

## INDUSTRIE 4.0 – INMITTEN DER VIERTEN INDUSTRIALISIERUNGSPHASE

# Das Gesetz der Flexibilität

Oliver Ganschar, Stefan Gerlach, Moritz Hämmerle,  
Tobias Krause, Sebastian Schlund und Dieter Spath, Stuttgart

Volatile Märkte, schnelllebige Absatzmärkte, kundenspezifische Produkte und diffizile Produktionsprozesse erfordern flexiblere Produktionssysteme und -mitarbeiter. Gleichzeitig gilt es, das Niveau von Produktivität und Qualität unverändert hoch zu halten. Das Fraunhofer IAO untersuchte, welchen Einfluss die nächste Industrialisierungsstufe „Industrie 4.0“ auf die Produktionsarbeit und das Qualitätsmanagement haben wird.

Die rasante wirtschaftliche Erholung nach der jüngsten Krise hat gezeigt, dass die Produktion ein Garant für die stabile Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft ist. Welche Antworten aber bietet die Produktionsarbeit auf die zukünftigen Herausforderungen für Unternehmen? Mit der Studie „Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0“ versucht das Fraunhofer IAO, darüber Klarheit zu erlangen [1].

Die Produktionsarbeit in Deutschland wurde in den vergangenen Jahrzehnten vor allem durch zwei Entwicklungsrichtungen geprägt. Auf der einen Seite wurden wiederholbare und automatisierbare Aufgaben mit steigender Komplexität automatisiert. Daneben wurden fast flächendeckend robuste und ganzheitliche Produktionskonzepte im Sinne des Toyota-Produktionssystems eingeführt. Typische Elemente davon sind ziehende Produktion, Kanban oder Just-in-time-Materialbereitstellung, Total Productive Maintenance (TPM) und Führung auf Shopfloor-Ebene. Zahlreiche Unternehmen haben in den letzten beiden Jahrzehnten ihre Produktion nach diesen Kriterien umgestellt.

Dabei wurden nicht nur die Abläufe neu gestaltet. Auch der Führungsstil und die Kultur der Unternehmen durchliefen weitreichende Änderungen: Die Prozess-

verantwortung wanderte wieder verstärkt an den Ort der eigentlichen Wertschöpfung – in die Produktion. Beide Entwicklungen – Automatisierung und ganzheitliche Produktionssysteme – haben eine hohe Marktdurchdringung erreicht und prägen heute das verarbeitende Gewerbe. Im Zuge einer zunehmend stärkeren Ausrichtung der Produktion an den individuellen Kundenbedarfen (Mass Customization) und der daraus resultierenden späten Variantenbildung wurden großflächig Losgrößen und Durchlaufzeiten reduziert.

Auch die Rolle des Qualitätsmanagements hat sich in diesem Rahmen fundamental gewandelt. Die Bedeutung schneller, prozessnaher Qualitätsregelkreise und der systematische Einsatz von kontinuierlichen Verbesserungsprozessen (KVP) stellen heute Grundprinzipien des Qualitätsmanagements dar.

Gerade vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen und der momentanen Diskussion um eine vierte industrielle Revolution durch den Einzug des Internets und intelligenter Objekte in die Produktion [2] scheint die Produktionsarbeit, wie wir sie heute kennen, vor einem Umbruch zu stehen. Aus diesem



Foto: Fotolia © tiero

Grund standen die zentralen Themen Flexibilität, Industrie 4.0, dezentrale Steuerung und Entscheidungsfindung sowie eine neue Arbeitsverteilung zwischen Mensch und Maschine im Mittelpunkt der IAO-Studie.

### Volatile Märkte machen Flexibilität zum Schlüsselfaktor

Die Welt, in der global agierende Unternehmen heute arbeiten, hat sich gewandelt. Volatile Märkte mit starken Schwankungen in immer kürzeren Abständen betreffen vor allem klassische Produktionsländer wie Deutschland, wo jeder vierte Euro direkt in der Produktion verdient wird. Dabei setzt sich die von produzierenden Unternehmen zu bewältigende Absatzvolatilität im Wesentlichen aus kurzfristigen unternehmensspezifischen Effekten, saisonalen Schwankungen, dem Produktlebenszyklus und der konjunkturellen Marktvolatilität zusammen. Diese stark volatilen Marktverhältnisse werden für die Produktion in Zukunft Realität bleiben.

Bereits heute geben fast 72 % der befragten Unternehmen an, dass ihr personalseitiger Kapazitätsbedarf stark schwankt – unabhängig von der Branche (Bild 1). Die zeitliche Betrachtung der Absatzschwankungen nach Schwankungsrastern zeigt, dass die meisten Unternehmen heute mit starken Absatzschwankungen von Woche zu Woche konfrontiert sind (47%). Weniger Unternehmen müssen starke Schwankungen von Tag zu Tag (15%) oder innerhalb von Tagen (11%) bewältigen. Diese zeitlichen Raster, in denen Absatzschwankungen auf die Unternehmen treffen, sind über Branchen und Unternehmensgrößen hinweg gleich verteilt.

Diese Verteilung von Schwankungen mit ihrem Schwerpunkt bei Vorlaufzeiten von Wochen oder gar Monaten ist heute noch möglich. Denn mangelnde Flexibilität kann durch Produktion auf Lager, reduzierte Produktivität oder verlängerte Lieferzeiten ausgeglichen werden. In der Zukunft wird sich dies massiv ändern. Unternehmen müssen verstärkt auf die immer kurzfristigeren Schwankungen ihrer Märkte reagieren. Generell steigt die Schwankungsintensität der Absatzmärkte, der die Unternehmen in fünf Jahren ausgesetzt sein werden, in allen Zeitrastern (Monat, Woche, Tag, innerhalb eines Tages), besonders aber für kurzfristige starke Schwankungen im Tages- oder Stundenhorizont. So geben beispielsweise heute nur ca. 15 % der Unternehmen an, starke Schwankungen von Tag zu Tag zu haben. Nahezu dreimal so viele Unternehmen (42%) denken, dass sie in fünf Jahren verstärkt mit starken Schwankungen von Tag zu Tag konfrontiert sein werden (Bild 2).

### Flexibilität verursacht hohen Steuerungs Aufwand

Der Aufwand zur Steuerung des flexiblen Einsatzes von Personalkapazitäten ist heute in den befragten Produktionsunternehmen sehr unterschiedlich. Ein Drittel der Unternehmen (34%) gibt an, heute zu hohen Aufwand zu haben. Besonders häufig entsteht zu hoher Aufwand bei Unternehmen mit starken (42%) oder kurzfristigen Schwankun- »



### Studie

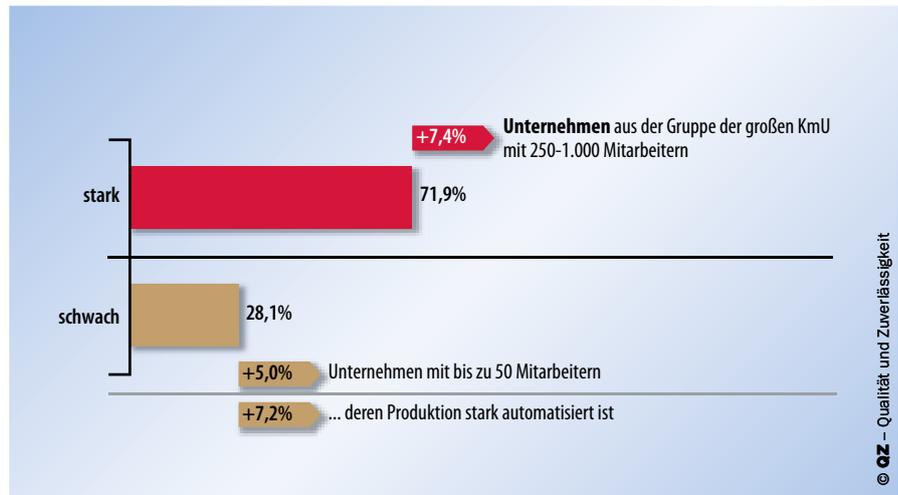
Die Studie „Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0“ des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart, basiert auf einer zweigeteilten Befragung. 661 produzierende Unternehmen nahmen zunächst an einer kombinierten postalischen und Online-Befragung teil. Bei drei Vierteln der Teilnehmenden handelte es sich um Geschäftsführer, Produktions- oder Werkleiter. Ergänzend dazu wurden Interviews mit 21 namhaften Experten der deutschen Produktion durchgeführt, darunter Vertreter innovativer Produktions- und Hightech-Unternehmen, führende Wissenschaftler aus den Themengebieten Produktionsarbeit und Industrie 4.0 sowie Verbands- und Gewerkschaftsvertreter.

### Weitere Informationen

- 1 **Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.:** Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer Verlag, Stuttgart 2013
- 2 **Acatech (Hrsg.):** Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Berlin 2013
- 3 **Windelband, L.; Spöttl, G.:** Konsequenzen der Umsetzung des „Internet der Dinge“ für Facharbeit und Mensch-Maschine-Schnittstelle. Frequenz Newsletter (2011), S. 11–12, [www.frequenz.net/uploads](http://www.frequenz.net/uploads)

### QZ-Archiv

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/509646](http://www.qz-online.de/509646)



**Bild 1. Der wöchentliche Bedarf an Personalkapazität schwankt schon heute bei den meisten Produktionsunternehmen stark.**

gen innerhalb eines Tages (52 %). Auch die Unternehmensgröße hat Einfluss auf den Steuerungsaufwand. Von den kleinen Unternehmen gibt lediglich ein Viertel an, zu hohem Aufwand zu haben, von den mittleren jedes dritte (33 %), während fast jedes zweite größere Unternehmen (48 %) heute zu großen Aufwand sieht (Bild 3).

Der Aufwand, Mitarbeiter flexibel einzusetzen, wird drastisch reduziert, wenn die Mitarbeiter selbst die Steuerung übernehmen. Dies ist aber heute selten der Fall und kommt nur bei einem von fünf Unternehmen vor (21 %). Welchen Effekt die Selbststeuerung hat, zeigt sich daran, dass

aus der Gruppe der Unternehmen, welche die Steuerung an ihre Mitarbeiter abgeben, ein überproportional großer Anteil von 57 % keinen hohen Steuerungsaufwand sieht – im Vergleich zu 37 % der Gesamtunternehmen.

Flexibilität wird es auch in Zukunft nicht zum Nulltarif geben. Das bedeutet, dass die flexiblen Einsätze auch einen Ausgleich finden müssen, der individuell ausgeprägt sein kann. Daneben erfordert die kurzfristige Einsatzflexibilität von Produktionsmitarbeitern nicht nur eine systematischere Dimensionierung und Nutzung von Flexibilitätsinstrumenten

### ► INDUSTRIE 4.0

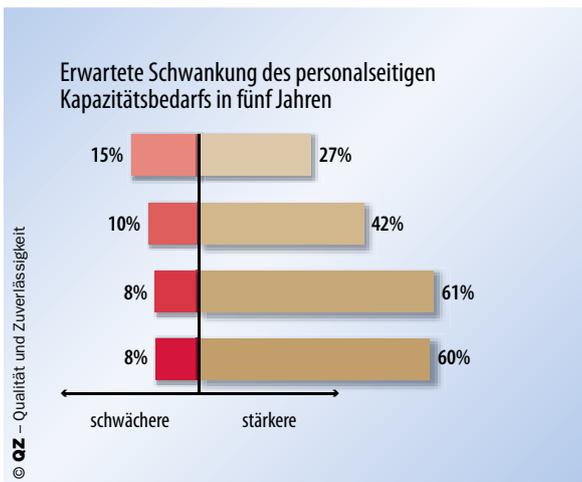
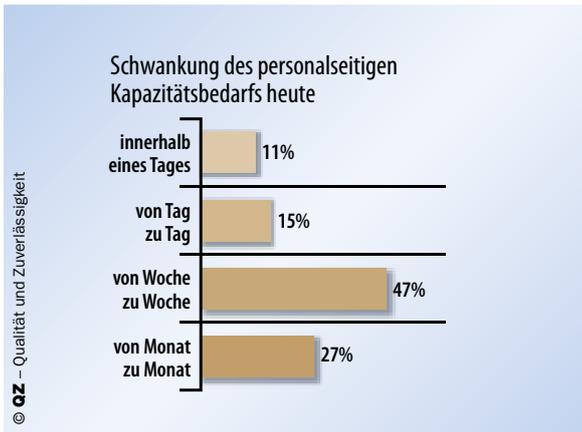
## Was bringt die vierte industrielle (R)evolution?

Die Studie liefert acht Thesen zur Erwartungshaltung gegenüber der Produktionsarbeit der Zukunft:

- Automatisierung wird für immer kleinere Serien möglich – dennoch bleibt menschliche Arbeit weiterhin ein wichtiger Bestandteil der Produktion.
- Flexibilität ist nach wie vor der Schlüsselfaktor für die Produktionsarbeit in Deutschland – in Zukunft aber noch kurzfristiger als heute.
- Flexibilität muss in Zukunft zielgerichtet und systematisch organisiert werden. „Pauschal-Flexibilität“ reicht nicht mehr aus.
- Industrie 4.0 heißt mehr als die Vernetzung von Maschinen (CPS). Die Zukunft umfasst intelligente Datenauf-

nahme, -speicherung und -verteilung durch Objekte und Menschen.

- Dezentrale Steuerungsmechanismen nehmen zu. Vollständige Autonomie selbst steuernder Objekte gibt es aber auf absehbare Zeit nicht.
- Sicherheitsaspekte (Safety und Security) müssen schon beim Design intelligenter Produktionsanlagen berücksichtigt werden.
- Die Aufgaben traditioneller Produktions- und Wissensarbeiter wachsen weiter zusammen. Produktionsarbeiter übernehmen vermehrt Aufgaben für die Produktentwicklung.
- Mitarbeiter müssen für kurzfristige, weniger planbare Arbeitstätigkeiten on the job qualifiziert werden.



**Bild 2.** In Zukunft werden auf Seiten des Personals stärkere Bedarfsschwankungen, insbesondere auch im Stunden- und Tagesverlauf, erwartet.

durch die Unternehmen, als dies heute der Fall ist. Sie erfordert auch neue Qualifikationen von den Mitarbeitern. Mehr als acht von zehn Unternehmen geben an, ihre Mitarbeiter zusätzlich qualifizieren zu müssen, um den Anforderungen an die Flexibilität in fünf Jahren gerecht zu werden.

### Die Kontrolle bleibt beim Menschen

Unter dem Begriff Industrie 4.0 wird momentan eine vierte industrielle Revolution angekündigt, in deren Zentrum der Einsatz intelligenter Objekte steht, die über ein Internet der Dinge und Dienste miteinander vernetzt sind.

Wie Industrie 4.0 verfolgte bereits das Konzept des Computer Integrated Manufacturing (CIM) das Ziel der Transparenz der Produktionsabläufe durch ein vollständiges informationstechnisches Datenmodell. Neue Sensoren, eingebettete Systeme, standardisierte Kommunikationsprotokolle, nahezu unbegrenzte Speicher- und Netzkapazitäten sowie der generelle Preisverfall bei Hardware erlauben heute

eine früher unvorstellbare Informationsdichte. Viele nennen daher zur Unterscheidung von CIM und Industrie 4.0 an erster Stelle den Begriff „Big Data“.

Industrie 4.0 ist allerdings viel mehr als nur leistungsfähigere Informationstechnik und hohe Informationsdichte. Mindestens genauso wirkungsvoll sind neue Konzepte der dezentralen Steuerung und selbstoptimierende Systeme. Die leider noch allzu häufig angewandte träge und aufwendige zentrale Auftragsplanung wird zukünftig abgelöst durch eine flexible und aufwandsarme dezentrale Steuerung. Industrie 4.0 ist also mehr als nur eine Neuauflage des CIM-Gedankens.

Arbeitssoziologische Studien zeigen, dass Anwendungen des Internets der Dinge sich sowohl in Richtung eines Automatisierungsszenarios als auch eines Werkzeugszenarios entwickeln [3].

In einem Automatisierungsszenario steuert die intelligente Maschine die Tätigkeiten des Menschen. In einem Werkzeugszenario verbleibt das Fällen von Entscheidungen beim Menschen. Die Informationstechnik wirkt hier lediglich assistierend. Mitarbeiter werden zukünftig »

**Autoren**

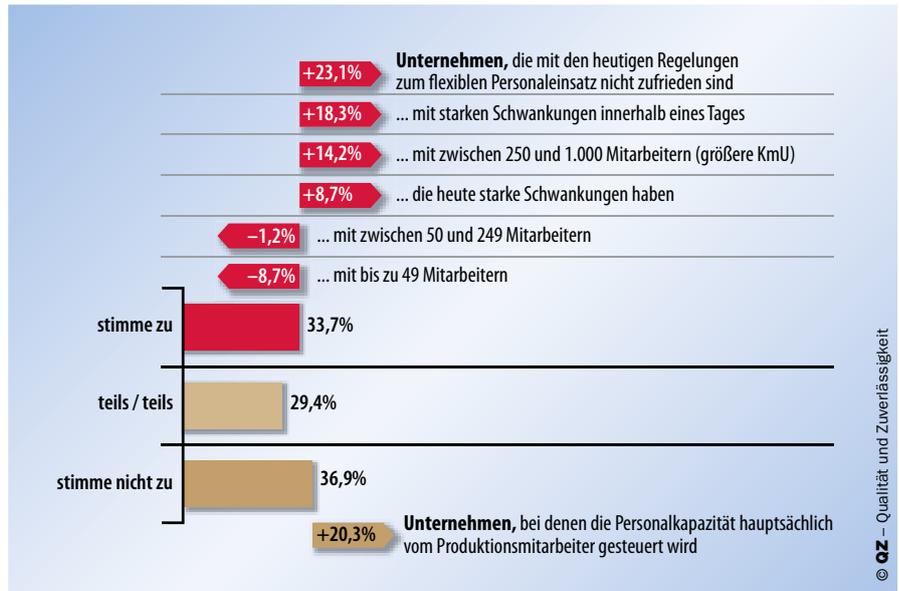
**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath**, geb. 1952, ist Leiter des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und des Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) an der Universität Stuttgart.

**Dipl.-Ing. M.Sc. Oliver Ganschar**, geb. 1985, **Dr.-Ing. Stefan Gerlach**, geb. 1959, **Dipl.-Ing. Moritz Hämmerle**, geb. 1983, und **Dipl.-Wirtsch.-Inform. Tobias Krause**, geb. 1980, sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich Produktionsmanagement am Fraunhofer IAO.

**Dr.-Ing. Sebastian Schlund**, geb. 1979, leitet die Abteilung Produktionsmanagement am Fraunhofer IAO.

**Kontakt**

**Sebastian Schlund**  
**T 0711 970-2065**  
**sebastian.schlund@iao.fraunhofer.de**



**Bild 3. Den Aufwand zur Steuerung der Personalkapazität schätzen die meisten Produzenten als zu hoch ein.**

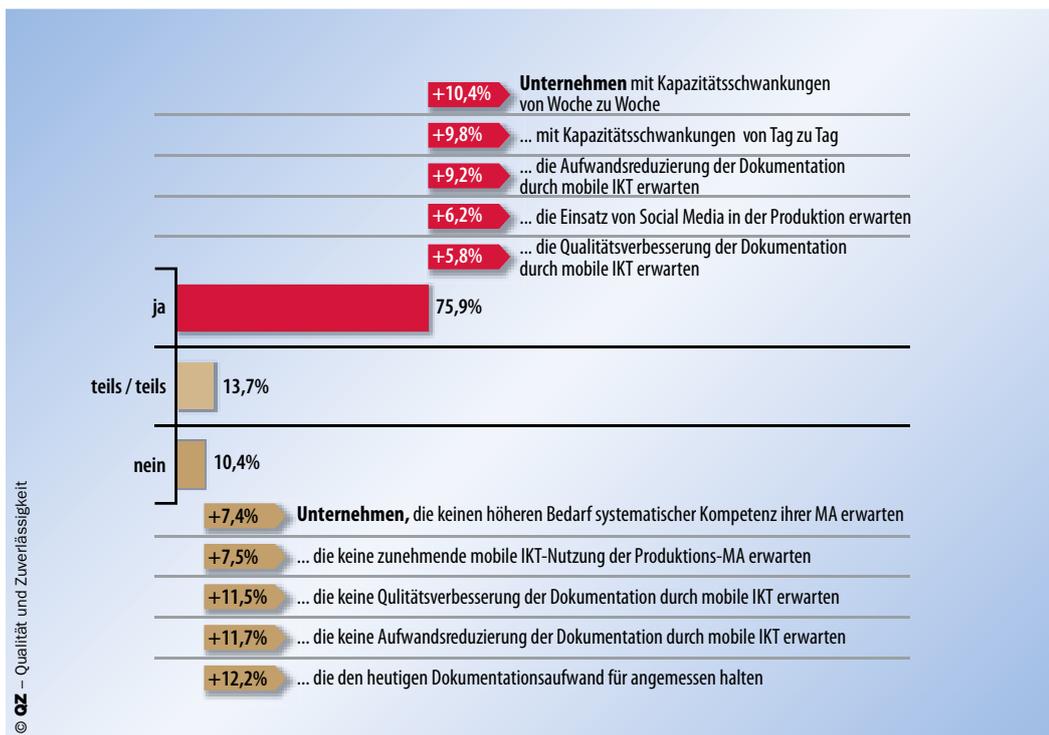
eine Mischung aus beiden Anwendungsformen nutzen. Die Kontrolle von standardisierten Routineaufgaben wird im Automatisierungsszenario auf intelligente Objekte übertragen.

Dagegen verbleiben komplexe und erfahrungsbasierte Entscheidungen beim Menschen, der für die schnelle und sichere Entscheidungsfindung über echtzeitfähige Assistenten verfügen wird. Auch die körperliche Arbeit und die hohe Flexibilität der Menschen bleiben in vielen Fäl-

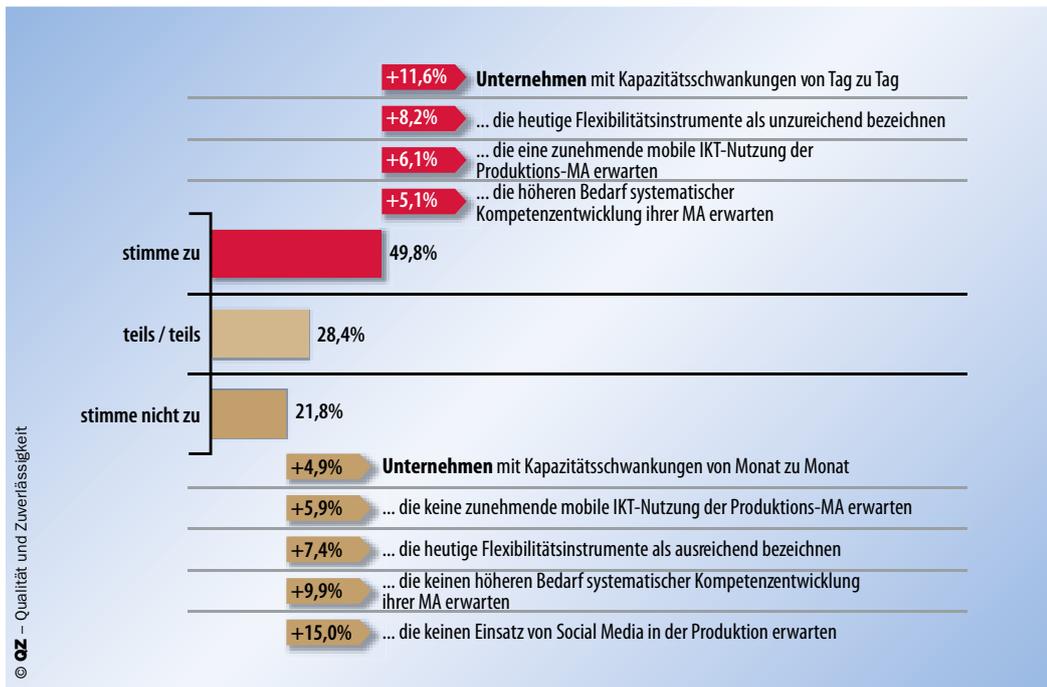
len unersetzlich. So werden Mitarbeiter weiterhin schwer automatisierbare oder auftragsspezifische Individualanteile der Produktion übernehmen.

**Produktion und Entwicklung besser aufeinander abstimmen**

Im operativen Geschäft werden schon heute vielfältige Aufgaben für die Produktentwicklung in der Produktion durchgeführt. 50 % der befragten Unter-



**Bild 4. Erfahrungen aus der Produktion sollten schneller in die Entwicklung zurückfließen, meinen zwei Drittel der Produktionsexperten.**



**Bild 5. Die Übernahme von produktionsseitigen Aufgaben für die Entwicklung durch Produktionsmitarbeiter erzeugt heute hohe Abstimmungsaufwände, meint knapp die Hälfte.**

nehmen stimmen zu, dass bereits heute die Übernahme von Aufgaben für die Produktentwicklung hohe Abstimmungsaufwände für die Produktion erzeugt (Bild 4). Und aufgrund der beschriebenen Zunahme der Produktläufe wird dieser Aufwand noch weiter ansteigen.

Offensichtlich schätzen Unternehmen, die bereits heute hochflexibel reagieren müssen, die Abstimmungsaufwände zwischen Produktentwicklung und Produktion als problematisch ein. Im Zuge einer weiter zu erwartenden Verkürzung der Produktlebenszyklen, bei der die deutschen Standorte gleichzeitig die Rolle als Leitwerke übernehmen, kann zukünftig von einer Zunahme der Produkt- und Prozessläufe ausgegangen werden.

Ein wesentlicher Stellhebel zur Verkürzung der Produktentstehungszeit und zur besseren Abstimmung der Kapazitätsnutzung ist die schnelle Datenrückführung in die Produktentwicklung. Diese These bestätigen 76% der Unternehmen (Bild 5). Auch hier tritt eine überdurchschnittliche Zustimmung vor allem

bei den Unternehmen auf, die schon heute von hohen Flexibilitätsanforderungen betroffen sind. Transparenz ist der entscheidende Faktor für die Ausgestaltung der Schnittstelle zwischen Produktentwicklung und Produktion. Zukünftig wird eine bessere Abstimmung darüber entscheiden, wie erfolgreich Unternehmen mit der stetig wachsenden Dynamik immer neuer Produkt- und Prozessläufe umgehen werden. Gerade für die Möglichkeiten mobiler und intuitiver Informations- und Kommunikationstechnik sowie intelligenter Objekte stellt die Produktentstehung deshalb ein vielversprechendes Anwendungsfeld dar.

### **Industrie 4.0 ist noch nicht vollständig realisiert**

Nach einhelliger Ansicht der befragten Experten ist Industrie 4.0 in ihren Einzelteilen schon längst Realität. Manufacturing Execution Systems (MES), die Ausrüstung von Produkten, Behältern und Gebinden mit RFID-Tags oder intelligente

Behälter und die Möglichkeit, Remote-Aktionen an Maschinen durchzuführen, sind Beispiele dafür. Das alleinige Vorhandensein der Technologien wird jedoch sicherlich nicht die revolutionären Ergebnisse bringen, die der Begriff Industrie 4.0 verspricht.

Bis die existierenden und neuen Bausteine als Gesamtheit ihre Wirkung entfalten, wird es noch etwas dauern. Hier bedarf es auf der einen Seite der Schaffung von Standards, damit Gesamtlösungen möglich werden. Auf der anderen Seite ist es jetzt notwendig, neue wirtschaftliche Anwendungsfälle für den Einsatz der neuen Technologien in die Praxis zu bringen.

In einem Punkt sind sich alle Experten einig: Die vierte industrielle Revolution wird revolutionäre Auswirkungen auf die Produktion auch in Deutschland haben. Die Ausbreitung wird jedoch evolutionär sein, also Schritt für Schritt stattfinden. Die vorliegende Studie zeigt, dass deutsche Produktionsunternehmen schon heute Teil dieser Entwicklung sind. □