

Dispan, Jürgen

Working Paper

Entwicklungstrends im Werkzeugmaschinenbau 2017: Kurzstudie zu Branchentrends auf Basis einer Literaturrecherche

Working Paper Forschungsförderung, No. 029

Provided in Cooperation with:

The Hans Böckler Foundation

Suggested Citation: Dispan, Jürgen (2017) : Entwicklungstrends im Werkzeugmaschinenbau 2017: Kurzstudie zu Branchentrends auf Basis einer Literaturrecherche, Working Paper Forschungsförderung, No. 029, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201703014360>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/215961>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Hans **Böckler**
Stiftung 

Mitbestimmung · Forschung · Stipendien

WORKING PAPER FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Nummer 029, Januar 2017

Entwicklungstrends im Werkzeugmaschinenbau 2017

Kurzstudie zu Branchentrends auf Basis einer
Literaturrecherche

Jürgen Dispan



Der Autor:

Dr. Jürgen Dispan ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter beim IMU Institut in Stuttgart. Seine inhaltlichen Schwerpunkte liegen in analytischen und konzeptionellen Arbeiten rund um die Bereiche Branche, Cluster, Strukturwandel sowie Innovation, Mitbestimmung, Partizipation in Betrieb und Region.

ISSN 2509-2359

© 2017 Hans-Böckler-Stiftung
Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf
www.boeckler.de

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Inhalt

Inhalt.....	3
1. Werkzeugmaschinenbau im Überblick	4
2. Megatrend Digitalisierung und technologische Trends	10
2.1 Digitalisierung, Industrie 4.0, Robotik, Smart Data	11
2.2 Additive Manufacturing und Hybridmaschinen	17
2.3 Energieeffizienz und Leichtbau	18
2.4 Komplettbearbeitung und Prozessvielfalt	20
3. Markt- und Wertschöpfungstrends	22
3.1 Wachstumsmärkte und mittleres Segment.....	22
3.2 Modulare Bauweise und Plattformkonzepte	27
3.3 Technologiewandel auf Kundenseite – Beispiel Automobilindustrie	29
3.4 Servicekonzepte und vorausschauende Wartung (Service 4.0)	30
3.5 Struktureller Wandel des Werkzeugmaschinenbaus	33
4. Arbeits- und Beschäftigungstrends	36
4.1 Fachkräftesicherung, Aus- und Weiterbildung.....	37
4.2 Arbeitszeit und Flexibilisierung der Arbeit	40
4.3 Produktionssysteme, Arbeitsorganisation, Ergonomie	42
4.4 Arbeit 4.0	44
5. Fazit und Handlungsfelder	47
6. Anhang: Abschlusserklärung Maschinenbaukonferenz 2016	50
Literatur	53

1. Werkzeugmaschinenbau im Überblick

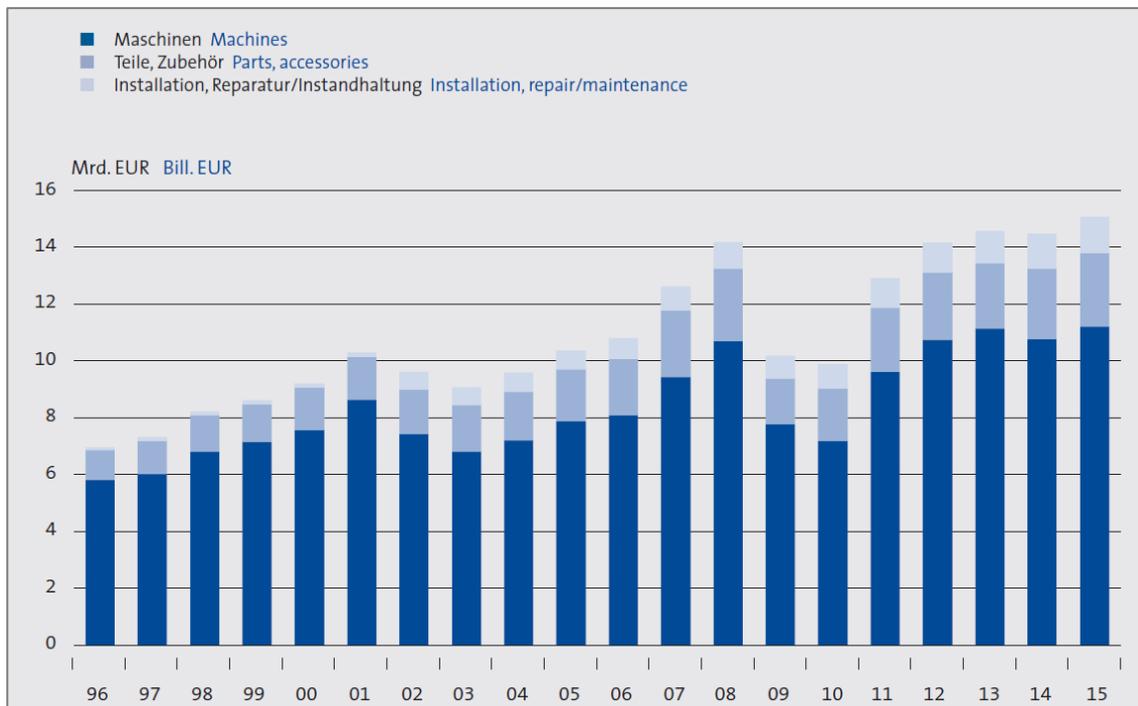
Der Maschinen- und Anlagenbau ist als Kern der deutschen Investitionsgüterindustrie volkswirtschaftlich und beschäftigungspolitisch überaus bedeutend. Die Branche ist mit ihren mehr als 1 Mio. Beschäftigten und einem Umsatz von 218 Mrd. Euro die industrielle Säule Deutschlands. Die meisten der rund 6.400 Unternehmen aus den vielfältigen Teilbranchen des Maschinenbaus sind stark vom Export abhängig – die Exportquote der Branche liegt bei 77,4 Prozent (VDMA 2016). Maschinen und Anlagen stellen eine bedeutende Grundlage für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Industrie dar; Produktivitäts-, Qualitäts- und Kostenentwicklung in den produzierenden Unternehmen vieler Branchen sind durch sie determiniert.

Bedeutung des Werkzeugmaschinenbaus

In besonderem Maße trifft diese Aussage für die industriepolitisch bedeutende und strategisch wichtige Teilbranche „Werkzeugmaschinenbau“ zu. Der „Werkzeugmaschinenbau für die Metallverarbeitung“ ist mit rund 71.600 Beschäftigten in 500 Betrieben (ab 20 Beschäftigte), einem Jahresumsatz von 15,8 Mrd. Euro im Jahre 2015 und immer neuen Produktionswert-Rekorden in den letzten Jahren (Abbildung 1) eine wichtige Industriebranche in Deutschland. Und auch weltweit spielen die von ihm entwickelten und produzierten Investitionsgüter eine entscheidende Rolle für die Leistungsfähigkeit und Innovationskraft des Produzierenden Gewerbes. Die Branche ist damit ein Herzstück und Innovationszentrum der globalen industriellen Produktion mit Strahlkraft in viele Industriezweige. Werkzeugmaschinen schaffen die Grundlagen für industrielle Produkte, Produktinnovationen und neue Verfahren. Wichtigste Abnehmerbranche mit einem Anteil von fast 50 Prozent ist die Automobilindustrie (Hersteller und Zulieferer), gefolgt von den anderen Teilbranchen des Maschinenbaus.

Im klassischen Werkzeugmaschinenbau werden Investitionsgüter für die metallbearbeitende Industrie hergestellt. Dieser umfasst alle Maschinen, die zur Bearbeitung von Werkstücken mit Werkzeugen dienen. Dazu gehören spanende/abtragende und umformende Bearbeitungsverfahren. Auf den spanenden/abtragenden Bereich entfällt ein Produktionsvolumen von rund drei Viertel, auf den umformenden Bereich rund ein Viertel (VDW 2016). Zu den spanenden/abtragenden Werkzeugmaschinen gehören z. B. Drehautomaten, Fräsmaschinen, Honmaschinen, Laserbearbeitungsmaschinen, Schleifmaschinen; zu den umformenden gehören im wesentlichen Pressen, Walzmaschinen und Biegemaschinen. Werkzeugmaschinen bestehen aus verschiedenen Baugruppen, wie z. B. Antrieb, Führung, Gestell-Bauteile, Spindel, Steuerung, Werkzeug- und Werkstückaufnahme etc. Die Produkte des Werkzeugmaschinenbaus können – nach steigendem Komplexitäts- und Automatisierungsgrad – differenziert werden in konventionelle Werkzeugmaschine, CNC-Werkzeugmaschine, Bearbeitungszentrum, flexibles Fertigungssystem, Transferstraße. Neben dem technischen Produkt werden im Werkzeugmaschinenbau Dienstleistungsangebote wie Installation, Reparatur, Instandhaltung und das Servicegeschäft insgesamt immer bedeutender (Ifo-Institut 2016).

Abbildung 1: Werkzeugmaschinen-Produktion Deutschland 1996 bis 2015



Quelle: VDW 2016, S. 12

Die größten Werkzeugmaschinenhersteller in Deutschland sind Trumpf, DMG Mori, Schuler, Grob, Emag, Heller, Körber (United Grinding), Index, Chiron, Niles Simmons Hegenscheidt (NSH), Hermle, Schwäbische Werkzeugmaschinen und Liebherr Verzahntechnik.¹ Entwicklungs- und Produktionsstätten in Deutschland hat zudem der taiwanesischer Konzern Fair Friend Group (FFG), der 2015 die traditionsreichen Werkzeugmaschinenmarken Boehring, Ex-Cell-O, Hessapp, Hüller Hille, Honsberg, Modul und Witzig & Frank von der US-amerikanischen MAG-Group übernahm.

Trotz Rekord-Produktionswerten und großen Exporterfolgen (VDW 2016) steht der Werkzeugmaschinenbau heute und in den nächsten Jahren vor großen Herausforderungen in wirtschaftlicher, technologischer und beschäftigungspolitischer Hinsicht. Internationalisierungsprozesse und die

¹ Basis der Reihenfolge der größten Werkzeugmaschinenhersteller in Deutschland sind eigene Recherchen und veröffentlichte Rankings, wie in der Zeitschrift Produktion vom 14.09.2016 oder im Branchenreport Werkzeugmaschinenbau des Sparkassenverlags (DSV 2016: S. 18).

Märkte in Schwellenländern werden immer wichtiger, neue Wettbewerber und chinesische Investoren nehmen deutsche Werkzeugmaschinenhersteller ins Visier. Technologietrends wie Digitalisierung und Industrie 4.0, aber auch additive Fertigung und Elektromobilität (bzw. alternative Antriebskonzepte mit starkem Wandel bei der wichtigsten Abnehmerbranche Automobilindustrie) wirken sich zunehmend auf die Branche aus. Der demografische Wandel und die Fachkräftesicherung in Zeiten der Digitalisierung der Arbeitswelt („Arbeit 4.0“) müssen von den Unternehmen bewältigt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Kurzstudie für die Hans-Böckler-Stiftung und die IG Metall werden Entwicklungstrends und Herausforderungen für den Werkzeugmaschinenbau erörtert und zusammenfassend dargestellt. Wesentliches Element beim methodischen Vorgehen ist die Analyse von Studien, Fachzeitschriften und weiteren Dokumenten zur Vielfalt technologischer, wirtschaftlicher und beschäftigungspolitischer Entwicklungstrends im Werkzeugmaschinenbau. Diese Sekundäranalyse wird ergänzt durch eine gezielte Informationssammlung und entsprechende Gespräche bei der Metallbearbeitungsmesse AMB 2016 in Stuttgart sowie durch die Teilnahme am Betriebsräte-Netzwerk automobilnaher Maschinenbau Baden-Württemberg, am Branchenteamtreffen Werkzeugmaschinenbau beim IG Metall Vorstand und an der Maschinenbaukonferenz 2016 der IG Metall in Berlin.

Erfolgsfaktoren für die Branche

Für die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Werkzeugmaschinenbaus im europäischen und im weltweiten Rahmen und damit auch für Beschäftigung und Arbeitsbedingungen sind verschiedene Entwicklungstrends und weitere Faktoren von entscheidender Bedeutung. Diese Erfolgsfaktoren lassen sich in generell für Wirtschaft und Beschäftigung wichtige sowie spezifisch für den Werkzeugmaschinenbau relevante Faktoren differenzieren. Spezifische Erfolgsfaktoren für den deutschen Werkzeugmaschinenbau sind:

- die bewährten Hersteller mit langer Tradition und Kundenbindung, aber auch die gewachsene Kundeneinbindung und Nähe zum anspruchsvollen Markt;
- die innovativen und qualitativ hochwertigen Werkzeugmaschinen für Zerspanungstechnik und Umformtechnik;
- die Hightech-Produktion mit hoher Flexibilität;

- die spezialisierten Nischenlösungen auf der einen Seite und auf der anderen Seite das ganzheitliche Produktspektrum mit Systemlösungen und flankierenden Serviceangeboten.

Zudem gelten für den Werkzeugmaschinenbau auch die branchenübergreifenden Erfolgsfaktoren der gesamten deutschen Industrie: das hohe Qualitätsniveau bei Produkten und Lösungsangeboten, die Innovationsfähigkeit, die qualifizierten Fachkräfte verbunden mit hoher Effizienz, Flexibilität und Produktivität sowie die Kundenorientierung und Termintreue. Dazu kommen intakte und durchgängige Wertschöpfungsketten sowie eine hervorragende Forschungsinfrastruktur als positive Standortfaktoren in Deutschland. Weitere Erfolgsfaktoren für die deutsche Industrie liegen in Mitbestimmung und Tarifpolitik im spezifischen deutschen System der industriellen Beziehungen, die für Stabilität und Verlässlichkeit in der Ausgestaltung von Arbeitsverhältnissen sorgen. Dazu gehören insbesondere die regulierende Rolle von Tarifverträgen und die Mitbestimmung, durch die Beteiligungsprozesse und die Einbindung und Partizipation von Beschäftigten organisiert wird. Beides führt zu attraktiven Arbeitsbedingungen in der deutschen Industrie.

Alle diese Punkte sind sehr wichtig, um Wettbewerbsvorteile durch Qualität und Innovation zu generieren. Und nach wie vor ist für das Innovationsgeschehen und für Innovationsprozesse die räumliche Nähe von Entwicklungszentren und Produktionsstätten bedeutend – der Zusammenhang von Entwicklung, Konstruktion und Produktion an einem Standort ist ein großes Plus für die Hochqualitätsproduktion in Deutschland.

Entwicklungstrends im Maschinen- und Anlagenbau

Bevor in den folgenden Kapiteln die branchenspezifischen Entwicklungstrends in den Fokus gerückt werden, erfolgt zunächst eine Darstellung von generellen Entwicklungstrends im Maschinen- und Anlagenbau. Die Märkte und Geschäftsmodelle von Maschinenbauunternehmen heute und in den nächsten Jahren verändern sich wesentlich durch:²

² Einen Überblick zu Entwicklungstrends, Herausforderungen und Zukunftsperspektiven geben die Literaturstudie „Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland“ (Dispan, Schwarz-Kocher 2014) und die Broschüre „Hightech, Greentech, Gute Arbeit“ (IG Metall 2014).

- Verlagerung der Nachfrage in Wachstumsmärkte außerhalb Europas (Schwellenländer, USA): Internationalisierung, lokale Fertigung und Lokalisierung weiterer Funktionen bis hin zu Entwicklungstätigkeiten.
- Zunehmender Wettbewerbsdruck durch Unternehmen insbesondere aus China bzw. Fernost, zunächst vor allem im mittleren Markt- und Technologiesegment.
- Steigende Relevanz des Service- und Dienstleistungsgeschäfts in internationalisierten Märkten.
- Zunehmende Nachfrage nach kundenspezifischen Lösungen. Wandlungsfähigkeit und Flexibilität, aber auch Standardisierung und Modularisierung („Baukastenkompetenz“) werden immer wichtiger.
- „Greentech-Leitmärkte“ rund um Ressourceneffizienz, Energie- und Umwelttechnik mit großem globalem Wachstum. Effizienzlösungen als Notwendigkeit für die Unternehmen.
- Digitalisierung und Verschmelzung des klassischen Maschinenbaus mit Informationstechnologien (Industrie 4.0, digitale Geschäftsmodell-Innovationen).
- Additive Fertigung (3D-Druck) sowie Leichtbau mit (Verbund-)Werkstoffen und neuen Fertigungsverfahren als Herausforderung für etablierte Hersteller.
- Neue, IT-getriebene Geschäftsmodelle von IT-Konzernen, insbesondere aus den USA, können in den nächsten Jahren zur großen Herausforderung für deutsche Unternehmen werden.

Diese Entwicklungstrends und Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau, aber auch für viele andere Bereiche der Metall- und Elektroindustrie, gelten durchweg und teilweise sogar mit besonderer Intensität auch für den Werkzeugmaschinenbau. Die für Werkzeugmaschinenhersteller wichtigen Markt- und Techniktrends stehen im Zentrum der folgenden Hauptkapitel zum „Megatrend Digitalisierung und technologische Trends“ sowie zu „Markt- und Wertschöpfungstrends“. Abschließend wird auf Beschäftigungstrends im Maschinen- und Anlagenbau eingegangen. Speziell zu den Beschäftigungsperspektiven und Arbeitsbedingungen im Werkzeugmaschinenbau selbst liegen keine aktuellen Studien und kaum Informationsmaterial vor. Bei aktuellen Trends rund um die Arbeitswelt im Werkzeugmaschinenbau besteht damit eindeutig Forschungsbedarf in arbeitswissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Hinsicht.

2. Megatrend Digitalisierung und technologische Trends

Bei den Technologietrends und Innovationstreibern im Werkzeugmaschinenbau steht – wie im Maschinenbau insgesamt und in vielen weiteren Wirtschaftsbereichen – die Digitalisierung an erster Stelle. So rückt die Weltleitmesse der Metallbearbeitung EMO im September 2017 in Hannover die Digitalisierung mit dem Motto „connecting systems for intelligent production“ in den Fokus. Der Megatrend Digitalisierung mit seinen vielfältigen Implikationen sollte bei den Werkzeugmaschinenherstellern jedoch nicht dazu führen, die Innovationskraft in ihren klassischen technologischen Feldern zu vernachlässigen. Als aktuelle technologische Trends werden im Marktbericht 2015 des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken aufgelistet (VDW 2016: S. 25):³

- Hochleistungsprozesse wie z. B. Hochleistungsbearbeitung, Hartbearbeitung, Trockenbearbeitung und Minimalmengenschmierung
- Mikrobearbeitung zur Herstellung miniaturisierter Werkstücke
- Lasertechnologie bei Strahlquellen und Laser-Anlagen
- Komplettbearbeitung und Prozesskettenverkürzung durch Integration verschiedener Bearbeitungsverfahren in einer Maschine
- Rekonfigurierbare Fertigungssysteme
- Direktantriebe wie Linear- und Torquemotoren
- Additive Fertigung und hybride Prozesse
- Leichtbau: Bearbeitungsverfahren für Faserverbundwerkstoffe
- Innovative Steuerungen mit den Aspekten Vernetzung, Ferndiagnose, Fehlererkennung bis zur Ebene der Feldgeräte (z. B. Sensoren, Aktoren)

3 Diese „aktuellen technologischen Trends“ weisen über Jahre hinweg eine relativ hohe Kontinuität auf – viele Trends gibt es bereits seit einigen Jahren, nur wenige kommen jeweils neu hinzu, wie der Blick in zurückliegende Marktberichte des VDW zeigt.

- Durchgängige CAX-Verfahrensketten von digitalen Produktmodell­daten bis zum fertigen Bauteil
- Simulation, Virtual Reality, Augmented Reality für Entwickler und Konstrukteure als Tools für die Planung leistungsfähiger Produktionssysteme
- Energie- und Ressourceneffizienz bei Werkzeugmaschinen

Auf einige wesentliche dieser Technologietrends wird im Folgenden nach dem Megatrend Digitalisierung bzw. Industrie 4.0 eingegangen. Die Elektromobilität als disruptiver Trend im Automotive-Bereich, der wichtigsten Abnehmerbranche des Werkzeugmaschinenbaus, wird im Kapitel zu Markt- und Wertschöpfungstrends behandelt.

2.1 Digitalisierung, Industrie 4.0, Robotik, Smart Data

Digitalisierung im Sinne von Industrie 4.0 ist ein zentrales Innovationsthema für den Werkzeugmaschinenbau. Als Anwender geht es um die durchgängige Vernetzung der eigenen Prozesse. Als Anbieter sind die Werkzeugmaschinenhersteller gefordert, für ihre Kunden entsprechende umfassende Lösungen zu entwickeln. Industrieunternehmen in der ganzen Welt, also die potenziellen Abnehmer von Werkzeugmaschinen, beschäftigen sich mit der Digitalisierung und Vernetzung von Produkten, Produktion, Logistik und Wertschöpfungsketten.

Digitale Vernetzung

Diese Unternehmen versprechen sich von der Vernetzung den nächsten großen Entwicklungssprung und damit einen Wettbewerbsvorteil. „Als Schlüsseltechnologie für die Industrieproduktion stehen Werkzeugmaschine und Produktionsprozess besonders im Zentrum der vernetzten Fabrik.“⁴ Demnach sind ganzheitliche und vernetzte Produktions- und Automatisierungslösungen gefragt. Zwar hatte die Digitalisierung bereits die Automatisierung seit den 1970er Jahren ermöglicht, jedoch geht es heute darum, Potenziale durch Vernetzung zu erschließen. Bei der Schaffung von ver-

4 Presseinformation des VDW vom 12.04.2016.

netzten und durchgängigen Gesamtlösungen steht der Werkzeugmaschinenbau noch ganz am Anfang (Prokop 2016: S. 10), wenn auch die durchgängig vernetzte „Smart Factory“ technologisch bereits möglich wäre.

Heutige Herausforderungen für die Industrieproduktion sind der Umgang mit geringeren Losgrößen, komplexeren Teilen, einer größeren Teilevielfalt und der Kombination verschiedener Verfahren. Daraus leiten sich Herausforderungen für Werkzeugmaschinenhersteller im Hinblick auf Kundenanforderungen ab: Diese benötigen Unterstützung dabei, ihre Maschinen effizient auszulasten, den Materialfluss zu optimieren und auch administrative Nebenzeiten von der Angebotserstellung bis zur Rechnungslegung zu reduzieren bzw. automatisieren. Hierfür sind Werkzeugmaschinenhersteller gefordert, dem Kunden ein virtuelles Abbild der Fabrikrealität in Echtzeit, also einen digitalen Schatten, zur Verfügung zu stellen, um dessen Prozesse von der Online-Bestellung über die Auftragsabwicklung, Fertigung und Auslieferung abbilden zu können. Die Digitalisierung von Prozessen und Produkten geht mit neuen Lösungsangeboten und Geschäftsmodellen mit hohem Kundennutzen einher. Für die Zukunftsfähigkeit von Werkzeugmaschinenherstellern bekommen damit Dienstleistungen, Beratung und Serviceangebote einen noch höheren Stellenwert. Gleichzeitig werden neue Anbieter, mit denen die Branche sich auseinandersetzen muss, in den Markt eintreten.

Integration von Robotern in Fertigungssysteme

Ein bedeutender Faktor für die automatisierte und vernetzte Produktion ist die Integration von Robotern in Fertigungssysteme. „Roboter erobern die Werkshallen und integrieren sich in die Werkzeugmaschinen, Automatisierungseinrichtungen werden zu Plug-and-Play-Modulen. ... Sicher wird die Werkzeugmaschine mehr und mehr mit dem Roboter zusammenwachsen, sie werden nicht mehr als getrennte Komponenten nebeneinanderstehen.“⁵ Jedoch wird die praktische Umsetzung wegen fehlender Standards für die Verbindung der digitalen Maschinen erschwert. Eine internationale Norm für Schnittstellen in automatisierten Fertigungssystemen wurde im Jahr 2016 vom VDW auf den Weg gebracht. Damit soll künftig die Vernetzung von Produktionsanlagen und ganzen Prozessketten für Anbieter aller Größenklassen erleichtert werden – mittels standardisierter Schnittstelle kann

5 „Roboter auf dem Vormarsch“ – Interview mit Prof. Bauernhansl (Fraunhofer IPA), AMB-Pressemitteilung vom 19.08.2016.

dann beispielsweise ein Roboter mit der zu bestückenden Maschine die Befüllung und anschließende Bearbeitung der Werkstücke „absprechen“.⁶

Die Metallbearbeitungsmesse AMB 2016 in Stuttgart hat gezeigt, dass der Roboter als direkte Automatisierungslösung in und um die Werkzeugmaschine eine wachsende Daseinsberechtigung erfährt und von Unternehmen wie bspw. DMG Mori, Mazak, Schuler, Stama, Trumpf, Vollmer verstärkt ins eigene Portfolio integriert wird.⁷ Durch die Integration eines Roboters steigt der Automatisierungsgrad von Bearbeitungszentren auf einen Grad, mit dem die Laufzeiten der Maschinen erheblich ausgeweitet werden können – von der mannslosen Nachtschicht bis hin zum durchlaufenden Betrieb übers Wochenende. Ein Beispiel ist die vom Werkzeugmaschinenhersteller Benzinger entwickelte „Roboterzelle zum automatisierten Be- und Entladen seiner modular aufgebauten Präzisionsdrehzentren. ... Ein Präzisionsdrehzentrum GoFuture kann je nach Bearbeitungszeit pro Werkstück über mehrere Stunden ohne Bediener produzieren. ... Die Roboterzelle befindet sich neben der Hauptspindel. Durch eine separate Öffnung in der Umhausung greift der Roboter in den Arbeitsraum, um mit seinem Doppelgreifer Rohlinge in das Futter einzulegen sowie fertig bearbeitete Bauteile zu entnehmen.“⁸

„Smart Data“ und „Machine Learning“

Big Data bzw. Smart Data sind weitere große Schlagwörter im breiten Spektrum des digitalen Wandels. „Produktionsdaten werden in einer Cloud abgelegt und daraus sollen dann vorausschauende Instandhaltung, Anlagen- und Energiedatenmanagement, aber auch systematische Verfügbarkeitsoptimierung ermöglicht werden“ (Abele 2016: S. 8). In diesem Kontext wird auch Machine Learning, also selbstlernende autonome Systeme, die aus großen Datenmengen Wissen generieren, als Zukunftsthema immer wichtiger.⁹ Die enge Verzahnung vielschichtiger Elemente auf Basis einer sehr hohen Datenbreite und Datenmenge bietet neue Ansätze für regelbasierte Optimierung, Transparenz und autonome Abläufe. „In diesen Daten steckt ein Abbild von Zuständen, Prozessen, Materialverhalten oder gar

6 Presseinformation des VDW vom 02.08.2016.

7 „Roboter in der Werkzeugmaschine“, Industrieportal MaschinenMarkt, 26.10.2016.

8 „Kompakte Roboterzelle“, Fachmagazin Fertigung, Heft 9/2016, S. 46.

9 „Machine Learning wird den Maschinenbau prägen“, VDMA-Nachrichten, Heft 12/2016, S. 20.

konstruktiven Eigenschaften – also proprietäres Know-how. Hier gilt es zu klären, wie dies in der Wechselwirkung zwischen eigenen Interessen und dem der Kunden oder Lieferanten von wem wie in welcher Form zu nutzen ist. ... Von großer Bedeutung ist insbesondere die Frage, ob im Sinne der Digitalisierung über neue Beratungsdienstleistungen und Serviceangebote Alleinstellungsmerkmale zum Kunden entwickelt werden können bzw. müssen.“¹⁰

Wenn solche neue Geschäftsmodelle nicht aus der Branche heraus entwickelt werden, dann werden es neue Akteure leichter haben, die Schnittstelle zum Kunden zu erobern: „Tritt ein Dritter mit physikalischer Modellkompetenz und IT-Know-how in die Wertschöpfungskette ein, besteht die Gefahr, einen wichtigen Wettbewerbsvorteil abzugeben. Dies ist kritisch. Eine Reduktion auf First Class Production wird in Zukunft nicht ausreichen.“¹¹ Der Werkzeugmaschinenbau sollte sich wappnen, wenn neue Player – „Google greift in das Herz der deutschen Produktion“ – in den angestammten Markt vordringen wollen. Wenn neue Wettbewerber es schaffen, bspw. erfolgreich Marktplätze für Fertigungskapazitäten einzurichten, verlieren die Werkzeugmaschinenhersteller zunehmend die direkte Beziehung zu ihren Kunden. Wenn Google, Apple & Co „sich zu einem kompetenten Ansprechpartner für gesamtheitliche Fertigungssysteme entwickeln, haben wir auf Kundenentscheidungen immer weniger Einfluss“ (Prokop 2016: S. 13).

Digitale Geschäftsmodelle

Mittels Smart Data oder „Relevant Data“ (Chiron Gruppe) können Maschinenbauer auch neuen Wettbewerbern im Bereich der Digitalisierung Paroli bieten. „Als Werkzeugmaschinenhersteller haben wir ein umfassendes technisches Domänen-Know-how, das den IT-Unternehmen, die diesen Markt erobern wollen, fehlt. Und dieses Maschinenbau-Fachwissen erspart oftmals Big-Data-Rundumschläge.“¹² Zudem ist neben der Frage der Effizienz beim Auswerten großer Datenmengen auch die Datensicherheit ein hochrelevantes Thema. Bei der AMB 2016 kam klar zum Ausdruck, dass es für den Werkzeugmaschinenbau fatal wäre, vor den Risiken durch den Wettbewerb mit IT-Spezialisten die Augen zu verschließen: „Wir müssen

10 „Technologie im Wandel“ von Wilfried Schäfer (VDWF im Dialog, Heft 1/2016, S. 3).

11 „Technologie im Wandel“ von Wilfried Schäfer (VDWF im Dialog, Heft 1/2016, S. 3).

12 Presseinformation der Chiron Group vom 13.09.2016.

die Daten mit Fachwissen verknüpfen und die maschinenbauliche Interpretation ausbauen. Wenn wir in dieser Beziehung unseren Job nicht machen, schieben sich eventuell Datengiganten zwischen uns und unsere Kunden. Aber wenn wir die Chancen richtig nutzen, können wir die Zusammenarbeit intensivieren und ein noch wertvollerer Partner unserer Kunden werden.“¹³ Demnach wird Datenanalyse zu einem immer wichtigeren Teil der Wertschöpfung von Werkzeugmaschinenherstellern. Maschinenbauer müssen künftig „noch stärker darauf achten, all jene Daten, die direkt von ihnen stammen, selbst zu analysieren und diese Möglichkeit nicht ausschließlich der IT-Industrie und den Steuerungslieferanten zu überlassen. Diese Tatsache ist ein diametraler Wandel in unserer Branche“ (Neugebauer 2016: S. 4). Es ist für Werkzeugmaschinenhersteller unumgänglich, digitale Geschäftsmodelle und neue Serviceangebote zu entwickeln und ins Portfolio aufzunehmen.

Ein Vorreiter bei digitalen Geschäftsmodellen ist die Trumpf-Gruppe, die das Tochterunternehmen Axiom als Industrie 4.0-Anbieter mit einer digitalen Geschäftsplattform in Karlsruhe 2015 gegründet hat. Mit Axiom können sich Anbieter mit ihren Maschinen, Komponenten und Sensoren weltweit vernetzen. „So können sie bei Problemen schnell reagieren, Produktionsprozesse optimieren, Updates und Wartungsarbeiten aktiv anstoßen und die Betriebskosten deutlich senken.“¹⁴ Dabei werden die Informationsströme zwischen Maschinenherstellern und produzierendem Gewerbe in vier Bereichen optimiert:

1. Connection Center: hilft Maschinenherstellern ihre Geräte im Feld anzubinden und zu verwalten, um die Verfügbarkeit und den Service zu verbessern.
2. Condition Monitoring: Zustandsüberwachung macht Produktionsprozesse beim Endkunden transparenter und vorhersehbarer, Hersteller können das Verhalten und Komponenten automatisch überwachen.
3. Remote Services: sorgen durch proaktive Software- und Maschinen-Updates aus der Ferne für einen geringeren Instandhaltungsaufwand.
4. Data Analytics: Auswertung der Gesamtheit der erhobenen Daten hilft dabei, die Produktivität der Anwender zu steigern. Die Hersteller sind in die Lage versetzt, die Leistungen ihrer Anlagen unter

¹³ Presseinformation der Chiron Group vom 13.09.2016.

¹⁴ Presseinformation der Trumpf-Gruppe vom 26.10.2016.

realen Produktionsbedingungen zu analysieren und die gewonnenen Ergebnisse zur Produktoptimierung zu nutzen.

Die Daten aus diesen vier Bereichen können die Maschinenhersteller ihren Endkunden in Form von Apps zur Verfügung stellen. Axoom bietet laut eigenen Angaben einen einfachen Einstieg für Interessenten und „höchste Datensicherheit“.

„Industrie 4.0-Readiness“

Digitalisierung betrifft also viele Ebenen und Facetten. Industrie 4.0 erfordert für Werkzeugmaschinenhersteller ein Denken in Gesamtlösungen, die die vier Ebenen Technologien, Maschinen, Produktionslösungen und internetbasierte Geschäftsplattformen verbinden.¹⁵ Die „Industrie 4.0-Readiness“, also die Bereitschaft und Fähigkeit der Unternehmen zur Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten, wurde 2015 für den Maschinen- und Anlagenbau insgesamt untersucht. Nur 22 Prozent der Unternehmen befassten sich demnach „intensiv“ und 35 Prozent „am Rande“ mit Industrie 4.0. Der deutsche Maschinenbau sieht in Industrie 4.0 deutlich mehr Chancen als Risiken: „Neun von zehn Unternehmen, die sich intensiv mit Industrie 4.0 beschäftigen, erkennen in Industrie 4.0 eine Möglichkeit, sich am Markt zu differenzieren. 76,2 Prozent geben zudem an, dass es zum Selbstverständnis von Technologieführern gehört, sich mit diesem Thema zu befassen“ (Lichtblau, Stich 2015: S. 8). Dennoch hatte mit 76,5 Prozent die überwiegende Mehrheit der Maschinenbauunternehmen bis 2015 noch keine systematischen Schritte zur Umsetzung unternommen und zählte damit zu den Neulingen im Bereich Industrie 4.0. Die Industrie 4.0-Implementierung hängt stark mit der Unternehmensgröße zusammen. Große Maschinenhersteller sind weiter bei der Einführung von Industrie 4.0 fortgeschritten als kleine und mittlere Unternehmen. Aus Sicht des VDMA liefert die Industrie 4.0-Readiness-Studie vier wichtige Erkenntnisse für den Maschinen- und Anlagenbau wie auch für dessen Teilbranche Werkzeugmaschinenbau:

- Industrie 4.0 muss stärker in der Unternehmensstrategie verankert werden.
- Qualifiziertes Personal ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor.

¹⁵ Vgl. Geschäftsbericht 2015/16 der Trumpf-Gruppe zur „Vernetzung als Leitmotiv der Innovationstätigkeiten im Bereich Werkzeugmaschinen“ (Trumpf 2016: 119).

- Data-driven Services und vernetzte Produkte ermöglichen neue Geschäftsmodelle und erweitern das Service-Portfolio.
- Finanzierung von Industrie 4.0-Projekten muss gesichert werden.

2.2 Additive Manufacturing und Hybridmaschinen

Additive Manufacturing (3D-Druck) wird in zweierlei Hinsicht immer relevanter für den Werkzeugmaschinenbau: Zum einen betreiben Werkzeugmaschinenbauer Forschung und Entwicklung im Bereich additive Fertigung – Vorreiter ist der schwäbische Werkzeugmaschinenhersteller Trumpf, der mit der „TruPrint 1000“ bereits eine Maschine für den 3D-Druck von Metallteilen mittels Laser Metal Fusion (LMF) auf den Markt gebracht hat; aber auch andere Hersteller wie die Gebr. Heller Maschinenfabrik sehen darin Potenziale für „new business“, so der Heller-CEO. Additive Manufacturing eröffnet ganz neue Möglichkeiten für die Metallbearbeitung und könnte einen Paradigmenwechsel einleiten, wie der Geschäftsführer eines Werkzeugmaschinenherstellers auf den Punkt bringt: „Die Konstruktion bestimmt die Fertigung – selbst bei komplexen Strukturen – und nicht, wie bisher, die Fertigung die Konstruktion.“

Zum anderen sind bereits mehrere Hersteller wie DMG Mori, Hamuel, Hermle, Hurco, Mazak mit Hybridmaschinen am Markt, die sowohl das Auftragen von Material als auch die zerspanende Bearbeitung ermöglichen.¹⁶ So bieten beispielsweise (1) DMG Mori mit der „Lasertec 65 3D“ ein 5-Achs-Bearbeitungszentrum mit integriertem Laserauftragschweißen an und (2) Hermle ein ebenfalls in ein 5-Achs-Bearbeitungszentrum („C-40“) integriertes Metallpulverauftragsverfahren (MPA), mit dem bis zu sechs unterschiedliche Metalle aufgespritzt werden können. Mit der Kombination von Materialaufbau und Abtragung in einer Hybridmaschine ergeben sich viele Vorteile, u. a. in den Gestaltungsfreiräumen und in der Bearbeitung in einer Aufspannung.

Eine Studie zu Chancen und Risiken von Additive Manufacturing für die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie, vom VDW in Auftrag gegeben, gibt

¹⁶ Hybridmaschinen können „Material vom Werkstück spanend abtragen – ganz konventionell, also mit Bohrern und Fräsen. Sie können aber auch Metalle generativ hinzufügen. So lassen sich – ohne Umspannen – Teile erzeugen, die bislang entweder gar nicht herstellbar waren oder aber viele Bearbeitungsschritte verlangten“ (VDI-Nachrichten vom 22.09.2016).

für die nächsten fünf bis sieben Jahre Entwarnung, was die Substitution bestehender Verfahren betrifft. Demnach ergänzt Additive Manufacturing in den nächsten Jahren die Fertigungsverfahren in der Metallbearbeitung. Eine großflächige Verdrängung bestehender Metallbearbeitungsverfahren im spanenden und umformenden Bereich bleibe erst einmal aus: Ausgehend von 40 Prozent Zuwachs pro Jahr für die additiven Verfahren im Metallbereich wird weniger als 1 Prozent der bestehenden Technologien durch additive Verfahren ersetzt. Es lassen sich also nur leichte Verschiebungen im künftigen Produktionsmix des Werkzeugmaschinenbaus ableiten (KEX 2016). Da die Hauptthemen Kosten und Bearbeitungszeit sich in den kommenden Jahren durch technologische Entwicklungen und den Aufbau von Kapazitäten verändern werden, wird sich die Verbreitung von Additive Manufacturing jedoch weiter beschleunigen. Damit einhergehend wird sich das Potenzial für Hybridmaschinen (s. o.) deutlich erhöhen. Insgesamt wird sich Additive Manufacturing (AM) aus Sicht der VDW-Studie in die bestehende Wertschöpfungskette der Metallbearbeitung integrieren. Nichtsdestotrotz sind die Beobachtung der Entwicklungen des hochdynamischen AM-Markts und das Aneignen von AM-Wissen für die Werkzeugmaschinenindustrie erforderlich (KEX 2016).

2.3 Energieeffizienz und Leichtbau

Energieeffizienz steht zwar nicht im Zentrum bei den Innovationstrends im Werkzeugmaschinenbau, ist aber gleichwohl ein Dauerbrenner, wie auch die AMB 2016 gezeigt hat. Trotz aktuell niedriger Ölpreise werden den Werkzeugmaschinenherstellern und ihren Abnehmern die Themen Energiekosten und CO₂-Bilanz immer bedeutender. Die Automobilindustrie als wichtigste Abnehmerbranche von Werkzeugmaschinen möchte die Energieeffizienz als Qualitätskriterium für neu zu beschaffende Anlagen etablieren. Der „Runde Tisch Energieeffizienz mit Automobilisten und Werkzeugmaschinenherstellern“ diskutierte über Maßnahmen für Energieeffizienz, was in das VDMA-Einheitsblatt „Messvorschrift zur Bestimmung des Energie- und Medienbedarfs von Werkzeugmaschinen in der Serienfertigung“ und eine entsprechende Werksnorm mündete (VDMA, VDW 2015: S. 16).

Auch aus Forschungssicht ist Energieeffizienz nach wie vor ein Dauerthema und Gegenstand aktueller Förderausschreibungen.¹⁷ In der ersten Phase wurden die Hauptaggregate, z. B. die Spindel, effizienter gestaltet. Heute liegt der Fokus mehr auf den Nebenaggregaten und einem übergreifenden und intelligenten Thermomanagement. Bspw. beschäftigen sich aktuelle Studien am WZL (Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen) mit der Reduktion unproduktiver Warmlaufzeiten, um auch in kurzen Produktionspausen die Maschinen kurzfristig und flexibel abzuschalten.

Im Leichtbau liegt großes Potenzial für Energieeffizienz, aber auch für höhere Bearbeitungsgenauigkeit und schnellere Bearbeitungsgeschwindigkeit. Der Einsatz hochdämpfender Leichtbau-Verbundwerkstoffe ermöglicht im Maschinenbau die erhebliche Reduktion bewegter Massen. Für bewegte Baugruppen sind eine geringere Masse und eine hohe Schwingungsdämpfung von großem Vorteil. Die geringere Masse bewegter Baugruppen erlaubt kleinere Antriebe und ermöglicht eine Auslegung auf geringere Kräfte. Vorteile, die sich aus dem Einsatz hochdämpfender Leichtbau-Verbundwerkstoffe ergeben können, sind je nach konkreter Anwendung laut Fraunhofer IFAM: eine höhere Bearbeitungsgenauigkeit, eine höhere Bearbeitungsgeschwindigkeit, eine höhere Lebensdauer und ein geringerer Werkzeugverschleiß bei besserer Oberflächengüte.

Insgesamt sind Greentech-Zukunftsfelder wie Energieeffizienz, Materialeffizienz und erneuerbare Energien im Werkzeugmaschinenbau zwar angekommen, gleichwohl gibt es nach wie vor erhebliche Potenziale von Greentech im Maschinenbau. Ressourceneffizienz als zentrales Handlungsfeld für den Klimaschutz wird immer mehr zur Notwendigkeit für den Werkzeugmaschinenbau; erneuerbare Energien sind als Optionen für eine Diversifizierung von Werkzeugmaschinenherstellern anzusehen – sie ermöglichen den Unternehmen Chancen zur Erschließung neuer Geschäftsfelder, basierend auf der erweiterten Nutzung ihrer Kernkompetenzen (Dispan 2012). Wichtige, anwenderbezogene Themen aus dem Bereich der Ressourceneffizienz, die auf der „Technologie-Agenda“ des Werkzeugmaschinenbaus stehen, sind z. B. die Minimalmengenschmierung, rekonfigurierbare Fertigungssysteme (zur lebensdaueroptimierten Nutzung von Anlagen) und energiesparende Werkzeugmaschinen (VDW 2016: S. 25).

17 „Werkzeugmaschine wird digital“ – Interview mit Prof. Brecher (WZL). AMB-Pressemitteilung vom 20.06.2016.

2.4 Komplettbearbeitung und Prozessvielfalt

Noch vor wenigen Jahren definierte man Werkzeugmaschinen nach ihrem Haupteinsatzzweck: Fräs-, Schleif- oder Drehmaschinen. Heute müssen komplexe Werkstücke nicht mehr von einer zur nächsten Maschine transportiert werden. Der Stellenwert von Bearbeitungszentren und flexiblen Systemen ist stark gestiegen, was sich auch daran zeigt, dass diese zum volumenstärksten Sektor unter den abtragenden Werkzeugmaschinen geworden sind. Kombinierte Verfahren liegen im Trend – die klassische Unterscheidung in Dreh-, Fräs-, Schleif- und Laserbearbeitung verschwimmt zunehmend. Insbesondere Laseranlagen werden zu einem „wesentlichen Element von Integrationslösungen (z. B. Drehen und Laserschweißen)“ (DSV 2016: S. 17). „Es gilt, Prozessketten zu verkürzen, hochdynamische Lösungen anzustreben und somit Produktivität zu steigern. Andererseits ist die Teilsubstitution von Transferlinien/Mehrwegemaschinen durch verkettete Bearbeitungszentren als Plädoyer für mehr Flexibilität und Rekonfigurierbarkeit ... zu interpretieren“ (VDW 2016: S. 23).

In der Komplettbearbeitung von zunehmend komplexer werdenden Teilen ist, neben der Effizienz bei der Produktion insgesamt, nach wie vor die Zerspanung in einer bzw. möglichst wenigen Aufspannungen gefragt. Beim Fräsen, Drehen, Schleifen in einer Aufspannung geht es den Anwendern um „Bearbeitungszeiten, Energiekosten, Rüstzeiten, eine mann-arme Fertigung und Mehr-Maschinen-Bedienung. ... Allgemein geht der Trend weiterhin zur Integration mehrerer Technologien in einer Bearbeitung, eine intensive und eine prozesssichere Automatisierung.“¹⁸

Von vielen Werkzeugmaschinenherstellern sind bereits zahlreiche Maschinenkonzepte für die Komplettbearbeitung am Markt. Dazu drei Beispiele für die Kombination verschiedener Arbeitsschritte, mit der vor allem die Bearbeitungszeit gesenkt werden kann, die 2016 bei den Messen METAV und AMB präsentiert wurden:¹⁹

- Die Chiron Group, Tuttlingen, präsentierte aus ihrer Einstiegsbaureihe ein Dreh-Fräszentrum FZ08 MT Precision+, mit dem funktionell eine vollwertige Drehbearbeitung und gleichzeitig eine fünfschichtige Fräsbearbeitung möglich sind. Durch die Aufteilung in zwei Aufspannungen kann eine sechsseitige Komplettbearbeitung durchgeführt werden. Dazu wird als Automatisierungskomponente die FlexcellUno angeboten, eine Ein-

¹⁸ „Techniktrends bei Werkzeugmaschinen“. AMB-Pressemitteilung vom 12.09.2016.

¹⁹ Technischer Abschlussbericht des VDW zur METAV 2016 vom 31.03.2016; und „Innovationswegweiser“ zur AMB 2016 im Fachmagazin Fertigung, H. 9/2016.

- heit aus Werkstückspeicher und Roboter, die direkt am Maschinenbett angebaut ist und mit der Maschine als Einheit aufgebaut wird.
- Die Hommel GmbH, Köln, präsentierte ein Dreh-Fräszentrum für die Komplettbearbeitung großer Werkstücke mit einem maximalen Drehdurchmesser von 640 mm und einer maximalen Drehlänge von 1.150 mm. Die Maschine ist mit zwei Spindeln mit einer Drehzahl von jeweils 3.500 1/min und einer Antriebsleistung von 22 kW ausgestattet. Eine automatische Werkzeugwechseinrichtung ermöglicht den Werkzeugwechsel innerhalb von 1,5 Sekunden. Der Werkzeugspeicher kann mit 120 Dreh- und Fräswerkzeugen bestückt werden.
 - Die Index-Werke GmbH & Co. KG, Esslingen, präsentierten einen weiterentwickelten Mehrspindeldrehautomaten. Im Gegensatz zu konventionellen Mehrspindeldrehmaschinen arbeiten bei dieser Maschine alle Spindeln losgelöst voneinander, so dass die Produktivität kurvengesteuerter Drehmaschinen erreicht wird. Für jede Spindel kann eine eigene Drehzahl eingestellt werden, womit jeweils produktive und prozesssichere Schnittwerte möglich sind. Die Maschine verfügt über sechs Arbeitsspindeln; darüber hinaus sind zwei Synchronspindeln integriert, die eine rückseitige Bearbeitung abgestochener Werkstücke ermöglichen.

3. Markt- und Wertschöpfungstrends

So wie bei den Technologietrends die Digitalisierung an erster Stelle steht, so ist bei den Markttrends die Internationalisierung hervorzuheben. In der Gesamtschau der Analysen und Studien zur Entwicklung des Maschinen- und Anlagenbaus nehmen folgende Themen die wichtigste, „zukunftsentscheidende“ Rolle ein (Kapitel 3.1):

- die Internationalisierung mit Lokalisierung von Fertigung und weiteren Funktionen, auch im Kontext der Verlagerung der weltweiten Nachfrage in die Wachstumsmärkte in Asien, sowie damit einhergehend
- die Bedeutungszunahme des mittleren Markt- und Technologiesegments – im Kontext des zunehmenden Wettbewerbs durch neue, meist nicht-europäische Marktteilnehmer

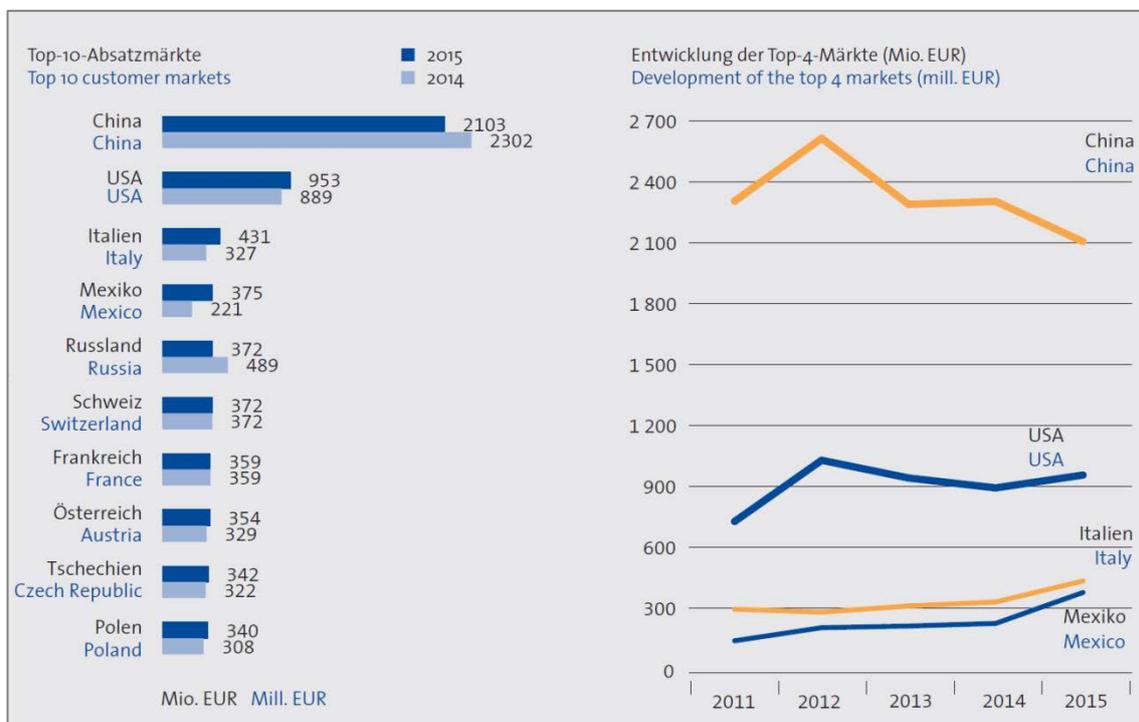
Aber auch weitere Markt- und Wertschöpfungstrends wie die Modularisierung, der Technologiewandel auf Kundenseite, neue Servicekonzepte und der strukturelle Wandel (ab Kapitel 3.2) sind bedeutende Zukunftsthemen für den Werkzeugmaschinenbau.

3.1 Wachstumsmärkte und mittleres Segment

Für den deutschen Werkzeugmaschinenbau hat das Auslandsgeschäft eine hohe Bedeutung. Von der Produktion 2015 im Wert von 13,8 Mrd. Euro (ohne Installation, Reparaturen) sind 9,4 Mrd. Euro Ausfuhren. Dazu müssen laut VDW-Statistik weitere rund 2 Mrd. Euro Auslandsproduktion deutscher Werkzeugmaschinenhersteller hinzugerechnet werden. Von der Produktion in Deutschland gehen über zwei Drittel in den Export – die Exportquote lag 2015 wie im Vorjahr bei 68 Prozent. „Ihre starke internationale Stellung beweisen die deutschen Hersteller auch mit ihrem Titel als Vize-Exportweltmeister, knapp hinter der japanischen Konkurrenz“ (VDW 2016:

S. 32). Der mit Abstand führende Auslandsmarkt für deutsche Werkzeugmaschinenhersteller bleibt 2015 China mit einem Exportanteil von 22,4 Prozent, gefolgt von den USA mit 10,1 Prozent und Italien mit 4,6 Prozent. An vierter Stelle folgen bereits Mexiko, Russland und die Schweiz mit jeweils 4,0 Prozent Exportanteil (Abbildung 2). „Shootingstar als stark expandierender Automobilstandort (und deshalb hoher Werkzeugmaschinennachfrage) ist eindeutig Mexiko mit einem enormen Anstieg um 70 Prozent“ (VDW 2016: S. 32). Betrachtet man hingegen nicht einzelne Staaten, sondern die großen Absatzregionen, so steht Europa auch 2015 für die Hälfte der deutschen Werkzeugmaschinen-Exporte, mit einem Plus von 6 Prozent gegenüber Vorjahr.

Abbildung 2: Deutscher Werkzeugmaschinen-Export: wichtigste Absatzmärkte



Quelle: VDW 2016, S. 34

Aufgrund des starken Marktwachstums in den letzten zwei Jahrzehnten ist der asiatische Markt sehr bedeutend. Als neue Wachstumsregionen rücken die Länder des ASEAN-Raums – insbesondere Thailand, Vietnam, Indonesien, Malaysia, Singapur, Philippinen – verstärkt in den Fokus. Gerade im

lukrativen ASEAN-Markt, in dem die Dominanz der japanischen Werkzeugmaschinenhersteller überaus groß ist, gilt es für den deutschen Werkzeugmaschinenbau stärker Flagge zu zeigen (VDMA, VDW 2016: S. 7). Besonderes Augenmerk ist aber nach wie vor auf den chinesischen Markt und den chinesischen Werkzeugmaschinenbau zu richten. China ist weltweit größter Produzent von Werkzeugmaschinen mit fast 25 Prozent der Weltproduktion. Und auch als weltgrößter Markt für Werkzeugmaschinen behält China trotz eines Verbrauchsrückgangs 2015 seine überragende Bedeutung – das Reich der Mitte nimmt 32 Prozent des weltweiten Verbrauchs auf (VDW 2016: S. 53).

China befindet sich derzeit in einem tiefgreifenden Transformationsprozess. Bereits in der letzten Dekade konnte der chinesische Maschinenbau seine Wettbewerbsfähigkeit erheblich verbessern. Auf die aktuelle Wettbewerbsfähigkeit und technologische Leistungsfähigkeit der chinesischen Maschinenbau-Unternehmen geht eine aktuelle Studie der IG Metall zu „Chinas Maschinen- und Anlagenbau“ ausführlich mittels einer SWOT-Analyse ein (Schüller, Süler-Zhou 2016). Die chinesische Regierung verfolgt für die nächsten Jahre das klare Ziel, die technologische und internationale Wettbewerbsfähigkeit der Industrie nochmals deutlich zu erhöhen.

„Made in China 2025“

Einer von zehn Schlüsselsektoren der „Made in China 2025“-Strategie sind „moderne CNC-Werkzeugmaschinen & Roboter“ (Schüller, Schüler-Zhou 2016: S. 23). Mit einer innovationsgetriebenen Entwicklungsstrategie, die auf einer Integration von IT mit Fertigungstechnologien basiert, soll eine umfassende Qualitätssteigerung und der Anschluss an internationales Spitzenniveau erreicht werden. Dabei spielen Staatsunternehmen und direkte Subventionen nach wie vor eine wichtige Rolle. Jedoch sollte der Trend zu höherer Qualität und stärkerer Automatisierung aus Sicht des VDW „aber gerade der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie in die Hände spielen“ (VDW 2016: S. 53). Den Chancen und Herausforderungen für den deutschen Maschinenbau im chinesischen Markt insgesamt geht die Studie der IG Metall nach: Chancen liegen demnach in neuen Zukunftsfeldern wie Automatisierung und Robotik, im Industrie 4.0-Konzept, in Effizienz- und Umwelttechnologien sowie im steigenden Qualitätsanspruch. Die Herausforderungen für deutsche Maschinenbau-Unternehmen liegen im starken Wettbewerb und schwierigeren Markt, im zu kleinen Premiumsegment (während das mittlere Segment stark wächst), in der starken Rolle

des chinesischen Staats und industriepolitischen Restriktionen sowie im IP-Schutz und der Gefahr von Technologieabfluss (Schüller, Schüler-Zhou 2016: S. 33).

Mit „Made in China 2025“ und dem damit verfolgten Sprung Chinas ins Zeitalter der Smart Factory geraten laut MERICS-Studie 2016 viele Industrieländer unter Druck. Chinesische Unternehmen investieren massiv, um ihre Technologielücken in Hightech-Bereichen zu schließen, indem sie z. B. vermehrt bei Hochtechnologiefirmen wie Kuka einsteigen. Politische Entscheider und Unternehmensführungen sollten sich nicht von kurzfristigen Geschäftschancen täuschen lassen, die „Made in China 2025“ für ausländische Hightech-Unternehmen bereithalte, heißt es in der Studie (MERICS 2016). Politik und Unternehmen müssten „kluge Antworten“ auf Chinas industriepolitische Offensive finden, z. B. eine höhere Transparenz und ein „Investment-Screening“ bei Firmenübernahmen, eine zielgerichtete europäische Industriepolitik, eine starke Einflussnahme auf weltweite Standardisierungs- und Normierungsprozesse sowie ein Vermeiden des unidirektionalen Technologietransfers.

Gleichwohl wird der Maschinenexport ins Reich der Mitte nach wie vor eine große Rolle für die Unternehmen spielen. Eine von Baden-Württemberg international (BWi 2016) in Auftrag gegebene Studie untersucht das Exportpotenzial für den Maschinenbau in China, u. a. für zwei Sparten des Werkzeugmaschinenbaus:

- **Spanende und abtragende Werkzeugmaschinen:** Von chinesischen Herstellern werden einfache CNC-Maschinen in „gigantischen Stückzahlen“ hergestellt. Insbesondere bei Drehmaschinen gibt es einige große staatliche Hersteller, die den chinesischen Markt dominieren. Einige dieser Staatsbetriebe haben deutsche Traditionsfirmen übernommen, wie z. B. Waldrich Coburg (durch Beijing No. 1) oder Schiess (durch Shenyang). Gleichzeitig ist der Importmarkt bereits sehr groß und weiter wachsend. Laut BWi-Studie liegt das Wachstumspotenzial bei den Importen „vor allem im Highend-Bereich, der von steigenden Qualitäts- und Produktivitätsanforderungen getrieben wird“ (BWi 2016: S. 21). Dabei mache die wachsende Nachfrage nach integrierten Systemen eine lokale Systemintegration erforderlich.
- **Umformende und zerteilende Werkzeugmaschinen:** Einfache Maschinen bzw. Pressen werden bereits in „gigantischen Stückzahlen“ in China hergestellt. Die deutschen Hersteller bieten ihre Präzisionspressen oft als Transfersysteme oder mit vor- und nachgelagerten automatisierten Montage- oder sonstigen Verarbeitungsprozessen an. Getrieben durch die Automobilindustrie bildet sich in China zunehmend ein Markt

für Highend-Anwendungen heraus. Gleichzeitig gewinnt auch das mittlere Marktsegment an Dynamik. Die Übernahme des chinesischen Technologieführers Yangzhou durch die Schuler AG illustriert die zunehmende Wichtigkeit dieses Segments für deutsche Unternehmen im chinesischen Markt (BWi 2016: S. 27).

Bei den Schwächen deutscher Unternehmen in China hebt die BWi-Studie die mangelnde Anpassung an den lokalen Bedarf, bzw. „unzureichendes customizing“ hervor (BWi 2016: 4). Der chinesische Maschinenmarkt hat sich für die deutschen Anbieter vom relativ einfach strukturierten Markt zum heute sehr viel komplexeren gewandelt. Es haben sich starke chinesische Wettbewerber etabliert. „Hinzu kommt, dass ein Großteil der Kunden nicht die beste, sondern bezahlbare Technik nachfragt. Für die deutschen Maschinenbauer heißt das, dass sie ihre Produkte verstärkt auf die lokalen Kundenbedürfnisse ausrichten und in das mittlere Technologiesegment einsteigen sollten – wenn sie nicht Marktanteile verlieren wollen“ (BWi 2016: S. 5).

Mittleres Markt- und Technologiesegment

Für den Maschinenbau insgesamt werden die Herausforderungen in diesem Themenfeld in Studien der IG Metall und der Hans-Böckler-Stiftung zusammengefasst: Zum einen wird auf „Hightech versus mittleres Technologiesegment“ (IG Metall 2014) eingegangen, zum anderen werden „Wachstumsmärkte, Lokalisierung und mittleres Marktsegment“ (Dispan, Schwarz-Kocher 2014) ausführlich diskutiert. Im Resümee werden jeweils die Chancen dualer Geschäftsmodelle hervorgehoben, die sowohl das Premiumsegment mit Hightech als auch das mittlere Segment adressieren und damit den Werkzeugmaschinenherstellern aus Deutschland zusätzliche Wachstumschancen in den Schwellenländern eröffnen. Dafür müsste das Geschäftsmodell für das Premiumsegment mit permanenten Innovationen, kundenspezifischen Lösungen und höchster Qualität bei Produkt und Service parallel mit dem Geschäftsmodell für das mittlere Marktsegment mit funktionalen, stärker standardisierten Produkten zu günstigeren Preisen weiterentwickelt werden (Albeck, Woywode 2014). Um ein solches duales Geschäftsmodell etablieren zu können, sind die Werkzeugmaschinenhersteller auf innovative Entwicklungszentren im Verbund mit starken Produktionsstätten in Deutschland angewiesen, die als Impulsgeber und als Leitwerke für das globale Produktionsnetzwerk fungieren.

Die IG Metall verabschiedete bei der Maschinenbaukonferenz 2016 in Berlin die Erklärung „Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau 2030 – Leitbranche mit Zukunftspotenzial vor großen Herausforderungen“, die in einem der fünf zentralen Punkte explizit auf diese Thematik eingeht und speziell auch für den Werkzeugmaschinenbau zutrifft:

„Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist gefordert, seine erfolgreiche HighTech-Strategie beizubehalten und auf der Basis qualifizierter Fach- und Ingenieursarbeit, hohem Forschungs- und Entwicklungseinsatz sowie der heimischen Wertschöpfungsketten weiterhin Premiumanlagen zu produzieren. Ein Abrücken von dieser Strategie hätte gravierende negative Beschäftigungseffekte zur Folge. Eine intelligente modulare Fertigung und durchdachte Plattformkonzepte machen es zudem möglich, neben dem Premiumsegment auch das volumenstarke, von den Schwellenländern nachgefragte mittlere Marktsegment von hiesigen Standorten aus zu bedienen.“ (IG Metall 2016)

3.2 Modulare Bauweise und Plattformkonzepte

Die „Standardisierung und Modularisierung unter Wahrung kundenspezifischer Angebote“ ist ein zentrales Handlungsfeld, mit dem deutsche Maschinenbauer und damit auch Werkzeugmaschinenhersteller ihren Erfolg auch künftig sichern und ausbauen können: „Standardisierung und Modularisierung zielen ab auf ein Portfolio mit geringerer Varianz und Komplexität sowie einem insgesamt niedrigeren Kostenniveau, ohne dabei Breite und Individualität des Angebots zu verringern“ (VDMA, McKinsey 2014: S. 59). Demnach lassen sich durch die Erhöhung der Anteile produktübergreifender Baugruppen und Gleichteile und einen optimalen Standardisierungsgrad sowie durch ein ganzheitliches Modularisierungskonzept entlang aller Unternehmensprozesse sowohl Materialkosten als auch Vertriebs- und Verwaltungskosten in erheblichem Umfang einsparen. Neben der Kostenoptimierung kommen als weitere Vorteile modularer Bauweise u. a. die Reduktion von Komplexität, die Erhöhung der Flexibilität, die Verkürzung der Durchlaufzeit und die höhere Wandlungsfähigkeit hinzu (Dispan 2016). Modulare Bauweise ist damit zum einen aus Herstellerperspektive ein wichtiger Erfolgsfaktor, zum anderen sind „Modularität und vielfältige Einsatzmöglichkeiten für den Anwender von Werkzeugmaschinen ein klares Kaufargument.“²⁰

Modulare Bauweise wird im Werkzeugmaschinenbau wie im Maschinenbau insgesamt seit Jahrzehnten als wichtiges Konzept betrachtet. Je-

20 „Techniktrends bei Werkzeugmaschinen“. AMB-Pressemitteilung vom 12.09.2016.

doch sind entsprechende Ansätze in vielen Unternehmen in den 1980er und 1990er Jahren nicht konsequent und nachhaltig verankert worden, so dass sie mit der Zeit „verwässerten“. Heute ist modulare Bauweise wieder zu einem zentralen internen Strategiethema bei vielen Werkzeugmaschinenherstellern geworden. Einer der Vorreiter sind die Grob-Werke in Mindelheim, die mit dem bereits vor zehn Jahren eingeführten „G-Modul-Baukasten“ eine Erfolgsgeschichte geschrieben haben. Eine konsequente, ganzheitliche Umsetzung von modularer Bauweise – in mechatronischer Funktionssicht – ist auf dem Vormarsch. Dabei steht Modularisierung in einem engen Zusammenhang zu Lean-Konzepten: Sie ermöglicht bzw. erleichtert die Einführung eines synchronen Produktionssystems bzw. getakteter Fließmontage. Die quantitativen wie auch qualitativen Beschäftigungswirkungen modularer Bauweise auf betriebliche Funktionen wie Fertigung, Montage, Entwicklung, Konstruktion und Vertrieb werden in der IG Metall-Studie „Modulare Bauweise – Erfolgsfaktor für den Maschinen- und Anlagenbau?“ (Dispan 2016) ausführlich diskutiert.

Eine Wirkungsabschätzung der modularen Bauweise auf die Wertschöpfung von Werkzeugmaschinenherstellern lässt sich daraus ableiten, dass durch Modularisierung bessere Möglichkeiten des Fremdbezugs von Teilen, Komponenten und Baugruppen geschaffen werden. Aus Arbeitnehmersicht zu befürchten ist die Auslagerung von standardisierten Baugruppen, zum einen als Outsourcing an kostengünstigere Anbieter im Inland, die häufig nicht tarifgebunden sind, zum anderen als Produktionsverlagerung an „Low-Cost-Standorte“ in Osteuropa oder Asien. Modularisierungsstrategien haben damit zum einen eine Erhöhung der Outsourcing- und Offshoring-Optionen (einhergehend mit einer Reduktion der eigenen Fertigungstiefe) sowie zum anderen hohe Potenziale für Produktivitätserhöhungen durch Standardisierung, Gleichteile und stärkere Automatisierung zur Folge.

Gleichwohl gilt modulare Bauweise als ein „Muss“ für viele Werkzeugmaschinenhersteller: Ohne Modularisierung könnten die Unternehmen – sofern nicht hochspezialisierte Nischenanbieter – im internationalen Wettbewerb in den nächsten Jahren kaum bestehen. Jedoch sollte die Interessenvertretung die betrieblichen Gestaltungsspielräume nutzen. Chancen aus arbeitsorientierter Sicht bietet die Einführung modularer Bauweise dann, wenn sich Betriebsräte frühzeitig einschalten, die Interessen der Belegschaft einbringen und den Prozess kritisch begleiten. Mit wirksamer Interessenvertretung gilt es, die Arbeitsbedingungen im Sinne Guter Arbeit zu verbessern und eine beschäftigungssichernde, nachhaltige Standortentwicklung zu erreichen.

3.3 Technologiewandel auf Kundenseite – Beispiel Automobilindustrie

Die Innovationszyklen im Verarbeitenden Gewerbe, und damit bei Nutzern von Werkzeugmaschinen wie der Automobilindustrie, werden bereits seit Jahren immer kürzer. Infolge der Digitalisierung beschleunigt sich das Innovationsgeschehen nochmals. Damit werden Agilität in Entwicklung und Produktion und entsprechend höhere und dynamische FuE-Investitionen zur Herausforderung für den Werkzeugmaschinenbau. Die Unternehmen müssen in der Lage bleiben, Innovationen – speziell im Bereich der Digitalisierung bzw. Industrie 4.0 – selbst zu treiben, um hier nicht zur verlängerten Werkbank bzw. zum „Handlanger“ von Internet- und IT-Konzernen zu werden. Bei der Investitionstätigkeit rücken demnach neben den klassischen Investitionen in Ausrüstung und Gebäude vermehrt strategische Investitionen in Humanressourcen und für Forschung und Entwicklung (FuE) in den Fokus.

Nicht zuletzt steht vor allem beim automobilbezogenen Werkzeugmaschinenbau die starke Beobachtung der Entwicklung bei den Kunden, also den Autoherstellern und der entsprechenden Wertschöpfungskette, hoch oben auf der Agenda. Speziell auf die Produkte und die Geschäftsmodelle der Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus wirkt sich der absehbare, grundlegende Wandel hin zur Elektromobilität bzw. alternativen Antriebskonzepten stark aus. Wenn der Verbrennungsmotor mittelfristig vom Elektroantrieb abgelöst wird, dann werden sich die Produktionsprozesse und Maschinenkonzepte radikal verändern und in Summe werden weniger zerspannende Werkzeugmaschinen benötigt. In 20 Jahren müssen vielleicht nur noch für wenige Kfz-Baureihen Zylinder gefräst oder Kurbel- und Nockenwellen gedreht werden – beides Bereiche, in denen deutsche Werkzeugmaschinenhersteller weltweit führend sind. Bei der Produktion des Antriebsstrangs für das Elektroauto liegt die Zerspanungsleistung um rund 70 Prozent unter dem Verbrenner, weil der elektrische Antriebsstrang wesentlich weniger mechanisch hochbeanspruchte Komponenten und deutlich weniger rotierende Bauteile aufweist. Parallel wird bei Elektroautos Leichtbau eine immer größere Rolle spielen und entsprechend wird sich die Umformtechnik massiv verändern und neu ausrichten müssen. Im Zuge der Dynamisierung der Diskussion ums Elektroauto (umwelt- und klimapolitische Vorgaben und Ziele, Ankündigungen der Autohersteller für die nächsten Jahre) sieht sich der automobilbezogene Werkzeugmaschinenbau zunehmend vor immense Herausforderungen gestellt.

In ihrer strategischen Ausrichtung zielen Werkzeugmaschinenhersteller vermehrt auf einen Abbau der Abhängigkeit vom konventionellen Antriebsstrang von Kraftfahrzeugen. Konkrete Anpassungsstrategien nehmen z. B. den Produktionsprozess von Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs bzw. des Elektroautos ins Visier (bspw. stärkere Ausrichtung auf Montagesysteme oder neue Werkstoffe im Multimaterialmix) oder es wird eine Diversifizierung in Wachstumsfelder abseits der Autoindustrie verfolgt (bspw. in Richtung Medizintechnik, erneuerbare Energien oder andere Greentech-Felder). Solche Strategien von Werkzeugmaschinenherstellern erfordern hohe Investitionen, zunächst vor allem in FuE, dann aber auch in Marketing, Produktion und weitere Funktionen. Hier sind starke größenbedingte Divergenzen zu erkennen (vgl. Kapitel 3.5): Je kleiner der Werkzeugmaschinenhersteller, desto weniger kann in Zukunftsthemen investiert werden. Je größer das Unternehmen, desto höher liegen die Optionen und die Wahrscheinlichkeit für Zukunftsinvestitionen in die Entwicklung neuer Konzepte für nachhaltigen Unternehmenserfolg in Zeiten disruptiven technologischen Wandels. Um Beschäftigung langfristig zu sichern, sollte hier für Betriebsräte die Mitbestimmung und Beteiligung bei Innovationsprozessen bis hin zur Entwicklung von Vorschlägen für neue Innovationsvorhaben im Unternehmen, aber auch die Einflussnahme auf Investitionsentscheidungen, eine wichtige Rolle spielen. Alles in allem wird die sich derzeit abzeichnende Dynamisierung des technologischen Wandels zu alternativen Antriebskonzepten bzw. Elektromobilität die Strukturprobleme des automobilbezogenen Werkzeugmaschinenbaus verstärken und mit großen Herausforderungen für Werkzeugmaschinenhersteller im Hinblick auf Beschäftigung, Innovationen, Investitionen, Diversifizierung und neue Geschäftsmodelle einhergehen.

3.4 Servicekonzepte und vorausschauende Wartung (Service 4.0)

Der Aftersales-Bereich mit Service und Instandhaltung ist bereits eine wichtige Umsatz- und Ertragssäule im Werkzeugmaschinenbau, deren Bedeutung – nicht zuletzt im Zuge der Digitalisierung – tendenziell weiter wachsen wird. Wachstum ist z. B. bei Retrofit und der Vernetzung von Bestandsmaschinen für die Smart Factory (Industrie 4.0) zu erwarten. Retrofitting bestehender Fertigungsanlagen als günstige Alternative zur Neuinvestition rückt bei vorhandenen Anlagen in vielen Anwendungsbereichen in

den Fokus. Nicht zuletzt bei Fertigungsanlagen für den konventionellen Antriebsstrang im Automotive-Bereich, bei denen es u. U. nicht mehr viele Investitionszyklen geben wird (Diesel-Technologie), wird die Modernisierung vorhandener Anlagen wichtiger. Das Spektrum reicht von einer kostenoptimierten Maschinenüberholung mit Wiederherstellung des Ursprungszustandes bis hin zur umfassenden Modernisierung und Vernetzung, mit der die Produktivität deutlich gesteigert werden kann. Dabei wird die Vor-Ort-Modernisierung beim Kunden zunehmend wichtiger als die Inhouse-Modernisierung beim Werkzeugmaschinenhersteller (was wiederum mit einer Zunahme der Auswärtstätigkeiten der Monteure verbunden ist – vgl. Kapitel 4.2).

Völlig neue Möglichkeiten könnten auch in anderen Aftersales-Bereichen entstehen, wie z. B. bei der Instandhaltung durch Augmented Reality-basierte, mobile Wartung und dem Einsatz von Wearables (wie Datenbrillen als digitale Unterstützung des Service von komplexen Maschinen). Im Rahmen der vorliegenden Literaturstudie können nur wenige Schlaglichter auf diesen Bereich geworfen werden. Für die Gesamtbranche Maschinen- und Anlagenbau wurden „Geschäftsmodell-Innovationen durch Industrie 4.0“ untersucht (Bauernhansl et al. 2015). In dieser Studie wird konstatiert, dass die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle auf Basis einer Lebenszyklus- und Serviceorientierung im Maschinenbau noch am Anfang steht und das disruptive Potenzial von Geschäftsmodell-Innovationen vielfach unterschätzt wird. Erfolgsfaktor für einen Maschinenhersteller wird zunehmend, dass er „unter den Rahmenbedingungen der Industrie 4.0 in der Lage ist, dem Kunden ein neues Nutzenniveau durch die Verwendung von Daten zu offerieren“ (Bauernhansl et al. 2015: S. 5). Das derzeitige Angebot fortschrittlicher digitaler Konzepte wie vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) und datenbasierte Dienste ist jedoch überschaubar, wie eine Studie der Impuls-Stiftung berichtet. Jedoch ist die Dynamik der in den nächsten drei Jahren geplanten Einführungen sehr hoch. Eine besondere Rolle kommt dabei modularen Apps zu (Kinkel et al. 2016: S. 21).

Ein wichtiger Faktor im Bereich Servicekonzepte ist die Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen. Bspw. stellte bei der METAV 2016 die Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH ihr neues Konzept für eine möglichst hohe Maschinenverfügbarkeit beim Kunden vor. Durch einen Ferndiagnose-Zugang können Stillstände analysiert und entsprechende Defekte lokalisiert werden. Durch dieses Remote Diagnostic Services System, kurz RDS, kann ein Störfall weltweit und ohne Zeitverzug beseitigt werden. Zudem

werden von Heller unterschiedliche Pakete angeboten, die Inspektionen und vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen umfassen.²¹ Ein weiteres Beispiel sind die von der Schwäbischen Werkzeugmaschinen GmbH angebotenen „Produktivitäts- und Lebenszyklus Services“ für Bearbeitungszentren mit einem Instandhaltungsmanagement inklusive Condition Monitoring für vorbeugende Instandhaltung, Ferndiagnostik und Störungsbehebung sowie der Möglichkeit, einen digitalen Zwilling der Maschine zu visualisieren. Ebenso bieten Maschinenbau-Zulieferer wie Schaeffler Technologies Lösungen für die „Werkzeugmaschine 4.0“ an: „In einem Fräs-Dreh-Universal-Bearbeitungszentrum sind in nahezu allen für den Bearbeitungsprozess relevanten Lagerstellen zusätzliche Sensoren zur Messung von Schwingungen, Kräften, Temperaturen und Drücken integriert, um Echtzeit-Informationen über den Maschinenzustand zu erhalten. Damit die Daten allen zugänglich sind, ist ein maschineninternes Netzwerk eingerichtet, an das alle zusätzlichen Sensoren, Aktoren, aber auch die Auswerteeinheiten angebunden sind. Diese Daten werden an der Maschine und zusätzlich in der Cloud vorgehalten“ (Fecht 2016: S. 53).

Insgesamt rücken Ferndiagnose, Fernwartung und vorausschauende Wartung im Zuge von Industrie 4.0 zunehmend in den Fokus des Servicegeschäfts bei Werkzeugmaschinenherstellern. Entsprechender Service 4.0 – gestützt auf die umfangreichen Daten der Smart Factory – umfasst dazu weitere Dimensionen bis hin zur Optimierung der Produktionsprozesse beim Kunden. Eine für Werkzeugmaschinenhersteller entscheidende Frage bei Service 4.0 liegt im Thema „Cloud“. Die Welt der Cloud-Technologie im Maschinenbau wird vielfältig sein. Auf der einen Seite die „Private Cloud“ mit exklusivem Zugriffsrecht des Speicherplatz mietenden Unternehmens, auf der anderen Seite die Herrschaft des Cloud-Anbieters über die Daten, der dann entscheiden kann, welche Geschäftsmodelle er damit verknüpft. Dazu kommt eine Mischform, bei der der Cloud-Anbieter die Daten im Auftrag des Kunden aufbereitet, analysiert und ggf. Empfehlungen ausspricht („Data Analytics“). Die Risiken einer zu starken Öffnung zur Cloud-Technologie bringt das Statement des Vertriebschefs eines großen Werkzeugmaschinenherstellers auf den Punkt (vgl. Abele 2016: S. 8): „Mit dem reinen Maschinenverkauf erzielt man heute eine eher bescheidene Rendite von drei Prozent, im Servicegeschäft dagegen von sieben Prozent. Warum sollte ich also andere an dem schönsten Teil meines Unternehmens über eine Cloud partizipieren lassen?“

21 Technischer Abschlussbericht des VDW zur METAV 2016 vom 31.03.2016.

3.5 Struktureller Wandel des Werkzeugmaschinenbaus

Ein struktureller Wandel prägt die Unternehmenslandschaft im Werkzeugmaschinenbau. Zum einen gab es in den letzten Jahren die Übernahme von Werkzeugmaschinenherstellern durch Unternehmen aus dem Inland und Ausland bzw. entsprechende Fusionen. „Aufkäufe und Zusammenschlüsse sind an der Tagesordnung“ (DSV 2016: S. 19):

- So fusionierte DMG (Deckel Maho Gildemeister) mit dem japanischen Unternehmen Mori Seiki und firmiert seit 2015 als DMG Mori AG.
- Der weltweit größte Pressenhersteller Schuler übernahm 2007 den Wettbewerber Müller Weingarten und wurde sechs Jahre später selbst von der österreichischen Andritz AG übernommen.
- Bei EMAG teilen sich seit 2009 die Gründerfamilie die Anteile mit einem chinesischen Maschinenbauer.
- Die traditionsreichen Werkzeugmaschinenhersteller Boehringer, Ex-Cell-O, Hessapp, Hüller Hille, Honsberg, Modul und Witzig & Frank wurden 2015 von der taiwanesischen Fair Friend Group (FFG) übernommen.
- Aufgrund der zunehmenden Internationalisierung von Körber Schleifring firmierte das Unternehmen mit den bekannten Marken Studer, Schaudt, Mikrosa, Walter, Ewag, Mägerle, Blohm, Jung im Jahr 2012 um in die United Grinding Group. Nach zahlreichen Unternehmensübernahmen seit Gründung der Schleifring-Gruppe 1993 wurde der Holdingsitz 2012 von Hamburg nach Bern verlegt.

Die Bildung von größeren Strukturen bzw. von Unternehmensgruppen weist darauf hin, dass zunehmend ein „Zwang zur Größe“ bei Werkzeugmaschinenherstellern entsteht. Ein Grund dafür liegt im Megatrend Globalisierung begründet, der kleine und mittlere Unternehmen (KMU) vor größere Herausforderungen als Konzerne oder Unternehmensgruppen stellt. Sowohl für alle größeren als auch für viele KMU aus dem Werkzeugmaschinenbau ist für den nachhaltigen wirtschaftlichen Erfolg eine stärkere internationale Ausrichtung über den reinen Export hinaus immer wichtiger. Dafür sind globalisierte Standortkonzepte im Rahmen globaler Qualitätsproduktion erforderlich. Je größer das Unternehmen, desto eher ist es in der Lage, eine solche Strategie umzusetzen und in die Vernetzung der Produktion in einem weltweiten Produktionssystem zu investieren.

Alles in allem sind die Investitionsbedarfe in Digitalisierung und Diversifizierung hoch. Die Diskussion im Branchennetzwerk Maschinenbau der IG Metall Region Stuttgart, bei dem Betriebsräte aus 14 Unternehmen vertreten sind, zeigt ein auf die Unternehmensgröße bezogenes Muster bei der Investitionstätigkeit: Je kleiner das Maschinenbauunternehmen, desto weniger kann es in Zukunftsthemen investieren und desto mehr lebt es von der Substanz. Je größer das Maschinenbauunternehmen, desto höher ist die Chance für Ausrüstungs- und Bauinvestitionen sowie für Zukunftsinvestitionen in neue Geschäftsmodelle, technologische Innovationen und Diversifizierung. Vor allem im Hinblick auf den technologischen Wandel (z. B. Elektromobilität) sind bei Unternehmensstrategien und entsprechenden Investitionen starke größenbedingte Divergenzen zu erkennen: Größere Maschinenbauunternehmen investieren in FuE und in die Entwicklung neuer Konzepte für zukünftigen Unternehmenserfolg in Zeiten disruptiven technologischen Wandels. Maschinenbau-KMU dagegen erkennen zwar zunehmend die Risiken, die aus dem Wandel bei ihren Abnehmern resultieren, haben aber meist zu wenig personelle und finanzielle Ressourcen, um sich neu auszurichten, auf die Herausforderungen zu reagieren oder gar proaktiv die Chancen aus dem technologischen Wandel zu ergreifen.

Hierauf bezogen ist ein weiterer Punkt von Relevanz: Für spezialisierte Werkzeugmaschinenhersteller wird es zunehmend als notwendig angesehen, dass sie Kooperationen mit anderen Spezialisten aus dem Maschinenbau aufbauen, um stärker das Systemgeschäft bedienen und gemeinsam als Lieferant von Komplettlösungen auftreten zu können. Vor allem für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) wird dies immer wichtiger (vgl. VDMA, McKinsey 2016). Für größere Systemaufträge haben ansonsten die großen internationalen Anbieter per se höhere Akquisitionschancen und die KMU kommen bestenfalls als Unterlieferanten zum Zuge. Gerade innerhalb der Automotive-Wertschöpfungskette sind KMU in Richtung Hersteller aufeinander angewiesen und müssen sich fürs Systemgeschäft als Lieferanten zusammenschließen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Dazu ein Statement von Jörg Hofmann bei der Maschinenbaukonferenz der IG Metall: „Wir schaffen es in Deutschland bislang nicht ..., uns im kleinteiligen Maschinenbau zu Angebotskooperationen zu verbünden. Das ist aber extrem wichtig für die Märkte der Zukunft. In Stuttgart und im Umkreis von 50 Kilometern gibt es jeden Hersteller, den man braucht, um eine Automobilfabrik irgendwo in der Welt hinzustellen – einschließlich der mechanischen Fertigung der Motoren. Aber es gibt dazu kein branchenübergreifendes Konzept für entsprechende Angebote. Da sind wir – auch als IG Metall – dringend gefordert, solche zukunftsorientierten Perspektiven im globalen Umfeld zu schaffen“

(Hofmann 2016: S. 4). Demnach müssten strategische Investitionen von Werkzeugmaschinenherstellern auch verstärkt in Richtung Vernetzung, Kooperation und Systemgeschäft gehen.

4. Arbeits- und Beschäftigungstrends

Fachkräftesicherung, Gute Arbeit und der demografische Wandel sind die großen Herausforderungen für Beschäftigung und Arbeitspolitik im Werkzeugmaschinenbau. Die Teilnehmer der Maschinenbaukonferenz 2016 der IG Metall fordern hierzu in ihrer Abschlusserklärung von den Unternehmen eine langfristige Personal- und Nachwuchsplanung, die Steigerung der Ausbildungsquote und verstärkte Investitionen in Weiterbildung, „um auf den demografischen Wandel und die technologischen Entwicklungen angemessen reagieren zu können“ (IG Metall 2016). Um den Übergang in die digitalisierte Wirtschaft zu meistern, muss der Maschinenbau „auf fortlaufende Qualifizierung, selbstverantwortliches Arbeiten, eine lernförderliche Arbeitsorganisation und dezentrale Anreizsysteme setzen“. Handlungsfelder hierfür liegen in der Steigerung der Tarifbindung in der Branche, der Regelung und Gestaltung von Arbeitszeit, der Regulierung von Leiharbeit und Werkverträgen und insgesamt in der Gestaltung Guter Arbeit im Maschinen- und Anlagenbau.

Auf die Maschinenbau-Mitarbeiter im digitalen Wandel geht die Industrie 4.0-Readiness-Studie des VDMA kurz ein: Demnach tragen die Mitarbeiter die digitale Transformation mit. Jedoch sind bei einem Drittel der Unternehmen notwendige Kompetenzen nicht vorhanden, bei einem weiteren Drittel besitzen die Mitarbeiter in einem relevanten digitalen Bereich die nötigen Kompetenzen, jedoch nicht im ausreichenden Maße. „Bei den Mitarbeitern der Maschinen- und Anlagenbauunternehmen sind zwar vielfältige Kompetenzen vorhanden, aber oft nicht in dem für die detaillierte Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten erforderlichen Ausmaß. ... Die größten Probleme bestehen bei der Entwicklung und Anwendung von Assistenzsystemen und der Kollaborationssoftware“ (Lichtblau et al. 2015: S. 54). Weitere Aspekte zur Arbeit 4.0 im Maschinenbau werden im abschließenden Teilkapitel 4.4 vertieft.

Speziell für den Werkzeugmaschinenbau sind im Themenfeld Beschäftigung und Arbeitsbedingungen aus heutiger Sicht folgende Punkte hervorzuheben, die alle mit den Herausforderungen des demografischen Wandels und Guter Arbeit zusammenhängen:

- Fachkräftesicherung, Aus- und Weiterbildung
- Arbeitszeit und Flexibilisierung der Arbeit
- Produktionssysteme und Arbeitsorganisation

4.1 Fachkräftesicherung, Aus- und Weiterbildung

Fachkräftesicherung ist eine absolute Notwendigkeit für den Werkzeugmaschinenbau. Insbesondere in Bereichen wie Montage, Inbetriebnahme und Engineering gibt es Fachkräftebedarfe. Laut VDW sind gut ausgebildete, hochqualifizierte und engagierte Mitarbeiter die wertvollste Ressource für die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie. Zunehmend wichtig wird es, die „Digital Natives“ und Fachpersonal aus der IT-Welt für die Branche zu gewinnen (Prokop 2016). Besondere Qualifikationsanforderungen gibt es vor allem in Entwicklung und Konstruktion: Personalentwicklung im Bereich Engineering sollte sich verstärkt an den Feldern Programmierung, Datenanalyse, Werkstoffkunde (Leichtbau, Composites), Sensortechnik, Energiemanagement, Umweltmanagement, Geschäftsmodellentwicklung („grüne Geschäftsmodelle“) orientieren (TNO, VVA 2016: S. 49). Nicht speziell zum Werkzeugmaschinenbau, sondern auf den Maschinen- und Anlagenbau insgesamt bezogen, liegt eine aktuelle Studie zu Wirkungen von Industrie 4.0 auf Qualifizierung vor, auf die in den folgenden Abschnitten eingegangen wird.

„Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025“

Die Studie „Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025“ (Pfeiffer, Lee et al. 2016) fragt nach den Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Qualifizierung im Maschinen- und Anlagenbau. Ausgangspunkt dieser Forschungsarbeit war, dass der Maschinenbau als zentrale Ausrüster- und Anwenderbranche im Kontext des digitalen Wandels vor großen Veränderungen steht und damit deutliche Konsequenzen für die Qualifizierung verbunden sind. „Worin diese aber konkret liegen, ist noch weitgehend offen und wird kontrovers diskutiert. Ziel der Studie ist es, dazu den aktuellen Blick der betrieblichen Praxis einzufangen. Dafür werden die aktuelle betriebliche Ausgangslage

und die in der betrieblichen Praxis eingeschätzten Entwicklungspotenziale bis 2025 erfasst“ (Pfeiffer, Lee et al. 2016: S. 7). Die Ergebnisse der vom VDMA beauftragten Forschungsarbeit am Lehrstuhl für Soziologie der Universität Hohenheim lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Qualifikationsstand im Maschinenbau heute:** Die Beschäftigten in der Branche sind formal hervorragend qualifiziert und bewältigen mit ihren großen informellen Fähigkeiten Wandel und Komplexität heute schon in hohem Maße.
- **Berufe:** Gewerblich-technische Ausbildungsberufe spielen quantitativ eine zentrale Rolle. Es dominieren die klassischen Metall- und Zerspanungsberufe und der Hybridberuf Mechatroniker. Das noch junge Berufsbild des/der Produktionstechnologen/-in wird bisher kaum angenommen.
- **Qualifizierung:** Die Unternehmen der Branche zeigen sich punktuell beweglich und veränderungsbereit im Hinblick auf die Strukturen der Aus- und Weiterbildung. Sie unterstützen Beschäftigte bei der beruflichen und akademischen Fortbildung und belohnen Weiterbildung in der Regel mit entsprechenden Beschäftigungschancen. Insgesamt dominiert aber ein bodenständig-abwartendes Verhalten in Bezug auf die innovative Nutzung der Freiräume und Strukturen des Berufsbildungssystems.
- **Industrie 4.0:** Der Maschinen- und Anlagenbau bietet heute schon hoch komplexe Produkte in kleinsten Losgrößen und Engineering-Dienstleistungen an. Die Beschäftigten der Branche erleben einen stärker digitalen und vielfältigeren technischen Wandel als die anderer Branchen.
- **Qualifizierung für Industrie 4.0:** Industrie 4.0 spielt heute schon in der Mehrheit der befragten Unternehmen eine Rolle – in der Erstausbildung wie in der Weiterbildung. Je innovativer Unternehmen sich bei Qualifizierung zeigen und je weiter sie Industrie 4.0 umgesetzt haben, desto mehr finden sich heute schon Antworten im Bereich der Qualifizierung.
- **Qualifizierung bis zum Jahr 2025:** Duales Studium und berufliche Fortbildungssysteme werden wichtiger werden. Der stärkste Bedeutungsverlust wird beim Meister gesehen – für die Mehrheit eine negative Entwicklung. Unabhängig von der Einschätzung, ob eine Verkürzung der Ausbildungszeiten kommen wird oder nicht: das Meinungsbild gegen eine Verkürzung ist einhellig. Begrüßt werden webbasierte Lernmodule als digitale Ergänzung bestehender Ausbildungsformen. Das Duale Studium wird positiv gesehen, trotzdem werden seine Schwächen diskutiert.
- **Industrie 4.0 bis 2025:** Robotik und Web 2.0/mobile Geräte sind aktuell die stärksten Technikthemen in den Unternehmen. Die Bedeutung cy-

ber-physischer Systeme wird bis 2025 stark zunehmen. Wearables sind derzeit noch kaum ein Thema, hier wird aber die größte Bedeutungszunahme bis 2025 erwartet.

- **Entwicklung der Berufsbilder:** Die bestehenden Berufsbilder gelten als gut gerüstet und inkrementelle Veränderungen überwiegend als ausreichend. Auch substanzielle Veränderungen werden erwartet, aber dem System der beruflichen Aus- und Weiterbildung zugetraut. Es zeigt sich etwas mehr Änderungsbedarf bei den Methoden als bei den Inhalten.
- **Qualifizierung für Industrie 4.0 bis 2025:** Die Einschätzungen zur Entwicklung von Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 differieren. Daraus lassen sich drei Szenarien ableiten (Pfeiffer, Lee et al. 2016: S. 82):
 1. **Szenario 1 („Growing Gap“)** geht von einer auseinandergehenden Schere zwischen Hochqualifizierten und Dequalifizierten aus. Dabei gibt es für eine kleine Facharbeiterelite sowie für den akademischen Bereich qualifikatorischen Anreicherungen. Mit einem sinkenden Qualifikationsniveau wird für stärker operativ geprägte Anforderungen im Facharbeitssegment gerechnet, die künftig eine verkürzte Grundqualifikation oder lediglich ein Anlernen direkt am Arbeitsplatz voraussetzen.
 2. **Szenario 2 („General Upgrade“)** beschreibt eine übergreifende Anhebung in der gesamten Qualifikationsstruktur mit erweiterten Anforderungsprofilen auf allen Qualifikationsstufen. Kompetenzprofile erweitern sich übergreifend vor allem im Bereich von IT-Kenntnissen.
 3. **Szenario 3 („Central Link“)** erwartet deutliche Aufwertungen für spezielle Beschäftigtengruppen, die typischerweise eine vermittelnde Rolle zwischen vertikal und/oder horizontal gegliederten Hierarchieebenen bzw. Funktionsbereichen einnehmen und meist auf beruflichen Fort- und Weiterbildungsformaten, wie Techniker und Meister, aufsetzen. Besonders an den Schnittstellen zwischen verschiedenen beruflichen Domänen (Mechanik, Elektronik, IT) entstehen neue und anspruchsvolle Anforderungen.

Insgesamt werden laut der Studie „Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025“ die Anforderungen an interdisziplinäre Zusammenarbeit, den Umgang mit Big Data und Datenschutzfragen weiter steigen. Jedoch seien die Beschäftigten im Maschinen- und Anlagenbau heute bereits hervorragend qualifiziert, sie können mit Komplexität umgehen und sind daher für Industrie 4.0 gerüstet. Die Studie zeige aber auch, dass die Belegschaft kontinuierlich weiterqualifiziert werden muss. Bestehende Berufsbilder, wie der Mechatroni-

ker oder der Industriemechaniker, sollten für die Ausbildung inhaltlich an die Erfordernisse von Industrie 4.0 angepasst werden. Neue Berufe seien aktuell nicht gefragt – hier gelte es die innovativen Potenziale nutzen, die das Berufsbildungssystem bereits heute bietet.

4.2 Arbeitszeit und Flexibilisierung der Arbeit

Zunehmend werden in der Industrie insgesamt wie auch im Maschinenbau Entgrenzungsprozesse von Arbeit konstatiert, zu denen bspw. die Flexibilisierung der Arbeit zählt. Auswertungen im Rahmen des „Zukunftsprojekts Arbeitswelt 4.0“ (Pfeiffer, Schlund et al. 2016) zeigen, dass die tatsächliche Arbeitszeit in Betrieben des Maschinenbaus in Deutschland deutlich über der vereinbarten Arbeitszeit liegt – laut BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung (2012) liegt die tatsächliche Arbeitszeit bei 52,1 Wochenstunden, die vereinbarte bei 36,9. „Es kommt also in der Branche auch heute schon zu einer starken Extensivierung der Arbeit“ (Pfeiffer, Schlund et al. 2016: S. 18).

Diese Kluft ist in der IG Metall-Beschäftigtenbefragung (2013) deutlich geringer: Hier liegt die tatsächliche Arbeitszeit von 37,8 Wochenstunden um gut 2 Stunden über der tariflichen Arbeitszeit. Das Arbeiten außerhalb der regulären Arbeitszeit ist beim Großteil der Beschäftigten im Maschinenbau eher die Ausnahme als die Regel: 35 Prozent arbeiten nie und 48 Prozent nur selten bspw. an Wochenenden. Auf der anderen Seite gehört das Arbeiten außerhalb der regulären Arbeitszeit für 18 Prozent der Beschäftigten ständig oder häufig zum Arbeitsalltag. Auch außerhalb der Arbeit erreichbar zu sein, wird laut IGM-Beschäftigtenbefragung von gut 1/3 der Beschäftigten im Maschinenbau erwartet. Knapp über die Hälfte der Beschäftigten im Maschinenbau (51 Prozent) fühlt sich laut IGM-Beschäftigtenbefragung ständig oder häufig bei ihrer Arbeit gehetzt oder unter Zeitdruck – ein Problem, das vielfach mit Mehrarbeit aufzulösen versucht wird und eine Ursache für Arbeit außerhalb der Kernarbeitszeiten sein kann“ (Pfeiffer, Suphan et al. 2016: S. 68). Zusammenfassend finden sich bei den Arbeitszeiten im Maschinenbau Anzeichen für deutliche Mehrarbeit gegenüber der vertraglich vereinbarten Arbeitszeit; „in Belegschaften mit betrieblicher Interessenvertretung ist eine Extensivierung der Arbeit dagegen weniger ausgeprägt“ (Pfeiffer, Schlund et al. 2016: S. 20).

Der Werkzeugmaschinenbau ist eine besonders volatile Teilbranche des Maschinenbaus, geprägt durch starke Auslastungsschwankungen innerhalb der Konjunkturzyklen der Gesamtwirtschaft und der Investitionszyklen

der Abnehmerindustrien. Damit ist die Flexibilisierung der Arbeit ein Dauerbrenner-Thema bei Werkzeugmaschinenherstellern. Dies gilt sowohl für zeitflexibles Arbeiten in der Produktion und Verwaltung an den Herstellerstandorten als auch für zeit- und ortsflexibles Arbeiten bei Auswärtseinsätzen für Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung der Fertigungsanlagen. Vor-Ort-Montage, Inbetriebnahme und Service sind seit langem durch die wachsende Bedeutung des Exports mit zunehmenden auswärtigen Tätigkeiten im weltweiten Rahmen verbunden. Dazu kommt vermehrt Retrofit mit Angeboten der Vor-Ort-Modernisierung der Maschinen und Anlagen. Gleichzeitig wird z. B. auch Rufbereitschaft durch erweiterte Fernwartungsmöglichkeiten noch wichtiger werden.

Gerade auswärtige Tätigkeiten an wechselnden Einsatzorten sind mit hohen Belastungen verbunden. Den „Herausforderungen für die demografieorientierte Gestaltung auswärtiger Tätigkeiten in Service und Montage“ ging ein Forschungsprojekt der IG Metall im Rahmen der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) nach (Klippert et al. 2016). Belastungen bei auswärtigen Tätigkeiten in Montage und Service liegen zum einen im Arbeiten bei ungünstigen Körperhaltungen und Lastenhandhabung; zum anderen bei psychischen Belastungen durch Zeitdruck, durch längere Abwesenheitszeiten von Familie und gewohntem sozialen Umfeld sowie durch Arbeiten beim Kunden (mit zunehmenden Kundenanforderungen und Erwartungshaltungen) sowie bei Tätigkeiten im Ausland durch kulturelle Unterschiede und Verständigungsprobleme. Dazu kommen Belastungsfaktoren aus dem Bereich Führung und Einbindung von auswärtig Beschäftigten in die Organisation. Eine essenzielle Basis für Gestaltungsmaßnahmen ist eine ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung, deren Elemente, Gestaltungsfelder und Umsetzung im INQA-Leitfaden der IG Metall erläutert werden (Klippert et al. 2016). Eine solche arbeitswissenschaftlich fundierte Gefährdungsbeurteilung ist Grundlage für die demografieorientierte Gestaltung guter Arbeit bei Werkzeugmaschinenherstellern – nicht nur für auswärtige Tätigkeiten, sondern für die Beschäftigten in allen Tätigkeitsfeldern.

Zur Arbeitszeitgestaltung gibt es bereits betriebliche Lösungsansätze wie Arbeitszeitkonten in unterschiedlichen Dimensionen. Im Zuge des demografischen Wandels sollte alternsgerechter Arbeitszeitgestaltung über die gesamte Branche hinweg ein höherer Stellenwert zukommen. Alternsgerechte Arbeitszeitgestaltung „fördert und erhält altersunabhängig die Leistungsfähigkeit von Beschäftigten und trägt ein ganzes Arbeitsleben lang zur Optimierung von Belastungen und Beanspruchungen bei“ (Jaeger 2014: S. 32). So gibt es bspw. im „Bündnis für Arbeit 2021“ bei Trumpf Regelungen zu orts- und zeitflexiblem Arbeiten, wie die Wahlarbeitszeit und

die freie Wahl des Arbeitsorts bei bis zu 20 Prozent der Arbeitszeit. Zudem sind unter dem Stichwort „agiles Zeitsystem“ Vereinbarungen zwischen Mitarbeitern und Führungskraft möglich, die die starre Wochen- oder Monatsarbeitszeit auflösen und nur noch die Jahresarbeitszeit berücksichtigen (Trumpf 2016). Die bereits im „Bündnis 2016“ vereinbarte Wahlarbeitszeit wird auch zur lebenssituationsspezifischen Gestaltung der Arbeitszeit genutzt. Grundlage ist eine vertraglich vereinbarte „Basisarbeitszeit“ jedes Beschäftigten, die zwischen 15 und 40 Wochenstunden liegt. Zur Anpassung an individuelle Zeitbedürfnisse bzw. das Leistungsvermögen haben die Beschäftigten die Möglichkeit, eine von der Basisarbeitszeit abweichende Wahlarbeitszeit zu beantragen, die dann für zwei Jahre gilt.

Beim Werkzeugmaschinenhersteller Trumpf wurde damit laut dem Arbeitsdirektor ein „Abschied von der Präsenzkultur“ eingeläutet, wie auch die GBR-Vorsitzende Renate Luksa bestätigt: „Die Präsenz- und Fleißkultur hat sich spürbar verändert. Wir haben einige Führungskräfte, die ihre Arbeitszeit reduziert haben, und wir haben Frauen mit Kindern, die in Führungspositionen in Teilzeit arbeiten. Trotz der bereits bestehenden vielfältigen Möglichkeiten wünschen sich viele Mitarbeiter aber noch mehr Flexibilität, gerade auch gewerbliche Mitarbeiter. Es ist nicht so, dass das für die Kollegen in der Produktion nur auf dem Papier steht. Wir finden auch für manche in der Schicht, in der Logistik oder in den Montagehallen immer wieder individuelle Lösungen. Trotzdem ist es wegen der Taktzeiten und Fließlinien oft schwierig.“²²

4.3 Produktionssysteme, Arbeitsorganisation, Ergonomie

Produktionssysteme und Arbeitsorganisation sind in weiten Bereichen des Werkzeugmaschinenbaus von Lean-Konzepten geprägt. In der Produktion war Trumpf mit dem Ganzheitlichen Produktionssystem „Synchro“ Ende der 1990er Jahre Vorreiter – seither wurde die Fließmontage mit langen Taktzeiten bei vielen Werkzeugmaschinenherstellern eingeführt. In den letzten Jahren wurden dann auch bei Bürotätigkeiten Lean-Office-Konzepte implementiert.

Für die Produktionsbereiche im Maschinen- und Anlagenbau insgesamt führt das breite Spektrum von Produktionsaufgaben und Montagesystemen

22 „Abschied von der Präsenzkultur“. Mitbestimmung, Heft 12/2015, S. 14.

zu sehr unterschiedlichen Arbeitsplätzen (Pfeiffer, Schlund et al. 2016). Je nach Produktionsaufgaben gibt es z. B. Baustellenmontage für kundenspezifische Anlagen, Fließlinien für komplexe Serienprodukte und weitere, für den Werkzeugmaschinenbau weniger relevante Montagesysteme. Übergreifend sind für den Umgang mit Komplexität und zur erfolgreichen Bewältigung des Wandels am Arbeitsplatz neben der formalen Ausbildung und Weiterbildungsmöglichkeiten insbesondere informelle Fähigkeiten und Erfahrungswissen relevant. Diese Fähigkeiten jenseits formaler Qualifikation bildet der Index für Arbeitsvermögen (AV-Index) ab, der im Maschinen- und Anlagenbau über alle Qualifikationscluster hinweg deutlich höher als in anderen Branchen liegt (Pfeiffer, Schlund et al. 2016: S. 31). Die Erhaltung der Arbeitsfähigkeit ist auch im Hinblick auf den demografischen Wandel über alle Bereiche hinweg eine wichtige Gestaltungsaufgabe. In vielen Produktionsbereichen wurden bereits wirkungsvolle Maßnahmen gegen schweres Heben und ungesunde Bewegungsabläufe umgesetzt. Jedoch bestehen „ergonomische Potenziale bezüglich eines Wechsels zwischen Stehen, Gehen und Sitzen“ (Pfeiffer, Schlund et al. 2016: S. 34).

Spezifische Belastungen und ergonomische Herausforderungen Ganzheitlicher Produktionssysteme (GPS) standen im Zentrum des Betriebsräte-Netzwerks „Lange Takte“ der IG Metall Baden-Württemberg im November 2016, an dem auch mehrere Betriebsräte aus dem Werkzeugmaschinenbau beteiligt sind. Große Belastungen ergeben sich demnach aus der Arbeitsverdichtung (Stress/Leistungsdruck) und aus Ergonomie-Problemen (Belastungen des Muskel-Skelett-Systems). Um Humanisierungspotenziale zu nutzen und eine arbeitspolitische Balance bei diesen Lean-Konzepten zu erreichen, ist die umfassende Beteiligung der Beschäftigten notwendig, so ein Ergebnis der Studie „Balanced GPS“ (Kötter et al. 2016). Als Fazit dieser Studie, die auch auf Erkenntnissen aus dem Werkzeugmaschinenbau beruht, lässt sich festhalten: Bei der Gestaltung von Produktionssystemen kann eine arbeitspolitische Balance nur durch betriebliche Aushandlungsprozesse erreicht werden, weil hier die Interessenlagen der Akteure austariert werden können (Schwarz-Kocher et al. 2016). Hierfür ist eine Kombination von direkter Beteiligung der Beschäftigten und kollektiver Beteiligung durch den Betriebsrat als demokratisch legitimierter Interessenvertreter der Beschäftigten erforderlich.

4.4 Arbeit 4.0

Bei den künftigen Trends rund um die Arbeitswelt rückt Arbeit 4.0 – im Kontext des Megatrends Digitalisierung – zunehmend in den Fokus. Zur Arbeit 4.0 in der Gesamtwirtschaft liegen viele Publikationen vor, unter anderem:

- das Grünbuch und das Weißbuch „Arbeiten 4.0“ sowie das Werkheft „Digitalisierung der Arbeitswelt“ des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (vgl. www.arbeitenviernull.de),
- verschiedene sozial- und arbeitswissenschaftliche Studien, wie bspw. im Sammelband „Digitalisierung industrieller Arbeit“ (Hirsch-Kreinsen et al. 2015) zusammengefasst oder bspw. in Forschungsberichten des IAB (z. B. Dengler, Matthes 2015),
- Veröffentlichungen von Gewerkschaften, wie z. B. „Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen“ als Themenschwerpunkt im Gute-Arbeit-Jahrbuch 2016 (Schröder, Urban 2016) und „Auswirkungen der Digitalisierung/Industrie 4.0 auf die Beschäftigung“ (IG Metall 2016), sowie
- Studien der Hans-Böckler-Stiftung, wie z. B. „Arbeiten in der Industrie 4.0“ (Ittermann et al. 2015) und „Digitalisierung der Arbeitswelt!?“ (Absenger et al. 2016).

Auf den Maschinen- und Anlagenbau bezogen liegen nur wenige Forschungsarbeiten zu Wirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt vor: z. B. die in Kapitel 4.1 bereits ausführlich erläuterte Studie „Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025“ (Pfeiffer, Lee et al. 2016), die in Kapitel 4.2 rezipierten Studien „Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg“ mit Schwerpunkt Maschinenbau (Pfeiffer, Schlund et al. 2016) sowie „Digitalisierter Maschinenbau – Wandel und Entwicklungschancen qualifizierter Arbeit“ (Hirsch-Kreinsen 2017). Aber speziell für den Werkzeugmaschinenbau mit seinen besonderen Anforderungen an Facharbeiter, Techniker und Ingenieure gibt es bisher keine Studien zu möglichen Beschäftigungstrends und Entwicklungsszenarien im Rahmen Arbeit 4.0. Deshalb werden abschließend Ergebnisse aus der auf den Maschinenbau insgesamt fokussierten Studie „Digitalisierter Maschinenbau“ beleuchtet.

„Digitalisierter Maschinenbau“

Die Studie „Digitalisierter Maschinenbau – Wandel und Entwicklungschancen qualifizierter Arbeit“ (Hirsch-Kreinsen 2017) geht davon aus, dass der

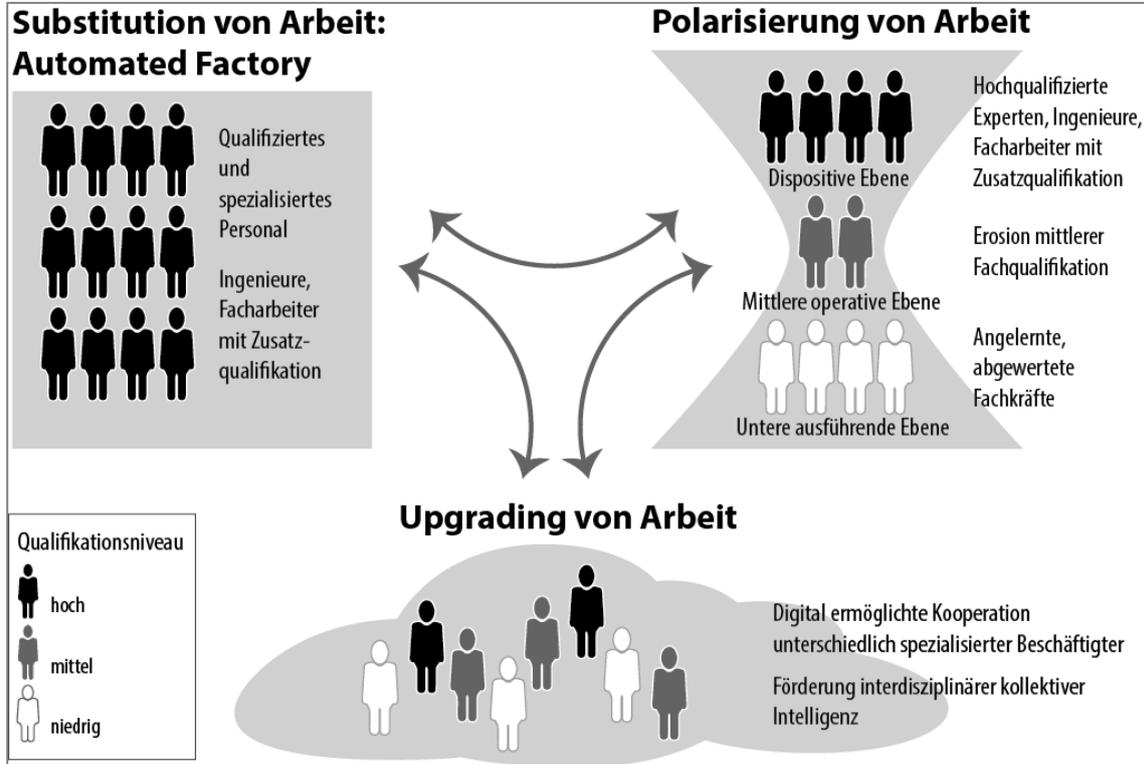
Maschinenbau und seine Arbeitsprozesse in besonderer Weise von der Einführung digitaler Technologien bzw. Industrie 4.0 betroffen sind. Zum einen weil die Branche in ihrer Doppelfunktion als Leitanbieter und als Anwender in besonders ausgeprägter Weise mit den neuen Technologien konfrontiert ist. Zum zweiten stellt sich angesichts des überdurchschnittlich hohen Qualifikationsniveaus der im Maschinenbau Beschäftigten die Frage, welche Konsequenzen der weitreichende technologische Wandel für Arbeitsplätze und Qualifikation haben wird. Der Forschungsfokus richtet sich dabei einerseits auf den derzeit absehbaren Wandel von Arbeitsorganisation, Qualifikationen von Tätigkeiten auf dem „Hallenboden“, andererseits auf einen Gestaltungsansatz zur Sicherung und dem Ausbau qualifizierter Arbeit.

Der Wandel der Arbeit manifestiert sich laut dieser Studie in einer fortschreitenden Flexibilisierung und Entgrenzung von Industriearbeit in zeitlicher, organisatorischer und räumlicher Hinsicht. Zu drei Entwicklungsszenarien werden aktuelle Forschungsergebnisse (vgl. Ittermann et al. 2016) zum Wandel der Arbeit infolge der Digitalisierung zugespitzt (Hirsch-Kreinsen 2017, vgl. Abbildung 3):

- Szenario 1: **Upgrading** – Beschäftigungsstabilität und steigende Qualifikationen: Zentrale Merkmale des Upgrading-Szenarios sind Beschäftigungsstabilität, eine wachsende Bedeutung höherwertiger Tätigkeiten und Qualifikationen sowie eine erweiterte Selbstbestimmung in der Arbeit. Das arbeitsorganisatorische Muster ist von einer weitreichenden Dezentralisierung und Reintegration von zuvor getrennten Funktionen der Planung, Ausführung und Kontrolle gekennzeichnet.
- Szenario 2: **Automated Factory** – Arbeitsplatzverluste: Das Automatisierungs-Szenario geht von einer Substitution von Industriearbeit durch die neuen Technologien aus. Arbeitsplatzverluste werden im Segment geringqualifizierter und standardisierter Tätigkeiten erwartet, wie z. B. in der Maschinenbedienung oder der Logistik.
- Szenario 3: **Polarisierung** – Gewinner und Verlierer: Der Kern dieses Polarisierungs-Szenarios – dem eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit attestiert wird – ist, dass sich die Schere zwischen Gewinnern und Verlierern der Digitalisierung öffnet. Auf der einen Seite finden sich komplexe Tätigkeiten mit hohen Qualifikationsanforderungen, auf der anderen Seite einfache operative Tätigkeiten mit niedrigem Qualifikationsniveau. Gleichzeitig sind bisherige mittlere Qualifikationsgruppen mit zunehmend sinkenden Anforderungsniveaus konfrontiert. „Arbeitsorganisatorisch impliziert dieser Entwicklungsverlauf eine fortschreitende Ausdiffe-

renzung von Tätigkeiten und Qualifikationen ‚nach oben‘ und ‚nach unten‘ in Form einer polarisierten Arbeitsform“ (Hirsch-Kreinsen 2017).

Abbildung 3: Entwicklungsszenarien zur Zukunft digitaler Arbeit



Quelle: Ittermann et al. 2016, S. 13

5. Fazit und Handlungsfelder

Der Werkzeugmaschinenbau ist mit rund 71.600 Beschäftigten in 500 Betrieben (ab 20 Beschäftigte) und einem Jahresumsatz von 15,8 Mrd. Euro im Jahre 2015 eine wichtige Industriebranche in Deutschland. Und auch weltweit spielen die von ihm entwickelten und produzierten Investitionsgüter eine entscheidende Rolle für die Leistungsfähigkeit und Innovationskraft des Produzierenden Gewerbes. Trotz Rekord-Produktionswerten und großen Exporterfolgen steht der Werkzeugmaschinenbau vor großen Herausforderungen in wirtschaftlicher, technologischer und beschäftigungspolitischer Hinsicht: Internationalisierungsprozesse und die Märkte in Schwellenländern werden immer wichtiger, neue Wettbewerber und chinesische Investoren nehmen deutsche Werkzeugmaschinenhersteller ins Visier. Technologietrends wie Digitalisierung, Industrie 4.0 und Roboterintegration, aber auch additive Fertigung und Elektromobilität (mit starkem Wandel bei Abnehmerbranchen) wirken sich zunehmend auf die Branche aus. Der demografische Wandel und die Fachkräftesicherung in Zeiten der Digitalisierung der Arbeitswelt („Arbeit 4.0“) müssen von den Unternehmen bewältigt werden. Diese und weitere Gestaltungsaufgaben, wie in den Bereichen Flexibilisierung der Arbeit, neue Produktionssysteme und Arbeitsorganisation, werden für die Interessenvertretung im Werkzeugmaschinenbau in den nächsten Jahren hohe Bedeutung haben.

Jedoch stehen bei der Betrachtung von Entwicklungstrends im Werkzeugmaschinenbau bei vielen Studien die Technologie- und Marktentwicklung im Zentrum. Daraus lassen sich vielfältige Anforderungen und Zielsetzungen für eine aktive, nachhaltige Industriepolitik im Maschinen- und Anlagenbau ableiten, zu denen u. a. gehören: die Stärkung der Technologie- und Produktionsstandorte in Deutschland, die Förderung von Beschäftigung und Guter Arbeit, die Nutzung von Chancen, die im ökologischen Umbau der Industriegesellschaft liegen, die Steuerung des demografischen Wandels durch langfristige Personal- und Nachwuchsplanung sowie die ak-

tive Begleitung des digitalen Strukturwandels (IG Metall 2014). Zur größten Herausforderung in den nächsten Jahren könnte der sich verstärkende technologische Wandel zu alternativen Antriebskonzepten bei der mit Abstand wichtigsten Abnehmerbranche des Werkzeugmaschinenbaus werden. Von der schrittweisen Umstellung auf Elektromobilität wäre der Werkzeugmaschinenbau als Hersteller der Fertigungsanlagen für den automobilen Antriebsstrang gravierend und als eine der ersten Branchen betroffen.

Im Gegensatz zu Technologie- und Markttrends gibt es bei Beschäftigungstrends und beim „Erfolgsfaktor Mensch“ deutliche Forschungslücken in der Teilbranche Werkzeugmaschinenbau. Insbesondere Branchenanalysen und Trendstudien der klassischen Unternehmensberatungen und Finanzdienstleister blenden Themen wie Beschäftigungsperspektiven und Arbeitsbedingungen weitgehend aus. Weitere Forschungen zu den aktuellen Arbeitsbedingungen im Werkzeugmaschinenbau sollten zur Basis für eine erfolgreiche Gestaltung guter Arbeit werden. Deshalb werden diese arbeitsorientierten Themen abschließend in den Mittelpunkt gestellt.

Aus dem Wandel im Werkzeugmaschinenbau mit seinen vielfältigen Herausforderungen ergeben sich Handlungsbedarfe für die Mitbestimmungsträger. In diesem Zusammenhang ist die hohe Qualifikation und Fachkompetenz der Beschäftigten als Erfolgsfaktor und große Stärke des Werkzeugmaschinenbaus hervorzuheben. Das Qualifikationsniveau, die Motivation und die Kreativität der Mitarbeiter sind entscheidende Faktoren für Innovationen, Kundenbindung, Wachstum und Qualität in der Branche. Damit sind Fachkräftesicherung und Personalentwicklung wichtige Zukunftsthemen für die Unternehmen der Branche. Bedeutende Hebel für die Kompetenzentwicklung der Beschäftigten liegen in der Ausbildung und Weiterbildung von Mitarbeitern aus allen Bereichen sowie in der strategischen Personalplanung.

Neben gut qualifizierten und motivierten Beschäftigten ist aber auch die betriebliche Partizipation und die Einbindung von Beschäftigtenwissen in die Prozesse eine wichtige Größe. Eine entsprechende Unternehmenskultur, die der Mitbestimmung und Mitarbeiterbeteiligung einen hohen Stellenwert beimisst, birgt große Potenziale für die nachhaltige Weiterentwicklung der Unternehmen und die betriebliche Innovationsfähigkeit. Gerade bei betrieblichen Innovationsprozessen kommt der Interessenvertretung eine wichtige Rolle zu. Aufgrund ihrer Vertrauensbeziehungen zu den Beschäftigten sind Betriebsräte und Vertrauensleute in der Lage, zusätzliche Innovationspotenziale zu aktivieren, das Wissen von Beschäftigten in Innovationsprozesse einzubringen und entsprechende Veränderungsprozesse arbeitsorientiert zu gestalten.

Zusammenfassend sind für die Mitbestimmungsträger vor allem Handlungsfelder zur Beschäftigungssicherung und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen relevant:

- Stärkung der betrieblichen Aus- und Weiterbildung.
- Konzepte zur Bewältigung des demografischen Wandels, beispielsweise durch ergonomische Lösungen bzw. alter(n)sgerechte Gestaltung der Arbeit.
- Frühzeitige Partizipation bei Prozessinnovationen (z. B. bei der Einführung von neuen Produktionssystemen) und Gestaltung von neuen Arbeitsprozessen im Sinne Guter Arbeit in allen Unternehmensfunktionen.
- Gestaltung innovativer, arbeitsorientierter Konzepte zur Verbesserung der internen Flexibilität (z. B. Arbeitszeitkonten, Arbeitsorganisation).
- Einhaltung der tariflichen Regelungen zur Arbeitszeit und zum Entgelt. Gestaltung von attraktiven und transparenten Entgeltsystemen.
- Stärkung des präventiven Gesundheitsschutzes und des betrieblichen Gesundheitsmanagements, z. B. indem aus Gefährdungsbeurteilungen heraus konkrete Maßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.
- Einflussnahme auf Investitionsentscheidungen und Entwicklung von Vorschlägen für Innovationsvorhaben.
- Kritische Begleitung von Make-or-buy-Entscheidungen und Entwicklung von Insourcing-Konzepten.

Alles in allem sind bei Zukunftsentwürfen, Beschäftigungsszenarien und Branchenkonzepten für den Werkzeugmaschinenbau, wie auch den deutschen Maschinenbau insgesamt, aus arbeitsorientierter Sicht immer wieder die Erfolgsfaktoren Mitbestimmung, Tarifsystem und industrielle Beziehungen als entscheidende Vorteile des Industriemodells Deutschland in die Waagschale zu werfen.

6. Anhang: Abschlusserklärung Maschinenbaukonferenz 2016

Abschlusserklärung der IG Metall-Maschinenbaukonferenz 2016:



Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau 2030 – Leitbranche mit Zukunftspotenzial vor großen Herausforderungen

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau hat eine herausragende Bedeutung für die ökonomische Leistungsfähigkeit Deutschlands.

Angesichts der großen Herausforderungen – Globalisierung, Energiewende, Digitalisierung, demografischer Wandel – haben sich heute 220 Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Rahmen der Maschinenbaukonferenz der IG Metall mit Vertretern der Wirtschaft und der Politik darüber beraten, wie es gelingen kann, dass die Branche auch künftig einen gewichtigen Beitrag für sichere und gut bezahlte Beschäftigungsverhältnisse in unserem Land leistet.

Die IG Metall sieht die Branche – mit über einer Million Beschäftigten einer der größten Industriezweige – mit fünf zentralen Herausforderungen konfrontiert, die sie angehen muss, will sie die Zukunft erfolgreich meistern. Wir sind davon überzeugt, dass dies gelingen kann.

Das erfolgreiche Modell der industriellen Beziehungen – der Flächentarif, der für attraktive Entgelte sorgt, die Mitbestimmung, die die Mitsprache und Beteiligung der Belegschaften regelt – ergänzt durch eine voraus-

schauende Industriepolitik, geben den passenden institutionellen Rahmen für die Gestaltung der Zukunft vor.

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist gefordert:

- seine erfolgreiche HighTech-Strategie beizubehalten und auf der Basis qualifizierter Fach- und Ingenieursarbeit, hohem Forschungs- und Entwicklungseinsatz sowie der heimischen Wertschöpfungsketten weiterhin Premiumanlagen zu produzieren. Ein Abrücken von dieser Strategie hätte gravierende negative Beschäftigungseffekte zur Folge. Eine intelligente modulare Fertigung und durchdachte Plattformkonzepte machen es zudem möglich, neben dem Premiumsegment auch das volumenstarke, von den Schwellenländern nachgefragte mittlere Marktsegment von hiesigen Standorten aus zu bedienen.
- die von „grünen“ Technologien gebotenen Chancen für Wachstum und Beschäftigung noch stärker als bisher zu nutzen. Vor allem die Großprojekte des Umbaus der Industriegesellschaft, wie z. B. Elektromobilität und Energiewende, sowie Querschnittstechnologien wie der Leichtbau, die ressourcensparende Mikrosystemtechnik oder die Kraft-Wärme-Koppelung bieten Wachstumsfelder, für die bisher nur unzureichend Produkte und Anlagen entwickelt werden.
- den zu hohen Altersdurchschnitt in seinen Unternehmen durch eine langfristige Personal- und Nachwuchsplanung zu senken. Er muss die Ausbildungsquote weiter steigern und verstärkt in Weiterbildung investieren, um auf den demografischen Wandel und die technologischen Entwicklungen angemessen reagieren zu können.
- den Übergang in die digitalisierte Wirtschaft zu meistern, was für die Klein- und Mittelbetriebe, die die Branche prägen, eine besondere Herausforderung darstellt. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau muss dabei auf fortlaufende Qualifizierung, selbstverantwortliches Arbeiten, eine lernförderliche Arbeitsorganisation und dezentrale Assistenzsysteme setzen. Er muss zudem seine eigene IT-Kompetenz fortentwickeln.
- eine pro-aktive Industriepolitik mit zu gestalten, die mit Investitions- und Innovationsinitiativen die hiesigen Produktions- und Technologiestandorte stärken muss. Die in Strukturumbrüchen und vor Krisenentwicklungen stehenden Teilbranchen brauchen industriepolitische Begleitung, damit beschäftigungspolitische Härten abgefedert werden können. Eine verantwortungsvolle Politik darf sich dieser Anforderung nicht verweigern.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Maschinenbaukonferenz der IG Metall sehen in den formulierten Herausforderungen auch eine Selbstverpflichtung.

Wir wollen die Tarifbindung in der Branche weiter steigern, damit diese mit gut geregelten Arbeitsbedingungen für Fachkräfte weiterhin attraktiv bleibt.

Wir müssen Arbeit neu denken. Der Verfall geleisteter Arbeitszeit, Schichtarbeit, die Vereinbarkeit von Familie und Beruf oder die Anforderungen an mobiles Arbeiten stellen uns vor neue Herausforderungen zur Regelung und Gestaltung von Arbeitszeit.

Wir wollen sichere und faire Arbeit. Das heißt für uns, prekäre Beschäftigung zu verhindern, Leiharbeit und Werkverträge besser zu regulieren sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen weiter zu verbessern.

Wir wollen den Organisationsgrad in den Betrieben steigern und damit unsere Durchsetzungsfähigkeit verbessern.

Wir werden als Akteure der Mitbestimmung, der Tarifpolitik und der Branchenarbeit dazu beitragen, dass der deutsche Maschinen- und Anlagenbau auch künftig seinen unverzichtbaren Beitrag leistet:

Für Gute Arbeit, ökologische Nachhaltigkeit und einen starken Sozialstaat.

Berlin, 30. September 2016

Literatur

- Abele, Eberhard (2016): Digitale Transformation – Big Data im Maschinenbau. In: Maschinenbau und Metallbearbeitung, August 2016, S. 8.
- Abele, Eberhard; Reinhart, Gunther (2011). Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München.
- Absenger, Nadine; Ahlers, Elke; Herzog-Stein, Alexander; Lott, Yvonne; Maschke, Manuela; Schietinger, Marc (2016): Digitalisierung der Arbeitswelt!? Ein Report aus der Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf.
- Albeck, Wolfgang; Woywode, Michael (2014): Absatzmarkt China – „mittleres Marktsegment“ als Wachstumsmotor für den Maschinenbau? Foliensatz. Mannheim.
- AMB (2016): Pressemitteilungen Internationale Ausstellung für Metallbearbeitung. Stuttgart.
- Bauernhansl, Thomas; Emmrich, Volkhard (2015): Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0. Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau. München.
- Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden.
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2016): Weißbuch Arbeiten 4.0. Berlin.
- BWi – Baden-Württemberg international (2016): China: Marktchancen im Maschinenbau. Stuttgart.
- Commerzbank (2015): Maschinenbau. Branchenbericht. Frankfurt.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Nürnberg (= IAB-Forschungsbericht 11/2015).
- Deutsche Bank Research (2015): Heterogener Maschinenbau mit Potenzial. Frankfurt.
- Dispan, Jürgen (2009): Werkzeugmaschinenbau 2009. Krisenwirkungen und aktuelle Herausforderungen. Stuttgart (= IMU-Informationdienst Nr. 5/2009).

- Dispan, Jürgen (2012): Maschinen- und Anlagenbau: Herausforderungen und Zukunftsfelder. In: Allespach, Martin; Ziegler, Astrid (Hrsg.): Zukunft des Industriestandortes Deutschland 2020. Schüren-Verlag, Marburg, S. 216–233.
- Dispan, Jürgen (2016): Modulare Bauweise – Erfolgsfaktor für den Maschinen- und Anlagenbau? Wirkung von Baukastensystemen auf Beschäftigung. Kurzstudie für die IG Metall. Frankfurt (IG Metall).
- Dispan, Jürgen; Schwarz-Kocher, Martin (2011): Werkzeugmaschinenbau – Krisenwirkungen und Herausforderungen für eine Schlüsselbranche. In: Scheuplein, Christoph; Wood, Gerald (Hrsg.): Nach der Weltwirtschaftskrise: Neuanfänge in der Region? Münster, S. 156–181 (= Beiträge zur europäischen Stadt- und Regionalforschung, Bd. 8).
- Dispan, Jürgen; Schwarz-Kocher, Martin (2014): Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland. Entwicklungstrends und Herausforderungen. Eine Literaturstudie. Stuttgart (= IMU-Informationdienst Nr. 1/2014).
- DSV – Deutscher Sparkassen- und Giroverband (2016): Werkzeugmaschinenbau. Branchenreport 2016. Stuttgart.
- Fecht, Nikolaus (2016): Mit Predictive Maintenance intelligent warten. In: VDMA-Nachrichten, H. 2/2016, S. 50–56.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2017): Digitalisierter Maschinenbau – Wandel und Entwicklungschancen qualifizierter Arbeit. Frankfurt (IG Metall).
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hrsg.)(2015): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden.
- Hofmann, Jörg (2016): Statement auf der Maschinenbaukonferenz der IG Metall in Berlin am 29. September 2016. Berlin.
- Ifo-Institut (2016): Metallbearbeitungsmaschinen. Wiesbaden (VR Branchen Special).
- IG Metall (2014): Hightech, Greentech, Gute Arbeit. Zukunftsperspektiven des Maschinen- und Anlagenbaus. Frankfurt.
- IG Metall (2016): Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau 2030 – Leitbranche mit Zukunftspotenzial vor großen Herausforderungen. Abschlusserklärung der Maschinenbaukonferenz 2016. Berlin.
- IG Metall (2016): Auswirkungen der Digitalisierung/Industrie 4.0 auf Beschäftigung. Frankfurt.
- Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan; Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Düsseldorf.
- Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan; Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Dregger, Johannes; ten Hompel, Michael (2016): Social Manufacturing and Logis-

- tics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik. Dortmund (Soziologisches Arbeitspapier Nr. 47).
- Jaeger, Corinna (2014): Arbeitszeiten alternsgerecht gestalten. In: Betriebspraxis & Arbeitsforschung, 220, S. 32–37.
- KEX Knowledge Exchange AG (2016): Additive Manufacturing. Potenziale und Risiken aus dem Blickwinkel der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie. Aachen.
- Kinkel, Steffen; Rahn, Johanna; Rieder, Bernhard; Lerch Christian; Jäger, Angela (2016): Digital-vernetztes Denken in der Produktion. Karlsruhe.
- Klippert, Jürgen; Hartwich, Hans-Dieter; Anlauff, Wolfgang (2016): Herausforderungen für die demografieorientierte Gestaltung auswärtiger Tätigkeiten in Service und Montage. Eine Bestandsaufnahme aus Beschäftigtensicht. Nürnberg.
- Kötter, Wolfgang; Schwarz-Kocher, Martin; Zanker, Christoph (Hrsg.)(2016): Balanced GPS. Ganzheitliche Produktionssysteme mit stabil-flexiblen Standards und konsequenter Mitarbeiterorientierung. Wiesbaden.
- Lichtblau, Karl; Stich, Volker et al. (2015): Industrie 4.0-Readiness. Aachen, Köln.
- MERICS – Mercator Institute for China Studies (2016): Made in China 2025. The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries. Berlin.
- Neugebauer, Reimund (2016): Digitalisierung der Produktion – Innovationspush für Fertigungstechnologien der Zukunft. Rede zum Festakt 125 Jahre VDW am 16.06.2016 in Frankfurt am Main.
- Oliver Wyman (2016): Perspectives on Manufacturing Industries. New York.
- Pfeiffer, Sabine; Lee, Horan; Zirnic, Christopher; Suphan, Anne (2016): Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025. Frankfurt (VDMA).
- Pfeiffer, Sabine; Schlund, Sebastian; Suphan, Anne; Korge, Axel (2016): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Zusammenführung zentraler Ergebnisse für den Maschinenbau. Stuttgart.
- Pfeiffer, Sabine; Suphan, Anne; Zirnic, Christopher; Kostadinova, Denitsa (2016): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Quantitative Analysen mit Schwerpunkt auf der Branche Maschinen- und Anlagenbau. Stuttgart.
- Prokop, Heinz-Jürgen (2016): Märkte, Maschinen, Menschen: Drei Fokus-themen des VDW. Rede zum Festakt 125 Jahre VDW am 16.06.2016 in Frankfurt am Main.

- Schröder, Lothar; Urban, Hans-Jürgen (Hrsg.)(2016): Gute Arbeit. Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen. Jahrbuch 2016. Frankfurt.
- Schüller, Margot; Schüler-Zhou, Yun (2016): Chinas Maschinen- und Anlagenbau. Entwicklungstrends und Herausforderungen für Deutschland. Frankfurt (IG Metall).
- Schwarz-Kocher, Martin; Kirner, Eva; Dispan, Jürgen; et al. (2011): Interessenvertretungen im Innovationsprozess. Berlin.
- Schwarz-Kocher, Martin; Pfäfflin, Heinz; Salm, Rainer; Seibold, Bettina (2016): Arbeitspolitische Balance in GPS durch umfassende Beteiligung der Beschäftigten. In: Kötter, Wolfgang et al. (Hrsg.): Balanced GPS. Wiesbaden, S. 63–82.
- TNO; VVA (2016): Studie zur Antizipation der Auswirkungen von Politiken im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit auf Beschäftigung und Qualifikationen in den Sektoren Werkzeugmaschinen und Robotik. Brüssel.
- Trumpf (2016): Filigran. Geschäftsbericht 2015/16. Ditzingen.
- VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (2016): Maschinenbau in Zahl und Bild 2016. Volkswirtschaft und Statistik. Frankfurt.
- VDMA-Nachrichten: Auswertung der Jahrgänge 2012 bis 2016.
- VDMA; McKinsey&Company (2014): Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau. Erfolgreich in einem dynamischen Umfeld agieren. Frankfurt.
- VDMA; McKinsey&Company (2016): How to succeed: Strategic options for European machinery. Frankfurt.
- VDMA; VDW (2015): Jahresbericht 2014. Frankfurt.
- VDMA; VDW (2016): Jahresbericht 2015. Frankfurt.
- VDW: Presseinformationen des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken. Frankfurt.
- VDW (2016): Marktbericht 2015. Die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie und ihre Stellung im Weltmarkt. Frankfurt.

Der Werkzeugmaschinenbau stellt eine bedeutsame Teilbranche innerhalb des Maschinen- und Anlagenbaus dar. Trotz Rekord-Produktionswerten und großen Exportserfolgen steht der Werkzeugmaschinenbau heute und in den nächsten Jahren vor großen Herausforderungen in wirtschaftlicher, technologischer und beschäftigungspolitischer Hinsicht. Internationalisierungsprozesse und die Märkte in Schwellenländern werden immer wichtiger, neue Wettbewerber und chinesische Investoren nehmen deutsche Werkzeugmaschinenhersteller ins Visier. Technologietrends wie Digitalisierung und Industrie 4.0, aber auch additive Fertigung und Elektromobilität wirken sich zunehmend auf die Branche aus. Im Rahmen der vorliegenden Kurzstudie werden Entwicklungstrends und Herausforderungen für den Werkzeugmaschinenbau erörtert und zusammenfassend dargestellt.
