Objekt nach Durchfahren des Gates befinden muss (z. B. mobile Betriebsmittel, Behälter).

Mit aktiven Transpondern lassen sich die folgenden Ortungsprinzipien umsetzen:

- laufzeitbasierte Positionsbestimmung,
- signalstärkebasierte Positionsbestimmung,
- Sensornetzwerke.

Es handelt sich aktuell entweder um proprietäre Ortungssysteme mit Hardware- und Softwarekomponenten, welche präzise aufeinander abgestimmt sind, oder um WLAN-basierte Systeme, welche eine vorhandene Infrastruktur nutzen können. Hardwareseitig gehören zum System aktive Transponder und mehrere Funk-Antennen oder WLAN-Access-Points. Eine weitere Komponente stellt die Schnittstelle zur Datenbank und zur jeweiligen Hardware dar. Dort werden alle identifizierten Lesungen von der Hardware entgegengenommen und strukturiert mit Zeitstempel in einer Datenbank abgelegt. Im nächsten Schritt werden die Daten mit einer weiteren Komponente aufbereitet und dem Nutzer z. B. als browserbasierte ASP/PHP-Applikation zur Verfügung gestellt.

Anwendung in der Instandhaltung finden Ortungssysteme für die Verfolgung von z. B. instandhaltungsbedürftigen mobilen Objekten wie Flurförderzeugen, von Werkzeugen, Betriebsmitteln (Ließmann und Richter 2008) oder Personen.

#### 16.2.4 Zustandsbestimmung über Zeit und den Prozess

In diesem Anwendungsfeld erfolgt die Integration von semi-passiven oder aktiven RFID-Komponenten mit Sensorik und verarbeitender Intelligenz wie Microcontrollern. Hinzukommen können ebenfalls Ortungseinheiten (z. B. GPS, RFID-WLAN-Ortungssystem). Prozessbezogen werden Ereignisse (z. B. Erschütterungen, Überschreiten von Temperaturgrenzen) und Zustände des Objekts (z. B. Sensordaten, Auftragszustände) direkt am Objekt erfasst, ggf. ausgewertet und gespeichert. Die Daten können dann mit mobilen oder stationären Endgeräten ausgelesen und zentral weiter verarbeitet werden.

Kontaktlose Messgrößen in Kombination mit RFID können sein: Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Beschleunigung, Vibration, Kraft, Abstand, Dehnung, Position und Zentrierung, etc. Federführend sind hierbei neben Entwicklungen aus dem Logistikbereich (u. a.

TRACK 2005; Ockenfuss et al. 2009) spezifische Entwicklungen von Transponderherstellern für den Instandhaltungsbereich.

Solche Sensorik-Komponenten sind dort geeignet, wo Instandhaltungsobjekte keine eigene Intelligenz besitzen, aber permanent überwacht werden sollen (z. B. Datenaufnahme im Rahmen einer zustandsorientierten Instandhaltung, keine Online-Überwachung möglich).

Ein weiteres Einsatzfeld besteht in der erstmaligen Datenaufnahme zur Ermittlung einer passenden Instandhaltungsstrategie, wenn z. B. nicht bekannt ist, ob für eine zustandsorientierte Instandhaltung überhaupt signifikante Messwerte am Objekt und den zugänglichen Stellen auftreten. Die Sensorik-Komponenten sind flexibel anbringbar und in ihrer Lebensdauer vorrangig durch die Batterielebensdauer begrenzt. Aktuell können sie in Abhängigkeit von den gewählten Betriebsparametern (z. B. Messung einmal pro Minute) bis zu einem Jahr Daten erfassen und speichern.

---

## 16.3 RFID in der Instandhaltung – Was bringt die Zukunft?

### Integration mit Virtual und Augmented Reality

Ein Einsatzgebiet für Virtuelle Funktionsmodelle (3-D-Anlagenmodelle mit Interaktionsfunktionen) ist die Unterstützung des Instandhalters während der Arbeit am Einsatzort. Durch multimediale Endgeräte (z. B. Laptops, PDA's, Handhelds) werden über Assistenzsysteme für Diagnose-, Reparatur- oder Wartungsaufgaben interaktive Anleitungen, Dokumentationen oder Hilfen direkt am Ort des Geschehens abrufbar. Eine Verbindung mit dem realen Objekt über die RFID-Technologie liefert Unterstützung für die Identifizierung des Objekts und kann zudem objektbezogene Geometrie- oder Zustandsdaten liefern. Derartige Erweiterungen der realen Umgebung durch Modelle aus der Virtuellen Realität (VR) werden unter dem Begriff „Augmented Reality“ (AR) zusammengefasst.

Aktuell konzentriert sich die Forschung zur AR auf die Frage, wie die virtuellen Komponenten in der realen Arbeitsumgebung bereitgestellt werden können. Es entstehen Formen der Mensch-Technik-Interaktion unter Anwendung von neuen Ein- und Ausgabegeräten wie Datenbrillen, in die der Anwender Zusatzinformationen eingespielt bekommt (mittlerer Bildteil in Abb. 16.3). Für die Akzeptanz der letztgenannten Techniken ist es erforderlich, die Entwicklung peripherer Systeme voranzutreiben, die sich reibungslos in den Arbeitsalltag eines Instandhalters einfügen lassen.

RFID fungiert in solchen Szenarien als dezentraler Datenträger, der dem virtuellen Funktionsmodell relevante Daten wie Geometrie, Maße, Gewicht oder Anschlagpunkte für Ladehilfsmittel in situ zur Verfügung stellt. Fehlerquellen wie die falsche Zuordnung von realem Anlagenobjekt und virtuellem Funktionsmodell können so vermieden werden und der Datenabgleich vor Auftragsbeginn (Download auf mobiles Endgerät) wird reduziert.



**Abb. 16.3** RFID als Datenquelle für Virtual und Augmented Reality. (© Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF 2007; Fraunhofer und Institut 2009)

### Integration in Arbeitsmittel

Die RFID-Technologie zeichnet sich gegenüber herkömmlichen Identifikationstechniken durch die Kombinierbarkeit mit weiteren Automatisierungs- und IT-Komponenten wie Sensorik, Microcontrollern oder HMI-Elementen (z. B. Displays, Sprachausgabe) aus. Gleichzeitig unterliegen alle zuvor genannten Elemente Miniaturisierungs- und Migrationstendenzen, was deren Integration in allseits genutzte Objekte im Privatbereich oder im beruflichen Umfeld ermöglicht. Dadurch wird die direkte Integration von Informations- und physischen Prozessen vollzogen, ohne dass dies für den Nutzer ersichtlich ist oder eine Änderung seines Verhaltens erforderlich.

Ein Beispiel hierfür stellt der RFID-Handschuh dar (Schenk und Richter 2007, S. 230), der so konstruiert wurde, dass keine Antennenstruktur die Greifprozesse behindert, aber dennoch ein sicheres und eindeutiges Lesen eines Gutes ermöglicht wird. Zur Anbindung des RFID-Handschuhs an übergeordnete Systeme bedient man sich standardisierter Funk-schnittstellen, wie z. B. ZigBee oder WLAN. Mit einer integrierten, modular aufgebauten Energieversorgung über Standardakkus ist eine hohe Flexibilität im täglichen Einsatz gewährleistet.

Aus der Verknüpfung dezentraler Informationen am Objekt und zentraler Informationen entsteht so die Voraussetzung für eine Organisationslösung, die z. B. Handlingprozesse transparent abbildet und in der Lage ist, diese zu bewerten. Darauf aufbauend ist es möglich, prozessorientierte Regelkreise in verschiedenen Anwendungsfeldern zu etablieren. Mit Bezug zur Instandhaltung können dies sein:

- Demontage- und Montageprozesse mit Ausgabe relevanter Daten auf einem in den Handschuh integrierten Display oder
- Kommissionierprozesse im zentralen Ersatzteillager mit Warnung bei Falschentnahmen.

### Unternehmensübergreifende Prozesse

Zahlreiche RFID-Projekte in der Vergangenheit bezogen sich ausschließlich auf die Optimierung interner Prozesse. Das Erreichen eines wirtschaftlichen Vorteils ist hierbei zwar

gegeben, aber sobald Geschäftsprozesse und Daten die Unternehmensgrenzen verlassen, ein Anlagenlieferant oder Instandhaltungsdienstleister eingebunden werden soll, dann macht sich das Fehlen eines Branchenstandards bemerkbar. Dies bezieht sich sowohl auf verbindliche Referenzprozesse in der Instandhaltung, z. B. für die Stammdatenanlage von Anlagenobjekten, die Wartung oder Instandsetzung in externen Werkstätten, als auch auf das Fehlen von Datenmodellen zur Beschreibung der eigentlichen Instandhaltungsobjekte.

Lösungsansätze bestehen hierfür neben der Definition von Referenzprozessen und der Festlegung verbindlicher prozessimmanenter Daten im Aufbau von Sachmerkmalsleisten für Instandhaltungsobjekte. Dies würde den objektbezogenen Datenaustausch zwischen Herstellern, Lieferanten und Kunden vereinfachen. Ergebnis wäre ein branchenbezogener Datenaustauschstandard wie EDIFACT für die Supply Chain. Branchenanstrengungen wie z. B. innerhalb des Arbeitskreises „MTR – Maintenance Team RFID“ betreffen weiterhin Arbeiten zur Definition der Sicherheitsanforderungen der Daten auf dem Tag oder zur Festlegung von Richtlinien zur Anbringung von Tags an Instandhaltungsobjekten.

---

## 16.4 Zusammenfassung

Die Vielzahl der Projekte zeigt deutlich, dass sich RFID für die interne Prozessunterstützung bereits etabliert und durchgesetzt hat. Die realisierten Lösungskonzepte und Erkenntnisse sind je nach untersuchtem Fall und Unternehmen unterschiedlich. Der Schritt für unternehmensübergreifende Anwendungen in der Instandhaltung wird zukünftig durch die Bereitstellung von offenen Daten- und Prozessstandards möglich werden.

RFID etabliert sich aktuell als probates Mittel, um eine sichere und reproduzierbare sowie lückenlos verfolgbare Instandhaltung zu organisieren. Für die Arbeitsausführung oder zur Steuerung von Prozessen notwendige Informationen können direkt vor Ort ohne Anschluss an ein zentrales IT-System erhalten werden. Administrative und informationstechnisch aufwändige Prozesse werden im Betrieb vereinfacht.

Die Einführung von mobiler und RFID-Technologie in Instandhaltungsbereiche ist häufig mit einer kritischen Betrachtung der Ablauforganisation und der im Unternehmen aktuell ausgeschöpften IPS-System-Funktionen verbunden. Ein relevanter Nutzeffekt mobiler Systeme ist die vereinheitlichte Abwicklung von Aufträgen und die Absicherung der Informationen durch die Nutzung einer durchgängigen Software-Applikation. Durch RFID wächst z. B. die Sicherheit einer geordneten Auftragsabwicklung mit einer angemessenen Reaktionszeit. Gleichzeitig erfordert RFID einen eindeutigen Objekt- und Informationsbestand und fördert Transparenz sowie den Zwang zur Aktualität.

Manuell umständliche Prozesse werden mit mobilen Endgeräten und RFID automatisiert. Nebeneffekte sind z. B. die Vereinheitlichung von Stamm- und Bewegungsdaten, die Reduzierung von Fehler- und Fehlteilquoten oder Stillstandszeiten. Der Austausch von Produktions- oder Instandhaltungsdaten über das materielle Objekt selbst kann auch die Zusammenarbeit mit Geschäftspartnern festigen (z. B. Ersatzteillieferant, Werkstatt-Dienstleister).

Generell ist festzustellen, dass die RFID-Technologie mit den dazu gehörigen technischen Systemen einen Reifegrad hat, der sie für die Implementierung in Unternehmen – nach sorgfältiger Planung der Investition – infrage kommen lässt. Probleme der RFID-Technologie wie Einschränkungen durch ein Metallumfeld oder erreichbare Schreib-Leseentfernungen treten mehr und mehr in den Hintergrund. Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass die Systemanbieter den Markt für mobile und RFID-Lösungen bereits intensiv bearbeiten. Nischenprodukte für den RFID-Einsatz in rauen Industrieumgebungen (Bäuerlein 2009) sind verfügbar und werden weiter diversifiziert. Die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Systeme, die Preise der Systemkomponenten oder die weitere Standardisierung von Produkten aber auch Prozessen, sind Aspekte, welche eine Einführung vorantreiben.

Auch wenn die mobile und die RFID-Technologie letztendlich nur Hilfsmittel sind, so erbringen sie durch effektive und effiziente Abläufe in der Instandhaltung einen Beitrag zur Produktivitätsverbesserung und Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des gesamten Unternehmens.

---

## Literatur

- Assalub (2009) Computergestütztes Handschmiersystem. unter: [http://www.as-group-germany.com/pdf/luberight\\_deen.pdf](http://www.as-group-germany.com/pdf/luberight_deen.pdf), online am 7.2.2009
- Bandow, G., Martin, W. (Hrsg.) (2007) RFID in der Instandhaltung. Verlag Praxiswissen, Dortmund
- Bäuerlein, F. (2009) Manche mögen's heiß – RFID optimiert die Produktions- und Lieferprozesse von Gussaluminium. in: RFID im Blick, 11/2008, S. 40 f.
- BMWI (2007) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. RFID: Potenziale für Deutschland. Stand und Perspektiven von Anwendungen auf Basis der Radiofrequenz-Identifikation auf den nationalen und internationalen Märkten. März 2007. unter <http://www.bmwii.de/BMWi/Navigation/Service/publikationen,did=200778.html?view=renderPrint>, online: 20.1.2009
- Dorochevsky, M., Hiesinger, E. (2008) Anforderungen an eine unternehmensübergreifende RFID basierte IT-Service- und Instandhaltungsplattform. in: (Hrsg.) VDI Wissensforum GmbH, Produktivitätssteigerung durch Anlagenoptimierung, Tagung, Duisburg, 11.–12.6.2008, S. 127–136
- Ehleiter, J. (2007) Einsatz der RFID-Technologie in der Instandhaltung – Prozessoptimierung durch die RFID-Technologie am Beispiel von Kuka Industrieroboter. in: (Hrsg.) VDI Wissensforum IWB GmbH, VDI-Berichte 1991, Instandhaltung auf dem Prüfstand, Tagung, Stuttgart, 19.–20.06.2007, S. 255–265
- FIS (2009) FAG Detector III mit RFID. unter: [http://www.fis-services.de/gen/de/download/1/13/28/103/DetectorIII\\_Presentation\\_mit\\_RFID\\_de\\_0408.pdf](http://www.fis-services.de/gen/de/download/1/13/28/103/DetectorIII_Presentation_mit_RFID_de_0408.pdf), online: 7.2.2009
- Fraunhofer-Institut IFF (2007) <https://www.iff.fraunhofer.de>. Zugegriffen: 16.01.2009
- Fraunhofer-Institut IFF (2009) <https://www.iff.fraunhofer.de>. Zugegriffen: 20.01.2009
- IdentProLog (2006) Flexible Zielführung von Ladungsträgern in Produktion und Materialflusslogistik durch vollständig in den Informationsfluss integrierte Flurförderzeuge. BMBF-Forschungsprojekt, unter: <http://www.identprolog.de/>, online: 7.2.2009
- Kern, C. (2006) Anwendung von RFID-Systemen. Springer Verlag, Berlin Heidelberg

- Ließmann, M., Richter, K. (2008). RFID-Einsatz unter erschwerten Bedingungen – Kokillenverfolgung in einem Aluminiumschmelzwerk. AKIDA 2008, Aachener Schriften zur Rohstoff- und Entsorgungstechnik, Band 70, Verlag Zillekens, Stolberg, S. 505–512
- Mobile Servicewelten (2006) Mobile Servicewelten. BMWI-Forschungsprojekt. unter: <http://www.mobile-servicewelten.de/>, online: 5.2.2009
- Müller, W. (2006) Memory-Motor – Anwendung der RFID-Technologie im Elektromaschinenbau. in: (Hrsg.) VDI-Wissensforum GmbH, VDI-Berichte Nr. 1927, Instandhaltungs-Performance im Fokus, Tagung, Lahnstein, 16.–17.5.2006, S. 75–84
- Müller, G.; Richter, K., Plate, C. (2006) RFID-Systeme – Grundlagen und Anwendung. In: (Hrsg.) Geibig, K.-F.; Horn, G.: Der Instandhaltungs-Berater, TÜV Media GmbH, Köln, 31. Akt./Erg.-Liefg., Nov. 2006, Teil 08655, S. 1–34
- Müller, G., Richter, K., Plate, C., Mandelartz, J. (2007) Optimizing Maintenance Processes with RFID. Maintenance Management 2007, Third International Conference on Maintenance and Facility Management, September 2007, Rome, S. 223–228
- Ockenfuss, U., Speletz, H. F., Jansen, D. (2009) Aktiver RFID-Sensor – Erfassung und Auswertung von Umgebungsbedingungen. in: RFID im Blick, 11/2008, S. 38 f.
- Schenk, M., Richter, K. (2007) RFID in der Instandhaltung – Was bringt die Zukunft? in: (Hrsg) Bandow, G., Martin, W. RFID in der Instandhaltung. Verlag Praxiswissen, Dortmund, 2007, S. 223–233
- Smart-TEC (2009) Smart-Tec GmbH & Co. KG. <https://www.smart-tec.com/de>. Zugegriffen: 20.02.2009
- TECTUS (2009) TECTUS Transponder Technology GmbH. <http://www.tec-tus.de/de>. Zugegriffen: 20.01.2009
- TRACK (2005) Rückverfolgbarkeit durch Autonome Mikrosysteme zum kontinuierlichen Check von Konsumgütern – TRACK. BMBF-Forschungsprojekt. unter: [http://www.ipc.uni-tuebingen.de/weimar/research/researchprojects/track/track\\_flyer.pdf](http://www.ipc.uni-tuebingen.de/weimar/research/researchprojects/track/track_flyer.pdf), online: 20.1.2009



# Qualifizierung und Assistenz von Fachkräften in der Instandhaltung mit VR-Technologien

17

Jürgen Beuting und Wilhelm Termath

## Zusammenfassung

Der Beitrag skizziert die Anforderungen an die Qualifizierung und das berufsbegleitende Lernen von Fachkräften in der Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln. Weiterhin wird das Potential innovativer Lernumgebungen auf Basis von Technologien der Virtual Reality (VR) für die berufliche Weiterbildung und den Transfer von erfahrungsbasiertem Expertenwissen dargestellt.

## 17.1 Einleitung

In den Werkstätten des Schulungs- und Servicezentrum der Westnetz GmbH in Wesel werden umfangreiche Instandhaltungsaufgaben an Hochspannungsbetriebsmitteln (Leistungsschalter, Trennschalter und Leistungstrennschalter sowie Netztransformatoren bis zu einer Spannungsebene von 420 kV) durchgeführt. Die Qualifizierung der Instandhaltungsfachkräfte erfordert eine möglichst praxisorientierte Methodik zur Vorbereitung auf die verantwortliche Durchführung der Instandhaltungsaufgaben.

Bestimmte Funktionen und Wirkungsweisen der Betriebsmittel sind in der Realität jedoch nicht sichtbar bzw. nur in ihren Auswirkungen erfahrbar.

In einer virtuell-interaktiven Lernumgebung können die relevanten technischen Abläufe und physikalischen Prozesse so visualisiert werden, dass sie zusammen mit der

---

J. Beuting  
Schulungs- und Servicezentrum der Westnetz GmbH  
Reeser Landstraße 41, 41468 Wesel, Deutschland

W. Termath (✉)  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF  
Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg, Deutschland  
E-Mail: wilhelm.termath@iff.fraunhofer.de

Darstellung und Einübung von Arbeitsschritten eine wesentliche Verbesserung der Lernergebnisse erwarten lassen. Der Beitrag skizziert die Anforderungen an die Qualifizierung der Fachkräfte und zeigt das Potential innovativer Lernumgebungen auf Basis der Virtual Reality (VR) für die berufliche Weiterbildung und den Transfer von erfahrungsbasiertem Wissen der Experten auf.

---

## 17.2 Anforderungen an die Qualifizierung von Fachkräften in der Instandhaltung

Die Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln erfordert auf der Basis einer soliden Ausbildung in einem elektrotechnischen Beruf Fachkenntnisse der Gerätefunktionen, der Grunddaten und Grenzwerte sowie fundiertes Erfahrungswissen zur Beurteilung von Befunden der Zustandserfassung und zur Definition und Erklärung des Handlungsbedarfes. Messgeräte und Spezialwerkzeuge müssen fachgerecht eingesetzt werden, die Messwerte sind auszuwerten und zu interpretieren. Nicht zuletzt muss der Allgemeinzustand der Geräte hinsichtlich der Betriebssicherheit beurteilt werden können.

Die auf die jeweilige Spezifikation der Transformatoren und Schaltgeräte ausgerichteten Schulungskonzepte und Curricula sind spezialisiert auf die intensive Vermittlung

- der erforderlichen theoretischen Grundkenntnisse,
- der allgemeinen und speziellen Kenntnisse der Funktionen,
- der Grunddaten,
- der Grenzwerte und Gefahren sowie
- der Erkennung von Gerätefehlern und Bestimmung des Handlungsbedarfes.

In einem je nach Gerätetyp abgestuften System von Schulungen im Umfang von insgesamt ca. 15 bis 25 Tagen werden in einem berufsbegleitenden Zyklus von 6 bis 12 Monaten diese Kenntnisse anhand von Präsentationen, Lehrfilmen, Anschauungsobjekten wie Mustern und Materialproben sowie praktischen Übungen an Modellen vermittelt. Die sichere Bearbeitung der Instandhaltungsaufgaben erfordert aber über das umfassende Fachwissen hinaus die Einübung von Arbeitsprozeduren und die selbstständige Fehleranalyse bei Störungen. Deshalb wird die Qualifizierungsphase durch eine intensive Anleitung der Mitarbeiter am Arbeitsplatz ergänzt. Damit wird deutlich, welch hoher Stellenwert der fachpraktischen Seite der Weiterbildung zukommt, zumal für die Teilnahme am Schulungsprogramm eine mehrjährige Tätigkeit in der Instandhaltung vorausgesetzt wird.

Diese Praxisorientierung wird allerdings dadurch erschwert, dass es nicht möglich ist, die funktionalen Vorgänge in den Betriebsmitteln in der Realität zu beobachten. Deren Verständnis erfordert von den Fachkräften ein hohes Maß an technischem Wissen, Abstraktionsfähigkeit und Vorstellungsvermögen. Aufgrund der über Jahrzehnte währenden Betriebsdauer vieler Anlagen und den relativ langen Zyklen von Instandhaltung und Zustandserfassung zwischen 2 und 12 Jahren ist es von herausragender Bedeutung, das

Erfahrungswissen der Fachkräfte für das Unternehmen zu erschließen und für nachrückende Mitarbeiter ebenso wie für die Weiterentwicklung von Instandhaltungsanleitungen und Schulungsunterlagen nutzbar zu machen.

Insbesondere diese begleitende arbeitsplatznahe Qualifizierung bedeutet einen hohen Aufwand an Personal und Zeit. Hinzu kommt, dass die im Einsatz befindlichen Betriebsmittel aus Sicherheitsgründen und wegen der Integration in überregionale bzw. internationale Strukturen der Energienetze kaum für Schulungszwecke genutzt werden können. Die unabdingbare strikte Beachtung aller einschlägigen Sicherheitsregeln erschwert ebenfalls ein realitäts- und arbeitsprozessnahes Training.

---

### 17.3 Lernen im Arbeitsprozess

Die Bedeutung des Lernens im Prozess der Arbeit nimmt gegenüber dem formellen Lernen in Bildungseinrichtungen und seminaristischen Veranstaltungen seit langem zu. Dies liegt zum einen darin begründet, dass sich Organisationen immer mehr als lernende Systeme verstehen, die sich mit ihrem Umfeld stetig wandeln müssen, zum anderen aber auch darin, dass die in formalen Aus-, Fort- und Weiterbildungseinrichtungen erworbenen Kompetenzen die wachsenden praktischen Anforderungen in der Arbeitswelt nicht befriedigend abdecken.

Lernen betrifft dabei sowohl individuelle Aneignungsprozesse und den individuellen Wissenszuwachs, als auch die Kompetenz, dieses Wissen koordiniert zur Anwendung zu bringen und – wo sinnvoll – gemeinschaftlich verfügbar zu machen, also zu kommunizieren. Deshalb gibt es kein individuelles Lernen ohne organisationales Lernen und umgekehrt (Dick 2005).

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass ein wesentlicher Anteil professioneller Kompetenzen über Erfahrung im Arbeitsprozess erworben wird. Diese Aneignung erfolgt jenseits vorbereiteter Lernanlässe, sie ist in den Arbeitsprozess eingebettet. Zugleich bedeutet es, dass sie beiläufig ausgelöst und vollzogen wird, dass der Kompetenzzuwachs implizit und unbemerkt verläuft, dass der Prozess auf vielfältige Art durch die Organisation (Regeln, Arbeitsteilung, Kultur) vermittelt ist und dass sich das erworbene Wissen auf einen begrenzten Geltungsbereich bezieht (Fischer 2007).

Aufgrund dieser Einbettung in den Arbeitsprozess lassen sich die wesentlichen Bedingungen für die Aneignungs- und Lernprozesse nicht im Labor simulieren. Für deren Untersuchung in natürlicher Umgebung stehen umgekehrt aber keine experimentellen Methoden zur Verfügung. Erforderlich ist vielmehr eine Gestaltung der Arbeitsprozesse, die berufliche Lernprozesse fördert. Auf der Basis einer zusammenfassenden Analyse von Ansätzen beruflichen Lernens im Arbeitsprozess stellt Thomas Mühlbradt die Forderung nach dynamischen Handlungsspielräumen, Beteiligung und Eigenverantwortung für die Beschäftigten heraus (Mühlbradt 2014).

## 17.4 Qualifikationen und Kompetenzen

Die skizzierten Rahmenbedingungen machen deutlich, dass die qualifikatorischen Anforderungen an die Fachkräfte weit über das Curriculum des technischen Fachwissens hinausgehen. Die Verfügung über umfangreiches und interdisziplinäres Fachwissen ist eine Grundvoraussetzung für die Aufgabenbewältigung und muss laufend aktualisiert werden. Hinzu kommt die Notwendigkeit, ökonomische, ökologische und juristische Aspekte einzubeziehen. Die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams verweist auf Anforderungen wie Teamfähigkeit und Verantwortungsbewusstsein.

Wegen der besonderen Bedeutung der Kooperation über Disziplinen und Hierarchieebenen hinweg soll im Folgenden der Begriff der Kompetenzen erläutert werden, weil mit dem Kompetenzbegriff die besonderen Anforderungsmerkmale der Instandhaltung präziser zu fassen sind.

In einer Studie zur Kompetenzentwicklung unter Nutzung von modernen Kommunikationstechnologien bezeichnen die Autoren in Auswertung von definitorischen Ansätzen **Kompetenzen** als „Dispositionen zur Selbstorganisation“. Damit sind die inneren Voraussetzungen zur Regulation einer Tätigkeit gemeint. Als selbst organisiert wird jedes Handeln in offenen Problem- und Entscheidungssituationen charakterisiert (Erpenbeck und Sauter 2007).

Die Relevanz dieser Diskussion für die Definition eines Anforderungsprofils in der Instandhaltung wird deutlich, wenn der Kompetenzbegriff von Attributen, wie Fertigkeiten, Fähigkeiten, Wissen und Qualifikationen, abgegrenzt wird.

Der Erwerb von *Fertigkeiten* ist weniger von Begabung oder Talent abhängig, sondern mehr von der Übung bestimmter Tätigkeiten. Sie sind unmittelbar handlungszentriert, erfordern nur eine geringe Bewusstseinskontrolle und beschränken sich auf eher stereotypische berufliche Handlungsbereiche.

Mit *Fähigkeiten* werden psychische Bedingungen und lebensgeschichtlich erworbene Eigenschaften bezeichnet, die den Tätigkeits- und Handlungsvollzug steuern.

Als *Qualifikationen* werden definierte Komplexe von Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten bezeichnet, die für die anforderungsorientierte Ausübung beruflicher Tätigkeiten erforderlich sind.

Mit Hinweis auf eine Arbeit von Weinert (Weinert 2003) belegen Erpenbeck und von Rosenstiel die Einbettung des Kompetenzansatzes in den Bereich der Selbstorganisation (Erpenbeck und Rosenstiel 2007). Das Kompetenzkonzept soll angewandt werden:

- im Hinblick auf die erfolgreiche Bewältigung komplexer Anforderungen, die selbst organisiertes Handeln erfordern,
- wenn für die Bewältigung dieser Anforderungen sowohl kognitive, d. h. fachlich-methodische, motivationale (personale), willensmäßige (aktivitätsbezogene) und sozial-kommunikative (aktivitätsbezogene) Komponenten erforderlich sind,
- wenn der Komplexitätsgrad der Anforderungen so hoch ist, dass sie ohne selbst organisierte Handlungsstrategien nicht bewältigt werden können,

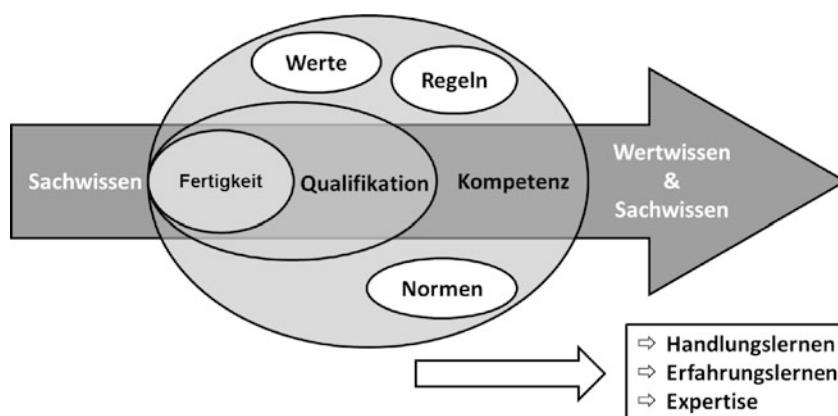
- wenn Lernprozesse, insbesondere Formen des informellen und impliziten Lernens im Prozess der Arbeit, zu den unabdingbaren Voraussetzungen der Aufgabenbewältigung gehören.

Die Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln erfordert von den technischen Fachkräften häufig die verantwortliche Beurteilung von Betriebszuständen, Messdaten oder Fehlerbildern. Neben einer qualifizierten Analyse sind auch die richtigen Konsequenzen z. B. aus Fehler- und Schadensmeldungen oder Wartungsprotokollen zu ziehen. Die Mitarbeiter sind gefordert, situativ Entscheidungen zu treffen und entsprechende Ermessensspielräume wahrzunehmen. Für dieses verantwortliche, problemlösende Handeln ist über die fachlichen Wissensaspekte hinaus die handlungsleitende Verinnerlichung betrieblicher Werte, Normen und Regeln von herausragender Bedeutung.

In der folgenden Abb. 17.1 wird dieser Zusammenhang verdeutlicht. Die Förderung von Kompetenz vollzieht sich in der beruflichen Handlungssituation, in der mehr oder weniger expliziten Reflexion von Erfahrung.

Aus den genannten Sachverhalten ergeben sich Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung in der Instandhaltung. Das Handeln in beruflichen Instandhaltungssituationen erfordert seitens der Fachkraft sowohl geeignete Qualifikationen als auch die Kompetenzen zur umfassenden, vollständigen und verantwortlichen Bearbeitung eines Auftrages.

Für die Gestaltung von Weiterbildungsmaßnahmen stellt sich damit die Aufgabe, auch in einer überwiegend seminaristischen Lernsituation eine realitätsnahe Bearbeitung von Arbeitsprozessen zu ermöglichen.



**Abb. 17.1** Kompetenzentwicklung im Netz. (Eigene Darstellung nach Erpenbeck und Sauter 2007, S. 69)

## 17.5 Qualifizierung und Transfer von Erfahrungswissen

Die Fachkräfte in der Instandhaltung verbinden bei anspruchsvollen Problemlösungsprozessen das systematische Fachwissen mit reflektierten Erfahrungen aus der Bearbeitung besonders schwieriger Aufgaben (Schaper und Sonntag 1997). Die selbständige und verantwortliche Bearbeitung von Arbeitsaufgaben erfordert zusätzlich die Berücksichtigung betrieblicher Normen, Werthaltungen oder auch Tabus. Diese Einflussfaktoren entwickeln und verfestigen sich als implizites Wissen insbesondere in konkreten Arbeitssituationen. Sie haben erhebliche handlungsleitende Wirkung, auch wenn sie nicht in jedem Fall bewusst wahrgenommen oder expliziert werden (Böhle 2010; Neuweg 2004).

Die Erschließung dieses Wissens ist für die inhaltliche und didaktische Ausgestaltung von Lernszenarien dennoch von großer Bedeutung, weil sie die Offenlegung der Handlungsstrategien der Experten ermöglicht (Neuweg 2004; Schilcher 2006; Katenkamp 2011). Einige Autoren verweisen jedoch auch kritisch auf die Widersprüchlichkeit des Anspruches, implizites Wissen explizieren zu wollen (Schreyögg und Geiger 2003).

Tatsächlich ist der Transfer des impliziten Wissens eine methodische Herausforderung. Das Wissen ist in seiner Entstehung an konkrete Situationen gebunden, sodass für seine Erschließung diese Situationen adressiert werden müssen. Mit narrativen Methoden wie dem Triadengespräch (Dick et al. 2010), Facharbeiter-Experten-Workshops (Spöttl 2005) oder Experteninterviews können bestimmte Schlüsselerlebnisse nacherzählt und damit die einer Handlungsstrategie zu Grunde liegenden Werthaltungen und Erfahrungsanteile nachvollziehbar offengelegt werden.

---

## 17.6 Lösungsansatz: Virtuell-interaktive Lernumgebungen

Der Erwerb handlungsorientierter Problemlösekompetenzen erfordert die Bewältigung realer Aufgabenstellungen. Im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Instandhaltungsaufgaben stellt sich jedoch das oben skizzierte Problem der Verfügbarkeit der Betriebsmittel. Zur Lösung dieses Problems werden im Schulungs- und Servicezentrum der Westnetz GmbH virtuell-interaktive Modelle der Betriebsmittel für die Bearbeitung realer Arbeitsaufgaben eingesetzt.

Mit den Technologien der virtuellen Realität (VR) werden virtuelle, als Computermodell vorliegende dreidimensionale Objekte dargestellt. Nach der Erstellung der Objektgeometrie wird das Verhalten eines Betriebsmittels, einer Maschine oder Anlage beschrieben und implementiert, sodass mit der Darstellung der Bewegungen von Bauteilen und -gruppen auch die Funktionalitäten erkennbar werden. Die Visualisierung der Umgebung schafft einen realitätsnahen Bezug zur tatsächlichen Arbeitsumgebung. In der didaktischen Ausgestaltung werden u. a. Arbeitsaufgaben und -lösungen beschrieben, das Feedback für den Lerner und die Auswertung des Lernerfolgs festgelegt. Das Potential virtuell-interaktiver Lernumgebungen wurde an anderer Stelle bereits umfangreich dokumentiert (Jenewein und Schenk 2010; Schreiber und Zimmermann 2011; Termath 2012).

Im Schulungs- und Servicezentrum der Westnetz GmbH werden VR-Modelle unterschiedlicher Betriebsmittel eingesetzt, u. a. Bauteile eines Großtransformators wie die Durchführungen für die Ableitungen, ein Buchholzrelais oder die Diffusoren.

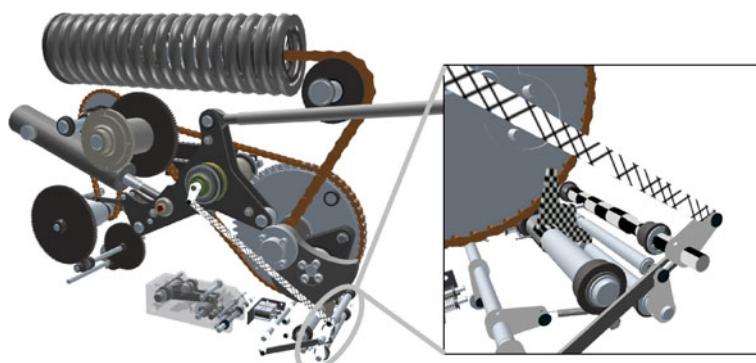
Neben den Großtransformatoren werden auch VR-Modelle von Leistungsschaltern unterschiedlicher Hersteller eingesetzt. Hier werden die Stromflüsse und das Verhalten des SF<sub>6</sub> Gases in den Polsäulen während der Schaltvorgänge simulativ veranschaulicht. Zusammen mit der Darstellung der mechanischen Vorgänge (real in einer Gesamtdauer von ca. 10 bis 100 Millisekunden) im Antrieb und der Unterbrechereinheit des Leistungsschalters können die Fachkräfte nachvollziehen und auf der Basis ihrer Fachkenntnisse verstehen, warum bestimmte Fehler aufgetreten sind bzw. warum bestimmte Vorgaben in der Auftragsabwicklung einzuhalten sind.

Das Potential der VR-Szenarien für die Einbeziehung von Erfahrungswissen soll an einem Beispiel verdeutlicht werden (vgl. Haase 2014).

Im Zuge einer Verbesserungsmaßnahme an einem Leistungsschalter wurde u. a. ein Kunststoffstift durch einen Metallstift ersetzt. Während der probeweisen Durchführung eines Schaltvorganges vor der Abnahme kam es zu einem Fehlverhalten des Schaltgerätes und in der Folge zu der Zerstörung seiner Funktionsfähigkeit.

Mit den Hinweisen des Monteurs und den Fehlerbildern konnten die erfahrenen Experten den Fehler aufklären. Bei der Demontage des Kunststoffstiftes wurde der verbundene Hebel gelöst und damit eine Drehung des angrenzenden Hebels um 180° ausgelöst. In der Folge wurde die Funktion einer Madenschraube zur Verhinderung einer unbeabsichtigten Schaltung außer Kraft gesetzt. Diesen Zusammenhang konnte der Monteur vorher am realen Leistungsschalter aufgrund der Sichtbehinderung durch eine Montageplatte nicht erkennen.

In der daraufhin erstellten Visualisierung der Bauteile und deren Zusammenwirken ohne sichtbehinderndes Montageblech konnten die Monteure das Fehlerrisiko verstehen und die Montage anschließend fehlerfrei durchführen (siehe Abb. 17.2). Ergänzend wurde die Dokumentation des Gerätes um entsprechende Hinweise ergänzt. Für die Schulungen wurde der Vorgang in einem VR-Szenario visualisiert.



**Abb. 17.2** Das Zusammenwirken von Hebel und Welle. (Foto: Tina Haase, Fraunhofer IFF)

## 17.7 Evaluation des Einsatzes virtuell-interaktiver Lernumgebungen

In Zusammenarbeit mit der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg wurde der Einsatz einer VR-Lernumgebung der Westnetz GmbH evaluiert. Insgesamt 20 Instandhaltungs monteure aus zwei Unternehmen und mit unterschiedlicher Berufserfahrung haben an einem eintägigen Seminar zu einer Instandhaltungsmaßnahme an einem Leistungsschalter sowie nach drei Wochen an einem weiteren Seminar zur Feststellung des Lernerfolgs teilgenommen. In einer Gruppe wurde überwiegend mit Frontalunterricht gearbeitet, als Lernmedium wurden PowerPoint Folien eingesetzt. Die zweite Gruppe konnte darüber hinaus selbstständig in einer VR-Lernumgebung arbeiten.

Im Ergebnis wurde die allgemeine Akzeptanz und Zufriedenheit der Teilnehmer in dem mit der VR-Lernumgebung durchgeführten Seminar besser bewertet als in dem Seminar mit klassischem Medieneinsatz. Bemerkenswert ist, dass die Teilnehmer mit der längeren Berufserfahrung die Arbeit mit der virtuellen Lernumgebung besonders gut bewertet haben. Die Lernmotivation wurde durch den Einsatz des VR-Szenarios gesteigert.

Die jüngeren Teilnehmer haben in der Selbsteinschätzung die Verbesserung des Lernerfolges durch das Lernszenario höher eingeschätzt als die älteren Teilnehmer. Bei den anschließend durchgeführten Wissenstests wurde diese Wahrnehmung jedoch nicht bestätigt. Hier stellte sich heraus, dass die älteren Teilnehmer durch den Einsatz des Lernszenarios ihre Lernergebnisse wesentlich verbessern konnten. Die Usability wurde von den Teilnehmern durchgängig als gut bewertet, allerdings mit Hinweisen auf weitere Verbesserungsmöglichkeiten. Insgesamt wurde der Medieneinsatz sehr positiv bewertet. Für die weitere Entwicklung wurde der Einsatz der VR-Modelle als Assistenzsysteme am Arbeitsplatz begrüßt.

---

## 17.8 Ausblick und Perspektiven

In der Weiterentwicklung der Schulungskonzeption des Schulungs- und Servicezentrums der Westnetz GmbH wurde die Ergänzung der Seminarangebote um Formen des systematischen Lernens im Arbeitsprozess intensiviert, wie die folgenden Beispiele verdeutlichen:

Die Monteure werden nach der Teilnahme an Seminaren zum einen durch „lehrende Monteure“ in Form eines Supervisors begleitet. Diese Fachkräfte haben während der Seminare die fachpraktischen Anteile durchgeführt und übernehmen im nachfolgenden Arbeitsprozess die fachliche Verantwortung. Nach einem erfolgreichen „vor Ort-Training“ wird diese anschließend dann an die beauftragten Monteure übertragen. Die disziplinäre Verantwortung bleibt davon unberührt.

Für die Seminare werden incl. der praktischen Anteile unternehmensinterne Zertifikate erteilt. Damit werden die Qualitätssicherung sowie die fachliche und methodische Standardisierung der Angebote sichergestellt. Gemäß den spezifischen Anforderungen an die Problemlösekompetenz der Fachkräfte in der Instandhaltung wird größter Wert darauf-

gelegt, dass nicht nur Faktenwissen vermittelt und nachgewiesen wird, sondern auch das Verstehen von technischen Gesamtzusammenhängen zertifiziert wird.

Die VR-basierten Lernumgebungen werden ständig um neue Betriebsmittel und technische Details erweitert. Sie dienen v. a. der Visualisierung abstrakter und nicht (direkt) einsehbarer Bauteile, Baugruppen oder Funktionen sowie der Dokumentation komplexer Problemlösungen.

Sie werden einerseits als (Selbst-)Lernmedien in Seminaren eingesetzt. Darüber hinaus werden die in VR dokumentierten Problemlösungen oder Arbeitsprozeduren vor Ort im Arbeitsprozess zur Aufgabenplanung oder in unklaren Situationen hinzugezogen. Somit haben sie sich auch zu Assistenzsystemen entwickelt, die von den Monteuren mit mobilen Systemen genutzt werden.

---

## Literatur

- Böhle, Fritz (2010): Arbeit als Handeln. In: Fritz Böhle, Günter Voß und Günther Wachtler (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Unter Mitarbeit von Anna Hoffmann. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 151–176.
- Dick, Michael (2005): Organisationales Lernen. In: Felix Rauner (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: Bertelsmann, S. 299–307.
- Dick, Michael; Braun, Maike; Eggers, Iris; Hildebrandt, Nikolaus (2010): Wissenstransfer per Triadengespräch: eine Methode für Praktiker. In: Zeitschrift Führung + Organisation 79. (06), S. 367–375.
- Erpenbeck, John; Rosenstiel, Lutz von (Hrsg.) (2007): Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. 2., überarb. und erw. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Erpenbeck, J., Sauter, W. 2007: Kompetenzentwicklung im Netz – Blende Learning mit Web 2.0., Köln.
- Fischer, Petra M. (2007): Berufserfahrung älterer Führungskräfte als Ressource. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden (Wirtschaftswissenschaft).
- Haase, Tina (2014): Dokumentation und Weitergabe von Erfahrungswissen in einem VR-basierten Lern- und Assistenzsystem. In: Michael Schenk (Hrsg.): 16. Forschungskolloquium am Fraunhofer IFF Magdeburg. Forschung vernetzen – Innovationen beschleunigen. Tagungsband, Fraunhofer IFF Magdeburg. Forschungskolloquium. Magdeburg, 14.11.2014. Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF. Magdeburg: Eigenverlag, S. 97–103.
- Jenewein, Klaus; Schenk, Michael (Hrsg.) (2010): Virtuelle Realität in der technischen Aus- und Weiterbildung. Gegenstandsbestimmung und Umsetzungsbeispiele. Universität Magdeburg, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik. Magdeburg (Arbeitsbericht, 74).
- Katenkamp, O. (2011): Implizites Wissen in Organisationen. Konzepte, Methoden und Ansätze im Wissensmanagement. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mühlbradt, T. (2014): Was macht Arbeit lernförderlich? Eine Bestandsaufnahme. 1. Aufl. Hg. v. Deutsche MTM-Vereinigung e.V. – MTM-Institut. Hamburg (MTM-Schriften Industrial Engineering, 1). Online verfügbar unter <http://projekte.fir.de/elias/sites/projekte>.

[fir.de.elias/files/textinklre/muehlbradt\\_2014\\_was\\_macht\\_arbeit\\_lernförderlich\\_-\\_eine\\_bestandsaufnahme\\_20140910.pdf](http://fir.de.elias/files/textinklre/muehlbradt_2014_was_macht_arbeit_lernförderlich_-_eine_bestandsaufnahme_20140910.pdf), zuletzt geprüft am 29.06.2016.

Neuweg, Georg Hans (2004): Könnerschaft und implizites Wissen. Zur lehr-lerntheoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis. 3. Aufl. Münster [u.a.]: Waxmann.

Schaper, Niclas; Sonntag, Karlheinz (1997): Kognitive Trainingsmethoden zur Förderung diagnostischer Problemlösefähigkeiten. In: Karlheinz Sonntag und Niclas Schaper (Hg.): Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen. Zürich: vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH (Mensch Technik Organisation – MTO, 13), S. 193–210.

Schilcher, Christian (2006): Implizite Dimensionen des Wissens und ihre Bedeutung für betriebliches Wissensmanagement: Dissertation, unveröffentlichtes Manuskript.

Schreiber, Werner; Zimmermann, Peter (Hg.) (2011): Virtuelle Techniken im industriellen Umfeld. Das AVILUS-Projekt – Technologien und Anwendungen. 2012. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://link.springer.com.spr-ebooksdt2006-2008-einzeln.han.med.uni-magdeburg.de/book/10.1007%2F978-3-642-20636-8>, zuletzt geprüft am 27.06.2016.

Schreyögg, Georg; Geiger, Daniel (2003): Kann die Wissensspirale Grundlage des Wissensmanagements sein? Hg. v. Rudi Bresser, Gertraude Krell und Georg Schreyögg. Freie Universität Berlin, FB Wirtschaftswissenschaft, Institut für Management. Berlin (Diskussionsbeiträge des Instituts für Management, 20/03).

Spöttl, Georg (2005): Experten-Facharbeiter-Workshops. In: Felix Rauner (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld: Bertelsmann, S. 611–616.

Termath, Wilhelm (2012): Transfer von Erfahrungswissen in der Instandhaltung – zur Förderung der Problemlösefähigkeit technischer Experten. In: Michael Schenk (Hrsg.): 13. und 14. Forschungskolloquium am Fraunhofer IFF Magdeburg. Forschung vernetzen – Innovationen beschleunigen. Tagungsband, Fraunhofer IFF Magdeburg. Forschungskolloquium. Magdeburg, 16.11.2012. Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF. Magdeburg: Eigenverlag, S. 45–52.

Weinert, F.E. (2003): Concept of Competence: A conceptual clarification. In: Rychen, D. Salganik, m L.: Defining and selecting key competences. Kirkland 2001, S. 45–65. zitiert nach: Erpenbeck J., von Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung – Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart 2003, S. XXXVIII.



# Kombinierter Einsatz von RFID zur Lebenszyklusverfolgung mobiler Betriebsmittel

18

Michael Ließmann und Klaus Richter

## Zusammenfassung

Bewegte Produktions- und Betriebsmittel, Werkzeuge oder teure Mess- und Diagnosegeräte werden häufig von unterschiedlichen Aufgabeninhabern in einem Unternehmen genutzt oder verwaltet. Zum Beispiel erfordert ein Produktionsprozess ein bestimmtes Produktionsmittel, das aber zeitgleich in der Instandhaltungswerkstatt einer geplanten Instandsetzung unterzogen werden soll.

In diesem Beitrag werden am Beispiel des Aluminiumschmelzwerks der Aluminium Norf GmbH die Anforderungen und Probleme von bewegten Produktions- und Betriebsmitteln bzw. Werkzeugen in metallverarbeitenden Unternehmen dargestellt. Um die Instandhaltungsarbeiten wie Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung an einem Betriebsmittel lückenlos überwachen und damit nachhaltig durchführen zu können, ist eine Verfolgung und Zustandserfassung der Betriebsmittel und Werkzeuge unumgänglich. Die Radio Frequency Identification (RFID)-Technologie bietet hier Potenzial, automatisch Daten zu erzeugen, die Eingangsinformation sowohl für die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) als auch für ein lebenszyklusbezogenes Instandhaltungsmanagement sind.

---

M. Ließmann (✉)

Aluminiumschmelzwerk Anlagentechnik, Aluminium Norf GmbH  
Koblenzer Straße 120, 41468 Neuss, Deutschland  
E-Mail: Michael.Liessmann@Alunorf.de

K. Richter

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF  
Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg, Deutschland  
E-Mail: klaus.richter@iff.fraunhofer.de

## 18.1 Einleitung

Bewegte Produktions- und Betriebsmittel, Werkzeuge oder teure Mess- und Diagnosegeräte werden häufig von unterschiedlichen Aufgabeninhabern in einem Unternehmen genutzt oder verwaltet. Zum Beispiel erfordert ein Produktionsprozess ein bestimmtes Produktionsmittel, das aber zeitgleich in der Instandhaltungswerkstatt einer geplanten Instandsetzung unterzogen werden soll.

In diesem Beitrag werden am Beispiel des Aluminiumschmelzwerks der Aluminium Norf GmbH die Anforderungen und Probleme von bewegten Produktions- und Betriebsmitteln bzw. Werkzeugen in metallverarbeitenden Unternehmen dargestellt. Um die Instandhaltungsarbeiten wie Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung an einem Betriebsmittel lückenlos überwachen und damit nachhaltig durchführen zu können, ist eine Verfolgung und Zustandserfassung der Betriebsmittel und Werkzeuge unumgänglich. Die Radio Frequency Identification (RFID)-Technologie bietet hier Potenzial, automatisch Daten zu erzeugen, die Eingangsinformation sowohl für die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) als auch für ein lebenszyklusbezogenes Instandhaltungsmanagement sind.

Eine Automatisierung der Verfolgung, die keine manuellen Aufschreibungen oder Systemeingaben erfordert, reduziert zudem Fehlerquellen in den heutigen papierbasierten Auftragsprozessen. So werden die Mitarbeiter auch von „ungeliebten“ Dokumentationsaufgaben entlastet und können sich auf ihre Kernaufgaben konzentrieren. Ein weiterer Vorteil besteht in der Beschleunigung der Daten- und Informationsflüsse, die in Echtzeit erfolgen. Informationen zum Betriebsmittelzustand oder Status eines operativen Prozesses (z. B. Produktions-, Instandhaltungs- oder Transportauftrag *begonnen* bzw. *beendet*) sind ohne Verzug in den jeweiligen Informationssystemen bekannt. Nicht zuletzt wird die Entstehung von besonderen Situationen sichtbar, die dann besser analysiert werden können.

---

## 18.2 Verfolgung mobiler Betriebsmittel

Der Material- und Warenfluss produzierenden Unternehmen ist dadurch gekennzeichnet, dass Werkstoffe, Halbzeuge oder vergleichbare Materialien angeliefert, bearbeitet und anschließend als Fertigprodukt bzw. in einer vorhergehenden Fertigungsstufe wieder ausgeliefert werden. Zum Um- bzw. Bearbeiten aller Materialien werden Werkzeuge, Betriebsmittel etc. benötigt, die nach einem bestimmten firmeninternen Muster miteinander kooperieren. Dieses Muster des internen Material- und Warenflusses wird maßgeblich von den Produkten, die im Unternehmen hergestellt werden, sowie der Firmengröße bestimmt, wobei unter Firmengröße die lokale räumliche Firmengeländeausdehnung als auch die Anzahl der verschiedenen Unternehmensstandorte verstanden wird.

Das Steuern dieses internen Flusses kann nur funktionieren, wenn die Koordinierung der gesamten Intralogistik den aktuellen Systemzustand aller Komponenten im Unterneh-

men kennt, über Parameter von außen aktualisierbar bzw. steuerbar ist und auf kritische Systemkonstellationen effizient reagiert, um den Produktionsfluss nicht zu gefährden. Für die Erfüllung dieser komplexen Aufgabe werden von Unternehmen Warenwirtschaftssysteme (Enterprise Resource Management System-ERP) wie SAP ERP ECC 6.0 eingesetzt, in denen alle Prozesse mit ihren zugehörigen logischen technischen Plätzen (TP) und dem zugehörigen Equipment (EQUI) abgebildet sind. Mit Hilfe dieser im SAP dargestellten Strukturen lässt sich der aktuelle Zustand jedes Prozesses, Betriebsmittels, Werkzeuges etc. einsehen.

Problematisch wird es mit ortsveränderlichen Betriebsmitteln und Werkzeugen wie Schleppern, Kokillen, Gabelstaplern im Schmelzwerk oder Arbeitswalzen im Walzwerk. Dieses Equipment ist im System bestimmten TPs zugeordnet und muss bei jedem Übergang von einem TP zum anderen händisch umgebucht werden. Diese Umbuchung wird direkt an den Gießanlagen, in der Werkstatt, im Lager oder anderen Plätzen von den zuständigen Mitarbeitern durchgeführt.

### 18.2.1 Lebenslaufverfolgung einer Kokille

Am Beispiel einer Kokille mit den drei vereinfachten Lebensstufen

- Beschaffung
- Nutzung und Instandhaltung
- Verschrottung

soll dieser Vorgang stellvertretend für Betriebsmittel und Werkzeuge verdeutlicht werden (Ließmann 2008): Der Zugang einer jeden Kokille beginnt im SAP mit dem Auftrag der Beschaffung. Ist die Kokille im Werk angeliefert, werden alle Eigenschaften wie Abmaße, Material, Zustand, Standort, Verwendungszweck diesem einen Equipment „Kokille XY“ im SAP zugeordnet. Ab diesem Zeitpunkt steht dieses Equipment der Produktion zur Verfügung, kann für Gießprozesse gebucht werden und wird pünktlich von einem Schlepperfahrer zum Angießen aus dem Kokillenlager zur Gießanlage transportiert und anschließend wieder abgeholt. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis die Instandhaltung nach einem festgelegten Rhythmus eine Wartung oder Inspektion durchführt und die Kokille temporär aus dem Produktivbetrieb genommen wird. Zu diesem Vorgang wird sie dem TP „Kokillenwerkstatt“ zugeordnet. Nach Beendigung der Wartung wird die Kokille wieder freigegeben und in das Kokillenlager überführt. Zwischen diesen beiden Zuständen „Nutzung“ und „Instandhaltung“ wird die Kokille im SAP verwaltet, bis die Instandhaltung die Überführung zur Verschrottung einleitet, womit das „Leben“ der Kokille im Werk beendet ist und diese aus dem System ausgetragen wird.

## 18.2.2 Auftragsmanagement mittels SAP-PM

Aufgrund der im Instandhaltungsmodul SAP-PM nachvollziehbaren Historie können Wartungs- und Inspektionszyklen an einer solchen Kokille in Abhängigkeit der Nutzung eingehalten und durchgeführt werden. Beispielsweise werden die Kokillen nach einer festgelegten Anzahl von Gießvorgängen gereinigt und neu gestrichen.

Außerdem lassen sich Probleme an einem solchen Werkzeug, die eine Instandsetzung erfordern, im SAP eintragen. Das allerdings verhindert die Nutzung dieser Kokille in der Produktion, da diese der Werkstatt zur Instandsetzung zur Verfügung gestellt wird.

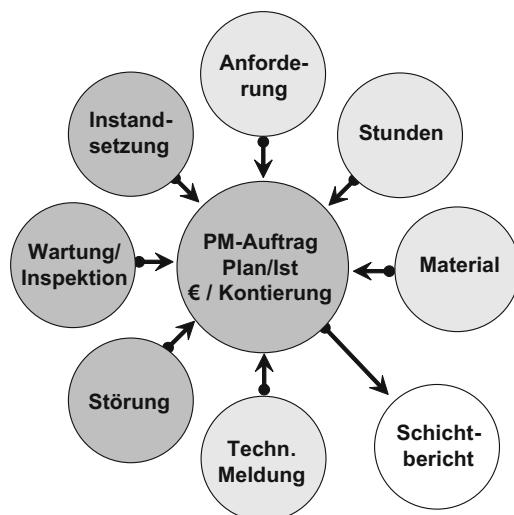
All diesen Aktionen liegt der Plant Maintenance (PM)-Auftrag zugrunde. Über diesen Auftrag werden Instandsetzungen, Anforderungen, Wartungs- und Inspektionsaufträge und weitere Eingaben in das ERP eingepflegt bzw. im System für weiterführende Aufgaben genutzt (siehe Abb. 18.1).

Im ERP werden die Instandhaltungsprozesse

- planbare Instandsetzungen über Instandhaltungsanforderung und -auftrag
- Wartung und Inspektion über Wartungspläne
- Störung über Einzelaufträge „Störung“

abgebildet, wobei sich diese Prozesse allein auf die händischen Eingaben, die mittels PM-Auftrag in das ERP eingepflegt werden, stützen.

**Abb. 18.1** PM-Auftrag als Zentrum der Instandhaltungsarbeiten



### 18.2.3 Konkrete Problemlage

In der Realität kommt es durchaus regelmäßig vor, dass ein Gießauftrag in das System mit einer bestimmten Kokille eingegeben wird. Zum Zeitpunkt des geplanten Einbaus ist diese eingeplante Kokille aber nicht verfügbar, da sie sich entweder in einem anderen Hallenbereich befindet oder eine andere Kokille gleichen Typs am Kran hängt und schneller eingebaut werden kann. In einem solchen Fall wird der PM-Auftrag sehr oft nicht aktualisiert und die Historien von zwei Kokillen werden verfälscht. Einer Kokille wird ein Gießprozess zugeordnet, den diese nicht erlebt hat, und einer anderen fehlt ein durchgeführter Gießvorgang. Da die Instandhaltung ihre Prozesse aber auf der Grundlage der Eingaben im ERP plant, kommt es hier zwangsläufig zu Fehlplanungen. Diese können unter Umständen gravierende Folgen haben, wenn eine Kokille nicht der routinemäßigen Inspektion zugeführt wird und dadurch Defekte beispielsweise im Kühlsystem nicht rechtzeitig erkannt werden. Was wiederum einen fehlerhaften Barren beim Gießen zur Folge hätte, der nur noch verschrottet werden könnte. Das kann aufgrund kleiner ungewollter Fehleingaben im System beachtenswerte finanzielle Einbußen bis hin zu Verzögerungen bei terminkritischen Lieferungen nach sich ziehen.

Ein weiterer Aspekt: Sowohl Mitarbeiter aus Produktion als auch Instandhaltung sind häufig „auf der Suche“ nach einer bestimmten Kokille, weil gerade diese im jeweiligen Prozess benötigt wird. Dieser Vorgang kann, in einer Halle mit 13 Schmelz- und Gießanlagen und 10 Induktionsöfen, wertvolle Zeit des Personals in Anspruch nehmen. Es handelt sich hier um „Verschwendungen“, auch häufig mit dem japanischen Ausdruck „Muda“ bezeichnet.

Die Kokillenverfolgung durch händische Systemeingaben im ERP hätte im Unternehmen zu inakzeptablen Verlängerungen der Bedienezeiten in der Produktion geführt. Im PPS wird zudem nur der Kokillentyp dokumentiert, nicht die einzelne Kokille.

Die Nutzung von RFID ermöglicht es, solche bewegten Objekte mittels Einsatz der kontaktlosen Identifikations- und Ortungstechnologie lückenlos und automatisch zu verfolgen. Dabei wurde ebenfalls aus Gründen der Fehlervermeidung sowie der Ergonomie eine Lösung mit mobilen Endgeräten verworfen und ein Überwachungskonzept mit stationären Identifikationspunkten favorisiert. Der finanzielle Aufwand ist im Vergleich mit anderen Lösungsvarianten gering bzw. vertretbar. Die Vorteile einer solchen Lösung sind:

- Es muss kein Personal für die Verfolgung geschult werden, da diese automatisch und im Hintergrund abläuft.
- Die Anschaffungskosten sind gering.
- Das eingesetzte funktechnische Lokalisierungs- und Kommunikationssystem ist problemlos in die unternehmensinterne IT-Struktur integrierbar, wodurch händische Eingaben und Informationsbrüche wegfallen.
- Die Informationen werden in Echtzeit erfasst und verarbeitet.

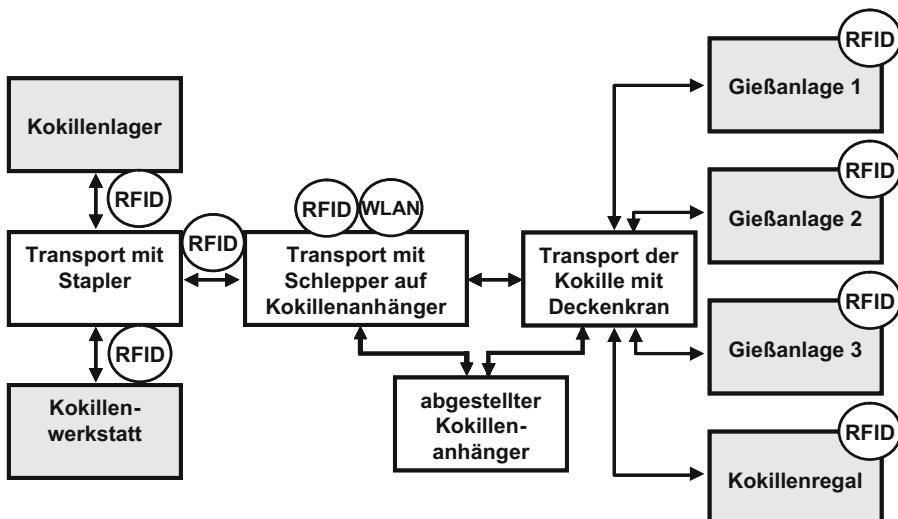
### 18.3 Das Kokillenverfolgungssystem

Die Grundlagen von passiven und aktiven RFID-Systemen sowie deren Anwendung in der Instandhaltung sind in verschiedenen Werken (u. a. Kern 2006; Bandow und Martin 2007) ausführlich dargestellt und werden daher hier nicht weiter erläutert.

Für die konkrete Lösung im Schmelzwerk wurden zwei RFID-Technologien in einem ersten Schritt getestet: die Identifikation von Kokillen mit UHF-Technologie und die indirekte permanente Verfolgung mittels Microwave-Technologie (WLAN-Transponder). Das Prinzip ist in Abb. 18.2 dargestellt.

Im Detail bedeutet dies (Ließmann und Richter 2008):

- eindeutige Kennzeichnung der Kokillen mit passiven UHF-Transpondern,
- automatische Erkennung der Kokillen mittels stationären UHF-Antennen an definierten Plätzen wie Hallentor, Gießplatz, Lagerregal an einem Gießplatz, im zentralen Lager und in der Instandhaltungswerkstatt,
- eindeutige Kennzeichnung von Schleppern mit WLAN-Transpondern,
- automatische Identifikation von mit Schleppern transportierten Kokillen (zwischen Produktion, Lager, Werkstatt etc.) über eine in den Schlepper integrierte UHF-Antenne,
- permanente Verfolgung der Schlepperbewegung und indirekt der damit verbundenen Kokillenbewegung über ein vorhandenes WLAN-Netz.

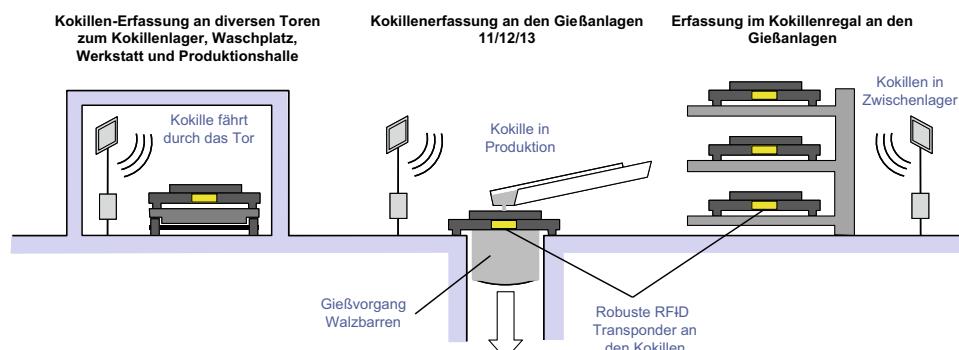


**Abb. 18.2** Prinzip der RFID- und WLAN-Nutzung

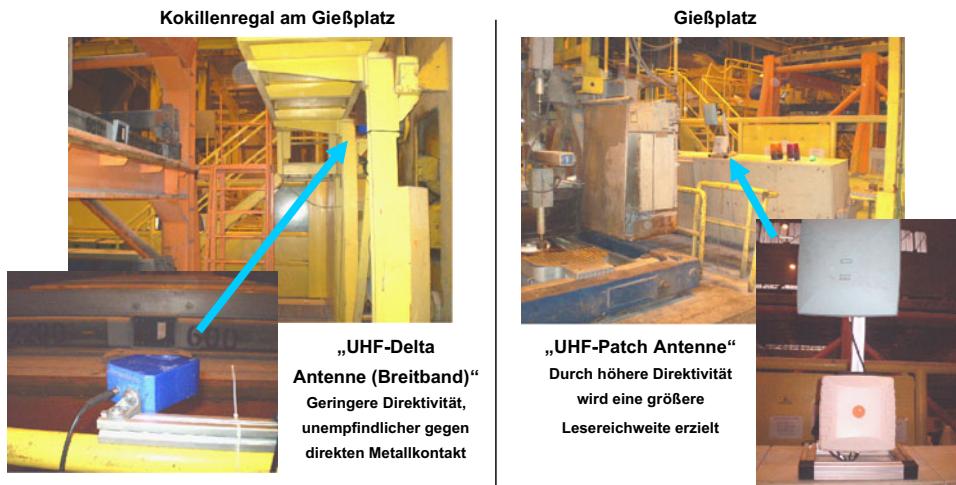
Es wurde dann der folgende Ablauf getestet: Die Verladung einer Kokille auf einen Kokillenanhänger wird von einem RFID-System erkannt, das auf dem Schlepper installiert und über WLAN an das ERP angeschlossen ist. Damit kann die Kokille auch während des gesamten Transports über das Werksgelände einem Schlepper zugeordnet werden. Da der Schlepper mit Kokillenanhänger beweglich ist, fehlt bei der Zuordnung Kokille – Schlepper der aktuelle Standort dieses Verbunds. Die räumliche Zuordnung dieses Verbunds geschieht über ein WLAN-basiertes Ortungsverfahren, mit dessen Hilfe der aktuelle Standort der Kokille über den Standort des Schleppers indirekt ermittelt wird. Somit kann mit der Verwendung dieser Hybridtechnologie der Standort der Kokille im ERP kontinuierlich verfolgt werden. Wird der Verbund Schlepper und Kokille wieder getrennt, entweder durch Entladen mittels Deckenkran oder Abkuppeln des Kokillenähngers, ist die letzte bekannte Ortungskoordinate des Schleppers für den aktuellen Kokillenstandort bindend. Damit ist eine räumliche Zuordnung der Kokillen möglich, wodurch in Pufferzonen temporär abgelegte Kokillen immer auffindbar sind. Wird die Kokille hingegen in das Kokillenregal eingelagert oder an einem Gießplatz eingebaut, dann wird dieser neue Standort über die an diesen Anlagen installierten UHF-RFID-Systeme erfasst und an das ERP übermittelt.

Die Tests wurden erfolgreich absolviert, es zeigte sich aber, dass für die Lokalisierung der Kokillen die Identifikation mittels UHF-Antennen an den einzelnen Stationen im Moment ausreicht und eine permanente Schlepperverfolgung mittels WLAN hierfür nicht zwingend notwendig ist.

Die Abb. 18.3 und 18.4 vermitteln einen Eindruck, wie die RFID-Technik aktuell im Echtbetrieb eingesetzt wird. Der Materialfluss einer Kokille beginnt im systembekannten Standort „Kokillenlager“. Von dort kann die Kokille nur in die Werkstatt überführt oder auf einen Schlepper mit Kokillenanhänger verladen werden. Mittels einer ortsbezogenen Durchfahrtserfassung über RFID-Readersysteme an den Toren, erfolgt die automatisierte Dokumentation des Übergangs und Umbuchung des Equipments im ERP zu einem der anderen beiden technischen Plätze.



**Abb. 18.3** Prinzipdarstellung der Kokillenverfolgung



**Abb. 18.4** UHF-Antennen in der Produktion

Die ausgewählte Technik muss dabei den Bedingungen in einem Schmelzwerk widerstehen: Temperaturbeständigkeit an der Kokille bis 65 °C, mechanische Stoßbelastungen z. B. durch Krantransporte, Wasser- und Ölbeständigkeit, Robustheit gegenüber Staub und Verschmutzung sowie im Metallumfeld. Für diese Anforderungen gibt es bereits RFID- und WLAN-Standardkomponenten.

Die Investition in die Technik liegt insgesamt unter 10.000 €. Die Antennen und evtl. WLAN-Access-Points sind zudem für beliebige andere Objekte nutzbar.

Aufwand entsteht für die Integration der erfassten Informationen in die jeweiligen Module des ERP, welche über Standardschnittstellen mit Informationen versorgt werden.

## 18.4 Nutzen der automatisierten Kokillenverfolgung

Der Nutzen der entwickelten Lösung kann mit verschiedenen Aspekten beschrieben werden:

- Die Instandhaltungsintervalle der Kokillen können an deren Nutzung angepasst werden, da Transparenz über den Einsatz in der Produktion besteht. Einerseits verlängert sich hierdurch, bezogen auf eine Kokille, deren Instandhaltungsintervall. Bei anderen Kokillen kann der Instandsetzungszeitpunkt vorgezogen werden, um z. B. „Produktionsschrott“ durch ein nicht gewartetes Kühlsystem in der Kokille zu verhindern. Die automatisierte Erfassung und Auswertung der Daten unterstützt somit die Anwendung der zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie (Müller et al. 2008).

- Jede Kokille hat nun eine „Lebenslaufakte“, beginnend mit der Beschaffung bis zur Verschrottung.
- Mitarbeiter aus Produktion und Instandhaltung „verschwenden“ keine Arbeitszeit mehr mit der Suche nach Kokillen.
- Durch die automatische Erfassung werden händische Fehleingaben in die Systeme komplett vermieden.
- Die Auslastung der Schlepper ist ebenfalls besser bekannt als in der Vergangenheit.

---

## 18.5 Ausblick

Auf der Grundlage des hier vorgestellten Systems zur Verfolgung des Betriebsmittels „Kokille“ ist die Erweiterung des Systems auf Betriebsmittel wie Schlepper, Coils aber auch Produkte wie die Alubarren eine Option für zukünftige technische Lösungen mit RFID-Systemen. Mit jedem Schritt der Erweiterung des Systems ließe sich der aktuelle Zustand des Werks immer flächendeckender abbilden, was Vorhersagen zu möglichen Engpässen in der Kokillen- oder Schlepperverfügbarkeit oder auch Warnmeldungen durch die unterschiedlichsten Parameter betrifft.

---

## Literatur

- Bandow, G., Martin, W. (Hrsg.) (2007). RFID in der Instandhaltung. Verlag Praxiswissen, Dortmund
- Kern, Chr. (2006). Anwendung von RFID-Systemen. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York
- Ließmann, M. (2008). RFID in der Aluminiumindustrie Köln. Vortrag EuroID Congress, Köln, 19.9.2008
- Ließmann, M., Richter, K.. (2008). RFID-Einsatz unter erschwerten Bedingungen – Kokillenverfolgung in einem Aluminiumschmelzwerk. AKIDA 2008, Aachener Schriften zur Rohstoff- und Entsorgungstechnik, Band 70, Verlag Zillekens, Stolberg, S. 505–512
- Müller, G.; Richter, K.; Plate, C. (2008). Optimizing Maintenance Processes with RFID and Related Knowledge Management. 4th World Congress On Maintenance. Haikou, Hainan, China, Nov. 24–26.



# Instandhaltungs-Cockpit

19

## Kennzahlen für ein erfolgreiches Instandhaltungs-Management

Esra Sahan und Victoria Reuter

### Zusammenfassung

Für ein erfolgreiches Instandhaltungsmanagement sind Kennzahlen als Führungs- und Steuerungsinstrument unerlässlich. Durch die Auswahl der richtigen Kennzahlen und das permanente Monitoring können Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet und Potenziale für Kostensenkungen erkannt werden. Ebenso wird die Instandhaltung dadurch transparenter und erfolgsorientiert ausgelegt. Um die richtigen Kennzahlen für die Instandhaltung Powertrain (Mercedes-Benz Cars) zu vereinheitlichen und definieren, wurde das Projekt „Instandhaltungs-Cockpit“ (IH-Cockpit) ins Leben gerufen.

### 19.1 Einleitung

Das Mercedes-Benz Werk Untertürkheim stellt für Mercedes-Benz Cars das Herz der Kraftfahrzeugproduktion dar. Hier finden die Entwicklung, Produktion, Montage und der Versand der Motoren, Achsen und Getriebe statt. Hierbei ist die Instandhaltung, als Partner der Produktion, ein wichtiger Bestandteil. Zu Mercedes-Benz Cars Powertrain gehören die Standorte Hamburg, Berlin und Untertürkheim (ohne Mitsubishi Daimler Chrysler Power und Sebes/Cugir). Powertrain beschreibt den Antriebsstrang eines Fahrzeugs, zu welchem Achsen, Getriebe, Motoren sowie deren Komponenten zählen. Die Herausforderung liegt

---

E. Sahan  
Daimler AG, Powertrain Mercedes-Benz Cars  
Plieninger Straße 148b, 70567 Stuttgart, Deutschland  
E-Mail: esra.sahan@daimler.com

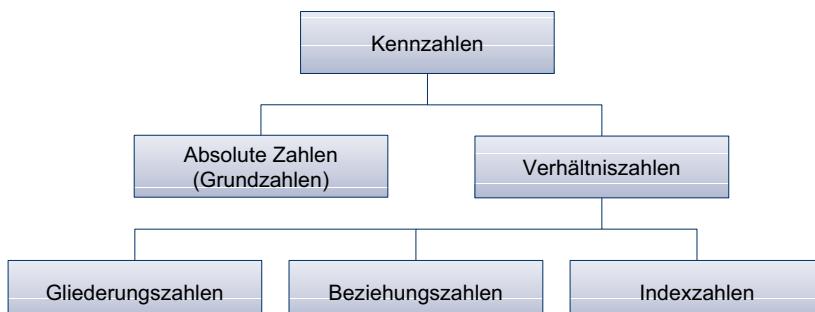
V. Reuter (✉)  
Mercedes-Benz Werk Sindelfingen, Daimler AG  
71063 Sindelfingen, Deutschland  
E-Mail: victoria.reuter@daimler.com

dabei auf einer standardisierten Vorgehensweise für die Instandhaltung aller drei Werke. Insbesondere die Festlegung der Key Performance Indicators (KPI's) und deren Datenbasis sind ein wesentlicher Bestandteil zur Vereinheitlichung. Aus diesem Grund werden im Rahmen des Projektes „Instandhaltungs-Cockpit“ (IH-Cockpit) einheitliche, instandhaltungsrelevante KPI's für die gesamte Instandhaltung Powertrain definiert. Zur Darstellung der KPI's wird eine einfache Berichtsoberfläche generiert. Dadurch ermöglicht sich einerseits eine Vergleichbarkeit zwischen den Instandhaltungsbereichen, andererseits aber auch die Erkennung von Tendenz entwicklungen. Demzufolge können rechtzeitig Optimierungs- und Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet und somit die technische Verfügbarkeit der Anlagen gesteigert werden. Ein optimal gesteuerter Personaleinsatz und Kostentransparenz werden somit erreicht. In diesem Beitrag werden die Ziele, Vorgehensweise und Ergebnisse des Projektes „IH-Cockpit“ erläutert.

## 19.2 Kennzahlen und Kennzahlensystem

Kennzahlen sind für ein erfolgreiches Management unabdingbar, da sie ein wichtiges Steuerungs- und Führungsinstrument darstellen. Durch diese lassen sich die komplexen Vorgänge in einem Unternehmen auf griffige Zahlen reduzieren und ermöglichen ein permanentes Monitoring. So können Stärken und Schwächen eines Unternehmens aufgezeigt werden, seine momentane wirtschaftliche Situation oder die tatsächliche Entwicklung. Ebenfalls ist es durch Kennzahlen möglich, die Erfolge, Misserfolge, Chancen und Risiken zu erkennen und Maßnahmen daraus abzuleiten. Einen weiteren Vorteil von Kennzahlen stellt die Aussagekraft über die Transparenz der betrieblichen Strukturen, Prozesse und Entwicklungen dar. Ebenfalls kann mittels dieser sogenannten KPI's die Umsetzung der angestrebten Unternehmensziele in konkrete Zielvorgaben beurteilt werden. Kennzahlen sind somit ein wichtiges Instrument für die Leistungsmessung eines Unternehmens (VDI 2893 2006; Mühlisen 2008; Böhl und Klinker & Partner GmbH 2010).

Kennzahlen lassen sich in absolute Zahlen (Grundzahlen) und Verhältniszahlen untergliedern (siehe Abb. 19.1). Die absoluten Zahlen können direkt den jeweiligen Prozessen



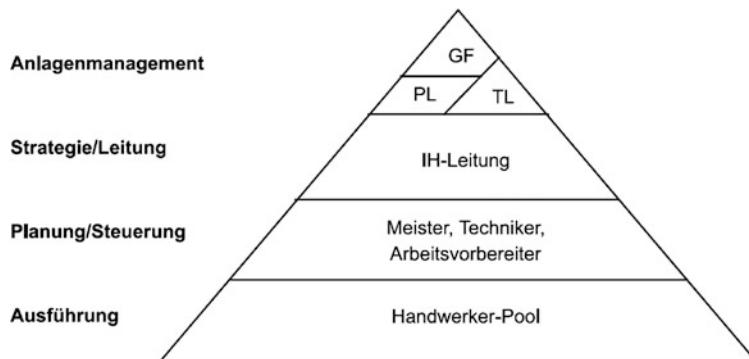
**Abb. 19.1** Kennzahlenarten. (Eigene Darstellung in Anlehnung an Brühl 2012)

oder Strukturen entnommen werden, wobei diese stichpunktbezogene Größen sind und einen absoluten Aussagewert besitzen. Für einige Kennzahlen ist es jedoch notwendig, diese mit einer anderen Größe ins Verhältnis zu setzen, um sie als solche effizient nutzen zu können. Dieses Verhältnis wird meist aus zwei oder mehreren Grundzahlen gebildet. Diese Verhältniszahlen lassen sich nochmals in Gliederungszahlen, Beziehungszahlen und Indexzahlen unterteilen. Gliederungszahlen geben Auskunft über den Zusammenhang von absoluten Zahlen, wobei eine Beziehung zwischen Teil- und Gesamtzahl gebildet wird (bspw. Anteil Materialkosten an Gesamtkosten). Beziehungszahlen drücken den sachlichen Bezug zweier Zahlen zueinander aus, z. B. das Verhältnis von Material- und Personalkosten. Indexzahlen spiegeln die zeitliche Entwicklung einer Grundzahl wider, d. h. zu einem gewählten Stichtag wird die Kennzahl normiert und die zeitlich folgenden Werte lassen sich als ein Vielfaches des Bezugswertes berechnen (Pawellek 2013).

Nach VDI-Richtlinie 2893 Auswahl und Bildung von Kennzahlen für die Instandhaltung (VDI 2893 2006) ist es notwendig, dass Kennzahlen gewisse Qualitätsmerkmale aufweisen. Kennzahlen sollten daher unbedingt die gewählte Unternehmensstrategie zum Ausdruck bringen und mit einer konkreten Zielvorgabe verbunden sein. Des Weiteren spielt die Vergleichbarkeit und die Aktualität eine entscheidende Rolle. Die Kennzahlen können einer effizienten Auswertung nur dienen, wenn diese vollständig sind und aus messbaren Daten bestehen. Übersichtlichkeit, Transparenz sowie Verfügbarkeit sind außerdem Faktoren, die bei der Ermittlung von Kennzahlen unbedingt berücksichtigt werden sollten. Für die Aufbereitung der Kennzahlen ist es zudem wichtig, dass diese verständlich und benutzerfreundlich sind. Jedoch ergibt nicht die Anzahl der Kennzahlen die Qualität, sondern vielmehr deren sorgfältige und systematische Auswahl (Brühl 2012).

Durch die Anwendung eines Systems auf die Kennzahlen wird eine weitere Verdichtung der Informationen vorgenommen. Dies ermöglicht dem Nutzer eine übersichtliche Informationsdarstellung, die mehrere Perspektiven (z. B. wirtschaftlich und technisch) abdeckt. Das Ziel eines Kennzahlensystems ist es also, Informationen über die Leistung der Unternehmung bzw. des Sachverhalts unter Verwendung geeigneter Instrumente schnell und verdichtet zu erhalten und je nach Entscheidungssituation Gründe und Auswirkungen transparent in einen Zusammenhang zu setzen. Somit ermöglichen Kennzahlen im Rahmen eines Kennzahlensystems eine tiefgehende Ursachenanalyse und schärfen den Blick für entscheidende Zusammenhänge der unternehmerischen Tätigkeit. Da die Bildung eines Kennzahlensystems für spezifische Unternehmensanforderungen individuell angepasst werden muss, sollten die Kennzahlen dem Zweck entsprechend ausgewählt und geprüft werden (VDI 2893 2006; Wirtschaftslexikon24 2015; Controllerspielwiese 2015; DIN EN15341 2007).

Die Gliederung der Kennzahlen zu einer Kennzahlenpyramide erfolgt, um den unterschiedlichen Informationsbedarf der hierarchischen Organisationsebenen darzustellen. Damit die verschiedenen Organisationsebenen bedarfsgerecht informiert werden, müssen die Kennzahlen entsprechend strukturiert und verdichtet sein. Abb. 19.2 zeigt beispielhaft eine Kennzahlenpyramide für die Instandhaltung. Diese ist in vier Hierarchieebenen eingeteilt: Anlagenmanagement, Strategie- oder Leitungsebene, Planungs-/Steuerungsebene



**Abb. 19.2** Hierarchieebenen der Kennzahlenpyramide. (VDI 2893 2006)

und Ausführungsebene. Im Bereich des Anlagenmanagements sind Kennzahlen zur technischen Leitung der Produktionsanlage erforderlich. Mit Hilfe dieser Kennzahlen kann die Organisationsebene die Leistungen und Ergebnisse der Instandhaltung aus Kundensicht (beispielsweise die Produktion) bewerten (VDI 2893 2006; Schmick 2015).

Die Kennzahlen der Strategie- oder Leitungsebene sind an die Instandhaltungsleitung bzw. Betriebsleitung gerichtet, um eine regelmäßige Planung und Vorgabe von Zielen für die entsprechenden Teilbereiche zu erreichen. Zusätzlich erhält diese Ebene Kennzahlen, die eine detaillierte Analyse des gesamten Instandhaltungsgeschehens und den daraus folgenden Entscheidungen ermöglichen. In der Planungs- und Steuerungsebene werden Kennzahlen benötigt, die zur kurzfristigen Koordination der Instandhaltungsaktivitäten geeignet sind. Aus diesen Kennzahlen erfolgt eine konkrete Planung und Steuerung der Instandhaltungsaufträge sowie die Überwachung laufender und Analyse bereits abgerechneter Aufträge. In der Ausführungsebene werden die Kennzahlen zu Verfügung gestellt, die der zeitnahen Informationsbeschaffung der einzelnen Instandhaltungsmitarbeiter und den Teams dienen. In diesen Zusammenhang spielt damit auch die Identifizierung mit dem jeweiligen Arbeitsbereich und die Motivation dieser Personen eine besondere Rolle (VDI 2893 2006).

Wie in Abschn. 19.1 erläutert, sind Kennzahlen für eine Unternehmung ein wichtiges Instrument für ein erfolgreiches Monitoring. Daher existieren für jeden Unternehmensbereich oder Abteilung unterschiedliche Kennzahlen (siehe Abb. 19.3).

Für die Unternehmens- oder Konzernebene sind andere Kennzahlen für das Reporting relevant als für darunter liegende Ebenen. Neben Gewinn und Umsatz spielen dort Kennzahlen wie Deckungsbeitrag oder Eigenkapitalquote eine wichtige Rolle. Auf die einzelnen Abteilungen heruntergebrochen werden die Kennzahlen spezieller, d. h. es werden beispielsweise Kennwerte wie Krankenfehlstand oder Überstunden innerhalb einer Abteilung betrachtet, wobei es abhängig vom Fachbereich wiederum Unterschiede gibt. Innerhalb der Instandhaltung sind Kennzahlen wie Reaktionszeit, die technische Verfügbarkeit der Anlagen oder das Störaufkommen von großer Bedeutung.



**Abb. 19.3** Bereichsspezifische Kennzahlen. (Eigene Darstellung)

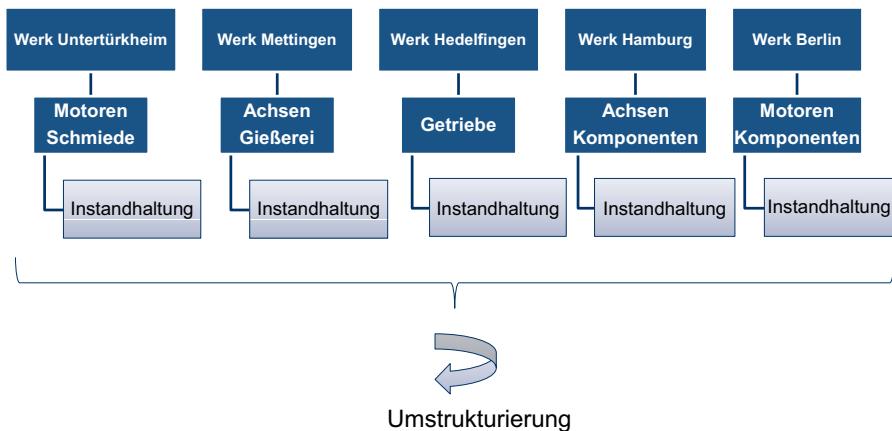
## 19.3 Projekt IH-Cockpit

Für das Projekt IH-Cockpit werden zunächst die Ausgangslage sowie die Problematik und die Entstehung des Projekts erläutert. Anschließend wird auf die Ist-Situation sowie auf die Ziele des IH-Cockpits eingegangen.

### 19.3.1 Ausgangslage und Problemstellung

Abb. 19.4 veranschaulicht den Prozess der Umstrukturierung der Instandhaltungsabteilungen der fünf Werke Untertürkheim, Mettingen, Hedelfingen, Hamburg und Berlin sowie die daraus resultierende Einführung des Clusters Instandhaltung innerhalb der Technologiefabrik Powertrain. Durch diese Zentralisierung soll eine Standardisierung der bisher jeweils unterschiedlich zugeordneten Instandhaltungsabteilungen erreicht werden. Diese werden nun standortübergreifend in einem Cluster zusammengefasst.

Das Cluster Instandhaltung, welches für alle fünf IH-Abteilungen zuständig ist, wird organisatorisch der Technologiefabrik Powertrain zugeordnet. Der Technologiefabrik sind noch weitere Cluster wie z. B. Produktions- und Werkstofftechnik, Produktionsmittelfertigung oder die Anlauffabrik zugewiesen.



**Abb. 19.4** Umstrukturierung der Instandhaltung zur Technologiefabrik Powertrain. (Eigene Darstellung)

### 19.3.2 Zielsetzung und Ist-Analyse

Ausschlaggebend für die Einführung des IH-Cockpits sind die unterschiedliche Datenbasen sowie die voneinander abweichenden Definitionen der Kennzahlen der Daimler Werke Untertürkheim, Hamburg und Berlin. Dadurch ergibt sich die Problematik einer mangelnden Vergleichbarkeit der Werke untereinander. Innerhalb der Technologiefabrik Powertrain besitzen die Instandhaltungsabteilungen in den Bereichen der Motoren-, Getriebe- und Achsenfertigung (Südwörke) eine ähnliche Struktur zum Beziehen der Kennzahlen, die sich allerdings maßgebend von denen der Instandhaltungsabteilungen der Nordwerke (Bremen und Hamburg) unterscheidet, wie aus Abb. 19.5 ersichtlich wird. Beispielsweise nutzen die Nordwerke andere SAP-Systeme (Mandanten) als die Südwörke. Standortübergreifende Auswertungen erfordern daher einen hohen zeitlichen Aufwand, da alle Systeme einzeln abgerufen werden müssen. Hinzu kommt erschwerend, dass sich die Dimension

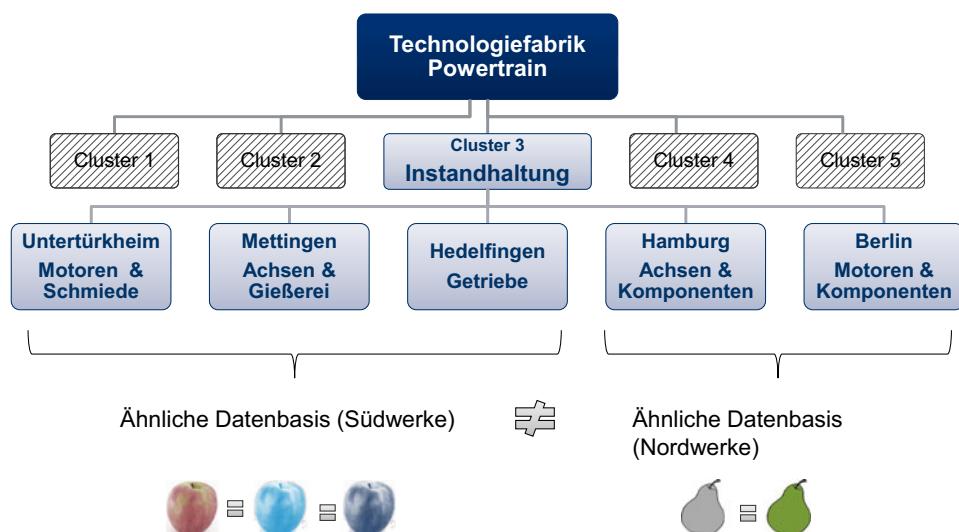


**Abb. 19.5** Ausgangslage und Problemstellung Technologiefabrik Powertrain. (Eigene Darstellung)

der einzelnen Daten in Bezug auf die gleiche Kennzahl unterscheidet. Somit ist keine Vergleichbarkeit der Daten gegeben, was für ein gleichartiges Monitoring unabdingbar ist.

Abb. 19.6 stellt am Beispiel Reaktive/Proaktive Instandhaltung (Maßnahmen bei Maschinenstillstand sowie vorbeugende Maßnahmen) dar, welche Systeme bzw. Darstellungsformen in den verschiedenen Werken eingesetzt werden. Für die einzelnen Abteilungen werden jeweils die Darstellungsform, die Systeme, aus denen die Daten abgegriffen werden, sowie die Dimension und Inhalt dieser aufgelistet. Die Abteilungen Motoren, Achsen und Getriebe (Südwörke) nutzen den BI(Business Intelligence)-Channel (Auswertungstool der Daimler AG) sowie das auf SAP basierende Instandhaltungssystem e@sy-PM zum Beziehen der Daten. Bei den Nordwerken in Berlin und Hamburg hingegen kommen Microsoft Office Excel sowie bestimmte SAP-Mandanten zum Einsatz. Des Weiteren differiert der Dateninhalt der Kennzahl Pro-/Reaktive IH-Maßnahmen. Die Südwörke definieren anfallende Störungen als reaktiv und alle geplanten Maßnahmen sowie Wartungen nach Plan als proaktiv. Bei den Nordwerken werden nur Reparaturen, bei denen ein Stillstand der Maschine vorliegt, als reaktiv deklariert und alle anderen Maßnahmen gelten als proaktiv.

Das Ziel des IH-Cockpits besteht vorrangig in der Einführung von standortübergreifenden, einheitlichen und für die Instandhaltung Powertrain relevanten Kennzahlen und einer einfachen, übersichtlichen und agilen Darstellung. Einer der wichtigsten Punkte ist dabei das Aufzeigen und Vereinheitlichen der Instandhaltungsprozesse und den daraus resultierenden Kennzahlen. Zudem soll eine einfache und einheitliche Berichtsoberfläche geschaffen werden, um effizient Rückschlüsse aus den Kennzahlen zu ziehen und

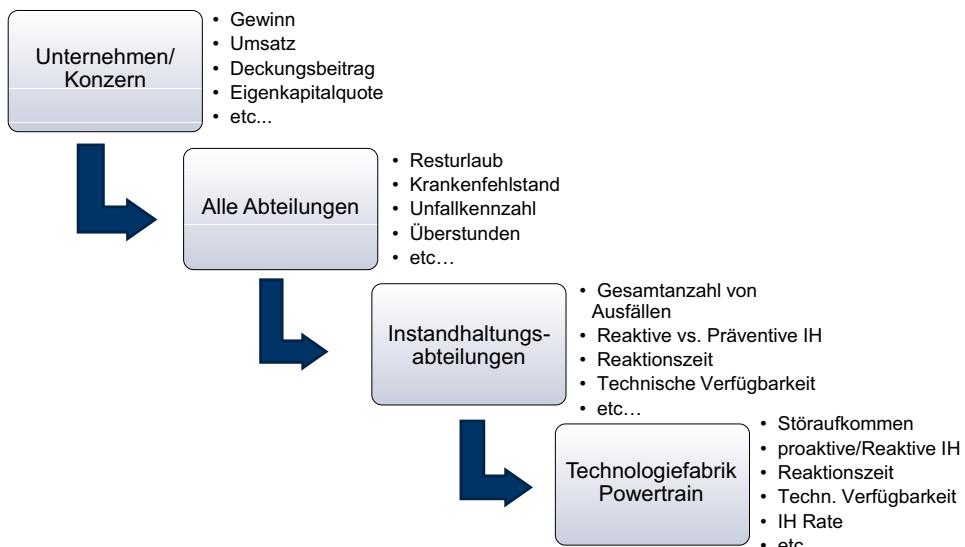


**Abb. 19.6** Ist-Analyse Systeme und Darstellungsformen Nord- und Südwörke. (Eigene Darstellung)

agieren zu können. Durch ein solches Abbilden der Kennzahlen, insbesondere durch eine Vereinheitlichung in den verschiedenen Werken, ist es möglich, eine Vergleichbarkeit zu erreichen sowie kommende Trends aufzuzeigen. Zudem soll durch die Einführung des IH-Cockpits die Erkennung von Optimierungs- und Verbesserungspotenzialen erreicht werden. Hierzu zählen z. B. die Steigerung der technischen Verfügbarkeit der Produktionsanlagen, eine Optimierung des Personaleinsatzes in der Instandhaltung oder auch die Kostentransparenz.

### 19.3.3 Kennzahlen der Technologiefabrik Powertrain

Jedes Unternehmen besitzt eigene, individuell auf die Ziele der Unternehmung angepasste Kennzahlen. Diese Kennzahlen lassen sich auf die jeweiligen Abteilungen, z. B. Einkauf oder Produktion, detaillieren. Damit werden die Kennzahlen umso spezifischer, je weiter eine Aufspaltung in die einzelnen Bereiche erfolgt. Somit ergeben sich auch für die Instandhaltung Technologiefabrik individuelle Kennzahlen, wie Abb. 19.7 darstellt. Im Zuge der eingangs erläuterten Umstrukturierung bzw. der angestrebten Vereinheitlichung der Instandhaltungsabteilungen soll es künftig einheitliche Kennzahlen für das Cluster Instandhaltung der Technologiefabrik Powertrain geben. Beispiele für solche Kennzahlen sind Störaufkommen, Technische Verfügbarkeit, Proaktive und Reaktive Instandhaltungsmaßnahmen etc.



**Abb. 19.7** Kennzahlen der Technologiefabrik Powertrain. (Eigene Darstellung)

Innerhalb des IH-Cockpits werden zunächst nur einige der vielen Instandhaltungskennzahlen in das neue Instandhaltungstool importiert. Zu diesen zählen beispielsweise:

- Reaktive und Proaktive IH
- Störaufkommen
- Reaktionszeit
- GAB (Gesamtheitliche Anlagenbetreuung)
- Ausfalldauer
- Technische Verfügbarkeit
- IH Rate Invest
- IH Rate Aggregat

### **Reaktive/Proaktive Instandhaltung**

Die Kennzahl Reaktive/Proaktive IH bezieht sich auf Instandhaltungsaufträge, die zum einen Störungen mit Stillstand betreffen (reakтив) und zum anderen Störungen ohne Maschinenstillstand wie beispielsweise geplante Maßnahmen wie Wartungen (proaktiv) beinhalten. Diese beiden Maßnahmen können anteilig beschrieben werden, wobei die jeweiligen Aufträge zu der Anzahl der Gesamtaufträge ins Verhältnis gesetzt werden.

### **Störaufkommen**

Die Kennzahl Störaufkommen beschreibt, wie häufig Maschinenstillstände durch Störungen hervorgerufen werden. Eine Möglichkeit zur Beschreibung dieser Kennzahl ist die Feststellung der Anzahl der Störungen mit Maschinenstillstand.

### **Reaktionszeit**

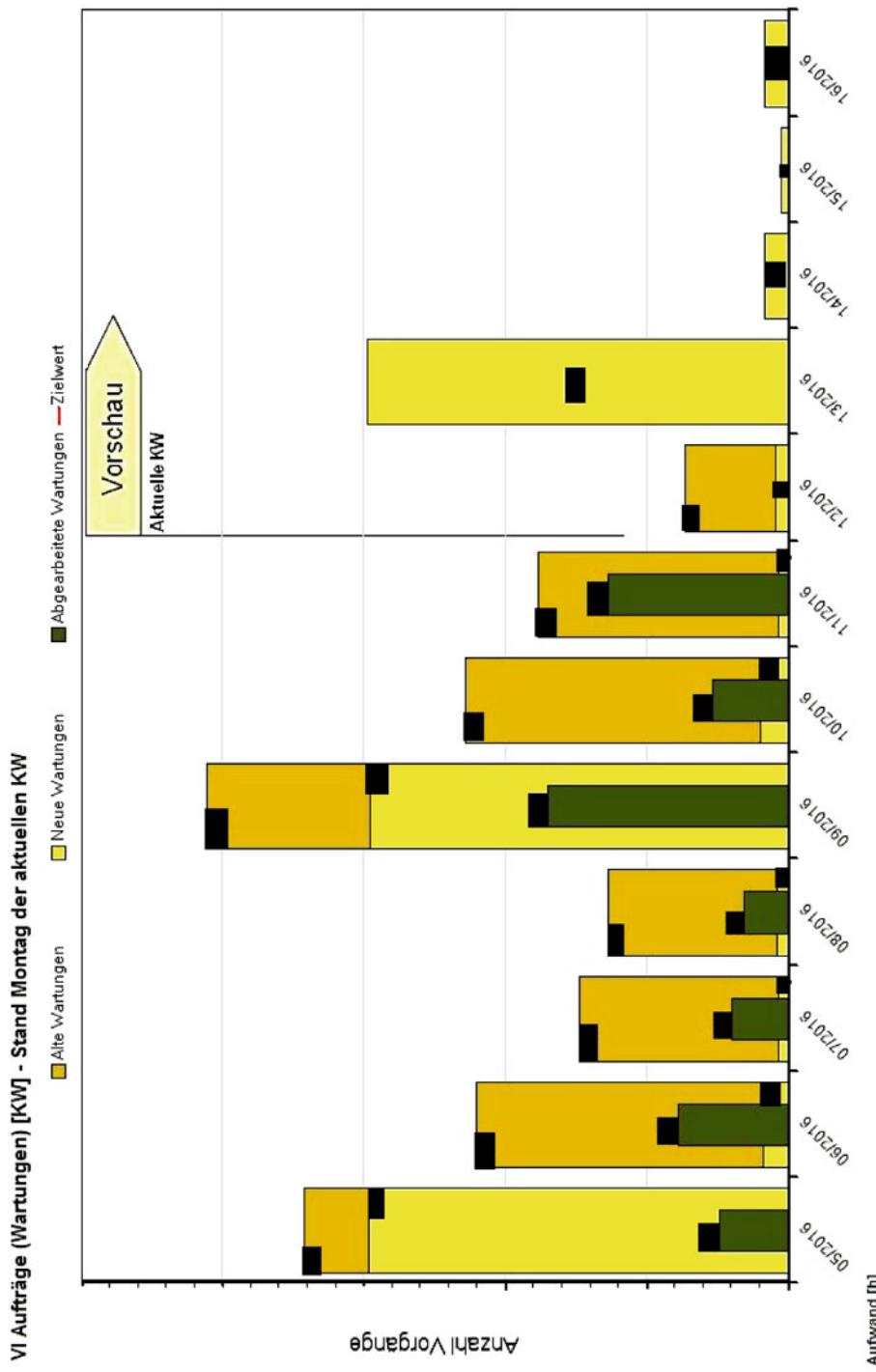
Die Reaktionszeit wird durch den Zeitraum, in dem der Produzent die Störung meldet bis zu dem Zeitpunkt, in welchem der Instandhaltungsmitarbeiter den Auftrag annimmt, beschrieben. Somit kann die durchschnittliche Zeit dargestellt werden, die benötigt wird, um mit der Bearbeitung des Auftrags zu beginnen.

### **GAB (Gesamt-Anlagen-Betreuung) insb. Wartungsvorschau**

Innerhalb der Wartungsvorschau kann für einen ausgewählten Zeitraum die Gesamtanzahl der Wartungen aufgezeigt werden. Diese Anzahl besteht aus neuen, offenen und abgearbeiteten Wartungen. Eine beispielhafte Darstellung der GAB sowie Wartungsvorschau ist Abb. 19.8 zu entnehmen.

### **Ausfalldauer**

Eine weitere Kennzahl, die innerhalb des IH-Cockpits umgesetzt wird, ist die Ausfalldauer. Sie beschreibt den Zeitraum, wie lange eine Maschine aufgrund einer Störung nicht produzieren kann.



**Abb. 19.8** GAB-Auswertung im BI-Channel. (Daimler AG 2015)

## Technische Verfügbarkeit

Die Kennzahl Technische Verfügbarkeit einer Anlage setzt sich aus der Produktionszeit und der Stördauer zusammen. Mit Hilfe dieser Kennzahl kann bestimmt werden, wie effektiv eine Anlage produziert. Um beispielsweise die Produktionszeit zu bestimmen, werden die Schichtzeiten sowie die Pausenzeiten mit in die Kennzahl einbezogen.

## IH-Rate Invest/Aggregat

Die Kennzahlen IH-Rate Invest und Aggregat geben Auskunft über die Kostenverteilung innerhalb der Instandhaltung. Die IH-Rate Invest kann durch das Verhältnis von Eigenkosten und betreutem Invest beschrieben werden. Die Eigenkosten setzen sich aus den Personal- sowie den Sachgemeinkosten zusammen, wobei das betreute Invest die Anschaffungskosten der Produktionsanlage beinhaltet. Die IH-Rate Aggregat bezieht sich dagegen auf die Anzahl der produzierten Aggregate, beispielsweise die Anzahl an produzierten Querlenkern. Diese Kennzahl beschreibt damit die Instandhaltungskosten je produziertes Bauteil.

### 19.3.4 QlikView

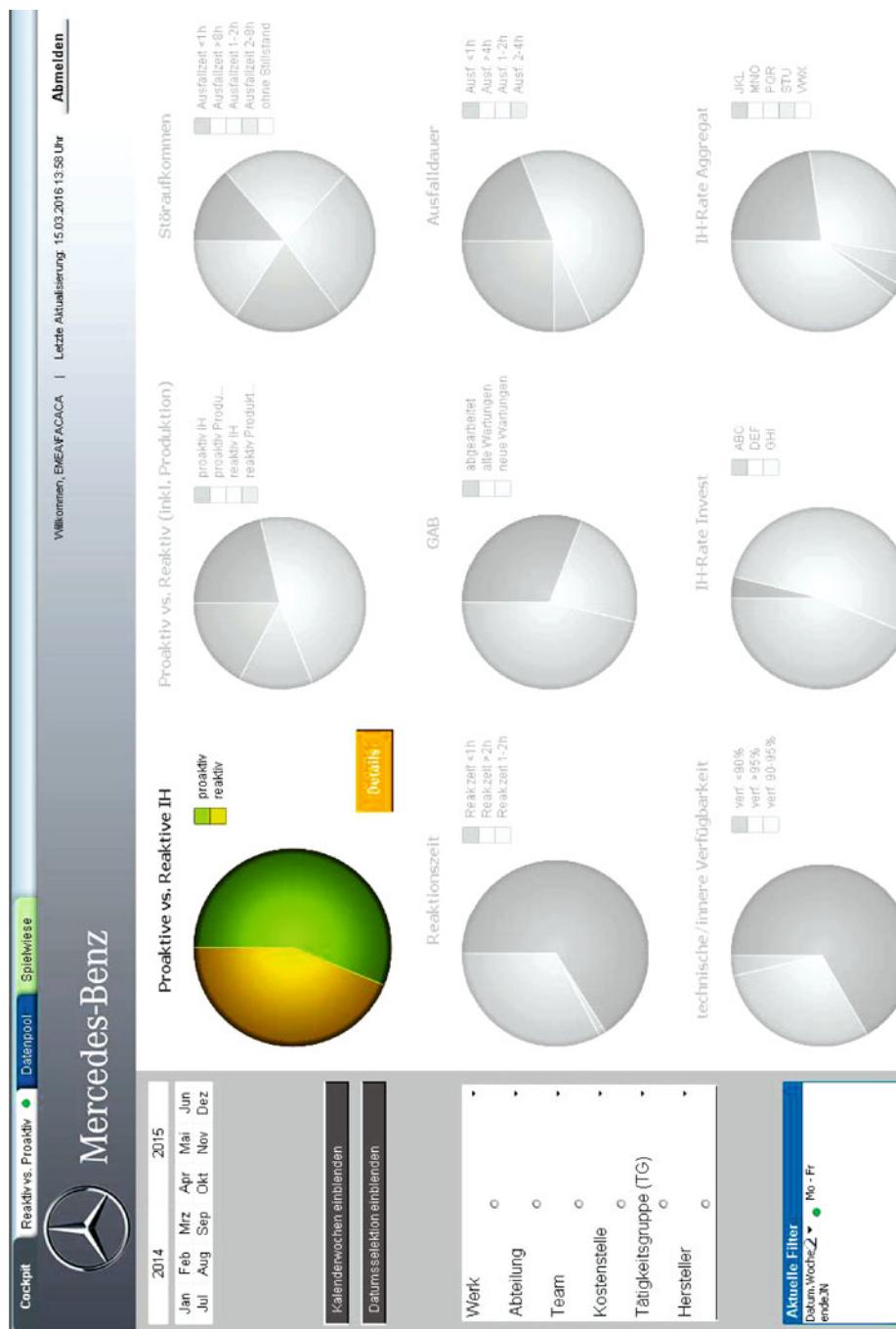
QlikView beschreibt die Oberfläche, mit der das IH-Cockpit umgesetzt und dargestellt wird. Dieses Front Panel zeichnet sich vor allem durch seine gute Bedienbarkeit und Performance aus, welche die für den Erfolg des Projekts wichtigen Eigenschaften bilden. Eine beispielhafte Gesamtübersicht von QlikView zeigt Abb. 19.9.

In dieser Gesamtübersicht sollen künftig alle für die Instandhaltung relevanten Kennzahlen dargestellt werden. Die user-freundliche Oberfläche ermöglicht es, die Auswertungen der Kennzahlen übersichtlich im direkten Vergleich zueinander darzustellen.

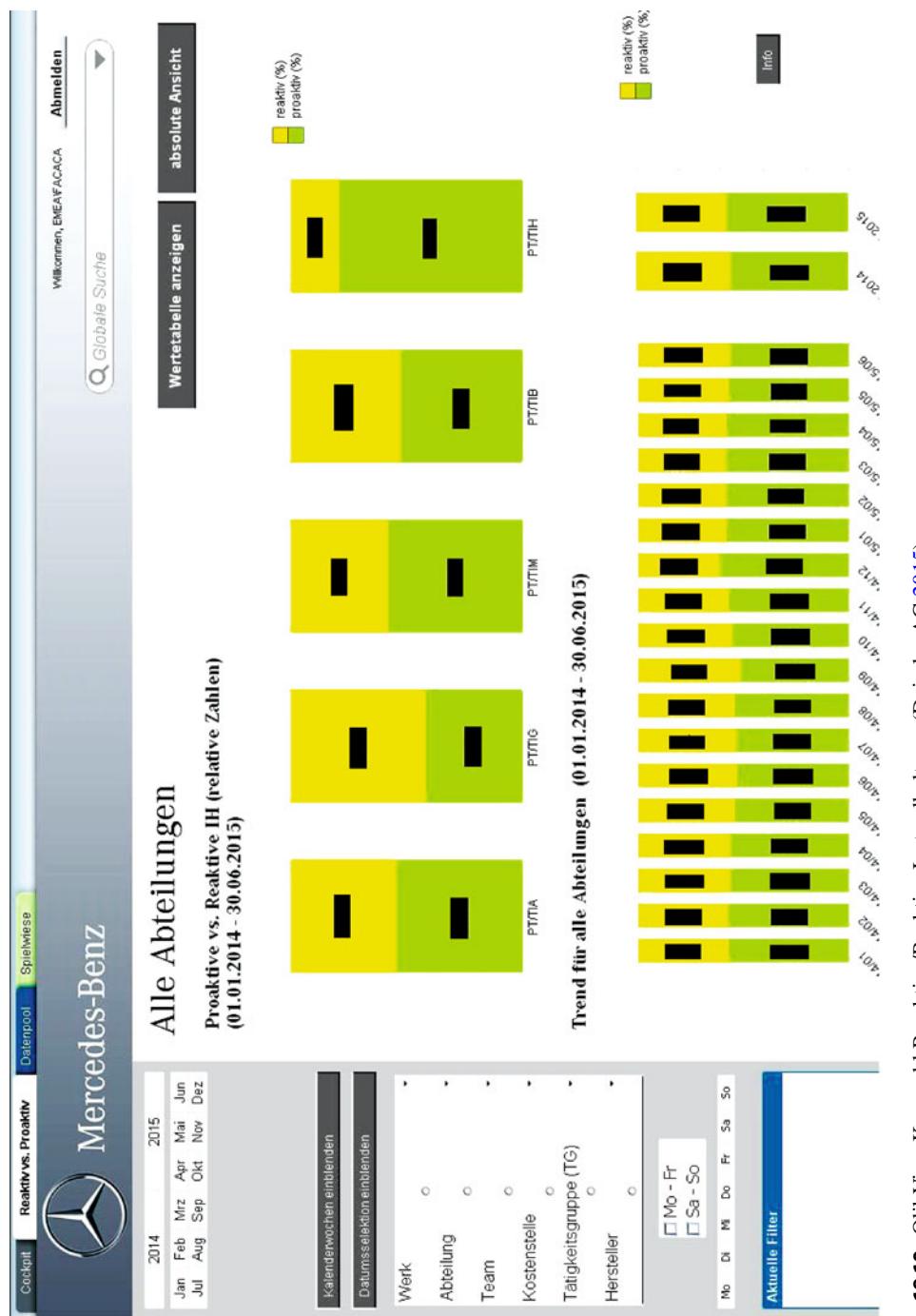
Um die erforderliche Vergleichbarkeit auch in verschiedenen Ebenen zu erhalten, ist es weiterhin möglich, durch entsprechendes Setzen von Filtern einzelne Abteilungen oder Teams darzustellen. Abb. 19.10 zeigt dies beispielhaft für die Kennzahl Proaktive vs. Reaktive Instandhaltung.

Im linken Bereich der Oberfläche können die Filter, z. B. auf die Abteilung oder Kostenstelle, gesetzt sowie bestimmte Zeiträume ausgewählt werden. Im oberen Abschnitt sind die Werte der pro- sowie reaktiven Instandhaltungsmaßnahmen der Teams innerhalb der jeweils ausgewählten Abteilung aufgezeigt. Darunter befindet sich ein Trendverlauf über einen ausgewählten Zeitraum sowie die Jahresdurchschnittswerte.

Neben diesen Funktionalitäten bietet QlikView die Möglichkeit, dynamische Auswertungen zu erstellen. Dies erfolgt über die „Spielwiese“, auf der Auswertungen jeglicher Art erstellt werden können. Diese ist nach dem gleichen Schema aufgebaut, d. h. auch hier können die Strukturen bis auf die Tätigkeitsgruppe heruntergebrochen werden.



**Abb. 19.9** QlikView Oberfläche. (Daimler AG 2015)



**Abb. 19.10** Qlik View Kennzahl Proaktive/Reaktive Instandhaltung, (Daimler AG 2015)

## Literatur

- Brühl, R.: Controlling. München, 2012
- Controllerspielwiese: Kennzahlen, 2015. (<http://www.controllerspielwiese.de/download/kennzahlen.pdf>, [2015-02-13])
- Daimler AG (Quelle nicht öffentlich zugänglich), 2015
- DIN EN15341:2007-06, Instandhaltung – Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung. Beuth Verlag, Berlin, 2007
- Böhl, M., Klinker & Partner GmbH: Arten und Gestaltungskonzepte von Kennzahlen und -Systemen, 2010, PDF Datei [2015-02-13]
- Mühleisen, B.: Kennzahlen in der Instandhaltung. Bachelorthesis, Fachhochschule Nordwestschweiz, 2008
- Pawellek, G.: Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik. Springer Vieweg, Heidelberg, 2013
- Schmick, T.: Instandhaltungscockpit – Vereinheitlichung wichtiger Leistungskennzahlen für die Powertrainwerke von Mercedes-Benz. Masterarbeit, Universität Siegen, 2015
- VDI 2893:2006-05: Auswahl und Bildung von Kennzahlen für die Instandhaltung. Beuth Verlag, Berlin, 2006
- Wirtschaftslexikon24: Kennzahlensystem, 2015. (<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/kennzahlensystem/kennzahlensystem.htm>, [2015-02-13])

---

**Teil III**  
**Markt**



# Industrieservice 4.0

20

## Industrieservices in einer digitalisierten Instandhaltung

David Merbecks

### Zusammenfassung

Die Dienste und Leistungen des Industrieservices sind für den Erfolg von Industrie 4.0 in Deutschland unverzichtbar, sie sind zentral für die zukünftige Wertschöpfung der Unternehmen und bergen ein erhebliches Wachstumspotenzial. Den Einzug von Industrie 4.0 in die Unternehmen werden Industrieservice-Dienstleister maßgeblich mitgestalten. Bereits heute verändert der Industrieservice Arbeitsabläufe und Arbeitsprozesse bei den Kunden – ein Novum im Markt für Dienstleistungen. Hintergrund ist, dass Industrieservice-Unternehmen zunehmend Know-how aufbauen, das gerade kleine und mittlere Industrieunternehmen nicht ohne weiteres selber bereitstellen können. Diese Entwicklung wird durch Standardisierung, Kommunikation von Best-Practices, Qualifizierung, fachübergreifende Innovationen durch Forschung und ein einheitliches Branchenbild unterstützt.

### 20.1 Innovationen und Standardisierung von Dienstleistungen für die Industrie 4.0

In den Industriebetrieben wird sich auf Grund der allgemeinen Initiativen, rund um das Thema Industrie 4.0, der Trend zur Digitalisierung und automatisierten Kommunikation durchsetzen. Doch die Frage die sich bei der Implementierung von Industrie 4.0 in der betrieblichen Praxis stellt, sollte nicht lauten: „Wie können wir Prozesse automatisieren?“ sondern vielmehr, „Wo helfen intelligente Systeme und Tools die Prozesse zwischen Industrieservice und Instandhaltung effizienter zu gestalten?“ Für den Industrieservice 4.0

---

D. Merbecks (✉)

WVIS Wirtschaftsverband für Industrieservice e.V.

Sternstraße 36, 40479 Düsseldorf, Deutschland

E-Mail: d.merbecks@wvis.eu

muss im Vordergrund stehen, dass die Mitarbeiter vor Ort Informationen schneller abrufen, vor allem aber einfacher zurückliefern oder vor- und nachgelagerte Abläufe schneller und sicherer abwickeln. Denn auf diese Weise profitieren auch die nachgelagerten Prozesse vom Informationsgewinn vor Ort.

Für den Industrieservice ist es deshalb wichtig, sich über das Netzwerk des WVIS mit allen verbunden Fachkreisen abzustimmen. Initiativen und Aktivitäten sollten darauf fokussieren, dass für die Anwendung und Abwicklung von Dienstleistungen praktische Hilfestellungen gegeben werden und gleichzeitig neue, gemeinsame Standards entwickelt werden. Dabei steht der Mensch im Vordergrund, welcher durch den Kulturwandel einer Industrie 4.0 in der Produktion von der Werkbank bzw. der Produktion weg zum Prozessmanager in der Fertigung wird. Die folgenden Themenfelder Standardisierung, Kommunikation von Best-Practices, Qualifizierung, fachübergreifende Innovationen durch Forschung und ein einheitliches Branchenbild benötigen deshalb besondere Beachtung.

---

## 20.2 Standards für Industrieservice

Grundlegend für eine Vereinfachung von vor- und nachgelagerten Prozessen, rund um die Instandhaltung von Anlagen, ist ein gemeinsames Verständnis für die Beschreibung der beauftragten Dienstleistungen. Dies ist notwendig, um auch die projektrelevante und zeitkritische Kommunikation nachhaltig zu vereinfachen. Eine Gestaltung von Standardleistungsverzeichnissen oder vereinheitlichten Leistungsbeschreibungen ist notwendig, damit diese ohne hemmende Schnittstellen beim Datenabgleich unternehmensübergreifend eingesetzt werden können. Es sollte z. B. möglich werden, Bestell- und Abrechnungsvorgänge insbesondere für die Instandhaltungsabläufe in einer digitalen Fabrik zu beschleunigen. Gleichzeitig wird es möglich, Arbeiten schneller aber vor allem sicherer durchzuführen.

Zu den notwendigen Standards gehört auch eine sichere Gestaltung von Industrieserviceverträgen. Sie bieten die Möglichkeit, auf Basis der oben genannten standardisierten Leistungsbeschreibungen und -inhalten, eine passgenaue und erfolgreiche Geschäftsbeziehung zwischen Kunde und Dienstleister zu gestalten. Der WVIS-Mustervertrag stellt z. B. die Fallstricke und Hauptaspekte neutral als Diskussionsgrundlage zur Verfügung. Weitere Merkblätter zum Thema Versicherungen, Claim Management oder Werkverträge unterstützen Kunden und Industrieserviceunternehmen gleichermaßen und stehen interessierten Fachleuten über den WVIS zur Verfügung.

---

## 20.3 Leuchtturmprojekte Themensammlung von Best-Practices

Neue Dienstleistungen tragen das Know-how aus der branchenübergreifenden Sicht des Industrieservice in die produzierenden Betriebe. Die regelmäßige Kommunikation von Best-Practices im Sinne von neuen Dienstleistungen für Effizienz in der Industrie 4.0 er-

laubt es, Trends schneller in den Markt zu kommunizieren und Innovationen in der Praxis weiter zu verbreiten. Vor diesem Hintergrund setzt der WVIS mit Berichten kontinuierlich seine Schriftreihe zu Best Practice Beispielen aus dem Kreis seiner Mitgliedsunternehmen fort. Als Themenschwerpunkt kristallisieren sich dabei immer wieder die Prozessunterstützung und die Automatisierung im Industrieservice und in der Instandhaltung heraus.

Industrieservice ist immer schon Motor und Innovationstreiber für die Industrie gewesen. Die Neuentwicklungen sorgen dafür, dass effizient und sicherer gearbeitet werden kann. Neue Techniken und Dienstleistungen helfen der Industrie, Prozesse zu verschlanken und Sicherheit sowie Anlagenuverlässigkeit zu erhöhen.

Mit neu entwickelten Verfahren und der übergreifenden Fachkompetenz ist Industrieservice gleichzeitig ein Erfolgsfaktor für die Realisation der Industrie 4.0 wie auch ein Garant für Standortsicherheit. Dabei stehen ganz klar Lösungen im Vordergrund, die intelligente IT- und Informationslösungen mit komplexen Prozessen im industriellen Einsatz bieten oder helfen Industrieservices in automatisierte Strukturen zu integrieren.

---

## 20.4 Abstimmung mit Forschung und Europäischen Verbänden

Die Entwicklungen und Initiativen zur Industrie 4.0 werden auch in der EU interessiert beobachtet. Umso wichtiger wird es für den Industrieservice sein, gemeinsam mit anderen Verbänden für ein gemeinsames Vorgehens zu werben und Aktivitäten für einen Industrieservice 4.0 abzustimmen.

In zahlreichen Projekten wird zusammen mit der Forschung an Innovationen in der Industrie 4.0 gearbeitet. Neben den Projekten, die konkreten Bezug zur Industrie 4.0 haben, ist der WVIS als Kommunikationspartner auch an Forschungsprojekten beteiligt, die allgemeine Rahmenbedingungen wie Aus- und Weiterbildung oder auch die Entwicklung neuer Services im Auge haben und somit für die Weiterentwicklung zum Industrieservice 4.0 enorm wichtig sind.

Der WVIS veranstaltet deshalb neben den spezifischen Arbeitskreistreffen immer auch Networking-Veranstaltungen bei denen, getragen von Impulsvorträgen über neue Strategien und Trends diskutiert wird. Dabei steht im Sinne einer Peer-to-Peer-Kommunikation der Wissens- und Erfahrungsaustausch innerhalb des WVIS-Netzwerkes mit deutschen und internationalen Unternehmen, Verbänden oder Hochschulen im Vordergrund. In den vergangenen Jahren haben sich immer wieder die Industriebetriebe als Auftraggeber von Dienstleistungen (z. B. die Betreiber von Chemieanlagen) in die Diskussion einbringen können.

---

## 20.5 WVIS-Branchenmonitor bestätigt Trend

Durch die regelmäßige Erhebung von Marktdaten, Stimmungslage und Trends hat der Industrieservice an Profil gewonnen. Der jährlich erscheinende WVIS-Branchenmonitor er-

möglich es Unternehmen und Interessensvertretern, frühzeitig auf Trends, Entwicklungen und Rahmenbedingungen zu reagieren. Auch hier spiegelt die Stimmung der Industrieserviceunternehmen die wachsenden Anforderungen in Hinblick auf eine Standardisierung in der Industrie 4.0 wieder.

Die Erhebung von Marktdaten und Schaffung von Transparenz für branchenrelevante Themen steht bei der Datenerhebung durch den WVIS-Branchenmonitor im Vordergrund. Denn die Ergebnisse können dazu beitragen das Image der Instandhaltung insbesondere aber das des Industrieservice zu verbessern, indem Fakten die allgemeine Diskussion unterstützen:

- Besonders kleine Unternehmen, die ihre Abläufe schnell auf den Kunden ausrichten können und Schnittstellen bedienen können, werden erfolgreich sein.
- Angesichts der breiten Aufgabenstellung bleibt der Industrieservice ein wichtiger Standortfaktor für die Produktion in Deutschland und ist gleichzeitig ein Erfolgsfaktor für die Industrie 4.0.
- Industrieservice ist zentral für Industrie 4.0 und die Wertschöpfung in Deutschland.
- Industrieservice ist elementar für den Erfolg von Industrie 4.0.
- Unternehmen setzen verstärkt auf Industrieservice-Dienstleister.
- Starkes Branchen-Wachstum bei Umsatz und qualifizierten Stellen.

---

## 20.6 Menschen bewegen Industrie – Qualifizierung für Industrieservice 4.0

Im digitalisierten und automatisierten Arbeitsumfeld einer Industrie 4.0 erscheinen zwei Aspekte besonders wichtig, die darauf zielen, Industrieservicepersonal den Anforderungen und Qualifikationen entsprechend einzusetzen. Zum einen sollten bestehende Qualifikationen, Kompetenzen und Erfahrungen in einem digitalen Profil transparent für Auftraggeber, Industrieserviceunternehmen und Mitarbeiter dokumentiert werden. Zum anderen wird eine Harmonisierung von Zertifikaten, Prüfungsinhalten und Anforderungsprofilen die Mobilität und Einsatzmöglichkeiten von qualifizierten Servicemitarbeitern verbessern. Neben dem Handwerkerpass als Dokumentation von Qualifikation bietet der WVIS nun zusammen mit der österreichischen Trainingsakademie GmbH, die Möglichkeit, für österreichische und deutsche Unternehmen, Servicepersonal mit einem Europäischen Zertifikat für Instandhaltungsdienstleistungen und Industrieservice zu qualifizieren.

### 20.6.1 Handwerkerpass – Maintenance-Skills-Passport

Eine deutliche Verbesserung der Transparenz hinsichtlich der Qualifikation bietet die digitale Dokumentation von Qualifikation, Zertifikaten und des Erfahrungsschatz der einzelnen Mitarbeiter in der Industrie. Gleichzeitig werden es datengestützte Verfahren

ermöglichen, Mitarbeiter schneller „zur Baustelle“ d. h. vor Ort zu bringen. Dabei muss natürlich sichergestellt bleiben, dass alle Sicherheitsvorgaben eingehalten werden. Der WVIS konnte mit Unternehmen aus der Industrie über erste Ideen zur Umsetzung eines branchenübergreifenden Handwerkerpasses diskutieren und wird auch innerhalb der EU für eine Abstimmung der Systematiken eintreten. Denn diese Aktivität wird insbesondere die Mobilität von Facharbeitern innerhalb Europas fördern sowie die Effizienz und Sicherheit im Projekt weiter erhöhen.

## **20.6.2 WVIS academy und Trainingsakademie bieten Main-Cert-Lehrgang an**

Wie bei der Erstellung der einzelnen Mitarbeiter Portfolios hinsichtlich der Qualifikation, wird es für international agierende Unternehmen immer wichtiger, auch für die Ausbildungsinhalte in der Instandhaltung eine Vereinheitlichung zu erreichen. Zu diesem Zweck beteiligt sich der WVIS an Projekten wie Maincert und AMCOM, die auf Europäischer Ebene und in Abstimmung mit der gerade veröffentlichten CEN 15628, zu einer international einheitlichen Zertifizierung von Wissen führen. Neben einem Leitfaden für die Umsetzung der CEN 15628 im Unternehmen, der in Deutschland in Zusammenarbeit des WVIS mit Fachgremien des VDI und der GFIN aus der Instandhaltung erarbeitet wurde, ist unter Europäischer Projektbeteiligung mit Maincert ein Zertifizierungsverfahren entwickelt worden, welches die relevanten Profile der Instandhaltungsmitarbeiter abbildet. In Deutschland und Österreich werden nun vorbereitende Seminarreihen und entsprechende Prüfungen angeboten.

Main-Cert wendet sich an Personen, die in der mittleren Führungsebene der Instandhaltung und des Industrieservice tätig sind. Dabei ist es unerheblich, ob das eigene Unternehmen die Instandhaltungsaufgaben für eigene Anlagen wahrnimmt, oder ob es als Dienstleister Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben für andere Unternehmen anbietet.

Die Interessenten sollten mindestens drei Jahre diese Führungsaufgabe ausführen. Die absolvierten Qualifikationswege sind für eine Teilnahme an dem Zertifizierungsverfahren nicht relevant.

Die Mitarbeiter erhalten mit dem Zertifikat einen Nachweis ihrer Kenntnisse und Fähigkeiten im Führen von Instandhaltungs- und Industrieserviceaufgaben. Es wird mittels Maincert nachgewiesen, dass die erforderlichen Arbeitsaufgaben und Arbeitsabläufe im Zusammenhang mit der Wartung und Instandhaltung von Anlagen beherrscht werden.

Unternehmen können sicher sein, dass ihre Mitarbeiter die Normen und Verfahrensweisen für eine zielgerichtete Instandhaltung beherrschen und anwenden. Sie sind mit dem Zertifikat in der Lage, dies auch ihren Geschäftspartnern und Auftraggebern nachzuweisen. Gerade wenn Mitarbeiter in ihre Aufgaben „hineingewachsen“ sind, ist ein solcher Nachweis auch für zukünftige Entwicklungsstufen sehr hilfreich.



# Neue Servicekonzepte in der Instandhaltung am Beispiel der Prozessindustrie

21

Götz Lauschke und Wilhelm Otten

## Zusammenfassung

Seit Jahren besteht die Tendenz zur Auslagerung von Instandhaltungstätigkeiten auf externe Dienstleister. In der chemischen Industrie ist diese Entwicklung bereits weit fortgeschritten. Im Beitrag werden die Entwicklung von integrierten strategischen Partnerschaftsmodellen und die grundsätzlichen Unterschiede zum klassischen Vergabeverfahren von Dienstleistungen auf Basis einer Spezifikation der Einzelleistung und deren Auswirkung dargestellt. Am Beispiel der Verträge zur strategischen Servicepartnerschaft wird der Prozess der Partnerschaftsentwicklung von der Potenzialanalyse über Leistungs- und Vertragsspezifikation, Implementierung bis zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess beschrieben sowie die Wertbeiträge zur Steigerung der Effektivität, z. B. Schaffung der Zielkongruenz zwischen Betreiber und „Systemdienstleister“, beleuchtet.

## 21.1 Einleitung

In vielen Industriezweigen wird diskutiert, ob die Instandhaltung zum Kerngeschäft des Anlagenbetreibers gehört. Die Folge ist, dass der Instandhaltungsservice teilweise in manchen Firmen intern in eigenen Abteilungen organisiert oder sogar komplett an Drittanbieter outsourct wird. Auch in der chemischen Industrie sind diese Entwicklungen zu sehen. Seit Jahren besteht die Tendenz zur Auslagerung von Instandhaltungstätigkeiten

---

G. Lauschke (✉) · W. Otten (✉)  
Evonik Industries AG  
Essen, Deutschland  
E-Mail: goetz.lauschke@evonik.com

W. Otten  
E-Mail: wilhelm.otten@evonik.com

auf externe Dienstleister. In der chemischen Industrie ist diese Entwicklung bereits weit fortgeschritten. Nach Ausgliederung der Serviceeinheiten an den Großstandorten in eigenständige Dienstleistungsgesellschaften laufen dort zwei wesentliche gegenläufige Entwicklungen ab: Zum Einen erfolgt die Zerlegung in spezifizierbare marktgängige Einzeldienstleistungen mit Ausschreibung am Markt, zum Anderen die kundenorientierte, gewerkeübergreifende Integration von Dienstleistungen im Rahmen von Servicepartnerschaften (strategischen Partnerschaften) bis hin zum Full-Service (Otten et al. 2007).

Im Beitrag werden die Entwicklung von integrierten strategischen Partnerschaftsmodellen und die grundsätzlichen Unterschiede zum klassischen Vergabeverfahren von Dienstleistungen auf Basis einer Spezifikation der Einzelleistung und deren Auswirkung dargestellt. Am Beispiel der Verträge zur strategischen Instandhaltungspartnerschaft wird der Prozess der Partnerschaftsentwicklung von der Potenzialanalyse über Leistungs- und Vertragsspezifikation, Implementierung bis zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess beschrieben sowie die Wertbeiträge zur Steigerung der Effektivität, z. B. Schaffung der Zielkongruenz zwischen Betreiber und „Systemdienstleister“, beleuchtet.

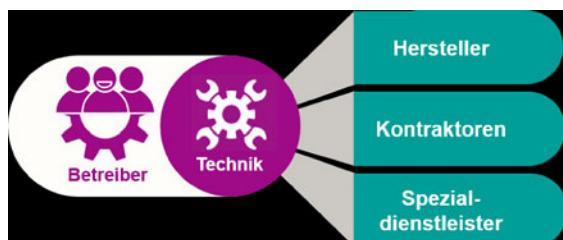
## 21.2 Entwicklung der Service-Strukturen in der Prozessindustrie

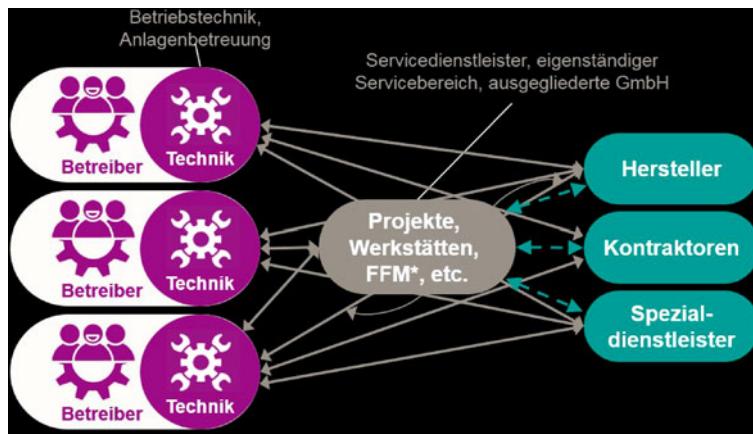
An den Großstandorten in der chemischen Industrie ist diese Entwicklung der Ausgliederung der Instandhaltung aus dem Kerngeschäft der Produktion aufgrund der Umstrukturierungen der Chemiefirmen bereits weit fortgeschritten.

Auf Grund des erhöhten Wettbewerbsdrucks in den 90er-Jahren kam es an den größeren Standorten zu Umstrukturierungen, insbesondere zur Auflösung alter Produktions- und Unternehmensstrukturen und einer Ausgliederung der Servicefunktionen, mit dem Ziel der Kostensenkung durch den Druck des externen Wettbewerbs. Abb. 21.1 zeigt die bis dahin üblichen Strukturen (Otten et al. 2007).

Das führt einerseits dazu, dass die etablierten Service-Organisationen an den Standorten unter Wettbewerbsdruck gesetzt werden. Auf der anderen Seite führt diese Entwicklung aber auch dazu, dass die Komplexität der Serviceprozesse und damit die Schnittstellen deutlich zunehmen (siehe Abb. 21.2), Synergien verlorengehen, Standards nicht mehr zu halten sind, die Kundenbedarfe aufgeteilt werden, Einkaufsvorteile verlorengehen und die Marktmacht der Kontraktoren deutlich steigt.

**Abb. 21.1** Servicestrukturen in der chemischen Industrie vor 1995. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)





**Abb. 21.2** Aufspaltung der Servicefunktionen ab 1995. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

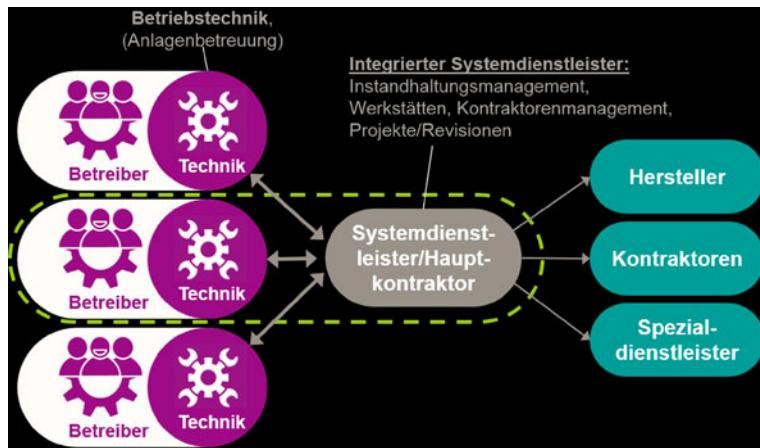
Nach Ausgliederung der Serviceeinheiten in eigenständige Dienstleistungsgesellschaften laufen an den Standorten zwei wesentliche, gegenläufige Entwicklungen ab. Zum einen erfolgt die Zerlegung in spezifizierbare marktgängige Einzeldienstleistungen, zum anderen die kundenorientierte, gewerkeübergreifende Integration von Dienstleistungen im Rahmen von Full-Service und strategischen Partnerschaften.

Im ersten Fall übernehmen die Kunden einen Teil der Beauftragungs- und Koordinationsleistung. Damit erhöht sich die Komplexität, da diese Leistungen auf verschiedene Kunden aufgeteilt werden. Die dafür notwendigen Personalressourcen sind in der notwendigen Qualität nicht immer verfügbar. Die Skalenvorteile gehen verloren.

Einigen Dienstleistern in der chemischen Industrie ist es gelungen, diesen Trend umzukehren und die Phase der Ausgliederung und Zersplitterung zu überwinden, sich wettbewerbsfähig aufzustellen und sich durch neue, kundenorientierte Angebote wieder als integraler Systemdienstleister zu positionieren (siehe Abb. 21.3).

Diese Entwicklung zurück zum integrierten Systemdienstleister ist aber nur möglich, wenn die Leistungserbringung marktfähig ist, dieses vom Kunden auch so gesehen wird und der Dienstleister mit neuen Geschäftsmodellen über die Einzelleistung hinaus durch die Integration einen Mehrwert für den Kunden generiert. Damit können die Kunden wieder langfristig vertraglich gebunden werden.

An den größten deutschen Standorten von Evonik sowie in Antwerpen wurden seit dem Jahr 2000 solche Modelle entwickelt und gelebt, so dass umfassende Erfahrungen vorliegen. Der größte Teil der Leistungen der technischen Anlagenbetreuung werden im Rahmen strategischer Partnerschaften und Full-Service erbracht. So soll der traditionelle Zielkonflikt aus Betreiber- und Dienstleistersicht aufgelöst werden (siehe Abb. 21.4). Während der Anlagenbetreiber eine maximale Anlagenverfügbarkeit bei minimalen Kosten anstrebt, möchte der Dienstleister sein wirtschaftliches Ergebnis bei minimalem Auf-



**Abb. 21.3** Struktur der strategischen Partnerschaften. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

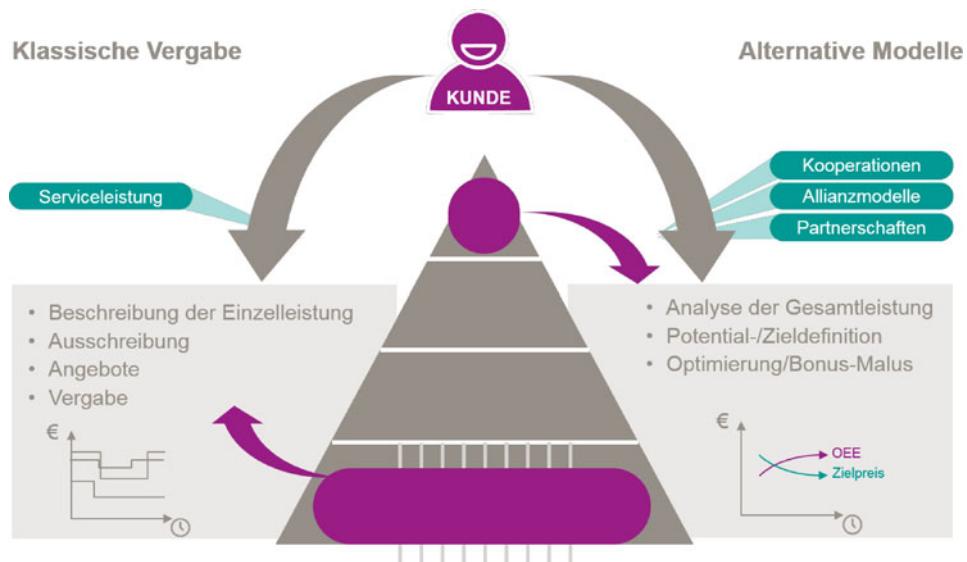


**Abb. 21.4** Klassischer Zielkonflikt zwischen Betreiber und Dienstleister. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

wand maximieren. Eine Auflösung ist nur durch ein kooperatives Preismodell bei Definition gemeinsamer Ziele möglich, bei dem die Vorteile mittel- und langfristig für beide Partner überwiegen.

### 21.3 Alternative Geschäftsmodelle

Es bestehen wesentliche Unterschiede zwischen einer „klassischen Leistungsvergabe und -erbringung“ und den „alternativen Geschäftsmodellen“. Der übliche Weg der Beauftragung bei technischen Servicedienstleistungen (siehe Abb. 21.5) besteht darin, die Leistungen in kleine überschaubare, am Markt gängige Pakete zu zerlegen, die Leistung zu



**Abb. 21.5** Vergleich der Beauftragungsmodelle. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

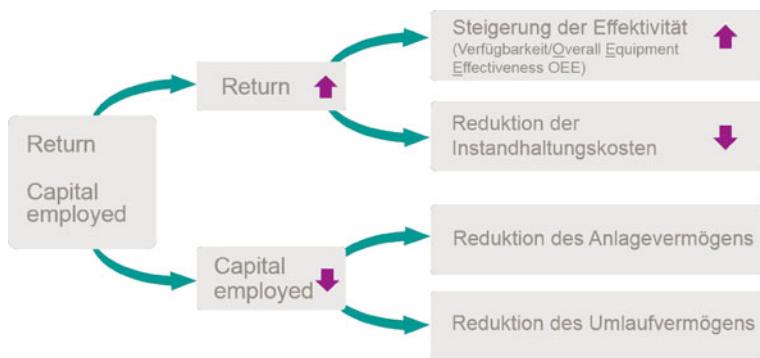
spezifizieren und auszuschreiben. Nach der Qualifizierung der Anbietenden wird der Auftrag an den Dienstleister vergeben, der die Leistung zum günstigsten Preis erbringen kann.

Servicepartnerschaften unterscheiden sich grundlegend von diesem Vorgehen. Hier wird die Gesamtleistung betrachtet und in einem gemeinsamen Projekt detailliert analysiert. Dann werden mögliche Optimierungspotenziale und entsprechende Ziele formuliert. Die Gesamtleistungsanforderung, die Ziele und die Bonus-Malus-Regelungen, mit denen der Dienstleister in die Verantwortung für die Zielerreichung eingebunden wird, werden dann in einem umfassenden Vertrag fixiert.

Wo liegen die wesentlichen Unterschiede? Es gibt offensichtlich einen Unterschied im Mechanismus der Kostenreduktion. Zudem übernimmt im Rahmen einer Servicepartnerschaft der Dienstleister zusätzlich eine Mitverantwortung für die Verfügbarkeit der Anlagen. Denn der Beitrag zur Wertsteigerung in der Instandhaltung liegt maßgeblich in der Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlagen (oder etwas weiter gefasst der *Overall Equipment Effectiveness OEE*) und erst in zweiter Linie in einer Senkung der Instandhaltungskosten (siehe Abb. 21.6). In volatillem Marktumfeld („VUCA-World<sup>1</sup>“) entstehen auf diese Weise flexible Konzepte mit dem Ziel minimaler Kosten für die jeweilige geschäftlich erforderliche Verfügbarkeit.

Aber auch das gebundene Kapital (Capital Employed) kann reduziert werden. Durch intelligente Ersatzteilkonzepte kann das Umlaufvermögen reduziert werden. Durch risiko-

<sup>1</sup> VUCA – Akronym für Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity.

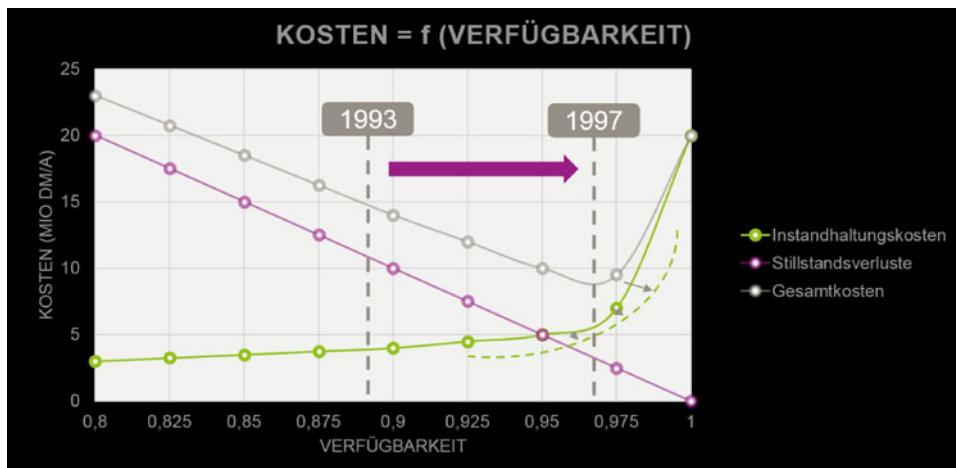


**Abb. 21.6** Wertsteigerung der technischen Anlagenbetreuung. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

basierte Instandhaltung können Redundanzen, zum Beispiel bei Pumpen, vermieden und damit das Anlagevermögen minimiert werden.

Allerdings hängen Anlagenverfügbarkeit und Instandhaltungskosten voneinander ab und sind damit keine Größen, die unabhängig voneinander optimiert werden können. In Abb. 21.7 ist am Beispiel einer Schwefelsäureanlage der Zusammenhang dargestellt. Gemeinsam mit dem Betrieb wurde hier ein Maßnahmenprogramm entwickelt, um die Verfügbarkeit deutlich zu erhöhen.

Die Verfügbarkeitserhöhung durch die Einzelmaßnahmen und die jeweiligen Kosten wurden unter Verwendung risikobasierter Methoden ermittelt und die Maßnahmen nach Wirkung/Kosten priorisiert. Daraus ergibt sich die Funktion der Instandhaltungskosten



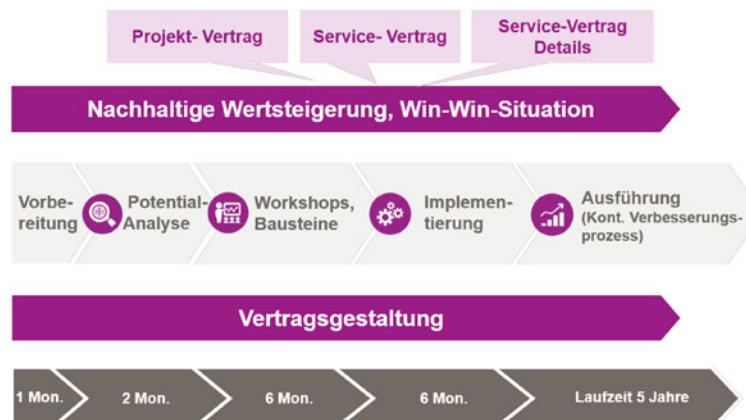
**Abb. 21.7** Zusammenhang zwischen Ausfall- und Instandhaltungskosten. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit (siehe Abb. 21.7). Für eine Verfügbarkeit gegen 100 % gehen die Instandhaltungskosten theoretisch gegen unendlich. Stillstandsverluste sind die Verluste, die durch die Nichtverfügbarkeit gegenüber hundert Prozent entstehen, hier bewertet mit den Deckungsbeiträgen der weniger produzierten Mengen. Das Ziel ist es die Summe der beiden „Kosten“, dargestellt als Gesamtkosten, zu optimieren. Offensichtlich liegt das Optimum bei etwa 97 % Verfügbarkeit, welche nach 5 Jahren durch die konsequente Umsetzung der Maßnahmen auch erreicht wurde.

In einem zweiten Schritt wurden bei gleichbleibender Verfügbarkeit die Instandhaltungsmethoden weiter kostenmäßig optimiert. Der Haupthebel dazu lag in einer risikobasierten Instandhaltungsstrategie, in der durch einen weiteren Ausbau der zustandsorientierten Instandhaltung ein Optimum zwischen präventiver und korrekter Instandhaltung (Instandsetzung) gefunden wurde. Untersuchungen an verschiedenen Anlagen haben hierzu ergeben, dass die wirtschaftlich optimalen Verfügbarkeiten bei kontinuierlichen Anlagen stets im Bereich 96 bis 98 % liegen.

Eine an diesen gemeinsamen Zielen orientierte strategische Partnerschaft lässt sich nur durch eine intensive Zusammenarbeit zwischen dem Kunden und dem Dienstleister im Rahmen eines gemeinsamen strukturierten Projektes erreichen (siehe Abb. 21.8). Basis einer in der Praxis gelebten Win-Win-Situation ist ein gemeinsames Verständnis für die Ziele des Anlagenbetreibers und das gemeinsame Verständnis für die Ausgangssituation. Wird dieses Verständnis im Rahmen des Projektes nicht erreicht, ist die Partnerschaft auch bei juristisch fein formulierten Verträgen zum Misserfolg verdammt.

Nach einer Vorklärung ist der erste entscheidende Schritt im Projekt die Potenzialanalyse. Hier wird gemeinsam mit dem Kunden unter Nutzung der Erfahrungen des Systemdienstleisters mit methodischen Verfahren die Ist-Situation der Instandhaltung vor Ort bewertet. Nach der Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs wird das innerhalb der Ver-



**Abb. 21.8** Strategisches Partnerschaftsprojekt – Gesamtzeitplan. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

tragslaufzeit erreichbare Potenzial (Verfügbarkeit, Kosten, etc.) definiert. Aufgrund der gemachten Erfahrungen ist auch hier der entscheidende Schritt die Ableitung der Instandhaltungsziele und -strategien aus der übergeordneten Produktionsstrategie.

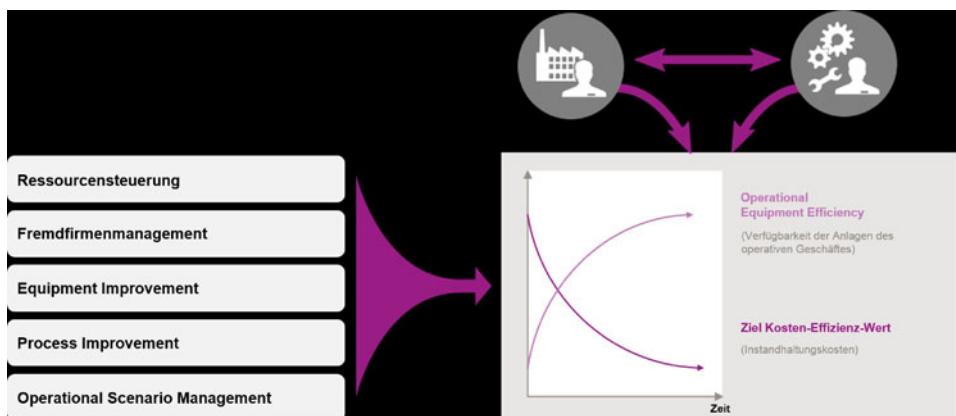
Im zweiten Schritt erfolgt im Rahmen von moderierten Workshops die Leistungs- und Vertragsspezifikation. Während der Implementierung erfolgen noch weitergehende Detailspezifikationen und Zielwertdefinitionen. Die Ausführungsphase schließlich ist geprägt von der kontinuierlichen Arbeit zur Erreichung der definierten Verfügbarkeits- und Kostenziele und einem methodisch unterstützten kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

Die verschiedenen Vertragsformen unterscheiden sich je nach Einbindung in die Wert schöpfungskette des Kunden und nach dem notwendigen spezifischen Anlagenwissen. Über Bonus-Malus-Regelungen für die Anlagenverfügbarkeit übernimmt er einen Teil der Verantwortung.

Im Rahmen der Servicepartnerschaften stehen als Werkzeuge Ressourcensteuerung, Fremdfirmenmanagement, Equipment Improvement, Process Improvement und operatives Szenarienmanagement zur Verfügung, durch deren Einsatz die operative Anlageneffizienz gesteigert und die Instandhaltungskosten möglichst niedrig gehalten werden sollen (siehe Abb. 21.9).

Die Abb. 21.10 zeigt die Struktur einer strategischen Partnerschaft, in deren Rahmen eine integrierte Gesamtleistung erbracht wird. Diese beinhaltet neben den Einzelleistungen, Leistungsbündel für standardisierbare Leistungen, das Management der Kontraktoren und Hersteller, den systematischen Einsatz von Optimierungsmethoden, ein Leistungs- und Vertragscontrolling und ein verantwortliches Management auf der Dienstleistungs- und Kundenseite.

Die Ziele in den einzelnen Leistungsbereichen sowie die Gesamtziele werden gemeinsam definiert.



**Abb. 21.9** Übersicht der Werkzeuge in Servicepartnerschaften. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)



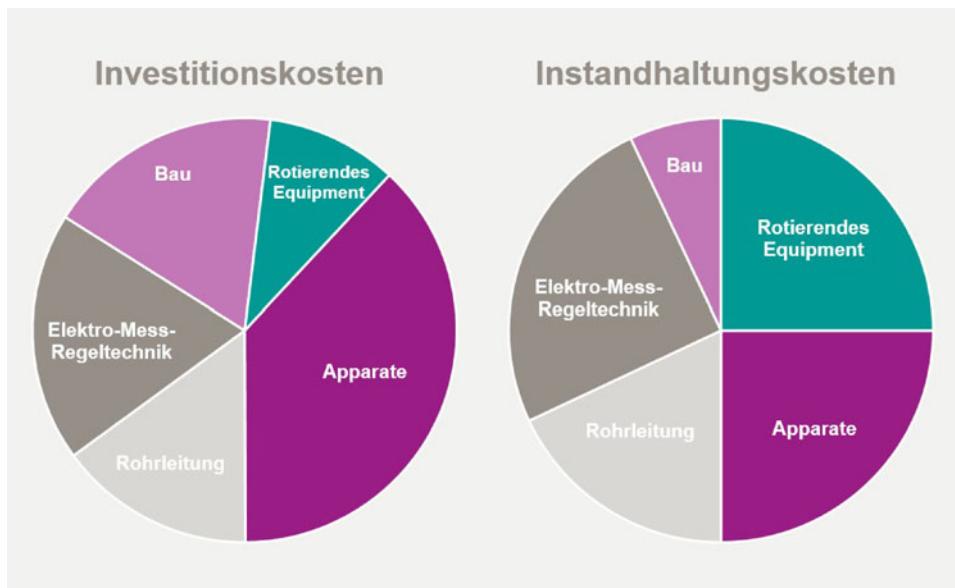
**Abb. 21.10** Bausteine einer Servicepartnerschaft. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

In den Leistungsbündeln werden abgrenzbare, wiederkehrende Leistungen spezifiziert, Prozessvereinfachungen erarbeitet, Kennzahlen zur Verfolgung und Steuerung der operativen Optimierung festgelegt, sowie Budgets und Optimierungsziele (Degressionen) definiert. Die Leistungsbündel decken praktisch alle Equipments der Prozessanlagen ab. Die Umsetzung und die laufende Optimierung der Equipments erfolgt in den Leistungsbündeln in gemeinsamen Equipment-Improvement-Teams (EIT). In den EIT sind auf Seiten des Dienstleisters der verantwortliche Instandhaltungsmanager und der Equipmentspezialist vertreten, auf Seiten des Kunden sind der Instandhaltungskoordinator/Betriebsingenieur und Vertreter des Betriebes bis hin zum Anlagenfahrer eingebunden.

Zur Erhöhung der Effizienz der Instandhaltungsprozesse werden Process-Improvement-Teams (PIT) eingesetzt. Alle Teams sind interdisziplinär zusammengesetzt. Die Steuerung erfolgt über den verantwortlichen Instandhaltungsmanager des Dienstleisters (Vogelsang und Otten 2006).

## 21.4 Optimierung am Beispiel des Leistungsbündels Pumpen

Wie lassen sich durch Instandhaltungspartnerschaften die Effektivität und die Effizienz der Instandhaltung steigern? Dieses soll am Beispiel des Leistungsbündels „Pumpen“ verdeutlicht werden (Otten 2008). Warum das Leistungsbündel Pumpen zur Darstellung der Optimierung im Rahmen der strategischen Partnerschaft geeignet ist, zeigt die Abb. 21.11.



**Abb. 21.11** Typische Kostenstrukturen verschiedener Equipments: Investition und Instandhaltung.  
(Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

Im linken Tortendiagramm ist die Verteilung der Investitionskosten einer typischen Chemieanlage dargestellt. Das rechte Diagramm zeigt die Verteilung der Instandhaltungskosten. Der Anteil des rotierenden Equipments ist mit ca. 10 % an den Investitionskosten relativ niedrig. Im Vergleich dazu sind die Instandhaltungskosten mit 25 % aber relativ hoch. Das ist der Grund, weshalb das rotierende Equipment stets ein Schwerpunkt der strategischen Partnerschaften ist.

Die Elemente des Leistungsbündels Pumpen sind:

- Zusammenfassung von wiederkehrenden Technikleistungen auf der Basis von Gewerken/Equipments,
- genaue Spezifikation der Leistungsinhalte (z. B. Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Materialwirtschaft, usw.),
- genaue Festlegung des Mengengerüsts,
- Definition von Ziel- und Steuerungskennzahlen z. B. MTBR<sup>2</sup>-Kennzahlen,
- Jahresbudget für die Leistungserbringung ggf. mit Degression,
- Quantifizierung des Erfolges, Bonus-/Malusregelung,
- mittels Einsatz von IH-Methoden (z. B. Condition Monitoring) vorhandene Optimierungspotenziale aufzeigen und nach Abstimmung mit dem Partner umsetzen.

<sup>2</sup> MTBR – Mean Time Between Repair.

**Abb. 21.12** Analyse der Ursachen von Anlagenfehlern eines Anlagenverbundes.  
 (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

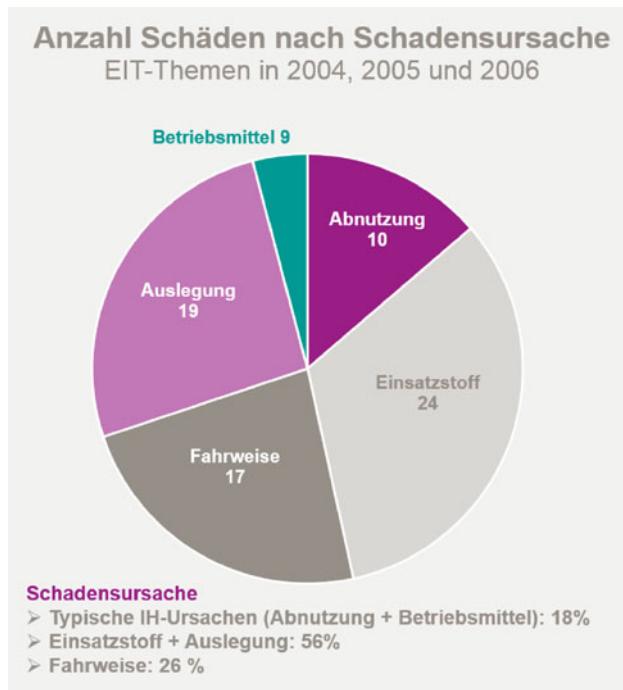
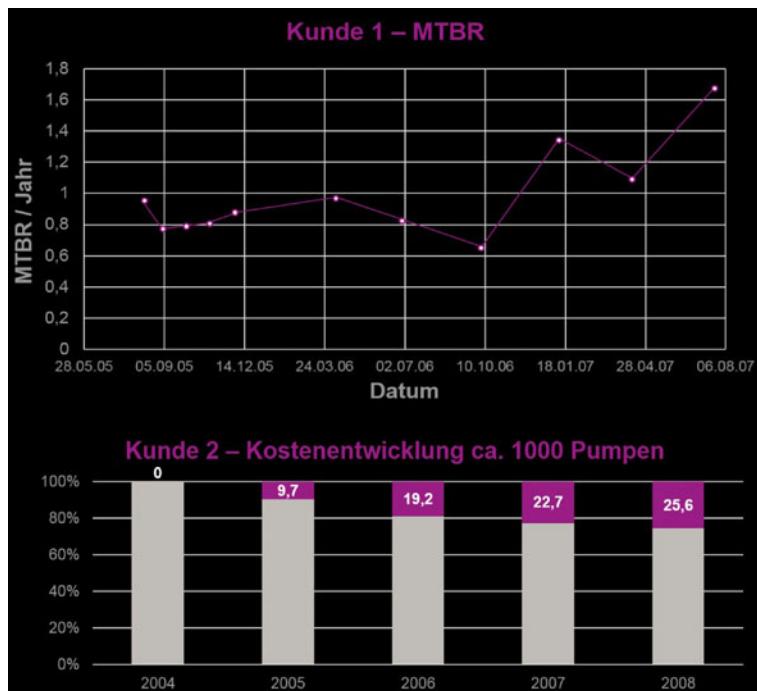


Abb. 21.12 zeigt die Ergebnisse der Analyse eines Equipment-Improvement-Teams für einen Anlagenverbund aus Monomer- und Polymeranlagen nach 2 Jahren gemeinsamer Optimierung. Die Analyse der Ursachen für die Ausfälle und Instandsetzungsbedarfe mag überraschen. Nur noch weniger als 20 % der Fehler haben „klassische technische Ursachen“. Ein großer Teil der Probleme tritt auf, weil die Anlage anders betrieben wird als ausgelegt bzw. sich die stofflichen Zustände im Prozess ändern. Schließlich ist immer noch ein hoher Anteil von Fehlern auf das nicht angepasste Betreiben der Anlagen zurückzuführen.

Der Dienstleister hat über die Bonus-Malus-Regeln ein hohes Interesse daran, den Kunden bei der Beseitigung der Schwachstellen zu unterstützen. Daher wurden Prüfstände aufgebaut, an denen eine anschauliche Schulung des Betreiberpersonals möglich ist, und der Betreiber die Auswirkungen von Bedienungsfehlern visuell erkennen kann. Schulungs-inhalte sind u. a.: Entlüften von Pumpe und Sperrsysteem, Anfahren und Drosseln, Erkennen von häufigen Fehlern und deren Auswirkungen sowie Beachtenswertes bei Montagetätigkeiten. Mittlerweile wurden ca. 1500 Anlagenfahrer an diesen Prüfständen geschult.

Abb. 21.13 zeigt die Ergebnisse der Optimierungen am Beispiel von zwei Kunden. Während beim Kunden 1 die Standzeit im Wesentlichen durch gemeinsame technische Optimierung mehr als verdoppelt werden konnte, wurde die Kostenoptimierung beim Kunden 2 ohne große Investitionen realisiert. Dabei wurden durch die Optimierung sowohl die Standzeit der Pumpen als auch die Instandsetzungskosten pro Ausfall reduziert.



**Abb. 21.13** Ergebnisse der Optimierung Leistungsbündel Pumpen. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

## 21.5 Erfahrungen und Erkenntnisse

Die Erfahrungen zeigen, dass durch die dargestellten Prozesse die Effektivität der Instandhaltung erhöht wird, da die Schaffung der Zielkongruenz zwischen Betreiber und „Systemdienstleister“ eine intensive Auseinandersetzung und Definition der Ziele verlangt (Vogelsang und Otten 2006). Durch den gegenüber marktgängigen Einzelleistungen grundsätzlich anderen Ansatz der Zusammenarbeit, nämlich integrierte Leistungen mit gemeinsamer Zielvereinbarung, die Systematik und das Methoden-Know-how, wird auch die Effizienz deutlich gesteigert.

Die Vorteile für den Kunden sind unter anderem:

- Gemeinsame Ziele von Kunde und Dienstleister:
  - Fokus des Dienstleisters wechselt von „maximalem Umsatz“ zu „Minimierung der Instandhaltungskosten“,
  - Einbindung des Dienstleisters in die Verantwortung bzgl. Verfügbarkeit und Kosten (Vertrag Bonus-Malus).

- Bessere Budgetplanung, -einhaltung und Risikominimierung durch:
  - Bonus-/Malusregelungen,
  - Wertkontrakte mit Festpreisen.
- Kosteneinsparungen und Verfügbarkeitserhöhung durch:
  - vereinfachte Beauftragungs-/Abwicklungsprozesse (Komplexität, Redundanz),
  - Anlagenoptimierung durch Einbindung der Methodenkompetenz,
  - Erhöhung des Planungsgrades (Arbeitsvorbereitung) bei wiederkehrenden Tätigkeiten (z. B. Reinigungsabstellungen, Revisionen, etc.),
  - Nutzung von Skaleneffekten und Koordinationskompetenz des Dienstleisters beim Fremdfirmenmanagement bei transparenter Verrechnung der Fremdleistungen.

Welche Voraussetzungen müssen für eine erfolgreiche Servicepartnerschaft gegeben sein? Die gesammelten Erfahrungen in diesem Bereich zeigen, dass im Wesentlichen drei Elemente notwendig sind, um erfolgreich Systemdienstleistungen zu erbringen:

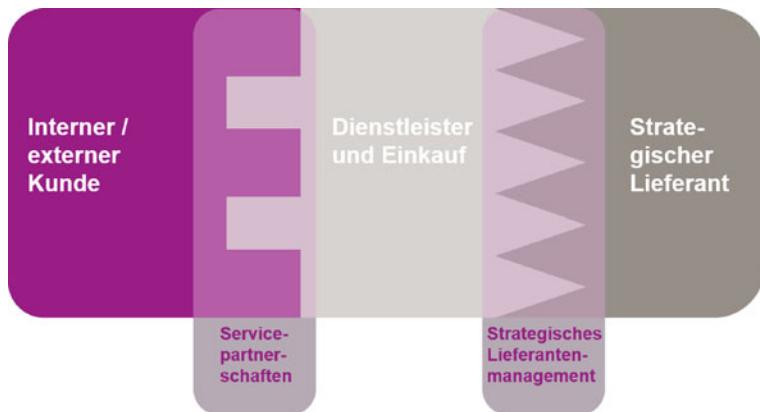
- wettbewerbsfähige Einzelleistungen,
- wertsteigernde Integration von Einzelleistungen in Systemdienstleistungen,
- Schaffung einer Win-Win-Situation zwischen Kunden und Systemdienstleister.

Wertsteigernde Integration bedeutet, dass der Dienstleister nicht nur seine Einzelleistungen zu einem Paket zusammenschnürt, denn das könnte der Kunde auch. Verständnis der Kundenbedürfnisse führt vielmehr zu effektiver Interpretation, wobei der Dienstleister sein spezifisches Integrations- und Instandhaltungs-Know-how einbringt. Dieses beinhaltet z. B. Prozess- und Methodenwissen, Controllingwerkzeuge, Instandhaltungsmanagement und nicht zuletzt ein Personal, welches Erfahrungen mit integrierten Dienstleistungen besitzt.

Bezüglich der Geschäftsmodelle gibt es nicht den „Königsweg“, sondern sowohl die klassische Leistungsvergabe als auch die Servicepartnerschaften haben Vor- und Nachteile, die im Einzelfall abzuwägen sind.

Die klassische Vergabe kann die Marktmechanismen, sofern ein funktionierender Markt vorhanden ist, nutzen. Das Risiko ist gering. Standardleistungsbeschreibungen sind vorhanden und die Transparenz bezüglich der Einzelleistung ist gegeben. Während der Leistungserbringung besteht ein Zielkonflikt, da der Lieferant die Leistung mit minimalem Aufwand erbringen muss, um sein Ergebnis zu maximieren. Es gibt in der Leistungserbringung keine gemeinsamen Ziele. Der Aufwand der Prüfung der Leistungserbringung (Abnahme) ist daher hoch. Große Probleme können entstehen, wenn die Leistung nicht vollständig beschrieben ist (Claiming).

Bei Servicepartnerschaften auf der anderen Seite steigt das Risiko für den Betreiber, da Gesamtpakete vergeben werden. Der Aufwand im Vorfeld ist größer als bei der Einzelvergabe. Dafür liefert eine strategische Partnerschaft dann aber eine höhere Transparenz für die Ziele und die Gesamtleistung. Die gemeinsamen Ziele sorgen für ein gutes Klima als



**Abb. 21.14** Gemeinsame Optimierung unter Einbeziehung der Lieferanten. (Quelle: Evonik Technology & Infrastructure GmbH)

Basis für die Optimierung. Das Wissen des Service-Providers wird stärker zur Optimierung der Kundenanlagen genutzt.

Der derzeit letzte Schritt ist die Schließung der Prozesskette zur gemeinsamen Optimierung vom Hersteller über den Servicedienstleister bis zum Kunden (siehe Abb. 21.14). Integrierte Technikdienstleiter ermöglichen die Steuerung der Fertigungstiefe in Servicepartnerschaften. Der integrierte Dienstleister konzentriert sich auf Kerngewerke und Technologieentwicklung und kann sich schnell an Kundenbedürfnisse anpassen. Zusätzlich werden externe Dienstleister gezielt gemäß ihrer jeweiligen Kernkompetenzen genutzt. Durch Anwendung des Prinzips der Servicepartnerschaften auf Lieferanten sollen die gleichen Vorteile erzielt werden wie in Servicepartnerschaften mit den Kunden. Durch strategisches Lieferantenmanagement als andere Seite der Medaille kann auch hier die Schnittstelle optimiert werden. So ist es beispielsweise möglich, Fachleute von Partnerfirmen bei der Optimierung von Equipment und Prozessen einzubinden. Auch hier liegen an verschiedenen deutschen Standorten bereits Erfahrungen vor, die dieses Vorgehen bestätigen.

## 21.6 Ausblick

Perspektivisch bietet sich die Ausweitung des Modells überall dort an, wo Schnittstellen existieren. So setzt das Modell der „Servicepartnerschaft 2.0“ entlang des Asset Life Cycle an. Bereits bei der Konzeption der Anlage kann somit Wissen von Fachleuten berücksichtigt werden, die normalerweise erst in einem späteren Schritt des Anlagenlebenszyklus ins Spiel kommen würden, wie zum Beispiel Instandhaltung und Rückbau. Indem Wissen über Optimierungen, die während des Anlagenlebens erarbeitet werden, bereits bei neuen Anlagen berücksichtigt wird, kann die Gesamtheit der Lebenszykluskosten optimal ge-

staltet werden. Ein solch instandhaltungskonformes Planen erhöht in der Regel zwar das Investitionsvolumen, reduziert die Gesamtkosten über den gesamten Lebenszyklus hinweg aber deutlich.

Dies gilt auch in einem globalen Maßstab. In weltweiten Produktionsnetzwerken kann durch Servicepartnerschaften ein Wissenstransfer sichergestellt werden. Erkenntnisse, die an einer Anlage gewonnen werden, können so auf andere übertragen werden, da die Beziehung Dienstleister-Kunde keine regional eingeschränkte für eine bestimmte Anlage mehr ist, sondern auf globaler Ebene angewendet werden kann. Durch die damit einhergehende Sicherstellung der Verfügbarkeit entlang der Wertschöpfungsstufen kann zudem erheblicher Mehrwert erzeugt werden. Lieferantenseitig ist die Rohstoffsicherheit gewährleistet, kundenseitig die Abnahmesicherheit. Für beide Seiten ist das gemeinsame Optimierungspotenzial weiterer Anreiz, Servicepartnerschaften weiter auszudehnen.

Ein weiterer Aspekt ist das derzeit gängige Datenmanagement entlang des Asset Life Cycles. Wo heute noch durch Medienbrüche und Inkompatibilitäten verschiedener Tools Ineffizienzen und Datenverluste entstehen, wird in Zukunft neben der verfahrenstechnischen Anlage mit ihren Prozessen ein digitales Bild der Anlage mit allen Lebensdaten sukzessiv entstehen und gepflegt werden. Die Konsequenzen für zukünftige Servicekonzepte sind bislang noch nicht vollständig abzusehen.

---

## Literatur

- Otten, W. (2008) Trends in Technical Service – Sustainable Service Concepts for Process Industry; International Rotating Equipment Conference; Düsseldorf 28–29 October 2008
- Otten, W., Wakup, H., Vogelsang, U. (2007) Effektivitäts- und Effizienzsteigerung in der Instandhaltung im Rahmen von strategischen Partnerschaften – Beispiele aus der Chemieindustrie. VDI/VDEh-Forum Instandhaltung 2007. VDI-Verlag Düsseldorf
- Vogelsang, U., Otten, Wilhelm (2006) Achieving World-Class Status by Learning, How to Assess the Effectiveness and Efficiency of Your Maintenance Management. 4th Conference on World Class Maintenance for Chemicals and Petrochemicals Amsterdam, 9th–10th November 2006



# Optimierte Aggregate Management: Chancen zur Kostensenkung durch „Poolen“ von Aggregaten und „Bündeln“ von Leistungen

22

Dietmar Zarbock und Werner Bachem

## Zusammenfassung

Die Zusammenarbeit zwischen Anlagenbetreiber und Dienstleister bietet vielfältige Möglichkeiten zur Kostensenkung. Interessante Synergien ergeben sich beispielsweise durch das „Poolen“ von Aggregaten und das „Bündeln“ von Leistungen. Bei einem Aggregatepool schließen sich mehrere Unternehmen zusammen, um Ersatzgeräte nicht selbst vorhalten zu müssen. Wie sich Synergien durch ein umfassendes Aggregatemanagement konkret nutzen und erhebliche Kosten einsparen lassen, zeigen Beispiele aus dem Betriebsalltag von InfraServ Knapsack. Der Industriedienstleister betreibt seit vielen Jahren einen Aggregatepool für Chemie- und Infrastrukturanlagen im Chemiepark Knapsack.

## 22.1 Einleitung

Die Zusammenarbeit zwischen Anlagenbetreiber und Dienstleister bietet auch heute noch vielfältige Möglichkeiten zur Kostensenkung. Interessante Synergien ergeben sich beispielsweise durch das „Poolen“ von Aggregaten und das Bündeln von Leistungen. Bei einem Aggregatepool schließen sich mehrere Unternehmen zusammen, um Ersatzpumpen und -motoren nicht selbst vorhalten zu müssen. Vorhaltekosten von Ersatzteilen und Ersatzaggregaten lassen sich durch einen solchen Pool drastisch reduzieren. Mitglieder können darüber hinaus von den Erfahrungen der anderen Unternehmen profitieren. Anbieter

---

D. Zarbock (✉) · W. Bachem (✉)  
InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG  
Industriestraße 300, 50354 Hürth, Deutschland  
E-Mail: Dietmar.Zarbock@infraserv-knapsack.de

W. Bachem  
E-Mail: werner.bachem@infraserv-knapsack.de

eines solchen Aggregatemanagements sollten jedoch nicht nur über verfahrenstechnisches und werkstoffwissenschaftliches Know-how verfügen, sondern auch Erfahrung im praktischen Umgang mit Analysemethoden wie Life Cycle Costing (LCC) oder Root Cause Analysis (RCA) vorweisen. Auch eine optimale Aggregatauslegung ist im Hinblick auf stetig steigende Energiekosten für die Betreiber ein wichtiger Zusatznutzen. Einem Full-Service-Anbieter ist es darüber hinaus möglich, die benötigten Investitionsmittel zu Anschaffung kompletter Aggregate zur Verfügung stellen.

Wie sich Synergien durch ein umfassendes Aggregatemanagement nutzen und erhebliche Kosten einsparen lassen, zeigen konkrete Beispiele aus dem Betriebsalltag des Industriedienstleisters InfraServ Knapsack. Das Unternehmen betreibt seit vielen Jahren einen Aggregatepool für Chemie- und Infrastrukturanlagen, nicht nur im Chemiepark Knapsack.

## 22.2 Der Chemiepark Knapsack

Bis Mitte der 90er-Jahre war der Unternehmensteil in Knapsack eingebettet in die traditionsreiche Hoechst-Konzernstruktur. Im Zuge der Konzernauflösung 1997 übernahm InfraServ Knapsack als Chemieparkbetreiber und industrieller Dienstleister die Aufgabe, die erforderlichen technischen Dienstleistungen für die Produktionsfirmen anzubieten und die notwendigen Betreiberaufgaben für den Standort fortzuführen.

Neben rund 160 ha voll erschlossener Chemieparkfläche einschließlich aller darauf befindlichen Gebäude stellte das Mitarbeiterpotenzial den wesentlichen Erfolgsfaktor dar. Exzellent ausgebildete Fachleute mit hohem Verantwortungsbewusstsein, tiefem Detailwissen über verfahrenstechnische Abläufe in komplexen Chemieanlagen waren das Ergebnis sorgfältiger Personalentwicklung eines Großkonzerns. Dieses Potenzial zu nutzen und auszubauen war und ist bis heute eine Kernaufgabe von InfraServ Knapsack.



**Abb. 22.1** Chemiepark Knapsack

Eine der notwendigen Dienstleistungen innerhalb eines Chemieparks ist das Aggregate-Management. Denn viele Betreiber können oftmals schon alleine aufgrund der kritischen Größe keinen Aggregatepool vorhalten. Diese Dienstleistung ist sowohl wissens- als auch kapitalintensiv und bietet dem Nutzer den Vorteil, genau dieses Kapital nicht selbst binden zu müssen.

Im Chemiepark Knapsack sind rund 15.000 Aggregate im Einsatz – davon mehr als 5000 Pumpen. Die Fachleute der Instandsetzungswerkstatt sorgen dafür, dass die Aggregate regelmäßig gewartet, defekte Exemplare gegen Aggregate aus dem seit 38 Jahren bestehenden Pool ausgetauscht und defekte Modelle instandgesetzt werden. Dies gilt auch für explosionsgeschützte Bereiche. Neben dem in Abb. 22.1 dargestellten Chemiepark nutzen auch Kunden von außerhalb das vielfältige Angebot des Aggregatepools.

---

## 22.3 Anforderungen der Chemieindustrie an die Fluidtechnik

Chemieanlagen, in denen verfahrenstechnische Prozesse ablaufen, bestehen in der Regel aus diversen Apparaten und Maschinen, die für die chemischen Reaktionen und verfahrenstechnischen Grundoperationen erforderlich sind. Damit die gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffe und Gemische an unterschiedliche Bestimmungsorte innerhalb der Chemieanlage gelangen können, sind neben Rohrleitungssystemen, auch Pumpen, Verdichter, Gebläse, Getriebe und deren Antriebe notwendig. Unter der jeweiligen Einheit aus Antrieb und Fördereinrichtung im engeren Sinne (z. B. Pumpe) sei hier der Begriff Aggregat verstanden.

Die Anforderungen der Chemieproduktion an die Fluidtechnik und deren Aggregate sind in den letzten Jahren wesentlich gestiegen. Dies gilt vor allem für die Dimensionen Sicherheit, Gesundheit und Umwelt mit besonderen Neuregelungen zur Leckagefreiheit, dem Explosions- oder dem Lärmschutz. Auch in punkto Wirtschaftlichkeit haben sich die Ansprüche an Aggregate infolge des zunehmenden wirtschaftlichen Drucks erhöht. Ständige Weiterentwicklungen bei der Zuverlässigkeit, der Standzeit sowie den Betriebskosten werden von Herstellern, Anlagenbauern und Instandhaltern gleichermaßen erwartet.

Ein moderner und technisch innovativer Poolbetreiber sollte in der Lage sein, alle diese Anforderungen zu erfüllen, um für die teilnehmenden Unternehmen Synergien zu erschließen.

---

## 22.4 Vorteile eines Aggregatepools

Durch die Bündelung von benötigten Dienstleistungen über Unternehmensgrenzen hinweg bei einem Full-Service-Partner können wesentliche Synergien erzielt werden. Der Full-Service-Partner hat die Möglichkeit der Spezialisierung und somit der Optimierung. Hierdurch werden diese Dienstleistungen zu seiner Kernkompetenz und er kann diese so mit effizient und qualitativ hochwertig zur Verfügung stellen.

Benötigte Leistungen in Bezug auf Aggregate sind:

- Transport
- Poolführung
- Ersatzteilmanagement
- Fehler-Ursachen-Analyse
- Lebenszykluskosten optimieren
- Auslegung
- Beschaffung
- Leasing/Contracting
- Instandsetzung
- Laserausrichtung
- Prüfung auf einem Prüfstand
- Lückenlose, revisionssichere Dokumentation
- „Vor Ort“ Service (Wartung, Inspektion, Austausch)

Über die reinen Einzelleistungen hinaus bietet ein Aggregatepool weitere Synergiepotentiale für die Nutzer:

- Kurze Reaktionszeiten durch Vorhaltung notwendiger Ersatzaggregate
- Steigerung der Anlagenverfügbarkeit durch 24-Stunden-Service 365 Tage/Jahr
- Kein gebundenes Kapital für Aggregate, somit stehen mehr Mittel dem Cash Flow des Teilnehmers zur Verfügung
- Synergieeffekte durch Einkaufsbündelung und zentrale Vorhaltung
- Zentraler Ansprechpartner für alle fluidtechnischen Fragestellungen
- Aufbau kompletter, CE-konformer Aggregate aus Pumpen und Motoren
- Leistungsmessung auf einem werkstatteigenen Prüfstand
- Montage, Inbetriebnahme und lasergestützte Ausrichtung in der Anlage
- Wechselsevice inklusive Reserveaggregate
- Gesetzeskonforme Instandsetzung inkl. der erforderlichen Dokumente (z. B. Atex)
- Umfassendes Life Cycle Management

In einigen Fällen können Service Dienstleister wie InfraServ Knapsack zudem weitgehende Serviceleistungen zur Verfügung stellen. Sie müssen so nicht in der eigenen Organisation vorgehalten werden. Dies sind zum Beispiel:

- Markt- und Technologieanalyse,
- Engineering und Projektierung bei Neuanlagen,
- Berechnung, Auslegung sowie unabhängige Auswahl von Neuaggregaten,
- Beschaffung erforderlicher Neuaggregate inklusive Finanzierung.

**Tab. 22.1** Aggregatbestand

Aggregat	Anzahl	Hersteller
Pumpen	ca. 5500	Bran & Lübbe, Bungartz, Hermetic, Klaus Union, KSB, ITT Richter usw.
Motoren	ca. 8500	Schorch, VEM, F & G, Loher, Bauer SEW usw.
Transformatoren	ca. 1000	Eltra, Rathgeber usw.
Frequenzumrichter	ca. 300	Danfoss, Refu, Vacon usw.

Obwohl die Finanzierung und das Leasing von Aggregaten eine zeitgemäße Ergänzung des Dienstleistungsangebots darstellen, hängt die Wirtschaftlichkeit des Produktionsstandorts Knapsack in besonderem Maße von dem EDV-geführten Pool an redundanten Aggregaten ab. Denn er ermöglicht einen Verzicht auf kostspielige Redundanzen in den Unternehmen. So konnte durch das Poolen der Aggregate in Knapsack die Summe der vorzu haltenden Reserveaggregate um über 30 % gesenkt werden.

Der aktuelle Bestand des „Knapsack Pools“ ist in Tab. 22.1 dargestellt.

Um im permanenten Optimierungsprozess bestehen und Synergiepotentiale in der Aggregateinstandhaltung erschließen zu können, ist neben der fachlichen Kompetenz auch methodische Kompetenz erforderlich. Bei InfraServ Knapsack hatten die beiden Methoden „Root Cause Analysis“ (RCA) und „Life Cycle Costing“ (LCC) in den letzten Jahren wegweisenden Charakter.

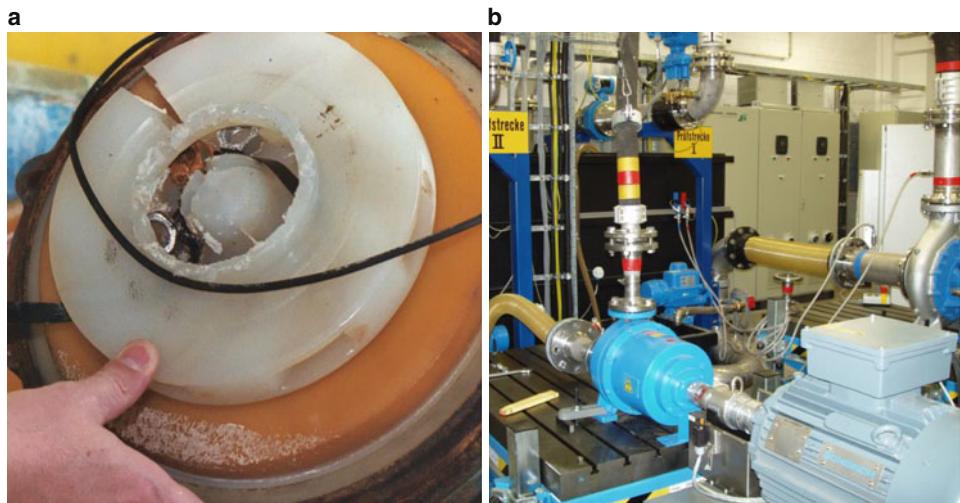
## 22.5 Root Cause Analysis in der Praxis

Ziel eines RCA-Prozesses ist es, Fehler an technischen Equipments zu vermeiden und damit die Ausfallraten zu reduzieren. Zur Erreichung höherer Standzeiten kommt es auf die systematische Erfassung und Analyse der Fehler und Ausfallsachen an. Ein gutes Hilfsmittel bei der Erfassung ist die Einführung einfacher Fehlercodes, die sich EDV-technisch auswerten lassen. Zur weiteren Analyse und Verbesserung der Equipments sind multidisziplinär besetzte Expertenteams mit verfahrenstechnischer, konstruktions- und fertigungstechnischer bzw. materialwissenschaftlicher Kompetenz zielführend.

Die Anforderungen spannen dabei in der Praxis einen Bogen von Trivialanalysen (siehe Abb. 22.2a Fremdkörper im Laufrad) bis hin zu wissenschaftlichen Untersuchungsdesigns (siehe Abb. 22.2b Optimierung des Betriebspunktes auf dem Prüfstand).

Die Effektivität erfolgreicher RCA-Prozesse soll an folgenden zwei Beispielen aufgezeigt werden:

- RCA im Produktbereich Salz-Rohsohle und
- RCA für Rückkühlwasser Chemikalienkühler.



**Abb. 22.2a,b** Root Cause Analysis (RCA) in der Praxis

### 22.5.1 Beispiel RCA im Produktbereich Salz-Rohsohle

Für die Förderung von Salz-Rohsole wurden gummierte Kanalradpumpen mit Stopfbuchspackungen zur Abdichtung eingesetzt. Die Standzeit dieser Pumpen betrug durchschnittlich 4 Monate. Ausfallursachen laut RCA waren Undichtigkeiten an der Abdichtung sowie Verschleiß der Gummierungsschicht an Gehäuse und Laufrad. Die Gehäuseteile und das Laufrad mussten bei fast jeder Reparatur erneuert werden. Diese Pumpen wurden durch Titanpumpen mit Gleitringdichtung und vorgelagertem Wasser-Quench-Anschluss ersetzt. Dadurch ließ sich die Abdichtung erheblich verbessern, da die Feststoffe nicht mehr in die Gleitflächen gelangen konnten. Die Pumpen erreichen nun eine mittlere Standzeit von 18 Monaten.

Aufgrund der Ergebnisse einer weiteren RCA wurden zusätzlich die Titan-Gehäuseteile mit einer Keramikmasse beschichtet, um die Flächen vor Verschleiß zu schützen. Die Standzeit erhöhte sich auf 4 Jahre.

Bei einem geschätzten Reparaturpreis von durchschnittlich 6000 € für jede der alten gummierter Pumpen liegt die jährliche Einsparung bei derzeit 5 eingesetzten neuen Pumpen bei insgesamt 82.500 €.

### 22.5.2 Beispiel RCA für Rückkühlwasser Chemikalienkühler

Für die Förderung von Rückkühlwasser wurden in einer Anlage am Chemikalienkühler drei vertikale Tauchpumpen aus Grauguss mit Packungsdichtungen eingesetzt. Die Kosten der Reparaturen beliefen sich durch den Austausch der Guss- und Bronzeteile durch-

schnittlich bei rund 10.000 € pro Pumpe. In einigen Fällen war es zudem nicht möglich, die Stopfbuchsdichtung vor Ort neu zu verpacken, weshalb die Pumpe teilweise zerlegt werden musste.

Nach einer RCA wurden diese Pumpen durch horizontale Kreiselpumpen mit Saugrohr und Fußventil ersetzt. Die Reparaturkosten ließen sich dadurch um etwa 8000 € senken. Die alten Pumpen hatten eine Standzeit von durchschnittlich 2 Jahren. Bei den neuen Pumpen konnte eine Standzeit größer 5 Jahren realisiert werden. Die neuen Kreiselpumpen sind zudem deutlich günstiger. Während der Neupreis der alten Pumpen rund 20.000 € beträgt, beläuft sich der Neupreis für die neuen Pumpen inklusive Saugrohr und Fußventil auf rund 7000 €.

## 22.6 Life Cycle Costing – Modewort oder Wettbewerbsvorteil?

Life Cycle Costing (LCC) ist ein Instrument zur Kostenkontrolle von einzelnen technischen Ausrüstungsteilen bis hin zu Gesamtanlagen über ihren Lebenszyklus hinweg. Abb. 22.3 zeigt den typischen Verlauf der Lebenszykluskosten gemäß VDI-Richtlinie 2884 am Beispiel von Pumpen.

Eine LCC-Analyse versetzt Hersteller oder Betreiber in die Lage, die Kosten komplexer Aggregate über die Lebensdauer des Produkts abzuschätzen. Die typische prozentuale Kostenverteilung von mittelgroßen Chemienormpumpen ist in Abb. 22.4 dargestellt.

Neben fördernden Pumpen sind beim LCC-Ansatz auch Antriebsaggregate von Interesse. In den letzten Jahren ist in diesem Zusammenhang der verstärkte Einsatz von Frequenzumformern als technische Alternative zu gedrosselten Fördereinrichtungen aus der Diskussion um LCC hervorgegangen. Der Einsatz von Frequenzumformern hat für Anlagenbetreiber sehr hohe Relevanz. Denn zum einen reduziert die Anpassung der Förder-

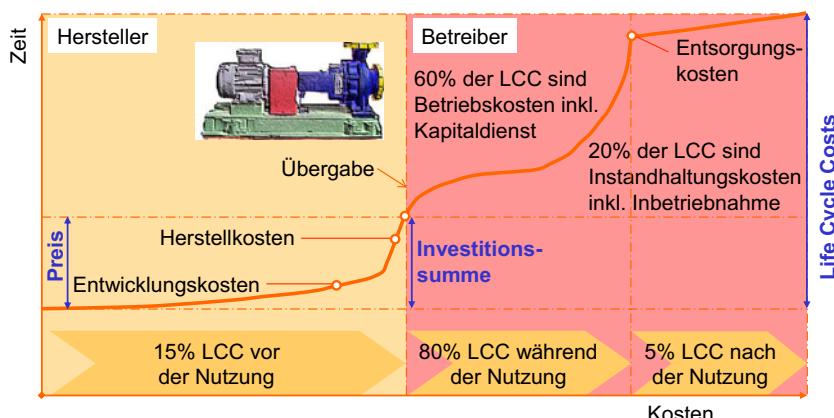
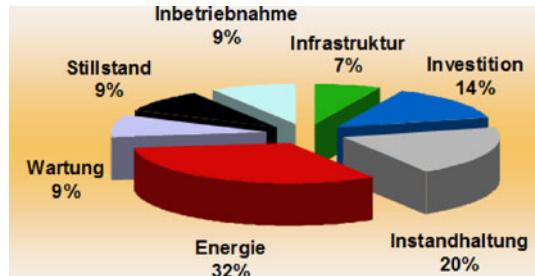


Abb. 22.3 Life Cycle Costs. (Nach VDI 2884 2005)

**Abb. 22.4** Kostenverteilung an einem durchschnittlichen Prozessaggregat



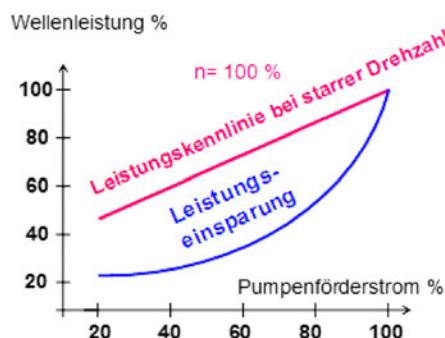
leistung den Verschleiß einer Kreisel- und Verdrängerpumpe, was längere Einsatzzeiten möglich macht. Zum anderen spart die Anpassung der Förderleistung bei unterschiedlichen Betriebszuständen direkt Betriebskosten. Darüber hinaus bietet der Ansatz auch verfahrenstechnisch eine Reihe von Vorteilen. Lüftungsanlagen und Kühlerventilatoren können durch die Drehzahlregelung bei optimalem Wirkungsgrad betrieben werden, zudem lässt sich die Förderleistung an den Prozess anpassen (siehe Abb. 22.5).

Mit den „kleineren Brüdern“ der Frequenzumformer, den sogenannten Softstartern, lassen sich ebenfalls bereits Betriebskostenreduzierungen und verfahrenstechnische Vorteile generieren. Dazu gehören:

- der Sanftanlauf von Pumpen zur Verhinderung von Schlägen in der Anlage durch Luftschlüsse sowie Einsparung von Kompensatoren
- der Sanftanlauf von Magnetpumpen zur Verhinderung von Abrissen des Magnetantriebes und
- die Reduzierung des Anlaufstromes bei zu schwachem Netz und die Verhinderung von Netzschwankungen

Besonders relevante Bereiche für den Einsatz von Frequenzumformern und der generellen Analyse der Lebenszykluskosten sind in Abb. 22.6 dargestellt.

- ▶ Variable Anpassung der Förderleistung auf Betriebspunkte ermöglicht
  - längere Einsatzzeiten trotz Verschleiß
  - Optimierung des Wirkungsgrades
  - prozessoptimale Förderleistung
- ▶ Verminderte Leistungsaufnahme im Teillastbereich durch Drehzahlregelung



**Abb. 22.5** Drehzahlregelung bei variablen Betriebszuständen durch Frequenzumformer

Aggregate		
im Dauerbetrieb		im Temporärbetrieb
„große“ Aggregate	„kleine“ Aggregate	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kühlwasser</li> <li>■ Frischwasser</li> <li>■ Prozessmedien</li> <li>■ Speisewasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prozessmedien</li> <li>■ Vakuum</li> <li>■ Kondensat- &amp; Inlineanwendungen</li> <li>■ Gruben &amp; Sümpfe</li> <li>■ Pasten &amp; Schlämme</li> <li>■ Heizungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dosieren &amp; Impfen</li> <li>■ Prozessmedien</li> <li>■ Reinigen</li> <li>■ Redundanzen</li> <li>■ Notfall &amp; Sicherheit</li> </ul>
großes Einsparpotential	im Einzelfall geringes Einsparpotential, aber große Gesamtmenge	geringes Einsparpotential

**Abb. 22.6** Relevante Betriebsbereiche zur Energiekostenreduzierung

Zwei weitere praktische Beispiele aus dem Bereich der LCC-Methodik zeigen, dass die Übergänge zwischen RCA und LCC Untersuchungen in der Praxis häufig fließend sind.

### 22.6.1 Beispiel LCC-Analyse im Produktbereich Monochloressigsäure

In einer Anlage zur Produktion von Monochloressigsäure ersetzen die Betreiber nach einer LCC-Analyse PTFE-ausgekleidete Normpumpen mit Gleitringdichtung durch hermetisch dichte Pumpen gleicher Baugröße mit Magnetkupplung, da sie bauartbedingt eine höhere Standzeit aufweisen. Auch der neue, verbesserte Zustand wurde mittels der LCC-Methodik hinterfragt. Aufgrund der für die Pumpengröße zu geringen Fördermenge wurden die Pumpen umgerüstet, nachdem vom Hersteller kleinere Baureihen verfügbar waren. Dadurch konnte der Wirkungsgrad verbessert und die 10 kW-Motoren durch 7,5 kW-Motoren ersetzt werden. Der Pumpenpreis reduzierte sich von 11.200 auf 8700 € pro Stück. Die Reparaturkosten sanken durchschnittlich um 2000 € pro Pumpe. Die Einsparung durch einen um 2 kW verminderten Leistungsbedarf für 15 Pumpen beträgt zudem jährlich rund 15.000 €.

### 22.6.2 Beispiel LCC-Analyse von Motoren für Kühlwasserpumpen

In den Rückkühlwerken des Chemieparks sind röhrenluftgekühlte Mittelspannungsmotoren mit 520 kW,  $1500 \text{ min}^{-1}$  und einem Wirkungsgrad von 95,7 % im Einsatz. Die Motoren wurden aufgrund ihrer Dimensionierung für „Jahrhundertsommer“ ständig in gedrosselter Fahrweise betrieben. Nach einer LCC-Analyse der Betriebssituation fand eine

Neuauslegung der Motoren unter Ausnutzung der Isolationsklasse für seltene Extremklimata statt. Als technische Lösung stellte der Chemieparkbetreiber aufrippengekühlte Mittelspannungsmotoren mit 450 kW,  $1500 \text{ min}^{-1}$  und einem Wirkungsgrad von 96,4 % um. Die Motoren werden nun dauerhaft ungedrosselt gefahren, was alleine durch den besseren Wirkungsgrad etwa 35 MWh und rund 1750 € pro Jahr spart. Bei 20 eingesetzten Pumpen kommt es hier zu einer Gesamtersparnis von 35.000 € pro Jahr.

Weitere Kostenersparnisse in Höhe von rund 7000 € pro Motor realisiert das Unternehmen bei der Neubeschaffung. Die Ausnutzung der Isolationsklasse entspricht einer Leistungsreserve rund 10 %. Sie reicht kurzfristig aus, um an besonders heißen Sommertagen einen reibunglosen Prozess sicherzustellen. Des Weiteren kommt nun ein permanentes Diagnosesystems zur Schwingungs- und Lagerüberwachung zum Einsatz, das den Zustand des Motors an die Messwarte meldet. Hierdurch können turnusmäßige Schwingungsmessungen entfallen, ohne dass vom Konzept der zustandsorientierten Instandhaltung abgerückt werden muss.

---

## 22.7 Qualitätssicherung

Wie oben bereits erwähnt, bildet die Qualitätssicherung einen wesentlichen Bestandteil eines umfassenden Aggregateservices. Um die Anlagenverfügbarkeit zu gewährleisten, ist es erforderlich, die Instandsetzung lückenlos zu dokumentieren und darüber hinaus ein Ersatzaggregat endgeprüft zur Verfügung zu stellen. Deshalb betreibt InfraServ Knapsack einen Pumpenprüfstand, der als einer der modernsten und flexibelsten Anlagen seiner Art in Deutschland gilt. Das vollautomatische Prüfsystem mit zwei hydraulisch verstellbaren Abspanntischen lässt sich innerhalb kürzester Zeit auf Pumpen verschiedener Hersteller und unterschiedlichster Bauformen einstellen. Mit ihr können die wechselnden Förderbedingungen realisiert werden. In einem vollautomatischen rund eineinhalbstündigen Testlauf fährt das Prüfsystem mit Hilfe eines Mess- und Steuerungssystems automatisch die Leistung hoch. Dabei nimmt die Software eine Ist-Kennlinie der Pumpen auf. Die ermittelten Ergebnisse werden anschließend mit der vom Hersteller vorgegebenen Kennlinie verglichen. Auf diese Weise erhalten Betreiber und Instandhalter ein genaues Abbild des realen Einsatzes in der Produktionsanlage. Diese Prüfung liefert wichtige Anhaltspunkte, um mögliche spätere Leistungsverluste an den Pumpen während des Produktionsprozesses bereits im Vorfeld zu erkennen.

---

## 22.8 Dokumentation

Sämtliche Daten – von den ersten Beratungsgesprächen zur Auswahl des optimalen Aggregats, über die Prüfung und den Einbau bis hin zu Wartung und Reparatur – werden bei InfraServ Knapsack dokumentiert und EDV-technisch im Modul PM des SAP-System gespeichert. Jedes Aggregat stellt hierbei ein Equipment dar und wird über seinen gesamten Lebenszyklus erfasst (vgl. VDI 2885 2003).

Kunden erhalten via Internet Zugang zu allen erfassten Informationen. Dies hat den Vorteil, dass nicht nur eine „Papierversion“ existiert, sondern dass alle Zugriffsberechtigten, wie beispielsweise Schichtmeister, jederzeit über die benötigten Informationen verfügen.

---

## 22.9 Unternehmensformen

Das Poolen von Aggregaten bietet für alle Teilnehmer eine Vielzahl von Synergien. Grundsätzlich ist es jedoch nur sinnvoll, einen Pool aufzubauen oder ihm beizutreten, wenn das regionale Umfeld über genügend potentielle Teilnehmer verfügt und die Entfernung keinen Einfluss auf den benötigten Servicelevel hat.

Für den Aufbau eines „Aggregatepools“ sind verschiedene Unternehmensformen denkbar. So ist eine lose Kooperation auf dem Gebiet der Ersatzteile und Reserveaggregate ebenso möglich wie feste Vertragsverhältnisse, bei dem zum Beispiel ein Unternehmen als Anbieter fungiert.

Weitere Synergiepotentiale bietet das Bündeln der benötigten Instandhaltungsleistungen rund um die Aggregate. Hierbei kann einer der Teilnehmer die führende Rolle einnehmen und sich für diese Dienstleistungen spezialisieren. Das maximale Potential wird für alle Beteiligten gehoben, wenn auch die weiterführenden Full-Service Dienstleistungen gebündelt werden. Auch hierbei sind verschiedene Kooperationsformen denkbar. Das Spektrum reicht von einer gemeinsamen Gesellschaft hin bis zu einem vollkommen unabhängigem Full-Service-Dienstleister.

---

## 22.10 Resümee und Ausblick

Das Beispiel InfraServ Knapsack zeigt, dass das „Poolen“ von Aggregaten und das „Bündeln“ von Leistungen rund um die Aggregate für die teilnehmenden Unternehmen erhebliche wirtschaftliche Vorteile bieten. Das Modell aus der Chemieregion Köln lässt sich auch auf andere Regionen und Branchen übertragen.

Vorstellbar sind im Bereich der metallverarbeitenden Unternehmen herstellerunabhängige Pools für Steuerungen oder CNC-Spindeln einschließlich der benötigten Services, wie Instandsetzung oder Reservebereitstellung. Auch in der Branche der Metallhersteller kann das Poolen von Emulsions- und Kühlwasserpumpen zur Kostensenkung beitragen.

Aktuell entwickelt sich der Aggregatepool in Knapsack horizontal weiter, das heißt weitere Unternehmen in der näheren Umgebung (< 100 km) treten dem Erfolgsmodell bei. Die vertikale Entwicklung wird derzeit von den Möglichkeiten durch neue SAP-Anwendungen geprägt. Die Dokumentation der Aggregate steht den Kunden zukünftig über das SAP Portal zur Verfügung. Dadurch erhöht sich die Transparenz der Instandhaltungsabwicklung weiter.

## Literatur

VDI-Richtlinie 2884 (2005-12) Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC). Beuth Verlag GmbH, Berlin

VDI-Richtlinie 2885 (2003-12) Einheitliche Daten für die Instandhaltungsplanung und Ermittlung von Instandhaltungskosten – Daten und Datenermittlung. Beuth Verlag GmbH, Berlin



# Vom Kollegen zum Geschäftspartner – Instandhaltung aus Sicht eines outgesourceten Industriedienstleisters

23

Stefan Grüßer und Heinz-Wilhelm Loeven

## Zusammenfassung

Dauerhafter Unternehmenserfolg ist nur mit einer fortschrittlichen Instandhaltung zu erzielen. Durch den enormen Kostendruck infolge von Globalisierung und Innovationsprägungen auf technischer Seite stellt sich jedoch gleichzeitig die Frage nach einer modernen Organisationsform der Instandhaltung. So lassen sich beispielsweise durch das Outsourcing von Instandhaltungsleistungen Kosten beeinflussen. Welche wichtigen Schritte müssen ausgegliederte Bereiche durchlaufen, um sich von der früheren Eigeninstandhaltung zum wettbewerbsfähigen Dienstleister zu entwickeln? Auf welche Kernarbeitsgebiete soll sich das Unternehmen konzentrieren und wie sind die angebotenen Leistungen zu messen und zu bewerten? Eine der größten Herausforderungen eines ausgegliederten Instandhalters ist die Entwicklung der eigenen Mitarbeiter vom Kollegen hin zum dienstleistungsorientierten Geschäftspartner. Das Beispiel von Infra-Serv Knapsack, früher Teil des Hoechst-Konzerns, zeigt die Entwicklung einer internen Instandhaltungsabteilung hin zu einem industriellen Dienstleister.

---

S. Grüßer (✉)

Leiter Vertrieb, InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG  
Industriestraße 300, 50354 Hürth, Deutschland  
E-Mail: stefan.gruesser@infraserv-knapsack.de

H.-W. Loeven

Senior Sales Manager, InfraServ GmbH & Co. Knapsack KG  
Industriestraße 300, 50354 Hürth, Deutschland  
E-Mail: heinz-wilhelm.loeven@infraserv-knapsack.de

## 23.1 Einleitung

Dauerhafter Unternehmenserfolg ist nur mit einer fortschrittlichen Instandhaltung zu erreichen. Durch den enormen Kostendruck infolge von Globalisierung und Innovationssprüngen auf technischer Seite stellt sich gleichzeitig die Frage nach einer modernen Organisationsform für die Instandhaltung. So lassen sich beispielsweise durch das Outsourcing von Instandhaltungsleistungen Kosten optimieren. Eine der größten Herausforderungen für das neue Unternehmen bildet dabei die Entwicklung der eigenen Mitarbeiter vom Kollegen hin zum Dienstleister.

Dieser Beitrag beschreibt die Entwicklung der InfraServ Knapsack von einer internen Instandhaltungsabteilung zu einem industriellen Dienstleister und schildert Aspekte der Zusammenarbeit mit Kunden aus der Sicht eines outgesourceten Instandhalters. Es werden die wichtigsten Entwicklungsschritte zur Dienstleistungsorientierung der früheren Eigeninstandhaltung aufgezeigt. Dieser Beitrag ist nicht als „Königsweg“ zu verstehen, er soll Lesern vielmehr anhand von Erfahrungen Anregungen für die Entwicklung der eigenen Instandhaltungsorganisation liefern.

---

## 23.2 Kurzvorstellung InfraServ Knapsack

Als einer der ersten Chemieparks in Deutschland entstand 1997 der Chemiepark Knapsack. Die Dienstleistungs- und Betreibergesellschaft InfraServ Knapsack sowie ein Dutzend Produktionsfirmen gestalteten damals den Standort neu und investierten seitdem über 800 Mio. €.

Chemische Betriebe gibt es jedoch bereits seit über 100 Jahren auf diesem Areal. Kurz nach der Jahrhundertwende (1906) wurde die erste Chemiefabrik in Knapsack errichtet. Grund war die Erfindung des Kunstdüngers für die Landwirtschaft. Auf der Basis des Rohstoffes Carbid boomte in den folgenden Jahrzehnten die Kunstdüngerproduktion und damit der Knapsacker Industriehügel. Bis zum Beginn des zweiten Weltkrieges stieg die Beschäftigtenzahl auf über 2000 an. Nach der nahezu vollständigen Zerstörung im Oktober 1944 gelang es nach Kriegsende schnell, nicht nur die ursprünglichen Anlagen wiederherzurichten, sondern auch neue zu bauen.

So hielt die Phosphorchemie Einzug in Knapsack und sorgte für einen Produktionsrekord nach dem anderen. 1980 erreichte die Beschäftigtenzahl mit rund 5000 Mitarbeitern ihren Höchststand. Zum Vergleich: Die Mitarbeiterzahl in Knapsack beträgt heute etwa 2500.

Als die Zeiten von Phosphor und Carbid zu Ende gingen, begann die Ära von Kunststoffen, Pflanzenschutzmitteln sowie Chlor und dessen Folgeprodukten. In dieser Zeit entstand InfraServ Knapsack als Ausgliederung von Unternehmensteilen aus der Hoechst AG. Neben der Betreibergesellschaft des Chemieparks Knapsack wurde auch der industrieller Dienstleister gegründet und aus den ausgegliederten Funktionen die bis heute bestehenden Geschäftsbereiche geformt:

- Engineering und Contracting
- Industrielle Instandhaltung
- Ver- und Entsorgung
- Infrastruktur
- Zentrale Funktionen und Finanzen

Diese Organisationsform bietet sowohl den Standortfirmen als auch externen Unternehmen ein Komplettangebot an industriellen Dienstleistungen aus den Bereichen Entwickeln, Planen, Bauen, Betreiben und Instandhalten von Chemie- und Prozessanlagen.

Zu den Aufgabenbereichen der industriellen Instandhaltung bei InfraServ Knapsack zählen:

- Fertigung und Montagen von
  - Anlagen und Rohrleitungen,
  - Apparaten und Behältern,
  - EMSR Technik (Elektro-, Mess-, Steuerungs-, Regelungstechnik),
  - Förder- und Antriebstechnik.
- Instandhaltungsservice
  - Betriebsnahe Instandhaltung,
  - Anlagenstillstände und Revisionen,
  - Instandhaltungs- und Montagemanagement,
  - Life-Cycle-Management.

Neben den – meist projektorientierten – Fachinstandhaltungen sind die Mitarbeiter der Betriebsnahen Instandhaltung im Tagesgeschäft in den Anlagen der Kunden tätig. In diesem Produktfeld wurden mit Gründung von InfraServ Knapsack einige Eigeninstandhaltungen der damaligen Unternehmen am Standort vereint. Seitdem ist InfraServ Knapsack kontinuierlich gewachsen. Aktuell sind über 150 Mitarbeiter in diesem Produktfeld tätig.

Zu den Aufgaben zählen entsprechend der DIN 31051 Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Optimierung bzw. Verbesserungen. Hinzu kommt die Planung, Koordination und Durchführung betriebstypischer Prüfungen incl. Dokumentationen und das Stillstandsmanagement. Diese Arbeiten werden heute je nach Servicelevel bzw. Betreibermodell über Arbeitnehmerüberlassungs-, Werkrahmen- oder Dienstleistungsverträge umgesetzt. Die Verrechnung erfolgt nach Aufwand, auf Basis von Leistungsverzeichnissen oder im Festpreis. Zum Angebotsspektrum gehören darüber hinaus Verträge, bei denen der Dienstleister die Verfügbarkeit der Anlage gewährleistet.

Zu den Kunden der Betriebsnahen Instandhaltung zählen Unternehmen der Chemie-, Pharma- und Prozessindustrie, aber auch interne Serviceabteilungen von InfraServ Knapsack. Damit ist das Produktfeld „Betriebsnahe Instandhaltung“ heute sowohl externer als auch interner Dienstleister.

Die Aufbauorganisation im Produktfeld „Betriebsnahe Instandhaltung“ gliedert sich in:

- **Handwerkerebene:** Mechaniker, Elektriker, Mess- und Regelmechaniker, Prozessleitelektroniker, Mechatroniker
- **Führungsebene:** Meister, Techniker, technische Betriebswirte
- **Leitungsebene:** Diplom-Ingenieure, Master of Science

Den Weg hin zu einem kundenorientierten Dienstleistungspartner beschreiben die folgenden Abschnitte.

### 23.3 Festlegung der Kernarbeitsgebiete

Der erste Schritt auf dem Weg zur marktorientierten Instandhaltung ist die Festlegung der Kernarbeitsgebiete anhand der Bekennerfrage „Wozu wird die externe Instandhaltung beim Kunden benötigt?“. Zu dieser Standortbestimmung ist es unerlässlich, dass die Produktion und Instandhaltung des Kunden zusammen mit dem externen Dienstleister diesen Findungsprozess durchführen (siehe Tab. 23.1).

Gleichzeitig ist die Analyse der eigenen Stärken und Schwächen nötig, um ein marktgerechtes Qualifikationspotenzial ausfindig zu machen. Einige Fragestellungen sind:

- Was benötigen unsere Kunden und die eigene Produktion?
- Kann ich diese Leistung bereits erbringen?
- Was können meine Mitarbeiter gut, wo haben sie ihre Stärken?
- Ist die Personalstärke vorhanden?
- Ist das Vorhalten der Kompetenz wirtschaftlich?

**Tab. 23.1** Festlegung der Kernarbeitsgebiete

Tagesgeschäft	Projektgeschäft
Wartung und Inspektion	Jahreswartung
Instandsetzung	Großinstandsetzung/Revision
Entstörung	Neubau/Investitionen
Verbesserungen/Optimierungen	Demontagen/Entsorgung
Prüfungen	
Koordination/Planung	
Dokumentation	
Instandhaltungsnaher Aufgaben	Instandhaltungsferne Aufgaben
Unterstützung/Treiber bei z. B.:	Unterstützung/Treiber bei z. B.:
KVP	Energiemanagement
TPM Integration	Gebäudereinigung
Six Sigma	Geländepflege
	Werkschutz/-feuerwehr

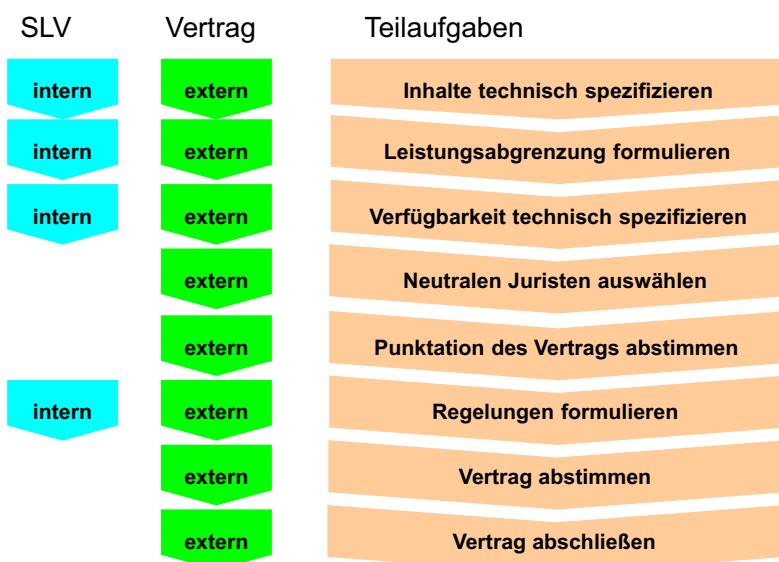
## 23.4 Dienstleistungsorientierung

Die Entwicklung vom internen Instandhalter hin zu einem kundenorientierten Dienstleister basiert auf systematischem Vorgehen unter Einbeziehung der Führungskräfte und Handwerker. Auf der Festlegung der Kernarbeitsgebiete (siehe Tab. 23.1) bauen die Zusammenarbeit mit dem Kunden und das Monitoren der Leistung auf.

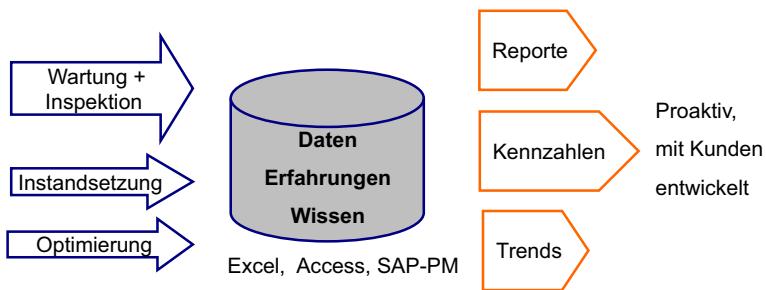
### 23.4.1 Basis der Zusammenarbeit

Als Basis einer langfristigen partnerschaftlichen und wirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Produktion und interner Instandhaltung ist ein „interner“ Vertrag – die Service-levelvereinbarung (SLV) – sinnvoll. Für externe Kunden steht ein Vertrag zur Verfügung. In beiden Fällen werden die Inhalte technisch spezifiziert und Leistungsabgrenzungen formuliert, so dass beide Parteien wissen, was der andere von ihnen erwartet. In Abb. 23.1 ist das Vorgehen bei der Vertragsgestaltung dargestellt. Hierbei werden auch die Unterschiede zwischen dem „internen“ (SLV) und dem „externen“ Vertrag dargestellt.

Der Umfang der Vertragsinhalte variiert erheblich. Je nach Unternehmensstruktur und Instandhaltungsobjekt finden verschiedene Inhalte eine stärkere Ausprägung. Die wichtigsten SLV- bzw. Vertragsinhalte sind:



**Abb. 23.1** Ablauf einer „Vertragsgestaltung“



**Abb. 23.2** Monitoring der Leistung

- Vertragsziele, Zusammenarbeit
- Anlagenverfügbarkeit
- Leistungen des Auftragnehmers
- allgemeine Pflichten des Auftraggebers
- vom Auftraggeber durchzuführende Arbeiten
- Leistungsnachweis
- Abnahme
- Störungen, Bereitschaft
- Kontraktoren
- Koordination, Dokumentation
- Festpreise, Standard Leistungsverzeichnisse
- Haftung
- Schadensersatz
- Versicherungen
- Geheimhaltung
- Höhere Gewalt
- Überwachung der Vertragsdurchführung
- Anhänge zum Vertrag
- Laufzeit des Vertrages/Kündigung
- Abwicklung des Vertrages nach Vertragsbeendigung

Wichtig ist, dass die gegenseitigen Erwartungen in Regelungen formuliert sind und somit keinen ständigen Anlass für Unzufriedenheit auf beiden Seiten bieten. Sowohl dem Instandhaltungshandwerker, als auch dem Instandhaltungsverantwortlichen muss seine kaufmännische Rolle bei der Dienstleistungserbringung – nachhaltig – vermittelt werden.

### 23.4.2 Monitoring der Leistung

„Gemacht wird, was gemessen wird“ oder „Wer seine Leistung nicht messbar darstellt, macht nichts“. Auf dem Weg zu einem externen Instandhaltungsdienstleister wurden entsprechende Systeme zur transparenten Darstellung und Abrechnung der Leistungen installiert.

Wir entschieden uns für SAP-PM. Dieses System bietet auch die Möglichkeit kundenindividuelle Kennzahlen zu generieren. Diese Kennzahlen sind positiv formuliert, d. h. erzielte Verfügbarkeit statt Ausfallzeit, oder Anwesenheitsquote statt Fehlzeiten.

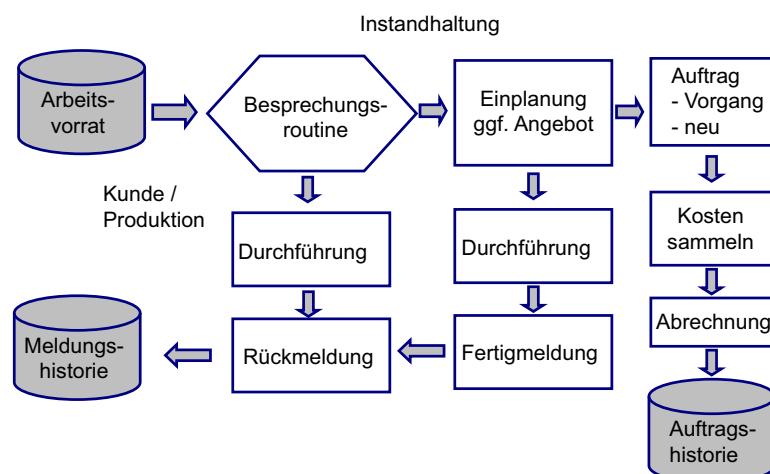
Die Kosten für Maßnahmen sollten bezogen auf den Verursacher erfasst werden. Basis ist die personen- und auftragsbezogene Rückmeldung. Diese Daten dienen für Abrechnungszwecke und können zur Darstellung der Instandhaltungserfolge und für die Schwachstellenanalyse genutzt werden.

## 23.5 Gestaltung der Zusammenarbeit

Jeder Kunde hat andere Präferenzen, Organisationen und Anforderungen, die in kundenindividuellen Vereinbarungen zur Gestaltung der Zusammenarbeit zu berücksichtigen sind.

### 23.5.1 Vollständige Kommunikation

In Abb. 23.3 wird das Zusammenspiel eines Kunden mit der Betriebsnahen Instandhaltung dargestellt. Den Ausgangspunkt stellt der Arbeitsvorrat (Meldungen in SAP-PM) dar.



**Abb. 23.3** Vollständige Kommunikation

Die tägliche Morgenroutine dient dem allgemeinen Informationsaustausch und der Aufgabenverteilung. Je nach Aufgabe werden Tätigkeiten vom Kunden (z. B. Produktionsmitarbeiter) oder von der Instandhaltung durchgeführt. In beiden Fällen erfolgt eine technische Rückmeldung, so dass die Informationen einer späteren Analyse zur Verfügung stehen.

Die Meldungen werden auch für die kaufmännische Abwicklung genutzt. Je nach erwartetem Umfang werden sie als Vorgang auf bestehende Aufträge eingestellt oder als Einzelauftrag abgerechnet. So können die meldungsspezifischen Kosten gesammelt und den Kostenverursachern zugeordnet werden. Die Auftragshistorie dient ebenfalls als Basis einer späteren Analyse.

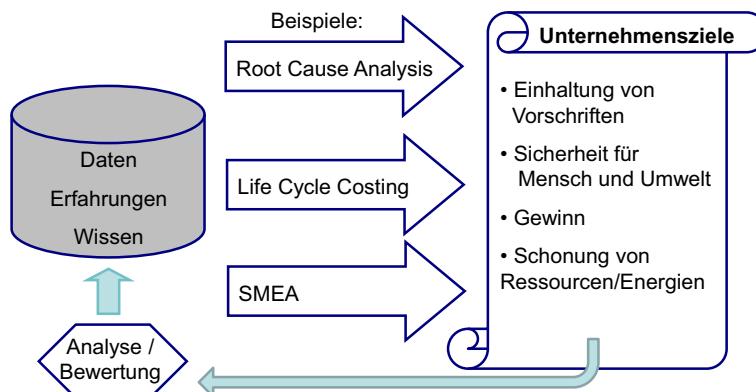
### 23.5.2 Lernschleifen

Auf Basis der im Monitoring gesammelten Informationen können eine Vielzahl von Verbesserungen bestimmt werden, die an den Unternehmenszielen des Kunden ausgerichtet sein sollten. Einige Ziele sind (vgl. Abb. 23.4):

- Einhaltung der Rechtsvorschriften und Normen,
- Sicherheit für Mensch und Umwelt, Erhöhung der Anlagensicherheit,
- Schonung von Ressourcen: Energien, Rohstoffe, Hilfsstoffe,
- Priorisierung der IH-Maßnahmen.

Die gängigen Hilfsmittel zur Verbesserung sind z. B.:

- Root Cause Analysis (RCA) mit dem Ziel, Fehler an technischen Equipments zu vermeiden und damit die Ausfallraten zu reduzieren.



**Abb. 23.4** Lernschleifen

- Life Cycle Costing (LCC) zur Kostenkontrolle von einzelnen technischen Equipments, bis hin zu Gesamtanlagen über ihren Lebenszyklus.
- Auswertungen bzgl. MTBF, MTBR als Messgröße für den Wartungs- und Inspektions-Erfolg bzw. Instandsetzungserfolg.

Die eigentlichen Lernschleifen wurden in der Vergangenheit vielfach instandhaltungsintern durchlaufen, d. h. der externe Dienstleister kommuniziert mit der Instandhaltungskompetenz auf Kundenseite. Neuerdings werden häufig gute Resultate bei Problemlösungen gefunden, die gemeinsam – d. h. schnittstellenfrei – mit Produktion, kundeninterner Instandhaltungskompetenz und externem Dienstleister erarbeitet werden, z. B. Störungs-, Möglichkeits- und Einflussanalyse (SMEA) mit Produktion und Instandhaltung.

Der These folgend, dass Schnittstellen Lernschleifen unterbrechen, besteht heute die Möglichkeit über Netzwerke bzw. Lieferanten an weiterführende Informationen zu gelangen. Dies soll an dem folgenden Beispiel für Pumpen verdeutlicht werden: Liegen über bestimmte Ausfallursachen keine gesicherten, eigenen Erkenntnisse vor, so kann über den Zusammenschluss mit anderen zu einem Pool das Wissen gebündelt werden. Dies hat den Vorteil, dass neben der herstellerunabhängigen Analyse auch die Wahrnehmung der Kundeninteressen durch den Lieferanten zunimmt.

Lieferanten, die an einer langen Kundenbindung interessiert sind, laden gerne zu Kundentreffen ein, auf denen offen über Kundenprobleme und Lösungen hierzu diskutiert wird.

---

## 23.6 Transparente Instandhaltungsleistung

Für externe Instandhalter ist es unumgänglich, die Leistung transparent darzustellen. Zum einen müssen die Leistungen revisionssicher prüfbar sein und zum anderen sollen die Informationen der Optimierung dienen.

Kennzahlen wie z. B. erzielte Verfügbarkeit, Budgetausnutzung oder erledigte Instandhaltungsanforderungen sind nur einige Beispiele für die Leistung der Instandhaltung. Alle Kennzahlen sollten aber mit dem Kunden gemeinsam entwickelt worden sein. Auch sollten sie einfach zu generieren sein und zeitnah dem Kunden zur Verfügung gestellt werden.

Oft unterschätzen Instandhalter den Informationsgehalt ihrer Tätigkeiten für den Kunden. In Betrieben mit vollkontinuierlicher Wechselschicht müssen z. B. Instandhaltungsanforderungen oder Informationen über aktuelle Entstörungen allen Schichten und den Verantwortlichen zeitnah vorliegen.

Allgemeine Dokumente sollten ebenfalls der „Allgemeinheit“ zugänglich gemacht werden. So benötigen z. B. Auditoren den Zugriff auf Wartungspläne oder der Produktionsverantwortliche muss das Explosionsschutzdokument der modifizierten Pumpe einsehen. Im Folgenden zeigen einige Beispiele, wie die Transparenz für den Kunden erhöht wurde.

### 23.6.1 Online Kennzahl am Beispiel Entstördienst

Die Betriebsnahe Instandhaltung hält für die am Standort Knapsack produzierenden Chemieunternehmen einen Entstördienst vor. Die Mitarbeiter sind in einem 5-Schichtsystem organisiert und an 24 h/Tag 365 Tage im Jahr vor Ort. Zu den Hauptaufgaben zählt die elektrotechnische Entstörung der Anlagen.

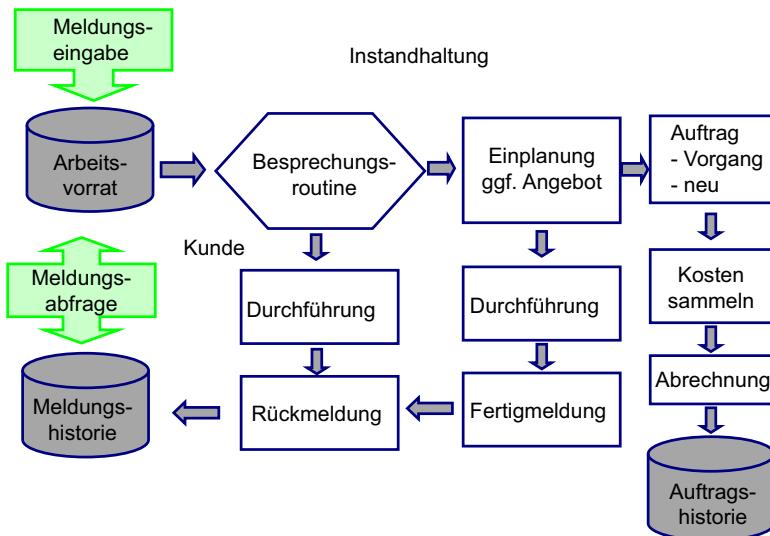
Im Falle einer betrieblichen Störung meldet sich der Produktionsmitarbeiter per Telefon bei dem Mitarbeiter des Entstördienstes. Nach Durchführung der Instandsetzung erfolgen die Fertigmeldung im Betrieb und die Rückmeldung im SAP-PM. Hierbei wird neben einer Meldung auch ein Vorgang auf einem Dauerauftrag angelegt. Jeden Morgen zu Beginn der Frühschicht erfolgt eine automatische Auswertung der Meldungen. In einem Protokoll werden die „W-Informationen“ gebündelt:

- Wann (Datum und Uhrzeit),
- Wo (Technischer Platz),
- Wozu (Störungsbeschreibung),
- Warum (Ursache),
- Was (Aktionen),
- Wer (Meldender und Ausführender) und
- Wie lange (Dauer des Einsatzes).

Das Protokoll mit den entsprechenden Informationen geht per E-Mail an alle Betroffenen (Betriebsingenieure, Schichtführer, Produktionsleiter, etc.). Die erfassten Stunden dienen hierbei als Basis für die verursachergerechte Kostenverteilung.

### 23.6.2 Instandhaltungsdokumente über Internet

Aktuelle technische Informationen sind für den Betreiber und Instandhalter einer Chemieanlage genauso wichtig wie die Anlagenverfügbarkeit. Im Zusammenspiel mit einem externen Dienstleister ist es für ein Chemieunternehmen unumgänglich, einen Zugriff auf die aktuellen Informationen zu haben. Die behördensichere Dokumentation von z. B. Herstellererklärungen oder Prüfprotokollen nach ATEX werden dem Kunden über Internet zur Verfügung gestellt. Auch können weiterhin Protokolle von Wartungen oder der aktuelle Stand einer Revisionsplanung eingesehen werden. Nach einer personengebundenen Anmeldung kann der Kunde weltweit auf seine Daten zugreifen. Diese liegen im PDF-Format vor und können somit lokal verwendet werden.



**Abb. 23.5** Meldungsweg über Internet

### 23.6.3 Meldungswesen über Internet

Ein weiterer Baustein transparenter Instandhaltungsleistung ist das Meldungswesen über Internet. Die Grundidee hierbei entstand aus einer Kundenanforderung. Ein Teilbetrieb eines großen Konzerns hat nicht die Möglichkeit die SAP-PM Umgebung der Zentrale im Stammwerk zu nutzen. Gleichzeitig ist aber die Anlagenverfügbarkeit zu steigern. Im Rahmen eines Instandhaltungsworkshops wurde die Idee geboren, das Meldungswesen der Betriebsnahen Instandhaltung zu nutzen. Das Modell der vollständigen Kommunikation wurde um die Funktionen Meldungseingabe und Meldungsabfrage über Internet erweitert (Abb. 23.5). Hierbei kann der Endanwender über eine einfache Maske seine Meldungen eingeben und den Status bestehender Meldungen abfragen, ohne dass er Kenntnisse von SAP benötigt.

Der einfache Onlinezugriff auf den Meldungsstatus hilft z. B. den Produktionsschichtführer auf der Nachschicht ihren Mitarbeitern Auskunft über den Abarbeitungsfortschritt zu geben.

---

### 23.7 Resümee

Die betriebliche Instandhaltung wird heute von der Unternehmensleitung verstärkt wahrgenommen. Die wirtschaftliche und nachhaltige Instandhaltung steht hierbei im Fokus. Das Outsourcing der Instandhaltung ist eine Möglichkeit der Kosteneinsparung. Dies kann aber nur im Einzelfall bewertet werden. Am Beispiel InfraServ Knapsack wurde gezeigt,

dass mit dem Outsourcen der Instandhaltung die Basis für ein erfolgreiches Dienstleistungsunternehmen gelegt werden kann.

Die Entwicklung hin zu einem externen Dienstleister ist nur möglich, wenn die eigenen Mitarbeiter für dieses Umdenken begeistert werden können. Hierbei ist es für die verantwortliche Führungskraft erforderlich, ihre Mitarbeiter zu ermächtigen, d. h. für Wettbewerb zu qualifizieren und Freiräume für die Entwicklung zu schaffen!



# Smart Maintenance

24

## Instandhaltung im Kontext der Industrie 4.0

Helmut Mühlnickel, Cäcilia Maria Kurz, Philipp Jussen und Roman Emonts-Holley

### Zusammenfassung

Im Zuge der Vision Industrie 4.0 ergeben sich neue Herausforderungen an die Instandhaltung. Die Entwicklung ist durch stark vernetzte und intelligente Maschinen geprägt. Ziel dieses Beitrags ist das Aufzeigen des aktuellen technologischen Standes und die Erforschung eines neuen Instandhaltungsmanagementsystems, das den Anforderungen der Industrie 4.0 genügt. Darüber hinaus wird die Frage der Rollenverteilung von Mensch, Technologie und Organisation behandelt.

---

H. Mühlnickel

Leiter Anlagen- und Verfahrenstechnik, BILSTEIN SERVICE GmbH der BILSTEIN GROUP  
Im Weinhof, 58119 Hagen, Deutschland

C. M. Kurz

Programmleitung Industrie 4.0, BILSTEIN SERVICE GmbH der BILSTEIN GROUP  
Im Weinhof, 58119 Hagen, Deutschland

P. Jussen · R. Emonts-Holley (✉)

Dienstleistungsmanagement, Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen

Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen, Deutschland  
E-Mail: Philipp.Jussen@fir.rwth-aachen.de

R. Emonts-Holley

E-Mail: Roman.Emonts-Holley@fir.rwth-aachen.de

## 24.1 Einleitung

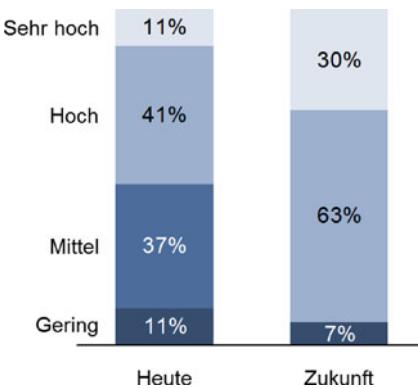
### 24.1.1 Neue Herausforderungen zukünftiger Instandhaltung durch Industrie 4.0

Für die industrielle Produktion haben sich im Verlauf der letzten Jahrzehnte einige Tendenzen ausgebildet, die umfangreiche Veränderungen hervorrufen werden. Die momentane Entwicklung ist vor allem durch die zunehmende Dynamik der Produktlebenszyklen und die Durchdringung industrieller Wertschöpfung mit neuen Technologien geprägt (Abele und Reinhart 2011). Hierfür ist die hoch flexible, verfügbare und zuverlässige Produktion zwingende Voraussetzung. Zur Bewältigung dieser Herausforderungen der Industrie 4.0 steht die Smart Factory im Mittelpunkt. Intelligente digital angeschlossene Maschinen und Produkte sind miteinander vernetzt und können aktiv kommunizieren. Dadurch werden Anlagen technisch immer komplexer und neue Kommunikationssysteme immer umfangreicher.

Aufgrund steigender Einflüsse und Abhängigkeiten durch den hohen Vernetzungsgrad kann ein einziger Ausfall das gesamte Produktionsnetzwerk beeinflussen und hohe Folgekosten verursachen. Aus Sicht der Instandhaltung ergibt sich aus dieser Entwicklung ein enormer Anstieg des Aufwands der Instandhaltungsplanung, da zunehmend Wechselwirkungen zwischen einzelnen Maschinen und Anlagen berücksichtigt werden müssen. Anforderungen an ein neues Instandhaltungssystem bestehen also nicht nur in der Entwicklung neuer technologischer Diagnoseverfahren, sondern auch in der Anpassung der Organisation. Für eine effiziente Instandhaltung ist es ratsam viele organisatorische Tätigkeiten unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu automatisieren. Grundlage ist eine systematische Identifikation und Gewichtung von Instandhaltungsbedarfen und der Ableitung von Handlungsschwerpunkten.

Unternehmen sehen Instandhaltung klassischerweise als Kostentreiber und Produktionshindernis (Alcalde Rasch 2000). Aufgrund der verschärften Wettbewerbssituation, die durch die weltweit gestiegenen Anforderungen an die Energie- und Ressourceneffizienz, den wachsenden Kostendruck und der ausgeprägten Marktvolatilität entstanden ist, sehen sich die Unternehmen gezwungen die Qualität und Produktivität zu maximieren. So sind heute für ein erfolgreiches Unternehmen Ausfallzeiten des Produktionsprozesses keine annehmbare Option mehr. Weshalb die Instandhaltung umso mehr in den Vordergrund rückt und sich als geeignetes Instrument zur Schaffung und Erhaltung von Wettbewerbsvorteilen erweist. Instandhaltungs- und Wartungsmaßnahmen bedürfen Zulieferteile für Anlagen und Maschinen und entsprechender Software. Um die Investitionskosten für die Industrie 4.0 Maßnahmen in vertretbaren Rahmen zu halten, bedarf es der Abwärtskompatibilität und entsprechender Sicherheitskonzepte für die Software zum einen und der Möglichkeit des Erhalts von Zulieferteilen aus gegebenenfalls recht alten Beständen im Rahmen des jeweils gegebenen Produkt- und Anlagen-Life-Cycle zum anderen. Nach einer Studie „Gegenwart und Zukunft der technischen Instandhaltung“ von BearingPoint siehe Abb. 24.1 schätzen Unternehmen, dass die Bedeutung der Instandhaltung signifikant

**Abb. 24.1** Bedeutung der Instandhaltung. (Quelle BearingPoint 2015)



steigen wird. Etwa die Hälfte (52 %) der befragten Unternehmen bemessen der Instandhaltung heute eine hohe bis sehr hohe Bedeutung zu, während für Zukunft mehr als 90 % diese Einschätzung teilen (BearingPoint 2015).

### 24.1.2 Nutzen und Potenziale für ein neues Instandhaltungsmanagement

In Deutschland beträgt das gesamte Anlagen – und Maschinenvolumen 2,2 Bio €. Die direkten Ausgaben für Instandhaltungs- und Wartungsmaßnahmen betragen jährlich rund 250 Mrd. €. Diese Maßnahmen sind im Stande das Vierfache an Folgekosten einer mangelhaften oder fehlenden Instandhaltung von etwa einer Billionen Euro zu vermeiden (acatech 2015). Instandhaltungsservices stellen einen signifikanten Markt dar, der einem Anteil von 50 % an dem Gesamtvolume Industrieservices in Deutschland einnimmt (Berger 2010). In Kombination mit dem technologischen Fortschritt durch die Industrie 4.0 ergeben sich große Potentiale für neue Instandhaltungsstrategien.

In der Vergangenheit war die Aufgabe der Instandhaltung darauf beschränkt regelbasierte Routineaufgaben durchzuführen oder einzuschreiten, wenn die Produktion ausfallbedingt vollständig oder teilweise zum Erliegen kam. Zwar wurden bereits in den 80er-Jahren Expertensysteme geschaffen die bis zu einem gewissen Grad über Regeln und Algorithmen und unter Verwendung einer zu pflegenden Wissensbasis das Grundwissen der Experten elektronisch abrufbar machen oder über teure Sensorik als Assistenzsystem dienen. Heute aber ist möglich mit einem Mix von reaktiver und präventiver Instandhaltungsstrategie und durch günstige und einfach kompatible Sensorik laufzeitabhängige bzw. prädiktive Instandhaltung durchzuführen. Durch die Entwicklung von Algorithmen, die große Mengen an Sensordaten verarbeiten, wird es möglich sein, Fehlermuster zu erkennen und Vorhersagen über das Versagen einer Komponente treffen zu können. Dadurch wird die Reaktionszeit vor dem Ausfall deutlich verlängert und die Instandhaltungsplanung kann frühzeitig angepasst werden. Die Anpassung erfolgt zum einen durch Vorbe-

reitungsmaßnahmen in Hinblick auf Ressourcen- und Personalbedarf. Zum anderen kann der optimale Zeitpunkt des Wartungsvorgangs, unter Einbezug der Maschinenauslastung aus einem größeren Zeitfenster gewählt werden. Insgesamt würde eine smarte Instandhaltung nicht nur Ausfälle früher vorhersagen und Stillstandzeiten minimieren, sondern auch zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit des gesamten Produktionsprozesses führen (Kletti 2014). Diese technischen Möglichkeiten und deren zugehörigen Strategien werden im nächsten Abschnitt mit Hilfe des Reifegradmodells näher erläutert.

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen birgt smarte Instandhaltung auch ein hohes Informations- und Innovationspotential. Die Analyse großer Datenmengen erlaubt es nicht nur Instandhaltung vorausschauend zu planen, sondern auch Optimierungspotenziale aufzudecken und zu nutzen (Pfeiffer et al. 2012). Die Instandhaltung dient als Bindeglied zwischen der im Einsatz befindlichen Produkte und der Produktentwicklung. Dadurch können Verbesserungspotenziale erschlossen, systematisch rückgeführt und realisiert werden.

---

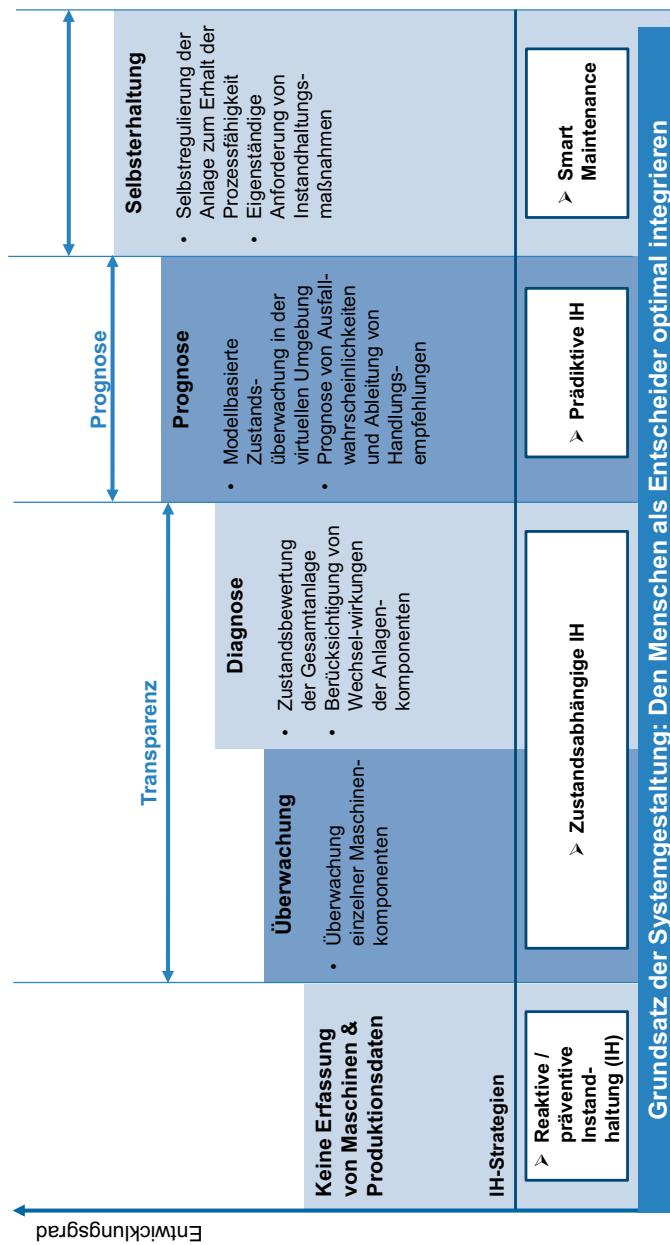
## 24.2 Entwicklung der Instandhaltung

In diesem Abschnitt soll das in Abb. 24.2 aufgezeigte Reifegradmodell vorgestellt und erläutert werden. Das Reifegradmodell zeigt die Entwicklung der Instandhaltung. Dem Leser soll hiermit der aktuelle Stand der Technik nahegebracht werden und aufzeigen an welchem Punkt neue Instandhaltungsstrategien ansetzen.

Beginnend mit der Ursprungsform der Instandhaltung in der keine Maschinen- und Produktionsdaten erfasst werden, schließen sich folgende Entwicklungsstufen an: **Überwachung, Diagnose** und **Prognose**. Dabei lassen sich die beiden Stufen Überwachung und Diagnose in die Kategorie „Transparenz“ zusammenfassen, das heißt, dass die akkurate Abbildung des Maschinen- bzw. Anlagezustands den Kern beider Entwicklungsstufen darstellt. Im Folgenden wird auf die genannten Instandhaltungsstufen eingegangen, deren jeweilige Innovation erläutert und voneinander abgegrenzt.

In der Ursprungsform der Instandhaltung werden keine Maschinen- und Produktionsdaten aufgenommen. Zwei Instandhaltungsstrategien dieser Stufe sind die *störungsabhängige* (reakтив) und die *zeitabhängige* (präventiv) Instandhaltung.

Die reaktive Instandhaltung erfolgt erst nach Eintreten der Störung beziehungsweise dem Ausfall der Maschine. Bei dieser Strategie gibt es keine Instandhaltungsplanung, sondern sie verlangt schnelles und spontanes Reagieren bei Ausfällen. Auf dem ersten Blick scheint diese Strategie sehr kostengünstig, da kein Planungsaufwand nötig ist und ein Bauteil erst ausgetauscht wird, wenn es versagt. Jedoch sind derartige Ausfälle für die meisten Unternehmen nicht hinnehmbar. Dadurch wird die Planung der Produktion hinfällig, da diese Störung nicht antizipiert werden können. Daraus folgt Terminverzug bei Lieferungen. Zusätzlich ist es nicht möglich den Anlagenzustand einzuschätzen. So mit sind Stillstandzeiten nicht zu vermeiden und die Instandhaltung findet unter großem Zeitdruck statt.



**Abb. 24.2** Referenzmodell: Zusammenführung von Mensch, Technologie und Organisation hin zu einem komplexen Gesamtsystem der Wertschöpfung. (Quelle: eigene Darstellung FIR)

Die reaktive Instandhaltung sollte daher nur bei Komponenten angewandt werden, die einfach und kostengünstig ersetzbar sind und deren Ausfall kein Sicherheitsrisiko darstellt. Wird diese Strategie für gesamte Anlagen eingesetzt, ergeben sich durch die Häufung und Ungewissheit von Ausfällen hohe Spitzenauslastungen für das Personal. Um diese Auslastungsschwankungen abzudecken ist dann wiederum ein hoher Personalbedarf vorhanden.

Die präventive Instandhaltung ist ein Ansatz der durch regelmäßige Wartung die Wahrscheinlichkeit von Ausfällen verringert. Die Wartung wird periodisch in festen Intervallen durchgeführt. Dabei werden einzelne Komponenten häufig unabhängig von ihrem tatsächlichen Zustand ausgetauscht. Im Gegensatz zur reaktiven Instandhaltung wird die Ausfallwahrscheinlichkeit deutlich verringert und durch ihre Planbarkeit lässt die zeit- bzw. leistungsabhängige Instandhaltung Vorbereitungsmaßnahmen zu, wodurch die Durchführungszeit sinkt. Bei der Auswahl der Strategie muss die Anlage auf Bauteilebene betrachtet werden, da es abhängig von den Kosten der Komponente und den Kosten, die ein Ausfall verursacht, nicht pauschal eine Strategie kostenoptimal ist. Deshalb sollte besonderes Augenmerk auf die notwendige Wartungshäufigkeit gelegt werden, um eine Verschwendug des Lagervorrats der Ersatzteile und häufige Stillstandzeiten zu vermeiden. Anwendung findet diese Strategie bei Bauteilen, deren Ermüdung leicht vorhersehbar ist oder bei gesetzlichen Auflagen, die den periodischen Austausch einer Anlagenkomponente vorschreiben.

Ein großer Fortschritt erfolgte mit der Einführung der zustandsabhängigen **Überwachung**. Ziel dieser Strategie ist es, mit Hilfe von Maschinenüberwachung Produktionsausfallkosten aufgrund ungeplanter Maschinenausfälle zu minimieren. Zentrales Werkzeug ist das *Condition-Monitoring-System (CMS)*. Dabei wird der Zustand der Anlage manuell oder automatisch überwacht. Hier soll auf die automatische Erfassung des Zustands eingegangen werden. Das CMS wird mit Daten aus Sensoren versorgt, die permanent an Maschinenkomponenten oder Werkzeugen montiert sind und kritische Daten, wie bspw. Beschleunigung, Kraft oder Temperatur, für den Verschleiß aufnehmen. Mit den gewonnenen Daten ist es möglich verschiedene, auf jedes Bauteil zugeschnittene Kennwerte zu bilden. Anhand von Veränderungen dieser Kennwerte ist es dann möglich auf Schädigungen zu schließen und Instandhaltungsmaßnahmen zu initiieren. Maschinenkomponenten können so wirtschaftlich optimal genutzt werden. Bedingung hierfür ist die kontinuierliche Aufnahme des Maschinenzustands. Diese Strategie ermöglicht eine proaktive und zeitliche optimale Planung der Wartung. Somit ist die zustandsabhängige Instandhaltung ressourceneffizienter als die zeitabhängige Instandhaltung, da nur bei Bedarf Bauteile ausgetauscht werden. Aufgrund der hohen Kosten, die eine Ausstattung von heterogenen Anlagen mit Sensoren generiert, wird versucht die Anzahl der Sensoren die den Maschinenzustand abbilden können zu minimieren. Dabei entstehen die Kosten nicht beim Einbau der Sensorik, sondern bei der Verknüpfung der Sensorik mit den Systemen und heterogenen Anlagen.

Bei den bisher genannten Instandhaltungsstrategien erfolgte die Zustandserfassung und -bewertung lediglich an einzelnen Komponenten. In der Stufe **Diagnose** hingegen wird der gesamte Anlagenzustand betrachtet, indem alle Komponenten einer Anlage integriert

betrachtet werden. Mit zunehmender Komplexität der Anlagen erschwert sich diese Aufgabe, da Wechselwirkungen zwischen Anlagekomponenten zusätzlich berücksichtigt werden müssen. Ziel der Stufe Diagnose ist es den Gesamtanlagenzustand zu ermitteln und zu bewerten. Zu diesem Zweck werden alle kritischen Maschinendaten zusammengefasst und analysiert. Die Bewertung des Zustandes erfolgt durch festgelegte Grenzwerte.

Eine bedeutende Weiterentwicklung der zustandsabhängigen Instandhaltung ist die prädiktive Instandhaltung, die der Stufe **Prognose** zugehörig ist. Mit Hilfe von statistischen Analyseverfahren oder Simulationsmethoden werden die aufgenommenen Sensordaten ausgewertet und interpretiert, um Fehlermuster erkennen und Ausfälle prognostizieren zu können. Es wird versucht den Wartungsaufwand auf ein Minimum zu reduzieren und möglichst lange Reaktionszeiten vor dem Ausfall zu schaffen. Die größte Herausforderung dieser Strategie liegt in der Auswertung der Sensordaten und in der Erstellung der Prognose. Denn aufgrund der vielfältigen Einsatzbereiche der Werkzeuge sind Verschleißkurven schwer zu verallgemeinern und somit existieren bisher nur Insellösungen für spezifische Anlagen.

Die weitere Entwicklung der Instandhaltung wird sich vornehmlich auf zwei Säulen stützen. Es müssen nicht nur Technologien entwickelt werden, die den Maschinenzustand präzise prognostizieren und Maschinen befähigen autonom zu kommunizieren, sondern es muss auch die Organisation an die neuen Technologien angepasst werden. Es ist eine Instandhaltungsstrategie notwendig, die mit dem ermittelten Maschinenzustand Handlungsempfehlungen, unter Beachtung aller relevanten Kriterien ableitet. Hierzu ist eine Verknüpfung von IPS (Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystem) und PPS (Produktionsplanungs- und -steuerungssystem) erforderlich. Mit einem Instandhaltungsmanagementsystem welches beide Systeme verbindet, ist es möglich, Instandhaltungsmaßnahmen sowohl in Abstimmung auf den Maschinenzustand und -verfügbarkeit als auch auf Rahmenvorgaben der Produktionsplanung optimal zu koordinieren. Das Resultat ist ein Instandhaltungssystem in dem Maschinen eigenständig Wartungsmaßnahmen nachfragen und diese automatisiert, in Abstimmung mit dem IPS und PPS priorisiert und verteilt werden. So wird die maximale Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit des gesamten Produktionssystems sichergestellt.

Ziel der **Selbsterhaltung** ist es Anlagen zu schaffen, die durch Selbstregulierung den Erhalt der Prozessfähigkeit sichert. Hierbei werden kontinuierliche Adaptionen der Instandhaltungsstrategie auf Basis der aktuellen und erwarteten Belastungen vorgenommen. Maßnahmen die den Erhalt der Prozessfähigkeit sichern werden automatisch angefordert, sobald ein erster Ausfall bevorsteht. Grundlage für ein solches System sind Intelligente Anlagen. Sie besitzen die Fähigkeit sich selbst zu optimieren und die eigene Funktionsfähigkeit für das Produktionssystem zu erhalten, um Kosten und Folgen von Produktionsausfällen zu vermeiden. Für eine intelligente Anlage sind die nachfolgend erläuterten Fähigkeiten notwendig (Bannant et al. 2011). Informationen über den Zustand einer Anlage müssen eigenständig aufgenommen und in Echtzeit interpretiert werden. Für die Bewertung des ganzheitlichen Systemzustands unter Berücksichtigung aller relevanten Faktoren werden Umgebungsbedingungen des Umfelds analysiert und mit einbezogen.

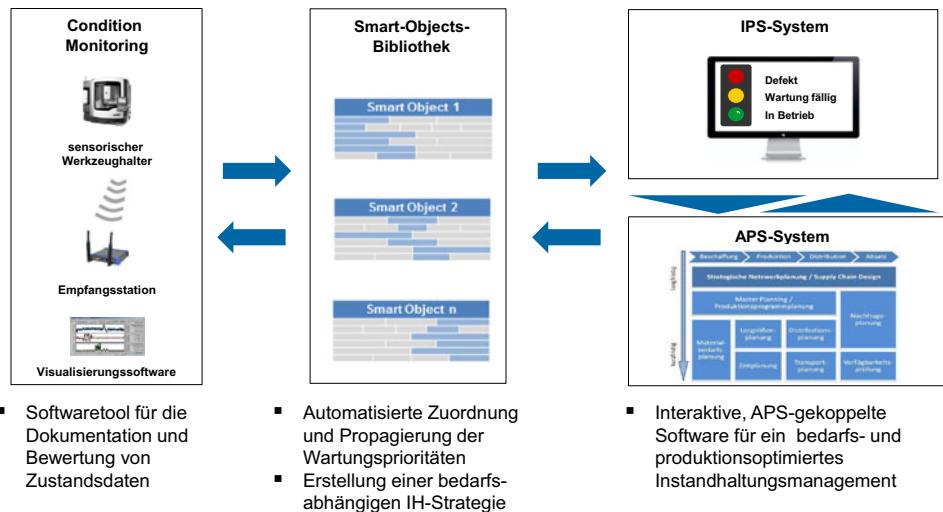
Des Weiteren muss ein Vergleich zwischen dem Ziel- und Ist-Zustand stattfinden, durch den Handlungsmöglichkeiten unter der Berücksichtigung von Umweltbedingungen abgeleitet werden. Dies wird durch die Abbildung der Anlage in IT-Systemen und die Möglichkeit zur Interaktion mit Instandhaltung und Produktion ermöglicht.

Im Folgenden wird ein Beispiel gegeben, in dem das Konzept der Selbsterhaltung umgesetzt wird. Zunächst wird die Funktionsweise des Instandhaltungssystems erläutert und anschließend im Kontext von der Adoptionsmöglichkeit diskutiert.

### 24.2.1 Smart Maintenance: Umsetzung eines integrativen Produktions-Instandhaltungssystems

Smart Maintenance beinhaltet ein Konzept für ein vorausschauendes Instandhaltungsmanagement, das sowohl den aktuellen Maschinenzustand als auch die aus der Produktionsplanung ableitbare, anstehende Maschinenbelastung einbezieht. So soll eine optimale Wartungsplanung erstellt werden und die maximale Leistungsfähigkeit des Produktionssystems ausgenutzt werden. Mit einer Softwarelösung können mehrschichtige Entscheidungsprobleme der Instandhaltung abgebildet und anhand aller relevanten Faktoren optimiert werden. Im Gegensatz zu den bisherigen Strategien werden nicht nur Sensordaten einer Maschine aufgenommen, sondern es findet ein durchgängiger Informationsaustausch zwischen den einzelnen Softwaremodulen stattfinden. Dies wird durch den Einsatz von sog. **Smart Objects** ermöglicht. Sie verbinden zweierlei Eigenschaften: Einerseits sind sie materielle und betriebliche Objekte, die mit Informationstechnologien angereichert sind. Das bedeutet sie verbinden vielfältige Funktionen, wie die der Identifizierung, der Kommunikation und der Sensorik. Andererseits dienen Smart Objects auch zur softwaretechnischen Repräsentation. Im Kontext der Smart-Objects-Bibliothek stellen sie eine Systemkomponente mit ihren zugehörigen Eigenschaften und Zustandsdaten dar. Ihnen kommt im Wesentlichen die Aufgabe zu, die benötigten Werte zu erfassen und verlustfrei weiterzugeben. Über die Smart-Objects-Bibliothek wird eine Schnittstelle zur Prozessplanung ermöglicht (siehe Abb. 24.3). So können Smart Objects eigenständig Anforderung von Instandhaltungsmaßnahmen, unter Berücksichtigung der Regeln und Kriterien der Produktion weitergeben. Diese umfassen neben der automatischen Zuordnung von Wartungsprioritäten auch ein bedarf- und produktionsoptimiertes Instandhaltungsmanagement.

Die Selbsterhaltung wird durch Smart Objects realisiert. Diese cyber-physischen Systeme ermöglichen es, aus Produktionsanlagen autonom Betriebsdaten zu erfassen und zu interpretieren. Dabei erfolgt die Ausfallprognose an der Anlage selbst und somit dezentral. Smart Objects nutzen die in der Smart-Objects-Bibliothek hinterlegten Anlagendaten zur Interpretation und Abgleich der von ihr aufgenommenen Messungen. Des Weiteren sind Smart Objects nicht nur fähig untereinander zu kommunizieren, sondern bieten auch die Möglichkeit zur Interaktion mit den in diesem Umfeld tätigen Personen. So ist es möglich nach Feststellen eines anstehenden Problems, geeignete Instandhaltungsmaßnahmen bei anderen Maschinen als auch beim Instandhalter anzufragen.



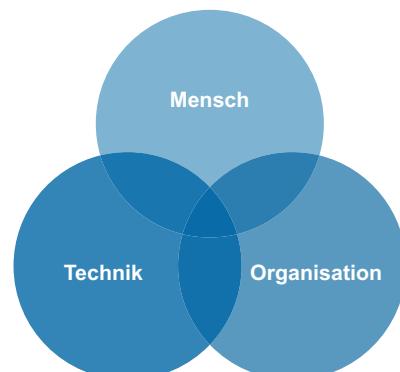
**Abb. 24.3** Konzept Smart Maintenance. (Quelle: Eigene Darstellung, FIR 2016)

### 24.3 Rolle des Menschen in der Instandhaltung der Zukunft

Es ist eine deutliche Entwicklung der Instandhaltung hin zur Automatisierung zu erkennen (BMWi 2014). Es wird ein Instandhaltungssystem angestrebt in dem Maschinen autark miteinander kommunizieren können und Wartungsaufträge automatisiert verteilt und bearbeitet werden. Stellt man dieses System der ursprünglichen Form der Instandhaltung gegenüber, kommt die Frage auf, welche Rolle Menschen in der zukünftigen Instandhaltung einnehmen werden. Um die Auswirkungen zu beschreiben, wird der MTO Ansatz als Ordnungsrahmen verwendet. Hierbei werden die Schnittstellen Technik-Organisation, Mensch-Organisation und Mensch-Technik betrachtet siehe Abb. 24.4.

**Abb. 24.4** MTO Konzept.

(Quelle: Ulich 2005)



### 24.3.1 Schnittstelle: Technik-Organisation

Instandhaltung ist in zwei wesentliche Bereiche zu unterteilen. Zum einen die Wartung und Inspektion, zum anderen die Instandsetzung. Wartung ist eine Maßnahme zur Verzögerung der Abnutzung der Maschine und die Inspektion ist eine Maßnahme zur Festlegung und Beurteilung des Ist-Zustands. Diese Tätigkeiten besitzen einen hohen Wiederholungsgrad, ähnlich wie bei den meisten Produktionsprozessen. Folglich ist eine Automatisierung solcher repetitiven Tätigkeiten sehr naheliegend und ebenfalls technisch umsetzbar. Die Feststellung des aktuellen Abnutzungsvorrats und dem damit verbundenen Maschinenzustand können Sensoren übernehmen, wie es heute bereits teilweise geschieht. Die Wartung und Instandhaltung kann ebenfalls von Maschinen übernommen werden, da diese Tätigkeiten bei jeder Ausführung gleich verlaufen und keine Adaption benötigen. Im Gegensatz hierzu stehen Instandhaltungsaufgaben wie die Instandsetzung. Instandsetzung ist die Maßnahme zur Funktionswiederherstellung einer Maschine. Diese Tätigkeit ist geprägt von ihrer Einmaligkeit. Ausfälle sind nicht automatisiert zu begründen, da diese aufgrund einer Vielzahl an Fehlermöglichkeiten eintreten können. Um die Ursache ausfindig zu machen, erfordert es vor allem analytisches Denken und die Fähigkeit Probleme kreativ anzugehen (Biedermann 2014). Dies sind Fähigkeiten, die heutige Computersysteme nicht leisten können, sondern Menschen auszeichnen. Es zeigt sich, dass die gesamte Bandbreite der Instandhaltung nicht automatisiert werden kann, sondern der Mensch noch immer eine zentrale Rolle spielen wird. Um den Mensch bestmöglich zu unterstützen ist eine moderne Infrastruktur zwingend notwendig.

### 24.3.2 Schnittstelle: Mensch-Organisation

Der Tätigkeitsbereich zukünftiger Instandhalter wird sich ändern. Sie werden nicht weiter operative Tätigkeiten, sondern Steuerungs-, Planungs- und Dispositionsaufgaben übernehmen. Für diese Aufgaben sind hochqualifizierte Instandhalter, die sich durch kreative und improvisatorische Fähigkeiten auszeichnen, notwendig. Des Weiteren werden Produktionssysteme technologisch zunehmend verflochtener und unübersichtlicher. Dies erfordert neue Kompetenzen für Instandhalter. Insbesondere muss bei der Entwicklung von Instandhaltungssystemen die Komplexität technischer Systeme durchdrungen und ein überschaubares Bild geschaffen werden. Um ein solches System zu entwickeln ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Experten notwendig. Ein Zusammenspiel von Ingenieuren, Informatikern und Betriebswirten ist nötig, um ein ganzheitliches Instandhaltungssystem zu entwickeln, welches sowohl technische als auch wirtschaftliche Aspekte vereint.

### 24.3.3 Schnittstelle: Mensch-Technik

Moderne Technologien tragen zur vielfältigen Gestaltung der Arbeit bei. Sie können Menschen in ihrer geistigen und körperlichen Leistungsfähigkeit assistieren, jedoch fehlen ihnen andere Fähigkeiten, wie zum Beispiel der Kreativität. Ziel ist somit die Gestaltung einer Kooperation zwischen Mensch und Technik, in der die Stärken beider Parteien zum Tragen kommen. Jüngste Technologie ist der Einsatz von *Virtual* und *Augmented Reality*. Sie ermöglicht realitätsnahe Simulationen und unterstützt den Instandhalter durch die visuelle Erweiterung seines Sichtfeldes mit zusätzlichen Informationen die in Echtzeit eingeblendet werden können. Ein Weiterer Trend ist der Einsatz von sog. *Wearables*. Sie sind kleine Computer die sich am Körper mitführen lassen und den Anwender in seiner Tätigkeit unterstützen, wie bspw. durch die Bereitstellung von Zeichnungen oder Plänen, die oftmals bei der Instandhaltung benötigt werden (Seyrkammer 2015). In Zukunft wird die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle eine zunehmend wichtigere Rolle spielen. Wartung und Inspektion werden verstärkt automatisiert und erfordern fähige Instandhalter zur Steuerung. Ein wichtiger Aspekt ist die Integration neuer Technologien. Sie sollten leicht annehmbar sein und sich reibungslos in den Arbeitsalltag integrieren lassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich das Aufgabenfeld für Menschen weg von der Wartung bzw. Inspektion bewegt, da diese Tätigkeiten durch ihren Routinecharakter geprägt sind und sich somit verhältnismäßig einfach automatisieren lassen. Des Weiteren wird das Aufgabenspektrum der Instandhaltung an Komplexität zunehmen. Damit geht ein Wandel der erforderlichen Qualifikationsprofile zukünftiger Instandhalter einher. Für die zunehmend komplexen Produktionssysteme ist die Entwicklung einer geeigneten Instandhaltungsstrategie die zentrale Aufgabe. Sie stellt ein Werkzeug dar, mit dem es möglich ist, hochkomplizierte Produktionssysteme auf eine für Menschen verständliche Ebene zu reduzieren. Für die Entwicklung eines solchen Systems wird ein Zusammenspiel aus vielen Spezialisten aus unterschiedlichen Bereichen, wie beispielsweise Datenanalysten und Ingenieuren, nötig sein. Instandhaltung gestaltet sich somit als eine interdisziplinäre Aufgabe, die zunehmend auf IT-Systemen gestützt sein wird. Außerdem wird die Gestaltung von leicht anwendbaren und verständlichen Technologien eine hohe Bedeutung haben, da in Zukunft Instandhalter zunehmend Maschinen zur Instandhaltung nutzen. Leicht annehmbare Technologien würden zugleich den Adoptionsaufwand senken und die Arbeitseffizienz steigern.

---

## 24.4 Zusammenfassung

Im Zuge des technologischen Wandels durch die Industrie 4.0 steigen der Automatisierungsgrad und die Komplexität der Maschinen und Anlagen. Um den Forderungen nach höherer Verfügbarkeit der Anlagen und Vermeidung von Produktionsausfällen gerecht zu werden sind fähige Instandhaltungssysteme notwendig. Es werden neue Instandhaltungssysteme benötigt, mit denen es möglich ist komplexe Anlagensysteme zu durchdringen

und zu optimieren. Der Trend bewegt sich hierbei zu der Ausstattung von Maschinen mit IT-Technologien. Dies erlaubt eine genaue Abbildung des Maschinenzustands einer Produktionsanlage in einem netzwerkbasierten Instandhaltungssystem. Mit solchen Systemen wird versucht, Ausfälle möglichst früh zu erkennen und verfügbare Ressourcen möglichst effizient zu verwerten. Für die Zukunft steht das Konzept der Selbsterhaltung im Fokus.

Durch den Anstieg der Komplexität wird sich die Rolle des Menschen in der Instandhaltung verschieben. Routineaufgaben wie Inspektion und Wartung werden automatisiert. Die Hauptaufgabe der Instandhalter wird sich auf die Entwicklung von Instandhaltungssystemen konzentrieren. Es werden hochqualifizierte Fachkräfte aus verschiedenen Bereichen benötigt, um ein System zu entwickeln das fähig ist, komplexe Produktionsanlagen in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht zu optimieren.

---

## Literatur

- Abele E, Reinhart G (2011) Zukunft der Produktion. Hanser. München
- acatech (2015) Smart Maintenance für Smart Factories. Utz. München
- Alcalde Rasch A (2000) Erfolgspotential Instandhaltung. Schmidt. Berlin
- Bannant, A., Bautze, T., Beetz, M.: Artificial Cognition in Production Systems. Tech. Univ. Muenchen, Muenchen (2011)
- BearingPoint (2015) Gegenwart und Zukunft der technischen Instandhaltung. BearingPoint. Frankfurt/Main
- Biedermann H (2014) Instandhaltung im Wandel. Industrie 4.0. TÜV Media. Köln
- BMWi (2014) Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. BMWi. Berlin
- Kletti J (2014) Die perfekte Produktion. 2. Aufl. Springer. Berlin, Heidelberg
- Pfeiffer S, Schütt P, Wühr D (2012) Smarte Innovation. Springer VS. Wiesbaden
- Roland Berger. (2010) Industrieservices in Deutschland. [https://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland\\_Berger\\_Industrieservices\\_20100503.pdf](https://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_Industrieservices_20100503.pdf). Zugriffen: 03. Mai 2016
- Seyrkammer, S.: Wearable Computing Technology. Diplomica, Hamburg (2015)
- Ulich E (2005) Arbeitspsychologie. 6., überarb. und erw. Aufl. vdf Hochschulverlag an der ETH. Zürich



# Smart Services – Datenbasierte Dienstleistungen 25 in der Instandhaltung

Marcus Schnell, Philipp Jussen und Benedikt Moser

## Zusammenfassung

Die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Wirtschaft und Gesellschaft ist inzwischen zur Selbstverständlichkeit geworden. Deutschen Leitbranchen, wie dem Maschinen- und Anlagenbau, stehen durch die Digitalisierung jedoch noch große Umbrüche vor. Die Erfassung von Daten im laufenden Betrieb der Anlagen bietet die Chance durch die Analyse der Daten wertvolle Informationen zu gewinnen. Diese Informationen lassen sich in datenbasierten Dienstleistungen mehrwertstiftend in der Instandhaltung nutzen. In diesem Beitrag wird das Potenzial von datenbasierten Dienstleistungen in der Instandhaltung erläutert und wie dadurch neue Geschäftsmodelle für Unternehmen entstehen können. Der Beitrag schließt ab mit einer Beschreibung möglicher Einsatzfelder von datenbasierten Dienstleistungen in der Instandhaltung am Beispiel des Unternehmens BELFOR DeHaDe GmbH.

---

M. Schnell (✉)  
BELFOR DeHaDe GmbH  
Wittekindstraße 99, 59075 Hamm, Deutschland  
E-Mail: marcus.schnell@de.belfor.com

P. Jussen · B. Moser  
Dienstleistungsmanagement, Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e.V. an der RWTH Aachen  
Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen, Deutschland  
E-Mail: Philipp.Jussen@fir.rwth-aachen.de

B. Moser  
E-Mail: Benedikt.Moser@fir.rwth-aachen.de

## 25.1 Einleitung

Die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Wirtschaft und Gesellschaft ist inzwischen zur Selbstverständlichkeit geworden. Den deutschen Leitbranchen, wie dem Maschinen- und Anlagenbau, stehen jedoch durch die Digitalisierung noch große Umbrüche bevor. Aktuell werden bestehende Wertschöpfungsketten, z. B. bei industriellen Dienstleistungen und in der Instandhaltung, mit ihren Prozessen und Abläufen vielfach bereits durch digitale Dienste unterstützt. Datenbasierte Dienstleistungen, sog. *Smart Services*, bieten jedoch noch viel tiefergreifende Potenziale und können die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie nachhaltig sichern (Arbeitskreis Smart Service Welt 2015, S. 14 f.).

Der Verkauf von Maschinen und Anlagen stellt in der Branche zwar noch den größten Umsatzanteil dar, jedoch werden die größten Margen seit Jahren im Servicegeschäft entlang des gesamten Produktlebenszyklus der Anlage oder Maschine erzielt (Bruhn et al. 2015, S. 135). Die angebotenen Dienstleistungen inklusive der Instandhaltung rund um die Maschine sorgen letztendlich für den relevanten Nutzen des Kunden. Der Service im Maschinen- und Anlagenbau stellt die wichtigste Kundenschnittstelle im Produktlebenszyklus dar. Neben der eigentlichen Kompetenz im Anlagenbau haben die Unternehmen zunehmend also auch Kompetenzen im Bereich des industriellen Services, insbesondere um sich von Mitbewerbern abzugrenzen und einen hohen Kundennutzen zu gewährleisten. In der Nutzung von Daten, die aus digital vernetzten Produkten im Feld gewonnen werden, liegen große Potenziale für eben solche industrielle Dienstleistungen. Unternehmen können so vom reinen Produkthersteller zum Dienstleistungs- oder sogar Lösungsanbieter werden (Porter und Heppelmann 2015, S. 60). Dennoch bieten rund 84 % der Unternehmen im deutschen Maschinen- und Anlagenbau bis dato keine datenbasierten Dienstleistungen an, die auf einer digitalen Vernetzung mit ihren Produkten im Feld basieren (Impuls 2015, S. 50). Eine Ursache für die mangelnde Umsetzung ist in der großen Unsicherheit zu suchen, die über den quantifizierbaren wirtschaftlichen Nutzen herrscht. Studien belegen, dass ein großer Teil der Unternehmen Konzepte für neue Dienstleistungen erst dann konkretisieren und umsetzen, wenn für das Unternehmen ein positiver Business Case nachgewiesen werden kann (FIR 2015, S. 13).

Der folgende Beitrag beschreibt wie datenbasierte Dienstleistungen in der Instandhaltung genutzt werden können. Zunächst wird die Erfassung und Nutzung von digitalen Daten als Grundlagen für neue Dienstleistungen dargestellt. Darauf aufbauend werden datenbasierte Dienstleistungen für die Instandhaltung erläutert und wie diese zu neuen Geschäftsmodellen für die Unternehmen genutzt werden können. Der Beitrag endet mit einer Beschreibung möglicher Einsatzfelder von datenbasierten Dienstleistungen in der Instandhaltung am Beispiel der BELFOR DeHaDe GmbH.

## 25.2 Digitale Daten als Grundlage neuer Dienstleistungen

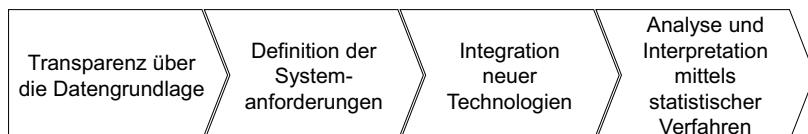
### 25.2.1 Wissensgenerierung auf Basis von Daten

Die Basis für neue digitale Dienstleistungen bilden Daten, die heute bereits vielfältig durch digitale Komponenten wie verschiedenste Sensoren oder Computer erfasst und verarbeitet werden. Die weltweit erzeugte Datenmenge hat sich dabei in den letzten Jahren exponentiell gesteigert (IDC 2014, S. 2). Aus diesem Datengerüst gilt es, mithilfe neuer Methoden, wie zum Beispiel Big Data Analysen oder der Anwendung von Machine Learning, mehrwertstiftendes Wissen für den jeweiligen Anwendungsfall zu generieren. Nur der Zugang zu diesem Wissen und dessen Ausnutzung führen zu einem wirklichen Mehrwert für den Anwender. Viele Autoren bezeichnen daher die digital verfügbaren Daten als den zentralen „Rohstoff“ der vierten industriellen Revolution (Arbeitskreis Smart Service Welt 2015, S. 14).

Die Wissensgenerierung auf Basis von Daten lässt sich in vier Teilschritte gliedern (siehe Abb. 25.1). Im ersten Schritt wird das Ziel verfolgt, **Transparenz über die Datengrundlage** zu schaffen. Aufgrund der Menge und Vielfalt der zur Verfügung stehenden Daten gilt es, sich zunächst eine Übersicht über die Struktur der vorhandenen Datengrundlage zu verschaffen und verschiedene Datenquelltypen zu unterscheiden. Mögliche Kriterien zur Unterscheidung sind beispielsweise das Datenvolumen, die Strukturiertheit der Daten oder die Datenverarbeitungsgeschwindigkeit (Echtzeitverarbeitung, Batchverfahren).

Im zweiten Schritt müssen die **Systemanforderungen definiert** werden, mit denen die Daten im laufenden Prozess verarbeitet werden sollen. Hierzu gilt es, die passenden Technologien zur Datenerhaltung, Datenintegration und zum Datenzugriff auszuwählen.

Der dritte Schritt umfasst zum einen die **Integration neuer Technologien** in alte Systemstrukturen und zum anderen die Aufbereitung und Bereinigung der vorhandenen Daten. Hierzu müssen zuvor unstrukturierte Daten in eine Struktur gebracht werden, indem sie mit Zusatzinformationen angereichert werden, um für Analyseverfahren zugänglich gemacht zu werden (Porter und Heppelmann 2015, S. 58). Um die Daten mit weiteren Informationen anzureichern kommen zum Beispiel linguistische und semantische Verfahren für die Textdeutung, Search-and-Discovery-Verfahren für exploratives Browsing durch Texte oder Complex Eventprocessing für die ad-hoc-Interpretation von strömenden Daten zum Einsatz (BITKOM 2014, S. 52).



**Abb. 25.1** Vorgehen zur Wissensgenerierung auf Basis von Daten

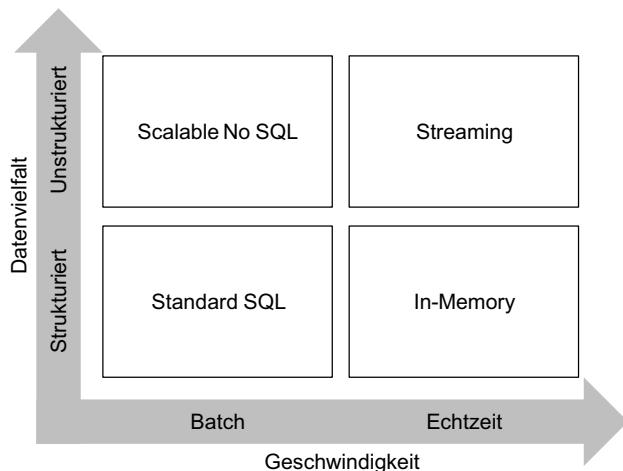
Den Kernprozess der Informations- und Wissensgenerierung aus Daten bildet die analytische Verarbeitung. Hierfür werden im vierten Schritt die zuvor angereicherten Daten mithilfe von verschiedenen, kombinierten **statistischen Verfahren analysiert und interpretiert**. Zum Einsatz kommen zum einen deskriptive Verfahren, die Daten beschreiben und visualisieren und zum anderen explorative Ansätze zur Identifikation von Strukturen und Mustern, auf deren Basis Hypothesen und Prognosen erfolgen können. Um aus Stichproben Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zu schließen und allgemeingültige Aussagen ableiten zu können, werden Methoden der induktiven Statistik genutzt (Bachmann et al. 2014, S. 165 f.).

### 25.2.2 Möglichkeiten der Datenanalyse

Die Art der Datenanalyse lässt sich in drei Typen unterscheiden: Die erste Ausprägung stellt die **beschreibende Analyse** dar. Diese Art geht der Frage nach, was in der Vergangenheit passiert ist und welche Schlüsse daraus für die Zukunft gezogen werden können. Hierbei steht die Gewinnung von Informationen über die Grundgesamtheit durch die Beschreibung von historischen Daten im Vordergrund, um Gründe für den Erfolg bzw. Misserfolg zu identifizieren. Zu diesen Methoden und Verfahren gehören unter anderem die Erstellung von Grafiken, Tabellen und die Berechnung von deskriptiven Kennzahlen bzw. Parametern. **Prädiktive Analysen** dienen zur Vorhersage über die Entwicklung von Kennzahlen auf Basis von historischen Daten und Trends unter Zuhilfenahme von Algorithmen. Die zentrale Frage dieser Verfahren ist, was in Zukunft passieren könnte. Bei der **präskriptiven Analyse**, also empfehlenden Analyseart, werden externe und interne Daten zur Simulation in verschiedenen Modellen herangezogen, um zukünftige Handlungsempfehlungen abzuleiten und so den Menschen in seinen Entscheidungen zu unterstützen. Entscheidend ist hier, Entscheidungsträger und Experten in die Simulationen einzubinden, um Variablen anzupassen und verschiedene Szenarien auf ihre Plausibilität zu überprüfen (KPMG 2015, S. 29).

Die verschiedenen Ansätze der Datenanalyse unterscheiden sich im Grad ihrer technischen Komplexität. So sind beispielsweise individuelle ad-hoc-Analysen mittels einfacher IT-Tools wie Microsoft Excel oder Access weit verbreitet. Bei der Analyse strukturierter, vorwiegend interner Daten anhand vordefinierter Zusammenhänge, eignen sich spezielle IT-Tools wie Data-Warehouse-Systeme oder Business-Intelligence-Lösungen (BITKOM 2014, S. 89). Technisch und inhaltlich anspruchsvolle Datenanalyseverfahren stellen neue Technologien wie In-Memory-Datenbanken oder verteilte Systeme dar. Diese sind in der Lage Daten unterschiedlichster Struktur und Herkunft zur freien Suche von Zusammenhängen und Erkenntnissen zu analysieren. Diese Verfahren gewinnen vor dem Hintergrund der steigenden Datenmenge und -vielfalt zunehmend an Relevanz für eine erfolgreiche Unternehmensentwicklung (KPMG 2015, S. 8). Zur analytischen Datenverarbeitung mit dem Ziel der Gewinnung geschäftsrelevanter Erkenntnisse, stehen verschiedene Big-Data-Technologien zur Verfügung. Die nachfolgende Abb. 25.2 zeigt ein vereinfachtes Mo-

**Abb. 25.2** Big-Data-Anforderungen und Technologieansätze. (In Anlehnung an Forrester Webinar 2013: Big Data: Gold Rush Or Illusion?)



dell zur Bestimmung der passenden Datenmanagement-Technologie in Abhängigkeit von den Anforderungen in den beiden Dimensionen *Variety* (Datenvielfalt) und *Velocity* (Geschwindigkeit) (BITKOM 2014, S. 22).

Die Abbildung verdeutlicht, dass sich grundsätzlich nicht die eine Technologie zur Analyse großer Datenmengen empfiehlt. Vielmehr kann eine Reihe relevanter Technologien jeweils einzeln oder auch in Kombination zum Einsatz kommen. Sind die Anforderungen an Vielfalt und Geschwindigkeit relativ gering, bieten standardisierte Analytics Appliances verschiedener Marktanbieter eine kostengünstige Lösung (Standard SQL) (BITKOM 2014, S. 22). Ist eine erhöhte Datenauswertungsgeschwindigkeit notwendig, kommen In-Memory-Technologien zum Einsatz. Der Zugriff auf Informationen ist hier auch bei hohen Datenmengen und komplexen Datentypen in Echtzeit möglich, indem sie aus dem langsamen Festplattenspeicher in den Hauptspeicher (RAM/Memory) verlagert werden (BITKOM 2014, S. 127 ff.). Zeichnet sich die Datenmenge durch eine hohe Varietät bezüglich der Formatierung auf, ist eine Technologie notwendig, die alle Datenformate gleichermaßen verarbeitet und beliebig skaliert. Hierzu eignet sich beispielweise Hadoop als eine Open-Source-Technologie zur Speicherung und Verarbeitung sehr großer Datenmengen in allen Datenformaten (BITKOM 2014, S. 35 ff.). Besteht die Anforderung der Echtzeitverarbeitung und -auswertung der Daten, werden Streaming Verfahren genutzt. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass aus verschiedenen Datenquellen zeitlich geordnete Ereignisse überwacht, verdichtet und gefiltert werden können (vgl. BITKOM 2014, S. 52).

Die verschiedenen Analysemethoden basieren auf statistischen Verfahren. Große Datenmengen beinhalten jedoch oft mehr Informationen als mittels statistischer Verfahren extrahiert werden können, sodass verschiedene Statistiker trotz derselben Datenbasis zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen können (KPMG 2014, S. 27). Deshalb ist es speziell für fortgeschrittene Verfahren, wie z. B. Machine Learning notwendig, Branchen- und Prozessexperten sowie erfahrene Statistiker einzubinden, um die passende generische

Methode und die dahinterliegenden statistischen Verfahren auszuwählen, zu kombinieren und die Ergebnisse zu interpretieren (BITKOM 2014, S. 118).

Aufbauend auf den angereicherten Daten können anschließend neue, datenbasierte Dienstleistungen entwickelt und angeboten werden. Die Tiefe der nötigen Aufbereitung der Daten ist abhängig von der jeweiligen zu entwickelnden Dienstleistung. Nicht immer ist eine Aufbereitung über komplexe Algorithmen notwendig, da auch weniger angereicherte Daten ausreichend sind für die Dienstleistung. Hier gilt es bereits früh in der Entwicklung von neuen Diensten zu bestimmen, welcher Detaillierungs- und Informationsgehalt der Daten notwendig ist (Roland Berger 2014, S. 4). Der nachfolgende Abschnitt erläutert die Einsatzmöglichkeiten und Potenziale von datenbasierten Dienstleistungen in der Instandhaltung.

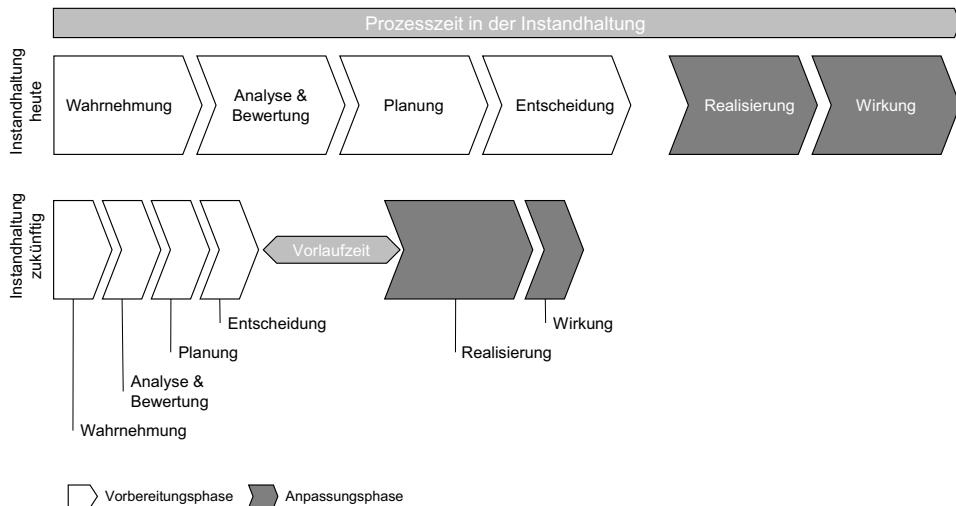
---

## 25.3 Datenbasierte Dienstleistungen in der Instandhaltung

Es gibt eine Vielzahl an Einsatzgebieten für Smart Services in der Instandhaltung. Allen gemein ist es, dass sie aus Daten und deren Analyse einen Mehrwert generieren. Eine intelligente Instandhaltungsorganisation und die dadurch verbesserte Verfügbarkeit der Anlagen und Maschinen tragen so zu der Realisierung des Industrie 4.0-Gedankens bei und sind unablässig für deren Umsetzung. Datenbasierte Dienstleistungen erlauben es, dass Instandhaltungsaktivitäten proaktiv und zustandsabhängig ausgeführt werden und so zu einer Minimierung der ungeplanten Störungen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte führen (vgl. Acatech 2015, S. 30).

Studien zeigen, dass prädiktive Instandhaltungsdienstleistungen die Stillstandszeiten von Maschinen um bis zu 50 % reduzieren können und durch vorbeugende Instandhaltungstätigkeiten zu einer Verlängerung des Produktlebenszyklus von bis zu 40 % führen (McKinsey 2015, S. 24). Die Ergebnisse unterstreichen den Wert von datenbasierten Dienstleistungen und zeigen, welche Potenziale durch die optimale Einbindung und Auswertung von Daten gehoben werden können.

Die Grundlage für datenbasierte Dienstleistungen sind auch in der Instandhaltung Technologien zur Datenaufnahme. Über Sensoren werden bereits heute Maschinenzustände, wie zum Beispiel Vibrationen, Temperaturen usw. erfasst und liefern ein Datengerüst, das mit Geschäftsdaten kombiniert wird. Aus diesem Gesamtgerüst können anschließend Instandhaltungsmaßnahmen abgeleitet werden. Statt wie bisher aufwändig einen Servicetechniker zur Problemidentifikation zum Standort der Maschine zu schicken, lassen sich Routinetätigkeiten wie die Überwachung oder Kontrolle von Zuständen einer Anlage automatisieren und die entsprechenden Daten werden an die jeweilige Instandhaltungsorganisation übermittelt (Porter und Heppelmann 2015, S. 64). Die Abnutzung der vernetzten Maschinen kann so überwacht werden und es lassen sich auf Basis der gewonnenen und durch Analyseverfahren angereicherten Daten Instandhaltungstätigkeiten frühzeitig einplanen. Insgesamt verschiebt sich so die Form der Instandhaltung weiter von einer reaktiven, unvorbereiteten Instandhaltung hin zu einer proaktiven, gezielt geplanten



**Abb. 25.3** Verkürzung von Prozesszeiten in der Instandhaltung. (In Anlehnung an Acatech 2015, S. 31)

Instandhaltung (Acatech 2015, S. 30; Porter und Heppelmann 2015, S. 64; Roland Berger 2014, S. 10).

Diese bietet insbesondere im Bereich der Produktionsplanung erhebliche Vorteile. Wenn Instandhaltungsmaßnahmen planbar sind, lassen sie sich optimal in den gesamten Produktionsprozess integrieren und bieten eine zusätzliche Sicherheit und Zuverlässigkeit für die jeweiligen Planungssysteme (Spath et al. 2012, S. 71). Durch eine frühzeitige Einplanung von Instandhaltungstätigkeiten sinkt so die Durchlaufzeit des gesamten Instandhaltungsprozesses (siehe Abb. 25.3).

Die oben dargestellte Prozessabfolge von der Wahrnehmung einer Störung (reakтив oder proaktiv) bis hin zu der Wirkung der Instandhaltungsmaßnahme wird zukünftig durch intelligente Dienstleistungen verkürzt. Insbesondere die Vorbereitungsphase lässt sich mithilfe der Erfassung von Daten und darauf aufbauenden Dienstleistungen automatisieren und parallelisieren. Instandhaltungsmaßnahmen können besser vorbereitet werden und führen zu geringeren Kommunikations- und Koordinationsaufwänden, da alle beteiligten Gewerke und Fakultäten frühzeitig über Instandhaltungstätigkeiten informiert werden können und so ein Optimum für den Gesamtprozess gemeinsam identifiziert werden kann (vgl. Acatech 2015, S. 30).

Datenbasierte Instandhaltungsdienstleistungen übernehmen so eine zunehmend entscheidendere Rolle in der hochvernetzten Produktion. Es gilt die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der eingebundenen intelligenten Maschinen und Anlagen sicherzustellen. Der nachfolgende Abschnitt beschreibt wie auf Basis von Daten und deren Analyse Geschäftsmodelle gestaltet werden können und welches Potenzial diese für Instandhaltungsdienstleister bieten.

## 25.4 Datenbasierte Geschäftsmodelle

Damit Unternehmen datenbasierte Dienstleistungen in der Instandhaltung nachhaltig etablieren, bedarf es jedoch auch geeigneter Geschäfts- und Betreibermodelle für diese Art der hochvernetzten Instandhaltung. Gewonnene Daten alleine können für sich genommen zwar schon einen Mehrwert darstellen, doch erst die Verknüpfung mit weiteren Daten und daraus ableitbare Informationen steigern den Nutzen erheblich und bilden die Grundlage für neue Geschäftsmodelle (Porter und Heppelmann 2015, S. 57). In der Literatur gibt es eine Vielzahl an Definitionen des Begriffs Geschäftsmodell. Allen gemein jedoch ist das grundlegende Verständnis, nach dem Geschäftsmodelle dazu dienen Prozesse des strategischen Managements mit Theorien und Methoden der marktorientierten und der ressourcenbasierten Perspektiven zu vereinen (Schuh et al. 2011, S. 97). Geschäftsmodelle bestehen nach herrschender Meinung der Literatur aus vier verschiedenen Teilelementen. Das **Leistungsmodell** beschreibt das Leistungsspektrum des Unternehmens und welchem Kunden dieses offeriert werden kann. Daran angeschlossen ist das **Vermarktungsmodell**, das beschreibt wie Kunden gewonnen und gepflegt werden sollen. Die letzten beiden Teilelemente beschreiben das **Ertragsmodell**, das sich mit der Ausgestaltung verschiedener Ertragsmechaniken befasst, und das **Leistungserstellungsmodell**, bei dem die wertschöpfenden Prozesse der Erstellung der Leistung beschrieben werden (Schuh et al. 2011, S. 98 ff.; Bieger et al. 2002, S. 36–46).

Die stetig steigende Vernetzung und der Austausch von Daten führen zu einer Anpassung bestehender Geschäftsmodelle oder sogar zu der Entwicklung neuer Modelle, die eine Innovation in der jeweiligen Branche darstellen. Ziel dieser Geschäftsmodellinnovationen ist es, unbefriedigte, neue oder verborgene Kundenbedürfnisse besser zu erfüllen und so dem Kunden einen erheblichen Mehrwert zu bieten, der zu einer Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb führt (Osterwalder und Pigneur 2010, S. X). Im Umfeld der Veränderungen durch die Industrie 4.0 und die steigende Vernetzung hat Kaufmann drei Ansätze definiert, mit denen neue Geschäftsmodelle innoviert werden können. Zum einen können bestehende Geschäftsmodelle verbessert werden, in dem sie mit Informationen aus Daten und daraus gewonnen Kennzahlen angereichert werden. Ein zweiter Ansatz ergibt sich durch das Aufgreifen von bestehenden Geschäftsmodellen anderer Branchen. Erfolgreiche Modelle können auf die eigene Branche und das eigene Unternehmen übertragen werden und führen dort zu einem Mehrwert. Der letzte Ansatz beschreibt die vollständige Neuentwicklung von Geschäftsmodellen. Die drei Ansätze besitzen einen steigenden Komplexitätsgrad in ihrer Entwicklung Umsetzung. Jedoch stellt ein einzigartiges und erfolgreiches Geschäftsmodell auch einen erheblichen Wettbewerbsvorteil gegenüber Mitbewerbern dar (Kaufmann 2015, S. 11 f.).

Wenn Unternehmen sich vom Produkt- zum Dienstleistungs- oder Lösungsanbieter wandeln, ändert sich auch die Verkaufs- und Erlösstrategie. Statt kurzfristigen Verkaufsabschlüssen von Produkten steht bei den Unternehmen der langfristige Nutzen der Kunden

im Vordergrund (Porter und Heppelmann 2015, S. 12). Wird das Produkt als Dienstleistung angeboten überträgt sich jedoch auch das Risiko von Produktionsausfällen und Produktfehlern auf den Hersteller der Anlage. Dieser muss nun die Funktionalität garantieren und trägt somit ein erhebliches Risiko. Hier gilt es durch eine intelligente, vernetzte Instandhaltungsstruktur das Risiko zu verringern und eine optimale Instandhaltungsstrategie auf Basis von Daten und den daraus gewonnenen Informationen zu entwickeln (Porter und Heppelmann 2014, S. 24). Die erfolgreiche Umsetzung eines solchen Geschäftsmodells bietet jedoch allen Partnern erhebliche Vorteile. Den Anwendern der jeweiligen Maschinen werden vertraglich ein Servicelevel und damit eine Verfügbarkeit garantiert, die zu einer hohen Planungssicherheit führen. Im Falle eines Ausfalls der Maschine wird der Anwender für die entgangenen Produktionszeiten entschädigt und trägt so ein deutlich geringeres Risiko. Für den Produzenten der Maschine klingt diese Art eines betreiberorientierten Geschäftsmodells zunächst unvorteilhaft. Die Vorteile aus dieser Art von Geschäftsmodell ergeben sich vor allem in Hinblick zur Abgrenzung von Wettbewerbern. Maschinenproduzenten aus Niedriglohnländern erreichen zunehmend eine bessere Qualität bei deutlich geringeren Preisen (Acatech 2015, S. 11). Dies setzt etablierte Produzenten aus Hochlohn ländern unter Druck. Ein betreiberorientiertes Geschäftsmodell bietet hier die Möglichkeit sich von Wettbewerbern abzusetzen und dem Kunden durch die Übernahme des Risikos einen echten Mehrwert anzubieten (Porter und Heppelmann 2014, S. 24 f.). Die Analyse von Daten und darauf aufbauende Dienstleistungen ermöglichen den Herstellern so neuartige Geschäftsmodelle, mit denen sie sich im Wettbewerb absetzen können.

---

## 25.5 Möglichkeiten für den Einsatz von datenbasierten Diensten bei der BELFOR DeHaDe GmbH

### 25.5.1 Unternehmen BELFOR DeHaDe GmbH

Die BELFOR DeHaDe GmbH mit Sitz in Hamm, Westfalen beschäftigt knapp 100 Mitarbeiter und befasst sich seit rund 40 Jahren mit der Sanierung und Instandsetzung von Maschinen und Anlagen. Das Leistungsspektrum reicht dabei von kleinen Reparaturen an Maschinenteilen bis hin zu umfassenden Sanierungen und Instandsetzungen nach komplexen Schäden. Zu den Tätigkeiten gehören sowohl klassische Instandhaltungstätigkeiten wie die Wartung und Inspektion von Teilen oder Anlagen als auch die Generalüberholung ganzer Maschinen. Im Bereich der Schadenssanierung befasst sich das Unternehmen mit der Schadensbeseitigung nach umfassenden Schäden wie beispielsweise durch Brände, Wassereintritte oder Defekte der Elektronik. Die BELFOR DeHaDE GmbH verfügt über Referenzen aus verschiedenen führenden Branchen und hat Erfahrungen in der Instandsetzung von Maschinen und Anlagen diverser Hersteller.

## 25.5.2 Einsatzmöglichkeiten von datenbasierten Diensten bei der BELFOR DeHaDe GmbH

Der BELFOR DeHaDe GmbH als Instandhaltungsdienstleister bietet sich eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten von datenbasierten Dienstleistungen. Die Bandbreite der Dienste reicht dabei von der einfachen Erfassung von Daten durch Sensorik, über den Einsatz von digitalen Technologien und Analyseverfahren zur Bewertung von Schäden bis hin zu neuen Geschäftsmodellen, die auf der Nutzung und Auswertung von Daten basieren. Im Folgenden sollen einige Beispiele aufgezeigt werden, die Anwendungsbeispiele bei der BELFOR DeHaDe GmbH beschreiben und den Nutzen für das Unternehmen verdeutlichen.

Moderne und auf Höchstleistung ausgelegte Werkzeug- und Sondermaschinen bedürfen einer regelmäßigen fachgerechten Überprüfung und Instandsetzung. Die erforderliche Dokumentation über Zustände und Kennzahlen ist geprägt von einem hohen Zeitaufwand und vielen manuellen Erfassungstätigkeiten. Kennzahlen müssen teilweise auf Papier festgehalten werden und lassen sich nicht direkt in ein digitales System überführen. Durch die stetige Aufnahme von Maschinenzuständen (Vibrationen, Temperaturen, Füllstände) durch Sensorik lässt sich der Dokumentationsaufwand erheblich reduzieren. Werden Zustände und Kennzahlen dauerhaft während des Betriebs der Anlage erfasst, lassen sich diese zum Zeitpunkt der Überprüfung auswerten und geben ein detailliertes Bild über den aktuellen Zustand der Maschine. In modernen Werkzeugmaschinen ist die entsprechende Sensorik bereits verbaut. Doch auch bei älteren Maschinen lohnt sich eine Nachrüstung entsprechender Sensorik und Betriebsstundenzähler. Durch die während des Betriebs erhobenen Daten ergibt sich nicht nur ein viel detaillierteres Bild über den Zustand der Maschine, sondern auch eine Reduzierung der von Hand nötigen Dokumentationsnachweise. Zudem lassen sich so Maschinenzustände für die Wiederinbetriebnahme erfassen und vereinfachen es, die Grundeinstellungen der Maschine wiederherzustellen.

Durch die dauerhafte Betrachtung aller Maschinen, die durch BELFOR DeHaDe GmbH instandgesetzt werden, ergibt sich eine weitere Möglichkeit zur Anwendung datenbasierter Dienstleistungen. Erhobene Daten einer Maschine können mit Daten und Informationen anderer Maschinen abgeglichen und analysiert werden. Durch die Überschneidung verschiedener Datensätze werden Muster erkennbar, die frühzeitig auf ein mögliches Schadensszenario hinweisen. So können die Daten und daraus gewonnenen Informationen des einen Kunden nutzen- und gewinnbringend an einen anderen Kunden veräußert werden. Die Güte der Vorhersage steigt also mit jeder angeschlossenen und auswertbaren Maschine und führt so zu einem stetig lernenden System, das mit jedem Schadensfall neue Informationen integriert. Es gilt hierbei jedoch zu beachten, dass ein vertrauensvoller Umgang mit den relevanten Daten sichergestellt wird. Die Information über mögliche Schadensszenarien birgt ein hohes Risiko für den Maschinenhersteller, aber auch den Anwender, so dass ein höchstes Maß an Datenschutz und -sicherheit gewährleistet werden muss. Als Instandhaltungsdienstleister und Intermediär besteht hier

jedoch die Chance die Rolle des neutralen Vermittlers zu übernehmen und für einen vertrauensvollen und sicheren Umgang mit den Daten zu garantieren.

Ein weiterer Bereich in dem digitale Technologien und darauf aufbauende Dienstleistungen eingesetzt werden können, sind die Schadensaufnahme und -bewertung. Durch in die Maschine integrierte Datensätze, die Informationen über Bauteile und deren Funktionen beinhalten, und eine online Anbindung der Maschine lässt sich so ein umfassendes Analysebild konstruieren. Dieses ermöglicht dem Servicetechniker eine umfassende Schadenssanierung zu planen ohne zuvor die defekten Bauteile an der Maschine zu betrachten. Kleinere Defekte in der Maschinensteuerung lassen sich über das Internet beheben und bieten dem Kunden einen enormen Mehrwert, da die Reaktionsgeschwindigkeit über eine solche Onlineanbindung drastisch reduziert werden kann. Zukünftig können hier auch Augmented Reality Technologien dabei unterstützen und einen zusätzlichen Mehrwert bei der Erkennung und Bewertung generieren. Denkbar wäre, dass die beschädigte Maschine über Augmented Reality Anwendungen sprichwörtlich gläsern wird und der betraute Servicetechniker einen tiefen Einblick in den aufgetretenen Schaden erhält.

Die vorgestellten Anwendungsbereiche stellen nur einen kleinen Ausblick auf mögliche Einsatzszenarios dar. Der vermehrte Einsatz von Sensoren und die dadurch erzeugten Daten bieten das Potenzial darauf aufbauende Dienstleistungen anzubieten. Instandhaltungsdienstleister wie die BELFOR DeHaDe GmbH verfügen dabei über den strategischen Vorteil, dass sie über ein weitreichendes Expertenwissen verfügen und aus den Daten wirklich nutzbare Informationen gewinnen können. Diese wiederum können sie für innovative Dienstleistungen verwenden und sich so gegenüber Wettbewerbern einen Vorteil verschaffen.

---

## 25.6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Digitalisierung führt in den Leitbranchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau zu grundlegenden Veränderungen. Der technische Service und die Instandhaltung spielen bereits heute häufig eine sehr wichtige Rolle und werden in Zukunft noch wichtiger werden, um die intelligente Fabrik in Betrieb zu halten (Acatech 2015, S. 7). Durch den vermehrten Einzug von intelligenten Sensoren in moderne Maschinen und Anlagen entstehen eine Vielzahl von Daten und Informationen über die Systeme und deren Umgebung. Durch die geschickte Analyse und Auswertung der Daten bietet sich Unternehmen die Möglichkeit neue datenbasierte Dienstleistungen anzubieten, die allen Partnern einen Nutzen bieten. Neue, auf Daten basierende Geschäftsmodelle bieten Instandhaltungsdienstleistern die Möglichkeit sich aus dem Wettbewerb hervorzuheben.

Zukünftig wird sich die Weiterentwicklung und Etablierung von digitalen Plattformen beobachten lassen. Auf diesen treffen sich die verschiedenen Akteure eines jeweiligen Ökosystems und handeln Daten und Dienste. Internen Instandhaltungsorganisationen und Instandhaltungsdienstleistern kommt hierbei eine besondere Rolle zu, da Unternehmen häufig Maschinen von einer Vielzahl verschiedener Anbieter in ihrem Maschinenpark

haben. Heterogene Daten- und Kommunikationsstandards erschweren das Angebot von Datenanalysen und darauf basierenden Dienstleistungen. Hier gilt es offene Standards in Schnittstellen und Protokollen zu etablieren, an denen sich sowohl Maschinenhersteller als auch Instandhaltungsorganisationen orientieren können, so dass herstellerübergreifend Mehrwertdienstleistungen angeboten werden können.

---

## Literatur

- Acatech (Hrsg.): Smart Maintenance für Smart Factories. Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. München, 2015.
- Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internet-basierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht. Berlin, 2015.
- Bachmann, R.; Kemper, G.; Gerzer, T. (Hrsg): Bit Data – Fluch oder Segen? Unternehmen im Spiegel gesellschaftlichen Wandels. Berlin u.a.: mitp, 2014.
- Bieger, T.; Rüegg-Stürm, J.; Rohr, T. von: Strukturen und Ansätze einer Gestaltung von Beziehungsconfigurationen – Das Konzept Geschäftsmodell. In: Bieger, T.; Bickoff, N.; Caspers, R.; Knyphausen-Aufsess, D. zu; Reding, K. (Hrsg.): Zukünftige Geschäftsmodelle: Konzept und Anwendung in der Netzökonomie. Berlin u.a.: Springer, 2002.
- BITKOM (Hrsg.): Big-Data-Technologien – Wissen für Entscheider. Leitfaden. Berlin, 2014.
- Bruhn, M.; Hepp, M.; Hadwich, K.: Vom Produkthersteller zum Serviceanbieter – Geschäftsmodelle der Servicetransformation. In: Bruhn, M.; Hadwich, K. (Hrsg.): Interaktive Wertschöpfung durch Dienstleistungen. Wiesbaden: Springer, 2015.
- FIR (Hrsg.): Konsortial-Benchmarking „Service Innovation“. Aachen, 2015.
- IDC (Hrsg.): The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things. 2014. Online unter: <https://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-digital-universe-2014.pdf>, letzter Zugriff am 20.05.2016.
- Impuls-Stiftung (Hrsg.): Industrie 4.0-Readiness. 2015. Online unter: <http://www.impuls-stiftung.de/documents/3581372/4875835/Industrie+4.0+Readiness+IMPULS+Studie+Oktober+2015.pdf/447a6187-9759-4f25-b186-b0f5eac69974;jsessionid=AD922E7A6E86039440E01BFDF424CAE7>, letzter Zugriff am 20.05.2016.
- Kaufmann, T.: Datenzentrierte Geschäftsmodelle. In Geschäftsmodell für Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge. Wiesbaden u.a.: Springer, 2015, S.11–30.
- KPMG (Hrsg.): Ein Meer an Daten. Ein Meer an Wissen. Eine empirische Studie zum Einsatz von Big Data im Controlling. 2014. Online unter: [http://www.kpmg.com/DE/de/Documents/Big-Data-Studie\\_Meer-An-Daten-sec.pdf](http://www.kpmg.com/DE/de/Documents/Big-Data-Studie_Meer-An-Daten-sec.pdf), letzter Zugriff am 20.05.2016.
- KPMG (Hrsg.): Mit Daten Werte schaffen. 2015. Online unter: <https://www.kpmg.com/DE/de/Documents/mdws-survey-2015-kpmg.pdf>, letzter Zugriff am 20.05.2016.
- McKinsey (Hrsg.): Industry 4.0. How to navigate digitization of the manufacturing sector. 2015. Online unter: [https://www.mckinsey.de/sites/mck\\_files/files/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](https://www.mckinsey.de/sites/mck_files/files/mck_industry_40_report.pdf), letzter Zugriff am 20.05.2016.
- Osterwalder A.; Pigneur, Y.: Business model generation. New Jersey: Wiley, 2010.

- Porter, M.; Heppelmann, J.: Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. In: Harvard Business Manager, 12/2014, 2014, S. 34–61.
- Porter, M.; Heppelmann, J.: Wie smarte Produkte Unternehmen verändern. In: Harvard Business Manager, 12/2015, 2015, S. 52–74.
- Roland Berger Strategy Consultants (Hrsg.): Predictive Maintenance. Is the timing right for predictive maintenance in the manufacturing sector? London, 2014.
- Schuh, G.; Boos, W.; Kampker, A.; Gartzen, U.: Strategie. In: Schuh, G. (Hrsg.); Kampker, A. (Hrsg.): Handbuch Produktion und Management 1. Strategie und Management produzierender Unternehmen. 2. Auflage. Berlin u.a.: Springer, 2011.
- Spath, D. (Hrsg.); Ganscher, O.; Gerlach, S.; Hämerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013.

---

**Teil IV**

**Standardisierung und Normung**



# VDI-Richtlinien – Mit Technischen Regeln Wirtschaftlichkeit erhöhen und Standards setzen

26

Jean Haeffs

## Zusammenfassung

VDI-Richtlinien bieten die notwendige Voraussetzung für die Herstellung und Anwendung von technischen Produkten. Sie stärken damit das Vertrauen in die Sicherheit deutscher Industriegüter und Dienstleistungen. Die durch technische Regeln gewährleistete hohe Qualität bietet für die Konsumenten und die Hersteller viele Vorteile. Die Anwendung der anerkannten Regeln der Technik trägt zur Imagesteigerung und zur Aufwertung des Technik- und Wirtschaftsstandorts Deutschland bei. Mit Bezug zur Instandhaltung liegen inzwischen zahlreiche Richtlinien vor, von Praktikern für Praktiker. Der Beitrag umreißt das Konzept der VDI-Richtlinien und gibt einen Überblick über aktuelle Regelwerke zum Thema Instandhaltung.

## 26.1 Der Verein Deutscher Ingenieure e. V.

Der Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) ist ein gemeinnütziger, wirtschaftlich und politisch unabhängiger, technisch-wissenschaftlicher Verein von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern. Mit über 155.000 persönlich zugeordneten Mitgliedern ist er eine der größten Ingenieur-Vereinigungen Europas und gilt in Deutschland als führender Sprecher der Technik und der Ingenieure. 1856 gegründet und inzwischen 160 Jahre aktiv, hat er viele für die Technik wesentliche Entwicklungen in Gang gesetzt, so im Bereich der technischen Überwachung, der technischen Regelsetzung und Normung, der Arbeitsstudien, im gewerblichen Rechtsschutz und im Patentwesen. Seit seiner Gründung sieht es der VDI

---

J. Haeffs (✉)

Geschäftsführer VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL), Verein Deutscher Ingenieure e. V.

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf, Deutschland

E-Mail: haeffs@vdi.de

als seine Aufgabe, „*das Zusammenwirken aller geistiger Kräfte der Technik im Bewusstsein ethischer Verantwortung zu fördern*“ und die Lebensmöglichkeiten aller Menschen durch Entwicklung und sinnvoller Anwendung technischer Mittel zu verbessern.

Die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit wird überwiegend in den 12 VDI-Gesellschaften, Kompetenzfeldern und Fachgebieten mit über 800 Ausschüssen geleistet. Fachlich-inhaltlich bezieht sie sich auf alle Technikgebiete und Methoden zur Erforschung, Entwicklung, Herstellung, Betrieb und Entsorgung oder Recycling technischer Produkte, Systeme und die damit im Zusammenhang stehenden Dienstleistungen.

Das Wissen von über 15.000 Ehrenamtlichen bündelt sich im VDI. Insbesondere durch deren Mitwirken in den Landesvertretungen, Bezirksvereinen, Fachgesellschaften und unzähligen Arbeitskreisen wird der VDI als Sprecher der Technik und Ingenieure in der Öffentlichkeit wahrgenommen. Dies drückt sich auch in den jährlich über 5000 Veranstaltungen der Bezirksvereine aus die nach dem Motto nicht nur reden, sondern auch machen, wirklich tolle „Sachen machen“.

## **26.2 VDI-Richtlinien – „Kochrezepte von Ingenieuren für Ingenieure“**

VDI-Richtlinien bieten die notwendige Voraussetzung für die Herstellung und Anwendung von technischen Produkten. Sie stärken damit das Vertrauen in die Sicherheit deutscher Industriegüter und Dienstleistungen. Die durch technische Regeln gewährleistete hohe Qualität bietet für die Konsumenten und die Hersteller viele Vorteile. Die Anwendung der anerkannten Regeln der Technik trägt zur Imagesteigerung und zur Aufwertung des Technik- und Wirtschaftsstandorts Deutschland bei. Den Ingenieuren und Technikern in Deutschland und in der ganzen Welt werden in Richtlinien Lösungsansätze oder Hilfestellungen zu vielen Problemen angeboten, mit denen sie sich in ihrer täglichen Arbeit konfrontiert sehen. So kann man vom Erfahrungsschatz und der Kompetenz der klugen Köpfe, die diese Regeln zusammen mit dem VDI verfassen, quasi teilhaben.

Mit Beginn der Industrialisierung gewannen Standardisierungen und Normungen besonders in der Fertigung immer mehr an Bedeutung. Sie garantierten die Austauschbarkeit wichtiger technischer Komponenten und ermöglichten damit eine effizientere Produktion bei beständig hoher Qualität.

Bereits 1884 gab der VDI seine erste Richtlinie heraus. Das Regelwerk zur Untersuchung von Dampfkesseln und -maschinen wurde im Oktober 1884 in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure erstmals veröffentlicht und gab damit den Startschuss für die VDI-Richtlinien als einen festen Bestandteil der technisch-ökonomischen Infrastruktur in Deutschland.

Der VDI hat in den letzten 50 Jahren systematisch ein technisches Regelwerk aufgebaut, das heute mit über 2000 gültigen VDI-Richtlinien das breite Feld der Technik weitgehend abdeckt. Entsprechend den technischen Entwicklungen werden die bestehenden Richtlinien regelmäßig aktualisiert.

**Abb. 26.1** VDI-Richtlinien – aus der Praxis für die Praxis

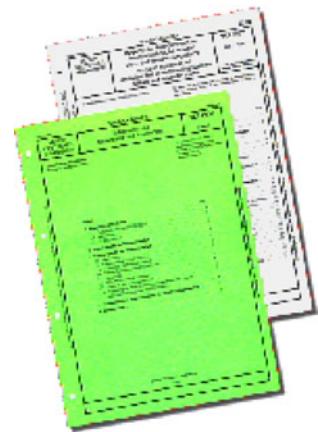


Heute erarbeiten rund 12.000 Experten in über 600 VDI-Richtliniausschüssen unter Berücksichtigung der neuesten technischen Entwicklungen jährlich etwa 200 Richtlinien. Das Themenspektrum reicht von der Ladungssicherung bei Straßenfahrzeugen über die Prüfung von Lichtwellenleitern bis hin zum Instandhaltungscontrolling und Benchmarking in der Instandhaltung.

Grundsätzlich kann jedermann ein Thema für eine VDI-Richtlinie vorschlagen. Wird nach Prüfung der zuständigen VDI-Gliederung ein Ausschuss gebildet, setzt dieser sich aus ehrenamtlichen Fachleuten aus allen Bereichen von Forschung und Lehre, Industrie, technischer Überwachung und öffentlicher Hand zusammen. Zunächst erscheint dann als Ergebnis dieses fachlichen Erfahrungsaustauschs ein VDI-Richtlinien-Entwurf, welcher einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterzogen wird. Erst nach der Prüfung von eingegangenen Einsprüchen wird die endgültige Fassung einer VDI-Richtlinie, der so genannte „Weißdruck“ verabschiedet. Diese gewährleistet deshalb neben dem anerkannten Stand der Technik auch Neutralität gegenüber wirtschaftlichen Einzelinteressen sowie Akzeptanz und Praxisnähe. Der „Weißdruck“ erscheint in der Regel in einer deutsch/englischen Ausgabe.

VDI-Richtlinien sind demnach richtungsweisende Arbeitsunterlagen für den praktischen Arbeitsalltag. Mit ihren Beurteilungs- und Bewertungskriterien geben sie fundierte Entscheidungshilfen und bilden einen Maßstab für einwandfreies technisches Vorgehen.

**Abb. 26.2** VDI-Richtlinien als Gründruck (Entwurf) und Weißdruck



Damit geben die VDI-Richtlinien den im Beruf stehenden Ingenieuren die Sicherheit, sich an anerkannten Regeln der Technik zu orientieren und danach zu handeln.

Besondere rechtliche Bedeutung erlangen VDI-Richtlinien national zum Beispiel durch ihre Aufnahme in Gesetze, Rechtsverordnungen, Erlasse oder Vorschriften. VDI-Richtlinien ergänzen auch praxisnah die europäischen und internationalen Regeln oder dienen als nationaler Standpunkt bei deren Erarbeitung.

Jede VDI-Richtlinie sollte fünf Jahre nach Erscheinen des Weißdrucks darauf überprüft werden, ob sie unverändert weiterhin gültig ist oder überarbeitet werden muss.

VDI-Richtlinien sind in elektronischer oder gedruckter Form erhältlich:

- einzeln,
- in VDI-Handbüchern,
- als individuelle Auswahl,
- im Abonnement.

Der Vertrieb von VDI-Richtlinien erfolgt ausschließlich durch den Beuth Verlag GmbH in Berlin. Über die Internetseite <https://www.vdi.de/technik/fachthemen/produktion-und-logistik/> ist die Aufstellung der aktuellen Richtlinien des Fachausschusses Instandhaltung in der Gesellschaft für Produktion und Logistik (GPL) einzusehen.

In der VDI 1000 „Richtlinienarbeit; Grundsätze und Anleitungen“ ist die grundsätzliche Vorgehensweise bei der VDI-Richtlinienarbeit geregelt. Darüber hinaus gibt die VDI 1000 eine Anleitung für die Richtlinienarbeit, geht auf die Veröffentlichung und Verbreitung ein und regelt vor allem auch das Urheberrecht.

---

### 26.3 VDI-Hauptausschuss Instandhaltung

Eine der Hauptaufgaben des Hauptausschusses Instandhaltung ist das Erstellen von Technischen Regeln für die Instandhaltungspraxis. Unter der Obhut des Hauptausschusses

**Abb. 26.3** VDI-Richtlinienhandbuch



entstanden bisher ca. 20 VDI-Richtlinien. In den interdisziplinär besetzten Arbeitskreisen bringen Hersteller, Betreiber und Anwender, Vertreter von Wissenschaft und Forschung sowie Dienstleister ihr Know-How ein und erarbeiten gemeinsam den größten gemeinsamen Nenner zu speziellen Fragestellungen.

Eine Übersicht der aktuellen Instandhaltungsrichtlinien zeigt nachfolgende Tab. 26.1.

Empirische Studien zeigen, dass in der Design- und Entwicklungsphase 70 bis 85 % der Gesamtkosten festgelegt werden. Das heißt: Instandhaltung beginnt beim Konstrukteur. Hierbei helfen bewährte Standards und Technische Regeln wie zum Beispiel die VDI

**Tab. 26.1** VDI-Richtlinien zur Instandhaltung

VDI 2246, Blatt 1 deutsch/englisch	Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse, Grundlagen Designing maintainable engineered products – Basic principles
VDI 2246, Blatt 2 deutsch/englisch	Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse, Anforderungskatalog Designing maintainable engineered products – Requirements catalogue
VDI 2870	Ganzheitliche Produktionssysteme
VDI 2871	Ganzheitliche Produktionssysteme – Führung
VDI 2878	Anwendung der Thermografie zur Diagnose in der Instandhaltung
VDI 2879 deutsch/englisch	Inspektion von Anlagen und Gebäuden mit UAV (Flug-Drohne)
VDI 2882 deutsch/englisch	Obsoleszentmanagement aus Sicht der Instandhaltung
VDI 2884 deutsch/englisch	Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC) Purchase, operating and maintenance of production equipment using Life Cycle Costing (LCC)

**Tab. 7.2** (Fortsetzung)

VDI 2885 deutsch/englisch	Einheitliche Daten für die Instandhaltungsplanung und Ermittlung von Instandhaltungskosten – Daten und Datenermittlung Standardized data for maintenance planning and determination of maintenance costs – Data and data determination
VDI 2886 deutsch/englisch	Benchmarking in der Instandhaltung Benchmarking applied to maintenance
VDI 2887	Qualitätsmanagement der Instandhaltung
VDI 2888 deutsch/englisch	Zustandsorientierte Instandhaltung Maintenance condition monitoring
VDI 2889 deutsch/englisch	Einsatz wissensbasierter Diagnosemethoden und -systeme in der Instandhaltung Methods and systems for condition and process monitoring in maintenance
VDI 2890 deutsch/englisch	Planmäßige Instandhaltung; Anleitung zur Erstellung von Wartungs- und Inspektionsplänen Planned maintenance; guide for the drawing up of maintenance lists
VDI 2891	Instandhaltungskriterien bei der Beschaffung von Investitionsgütern
VDI 2892 deutsch/englisch	Ersatzteilwesen der Instandhaltung Management of maintenance spare parts
VDI 2893 deutsch/englisch	Auswahl und Bildung von Kennzahlen für die Instandhaltung Selection and formation of indicators for maintenance
VDI 2895	Organisation der Instandhaltung – Instandhalten als Unternehmensaufgabe
VDI 2896	Instandhaltungs-Controlling innerhalb der Anlagenwirtschaft
VDI 2897	Instandhaltung – Handhabung von Schmierstoffen im Betrieb – Aufgaben und Organisation
VDI 2898	DV Einsatz in der Instandhaltung – Anforderungen und Kriterien
VDI 2899	Entscheidungsfindung für Eigenleistung oder Fremdvergabe von Instandhaltungsleistungen
VDI 3423 deutsch/englisch	Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen – Begriffe, Definitionen, Zeiterfassung und Berechnung Technical availability of machines and production lines – Terms, definitions, determination of time periods and calculation

2884 Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC).

Die VDI 3423 Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen gehört zu den fünf meist nachgefragten VDI-Richtlinien überhaupt.

Neben dem eigenen VDI-Netzwerk kooperiert der VDI-GPL-Fachausschuss Instandhaltung auch mit anderen Instandhaltungsorganisationen wie dem Forum Vision Instandhaltung e. V. (FVI) oder dem Wirtschaftsverband für Industrieservice e. V. (WVIS). Dies betrifft u. a. eine gemeinsame Lobbyarbeit für die Branche Instandhaltung als auch gemeinsame Standardisierungs- und Normungskreise z. B. zum Thema Qualifizierung in der Instandhaltung. Zum Teil erstreckt sich die Zusammenarbeit bis auf die europäische Ebene, wobei die bestehende Kooperation zwischen dem Deutschen Institut für Normung

e. V. in Berlin (DIN) und dem VDI genutzt wird. Nach dieser Vereinbarung verpflichten sich die Normenausschüsse des DIN und die Organisationseinheiten des VDI, sich über die vorgesehenen Arbeiten frühzeitig vor deren Aufnahme zu informieren und erforderlichenfalls die weiteren Arbeitsschritte zu verabreden, sobald zu erkennen ist, dass gleiche oder verwandte Fachgebiete im DIN und im VDI von einem beabsichtigten Vorhaben auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene berührt sein werden. Die hauptamtlichen Mitarbeiter gleicher oder verwandter Fachgebiete im DIN und im VDI informieren sich gegenseitig und die interessierte Fachwelt über die Tätigkeit ihrer Gremien durch Veröffentlichung im DIN-Anzeiger für technische Regeln über

- die Aufnahme neuer Vorhaben,
- die Veröffentlichung von Entwürfen bzw. Richtlinien/Normen und
- die Zurückziehung von Entwürfen bzw. Richtlinien/Normen.

Das DIN erteilt Auskünfte zu VDI-Richtlinien im Rahmen der verschiedenen Informationsdienstleistungen, die über den Beuth Verlag gleichermaßen für Normen wie für Richtlinien angeboten werden. Wann immer es von einer Seite gewünscht wird, räumen das DIN und der VDI grundsätzlich für ihre Arbeitsgremien dem jeweiligen anderen Partner die Möglichkeit ein, in den jeweils relevanten Arbeitsgremien durch Vertreter der Geschäftsstellen (hauptamtliche Mitarbeiter) oder anderweitige, von ihnen benannte fachkompetente Personen kostenlos beteiligt zu sein.

---

## 26.4 Zusammenfassung

Die Instandhaltung rückt wieder näher in den Fokus der Entscheider – zu Recht! Instandhaltungsleistungen sind ein wesentlicher Bestandteil der Wertschöpfung. Das Spektrum der behandelten VDI-Richtlinienthemen in der Instandhaltung ist umfangreich. Es reicht von der Konstruktion instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse über die Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen bis hin zur Anwendung von Life Cycle Costing sowie die Nutzung neuer Technologien. Nicht zuletzt wegen der immer mehr an Bedeutung gewinnenden Internationalisierung und Globalisierung unserer Gesellschaft wird der Standardisierung und Normung eine weiter steigende Bedeutung zukommen. Dabei werden die VDI-Richtlinien einen maßgeblichen Beitrag liefern.

---

## Weiterführende Literatur

[www.vdi.de/adb](http://www.vdi.de/adb)

[www.vdi.de/technik/fachthemen/produktion-und-logistik/richtlinien/](http://www.vdi.de/technik/fachthemen/produktion-und-logistik/richtlinien/)



# Normen und Standards als Grundlage einer modernen Instandhaltung

27

Lennart Brumby

## Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt die aktuell gültigen Normen und Standards der Instandhaltung. Mit der wachsenden Professionalisierung der Instandhaltung sind Normen und Standards mittlerweile unverzichtbar für eine moderne Instandhaltung geworden. Nach kurzer Darlegung des grundsätzlichen Normungsprozesses bei DIN zeigt der Beitrag die aktuellen nationalen und europäischen Normungsaktivitäten im Bereich der Instandhaltung. Da das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 mit seinen Standards großen Einfluss auch auf die Instandhaltung haben wird, beleuchtet der Beitrag abschließend die Anforderungen an die laufende Normung zur Industrie 4.0 aus der Sicht der betrieblichen Instandhaltung.

## 27.1 Warum Normen und Standards für die Instandhaltung unverzichtbar sind

Die Instandhaltung von Maschinen und Anlagen hat in den letzten Jahrzehnten einen deutlichen Wandel durchlaufen. Wurde früher die innerbetriebliche Instandhaltungsabteilung einzig und allein als „Feuerwehr“ angesehen, die Störungen und Produktionsunterbrechungen schnell zu bekämpfen hat, so hat sie heute ein sehr viel umfassenderes Aufgabenprofil als Servicebereich für die Produktion. Im Vordergrund steht dabei in der Regel die Zielsetzung, die geforderten Verfügbarkeitsanforderungen an eine Produktionsanlage zu möglichst sicheren und kostengünstigen Bedingungen sicherzustellen. Hierzu zählen dann neben *reaktiven störungsbeseitigenden Maßnahmen* auch *proaktive vorbeugende In-*

---

L. Brumby (✉)

Service-Ingenieurwesen, Duale Hochschule Baden-Württemberg

Coblitzallee 1-9, 68163 Mannheim, Deutschland

E-Mail: Lennart.Brumby@dhw-mannheim.de

standhaltungsmaßnahmen sowie *verbessernde* Maßnahmen an den Produktionsanlagen. Nicht zuletzt durch die bewusste Einbettung der betrieblichen Instandhaltung in ein übergreifendes Anlagen- oder Asset-Management sind die Bedeutung und damit auch die Wertschätzung der Instandhaltung in den letzten Jahren deutlich gewachsen.

Mit dieser stärker werdenden Bedeutung geht auch eine immer intensivere Professionalisierung der Instandhaltung einher. Diese Professionalisierung zeigt sich u. a. in der selbstverständlichen Nutzung von modernen Management-Werkzeugen wie Kennzahlen und Management-Reports oder bei der systematischen Einbindung von externen Dienstleistern für bestimmte Leistungspakete. In den meisten Fällen werden dabei auch Normen zu Hilfe genommen, in denen Regelungen und Empfehlungen zu den jeweiligen Themenfeldern formuliert sind. Auch wenn diese Normen nicht rechtsbindend sind, sondern lediglich „Empfehlungscharakter“ haben, so werden sie doch immer häufiger und selbstverständlicher angewendet, um auch in der Instandhaltung die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Prozessbeteiligten zu regeln.

Aber warum werden Normen und Standards für die Instandhaltung immer häufiger zu Rate gezogen? Reicht nicht das offenkundige Bemühen eines jeden motivierten Instandhalters aus, damit Maschinen und Anlagen ihre geforderte Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit erbringen? Warum sollten die in der Instandhaltung beteiligten Personen auch noch branchenübergreifende Normen für ihre Arbeitsgebiete beachten?

Für die Beantwortung dieser häufig gestellten Fragen hilft ein Blick auf die Wirkung einer anderen sehr bekannten Norm: Das in der Industrie vielleicht bekannteste Beispiel einer erfolgreichen Norm und ihre Auswirkungen ist die DIN EN ISO 9001:[2015](#), die Anforderungen für ein Qualitätsmanagementsystem festlegt. Diese weltweit anerkannte Norm ist aus dem Wirtschaftsleben kaum noch wegzudenken, denn ein funktionierendes Qualitätsmanagementsystem stärkt das Vertrauen der Kunden in die Fähigkeiten der Organisation, steigert die Kundenzufriedenheit, trägt zur Transparenz der Abläufe bei und verbessert insgesamt Leistungen und Fähigkeiten einer Organisation.

In ähnlicher Weise verbessern Normen und Standards auch die Leistungsfähigkeit einer Instandhaltung. Sie ermöglichen z. B. ein reibungsloses und unternehmensübergreifendes Miteinander der Instandhaltung und ihrer Partner. Die Grundlagen hierfür sind insbesondere einheitlich angewendete Begriffe der Instandhaltung, die für das gegenseitige Verständnis unumgänglich sind. So erleichtern genormte Definitionen z. B. Vertragsverhandlungen zwischen Unternehmen und Instandhaltungsdienstleistern bei der Festlegung von Leistungsumfängen. Mit der Anwendung der genormten Begriffe können gerichtsfeste Verträge für die Instandhaltung formuliert werden. Davon können insbesondere auch kleine und mittlere Unternehmen profitieren, die sich keine eigene juristische Vertragsabteilung für solche Verträge leisten können (Tschuschke [2009](#)).

Diese und weitere Beispiele zeigen, wie unverzichtbar heute Normen und Standards in einer modernen Instandhaltung sind. Aktuelle Entwicklungen und Trends wie z. B. Industrie 4.0 oder die verstärkte Fremdvergabe von Instandhaltungsleistungen werden den

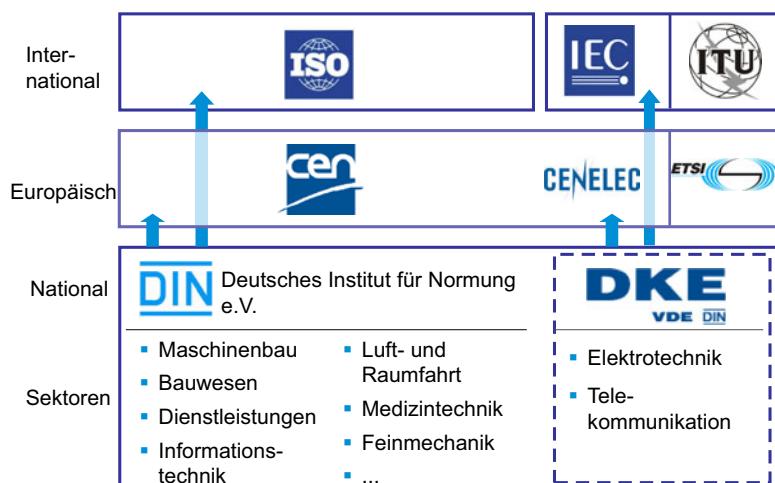
Bedarf nach Normen und Standards für die Instandhaltung noch weiter erhöhen, wie in den nachfolgenden Abschnitten gezeigt werden soll.

## 27.2 Der Normungsprozess

Die deutschen Interessen in den europäischen und internationalen Normungsgremien werden durch DIN Deutsches Institut für Normung e. V. vertreten. Für die Normung im elektrotechnischen Bereich ist die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE verantwortlich. Gemeinsam mit Experten aus den interessierten Kreisen werden bei DIN wie auch in der DKE Normen und Standards als Dienstleistung für Wirtschaft, Staat und Gesellschaft erarbeitet. Für Unternehmen stellen die Kenntnis und der richtige Einsatz von relevanten Normen und Standards einen nicht zu unterschätzenden wirtschaftlichen Faktor dar.

Die Legitimation der Normen und der Normungsprozesse erfordert das Engagement aller interessierten Kreise. Daher ist die konstruktive Mitarbeit von fachlichen Experten aus Unternehmen, Wissenschaft und Forschung für die Erarbeitung von Normen unverzichtbar.

Der Ausgangspunkt für die Erarbeitung einer nationalen Norm ist klar geregelt. Jede Person kann einen Normungsantrag stellen. Der Antrag muss begründet sein und sollte bereits einen konkreten Vorschlag enthalten. Der Antrag kann schriftlich eingereicht werden oder auch online erfolgen unter [www.normungsantrag.din.de](http://www.normungsantrag.din.de). Auf Basis eines solchen Vorschlags wird dann die Norm von Experten der interessierten Kreise (z. B. Hersteller, Verbraucher, Handel, Wissenschaft, Forschung, Versicherer, Behörden und Prüfinstitu-



**Abb. 27.1** DIN in der internationalen Normung

te) in den verantwortlichen Arbeitsgremien von DIN und DKE unter Berücksichtigung des Standes der Technik im Konsensverfahren ausgearbeitet. Mit Stand der Technik bezeichnet man dabei nach DIN EN 45020:[2007](#) ein entwickeltes Stadium der technischen Möglichkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt, soweit Produkte, Prozesse und Dienstleistungen betroffen sind, basierend auf den entsprechenden gesicherten Erkenntnissen von Wissenschaft, Technik und Erfahrung.

Die DIN-Arbeitsgremien sind in rund 70 verschiedenen Normenausschüssen nach Fachgebieten organisiert. Bei Bedarf kann auch ein neuer Ausschuss gegründet werden. Die DIN-Mitarbeiter koordinieren dabei die Normungsprozesse und verantworten das dazugehörige Projektmanagement.

Wenn ein entsprechender Bearbeitungsstand erreicht ist, wird die vorgesehene Fassung der künftigen Norm der Öffentlichkeit mit einer bestimmten Frist zur Stellungnahme vorgelegt. Dazu steht das Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.entwuerfe.din.de](http://www.entwuerfe.din.de) zur Verfügung, mit dessen Hilfe Norm-Entwürfe eingesehen und kommentiert werden können. So hat jede Person Gelegenheit, zu den aktuellen Norm-Entwürfen Stellung zu nehmen und somit Einfluss auf die Normung zu nehmen.

Durch die Entsendung von Experten und Delegationen werden die deutschen Interessen in der europäischen Normung in CEN European Committee for Standardization/CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization sowie in der internationalen Normung in ISO International Organization for Standardization/IEC International Electrotechnical Commission vertreten (siehe Abb. [27.1](#)).

---

### 27.3 Aktuelle Normen und Standards der Instandhaltung

Der Wandel im Bewusstsein für die Instandhaltung lässt sich auch in den zunehmenden Normungs- bzw. Standardisierungsaktivitäten hierfür ablesen. Der DIN-Arbeitsausschuss NA 159-04-01 AA „Instandhaltung“ des Normenausschusses Dienstleistungen (NADL) erarbeitet Grundnormen auf dem Gebiet der Instandhaltung. Dazu zählen u. a. Terminologie, Dokumentation, Vertragsbeziehungen, Leistungskennzahlen und Qualifizierung für die Instandhaltung. Der Arbeitsausschuss ist das nationale Spiegelgremium zum europäischen Gremium CEN/TC 319 „Maintenance“, in dem zahlreiche Experten mitarbeiten, die von den jeweiligen Normungsorganisationen benannt wurden.

Aufgrund seiner objektunabhängigen und sektorenübergreifenden Aufgabenstellung erarbeitet der DIN-Arbeitsausschuss in der Regel horizontale Normen, die von allgemeingültigem Charakter für die Instandhaltung sind und in denen keine speziellen Anforderungen an konkrete Maschinen oder Anlagen genannt werden. Wesentlicher Normungsgegenstand des Arbeitsausschusses sind daher Grundprinzipien, Grundkonzepte, Terminologien u. ä., die für eine Reihe unterschiedlicher Maschinen oder Anlagen anwendbar sind. Der Arbeitsausschuss liefert mit seinen objektneutralen Grundlagennormen zur Instandhaltung somit die Basis für fach- oder branchenspezifische Normen in instandhaltungsspezifischen Aspekten.

Der DIN-Arbeitsausschuss hat in den letzten Jahren zahlreiche nationale und internationale Normen mit auf den Weg gebracht, die die tägliche Arbeit der Instandhaltung vereinheitlichen und damit die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure vereinfachen. Besonders hervorzuheben sei hier exemplarisch die DIN 31051:[2012](#) zu den Grundlagen der Instandhaltung, in der die Instandhaltung in die Grundmaßnahmen „Inspektion“, „Wartung“, „Instandsetzung“ und „Verbesserung“ gliedert wird. Zusätzlich werden in dieser Norm wesentliche Begriffe definiert, die zusammen mit den Begriffen nach DIN EN 13306:[2017](#) zum Verständnis der Zusammenhänge notwendig sind. Weitere Meilensteine sind auch die DIN EN 15628:[2014](#) zur Qualifikation des Instandhaltungspersonals und die DIN EN 16646:[2015](#) zur Rolle und Bedeutung der Instandhaltung im Rahmen eines Anlagenmanagementsystems über den gesamten Lebenszyklus eines Objekts.

Im CEN/TC 319 „Maintenance“ existieren gegenwärtig mehrere Arbeitsgruppen, die weitere Normen zu unterschiedlichen Themenbereichen innerhalb der Instandhaltung neu erarbeiten bzw. bestehende Instandhaltungsnormen aktualisieren. So hat 2014 eine größere Arbeitsgruppe mit Vertretern aus verschiedenen europäischen Ländern damit begonnen, auf Basis der bislang als „Workshop Agreement“ vorliegenden CWA 15740:[2008](#) einen Norm-Entwurf zum „Risk based inspection framework“ auszuarbeiten, um damit die verschiedenen Ansätze zur Risikobasierten Inspektion (RBI) zu standardisieren. Diese neue Instandhaltungsnorm ist als DIN EN 16991 „Risikobasierte Inspektion (RBIF)“ 2016 erschienen.

Eine weitere Arbeitsgruppe des CEN/TC 319 beschäftigte sich mit der Überarbeitung der EN 13269:[2006](#). Diese Europäische Norm beinhaltet eine Anleitung für Verträge von Instandhaltungsleistungen, die sowohl im grenzüberschreitenden wie auch nationalem Geschäft für die Zusammenarbeit zwischen Produktions- und Industrieservice-Unternehmen angewandt werden kann. Die deutschen Kommentare zum Manuskript der neuen EN 13269 basieren zum Großteil auf dem Muster-Servicevertrag des Wirtschaftsverbands für Industrieservice e. V. (WVIS). Die überarbeitete Ausgabe dieser Instandhaltungsnorm ist ebenfalls 2016 als DIN EN 13269 „Instandhaltung – Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen“ erschienen.

Ebenfalls wurde seit 2015 intensiv an einer neuen Europäischen Norm zum Thema „Maintenance process“ gearbeitet, in der – basierend auf einem französischen Normungsvorschlag – die wesentlichen Prozesse einer Instandhaltungsorganisation mit ihren wechselseitigen Beziehungen detailliert beschrieben werden sollen. Diese neue Norm ist als DIN EN 17007 „Instandhaltungsprozesse und verbundene Leistungskennzahlen“ 2017 in Deutschland erschienen.

2016 wurde ein neuer DIN-Arbeitskreis (NA 159-04-01-01 AK) zur Erarbeitung einer DIN 77005-1 „Lebenslaufakte für technische Anlagen“ auf Basis von DIN SPEC 91303:[2015](#) ins Leben gerufen. Die DIN SPEC 91303 definiert die Bestandteile und Struktur einer Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen. Die Lebenslaufakte beschreibt einen ganzheitlichen Ansatz und betrachtet Fragestellungen zur Anlagenstrukturierung, zum Anlagenbetrieb und Instandhaltung sowie allgemeine Fragestellungen zum Daten- bzw. zur Schriftgutverwaltung. Der Mehrwert der Lebenslaufakte ergibt sich aus der Kom-



**Abb. 27.2** Normenlandkarte der Instandhaltung

bination einer Vielzahl an Normen und technischen Ansätzen für eine effiziente Verwaltung von anlagenbezogenen Daten über den gesamten Anlagenlebenszyklus hinweg. Die DIN 77005-1 „Lebenslaufakte für technische Anlagen – Teil 1: Begriffe und Struktur“ wird voraussichtlich 2018 erscheinen. Eine Übersicht über die aktuelle Normenlandschaft der Instandhaltung ist in Abb. 27.2 dargestellt.

## 27.4 VDI-Richtlinien zur Instandhaltung

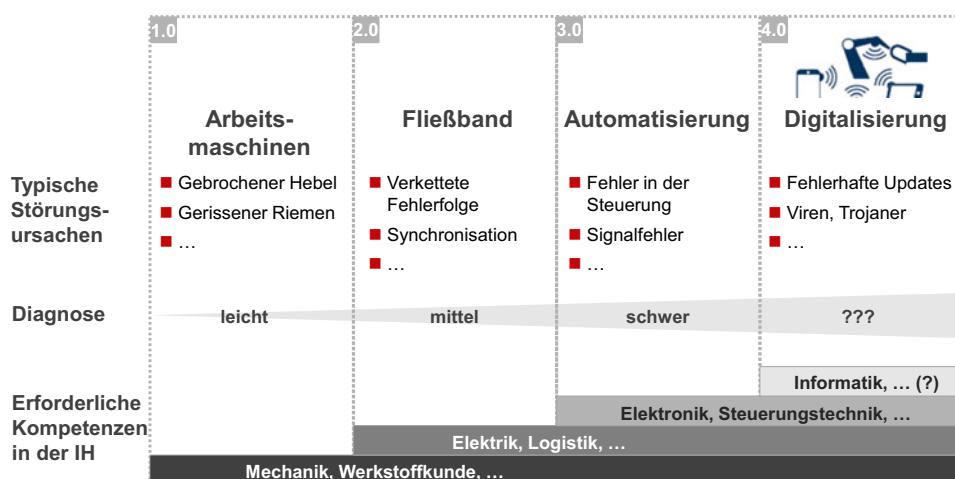
Ein weiterer für die Instandhaltung wichtiger Regelsetzer in Deutschland ist der Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) mit seinen VDI-Richtlinien. Die im VDI-Fachausschuss „Instandhaltung“ zusammen arbeitenden Fachleute (Praktiker, Generalisten und Spezialisten aus allen Industriebranchen ebenso wie Vertreter aus Forschung, Wissenschaft und Dienstleistung) erstellen und aktualisieren regelmäßig praxisorientierte VDI-Richtlinien, die als Entscheidungshilfe für Techniker und Betriebswirte gleichermaßen genutzt werden. Der Fachausschuss versteht sich dabei als das Sprachrohr der Instandhalter in Deutschland.

Eine Übersicht über die aktuellen VDI-Richtlinien zum Thema Instandhaltung ist in Kap. 26 gegeben.

## 27.5 Normung zur Industrie 4.0 aus der Sicht der betrieblichen Instandhaltung

Das Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ steht für die durchgängige Vernetzung einer Vielzahl von Technologien und Fachdisziplinen. Diese neuartige Form der Vernetzung erfordert eine nie dagewesene Integration der Systeme über Domänen- und Hierarchiegrenzen hinweg. Dabei kommt es vor allem darauf an, in welcher Weise die verschiedenen Teildisziplinen intelligent und störungsfrei zusammenarbeiten. Eine solche branchen- und technologienübergreifende Integration lässt sich nur auf der Grundlage von Normen und Standards realisieren. Für den Erfolg von Industrie 4.0 spielen die Normung und Standardisierung somit die Schlüsselrolle.

Die zurzeit stattfindende Innovationswelle rund um Industrie 4.0 stellt für die Instandhaltung und damit auch für den DIN-Arbeitsausschuss „Instandhaltung“ eine besondere Herausforderung dar. Selten zuvor wurden derart viele neue Technologien und Konzepte für die Produktion von morgen vorgestellt und diskutiert, sodass es für den späteren Betreiber und somit auch für den Instandhalter dieser „Industrie 4.0-Anlagen“ schwierig ist, Potenziale und Risiken dieser neuen Technologien klar abzuschätzen. Einerseits bieten die vollständige Digitalisierung der Produktion sowie ein durchgängiges Engineering über den gesamten Anlagenlebenszyklus große Chancen, um Störungen der Produktion präventiv, also vor Ihrem Eintreten, zu vermeiden. Andererseits steigen mit zunehmender Vernetzung und Komplexität der Produktionsmittel erfahrungsgemäß auch die Herausforderungen zur Verfügbarkeitssicherung. Es treten gegebenenfalls neuartige Störungsursachen auf, deren Diagnose ganz neue Anforderungen an die erforderlichen Kompetenzen einer Instandhaltung stellen (siehe Abb. 27.3).



**Abb. 27.3** Herausforderungen für die Instandhaltung 4.0

Neben der technischen Anlagensicherheit rückt im Rahmen der Digitalisierung mit Industrie 4.0 zunehmend auch die Daten- und Kommunikationssicherheit (IT-Security) in den Fokus einer Anlageninstandhaltung. Normungsseitig sind hier bereits viele Gremien tätig, wie die aktuelle Normungs-Roadmap „IT-Sicherheit“ des DIN/DKE aufzeigt (DIN/DKE 2017). Hierbei ist zu beachten, dass aus Betreibersicht insbesondere die Gefahr von Produktionsstörungen mit berücksichtigt wird. So gab es laut einer Studie des VDMA aus dem Jahr 2013 bereits in 29 % der befragten Unternehmen Produktionsausfälle, die durch Security-Vorfälle bedingt waren (VDMA 2013). Es ist absehbar, dass sich Instandhaltungsverantwortliche mehr und mehr auch mit Fragestellungen zur IT-Security für den Produktionsbereich beschäftigen müssen. Wie zur Sicherstellung der Anlagenverfügbarkeit sollten auch bei der IT-Security präventive Strategien mit geeigneten Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

Grundsätzlich stellt Industrie 4.0 mit ihren neuartigen Technologien bis hin zu neuartigen Geschäftsmodellen eine Herausforderung für die späteren Betreiber und deren Instandhaltung dar, die bereits heute bei der Konzeption und der entsprechenden Normung und Standardisierung zu beachten sind. Viele der aktuellen Industrie 4.0-Konzeptionen sind noch sehr stark aus der Herstellersicht geprägt, insbesondere wenn dies mit neuen Geschäftsmodellen und dem Ausbau des Servicegeschäfts des Herstellers verbunden wird. Für den langfristigen Erfolg von Industrie 4.0 müssen in der weiteren Entwicklung und Standardisierung verstärkt die Kundensicht, also die Sicht des Betreibers und dessen Instandhaltung miteinfließen. Hierbei geht es insbesondere um die wichtigen Aspekte der Bedienbarkeit sowie Instandhaltbarkeit (engl.: Maintainability) dieser neuartigen Systeme.

Bei der Bedienbarkeit ist die anforderungsgerechte Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu beachten. Der vielfach zitierte „Mensch im Mittelpunkt“ darf auch bei Industrie 4.0 kein Lippenbekenntnis bleiben. In gleicher Weise ist auch auf eine hinreichende Qualifizierung der späteren Bediener und Instandhalter für die Industrie 4.0-Technologien zu achten. Hier sind – wie oben bereits dargelegt – stellenweise neue Kompetenzprofile erforderlich.

Die Aspekte der Instandhaltbarkeit werden derzeit in der aktuellen DIN EN 60300-3-10 (2014) betrachtet. Instandhaltbarkeit beinhaltet dabei die Fähigkeit einer Anlage, Funktionsstörungen schnell und einfach zu beheben und damit Kosten und Ausfallzeit zu sparen. Auch hier ist wieder anzumerken, dass die Instandhaltbarkeit sowohl unter Hersteller- als auch Betreiber-Sicht betrachtet werden kann.

Wesentliche Grundideen von Industrie 4.0, wie die Vernetzung von IT-Systemen von der Feld- bis zur Unternehmensebene (vertikale Integration), der effektive Informationsaustausch in Wertschöpfungsnetzwerken (horizontale Integration) oder die digitale Durchgängigkeit des Engineerings über den gesamten Anlagenlebenszyklus sind neben den damit verbunden großen Chancen auch auf ihre Risiken für den Betreiber hin zu betrachten. So birgt beispielweise die vertikale Integration aus Betreibersicht die Gefahr geschlossener IT-Systeme, die dann nur noch von einem einzigen Service-Provider betreut werden können. Eine daraus resultierende Abhängigkeit von einem solchen Service-

**Abb. 27.4** Die deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0 (Version 2.0)



Provider wird von den Kunden, also den Betreibern, kaum akzeptiert werden. Bei der vertikalen Integration der IT-Systeme ist daher darauf zu achten, dass diese Systeme als offene Systeme konzipiert werden, die den Betreibern weiterhin die gewünschte Handlungsflexibilität bieten.

In gleicher Weise sind die horizontale Integration der IT-Systeme sowie die Idee des durchgängigen Engineerings über den gesamten Anlagenlebenszyklus zu betrachten. Bei all den damit verbundenen Chancen wird ein Betreiber weiterhin ein großes Interesse nach Unabhängigkeit von einzelnen Herstellern und Service-Providern haben. Dies wird auch dadurch zum Ausdruck kommen, dass viele Betreiber ihre während der Produktion gewonnenen Betriebs- und Verschleißdaten nicht ohne Gegenwert den anderen Wertschöpfungspartnern zur Verfügung stellen werden. Insofern sind auch unter dem Aspekt der horizontalen Integration offene Systeme zu fordern, die es den Betreibern ermöglichen, die Verwendung ihrer Betriebs- und Verschleißdaten und letztlich auch den Grad der horizontalen Integration selbst zu bestimmen.

Diese und weitere Forderungen für eine auch nutzergerechte Normung und Standardisierung zur Industrie 4.0 finden sich in der aktuellen deutschen Normungs-Roadmap Industrie 4.0 (Version 2.0) (siehe Abb. 27.4) (DIN/DKE 2016).

Abschließend ist anzumerken, dass der mit Industrie 4.0 grundlegend einhergehende Technologie-Wandel eine weitreichende und detaillierte Betrachtung der Instandhaltbarkeit in allen Konzepten und Modellen zur Industrie 4.0 erfordert. Aus diesem Grund ist die aktive Einbeziehung von Instandhaltungsexperten in die Standardisierungsgremien zu Industrie 4.0 zwingend erforderlich.

## Literatur

- CWA 15740:2008, *Risk-based inspection and maintenance procedures for European industry (RIMAP)*
- Deutsche Normungs-Roadmap IT-Sicherheit. DIN/DKE. Version 3, Berlin 2017
- Die deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0. DIN/DKE. Version 2, Berlin 2016
- DIN EN 13269:2006, *Instandhaltung – Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen*; Deutsche Fassung EN 13269:2006
- DIN EN 13306:2017, *Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung*; Dreisprachige Fassung EN 13306:2017
- DIN EN 15628:2014, *Instandhaltung – Qualifikation des Instandhaltungspersonals*; Deutsche Fassung EN 15628:2014
- DIN EN 16646:2015, *Instandhaltung – Instandhaltung im Rahmen des Anlagenmanagements*; Deutsche Fassung EN 16646:2014
- DIN EN 45020:2007, *Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten – Allgemeine Begriffe* (ISO/IEC Guide 2:2004); Dreisprachige Fassung EN 45020:2006
- DIN EN 60300-3-10, *Zuverlässigkeitssmanagement – Teil 3-10: Anwendungsleitfaden – Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit* (IEC 56/1573A/CD:2014)
- DIN EN ISO 9001:2015, *Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen* (ISO 9001:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9001:2015
- DIN SPEC 91303:2015, *Bestandteile und Struktur einer Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen*
- DIN 31051:2012, *Grundlagen der Instandhaltung*
- Tschuschke: Warum Normen für die Instandhaltung? In: Reichel et al [Hrsg.]: Betriebliche Instandhaltung. Springer Verlag Berlin Heidelberg 2009.
- VDMA Studie Status Quo der Security in Produktion und Automation. VDMA, Frankfurt 2013

---

# Sachverzeichnis

## A

- Aggregate-Management, 327
- Anlage, elektrotechnische, 243
- Anlagentechnik, 244
- Anlagenverfügbarkeit, 26
- Arbeitssicherheit, 101
- Asset Life Cycle, 42, 323
- Asset Management, 67
- Auftragsmanagement, 280
- Augmented Reality (AR), 262

## B

- Best Practice, 98
- Betriebsmittel
  - mobile, 278
- Boltzmann-Gesetz, 241

## C

- Condition Monitoring, 240, 254

## D

- Data-on-Network, 256
- Data-on-Tag, 256
- Datenspeicherung, 259
  - HF-Technologie, 260
- Demontageprozess, 263
- Diagnose, 145, 226, 240, 262, 277, 352, 391
- Dienstleistungsorientierung, 341
- Digitalisierung, 36, 45, 151, 162, 220, 223, 303, 362, 391

## E

- Einsatzplanung, 215
- Endgerät, mobiles, 255
- Entstördienst, 346
- Equipmentnummer, 258

## F

- Fehlerfrüherkennungsmethode, 240
- Fehlerrate (MTBF), 93
- Fehlplanung, 281
- FMEA, 25
- Funktionsmodell, virtuelles, 262

## H

- Handschmiersystem, 259
- Hot Spot, 244

## I

- Identifikationsnummer (ID), 258
- Identifikationstechnologie, 281
- Identifizierung, 258
- Industrielle Revolution, vierte, 12
- Industrieservices, 303
- Informationsaustausch, 344
- Infrarot-Thermografie, 239, 240
  - Anwendung, elektrotechnische, 243
  - Anwendungsgebiet, 243
- Inspektionsmethode, 240
- Inspektionstechniken, 144
- Instandhalter 4.0, 168
- Instandhaltung
  - betriebsnahe, 347
  - Leistung, transparente, 345
  - RFID-Technologie, 256
  - zustandsorientiert, 135
- Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssystem (IPS-System), 217, 255

- Intralogistik, 278

## K

- Kennzahlen, 288
- Kommissionierprozess, 263

- Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP), 95
- L**
- Lebenszykluskosten, 82
  - Lebenszykluskostenmanagement, 92
  - Lernschleife, 344
  - Life Cycle Cost (LCC), 345
  - Life Cycle Cost Analyse (LCC-Analyse), 98
  - Life Cycle Cost Management (LCC-Management), 91
- M**
- Maschinentechnik, 244
  - Massenströmung, 252
  - Medizintechnik, 98
  - Meldungswesen über Internet, 347
  - Mensch-Technik-Interaktion, 262
  - Messtechnik
    - thermografische, 243
  - Mess- und Diagnosetechnik, 259
  - Microwave-Technologie, 282
  - MIL-Standard, 92
  - Monitoring der Leistung, 343
  - Montageprozess, 263
  - Muda, 281
- O**
- Obsoleszenzmanagement, 183
  - Offline-Kommunikation, 255
  - Online Kennzahl, 346
  - Online-Kommunikation, 256
  - Ortungssystem, 261
  - Ortungstechnologie, 281
  - Ortungsverfahren
    - WLAN-basiertes, 283
  - Outsourcing, 58, 271, 341
- P**
- Plant Maintenance (PM), 280
  - PRISMA, 95
  - Produktionsfluss, 279
  - Produktionsplanung und -steuerung (PPS), 278
  - Produktionssysteme, Ganzheitliche, 18
- Q**
- Qualifizierung, 159, 223
- R**
- Radio Frequency Identification (RFID), 256
- Reliability and Maintainability Spezification (R&M), 93
- Reparaturzeit, mittlere (MTTR), 93
- RFID-Handschuh, 263
- RFID-Reader-System, 283
- RFID-Technologie, 278
- Risiko-Analyse, 85, 189
- Root Cause Analysis (RCA), 344
- S**
- SAP-Modul PM, 280
  - Schadensfrüherkennung, 239, 242
  - Sende-Empfangseinheit, 257, 258
  - Sensorik-Komponente, 262
  - Servicekonzepte, 309
  - Servicelevelvereinbarung (SLV), 341
  - Smart Maintenance, 162, 353
  - Smart Services, 363
  - Stördaten-Ermittlung, 95
  - Störungs-, Möglichkeits- und Einflussanalyse (SMEA), 345
- T**
- TCOMS, 95
  - Thermografie
    - Anlagentechnik, 244
    - Maschinentechnik, 244
  - Total Cost of Ownership (TCO), 91
  - Prozessschema, 96
  - Transponder, 256, 258
    - passiver, 261
- U**
- UHF-RFID-System, 283
  - UHF-Technologie, 282
- V**
- Value Chain Service, 46
  - VDI-Hauptausschuss Instandhaltung, 380
  - Verbesserungsprozess, Kontinuierlicher (KVP), 27, 95, 158
  - Verschwendung, 281
  - Vertragsgestaltung, 341
  - Virtual Reality (VR), 262
  - Visuelles Management, 30
- W**
- Warenwirtschaftssystem, 255, 279
  - Wärmedurchgang, 245, 247
  - Wärmeisolierung, 247

- Wärmelehre, 241  
Wärmeleitung, 247  
Wärmestrahlung, 240  
Wärmestrom, 244  
Wärmeübergang, 247, 253
- WLAN, 263  
WLAN-Access-Point, 284  
WLAN-Transponder, 282
- Z**  
Zustandsbestimmung, 261