

Dienstleistungsproduktivität in der smarten Produktion*

Mensch und Automation in der industriellen Instandhaltung

K. Gutsche, M. Eigenstetter

Eine Vielzahl an technischen Neuerungen prägen die Entwicklungen in der industriellen Fertigung. Sie betreffen gleichermaßen die unterstützende Instandhaltung. Damit diese Neuerungen einen positiven Beitrag für die Produktivität des Industrieservice leisten, müssen neue technische Möglichkeiten gemäß den menschlichen Anforderungen selektiert und implementiert werden. Dieser Beitrag fasst die aktuellen Arbeitsbedingungen in der industriellen Instandhaltung zusammen, stellt wesentliche neue technische Lösungen im industriellen Service vor und diskutiert eine menschenzentrierte Implementierung mit Blick auf eine Verbesserung der Dienstleistungsproduktivität.

Service Productivity in a Smart Production – Humans and Automation in Industrial Maintenance

Numerous technological innovations strongly influence the field of industrial manufacturing. This causes changes for supporting maintenance at the same time. Human demands have to be considered carefully during this change processes to assure that these innovations will have a positive effect on service productivity. This paper outlines the working conditions for maintenance technicians, presents smart service tools and discusses a human-centered innovation implementation process and its usage – aiming for an overall improvement in service productivity.

1 Dienstleistungsproduktivität

Produktivität als die technische Wirtschaftlichkeit wird ganz allgemein als das Verhältnis von Output zu Input verstanden ($\text{Produktivität} = \text{Output} / \text{Input}$). Will man diesen Grundsatz auf die Dienstleistungsproduktivität anwenden, stößt man auf einige Herausforderungen. So gibt es zwar verschiedene Ansätze

zur Bestimmung der Dienstleistungsproduktivität [1], jedoch haben alle Modelle die Schwierigkeit der klaren Quantifizierung von In- und Output in der Dienstleistungserbringung. Aufgrund der elementaren Merkmale von Dienstleistungen ist eine klare Bestimmung der Produktivität, wie in der Sachgutproduktion, nicht möglich. So ist aufgrund der Immaterialität die Möglichkeit der Quantifizierung etwa durch Zählen oder Wiegen des Outputs nicht gegeben. Daneben spielt der Kunde als externer Erbringungsfaktor eine Rolle für den Output. Es liegt also keine klare Trennung des Inputs von Leistungsgeber und -nehmer vor. Eine Messung des Inputs „Kunde“ beziehungsweise „Dienstleistungsempfänger“ ist für den Dienstleister wiederum schwer möglich. Diese ist für den Dienstleister nur in Servicepartnerschaften, in denen Dienstleister und Dienstleistungsnehmer langfristig und intensiv bei der Dienstleistungserbringung zusammenarbeiten, einfacher möglich. Vor diesem Hintergrund trennt Parasuraman [2] die Größe Dienstleistungsproduktivität in Unternehmens- und Kundenperspektive. **Bild 1** beschreibt, wie Dienstleister und Dienstleistungsnehmer (Kunde im Dienstleistungsgeschäft) für das Gelingen einer Dienstleistung gemeinschaftlich Ressourcen zur Realisation der Dienstleistung zur Verfügung stellen, damit diese eine anvisierte Qualität erzielen können und dennoch einen eigenen Blick auf das Ergebnis und Dienstleistungsoutput haben. Dabei kann der Dienstleister sowohl eine unternehmensinterne Organisation wie auch ein externer Anbieter sein (unabhängiger Dienstleister oder After-Sales-Dienstleister eines Anlagenherstellers).

Die Unternehmensperspektive soll bei der nachfolgenden Betrachtung der Dienstleistungsproduktivität einer smarten industriellen Instandhaltung im Vordergrund stehen.

2 Instandhaltung in der smarten Produktion

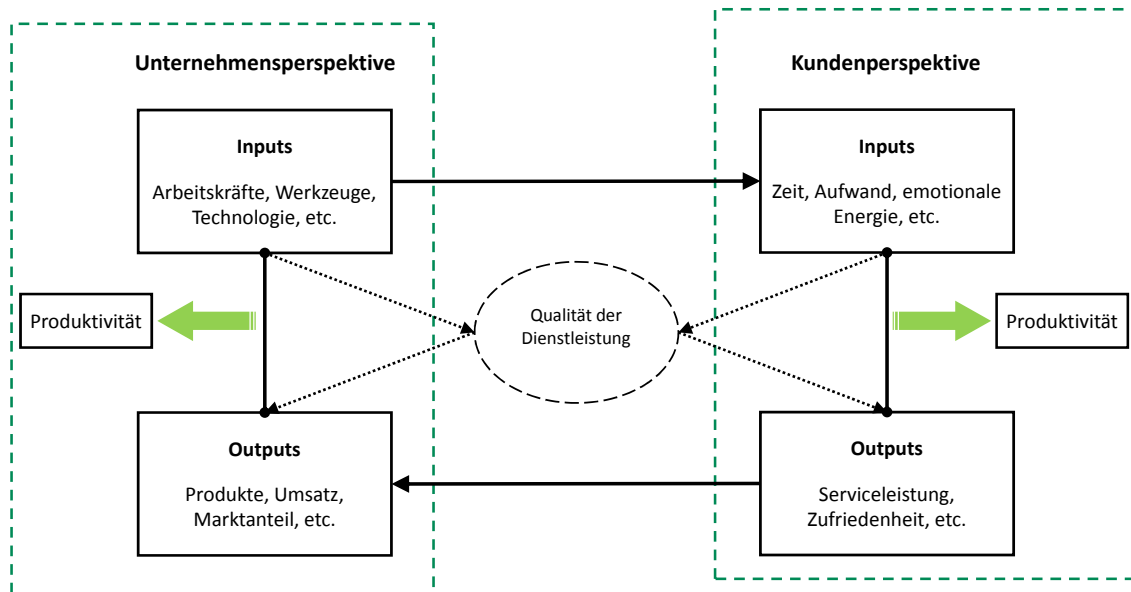
Eine effiziente und effektive industrielle Instandhaltung ist die Grundvoraussetzung für eine zeit-, kosten- und qualitätsoptimierte Produktion. Die Instandhaltung industrieller Anlagen führt durch Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung [3] zu einer bedarfsorientierten Anlagensicherheit, -verfügbarkeit und -wirtschaftlichkeit und hat damit eine bedeutende Rolle bei der Sicherung des Wirtschaftsstandortes Deutschland [4]. Dies gilt auch in einer smarten Produktion, in der Anlagen, Werkzeuge und Mensch miteinander vernetzt individuelle, qualitativ hochwertige Sachgüter in permanenter Interaktion fertigen [5, 6]. Smarte Produktion bedeutet aber auch für den Instandhalter eine gestiegene Komplexität und -vielfalt von Anlagen und verbauter Technologien sowie erhöhte Anforderungen an die Sicherung beziehungsweise Wiederherstellung von Anlagenverfügbarkeit.

Die Möglichkeiten der Digitalisierung sollen daher nicht nur im Sinne der Steigerung der Produktivität in der Instandhaltung, sondern auch zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Servicetechniker genutzt werden. Dies ist von

Prof. Dr. Katja Gutsche
Hochschule Furtwangen
Robert-Gerwig Platz 1, 78120 Furtwangen
Tel. +49 (0)7723 / 920-2150
katja.gutsche@hs-furtwangen.de
www.hs-furtwangen.de

Prof. Dr. Monika Eigenstetter
Hochschule Niederrhein
Webschulstr. 31, 41065 Mönchengladbach
Tel. +49 (0)2161 / 186-6038
monika.eigenstetter@hs-niederrhein.de
www.hs-niederrhein.de

* Bei den mit einem Stern gekennzeichneten Beiträgen handelt es sich um Fachaufsätze, die von Experten auf diesem Gebiet wissenschaftlich begutachtet und freigegeben wurden (peer-reviewed).


Bild 1. Dienstleistungsproduktivität

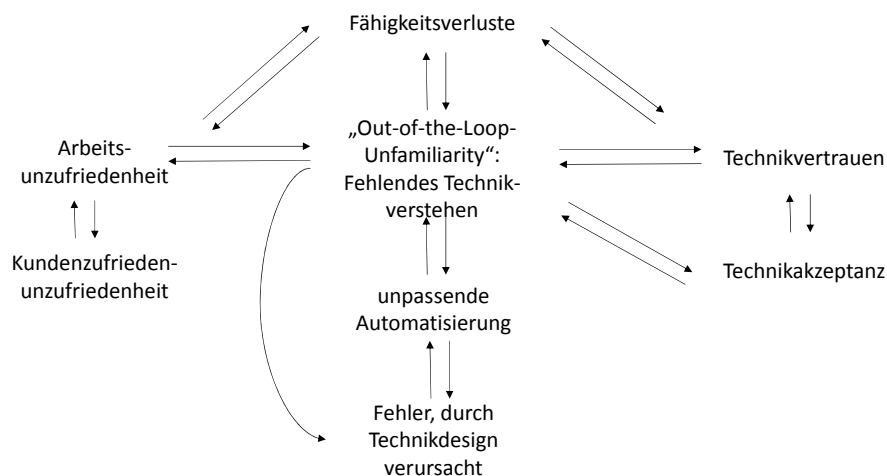
([2], S. 8)

besonderer Relevanz, da wegen teilweise schwierigen Arbeitsbedingungen in der Instandhaltung die Unfallzahlen generell höher sind. So erfolgen beispielsweise 25 % aller tödlichen Arbeitsunfälle bei Instandhaltungstätigkeiten [7]. Digitalisierung bringt hier einige Herausforderungen.

Der direkte Kontakt des Instandhalters mit dem physischen und stofflichen Produktionsprozess nimmt ab, was das Erkennen und Interpretieren von Anlagenfehlern erschweren kann [8]. Zunehmend ersetzen Sensoren und Bildschirme eine Diagnose vor Ort. Die indirekte Wahrnehmung schafft neue Unsicherheiten und andere Fehler als bisher. Wenn Digitalisierung nicht unter dem Primat einer menschengerechten Technikgestaltung (human-centered design), sondern technikzentriert und damit unzureichend umgesetzt wird, „verkommt der Mensch zur Restgröße“ im soziotechnischen System; er verliert den Überblick, was passiert. Dieses Phänomen bezeichnet man als „Out-of-the-loop-unfamiliarity“ (OOTLUF). Das bedeutet gleichzeitig: Wenn die Möglichkeiten und Grenzen der Menschen im soziotechnischen System nicht angemessen mitbedacht werden, können sich die erhofften Leistungssteigerun-

gen auch ins Gegenteil verkehren [9, 10], (Bild 2). So sind folgende Effekte unzureichender Technikgestaltung und -implementierung ebenso in der smarten Instandhaltung möglich:

- Fehler im Design der Technik treten beispielsweise an Stelle der Ausführungsfehler der Fachkraft, müssen aber von dieser kompensiert werden. Fehlende Nutzerfreundlichkeit von technischen Systemen können zu Mehrarbeit und negativer Fehlbeanspruchung führen.
- Die Tätigkeiten, die leicht automatisierbar sind, werden automatisiert. Gerade aber die schwierigen Tätigkeiten müssen weiterhin von Menschen übernommen werden. Das führt zu einer höheren Arbeitsbelastung durch anspruchsvollere Aufgaben.
- Es können systematische Kompetenz- und Fähigkeitsverluste bei den Arbeitenden auftreten, wenn die technischen Systeme beispielsweise Diagnosen stellen oder selbstständig Korrekturprogramme auslösen. Der Mensch „verlernt“. Doch im Notfall, wenn die technischen Systeme versagen, muss der Mensch die Kontrolle wieder übernehmen können. Das erfordert viel Know-how und kontinuierliches Training.


Bild 2. Folgen unzureichender Technikgestaltung

(verändert nach [9])

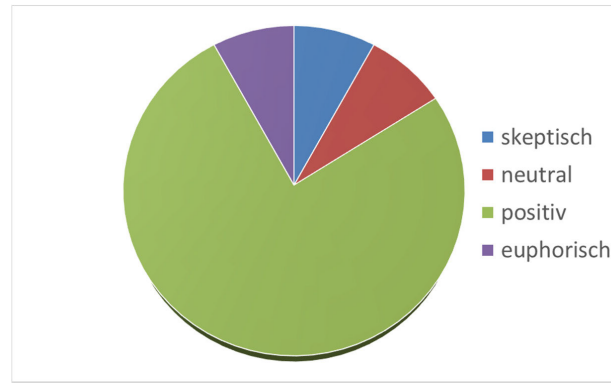


Bild 3. Einstellung zu Arbeitsplatzveränderungen durch smarte Servicewerkzeuge (Abfrage unter Instandhaltungsfachkräften 2017, N=27)

- Übervertrauen in technische Systeme – weil die Komplexität nicht mehr leicht zu erfassen ist – oder aber ein zu hohes Misstrauen führen zu unangemessenem Umgang mit der Technik.

Auf der anderen Seite stehen diesen Herausforderungen eine Vielzahl von Chancen gegenüber [4, 11]:

- Durchgängig verfügbare Daten erlauben vernetzte Lösungen (zum Beispiel als digital twin) mit digitalem Transfer von Daten zwischen Produktion und Instandhaltung in Echtzeit mit Möglichkeiten zur Qualitäts- und Leistungsverbesserung, zum Beispiel Muster hinsichtlich Häufigkeit von Instandhaltungstätigkeiten an Anlagenteilen erlauben mehr vorausschauende, prädiktive Instandhaltungsmaßnahmen und reduzieren „Feuerwehreinsätze“ im Sinne einer korrektiven Instandhaltung und somit Belastung aller Beteiligten.
- Digitale Assistenzsysteme ermöglichen eine Entscheidungsunterstützung in der unmittelbaren Serviceerbringung durch erweiterte Realitäten (AR) oder Remote-Einbindung zusätzlicher Fachexpertise.
- Smart Clothes geben zusätzliche (Warn)-Hinweise und erweitern damit den Kenntnisstand der operierenden Instandhaltungsfachkraft.
- Serviceroboter, wie etwa Unmanned Air Vehicles (UAV) oder Exoskelette übernehmen oder erleichtern Instandhaltungsarbeiten, die aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ein erhöhtes Gesundheits- und/oder Sicherheitsrisiko bergen.

Alle diese Chancen können zu einem gleichmäßigeren, zielgerichteteren Ressourceneinsatz beitragen. Die betrieblichen Abläufe werden transparenter, nachvollziehbarer und im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung einfacher dokumentierbar. Aus der Perspektive der Arbeitswissenschaft vermindern sie negative Beanspruchungen sowie Fehler und ermöglichen somit eine höhere Arbeitssicherheit. Die technischen und prozessualen Möglichkeiten in einer smarten Produktion eröffnen der industriellen Instandhaltung und damit dem technischen Service vielfältige Möglichkeiten zur Produktivitätssteigerung. Dabei können die technologischen Innovationen jedoch nur das erhoffte Potenzial entfalten, wenn 1. die Technik wirklich ausgereift ist und 2. der Anwender intensiv auf deren Einsatz vorbereitet ist sowie 3. die Technik immer für ihn verstehbar bleibt. Die (Neu-)Gestaltung soziotechnischer Systeme braucht ein gutes Zusammenspiel von sicherer Technik, hohen Qualifikationen bei den Mitarbeitern, das heißt ein Verstehen um die Möglichkeiten und Grenzen ihrer technischen Lösungen sowie

die Möglichkeit, steuernd eingreifen zu können. Jüngste Beispiele aus der Luftfahrt zeigen die Vulnerabilität soziotechnischer Systeme auch nach umfassender Testung (so etwa die Boeing-Abstürze 2018 und 2019). Diese Vorfälle wie auch die wissenschaftliche Forschung zeigen die Grenzen der praktischen Umsetzbarkeit digitaler, technischer Lösungen auf, wenn nicht mit entsprechender Sorgfalt vorgegangen wird. Schwierigkeiten in der Einführung bestehen zudem in der fehlenden Managementenerfahrung in der Implementierung digitaler Produkte und Prozesse [8, 12–15].

3 Dienstleistungsproduktivität einer smarten Instandhaltung

3.1 Die Instandhaltungsfachkraft

Auch wenn Digitalisierung Veränderungen in der Service Experience durch den Kunden bewirkt und diese nach [2] sowie [17] relevant für eine umfassende Beurteilung der Dienstleistungsproduktivität ist, soll die Kundensicht in diesem Beitrag nicht detailliert berücksichtigt werden. Es sei hierzu nur erwähnt, dass natürlich mit den technischen Möglichkeiten einer smarten Instandhaltung wie Echtzeitinformationen und durchgehende Datenhaltung die Möglichkeiten, „innerhalb eines vorgegebenen Rahmens frei entscheiden und auf Kundenbedürfnisse eingehen zu können“ [16] steigen.

Dieser Beitrag legt den Fokus auf die Unternehmensperspektive. Produktivität lässt sich für die Innensicht als produziertes Serviceergebnis (Serviceumsatz, Kundenzufriedenheit, Marktanteil und weiteres) im Verhältnis zu benötigter Ressource (Zeit, Werkzeugeinsatz und Mitarbeiter) beschreiben. Smarte Instandhaltung bringt Veränderungen in den Arbeitsprozessen und Werkzeugen und der zugehörigen Organisation. Damit erfolgt ein direkter Einfluss auf den Ressourceneinsatz. Gelingt es, diesen bei gleichbleibendem Serviceergebnis zu reduzieren, steigt die Dienstleistungsproduktivität.

Umfragen von 2016 [18] und 2017 zeigen die grundsätzlich positive Einstellung von Instandhaltungsfachkräften in deutschen produzierenden Unternehmen zu neuen Technologien (Bild 3).

Dieser Bonus sollte nicht leichtsinnig verspielt werden, vielmehr müssen die Erfahrungen aus der Automatisierung in der Produktion genutzt und auf die industrielle Instandhaltung übertragen werden. Bei der Übertragung langjähriger Erfahrun-

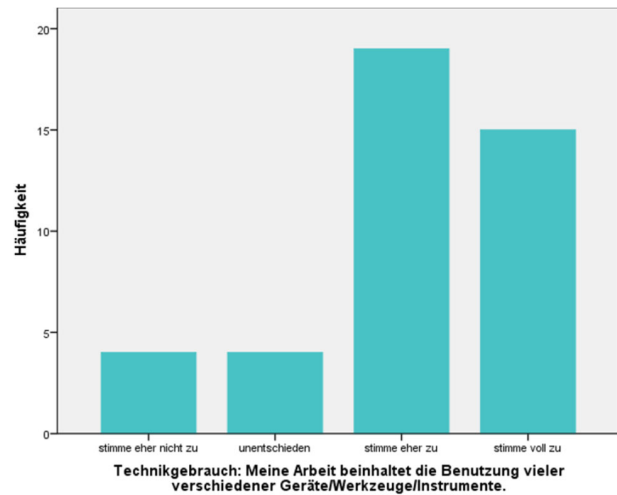
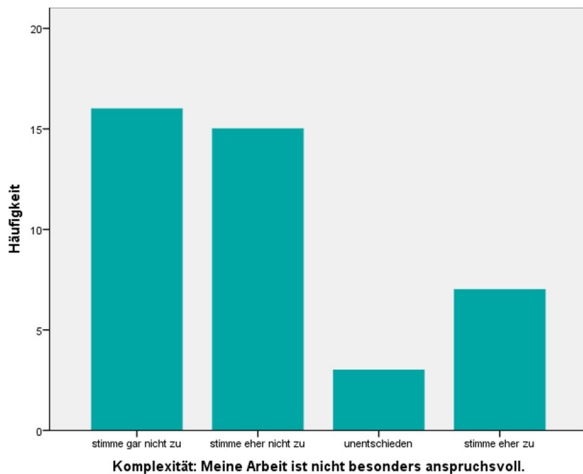


Bild 4. Aufgabenkomplexität (a) und Technikgebrauch (b) in der industriellen Instandhaltung (N=42)

gen aus der Produktion sind die Besonderheiten der industriellen Instandhaltungsarbeit zu berücksichtigen. So bedeutet Arbeiten in der Instandhaltung „kreatives, improvisatorisches Handeln auf Basis von Erfahrungswissen, logischen Überlegungen und Vertrauen auf das intuitive Gespür“ [4]. Gleichbleibende Bedingungen wie in der klassischen, hochautomatisierten Serienproduktion liegen hier also nicht vor. Es zeigen Arbeitsplatzanalysen [15, 18], dass die Mitarbeiter in der industriellen Instandhaltung

- überdurchschnittlich hohe Entscheidungs- und Methodenautonomie haben, das heißt sie können häufig nach eigenem Ermessen, in Abhängigkeit selbständiger Entscheidungen handeln und wählen eigenständig den Weg zum definierten Ziel;
- überdurchschnittlich hohe Informationsverarbeitung erleben, das heißt viel Denkarbeit, viele Dinge und Informationen gleichzeitig verarbeiten müssen bei regelmäßigem Auftreten neuer Probleme;
- häufig unter Zeitdruck und alleine arbeiten;
- ihre Arbeit als (sehr) anspruchsvoll erleben (**Bild 4 a**) und
- bereits viele verschiedene Techniken benutzen und/oder betreiben (**Bild 4 b**)

Bei der damit aktuell (sehr) hohen Arbeitsbeanspruchung kann neue Informationstechnik sehr entlastend wirken. Teilautoma-

tisierung steigert Transparenz, Reproduzierbarkeit und Effizienz der Dienstleistungserbringung, vorausgesetzt der Anwender (Servicetechniker) akzeptiert die Lösungen und setzt diese ein. Aus **Bild 5** wird deutlich, dass der aktuelle Einsatz smarter Servicelösungen sehr begrenzt ist. So geben in der gleichen Kurzbefragung über 50 % der befragten Instandhaltungsfachkräfte an, dass mindestens 50 % ihrer Arbeitsprozesse papierbasiert sind.

3.2 Automation und der Faktor Mensch

Die Adressierung des Faktors Mensch ist für die Dienstleistungsproduktivität im besonderen Maße relevant. Die Erbringung von Dienstleistungen ist maßgeblich von Menschen und den Beziehungen zwischen ihnen bestimmt. „Oftmals hängt die Bewertung der Qualität einer Dienstleistung durch den Kunden hauptsächlich vom Erbringer ab.“ [16]

Bei der Einführung von digitalen Techniken ist grundsätzlich zu überlegen, welche Funktionen des menschlichen Handelns ersetzt werden sollen. *Parasuraman* et al. [19] unterscheiden zwischen Grad und Level von Automatisierung. Während der Grad der Automatisierung zwischen manueller Kontrolle und Vollautomatisierung variieren kann, betrachtet der Level der Automatisierung, welche Funktionen der menschlichen

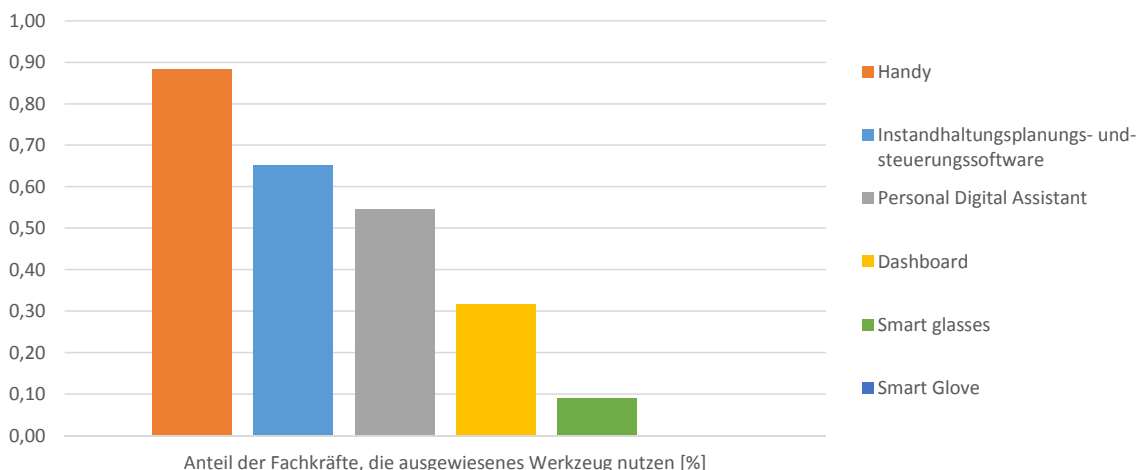


Bild 5. Status-quo-Einsatz smarter Servicewerkzeuge (Abfrage unter Instandhaltungsfachkräften 2017, N=26)

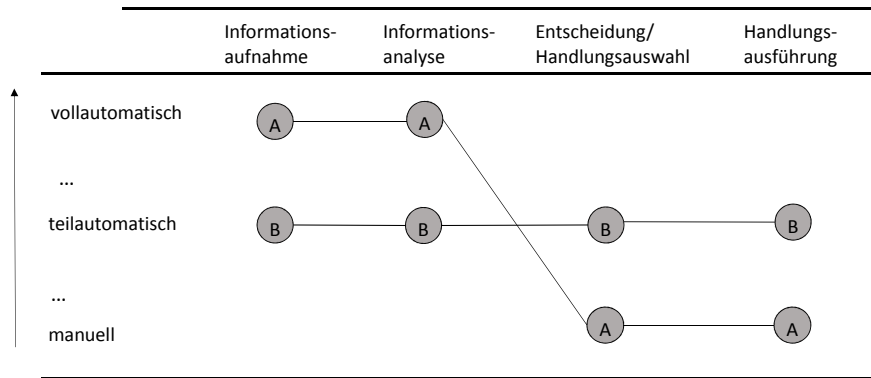


Bild 6. Technische Systeme mit Grad und Level der Automatisierung (adaptiert nach [19]). Technisches System A handelt vollautomatisiert bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen. Entscheidungen sowie Handlungsausführung verbleiben beim Menschen. Beim technischen System B sind alle Teilhandlungen teilautomatisiert.

Tätigkeit ersetzt werden sollen (**Bild 6**). Dabei geht es um die Teilhandlungen Informationsaufnahme, Informationsanalyse, Entscheidung/Handlungsauswahl und Handlungsausführung.

Wird Technik als Prothese und als Werkzeug definiert und eingesetzt, dann verbleibt in der Regel die Kontrolle vollständig beim Menschen. Je autonomer Technik allerdings agieren soll und damit auch Entscheidung und Handeln des Menschen ersetzt, desto komplexer werden Rollenzuweisung und Interaktion. Es muss stets sichergestellt sein, dass der Nutzer der Technik ihre Aktionen verstehen und nachvollziehen kann. Im Kontext heterogener Serviceerbringungsprozesse ist der Einsatz von Automationslösungen als Werkzeug, das heißt in Form von assistierenden Werkzeugen [9], am relevantesten.

Um einen Technikeinsatz angemessen zu gestalten, müssen also zunächst mehrere Gestaltungsebenen sowie das Ziel des Technikeinsatzes betrachtet werden. Lüdtker [10] formuliert für ein gelingendes Mensch-Technik-Team (MTT) vier Gestaltungsebenen:

- **Komposition:** Zu klären ist zunächst, in welcher Umgebung das MTT arbeiten und welche Aufgaben das MTT durchführen soll.
- **Planung der Kooperation:** Danach müssen die Akteure geklärt werden, welche Art deren Zusammenarbeit sein soll und von wem welche Aufgaben übernommen werden.
- **Planung der Interaktion:** Diese bestimmt, welche Informationen zu welchem Zeitpunkt für wen relevant sind, und wie viel der Mensch in welcher Situation über die Technik wissen muss und umgekehrt. Dabei ist auch zu klären, welche Bedienaktionen notwendig sind.
- **Planung der Schnittstellengestaltung:** Kriterien der kognitiven Ergonomie sind zu beachten. Die Normenreihe DIN EN ISO 9241 [34] gibt Richtlinien, um die Möglichkeiten und Grenzen der menschlichen Informationsverarbeitung angemessen zu berücksichtigen.

Eine besondere Aufmerksamkeit sollte dem Dialog zwischen Mensch und Technik (beispielsweise über Dashboards) geschenkt werden: zu viel oder zu wenig Feedback seitens der Technik, unangemessenes Feedback oder die Adressierung des falschen Sinnes (Sehen, Hören, ...) können prinzipiell gute Ansätze konterkarieren. Integrierte visuelle Darstellungen von Informationen (etwa Druck mit Temperatur), passend zu den Tätigkeiten der Nutzenden, sind wichtig. Oft zeigt sich hier, dass weniger Alarme zu einer besseren Berücksichtigung füh-

ren, als zu viele Alarme [20, 21]. Zudem darf die Darstellung den Alltagserfahrungen nicht widersprechen und muss konsistent sein. Analoge Darstellungen sind häufig leichter erkennbar als digitale oder abstrakte Darstellungen (zum Beispiel Uhrzeit, Füllmengen). Icons wiederum sind leichter wiederzuerkennen als Buchstaben oder Ziffern [22]. Ideal sind so genannte multi-modale Feedbacks: eine Maschine, die man sieht, die vibriert und zudem laut ist (sehen, hören, fühlen), erzeugt eine andere Reaktion beim Arbeitenden als eine rein visuelle Anzeige.

Technik muss zu den Vorstellungen der Nutzenden passen, zu deren mentalen Modellen. Wenn Technik als „Partner“ in einem Team akzeptiert und ihr vertraut werden soll, muss Technik sich an die Vorstellungsmuster gelingender Interaktion anpassen und durchaus den Höflichkeitsroutinen menschlicher Interaktion folgen. Das meint zum Beispiel: Die Aktivitäten der Technik sollten leicht unterbrochen werden können. Auch Technik muss erklären, was sie tut, um verstanden zu werden. Die Technik sollte nicht Tätigkeiten des Menschen unterbrechen [9].

Idealerweise passt sich Technik den Notwendigkeiten des Nutzers an: Abhängig von Aufmerksamkeit, Ermüdung oder Aufgabenmenge kann Technik Steuerungsfunktionen übernehmen oder wieder abgeben [9, 23]. Vorteil einer flexiblen Anpassung ist unter anderem, dass Anwender durch einen aktiven Beitrag ihre Fähigkeiten nicht verlieren. Dabei gibt es zwei Stufen der Anpassung: 1. vom Nutzer kontrolliert und initiiert sowie 2. adaptiv, das heißt eine automatische Übernahme abhängig davon, in welchem Zustand sich der Nutzer befindet. Dabei zeigt sich, dass Automatisierungsleistungen von Informationsaufnahme und -interpretationen häufig gut vollständig automatisiert werden können, nicht aber in gleicher Weise Entscheidungsauswahl und Handlungsausführung [9]. Problematisch im Kontext von Automatisierung sind zudem nicht nur Überforderung durch zu viele Daten, sondern auch Unterforderung durch zu wenig Anforderungen oder Probleme, die mit Daueraufmerksamkeit einhergehen [9, 23].

Modelle der Technikakzeptanz [zum Beispiel 24] verweisen unter anderem auf die Bedeutung der Vorerfahrungen der Nutzer sowie auf die Freiwilligkeit, die Technik zu nutzen. Wichtige Einflussfaktoren sind zudem der erwartete Benefit für die Nutzenden, unterstützende Bedingungen in der Organisation, das heißt Hilfen und Support, wenn die Technik Störungen oder Unklarheiten aufweisen sollte, sowie die Einfachheit der Nutzung.

Tabelle. Einsatzempfehlungen von Smarten Servicewerkzeugen

	Technologie					
	Smart Data	Augmented Reality*	Virtual Reality*	Smart Clothes*	Exoskelett*	Serviceroboter
Verwendungs- empfehlung	Zustandsvorhersage der Anlage bei Anlagen mit hohen Sicherheits- und/ oder Verfügbarkeitsanforderungen (predictive maintenance)	Unterstützung in der Serviceerbringung von unerfahrenen Mitarbeitern durch Remote-Experten, Zusatzinfos etc.	Schulung	Einsatz bei schlechten/ risikoreichen Arbeitsbedingungen (Lärm, Schmutz, schlechte Zugänglichkeit, gesundheitliche Gefahren)	Einsatz bei physisch stark beanspruchenden Arbeitsbedingungen (insbesondere schweren Lasten)	Einsatz bei schlechten/ risikoreichen Arbeitsbedingungen (Lärm, Schmutz, schlechte Zugänglichkeit, gesundheitliche Gefahren)
	Zuverlässige Zustandsvorhersage technisch möglich + wirtschaftlich sinnvoll	Umfassende Dokumentationsprozesse beschleunigen	Arbeitseinweisung	Service durch unerfahrene Mitarbeiter – Vermeidung von Gefahrensituationen/ Schlechtleistung	längere Serviceprozesse, die An-/ Ablegezeit des Exoskeletts rechtfertigen	Standardprozesse mit niedriger kundeninduzierter Variabilität
	Prädiktion von Servicere Ressourcen (Mensch, Ersatzteile, Werkzeuge) zur Effizienzsteigerung	Prozesstransparenz steigern (für alle Stakeholder)				Überwachung abseits befindlicher Anlagen
	Wissensplattform (inkl. Digital Twins) zu Anlage und Dienstleistungserbringung					
Mögliche Probleme im Einsatz	Überforderung durch zu viele Daten	Übelkeit durch „motion Sickness“	Übelkeit durch „motion Sickness“	Ggf. Ablenkung durch Fehlfunktionen, Mehrbelastung durch Gewicht	eingeschränkter Tragekomfort	Steuerbarkeit des Roboters
	Monotonieerleben bei Prozessen, die Daueraufmerksamkeit benötigen	Distanz' zwischen Techniker und Kunde	Lösung 'verkommt' zum Spielzeug	Rückmeldung durch akustische und visuelles Feedback je nach Kontext nicht ausreichend		unterbrechungsfreie Kommunikation
	unzuverlässige Lösung verhindert Akzeptanz	Vertrauensverlust des Kunden				
* Die Anwendung anderer Formen von Smart Wearables (z.B. Implantate, Kontaktlinsen) werden derzeit in der industriellen Instandhaltung nicht diskutiert.						

Das bedeutet, dass bei der Implementierung smarter Service-werkzeuge eine hohe Nutzerfreundlichkeit sowie eine transparente Gestaltung für den Erhalt einer Situation Awareness sichergestellt werden müssen. Das meint, dass ein umfassendes Verständnis einer Situation in einem dynamischen Arbeitskontext sowie Wohlbefinden und Fähigkeitserhalt des Anwenders [9] für eine effektive Automatisierungslösung gegeben ist [25, 26].

3.3 Einsatz smarter Werkzeuge in der Instandhaltung

Verknüpft man nun die oben dargestellten Daten aus den Erhebungen (3.1) mit dem als gesichert geltenden Wissen um die Voraussetzungen für Technikakzeptanz [24] und gelingender Technikgestaltung [9] (3.2), dann stellt man fest: Bei den Servicemitarbeitenden bestehen sehr gute Voraussetzungen, Assistenzsysteme gewinnbringend und von ihnen akzeptiert einzuführen. Unter Berücksichtigung allgemeiner Vorgehensweisen und gemäß der aktuellen Arbeitsplatzmerkmale sowie der Charakteristika der Mitarbeitenden im Industrieservice werden folgende Empfehlungen für eine Implementierung smarter Servicelösungen in der industriellen Instandhaltung gegeben:

- Technik sollte im Zusammenspiel mit den zukünftigen Anwendern ausgewählt und in einem engen Abstimmungsprozess eingeführt werden: Mitarbeitende des IH-Service

bringen das erforderliche Wissen mit, um Nutzen und Einsatzmöglichkeiten angemessen bewerten zu können.

- Die Autonomie und die Expertise der Mitarbeitenden sollte respektiert werden. Vorsicht ist geboten, wenn „beste Lösungen“ für alle eingeführt werden sollen. Auch sie müssen in einem partizipativen Prozess implementiert werden. Der Einführungsprozess sollte zusammen mit ihnen gestaltet werden, damit Technik nicht als fremdbestimmt oktroyiert erfahren wird.
- In der Auswahl der technischen Lösung stehen die Aspekte der Nutzerfreundlichkeit vor den Möglichkeiten eines großen Funktionsumfangs. Wenn ein System zu komplex ist, kann die Vielfalt der Möglichkeiten nicht genutzt werden, weil sie von den Anwendern nicht durchschaut wird. Wenn die Funktionsweise des technischen Hilfsystems nicht richtig verstanden wird, droht Übervertrauen oder Untervertrauen in das technische System. Die Menge der Informationen muss verarbeitet werden können. Das Situationsbewusstsein muss erhalten bleiben.
- Die smarten Servicewerkzeuge müssen zuverlässig arbeiten. So führen beispielsweise unnötige oder falsche Warnmeldungen zu einem Anlagenzustand, bereits nach kurzer Zeit zu Ablehnung auf Seiten der Techniker.
- Intensives Training muss eine Einführung neuer Techniken begleiten: eine kurze Einweisung reicht nicht aus. Begleiten des Monitoring macht später auftretende Probleme im sozio-

technischen System sichtbar. Fehler im Technikdesign müssen zügig nachkorrigiert werden, und zwar nicht nur durch Unterweisungen und Verhaltensanpassungen der Nutzenden, sondern durch Veränderungen in der Technik. Fehler der Technik sollten nicht durch Menschen kompensiert werden müssen; die Steuerbarkeit der Technik muss sichergestellt sein.

- Die Wahrung von Persönlichkeitsrechten bei (zufälligen) (Teil-)Aufnahmen von Personen ist sicherzustellen, zum Beispiel durch individuelle Zustimmung der Betroffenen.

Werden die zukünftigen Nutzer eingebunden und besteht eine immerwährende Aufmerksamkeit für die Grenzen von Technik, dann kann die Vielfalt der Techniken gut eingesetzt werden. Für aktuelle technische Lösungen smarter Servicewerkzeuge gilt die **Tabelle**.

Eine überlegte Einführung technischer Lösungen in einem menschenzentrierten Einführungsprozess reduzieren Technikstress und steigern Technikakzeptanz [27–31]. So lassen sich eine Steigerung der Dienstleistungsproduktivität durch zum einen Reduktion des Inputs (zum Beispiel Bearbeitungszeit, Weg- und Wartezeiten, Ersatzteillagerung) und zum anderen Steigerung des Outputs (zum Beispiel Qualität, Kundenzufriedenheit) erzielen. Notwendige Anfangsinvestitionen in smarte Servicewerkzeugen amortisieren sich so innerhalb kürzester Zeit.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Technische Innovationen in der smarten Instandhaltung verändern Arbeitsprozesse, Werkzeuge und Organisation und erfordern neue Qualifikationen und Lernen der Servicetechniker [4, 8, 13, 32, 33]. Dem mit dem demografischen Wandel erwarteten massiven Verlust an Erfahrungswissen kann durchaus mit den neuen Technologien und deren Dokumentations- und Lernmöglichkeiten begegnet werden. Für den Instandhalter können diese smarten Technologien aber auch zu einer vermeintlichen Entwertung von Kompetenzen und dem etablierten Rollenverständnis als Experte der Kundenwünsche führen. So muss bei der Umsetzung smarter Instandhaltung eine Fokussierung auf die technische Machbarkeit vermieden werden und vielmehr im Sinne einer adaptiven Automation auf die Bedürfnisse und die Akzeptanz der Instandhalter geachtet werden. Dem Arbeitsplatz entsprechend und dem Mitarbeitenden gemäß sind die Möglichkeiten der Prozessassistenz und -automatisierung in der Instandhaltung sinnvoll abzuwägen, damit die anvisierte Produktivitätssteigerung in der Dienstleistungserbringung tatsächlich auch erzielt werden kann.

Literatur

- [1] Bruhn, M.; Hadwich, K.: Dienstleistungsproduktivität. Band 2 – Innovationsentwicklung, Internationalität, Mitarbeiterperspektive. Wiesbaden: Gabler Verlag 2011
- [2] Parasuraman, A.: Service quality and productivity: a synergistic perspective. *Managing Service Quality* 12 (2002) (1), pp. 6–9
- [3] DIN EN 13306: Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung. Deutsche Fassung, Ausgabe Februar 2018
- [4] Acatech (Hrsg.): Smart Maintenance für Smart Factories – Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. München: Acatech Position 2015
- [5] Schäfer, S.; Pinnow, C. (Hrsg.): Industrie 4.0 – Grundlagen und Anwendungen, Berlin: Beuth Verlag 2015
- [6] Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Berlin: Springer 2014
- [7] Berufsgenossenschaft Holz und Metall [Hrsg.]: Instandhaltung sicher und praxisgerecht durchführen. DGV Information 209–015. Stand: 2018. Internet: https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Gesetze_Vorschriften/Informationen/209–015.pdf. Zugriff am 12.04.2019
- [8] Hirsch-Kreinsen, H.; ten Hompel, M.: Digitalisierung industrieller Arbeit – Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze. In: Vogel-Heuser et al. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Heidelberg: Springer 2015
- [9] Lee, J. D.: Human Factors and ergonomics in automation design. In: Salvendy, G.: Handbook of Human Factors and Ergonomics. New Jersey: Wiley 2006, pp. 1570–1596
- [10] Lüdtke, A.: Wege aus der Ironie in Richtung ernsthafter Automatisierung. In: Bothof, A.; Hartmann, E. (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: Springer 2015
- [11] Acatech (Hrsg.): Smart Service Welt 2018. München: Acatech Position 2018
- [12] Brynjolfsson, E.; McAfee, A.: The second machine age – Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technology. New York: Plassen Verlag 2014
- [13] Spath, D. (Hrsg.): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag 2013
- [14] Gutsche, K.; Voigt, B.-F.: Wandel von Instandhaltungsarbeit. In: Reichel, J.; Müller, G.; Haeffs, J. (Hrsg.): Betriebliche Instandhaltung, Berlin: Springer VDI 2018
- [15] Gutsche, K.: In letzter Instanz – die Rolle des Menschen in einer digitalisierten Produktion und Instandhaltung. CITplus, 06/16 (2016), S. 46–48
- [16] DIN SPEC 77007: Leitfaden Lean Services – Professionalisierung des Dienstleistungsgeschäfts. Deutsche Fassung, Ausgabe August 2018
- [17] Grönroos, C.; Ojasalo, K.: Service productivity: Towards a conceptualization of the transformation of inputs into economic results in services. *Journal of Business Research* 57 (2004) 4, pp. 414–423
- [18] Gutsche, K.; Griffith, J.: Automating Motivation: A workplace analysis of service technicians and the motivational impact of automated assistance. In: Hara, Y.; Karagiannis, D.: Serviceology for Services. Berlin: Springer Verlag 2017, pp. 101–108
- [19] Parasuraman, R.; Sheridan, T. B.; Wickens, C. D.: A model of types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 30 (2000), pp. 286–297
- [20] Lanuv: Leitfaden Alarmmanagement. Stand: 2015. Internet: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/Arbeitsblatt_27.pdf. Zugriff am: 28.06.2019
- [21] EEMUA: Alarm systems – a guide to design, management and procurement. Stand: 1999. Internet: <https://www.eemua.org/Products/Publications/Print/EEMUA-Publication-191.aspx>. Zugriff am: 28.06.2019
- [22] Vollrath, M.: Ingenieurpsychologie. Psychologische Grundlagen und Anwendungsgebiete. Stuttgart: Kohlhammer 2015

- [23] Robelski, S.: Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt Mensch-Maschine-Interaktion – Forschung Projekt F 2353. Stand: 2016. Internet: https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2353-4d.pdf?__blob=publicationFile&v=14. Zugriff am: 28.12.2018
- [24] Venkatesh, V. et al.: User Acceptance of Information Technology – Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27 (2003) 3, pp. 425–478
- [25] Endsley, M.: From Here to Autonomy – Lessons Learned from Human–Automation Research. *Human Factors*, 59 (2017) 1, pp. 5–27
- [26] Endsley, M.R.: Theoretical underpinnings of situation awareness – A critical review. In Endsley, M. R.; Garland, D. J. (Hrsg.): *Situation awareness analysis and measurement*. Mahwah, NJ: LEA 2000
- [27] Brühl C. et al.: Entwicklung und Analyse eines Akzeptanzmodells für die Mensch-Roboter-Kooperation in der Industrie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): *GfA-Frühjahrskongress 2017* (elektronische Quelle)
- [28] Fernandez, A.; Stol, N.: Economic, Dissatisfaction, and Reputations Risks of Hardware and Software Failures in Pons. In *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 25 (2016) 2, pp. 1119–1132
- [29] Goodhue, D. L.: Comment on Benbasat and Barki's „Quo Vadis TAM“. *Journal of the Association for Information Systems*, 8 (2007) 4, pp. 219–222
- [30] Umesh, U. N.; Jessup, L.; Huynh, M. Q.: Current Issues Faced by Technology Entrepreneurs. *Communications of the ACM*, 50 (2007) 10, pp. 60–66
- [31] Venkatesh, V.; Davis, F. D.; Morris, M. G.: Dead or Alive? The Development, Trajectory and Future of Technology Adoption Research. *Journal of the Association for Information Systems*, 8 (2007) 4, pp. 267–286
- [32] Nöllenheidt, C.; Brenscheidt, S.: *Arbeitswelt im Wandel Zahlen – Daten – Fakten*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2015
- [33] DIN-EN 15628: Qualifizierung in der Instandhaltung. Deutsche Fassung, Ausgabe Oktober 2014
- [34] DIN EN ISO 9241–110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Grundsätze der Dialoggestaltung. Deutsche Fassung, Ausgabe September 2008