

# FREQUENZ

Früherkennung von Qualifikationserfordernissen

## REPORT

# Internet der Dinge

## in der industriellen Produktion

Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen  
auf Fachkräfteebene



### Abschlussbericht

Beate Zeller  
Claudia Achtenhagen  
Silke Föst

# **Das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion – Studie zu künftigen Qualifikationser- fordernissen auf Fachkräfteebene**

Abschlussbericht zum 14.05.2010  
(überarbeitete Fassung vom 27.08.2010)

Berichtszeitraum: 01.04.2009 bis 14.05.2010

An das Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Heinemannstraße 2  
53175 Bonn

Verfasser:

Beate Zeller

Dr. Claudia Achtenhagen

Dr. Silke Föst

Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH

Obere Turnstraße 8

90429 Nürnberg

Nürnberg, 27.08.2010

## Management Summary

Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) hat das Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) im Rahmen der Initiative „Früherkennung von Qualifikationserfordernissen“ (FreQueNz) eine Studie „Das ‚Internet der Dinge‘ in der industriellen Produktion – Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene“ durchgeführt. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikro- und Informationstechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft (HSG-IMIT) wurde im Rahmen einer Literatur- und Dokumentenanalyse zunächst der Forschungsgegenstand eingegrenzt und eine für die Zwecke dieser Studie handhabbare Definition eines „Internets der Dinge“ generiert: Das „Internet der Dinge in der industriellen Produktion“ kann demnach definiert werden als „Technologien zur intelligenten Vernetzung einzelner, zuvor zentral gesteuerter Produktionsprozesse, bei denen die zentrale Steuerung durch eine große Anzahl kleiner dezentraler intelligenter Module ersetzt wird, welche die Produktionsprozesse autonom und selbstregulierend ohne den Einsatz einer zentralen Instanz organisieren, steuern und optimieren, so dass eine ‚intelligente Umgebung‘ entsteht“.

Darauf aufbauend wurden in einem dreistufigen Verfahren zentrale Fragestellungen zu plausiblen Anwendungsfeldern eines „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion sowie zu sich daraus ergebenden zukünftigen Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten auf mittlerer Qualifikationsebene bearbeitet:

- Welche Bedeutung wird das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion in Zukunft haben? Wird es in absehbarer Zeit einen verstärkten Einsatz des Internet der Dinge in der industriellen Produktion geben? Wenn ja, in welchen Branchen, Arbeitsbereichen und beruflichen Tätigkeitsfeldern?
- Hat der verstärkte Einsatz des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion Auswirkungen auf die künftigen Qualifikationsanforderungen der Beschäftigten in der Produktion? Wenn ja, mit welchen veränderten Anforderungsprofilen der Produktionsmitarbeiter ist zu rechnen? Inwieweit wäre insbesondere die mittlere Qualifikationsebene betroffen? Wie verändert sich das Gefüge der betrieblichen Qualifikationsebenen, speziell vor dem Hintergrund einer möglicherweise fortschreitenden Automatisierung einfacher Kontroll-, Überwachungs- und anderer manueller Tätigkeiten?

Stufe 1 der Untersuchung widmete sich vorrangig der oben benannten ersten Frage und hatte zum Ziel, prospektive Aussagen über die Bedeutung des „Internets der Dinge“ für die industrielle Produktion der Zukunft in relevanten Anwendungsfeldern zu treffen. Unter diesen Anwendungsfeldern wurden Bereiche verstanden, in denen eine Technologisierung im Sinne des „Internets der Dinge“ sowohl aus wissenschaftlicher, insbesondere aber aus betrieblicher Sicht prognostiziert werden kann. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass der Einsatz neuer Technologien in der industriellen Produktion von einer Vielzahl von Determinanten abhängt – nicht nur von der technischen Entwicklung, sondern unter anderem auch betriebswirtschaftlichen Kalkülen, Fortschritten der Arbeitsorganisation und Fabrikplanung sowie Entwicklungen auf den Facharbeitsmärkten. Prognosen zum Technikeinsatz können daher nur Szenarien beschreiben, die Planer und Experten selbst für wahrscheinlich halten und sind stets mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet.

Auf Basis der oben genannten Definition sowie in enger Abstimmung mit Vertretern aus Wissenschaft und betrieblicher Praxis wurden vier Anwendungsfelder identifiziert, für die in den nächsten Jahren ein Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ zu erwarten sein könnte:

- bei der transparenten Überwachung, Steuerung und Wartung von Maschinen und Anlagen zur ganzheitlichen Optimierung der Produktion (*intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen/ Anlagen*),
- im Rahmen des gesamten Fertigungsprozesses bei der Überwachung von Produkten mithilfe von Speichern, Prozessoren etc., die Informationen zur Identifikation und den geplanten sowie den tatsächlichen Produktionsablauf enthalten (*Informationsspeicherung am Produkt*),
- innerhalb des produktionsinternen Logistikprozesses - z. B. bei der Lokalisierung von Produkten, Bedarfs- oder Bestandsmeldungen zur *intelligenten Materialbeschaffung* (mittels Sensoren zum Zweck effizienterer Produktionsprozesse,
- bei einer völligen *Dezentralisierung des gesamten Produktionsprozesses*, der sich durch Kommunikation und Verhandlungen der Speicher, Prozessoren etc. untereinander selbst planen, organisieren und überprüfen könnte (sogenannte Digitale Fabrik).

Innerhalb der kommenden drei bis fünf Jahre wäre eine Umsetzung technisch möglich, allerdings ist mit einem breiten tatsächlichen Einsatz neuer Technologien in den Anwendungsfeldern in diesem Zeitraum noch nicht zu rechnen. Zum einen ist zu konstatieren, dass aufgrund der veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Wirtschaftskrise) technische Optimierungspotenziale zugunsten betriebswirtschaftlicher Faktoren zur Erhaltung der Geschäftsfähigkeit in den Hintergrund rückten. Zum anderen wird für die technologische Fortentwicklung von Produktionstechnologie aus technischen und betriebswirtschaftlichen Gründen in vielen Branchen mit Maschinenlaufzeiten von ca. 20 Jahren geplant, so dass die Realisierung eines „Internets der Dinge“ eher mittelfristig, im Zeitrahmen von bis zu zehn Jahren, wahrscheinlicher ist (vgl. Anlage I: Expertise I, 17ff und Anlage II: Expertise II: 14).

In Stufe 2 der Untersuchung wurden mittels betrieblicher Fallstudien zunächst die aktuell in der industriellen Produktion vorherrschenden Tätigkeiten/Anforderungsprofile für Facharbeiter erhoben und anschließend in Stufe 3 die erwarteten Qualifikationsbedarfe in den jeweiligen Anwendungsfeldern erfasst. Im Ergebnis liegen Anforderungsprofile in Produktionsbereichen vor, die denen der erwarteten zukünftigen Anwendungsfelder möglichst nahe kommen. Diese Anforderungsprofile wurden zu Matrizen zusammengefasst, in denen der Wandel des Aufgabenspektrums in den drei unternehmensübergreifend vorfindbaren Tätigkeitsbereichen *Maschinen und Anlagen bedienen, Maschinen und Anlagen steuern, Maschinen und Anlagen instand halten und warten* entlang eines Prozessmodells abgebildet wurde.

Nach Auffassung der Experten werden sich in den Anwendungsfeldern im Tätigkeitsbereich des *Bedienens* folgende Aufgaben verändern:

- Statt umfassender Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Bedienen einer geringen Anzahl an Maschinen stehen, werden zukünftig wenig unterschiedliche Tätigkeiten vorzunehmen sein, diese aber dafür an einer Vielzahl von Maschinen.

- Bisherige Aufgaben der regelmäßigen Überwachung von Maschinen per Augenschein und per Interpretation von Zustandsbeschreibungen am Monitor werden ersetzt werden durch Aufgaben der Überwachung eines von der Maschine/dem Monitor signalisierten Bedarfs.
- Außerdem wird verbale und schriftliche Kommunikation und Dokumentation häufig durch netzgestützte Kommunikation abgelöst werden.

Im Tätigkeitsbereich des *Steuerns*:

- werden neue Aufgaben der Softwarewartung anfallen.
- werden Störungsanzeigen nicht mehr eigenständig interpretiert, sondern nur noch entsprechend den maschinellen Anweisungen umgesetzt.
- wird der von Maschinen gelieferte Datenoutput interpretiert und werden aufbauend darauf angemessene Handlungsentscheidungen getroffen – sei es im Hinblick auf anschließende eigene Tätigkeit oder hinsichtlich der Organisation der Aufgabenbewältigung durch andere.
- werden Aufgaben der Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen während des Prozesses des Maschinenbedienens sich hin zu einer Vorabprüfung bei der Anlieferung des einzusetzenden Materials, bei der Einspielung der (Prüf-)Software verschieben.
- werden zukünftig quantitativ mehr Maschinen gleichzeitig einzurichten und zu steuern sein.
- wird der persönliche Austausch zwischen Kollegen über die Abteilungen hinweg vermehrt durch funkgesteuerte bzw. elektronische Kommunikation ergänzt werden. Auch der Umfang von Außenkontakten wird sich erhöhen – insbesondere über unterschiedliche Kommunikationsmedien, wobei infolge zunehmender Internationalität die Konversation auf Englisch immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

Im Zusammenhang mit *Instandhaltungsaufgaben* werden sich die zentralen Tätigkeiten nach Auffassung der Experten schwerpunktmäßig

- von Aufgaben der regelmäßigen hin zu einer bedarfsorientierten Maschinenwartung bei steigender Komplexität der Wartungsarbeiten wandeln.
- auch auf die Bereiche Sensoren/Netzwerke sowie Wartungs- und Prüfprogramme hin ausweiten.
- von der Behebung rein mechanischer oder rein elektronischer Komponenten hin zu kombinierten Elementen (etwa in den Bereichen Elektromechanik oder Netzwerktechnik) verlagern.
- z. T. auch im Hinblick auf die zu erstellenden Kosten-Nutzen-Analysen verändern. Im Zusammenhang mit einer Kostenkalkulation unter steigender Komplexität hinsichtlich der in die Kalkulation einzubeziehenden Parameter wird sich der Aufgabenumfang auch in Bezug auf Fragen der Funktechnologie deutlich erhöhen.
- im fachlichen Austausch – sowohl im Hinblick auf mündliche (z. B. über telefonische oder Videokontakte) als auch auf schriftliche (z. B. über Bedienungsanleitungen oder Internetplattformen) Kommunikation – bei zunehmender internationaler Verknüpfung von Netzwerken und infolge der steigenden Tendenz, Wartungs- und/oder Instandhaltungsaufgaben an Fachkräfte im Ausland zu vergeben, verstärkt auf englische Kommunikation ausweiten.

Der Großteil der oben aufgeführten Tätigkeitsveränderungen konnte in den Anwendungsfeldern 1 (*Maschinenüberwachung*) und 2 (*Produktüberwachung*) beobachtet werden. Hervorzuheben sind aber auch die Veränderungen im Anwendungsfeld 3 (*Intelligente Materialbeschaffung*), da hier durch den Einsatz von Funktechnologie bisherige manuelle Tätigkeiten so gut wie vollständig entfallen werden. Anwendungsfeld 4 (*Selbstorganisierende Produktion*) befindet sich bisher technisch noch im Entwicklungsstadium und wird in den kommenden Jahren lediglich in einer Vorstufe, der produktionsbegleitenden Simulation auf Basis von Echtdateien, die in den übrigen Anwendungsfeldern generiert werden, zu realisieren sein. Da sich aber alle diesem Anwendungsfeld zugrundeliegenden Informationen aus den übrigen Anwendungsfeldern generieren, summieren sich hier voraussichtlich sämtliche Veränderungen, die in den anderen Anwendungsfeldern anfallen.

Schließlich ergab die Untersuchung des Tätigkeitsspektrums der Beschäftigten und der zu erwartenden Qualifikationsbedarfe aufgrund des Einsatzes neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion folgende veränderten fachlichen und überfachlichen Qualifikationsanforderungen:

- *Mechanik und Elektronik*: Vertiefte Kombination von Kenntnissen beider Bereiche sowie zusätzliche Kenntnisse mechatronischer Systeme und erweiterte Programmier- bzw. Parametrierfähigkeiten für spezielle Software.
- *Netzwerk-/Funktechnologien und Übertragungstechnik*: Kenntnisse zu Netzwerk- und Funktechnologien bzw. Übertragungstechniken, beispielsweise zu RFID.
- *Werkstofftechnik*: allgemeine Werkstoffkunde.
- *Produktionsabläufe und Verfahrenstechnik*: z. B. höhere Anforderungen hinsichtlich der Kenntnisse von Strukturen und Wertschöpfungsprozessen.
- *Umgang mit Informationen im Rahmen der Analyse und Behebung von Problemen/Störungen*: höhere Anforderungen an die Analysefähigkeit, an den Umgang mit abstrakten Informationen, die Fähigkeit zur selbstständigen Informationsbeschaffung sowie an die Organisation von Problemlösungsprozessen.
- *sozial-/ kommunikative und fremdsprachliche Kompetenzen*: verbale Kompetenzen zur Vermittlung relevanter Sachverhalte, Kommunikation in englischer Sprache, Teamfähigkeit.
- *Umgang mit Stress*: Fähigkeiten zur selbstständigen Stressbewältigung.

Insgesamt wird die Einführung neuer Technologien in der industriellen Produktion im Sinne des „Internets der Dinge“ somit für alle Stufen der mittleren Qualifikationsebene insbesondere im Hinblick auf überfachliche Qualifikationen Veränderungen mit sich bringen.



# Inhalt

<b>Tabellen- und Abbildungsverzeichnis</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>10</b>
<b>1 Zielsetzung und Aufbau der Studie</b>	<b>11</b>
<b>2 Methodologie der Untersuchung</b>	<b>14</b>
2.1 <i>Das kooperative Analyseverfahren</i>	14
2.2 <i>Vorgehensweise und Ablauf der Untersuchung</i>	16
2.2.1 Stufe 1: Bestimmung von Anwendungsbereichen für das Internet der Dinge	17
2.2.2 Stufe 2: Erstellung von Anforderungsprofilen in den zukünftigen Anwendungsfeldern	20
2.2.3 Stufe 3: Ableitung zukünftiger Qualifikationsanforderungen	23
<b>3 Untersuchungsergebnisse Teil I: Zukünftige Anwendungsfelder für das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion</b>	<b>25</b>
3.1 <i>Eingrenzung des Forschungsgegenstandes</i>	25
3.1.1 Begriffsbestimmung „Internet der Dinge“	25
3.1.2 Bestimmung relevanter Anwendungsfelder für den Einsatz eines „Internet der Dinge“	28
3.1.3 Bewertungskriterien der Wahrscheinlichkeit des Einsatzes neuer Technologien im Sinne des Internets der Dinge	30
3.2 <i>Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen</i>	31
3.2.1 Darstellung des Anwendungsfeldes	31
3.2.2 Bewertung des Anwendungsfeldes	33
3.3 <i>Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt</i>	35
3.3.1 Darstellung des Anwendungsfeldes	35
3.3.2 Bewertung des Anwendungsfeldes	36
3.4 <i>Anwendungsfeld 3: Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme</i>	39
3.4.1 Darstellung des Anwendungsfeldes	39
3.4.2 Bewertung des Anwendungsfeldes	39
3.5 <i>Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion in der Digitalen Fabrik</i>	42
3.5.1 Darstellung des Anwendungsfeldes	42
3.5.2 Bewertung des Anwendungsfeldes	42
3.6 <i>Zwischenfazit</i>	45

<b>4</b>	<b>Untersuchungsergebnisse Teil II: Auswirkungen des Einsatzes des „Internets der Dinge“ auf das Tätigkeitsspektrum von und die Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte in der industriellen Produktion</b>	<b>47</b>
4.1	<i>Vorbemerkungen</i>	47
4.2	<i>Technologische Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“ als Auslöser veränderter Qualifikationsanforderungen</i>	48
4.2.1	Folgen der Implementierung technologischer Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion	49
4.2.2	Zwischenfazit	53
4.3	<i>Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen</i>	53
4.3.1	Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der Maschinenüberwachung	53
4.3.2	Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der Maschinenüberwachung	57
4.3.3	Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der Maschinenüberwachung	60
4.4	<i>Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt</i>	63
4.4.1	Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der Produktüberwachung	63
4.4.2	Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der Produktüberwachung	66
4.4.3	Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der Produktüberwachung	69
4.5	<i>Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 3: Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme</i>	72
4.5.1	Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung	72
4.5.2	Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung	74
4.5.3	Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung	76
4.6	<i>Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion in der Digitalen Fabrik</i>	77
4.7	<i>Veränderte Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte durch den Einsatz des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion (Anwendungsfelder 1 bis 4)</i>	78
4.7.1	Grundsätzliche Entwicklung der Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter in der industriellen Produktion	78
4.7.2	Veränderte Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter aufgrund des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion	80
4.7.3	Abschließende Bewertung und Systematisierung zukünftiger Qualifikationsanforderun- gen an Facharbeiter in der industriellen Produktion durch die einbezogenen Experten	84
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>88</b>
	<b>Literatur</b>	<b>91</b>



## Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

### Tabellen

Tab. 1:	<i>Expertenworkshops</i>	20
Tab. 2:	<i>Betriebliche Fallstudien (vgl. Anlage III.3)</i>	21
Tab. 3:	<i>Übersicht Begriffe/Konzepte zur gegenwärtigen InK-Entwicklungen (vgl. Brand 2009, 14ff, Deutscher Bundestag 2008 sowie Fleisch/Mattern 2005, V ff)</i>	26
Tab. 4:	<i>Übersicht ausgewerteter Studien zur Bestimmung relevanter Anwendungsfelder</i>	29
Tab. 5:	<i>Bewertungsmatrix für jedes Anwendungsfeld</i>	31
Tab. 6:	<i>Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 1 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren</i>	33
Tab. 7:	<i>Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 1</i>	34
Tab. 8:	<i>Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 2 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren</i>	36
Tab. 9:	<i>Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 2 (Teil 1)</i>	37
Tab. 10:	<i>Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 2 (Teil 2)</i>	38
Tab. 11:	<i>Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 3 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren</i>	40
Tab. 12:	<i>Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 3</i>	41
Tab. 13:	<i>Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 4 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren</i>	43
Tab. 14:	<i>Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 4</i>	44
Tab. 15:	<i>Hemmende Faktoren des Einsatzes neuer Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“ (vgl. Anlage I, 18ff)</i>	45
Tab. 16:	<i>Matrix zur prozessorientierten Darstellung der Entwicklung des Aufgabenspektrums</i>	47
Tab. 17:	<i>Anwendungsfeld 1: Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der Maschinenüberwachung</i>	55
Tab. 18:	<i>Anwendungsfeld 1: Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der Maschinenüberwachung</i>	58
Tab. 19:	<i>Anwendungsfeld 1: Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der Maschinenüberwachung</i>	61
Tab. 20:	<i>Anwendungsfeld 2: Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der Produktüberwachung</i>	64
Tab. 21:	<i>Anwendungsfeld 2: Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der Produktüberwachung</i>	67
Tab. 22:	<i>Anwendungsfeld 2: Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der Produktüberwachung</i>	70
Tab. 23:	<i>Anwendungsfeld 3: Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der Intelligenten Materialbeschaffung</i>	73
Tab. 24:	<i>Anwendungsfeld 3: Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der Intelligenten Materialbeschaffung</i>	75

Tab. 25: Anwendungsfeld 3: Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der Intelligenten Materialbeschaffung	76
Tab. 26: Zusammenfassung zukünftiger fachlicher Qualifikationsanforderungen	85
Tab. 27: Zusammenfassung zukünftiger überfachlicher Qualifikationsanforderungen (Teil 1)	86
Tab. 28: Zusammenfassung zukünftiger überfachlicher Qualifikationsanforderungen (Teil 2)	87

## Abbildungen

Abb. 1: Untersuchungsverlauf	17
Abb. 2: Überblick über die vier Anwendungsfelder und deren Ausprägungen	29

## Abkürzungsverzeichnis

<b>A &amp; D</b>	Automation and Drives
<b>ADiWa</b>	„Allianz Digitaler Warenfluss“
<b>AEVO</b>	Ausbilder-Eignungsverordnung
<b>Aletheia</b>	„Semantische Föderation umfassender Produktinformationen“
<b>BMBF</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung
<b>CNC-Steuerungen</b>	Computerized Numerical Control, computerisierte numerische Steuerung, elektronische Steuerung von Maschinen
<b>ENAS</b>	„Drahtlose Vernetzung von Produktionsanlagen mit energieautarken Aktoren und Sensoren“
<b>f-bb</b>	Forschungsinstitut Betriebliche Bildung
<b>FreQueNz</b>	Initiative „Früherkennung von Qualifikationserfordernissen“
<b>HF</b>	Hochfrequenz
<b>HSG-IMIT</b>	Institut für Mikro- und Informationstechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft
<b>IO</b>	in Ordnung
<b>IT</b>	Informationstechnik, Oberbegriff für die Informations- und Datenverarbeitung
<b>IuK</b>	Information und Kommunikation
<b>LICMA</b>	„Modellbasierte Planung und sensorgestützte Überwachung des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen“
<b>Maschinen-ID</b>	Maschinen-Identität
<b>MIKOA</b>	„Miniaturisierte energieautarke Komponenten mit verlässlicher drahtloser Kommunikation für die Automatisierungstechnik“
<b>NIO</b>	nicht in Ordnung
<b>RFID</b>	radiofrequente Identifikation
<b>SemProM</b>	„Semantic Product Memory“
<b>SmartKanban</b>	Projekt „Selbstorganisierendes autarkes Kanban-System auf Basis eigenintelligenter, vernetzter und ultrakostengünstiger Sensorknoten
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>SPS</b>	Speicherprogrammierbare Steuerung
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network

# 1 Zielsetzung und Aufbau der Studie

Die zunehmende Globalisierung hat aufgrund der für produzierende Industrieunternehmen im internationalen Vergleich hohen Arbeitskosten in Deutschland in den letzten Jahren zu einer erhöhten Rationalisierung geführt. Produktivitätspotenziale wurden insbesondere durch eine verstärkte Informatisierung der Produktion und neue technologische Entwicklungen gehoben, wobei dieser Prozess bei weitem nicht abgeschlossen scheint: Aktuell werden unter dem Begriff „Internet der Dinge“ Vernetzungsprozesse diskutiert, die deutlich über bisher gekannte Automatisierungsformen hinausreichen. Bisher existierende Szenarien zur künftigen Diffusion neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ beschränken sich jedoch meist auf die damit verbundenen prozessualen und technologischen Veränderungen. Die damit einhergehenden Auswirkungen auf die Arbeitswelt und die Qualifikationsanforderungen der Produktionsmitarbeiter<sup>1</sup> bleiben bisher häufig unberücksichtigt, obwohl Qualifikationsdefizite von Facharbeitern vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen einen wesentlichen Hemmnisfaktor bei der Einführung neuer Technologien darstellen.

## Ziel der Untersuchung

Vor diesem Hintergrund hat die vorliegende Untersuchung das Ziel, die Auswirkungen des Einsatzes technischer Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion auf die künftigen Qualifikationserfordernisse der Beschäftigten auf mittlerer Qualifikationsebene zu beschreiben. Diese Qualifikationsebene wird derzeit größtenteils von Facharbeitern mit Ausbildungs- bzw. ergänzenden Fortbildungsabschlüssen (nicht hochschulisch) besetzt. Im Fokus der Untersuchungen waren damit weder die Tätigkeiten unterhalb von Facharbeit, die vielfach von An- und Ungelernten ausgeführt werden, noch von Hochschulabsolventen (beispielsweise Ingenieuren) auf höheren Qualifikationsebenen.

Um die weitere Entwicklung des Einsatzes neuer Technologien abschätzen zu können, sollten vom Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) und dem Institut für Mikro- und Informationstechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft (HSG-IMIT) gemeinsam mit betrieblichen Experten und mit Fachwissenschaftlern zunächst Zukunftsszenarien zur Technologieanwendung entwickelt und auf ihre Plausibilität und Realisierbarkeit hin überprüft werden, um darauf aufbauend mögliche zukünftige Tätigkeitsfelder und daraus resultierende Qualifikationsanforderungen zu identifizieren.

Im Rahmen der Studie galt es daher zunächst Fragen zur technischen Realisierbarkeit zu beantworten:

- Welche Bedeutung wird das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion in Zukunft haben?

---

<sup>1</sup> Zur besseren Lesbarkeit wird für Personenbezeichnungen im gesamten Text die männliche Form verwendet; sie steht synonym auch für die entsprechende weibliche Bezeichnung.

- Wird es in absehbarer Zeit einen verstärkten Einsatz des Internet der Dinge in der industriellen Produktion geben?
- Wenn ja, in welchen Branchen, Arbeitsbereichen und beruflichen Tätigkeitsfeldern?

Die Ergebnisse dieses ersten Schrittes waren notwendig, um künftigen Auswirkungen eines „Internet der Dinge“ auf die Qualifikationsanforderungen von Beschäftigten in plausiblen Anwendungsfeldern der industriellen Produktion erheben zu können. Im weiteren Verlauf der Studie wurden darauf aufbauen folgende Fragestellungen untersucht:

- Hat der verstärkte Einsatz des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion Auswirkungen auf die künftigen Qualifikationsanforderungen der Beschäftigten in der Produktion?
- Wenn ja, mit welchen veränderten Anforderungsprofilen der Produktionsmitarbeiter ist zu rechnen?
- Inwieweit wäre insbesondere die mittlere Qualifikationsebene betroffen?
- Wie verändert sich das Gefüge der betrieblichen Qualifikationsebenen, speziell vor dem Hintergrund einer möglicherweise fortschreitenden Automatisierung einfacher Kontroll-, Überwachungs- und anderer manueller Tätigkeiten?

Der Fokus der Untersuchungen lag dabei auf Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie (Bereiche Automotive und Automation), wobei die Fallstudien aufgrund ihrer Technologieführerschaft und Vorreiterrolle insbesondere bei Automobilherstellern und -zulieferern durchgeführt wurden.

### Aufbau der Studie

Im Anschluss an diese einführenden Bemerkungen wird im Kapitel 2 die Methodologie der Untersuchung dargelegt: Dazu werden im Abschnitt 2.1 zunächst das kooperative Analyseverfahren und die innerhalb dieses Forschungsansatzes verwendeten Methoden zur Datengewinnung und -auswertung skizziert. Im Anschluss erläutert Abschnitt 2.2 die Vorgehensweise und den Ablauf der Untersuchung und begründet Ergänzungen und Abweichungen von der ursprünglichen Konzeption.

In den Folgekapiteln werden die Ergebnisse der Untersuchung präsentiert:

Kapitel 3 widmet sich der Beantwortung des ersten Blocks der zentralen Fragestellungen der Studie und zeigt zukünftige Anwendungsfelder für das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion auf, die gemeinsam von f-bb und HSG-IMIT entwickelt und im Rahmen von Workshops durch Wissenschaftler und Praktiker nach der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens bewertet wurden. Hierfür werden die Ergebnisse der Literatur- und Dokumentenanalyse und die Expertisen des HSG-IMIT zur Definition des „Internets der Dinge“ und Identifizierung (potenzieller) Anwendungsfelder (Expertise I des HSG-IMIT, vgl. Anlage I) sowie zur Einschätzung des tatsächlichen Einsatzes neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ (Expertise II des HSG-IMIT, vgl. Anlage II) zusammengefasst.

Im Kapitel 4 werden im Anschluss daran die Auswirkungen der technologischen Weiterentwicklung in den entwickelten Anwendungsfeldern auf das Tätigkeitsspektrum und die Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte in der industriellen Produktion beschrieben (Beantwortung des

zweiten Blocks der zu untersuchenden Fragen). Dazu wird im Abschnitt 4.2 zunächst einführend dargelegt, welche Folgen die Implementierung neuer Technologien grundsätzlich auf die Mensch-Maschine-Beziehungen hat. Diese vorwiegend auf einer Literatur- und Dokumentenanalyse beruhenden Erkenntnisse aus der industrie- bzw. risikosoziologischen Forschung ermöglicht eine grundsätzliche Abschätzung der Auswirkungen des „Internets der Dinge“ auf die Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter. Darauf aufbauend werden in den Abschnitten 4.3 bis 4.6 für jedes der identifizierten Anwendungsfelder des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion der zu erwartende Wandel des Aufgabenspektrums sowie daraus resultierende Veränderungen hinsichtlich der Qualifikationsanforderungen beschrieben. Eine Zusammenfassung (Abschnitt 4.7) der zentralen Erkenntnisse zu zukünftigen Qualifikationsanforderungen inklusive deren Bewertung und Beurteilung durch die in die Untersuchung einbezogenen Experten schließt dieses Kapitel ab.

Im Anschluss daran wird im Kapitel 5 ein abschließendes Fazit gezogen, außerdem werden offene Fragen und Forschungsdesiderata skizziert.



## 2 Methodologie der Untersuchung

### 2.1 Das kooperative Analyseverfahren

Bezogen auf die oben beschriebenen Ziele der Untersuchung ergaben sich grundsätzlich zwei thematische Schwerpunkte: Zukünftige Entwicklungen im technologischen Bereich einerseits und daraus abgeleitete bzw. darauf bezogene sich verändernde Qualifikationsanforderungen für Beschäftigte andererseits. Um beiden Themenkomplexen in geeigneter Weise entsprechen zu können, wurde forschungsmethodisch das kooperative Analyseverfahren angewendet und hinsichtlich der beiden Handlungsstränge ausdifferenziert. Das kooperative Analyseverfahren ist ein im f-bb entwickelter qualitativer Untersuchungsansatz zur Früherkennung von Qualifikationsanforderungen. Er verbindet den Einsatz von Methoden der empirischen Sozialforschung, z. B. Arbeitsplatzbeobachtung, qualitative Experteninterviews, Literatur- und Dokumentenanalyse und die Nutzung unterschiedlicher Datenquellen mit der Kooperation mit Wissensträgern und betrieblichen Experten<sup>2</sup> im Untersuchungsverlauf (vgl. dazu im Detail auch Zeller 2006 und Galiläer 2007). Der Ansatz folgt den zentralen Gestaltungsprinzipien *Betriebsnähe, einer aktiven Rolle der Experten*, sowie einer *Auffassung von Forschung als dialogischem Prozess*.

#### Die Rolle der Experten im Untersuchungsverlauf

Innerhalb des Kooperativen Analyseverfahrens kommt Experten aus Wissenschaft und Praxis eine zentrale Rolle zu. Sie werden sowohl an der Planung des Verfahrens und des Ablaufs, der Generierung weiterer Forschungsfragen sowie an der Prüfung und Bewertung des Forschungsprozesses und der darin erzielten Projektergebnisse *aktiv beteiligt* (vgl. Galiläer 2007, 52). Dazu werden sie in einen *moderierten Steuerungskreis* eingebunden, der die Aufgabe hat, den Untersuchungsverlauf mitzubestimmen, die Ergebnisse in den verschiedenen Stadien der Untersuchung kritisch zu sichten, zu beurteilen und in den Fortgang der Untersuchung einfließen zu lassen (vgl. Zeller et al., 2004, 24).

Die Experten agieren dabei in einer Doppelfunktion sowohl auf der Objekt- als auch auf der Subjektebene. Auf Objektebene wird darauf abgezielt, einen Forschungsgegenstand in seiner Komplexität möglichst realitätsgetreu abzubilden. Hierfür gilt es, zusätzlich zum Blickwinkel des neutral beobachtenden Forschers auch die fachliche Expertise der unmittelbar mit dem Untersuchungsgegenstand konfrontierten Personen einzubeziehen. Die in den Untersuchungsverlauf integrierten Experten fungieren dabei als Wissens- und Know-how-Träger. Auf der Subjektebene

---

<sup>2</sup> Dabei wird für die Untersuchung ein verhältnismäßig weiter Expertenbegriff zugrunde gelegt. Experten sind im Allgemeinen Menschen, die ein besonderes Wissen über relevante Sachverhalte besitzen (vgl. Gläser/Laudel 2004, 10), bzw. ist ein Experte eine Person, die „in irgendeiner Weise Verantwortung trägt für den Entwurf, die Implementierung oder die Kontrolle einer Problemlösung oder [...] über einen privilegierten Zugang zu Informationen über Personengruppen oder Entscheidungsprozesse verfügt“ (Meuser/Nagel 2005, 74). Sie werden somit zu sogenannten methodisch konstruierten Experten (vgl. Deeke 1995, 10). Die Experten müssen dabei keine besondere oder gar exklusive Stellung in einem sozialen Kontext bzw. einer Institution einnehmen. Wichtig ist lediglich, dass sie über ein besonderes oder gar exklusives Wissen hinsichtlich des Untersuchungsgegenstands verfügen.

werden die im Untersuchungsverlauf gewonnen Erkenntnisse unmittelbar wieder in die Kontexte der Experten, also die wissenschaftliche Arbeit bzw. die betriebliche Praxis, übertragen. Die Experten sind somit immer auch potenzielle Profiteure bzw. Nutzer der Projektergebnisse, wenden diese an, reflektieren dabei gemachte Erfahrungen und gewinnen so neue Erkenntnisse bzw. Expertise, die wiederum in den Projektkontext integriert werden kann.

Im Kontext der vorliegenden Studie wurde die aktive Beteiligung von Experten aus Wissenschaft und Praxis über thematisch ausgerichtete *Workshops* sichergestellt. Als Experten wurden zum einen Personen aus FuE-Abteilungen in Instituten und Unternehmen eingebunden, die sich mit der Erforschung und Entwicklung neuer Technologien, z. B. von Sensoren befassen und daher eingehendes Wissen über neue Trends in der Produktionsautomatisierung besitzen. Zum anderen wurden Experten aus industriellen Anwendungsbereichen der Produktionsplanung und der Fertigungsleitung einbezogen.

### **Betriebliche Fallstudien im Kooperativen Analyseverfahren**

Betriebliche Fallstudien verfolgen grundsätzlich das Ziel, Handlungsfiguren und/oder typische Handlungsmuster zu identifizieren, die spezifische Rahmenbedingungen und das Verhalten der Akteure aufzeigen, und erlauben dabei, „sich durch die Beschränkung auf ein Untersuchungsobjekt oder relativ wenige Personen intensiver mit mehr Untersuchungsmaterial beschäftigen zu können, um dadurch umfangreichere und komplexere Ergebnisse zu bekommen“ (Witzel 1982, 78). Die möglichst realitätsgetreue Abbildung von Fällen und Situationen fördert ein besseres Verständnis für das Zusammenwirken konstituierender Faktoren. Innerhalb der Fallstudien finden sozialwissenschaftliche Methoden Anwendung – Beispiele hierfür sind Beobachtungen, Interviews, Gruppendiskussionsverfahren oder auch die Inhaltsanalyse verschiedenster Dokumente. Fallstudien ermöglichen damit als methodisch offener Untersuchungsansatz die Erfassung neuer Informationen und branchenspezifischer Entwicklungen auf flexiblen Wegen.

Zumeist – und so auch in diesem Fall – werden im Rahmen der betrieblichen Fallstudien Interviews bzw. Diskussionen mit Betriebsexperten geführt, um die Ergebnisse der Arbeitsplatzbeobachtungen zu spiegeln. Dabei handelt es sich jeweils um problemzentrierte Befragungen mittels leitfadengestützter Interviews, die es ermöglichen, die den Handlungen und Bewertungen der Betroffenen zugrunde liegenden Relevanzkriterien zu erfassen (vgl. ebd., 70). Die Experteninterviews erlauben grundsätzlich eine gewisse Offenheit (Erhebung von Erläuterungen, Begründungen und Einschätzungen, Nachfragen und Diskurs), bieten durch die wissenschaftlich reflektierte Strukturierung mit Hilfe eines Interviewleitfadens jedoch zusätzlich die Möglichkeit, alle für den Forschungsprozess relevanten Aspekte abzudecken und „theoretische Vorüberlegungen in der Erhebung zu berücksichtigen“ (Gläser/Laudel 2004, 111). Ziel ist dabei neben der Überprüfung vorformulierter Hypothesen die Generierung neuer Ideen und neuen Wissens, das aus der Betriebspraxis heraus im Untersuchungsverlauf unmittelbar berücksichtigt werden kann. In der vorliegenden Untersuchung hatten die Interviews insbesondere zum Ziel, im Gespräch aus dem beobachteten Ist-Zustand auf zukünftige Qualifikationsanforderungen zu schließen.

## Das Prozessmodell betrieblicher Anforderungen

Im Rahmen der Arbeitsplatzbeobachtung sollen die Tätigkeiten bzw. Anforderungen in Anlehnung an Baethge/Schiersmann (1998) unter dem Blickwinkel der Prozessorientierung und der Prozesskompetenz analysiert und beschrieben werden. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Tätigkeiten in der modernen Produktion stets im Gesamtkontext betrieblicher Arbeits- und Geschäftsprozesse stehen. Beschäftigte müssen ihr Handeln dahingehend reflektieren und diese Zusammenhänge im Arbeitshandeln berücksichtigen. Bei der Analyse von Anforderungen an Arbeitsplätzen müssen daher die vielfältigen Beziehungen im betrieblichen Prozessablauf möglichst umfassend und differenziert berücksichtigt werden; einfache Arbeitsplatzbeschreibungen greifen dabei zu kurz.

Für die vorliegende Untersuchung wurde auf das Prozessmodell von Zeller et al. zurückgegriffen, das Anforderungen an Arbeiten in der industriellen Produktion mit Hilfe von sechs Prozessstypen analysiert. Demnach sind nicht allein Einzelarbeitsplätze Ausgangspunkt der Analyse, sondern die Gesamtheit der Prozesse, deren vielfältige Beziehungen im betrieblichen Prozessablauf es ebenfalls zu berücksichtigen gilt. Folgende Prozessstypen werden unterschieden (vgl. Zeller et al. 2004, 35ff.):

- *Operative Prozesse* umfassen die direkten manuellen oder maschinellen Verrichtungen, die in der Arbeitsumgebung zu leisten sind.
- *Technische Prozesssicherung* zielt darauf, einen reibungslosen Produktionsablauf zu gewährleisten.
- *Informationsprozesse* betreffen die relevanten Aspekte der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -weitergabe innerhalb des Gesamtprozesses der Arbeit.
- *Geschäftsprozesse* bestimmen den betrieblichen Wertschöpfungsprozess und umfassen alle Handlungen, die bewusst auf dessen Ergebnis einwirken.
- *Qualitätsprozesse* sind bestimmt durch die Arbeitsschritte und Handlungen, die auf Sicherstellung der Produktqualität zielen.
- *Umweltmanagement und Arbeitssicherheit* schließlich betreffen die Handlungen zur Erreichung und Optimierung von Arbeitssicherheit für die Beschäftigten, den sorgsam Umgang mit Ressourcen und die Vermeidung von Umweltbelastungen und -gefährdungen.

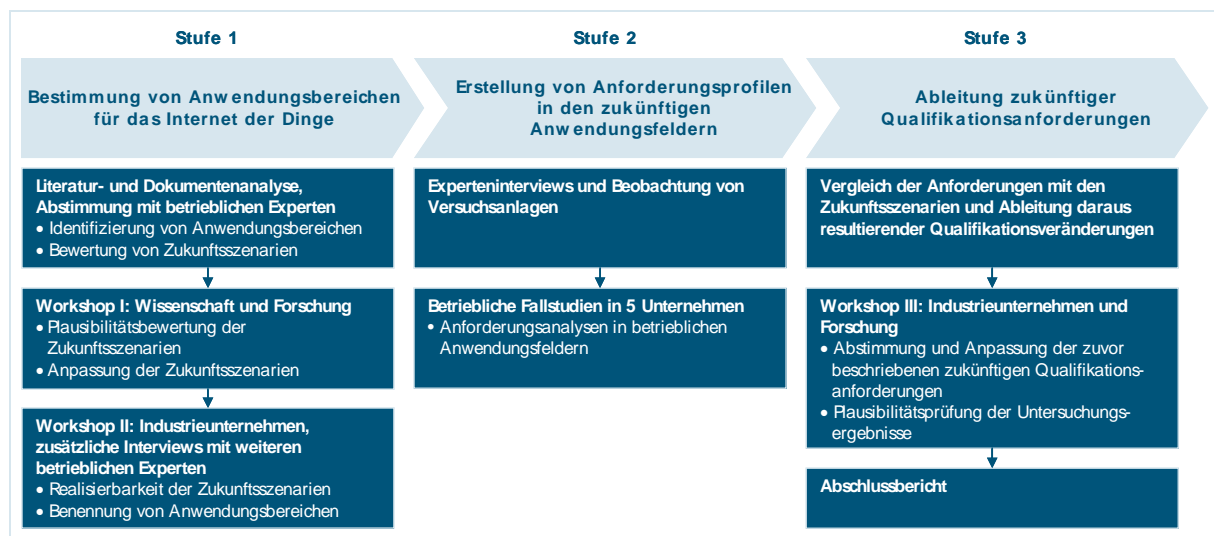
Über diese differenzierte Betrachtung wird die Arbeitswirklichkeit als funktionales Beziehungsgeflecht von Prozessen erfasst, die einander ergänzen und aufeinander bezogen sind. Zudem lassen sich durch diese systematische Trennung leichter Rückschlüsse auf zukünftige Ausprägungen ziehen.

## 2.2 Vorgehensweise und Ablauf der Untersuchung

Das Kooperative Analyseverfahren stellt grundsätzlich betrachtet einen Rahmen dar, innerhalb dessen unterschiedliche sozialwissenschaftliche Methoden Anwendung finden können. Jenseits der oben beschriebenen Kernelemente und Gestaltungsprinzipien kann es im Hinblick auf anzuwendende Methoden und seinem prinzipiellen Ablauf flexibel auf die jeweiligen Fragestellungen hin ausgestaltet werden.

Für diese Untersuchung wurde ein dreistufiges Vorgehen festgelegt.

- Stufe 1: Bestimmung von Anwendungsbereichen für das „Internet der Dinge“
- Stufe 2: Erstellung von Anforderungsprofilen in den zukünftigen Anwendungsfeldern
- Stufe 3: Ableitung zukünftiger Qualifikationsanforderungen



**Abb. 1: Untersuchungsverlauf**

Zur besseren Übersicht werden im Folgenden die Vorgehensweise und der Ablauf der Untersuchung aus forschungsmethodischer Sicht beschrieben. Die in den einzelnen Stufen erzielten Projektergebnisse finden sich aus Lesbarkeitsgründen gebündelt in den Kapiteln 3 und 4.

## 2.2.1 Stufe 1: Bestimmung von Anwendungsbereichen für das Internet der Dinge

Stufe 1 widmete sich vorrangig der oben benannten ersten Forschungsfrage und hatte zum Ziel, die Bedeutung des „Internets der Dinge“ für die industrielle Produktion der Zukunft zu bestimmen und in Zukunftsszenarien zu beschreiben. Dokumentiert werden sollte dies über die Identifikation und Auswahl geeigneter Anwendungsfelder. Verstanden wurden darunter Bereiche, in denen eine Technologisierung im Sinne des „Internets der Dinge“ sowohl aus wissenschaftlicher, insbesondere aber aus betrieblicher Sicht prognostiziert werden kann. Das Vorgehen im Sinne des Kooperativen Analyseverfahrens sah für diese erste Stufe neben einer umfassenden Literatur- und Dokumentenanalyse die enge Abstimmung mit Vertretern aus Wissenschaft und betrieblicher Praxis vor.

### Literatur- und Dokumentenanalyse und Experteninterviews

Als Basis der Untersuchung wurde zunächst eine Literatur- und Dokumentenanalyse vorgenommen. Während das HSG-IMIT dabei insbesondere relevante Anwendungsbereiche, Zeithorizonte und Technologien fokussierte, analysierte das f-bb hauptsächlich die Folgen technologischer Wei-

terentwicklung auf zukünftige Arbeitsplätze in der industriellen Produktion und damit zusammenhängende Qualifikationsanforderungen.

Ziel der Literatur- und Dokumentenanalyse war es, das Spektrum zu eruieren, welches der bislang nicht einheitliche definierte Begriff (vgl. Brand et al. 2009, 14ff) „Internet der Dinge“ umfasst. Auf Basis der Analyseergebnisse wurde eine konkrete Begriffsbestimmung erarbeitet, die als Basis des weiteren Untersuchungsverlaufs diente. Zudem galt es, im Hinblick auf einen ersten Entwurf tragfähiger Zukunftsszenarien, einen Überblick darüber zu gewinnen, in welchen Anwendungsbereichen (im Folgenden auch synonym „Anwendungsfelder“ genannt) der industriellen Produktion in welchen Ausprägungen innerhalb der nächsten drei bis fünf Jahre von einem verstärkten Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ ausgegangen werden kann bzw. ob/inwiefern bereits zum jetzigen Zeitpunkt entsprechende Technologien genutzt werden.

Im Anschluss an die Literatur- und Dokumentenanalyse wurden zusätzlich zwei Experteninterviews mit betrieblichen Vertretern geführt (vgl. Anlage III.1). Diese waren notwendig, um im Hinblick auf den sich anschließenden Workshop eine einheitliche Definition des Begriffs „Internet der Dinge“ zu erwirken, die insbesondere im betrieblichen Kontext als tragfähig angesehen werden kann.

### **Variation des ursprünglich fokussierten Prognosezeitraums**

Bereits im Zuge der Literatur- und Dokumentenanalyse und während der vorab geführten Experteninterviews mit betrieblichen Vertretern ergaben sich erste Hinweise darauf, dass der ursprünglich im Angebot fokussierte Zeithorizont für die Technikfolgenabschätzung einer Anpassung bedurfte:

Ursprünglich war beabsichtigt, für die Prognose der Entwicklung des Tätigkeitsspektrums und des daraus resultierenden Qualifikationsbedarfs die kommenden drei bis fünf Jahre zu untersuchen, wobei bereits im Vorfeld des Projektes darauf hingewiesen wurde, dass eine aus betriebswirtschaftlichen oder technischen Gründen verzögerte Diffusion der Innovationen in die Praxis ggf. einen längeren Prognosezeitraum notwendig machen könnte. Im Verlauf der Untersuchung stellte sich heraus, dass eine Betrachtung eines Zeitraums von drei bis fünf Jahren z. T. zu kurz greift und die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse schmälern würde. Während dieser Zeitraum für die Prüfung des Innovationsgehalts (Entwicklung neuer Produktionsverfahren etc.) und der Beurteilung der Chancen auf Diffusion (betrieblicher Einsatz im Rahmen neu gestalteter Produktionsprozesse) von technologischen Inventionen in den Bereichen Sensorik und der Kommunikation von Objekten durchaus geeignet erscheint, ist zu berücksichtigen, dass aus betriebswirtschaftlichen, technischen und planerischen Gründen in den kommenden drei bis fünf Jahren entstehende Innovationen erst in etwa zehn Jahren marktreif im Sinne eines breiteren betrieblichen Einsatzes in der Produktion sein werden. Dementsprechend wurde für die in Kapitel 4 erarbeitete Prognose von aufgrund des technologischen Wandels veränderten Qualifikationsanforderungen ein Zeitraum von zehn Jahren angelegt.

Ein weiterer Grund für die Ausweitung des zu betrachtenden Zeithorizonts der Studie ist, dass die Beschäftigung mit der Thematik des Einsatzes neuer Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“ in Anbetracht der Wirtschaftskrise derzeit zumindest nicht im Mittelpunkt der Un-

ternehmensstrategien steht. Viele Experten machten deutlich, dass die aktuellen und kurzfristigen Strategien mit einem Zeithorizont von drei bis fünf Jahren eher auf Konsolidierung ausgerichtet seien und sprachen sich mit Blick auf die Prognose der Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte für eine Ausweitung auf einen auf zehn Jahre erweiterten Analysezeitraum aus.

### **Expertenworkshops mit Wissenschaftlern und betrieblichen Praxisvertretern**

Die in der Literatur- und Dokumentenanalyse gewonnen und über die Experteninterviews verifizierten Ergebnisse zu möglichen Anwendungsfeldern von Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“ und zur Bewertung der Wahrscheinlichkeit einer Umsetzung wurden in einem nächsten Schritt zur Expertise I „Internet der Dinge‘ in der industriellen Produktion – Anwendungsfelder“ (vgl. Anlage I) zusammengefasst. Außerdem findet sich in dieser Expertise die erarbeitete und über Interviews mit Praxisvertretern verifizierte Definition für das „Internet der Dinge“. Die Expertise I bildete die Gesprächsgrundlage für die Diskussion in den Expertenworkshops für Wissenschaftler und Betriebsvertreter. Diese hatten im Sinne des Kooperativen Analyseverfahrens das Ziel, im dialogischen Prozess die skizzierten Zukunftsszenarien auf ihre Plausibilität hin zu prüfen und auf ihre tatsächliche Umsetzbarkeit hin zu bewerten.

Aus organisatorischen Gründen wurden statt der im Angebot benannten zwei Expertenworkshops vier Workshops durchgeführt. Dies wurde notwendig, da sowohl seitens der Wissenschaftler als auch bei den Betriebsvertretern jeweils kein gemeinsamer Termin für alle zu Beteiligten realisiert werden konnte, umgekehrt aber aus Projektsicht nicht auf die Expertise aller Experten verzichtet werden sollte. Zudem war so eine thematische Trennung entlang der unterschiedlichen Anwendungsfelder realisierbar. Zusätzlich wurden mit sechs weiteren Unternehmen, die keine Vertreter zu den Workshops entsenden konnten, Einzelinterviews geführt (vgl. Anlage III.2).

In die Workshops wurden Experten bzw. Institutionen eingebunden, die bereits zum jetzigen Zeitpunkt an der Erforschung bzw. Erprobung entsprechender neuer Technologien arbeiten: Für die „Wissenschafts-Workshops“ konnten Experten der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg (HSU), des Instituts für Integrierte Produktion Hannover (IPH), der Berufsakademie Lörrach, mehrerer Institute innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft, der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH), des Deutschen Zentrums für Künstliche Intelligenz Karlsruhe (DFKI) sowie der SmartFactory Kaiserlautern (dort fand ein Expertenworkshop am 14.08.2009 statt) gewonnen werden. An den „Unternehmens-Workshops“ nahmen insgesamt 17 Verantwortliche aus zwölf Unternehmen teil.



Datum und Ort	Expertenworkshop
14.08.2009, Kaiserslautern	Expertenworkshop I. mit Vertretern der Wissenschaft
23.04.2009, Frankfurt am Main	Expertenworkshop I. mit Vertretern der betrieblichen Praxis
02.10.2009, Hannover	Expertenworkshop II. mit Vertretern der Wissenschaft
11.11.2009, Villingen-Schwenningen	Expertenworkshop II. mit Vertretern der betrieblichen Praxis

**Tab. 1: Expertenworkshops**

Folgende Themen wurden innerhalb dieser Workshops schwerpunktmäßig bearbeitet:

- Erfassung der Experteneinschätzungen zur Plausibilität und Realisierungswahrscheinlichkeit der entwickelten Anwendungsbereiche für neue Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“.
- Ermittlung der Branchen und Bereiche, die für die Durchführung der Fallstudien näher betrachtet werden sollten.
- Erhebung der Tätigkeiten, die von der Einführung neuer Technologien betroffen sein werden.
- Ermittlung der Qualifikationen und Kompetenzen, die seitens der Experten für das Ausführen dieser Tätigkeiten bzw. das Erfüllen der künftigen Anforderungen erwartet werden.

Die Ergebnisse aus allen Workshops wurden im Nachgang zusammengefasst, aufeinander bezogen und fanden Eingang in Expertise II „Internet der Dinge“ – Einschätzung von Experten der Wissenschaft und Praxis“ des HSG-IMIT (vgl. Anlage II).

## 2.2.2 Stufe 2: Erstellung von Anforderungsprofilen in den zukünftigen Anwendungsfeldern

Nachdem in Stufe 1 des Untersuchungsverlaufs die technischen Aspekte des „Internets der Dinge“ im Vordergrund der Betrachtungen standen, rückten mit Beginn der Stufe 2 die Qualifikationsanforderungen der in der Produktion beschäftigten Facharbeiter in den Fokus. Um eine Prognose zukünftiger Qualifikationsanforderungen in einer durch den Einsatz des „Internets der Dinge“ veränderten industriellen Produktion zu ermöglichen, wurden dazu mittels betrieblicher Fallstudien zunächst aktuell in der industriellen Produktion vorherrschende Tätigkeiten/Anforderungsprofile erfasst. Fokussiert wurden dabei Arbeitsumgebungen, die den skizzierten zukünftigen Anwendungsfeldern möglichst nahe kommen sollten.

### Betriebliche Fallstudien

Im Rahmen der Früherkennung ist es sinnvoll, einen Methodenmix einzusetzen, der ausgehend vom aktuellen Status Quo und unter Einbezug verschiedenster Experten Aussagen zu zukünftigen, derzeit noch nicht oder nur ansatzweise beobachtbaren Tätigkeiten und daraus ableitbaren Qualifikationserforderungen ermöglicht. Nur so kann eine hinreichende Prognosegenauigkeit

keit sichergestellt werden. Dazu muss das verwendete Erhebungsinstrumentarium möglichst zielgenau auf zukünftig anfallende Arbeitstätigkeiten ausgerichtet werden.

Um dies für die innerhalb von Stufe 2 durchzuführenden betrieblichen Fallstudien mit leitfadengestützten Interviews und Arbeitsplatzbeobachtungen zu gewährleisten, wurden im Vorfeld Interviews mit Projektleitern von Versuchsanlagen geführt und dortige Arbeitsabläufe im Rahmen von Demonstrationen beobachtet und diskutiert.<sup>3</sup> Dadurch konnten zum einen die zu beobachtenden Arbeitstätigkeiten eingegrenzt und zum anderen zusätzliche Leitfragen für die Interviews generiert werden. Auf Basis dieser Vorbereitungen und des daraus entwickelten Erhebungsinstrumentariums (vgl. Anlage III.3) wurden Fallstudien in Unternehmen durchgeführt.

### Ausgewählte Branchen und Unternehmen

Für die Fallstudien wurde die Automobilbranche bzw. Zuliefererunternehmen für die Automobilbranche ausgewählt, weil sich entlang der bereits heute in weiten Teilen automatisierten Arbeitsplätze zukünftige Entwicklungen in besonderer Weise skizzieren ließen. Die Branche stellt einen beschäftigungsintensiven Teilbereich der industriellen Produktion dar, in dem absolut eine große Zahl von Facharbeitern beschäftigt werden und der zudem in Bezug auf die Einführung von Innovationen traditionell eine Vorreiterrolle einnimmt und z. T. bereits heute Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ erprobt.

Die für die mehrheitlich zweitägigen Fallstudien ausgewählten fünf Automobilunternehmen und Zulieferbetriebe deckten allesamt bereits heute Teilaspekte der identifizierten Anwendungsfelder ab. Bei der Auswahl der Unternehmen wurde zudem darauf geachtet, Differenzierungen zwischen kleineren und größeren Unternehmen vorzunehmen. Die untersuchten Unternehmen beschäftigten zwischen 850 und maximal 13.000 Mitarbeiter am untersuchten Standort. Erwartet wurde, dass die Größe der Unternehmen maßgeblich die Arbeitsstrukturen beeinflusst und dahingehend auch die Einsatzgebiete und Aufgabenbereiche der eingesetzten Fachkräfte differieren.

Datum	Fallstudie	Ort
05.01.2010/10.03.2010	Fallstudie I: BMW AG	Leipzig
23.02.2010	Fallstudie II: IMS-Gear	Donaueschingen
20.10.2009/01.12.2009	Fallstudie III: Siemens AG	Erlangen
24.11.2009/11.03.2010	Fallstudie IV: Volkswagen AG	Kassel-Baunatal
16.04.2010	Fallstudie V: Marquardt AG	Rietheim-Weilheim

**Tab. 2: Betriebliche Fallstudien (vgl. Anlage III.3)**

<sup>3</sup> Ausgewählt wurden dafür zwei Versuchsanlagen der Projekte „SemProM“ und „SmartFactory<sup>KL</sup>“, an denen aktuell Innovationen auf dem Gebiet der RFID-Technologie entwickelt und erprobt werden (vgl. Anlage III.2).

Ein weiteres Kriterium bei der Auswahl lag in der Innovationsfreudigkeit der Unternehmen. Ausgewählt wurden Unternehmen, die sich hinsichtlich der fokussierten Anwendungsfelder als aufgeschlossen zeigten. Die aktive Auseinandersetzung mit der Thematik ermöglichte schon bei der Erfassung des Ist-Zustandes immer wieder eine konstruktive Reflektion über erwartete zukünftige Entwicklungen.

Alle ausgewählten Unternehmen bilden in gewerblich-technischen Berufen (insbesondere Mechatroniker, Elektroniker für Automatisierungstechnik, Montagefacharbeiter, Industriemechaniker, Fertigungsmechaniker, Werkzeugmechaniker) aus und investieren darüber hinaus in großem Umfang in innerbetriebliche Weiterbildung, um die Qualifikationen ihrer Mitarbeiter fortwährend den tätigkeitsbezogenen Anforderungen anpassen zu können.

### **Leitfadengestützte Interviews**

Im ersten Teil der betrieblichen Fallstudien wurden jeweils leitfadengestützte Interviews mit Experten geführt, die entweder Einblick in technologische Modernisierungsprozesse innerhalb des Unternehmens haben bzw. diese planen oder Auskunft zu zukünftigen Qualifikationsanforderungen geben können. Zu den Befragten gehörten insbesondere die Verantwortlichen bzw. Zuständigen für die Planung der Produktionsabläufe und der Einführung neuer Technologien sowie die Wirtschaftlichkeit der Einführung von Neuerungen, die darüber Auskunft geben konnten, welche technologischen Innovationen unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten innerhalb des Unternehmens reale Chancen auf Umsetzung haben.

Außerdem wurden als Interviewpartner Produktionsverantwortliche vor Ort (z. B. Gruppenleiter, Meister), Aus- bzw. Weiterbildungsleiter bzw. Personalverantwortliche hinzugezogen. Diese Personen verfügen über Expertise zu aktuellen Tätigkeiten und Qualifikationsanforderungen und können auf dieser Basis abschätzen, wie sich bei Einführung bestimmter Innovationen einzelne Qualifikationsanforderungen verändern, weil bestimmte Arbeitstätigkeiten wegfallen oder neu hinzukommen.

### **Arbeitsplatzbeobachtungen**

Neben der Durchführung von Experteninterviews spielte die Beobachtung der aktuellen Arbeitsabläufe am Arbeitsplatz zur Analyse der Qualifikationsanforderungen eine bedeutende Rolle: Sie erlaubte eine genauere Einordnung der Tätigkeiten in den Gesamttablauf der betrieblichen Prozesse. Sie bildeten daher eine geeignete Basis zur Beschreibung aktueller und zukünftiger Tätigkeitsprofile. Außerdem konnten am Arbeitsplatz die technischen Änderungen einerseits und die damit zu erwartenden Anforderungsänderungen im Hinblick auf das Aufgabenspektrum der jeweiligen Mitarbeiter erläutert und nachvollzogen werden (vgl. Galiläer/Wende 2008, 87ff). Darüber hinaus bot sich so die Gelegenheit, vor dem Hintergrund des Untersuchungsfeldes aus der Externensicht Aspekte zu er- bzw. hinterfragen, denen interne Experten teilweise gar kein Gewicht beimessen und die deshalb im Rahmen der Interviews nicht thematisiert wurden.

## **Ergebnis aus den Fallstudien: Matrizen mit Anforderungsprofilen nach dem Prozessmodell**

Im Ergebnis lagen zum Ende der zweiten Stufe vollständige Anforderungsprofile des Ist-Zustandes in Produktionsbereichen vor, die denen der erwarteten zukünftigen Anwendungsfelder möglichst nahe kamen. Sie bildeten eine notwendige Ausgangslage für die sich anschließende, systematische Betrachtung jedes der einzelnen Prozesskomponenten hinsichtlich ihrer zukünftigen Ausprägung. Die einzelbetrieblichen Anforderungsprofile wurden in einem letzten Arbeitsschritt zu Matrizen zusammengefasst, die die drei unternehmensübergreifend vorfindbaren Tätigkeitsbereiche *Maschinen und Anlagen bedienen*, *Maschinen und Anlagen steuern*, *Maschinen und Anlagen instand halten und warten* abbilden. Die Tätigkeitsbereiche stellen dabei eine analytische Trennung dar, die zum heutigen Zeitpunkt nicht unbedingt eine reale betriebliche Arbeitsteilung ausdrücken, wiederum aber eine präzise Beschreibung entlang tatsächlicher Tätigkeiten erlauben. Ein weiteres Motiv für die Trennung in diese drei Bereiche war, dass seitens der beteiligten Unternehmen zukünftig eine im Vergleich zu heute eindeutigere Arbeitsteilung in Richtung dieser drei Tätigkeitsbereiche prognostiziert wird. So vermuten die Unternehmensvertreter, dass sich angesichts steigender Anforderungen insbesondere in den Bereichen Steuerung und Instandhaltung Expertentätigkeiten etablieren, die wiederum organisatorisch von reinen Bedienertätigkeiten getrennt werden. Dieser erwarteten Entwicklung wird bereits bei der Darstellung der IST-Zustände Rechnung getragen.

### **2.2.3 Stufe 3: Ableitung zukünftiger Qualifikationsanforderungen**

Methodologisch begann die Stufe 3 des Untersuchungsverlaufs mit einer Gegenüberstellung aktueller tätigkeitsbezogener Anforderungen mit den in Stufe 1 beschriebenen Zukunftsszenarien. Es galt, die einzelnen Prozesskomponenten hinsichtlich der erwarteten technologischen Entwicklung einzuschätzen. Bewertet wurde jeweils, ob sich die Tätigkeiten verändern und wenn ja, in welche Richtung. Als Expertise wurden hierzu Erkenntnisse aus der Literatur- und Dokumentenanalyse sowie die Aussagen der Unternehmensvertreter (erhoben in den leitfragengestützten Experteninterviews aus den Fallstudien) herangezogen. Auf diese Weise konnte in den Anwendungsfeldern jeweils eine Übersichtsmatrix erstellt werden, die die zukünftigen tätigkeitsbezogenen Entwicklungen kenntlich machte (vgl. hierzu Kapitel 4.2 ff.).

Aus den so entwickelten zukünftigen Anforderungsprofilen heraus wurden schließlich zukünftige Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter in einer das „Internet der Dinge“ einsetzenden industriellen Produktion abgeleitet. Die bereits bei der Formulierung des Ist-Zustandes getroffene analytische Trennung in drei voneinander abgrenzbare Tätigkeitsbereiche (Bedienen, Steuern, Warten/Reparieren) wurde beibehalten.

### **Expertenworkshop mit Vertretern aus der betrieblichen Praxis**

Die zukünftigen Qualifikationsanforderungen wurden in einem letzten Entwicklungsschritt im Sinne des Kooperativen Analyseverfahrens innerhalb eines dritten Expertenworkshops mit acht Vertretern aus der betrieblichen Praxis – darunter auch Experten, die bis zu diesem Zeitpunkt

noch nicht vertieft mit den entsprechenden Überlegungen befasst waren und somit mit einem unverstellten Blick die eruierten Erkenntnisse beurteilen konnten – diskutiert und abgestimmt.

Dabei wurden die im Laufe der Studie identifizierten zukünftigen Qualifikationsbedarfe noch einmal gemeinsam daraufhin bewertet, in welcher Ausprägung diese erforderlichen Qualifikationen in den kommenden Jahren welche Gruppe von Fachkräften wird vorhalten müssen.

Innerhalb dieses Workshops nahm das f-bb dabei die Rolle des neutralen Forschers und Moderators ein, wogegen das HSG-IMIT als Repräsentant der Forschungsseite fungierte, da dort der Sachstand der befragten Wissenschaftsvertreter gesammelt und in den erstellten Expertisen gebündelt worden war. Damit konnte in diesem Arbeitsschritt auch ohne Einbezug weiterer Experten aus der Wissenschaft die enge Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis beibehalten und eine Verifizierung der nachfolgend dargestellten Ergebnisse aus beiden Perspektiven sichergestellt werden.

## 3 Untersuchungsergebnisse Teil I: Zukünftige Anwendungsfelder für das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion

### 3.1 Eingrenzung des Forschungsgegenstandes

In Zusammenarbeit von f-bb und HSG-IMIT wurde im Rahmen einer Literatur- und Dokumentenanalyse eine Eingrenzung des Forschungsgegenstandes des „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion vorgenommen. Das „Internet der Dinge“ ist innerhalb der Wissenschaft sowohl technisch als auch sozialwissenschaftlich different bestimmt und auch im Alltagsgebrauch kaum abgegrenzt, so dass eine trennscharfe Definition des Begriffs bisher nicht vorliegt. Daher wurde zunächst eine Verwendungsanalyse auf Basis einschlägiger Literatur sowie parallel laufender Projekte durchgeführt und eine zusammenfassende Arbeitsdefinition für die weiteren Projektarbeiten generiert (vgl. 3.1.1). Weiterhin ergibt sich daraus eine relativ homogene Typisierung von relevanten Anwendungsfeldern die innerhalb der nächsten Jahre eine Zunahme des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ erwarten lassen (vgl. 3.1.2).

#### 3.1.1 Begriffsbestimmung „Internet der Dinge“

In der industriellen Produktion sind Produktivitätspotenziale besonders eng an technologische Entwicklungen gekoppelt. Schon heute ist die industrielle Produktion aufgrund der dynamischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) zunehmend vernetzt. Möglich werden diese Vernetzungsprozesse insbesondere durch die Miniaturisierung von elektronischen Bauteilen wie Mikroprozessoren, Speichermodulen, Sensoren und Kommunikationskomponenten (vgl. Fleisch/Müller-Stewens 2008, 272 oder Mattern 2005, 39). In jüngerer Vergangenheit werden diese Vernetzungsprozesse, die über bisher gekannte Automatisierungsformen hinausreichen, unter dem Begriff „Internet der Dinge“ diskutiert.

Da es sich beim Begriff des „Internets der Dinge“ um die Umschreibung einer relativ jungen Technologie mit noch geringem Forschungsstand begleitender Disziplinen handelt, existiert bisher keine einheitliche Begriffsdefinition. Insbesondere im angelsächsischen Raum konnte sich die Bezeichnung „Internet of Things“ (IoT) bisher nicht durchsetzen. Dort werden anstelle die Begriffe Ambient Intelligence (AmI), „Ubiquitous Computing“<sup>4</sup> (UC) bzw. „Pervasive Computing“ (PC) oftmals synonym verwendet. Folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über gebräuchliche Begriffe und Konzepte, die im Zusammenhang mit aktuellen IuK-Entwicklungen verwendet werden:

---

<sup>4</sup> Bereits Anfang der 1990er Jahre wurde der Begriff „Ubiquitous Computing“ geprägt. Das Konzept beschrieb damals eine künftige Ära, in der Computer in Alltagsgegenständen und Umgebungen integriert und durch drahtlose Kommunikationsnetze verbunden sein werden. Computerkapazitäten würden allgegenwärtig sein und zugleich in den Hintergrund treten (vgl. Mattern 2005, 40).



## KONZEPTE IM ZUSAMMENHANG MIT DEM „INTERNET DER DINGE“

Ambient Intelligence (Aml)	Im Mittelpunkt dieses technologischen Paradigmas der „intelligenten Umgebungen“ steht die Schaffung quasi (teil-)autonomer Assistenzsysteme, die – weitgehend im Hintergrund und ohne herkömmliche Mensch-Maschine-Schnittstellen agierend – sensitiv und adaptiv auf die Anwesenheit von Menschen und Objekten reagieren, sich auf die Bedürfnisse des Nutzers einstellen und diesen selbsttätig unterstützen.
Ubiquitous Computing	„Ubiquitous Computing“ bezeichnet die Allgegenwart rechnergestützter Informationsverarbeitung auch jenseits eines Computers. Im Mittelpunkt steht die zunehmende Integration von elektronischer Logik und Informationstechnologie in Alltagsobjekten und –prozesse. Nutzer von UC-Systemen bewirken dabei die simultane „Beauftragung“ zahlreicher solcher Logikkomponenten, ohne dass sie sich dessen direkt bewusst sein müssen.
Pervasive Computing	Der insbesondere von der Industrie geprägte Begriff des „Pervasive Computing“ bezeichnet die „alles durchdringende“ Vernetzung des Alltags durch den Einsatz „intelligenter“ Gegenstände und zielt auf die kurz- und mittelfristige Umsetzung dieser Idee der allgegenwärtigen Informationsverarbeitung im Bereich von E-Commerce und auf mobiler Kommunikation beruhenden Geschäftsmodelle ab.
Internet der Dinge	Mit der bewussten Verwendung der Internetanalogie soll auf die Ausweitung existierender virtueller Informationsnetzwerke in die physische Welt verwiesen werden. Indem Objekte und mobile Geräte drahtlos vernetzt und mit bestehenden Netzwerken verbunden werden, entsteht sukzessive ein um die dingliche Dimension erweitertes Internet. Im Vergleich zu den vorangegangenen Konzepten spielt beim „Internet der Dinge“ darüber hinaus der Aspekt des autonomen Handelns unbelebter Dinge innerhalb eines Netzwerkes eine entscheidende Rolle.

**Tab. 3: Übersicht Begriffe/Konzepte zur gegenwärtigen IuK-Entwicklungen**  
(vgl. Brand 2009, 14ff, Deutscher Bundestag 2008 sowie Fleisch/Mattern 2005, V ff)

Entwicklungshistorisch geht die Idee des „Internets der Dinge“ auf das Auftreten bestimmter Probleme wie z. B. die Out-of-stock-Situation, Schwund und Diebstahl, Produktpiraterie oder Rückrufaktionen zurück. Ursache all dieser Problemstellungen war die bisher nicht vorhandene Verbindung von der realen, physischen Welt und der Welt der Daten und Informationen. Bei Überlegungen, wie diese Lücke zu füllen sein könnte, entstand die Idee des „Internets der Dinge“ (vgl. Fleisch et al. 2005, 3). Brand et al. (2009, 15) beschreiben das „Internet der Dinge“ als

*„[...] tiefgreifende Interaktion zwischen dem Menschen und technischen Systemen sowie von technischen Systemen untereinander, wobei die Systeme selbst in zunehmendem Maße mit technischer Intelligenz ausgestattet sind, die sie in bestimmtem Umfang zu eigenständigem Handeln befähigt.“*

Weiterhin bieten die Autoren mit den drei wesentlichen Charakteristika der technologischen *Konvergenz*, *Autonomie* und *Vernetzung* eine Möglichkeit der begrifflichen Erfassung des „Internets der Dinge“ (vgl. ebd., 17ff). Im „Internet der Dinge“ generieren Produktionsanlagen und Prozesse etwa mittels Sensoren Informationen, tauschen diese sowohl untereinander als auch mit zentralen oder dezentralen Steuerungssystemen und anderen Netzwerken über drahtlose Verbindungen aus und entwickeln auf Basis ihrer technischen Logik optimale Lösungen. Analog zum „gewöhnlichen“ Internet werden also Informationseinheiten verknüpft und es entstehen eigenständig handlungsfähige – scheinbar intelligente Systeme. Interaktionen beschränken sich dann nicht mehr auf menschliches Handeln, sondern Dinge werden zu „smarten Objekten“ (Coroama et al. o. J., iii), die miteinander vernetzt sind, auf ihre Umgebung reagieren und mit ihren Nutzern interagieren.

Sie können dann ihrer Umwelt z. B. mitteilen, was sie sind, woher sie kommen und wohin sie befördert werden sollen.

Auch Botthof/Bovenschulte (2009) greifen die drei Begriffe Konvergenz, Vernetzung und Autonomie bzw. Selbstorganisation als aktuell prägende Trends auf und erweitern in ihrer Beschreibung diese Aufzählung um die Aspekte der *Dezentralisierung* und *Miniaturisierung/Systemintegration*. „Internet der Dinge“ sei ferner:

*„[...]eine Metapher für die Universalität von Kommunikationsprozessen, für die Integration von digitalen Daten jeder Art, für die eindeutige Kennzeichnung realer oder virtueller Objekte und für Systemarchitekturen, die den ‚kommunikativen Klebstoff‘ zwischen diesen Komponenten bilden.“ (ebd., 11)*

Im Hinblick auf die Anwendung in der industriellen Produktion verdeutlicht diese Sichtweise Hompel: „Im Internet der Dinge wird das logistische Objekt (Paket, Behälter, Palette etc.) durch eingebettete Intelligenz seinen Weg selbständig durch inner- und außerbetriebliche Netze finden und die dazu notwendigen Ressourcen selbständig anfordern“ (Hompel 2005, 205).

Beim „Internet der Dinge“ handelt es sich indes um keine eigenständige, geschlossene Technologie, sondern vielmehr um die Klammer um mehrere technologische Trends. Insofern ist die Entwicklung eines „Internets der Dinge“ vor allem abhängig von der Entwicklung zahlreicher Technologien und deren „Konvergenz“. Konvergenz bestimmt inwieweit diese Technologien in ihrer Entwicklung zusammenwachsen, kombiniert werden und interagieren können, um eigenständiges bzw. autonomes Handeln von Systemen und Gegenständen zu erreichen. Diese innovativen Technologien – neben bereits etablierten Technologien wie IPC, Industrial Ethernet oder Soft-SPS spielen Radio Frequency Identification (RFID)<sup>5</sup>, WLAN oder andere drahtlose Kommunikationstechnologien künftig eine größere Rolle in der Produktion – gehen mit einer stärkeren Fabrik- und Prozessautomation einher. Dementsprechend haben diese technologischen Entwicklungen im Sinne des „Internets der Dinge“ einen erheblichen Einfluss auf die Ausgestaltungsmöglichkeiten der Arbeitsorganisation (vgl. Fleisch/Müller-Stewens 2008, 277ff).

Für die weiteren Untersuchungen wurde die folgende, auf Basis der theoretischen Vorarbeiten generierte *Definition* eines „Internets der Dinge“ verwendet:

„Internet der Dinge“ beschreibt die technologische Entwicklung, in der beliebige Objekte der realen Welt über digitale Informationen miteinander verbunden werden können. Dazu müssen die Objekte identifizierbar und in der Lage sein, durch Sensoren Informationen von außen aufzunehmen und diese intelligent zu verarbeiten sowie miteinander zu kommunizieren.

Bezogen auf die industrielle Produktion umfasst das „Internet der Dinge“ Technologien zur intelligenten Vernetzung einzelner, zuvor zentral gesteuerter Produktionsprozesse: Dabei wird die zentrale Steuerung durch eine große Anzahl kleiner dezentraler intelligenter Module ersetzt, welche die Produktionsprozesse autonom und selbstregulierend ohne den Einsatz einer zentralen Instanz organisieren, steuern und optimieren, sodass eine „intelligente Umgebung“ entsteht (vgl. Anlage I, 4).

---

<sup>5</sup> Zahlreiche Studien (z. B. Botthof et al. 2009, Bovenschulte et al. 2007, Brand et al. 2009, Mattern 2007 oder Hartmann 2009) heben den Stellenwert der RFID-Technologie als Basis für die Weiterentwicklung des „Internets der Dinge“ hervor. Der Anwendungsbereich der industriellen Produktion zählt bereits heute zu den wichtigsten Anwendungsfeldern für RFID-Technologien (vgl. Faupel et al. 2008a).

### 3.1.2 Bestimmung relevanter Anwendungsfelder für den Einsatz eines „Internet der Dinge“

Auf Basis der Literatur-/Dokumentenrecherche (siehe Tab. 4), in der relevante, laufende Forschungsprojekte und Förderprogramme<sup>6</sup> ausgewertet wurden und unter Berücksichtigung der in 3.1.3 aufgeführten Kriterien sowie den Informationen, Prognosen und Einschätzungen, die seitens der Praktiker und Wissenschaftler in Workshops und Einzelinterviews gemacht wurden, konnten vier Bereiche identifiziert werden, die innerhalb der nächsten Jahre eine Zunahme des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ erwarten lassen: (1) Überwachung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen, (2) Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt, (3) Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme sowie (4) Selbstorganisierende Produktion in der Digitalen Fabrik.<sup>7</sup>

Anwendungsfeld	Auswertung relevanter Forschungsprojekte
(1) Überwachung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen	<p>Der wahrscheinliche Einsatz neuer Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“ bei der transparenten Überwachung, Steuerung und Wartung von Maschinen und Anlagen (sogenannte „Lifecycle Performance“ oder „Condition Monitoring“) zur ganzheitlichen Optimierung der Produktion, d. h. intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen/Anlagen, wurde in folgenden Studien untersucht, die die Relevanz des Anwendungsfeldes stützen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MIKOA: „Miniaturisierte energieautarke Komponenten mit verlässlicher drahtloser Kommunikation für die Automatisierungstechnik“, (vgl. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH 2009)</li> <li>• ENAS: „Drahtlose Vernetzung von Produktionsanlagen mit energieautarken Aktoren und Sensoren“, (vgl. Universität Halle-Wittenberg 2008)</li> <li>• LICMA: „Modellbasierte Planung und sensorgestützte Überwachung des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen“, (vgl. Infoman AG 2010)</li> </ul>
(2) Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt	<p>Weiterhin wurde der Einsatz dieser Technologien im gesamten Fertigungsprozess bei der Überwachung von Produkten mithilfe von Speichern, Prozessoren etc., die Informationen zur Identifikation und den geplanten sowie den tatsächlichen Produktionsablauf enthalten (Informationsspeicherung am Produkt, sogenanntes „digitales Produktgedächtnis“) in folgenden Studien bestätigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aletheia: Semantische Föderation umfassender Produktinformationen. Die Vision: Ganzheitliche Sicht auf produktbezogenes Wissen für Hersteller, Händler und Kunden, (vgl. Aletheia Konsortium 2008)</li> <li>• ADiWa: Allianz Digitaler Warenfluss – Vom Internet der Dinge zu intelligenten Geschäftsprozessen, (vgl. BMBF 2009)</li> <li>• SEMPRO: Semantic Product Memory – Produkte führen Tagebuch, (vgl. DFKI 2010)</li> <li>• LICMA: „Modellbasierte Planung und sensorgestützte Überwachung des Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen“, (vgl. Infoman AG 2010)</li> </ul>

<sup>6</sup> Z. B. IKT 2020 – Forschung für Innovationen (BMBF); „Next Generation Media – Vernetzte Lebens- und Arbeitswelten“ (BMWi); „Forschung für die Produktion von morgen“ (BMBF).

<sup>7</sup> Eine ausführliche Darstellung der einzelnen Anwendungsfelder inklusive möglicher Ausprägungen enthält Expertise I des HSG-IMIT (vgl. Anlage I).

Anwendungsfeld	Auswertung relevanter Forschungsprojekte
(3) Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme	<p>Auch innerhalb des Logistikprozesses – z. B. bei der Lokalisierung von Produkten, Bedarfs- oder Bestandsmeldungen zur intelligenten Materialbeschaffung („intelligenter interner Warentransport“) mittels Sensoren zum Zweck effizienterer Produktionsprozesse – wurden auf Basis folgender Studien relevante Anwendungsfelder identifiziert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SmartKanban-Projekt: Selbstorganisierendes autarkes Kanban-System auf Basis eigenintelligenter, vernetzter und ultrakostengünstiger Sensorknoten. Grundlagen zur signalstärke-basierten Ortung in ZigBee-Netzwerken. (vgl. z. B. Ibach et al. (2009))</li> <li>• Dissertation: Wandelbare automatisierte Materialflusssysteme für dynamische Produktionsstrukturen, Wilke (2006)</li> </ul>
(4) Selbstorganisierende Produktion in der Digitalen Fabrik	<p>Nachstehende Projekte zeigen, dass der Einsatz auch denkbar ist bei einer völligen Dezentralisierung des gesamten Produktionsprozesses, der sich durch Kommunikation und Verhandlungen der Speicher, Prozessoren etc. untereinander selbst planen, organisieren und überprüfen könnte (sogenannte „digitale Fabrik“):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SoPro: Selbstorganisierende Produktion (vgl. z. B. Fraunhofer IPK Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik 2009)</li> <li>• SmartFactoryKL: Die intelligente Fabrik der Zukunft, (vgl. Technologie-Initiative SmartFactoryKL e. V. 2010)</li> </ul>

**Tab. 4: Übersicht ausgewerteter Studien zur Bestimmung relevanter Anwendungsfelder**

Abb. 2 gibt einen Überblick über die Anwendungsfelder inklusive der möglichen Ausprägungen, die Aspekte des „Internets der Dinge“ beinhalten und mittelfristig im Bereich der industriellen Produktion realisierbar sein könnten. Die identifizierten Anwendungsfelder werden in den Kapiteln 3.2 bis 3.5 in skizziert; Techniktrends werden extrapoliert und gebündelt dargestellt.

<b>Anwendungsfeld 1</b>	<p><b>Überwachung von Maschinen durch intelligente &amp; miteinander kommunizierende Maschinen</b></p> <p>A: Überwachung durch verteilte drahtlose Sensornetzwerke            B: Aktorik im Netzwerk, Dezentrale Intelligenz, Regelung langsamer Prozesse            C: Regelung schneller Prozesse</p>
<b>Anwendungsfeld 2</b>	<p><b>Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt</b></p> <p>A: Speicherung einer Identifikationsnummer            B: Speicherung zusätzlicher Informationen während der Produktion            C: Sensorik am Produkt und Speicherung der Daten            D: Einfluss des Produktgedächtnisses auf Produktionsparameter</p>
<b>Anwendungsfeld 3</b>	<p><b>Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme</b></p> <p>A: Lokalisierung von Warentägern            B: Inhaltsüberwachung von Materialkisten, Funkübertragung an Zentrale            C: Dezentralisierung: Auflösen von Bestand, Bedarf, Bestellung, Produktion            D: Fahrerlose Transportsysteme</p>
<b>Anwendungsfeld 4</b>	<p><b>Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt</b></p> <p>A: Digitale Fabrik: Simulation, Planung, Optimierung            B: Adaption der Prozessumgebung. Physische Agenten als Hardware-Basis</p>

**Abb. 2: Überblick über die vier Anwendungsfelder und deren Ausprägungen**

### 3.1.3 Bewertungskriterien der Wahrscheinlichkeit des Einsatzes neuer Technologien im Sinne des Internets der Dinge

Aus Basis der Auswertung der Recherchen und Diskussionen mit Experten der Wissenschaft und Praxis in Einzelgesprächen und Workshops lassen sich folgende Ergebnisse in Bezug auf den innerhalb der nächsten Jahre zu erwartenden Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ festhalten (vgl. Anlage I):

- Signifikante Auswirkungen auf die industrielle Produktion aufgrund technischer Entwicklungen werden über einen Zeitraum der nächsten Jahre nur in Einsatzbereichen erwartet, die bereits heute erforscht sind bzw. die derzeit erforscht werden, da von einer Neuentwicklung bis zu deren tatsächlichen Einsatz in Unternehmen allein aus organisatorischen und Kostengründen mehrere Jahre vergehen.
- Für die Identifizierung der entsprechenden Einsatzbereiche wurden daher aktuell laufende oder kürzlich abgeschlossene Projekte aus dem Forschungsfeld „Internet der Dinge“ analysiert und dabei vier Tätigkeitsbereiche identifiziert, innerhalb derer es in den kommenden Jahren mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit zu Änderungen für das Tätigkeitsspektrum der Beschäftigten kommen dürfte:

Generell hängt die Wahrscheinlichkeit, ob sich eine Technologie in der Praxis durchsetzt, von technischen und ökonomischen Aspekten ab. In den Diskussionen mit den Experten wurden, soweit möglich, beide Aspekte betrachtet und als Beurteilungskriterium im Hinblick auf den erwarteten Einsatz der Technologien hinzugezogen.

Unter **technischer Umsetzbarkeit** ist die rein physikalisch-technische Machbarkeit zu verstehen, wobei bei diesem Aspekt explizit ausgeklammert wird, was eine Umsetzung kosten würde: So ist zum Beispiel die Idee, einen Chip in einen Joghurtbecher zu integrieren, zwar technisch umsetzbar, heutzutage allerdings bei Kosten von 25 € pro Chip ökonomisch noch nicht interessant.

Bezogen auf die technische Umsetzbarkeit müssen auch Aspekte der **Sicherheit** berücksichtigt werden. Dabei sind insbesondere zwei Bereiche zu beachten: zum einen die Sicherheit im technischen bzw. betrieblichen Sinn, d. h. dem Schutz vor Zerstörung oder Verletzung (*Safety*); zum anderen die Sicherheit im Sinne des Schutzes vor Sabotage, Spionage, Terrorismus oder Kriminalität (*Security*). Letztere spielt im Zusammenhang mit den zu untersuchenden Sachverhalten die größere Rolle, da eben diese Sicherheit durch die neuen Technologien immer wieder in Frage gestellt wird.

Bei der **ökonomischen Umsetzbarkeit** wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Einführung einer Technologie betrachtet, d. h. die Frage gestellt, ob die zusätzlichen Kosten durch den Chip genügend Mehrwert böten, um wirtschaftlich einen Vorteil zu generieren. Zur ökonomischen Umsetzbarkeit gehört auch die Frage nach dem Aufwand der Integration einer Technologie in ein bestehendes System. Zum Beispiel muss unter Umständen die gesamte Unternehmensstruktur verändert werden, was Entlassungs- bzw. Einstellungserfordernisse mit sich bringen könnte, so dass ggf. auch erprobte Unternehmensprozesse umgestellt werden müssten. Bei der Bewertung der Umsetzbarkeit war dabei die Frage zu berücksichtigen, inwiefern damit zu rechnen wäre,



dass eine Einführung entsprechender Technologien eine Investition darstellen könnte, die sich langfristig tragen würde.

In den Einzelinterviews als auch in den Workshops wurde jedes Anwendungsfeld anhand der nachfolgend dargestellten Matrix bewertet. Die Ergebnisse sind im Folgenden (Abschnitte 3.2 bis 3.5) zu jedem Anwendungsfeld zusammenfassend dargestellt.

Ausprägung	Technische Umsetzbarkeit	Sicherheit	Ökonomische Umsetzbarkeit	Organisatorische Integration
A				
B				
C				

**Tab. 5: Bewertungsmatrix für jedes Anwendungsfeld**

Die in den Abschnitten 3.2 bis 3.5 dargestellten Einschätzungen der Wissenschaftler zielen dabei eher auf die technische Realisierbarkeit ab, während die Praktiker zwangsläufig mehr auf ökonomische Aspekte achten. Eine Einschätzung ob, und in welchen Bereichen sich die Technologien wirklich durchsetzen werden, stellte sich als sehr schwierig heraus, da das Kosten-Nutzen Verhältnis bei jeder Anwendung gesondert betrachtet werden müsste und sowohl Kosten als auch Nutzen in vielen Fällen nicht bestimmbar waren. Die Ansichten der Praktiker über die Umsetzung und den Nutzen der Technologien variierten sehr stark. Widersprüchliche Einschätzungen wurden dennoch aufgeführt.

Legende	
--	unwahrscheinlich
-	eher unwahrscheinlich
+ -	Schwer zu sagen, kann sein, kommt drauf an
+	eher wahrscheinlich, denkbar
++	wahrscheinlich
na	technisch nicht umsetzbar, daher keine weiteren Überlegungen

## 3.2 Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen

### 3.2.1 Darstellung des Anwendungsfeldes

Die zunehmende Modernisierung von Anlagen und Maschinen bringt eine höhere Vernetzung, also die **Anbindung der Anlagen an unternehmensinterne Netzwerke** (z. B. Ethernet), mit sich. Nach Ansicht der Wissenschaftler und der meisten Praktiker werden auch drahtlose Netzwerke (z. B. WLAN) dabei eine immer größere Rolle spielen. Insbesondere bei Anlagen, die heute noch keine Kommunikationsmodule enthalten, spielt die Nachrüstung durch drahtlose Technologien eine große Rolle. Gleichzeitig kommen auch innerhalb der Maschine immer mehr Sensoren zum Einsatz, deren Informationen häufig noch vor Ort bewertet werden, um eventuelles Fehlverhalten zu erkennen und den ordnungsgemäßen Ablauf der Produktion zu überprüfen und zu garantieren. Zudem führt die Produktion immer komplexerer Produkte zu immer komplexeren Herstellungs- und vor allem Testprozeduren, die von der Maschine selbst durch speziell entwickelte Regelungs- und Testsoftware durchgeführt werden müssen.

Ganz im Sinne des „Internets der Dinge“ ist eine langsame Tendenz zur Dezentralisierung der Intelligenz zu beobachten, d. h. Entscheidungen werden immer weniger an einem zentralen Leitstand auf Basis aller dort einlaufenden Informationen getroffen, sondern die Informationen (z. B. Sensordaten) werden lokal, also bereits in der Anlage oder Maschine bewertet und entsprechende Aktionen abgeleitet.

Zusammenfassend lassen sich zwei realistische **Anwendungsfälle** als Beispiele formulieren, die sich in absehbarer Zukunft ereignen könnten. Beide Beispiele könnten aber auch in kombinierter Form auftreten.

#### **Anwendungsbeispiel A: „Das Internet der Dinge“ innerhalb von Maschinen/Anlagen (intelligente Maschinen und Anlagen)**

Dieses Beispiel bezieht sich auf ein Netzwerk innerhalb einer Anlage/Maschine:

Die Komplexität von Maschinen und Anlagen nimmt generell zu, wenn die Anzahl von Sensoren innerhalb der Anlage steigt und einzelne Komponenten innerhalb der Anlage miteinander kommunizieren: Z. B. kann ein Temperatursensor an einem Ende der Anlage entscheiden, ob die gemessene Temperatur in Ordnung (IO) oder nicht in Ordnung ist (NIO), und diese Information per Funk an die Steuereinheit der Anlage versenden. Diese wiederum ist in der Lage zu entscheiden, ob daraufhin eine Aktion ausgelöst werden muss, oder die Daten von anderen Sensoren anfragen, um weiterführende Informationen zu erhalten.

Störfälle können auf diese Weise besser erkannt und unter Umständen sogar automatisch analysiert werden. Gleichzeitig steigt damit aber auch die Schwierigkeit, nicht erkannte Störfälle zu analysieren, da das Gesamtsystem komplexer wird.

Zur Entwicklung komplexerer Maschinen und Anlagen trägt insbesondere auch eine steigende Komplexität der Produkte bei, die mit diesen Anlagen hergestellt und getestet werden müssen. Zusätzlich bringt diese steigende Komplexität der Produkte mit sich, dass auch die Abläufe, im Rahmen derer diese komplexen Produkte getestet werden, ebenfalls komplizierter werden, wodurch Software und Regelungstechnik immer mehr Einzug in die Anlagen und Maschinen erhalten.

#### **Anwendungsbeispiel B: Maschinen und Anlagen als „Internet der Dinge“ (kommunizierende Maschinen und Anlagen)**

Dieses Beispiel bezieht sich auf ein Netzwerk, welches aus den Maschinen und Anlagen selbst besteht und deren Kommunikation untereinander, bzw. mit einer Zentralen Einheit – z. B. einem Leitstand – ermöglicht:

Die Maschine ist dabei in der Lage, sich mitzuteilen, und tut dies z. B. über Funk an einen Leitstand oder über SMS an den Produktionsbereichsverantwortlichen. Gleichzeitig werden Handlungs- und Problemlösungsvorschläge kommuniziert. Wartungsinformationen, die auf Basis einer internen Sensorik erzeugt werden können, werden ebenfalls direkt an die verantwortlichen Personen mitgeteilt. Dabei kann es sich um z. B. Meldungen über den bald notwendigen Austausch eines Verschleißteils handeln oder auch um die Registrierung irgendeines ungewöhnlichen Verhaltens.



### 3.2.2 Bewertung des Anwendungsfeldes

Eine erste zusammenfassende Bewertung des Anwendungsfeldes durch das HSG-IMIT auf Grundlage der Literaturrecherche sowie den ersten Abstimmungsworkshops mit Vertretern aus Wissenschaft und Praxis und schließlich auf Basis eigener Erkenntnisse und Erfahrungen kam zu dem Ergebnis, dass die Grundlage für die Umsetzung von Anwendungsfeld 1 in allen Ausprägungen die Implementierung von drahtlosen Sensornetzwerken ist. Je nach Ausprägung werden außerdem Aktoren ins Netzwerk integriert und „Intelligenz“ (Regelung, Bewertung, Entscheidung) in das Netzwerk verlegt (für weitere Ausführungen vgl. Anlage I). Die zusammenfassende Bewertung anhand der festgelegten Kriterien ist nachfolgend dargestellt:

Ausprägung	Technische Umsetzbarkeit	Sicherheit	Ökonomische Umsetzbarkeit	Organisatorische Integration
A	++	+	+	+-
B	+	+	+	+-
C	--	na	na	na

**Tab. 6: Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 1 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren**

Tab. 7 gibt einen Überblick über die abschließende Bewertung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internet der Dinge“ in Anwendungsfeld 1 aus Sicht der Experten aus Wissenschaft und Praxis.

ANWENDUNGSFELD 1 : ÜBERWACHUNG VON MASCHINEN DURCH INTELLIGENTE UND MITEINANDER KOMMUNIZIERENDE MASCHINEN			
	Einschätzung Wissenschaftler	Einschätzung Praktiker	Bewertung der Einschätzungen durch HSG
(A): Überwachung durch verteilte drahtlose Sensornetzwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) ist bereits vereinzelt umgesetzt und wird sich immer mehr durchsetzen. Die Drahtlosigkeit ist dabei noch nicht so weit verbreitet, es werden jedoch immer mehr Maschinen mit drahtlosen Kommunikationsmodulen ausgestattet. Oder nachgerüstet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) ist bereits umgesetzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Technisch gesehen erscheint die Aufgabenstellung aus Sicht der Praktiker als gelöst und bereits als umgesetzt. Aus HSG-Sicht ist die Einschätzung der Wissenschaftler von der Quantität aber realistischer. Die Diffusion von drahtlosen Sensornetzwerken wird in den nächsten drei Jahren zunehmen. Die Geschwindigkeit in der Umsetzung hängt entscheidend von den Installationskosten, der System-Stabilität und System-Verträglichkeit (innerbetriebliche Organisationsstrukturen) zu anderen Technologien ab.</li> </ul>
(B): Aktorik im Netzwerk, dezentrale Intelligenz, Regelung langsamer Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) wird in den nächsten 3-5 Jahren als umsetzbar eingeschätzt, wobei eine völlige Dezentralisierung der Intelligenz ohne Umwege über eine zentrale Einheit als unrealistisch eingeschätzt wird.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) wird in den nächsten 3-5 Jahren immer mehr, zumindest in speziellen Anwendungen, Einsatz finden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) Die Einschätzung von Wissenschaftlern und Praktikern ist ähnlich. In einigen spezifischen Anwendungen werden sich dezentrale Lösungen etablieren, und diese werden tendenziell mehr werden. Wobei eine breite Umsetzung in den nächsten 3-5 Jahren nicht erwartet wird.</li> </ul>
(C): Regelung schneller Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>(C), wird vorläufig keinen Einsatz finden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(C) wird sich vorerst nicht durchsetzen, da Funkverbindungen hinsichtlich Geschwindigkeit und vor allem Zuverlässigkeit noch nicht ausreichend entwickelt sind.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(C) Hier werden weiterhin drahtgebundene Lösungen im Betrachtungszeitraum installiert und realisiert werden. Der Einsatz drahtloser Technologien ist durch Übertragungsverzögerungen und Unzuverlässigkeiten zu riskant. Der generelle Nutzen der Drahtlosigkeit, außer in Spezialanwendungen, ist in diesem Fall unklar.</li> </ul>
Bemerkung		<p>Sowohl Drahtlosigkeit, als auch Energieautonome Komponenten werden dabei in jedem Fall untergeordnete Rollen spielen.</p> <p>Einsatzbereiche/Branchen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>geographisch weit ausgedehnte Produktionsanlagen</li> <li>Prozessindustrie</li> <li>Petrochemie, z.B. BASF</li> <li>Überwachung von Turbinen/ Kraftwerken/ Windkraftanlagen</li> </ul>	

Tab. 7: Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 1

## 3.3 Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt

### 3.3.1 Darstellung des Anwendungsfeldes

Die Produkte selbst (bzw. ihre Verpackungen, Warenträger oder Teilprodukte) bilden in diesem Anwendungsfeld das „Internet der Dinge“. Sie enthalten einen Speicher, einen Prozessor sowie ein Kommunikationsmodul zum drahtlosen Beschreiben und Lesen des Speichers. Dabei enthält der Speicher Informationen zur Identifikation und zum geplanten oder tatsächlichen Produktionsablauf. Kritische Parameter können vor, während oder nach der Produktion ausgelesen oder geschrieben werden.

Eine Variante dieser Technologie, bei der lediglich eine Identifikationsnummer am Produkt gespeichert wird, die bei Bedarf ausgelesen werden kann (RFID), befindet sich bereits im Einsatz.

Allerdings hat sich inzwischen herausgestellt, dass die Durchsetzungsfähigkeit von RFID bislang überschätzt wurde, da zum einen physikalische Schwierigkeiten wie die begrenzte Einsatzfähigkeit an metallischen Objekten und zum anderen ökonomische Faktoren wie die Kosten einzelner RFID-Tags einer weit verbreitenden Verwendung entgegenstehen (vgl. Faupel et al. 2008b). Insbesondere wenn nur eine Identifikationsnummer am Objekt hinterlegt werden soll, bieten Barcodes meist noch eine kostengünstigere Alternative.

Der eigentliche Mehrwert von RFID zeigt sich erst bei Anwendungen, bei denen der Speicher während des Produktionsprozesses immer wieder neu beschrieben und erweitert werden kann. Auf diese Weise lassen sich produktionsrelevante Informationen wie getätigte Produktionsschritte, Zeitstempel, Maschinen-IDs während der Produktion am Produkt speichern. Umgekehrt können z. B. in der Variantenfertigung Produktionsparameter, die vorher am Produkt gespeichert wurden, von den Maschinen ausgelesen werden, die daraufhin ihr Bearbeitungsprogramm anpassen. Solche Anwendungen sind bereits vereinzelt im Einsatz und werden sich in absehbarer Zukunft immer mehr durchsetzen.

Zusammenfassend lassen sich zwei realistische Anwendungsfälle als Beispiele formulieren, die in absehbarer Zukunft Realität werden könnten. Beide Beispiele können auch miteinander kombiniert und als ein Beispiel aufgefasst werden.

#### **Anwendungsbeispiel A: Informationsspeicherung in der Variantenfertigung**

Für die Variantenfertigung bzw. die Herstellung von Individualprodukten enthält das Produkt (oder der Warenträger) einen Informationsspeicher und die Möglichkeit zur drahtlosen Kommunikation mit diesem (z. B. RFID). Jedes Produkt wird mit individuellen Informationen über den Herstellungsprozess beschrieben (z. B. welche Farbe, welche Variante, Label, Etikett, Verpackung). Die Beschreibung erfolgt bei der Kommissionierung bzw. oder Auftragsplanung, z. B. aus einem SAP-Programm heraus mit Hilfe eines entsprechenden Gerätes. Die Produktionsmaschinen oder Anlagen lesen den Speicher vor den relevanten (und variablen) Produktionsschritten aus (z. B. mit Hilfe eines in die Maschine eingebauten RFID-Readers) und passen ihre Parameter dementsprechend an.

### Anwendungsbeispiel B: Informationsspeicherung in der Qualitätssicherung

Als Erweiterung der bisher verwendeten Methoden zur Qualitätssicherung, bei der Barcodes oder Datamatrixcodes verwendet werden, enthält das Produkt (oder der Warenträger) einen Informationsspeicher und die Möglichkeit zur drahtlosen Kommunikation mit diesem (z. B. RFID). Während des Produktionsablaufs werden wichtige Parameter der Produktion auf dem Produkt gespeichert (z. B. Datum, Uhrzeit, Maschinen-ID, verbaute Einzelkomponenten, getätigte Behandlungsschritte, eventuell Test- oder Kalibrierungsergebnisse). Für den Nutzer des Produkts (Enduser oder Weiterverarbeiter) werden gewisse Informationen auf dem Produkt belassen. Diese ermöglichen die Rückverfolgbarkeit des Produkts. Einige Informationen, die eventuell nur für den unternehmensinternen Gebrauch wichtig (z. B. Qualitätssicherung) sind, können dabei am Ende der Fertigung ausgelesen und vom Produkt gelöscht werden.

### 3.3.2 Bewertung des Anwendungsfeldes

Eine erste zusammenfassende Bewertung des Anwendungsfeldes durch das HSG-IMIT auf Grundlage der Literaturrecherche sowie den ersten Abstimmungsworkshops mit Vertretern aus Wissenschaft und Praxis und schließlich auf Basis eigener Erkenntnisse und Erfahrungen kam zu dem Ergebnis, dass die Hemmnisse bei der Realisierung von Anwendungsfeld 2 eher ökonomischer und organisatorischer und weniger technischer Natur sind. Die Ausstattung eines Produktes mit einem Speicher muss natürlich entsprechend kostengünstig sein (vgl. Deutsche Bank Research 2004). Ein Tag kostet heute etwa 10-20 Cent und man kann damit rechnen, dass dieser Preis in den nächsten Jahren kleiner wird. Folgende Probleme sind eher organisatorischer Natur (für weitere Ausführungen vgl. Anlage I):

- unklare Nutzenpotentiale,
- fehlende Standards bezogen auf die darauf basierenden Funktionalitäten sowie
- mangelnde Zusammenarbeit der Unternehmen in den Lieferketten.

Die zusammenfassende Bewertung anhand der festgelegten Kriterien ist in Tab. 9 dargestellt.

Ausprägung	Technische Umsetzbarkeit	Sicherheit	Ökonomische Umsetzbarkeit	Organisatorische Integration
A	++	+-	+	-
B	+	+-	+	-
C	+	+-	+-	-
D	+	+-	-	-

Tab. 8: Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 2 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren

ANWENDUNGSFELD 2: ÜBERWACHUNG VON PRODUKTEN DURCH INFORMATIONSSPEICHERUNG AM PRODUKT				
	Einschätzung Wissenschaftler	Einschätzung Praktiker	Bewertung der Einschätzungen durch HSG	
(A): Speicherung einer Identifikationsnummer	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) ist bereits in Form von Barcodes, Datamatrix Codes oder RFID Tags umgesetzt und wird weit verbreitet eingesetzt. Es wurde jedoch bemerkt, dass die Durchsetzung von RFID sehr überschätzt wurde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) wird bereits heute in Fällen, in denen der Kosten-Produktwert positiv ist umgesetzt. Weitere Anwendungen werden in den nächsten 3-5 Jahren erwartet. Dabei wird meist ein Bar- oder Datamatrix-Code eingesetzt. RFID ist eine nicht so entscheidende Rolle zu zuordnen und wird den Barcode nicht vollständig ersetzen können.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Für eine reine Identifikation wird RFID die optischen Verfahren nur in Spezialanwendungen ablösen (z.B. kein Sichtkontakt zum Produkt). Ansonsten erfüllen die optischen Verfahren auf kostengünstigste Weise ihren Zweck. Der Mehrwert durch RFID Technologien ergibt sich in (B), da hier die Beschreibbarkeit des Labels gegeben ist.</li> </ul>	
(B): Speicherung zusätzlicher Informationen während der Produktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) ist teilweise umgesetzt, bzw. noch in einer Experimentellen Phase. Ein weiter verbreiteter Einsatz innerhalb der nächsten 3-5 Jahre ist jedoch vorstellbar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) wird in bestimmten Fällen ebenfalls bereits eingesetzt. Hier werden ebenfalls weitere Anwendungen hinzu kommen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) Eine Speicherung von zusätzlichen Informationen auf dem Gedächtnis wird sich mit der Lösung der oben genannten Probleme immer mehr durchsetzen. Eine zumindest teilweise Umsetzung in den nächsten 3-5 Jahren ist also denkbar.</li> </ul>	
(C): Sensorik am Produkt und Speicherung der Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>(C) wurde zwar als realisierbar eingeschätzt, jedoch wird es vorerst keinen weit verbreiteten Einsatz finden. Ein Einsatz würde sich auch nur auf Paletten- oder Containerlevel lohnen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(C) ist in speziellen Anwendungen in den nächsten 3-5 Jahren denkbar (z.B. Transport-überwachung).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(C) Die Möglichkeit einer Bevorratung von elektrischer Energie, der reduzierte Bedarf an elektrischer Energie und die Größe der Einheiten/Labels in dieser Ausprägung unterscheiden, wie stark und schnell diese Funktionen eingesetzt werden. Die Einschätzungen der Wissenschaftler und Praktiker und des HSG-IMIT decken sich insofern, dass hier eine Umsetzung technisch möglich ist, diese jedoch nur in speziellen Anwendungen, bzw. auf höheren Levels (Warenträger, Palette, Container) zum Tragen kommt. Ein breiterer Einsatz im industriellen Umfeld wird in den nächsten 3-5 Jahren nicht stattfinden.</li> </ul>	

Tab. 9: Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 2 (Teil 1)

ANWENDUNGSFELD 2: ÜBERWACHUNG VON PRODUKTEN DURCH INFORMATIONSSPEICHERUNG AM PRODUKT			
	Einschätzung Wissenschaftler	Einschätzung Praktiker	Bewertung der Einschätzungen durch HSG
(D): Einfluss des PG auf Produktionsparameter	<ul style="list-style-type: none"> <li>(D) wird bereits vereinzelt in der Variantenfertigung eingesetzt. Hier werden jedoch vorprogrammierte Parameter abgerufen. Eine „freie“ Parametrisierung von Maschinen durch das PG ist vorerst nicht vorstellbar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für (D) ist keine Anwendung bekannt.</li> <li>(D) ist denkbar bzw. teilweise umgesetzt. Allerdings sollte das Gedächtnis nicht am Produkt sondern am Warenträger sein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(D) Die Einschätzung des HSG-IMIT deckt sich hier mit denen der Wissenschaftler und der meisten Praktiker. Eine Umsetzung ist denkbar, wenn auch auf Warenträgerlevel und mit voreingestellten Parametersets.</li> </ul>
Bemerkungen	<p>Einsatzbereiche/Branchen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lebensmittelindustrie</li> <li>Sicherheits-relevante Produkte/Rückverfolgbarkeit</li> <li>Höherpreisige Produkte zur Überwachung von Produktpiraterie</li> <li>Pharmaindustrie</li> </ul>	<p>Einsatzbereiche/Branchen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lebensmittelindustrie</li> <li>Sicherheits-relevante Produkte/Rückverfolgbarkeit</li> <li>Höherpreisige Produkte zur Überwachung von Produktpiraterie</li> <li>Pharmaindustrie</li> </ul>	<p>Die Geschwindigkeit in der Umsetzung hängt von drei entscheidenden Faktoren ab.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Die Herstellkosten einer RFID-Funktionalität müssen erheblich reduziert werden, um konkurrenzfähig zu den passiven optischen Verfahren (Bar-, Datamatrix-Code) zu sein.</li> <li>Sollten die momentan noch existierenden technologischen Hemmnisse der RFID-Technologie einer Integration auf metallischen Montageflächen sich lösen lassen würde dies zumindest den möglichen Einsatzbereich von RFID erheblich erweitern.</li> <li>Einfache Systemintegration (technisch und ökonomisch) in bestehende Organisationsstrukturen.</li> </ol> <p>Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die gesetzliche Regelung. Durch den Gesetzgeber erlassene Vorschriften z.B. zur Rückverfolgbarkeit in der Lebensmittel-, Pharma- oder Automobilindustrie würden ökonomische Faktoren außer Kraft setzen und eine Umsetzung erzwingen, auch wenn sich diese wirtschaftlich nicht rechnen würde.</p>

Tab. 10: Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 2 (Teil 2)



## 3.4 Anwendungsfeld 3: Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme

### 3.4.1 Darstellung des Anwendungsfeldes

Dieses Anwendungsfeld beinhaltet Aspekte aus den ersten beiden Feldern. Das „Internet der Dinge“ wird durch die in der Fertigung verwendeten Materialkisten und am unternehmensinternen Warenfluss beteiligten Einheiten wie den Fertigungszellen und dem Materiallager gebildet.

Während heutzutage der Materialbedarf meist über ein Kanban-System realisiert wird, bei dem eine leere Kiste, also ein Materialbedarf, durch ein Kärtchen repräsentiert wird, welches von Mitarbeitern zusammen mit den leeren Kisten in regelmäßigen Abständen eingesammelt wird, könnten zukünftig Bedarfsmeldungen von den Kisten automatisch generiert werden, da diese mit einer entsprechenden Sensorik (z. B. mit Gewichtssensoren) ausgestattet wären. Diese Meldungen können direkt über ein Datennetzwerk (z. B. Funk) an das Lager geschickt werden, wo eine neue Materialkiste vorbereitet würde. Im Wesentlichen würden also die Kanban-Kärtchen durch entsprechende automatisch generierte Funkmeldungen ersetzt.

Technisch denkbar wäre sogar, dass die Kisten von fahrerlosen Transportsystemen automatisch eingesammelt und ausgeliefert würden; jedoch wurde die Umsetzung dieses Szenarios in näherer Zukunft von den Wissenschaftlern und Praktikern als eher weniger wahrscheinlich eingestuft.

Folgendes Beispiel spiegelt dagegen einen in absehbarer Zukunft realistischen Anwendungsfall wider:

#### Anwendungsbeispiel „Materialbeschaffung“

Die üblicherweise im Fertigungsablauf verwendeten Kanbankärtchen werden durch automatisch generierte Bedarfsmeldungen über Funk ersetzt. Die Materialkisten enthalten Informationsspeicher, eine Kommunikationseinheit und Sensorik. Der Informationsspeicher wird bei der Kommissionierung bzw. Auftragsplanung beschrieben. Das geschieht zu dem Zeitpunkt, an dem normalerweise die Kanbankärtchen gedruckt werden. Ist eine Kiste leer oder fast leer, stellt die Kiste das mittels ihrer Sensorik fest und sendet eine Funknachricht ans Lager, in dem daraufhin eine neue Kiste vorbereitet und von dem aus dann ausgeliefert wird. Neue Bestellungen oder Aufträge zur Nachproduktion werden automatisch ausgelöst.

### 3.4.2 Bewertung des Anwendungsfeldes

Eine erste zusammenfassende Bewertung des Anwendungsfeldes durch das HSG-IMIT auf Grundlage der Literaturrecherche sowie den ersten Abstimmungsworkshops mit Vertretern aus Wissenschaft und Praxis und schließlich auf Basis eigener Erkenntnisse und Erfahrungen kam auch hier zu dem Ergebnis, dass eine technische Umsetzung bereits heute, je nach Ausprägung, grundsätzlich möglich ist. Die ökonomische Umsetzbarkeit ist wie bei allen Anwendungsfeldern

letztendlich eine Frage der Kosten-Nutzen-Relation<sup>8</sup>. (für weitere Ausführungen dazu vgl. Anlage I). Die zusammenfassende Bewertung anhand der festgelegten Kriterien ist in Tab. 11 dargestellt.

Ausprägung	Technische Umsetzbarkeit	Sicherheit	Ökonomische Umsetzbarkeit	Organisatorische Integration
A	+	+-	+-	+-
B	+	+-	+	+
C	+	+-	+-	+-
D	+/-	-	-	+-

**Tab. 11: Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 3 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren**

---

<sup>8</sup> Günthner et al. (2008a) und (2008b) verweisen auf den bereits erfolgreichen Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ im Bereich von (intra-)logistischen Prozessen in der Materialflusssteuerung. Weiterhin heben sie die wirtschaftlichen Potenziale dieser Technologien hervor, deren Ausschöpfung in Zukunft zu signifikanten Kostensenkungen führen kann.

ANWENDUNGSFELD 3: INTELLIGENTE MATERIALBESCHAFFUNG ÜBER AUTOMATISIERTE KANBAN-SYSTEME				
	Einschätzung Wissenschaftler	Einschätzung Praktiker	Bewertung der Einschätzungen durch HSG	
<b>(A):</b> Lokalisierung von Warenträgern	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) wird generell als technisch umsetzbar eingesetzt, wobei eine weite Verbreitung sehr stark von der eigentlichen Anwendung und dem Kosten/Nutzenverhältnis abhängt. Eine Lokalisierung vieler kleiner Objekte (z.B. Produkte, Behälter) ist als eher unwahrscheinlich einzuschätzen in 3-5 Jahren, während die Lokalisierung großer Objekte (z.B. Gabelstapler) sich bereits im Einsatz befindet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) ist technisch möglich wird bereits teilweise eingesetzt (z.B. bei der Schutz-Produktion der Fa. Bosch im Werk Leipzig). Durchsetzen wird es sich aus Kostengründen nur für große Behälter.</li> <li>(B) wird teilweise ohne die Komponente der Lokalisierung bereits eingesetzt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Die Einschätzung der Wissenschaftler und Praktiker ist ähnlich und deckt sich mit der Einschätzung des HSG-IMIT. Eine generelle technische Umsetzbarkeit ist möglich, sie wird jedoch vom Kosten-Nutzen-Verhältnis bestimmt und sich daher zunächst nur auf höherem Level lohnen (Warenträger, Palette, Container, Transportfahrzeuge).</li> </ul>	
<b>(B):</b> Inhaltsüberwachung von Materialisten, Funkübertragung zur Zentrale	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) und (C) wurden ohne die Komponente der Lokalisierung als umsetzbar eingeschätzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für (B) und (C) besteht kein Bedarf. Es wird daher nicht umgesetzt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Ausprägungen (B) und (C) wurden von Wissenschaftlern und Praktikern und auch innerhalb der Praktiker unterschiedlich eingeschätzt. Während die Wissenschaftler eine solche Lösung als denkbar (abgesehen von der Lokalisierung der Kisten) und unter Umständen wünschenswert bezeichnen, sahen die meisten Praktiker hier keinen Handlungsbedarf, da in ihren Betrieben das Problem „Warenfluss“ als gelöst betrachtet wird. Daraus kann geschlossen werden, dass eine weiter verbreitete Umsetzung in den nächsten 3-5 Jahren nicht stattfinden wird.</li> </ul>	
<b>(C):</b> Dezentralisierung: Auslösen von Bestand, Bedarf, Bestellung, Produktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>(D) ist bereits umgesetzt, jedoch sind FTs meist Schienen- oder Weggebunden und regelmäßig getaktet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(D) wird bereits eingesetzt und wird sich immer mehr durchsetzen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausprägung (D) finden bereits in gewissem Sinne statt. Die Autonomie der Transportsysteme ist jedoch nicht sehr weit ausgeprägt, dass heißt sie fahren meist zentral gesteuert und an Schienen gebunden. Höher Unabhängigkeit der Systeme bringt Sicherheitsprobleme mit sich, die noch nicht oder nur teilweise gelöst sind. Bei bisher zentral organisierte Systemen sind erste Ansätze erkennbar, die Auftragsformulierung auf Maschinen und Anlagen zu verlagern. Diese Vorgehensweise wird sich mehr und mehr durchsetzen.</li> </ul>	
<b>(D):</b> Fahrerlose Transportsysteme				
<b>Bemerkungen</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Alle Ausprägungen sind sinnvoll und werden in den nächsten Jahren umgesetzt.</li> </ul>		

Tab. 12: Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 3

## 3.5 Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion in der Digitalen Fabrik

### 3.5.1 Darstellung des Anwendungsfeldes

Die digitale Fabrik ist ein „[...] Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen und Methoden, u. a. der Simulation und 3D-Visualisierung. Ihr Zweck ist die ganzheitliche Planung, Realisierung, Steuerung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Fabrikprozesse und -ressourcen in Verbindung mit dem Produkt.“ (VDI 2008, 3). Sie galt Ende der neunziger Jahre noch als die „dritte Revolution“ in der Automobilindustrie. Doch die Digitalisierung ist weitaus langsamer vorangeschritten, als Experten zunächst vermutet hatten (vgl. Bulczak 2008).

Im Zusammenhang mit dem „Internet der Dinge“ beschreibt sie die völlige Dezentralisierung des gesamten Produktionsprozesses, der sich durch Kommunikation und Verhandlungen der Speicher, Prozessoren etc. untereinander selbst planen, organisieren und überprüfen könnte.

Das hier gewählte Beispiel „Produktionsbegleitende Simulation“ baut auf dem Anwendungsfeld 1 auf. Die Informationen, die von den Maschinen generiert werden, werden von einer Software zur täglichen Simulation der Produktions- und Auftragsplanung verwendet. Dadurch können Planer und Entscheider anhand des Simulationsmodells die aktuelle und künftige Situation einschätzen.

#### **Anwendungsbeispiel „Produktionsbegleitende Simulation“**

Die produktionsbegleitende Simulation stellt eine Erweiterung der bisherigen Methoden zur Auftrags- und Produktionsplanung dar. Der Produktions- bzw. Auftragsablauf wird dabei anhand des Auftrages und realer aktueller Maschinendaten (z. B. Auslastung, Störungen, momentane Rüstung) simuliert. Für die Simulation wichtige Maschinenparameter und -daten werden in Echtzeit gesammelt (wie im Anwendungsbeispiel „intelligente und kommunizierende Maschinen“). Verschiedene Bearbeitungsabläufe und Handlungsalternativen können mit Hilfe dieser Simulationen analysiert und etwaig auftretende Engpässe somit im Vorfeld erkannt werden. Dadurch wird die tägliche Auftrags- und Produktionsplanung weniger abhängig von Erfahrungswerten und Modellen.

Von einer sich selbstorganisierenden Produktion (Ausprägung B) kann somit noch nicht gesprochen werden. Wie in Anlage I, 16 und II, 10 dargestellt, wird diese Ausprägung vorerst noch als visionär eingeschätzt und steht an dieser Stelle vielmehr als Beispiel für zukünftig realisierbare Potenziale.

### 3.5.2 Bewertung des Anwendungsfeldes

Eine erste zusammenfassende Bewertung des Anwendungsfeldes durch das HSG-IMIT auf Basis der Literaturrecherche sowie der ersten Abstimmungsworkshops mit Vertretern aus Wissenschaft und Praxis kam zu dem Ergebnis, dass Ausprägung A technisch grundsätzlich nichts im Wege steht und auch unter ökonomischen Gesichtspunkten denkbar ist. Ausprägung B gilt momentan als technisch noch nicht umsetzbar und wurde deshalb nicht weiter betrachtet (für weitere Ausführungen dazu vgl. Anlage I). Die zusammenfassende Bewertung anhand der festgelegten Kriterien ist in Tab. 13 dargestellt.

Ausprägung	Technische Umsetzbarkeit	Sicherheit	Ökonomische Umsetzbarkeit	Organisatorische Integration
A	+ -	++	+	+ -
B	--	--	--	--

**Tab. 13: Zusammengefasste Bewertung zur Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 4 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren**

ANWENDUNGSFELD 4: SELBSTORGANISIERENDE PRODUKTION IN DER DIGITALEN FABRIK			
	Einschätzung Wissenschaftler	Einschätzung Praktiker	Bewertung der Einschätzungen durch HSG
(A): Digitale Fabrik, Prozessbegleitende Simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A), also Simulationen werden in ausgewählten Bereichen (z.B. Fertigungsplanung) bereits eingesetzt. Produktionsbegleitende Simulationen (auf Basis echter Daten) ist möglich und wird teilweise schon eingesetzt. Problematisch ist jedoch eine gleichzeitig viele Bereiche übergreifende und tiefe (detailgenaue) Simulation (das ist ein generelles Problem bei Simulationen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) wird bereits in kleinen abgeschlossenen Bereichen eingesetzt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Simulation als solche (z.B. in der „digitalen Fabrik“) wird bereits eingesetzt, meist in der Produktionsplanung. Dabei werden einzelne Bereiche eines Produktionsablaufes simuliert. Eine „bereichsübergreifende“ Simulation bei gleichzeitiger Detailtiefe der Simulation ist schwierig. Es ist jedoch fraglich, ob man hier überhaupt von einer Technologie im Sinne des IdD reden kann.</li> <li>Anders sieht es bei produktionsbegleitender Simulation aus. Hier werden Daten über den Ist-Zustand der Produktion (also generell alle Informationen, die mit Hilfe der Szenarien 1-3 generiert werden können) gesammelt und die optimale weitere Vorgehensweise (z.B. Auftragsbearbeitung/-planung) auf Basis dieser Daten simuliert und geplant. Solche Methoden sind bereits vereinzelt im Einsatz und werden sich weiter da umsetzen wo es sich lohnt.</li> </ul>
(B): Automatische Adaption der gesamten Prozessumgebung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) wird als vorerst nicht realisierbar eingeschätzt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) wird vorerst nicht umgesetzt werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(B) wird nach Ansicht aller Beteiligten in den nächsten 3-5 Jahren nicht umgesetzt werden.</li> </ul>

Tab. 14: Zusammenfassende Einschätzung zum Einsatz neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in Anwendungsfeld 4



### 3.6 Zwischenfazit

Grundsätzlich ist festzustellen, dass eine Integration von Fähigkeiten/Funktionalitäten in Objekte, die sensorische, speichernde, analysierende und regelnde Aufgaben in Verbindung mit Datenübertragungsfunktionen aufweisen, schon immer angestrebt wurde und in Teilbereichen auch umgesetzt ist. Die Basis der momentanen Ausgangssituation für die angenommenen Anwendungsfelder ist technologisch grundsätzlich denkbar, aber nicht so stabil und breit verfügbar, dass die Umsetzung, d. h. eine Integration von „Intelligenz“ in Objekten sicher, einfach und ökonomisch möglich erscheint. Die folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über hemmende Faktoren des Einsatzes neuer Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“.

<b>Volkswirtschaftliche Problematik</b>	<p>In den letzten Jahrzehnten der Industrialisierung haben sich auf dem Gebiet der Automation von Fertigungsprozessen unterschiedliche Standards auf der Kommunikationsebene in Hard- und Software etabliert (ProfiBus, CAN, FDT). Verschiedene Interessengruppen versuchen in Form von Allianzen ihre bestehenden Marktanteile und Technologien vehement zu verteidigen und auszubauen. Vor diesem Hintergrund sind gerade große Unternehmen (z. B. Schneider Electric, Siemens, Rockwell Automation, ABB, Bosch etc.) kurz - mittelfristig nicht daran interessiert, bestehende Lösungen die eine hierarchisch, zentralistisch organisierte Informationsstruktur aufweisen, gegen dezentralisierte Ansätze auszutauschen. Eine Substitution von drahtgebundenen Lösungen zu dezentralen Funklösungen ist momentan am konkretesten in der WirelessHART Initiative (vgl. HART Communication Foundation 2009) erkennbar, wobei man davon ausgehen kann, dass Realisierungen mit entsprechender Performance in 3 bis 5 Jahren stabil sein werden. Eine Prognose der Marktrelevanz von Objekten mit einer „Internet der Dinge-Funktionalität“ ist in der gegebenen wirtschaftlichen Situation schwierig.</p>
<b>Technische Problematik</b>	<p>Von der technischen Seite besteht ein Spannungsfeld von Einzelfaktoren (Sensor/Aktor, Energiewandler, Funkbaustein), die sich gegenseitig beeinflussen. Trotz erster Erfolge, steht die technische Entwicklung des „Internets der Dinge“ noch relativ am Anfang. Der Forschungsbedarf im Bereich Hardware – z. B. Sensorik, Kommunikation, Energie, Aktuatorik – und Software – z. B. Sicherheit und Netzwerke – z. B. „Google der Dinge“ ist noch groß (vgl. Fleisch/Mattern 2005, XXII).</p> <p>Ziel ist es, die Miniaturisierung effizient umzusetzen. Weitere bestimmende Größen sind dabei die technologische Verfügbarkeit von elektronischen Bauteilen/Funktionen und die Fertigungsverfahren samt notwendiger Anlagentechnik.</p>
<b>Ökonomische Problematik</b>	<p>Die ökonomische Betrachtung zeigt, dass es aufgrund der oben genannten Abhängigkeiten schwierig ist, Objekte kostengünstig mit Intelligenz auszustatten. Beispielsweise muss die Ausstattung eines Joghurtbechers mit einem elektronischen Etikett extrem günstig sein. Hier sind Herstellkosten im 1/100-Centbereich notwendig. Da ein Bedarf an intelligenten Joghurtbechern vorliegt, wird ein neuer Lösungsansatz verfolgt, bei dem Elektronik gedruckt werden kann.</p> <p>Viele der neuen Fähigkeiten stellen keine funktionale Erweiterung und somit direkten Mehrwert für das Produkt bzw. den Produktionsprozess dar, sondern einen Add-on. Dementsprechend sollen die Herstellkosten nur unwesentlich erhöht werden.</p> <p>Unter diesen Voraussetzungen kann eine breite Marktdurchdringung nur über Mehrwertdienste gegengerechnet werden.</p> <p>Viele neuartige Organisationslösungen scheitern momentan daran, dass etablierte Formen wie Barcodes gegenüber neuen Technologien wie RFID extrem günstig sind. Es müssen die bestehenden Nachteile wenigstens zum Teil eliminiert werden, bevor eine erkennbare Wirkung sichtbar ist.</p>

**Tab. 15: Hemmende Faktoren des Einsatzes neuer Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“ (vgl. Anlage I, 18ff)**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich innerhalb des Erstellungszeitraums der vorliegenden Studie die Orientierungen der Industrie aufgrund der veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Wirtschaftskrise) und der damit verbundenen Perspektive für die kommenden Jahre erheblich gewandelt haben.

In den vergangenen Jahren standen technologiebezogene Themen und die Fragestellung im Vordergrund, mit welchen Strategien, Technologien und Techniken/Verfahren weitere Optimierungspotentiale in Automationsprozessen generiert werden können, die zu einer noch höheren Integration von Funktionalitäten in Maschinen und Anlagen führen, um einen höheren Effizienz- und Produktivitätsgrad zu erreichen. Innerhalb des Erstellungszeitraums der Studie lagen in den Unternehmen wesentlich akutere Problemlagen vor: Fern von einer technologischen Weiterentwicklung hin zu einem „Internet der Dinge“ versuchten die Betriebe die (mittlerweile abflauende) Wirtschaftskrise mit wenig Substanzverlust zu meistern. Dabei spielten Betrachtungen über zukünftige technologische Veränderungen in Produkten, Objekten, Maschinen und Anlagen keine herausragende Rolle. Die Industrie ist bestrebt, die betrieblichen Prozesse mit bekannten und erprobten z. B. optischen Identifikationsverfahren (Barcode, Data-Matrix) zu optimieren. Die Auswirkungen einer solchen Verlagerung in den Entscheidungsprozessen, zeigten sich auch darin, dass teilweise kompetente Gesprächspartner für Interviews oder Workshops nicht freigestellt wurden (beispielsweise aufgrund von Kurzarbeit).

Hinsichtlich der entwickelten Anwendungsfelder und mit Blick auf den ersten Teil der eingangs formulierten Zielstellung der Untersuchung (vgl. Kapitel 1) ist abschließend zu konstatieren: Eine Integration von RFID- oder Wireless-Technologien wird stattfinden, aber nur dann, wenn ökonomisch, kurz- bis mittelfristig Vorteile davon zu erwarten sind. Die Vision einer Integration von „Intelligenz“ in Objekten im Sinne des „Internets der Dinge“ (durch immer kleiner werdende energie-effiziente elektronische Schaltkreise), um hiermit eine Kommunikationsplattform für einen Datenaustausch von Objekten zu installieren, wird in den kommenden drei bis fünf Jahren nicht flächendeckend realisiert.

## 4 Untersuchungsergebnisse Teil II: Auswirkungen des Einsatzes des „Internets der Dinge“ auf das Tätigkeitsspektrum von und die Qualifikations- anforderungen an Fachkräfte in der industriellen Pro- duktion

### 4.1 Vorbemerkungen

Nachfolgend werden für die in Kapitel 3 erarbeiteten Anwendungsfelder für das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion die Auswirkungen auf künftige Qualifikationsanforderungen an entsprechende Fachkräfte analysiert.

Als Grundlage dieser Analyse wird im Abschnitt 4.2 zunächst mit Rekurs auf den Stand der industriesoziologischen Diskussion skizziert, welche Folgen die Implementierung neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ auf die Aufgabenverteilung zwischen Menschen und Maschinen im Kontext von Produktionsarbeit hat. Dabei werden Auswirkungen beschrieben, von denen die an Maschinen mit komplexen Steuerungssystemen arbeitenden Fachkräfte betroffen sind oder in Zukunft verstärkt betroffen sein werden, weil sich deren Aufgabenfeld verändert. Insbesondere werden in diesem Zusammenhang die Folgen aufgezeigt, die eine größere Distanz zwischen Mensch und Maschine infolge zunehmender Automatisierung des maschinellen Produktionsablaufs mit sich bringt. Diese vorwiegend aus der industrie- bzw. risikosoziologischen Forschung stammenden Befunde ermöglichen zum einen die Abschätzung der grundsätzlichen Folgen des „Internets der Dinge“ für die Qualifikationsanforderungen an Facharbeit, zum anderen liefern sie Hinweise auf vertieft in den Blick zu nehmende Anforderungsbereiche in den einzelnen Anwendungsfeldern.

Daran anschließend erfolgt in den Abschnitten 4.3 bis 4.6 die Darstellung und Erläuterung der in den vier identifizierten Anwendungsfeldern heute anfallenden Arbeitsaufgaben sowie deren für die nächsten Jahre prognostizierte Entwicklung hinsichtlich ihres Umfangs bzw. ihrer Ausprägung: Um eine übersichtliche, unternehmensübergreifende Darstellung der in den einzelbetrieblichen Fallstudien erhobenen Anforderungsprofile in der industriellen Produktion zu gewährleisten, wurden (vgl. Abschnitt 2.2.2) zusammenfassende Matrizen mit folgender Struktur gebildet:

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse			
Technische Prozesssicherung			
Geschäftsprozesse			
Qualitätsprozesse			
Informationsprozesse			
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit			

Tab. 16: Matrix zur prozessorientierten Darstellung der Entwicklung des Aufgabenspektrums

Diese stellen die unternehmensübergreifend vorfindbaren Arbeitsaufgaben in den einzelnen Anwendungsfeldern des „Internets der Dinge“ entlang des Prozessmodells betrieblicher Anforderungen dar und bewerten die Tätigkeiten hinsichtlich ihrer Relevanz für die Zukunft (*nimmt ab/fällt weg, bleibt gleich, wird um zusätzliche Aufgaben erweitert*). Um eine differenzierte Beurteilung der Entwicklung des Aufgabenspektrums zu ermöglichen, werden jeweils Matrizen für die Tätigkeitsbereiche *Maschinen und Anlagen bedienen, Maschinen und Anlagen steuern* sowie *Maschinen und Anlagen instand halten und warten* entwickelt. Unter das *Bedienen* von Maschinen und Anlagen fallen in diesem Zusammenhang diejenigen Tätigkeiten, die damit in Verbindung stehen, den regulären Produktionsvorgang an einzelnen Maschinen am Laufen zu halten. Im Rahmen des *Steuerns* von Maschinen und Anlagen erfolgt die Überwachung mehrerer Maschinengruppen und Sicherstellung deren Funktionstüchtigkeit, ebenso die Sicherstellung des korrekten Produktionsvorgangs. Zur *Wartung und Instandhaltung* gehören demgegenüber all die Tätigkeiten, die die Funktionstüchtigkeit der Maschinen und Anlagen sicher- bzw. wieder herstellen.

Nach dieser Darstellung und Erläuterung der Entwicklung des Aufgabenspektrums für jedes Anwendungsfeld werden im Abschnitt 4.7 die daraus resultierenden zukünftigen Qualifikationsanforderungen entwickelt. Dazu werden die grundsätzlich auch unabhängig vom Einsatz des „Internets der Dinge“ zu erwartenden Qualifikationsanforderungen in der industriellen Facharbeit mit den Ergebnissen aus der vorliegenden empirischen Untersuchung verknüpft und im Rahmen des kooperativen Analyseverfahrens nochmals durch Experten bewertet und systematisiert.

## 4.2 Technologische Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“ als Auslöser veränderter Qualifikationsanforderungen

Technologische Innovationen beeinflussen Arbeitsformen und -anforderungen. Deutlich wird dies insbesondere mit Blick auf die Gestaltungswirkung von IuK-Technologien (vgl. Vogel 2009, 136ff), die über die letzten 20 Jahre zur einer fortschreitenden, umfassenden Informatisierung (vgl. Polko 2009, B6) der Lebens- und Arbeitswelt und der Entwicklung einer modernen Informations- und Wissensgesellschaft geführt haben. Damit einhergehend haben sich zunehmend auch bestehende Qualifikationsanforderungen verändert bzw. neue Qualifikationsanforderungen entwickelt – die genannten IuK-Technologien haben beispielsweise dazu geführt, dass heutzutage grundsätzlich an Büroarbeitsplätzen andere Anforderungen (Medienkompetenz, Erfahrungen im Umgang mit Standardsoftware etc.) bestehen.

Nachfolgend soll unter Bezugnahme auf relevante, hauptsächlich industriesoziologische Forschungsarbeiten analysiert werden, welche Auswirkungen die Einführung von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ grundsätzlich auf Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter in der Produktion hat. Dazu werden Aussagen darüber getroffen, wie sich die Mensch-Maschine-Beziehungen durch entsprechende technologische Entwicklungen verändern und welche Folgen für Fachkräfte daraus resultieren.

## 4.2.1 Folgen der Implementierung technologischer Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion

Mit der Einführung von bzw. Arbeit mit technischen Innovationen wie z. B. dem „Internet der Dinge“ in der Produktion sind neben Rationalisierungs- und Automatisierungsvorteilen (z. B. verbesserte Steuerung und Sicherheit von Prozessen) häufig auch unintendierte Nebeneffekte wie Kontroll- und Wissensverluste auf Seiten der Arbeitskräfte verbunden, welche ggf. mit überproportional zunehmenden potenziellen Effekten einzelner Fehler einhergehen (vgl. Fleisch et al. 2005).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Einführung des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion zu einem grundsätzlich veränderten Verhältnis zwischen Mensch und Maschine führen kann.<sup>9</sup> Die Einführung solch intelligenter Technik bedeutet einen gravierenden technologischen Umbruch, da die neuen „*smarten Objekte*“ im Kern typisch menschliche Züge aufweisen – das war unbelebten Dingen bisher vorenthalten. Eine *Handlungsfähigkeit*, wie sie nun der Technik ähnlich dem Menschen zugesprochen werden kann, verändert das Verhältnis von Mensch und Technik grundlegend. Weyer fasst die zentralen Veränderungen folgendermaßen zusammen:

*[...] Der menschliche Bediener einer Maschine kann nicht mehr davon ausgehen, dass diese als willfähriges Instrument fungiert, welches sich – im Prinzip – durch Anweisungen und Programme präzise steuern lässt. Aus einem instrumentellen Verhältnis zu Technik wird vielmehr schrittweise ein interaktives Verhältnis, das die Technik zu einem Partner und Mitentscheider in kooperativen Prozessen macht. (Weyer 2006, 2)*

Wenn Menschen mit solchen (teil-)autonomen Maschinen interagieren, entstehen sog. „*hybride Systeme*“. Handlungsträgerschaft ist dann auf menschliche Akteure und zunehmend „lebendige“ technische Agenten verteilt (vgl. Weyer 2008). Die neuartige Interaktion in solchen hybriden Systemen führt zu vielschichtigen Herausforderungen und Fragen der wechselseitigen Anerkennung und Steuerung von Mensch und Maschine. Diese zunächst radikal erscheinende Hybridperspektive, nach der Mensch und Maschine eine Handlungseinheit bilden, erscheint vor dem Hintergrund der in Kapitel 3 skizzierten Anwendungsfelder für das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion bis hin zu einer sich selbst organisierenden Produktion zunehmend realistisch (vgl. Rammert 2006, 26). Mit fortschreitender Automation werden dabei immer mehr Handlungen an nicht-menschliche Instanzen delegiert, um so Rationalisierungsvorteile zu generieren und ggf. Fehlerquoten zu minimieren.

Untersucht werden muss, welche Folgen mit einer zunehmenden Hybridisierung einhergehen: Welche Rolle kommt dem Menschen in dieser verdichteten Mensch-Maschine-Beziehung zu, in der er mit autonomen, selbstregulierten und interaktiven Systemen konfrontiert ist? Welche Auswirkungen hat es, wenn Prozesse mit Hilfe moderner Datenübertragungstechniken für das

---

<sup>9</sup> Die soziologische Forschung hat die Bedeutung der „neuen Qualität der Maschine-Maschine-Kommunikation, die das ‚Internet der Dinge‘ [...] möglich erscheinen lässt“ (Weyer 2008, 239), erkannt. Eben jene Neuartigkeit zwingt auch die wissenschaftlichen Disziplinen, sich mit dem Zusammenspiel von Mensch und Maschine aufs Neue auseinanderzusetzen, wenn Technik in ihrem Wesen als vermehrt (mit-)handelnd aufgefasst werden muss (ebd., 237ff).

menschliche Auge „unsichtbar“ ablaufen? Diese Fragen sollen nachfolgend beantwortet werden, um ein Verständnis für die Arbeits- und Qualifikationserfordernisse der Zukunft zu entwickeln.<sup>10</sup>

## 1. Zunehmende Komplexität von Arbeitssituationen und -prozessen

Mit Blick auf die Beantwortung der aufgeworfenen Fragen ist grundsätzlich zu konstatieren, dass die Übernahme von Arbeitsaufgaben durch autonome technische Gegenstände bzw. Maschinen die Optionen und Komplexität von Systemen steigert. Entscheidungen zu Handlungsplanung, -ausführung und -bewertung werden nicht mehr vom Menschen gefällt, sondern immer häufiger von der Technik mitbestimmt (vgl. Weyer 2008, 258). Dies führt dazu, dass konkrete Handlungszuschreibungen zum Menschen einerseits und technischen Geräten andererseits uneindeutiger werden<sup>11</sup> und *Arbeitsprozesse* für die handelnden Personen *intransparenter und schwieriger nachvollziehbar* werden.

Hochautomatisierte und autonome Systeme bergen demnach auch Risikopotenziale, die aus ihrer *gestiegenen Komplexität* resultieren. Im Zuge der umfassenden Informatisierung und Synchronisierung von Prozessen, wie sie eine auf das „Internet der Dinge“ setzende, sich in letzter Konsequenz selbst organisierende Produktion erfordert, werden Systeme verwundbar: Je komplexer ein System, desto weniger berechenbar und kontrollierbar wird es und desto größer wird seine *Störfälligkeit*.

Insgesamt lassen sich vier zentrale Risiken identifizieren, welche von einer durch die Implementierung technologischer Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“ gestiegenen Komplexität ausgehen und die im Hinblick auf die Folgen für zukünftige Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte in der Produktion für die erarbeiteten Anwendungsfelder erkenntnisleitend zu berücksichtigen sind.

### Komplexitätsbezogene Risiken:

1. Technik wird für den Menschen zur „black box“ und damit weniger berechen- und kontrollierbar. Fachkräften wird dadurch zunehmend adaptives Handeln abverlangt.
2. Die Auswirkungen von Fehlern, gleich ob von Mensch oder Maschine verursacht, nehmen zu.
3. Die Möglichkeiten der Fehlervermeidung sind für Fachkräfte in hochkomplexen technischen Umgebungen eingeschränkt.
4. Hochautomatisierte Produktionsprozesse bergen die Gefahr gleichzeitiger Über- und Unterforderung der Arbeitskräfte.

Für die Arbeit in hochautomatisierten Systemen bedeutet steigende Komplexität, dass der Umgang mit weitreichender Unsicherheit den Kern zukünftiger Arbeitsanforderungen bildet. Technologische Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“, die dazu führen, dass bestimmte Maschinen oder Bauteile zunehmend, autonom, intelligent und in Echtzeit operieren, führen

<sup>10</sup> Weyer zufolge bleibt Technik – von einem soziologischen Standpunkt aus – immer ein soziotechnisches System, da es eine Mensch-Maschine-Schnittstelle beinhaltet, die nicht eliminiert werden kann. Ohne menschliches Zutun kommt demnach keines der aktuell entwickelten autonomen Technikkonzepte aus (Weyer 2008, S. 252f.).

<sup>11</sup> Rammert/Schulz-Schaeffer (2002) haben hierzu ein Modell gradualisierter Handlungsträgerschaft entwickelt.



dementsprechend dazu, dass Arbeitssituationen komplexer werden und an Dynamik gewinnen. Für Fachkräfte, die an der Schnittstelle von Mensch und Maschine in hochkomplexen Automatisierungssystemen arbeiten (vgl. Faber 2001) und die Aufgabe haben, deren Funktionsfähigkeit und Sicherheit zu gewährleisten, ergeben sich daraus neue Anforderungen aufgrund einer technikimmanenten Störanfälligkeit insbesondere in Bezug auf planerische und überwachende Tätigkeiten.

## 2. Räumliche Distanz zum Fertigungsgeschehen

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Fachkräfte in hochautomatisierten Produktionsumgebungen zunehmend eine räumliche Distanz zum eigentlichen Fertigungsgeschehen (Weyer 1997) haben. Sie müssen sich deshalb in ihrem Handeln auf die Interpretation von Daten stützen, die ihnen die technischen Anlagen liefern bzw. Messinstrumente anzeigen. Um korrekte Schlüsse aus den bereitgestellten Informationen ziehen zu können, ist aufgrund der räumlichen Entfernung zum Produktionsgeschehen stark modellhaftes Denken erforderlich.

## 3. Potenzielle Dequalifizierung durch Entlastung von bestimmten Tätigkeiten

Der Einsatz intelligenter Technik im Sinne des „Internets der Dinge“ in der Produktion trägt zwar zur *Entlastung* des Arbeitenden *bei körperlich belastenden oder Routinetätigkeiten* bei, gleichzeitig bedeutet dies einen *Kontrollverlust*. Von der Technik übernommene Kontrollfunktionen führen dazu, dass Fachkräfte der Gefahr unterliegen, ihr Prozessverständnis zu verlieren. Dadurch schwinden ihre Möglichkeiten, selbst einzugreifen:

*„Intelligente‘ Technik zwingt den Menschen zu passiv-reaktivem Verhalten, zur Anpassung an den jeweiligen Systemzustand, was mit einer deutlichen Verringerung der Strategiefähigkeit menschlicher Akteure einhergeht. Zudem führen smarte Systeme, die Transaktionen hinter dem Rücken menschlicher Akteure durchführen, zu einer Erosion des Vertrauens [...].“ (Weyer 2006, 20)*

Wenn Maschinen automatisch gesteuert und menschliche Eingriffe nicht zugelassen werden, kann daher ein schrittweiser Qualifikationsverlust der Fachkräfte eintreten. Es besteht die Gefahr, dass manuelle Steuerungsfertigkeiten verloren gehen, weil sie nicht mehr durch Anwendung im Arbeitsalltag („learning by doing“) trainiert werden (Weyer 2008, 243). Parallel dazu können auch Lernfähigkeit und Handlungskompetenz beeinträchtigt werden, wenn smarte Technik den Arbeitsalltag dominiert und die Fachkräfte nicht mehr selbst aus Fehlern lernen können.

## 4. Umgang mit und Vermeidung von Störungen als neues Kernelement der Facharbeit

Während die Anzahl menschlicher Fehler durch Automation reduziert werden kann, steigen zugleich die potenziellen Auswirkungen, die ein einzelner Fehler mit sich bringt, überproportional an.<sup>12</sup> Gerade in hochautomatisierten Betrieben werden von Störungen verursachte Produktionsstillstände zu kostspieligen Angelegenheiten, wenn Probleme einer technischen Komponente sich auf angekoppelte Einheiten ausweiten. Prozesskontrolle gewinnt dementsprechend in der

---

<sup>12</sup> Dieser Umstand kann komprimiert als „diseconomies of risk“ beschrieben werden (vgl. Fleisch et al. 2005).

Automationsarbeit enorm an Bedeutung, wenn es Störfälle von neuer, „systemischer“ Qualität (Weyer 1997, 239) zu vermeiden gilt.

Der Wechsel von Normal- und Störfall vollzieht sich dabei abrupt, weshalb die Vigilanz am Arbeitsplatz, d. h. das „Wach- und Konzentriertbleiben“, zunehmend an Bedeutung gewinnt. Insbesondere bei der Arbeit mit eng gekoppelten Echtzeitsystemen, in denen sich Störungen von Einzelkomponenten schnell auf ein Gesamtsystem übertragen und zu hohen Kosten führen können (s. o.), unterliegen Fachkräfte großem Zeitdruck und müssen bei der schnellen Fehlerbehebung verstärkt adaptiv vorgehen. Solche Umstände können zu einer „Dramatisierung des Störfalls“ (Weyer 2008, 245) führen. Selbst wenn Informationen von Anzeigegeräten als Unterstützung vorliegen, kann diesen nie uneingeschränktes Vertrauen geschenkt werden, da falsch angegebene Werte und defekte Messmechanismen nicht auszuschließen sind. Weiterhin lassen programmgesteuerte Abläufe nur solche Problemlösungen zu, die von Systemkonstruktoren antizipiert wurden (Weyer 1997, 252). Wenn bei der Systemerstellung auf Vorstellungen aufgebaut wird, die in der beruflichen Praxis nicht eingehalten werden können, erschwert dies den Umgang mit Störfällen und führt zu weiterem „Fehlverhalten“. Sofern für Problemlagen und Störmeldungen keine eindeutigen strategischen Handlungsroutrinen existieren, ist zunächst eine Eingrenzung des Fehlers erforderlich. Dabei sind Fachkräfte in hybriden Systemen zunehmend zu adaptivem Handeln gezwungen, um sowohl im Regelstörfall als auch bei neuartigen Problemen möglichst optimal bzw. kreativ zu reagieren.

Auch Böhle et al. (2001) kommen für Unternehmen in der chemischen Prozessindustrie zu ähnlichen Ergebnissen.<sup>13</sup> Sie identifizieren das von Weyer als „Entscheidung unter Unsicherheit zweiter Ordnung“ (Weyer 1997, 250) bezeichnete Problem als zentrales Arbeitsmerkmal: Dies betrifft die von Fachkräften zu fällende Entscheidung, ob ein gegebener Systemzustand als Normalfall oder als Störfall zu behandeln ist (s. o.). Übertragen auf Arbeitszusammenhänge mit autonomer Technik im Sinne des „Internets der Dinge“ erfordert dies eine Einschätzung, ob die automatischen Prozeduren der Gefahrenbewältigung ausreichen oder ob ein manueller Eingriff vorgenommen werden muss (Weyer 2008, 260).

Die Anforderungen im scheinbar reibungslosen Normallauf der automatischen Maschinen dürfen demzufolge nicht unterschätzt werden. Die eigentliche Herausforderung stellt ein neuer Typus von Arbeit dar, der als „Gewährleistungsarbeit“ oder „Deutungsarbeit“ bezeichnet werden kann: Arbeitskräfte müssen in ständiger Bereitschaft sein, um Fehler vermeidend und Störungen vorbeugend in Arbeitsläufe eingreifen zu können. „Die ständige Beobachtung der Anlagen und Prozesse zur frühzeitigen Erkennung und Behebung sich anbahnender Störungen und der präventive Eingriff stellen nicht die Ausnahme, sondern die Regel dar, sind arbeitsalltägliche Normalität“ (Böhle et al. 2001, 276). Entgegen den Überlegungen Weyers tritt also das eigentliche Störfallmanagement im alltäglichen Arbeitshandeln eher in den Hintergrund. Vielmehr muss vordergründig

---

<sup>13</sup> Im Rahmen der Untersuchungen wurden Anlagenfahrer und Betriebsleiter in hochtechnisierten Betrieben unterschiedlicher Prozessart und Leittechnikniveaus befragt und ergänzend Videoaufnahmen analysiert. Mittlerweile liegen zum Konzept erfahrungsgelitet-subjektivierenden Arbeitshandeln weitere empirische Untersuchungen aus anderen Tätigkeitsbereichen vor (vgl. Böhle 2008).

bereits zuvor ein Ausgleich der technikimmanenten Unwägbarkeiten vorgenommen werden, um möglichen Störungen einen Schritt voraus zu sein.

## 4.2.2 Zwischenfazit

Insgesamt ist zu konstatieren, dass sich der historisch beobachtbare Wandel der Facharbeit weiter fortsetzen wird – tendenziell zeichnet sich in der industriellen Produktion eine Entwicklung der Facharbeit hin zu sekundärer Facharbeit ab: Facharbeiter üben weiterhin qualifizierte Tätigkeiten aus, diese sind jedoch weniger Produktionstätigkeiten i. e. S., sondern stellen vielmehr technische Dienstleistungen in Produktionsbetrieben dar. Diese umfassen bevorzugt Vorbereitungs-, Störungsbeseitigungs- und Kontrollaufgaben im Sinne „technischer Dienste“. „Auch diese sekundären Bereiche machen einen Wandel in Richtung auf Spezialisierung und Intensivierung durch, werden von mehr oder weniger improvisierten Leistungen zu systematisch-geplanten Funktionen“ (Mikl-Horke 2000, 197).<sup>14</sup>

Im Folgenden soll analysiert werden, welche Auswirkungen die beschriebenen grundsätzlichen Tendenzen in den erarbeiteten Anwendungsfeldern des „Internets der Dinge“ haben und welche Folgen daraus jeweils für die Qualifikationsanforderungen an in diesen Anwendungsfeldern beschäftigte Fachkräfte zu erwarten sind.

## 4.3 Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen

### 4.3.1 Aufgabenentwicklung im Bereich des *Bedienens* im Rahmen der Maschinenüberwachung

ANWENDUNGSFELD 1: <i>BEDIENAUFGABEN</i>			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung unterschiedlicher Tätigkeiten im Rahmen der Maschinenbedienung</li> <li>• Lesen von Bedienungsanweisungen und Umsetzen der entsprechenden Anleitungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestückung und Bedienung einzelner Maschinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung gleicher Tätigkeiten im Rahmen der Maschinenbedienung in erhöhtem Umfang</li> <li>• Lesen/Aufnahme/ Umsetzen des von Maschinen/Monitoren signalisierten Handlungsbedarfs</li> <li>• Reaktion auf von Maschi-</li> </ul>

<sup>14</sup> Parallel dazu wird sich der bereits in früheren Studien zum Wandel der industriellen Arbeit diagnostizierte Abbau von Hilfs- und Anlern Tätigkeiten unterhalb der Fachkräfteebene fortsetzen, wobei dies nicht Gegenstand der weiteren Untersuchungen ist.

## ANWENDUNGSFELD 1: *BEDIENAUFGABEN*

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
			<p>nen und/oder Informationssystemen signalisierte (variable) Bedienungsanweisungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesen auch englischsprachiger Bedienungsanweisungen und Umsetzen der entsprechenden Anleitungen</li> </ul>
Technische Prozesssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Funktionsstüchtigkeit der Maschinen</li> <li>• Überwachung einzelner Maschinen per Augenschein vor Ort</li> <li>• Abruf von Betriebszuständen</li> <li>• Erkennung von Handlungsbedarf im Störfall</li> <li>• Behebung einfacher mechanischer oder einfacher elektronischer Probleme</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Maschinen in Interaktion mit Sicherungssystemen der Maschine</li> <li>• Erkennung von Handlungsbedarf im Störfall, soweit dieser nicht maschinenbezogen erkannt/behoben wird</li> <li>• Kontrolle maschinell behobener (mechanischer oder elektronischer Probleme) in Kooperation mit Maschinen</li> <li>• Umsetzung des von Maschinen hinsichtlich der Wartung signalisierten Handlungsbedarfs</li> </ul>
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter Kostengesichtspunkten effizienter Einsatz von Maschinen, Arbeitsgeräten, Prüfmitteln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedenken der Vernetzung der Maschinen und der sich daraus ergebenden Kostenkriterien</li> <li>• Prüfung der von Maschinen vorgeschlagenen bzw. selbst ausgeführten Prozesse unter Kostengesichtspunkten</li> </ul>
Qualitätsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Qualität des angelieferten Materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrekter Umgang mit Maschinen, Arbeitsgeräten, Prüfmitteln</li> </ul>	
Informationsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen über Logbücher oder Schwarze Bretter</li> <li>• Teamarbeit: Abstimmung mit Kollegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunizierung von Optimierungspotenzial</li> <li>• Meldung an Kollegen und Vorgesetzte - ggf. zur Organisation der Fehlerbehebung, Bericht der Vorfälle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzgestützte Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen für das zuständige Fachpersonal</li> </ul>
Umweltmanagement		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> </ul>	

## ANWENDUNGSFELD 1: *BEDIENAUFGABEN*

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>Einhaltung ergonomischer Arbeitsbedingungen</li> </ul>	

**Tab. 17: Anwendungsfeld 1: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Bedienens* im Rahmen der Maschinenüberwachung**

Zum jetzigen Zeitpunkt umfasst das Aufgabenspektrum für Bediener von Maschinen in der industriellen Produktion im Sinne eines ganzheitlichen Prozesses meist eine Reihe unterschiedlicher Tätigkeiten an einer geringen Anzahl von Maschinen:

Dabei gehören zu den *Operativen Prozessen* derzeit das Lesen von Handbüchern, Prozessbeschreibungen und Bedienungsanleitungen und die Umsetzung entsprechender Handlungsanweisungen sowie insbesondere das Bestücken und Bedienen einer Maschine.

Letzteres, Maschinenbestücken und -bedienen, werden zukünftig weiterhin zu den Kernaufgaben der Bediener gehören, in nahezu allen anderen Feldern werden jedoch mit der Einführung neuer Technologien die Maschinen zunehmend Steuerungen im Rahmen des Produktionsprozesses selbstständig vornehmen, was zur Folge hat, dass sich die Vielfalt des Aufgabenspektrums verringern wird. Die befragten Unternehmensvertreter gehen davon aus, dass dies jedoch mit einer deutlichen Erhöhung des Umfangs ähnlicher Tätigkeiten an einer größeren Anzahl von Maschinen einher gehen wird.

Zunehmen wird das Lesen/Aufnehmen/Umsetzen eines von Maschinen/Monitoren signalisierten Handlungsbedarfs. Künftig werden Bediener zudem in sehr viel größerem Maße als bisher auf von elektronischen Informationssystemen signalisierte (und dann zunehmend variable) Bedienungsanweisungen an flexibleren Maschinen reagieren müssen. Verstärkt werden Sprachkompetenzen in englischer Sprache erforderlich sein, da Bedienungsanweisungen und entsprechende Anleitungen bei zunehmender Internationalisierung und gleichzeitig steigender Komplexität der Anlagen Beschreibungen ggf. nicht mehr auf Deutsch erhältlich sein werden.

Zur *Technischen Prozesssicherung* gehört derzeit vor allem die Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit einzelner Maschinen. Die Überwachung von Maschinen erfolgt momentan häufig noch über den regelmäßigen Abruf von Betriebszuständen, da bislang meist noch keine direkte Kommunikation zwischen einzelnen (Maschinen-)Teilen möglich ist. Diese Zustände werden an Monitoren angezeigt, die an der jeweiligen Maschine angebracht sind. Im Falle einer Störung meldet die Maschine in der Regel durch visuelle oder akustische Signale einen Handlungsbedarf, während Monitore den Störungsbereich anzeigen.

Mit dem verstärkten Einsatz von Sensor- und Aktormodulen in den Maschinen können zukünftig verstärkt einzelne Maschinenkomponenten selbst miteinander kommunizieren. Maschinen werden dadurch in die Lage versetzt, die über sie gesammelten Daten selbst auszuwerten und gegebenenfalls erforderliche Reaktionen auszulösen; die bislang rein von Fachkräften vorgenommene Prozesssicherung wird dabei nicht vollständig abgelöst, sondern verändert sich hin zu einer Prozesssicherung, die auf der Interaktion von Maschine und Mensch basiert.

Im Zusammenhang mit *Geschäftsprozessen* ist seitens der Maschinenbedienung im Sinne eines ausgeprägten Kostenbewusstseins auf einen effizienten Umgang mit dem Einsatz von Maschinen/Anlagen, Arbeitsmitteln, Werkstoffen etc. zu achten. Mit zunehmender Vernetzung der Maschinen und deren zunehmend selbstständiger Wahrnehmung von Produktionsprozessen werden Störungen im Produktionsablauf stärkere Auswirkungen auch auf vor- und nachgelagerte Prozesse haben als bisher: Mit dem Ausfall eines Teils der gesamten Produktionsprozesskette können zuvor unabhängig voneinander arbeitende Maschinen ebenfalls nicht mehr genutzt werden - verbunden mit steigenden Ausfallkosten. Darüber hinaus steigen mit Zunahme des Störungspotenzials bzw. der zunehmend mangelnden Sichtbarkeit von Fehlerquellen auch Wartungskosten, so dass zur Kostenminimierung die Einhaltung von Sorgfaltspflichten immer relevanter werden wird. Effizienter Einsatz der Maschinen bezieht sich damit nicht mehr nur isoliert auf eine Maschine, sondern hat auch die Vernetzung der unterschiedlichen Maschinen und die dadurch entstehenden Folgewirkungen in der Prozesskette in sehr viel stärkerem Maße zu berücksichtigen.

Zur *Sicherung der Qualität* wird hinsichtlich der Maschinenbedienung nach wie vor von Relevanz sein, einen korrekten Umgang mit den Maschinen, aber auch anderen Arbeitsgeräten und Prüfmitteln zu pflegen. Abnehmen wird hingegen das Erfordernis, jegliches angelieferte Material auf seine Qualität hin zu prüfen, da dies von den Maschinen übernommen werden wird.

Die Weitergabe von *Informationen* zu aufgetretenen Problemen und vorgenommenen Aktionen an Kollegen oder Vorgesetzte erfolgt heutzutage in der Regel noch über Logbücher oder Schwarze Bretter; zukünftig wird die Informationsübermittlung an sich zwar weiter beibehalten, aber hauptsächlich netzgestützt vonstatten gehen. Mit zunehmend netzgestützter Kommunikation wird auch der direkte verbale Austausch von Kollegen untereinander abnehmen - mit wachsender Gefahr, z. B. konkrete Handlungsanweisungen unerkannt nicht korrekt wahrzunehmen oder umzusetzen.

Keine Änderungen hingegen werden im Bereich des reinen Maschinenbedienens bezogen auf Fragen des *Umweltmanagements* sowie der *Arbeitssicherheit* erwartet: Die Notwendigkeit, Sicherheitsvorschriften einzuhalten, wird sich nicht verringern; ebenso wird weiterhin in Anbetracht der demographischen Gegebenheiten das Erfordernis bestehen, möglichst ergonomische Arbeitsbedingungen zu schaffen.

Zentral verschieben werden sich im Hinblick auf den Tätigkeits-/Aufgabenbereich des *Maschinenbedienens* nach Auffassung der Experten vor allem folgende Aufgaben:

- Statt umfassender Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Bedienen einer geringen Anzahl an Maschinen stehen, werden zukünftig wenig unterschiedliche Tätigkeiten vorzunehmen sein, diese aber dafür an einer Vielzahl von Maschinen.
- Bisherige Aufgaben der regelmäßigen Überwachung von Maschinen per Augenschein und per Interpretation von Zustandsbeschreibungen am Monitor werden ersetzt werden durch Aufgaben der Überwachung eines von der Maschine/dem Monitor signalisierten Bedarfs.
- Außerdem wird verbale und schriftliche Kommunikation häufig durch netzgestützte Kommunikation abgelöst werden.



### 4.3.2 Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der Maschinenüberwachung

ANWENDUNGSFELD 1: <i>STEUERUNGSAUFGABEN</i>			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starten, Überwachung, Beendigung des Produktionsprozesses</li> <li>• Sicherung der Takteinhaltung</li> <li>• Aufspielen von Prüfsoftware</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Softwarewartung</li> </ul>
Technische Prozesssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretation der Zustandsbeschreibungen am Monitor eines Leitstands</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Computer/Monitore</li> <li>• Ggf. Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der durch die Maschinen selbst generierten Dokumentationen/Bedarfsanzeige</li> <li>• Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Maschinen im Hinblick auf mechanische und elektronische Funktionen</li> <li>• Sicherstellung der korrekten Umrüstung sowie eines korrekten Produktionsablaufs</li> <li>• Sicherstellung der korrekten Produktüberprüfung durch den Einsatz von Funktechnologien</li> <li>• Ggf. Sicherstellung der Informationsauslösung bei Hersteller oder externer Wartungsfirma, sofern Maschine Problem selbst an diese meldet</li> <li>• Einschätzung weiterer Handlungserfordernisse und Auslösung entsprechender Maßnahmen</li> <li>• Sicherstellung der Überwachung der durch die Maschine selbst übernommenen Wartung</li> </ul>
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenoptimierung durch effiziente Organisation des Arbeitsprozesses, der Arbeitsabläufe, der Personaleinsatzplanung sowie der Mitarbeiterführung</li> <li>• Überwachung des kostenbewussten Handelns des maschinenbedienenden Personals</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einbezug automatisierter Arbeitsorganisationsprozesse</li> </ul>
Qualitätsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen hin-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung des korrekten Umgangs mit Maschinen, Arbeitsgeräten, Prüfmitteln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Qualitätsprüfung des angelieferten Materials</li> <li>• Sicherstellung der Qualitätsprü-</li> </ul>



## ANWENDUNGSFELD 1: *STEUERUNGS*AUFGABEN

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
	sichtlich des Prozesses des Maschinenbedienens		fung der Produkte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Funktionierens der aufgespielten (Prüf-)Software</li> <li>• Betreuung einer größeren Anzahl an Maschinen bzw. Prozessketten</li> </ul>
Informationsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbaler Austausch mit Mitarbeitern aus anderen Abteilungen</li> <li>• Teamarbeit: Abstimmung mit Kollegen der Abteilung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen an das zuständige Fachpersonal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkgesteuerter Austausch bzw. elektronischer Austausch mit anderen Abteilungen</li> <li>• Außenkontakte etc. visuell, telefonisch oder über elektronische Medien – auch auf Englisch</li> <li>• Teamarbeit: Zusammenarbeit mit Kollegen unterschiedlicher Fachrichtungen</li> </ul>
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> <li>• Sicherstellung ergonomischer Arbeitsbedingungen</li> </ul>	

**Tab. 18: Anwendungsfeld 1: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Steuerns* im Rahmen der Maschinenüberwachung**

Zu den Aufgaben des „Steuerns“ werden auf *operativer Ebene* weiterhin das Starten, Überwachen, Beenden des Produktionsprozesses, die Sicherung der Takteinhaltung sowie das Aufspielen von Prüfsoftware gehören. Mit steigender Komplexität der zu erstellenden Produkte steigt ebenfalls die Komplexität der Maschinerie und damit die der Software – sowohl derjenigen Software, die der Programmierung der Maschine selbst dient, als auch die der Maschinenprüf- und -testprogramme. Demzufolge ist von einer Zunahme (sowohl quantitativ, als auch hinsichtlich des Komplexitätsgrades) des Aufgabenspektrums auf dem Gebiet der *Operativen Prozesse* auszugehen.

In den meisten der in die Fallstudien einbezogenen Unternehmen ist das „Internet der Dinge“ insofern bereits umgesetzt, als die Daten verschiedener Maschinen per Funk oder Netzwerke zumindest *in eine Richtung* vermittelt werden können und an einem Leitstand zusammengeführt werden, damit von diesem aus diese gesammelten Daten interpretiert und entsprechende Handlungen vorgenommen werden können – wie z. B. die Einschätzung weiterer Handlungserfordernisse oder die Auslösung entsprechender (Störungsbeseitigungs-)Maßnahmen. Zukünftig wird es hier zum Einsatz einer *zweiseitigen (gegenseitigen)* Kommunikation zwischen den Maschinen kommen. Damit werden die Aufgaben im Bereich der Steuerung im Hinblick auf die *technische Prozesssicherung* eine starke Ausweitung bzgl. der Funktionen der Überwachung dieser Maschinenkommunikation erfahren: Grundsätzlich wird die Notwendigkeit, Zustandsbeschreibungen am Monitor eines Leitstands zu interpretieren, abnehmen und Aufgaben der Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Computern/Monitoren sowie ggf. die der Organisation der Fehlerbehebung

durch die richtigen Spezialisten bestehen bleiben. Zusätzlich werden jedoch Steuerungsaufgaben anfallen, die sich auf die Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Maschinen beziehen – und zwar im Hinblick auf mechanische und elektronische Funktionen, die Sicherstellung eines korrekten Produktionsablaufs, auf die Gewährleistung der Überwachung der durch die Maschine selbst übernommenen Wartung sowie ggf. auf die Sicherstellung der Informationsauslösung beim Maschinenhersteller oder einer externen Wartungsfirma beziehen – sofern die Maschine ihr Problem selbst an diese meldet.

Die bisherigen *Geschäftsprozesse* der Kostenoptimierung durch effiziente Organisation des Arbeitsprozesses und der Arbeitsabläufe, der Personaleinsatzplanung und der Mitarbeiterführung sowie der Überwachung des kostenbewussten Handelns des maschinenbedienenden Personals werden sich grundlegend nicht ändern.

Hinsichtlich der *Qualitätssicherung* wird sich der Aufgabenumfang durch die Sicherstellung der Qualitätsprüfung des angelieferten Materials sowie durch die Sicherstellung des Funktionierens der aufgespielten (Prüf-)Software und außerdem durch die verantwortliche Betreuung einer größeren Anzahl an Maschinen bzw. Prozessketten deutlich erhöhen – gegenüber der bisher vorzunehmenden Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen während des Prozesses der Maschinenbedienens. Nach wie vor anfallen werden die Aufgaben der Sicherstellung des korrekten Umgangs mit Maschinen, Arbeitsgeräten und Prüfmitteln.

Auf die *Informations- und Kommunikationsprozesse* wird die zunehmende Kommunikationsfähigkeit der Maschinen untereinander insofern Einfluss haben, als der persönliche Austausch zwischen Kollegen über die Abteilungen hinweg zugunsten funkgesteuerter bzw. elektronischer Kommunikation sich verringern, dafür der Umfang von Außenkontakten visueller bzw. telefonischer Art oder über elektronische Medien – zunehmend auf Englisch – auch in Anbetracht zunehmenden Outsourcings von Wartungsaufgaben steigen wird. Bleiben werden nach wie vor die Aufgaben der Dokumentation etwaig aufgetretener Probleme an sich - unabhängig von den jeweiligen Medien - sowie die ausgelösten Handlungen.

Bzgl. des *Umweltmanagements und der Arbeitssicherheit* wird im Rahmen der Steuerung weiterhin die Sicherstellung der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften relevant sein, darüber hinaus wird im Zuge des demographischen Wandels, aufgrund dessen sich das Alter der Beschäftigten kontinuierlich erhöhen wird, steigender Wert auf die Sicherstellung ergonomischer Arbeitsbedingungen gelegt, um die Arbeitskraft älterer Beschäftigter möglichst lange zu erhalten.

Im Bereich des Steuerns von Maschinen

- werden neue Aufgaben der Softwarewartung anfallen.
- werden Störungsanzeigen nicht mehr eigenständig interpretiert, sondern nur noch entsprechend der maschinellen Anweisungen umgesetzt.
- wird der von Maschinen gelieferte Datenoutput interpretiert und aufbauend darauf angemessene Handlungsentscheidungen getroffen – sei es im Hinblick auf anschließende eigene Tätigkeit oder hinsichtlich der Organisation der Aufgabenbewältigung durch andere.
- werden Aufgaben der Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen während des Prozesses des Maschinenbedienens sich verschieben hin zu einer Vorabprüfung bei der Anlieferung des einzusetzenden Materials, bei der Einspielung der (Prüf-)Software.

- werden zukünftig quantitativ mehr Maschinen gleichzeitig einzurichten und zu steuern sein.
- wird der persönliche Austausch zwischen Kollegen über die Abteilungen hinweg vermehrt durch funkgesteuerte bzw. elektronische Kommunikation ergänzt werden. Auch der Umfang von Außenkontakten wird sich erhöhen – insbesondere über unterschiedliche Kommunikationsmedien, wobei infolge zunehmender Internationalität die Konversation auf Englisch immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

### 4.3.3 Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der Maschinenüberwachung

ANWENDUNGSFELD 1: <i>INSTANDHALTUNGS</i> AUFGABEN			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinenwartung: Schmierem, Reinigen, Austausch von Verschleißteilen <i>in regelmäßigen Abständen</i></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinenwartung: Schmierem, Reinigen, Austausch von Verschleißteilen <i>nach Bedarf (Anzeige durch die Maschine selbst)</i>, sofern Maschine Wartung nicht sogar selbstständig übernimmt</li> <li>• Wartung von Sensoren und Netzwerken</li> <li>• Wartung und ggf. Programmierung der Wartungs-/Prüfprogramme</li> </ul>
Technische Prozesssicherung		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation der (i. d. R. mechanischen) Fehlerursache</li> <li>• Fehlerbehebung oder ggf. Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten</li> <li>• Anschließende Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Maschinen, Computer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erforschung mechanisch <i>und/oder</i> elektronisch/IT-bedingter Fehlerursachen</li> <li>• Fehlerbehebung (mechanischer <i>und</i> elektronischer und IT-Probleme) oder ggf. Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten</li> <li>• Ggf. Ausführung der fernmündlich erteilten Handlungsanweisungen</li> <li>• Analyse und ggf. Umsetzung erforderlicher Handlungen</li> </ul>
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenmanagement: Kosten-Nutzen-Analyse im Hinblick auf den Aufwand der Instandhaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenmanagement: <i>komplexere</i> Kosten-Nutzen-Analyse im Hinblick auf den Aufwand der Instandhaltung aufgrund komplexerer Fehlerursachen/-behebungen</li> </ul>
Qualitätsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der ordnungsgemäßen Wartung, Fehlerbehebung</li> </ul>	

## ANWENDUNGSFELD 1: *INSTANDHALTUNGS*AUFGABEN

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Informationsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen an das zuständige Fachpersonal</li> <li>• Kommunikation der Kostenkalkulation im Zusammenhang mit Instandhaltungsaufgaben ggü. dem Unternehmensmanagement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation auf Englisch im Zusammenhang mit externer internationaler Problembehebung/Störungsbeseitigung</li> <li>• Kontaktherstellung zum Hersteller oder zur externen Wartungsfirma und Kommunikation des Problems</li> <li>• Steigender Umfang der Kommunikation der Kostenkalkulation im Zusammenhang mit Instandhaltungsaufgaben ggü. dem Unternehmensmanagement</li> </ul>
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> </ul>	

**Tab. 19: Anwendungsfeld 1: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Instandhaltens* im Rahmen der Maschinenüberwachung**

Die stärksten Änderungen in Bezug auf das Anwendungsfeld der Maschinenüberwachung werden seitens der Praktiker im Aufgabenbereich des *Instandhaltens* erwartet: Die bisherigen *operativen Aufgaben* der regelmäßigen einfachen Maschinenwartung (wie z. B. Schmieren, Reinigen, Austausch von Verschleißteilen in vorgegebenen zeitlichen Abständen) werden insofern entfallen, als die Maschinen zukünftig ihren Wartungsbedarf von allein anmelden, wenn nicht gar sich selbst warten.

Darüber hinaus wird in diesem Bereich *ausschließlich mit zusätzlichen* Aufgaben zu rechnen sein:

Aufgrund neuer digitaler Steuerungs- und Regelungstechniken werden Maschinen und Anlagen insgesamt komplexer, so dass zu den bisherigen mechanischen Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten solche hinzukommen, die die IT-gestützte Regelungs-/Netzwerktechnik betreffen.

Neben der Wartung und ggf. der Programmierung von Wartungs- und Softwareprogrammen werden im Hinblick auf die *Sicherung technischer Prozesse* Aufgaben der Erforschung mechanischer und/oder elektronischer bzw. IT-bedingter Fehlerursachen sowie Maßnahmen der Fehlerbehebung (mechanischer und elektronischer und IT-Probleme) oder die etwaige Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten hinzukommen. Da Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben verstärkt extern vergeben werden (z. B. an die Herstellerfirmen), wird die Notwendigkeit steigen, fernmündlich erteilte Handlungsanweisungen aufzunehmen und bei Bedarf erforderliche Handlungen nach Anweisung durchzuführen.

Bei den Aufgaben der *Wartung und Instandhaltung* kann es aufgrund der hohen Komplexität der Maschinen und eines damit verbundenen engen Zusammenspiels zwischen Mechanik, Elektronik sowie IT-Kommunikation zu umfangreicheren Diagnoseverfahren im Falle einer erforderlichen

Störungsbeseitigung kommen. Damit einher geht die Notwendigkeit einer deutlich stärkeren Kosten-Nutzen-Sensibilität der Mitarbeiter, womit Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten auch im Sinne der Geschäftsprozesse zu bewerten sind.

Aufgaben der *Qualitätssicherung* werden insofern anfallen, als weiterhin eine ordnungsgemäße Wartung sowie eine zuverlässige Fehlerbehebung sicherzustellen sein werden.

Bezogen auf *Informationsprozesse* wird nach wie vor erforderlich sein, aufgetretene Probleme und vorgenommene Aktionen angemessen zu dokumentieren und an das zuständige Fachpersonal weiterzuleiten. Ebenso wird es weiterhin notwendig sein, Kostenkalkulationen im Zusammenhang mit Instandhaltungsaufgaben ggü. dem Unternehmensmanagement zu kommunizieren. Zusätzlich wird es außerdem erforderlich sein, für die Prozesse der Instandhaltung im Zusammenhang mit externer internationaler Problembeseitigung/Störungsbeseitigung auf Englisch kommunizieren bzw. mit dem Hersteller oder einer externen Wartungsfirma zwecks Schilderung jeweiliger Probleme angemessen diskutieren zu können.

Die Aufgaben im Rahmen des *Umweltmanagements und der Arbeitssicherheit* bezogen auf die Sicherstellung der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften werden auch für die Instandhaltung von gleicher Relevanz bleiben.

Im Zusammenhang mit *Instandhaltungsaufgaben* werden sich die zentralen Tätigkeiten somit nach Auffassung der Experten schwerpunktmäßig

- von Aufgaben der regelmäßigen hin zu einer bedarfsorientierten Maschinenwartung bei steigender Komplexität der Wartungsarbeiten wandeln.
- auch auf die Bereiche Sensoren/Netzwerke sowie Wartungs- und Prüfprogramme hin ausweiten.
- von der Behebung rein mechanischer oder rein elektronischer Komponenten, hin zu kombinierten Elementen (etwa in den Bereichen Elektromechanik oder Netzwerktechnik) verlagern.

Ebenso wird sich die fachliche Kommunikation – mündlich über telefonische oder Videokontakte, schriftliche über Bedienungsanleitungen oder Internetplattformen – deutlich erhöhen und zunehmend auch in englischer Sprache stattfinden.

## 4.4 Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung am Produkt

### 4.4.1 Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der Produktüberwachung

ANWENDUNGSFELD 2: <i>BEDIENAUFGABEN</i>			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung unterschiedlicher Tätigkeiten im Rahmen der Maschinenbedienung</li> <li>• Händisches Umrüsten von Maschinen bei Variantenfertigung<sup>15</sup></li> <li>• Lesen von Bedienungsanweisungen und Umsetzen der entsprechenden Anleitungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestückung und Bedienung einzelner Maschinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung gleicher Tätigkeiten im Rahmen der Maschinenbedienung in erhöhtem Umfang</li> <li>• Lesen/Aufnahme des von Maschinen/Monitoren signalisierten Handlungsbedarfs</li> <li>• Lesen auch englischsprachiger Bedienungsanweisungen und Umsetzen der entsprechenden Anleitungen</li> </ul>
Technische Prozesssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachung einzelner Maschinen per Augenschein vor Ort</li> <li>• Abruf der Betriebszustände</li> <li>• Erkennung von Handlungsbedarf im Störfall</li> <li>• Behebung einfacher mechanischer oder einfacher elektronischer Probleme</li> <li>• Kontinuierliche Prüfung der Produkte während der Fertigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Maschinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung des von Maschinen hinsichtlich der Wartung signalisierten Handlungsbedarfs</li> </ul>

<sup>15</sup> Die Aufgaben, die im Anwendungsfeld 2, der Produktüberwachung, anfallen, entsprechen in weiten Teilen denen, die bereits in Anwendungsfeld 1, der Maschinenüberwachung, beschrieben wurden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass für eine erfolgreiche Kommunikation zwischen Produkten/Produktträgern und Maschinen all die für die Maschinenüberwachung notwendigen Funktionssicherstellungen auch für den zweiten Schritt, den der Produktüberwachung, erforderlich sind: Zusätzlich zu den bereits im Rahmen der Maschinenüberwachung beschriebenen zukünftig anfallenden Aufgaben kommen mit dem Einsatz der Möglichkeiten der Produktüberwachung weitere Aufgaben hinzu, die sich aus der zusätzlichen Dimension des Einsatzes von Funktechnologie bzw. „eines weiteren Kommunikationspartners“ ergeben. Der Vollständigkeit halber werden im Folgenden die bereits im Zusammenhang mit der Maschinenüberwachung erwähnten Tätigkeiten samt ihrer Entwicklung erneut angesprochen: Die blau dargestellten Textteile heben in dieser und den beiden folgenden Tabellen die Aufgaben hervor, die sich konkret auf die Produktüberwachung (Anwendungsfeld 2) beziehen.



## ANWENDUNGSFELD 2: *BEDIENAUFGABEN*

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter Kostengesichtspunkten effizienter Einsatz von Maschinen, Arbeitsgeräten, Prüfmitteln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedenken der Vernetzung der Maschinen, und der sich daraus ergebenden Kostenkriterien</li> <li>• Prüfung der von Maschinen vorgeschlagenen bzw. selbst ausgeführten Prozesse unter Kostengesichtspunkten</li> </ul>
Qualitätsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrekter Umgang mit Maschinen, Arbeitsgeräten, Prüfmitteln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Qualität des angelieferten Materials</li> </ul>	
Informationsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen über Logbücher oder Schwarze Bretter</li> <li>• Teamarbeit: Abstimmung mit Kollegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunizierung von Optimierungspotenzial</li> <li>• Meldung an Kollegen und Vorgesetzte – ggf. zur Organisation der Fehlerbehebung, Bericht der Vorfälle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzgestützte Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen für das zuständige Fachpersonal</li> </ul>
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> <li>• Einhaltung ergonomischer Arbeitsbedingungen</li> </ul>	

**Tab. 20: Anwendungsfeld 2: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Bedienens* im Rahmen der Produktüberwachung**

Der Einsatz von Technologien wie RFID erlaubt eine selbstständige drahtlose Kommunikation zwischen verschiedenen Objekten, wenn die Produkte oder Produktträger selbst mit Speichern, Prozessoren und Kommunikationsmodulen ausgestattet sind, die das drahtlose Beschreiben und Lesen des Speichers ermöglichen – und dieser wiederum Informationen zur Identifikation und den geplanten oder den tatsächlichen Produktionsablauf enthält.

Zum jetzigen Zeitpunkt umfasst das Aufgabenspektrum für Mitarbeiter in der industriellen Produktion bezogen auf das *Bedienen* meist eine Reihe unterschiedlicher Tätigkeiten an einer geringen Anzahl von Maschinen. Auch bezüglich der Produktüberwachung zählen momentan das Lesen von Bedienungsanleitungen und die Umsetzung von entsprechenden Handlungsanweisungen wie das Bestücken und Bedienen einer Maschine zu den Haupttätigkeiten im Rahmen der *operativen Prozesse*. Diese Tätigkeiten werden sich auch in Zukunft so wiederfinden.

Den Unternehmensvertretern zufolge erweist sich die Berücksichtigung individueller Kundenwünsche momentan häufig noch als schwierig, da dies insofern mit hohen Kosten verbunden ist, als die händische Umrüstung von Maschinen zu dem Zweck, ein Produkt jenseits der Norm herzustellen, in der Regel mehrere Stunden benötigt. Mit der Einführung von „digitalen Produktgedächtnissen“ auf Produktträgern werden jedoch in massivem Umfang Tätigkeiten des händischen Umrüstens von Maschinen im Hinblick auf die Variantenfertigung entfallen (ein Vorgang, der



laut Aussage der Unternehmensvertreter bis zu vier Stunden dauert), da die Maschinen sich gemäß den auf den Gedächtnissen abgespeicherten Parametern selbstständig einrichten können. Von Relevanz wird dies deshalb sein, weil es in der Produktion in Zukunft zumindest bei hochwertigen Gütern einen Trend zu Kleinserien und kundenindividuellen Produkten zu berücksichtigen gilt.

Die grundsätzliche Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit einzelner Maschinen, die heutzutage zu den Aufgaben im Rahmen der *Technischen Prozesssicherung* gehört, wird weiterhin erforderlich bleiben. Wegfallen werden dagegen im Zusammenhang mit der Produktüberwachung Aufgaben der Maschinenüberwachung mittels regelmäßiger Abrufe von Betriebszuständen, das eigene Erkennen von Handlungsbedarf im Störfall bzw. die Behebung einfacher mechanischer oder einfacher elektronischer Probleme. Auch die kontinuierliche Prüfung der Produkte im Ablauf des Produktionsprozesses (zu verschiedenen vorgegebenen Zeitpunkten) wird entfallen, da sich das Produkt „selbst kontrolliert“ und ggf. Probleme meldet.

Im Zusammenhang mit den *Geschäftsprozessen* ist hinsichtlich der Maschinenüberwachung im Sinne eines ausgeprägten Kostenbewusstseins auf einen effizienten Umgang mit dem Einsatz von Maschinen/Anlagen, Arbeitsmitteln, Werkstoffen etc. zu achten (s. o.): Mit stärkerer Vernetzung der Maschinen und deren zunehmend selbstständiger Wahrnehmung von Produktionsprozessen werden Störungen im Produktionsablauf größere Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Prozesse haben als bisher, da ein Teil zuvor unabhängig voneinander arbeitender Maschinen aufgrund der neu bestehenden Vernetzung nicht mehr für sich allein genutzt werden (können). Darüber hinaus steigen mit Zunahme des Störungspotenzials bzw. der zunehmend mangelnden Sichtbarkeit von Fehlerquellen Wartungskosten, so dass zur Kostenminimierung die Einhaltung von Sorgfaltspflichten immer relevanter wird. Hinzu kommen wird als weiterer Aufgabenbereich, bei der Produktüberwachung auf einen sorgsamem und effizienten Umgang mit digitalen Produktgedächtnissen zu achten.

Um die *Qualität und Sicherheit* von Produkten zu *gewährleisten*, müssen derzeit noch Prüfungen vorgenommen werden, die den jeweiligen aktuellen Zustand des Produkts abbilden oder bewerten lassen. Eine Simulation des Zusammenspiels unterschiedlicher Kriterien oder die Folgen eines Zusammenspiels verschiedener Parameter sind technisch aktuell noch nicht zu realisieren. Zunehmend werden solche „Berechnungen“ Teil des Qualitätsprozesses sein. Abnehmen wird zukünftig die Notwendigkeit, die Materialqualität zu prüfen. Dies wird dann von den Maschinen selbst übernommen werden.

Die Weitergabe von *Informationen* zu aufgetretenen Problemen und vorgenommenen Aktionen an Kollegen oder Vorgesetzte wird, wie im Rahmen der Maschinenüberwachung beschrieben, zukünftig hauptsächlich netzgestützt erfolgen – auch hier mit wachsender Gefahr, dass bei zunehmend netzgestützter Kommunikation der direkte verbale Austausch von Kollegen untereinander abnehmen wird und damit möglicherweise konkrete Handlungsanweisungen unerkannt bleiben und damit nicht korrekt wahrzunehmen oder umzusetzen sind.

*Sicherheitsvorschriften* werden gleichbleibend einzuhalten sein.

Zentral verschieben werden sich im Hinblick auf den Tätigkeits-/Aufgabenbereich des *Maschinenbedienens* im Rahmen der *Produktüberwachung* nach Auffassung der Experten somit vor allem folgende Aufgaben:

- Statt umfassender Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Bedienen einer geringen Anzahl an Maschinen stehen, werden zukünftig wenig unterschiedliche Tätigkeiten vorzunehmen sein, diese aber dafür an einer Vielzahl von Maschinen.
- Bisherige Aufgaben der regelmäßigen Überwachung von Maschinen per Augenschein und per Interpretation von Zustandsbeschreibungen am Monitor werden ersetzt werden durch Aufgaben der Überwachung eines von der Maschine/dem Monitor signalisierten Bedarfs.
- Außerdem wird verbale und schriftliche Kommunikation häufig durch netzgestützte Kommunikation abgelöst werden.

Auch die Produktprüfung während des gesamten Fertigungsvorgangs muss zukünftig nicht mehr regelmäßig in bestimmten vorgegebenen Prozessabschnitten oder zu vorgegebenen Zeiten erfolgen, sondern das Produkt wird sich selbst überwachen und bei Bedarf melden können.

#### 4.4.2 Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der Produktüberwachung

ANWENDUNGSFELD 2: <i>STEUERUNGS</i> AUFGABEN			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starten, Überwachung, Beendigung des Produktionsprozesses</li> <li>• Sicherung der Takteinhaltung</li> <li>• Aufspielen von Prüfsoftware</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Softwarewartung</li> <li>• Parametrieren und Programmieren von Maschinen zwecks Umrüstung zur Variantenfertigung</li> </ul>
Technische Prozesssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretation der Zustandsbeschreibungen am Monitor eines Leitstands</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Computer/Monitore</li> <li>• Ggf. Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Überwachung der durch die Maschine selbst übernommenen Wartung</li> <li>• Analyse der durch die Maschinen selbst generierten Dokumentationen/Bedarfsanzeige</li> <li>• Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Maschinen im Hinblick auf mechanische und elektronische Funktionen</li> <li>• Sicherstellung der korrekten Produktüberprüfung durch den Einsatz von Funktechnologien</li> <li>• Ggf. Sicherstellung der Informationsauslösung bei Hersteller oder externer Wartungsfirma, sofern Maschine Problem selbst an diese meldet</li> <li>• Einschätzung weiterer Handlungserfordernisse und Auslösung entsprechender Maßnahmen</li> </ul>

## ANWENDUNGSFELD 2: *STEUERUNGS*AUFGABEN

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der korrekten Umrüstung sowie eines korrekten Produktionsablaufs</li> <li>• Sicherstellung der richtigen Parametrierung und Programmierung der umgerüsteten Maschinen</li> </ul>
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenoptimierung durch effiziente Organisation des Arbeitsprozesses, der Arbeitsabläufe, der Personaleinsatzplanung sowie der Mitarbeiterführung</li> <li>• Überwachung des kostenbewussten Handelns des maschinenbedienenden Personals</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenoptimierung durch effiziente Organisation des Einsatzes von digitalen Produktgedächtnissen</li> </ul>
Qualitätsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen hinsichtlich des Prozesses der Maschinenbedienens</li> <li>• Sicherstellung der Maschinenqualität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung des korrekten Umgangs mit Maschinen, Arbeitsgeräten, Prüfmitteln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Qualitätsprüfung des angelieferten Materials</li> <li>• Sicherstellung der Qualitätsprüfung der Produkte</li> <li>• Sicherstellung der Funktionierens der aufgespielten (Prüf-)Software</li> <li>• Betreuung einer größeren Anzahl an Maschinen bzw. Prozessketten</li> </ul>
Informationsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbaler Austausch mit Mitarbeitern aus anderen Abteilungen</li> <li>• Teamarbeit: Abstimmung mit Kollegen der Abteilung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen an das zuständige Fachpersonal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkgesteuerter Austausch bzw. elektronischer Austausch mit anderen Abteilungen</li> <li>• Außenkontakte etc. visuell, telefonisch oder über elektronische Medien – auch auf Englisch</li> <li>• Teamarbeit: Zusammenarbeit mit Kollegen unterschiedlicher Fachrichtungen</li> </ul>
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> <li>• Sicherstellung ergonomischer Arbeitsbedingungen</li> </ul>	

**Tab. 21: Anwendungsfeld 2: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Steuerns* im Rahmen der Produktüberwachung**

Zu den Steuerungsaufgaben werden auf *operativer Ebene* bei der Produktüberwachung das Starten, Überwachen, Beenden des Produktionsprozesses, die Sicherung der Takteinhaltung sowie das Aufspielen von Prüfsoftware gehören. Mit steigender Komplexität der zu erstellenden Produkte

steigt ebenfalls die Komplexität der Maschinerie und damit die der Software – sowohl derjenigen Software, die der Programmierung der Maschine selbst dient, als auch die der Maschinenprüf- und -testprogramme. Zusätzlich wird bei der Produktüberwachung noch das Parametrieren und Programmieren von Maschinen hinzukommen, um die Umrüstung der Maschinen zwecks Variantenfertigung vorzubereiten. Zu einer Abnahme des Aufgabenspektrums auf dem Gebiet der *Operativen Prozesse* wird es im Bereich des Maschinensteuerns nicht kommen.

Die Aufgaben im Bereich der Steuerung im Hinblick auf die *technische Prozesssicherung* erfahren eine starke Ausweitung bzgl. der Funktionen der Überwachung dieser Maschinenkommunikation: Auch hier wird die Notwendigkeit, Zustandsbeschreibungen am Monitor eines Leitstands zu interpretieren, abzunehmen und Aufgaben der Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit von Computern/Monitoren sowie ggf. die der Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten bestehen bleiben. Zusätzlich werden Steuerungsaufgaben anfallen, die sich auf die Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Maschinen, die Sicherstellung eines korrekten Produktionsablaufs, der Überwachung der durch die Maschine selbst übernommenen Wartung sowie ggf. auf die Sicherstellung der Informationsauslösung beim Maschinenhersteller oder einer externen Wartungsfirma beziehen – sofern die Maschine ihr Problem selbst an diese meldet. Darüber hinaus fallen im Zusammenhang mit der Produktüberwachung zukünftig Aufgaben zur Sicherstellung von Funktechnologien, Sicherstellung einer korrekten Umrüstung von Maschinen sowie des korrekten Programmierens der umzurüstenden Maschinen an.

Die bisherigen *Geschäftsprozesse* der Kostenoptimierung durch eine effiziente Organisation des Arbeitsprozesses und der Arbeitsabläufe, der Personaleinsatzplanung und der Mitarbeiterführung sowie der Überwachung des kostenbewussten Handelns des maschinenbedienenden Personals werden sich grundlegend nicht ändern. Hinzu kommen werden jedoch Aufgaben der Kostenoptimierung durch eine effiziente Organisation des Einsatzes von digitalen Produktgedächtnissen.

Hinsichtlich der *Qualitätssicherung* wird sich der Aufgabenumfang durch die Sicherstellung der Qualitätsprüfung des angelieferten Materials sowie durch die Sicherstellung des Funktionierens der aufgespielten (Prüf-)Software und außerdem durch die verantwortliche Betreuung einer größeren Anzahl an Maschinen bzw. Prozessketten deutlich erhöhen – gegenüber der bisher vorzunehmenden Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen während des Prozesses der Maschinenbedienens. Außerdem wird bei der Produktüberwachung die Aufgabe hinzukommen, die Qualitätsprüfung der Produkte sicherzustellen. Nach wie vor anfallen werden die Aufgaben der Sicherstellung des korrekten Umgangs mit Maschinen, Arbeitsgeräten und Prüfmitteln.

Auf die *Informations- und Kommunikationsprozesse* wird die zunehmende Kommunikationsfähigkeit der Maschinen untereinander insofern Einfluss haben, als der persönliche Austausch zwischen Kollegen über die Abteilungen hinweg zugunsten funkgesteuerter bzw. elektronischer Kommunikation weichen, dafür der Umfang von Außenkontakten visueller oder telefonischer Art bzw. über elektronische Medien in Anbetracht zunehmenden Outsourcings von Wartungsaufgaben steigen wird. Bleiben werden nach wie vor die Aufgaben einer grundsätzlichen Dokumentation etwaig aufgetretener Probleme sowie die ausgelösten Handlungen.

Bzgl. der *Arbeitssicherheit* wird im Rahmen der Steuerung weiterhin die Sicherstellung der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften relevant sein.

Im Bereich des Steuerns von Maschinen im Hinblick auf die *Produktüberwachung*

- werden zunehmend Parametrierungs- und Programmierungstätigkeiten bezogen auf das Maschinenumrüsten anfallen.
- werden Aufgaben in der Softwarewartung hinzukommen.
- wird der von Maschinen gelieferte Datenoutput interpretiert und aufbauend darauf angemessene Handlungsentscheidungen getroffen werden – sei es im Hinblick auf anschließende eigene Tätigkeit oder hinsichtlich der Organisation der Aufgabenbewältigung durch andere.
- werden sich Aufgaben der Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen während des Prozesses des Maschinenbedienens hin verschieben zu einer Vorabprüfung bei der Anlieferung des einzusetzenden Materials, bei der Einspielung der (Prüf-)Software.
- werden zukünftig quantitativ mehr Maschinen gleichzeitig zu einzurichten und steuern sein.
- wird der persönliche Austausch zwischen Kollegen über die Abteilungen hinweg vermehrt durch funkgesteuerte bzw. elektronische Kommunikation ergänzt werden. Auch der Umfang von Außenkontakten wird sich erhöhen – insbesondere über unterschiedliche Kommunikationsmedien, wobei infolge zunehmender Internationalität die Konversation auf Englisch immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

#### 4.4.3 Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der Produktüberwachung

Die an den Fallstudien beteiligten Unternehmen kennzeichnen ihre Produkte derzeit noch über Barcodes oder DataMatrix-Codes (zweidimensionale Barcodes). Diese beinhalten zwar Daten zur genauen Identifikation eines Produkts. Ein Austausch dieser Daten oder eine direkte Interaktion zwischen verschiedenen Objekten erfolgen jedoch bislang nicht. Stattdessen muss eine Kommunikation über interne Server von Mitarbeitern gesteuert werden. Damit fallen zunehmend mehr Aufgaben im Rahmen der *Wartung und Prüfung* der zum Einsatz kommenden Funktechnologie an:

#### ANWENDUNGSFELD 2: INSTANDHALTUNGSAUFGABEN

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinenwartung: Schmierem, Reinigen, Austausch von Verschleißteilen in regelmäßigen Abständen</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinenwartung: Schmierem, Reinigen, Austausch von Verschleißteilen nach Bedarf (Anzeige durch die Maschine selbst), sofern Maschine Wartung nicht selbstständig übernimmt</li> <li>• Wartung von Sensoren und Netzwerken</li> <li>• Wartung und ggf. Programmierung der Wartungs-/Prüfprogramme</li> <li>• Wartung und Prüfung der Funktechnologie</li> </ul>

## ANWENDUNGSFELD 2: *INSTANDHALTUNGS*AUFGABEN

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Technische Prozesssicherung		<ul style="list-style-type: none"> <li>Erforschung der (i. d. R. mechanischen) Fehlerursache</li> <li>Fehlerbehebung oder ggf. Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten</li> <li>Anschließende Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Maschinen, Computer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erforschung mechanisch und/oder elektronisch/IT-/ <b>funkt</b>technisch bedingter Fehlerursachen</li> <li>Fehlerbehebung (mechanischer und elektronischer, <b>funkt</b>technischer und IT-Probleme) oder ggf. Organisation der Fehlerbehebung durch Spezialisten</li> <li>Ggf. Ausführung der fernmündlich erteilten Handlungsanweisungen</li> <li>Analyse und ggf. Umsetzung erforderlicher Handlungen</li> </ul>
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenmanagement: Kosten-Nutzen-Analyse im Hinblick auf den Aufwand der Instandhaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenmanagement: <b>komplexere</b> Kosten-Nutzen-Analyse im Hinblick auf den Aufwand der Instandhaltung aufgrund komplexerer Fehlerursachen/-behebungen – unter Einbezug der verwendeten <b>Funkt</b>technologie</li> </ul>
Qualitätsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>Sicherstellung der ordnungsgemäßen Wartung, Fehlerbehebung</li> </ul>	
Informationsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen an das zuständige Fachpersonal</li> <li>Kommunikation der Kostenkalkulation im Zusammenhang mit Instandhaltungsaufgaben ggü. dem Unternehmensmanagement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kommunikation auf Englisch im Zusammenhang mit externer internationaler Problembehebung/Störungsbeseitigung</li> <li>Kontaktherstellung zum Hersteller oder zur externen Wartungsfirma und Kommunikation des Problems</li> <li>Steigender Umfang der Kommunikation der Kostenkalkulation im Zusammenhang mit Instandhaltungsaufgaben ggü. dem Unternehmensmanagement</li> </ul>
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> </ul>	

Tab. 22: Anwendungsfeld 2: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Instandhaltens* im Rahmen der Produktüberwachung

Die bisherigen *operativen Aufgaben* der regelmäßigen einfachen Maschinenwartung im Rahmen der Produktüberwachung werden insofern entfallen, als die Maschinen zukünftig ihren Wartungsbedarf von allein anmelden, wenn nicht gar sich selbst warten. Ansonsten wird in diesem Bereich *ausschließlich mit zusätzlichen Aufgaben* zu rechnen sein:



Aufgrund neuer digitaler Steuerungs- und Regelungstechniken werden Maschinen und Anlagen insgesamt komplexer, so dass zu den bisherigen mechanischen Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten solche hinzukommen, die die Regelungs-/Netzwerktechnik betreffen. Hinzu kommen bei der Produktüberwachung das Warten sowie die Prüfung der eingesetzten Funktechnologie.

Neben der Wartung und ggf. der Programmierung von Wartungs- und Softwareprogrammen werden im Hinblick auf die *Sicherung technischer Prozesse* Aufgaben der Erforschung mechanischer und/oder elektronischer bzw. funktechnischer Fehlerursachen sowie Maßnahmen zu deren Fehlerbehebung oder die etwaige Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten zukünftige Tätigkeiten bestimmen.

Bei den Aufgaben der Wartung und Instandhaltung kann es aufgrund der hohen Komplexität der Maschinen und eines damit verbundenen engen Zusammenspiels zwischen Mechanik, Elektronik sowie IT-Kommunikation zu langen Diagnosezeiten im Falle einer erforderlichen Störungsbeseitigung kommen. Über die bereits bisher im Hinblick auf den Aufwand der Instandhaltung aufgrund komplexerer Fehlerursachen- und -behebungserfordernisse vorzunehmenden Kosten-Nutzen-Analysen hinaus werden daher im Bereich der *Geschäftsprozesse* auch bei der Produktüberwachung wesentlich umfassendere Aufgaben eines genauen Kostenmanagements zu übernehmen sein als bisher.

Aufgaben der *Qualitätssicherung* werden insofern anfallen, als nach wie vor eine ordnungsgemäße Wartung sowie eine zuverlässige Fehlerbehebung sicherzustellen sein werden.

Bezogen auf *Informationsprozesse* wird es weiterhin erforderlich sein, aufgetretene Probleme und vorgenommene Aktionen angemessen zu dokumentieren und an das zuständige Fachpersonal weiterzuleiten. Ebenso wird weiterhin das Erfordernis bestehen bleiben, Kostenkalkulationen im Zusammenhang mit Instandhaltungsaufgaben ggü. dem Unternehmensmanagement zu kommunizieren. Zusätzlich wird außerdem notwendig sein, für die Prozesse der Instandhaltung im Zusammenhang mit externer internationaler Problembehebung/Störungsbeseitigung auf Englisch kommunizieren zu können bzw. mit dem Hersteller oder einer externen Wartungsfirma zwecks Schilderung jeweilige Probleme angemessen diskutieren zu können.

Die Aufgaben im Rahmen des *Umweltmanagements und der Arbeitssicherheit* bezogen auf die Sicherstellung der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften werden auch für die Instandhaltung von gleicher Relevanz bleiben.

Im Zusammenhang mit Instandhaltungsaufgaben werden sich die zentralen Tätigkeiten nach Auffassung der Experten also schwerpunktmäßig folgender Art wandeln:

- Aufgaben der regelmäßigen einfachen Maschinenwartung werden sich hin zur Wartung oder anderer etwaiger Handlung gemäß dem von der Maschine/dem Monitor signalisierten Bedarf verschieben.
- Darüber hinaus müssen zukünftig auch Sensoren/Netzwerke, die Funktechnologie sowie Wartungs- und Prüfprogramme gewartet werden.
- Verschiebungen des Aufgabenspektrums werden auch von der Behebung rein mechanischer oder rein elektronischer Störungen hin zur Behebung von Problemen hinsichtlich der Elektromechanik und der Netzwerk- sowie der Funktechnik erfolgen.



- Außerdem wird sich der Aufgabenumfang im Hinblick auf die zu erstellenden Kosten-Nutzen-Analysen im Zusammenhang mit einer Kostenkalkulation unter steigender Komplexität hinsichtlich der in die Kalkulation einzubeziehenden Parameter auch bezogen auf Fragen der Funktechnologie deutlich erhöhen.
- Ebenso wird ein fachlicher Austausch – sowohl im Hinblick auf mündliche (z. B. über telefonische oder Videokontakte) als auch auf schriftliche (z. B. über Bedienungsanleitungen oder Internetplattformen) Kommunikation – bei zunehmender internationaler Verknüpfung von Netzwerken und infolge der steigenden Tendenz, Wartungs- und/oder Instandhaltungsaufgaben an Fachkräfte im Ausland zu vergeben, verstärkt in englischer Sprache stattfinden.

## 4.5 Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 3: Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme

### 4.5.1 Aufgabenentwicklung im Bereich des Bedienens im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung

ANWENDUNGSFELD 3: <i>BEDIENAUFGABEN</i>			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eingabe des Materialbedarfs in den PC durch Mitarbeiter</li> <li>• Ausdruck auf Kanbankarten</li> <li>• Übergabe der Karten in regelmäßigen Abständen an einen Fahrer</li> <li>• Prüfung der korrekten Lieferung durch Abgleich Kanbankarte und Lieferung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entladen des angelieferten Materials</li> </ul>	
Technische Prozesssicherung			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der korrekten Lieferung durch Abgleich funkübertragener Daten und Lieferung</li> </ul>
Geschäftsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter Kostengesichtspunkten sorgsamer Umgang mit Computern und optimale Kartenübergabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter Kostengesichtspunkten sorgsamer Umgang mit dem angelieferten Material</li> </ul>	
Qualitätsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung des angelieferten Materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrekter Umgang mit angeliefertem Material</li> </ul>	
Informationsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen über Logbücher oder Schwarze Bretter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meldung auftretender Probleme an Kollegen und Vorgesetzte – ggf. zur Organisation der Fehlerbehebung</li> <li>• Kommunikation der</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen über Computereingaben</li> </ul>

### ANWENDUNGSFELD 3: *BEDIENAUFGABEN*

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
		Vorgänge an Kollegen, Ablöse	
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> </ul>	

**Tab. 23: Anwendungsfeld 3: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Bedienens* im Rahmen der Intelligenten Materialbeschaffung**

In sämtlichen Unternehmen, bei denen die Fallstudien durchgeführt wurden, erfolgt die Materialbeschaffung derzeit mithilfe von Kanbankarten:

Auf *operativer Ebene* wird der benötigte Materialbedarf zurzeit noch im Zusammenhang mit der Maschinenbedienung in einen Computer eingegeben und auf Kanbankarten ausgedruckt, die von Boten eingesammelt und ins Lager gebracht werden. Angelieferte Ware wird mit dem auf der Kanbankarte dokumentierten Bedarf abgeglichen.

Während – außer bei BMW – der Einsatz fahrerloser Transportsysteme vorläufig nicht ins Auge gefasst wird, rechnet man mittelfristig (bei den meisten Unternehmen innerhalb des Betrachtungszeitraums der kommenden zehn Jahre) damit, dass Materialkisten mit einer entsprechenden Sensorik (z. B. mit Gewichtssensoren) ausgestattet sein werden, die Bedarfsmeldungen automatisch generieren und per Funk an das Lager senden, wo eine neue Materialkiste bereits zusammengestellt wird. Damit ersetzen dann im Wesentlichen also Funkmeldungen die Kanbankarten, während der Materialtransport inkl. seiner Entladung als solcher unverändert bleibt.

Da die Boten aufgrund der Funkübertragung nicht mehr selbst prüfen können, inwiefern das von ihnen bereitgestellte Material mit dem geordneten übereinstimmt, muss zukünftig im Rahmen der *technischen Prozesssicherung* eine Prüfung der korrekten Lieferung durch den Abgleich zwischen der Lieferung und den funkübertragenden Daten erfolgen. Um diese Tätigkeiten mittels einer Visualisierung zu erleichtern, planen die Unternehmen teilweise, die Boten zukünftig mit einem kleinem Display auszustatten, das den Inhalt der Meldung wie zuvor auf den Kärtchen virtuell darstellt.

Im Rahmen anfallender *Geschäftsprozesse* werden unter Kostengesichtspunkten vorzunehmende Aufgaben des sorgsamem Umgangs mit Computern und der optimalen Kartenübergabe entfallen, während die des sorgsamem Umgangs mit dem angelieferten Material bestehen bleiben werden.

Zur *Sicherung der Qualität* wird beim Einsatz neuer Technologien im Anwendungsfeld 3 hinsichtlich des *Bedienens* von Relevanz sein, einen korrekten Umgang mit dem angelieferten Material zu pflegen. Abnehmen wird hingegen das Erfordernis, jegliches angelieferte Material auf seine Qualität hin zu prüfen, da dies von den Maschinen übernommen werden wird.

Bezüglich der *Informationsprozesse* wird nach wie vor gefragt sein, auftretende Probleme an Kollegen bzw. Vorgesetzte – ggf. auch zur Organisation der Fehlerbehebung – bzw. entsprechende

Vorgänge an die jeweilige Ablösung zu melden. Die Dokumentation aufgetretener Probleme und vorgenommener Aktionen erfolgt auch bei der Materialbeschaffung in der Regel noch über Logbücher oder Schwarze Bretter; zukünftig werden diese Aktionen an sich zwar weiter beibehalten, aber netzgestützt vonstatten gehen.

Die Einhaltung von *Sicherheitsvorschriften* wird weiterhin geboten sein, solange Mitarbeiter noch mit der Entladung des Materials zu tun haben.

Zusammenfassend werden sich die *Bedienaufgaben* im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung wie folgt verändern:

- Die Eingabe des Materialbedarfs in den PC durch Mitarbeiter, der Ausdruck auf Kanbankarten, die anschließende Übergabe der Karten in regelmäßigen Abständen an einen Fahrer wird sich zu einer Prüfung der durch Maschinen beauftragten Lieferung wandeln.
- Außerdem werden Dokumentationsaufgaben zukünftig verstärkt am Computer bearbeitet.

#### 4.5.2 Aufgabenentwicklung im Bereich des Steuerns im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung

ANWENDUNGSFELD 3: <i>STEUERUNGS</i> AUFGABEN			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeme programmieren und parametrieren</li> </ul>
Technische Prozesssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der korrekten Materiallieferungen</li> <li>• Interpretation der Fehlermeldung am Leitstand</li> <li>• Auslösung der Problembehebung in der Instandhaltung</li> </ul>		
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenoptimierung durch effiziente Organisation des Arbeitsprozesses, der Arbeitsabläufe, der Personaleinsatzplanung sowie der Mitarbeiterführung</li> <li>• Überwachung des kostenbewussten Handelns des materialentladenden Personals</li> </ul>	
Qualitätsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Einhaltung der Anforderungen im Hinblick auf die Materialentladung</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Qualitätskontrolle des angelieferten Materials</li> </ul>
Informationsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meldung auftretender Probleme an Kollegen und Vorgesetzte - ggf. zur Organisation der Fehlerbehebung</li> </ul>	

## ANWENDUNGSFELD 3: *STEUERUNGS*AUFGABEN

	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Kommunikation der Vorgänge an Kollegen, Ablöse (zunehmend IT-gestützt)</li> </ul>	
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> </ul>	

**Tab. 24: Anwendungsfeld 3: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Steuerns* im Rahmen der Intelligenten Materialbeschaffung**

Bisher sind die Arbeitsaufgaben im Bereich der *operativen Prozesse* im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung vor allem bei den bedienenden Tätigkeiten verortet. Zukünftig werden im Bereich des *Steuerns* jedoch ablaufinitiierende Programmier- und Parametriertätigkeiten anfallen.

Im Falle des Auftretens eines Problems bei Eingabe der Materialbestellung in den Computer bzw. beim Ausdruck der Kanbankarten erfolgt derzeit in der Regel noch eine Fehlermeldung an einen zentralen Leitstand (z. B. durch das Aufleuchten eines Schalters, Bedienknopfs o. Ä.); von dort wird daraufhin von den mit der Maschinensteuerung befassten Mitarbeitern diese Fehlermeldung auf ihren Inhalt hin interpretiert und in der Instandhaltung die fällige Problembehebung ausgelöst. Für die Zukunft wird davon ausgegangen, dass die Meldung eines Problems nicht mehr an den Leitstand bzw. die *Maschinensteuerung* erfolgen, sondern von der Maschine selbst direkt an die Instandhaltung gefunkt wird.

Im Hinblick auf die anfallenden *Geschäftsprozesse* werden weiterhin die Kostenoptimierung durch eine effiziente Organisation des Arbeitsprozesses, der Arbeitsabläufe, der Personaleinsatzplanung sowie der Mitarbeiterführung bzw. die Überwachung des kostenbewussten Handelns des materialladenden Personals anfallen.

Im Rahmen der *Qualitätssicherung* wird sich der Aufgabenumfang durch die Sicherstellung der Qualitätsprüfung des angelieferten Materials sowie durch die Sicherstellung des Funktionierens der aufgespielten (Prüf-)Software und außerdem durch die verantwortliche Betreuung einer größeren Anzahl an Maschinen bzw. Prozessketten deutlich erhöhen – gegenüber der bisher vorzunehmenden Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen während des Prozesses der Maschinenbedienens. Außerdem wird bei der Produktüberwachung die Aufgabe hinzukommen, die Qualitätsprüfung der Produkte sicherzustellen. Nach wie vor anfallen werden die Aufgaben der Sicherstellung des korrekten Umgangs mit Maschinen, Arbeitsgeräten und Prüfmitteln.

Auf die *Informations- und Kommunikationsprozesse* wird die zunehmende Kommunikationsfähigkeit der Maschinen untereinander insofern Einfluss haben, als der persönliche Austausch zwischen Kollegen über die Abteilungen hinweg zugunsten funkgesteuerter bzw. elektronischer Kommunikation weichen, dafür der Umfang von Außenkontakten visueller oder telefonischer Art bzw. über elektronische Medien – zunehmend auf Englisch – auch in Anbetracht zunehmenden Outsourcings von Wartungsaufgaben steigen wird. Bleiben werden nach wie vor die Aufgaben einer

grundsätzlichen Dokumentation etwaig aufgetretener Probleme sowie die ausgelösten Handlungen.

Bzgl. der *Arbeitsicherheit* wird im Rahmen der Steuerung weiterhin die Sicherstellung der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften relevant sein, darüber hinaus wird im Zuge des demographischen Wandels, aufgrund dessen sich das Alter der Beschäftigten kontinuierlich erhöhen wird, steigender Wert auf die Sicherstellung ergonomischer Arbeitsbedingungen gelegt, um die Arbeitskraft älterer Beschäftigter möglichst lange zu erhalten.

### 4.5.3 Aufgabenentwicklung im Bereich des Instandhaltens im Rahmen der intelligenten Materialbeschaffung

ANWENDUNGSFELD 3: <i>INSTANDHALTUNGS</i> AUFGABEN			
	Abnahme/Wegfall von Aufgaben	Gleichbleibende Aufgaben	Zusätzliche Aufgaben
Operative Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computer-/Druckerwartung und etwaige Fehlerbehebung</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige Wartung des Funksystems, sofern möglich</li> </ul>
Technische Prozesssicherung			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretation von Fehlermeldungen, Störungsanzeichen im Hinblick auf die Funktechnologie</li> <li>• Behebung etwaiger Störungen bzw. Störungsmeldung an zuständiges Fachpersonal, anschließende Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit</li> </ul>
Geschäftsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenmanagement: Kosten-Nutzen-Analyse im Hinblick auf den Aufwand der Instandhaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenmanagement: komplexe Kosten-Nutzen-Analyse im Hinblick auf den Aufwand der Instandhaltung aufgrund komplexerer Fehlerursachen/-behebungen</li> </ul>
Qualitätsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der ordnungsgemäßen Wartung, Fehlerbehebung</li> </ul>	
Informationsprozesse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation der Vorgänge an Kollegen, Ablöse</li> </ul>	
Umweltmanagement und Arbeitssicherheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Sicherheitsvorschriften</li> </ul>	

Tab. 25: Anwendungsfeld 3: Aufgabenentwicklung im Bereich des *Instandhaltens* im Rahmen der Intelligenten Materialbeschaffung

Als *operativer Prozess* wird zukünftig zu den Aufgaben der Instandhaltung gehören, regelmäßige vorbeugende Wartungen des Funksystems vorzunehmen. Die Computer-/Druckerwartung und eine etwaig anfallende Fehlerbehebung sowie die ggf. erforderliche Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten werden hingegen zukünftig entfallen, wenn der Materialbedarf per Funk direkt im Lager angezeigt wird.

Zur *technischen Prozesssicherung* wird zukünftig gehören, Fehlermeldungen und Störungsanzeigen im Hinblick auf die Funktechnologie zu interpretieren, etwaige Störungen selbst zu beheben bzw. diese an das jeweils zuständige (interne oder externe) Fachpersonal weiterzuleiten und anschließend die wieder hergestellte Funktionstüchtigkeit zu prüfen. Die Tätigkeiten im Hinblick auf die *Computer-/Druckerwartung* und eine etwaig anfallende Fehlerbehebung sowie die ggf. erforderliche Organisation der Fehlerbehebung durch die richtigen Spezialisten werden zukünftig entfallen.

Dies bedeutet, dass der in Verbindung mit der intelligenten Materialbeschaffung stehende Wandel des Aufgabenspektrums aufgrund des Einsatzes eines Funknetzwerks einerseits eine deutliche Zunahme des qualitativen Tätigkeitsumfangs bezogen auf die Wartung und Instandhaltung der Anlagen erwarten lässt, andererseits dagegen die bislang mit dem Kanbankarteneinsatz zusammenhängenden Aufgaben wegfallen werden.

## 4.6 Wandel des Aufgabenspektrums von Fachkräften im Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion in der Digitalen Fabrik

Eine *produktionsbegleitende Simulation* – d. h. eine Simulation auf Basis verschiedener *realer* Daten – kommt bisher vor allem bei VW in Ansätzen zum Einsatz: Unabhängig von der tatsächlichen Produktion (und bisher auch ohne direkten Einfluss auf diese) werden in einem 2-D-Format bereits Ablaufprozesse, Montage, Materialflüsse simuliert.

Ziel ist es, zukünftig sämtliche Projekte digital zu planen (erfolgt bereits im Braunschweiger Werk) und dabei die Fabrikdarstellung in einem 3-D-Format abzubilden. Eine Verknüpfung von Simulation und Produktion ist bislang jedoch nicht absehbar.

Die der produktionsbegleitenden Simulation zugrunde liegenden Informationen generieren sich aus Daten, die unter Einbeziehung aller drei bereits dargestellten Anwendungsfelder für Technologien i. S. d. „Internets der Dinge“ gewonnen werden. Damit stehen hinter den Daten, die im Rahmen der Simulation gewonnen werden, Informationen, die vor ihrem komplexen Hintergrund zu prüfen und auszuwerten sind. Außerdem hat dies zur Folge, dass im Hinblick auf die Technologie all die Steuer-, Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten anfallen können, die für sich genommen in jedem der anderen Anwendungsfelder von Relevanz sind. Darüber hinaus birgt aber das Zusammenspiel der vielschichtig gesammelten Informationen weitere Gefahren Störungen die Maschinen, Sensoren, Informationsträger, Netzwerke etc. betreffend, die entsprechend behoben oder gegenüber externem Instandhaltungspersonal kommuniziert werden müssen.



## 4.7 Veränderte Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte durch den Einsatz des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion (Anwendungsfelder 1 bis 4)

Nachfolgend werden zunächst die grundsätzlichen Trends im Hinblick auf zukünftige Qualifikationsanforderungen an Mitarbeiter der industriellen Produktion zusammengefasst (Abschnitt 4.7.1). Anschließend werden die veränderten Qualifikationsanforderungen dargestellt, die sich aus dem Wandel des Aufgabenspektrums in den vier Anwendungsfeldern des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion ergeben (Abschnitt 4.7.2). Da die zukünftigen Qualifikationsanforderungen sich innerhalb der vier Anwendungsfelder kaum unterscheiden, wird hier die Trennung nach Anwendungsfeldern aufgehoben und stattdessen hinsichtlich der zentralen Tätigkeitsbündel *Maschinen bedienen*, *Maschinen steuern* bzw. *Maschinen instand halten* differenziert. Abschließend erfolgt im Abschnitt 4.7.3 eine Bewertung und Systematisierung der zukünftigen Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte auf mittlerer Qualifikationsebene in den Anwendungsfeldern des „Internets der Dinge“ durch die im Rahmen des kooperativen Analyseverfahrens eingebundenen Experten aus Wissenschaft und Praxis.

### 4.7.1 Grundsätzliche Entwicklung der Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter in der industriellen Produktion

Grundlegend ist für die industrielle Facharbeit zu konstatieren, dass mit einer zunehmenden Technisierung und der sich dadurch verstärkenden Hybridisierung und Automatisierung von Arbeit eine Zunahme an *Komplexität* und damit zusammenhängender *weitreichender Unsicherheit* verbunden ist. Außerdem wächst die *räumliche Distanz zum Fertigungsgeschehen*. Vor diesem Hintergrund droht eine Dequalifizierung durch eine *Entlastung bzw. den Wegfall von bestimmten Tätigkeiten*, parallel dazu entwickelt sich der *Umgang mit und die Vermeidung von Störungen* zum neuen Kernelement industrieller Facharbeit und erfordert eine zunehmende Höherqualifizierung. Diese Entwicklungen gelten auch für die Anwendungsfelder des „Internets der Dinge“.

Unter den beschriebenen Umständen verschieben sich die Anforderungen an Produktionsmitarbeiter auf mittlerer Qualifikationsebene zunehmend: Um Situationen in einer auf Basis hochautomatisierter, komplexer Maschinen funktionierenden industriellen Produktion erfassen und bewerten zu können, bedarf es *analytischen Denkvermögens* sowie *Systemkenntnissen* und *Modellvorstellungen*, um auf dieser Basis die Maschine als „black box“ öffnen und handeln zu können (vgl. Faber 2001, 270f). Für den Normalbetrieb sind dabei insbesondere *Schnittstellen- und Übersichtswissen* von Bedeutung, während im Störfall *Verknüpfungswissen, Funktions- und Prozesswissen* angesprochen werden.

Neben planmäßigem, systematischem Handeln auf Basis „objektiver“ Fachkenntnisse gewinnt die Aufgabenbewältigung auf Basis „subjektiver“ Erfahrungen insgesamt vermehrt an Bedeutung (vgl. Böhle 2008). Das heißt, solides Fachwissen im Sinne von *Kenntnissen über möglichst viele*



der aktuell angewendeten Fertigungsverfahren, Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung sowie Kenntnisse über Gestaltungsmöglichkeiten und Formen der Arbeitsablauforganisation reicht zukünftig nicht mehr aus, sondern muss durch Erfahrungen<sup>16</sup> ergänzt werden, um eine modellhafte Vorstellungskraft zu entwickeln, mit deren Hilfe von einzelnen Prozessen auf das Gesamtgeschehen geschlossen werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Deutung des Gesamtgeschehens durch die Komplexität und Intransparenz automatischer Abläufe erschwert wird (vgl. Weyer 1997, 244).

Daraus resultieren umfassendere Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte in Bezug auf Fach-, Methoden und Sozialkompetenz, gepaart mit der Bereitschaft und Fähigkeit zum lebenslangen Lernen, zur Selbstorganisation und zum selbstbestimmten Handeln (vgl. Egbringhoff et al. 2003, 43). Im Zuge einer mit der Einführung von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ einhergehenden zunehmenden Informatisierung „sind insbesondere zusätzliche Kompetenzen im Umgang mit der Technik, Fähigkeiten der Metakommunikation in abstrakter werdenden Arbeitszusammenhängen und Kompetenzen zur ‚Rahmensteuerung‘ der eigenen Arbeitstätigkeit“ (ebd., 22) hervorzuheben. Im Kontext kontinuierlicher Verbesserungsprozesse (KVP) sind außerdem *Organisation, Kreativität, KVP- und Kostenbewusstsein, Kenntnisse physikalischer, chemischer und mathematischer Prinzipien, Entscheidungswillen* und *Teamgeist* als erfolgskritische Kernkompetenzen industrieller Facharbeit einzuschätzen (vgl. Bruder/Mohr 2001, 207), wobei absehbar ist, dass dies auch die potenziellen Anwendungsfelder des „Internets der Dinge“ betrifft.

Insgesamt ist zu konstatieren, dass für Facharbeiter mit der Zunahme des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“, die den Ablauf vieler Vorgänge nicht mehr erkennbar machen, grundsätzlich mittelfristig steigende Qualifikationsanforderungen zu erwarten sind:

Die Fachkräfte müssen zukünftig der Technik innewohnende „Lücken“ und Unzulänglichkeiten, die je nach Freiheitsgrad der Technik und ihrem Entwicklungsstand mehr oder weniger stark zu Tage treten werden, auf Basis von Erfahrungen und kooperative Meta-Kommunikation mit den Maschinen schließen und dabei mit zunehmender Komplexität und Unsicherheit umgehen können.

Dafür sind neben kognitiven und fachbezogenen Eigenschaften und Fähigkeiten insbesondere Persönlichkeitseigenschaften wie Verantwortungsbewusstsein, Kreativität, Teamfähigkeit und Offenheit für andere Denkweisen (vgl. Egbringhoff et al. 2003, 22f), aber auch Abstraktionsvermögen (zur Planung von (Problemlösungs-)Prozessen und dem Verständnis von Systemen), Flexibilität und in wachsendem Ausmaß Stressbewältigungskompetenzen erforderlich.

---

<sup>16</sup> Diese Erfahrungen werden auch als „besonderes Produktionswissen“, „tacit skills“ oder „tacit knowledge“ bezeichnet. Im Zusammenhang mit Automation sind dies Fähigkeiten, die durchaus Teil der Facharbeiterqualifikation sein müssen (vgl. Mikl-Horke 2000). Sie bewegen sich jedoch jenseits dessen, was offiziell als erforderlich gilt, und werden demnach eher stillschweigend angewendet (vgl. Böhle 2008).

## 4.7.2 Veränderte Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter aufgrund des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion

Unter Berücksichtigung der oben skizzierten grundsätzlichen Entwicklung der Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter in der industriellen Produktion und mit Blick auf die in den Abschnitten 4.3 bis 4.6 beschriebenen Veränderungen bzgl. deren Aufgabenspektrums durch den zukünftigen Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in der Automobilindustrie lassen sich die nachfolgend beschriebenen Qualifikationsanforderungen prognostizieren:

### 1. Qualifikationsanforderungen in Bezug auf Mechanik und Elektronik

Durch den vermehrten Einsatz von durch das „Internet der Dinge“ vernetzten Maschinen und Produkten in der industriellen Produktion besteht zukünftig ein verstärkter Bedarf an Kompetenzen im Umgang mit zunehmend komplexeren, elektronisch gesteuerten und vernetzten Maschinen. Deshalb bedarf es zum einen eines tiefen und insbesondere eng verknüpften Fachwissens im Bereich Mechanik und Elektronik, d. h., es wird zunehmend einer Kombination von Maschinen-, Steuerungs- und Software-/Programmierungkenntnissen bedürfen. Für Elektrotechniker, Mechaniker und Produktionstechnologen ergibt sich vor diesem Hintergrund die Anforderung, sich Kenntnisse in an ihren Beruf angrenzenden Fachgebieten anzueignen. Zum anderen bedarf es Erfahrungen im Umgang mit kritischen bzw. unwägbareren Ereignissen, um ggf. in räumlicher Distanz zum Fertigungsgeschehen allein auf Basis von Maschinendaten bzw. Fehlermeldungen unter Zeitdruck den Störungsgrund und mögliche Auswirkungen auf die Wertschöpfungskette zu identifizieren sowie entsprechende Problemlösestrategien anzuwenden bzw. zu entwickeln.

Mit Blick auf die einzelnen Tätigkeitsbündel ist zu konstatieren, dass für die reine *Maschinenbedienung* auch bei einem verstärkten Einsatz des „Internets der Dinge“ in den verschiedenen Anwendungsfeldern grundsätzlich nicht sämtliche der oben benannten Kenntnisse benötigt werden. Jedoch sind aufgrund der Zunahme von automatisierten Steuerungsmodulen in der Fertigung, einer steigenden Anzahl von zu betreuenden Maschinen und damit einhergehend vermehrten Störungspotenzialen weiterhin Qualifikationen auf Fachkräfteniveau erforderlich.

Zusätzliche Kenntnisse mechatronischer Systeme und erweiterte Programmier- bzw. Parametrierfähigkeiten für spezielle Software werden dagegen zukünftig für die Bereiche der *Steuerung und der Instandhaltung* von mit Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ ausgerüsteten Systemen erforderlich sein. Darüber hinaus müssen Fachkräfte hier mit dem Einsatz von Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS-Geräte, die zur Steuerung oder Regelung einer Maschine oder Anlage eingesetzt und programmiert werden), Roboterprogrammen sowie elektronischen Steuerungen von Maschinen (CNC-Steuerungen) vertraut sein.

### 2. Qualifikationsanforderungen in Bezug auf Netzwerk-/Funktechnologien und Übertragungstechnik

Zukünftig werden *alle Fachkräfte* in einer das „Internet der Dinge“ anwendenden industriellen Produktion zumindest über Basiskenntnisse (zur *Maschinenbedienung*) zu Netzwerk- und Funk-

technologien bzw. Übertragungstechniken verfügen müssen, beispielsweise zu RFID. Dazu gehören u. a. Kenntnisse zu Übertragungsmöglichkeiten von Funk, zur Bedeutung von Frequenzen sowie Kenntnisse der damit verbundenen etwaigen Störungsquellen – aber auch ein Verständnis für die Anwendung von Funk sowie Kenntnisse über mögliche Gefahren für die Gesundheit.

Für *steuernde* und *instandhaltende* Tätigkeiten sind darüber hinausgehende vertiefte Kenntnisse der Funk- und Netzwerktechnik und Erfahrungen beim Einstellen von Parametern sowie im Umgang mit Störungen vonnöten, um Probleme in der Kommunikation/Interaktion innerhalb einer Maschine oder zwischen Maschinen und Geräten analysieren und ggf. beheben zu können.

Während aktuell insbesondere die Fehleranalyse und Störungsbehebung häufig nicht von Facharbeitern, sondern Ingenieuren übernommen werden, da diese schon jetzt über ein Basiswissen der Hochfrequenztechnik verfügen, werden bei einem breiten Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ zukünftig auch Fachkräfte verstärkt *Instandhaltungsaufgaben* übernehmen und entsprechende Kenntnisse vorhalten müssen.

### 3. Qualifikationsanforderungen in Bezug auf Werkstofftechnik

Vor dem Hintergrund der bereits aktuell stattfindenden Forschung und Entwicklung im Bereich sich bei Störungen in der Produktion „sich selbst meldender“ Werkstoffe müssen Fachkräfte in *allen Tätigkeitsbereichen* bei einem vermehrten Einsatz des „Internets der Dinge“ zukünftig über Qualifikationen verfügen, die ihnen bereits bei Einführung solcher Werkstoffe einen angemessenen Umgang mit diesen ermöglichen. Seitens der Unternehmensexperten wird daher ein erhöhter Qualifikationsbedarf im Bereich Werkstoffkunde prognostiziert.

### 4. Qualifikationsanforderungen in Bezug auf Produktionsabläufe und Verfahrenstechnik

Eine zunehmende Kommunikation zwischen den Maschinen (und ihren einzelnen Teilen) sowie zusätzlich zwischen Maschinen und Produkten und ihre Vernetzung miteinander wird grundsätzlich für *alle Beschäftigten* mit höheren Anforderungen in den Bereichen Verfahrenstechnik, Produktionsabläufe und Wertschöpfungsprozesse einhergehen: Da Störungen an einer Maschine oder innerhalb eines Prozesses nicht mehr nur Auswirkungen auf den jeweils vor- oder nachgelagerten Produktionsschritt haben, sondern aufgrund der Vernetzung bzw. Kommunikation zwischen verschiedenen Einheiten zukünftig weitaus mehr Prozesse – nicht nur vor Ort – von einer Störung betroffen sein können, wird es notwendig sein, dass auch Fachkräfte über umfassende Kenntnis des gesamten Wertschöpfungsprozesses verfügen, damit im Fall einer Störung nicht unerkannt große Systemketten zum Stillstand kommen.

Mit einer durch den Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ zunehmenden Anzahl der zu betreuenden Maschinen pro *Maschinenbediener* unterliegt diese Fachkräftegruppe der Anforderung, einen größeren *Überblick über die Prozessabläufe* zu erwerben, um diese Maschinen in ihrem jeweiligen Produktionsumfeld einordnen zu können. Dies gilt in verstärktem Umfang für *steuernde* Tätigkeiten aufgrund eines nochmals größeren Zuständigkeitsbereichs (z. B. für gesamte Produktionslinien). Sowohl für *steuerndes* als auch *instandhaltendes Personal* sind auch deshalb detaillierte Kenntnisse über gesamte Produktionsabläufe erforderlich, weil die Verwendung nicht sichtbarer Steuerungsmodule bzw. Funktechnologien den Einsatz von Meldeplänen und -punkten auf Basis zeitlicher und organisatorischer Arbeitspläne erfordert.

Für das *instandhaltende* Personal wird es darüber hinaus wichtig sein, einschätzen zu können, welche Planungen bzgl. etwaiger Reparaturzeiten weiterzumelden sein werden, bzw. zu wissen, welche Konsequenzen bestimmte Reparaturarbeiten für welche anderen Bereiche bestimmter Produktionsnetzwerke mit sich bringen werden. Dazu gehört auch, einen Überblick über die Wertschöpfungsprozesse zu haben, um abschätzen zu können, welche Prioritäten hinsichtlich der Wiederherstellung des normalen Produktionsprozesses zu berücksichtigen sind, um zusätzliche Kosten so gering wie möglich zu halten

## 5. Qualifikationsanforderungen in Bezug auf den kompetenten Umgang mit Informationen im Rahmen der Analyse und Behebung von Problemen/Störungen

Bereits beschrieben wurde, dass der Umgang mit und die Vermeidung von Störungen schon heute ein relevantes Element, zukünftig jedoch der Kern von Facharbeit sein wird. Vor dem Hintergrund einer durch den vermehrten Einsatz des „Internets der Dinge“ zunehmenden räumlichen Distanz zum Fertigungsprozess bzw. einer steigenden Komplexität der maschinellen Prozesse bei sinkender optischer und haptischer Erfassbarkeit gewinnt zukünftig die *Fähigkeit zur selbstständigen Beschaffung, Analyse und Interpretation von Informationen* zentrale Bedeutung für die Arbeit von Fachkräften in allen Tätigkeitsbereichen:

Infolge des schnellen Wandels von Technologie- und Softwaresystemen rechnen die Unternehmensvertreter damit, dass Fähigkeiten zur selbstständigen zeitnahen Informationsbeschaffung verstärkt vorgehalten werden müssen: Dabei ist für die Tätigkeit im Bereich *Maschinenbedienung* und *-steuerung* insbesondere die Fähigkeit von Relevanz, sich selbstständig Informationen beschaffen zu können bzw. sich Kenntnisse anzueignen, die gewährleisten, dass auch bei sich wandelnden Steuerungssystemen entsprechende Signale weiterhin richtig analysiert und interpretiert werden. Außerdem wird die Fähigkeit erforderlich sein, z. B. abstrakte Störungsmeldungen an das zuständige Instandhaltungspersonal verständlich weiterzugeben.

Bei der Gruppe der *Instandhalter* wird es wegen der mangelnden Unterteilbarkeit eines Problems in Einzelprozesse aufgrund von Vernetzungen darauf ankommen, Informationen über die Nutzung unterschiedlichster Quellen zu beschaffen (sog. multimodale Anforderungen) – sei es über Computer, persönlich (verbal/per Gestik) oder schriftlich. Zudem müssen *Instandhalter* quantitativ wie qualitativ in noch höherem Maße als bisher dazu fähig sein, Störsignale zu interpretieren und etwaige Fehler selbst zu beheben.

Qualifikationsbedarfe werden auch im Hinblick auf die Fähigkeit gesehen, zukünftig – in größerer Distanz zu den Maschinen als zuvor – verstärkt abstrakte Informationen zu analysieren, zu interpretieren und auf dieser Basis vorliegende Handlungsanweisungen umzusetzen (*Maschinenbediener*) bzw. im Rahmen von *Steuerungs- und Instandhaltungstätigkeiten* ggf. auch neue Problemlösungen zu entwickeln. Im Rahmen der *Maschinensteuerung* werden darüber hinaus auch verstärkt organisatorische Kompetenzen benötigt, um in Störungsphasen Problemlöseprozesse unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Wertschöpfungskette zu koordinieren.

## 6. Soziale, kommunikative und fremdsprachliche Kompetenzen

Vor dem Hintergrund zunehmender Internationalität und Komplexität der Produktion, einem steigenden Gebrauch von Fernwartungsmöglichkeiten und verstärkt technologisierten Kommu-

nikationsstrukturen steigen zukünftig die Qualifikationsanforderungen hinsichtlich der *kommunikativen Kompetenzen* von Facharbeitern. Da sowohl Wertschöpfungs- als auch Störungsbeseitigungsprozesse zunehmend standort- und häufig auch landesübergreifend erfolgen, gewinnen außerdem *sprachliche Kompetenzen* zunehmend an Bedeutung. Hinsichtlich einer verstärkten Fernwartung wird es beispielsweise erforderlich sein, relevante Sachverhalte verständlich zu kommunizieren und unter Einbezug neuer Kommunikationsmedien interaktiv Informationen zu verarbeiten.

Dazu bedarf es zukünftig in allen Tätigkeitsbereichen der Fähigkeit, sich angemessen auf *Englisch* verständigen zu können. Für die *Bedienung der Maschinen* wird es nach Ansicht der Unternehmensexperten in diesem Zusammenhang jedoch ausreichen, Basiskenntnisse für eine einfache verbale Kommunikation auf technischer Ebene vorzuhalten sowie entsprechende Bedienungsanleitungen lesen und verstehen zu können. Das Personal aus dem Bereich der *Steuerung* und der *Instandhaltung* wird dagegen auch in der Lage sein müssen, z. B. Fernwartungen oder Handlungsanweisungen per Telefon mit anderssprachigen Gesprächspartnern auf Englisch durchzuführen bzw. selbst zu vermitteln.

Weiterhin erfordert der Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ eine gegenüber heute weiter erhöhte *Bereitschaft und Kompetenz zur Arbeit im Team* – insbesondere im Rahmen von Störungen: Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Produktionsprozesse und Maschinen ist davon auszugehen, dass bei Störungen einerseits deren Behebung häufig nicht mehr durch eine Einzelperson möglich sein wird und zum anderen auch Fachkräfte aus vor- und nachgelagerten Produktionsbereichen involviert sein werden. Deshalb werden Fachkräfte zukünftig in der Lage sein müssen, sich verschiedener Probleme gemeinsam anzunehmen und Lösungen hervorzubringen. In diesem Zusammenhang wird es für *alle Fachkräfte*, aber in besonderem Maße für die *Gruppe der Instandhalter* einer verstärkten abteilungsübergreifenden Kommunikation und Zusammenarbeit bedürfen.

## 7. Qualifikationsanforderungen in Bezug auf den Umgang mit Stress

Wie beschrieben, wird es durch den Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ zu einer Vereinfachung und Reduzierung des Tätigkeitsspektrums im Bereich der *Maschinenbedienung* kommen. Gleichzeitig werden aber auch Aufgaben im Bereich *Steuerung* und *Instandhaltung* deutlich zunehmen. Das wird auf der einen Seite vermehrt zu Frustrationen aufgrund von *Unterforderungen* mangels Einsatzmöglichkeiten des ursprünglich Gelernten führen, auf der anderen Seite zu *Überforderungen* aufgrund der steigenden Komplexität der Maschinen und der damit verbundenen komplexeren Instandhaltungsaufgaben.

Durch die Abnahme der Beobachtbarkeit von Prozessabläufen im Rahmen eines verstärkten Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“, sind Fachkräfte außerdem zukünftig mit größerer *Unsicherheit* konfrontiert

Durch eine stärkere Vernetzung von Arbeitsprozessen kommt es darüber hinaus zu deutlich größeren Auswirkungen von Störungen am Einzelarbeitsplatz auf die gesamte Wertschöpfungskette und einer damit einhergehenden steigenden *Verantwortung* für Fachkräfte. Zudem ist mit der Einführung z. B. von Funktechnologie eine Zunahme von Verantwortung verbunden, z. T. jedoch ohne direkte Einflussmöglichkeit. Das bedeutet, dass Fachkräfte zunehmend mehr damit umge-



hen können müssen, Entscheidungen zu treffen, ohne die (vollständigen) Rahmenbedingungen zu kennen.

Verbunden mit einer stärkeren *Verdichtung* der Arbeit, beispielsweise durch die Betreuung einer größeren Anzahl von Maschinen durch *einen Bediener*, besteht damit insgesamt eine erhöhte Gefahr von *Stress* – ein Aspekt, dem die Unternehmensvertreter sowohl im Hinblick auf den Aufgabenwandel am unteren als auch am oberen Ende des Tätigkeitsspektrums der Beschäftigten auf Fachkräfteebene einen großen Stellenwert beimessen. *Kompetenzen im Umgang mit und der Bewältigung von Stress* gewinnen damit zukünftig an Bedeutung. Das heißt, sämtliche Mitarbeiter sollten in der Lage sein, aufkommenden Stress selbst erkennen, die Ursachen analysieren und die angemessenen Methoden zur eigenen Stressbewältigung einsetzen zu können.

#### **4.7.3 Abschließende Bewertung und Systematisierung zukünftiger Qualifikationsanforderungen an Facharbeiter in der industriellen Produktion durch die einbezogenen Experten**

Die infolge der Untersuchung gewonnenen und oben dargestellten Erkenntnisse im Hinblick auf die zukünftigen Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte aufgrund des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion wurden im Rahmen eines Abschlussworkshops mit acht Unternehmensvertretern sowie dem HSG-IMIT als Repräsentanten der Forschungsseite diskutiert, verifiziert und gemeinsam daraufhin bewertet, in welcher Ausprägung die als erforderlich eingeschätzten Qualifikationen in den kommenden Jahren bei welcher Gruppe von Fachkräften vorgehalten werden sollten.

Dazu wurden seitens der Experten die Erkenntnisse zu den Qualifikationsanforderungen in den einzelnen Anwendungsfeldern aggregiert und drei zukünftig existierenden Gruppen von Mitarbeitern auf mittlerer Qualifikationsebene zugeordnet – den sogenannten *Bedienern*, den *Betreibern* und den *Instandhaltern*, wobei diese an Funktionen orientierten Bezeichnungen Rückschlüsse auf den hauptsächlichen (aber nicht ausschließlichen) Tätigkeitsbereich der einzelnen Mitarbeitergruppe zulassen.<sup>17</sup> Zusätzlich wurde eine Unterscheidung in fachliche und überfachliche Qualifikationsanforderungen vorgenommen und die Ergebnisse anschließend in den nachfolgenden Tabellen nochmals zusammengefasst:

---

<sup>17</sup> Als *Betreiber* gelten in diesem Zusammenhang Teamleiter oder Gruppenführer, die für bestimmte Produktionsketten bzw. Mitarbeitergruppen die Verantwortung tragen und hauptsächlich *steuernde* Tätigkeiten ausüben.



ZUSAMMENFASSUNG ZUKÜNFTIGER FACHLICHER QUALIFIKATIONSANFORDERUNGEN			
Fachliche Qualifikationen	Anwendertypen		
	Bediener	Betreiber	Instandhalter
Kombinierte Mechanik-, Elektronik-, IT-Kenntnisse		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programmierkenntnisse in spezieller Software: SPS, Roboterprogramme, CNC</li> <li>• Mechatronische Systeme</li> <li>• Denken in vernetzten Systemen</li> </ul>	
	Bereichsübergreifende Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunahme des Bedarfs an Kenntnissen aus benachbarten Berufsgruppen für Elektrotechniker, Mechaniker, Fachinformatiker</li> </ul>		
Netzwerktechnologien		Basiswissen	Erweiterte Kenntnisse für Instandhaltung
Kenntnisse im Bereich Funktechnologie und Übertragungstechnik	Basiskenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsverständnis</li> <li>• Beherrschung von Verhaltensanforderungen</li> </ul>	Kompetenzen zur Nutzung der/von Funktechnologien: <ul style="list-style-type: none"> <li>• z. B. Einstellen von Parametern</li> </ul>	Basiswissen Hochfrequenz (HF)
	Aufbau allgemeinen und spezifischen Fachwissens wie beispielsweise zu RFID und Funktechnik		
Fachspezifische Englischkenntnisse	Basiskenntnisse für einfache Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesen und Verstehen von Bedienungsanleitungen</li> </ul>	Internationalisierung der Verknüpfung von Netzwerken: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationskompetenzen auf technischer Ebene</li> <li>• Beherrschung von Englischkenntnissen, die Problemlösungen im Ausland ermöglichen</li> </ul>	
	Basiskenntnisse		
Kenntnisse der Verfahrenstechnik (Werkstoffe) Aktuell: Forschung zu Werkstoffen, die sich bei Defekten selbst melden			

Tab. 26: Zusammenfassung zukünftiger fachlicher Qualifikationsanforderungen

Neben diesen vorrangig fachlichen Qualifikationsbedarfen wurden außerdem den Bereich der industriellen Produktion betreffende überfachliche Anforderungen identifiziert:

ZUSAMMENFASSUNG ZUKÜNFTIGER ÜBERFACHLICHER QUALIFIKATIONSANFORDERUNGEN		Anwendertypen		
		Bediener	Betreiber	Instandhalter
Überfachliche Qualifikationen		Überblick über Strukturen der Netzwerke		
Fähigkeiten und Methodenkenntnisse, die es erlauben, sich einen schnellen Überblick über gesamte Produktionsabläufe zu verschaffen		Zunahme des Überblicks über Abläufe in mehreren eigenen Produktions-/Prozessabschnitten aufgrund höherer Anzahl zu betreuender Maschinen	Überblick über Wertschöpfungsprozesse im Produktionsbereich Überblick über Abläufe in Produktions-/Prozessabschnitten zur Abschätzung von Konsequenzen von Instandhaltungsarbeiten auf andere Maschinen und Prozesse	
Analysefähigkeiten und Kompetenzen zum Umgang mit abstrakten Informationen		Fähigkeiten zur Interpretation von Signalen und Umsetzung gemäß Vorgaben (ggf. Weiterleitung/Kommunikation an Betreiber/innen)	Festlegung von Strategien für optimale Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung zeitlicher und organisatorischer Arbeitspläne (z. B. Einsatz von Meldepunkten)</li> </ul> Steigender Anteil an Planungsaufgaben und die Auswirkungen verstärkter Maschinenkommunikation erfordern tiefgreifendes Systemverständnis Eigene Reaktion oder Einleitung von Reaktionen Fähigkeiten zur Interpretation von Storsignalen und eigene Behebung, sonst Weiterleitung an Instandhalter	
Fähigkeiten zur selbstständigen zeitnahen Informationsbeschaffung aufgrund sich schnell wandelnder Technologie- und Softwaresysteme		Fähigkeit der selbstständigen Informationsbeschaffung/Kennntnisaneignung zwecks Erhalt von Kompetenzen zur Interpretation von Signalen etc. bei Systemwandel	Informationsbeschaffung bei komplexitätsbedingten Problemen mithilfe der Nutzung unterschiedlicher Informationsquellen zur Lösung von aufgrund mangelnder Unterteilbarkeit von Einzelprozessen aufgrund von Vernetzung	

Tab. 27: Zusammenfassung zukünftiger überfachlicher Qualifikationsanforderungen (Teil 1)

ZUSAMMENFASSUNG ZUKÜNFTIGER ÜBERFACHLICHER QUALIFIKATIONSANFORDERUNGEN		
Überfachliche Qualifikationen	Anwendertypen	
	Bediener	Betreiber
Organisation von Problemlösungsprozessen und Nutzung neuer Kommunikationswege	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeiten der interaktiven Informationsverarbeitung mithilfe von Bildverarbeitungsgeräten etc.</li> <li>Fähigkeit, Dokumentationen den vorgegebenen Systemerfordernissen anzupassen</li> <li>Teamfähigkeit zur gemeinsamen Lösung von Problemen aufgrund komplexer Störungen</li> </ul>	Instandhalter
Stressbewältigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeiten, mit sinkenden Ansprüchen an zu erledigende Tätigkeiten bei wachsender Verantwortung aufgrund größeren Umfangs zu überwachender Maschinen umzugehen</li> <li>Fähigkeiten, mit der Abnahme von Entscheidungsmöglichkeiten umzugehen</li> </ul>	Fähigkeiten, mit steigenden Anforderungen bezüglich Systemkenntnis, Fehleranalyse, Fehlerbehebung bei Ausfall intelligenter Systeme umzugehen
Teamfähigkeit	Kenntnisse von Methoden der Stressbewältigung	
		Fähigkeit, mit Kollegen gemeinsam Lösungen hervorzubringen

Tab. 28: Zusammenfassung zukünftiger überfachlicher Qualifikationsanforderungen (Teil 2)

## 5 Fazit

Im Rahmen der vorliegenden Studie sollte geklärt werden, welche Auswirkungen der Einsatz technischer Innovationen im Sinne des „Internets der Dinge“ in der industriellen Produktion auf künftige Qualifikationserfordernisse der Beschäftigten auf mittlerer Qualifikationsebene haben wird. Vor dem Hintergrund dieser Zielsetzung lassen sich die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Kapiteln wie folgt zusammenfassen:

Zunächst konnten vier Anwendungsfelder für den Einsatz von Technologien im Sinne eines „Internets der Dinge“ identifiziert werden, die in den nächsten Jahren für die industrielle Produktion von praktischer Relevanz sein werden:

- Überwachung, Steuerung und Wartung von Maschinen durch intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen.
- Überwachung von Produkten durch Informationsspeicherung an Warenträgern oder den Produkten selbst mittels Funktechnologien (z. B. RFID).
- Intelligente Materialbeschaffung über automatisierte Kanban-Systeme, mithilfe derer im Sinne einer optimierten Logistik Bestands- und Bedarfsmeldungen an Material direkt an das Lager weitergeleitet werden können.
- Produktionsbegleitende Simulation (als Vorstufe einer selbstorganisierten Produktion in der sogenannten Digitalen Fabrik), bei der mithilfe der im Rahmen der in den übrigen Anwendungsfeldern gewonnenen Informationen Produktionsabläufe im Vorfeld simuliert werden können.

Der verstärkte Einsatz von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in diesen Bereichen wird neben neuen Maschinen und veränderten Produktionsprozessen auch die heute bekannte Arbeitsorganisation in weiten Teilen verändern und dementsprechend auch substantielle Auswirkungen auf die Arbeit von Fachkräften haben. Um diese Veränderungen und daraus resultierende Anforderungen beschreiben zu können, wurden zunächst Tätigkeitsanalysen durchgeführt. Ausgehend von der aktuellen betrieblichen Praxis und unter Einbezug der Erkenntnisse zu den Auswirkungen des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in den beschriebenen Anwendungsfeldern konnten so zukünftige Arbeitsaufgaben identifiziert und Tätigkeitsprofile erstellt werden. Dabei wurde berücksichtigt, dass Fachkräfte auf der mittleren Qualifikationsebene zukünftig vor allem als *Maschinenbediener*, *Maschinenbetreiber* (Gruppenleiter mit Verantwortung für den Steuerungsprozess) und *Instandhalter* zum Einsatz kommen werden. Für diese drei Beschäftigtengruppen sind mit einer Zunahme des Einsatzes von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ unterschiedliche Auswirkungen zu konstatieren:

- Die Überwachung von Maschinen wird zukünftig vermehrt automatisiert werden. Damit fallen bisher routinemäßig durchzuführende Überprüfungen seltener an, sodass lediglich in einem durch eine Maschine signalisierten Bedarfsfall eine entsprechende Fachkraft benötigt werden wird. Auch Aufgaben der (händischen) Maschinenumrüstung werden entfallen, wenn zukünftig lediglich noch die für einen erfolgreichen Produktionsprozess erforderlichen Parameter an einer Maschine einzustellen sind. Damit verschieben sich auf der Ebene der *Maschinenbediener* die Aufgaben von regelmäßiger umfassender Betreuung bzw. Umrüstung einzelner Maschinen hin zur Betreuung mehrerer Maschinen gleichzeitig, die aber nur noch im Be-

darfsfall aufgesucht werden müssen. Diese Entwicklung führt insbesondere dazu, dass zukünftig für die *Maschinenbediener* die *Aufgabenvielfalt sinken* wird. Aufgrund der dadurch „gewonnenen“ Zeit wird der einzelne Maschinenbediener jedoch eine größere Anzahl an Maschinen zu betreuen haben, so dass sich der Umfang zu verrichtender *Tätigkeiten gleicher Art* deutlich erhöhen wird. Darüber hinaus werden Aufgaben der routinemäßigen Überwachung der betreuten Maschinen per Augenschein und Interpretation von Zustandsbeschreibungen am Monitor durch Aufgaben der Überwachung eines von der Maschine/dem Monitor signalisierten Bedarfs und die Auslösung etwaig erforderlicher Maßnahmen abgelöst werden.

- Mit steigender Verbreitung von Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ in der Produktion wird eine *komplexere Steuerung* der dortigen Maschinen verbunden sein – vor allem im Hinblick auf die Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Maschinen bzw. einen korrekten Produktionsablauf: Störungsanzeigen werden nicht mehr eigenständig interpretiert, sondern nur noch entsprechend den maschinellen Anweisungen umgesetzt, die von Maschinen gelieferten Daten ausgewertet und aufbauend darauf angemessene Handlungsentscheidungen getroffen werden müssen. Dies wird mit einer Verschiebung der Aufgaben von einer Sicherstellung der Einhaltung von Qualitätsanforderungen während des Prozesses des Maschinenbedienens hin zu einer Vorabprüfung bei der Anlieferung des einzusetzenden Materials verbunden sein. Damit werden für das *Steuerungspersonal* neue Aufgaben der Softwarewartung und Einspielung der (Prüf-)Software anfallen und darüber hinaus quantitativ mehr Maschinen gleichzeitig einzurichten und zu steuern sein. .
- Bezogen auf die *Instandhaltungsaufgaben* werden sich die zentralen Tätigkeiten von Aufgaben der *regelmäßigen* Maschinenwartung hin zu einer *bedarfsorientierten* Wartung verschieben, wobei von einer steigender Komplexität der Wartungsarbeiten auszugehen ist, wenn sich aufgrund des Einsatzes von Funktechnologien oder des verstärkten Zusammenwirkens von elektromechanischen und Netzwerkproblemen die potenziellen Störungsquellen und damit die Wartung von Sensoren/Netzwerken sowie von Wartungs- und Prüfprogrammen deutlich erhöhen werden. Mit dieser zunehmenden Komplexität und Störanfälligkeit werden sich außerdem komplexere Aufgaben im Hinblick auf die Erstellung von Kosten-Nutzen-Analysen ergeben, wenn die in die Kalkulation einzubeziehenden Parameter (vor allem auch in Bezug auf Fragen der Funktechnologie) deutlich ansteigen.

Aus diesen Tätigkeitsprofilen konnten anschließend verschiedene Qualifikationsanforderungen abgeleitet werden, denen Beschäftigte auf mittlerer Qualifikationsebene in einer durch Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ veränderten industriellen Produktion zukünftig unterliegen werden.

Zukünftig werden sowohl Qualifikationen fachlicher als auch überfachlicher Art gefragt sein:

Auf *fachlicher* Ebene werden

- aufgrund der Zunahme von Automation bzw. der Vernetzung von Maschinen sowie deren Betreuung in größerer Anzahl vertiefte Kenntnisse der Mechanik und Elektronik *in Kombination* gefragt sein, um bei Eintritt etwaiger Störungsfälle schnell die erforderlichen Reaktionen vornehmen oder auslösen zu können. Außerdem werden verstärkt Programmier- bzw. Parametrierfähigkeiten für spezielle Software bzw. der Umgang mit dieser vorgehalten werden müssen.

- sämtliche Fachkräfte zur Erkennung etwaiger Störungen/Störungsquellen zumindest über Basiskenntnisse im Bereich der Netzwerk-/Funktechnologien sowie der Übertragungstechnik verfügen müssen (z. B. RFID) – für Aufgaben der Steuerung und Instandhaltung werden diesbezüglich auch spezielle Kenntnisse vonnöten sein..
- zur Vermeidung des vollständigen Erliegens ganzer aufeinander abgestimmter Produktionsprozesse Kenntnisse in der Verfahrenstechnik erforderlich sein, die Beschäftigten – insbesondere das maschinensteuernde und -instandhaltende Personal – außerdem zur Einschätzung der Relevanz bestimmten Eingreifens Kenntnisse über Produktionsabläufe bzw. Wertschöpfungsketten haben müssen.
- vertiefte Kenntnisse in Bezug auf Werkstoffkunde gefragt sein, um bei Zunahme des Einsatzes „sich selbst meldender“ Werkstoffe rechtzeitig für einen angemessenen Umgang mit diesen gerüstet zu sein.

Mit zunehmender Komplexität der Steuerungen, der damit verbundenen Intransparenz der Maschinenkommunikation sowie der zunehmenden räumlichen Distanz zum Fertigungsprozess insbesondere bzgl. des Einsatzes von Funktechnologie wird sich vor allem der Stellenwert *überfachlicher Kompetenzen* deutlich erhöhen. Erforderlich werden somit in diesem Zusammenhang Kenntnisse, Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten sein,

- mit abstrakten Informationen umzugehen, sich zeitnah selbstständig erforderliche Informationen zu beschaffen, im Falle der Steuerung und Instandhaltung von Maschinen auch abstrakte Informationen zu analysieren und Problemlösungsprozesse selbstständig zu organisieren.
- abstrakte Probleme über Entfernungen hinweg verständlich zu kommunizieren – und dabei zunehmend englische Anleitungen zu verstehen sowie für Tätigkeiten im Rahmen der Steuerung/Instandhaltung auch Wartungsanweisungen/-handlungen auf Englisch durchzuführen.
- abteilungsintern und -übergreifend im Team arbeiten zu können.
- in besonderem Maße mit Stress umgehen zu können: mit Unterforderungen im Bereich des Maschinenbedienens mangels Einsetzbarkeit vorhandener Kenntnisse und Überforderungen für die Steuerung und Instandhaltung im Hinblick auf die steigende Komplexität; mit Unsicherheiten bezogen auf nichtbeobachtbare Prozessabläufe und die Übernahme von Verantwortung, ohne die Rahmenbedingungen zu kennen.

Insgesamt wird die Einführung neuer Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ somit für alle Beschäftigtengruppen auf der mittleren Qualifikationsebene mit veränderten Anforderungen verbunden sein. Dabei bleibt jedoch zu beachten, dass der tatsächliche betriebliche Einsatz der beschriebenen Technologien insbesondere aus betriebswirtschaftlichen Gründen deutlich später erfolgen wird, als man aufgrund des bereits technisch Machbaren vermuten könnte: Für die technologisch innerhalb der nächsten drei bis fünf Jahre möglichen Anwendungsfelder des „Internets der Dinge“ ist voraussichtlich erst mittelfristig – innerhalb der nächsten 10 Jahre – mit einem verstärkten betrieblichen Einsatz und den damit einhergehenden veränderten Qualifikationsanforderungen zu rechnen.



## Literatur

- Aletheia Konsortium (Hrsg.) (2008): Aletheia - Semantische Föderation umfassender Produktinformationen. Die Vision: Ganzheitliche Sicht auf produktbezogenes Wissen für Hersteller, Händler und Kunden. Online: <http://www.aletheia-projekt.de/index.php?id=80&L=%5C%270>, (10.05.2010).
- Baethge, M./Schiersmann, C. (1998): Prozessorientierte Weiterbildung: Perspektiven und Probleme eines neuen Paradigmas in der Kompetenzentwicklung für die Arbeitswelt der Zukunft. In: Arbeitsgemeinschaft Qualifikations-Entwicklungsmanagement Berlin (Hrsg.): Kompetenzentwicklung 98, Münster, 15-87.
- BMW AG (Hrsg.) (2010): Unter Strom. Werk Leipzig wird Kompetenzzentrum für den Bau von Elektrofahrzeugen. Online: <http://www.bmw-werk-leipzig.de/leipzig/deutsch/lowband/com/de/index.html>, (10.05.2010).
- Böhle, F. (2008): Facharbeit im Wandel – Konzepte und Ergebnisse industriesoziologischer Forschung. In: M. Fischer & G. Spöttl (Hrsg.): Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Strategien und Methoden der Berufsbildungsforschung, Frankfurt a. M., 48-62.
- Böhle, F./Bauer, H. G./Munz, C./Pfeiffer, S. (2001): Kompetenzen für erfahrungsgeladene Arbeit – neue Inhalte und Methoden beruflicher Bildung bei der Arbeit mit komplexen technischen Systemen. In F. Eicker & A. W. Petersen (Hrsg.): Mensch-Maschine Interaktion. Arbeiten und Lernen in rechnergestützten Arbeitssystemen in Industrie, Handwerk und Dienstleistung, Baden-Baden, 275-288.
- Botthof, A. et. al. (2009): Internet der Dinge – Leitfaden zu technischen, organisatorischen, rechtlichen und sicherheitsrelevanten Aspekten bei der Realisierung neuer RFID-gestützter Prozesse in Wirtschaft und Verwaltung. BMWi (Hrsg.): Dokumentation 581, Berlin.
- Botthof, A./Bovenschulte, M. (Hrsg.) (2009): Das "Internet der Dinge". Die Informatisierung der Arbeitswelt und des Alltags, Erläuterung einer neuen Basistechnologie. Reihe: Arbeitspapier, Globalisierung und Europäisierung, Nr. 176, Düsseldorf.
- Bovenschulte, M./Gabriel, P./Gaßner, K./Seidel, U. (2007): RFID: Potenziale für Deutschland – Stand und Perspektiven von Anwendungen auf Basis der Radiofrequenz-Identifikation auf den nationalen und internationalen Märkten. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrsg.): Berlin.
- Brand, L./Hülser, T./Grimm, V./Zweck, A. (2009): Internet der Dinge – Übersichtsstudie. Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.): Reihe: Zukünftige Technologien, Nr. 80, Düsseldorf.
- Bruder, M./Mohr, S. (2001): Struktureller Wandel der Fertigungsverfahren und resultierende Anforderungen an die Aus- und Weiterbildung in der Facharbeit. In: Eicker, F./Petersen, A. W. (Hrsg.): „Mensch-Maschine-Interaktion“: Arbeiten und Lernen in rechnergestützten Arbeitssystemen in Industrie, Handwerk und Dienstleistung. Beiträge und Ergebnisse der 11. HGBT-Fachtagung, Baden-Baden, 195-210.
- Bulczak, L. (2008): Der Lange Weg zur intelligenten Fabrik. In: Handelsblatt, 23.04.2008.
- Bullinger, H.-J./Ten Hompel, M. (Hrsg.) (2007): Internet der Dinge. Berlin.

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2009): ADiWa – Allianz Digitaler Warenfluss: Vom Internet der Dinge zu intelligenten Geschäftsprozessen. Online: [http://www.adiva.net/fileadmin/templateadiva/ADiWa\\_Infoblatt.pdf](http://www.adiva.net/fileadmin/templateadiva/ADiWa_Infoblatt.pdf), (10.05.2010).
- Coroama, V. et. al. (2004): Leben in einer smarten Umgebung. Ubiquitous Computing Szenarien und Auswirkungen. Gottlieb Daimler und Karl Benz Stiftung, Ladenburg.
- Deeke, A. (1995): Experteninterviews - ein methodologisches und forschungspraktisches Problem. Einleitende Bemerkungen und Fragen zum Workshop. In: Brinkmann, C./Deeke, A./Völkel, B. (Hrsg.): Experteninterviews in der Arbeitsmarktforschung. Diskussionsbeiträge zu methodischen Fragen und praktische Erfahrungen. IAB, Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung Nr. 191, Nürnberg, 7-22.
- Deutsche Bank Research (2004): Digitale Ökonomie und struktureller Wandel. Wegweisende Informations- und Kommunikationstechnologien. Nr. 46, 10/2004. Online: [http://www.dbrresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD000000000180580.pdf](http://www.dbrresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000180580.pdf), (04.05.2010).
- Deutscher Bundestag (Hrsg.)(2008): Arbeiten in der Zukunft – Strukturen und Trends der Industriearbeit. Zukunftsreport, Bericht des Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung 30.01.2008. Online: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/16/079/1607959.pdf>, (04.05.2010).
- Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI) (Hrsg.) (2010): Semantic Product Memory – Produkte führen Tagebuch. Online: <http://www.semiprom.de>, (10.05.2010).
- Egbringhoff, J./Kleemann, F./Matuschek, I./Voß, G. G. (2003): Bildungspolitische und bildungspraktische Konsequenzen der Subjektivierung von Arbeit. Zur Subjektivierung von Bildung. Akademie für Technikfolgenabschätzung (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr. 233, Stuttgart.
- Faber, G. (2001): Operatoren für komplexe hochautomatisierte Hybridsysteme – Qualifikationsprofil und Ausbildungsbausteine. In: F. Eicker/A. W. Petersen (Hrsg.): Mensch-Maschine Interaktion. Arbeiten und Lernen in rechnergestützten Arbeitssystemen in Industrie, Handwerk und Dienstleistung, Baden-Baden, 269-273.
- Faupel T./Strüker, J./Gille, D. (2008a). RFID: Fakten zum Einsatz in Deutschland. Online: [http://www.isis-specials.de/profile\\_pdf/1u077\\_ed\\_rfid0209.pdf](http://www.isis-specials.de/profile_pdf/1u077_ed_rfid0209.pdf), (04.05.2010).
- Faupel, T./Strüker, J./Gille, D. (2008b): Anwender im Fokus. RFID Report 2008 – Außergewöhnlich erfolgreiche Technologie. In: Intellegenter Produzieren. VDMA (Hrsg.): RFID Flexible Komponente für eine effiziente Fertigung 6/2008, Online: [http://www.vdma-verlag.com/home/res/produkte/IP\\_2008-06.pdf](http://www.vdma-verlag.com/home/res/produkte/IP_2008-06.pdf), (04.05.2010).
- Fleisch, E./Mattern F. 2005 (Hrsg.): Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis. Berlin.
- Fleisch, E./Christ, O./Dierkes, M. (2005): Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In: E. Fleisch/F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis, Berlin, 3-37.
- Fleisch, E./Müller-Stewens, G. (2008): High-Resolution-Management: Konsequenzen des „Internet der Dinge“ auf die Unternehmensführung. In: zfo Zeitschrift für Führung und Organisation, 5/2008, 77. Jg., 272-281.

- Fraunhofer-Gesellschaft zur für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) (Hrsg.) (2009): Von Softwareagenten und e-Grains. Online: [https://e-services.ipk.fraunhofer.de/sopro/Custom\\_Documents/medieninfo\\_15\\_2009.pdf](https://e-services.ipk.fraunhofer.de/sopro/Custom_Documents/medieninfo_15_2009.pdf), (10.05.2010).
- Galiläer, L. (2007): Das Kooperative Analyseverfahren - ein feldnahes Verfahren der Früherkennung von Qualifikationsentwicklungen. In: Abicht, L./Bott, P. /Dworschak, B. /Galiläer, L. (Hrsg.): Auf der Suche nach neuen Qualifikationen – Methoden der Früherkennung von Qualifikationsentwicklungen, Bielefeld, 49-62.
- Galiläer, L./Wende, R. (2008): Früherkennung im Betrieb – Instrumente und Methoden zur Erhebung des aktuellen und zukünftigen Qualifikationsbedarfs. In: Loebe, H./Severing, E. (Hrsg.): Qualifikationstrends - Erkennen, Aufbereiten, Transferieren, Reihe: Wirtschaft und Bildung des Forschungsinstituts Betriebliche Bildung (f-bb), Band 47, Bielefeld, 81-106.
- Gläser, J., Laudel, G. (2004): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse, Wiesbaden.
- Günthner, W. A./Chisu, R./Kuzmany, F. (2008a): Internet der Dinge – Zukunftstechnologie mit Kostenvorteil. F+H Fördern und Heben, Heft 10, Oktober 2008, 556-558.
- Günthner, W. A./Chisu, R./Kuzmany, F. (2008b): Internet der Dinge – Steuern ohne Hierarchie. F+H Fördern und Heben, Heft 9, September 2008, 494-497.
- HART Communication Foundation (2009): WirelessHART Technology. Online: [http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless\\_technology.html](http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless_technology.html), (09.08.2010).
- Hompel, M. (2005): IT-Landschaften – Das Internet der Dinge. In: v. Seifert, W., Decker, J. (Hrsg.): RFID in der Logistik. Hamburg 2005.
- Hartmann, E.-A. (2009): Internet der Dinge-Technologien im Anwendungsfeld „Produktion – Fertigungsplanung“. In: Botthof, A./Bovenshulte, M. (Hrsg.) (2009): Das "Internet der Dinge". Die Informatisierung der Arbeitswelt und des Alltags, Erläuterung einer neuen Basistechnologie, Reihe: Arbeitspapier, Globalisierung und Europäisierung, Nr. 176. Düsseldorf, 31-50.
- Ibach, P. et al. (2009): SmartKanban-Projekt: Selbstorganisierendes autarkes Kanban-System auf Basis eigenintelligenter, vernetzter und ultrakostengünstiger Sensorknoten – Grundlagen zur signalstärkebasierten Ortung in ZigBee-Netzwerken. Online: <http://www.rok.informatik.hu-berlin.de/research/projects/smartkanban/>, (10.05.2010).
- IMS Gear GmbH (Hrsg.) (2010): IMS Gear hält die Welt in Bewegung. Online: [http://www.imsgea.com/index.php?page\\_id=99&lang=de](http://www.imsgea.com/index.php?page_id=99&lang=de), (11.05.2010).
- Infoman AG (Hrsg.) (2010): LICMA: TCO im Maschinen- und Anlagenbau, Ganzheitlicher Lösungsansatzes für Life Cycle Performance (LCP) mit Hilfe eines TCO-Management Portals. Online: <http://www.infoman.de/de/innovations/Seiten/LICMA.aspx>, (10.05.2010).
- Marquardt GmbH (Hrsg.) (2010): Entwicklung und Fertigung. Online: <http://www.marquardt.com/docs/index.aspx?id=23072&domid=1035&sp=D&m1=22980&m2=22988&m3=23072>, (10.05.2010).
- Mattern, F. (2005): Die technische Basis für das Internet der Dinge. In: E. Fleisch/F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge. Berlin, 39-66.
- Mattern, F. (2007): Die Informatisierung des Alltags. Leben in smarten Umgebungen. Berlin, Heidelberg.

- Meuser, M./Nagel, U. (2005). ExpertInneninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Bogner, A./Littig, B./Menz, W. (Hrsg.): Das Experteninterview – Theorie, Methode, Anwendung, Wiesbaden, 71-94.
- Mikl-Horke, G. (2000): Industrie- und Arbeitssoziologie. München, Oldenburg.
- Polko, G (2009): Rettungsanker in der Informationsflut. In: ITK 2009, Verlagsbeilage der Frankfurter Allgemeine Zeitung, 26.2.2009, B6.
- Rammert, W./Schulz-Schaeffer, I. (2002): Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. In: Rammert, W. / Schulz-Schaeffer, I. (Hrsg.): Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik, Frankfurt a. M., 11-64.
- Rammert, W. (2006): Technik, Handeln und Sozialstruktur: Eine Einführung in die Soziologie der Technik. Technical University Technology Studies (Hrsg.): Reihe: TUTS Working Papers, 3-2006.
- Siemens AG (Hrsg.) (2010): Industry Sector. Online: <http://www.siemens.de/ueberuns/portfolio/industry/Seiten/home.aspx>, (10.05.2010).
- Technologie-Initiative SmartFactoryKL e.V. (Hrsg.) (2010): SmartFactory<sup>KL</sup> – die intelligente Fabrik der Zukunft. Online: <http://www.smartfactory-kl.de>, (10.05.2010).
- Universität Halle-Wittenberg (Hrsg.) (2008): EnAS – Projekt (Energieautarke Aktor- und Sensorsysteme). Online: <http://aut.informatik.uni-halle.de/forschung/enas/>, (10.05.2010).
- VDI (2008): Digitale Fabrik – Grundlagen. VDI-Richtlinie 4499, Blatt 1, VDI-Richtlinien Februar.
- VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Hrsg.) (2009): Miniaturisierte energieautarke Komponenten mit verlässlicher drahtloser Kommunikation für die Automatisierungstechnik – MIKOA. Online: [http://www.mstonline.de/foerderung/projektliste/printable\\_pdf?vb\\_nr=V3AVS009](http://www.mstonline.de/foerderung/projektliste/printable_pdf?vb_nr=V3AVS009), (10.05.2010).
- Vogel, T. (2009): Informatisierung und Entsinlichung – Über Wirkungen des Wandels in der Arbeitswelt und Folgerungen für die Berufsbildung. In: Fenzl, C./ Spöttl, G./Howe, F./Becker, M. (Hrsg.) (2009): Berufsarbeit von morgen in gewerblich-technischen Domänen, Forschungsansätze und Ausbildungskonzepte für die berufliche Bildung, Bielefeld, 135-140.
- Volkswagen AG (Hrsg.) (2010a): Der Konzern. Konzernstrategie 2018. Online: [http://www.volkswagen.de/vwcms/master\\_public/virtualmaster/de3/unternehmen/konzern.html](http://www.volkswagen.de/vwcms/master_public/virtualmaster/de3/unternehmen/konzern.html), (10.05.2010).
- Volkswagen AG (Hrsg.) (2010b): Konzernstrategie 2018. Online: [http://www.volkswagenag.com/vwag/vwcorp/content/de/the\\_group/strategy.html](http://www.volkswagenag.com/vwag/vwcorp/content/de/the_group/strategy.html), (10.05.2010).
- Weyer, J. (1997): Die Risiken der Automationsarbeit. Mensch-Maschine-Interaktion und Störfallmanagement in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen. Zeitschrift für Soziologie, Jg. 26, Heft 4/ Aug. 1997.
- Weyer, J. (2006): Die Kooperation menschlicher Akteure und nicht-menschlicher Agenten. Ansatzpunkte einer Soziologie hybrider Systeme. Soziologische Arbeitspapiere der Universität Dortmund, Nr. 16/ Aug. 2006.

- Weyer, J. (2008): Techniksoziologie. Genese, Gestaltung und Steuerung sozio-technischer Systeme. Weinheim und München.
- Wilke, M. (2006): Wandelbare automatisierte Materialflusssysteme für dynamische Produktionsstrukturen, Diss., TU München, München.
- Witzel, A. (1982): Verfahren zur Qualitativen Sozialforschung. Überblick und Alternativen, Frankfurt am Main.
- Zeller, B. (2006): Forschen in und mit Unternehmen. Das Kooperative Analyseverfahren. In: Stuber, F./Adiek, S. (Hrsg.): Berufsschullehrer praxisnah ausbilden. Kompetenzorientierte Praxisforschung, Münster, 38-43 [Schriftenreihe zur Lehrerbildung; 2].
- Zeller, B./ Galiläer, L./Richter, R./Dauser, D. (2004): Das Prozessmodell betrieblicher Anforderungen - Einblicke in die betriebliche Praxis. In: Loebe, H./Severing, E. (Hrsg.): Die Zukunft der einfachen Arbeit. Von der Hilfstätigkeit zur Prozessdienstleistung, Reihe „Wirtschaft und Weiterbildung“ des Forschungsinstituts Betriebliche Bildung (f-bb), Band 31, Bielefeld, 31-50.
- Zeller, B./Richter, R./Dauser, D. (2004): Das Projekt „Früherkennung von Qualifikationserfordernissen für benachteiligte Personengruppen“. In: Loebe, H./Severing, E. (Hrsg.): Die Zukunft der einfachen Arbeit. Von der Hilfstätigkeit zur Prozessdienstleistung, Reihe „Wirtschaft und Weiterbildung“ des Forschungsinstituts Betriebliche Bildung (f-bb), Band 31, Bielefeld, 21-30.

### Weitere relevante Quellen

- Bauer H. G./Böhle, F./Munz, C./Pfeiffer, S./Woicke, P. (2005): Hightech-Gespür – Erfahrungsgelitetes Arbeiten und Lernen in hochtechnisierten Arbeitsbereichen. Ergebnisse eines Modellversuchs beruflicher Bildung in der Chemischen Industrie, akt. und erg. Fassung, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Hrsg.), Bielefeld.
- Beckert, B./Goluchowicz, K./Kimpeler, S. (2008): Die IT- und Medienwelt in Baden-Württemberg im Jahr 2020. Vier Basisszenarien. FAZIT Forschung Schriftreihe (Hrsg.): Informations- und Medienwelt in Baden-Württemberg, MFG Stiftung, Stuttgart.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2010): Die Neuausrichtung der BMBF-Früherkennungsinitiative seit 2008. Online: <http://www.bmbf.de/de/13563.php>, (10.05.2010).
- Faupel, T. (2006): Hindernisse beim Datenzugriff mittels mobiler Kommunikationstechnologie – Eine empirische Analyse. Institut für Informatik und Gesellschaft, Abteilung Telematik, Albert - Ludwigs Universität Freiburg. Gesellschaft für Informatik, Bonn. Online: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings76/GI-Proceedings-76-5.pdf>, (04.05.2010).
- Fenzl, C./Spöttl, G./Howe, F./Becker, M. (Hrsg.) (2009): Berufsarbeit von morgen in gewerblich-technischen Domänen, Forschungsansätze und Ausbildungskonzepte für die berufliche Bildung. Bielefeld.
- Galiläer, L./Wende, R. (2008b): Produktionsarbeit im Wandel, Ergebnisse einer Untersuchung einfacher Fachtätigkeiten in der Metall und Elektroindustrie. In: Loebe, H./Severing, E. (Hrsg.): Qualifikationstrends - Erkennen, Aufbereiten, Transferieren, Reihe: Wirtschaft und Bildung des Forschungsinstituts Betriebliche Bildung (f-bb), Band 47, Bielefeld, 23-53.

- Haasler, B. (2004): Hochtechnologie und Handarbeit. Eine Studie zur Facharbeit im Werkzeugbau der Automobilindustrie. Bielefeld: wbv.
- Kern, H./Schumann, M. (1977): Industriearbeit und Arbeiterbewusstsein. Frankfurt a. M.
- Kern, H./Schumann, M. (1984): Das Ende der Arbeitsteilung? München.
- Kosow, H./Gaßner, R./Erdmann, L./Luber, B. (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung IZT (Hrsg.): WerkstattBericht, Nr. 103.
- Pahl, J.-P./ Rauner, F./Spöttl, G. (2000): Berufliches Arbeitsprozesswissen. Ein Forschungsgegenstand der Berufsfeldwissenschaften. Baden-Baden.
- Rauner, F. (2001): Zur Untersuchung von Arbeitsprozesswissen - Fachkompetenz von Interviewern als Determinante in halbstrukturierten Interviews. In: Eicker, F./Petersen, W. (Hrsg.): „Mensch-Maschine-Interaktion“ - Arbeiten und Lernen in rechnergestützten Arbeitssystemen in Industrie, Handwerk und Dienstleistung, Baden-Baden, 249-267.
- Rauner, F. (2008): Methoden der Berufsbildungsforschung. In: Fischer, M./Spöttl, G. (Hrsg.): Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Strategien und Methoden der Berufsbildungsforschung, Frankfurt a. M., 116-138.
- Schaper, N. (2008): (Arbeits-)psychologische Kompetenzforschung. In: Fischer, M./Spöttl, G. (Hrsg.): Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Strategien und Methoden der Berufsbildungsforschung, Frankfurt a.M., 91-115.
- Spöttl, G. et. al. (2005): Lernen & Lehren. Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik. Schwerpunktthema Digitale Fabrik. Wolfenbüttel.
- Windelband, L./Spöttl, G./Fischer, A. (2008). Frühzeitige Identifizierung des Qualifikationsbedarfes für eine nachhaltige Entwicklung und Gestaltung von Berufsprofilen. In: Fischer, M. / Spöttl, G. (Hrsg.): Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Strategien und Methoden der Berufsbildungsforschung, Frankfurt a.M., 116-138.
- Wright, D. (Hg.) (2006): Safeguards in a World of Ambient Intelligence. Final Report (SWAMI), 8/2006. Online: <http://swami.jrc.es/>, (04.05.2010).
- Zeller, B. (2000): „Nürnberger Ausbildungsmodell“: zur Entwicklung einer gestaltungsoffenen Ausbildungsstruktur im Berufsfeld Metall. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Bildung in Wissenschaft und Praxis, Heft 05/2000, Bielefeld, 16-20.



## **Anlagen I-IV zum Abschlussbericht**

Projekttitle: Das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion  
Studie zu den künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene

Aktenzeichen: 312-20380-21

Berichtszeitraum: 01.04.2009 bis 14.05.2010

<b>Anlage I</b>	<b>Expertise I des HSG-IMIT</b>
<b>Anlage II</b>	<b>Expertise II des HSG-IMIT</b>
<b>Anlage III</b>	<b>Ablauf der empirischen Untersuchung</b>
	III.1 – Vorabinterviews mit Unternehmensvertretern
	III.2 – Interviews mit Unternehmensvertretern
	III.3 – Durchführung der Fallstudien
<b>Anlage IV</b>	<b>Unternehmenspräsentationen</b>

Anlage I

# HSG-IMIT



## Expertise I

**„Internet der Dinge“  
in der industriellen Produktion  
- Anwendungsfelder -**

# 1 Projektdaten

## Auftraggeber

Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH  
Obere Turnstraße 8  
90429 Nürnberg

## Projekt

„Internet der Dinge“  
in der industriellen Produktion  
- Anwendungsfelder -

## Expertise

**Datum:**

05.10.2009

**Projektnummer:****Best.-Nr.:****Revision:**

Rev. 1.2

**Verfasser:**

Lasse Klingbeil, Dieter Mintenbeck

05.10.2009

Lasse.klingbeil@hsg-imit.de,

Dieter.Mintenbeck@hsg-imit.de

## Partner

## 2 Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Projektdaten.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Definition „Internet der Dinge“ .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Anwendungsfelder .....</b>	<b>5</b>
4.1	Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen .....	5
4.2	Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten.....	7
4.3	Anwendungsfeld 3: Automatisiertes Kanban-System .....	8
4.4	Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion.....	9
<b>5</b>	<b>Bewertung der Anwendungsfelder.....</b>	<b>11</b>
5.1	Bewertungskriterien .....	11
5.2	Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen .....	12
5.3	Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten.....	13
5.4	Anwendungsfeld 3: Automatisiertes Kanban-System .....	14
5.5	Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion.....	15
5.6	Weiterführende Betrachtungen.....	17
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>19</b>

### 3 Definition „Internet der Dinge“

Das „Internet der Dinge“ beschreibt die technologische Entwicklung, in der beliebige Objekte der realen Welt über digitale Informationen miteinander verbunden werden können. Dazu müssen die Objekte identifizierbar und in der Lage sein, durch Sensoren Informationen von außen aufzunehmen und diese intelligent zu verarbeiten sowie miteinander zu kommunizieren.

Das „Internet der Dinge in der industriellen Produktion“ umfasst Technologien zur intelligenten Vernetzung einzelner, zuvor zentral gesteuerter Produktionsprozesse. Neben bereits etablierten Technologien wie IPC, Industrial Ethernet oder Soft-SPS spielen RFID, WLAN oder andere drahtlose Kommunikationstechnologien künftig eine größere Rolle in der Produktion. Diese Technologien gehen mit einer stärkeren Fabrik- und Prozessautomation einher. Die zentrale Steuerung wird durch eine große Anzahl kleiner dezentraler intelligenter Module ersetzt, die die Produktionsprozesse autonom und selbstregulierend ohne den Einsatz einer zentralen Instanz organisieren, steuern und optimieren. Es entsteht eine „intelligente Umgebung“.

## 4 Anwendungsfelder

Im Folgenden werden Anwendungsfelder beschrieben, die Aspekte des „Internet der Dinge“ beinhalten und so oder so ähnlich innerhalb der nächsten drei bis fünf Jahre im Bereich der industriellen Produktion Einsatz finden könnten.

Bei der Beschreibung der Anwendungsfelder wurde Folgendes berücksichtigt:

- Anwendungsfelder stellen eine Möglichkeit dar, zukünftige Anwendungsfelder von Forschungsaktivitäten in kurzer, prägnanter Form zu veranschaulichen. Techniktrends werden extrapoliert und gebündelt dargestellt.
- Es wird davon ausgegangen, dass die anstehenden technischen Entwicklungen nur dann innerhalb von 3-5 Jahren signifikante Auswirkungen auf die industrielle Produktion haben werden, wenn diese bereits heute erforscht werden oder worden sind. Daher lehnen sich die hier formulierten Anwendungsfelder an aktuell laufende oder kürzlich abgeschlossene Forschungsprojekte aus dem Bereich „Internet der Dinge“ an.
- Die Anwendungsfelder versuchen, bestimmte charakteristische Aspekte des „Internet der Dinge“ anhand konkreter Beispiele zu beschreiben. Diese Aspekte lassen sich ebenfalls auf andere Beispiele übertragen.
- Da sich häufig ein charakteristischer Aspekt des „Internet der Dinge“ mit unterschiedlichem Einfluss auf die Produktionsprozesse umsetzen lässt, sind die Anwendungsfelder in verschiedene Ausprägungen unterteilt.
- Es handelt sich vorläufig um 4 Anwendungsfelder, die durch die Arbeitstreffen mit Wissenschaftlern und Praktikern verändert und erweitert werden. Ziel ist es die Anwendungsfelder im Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis, Vision und tatsächlicher Umsetzung so auszuformulieren, dass sie für alle Beteiligten eine hohe Interessen- und Handlungsrelevanz haben.

### 4.1 Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen

Lifecycle Performance/ Condition Monitoring/ Facility Management

#### Charakteristische Aspekte

In der gesamten Produktionsumgebung sind Sensoren verteilt. Es werden Daten über die Maschinenzustände und die Betriebsumgebung gesammelt, bewertet und eventuelle Reaktionen ausgelöst. Die Sensorknoten sind eigenständig (energieautark), die Sammlung der Daten geschieht drahtlos, die Bewertung der Daten geschieht dezentral.

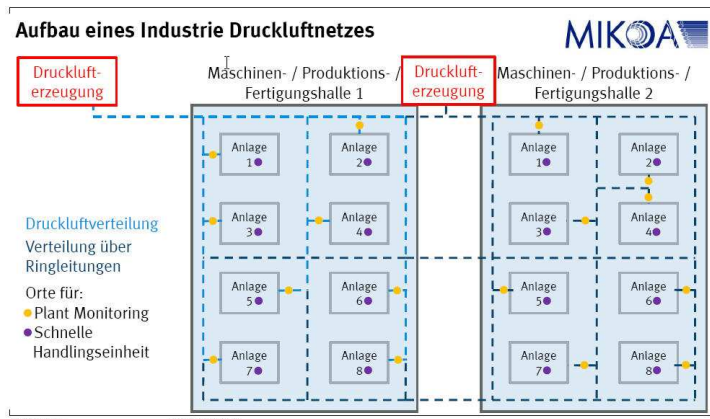
Ziel ist die ganzheitliche Optimierung von Produktion, Anlauf, Betrieb, Instandhaltung und Nutzung von Maschinen und Anlagen.

#### Konkretes Anwendungsbeispiel (angelehnt an MIKOA, ENAS, LICMA)

In mehreren Fertigungshallen (Plants) stehen Fertigungsanlagen, die mit Druckluft versorgt werden (Abb.). Systemgrößen, wie Durchfluss und Druck, sowie die Luftqualität (Feuchte, Partikel, Restöl, Temperatur) werden mittels verteilt angebrachter energie-autonomer Sensorkomponenten überwacht.



Zur reinen Überwachung der Anlagen werden täglich bis stündlich Informationen übertragen oder auf Anfrage geliefert. So wird eine bessere und schnellere Dokumentation (z.B. zur Einhaltung von Prozessbedingungen) ermöglicht. Ebenso können die Informationen einen Eingriff in den Steuerungsablauf haben (Dazu sind höhere Datenraten nötig). Die Abweichung von dynamischen Vorgaben löst Alarme aus oder triggert Nachregelungen.



Die Anlagen überwachen ihre einzelnen Funktionseinheiten. Beispielsweise werden Druckluftparameter, Position, Referenz oder Kraft überacht. Dazu werden verschiedene Sensorprinzipien in autarken Einheiten implementiert und in das Netzwerk eingebunden.

Abb. 1: Szenario zur Überwachung eines Industrie Druckluftnetzes (Darstellung aus dem Projekt MIKOA).

So lassen sich Stanzvorgänge durch Kraftsensoren überwachen. Abweichungen werden erkannt, um daraus frühzeitig der Wechsel von Verschleißteilen einzuleiten. Antriebe werden mit Hilfe von Vibrationsprofilen überwacht. Die Datenverarbeitung geschieht zum größten Teil lokal. Übertragen werden nur vorinterpretierte Ergebnisse. Ausfallzeiten werden verringert, Wartungskosten sinken, Prozesse können online überwacht und optimiert werden.

## Unterschiedliche Ausprägungen

### Ausprägung A:

Im gesamten Produktionsbereich und an relevanten Maschinen sind Sensormodule angebracht. Es werden Daten über Umgebung, Maschinen, Maschinenteile gesammelt und an eine zentrale Einheit versendet.

### Ausprägung B:

Das Netzwerk enthält sowohl Sensor- als auch Aktorknoten. Die Intelligenz zur Regelung und Beurteilung befindet sich teilweise oder ganz innerhalb des Netzwerkes. Es werden z.B. langsame Regelungsprozesse innerhalb des Netzwerkes durchgeführt (z.B. Lokale Regelung der Klimaanlage anhand von lokalen Temperaturmessungen).

### Ausprägung C:

Das Netzwerk enthält sowohl Sensor- als auch Aktorknoten. Die Intelligenz zur Regelung und Beurteilung befindet sich innerhalb des Netzwerkes. Schnelle Regelungsprozesse werden ebenfalls innerhalb des Netzwerkes durchgeführt.

## 4.2 Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten

Digitales Produktgedächtnis

### Charakteristische Aspekte

Die Produkte selbst (bzw. Ihre Verpackungen, Warenträger oder Teilprodukte) bilden das „Internet der Dinge“. Sie enthalten Speicher, Prozessor und Sensorik und ein Kommunikationsmodul zum drahtlosen Beschreiben und Lesen des Speichers. Er enthält Informationen zur Identifikation und den geplanten oder den tatsächlichen Produktionsablauf. Kritische Parameter können nach Bedarf während oder nach der Produktion ausgelesen werden.

### Konkretes Anwendungsbeispiel (angelehnt an SemProM, AdiWa, Aletheia)



In einer Fabrik werden individuell konfigurierbare Produkte hergestellt. D.h., die Fertigungslinie ist nicht für alle Produkte gleich, sondern wird von jedem Produkt individuell parametrisiert. Dazu werden die Informationen über die Konfiguration und die geplante Fertigung im digitalen Gedächtnis des zukünftigen Produktes abgelegt (die Komponente bestehend aus Prozessor, Speicher, Sensorik und Kommunikationsschnittstelle wird im Folgenden „intelligentes Label“ genannt).

Abb. 1: Darstellung aus dem Projekt „SemProm“

Kommt das Produkt an einem Fertigungsmodul an, so liest dieses den die individuellen Informationen des Produktes aus und adaptiert daraufhin seine eigenes Bearbeitungsprogramm. Als Beispiel könnte hier die Farbe genannt werden, mit der ein Gehäuse lackiert wird.

Während der Bearbeitung des Produktes an dem Fertigungsmodul werden verschiedene Zulieferteile verbaut. Diese haben ebenfalls ein Gedächtnis. Relevante Informationen über die Zulieferteile werden in das Gedächtnis des neuen Produktes integriert (z.B. Herkunft, Chargennummer,...). Außerdem schreibt das Fertigungsmodul nach der Bearbeitung Informationen über die durchgeführten Tätigkeiten (Bearbeitungsschritte, Uhrzeit, Modul-ID,...). Eventuell führt das Modul Tests oder Kalibrationen durch, deren Ergebnisse ebenfalls im Produkt gespeichert werden (Qualitätssicherung).

Während des gesamten Produktionsablaufs führt das am Produkt angebrachte oder integrierte intelligente Label Messungen der Umgebungstemperatur und der auftretenden Beschleunigungen durch, und speichert diese in seinem digitalen Gedächtnis. Auf diese Weise können z.B. die Überschreitung von kritischen Temperaturen oder starke Erschütterungen registriert werden.

Zur Zertifizierung und Qualitätssicherung werden während oder am Ende der Produktion Tests gemacht, die ebenfalls im Label abgelegt und später zur Erstellung von Qualitätssiegeln bzw. zur Rückverfolgbarkeit eingesetzt werden können.

Am Ende der Fertigungskette werden die Produkte von einem Roboter verpackt. Dieser liest zunächst das Gedächtnis jedes Produktes aus und erkennt z.B. Störungen, die während der Pro-

duktion aufgetreten sind. Daraufhin er kann sie aussortieren, als zweite Wahl klassifizieren, weitere Service-Routinen beauftragen oder einfach verpacken und korrekt etikettieren.

Die Auslese und Veränderung des Produktgedächtnisses, sowie die Aufnahme kritischer Umgebungsparameter über die Sensoren setzt sich über die gesamte Transportkette bis hin zum Endkunden fort, wird jedoch hier nicht weiter betrachtet.

### **Unterschiedliche Ausprägungen**

#### **Ausprägung A:**

Das Produkt enthält ein Gedächtnis, auf dem eine Identifikationsnummer gespeichert ist. Diese lässt sich an verschiedenen Stellen des Prozesses auslesen und verwenden.

#### **Ausprägung B:**

Das Produkt enthält ein Gedächtnis, das während des Produktionsablaufs an verschiedenen Stationen beschrieben wird. Es werden, Zeitstempel, Maschinen-IDs, getätigte Schritte, Qualitäts-, Kalibrationsinformationen und Testergebnisse gespeichert.

#### **Ausprägung D:**

Das Produkt enthält zusätzlich Sensorik, die während der Produktions- und der anschließenden Transportzeit kritische Daten (z.B. Temperatur, Erschütterung) aufnimmt und diese im Gedächtnis speichert.

#### **Ausprägung C:**

Das Produkt enthält weiterhin Informationen über die Konfiguration und den geplanten Ablauf der Produktion. Die Produktionsmaschinen lesen diese Informationen und adaptieren daraufhin ihr Bearbeitungsprogramm.

## **4.3 Anwendungsfeld 3: Automatisiertes Kanban-System**

### **Charakteristische Aspekte**

Durch Technologien des „Internet der Dinge“ werden in der industriellen Produktion etablierte Methoden, wie hier das Kanban-System, erweitert. Materialbehälter überprüfen mittels Sensorik ihren eigenen Füllstand, registrieren wann, wer, wie viel entnimmt, generieren Bedarfsmeldungen und können innerhalb des Netzwerkes, in dem sie sich befinden lokalisiert werden. Aspekte aus den ersten beiden Anwendungsfelder werden hier insofern miteinander verbunden, dass sowohl die Umgebung, als auch die Produkte selbst (bzw. in diesem Fall die Wareträger) Teil eines Netzwerkes sind.

### **Konkretes Anwendungsbeispiel (angelehnt an SmartKanban)**

An einem Fertigungsmodul werden Einzelteile verbaut. Diese befinden sich in verschiedenen Materialkisten. Die Kisten ermitteln permanent ihr eigenes Gewicht, Temperatur und andere Parameter und registriert die Entnahme von Teilen, bzw. Bewegungen. Die Kiste ist drahtlos an das Lagersystem angeschlossen. Es wird automatisch eine entsprechende Bedarfsmeldung ausgelöst. Auf fehlende Lagerbestände kann sofort reagiert werden. Es kann automatisch kontrolliert werden, was wann wo von wem verbraucht wurde. Der Bestand kann ständig abgefragt werden.

Die Positionen der Materialkisten innerhalb des Betriebes werden ebenfalls über geeignete Sensoren bestimmt. Die Analyse und Visualisierung der Prozesse wird dadurch vereinfacht. Nicht

benötigte Kisten, Überschuss oder Pufferbestände können chaotisch gelagert werden, das heißt sie werden automatisch so platziert, dass Lagerplatz und Transportwege optimiert werden.

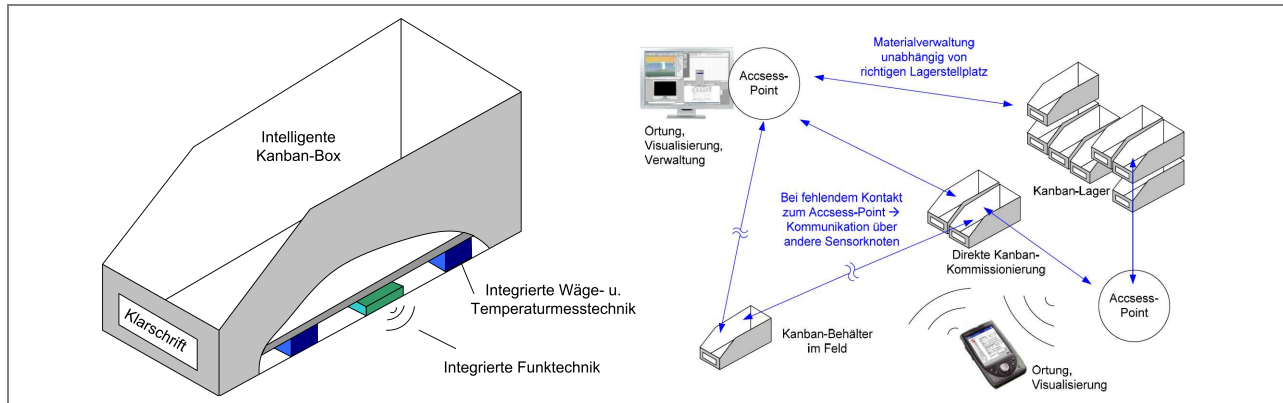


Abb. 2: Darstellung aus dem Projekt SmartKanban.

## Unterschiedliche Ausprägungen

### Ausprägung A:

Die Position von Warenträgern kann im gesamten Produktionsbereich über ein Lokalisierungssystem festgestellt werden. Chaotische Produktion oder Lagerhaltung wird wesentlich vereinfacht.

### Ausprägung B:

Ein Warenträger (Materialkiste in der Fertigung) kennt immer seine eigene Position und seinen Inhalt (Sensorik). Bedarfs- und Bestandsinformationen werden entweder abgefragt oder automatisch generiert und über Funk an ein zentrales System übermittelt.

### Ausprägung C:

Dezentralisierung der Intelligenz:

- Kiste löst Bedarf aus
- Lager stellt Mangel fest und beauftragt Produktion/Bestellung

### Ausprägung D:

Fahrerlose Transportsysteme übernehmen Sammlung/Auslieferung von leeren/vollen Kisten.

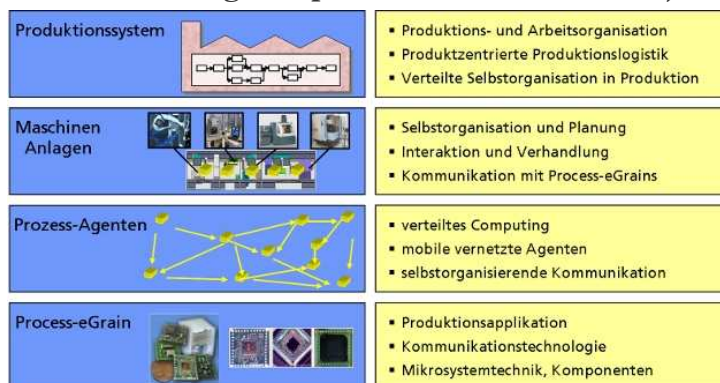
## 4.4 Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion

### Charakteristische Aspekte

Dieses Anwendungsfeld beinhaltet alle bisher genannten Anwendungsfelder und beschreibt die völlige Dezentralisierung des gesamten Produktionsablaufes. Alle Entitäten eines Produktionsprozesses (Fertigungsmodule, Transportmodule, Werkstücke, Produkte, Warenträger, ...) werden als autonome Agenten in Software modelliert. Als Agenten werden weitgehend eigenständig (also ohne Benutzereingriffe) arbeitende Computerprogramme bezeichnet, die auf Änderungen der Umgebung reagieren, eigenständig Aktionen initiieren und mit anderen Agenten kommunizieren können.

Der gesamte Produktionsablauf plant, organisiert und überprüft sich selbst durch Kommunikation und Verhandlungen innerhalb der Agenten. Es gibt außerdem physische Agenten (im Projekt „SoPro“ und im Folgenden „eGrain“ genannt), bestehend aus Speicher, Prozessor und Sensorik die an den Modulen des Produktionsprozesses angebracht sind und miteinander vernetzt sind. Die Software-Agenten benutzen zur Ausführung die Rechenleistung der physischen Agenten. Alle Berechnungen geschehen somit ebenfalls dezentral und verteilt.

### Das Anwendungsbeispiel lehnt sich an das Projekt SoPro an.



Ein Werkstück führt die Informationen über seinen Arbeitsplan, Stückzahl und Termininformationen mit sich (abgelegt im „Werkstück-Process-eGrain“ bzw. dem zugehörigen Software-Agenten). Dieser kommuniziert mit dem nächstgelegenen Fertigungsmodul (bzw. dem entsprechenden Agenten) und verhandelt eine mögliche Bearbeitung.

Abb. 3: Darstellung aus dem Projekt „SoPro“

Bei der Verhandlung spielen Verfügbarkeit, Bearbeitungsdauer, Kosten usw. eine Rolle. Andere Maschinen bieten sich ebenfalls an. Hier können bioanalogue oder marktorientierte Verfahren (Ausschreibungen, Auktionen, evolutionäre Algorithmen, Schwarmintelligenz) verwendet werden, um den optimalen Ablauf zu organisieren.

Das Fertigungsmodul wiederum kommuniziert mit den Transportmodulen über die optimale Belieferung der benötigten Teile. Transportwege werden von den Transportagenten dynamisch und der Situation optimal angepasst geroutet. Ähnlich wie in Anwendungsfeld 3 werden benötigte Teile bei Bedarf automatisch bestellt oder deren Produktion in Auftrag gegeben.

Ein Kundenauftragsagent kennt die Stückliste des Kundenauftrages und überwacht, dass ein einzelnes Werkstück dem richtigen Werkstattauftrag (Los) mengenmäßig und terminlich zugeordnet bleibt, und dass sich die parallel in der Werkstatt befindlichen Bearbeitungs- und Montageaufträge zeitlich zum Abgabetermin synchronisieren.

### Unterschiedliche Ausprägungen

#### Ausprägung A:

Simulation, Digitale Fabrik

Die Fabrik und alle Agenten, Module, Anlagen sind simuliert. Anhand von Vorgaben werden Konfiguration und Prozesse simuliert/ optimiert und eine optimale Einrichtung erarbeitet.

#### Ausprägung B:

Die Optimierung geschieht online. Die Produktionsanlage passt sich an. Die Berechnungen werden verteilt auf den Knoten eines Sensornetzwerkes durchgeführt. Alle beteiligten Entitäten können auch mobil sein. Das heißt z.B. dass eine Produktionseinheit sich auch im Raum bewegen kann. Produktionsstraßen können sich also je nach Bedarf umkonfigurieren.

## 5 Bewertung der Anwendungsfelder

### 5.1 Bewertungskriterien

Bei der Bewertung der Anwendungsfelder werden verschiedene Aspekte, welche die Wahrscheinlichkeit ihrer Umsetzung betreffen, hinzugezogen. Die Aspekte werden getrennt voneinander betrachtet, obwohl ihre Kombination die Wahrscheinlichkeit der Umsetzung bestimmt.

#### 1. Technische Umsetzbarkeit

Damit ist die rein physikalisch-technische Machbarkeit gemeint, wobei explizit ausgeklammert wird, was diese Umsetzung kosten würde. Der Ansatz solch einer Lösung, z. B. einen Chip in einen Joghurtbecher zu integrieren, ist technisch umsetzbar, kostet aber 25€ und ist somit ökonomisch uninteressant.

#### 2. Sicherheit

Der Aspekt Sicherheit kann in zwei Bereiche unterteilt werden. Zum Einen gibt es die Sicherheit im Sinne einer technischen bzw. betrieblichen Sicherheit, also dem Schutz vor Zerstörung oder Verletzung (engl. Safety), zum Anderen gibt es die Sicherheit im Sinne des Schutzes vor Sabotage, Spionage, Terrorismus oder Kriminalität (engl. Security). Der zweite Aspekt spielt sicher eine größere Rolle, da eben diese Sicherheit durch die neuen Technologien immer wieder in Frage gestellt wird. Generell kann der Aspekt Sicherheit jedoch auch als Teilaspekt der technischen Umsetzbarkeit betrachtet werden.

#### 3. Ökonomische Umsetzbarkeit

Die ökonomische Umsetzbarkeit betrachtet die Kostenfrage eines Anwendungsfelds. Im obigen Beispiel des Joghurtbechers wird die Frage gestellt, ob die zusätzlichen Kosten durch den Chip genügend Mehrwert bieten, um wirtschaftlich einen Vorteil zu generieren.

#### 4. Organisatorische Integration

Die organisatorische Integration betrachtet den Aufwand der Implementierung der in den Anwendungsfeldern betrachteten Technologien in ein bestehendes System. Zum Beispiel muss unter Umständen die gesamte Unternehmensstruktur verändert werden, verschiedenen Personen müssen entlassen, andere wiederum eingestellt werden, erprobte Unternehmensprozesse müssen verändert werden. Dieser Aspekt lässt sich durchaus als Teilaspekt der ökonomischen Umsetzbarkeit betrachten, da er im Wesentlichen eine einmalige Investition darstellt, die sich langfristig tragen muss.

Im Folgenden werden die einzelnen Anwendungsfelder hinsichtlich dieser Aspekte beurteilt, wobei in dieser Expertise das Hauptaugenmerk auf die technische Machbarkeit gesetzt wird. **Diese Bewertung spiegelt die Erfahrungen und Recherchen des HSG-IMIT wieder.**

Legende



- unwahrscheinlich
- eher unwahrscheinlich
- +/- Schwer zu sagen, kann sein, kommt drauf an
- + eher wahrscheinlich, denkbar
- ++ wahrscheinlich
- na technisch nicht umsetzbar, daher keine weiteren Überlegungen

## 5.2 Anwendungsfeld 1: Überwachung von Maschinen

Die Grundlage für die Umsetzung von Anwendungsfeld 1 in allen Ausprägungen ist die Implementierung von drahtlosen Sensornetzwerken. Je nach Ausprägung werden außerdem Aktoren ins Netzwerk integriert und „Intelligenz“ (Regelung, Bewertung, Entscheidung) in das Netzwerk verlegt. Die notwendigen technischen Komponenten sind somit

- Netzwerkknoten, bestehend aus
  - Sensorik oder Aktorik,
  - Prozessor,
  - Funkschnittstelle und
  - Energieversorgung
- Funkprotokolle mit ausreichender
  - Zuverlässigkeit
  - Bandbreite
  - Übertragungsgeschwindigkeit
  - Abhör- und Störsicherheit

Je nach Ausprägung des Anwendungsfelds spielen die einzelnen Komponenten unterschiedliche Rollen. In Ausprägung A wird ein über den gesamten Produktionsbereich verteiltes Netzwerk aus Sensoren eingesetzt, um verschiedenste Parameter der Umgebung oder auch einzelner Maschinen bzw. Fertigungseinheiten zu überwachen. Die Daten werden dabei zu einem zentralen Ort übertragen und weiterverarbeitet. Das entspricht im Wesentlichen dem Stand der Technik, wobei die Datenübertragung heute selten drahtlos geschieht. Immer mehr setzen sich jedoch drahtlose Protokolle in der Industrie durch, wobei die heutigen Protokolle noch große Probleme in der Zuverlässigkeit und der Abhör- und Störsicherheit haben. Das HSG-IMIT geht davon aus, dass sich im reinen Monitoringbereich drahtlose Technologien in den nächsten Jahren durchsetzen werden.

Mit der Drahtlosigkeit kommt natürlich auch die Frage der Energieversorgung auf. Eine drahtlos kommunizierende Sensoreinheit ist über eine Batterie versorgt oder generiert ihre Energie aus der Umgebung selbst (Energy Harvesting). Es gibt bereits vielversprechende Prototypensysteme im Bereich Energy Harvesting, gleichzeitig wird erfolgreich an Elektronik und Sensorik mit immer weniger Stromverbrauch geforscht, so dass hier ein Trend zu immer längerer Batterielebensdauer bzw. zur gänzlichen Verzicht auf eine Batterie zu beobachten ist.

Ausprägung B und C setzen auf Ausprägung A auf, wobei hier die Einbindung von Aktorknoten und die Verlagerung von Intelligenz zur Regelung von Prozessen oder Bewertung von Sensordaten

ten ins Netzwerk dazu kommen. Technisch ist die Einbindung von Akteuren ins Netzwerk sicherlich unproblematisch, wobei jedoch angenommen wird, dass Akteure im Regelfall nicht batteriebetrieben sind. Berechnungen innerhalb des Netzwerkes, also auf den Sensor- bzw. Aktorknoten selbst durchzuführen, wird mit steigender Rechenkapazität der Mikrokontroller bei gleichzeitiger Senkung des Stromverbrauchs immer einfacher. Problematischer ist hier jedoch die Zuverlässigkeit und Latenz der Funkübertragung. Hochdynamische und kritische Regelkreise werden in absehbarer Zeit nicht mit einer Funkstrecke innerhalb des Kreises realisiert werden können. Denkbar sind jedoch Regelungen mit langsameren Zeitkonstanten.

Das HSG-IMIT schätzt die ökonomische Umsetzbarkeit grundsätzlich als positiv ein. Der Mehrwert beim Nachrüsten einer bestehenden Umgebung ist jedoch fraglich. Hier überwiegen eventuell die Kosten dem eigentlichen Nutzen.

Zusammengefasste Bewertung:

	Technische Umsetzbarkeit	Sicherheit	Ökonomische Umsetzbarkeit	Organisatorische Integration
<b>A</b>	++	+	+	+ -
<b>B</b>	+	+	+	+ -
<b>C</b>	--	na	na	na

Tab. 1: Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 1 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3 bis 5 Jahren.

### 5.3 Anwendungsfeld 2: Überwachung von Produkten

Technisch gesehen steht den beiden Ausprägungen A und B von Anwendungsfeld 2 – zumindest für eine Reihe von Produkten - nichts im Weg. RFID Tags können beliebig beschrieben werden, eine Grenze besteht natürlich in der physikalischen Größe des Tags und der Größe des Speichers, wobei ersteres immer kleiner und letzteres immer größer wird. Kritisch ist hier eher die Robustheit der Tags. Diese müssen den gesamten Produktionsablauf unbeschadet überstehen. Dadurch wird die Art der Produkte und der Produktionsabläufe in den nächsten Jahren sicherlich eingeschränkt. Energieversorgung spielt keine Rolle, da die Tags „passiv“ sind d.h. keine eigene Versorgung benötigen. Einheiten zum Lesen und Beschreiben der Tags existieren und können im Produktionsverlauf installiert werden. Hier können sogar Handys und Smartphones eingesetzt werden, die über eine entsprechende Schnittstelle verfügen. Die Faktoren für einen breiten Einsatz dieser Technologien im Produktionsumfeld in den nächsten Jahren liegen eher in der ökonomischen und organisatorischen Umsetzbarkeit.

Auch Ausprägung D ist technisch umsetzbar, wobei hier neben der Technologie auf der Produktseite auch die Technologie der Fertigungseinheiten, also der Module, die adaptiv auf das jeweilige Produktgedächtnis reagieren, angepasst werden muss. Diese müssen auf einfache Weise umkonfiguriert werden können. Das ist ein nicht unerheblicher Aufwand, der vermutlich erst dann in Angriff genommen wird, wenn sich Ausprägung A und B als ökonomisch umsetzbar gezeigt haben.

Ausprägung C ist technisch zwar prinzipiell umsetzbar, jedoch bringt hier die Anbindung von Sensorik eine Schwierigkeit mit sich. Das Produktgedächtnis benötigt eine eigene Energieversorgung (Batterie oder Harvesting), was dem Preis und der Größe eines solchen Gedächtnisses

eine untere Grenze setzt. Ein Einsatz für sehr teure Produkte oder deren Verpackung ist jedoch denkbar.

Im Rahmen von RFID bzw. genereller Nahfeldkommunikation wird immer wieder der Aspekt Sicherheit diskutiert, wobei damit meist das unbefugte Auslesen bzw. im schlimmsten Fall auch die Manipulation der gespeicherten Daten gemeint ist. Hier gibt es Verschlüsselungs- und andere Sicherheitstechnologien, die wie häufig in diesem Bereich in einem ständigen Wechselspiel verbessert und dann wieder geknackt werden. Das HSG-IMIT sieht den Sicherheitsaspekt nicht als grundsätzliches Problem.

Wie bereits zuvor erwähnt sind die Hemmnisse bei der Realisierung von Anwendungsfeld 2 eher ökonomischer Natur. Zum Einen muss natürlich die Ausstattung eines Produktes mit einem Speicher entsprechend kostengünstig sein. Ein Tag kostet heute etwa 10-20 Cent und man kann damit rechnen, dass dieser Preis in den nächsten Jahren kleiner wird. Folgende Probleme sind eher organisatorischer Natur:

- unklare Nutzenpotentiale
- fehlende Standards bezogen auf die darauf basierenden Funktionalitäten
- mangelnde Zusammenarbeit der Unternehmen in den Lieferketten

#### Zusammengefasste Bewertung

	Technische Umsetzbarkeit	Sicherheit	Ökonomische Umsetzbarkeit	Organisatorische Integration
<b>A</b>	++	+ -	+	-
<b>B</b>	+	+ -	+	-
<b>C</b>	+	+ -	+ -	-
<b>D</b>	+	+ -	-	-

Tab. 2: Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 2 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3-5 Jahren.

### 5.4 Anwendungsfeld 3: Automatisiertes Kanban-System

Die generelle Lokalisierung von Objekten innerhalb der Produktionsumgebung (Ausprägung A) ist prinzipiell möglich, wobei natürlich die geforderte Genauigkeit und der dazu notwendige technische Aufwand eine große Rolle spielen. Eine mit dem Global Positioning System vergleichbare Technologie für den Indoor-Bereich gibt es nicht. Es existieren Systeme, die auf verschiedenen Technologien basieren und die für verschiedene spezielle Anwendungsbereiche optimiert sind. Es gibt keine one-for-all Lösung und die wird es auch in den nächsten Jahren nicht geben. Lokalisierungssysteme werden sich jedoch immer mehr durchsetzen.

In Ausprägung B werden Kanban-Kisten mit Sensorik und Kommunikationsfähigkeit ausgestattet. Außerdem können sie innerhalb der Produktionsumgebung lokalisiert werden. Für die Lokalisierung gelten die Überlegungen aus Ausprägung A. Als Mehrwert, wenn Objekte mit dieser Funktionalität ausgestattet sind, kann die höhere Verfügbarkeit von Onlinedaten bezogen auf existierende Steuerungsprozesse angesehen werden. Die Ausstattung von Kanbankisten mit Sensorik wird heutzutage bereits eingesetzt. Es existieren Systeme in denen z.B das Gewicht einer

Kiste ständig gemessen wird, um die Menge des Inhalts abzuschätzen. Der Einsatz anderer Sensoren ist durchaus denkbar, wobei der Nutzen in Reaktion zu seiner Anwendung abgeschätzt werden muss.

In Ausprägung C ist die Intelligenz mehr in das Netzwerk verlagert. Fertigung, Lager, bestellung und Produktion lösen eigenständig Prozesse aus, ohne über eine Zentrale steuerung geregelt zu werden. Technisch ist das sicherlich auch möglich, wobei die Implementierung hier wesentlich aufwändiger ist. Die Organisation aller Abläufe muss vollständig neu geplant werden.

Fahrerlose Transportsysteme, wie sie in Ausprägung D beschrieben werden heutzutage bereits eingesetzt. Meist sind jedoch die Fahrstrecken vorher einprogrammiert oder sie spurgebunden (Linien auf dem Boden werden verfolgt). Je freier und autonomer sich die das Fahrzeug bewegen soll, desto aufwendiger und damit teurer wird das System. Hier sind insbesondere hohe Anforderungen an die Sicherheit gefragt. Weiterhin stellt das Be- und Entladen der Kisten eine Herausforderung dar, die vollautomatisch zwar in Laborsystemen realisierbar, jedoch im Einsatz in der Industrie noch nicht die nötige Zuverlässigkeit hat. Das HSG-IMIT schätzt die technische Umsetzbarkeit des beschriebenen Anwendungsfelds daher als durchaus möglich ein, glauben jedoch aus Sicherheitsgründen und aus ökonomischen Gründen nicht an einen Einsatz im weiten Feld.

Die ökonomische Umsetzbarkeit ist wie bei allen Anwendungsfelder letztendlich eine Frage der Kosten-Nutzen-Relation. Obwohl eine Lokalisierung von Objekten grundsätzlich technisch möglich ist, ist der Aufwand der dafür betrieben werden muss meist sehr hoch. Zur Lokalisierung von Gabelstaplern ist das vermutlich gerechtfertigt, eine Lokalisierung von vielen kleinen Objekten wird in den nächsten Jahren nicht kostengünstig realisierbar sein.

#### Zusammengefasste Bewertung

	<b>Technische Umsetzbarkeit</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>Ökonomische Umsetzbarkeit</b>	<b>Organisatorische Integration</b>
<b>A</b>	+	+/-	+/-	+/-
<b>B</b>	+	+/-	+	+
<b>C</b>	+	+/-	+/-	+/-
<b>D</b>	+/-	-	-	+/-

Tab. 3: Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 3 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3-5 Jahren.

## 5.5 Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion

Anwendungsfeld A beschreibt die reine Simulation eines gesamten Produktionsbereiches. Unter dem Stichwort „Digitale Fabrik“ sind solche Verfahren in Forschungsprojekten bereits umgesetzt. Die technische Umsetzbarkeit hängt stark von der Realitätsnähe, und damit der Komplexität der Simulation ab. Grundsätzlich steht der Simulation technisch nichts im Wege, da es eben nur eine Simulation ist, und dafür nur ein oder mehrerer Computer mit ausreichender Rechenleistung benötigt werden. Ein größeres Problem ist die Erhebung von Daten und das Erstellen von Modellen zur Beschreibung der Produktion betreffenden Prozesse. Hier stellt sich wieder die Frage, ob sich der Aufwand lohnt oder nicht.

Die im Anwendungsfeld beschriebenen Agentensysteme stellen in Ausprägung A lediglich eine mögliche Simulationsmethode dar. Andere Methoden sind eventuell effektiver oder sinnvoller, das spielt jedoch hier keine Rolle.

Ausprägung B stellt die ultimative Vision der automatisierten und selbstorganisierten Produktion dar. Während in den anderen Anwendungsfelder nur für einzelne Bereiche autarke Sensor- und Aktorknoten eingesetzt werden und die Intelligenz nur ansatzweise von einer zentralen Einheit hinein in das Netzwerk verlegt wird, sind in diesem Anwendungsfeld alle Entitäten des Produktionsablaufes eigenständig. Berechnungen und Entscheidung finden vollständig im Netzwerk statt. Diese Ausprägung muss daher lediglich als Vision gesehen werden, die jedoch der Vision des „Internet der Dinge“ am nächsten kommt. Die Probleme der technischen Umsetzung dieser Vision liegen sowohl in der Hardware als auch in der Software. Die im Anwendungsfeld beschriebenen e-Grains benötigen eine hohe Rechenleistung und die Funkübertragung muss absolut zuverlässig sein. Verteilte Algorithmen zur Bewertung und Optimierung müssen noch erarbeitet werden. Die Mobilität der Fertigungsmodule verlangt hochentwickelte und zuverlässige Roboter. Ein weiteres Problem ist die Überwachung des Gesamtsystems. Die Sicherheit und Zuverlässigkeit autonomer und zudem auch noch verteilter Systeme sind Gegenstand aktueller Forschung.

Die ökonomische Umsetzbarkeit von Ausprägung A lässt sich nicht generell beurteilen. Hier müssen einzelne Beispiele betrachtet werden. Da es sich jedoch um reine Software handelt, kann man sie eher als wahrscheinlich betrachten. Ein große Rolle wird dabei spielen, ob man die Simulationen und deren Ergebnisse direkt in der Planung und Konfiguration der Produktion verwenden kann. Dazu muss die Kompatibilität der Simulationssoftware mit den Systemen garantiert werden.

Ausprägung B wird aufgrund der nicht vorhandenen technischen Umsetzbarkeit nicht betrachtet.

#### Zusammengefasste Bewertung

	<b>Technische Umsetzbarkeit</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>Ökonomische Umsetzbarkeit</b>	<b>Organisatorische Integration</b>
<b>A</b>	+ -	++	+	+ -
<b>B</b>	--	--	--	--

Tab. 4: Realisierbarkeit von Anwendungsfeld 4 in den verschiedenen Ausprägungen in den nächsten 3-5 Jahren.

## 5.6 Weiterführende Betrachtungen

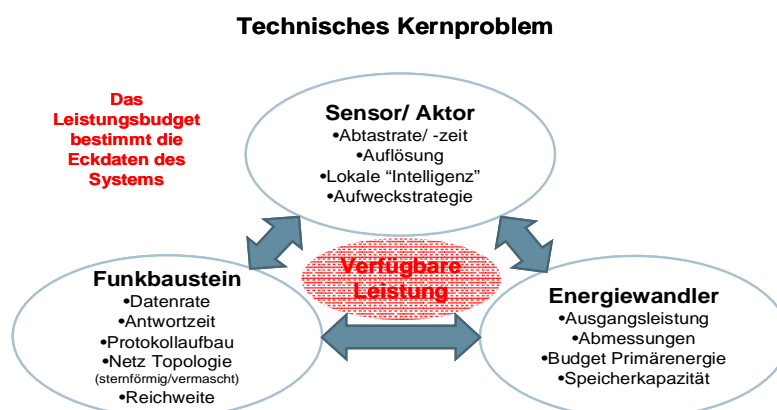
Grundsätzlich ist festzustellen, dass eine Integration von Fähigkeiten/Funktionalitäten in Objekte, die sensorische, speichernde, analysierende und regelnde Aufgaben in Verbindung mit Daten-Übertragungsfunktionen aufweisen, schon immer angestrebt wurde und in Teilbereichen auch umgesetzt ist.

Die Basis der momentanen Ausgangssituation für die angenommenen Anwendungsfelder ist technologisch und ökonomisch noch nicht so stabil und breit verfügbar, dass die Umsetzung, d.h. eine Integration von „Intelligenz“ in Objekten sicher, einfach und ökonomisch möglich erscheint.

### Volkswirtschaftliche Problematik

In den letzten Jahrzehnten der Industrialisierung haben sich auf dem Gebiet der Automation von Fertigungsprozessen unterschiedliche Standards auf der Kommunikationsebene in Hard- und Software etabliert (Profibus, CAN, FDT). Verschiedene Interessengruppen versuchen in Form von Allianzen ihre bestehenden Marktanteile und Technologien vehement zu verteidigen und auszubauen. Vor diesem Hintergrund sind gerade große Unternehmen (z.B. Schneider Electric, Siemens, Rockwell Automation, ABB, Bosch, ...) kurz - mittelfristig nicht daran interessiert, bestehende Lösungen die eine hierarchisch, zentralistisch organisierte Informationsstruktur aufweisen, gegen dezentralisierte Ansätze auszutauschen. Eine Substitution von drahtgebundenen Lösungen zu dezentralen Funklösungen ist momentan am konkretesten in der WirelessHART Initiative ([www.hartcomm.org](http://www.hartcomm.org)) erkennbar, wobei man davon ausgehen kann, dass Realisierungen mit entsprechender Performance in 3-5 Jahren stabil sein werden. Eine Prognose der Marktrelevanz von Objekten mit einer „Internet der Dinge-Funktionalität“ ist in der gegebenen wirtschaftlichen Situation sehr schwierig.

### Technische Problematik



Von der technischen Seite besteht ein Spannungsfeld von Einzelfaktoren, die sich gegenseitig beeinflussen. Anhand der nachfolgenden Grafik ist erkennbar, welche Aufgabenstellungen in den nächsten Jahren noch gelöst werden müssen.

Abb. 4: Darstellung aus Mikroa.

Ziel ist es, die Miniaturisierung effizient umzusetzen. Weitere bestimmende Größen sind dabei zum einen die technologische Verfügbarkeit von elektronischen Bauteilen/Funktionen und zum anderen die Fertigungsverfahren samt notwendiger Anlagentechnik.

### Ökonomische Problematik

Die ökonomische Betrachtung zeigt, dass es aufgrund der oben genannten Abhängigkeiten schwierig ist, Objekte kostengünstig mit Intelligenz auszustatten. Beispielsweise muss die Aus-



stattung eines Joghurtbechers mit einem elektronischen Etikett extrem günstig sein. Hier sind Herstellkosten im 1/100 Centbereich notwendig. Da ein Bedarf an intelligenten Joghurtbechern vorliegt, wird ein neuer Lösungsansatz verfolgt, bei dem Elektronik gedruckt werden kann.

Viele der neuen Fähigkeiten stellen keine funktionale Erweiterung und somit direkten Mehrwert für das Produkt bzw. den Produktionsprozess dar, sondern einen Add-on. Dementsprechend sollen die Herstellkosten nur unwesentlich erhöht werden.

Unter diesen Voraussetzungen kann eine breite Marktdurchdringung nur über Mehrwertdienste gegen gerechnet werden.

Viele neuartige Organisationslösungen scheitern momentan daran, dass etablierte Formen wie Barcode gegenüber neuen Technologien wie RFID extrem günstig sind. Es müssen die bestehenden Nachteile wenigsten zum Teil eliminiert werden, bevor eine erkennbare Wirkung sichtbar ist.

## 6 Literaturverzeichnis

- Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung im Deutschen Bundestag (2008):** TA-Zukunftsreport: Arbeiten in der Zukunft – Strukturen und Trends der Industriearbeit. Online unter URL: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/16/079/1607959.pdf>, letzter Zugriff: September 2009.
- Brand, L., Hülser, T., Grimm, V. & Zweck, A. (2009).** Internet der Dinge. Übersichtsstudie. Zukünftige Technologien, Nr. 80. Düsseldorf: Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH. Online unter URL: [http://www.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur/dps\\_bilder/TZ/2009/Band%2080\\_IdD\\_komplett.pdf](http://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur/dps_bilder/TZ/2009/Band%2080_IdD_komplett.pdf), letzter Zugriff: August 2009.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2009):** Dokumentation Nr. 581 – Internet der Dinge – Leitfaden zu technischen, organisatorischen, rechtlichen und sicherheitsrelevanten Aspekten bei der Realisierung neuer RFID-gestützter Prozesse in Wirtschaft und Verwaltung. Online unter URL: <http://www.vdivdeit.de/publikationen/dokumente/doku-581-internet-der-dinge.pdf>, letzter Zugriff: August 2009.
- European Commission (2004):** Manufacture – A vision for 2020. Report of the High-Level Group. Online unter URL: [http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/manufuture\\_vision\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/manufuture_vision_en.pdf), letzter Zugriff: September 2009.
- Innovationsallianz Digitales Produktgedächtnis (2009).** SemProM – Produkte führen Tagebuch. Projektkurzdarstellung für die Presse. Online unter URL: [http://www.sempro.de/Kurzdarstellung\\_SemProM.pdf](http://www.sempro.de/Kurzdarstellung_SemProM.pdf), letzter Zugriff: September 2009.
- Manufuture-de (2009):** Management-Summary – Strategic Research Agenda. Online unter URL: [http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/manufuture\\_vision\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/manufuture_vision_en.pdf), letzter Zugriff: September 2009.
- Mattern, F. (2005).** Die technische Basis für das Internet der Dinge. In E. Fleisch & F. Mattern (Hg.), Das Internet der Dinge (S. 39 - 66). Berlin: Springer.
- Strassner, M. & Fleisch, E. (2002): SmartLogistics: Prozesspotentiale und Anwendungsfelder von Neuen Identifikationstechnologien in der Logistik. M-Lab Report, Nr. 17 / Dez. 2002.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2009):** Mst-Projektinfo – Selbst organisierendes autarkes Kanban-System auf Basis eigenintelligenter, vernetzter und ultrakostengünstiger Sensorknoten – SmartKanban. Online unter URL: [http://www.mstonline.de/foerderung/projektliste/printable\\_pdf?vb\\_nr=V3AVS032](http://www.mstonline.de/foerderung/projektliste/printable_pdf?vb_nr=V3AVS032), letzter Zugriff: September 2009.

**HSG-IMIT**

Institut für Mikro- und Informationstechnik  
der Hahn-Schickard-Gesellschaft  
für angewandte Forschung e.V.

Wilhelm-Schickard-Straße 10  
78052 Villingen-Schwenningen  
Germany

Telefon: +49 7721 943-0  
Telefax: +49 7721 943-210  
E-Mail: [info@hsg-imit.de](mailto:info@hsg-imit.de)

[www.hsg-imit.de](http://www.hsg-imit.de)

Anlage II

# HSG-IMIT



## Expertise II

**„Internet der Dinge“  
Einschätzung von Experten der Wis-  
Wissenschaft und Praxis**

# 1 Projektdaten

## Auftraggeber

Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH  
Obere Turnstraße 8  
90429 Nürnberg

## Projekt

„Internet der Dinge“  
in der industriellen Produktion  
- Einschätzung von Experten der Wissenschaft und Praxis-

## Expertise

**Datum:**

10.05.2010

**Projektnummer:****Best.-Nr.:****Revision:**

Rev. 1.1

**Verfasser:**

Lasse Klingbeil, Dieter Mintenbeck

Lasse.klingbeil@hsg-imit.de,

Dieter.Mintenbeck@hsg-imit.de

## Partner

## 2 Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Projektdaten.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Vorbemerkungen.....</b>	<b>4</b>
3.1	Einsatz neuer Technologien im Sinne des Internet der Dinge.....	4
3.2	Anwendungsfeld 1:Überwachung der Maschinen .....	5
3.3	Anwendungsfeld 2: Überwachung des Produkts.....	6
3.4	Anwendungsfeld 3: Automatisiertes Kanban-System .....	8
3.5	Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion.....	10
<b>4</b>	<b>Veränderung des Tätigkeitsspektrum.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Auswirkungen für das Personal auf mittlerer Qualifikationsebene.....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Abschließende Bewertung durch das HSG-IMIT .....</b>	<b>14</b>

### 3 Vorbemerkungen

Die Expertise II basiert auf Informationen, Prognosen und Einschätzungen, die seitens der Praktiker und Wissenschaftler in Workshops und Einzelinterviews getroffen wurden. Sie dient als Zwischenfazit der Studie und Ausgangspunkt der Fallstudien, in denen insbesondere die Qualifikationsentwicklungen der Mitarbeiter mittlerer Qualifikationsebene, d.h. die Veränderungen des Tätigkeitsspektrums und Auswirkungen für dieses Personal vertieft werden sollen.

Die Expertise II beinhaltet die komprimierten Ergebnisse hinsichtlich der Aspekte,

- des Einsatzes neuer Technologien im Sinne des Internets der Dinge,
- der Veränderungen des Tätigkeitsspektrums sowie
- der damit verbundenen Auswirkungen für das Personal auf mittlerer Qualifikationsebene

Diese werden um die Erfahrungen und Referenzen des HSG ergänzt.

Die Wahrscheinlichkeit des Einsatzes neuer Technologien im Sinne des Internets der Dinge in den erarbeiteten vier Anwendungsfeldern erfolgt anhand der folgenden zeitlichen Differenzierung:

- Einsatz bereits heute
- Einsatz in absehbarer Zukunft
- Einsatz vorläufig nicht/nicht mehr

#### 3.1 Einsatz neuer Technologien im Sinne des Internet der Dinge

Ob sich eine Technologie, wie sie in den Anwendungsfelder beschrieben ist, durchsetzt hängt sowohl von der generellen technischen Realisierbarkeit, als auch von ökonomischen Gesichtspunkten ab. Die Einschätzungen der Wissenschaftler zielen eher auf die technische Realisierbarkeit ab, während die Praktiker zwangsläufig mehr auf ökonomische Aspekte achten.

Eine Einschätzung ob, und in welchen Bereichen sich die Technologien wirklich durchsetzen werden, stellte sich als sehr schwierig heraus, da das Kosten-Nutzen Verhältnis bei jeder Anwendung gesondert betrachtet werden müsste und sowohl Kosten als auch Nutzen in vielen Fällen nicht bestimmbar waren.

Die Ansichten der Praktiker über die Umsetzung und den Nutzen der Technologien variierten sehr stark. Dadurch werden widersprüchliche Einschätzungen ebenfalls aufgezeigt.



## 3.2 Anwendungsfeld 1: Überwachung der Maschinen

**A:** Überwachung durch verteilte drahtlose Sensornetzwerke

**B:** Aktorik im Netzwerk, dezentrale Intelligenz, Regelung langsamer Prozesse

**C:** Regelung schneller Prozesse

### Einschätzung Wissenschaftler

- (A) ist bereits vereinzelt umgesetzt und wird sich immer mehr durchsetzen. Die Drahtlosigkeit ist dabei noch nicht so weit verbreitet, es werden jedoch immer mehr Maschinen mit drahtlosen Kommunikationsmodulen ausgestattet. Oder nachgerüstet.
- (B) wird in den nächsten 3-5 Jahren als umsetzbar eingeschätzt, wobei eine völlige Dezentralisierung der Intelligenz ohne Umwege über eine zentrale Einheit als unrealistisch eingeschätzt wird.
- (C), also die Regelung schneller Prozesse innerhalb des Netzwerkes wird vorläufig keinen Einsatz finden.

### Einschätzung Praktiker

- (A) ist bereits umgesetzt
- (B) wird in den nächsten 3-5 Jahren immer mehr, zumindest in speziellen Anwendungen, Einsatz finden
- (C) wird sich vorerst nicht durchsetzen, da Funkverbindungen hinsichtlich Geschwindigkeit und vor allem Zuverlässigkeit noch nicht ausreichend entwickelt sind.
- Sowohl Drahtlosigkeit, als auch Energieautarke Komponenten werden dabei in jedem Fall untergeordnete Rollen spielen.

### Einsatzbereiche/Branchen

- geographisch weit ausgedehnte Produktionsanlagen
- Prozessindustrie
- Petrochemie, z.B. BASF
- Überwachung von Turbinen/ Kraftwerken/ Windkraftanlagen

**Bewertung der Einschätzungen durch HSG**

- (A) Technisch gesehen erscheint die Aufgabenstellung aus Sicht der Praktiker als gelöst und bereits als umgesetzt. Aus HSG-Sicht ist die Einschätzung der Wissenschaftler von der Quantität aber realistischer. Die Diffusion von drahtlosen Sensornetzwerken wird in den nächsten drei Jahren zunehmen. Die Geschwindigkeit in der Umsetzung hängt entscheiden von den Installationskosten, der System-Stabilität und System-Verträglichkeit (innerbetriebliche Organisationsstrukturen) zu anderen Technologien ab.
- (B) Die Einschätzung von Wissenschaftlern und Praktikern ist ähnlich. In einigen spezifischen Anwendungen werden sich dezentrale Lösungen etablieren, und diese werden tendenziell mehr werden. Wobei eine breite Umsetzung in den nächsten 3-5 Jahren nicht erwartet wird.
- (C) Hier werden weiterhin drahtgebundene Lösungen im Betrachtungszeitraum installiert und realisiert werden. Der Einsatz drahtloser Technologien ist durch Übertragungsverzögerungen und Unzuverlässigkeiten zu riskant. Der generelle Nutzen der Drahtlosigkeit, außer in Spezialanwendungen, ist in diesem Fall unklar.

**3.3 Anwendungsfeld 2: Überwachung des Produkts**

**A:** Speicherung einer Identifikationsnummer

**B:** Speicherung zusätzlicher Informationen während der Produktion

**C:** Sensorik am Produkt und Speicherung der Daten

**D:** Einfluss des PG auf Produktionsparameter

**Einschätzung Wissenschaftler**

- (A) ist bereits in Form von Barcodes, Datamatrix Codes oder RFID Tags umgesetzt und wird weit verbreitet eingesetzt. Es wurde jedoch bemerkt, dass die Durchsetzung von RFID sehr überschätzt wurde.
- (B) ist teilweise umgesetzt, bzw. noch in einer Experimentellen Phase. Ein weiter verbreiteter Einsatz innerhalb der nächsten 3-5 Jahre ist jedoch vorstellbar.
- (C) wurde zwar als realisierbar eingeschätzt, jedoch wird es vorerst keinen weit verbreiteten Einsatz finden. Ein Einsatz würde sich auch nur auf Paletten- oder Containerlevel lohnen.
- (D) wird bereits vereinzelt in der Variantenfertigung eingesetzt. Hier werden jedoch vorprogrammierte Parametersets abgerufen. Eine „freie“ Parametrisierung von Maschinen durch das PG ist vorerst nicht vorstellbar.

**Einsatzbereiche/Branchen**

Der Hauptanwendungsbereich dieses Anwendungsfelds wurde in der Logistik/Intralogistik gesehen.

**Einschätzung Praktiker**

- (A) wird bereits heute in Fällen, in denen der Kosten-Produktwert positiv ist umgesetzt. Weitere Anwendungen werden in den nächsten 3-5 Jahren erwartet. Dabei wird meist ein Bar- oder Datamatrix-Code eingesetzt. RFID ist eine nicht so entscheidende Rolle zu zuordnen und wird den Barcode nicht vollständig ersetzen können.
- (B) wird in bestimmten Fällen ebenfalls bereits eingesetzt. Hier werden ebenfalls weitere Anwendungen hinzu kommen.
- (C) ist in speziellen Anwendungen in den nächsten 3-5 Jahren denkbar (z.B. Transport-überwachung).
- Für (D) ist keine Anwendung bekannt.
- (D) ist denkbar bzw. teilweise umgesetzt. Allerdings sollte das Gedächtnis nicht am Produkt sondern am Warenträger sein.

**Einsatzbereiche/Branchen**

- Lebensmittelindustrie
- Sicherheits-relevante Produkte/ Rückverfolgbarkeit
- Höherpreisige Produkte zur Überwachung von Produktpiraterie
- Pharmaindustrie

**Bewertung der Einschätzungen durch HSG**

- Die Geschwindigkeit in der Umsetzung hängt von drei entscheidenden Faktoren ab.
  1. Die Herstellkosten einer RFID-Funktionalität müssen erheblich reduziert werden, um konkurrenzfähig zu den passiven optischen Verfahren (Bar-, Datamatrix-Code) zu sein.
  2. Sollten die momentan noch existierenden technologischen Hemmnisse der RFID-Technologie einer Integration auf metallischen Montageflächen sich lösen lassen würde dies zumindest den möglichen Einsatzbereich von RFID erheblich erweitern.
  3. Einfache Systemintegration (technisch und ökonomisch) in bestehende Organisations-strukturen.
- Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die gesetzliche Regelung. Durch den Gesetzgeber erlassene Vorschriften z.B. zur Rückverfolgbarkeit in der Lebensmittel- Pharma oder Automobilindustrie würden öko-

nomische Faktoren außer Kraft setzen und eine Umsetzung erzwingen, auch wenn sich diese wirtschaftlich nicht rechnen würde.

- (A) Für eine reine Identifikation wird RFID die optischen Verfahren nur in Spezialanwendungen ablösen (z.B. kein Sichtkontakt zum Produkt). Ansonsten erfüllen die optischen Verfahren auf kostengünstigste Weise ihren Zweck. Der Mehrwert durch RFID Technologien ergibt sich in (B), da hier die Beschreibbarkeit des Labels gegeben ist.
- (B) Eine Speicherung von zusätzlichen Informationen auf dem Gedächtnis wird sich mit der Lösung der oben genannten Probleme immer mehr durchsetzen. Eine zumindest teilweise Umsetzung in den nächsten 3-5 Jahren ist also denkbar.
- (C) Die Möglichkeit einer Bevorratung von elektrischer Energie, der reduzierte Bedarf an elektrischer Energie und die Größe der Einheiten/Labels in dieser Ausprägung entscheiden, wie stark und schnell diese Funktionen eingesetzt werden. Die Einschätzungen der Wissenschaftler und Praktiker und des HSG-IMIT decken sich insofern, dass hier eine Umsetzung technisch möglich ist, diese jedoch nur in speziellen Anwendungen, bzw. auf höheren Leveln (Warenträger, Palette, Container) zum Tragen kommt. Ein breiterer Einsatz im industriellen Umfeld wird in den nächsten 3-5 Jahren nicht stattfinden.
- (D) Die Einschätzung des HSG-IMIT deckt sich hier mit denen der Wissenschaftler und der meisten Praktiker. Eine Umsetzung ist denkbar, wenn auch auf Warenträgerlevel und mit voreingestellten Parametersets.

### 3.4 Anwendungsfeld 3: Automatisiertes Kanban-System

**A:** Lokalisierung von Warenträgern

**B:** Inhaltsüberwachung von Materialkisten, Funkübertragung zur Zentrale

**C:** Dezentralisierung: Auslösen von Bestand, Bedarf, Bestellung, Produktion

**D:** Fahrerlose Transportsysteme

#### Einschätzung Wissenschaftler

- (A) wird generell als technisch umsetzbar eingesetzt, wobei eine weite Verbreitung sehr stark von der eigentlichen Anwendung und dem Kosten/Nutzenverhältnis abhängt. Eine Lokalisierung vieler kleiner Objekte (z.B. Produkte, Behälter) ist als eher unwahrscheinlich einzuschätzen in 3-5 Jahren, während die Lokalisierung großer Objekte (z.B. Gabelstapler) sich bereits im Einsatz befindet.

- (B) und (C) wurden ohne die Komponente der Lokalisierung als umsetzbar eingeschätzt
- (D) ist bereits umgesetzt, jedoch sind FTS meist Schienen- oder Weggebunden und regelmäßig getaktet.

### **Einschätzung Praktiker**

- (A) ist technisch möglich wird bereits teilweise eingesetzt (z.B. bei der Schütz-Produktion der Fa. Bosch im Werk Leipzig). Durchsetzen wird es sich aus Kostengründen nur für große Behälter.
- (B) wird teilweise ohne die Komponente der Lokalisierung bereits eingesetzt.
- Für (B) besteht kein Bedarf. Es wird daher nicht umgesetzt.
- Für (C) besteht kein Bedarf. Es wird daher nicht umgesetzt.
- (D) wird bereits eingesetzt und wird sich immer mehr durchsetzen.
- Alle Ausprägungen sind sinnvoll und werden in den nächsten Jahren umgesetzt.

### **Bewertung der Einschätzungen durch HSG**

- (A) Die Einschätzung der Wissenschaftler und Praktiker ist ähnlich und deckt sich mit der Einschätzung des HSG-IMIT. Eine generelle technische Umsetzbarkeit ist möglich, sie wird jedoch vom Kosten-Nutzen-Verhältnis bestimmt und sich daher zunächst nur auf höherem Level lohnen (Warenträger, Palette, Container, Transportfahrzeuge).
- Die Ausprägungen (B) und (C) wurden von Wissenschaftlern und Praktikern und auch innerhalb der Praktiker unterschiedlich eingeschätzt. Während die Wissenschaftler eine solche Lösung als denkbar (abgesehen von der Lokalisierung der Kisten) und unter Umständen wünschenswert bezeichnen, sahen die meisten Praktiker hier keinen Handlungsbedarf, da in Ihren Betrieben das Problem „Warenfluss“ als gelöst betrachtet wird. Daraus kann geschlossen werden, dass eine weiter verbreitete Umsetzung in den nächsten 3-5 Jahren nicht stattfinden wird.
- Ausprägung (D) finden bereits in gewissem Sinne statt. Die Autonomie der Transportsysteme ist jedoch nicht sehr weit ausgeprägt, das heißt sie fahren meist zentral gesteuert und an Schienen gebunden. Höher Unabhängigkeit der Systeme bringt Sicherheitsprobleme mit sich, die noch nicht oder nur teilweise gelöst sind. Bei bisher zentral organisierte Systemen sind erste Ansätze erkennbar, die Auftragsformulierung auf Maschinen und Anlagen zu verlagern.. Diese Vorgehensweise wird sich mehr und mehr durchsetzen.

### 3.5 Anwendungsfeld 4: Selbstorganisierende Produktion

**A:** Digitale Fabrik, Prozessbegleitende Simulation

**B:** Automatische Adaption der gesamten Prozessumgebung.

#### Einschätzung Wissenschaftler

- (A), also Simulationen werden in ausgewählten Bereichen (z.B. Fertigungsplanung) bereits eingesetzt. Produktionsbegleitende Simulationen (auf Basis echter Daten) ist möglich und wird teilweise schon eingesetzt. Problematisch ist jedoch eine gleichzeitig viele Bereiche übergreifende und tiefe (detailgenaue) Simulation (das ist ein generelles Problem bei Simulationen)
- (B) wird als vorerst nicht realisierbar eingeschätzt.

#### Einschätzung Praktiker

- (A) wird bereits in kleinen abgeschlossenen Bereichen eingesetzt.
- (B) wird vorerst nicht umgesetzt werden.

#### Bewertung der Einschätzungen durch HSG

- (A) Simulation als solche (z.B. in der „digitalen Fabrik“) wird bereits eingesetzt, meist in der Produktionsplanung. Dabei werden einzelne Bereiche eines Produktionsablaufes simuliert. Eine „bereichsübergreifende“ Simulation bei gleichzeitiger Detailtiefe der Simulation ist schwierig. Es ist jedoch fraglich, ob man hier überhaupt von einer Technologie im Sinne des IdD reden kann.
- Anders sieht es bei produktionsbegleitender Simulation aus. Hier werden Daten über den Ist-Zustand der Produktion (also generell alle Informationen, die mit Hilfe der Anwendungsfelder 1-3 generiert werden können) gesammelt und die optimale weitere Vorgehensweise (z.B. Auftragsabarbeitung/-planung) auf Basis dieser Daten simuliert und geplant. Solche Methoden sind bereits vereinzelt im Einsatz und werden sich weiter da umsetzen wo es sich lohnt.
- (B) wird nach Ansicht aller Beteiligten in den nächsten 3-5 Jahren nicht umgesetzt werden.

## 4 Veränderung des Tätigkeitsspektrum

Da die konkreten Auswirkungen des Einsatzes neuer Technologien i.S.d. IdD auf die Tätigkeiten in den vom Einsatz betroffenen Bereichen in den Fallstudien vertieft werden, werden im Nachfolgenden die generellen Trends hinsichtlich des Tätigkeitsspektrums sowie der künftigen Qualifikationsbedarfe aufgezeigt, die bereits in den Interviews und Workshops von den Experten aus Wissenschaft und Praxis eingeholt werden konnten.

### Zum Anwendungsfeld 1: Überwachung der Maschinen

#### Einschätzung Wissenschaftler

Die Installation, bzw. Nachrüstung der Sensoren und der entsprechenden Kommunikations-einheiten kann eine Reihe von Tätigkeiten mit sich bringen:

- Wartung der Sensoren und Netzwerke
- Parametrisierung, Konfiguration
- Funkplanung
- Genereller Umgang mit Computern bzw. neuen Technologien

#### Einschätzung Praktiker

- z.B. Einsatz drahtloser Netze (WLAN) für die mobile Endprüfung und zur Kommunikation zwischen Mitarbeitern an verschiedenen Fertigungseinheiten

#### Bewertung der Einschätzungen durch HSG

- Die von den Wissenschaftlern und Praktikern genannten Tätigkeiten beziehen sich hauptsächlich auf den immer weiter fortschreitenden Einsatz von Funktechnologien (z.B. WLAN/ Bluetooth). Hier wird daher ein vermehrter Umgang mit diesen Technologien die Folge sein. Inwiefern das allerdings generell das Tätigkeitsspektrum verändert ist fraglich.
- Unabhängig vom Einsatz drahtloser Technologien werden die Maschinen und immer „intelligenter“ verbunden mit einer hohen funktionalen Komplexität und damit nicht mehr bis auf unterste Ebene verstehbar / reparierbar. Es wird vermutlich immer mehr „Black Boxes“ geben, also Einheiten die einen gewissen Zweck erfüllen und bei Versagen einen Fehlercode generieren, der dann unter Umständen zum Austausch dieser Box führt. Selber Hand anlegen wird für den Wartungstechniker aufgrund der hohen Komplexität nicht mehr möglich sein. Das ist vielleicht vergleichbar mit den Veränderungen bei den KFZ-Mechanikern. Die modernen Autos können kaum noch „mit dem Schraubenschlüssel“ repariert werden. Durch Anschließen eines Laptops wird ein Fehlercode ausgelesen, der dann zum Austausch einer kompletten Funktionseinheit führt.



- Die Trennung von Elektronik und Mechanik wird aus oben genannten Gründen im weniger möglich. Der Beruf des Mechatronikers kommt dieser Tatsache entgegen und wird immer häufiger benötigt.

### **Zum Anwendungsfeld 2: Überwachung des Produkts**

#### **Einschätzung Praktiker**

Einsatz z.B. in den Bereichen Assemblierung und Montage. Speziell bei Test- und Prüf- aufgaben werden Potentiale gesehen, zu einer höheren Effizienz in der Produktion zu gelangen.

#### **Bewertung der Einschätzungen durch HSG**

- Der Einsatz in der Montage bzw. Assemblierung führt zu einer Reduktion des Tätigkeitsspektrums, da das digitale Produktgedächtnis diese Vorgänge für den „Anwender“ bzw. Monteur vereinfacht. Es wird vermutlich weniger Verständnis für die eigentliche Arbeit nötig sein.
- Der Einsatz aller in Anwendungsfeld 2 vorgestellten Technologien hat einen großen Einfluss auf die organisatorische Struktur des Unternehmens und erweitert das Monitoring und die Qualitätssicherung. Inwiefern hier direkt die mittlere Bildungsebene

### **Zum Anwendungsfeld 3: Automatisiertes Kanban-System**

#### **Bewertung der Einschätzungen durch HSG**

Hier gelten die Aussagen zu Anwendungsfeld 2

## 5 Auswirkungen für das Personal auf mittlerer Qualifikationsebene

### Generelle Anwendungsfeldunabhängige Trends

#### Einschätzung Wissenschaftler

- Hohes Fachwissen
- Interdisziplinäres Wissen, Berufsübergreifend
- Planungsfähigkeiten
- höheres IT Anwender-Wissen

#### Einschätzung Praktiker

- Flexibilität und Beweglichkeit im Denken wird immer wichtiger
- IT-Technik wird generell immer wichtiger
- Es wird immer mehr höher ausgebildete Spezialisten (FA, Meister, Techniker) geben
- Eine solide gut ausgebildete Mittelschicht (Praktiker), die solide Prozesse entwickeln, planen, organisieren und betreuen wird benötigt. In der Quantität werden diese jedoch immer weniger.
- Größeres Systemverständnis
- keine Veränderung notwendig.
- Der Umgang mit neuen Technologien lässt sich generell über Fortbildungen erlernen
- Weit verbreitete neue Technologien (z.B. RFID, Funk) sollten in den Ausbildungsstoff übernommen werden.
- Mechatronik wird eine größere Rolle spielen

#### Bewertung der Einschätzungen durch HSG

Die durch Wissenschaftler und Praktiker dargestellten generellen Trends entsprechen den Einschätzungen des HSG-IMIT.

## 6 Abschließende Bewertung durch das HSG-IMIT

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in der Projektlaufzeit des IdD in der industriellen Produktion sich die Orientierungen der Industrie, aufgrund der sich veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Wirtschaftskrise) und der damit verbundenen Perspektive für die kommenden Jahre, erheblich gewandelt hat.

In den vergangenen Jahren standen technologiebezogene Themen und die Fragestellung im Vordergrund, mit welchen Strategien, Technologien und Techniken/Verfahren weitere Optimierungspotentiale in Automationsprozessen generiert werden konnten und die zu einer noch höheren Integration von Funktionalitäten in Maschinen und Anlagen führen, um eine höhere Effizienz und Produktivität zu versprechen. Momentan liegen jedoch in den Firmen wesentlich konkretere Aufgabenstellungen an, die nichts mit dem IdD zu tun haben.

Festzustellen ist, dass die Unternehmen versuchen mit wenig Substanzverlust die Krise zu meistern. Dabei spielen Betrachtungen über sich zukünftig technologische Veränderungen in Produkten, Objekten, Maschinen und Anlagen keine Rolle. Die Industrie ist bestrebt mit Bordmitteln oder bekannten z.B. optischen Identifikationsverfahren (Barcode, Data-Matrix) die Aufgabenstellungen z. B. in innerbetrieblichen Organisationsprozessen zu lösen. Die Auswirkungen einer solchen Verlagerung in den Entscheidungsprozessen oder aufgrund von Kurzarbeit innerhalb der Firmen, waren auch feststellbar in der Form, dass kompetente Gesprächspartner für Interviews oder Workshops nicht freigestellt wurden.

Im industriellen Umfeld sind weitere Veränderungen erkennbar, bei denen die Industrie versucht einer dem IdD gegenläufigen Entwicklung zu initiieren, in der Form, dass die Komplexität einer Maschine/Anlage drastisch verringert wird. Die Industrie versucht durch die Installation von sehr einfach zu bedienenden und wenig komplexen Maschinen die Produktions- und Betriebskosten zu reduzieren. Diese Maschinen / Anlagen werden jedoch für Märkte entwickelt und gebaut, die für Arbeitsplätze in Europa oder Deutschland nicht relevant sind.

Eine Integration von RFID- oder Wireless-Technologien wird stattfinden, aber nur dann wenn ökonomisch, kurz bis mittelfristig Vorteile davon zu erwarten sind. Die Vision einer Integration von „Intelligenz“ in Objekten im Sinne des IdD, durch immer kleiner werdende energie-effiziente, elektronische Schaltkreise, um hiermit eine Kommunikationsplattform für einen Datenaustausch von Objekten (IdD) zu installieren, wird in den kommenden 3-5 Jahren nicht flächendeckend realisiert.

**HSG-IMIT**

Institut für Mikro- und Informationstechnik  
der Hahn-Schickard-Gesellschaft  
für angewandte Forschung e.V.

Wilhelm-Schickard-Straße 10  
78052 Villingen-Schwenningen  
Germany

Telefon: +49 7721 943-0  
Telefax: +49 7721 943-210  
E-Mail: [info@hsg-imit.de](mailto:info@hsg-imit.de)

[www.hsg-imit.de](http://www.hsg-imit.de)

## **Anlage III Ablauf der empirischen Untersuchung**

III.1 – Vorabinterviews mit Unternehmensvertretern

III.2 – Interviews mit Unternehmensvertretern

III.3 – Durchführung der Fallstudien

## Anlage III.1: Vorabinterviews mit Unternehmensvertretern

### 1.1 Interview-Leitfaden

Gespräch mit \_\_\_\_\_

Am: \_\_\_\_\_

Ort: \_\_\_\_\_

#### Allgemeine Daten zum Unternehmen:

Unternehmen:	
Anzahl der Mitarbeiter am Standort:	
Abteilung/Arbeitsbereich:	
Gesprächspartner und Funktion:	
Produktionsschwerpunkte, Produktpalette	

#### 1. Vorstellung und allgemeine Berührungspunkte mit dem Thema „Internet der Dinge“

Was waren Ihre bisherigen Berührungspunkte mit dem Thema „Internet der Dinge“?

*Was war das genau?*

#### Begriffserklärung Internet der Dinge von uns und dem HSG-IMIT:

*Das „Internet der Dinge“ beschreibt die technologische Entwicklung, in der beliebige Objekte der realen Welt über digitale Informationen miteinander verbunden werden können. Dazu müssen die Objekte identifizierbar und in der Lage sein, durch Sensoren Informationen von außen aufzunehmen und diese intelligent zu verarbeiten sowie miteinander zu kommunizieren.*

*Das „Internet der Dinge in der industriellen Produktion“ umfasst Technologien zur intelligenten Vernetzung einzelner, zuvor zentral gesteuerter Produktionsprozesse. Neben bereits etablierten Technologien wie IPC, Industrial Ethernet oder Soft-SPS spielen RFID, WLAN oder andere drahtlose Kommunikationstechnologien künftig eine größere Rolle in der Produktion. Diese Technologien gehen mit einer stärkeren Fabrik- und Prozessautomation einher. Die zentrale Steuerung wird durch eine große Anzahl kleiner dezentraler intelligenter Module ersetzt, die die Produktionsprozesse autonom und selbstregulierend ohne den Einsatz einer zentralen Instanz organisieren, steuern und optimieren. Es entsteht eine „intelligente Umgebung“.*

Wie schätzen Sie die Wichtigkeit dieser Thematik im Allgemeinen ein?

*Auf einer Skala von 1-4 (1-völlig unwichtig bis 4 – sehr wichtig)*

Wie schätzen Sie die Wichtigkeit unseres Forschungsgegenstandes „Anforderungen an die Mitarbeiter“ im Besonderen ein?

*Auf einer Skala von 1-4 (1-völlig unwichtig bis 4 – sehr wichtig)*

**Welche Betriebe kennen Sie, die heute bereits RFID, WLAN und/oder Bluetooth in der Produktion einsetzen?**

**In welchen Bereichen? Welche Techniken?**

*Produktionsplanung und -steuerung, Fertigung und Montage, Instandhaltung, Wartung von Anlagen, Qualitätssicherung, ... RFID, WLAN, Bluetooth,...*

**Welche Erfahrungen haben Sie von diesen Betrieben bisher mitbekommen?**

*Wo wird die diese Technik erfolgreich, d.h. Implementierung und Optimierung eingesetzt und wo weniger erfolgreich?*

## 2. Szenarien

**Szenarien vorstellen und anhand der Matrix diskutieren:**

1. *Maschine*
2. *Produkt*
3. *Autonomes KANBAN*
4. *Selbstgesteuerte Prozesskette*

*Wie schätzen Sie die Szenarien bezüglich ihrer Notwendigkeit, Kosten-Nutzen-Relation sowie den Zeithorizont ein?(siehe Matrix – Einsatz je nach Expertenbefinden)*

## 3. Prognose: Auswirkungen technischer Innovationen auf die Anforderungen der Mitarbeiter

**Was denken Sie, welche Auswirkungen werden die technischen Innovationen i.S.v. „Internet der Dinge“ der einzelnen Szenarien auf die Anforderungen der Mitarbeiter haben?**

## 4. Weitere Zusammenarbeit

Workshop (Ende August/Anfang September)

Weiteres Interview (telefonisch, schriftlich)

Fragebogen (Mail, schriftlich)

Besuch des Unternehmens vor Ort

## 5. Sonstiges

**Ausweitung:**

- Welche Bereiche/ Arbeitsplätze in der M+E Industrie sind Ihrer Meinung nach besonders von technischen Neuerungen betroffen?
- Wie viele Anwender wollen in den nächsten Jahren in neue Technik i.S.v. IDD investieren?
- In welcher Höhe?
- Von was sind diese Investitionen abhängig?
- Wie werden die Mitarbeiter reagieren? Offen, flexibel, neue Generation oder Rückzug, Skepsis, Akzeptanz oder Spaltung?



## Anlage III.2 – Interviews mit Unternehmensvertretern

### 2.1 Gesprächsleitfaden

#### Gesprächsleitfaden Experteninterviews

**Auftrag:** Bewertung der Szenarien durch die Praktiker auf ihre technische und betriebswirtschaftliche Umsetzbarkeit

**Schwerpunkt:**

- Welche Technologien/Szenarien könnten bei den befragten Unternehmen in den nächsten drei bis fünf Jahren bereits eingesetzt werden,
- in welchen Bereichen werden sie eingesetzt werden,
- welche Auswirkungen wird dies auf die Tätigkeiten der Mitarbeiter und den etwaigen Qualifizierungsbedarf haben?

**Besondere Erfahrungen des Gesprächspartners:**

Falls der Gesprächspartner bereits Erfahrungen mit dem Einsatz neuer Technologien und deren Auswirkungen auf die Mitarbeiter sollen diese erfragt werden. (Wie wird dem etwaigen Qualifizierungsbedarf begegnet?)

**Ausblick - Fallstudien:**

Falls der Einsatz neuer Technologien bereits in der Fertigung beobachtet werden kann, sollten wir den Ansprechpartner für die Fallstudien gewinnen.

**Informationen:** Dem Gesprächspartner unsere Informationen geben: Projektflyer, Broschüre f-bb, Link zur Homepage, Definition von IDD und Szenarienbeschreibung, Informationen zur Fallstudie.

**Sonstiges:** Wenn möglich, das Gespräch bitte mit Diktiergerät aufzeichnen, Protokollieren und ein Foto machen

<b>Datum:</b>	
<b>Zeitraum:</b>	
<b>Ort:</b>	
<b>Gesprächsführer:</b>	
<b>Gesprächspartner und Funktion im Unternehmen:</b>	
<b>Sonstiges:</b>	

**1 Vorstellung und allgemeine Berührungspunkte mit dem Thema „Internet der Dinge“**

1.1 Begriffserklärung „Internet der Dinge“

1.2 Setzen Sie und Ihr Unternehmen bereits neue Technologien, wie beispielsweise RFID, WLAN zur intelligenten Vernetzung einzelner am Produktionsprozess beteiligter Entitäten sowie zunehmenden Automatisierung ein?

## 2 Vorstellen und Prüfen der Szenarien auf ihre technische und betriebswirtschaftliche Umsetzbarkeit

- 2.1 Vorstellen der Szenarien und Ausprägungen, die bisher als in der industriellen Produktion in den nächsten drei bis fünf Jahren „umsetzbar“ eingeschätzt worden sind:
- 2.2 Stimmen Sie mit den bisherigen Einschätzungen der Umsetzbarkeit der Szenarien überein? Was wird umgesetzt, was nicht und aus welchen Gründen?

### Szenario 1-4

Jeweils Bewertung anhand folgender Matrix

(-- , - , +- , + , ++ , na)	TU	S	OU	OI
Ausprägung A				
Ausprägung B				
Ausprägung C				
Ausprägung D				

Zusammenfassung:

Text

- 2.3 Haben Sie Anmerkungen zu Aspekten, die wir bei der Beurteilung der Umsetzbarkeit noch nicht berücksichtigt haben?

## 3. Anwendungsbereiche in der industriellen Produktion und Auswirkungen auf die Mitarbeiter mittlerer Qualifikationsebene

- 3.1 In welchen Bereichen der Produktion wird Szenario 1 zum Tragen kommen? In welchen Ausprägungen? In welchen Bereichen wird Szenario 2 zum Tragen kommen? In welchen Ausprägungen? Analoge Fragestellung zu Szenario 3 und 4
- 3.2 Welche Auswirkungen wird der Einsatz neuer Technologien i.S.v. „Internet der Dinge“ auf die Mitarbeiter/Facharbeiter haben?

## Anlage III.3 – Durchführung der Fallstudien

### 3.1 Leitfragen

# Das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion - Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene

Leitfragen Fallstudien

**Konkretisierung der Auswirkungen auf die Anforderungen der Mitarbeiter durch Fallstudien in Unternehmen der Automobil- und deren Zulieferbranche**

**Mehrere Interviews und Arbeitsplatzbeobachtungen im Zeitraum von November 2009-April 2010, Deutschlandweit.**

1. **Wie viele Produktionsabteilungen gibt es am Standort? Mit welchen Aufgabenbereichen?**
2. **In welchen dieser Produktionsabteilungen werden neue Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“** (d. h. technologische Entwicklungen, in der beliebige Objekte der realen Welt über digitale Informationen miteinander verbunden werden können, indem sie in der Lage sind, durch Sensoren Informationen von außen aufzunehmen und diese intelligent zu verarbeiten sowie miteinander zu kommunizieren) **für die nachfolgenden Einsatzbereiche**
  - **transparente Überwachung, Steuerung und Wartung von Maschinen** und Anlagen (sog. „Lifecycle Performance“ oder „Condition Monitoring“) zur ganzheitlichen Optimierung der Produktion;
  - **Überwachung von Produkten** mithilfe von Speichern, Prozessoren etc., die Informationen zur Identifikation und den geplanten sowie den tatsächlichen Produktionsablauf enthalten, im Rahmen des gesamten Fertigungsprozesses (sog. „digitales Produktgedächtnis“);
  - **Lokalisierung von Produkten, Bedarfs- oder Bestandsmeldungen** (sog. „intelligenter interner Warentransport“) innerhalb des **Logistikprozesses** - z. B. mittels Sensoren zum Zweck effizienterer Produktionsprozesse;
  - **Dezentralisierung des gesamten Produktionsprozesses**, der sich durch Kommunikation und Verhandlungen der Speicher, Prozessoren etc. untereinander selbst planen, organisieren und überprüfen kann (sog. „digitale Fabrik“)
  - a) **in den nächsten Jahren in welcher Ausprägung zur Anwendung kommen?**
  - b) **Welche Einsatzbereiche werden in welcher Ausprägung in welchem Zeithorizont zum Einsatz kommen?**

- c) In welchen Produktionsabteilungen kommen welche Technologien für welche Einsatzbereiche in welcher Ausprägung bereits jetzt schon zur Anwendung?
- d) Gibt es andere als die oben aufgeführten Einsatzbereiche am Standort (im Unternehmen), für die neue Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ von Relevanz sind?
- e) In welchen Bereichen kommt bewusst keine der neuen Technologien zum Einsatz bzw. wird bewusst keine in den nächsten Jahren (Zeithorizont?) eingeführt werden? Aus welchen Gründen?
3. Wie sieht die derzeitige Mitarbeiterstruktur in den Produktionsabteilungen aus, in denen diese Technologien bereits zum Tragen kommen/dennächst zum Tragen kommen werden?
- Anzahl der Mitarbeiter pro Abteilung
  - Verteilung der Mitarbeiter auf verschiedene Funktionen (Anzahl an An-/Ungelernten; Auszubildenden; Fachkräfte mittlerer Qualifikationsebene; Führungskräfte im Akademikerbereich)
  - In welche und wie viele Funktionsbereiche welcher Hierarchien lassen sich die Fachkräfte mittlerer Qualifikationsebene (Mitarbeiter/innen mit abgeschlossener Ausbildung unterhalb des Akademikerniveaus) gliedern?
  - Welche Ausbildung haben die Mitarbeiter der mQE in den entsprechenden Abteilungen?
4. Welche konkreten Tätigkeiten und Verantwortlichkeiten fallen für die Mitarbeiter mQE in welcher Funktion an?
- Welche Qualifikationen benötigen die Mitarbeiter zur Ausführung ihres Aufgabenspektrums?
  - Welche Qualifikationen sind besonders wichtig?
5. Welche Änderungen hinsichtlich Aufgaben- und Verantwortungsspektrums sind infolge des zu erwartenden Einsatzes der neuen Technologien in den betroffenen Produktionsbereichen zu erwarten?
- Welche Tätigkeiten werden wegfallen/hinzukommen/gleich bleiben? Mit welcher Relevanz?
6. Welche Auswirkungen wird dies auf die Anforderungen an die Mitarbeiter mQE haben?
- In welchen Produktions- und/oder Tätigkeitsbereichen wird ein erweiterter/zusätzlicher Qualifikationsbedarf entstehen?
  - Welche Qualifikationen werden nicht mehr/in geringerem Umfang benötigt werden?
  - Welche Anforderungen an welche Mitarbeiter werden sich außer hinsichtlich der direkt produktionsbezogenen/manuellen Tätigkeiten ändern?

7. Sofern entsprechende Technologien bereits heute zum Einsatz kommen: Wie werden die erforderlichen Qualifikationen vermittelt?
8. Welche Auswirkungen wird die Einführung der neuen Technologien auf das hierarchische Personalgefüge innerhalb der Abteilung haben?
  - Welche Auswirkungen innerhalb der mQE?
  - Welche Auswirkungen auf das gesamte Personalgefüge innerhalb der Abteilung?
9. Wie wird bislang bzgl. des Personals auf technologische Änderungen reagiert?
10. Auf welche Weise werden welche Qualifikationen für bisherige Anforderungen erworben?
  - Interne Aus-/Weiterbildung
  - individuell

## Anlage IV Unternehmenspräsentationen

IV.1 – BMW AG Leipzig

IV.2 – IMS Gear Donaueschingen

IV.3 – Marquardt GmbH Rietheim-Weilheim

IV.4 – Siemens AG Amberg

IV.5 – VW AG Baunatal

IV.6 – Versuchsanlage, Siemens AG Erlangen

IV.7 – Versuchsanlage „SmartFactoryKL“, DFKI Kaiserslautern

## Anlage IV.1 – BMW AG Leipzig

### BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG, LEIPZIG

Die Bayerische Motoren Werke AG beschäftigt in 12 Ländern mit 22 Produktionsstandorten ca. 100.000 Mitarbeiter/innen, von denen im Werk Leipzig ca. 5.000 tätig sind. Das Werk Leipzig wurde deshalb für die Fallstudie ausgewählt, weil es zu den modernsten Automobilfabriken weltweit zählt - mit innovativen Logistikstrategien, die auch unter dem Slogan „Produktion der kurzen Wege“ beworben werden.

Im Karosseriebau ist ein Automatisierungsgrad von ca. 97% vorzufinden, die Anlagentechnik ist mit ca. 800 Robotern ausgestattet und die Qualitätsprüfung zeichnet sich durch eine präzise Vermessung jeder Karosserie aus. Die Teileversorgung erfolgt weitgehend automatisiert. Ebenso sind die Qualitätsprüfung und Logistikprozesse auf dem aktuellsten bzw. einem innovativen Stand. Eine Besonderheit in diesem Werk besteht darin, dass hier in der Montage 95% der Produkte mittels einer flexiblen Montagestruktur manuell gefertigt werden, was im Zusammenspiel mit der Einführung neuer Technologien interessant ist. Hinsichtlich der strategischen Ausrichtung setzt das Unternehmen auf alternative und „intelligente“ Antriebskonzepte wie Wasserstoffmotoren (vgl. BMW AG 2010).

## Anlage IV.2 – IMS Gear Donaueschingen

### IMS GEAR, DONAUESCHINGEN

Mit ca. 1.200 Mitarbeiter(inne)n an sechs Standorten in vier Ländern weltweit, davon ca. 850 an den beiden schwäbischen Standorten Donaueschingen und Eisenbach ist die IMS Gear GmbH das kleinste Unternehmen, das im Rahmen der Untersuchung betrachtet wurde.

Bei IMS Gear handelt es sich um einen international aufgestellten Spezialisten der Zahnrad- und Getriebetechnik und Partner global agierender Kunden, die ein Maximum an Qualität und Zuverlässigkeit erwarten; daher setzt man auf permanente Prozessoptimierung und die flexible Anpassung an sich stetig ändernde Rahmenbedingungen, da viele Produktions- und Prozessänderungen der Automobilunternehmen diesbezügliche Änderungsanforderungen im eigenen Betrieb nach sich ziehen - ein Grund, warum die Auswahl für die Durchführung der Fallstudie auf dieses Unternehmen fiel. IMS Gear hat seine Werke so universell konzipiert, dass es in der Lage ist, gegebenenfalls alle Prozesse schnell an andere Standorte zu verlegen (vgl. IMS Gear GmbH 2010).

Das Unternehmen setzt auf modernste Entwicklungs- und Produktionstechnologien sowie auf spezielle Fähigkeiten seiner Mitarbeiter/innen, da nach Aussage der befragten Experten die Unternehmenskompetenz aus der Kombination von Erfahrung und Erneuerung erwachse, so dass man sich auf allen betrieblichen Ebenen permanent der Erweiterung des Know-hows und der Innovationsfähigkeit widme.



## Anlage IV.3 – Marquardt GmbH Rietheim-Weilheim

### MARQUARDT GMBH RIETHEIM–WEILHEIM

Als weiteres Unternehmen der Automobilzuliefererindustrie wurde die Marquardt GmbH für die Durchführung einer Fallstudie ausgewählt: Die Marquardt GmbH ist weltweit mit ca. 4.500 Mitarbeiter(inne)n an 11 Standorten vertreten, davon mit ca. 1.800 Beschäftigten an ihrem Stammsitz in Rietheim-Weilheim (Baden-Württemberg). Marquardt gehört zu den weltweit innovativsten Entwicklern und Herstellern von elektromechanischen und elektronischen Schaltern und Schaltersystemen für Fahrzeuge, Elektrowerkzeuge, Haushaltsgeräte und industrielle Anwendungen und setzt bei der Fertigung modernste Produktions-, Montage - und Prüftechnologien ein (vgl. Marquardt GmbH 2010).

Die Montage zum fertigen, serienreifen Produkt folgt dem "Just in Time" – Prinzip: Dafür werden zum einen die eigenen Anlagen entwickelt und gebaut, zum anderen aber auch Montageeinzelteile, z. B. Kunststoffspritz-, Stanzteile, bestückte Leiterplatten für alle Marquardt-Produktionsgesellschaften sowie Automobilsysteme gefertigt.

## Anlage IV.4 – Siemens AG Amberg

### SIEMENS AG, AMBERG

Die Siemens AG beschäftigt weltweit ca. 405.000 Mitarbeiter/innen, davon etwa 128.000 in Deutschland. Der Konzern ist weltweit in 190 Ländern vertreten und hat allein in Deutschland 125 Standorte. Siemens gehört international zu den Innovationsführern in der Industrie – so wurden 2009 allein 55.000 Patente angemeldet. Zum umfangreichen Angebot der Siemens AG zählen dabei u. a. Produkte für die Automatisierungs- und Antriebstechnik sowie die elektrische Installationstechnik. Auch das Thema Elektromobilität ist bei Siemens stark in den Fokus gerückt. Dabei geht es neben der reinen Fahrzeugtechnik vor allem um das Zusammenwirken von Auto, Stromnetz und erneuerbaren Energien (vgl.: <http://www.siemens.de/ueberuns/portfolio/industry/Seiten/home.aspx>, letzter Zugriff am 10.05.2010).

Im Rahmen des Industriewettbewerbs „Die Beste Fabrik/Industrial Excellence Award 2007“ wurde das Elektronikwerk Amberg des Siemens-Bereichs Automation and Drives (A&D) mit seinen ca. 4.000 Beschäftigten mit dem 1. Preis ausgezeichnet und gleichzeitig zum europäischen Gesamtsieger gekürt (vgl. Siemens AG 2010). Die Auszeichnung mit Bestnoten in den Kategorien Operationelle Strategie, Supply Chain Management, Organisation und Personal, Kontinuierliche Verbesserung, Produktentwicklung sowie Service und Partnermanagement war ausschlaggebend dafür, dass dieser Betrieb für die Fallstudie als Automobilzulieferbetrieb ausgewählt wurde.

In der Schalterproduktion bei Siemens in Amberg kommen bereits neue Technologien im Sinne des „Internets der Dinge“ zum Einsatz, die in der Versuchsanlage in Erlangen entwickelt werden.

## Anlage IV.5 – VW AG Baunatal

### VOLKSWAGEN AG, BAUNATAL

Der Volkswagen Konzern (VW AG) beschäftigt weltweit in 21 Ländern mit 61 Produktionsstätten ca. 370.000 Mitarbeiter/innen, davon allein in Deutschland gut 150.000, von denen ca. 60,5% auch tatsächlich in der Produktion tätig sind. Mit ca. 13.000 Beschäftigten ist der hessische Standort Kassel (Baunatal) das zweitgrößte VW-Werk in Deutschland, in dem die Fertigung und Montage von Getrieben vorgenommen werden. Aufgrund der zentralen Lage und guten Verkehrsanbindung siedelte VW in Kassel ein Original-Teile-Center, das sog. OTC, zur Versorgung des gesamten Konzerns an, das als „Ertragsperle“ des Unternehmens gilt (vgl. Volkswagen AG 2010a).

Im Rahmen der „Konzernstrategie 2018“ setzt VW auf verstärkte ökologische Verbesserungen im Karosseriebau und veranschlagt für die Einführung neuer Technologien mehr als 8 Mrd. Euro pro Jahr, die schwerpunktmäßig auf alternative Antriebe, die Motorenentwicklung und steigende Produktivität ausgerichtet sind (vgl. Volkswagen AG 2010b).

Da das VW-Werk in Baunatal außerdem dafür bekannt ist, stets sowohl den neusten Stand der Technik als auch speziell geschultes Personal vorzuhalten, wurde gerade dieser Standort für die Fallstudie ausgewählt. Darüber hinaus ist das Werk unmittelbar von absehbaren Veränderungen, die sich durch neue Produkte, die mit der E-traktion (elektrische Antriebe) und dem Leichtbau einhergehen, betroffen.

## Anlage IV.6 – Versuchsanlage SemProM, Siemens AG Erlangen

### VERSUCHSANLAGE SEMPROM, SIEMENS AG ERLANGEN

Im Rahmen des IKT-2020 Forschungsprogramms des BMBF entwickelt die Innovationsallianz "Digitales Produktgedächtnis" mit dem Verbundprojekt „SemProM“ Schlüsseltechnologien für das Internet der Dinge. Durch integrierte Sensoren sollen dabei Herstellungszusammenhänge transparent, Lieferketten und Umwelteinflüsse nachvollziehbar gemacht werden.

Innerhalb dieses Projekts stellt Siemens in Erlangen in seinem Produktionsbereich „Automation and Drives“, der auf dem Gebiet der Automatisierungs- und Antriebstechnik weltweit führend ist, zur prototypischen Umsetzung der Arbeiten in einem Fertigungsumfeld eine Versuchsanlage „SmartAutomation“ zur Verfügung. Mittels seiner Beteiligung an diesem Projekt ist Siemens bestrebt, Lösungen zu erarbeiten, mit denen RFID-Technologie über die bislang üblichen in einem Regelkreis eingebetteten und geschlossenen Systeme (sog. proprietären Closed-Loop-Anwendungen) hinaus global und interoperabel einsetzbar wird. Dabei soll die Produktfertigung durch digitale Produktgedächtnisse gesteuert werden. Die Schwerpunkte liegen in der Erfassung und Verarbeitung von Daten im industriellen Umfeld unter Verwendung von Smart Labels (ultraflache Transponder, die samt Antenne auf eine Folie aufgebracht werden), dem technologieübergreifenden Einsatz und der Verknüpfung von Technologie und Information sowie dem Zugriff über nutzer- und anwendungsgerechte mobile Endgeräte (vgl. DFKI 2010).

## Anlage IV.7 – Versuchsanlage „SmartFactoryKL“, DFKI Kaiserslautern

### VERSUCHSANLAGE „SMARTFACTORYKL“, DFKI KAISERSLAUTERN

Bei der SmartFactoryKL handelt es sich um eine in Europa einzigartige Technologieplattform - ein herstellerunabhängiges Versuchslabor, in dem das Zusammenspiel moderner Fabrikkomponenten unter realistischen Bedingungen erforscht und verbessert werden soll. Sie dient der Entwicklung, Anwendung und Verbreitung innovativer Industrieanlagentechnik in unterschiedlichen Wirtschaftszweigen und bereitet unter Einsatz von WLAN-Netzen, RFID-Chips und Funksteuerungen die Grundlage für eine breite Nutzung der Ergebnisse in Wissenschaft und Praxis mit dem Ziel, eine „intelligente virtuelle Fabrik“ zu entwickeln.

Sponsoren und Partner dieser Anlage sind u. a. Unternehmen aus der Automobilzulieferindustrie wie z. B. Siemens, Bosch, Keiper, Pepperl und Fuchs oder Endress und Hauser (vgl.: Technologie-Initiative SmartFactoryKL e.V. 2010).

## Ansprechpartner



Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH

Obere Turnstraße 8  
D-90429 Nürnberg

<b>Beate Zeller</b>	<b>Telefon</b> 0911/27 779-32 <b>E-Mail</b> zeller.beate@f-bb.de
<b>Dr. Claudia Achtenhagen</b>	<b>Telefon</b> 0911/27 779-49 <b>E-Mail</b> achtenhagen.claudia@f-bb.de
<b>Dr. Silke Föst</b>	<b>Telefon</b> 0911/27 779-372 <b>E-Mail</b> foest.silke@f-bb.de  <b>Internet</b> www.f-bb.de



Institut für Mikro- und Informationstechnik  
der Hahn-Schickard-Gesellschaft e.V. (HSG-IMIT)

Wilhelm-Schickard-Straße 10  
D-78052 Villingen-Schwenningen

<b>Dieter Mintenbeck</b>	<b>Telefon</b> 07721/943-168 <b>E-Mail</b> dieter.mintenbeck@hsg-imit.de
<b>Dr. Lasse Klingbeil</b>	<b>Telefon</b> 07721/943-191 <b>E-Mail</b> lasse.klingbeil@hsg-imit.de  <b>Internet</b> www.hsg-imit.de