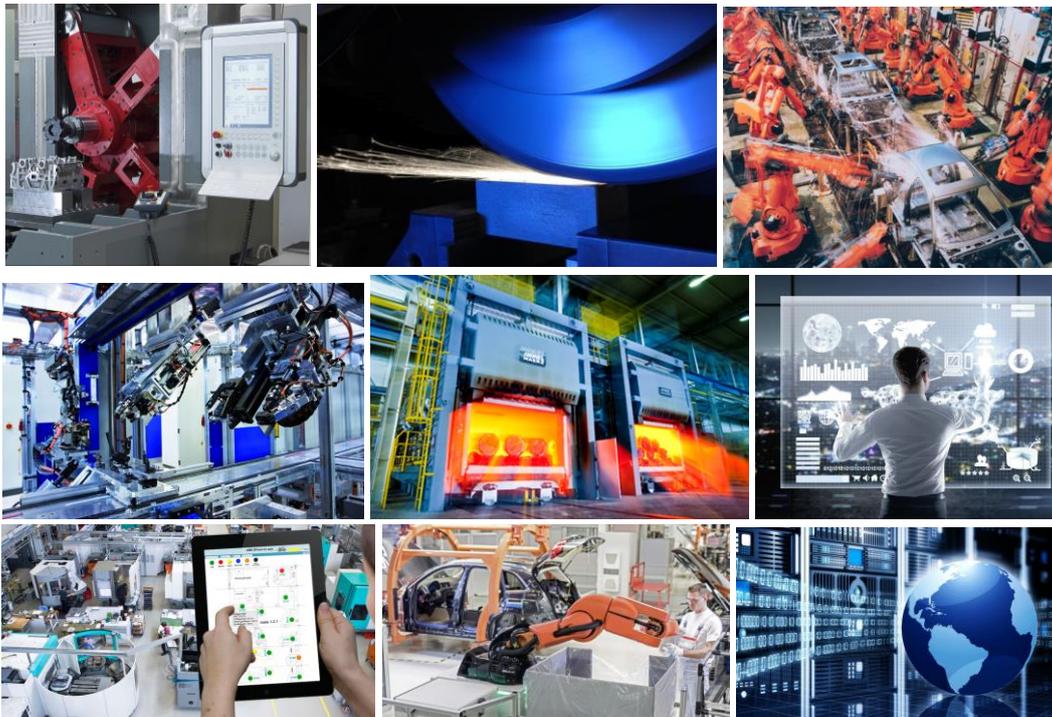

Österreichs Zukunft als Produktionsstandort

Themen und Handlungsbedarf in der produktionstechnischen Forschung



Oktober 2015

Österreichs Zukunft als Produktionsstandort

Themen und Handlungsbedarf in der produktionstechnischen Forschung

Oktober 2015

Autoren

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hubert Biedermann
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Friedrich Bleicher
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Bruno Buchmayr
Univ.-Prof. Mag. Dr. Alois Ferscha
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Detlef Gerhard
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Franz Haas
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Clemens Holzer
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Kolleck
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ernst Kozeschnik
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Paul Heinz Mayrhofer
O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Paul O'Leary
Univ.-Prof. Dipl.-Phys. Dr.-Ing. Andreas Otto
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ralf Schledjewski
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. phil. Peter Schumacher
Univ.-Prof. Dipl. WirtschIng. Dr.-Ing. Wilfried Sihh
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christof Sommitsch
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Siegfried Vössner
O. Univ.- Prof. Dipl.-Ing. Dr. Klaus Zeman

Bildnachweis

Deckblatt

Schleifscheibe während des Schleifprozesses, KSF © Foto Bernd Müller
www.stiwa.com

<http://www.voestalpine.com/blog/en/energy/energy-efficiency-special-steel-division/>

<http://images.computerwoche.de/images/computerwoche/bdb/2599352/522x294.jpg>

<http://www.tup.com/wp-content/uploads/2014/03/Industrie4-0.jpg>

<https://openbit.eu/veranstaltungen/industrie-4-0-die-fabrik-der-zukunft/>

Einleitung

<https://www.tuwien.ac.at>

Arbeitskreise

Arbeitskreis A: „Design und integrierte Produktgestaltung“: <https://www.festo.com>

Arbeitskreis B: „Neue Werkstoffe“: <http://www.h-v-o-f.de>

Arbeitskreis C: „Innovative Technologien“: www.wilco.de

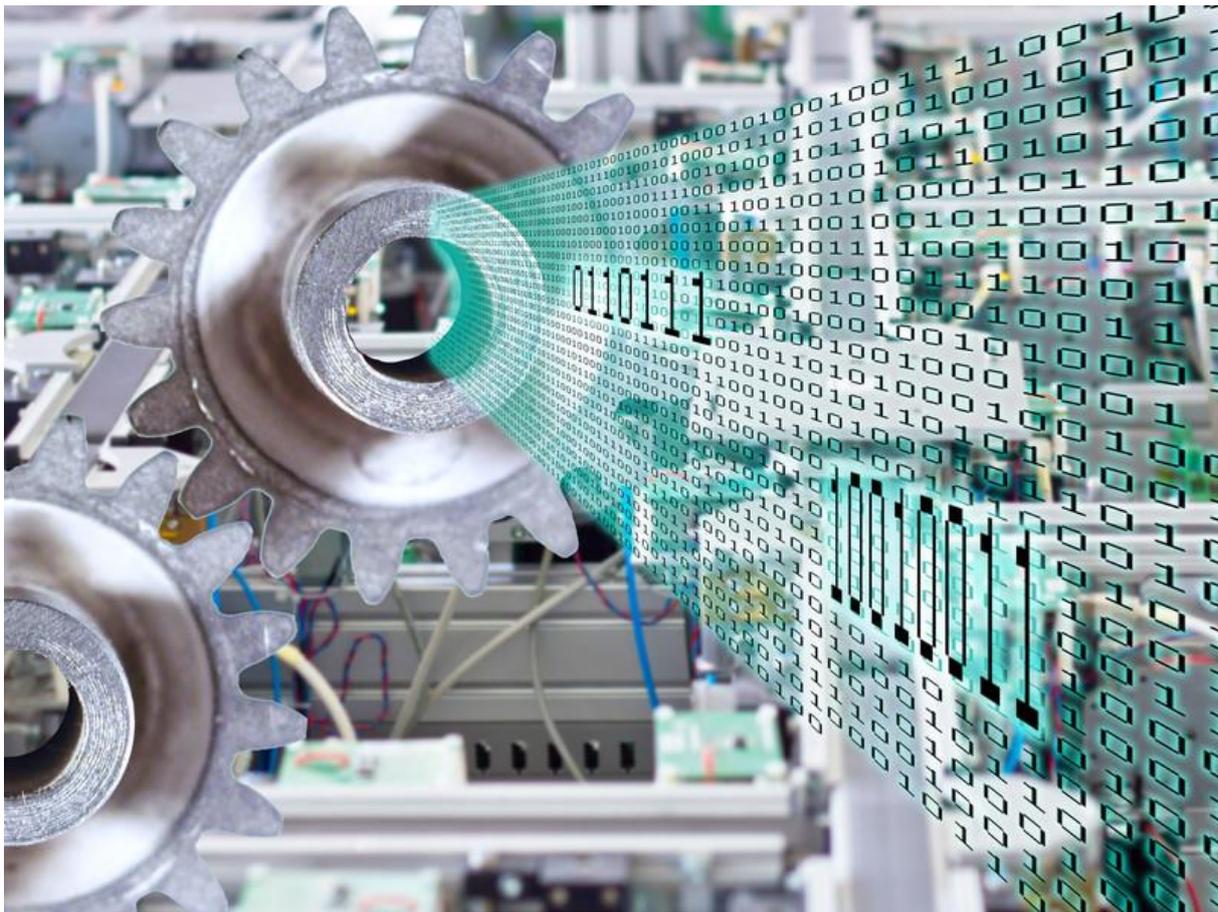
Arbeitskreis D: „Maschinen und automatisierte Fertigungssysteme“: www.stiwa.com

Arbeitskreis E: „Produktionsmanagement“: <http://www.all-electronics.de>

Arbeitskreis F: „Menschen in der Arbeitswelt“: <http://www.noz.de>

Zusammenfassung und Empfehlung

<http://www.absatzwirtschaft.de>



Vorwort

Die Entwicklung der Produktion war in deren Geschichte über die letzten zwei Jahrhunderte von wesentlichen technischen Errungenschaften geprägt. So galt die Entwicklung der Dampfmaschine als Triebfeder für die Mechanisierung von Fertigungsverfahren, beginnend mit der Entwicklung der mechanischen Webstühle mit Ende des 18. Jahrhunderts. Später konnte durch die Elektrifizierung der Fertigungseinrichtungen eine feiner granuläre Mechanisierung und damit die Grundlage für eine arbeitsteilige Ausrichtung der Produktion erreicht werden. Mitte des 20. Jahrhunderts führte die industrielle Steuerungstechnik auf Basis elektronischer Systeme zu einer signifikanten Steigerung des Automatisierungsgrades und auch zu einer höheren Flexibilisierung in den Produktionssystemen und –prozessen.

Mit der Digitalisierung der Industrie eröffnet sich nun der nächste Entwicklungsschritt der industriellen Produktion – der Weg zu vernetzten, dezentralen, echtzeitfähigen und selbstoptimierenden Produktions- und Logistiksystemen. Dies ermöglicht Unternehmen künftig eine zunehmend dezentrale und flexible Planung und Umsetzung von Produktionsabläufen. Unter dem Begriff Industrie 4.0 wird das unternehmensübergreifende Zusammenführen von Informations- und Kommunikationstechnologien mit realen Produktions- und Logistikprozessen verstanden. Die intelligente Produktion vermag es, individuelle Kundenwünsche zu berücksichtigen und selbst individualisierte Einzelstücke rentabel zu produzieren. Um auf diese sich permanent ändernden Anforderungen an die Produktion reagieren zu können, sind Geschäfts- und Engineering-Prozesse wandlungsfähig und dynamisch zu

gestalten. Das Produktionssystem kann kurzfristig verändert werden, und es lässt sich flexibel auf Störungen und Ausfälle reagieren.

In der Produktion der Zukunft spielt der Mensch weiterhin eine zentrale Funktion – der Ansatz von Industrie 4.0 verfolgt dementsprechend das Ziel, durch intelligente Arbeitssysteme und integrierte Informationssysteme das Wissen eines jeden Mitarbeiters/ einer jeden Mitarbeiterin optimal zu nutzen. Einzelne Komponenten von Produktionssystemen erhalten eine durch Programmierbarkeit, Speichervermögen, Sensoren und Kommunikationsfähigkeit erweiterte Funktionalität, auf deren Basis eine gesteigerte Effizienz bis hin zu neuen Wertschöpfungsmöglichkeiten und Geschäftsmodellen realisierbar sind. Es resultiert eine enge Zusammenführung der Funktionalität der realen Anlagen und Prozesse zu deren virtuellen Abbildern. Man spricht in diesem Zusammenhang von „Cyber-Physischen Systemen“ (CPS) oder etwas eingegrenzt auf die Domäne der Produktion von Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS).

Für die Gestaltung zukünftiger Produktionssysteme gilt es daher,

- eine **hohe Wettbewerbsfähigkeit** durch verbesserte und kontrollierte Fertigungsprozesse und entsprechend vernetzte Maschinenteknik zur realisieren,
- die **Flexibilität in der Fertigung** zu erhöhen, um im internationalen Wettbewerb schnell auf Veränderungen zu reagieren,
- auf dieser Basis eine **individuelle Produktion** zu realisieren, indem Maschinen insbesondere auch auf Basis von IT-Funktionalität eine schnelle Reaktion auf sich ändernde Anforderungen ermöglichen und rasch auf individuelle kundenspezifische Wünsche reagieren,
- **neue, innovative Geschäftsmodelle und Dienstleistungen** zu realisieren, indem intelligente Objekte Daten sammeln, auf Basis derer sich innovative Services und Angebote entwickeln lassen
- und so zu einem **neuen Arbeiten** führen, indem intelligente Assistenzsysteme dem Menschen neue Aspekte und Perspektiven in der Beschäftigung eröffnen. Dies ermöglicht, ältere Menschen länger in das Berufsleben einzubinden.

Den mit diesen Visionen verbundenen technischen Herausforderungen stellt sich die Gruppe der Autoren und Mitglieder der Ö-WGP, der Österreichischen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik, und führt in diesem Positionspapier auf Basis eines interdisziplinären Zugangs Handlungsfelder und Empfehlungen für die produktionstechnische Forschung und Entwicklung mit Blick auf den Bedarf der österreichischen Unternehmen zusammen. Durch rechtzeitige Weichenstellungen in der Forschung, der Ausbildung von Fachkräften und in der Politik und Wirtschaft kann Österreich das Zeitalter der „Industrie 4.0“ als Chance erschließen.

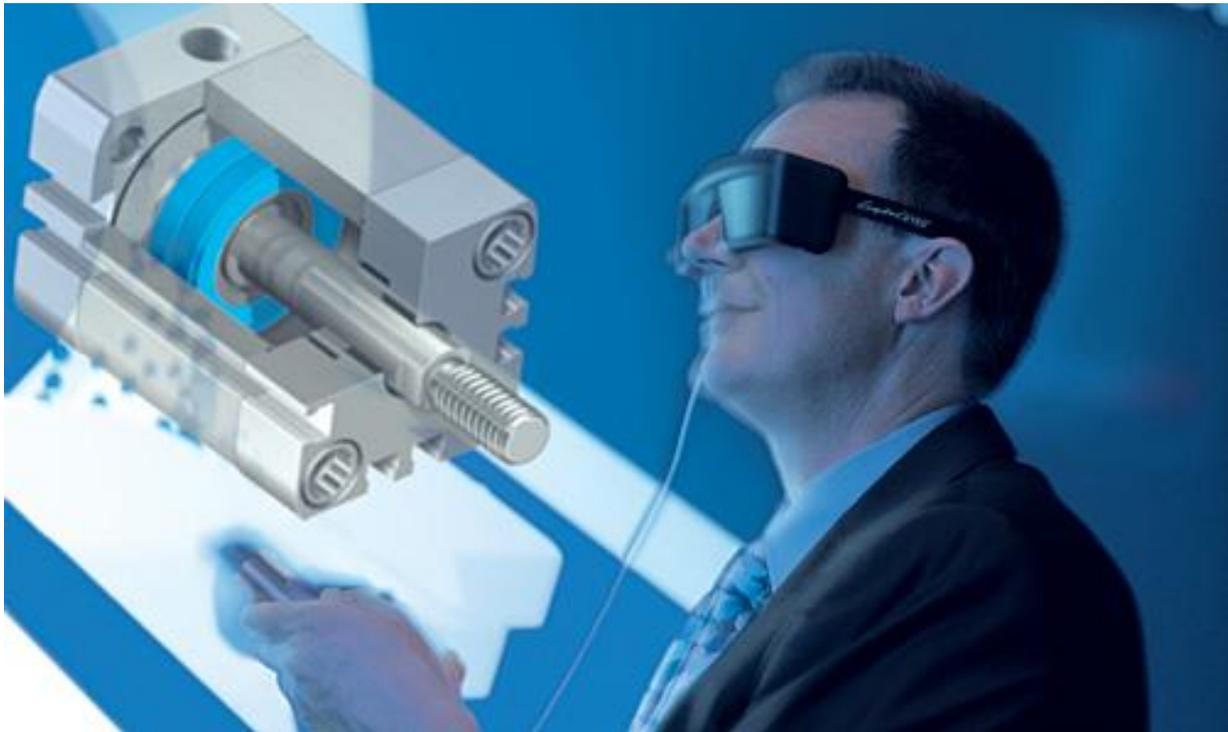
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Friedrich Bleicher

Präsident der Österreichischen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik

Wien, am 9.10.2015

Inhaltsverzeichnis

Arbeitskreis A: „Design und integrierte Produktgestaltung“	6
Arbeitskreis B: „Neue Werkstoffe“	10
Arbeitskreis C: „Innovative Technologien“	13
Arbeitskreis D: „Maschinen und automatisierte Fertigungssysteme“	17
Arbeitskreis E: „Produktionsmanagement“	20
Arbeitskreis F: „Menschen in der Arbeitswelt“	23
Zusammenfassung und Empfehlung	28



Arbeitskreis A: „Design und integrierte Produktgestaltung“

Koordinator: Univ.-Prof. D. Gerhard

1. Stand/Ausgangssituation

Entwicklungszyklen und Produktionslebenszyklen verkürzen sich, gleichzeitig nimmt die Variantenvielfalt aufgrund von markt- oder kundenspezifisch individualisierten Produkten sowie aufgrund der sich bietenden technologischen Möglichkeiten, vor allem im Bereich IKT, immer stärker zu. Produkte und ihre Virtualisierung in IKT-Systemen verschmelzen im Sinne von „Internet Of Things“ (IoT), Cyber-Physischen Systemen (CPS) oder Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS). Dies eröffnet einerseits neue Möglichkeiten, Produkte intelligenter zu gestalten und Mehrwert bzw. gesteigerten Nutzen für Kunden (= „Qualität“) und Hersteller (Zeit, Kosten) zu erzielen, erhöht aber auch naturgemäß die Komplexität der immer intelligenteren technischen Systeme. Neben der Komplexität der Produkte selbst steigt aber auch die der Produktentwicklung wie auch die der Produktionsprozesse und -systeme stark an, da Produkte im Sinne der Globalisierung an unterschiedlichen Standorten entwickelt und produziert werden.

Das Gebiet der virtuellen Produktentwicklung umfasst heute eine Vielzahl von Methoden und Werkzeugen, mit denen disziplinübergreifende und parallel ablaufende Produktentwicklungsprozesse, welche alle Teilsysteme, Komponenten und Aspekte eines Produktes umfassen, abgebildet werden. Die Unterstützung des gesamten Produktlebenszyklus hinsichtlich Abstimmung, Bewertung und Absicherung der Ergebnisse aller am Prozess beteiligten Partner bietet dabei ein hohes Innovations-, Kostenreduzierungs- und Zeitverkürzungspotenzial. Dennoch wird gegenwärtig das gesamte Potenzial bei weitem nicht ausgeschöpft: Methoden und Werkzeuge sind oft disziplinspezifisch, es gibt CAX-Inseln und isolierte Werkzeuge (MCAD, ECAD, FEM, MKS, ...), die Vernetzung von Modellen bzw. die Integration ist oft schwierig, insbesondere fehlt oft eine gesamthafte Sicht auf komplexe technische Systeme im Sinne eines modellbasierten Systems Engineering Ansatzes.

Die Stärke der erfolgreich in einem Hochlohnland wie Österreich produzierenden Unternehmen liegt oft darin, ein Produkt schnell von der Entwicklung kommend in der Produktion umsetzen zu können. Meist laufen Produktentwicklung und Produktionssystementwicklung bzw. Prozess- und Produktionsplanung jedoch zu stark getrennt (nicht integrativ) und zeitlich auf einander folgend ab. Die Folge ist, dass Produktionsmöglichkeiten und -kosten in vielen Fällen erst in der Produktionsplanung ersichtlich werden und dadurch oft hohe Abstimmungs- und Änderungsaufwände entstehen.

Ein Großteil der Wertschöpfung österreichischer Industrieunternehmen wird nicht mit dem Produkt (der Maschine/Anlage) selbst generiert. Stattdessen wird ein hoher Anteil der Wertschöpfung, insbesondere bei innovativen technischen Systemen, oft erst in der Betriebs- und Nutzungsphase erzielt, indem entsprechende Wartungs- und Serviceaufgaben als verknüpfte Dienstleistungen angeboten werden (Product Service Systems PSS). Dazu ist es in hohem Maße erforderlich, Informationen aus der Nutzungsphase zu sammeln, in entsprechenden Backend IT Systemen zu verarbeiten und insbesondere auch wieder in den Produktentwicklungsprozess für Weiterentwicklungen oder Verbesserungen zurückfließen zu lassen. Eine virtuelle bzw. digitale Repräsentation des (zukünftig) realen technischen Systems ist dafür unerlässlich, aber derzeit oft nicht in der erforderlichen Kohärenz gegeben.

2. Perspektive/Vision

Die Vision ist, die derzeit noch stark getrennten Welten der Produktentwicklung, Produktionssystementwicklung, Produktion und Produktnutzung mit den entsprechenden Modellen und IT-Werkzeugen näher zusammen bringen, d.h. eine möglichst kohärente Verschmelzung der modellhaften, virtuellen Repräsentation von Artefakten einerseits mit realen Produkten und Systemen andererseits über den gesamten Lebenszyklus zu generieren. Diese Vision ermöglicht es, komplexe technische Systeme (IoT, CPS, CPPS) in allen Lebenszyklusphasen zu analysieren, Änderungen im Vorfeld zu simulieren und zu verifizieren und Erkenntnisse für die Weiterentwicklung und Optimierung zu generieren. Dies ist aufgrund der sehr volatilen Märkte und sich dynamisch ändernden Anforderungen im Sinne von Flexibilität, Adaptivität und Agilität erforderlich, um die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen sichern zu können.

3. Bedrohungspotenzial versus Chancenpotenzial

Die Möglichkeiten der Kommunikationstechnologien zur umfassenden Vernetzung zwischen allem und jedem, d.h. zwischen Menschen, physischen Systemen (Produkten, Produktionssystemen, Teilsystemen, Komponenten, Bauteilen, was immer), Tieren, Pflanzen usw., über lokale bis hin zu globalen Netzwerken (Internet of Anything, IoX) bieten gleichzeitig eine Fülle von Chancen für völlig neue, bisher undenkbbare Anwendungen.

Voraussetzung ist jedenfalls, dass durch die Vernetzung ein deutlicher Mehrwert entsteht. Ein solcher Mehrwert kann z.B. dadurch entstehen, dass durch die Vernetzung plötzlich Nutzen- oder Optimierungspotenziale auf einer „höheren Systemebene“ erzielt werden können, die ohne Vernetzung nicht möglich bzw. zugänglich sind. Ansätze und Beispiele dafür existieren bereits heute, etwa in Form von Verkehrsleitsystemen, Systemen zum Lastausgleich in Stromnetzen (smart grid), „smart home“ oder Versandsystemen.

Durch die neuen Möglichkeiten werden voraussichtlich manche etablierte Geschäftsmodelle obsolet und durch völlig andere ersetzt werden. Damit entstehen aber auch neue Fragen, Probleme, Nachteile und Risiken. Es erheben sich Fragen zu Sicherheit, Schutz, Eigentums-, Nutzungsrechten, Geheimhaltung von Informationen und Daten, zur Privatsphäre, zum Know How-Schutz usw. Nicht alles, was technisch möglich ist, ist auch ökonomisch und ökologisch sinnvoll bzw. ethisch vertretbar.

Für die Betriebe geht es daher darum, möglichst rasch zu erkennen, wo und wie aus den Möglichkeiten

der (nicht notwendigerweise globalen) Vernetzung Nutzen- oder Optimierungspotenziale für ihre Produkte und Dienstleistungen erschlossen werden könnten: Wo gibt es für den betreffenden Betrieb Chancen für innovative, bessere Produkte bzw. Dienstleistungen? Ebenso ist es unumgänglich, möglichen Problemen und Risiken ins Auge zu sehen und sie zu lösen bzw. zu beherrschen.

Wer die Risiken ignoriert oder unterschätzt, riskiert viel. Noch mehr riskiert, wer es unterlässt, nach den Chancen zu suchen! Denn schon oft wurden bestehende Technologien durch neue gänzlich verdrängt, nämlich dann, wenn mit der neuen Technologie Bedürfnisse und Wünsche von Kunden deutlich besser erfüllt werden können als mit der alten Technologie (z.B. Magnetband → CD → DVD).

Die Möglichkeiten der allumfassenden Vernetzung („connectedness“, „connected systems“, „connected industries“ etc.) werden zu einem Umbruch in vielen Geschäftsbereichen wie auch in unserem privaten, täglichen Leben führen.

Wir müssen die neuen Möglichkeiten der Vernetzung als große Chance begreifen und nutzen. Wer dies unterlässt, riskiert über kurz oder lang ins Hintertreffen zu geraten.

4. Handlungsbedarf

Durch Methoden der Virtuellen Produktentwicklung steigt das Potenzial des Frontloadings. Es ermöglicht die kontinuierliche Verifikation und Validierung der gerade aktuellen Lösungen (Konzepte, Entwürfe, virtuellen und physischen Prototypen usw.) auf Basis einer einheitlichen Modellierung und Informationsverarbeitung. Damit kann eine größere Vielfalt von Lösungen und Varianten erarbeitet, optimiert und bewertet werden, sodass bessere Produktlösungen, eine höhere Treffsicherheit von Entscheidungen und frühere Verfügbarkeit von Ergebnissen erreicht werden. Der aktuelle Stand der Technik ermöglicht noch kein angemessenes Nutzen-Aufwandverhältnis bei Einsatz der derzeitigen Methoden und Werkzeuge, für viele der unter Punkt 2 angeführten Zielsetzungen sind Lösungen nicht einmal verfügbar. Hinzu kommt, dass die Einstiegsbarrieren insbesondere für klein- und mittelständische Unternehmen oft zu hoch sind und der Komplexitätsgrad der Software-Anwendungen zu groß ist.

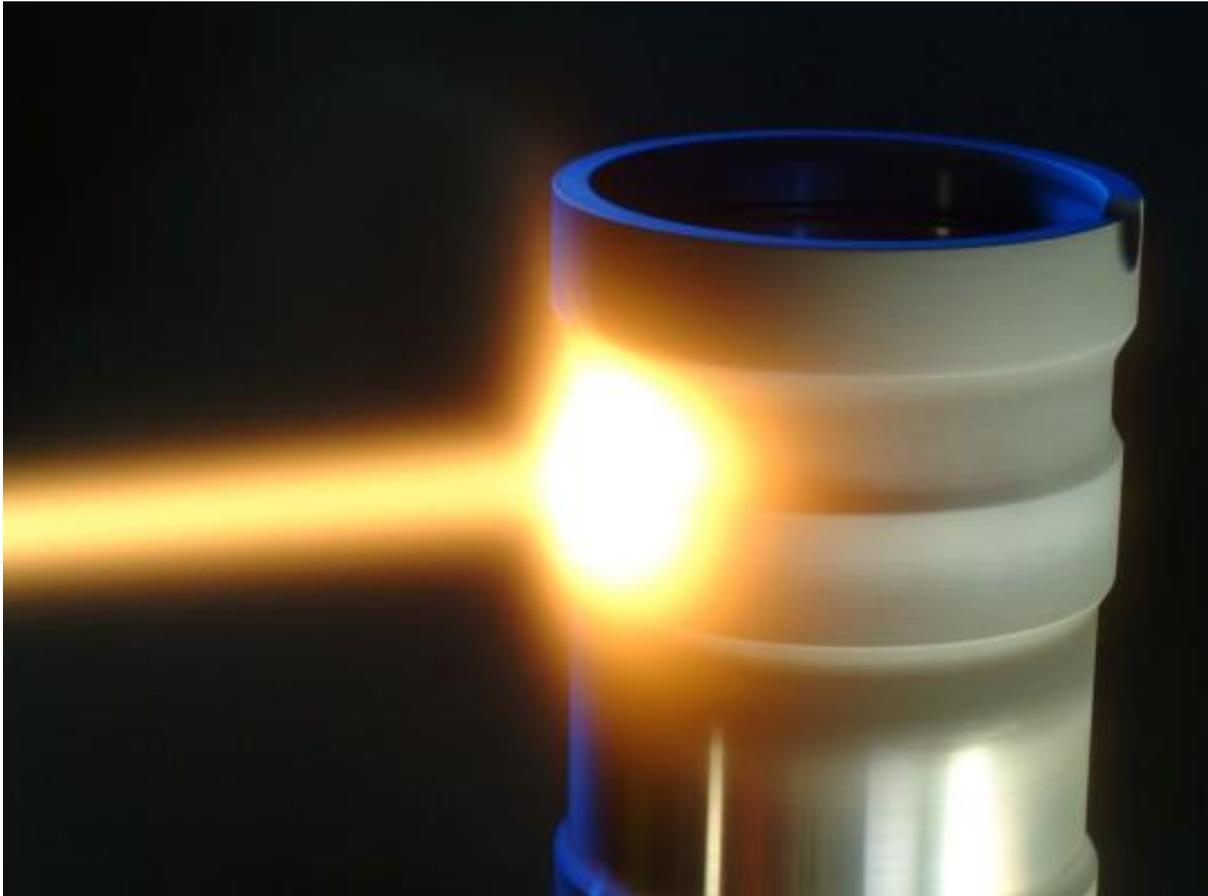
Es besteht der Bedarf einer engen interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Informatik und klassischen Ingenieurdisziplinen, insbesondere im Kontext von Industrie 4.0 spielt dies eine immer wichtigere Rolle. Cyberphysische Komponenten bieten ein großes Potenzial und müssen schon in frühen konzeptionellen Phasen der Produktentwicklung berücksichtigt werden. Informations- und Kommunikationstechnologien werden zunehmend wichtige Funktionsträger von Produkten. (Teil-) autonomes Verhalten von CPS muss modellhaft erfasst werden, um die erforderliche Robustheit von Produkten durch „virtuelles Testen“ mit Simulationstools gewährleisten zu können.

Schon jetzt ist eine stark ansteigende Informationsgenerierung aus allen Phasen des Produktlebenszyklus, welche auch auf den höheren Komplexitätsgrad der Produkte zurückzuführen ist, zu verzeichnen. Der virtuellen Produktentwicklung kommt beim Management dieser Informationsflüsse die Schlüsselrolle zu. Ohne Forschungsvorhaben, die geeignete Methoden für eine verbesserte Integration von Modellierung, Simulation, Daten- und Informationsmanagement im disziplinübergreifenden Kontext komplexer Systeme zum Ziel haben, besteht die Gefahr, dass ein digitales Chaos entsteht. Das Erzeugen, Strukturieren und Managen von Modellen, produkt- und produktionsbezogenen Daten und Informationsflüssen muss neu überdacht werden.

Je heterogener die verschiedenen Fachdisziplinen sind, die am Produktentstehungsprozess beteiligt sind, desto schwieriger ist es, die Semantik der generierten Informationen entlang der Prozessketten konsistent zu erhalten. Es werden Modellierungsmethoden benötigt, mit denen die Semantik gekapselt werden kann, um beispielsweise die Automatisierungslücke zwischen Produkt- und Produktionssystementwicklung überwinden zu können. Wenn diese ineinandergreifend parallelisiert werden, können Produktionsmöglichkeiten und -kosten bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung abgeschätzt und besser berücksichtigt werden, womit die Planungssicherheit erhöht wird.

5. Forschungsbedarf

- Wie können die zahlreichen heterogenen, disziplinspezifischen, verteilten Modelle, die für Elemente von komplexen Systemen existieren, am besten zu einem (möglichst einfachen) „integrierten Modell“ des jeweils betrachteten Gesamtsystems integriert werden, um Fragen, die sich auf der betreffenden Systemebene stellen, behandeln zu können?
- Wie kann die dazu erforderliche Modellbasis (Hierarchie, Netzwerk von Modellen) geschaffen sowie konsistent und durchgängig (horizontal, vertikal) gehalten werden (z.B. bei Änderungen)?
- Wie kann ein konsistentes, möglichst automatisiertes Änderungsmanagement für ein solches System von integrierten Modellen aussehen bzw. umgesetzt werden?
- Welche Modellierungs- und Simulationsmethoden über verschiedene Disziplinen hinweg müssen entwickelt werden?
- Wie können die Modelle mit Daten validiert werden und wie können Modellparameter aus den Daten geschätzt werden?
- Wie können effiziente Möglichkeiten der Formalisierung und Modellierung von produktlebenszyklusbezogenem Wissen mittels Ontologien aussehen?
- Wie kann durch (semi-)automatische Verfahren Wissen aus verschiedenen Datenquellen und -formaten, z.B. 2D-/3D-Zeichnungen, Textdokumenten, Datenbanken in einer Ontologie gekapselt und für die Produktentstehungsprozesse zur Verfügung gestellt werden?
- Welche Konzepte von Mustererkennung, linguistischer Analyse (NLP) und Data-Mining können dafür zum Einsatz kommen und wie können vage und unpräzise Informationen genutzt werden?
- Wie kann die Erfassung relevanter Informationen aus der Nutzungsphase zur softwaregestützten Verarbeitung, Interpretation, Schlussfolgerung („reasoning“) erfolgen um daraus einen Zusatznutzen zu generieren?
- Wie kann ein Tracking und Tracing von Abhängigkeiten verschiedener Partialmodelle im Lebenszyklus umgesetzt werden?
- Wie kann durch „Context awareness“ und semantische Suche die Qualität von Suchergebnissen im Information Retrieval (IR) verbessert werden?



Arbeitskreis B: „Neue Werkstoffe“

Koordinator: Univ.-Prof. P. Mayrhofer

1. Stand/Ausgangssituation

Werkstoffe, deren Entwicklung und Erforschung, haben von jeher die Geschichte und Zukunft der Menschheit bestimmt. Technologische Entwicklungen, Erfindungen, Produkte und deren Produktion sind untrennbar mit den dafür notwendigen Werkstoffen verbunden. Österreich, mit den zahlreichen Industrien im Bereich Hochtechnologie, gilt als Werkstoffland. Obwohl Österreich zahlreiche Programme zur Werkstoffentwicklung fördert, **fehlen vor allem die Programme zur zielgerichteten Entwicklung neuer Werkstoffe für eine optimierte Werkstoff-Werkzeug-Produktion Schnittstelle**, die essentiell für Industrie 4.0 ist. Somit sollen neue Werkstoffe nicht nur über ein optimiertes Eigenschaftsprofil im Einsatz verfügen, sondern auch für die Produktionskette und vor allem für Industrie 4.0 optimiert sein. Neue Werkstoffe sollen das Zusammenführen von Informations- und Kommunikationstechnologien mit realen Produktions- und Logistikprozessen ermöglichen. Die intelligente Produktion und Berücksichtigung individueller Kundenwünsche bis hin zur rentablen Fertigung von Einzelstücken erfordert die Verfügbarkeit von maßgeschneiderten Werkstoffen, abseits der Standardwerkstoffe.

Die integrierte Produkt- und Produktionssystementwicklung, das Herzstück von Industrie 4.0, erfordern neue, optimierte Werkstoffe. Neue Produkte und Produktionstechnologien erfordern aber auch die Entwicklung neuer Verarbeitungs- und Bearbeitungs-Werkzeuge und maßgeschneiderte Materialien für derartige Werkzeuge.

2. Perspektive/Vision

Durch Förderprogramme im Bereich „Neue Werkstoffe“ soll vor allem die Innovationsfähigkeit österreichischer Unternehmen im Bereich Hochtechnologie und Zulieferindustrie gestärkt werden. Neue Werkstoffe erfordern auch detaillierte Charakterisierung und Standardisierungen von Bauteilprüfungen. Für eine effiziente Umsetzung von Ideen zu Produkten ist der Einsatz von maßgeschneiderten Werkstoffen unabdingbar. Deren wissensbasierte Entwicklung erfordert die Kombination von computergestützter und experimenteller Materialforschung quer über alle Längenskalen (von der atomistischen Ebene hin zu Produktgeometrien).

Entscheidend dabei ist auch die Fokussierung auf Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit und Recycling der neu entwickelten Werkstoffe und der dafür notwendigen Produktionstechnologien. Unter Berücksichtigung der Optimierung der Produkt-Werkzeug-Parameter Korrelationen ist dies eine bedeutende Herausforderung für Forschung und Industrie.

3. Bedrohungspotenzial versus Chancenpotenzial

Der Wirtschaftssektor Österreich ist unmittelbar mit der Kompetenz der österreichischen Industrie und Forschung im Bereich Werkstoffe verbunden. Industrie 4.0 gilt als wichtiger Meilenstein für die Industrie der Zukunft. Eine optimierte Entwicklung in diesem Bereich ist ohne die dafür maßgeschneiderten Werkstoffe und Materialien nicht möglich. Österreich, als Hochtechnologieland, darf sich diesen Herausforderungen nicht verschließen. Ein Bedrohungspotenzial ergibt sich nur dadurch, wenn halbherzig im gesamten Bereich der Industrie 4.0 (dies schließt naturgemäß die dafür notwendigen Werkstoffe, Produktionstechnologien und Produktionswerkstoffe mit ein) investiert wird. Von den Aktivitäten im Bereich „Neue Werkstoffe“ für Industrie 4.0 wird der gesamte Wirtschaftssektor Österreichs profitieren.

4. Handlungsbedarf

Unterstützung der Materialforschung in allen Bereichen, von Materialien in der Mikroelektronik bis hin zu Materialien für die Verarbeitung, Bearbeitung der Produkte. Für Industrie 4.0 müssen alle Werkstoffgruppen optimiert und maßgeschneidert werden: Isolatoren, Halbleiter, Leiter, funktionelle Materialien (wie z.B. optimierte Sensoren, Aktuatoren), als auch Ingenieur- und Strukturwerkstoffe. Diese beinhalten die gesamte Palette der heute zur Verfügung stehenden Werkstoffgruppen wie Keramiken, Kunststoffe, Metalle, deren Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde.

5. Forschungsbedarf

Werkstoffe müssen nicht nur für optimale Eigenschaften des Produktes selbst sondern auch hinsichtlich der Produktion und Bearbeitbarkeit entwickelt werden. Dies wird leider sehr oft vernachlässigt. Zum Beispiel können Titan- und Al-Legierungen sowie Faserverbundwerkstoffe nicht direkt mit den gut erforschten Produktionstechniken und Werkzeugen der Stahlfertigung bearbeitet werden. Ähnliches gilt auch für Beimengungen, wie z.B. Blei, die für optimierte Zerspanbarkeit verwendet werden aber zukünftig nicht mehr erlaubt sind.

1. Maßgeschneiderte Werkstoffe (Keramiken, Kunststoffe, Metalle, Verbundwerkstoffe) für die Industrie 4.0 mit optimierten Eigenschaften für Produkt und Produktion.
2. Weiter-Entwicklung der Zerspanungswerkstoffe basierend auf z.B. polykristallinem Diamant, c-BN, Hartmetallen, HSS, Cermets, um den wachsenden Herausforderungen zu begegnen.
3. Weiter-Entwicklung der Oberflächenbehandlungen wie die Funktionalisierung für spezifische Eigenschaften (z.B. Benetzbarkeit, Verschleiß, Spannungen...). Entwicklung neuer

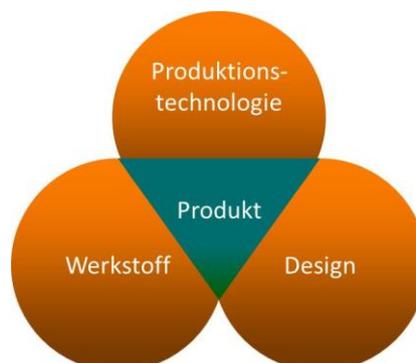
- Beschichtungen zur Optimierung der Werkstoff-Werkzeug-Produktion Schnittstelle.
4. Generative Fertigung (3 D Druck) für Keramiken, Kunststoffe und Metalle, wie z.B. Halbzeug-Fertigung im Kunststoffbereich mittels FDM-Verfahren (fused deposition modeling). Dies beinhaltet auch die Charakterisierung von generativ gefertigten Bauteilen (Festigkeit, Bearbeitbarkeit), deren Mikrostruktur deutlich von gegossenen oder geschmiedeten Bauteilen abweicht.
 5. Hochproduktive und automatisierte Fertigung belastungsoptimierter Verbundwerkstoffbauteile.



Arbeitskreis C: „Innovative Technologien“

Koordinator: Univ.-Prof. C. Holzer

1. Stand/Ausgangssituation



Die Voraussetzung für ein wettbewerbsfähiges Produkt ist das ausgewogene Zusammenspiel zwischen dem Werkstoff, dem Design und der Produktionstechnologie. Eine Veränderung an einem Ende der Eckpunkte bedingt immer eine Reaktion an zumindest einem der anderen Eckpunkten, d.h. neue Werkstoffe oder neues Design bedingen immer auch Anpassungen oder sogar Neuentwicklungen in der Produktionstechnologie.

Der Wirtschaftsstandort Österreich (und Europa) lebt von der kostengünstigen Produktion von qualitativ hochstehenden Produkten. Die Innovation auf dem Gebiet der Produktionstechnologien hat in den letzten Jahrzehnten dazu geführt, dass wir aus neuen und neuentwickelten Werkstoffen leistungsfähigere und nachhaltige Produkte herstellen können. In Österreich gibt es eine Vielzahl von sehr erfolgreichen Firmen auf dem Gebiet der Produktion / Herstellung / Verarbeitung sowie entsprechende Maschinenbauunternehmen. Einige Beispiele aus diesen Bereichen sind Borealis, Engel, Epcos-TDK, FACC, Infineon, RHI, Semperit, Sony, Voest.

Im Bereich der Forschung weist Österreich eine außergewöhnliche Sichtbarkeit auf, wobei wichtige Trends das Entwickeln eines breiten naturwissenschaftlichen Verständnisses für die Grundlagen der Produktionstechnologien, die Modellierung und Simulation oder das Übertragen der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die industrielle Produktion sind.

Neben der technischen Machbarkeit und dem ökonomischen Gewinnstreben muss in Europa verstärkt auf Umweltfreundlichkeit und gesellschaftliche Auswirkungen geachtet werden. Entsprechende Förderprogramme der EU und gesetzliche Rahmenbedingungen betonen diese Ansprüche.

2. Perspektive/Vision

Damit Österreich auch in Zukunft ein führender Produktionsstandort sein kann, muss die wissenschaftliche Forschung in der Lage sein, Fragen auf Probleme der Zukunft schon jetzt zu finden, damit die Industrie rasch auf Veränderungen reagieren kann.

Die Vision:

Wir sind in der Lage Produkte von Losgröße 1 herzustellen genauso wie Massenproduktion von komplexen Teilen und Baugruppen in hohen Stückzahlen mittels kontinuierlicher und diskontinuierlicher Verfahren. Dabei muss mit minimierten Ressourceneinsatz (u.a. durch Recycling) gearbeitet werden und zusätzlich muss die Ausschussquote gegen Null gehen. So können mit hochautomatisierten Prozessen ökonomisch wettbewerbsfähige Qualitäts-Produkte hergestellt werden.

Weiters müssen optimierte Produktionsverfahren für das Verarbeiten von neu entwickelten Materialien entwickelt werden.

Notwendige Technologien dafür sind die Werkstoffentwicklung, Einsatz von Modellierung und Simulation, neue Technologien im Maschinenbau, optimierte Sensoren und Aktuatoren, die Vernetzung der Produktionseinheiten, intelligente Wartungssysteme, optimierte Prozessregelung, ...

3. Bedrohungspotenzial versus Chancenpotenzial

Mögliche Bedrohungen für eine weitere, notwendige Entwicklung von innovativen Produktionstechnologien sind z.B.:

- Die Technikfeindlichkeit in weiten Bereichen, die zu weniger Studierenden in den MINT-Bereichen und damit verbunden ein Mangel an gut ausgebildeten Fachkräften führen kann.
- Hohe F&E-Kosten für einzelne Firmen verbunden mit zu geringen Umsätzen mit neuen Technologien.
- Zögerliche Finanzierung von Grundlagenforschung und gleichzeitig gezielte hohe Investitionen in USA oder Asien können zu einer verminderten Wettbewerbsfähigkeit führen.
- Zu wenig Forschung, die interdisziplinär oder transdisziplinär ist.
- Zu wenig Aktivitäten oder zu weiche Gesetze auf dem Gebiet der Umweltauswirkungen oder beim Recycling.

Die Chancen ergeben sich aus dem bereits hohen Niveau der Produktionstechnologie in Österreich und der Verknüpfung von Grundlagen- und angewandter Forschung bzw. von Universitäten und Industrie,

die in Österreich größtenteils sehr gelungen praktiziert wird. Die österreichischen Universitäten sind sehr erfolgreich, die Forschungsaktivitäten in die Ausbildung einfließen zu lassen, und damit AkademikerInnen auszubilden, die bestens für die zukünftigen Probleme vorbereitet sind.

4. Handlungsbedarf

Der Handlungsbedarf besteht einerseits in einer Optimierung und entsprechender finanzieller Ausstattung der Forschungskette von der Grundlagenforschung (auf das Übermorgen gerichtet), der angewandten Forschung (auf das Morgen zielend) und der Innovation (die Umsetzung heute).

Andererseits braucht es Innovationen in der Produktionstechnologie, die gezielt Themen wie die folgenden adressieren müssen:

- **Umfassende Prozessbetrachtung:** Optimierung der Prozesse entlang der gesamten Produktionskette: von der Idee zu Produkt- / Werkzeug / Prozessdesign über Maschinenauswahl bis hin zu den Produktionsprozessen und zur Endfertigung.
- **Leistungsfähige Produktionsprozesse:** Losgröße 1 muss ebenso effizient hergestellt werden können wie Stückzahlen / Laufmeter jenseits von 1 Million.
- **Ressourceneffiziente Produktionsverfahren:** Die Rohstoffoptimierung muss die benötigten Rohstoffe für das Produkt selbst, die notwendigen Betriebsrohstoffe, aber auch die eingesetzten Rohstoffe für die Maschinen und Anlagen berücksichtigen. Problematische Rohstoffe (Beschaffung, Toxizität) müssen durch weniger bedenkliche Rohstoffe konsequent ersetzt werden. Dabei müssen alle Werkstoffgruppen und deren Kombinationen für optimale Lösungen betrachtet werden. LCA und end of life müssen ebenso wie Recycling-Kreisläufe miteinbezogen werden.
- **Integrierte Qualitätssicherung für eine robuste Produktion:** Maßnahmen um Produktionsprozesse in engeren Toleranzen führen zu können. Gesamtheitliche Ansätze vom Material über das Werkzeug, die Maschine bis hin zur Konstruktion / Design des Produktes. Miteinbeziehen von Sensorik, Aktorik, Prozessregelung und Analyse / Simulation von komplexen Prozessen.
- **Produktionsprozesse mit weniger Ausschuss und mit erhöhter Ausbeute / erhöhtem Durchsatz:** Zero-Defect als Ziel und damit Senkung der Ausschusskosten bzw. Fehlerbehebung.
- **Modulare Produktion:** Produktionslinien müssen modular zusammengestellt werden können (firmenübergreifend!), wenn z.B. der Bedarf für die Produktion eines Produktes nur wenige Wochen im Jahr ist. Ausnutzung von Investitionskosten durch Teilen der Anlagen. Vor allem in der Produktion von Mikroteilen denkbar.
- **Neue Produktionsverfahren für hochentwickelte Werkstoffe:** Die Produktionstechnik muss Lösungen für die Verarbeitung von neuen Werkstoffen finden durch Optimieren bestehender Anlagen, Anwendung etablierter Verfahren in neuen Gebieten oder der Entwicklung von gänzlich neuen Technologien.

5. Forschungsbedarf

Die Forschungsfragen leiten sich aus dem Handlungsbedarf ab. Wichtig ist die Konzentration auf relevante Themen, d.h. Themen, bei denen es in Österreich bereits Erfahrung, ExpertInnen, Forschungsanlagen, Industrie etc. gibt, bzw. bei Themen, die Österreich als zukunftssträftig definiert. Beispiele für Forschungsfragen:

1. Wie kann Losgröße 1 bzw. wie können kleine Stückzahlen / Mengen zu wettbewerbsfähigen Kosten realisiert werden? Generative / additive Verfahren in Konkurrenz oder als Ergänzung zu herkömmlichen Verfahren?
2. Welche Grundlagen braucht es, um mit minimierten Ressourceneinsatz (u.a. durch Recycling)

und einer Ausschussquote gegen Null in hochautomatisierten Prozessen ökonomisch wettbewerbsfähige Qualitäts-Produkte herzustellen?

3. Auf dem Materialsektor gibt es eine Vielzahl von Patenten und Neu-Entwicklungen. Wie können diese neuen Werkstoffe vom Labor in die industrielle Umsetzung gebracht werden? Welche Verfahren oder welche Kombination von Verfahren kommen dafür in Frage bzw. müssen dafür (weiter)entwickelt werden?



Arbeitskreis D: „Maschinen und automatisierte Fertigungssysteme“

Koordinator: Univ.-Prof. F. Haas

1. Stand/Ausgangssituation

Die Anforderungen an die Produktion der Zukunft (Smart Production, Industrie 4.0) müssen unmittelbar von den Konstrukteurinnen und Konstrukteuren der neuen Generationen von Produktionsmaschinen umgesetzt werden. Auch hier gilt es, die Komplexität von Fertigungssystemen (Cyber Physical Systems, Mechatronik) zu beherrschen und zugleich den Spagat zwischen technisch Machbarem und wirtschaftlich Leistbarem zu schaffen. Die österreichische Maschinenindustrie kann auf eine lange Tradition verweisen, heute ist sie primär von wenigen Leitunternehmen und von zahlreichen „Hidden Champions“ geprägt. Es gibt also durchaus Potenzial nach oben, wenngleich die Globalisierung und Unsicherheiten am Weltmarkt es österreichischen Maschinenherstellern erschweren, wirtschaftlich erfolgreich zu agieren.

Der Themenkomplex des Arbeitskreises D kann sinnvollerweise in Forschungsbedarfe untergliedert werden, die die Fertigungssysteme mit der Produktionslogistik, die einzelne Maschine und den Fertigungsprozess als Schwerpunkte betrachten. Daraus abgeleitet können Forschungsprojekte, die idealerweise visionäre Ziele verfolgen, definiert werden, deren Ergebnisse für Österreich als Produktionsstandort lebensnotwendig sind.

2. Perspektive/Vision

Die Additive Fertigung, aktuell meist als 3D-Druck bezeichnet, hat der Fertigungstechnik viele neue Möglichkeiten eröffnet, die bislang nur zu einem Bruchteil ausgeschöpft sind. Die Weiterentwicklung der aktuellen 3D-Druckergenerationen unter dem Motto „What makes 3D-printing twenty times

faster?“ ist genauso wichtig, wie die Einbindung der Technologie in bestehende Fertigungskonzepte. Die Forschung im Arbeitskreis „Maschinen und automatisierte Fertigungssysteme“ fordert in besonderem Maße Kreativität, Freude am Gestalten und Praxiserfahrung ein. Es sind dies die Anforderungen an die neuen Arbeitsplätze der Zukunft, die durch Industrie 4.0 neu geschaffen werden. Die Smart Factory ist ein wesentlicher Bestandteil der Initiative Industrie 4.0. Sie ist in der Lage Komplexität zu managen, sie ist weniger störanfällig und arbeitet effizienter. Ein wesentlicher Bestandteil der Smart Factory ist Smart Logistics mit Themen wie Internet der Dinge, Physical Internet, Augmented Reality und autonome, zellulare Transportsysteme.

Diese neuartigen innovativen Transportsysteme ermöglichen die flexible Verkettung der Maschinen in automatisierten Fertigungssystemen. Ein vielversprechender Lösungsansatz besteht aus einem „Schwarm“ autonomer, kleinskaliger Shuttlefahrzeuge, die sich für verschiedene Aufgabenstellungen wie Transportieren, Sortieren, Puffern usw. entsprechend untereinander koordinieren und den gewünschten Transportdienst durch ein oder mehrere Shuttle durchführen. Die Fahrzeuge, können sich elektronisch zu größeren Einheiten verbinden und den Transportdienst für eine Palette oder Gitterbox anbieten.

3. Bedrohungspotenzial versus Chancenpotenzial

Eine Abwägung der Chancen und Risiken für den Themenkreis „Maschinen und automatisierte Fertigungssysteme“ führt objektiv betrachtet zu einer sehr positiven Beurteilung der Ausgangssituation und der künftigen Entwicklung.

Zur Umsetzung einer Smart Factory kann die Arbeitsgruppe „Maschinen und automatisierte Fertigungssysteme“ einen wesentlichen Beitrag leisten. Es werden parallel die Fertigungsverfahren und die flexible Verkettung der Fertigungsmaschinen und weiterer Arbeitsstationen verfolgt. Als Ergebnis besteht die Chance mit stabilen Fertigungssystemen effizient zu produzieren und Komplexität zu beherrschen

Österreich hat durch seine hervorragende Maschinenbau-Industrie und seine Vorreiterrolle in der Ausbildung von Fachkräften auf allen Bildungsniveaus optimale Voraussetzungen, innovative Produkte zu entwickeln. Schon deutlich schwieriger gestaltet sich in einem Hochlohnland die Umsetzung in marktfähige Produkte, die dem allgemeinen Kostendruck gewachsen sind.

4. Handlungsbedarf

Die Produktionssysteme betreffend besteht Bedarf, die Möglichkeiten modernster Sensortechnik, Informationstechnik und flexible Verkettung in die Systeme mit Augenmaß zu integrieren, wobei die klassischen Ziele Produktivitätssteigerung, Kostenminimierung und hohes Qualitätsniveau die Richtung vorgeben. Die messtechnische Evaluierung der Maschinen, die Auswertung der Messdaten für die prädiktive Instandhaltung, die Integration unterschiedlicher Produktionsverfahren zu Hybrid-Systemen und die Fähigkeit von Steuerungen zum „Plug and Produce“ sind zentrale Handlungsfelder in diesem Bereich. Die Automatisierung der nächsten Generation muss sich der Herausforderung stellen, mit dem Menschen bei einem Höchstmaß an Sicherheit zusammenzuarbeiten und dabei individualisierte Produkte mit „High Volume“ Prozessen zu erzeugen. Widmet man sich der Maschine als den zentralen Baustein einer Produktion, ist die Suche nach dem idealen Maschinenkonzept von großer Wichtigkeit. Kinematiken, ob rein paralleler oder hybrider Natur, sind den hohen

Anforderungen an Steifigkeit und Dynamik anzupassen. Es schließt die Auswahl der Maschinenelemente an, die als mechatronische Komponenten mit Funktionen zur Kompensation von Abweichungen und Schwingungen ausgestattet sind. Höchste Präzision kann nur erreicht werden, wenn alle Systembausteine richtig ausgelegt und konfiguriert worden sind. In Zukunft werden fluidostatische Führungssysteme und elektromagnetische Lagerungen verstärkt Einsatz finden müssen, um die Einsatzgrenzen der Maschinen weiter nach oben zu verschieben. Die Herausforderung besteht sowohl in der Produktion von Makroteilen (z.B. Flugzeug-Strukturteile) als auch in der Mikrobearbeitung (Mess- und Medizintechnik). Ressourceneffizienz wird in Zukunft ein zentrales Forschungsthema bleiben. Auch wenn die Energie- und Rohstoffpreisentwicklung derzeit nach unten zeigt, muss der nachhaltigen Produktion oberste Priorität eingeräumt werden. Gekoppelte Simulationsmodelle, die die Maschine und den Prozess mit deren Wechselwirkungen betrachten, stellen die Herausforderung der Berechnungsabteilungen der nächsten Jahre dar. Die notwendigen Rechenleistungen und Speicherkapazitäten werden uns, Stichwort Moore'sches Gesetz, zur Verfügung stehen. Die Entwicklung von Fertigungsverfahren ist keineswegs abgeschlossen, Zerspanung, Umformung und additive Verfahren in Kombination unterstützt durch Kühlung, Laserenergie oder Schwingung müssen konfiguriert werden, um Hochleistungs-Werkstoffe der Zukunft in leistbare Produkte zu verwandeln. Neben den Fertigungsverfahren für smarte Produkte besteht für die Umsetzung einer smarten Logistik ein ebenso hoher Handlungsbedarf. Autonome, zellulare, selbststeuernde Transportsysteme sind darin ein wichtiges Element. Derartige Systeme sind derzeit im Forschungsstadium, so dass bereits gewisse Erfahrungen vorliegen und publiziert sind. Daher besteht ein hoher Handlungsbedarf diese Ergebnisse frühestmöglich auf die Produktion und Fertigung zu übertragen, um daraus konkrete Ergänzungsforschungen abzuleiten.

5. Forschungsbedarf

Zusammenfassend sollen an dieser Stelle folgende Forschungsfragen beispielhaft herausgegriffen werden.

- Wie sehen wirtschaftliche Konzepte von Hybrid-Maschinen für die Klein- und Mittelserienfertigung aus?
- Welche Systemvoraussetzungen, Kenntnisse und Randbedingungen sind für eine gekoppelte Prozess-Maschine-Simulation erforderlich und sinnvoll?
- Wie kann ein modulares, standardisiertes Konzept einer Mensch-Maschine-Kommunikation (HMI) implementiert werden, das den aktuellen Bedürfnissen der Arbeitswelt Rechnung trägt?
- Welche Anforderungen werden an ein Transportsystem zur flexiblen Verkettung gestellt, um einer maximale Bandbreite von verschiedenen Fertigungssystemen (Konstellationen) einsetzbar zu sein und wie erfolgt die technische Umsetzung.

Es ist davon auszugehen, dass die Produktionsforschung in Österreich gemeinsam mit den Unternehmen die Herausforderungen der Zukunft erfolgreich meistern wird. Entscheidend wird sein, ob wir es schaffen, unsere studierende Jugend für diese Forschungsthemen zu begeistern.



Arbeitskreis E: „Produktionsmanagement“

Koordinator: Univ.-Prof. S. Vössner

1. Stand/Ausgangssituation

Während sich die technischen Möglichkeiten von Produktionssystemen, quasi die „Hardware“ in den vielen Jahrzehnten weitgehend kontinuierlich weiterentwickelt haben, entwickeln sich die dazugehörigen Betriebs- und Managementkonzepte, die „Software“, diskret, schubweise und selten gekoppelt zur Hardware. Das gilt ganz besonders für das zukunftsweisende Computer Integrated Manufacturing (CIM) Konzept der späten 1970er Jahre, welches die bisher stärkste Kopplung der beiden Bereiche darstellt. Leider war die dem Konzept zugrundeliegende Hardware – besonders die informatische noch nicht entwickelt bzw. ausgereift. Die sich in Konsequenz damals einstellenden Misserfolge führten zu einem fast 50-jährigen Dornröschenschlaf der IT-basierenden Konzepte. Stattdessen etablierten sich einfache, informationsarme Steuerungskonzepte, die aber dafür mit größter ideologischer Überzeugung adoptiert wurden – „Lean“ oder „Kanban“ sind gute Beispiele hierfür.

Mit der „Industrie 4.0“ Initiative wurde ein neuer Anlauf genommen, die anerkanntermaßen großen Potenziale des CIM, welche mittlerweile einen hohen technischen Reifegrad erreicht haben, in Verbindung mit vernetzten Produktionssystemen und neuen digitalen Herstellungsverfahren zu heben. Dabei wird gegenwärtig das Hauptaugenmerk auf die „Hardware“ und „das was ist möglich“ gelegt. Dies ist ausreichend um bei Technologielieferanten und Kunden einen Hype zu entfachen, für einen erfolgreichen und lohnenden Einsatz ist dies jedoch (viel) zu wenig.

Der Erfolg von „Industrie 4.0“ hängt hauptsächlich von intelligenten, wirtschaftlich sinnvollen Betriebs- und Managementkonzepten ab.

Heute stehen uns auf „Hardware“-Seite leistungsfähige Produktionsmaschinen zur Verfügung, die gestützt auf digitale Produktmodelle geographisch unabhängig produzieren können. Die sie verbindenden Datennetzwerke gehen über Unternehmensgrenzen hinaus und erlauben dynamisch konfigurierte Supply Chains (mit wechselnden Partnern und Rollen) sowie beispielsweise auch den Austausch von Produktions- und Produktdaten. Die Virtualisierung von Rechenleistung und Speicherplatz in sogenannten „Cloud“ Lösungen trägt nochmals zur Flexibilisierung dieser Netzwerke bei. An zugehörigen digitalen Fertigungsverfahren etablieren sich neben den bekannten subtraktiven Verfahren (wie z.B. CNC- Fräsen) auch zunehmend additive Verfahren (z.B. der 3D- Druck) zur Einsatzreife. Während es in diesen Themen an vielen Stellen interessante Innovationen gibt, fehlt die Integration in ein großes, Ganzes. Dies stellt auch unserer Meinung nach die größte Herausforderung bzw. „die Nagelprobe“ für „Industrie 4.0“ dar.

2. Perspektive / Vision

Wie eingangs erwähnt, sind intelligente, wirtschaftlich sinnvollen Betriebs- und Managementkonzepte für die einzelnen Industrie 4.0 Konzeptbausteine kritisch und unabdingbar für den Erfolg der Initiative.

Solche Konzepte müssen jedenfalls folgende Aspekte berücksichtigen bzw. beinhalten:

- Modellbasierter Entwurf, Verifikation, Optimierung und Umsetzungsplanung
 - Neue Modellierungstechniken, die in der Lage sind komplexe Industrie 4.0 Netzwerke formal abzubilden sowie
 - Leistungsfähige numerische Verfahren, die eine numerische Simulation des Gesamtsystems erlauben
 - Globale Optimierungsverfahren (inkl. Approximationsalgorithmen und Heuristiken)
- Integrierte, Supply Chain- und Produktionssystem-übergreifende Produktionsplanungs- und Steuerungsansätze (PPS)
 - Integrierte Produkt- und Produktionsplanungsansätze und Produktionsstrategien zur Synchronisation von Technologie- und Produktlebenszyklen
 - Dynamisch konfigurierbare Dienstleistungen (Services) und Produktionskonzepte integriert im Produkt (Product Service Systems)

3. Chancen und Risiken

Durch die wirtschaftliche Erschließung der Potenziale der einzelnen Industrie 4.0 Konzeptbausteine in einem einheitlichen und durchgängigen Konzept lassen sich Potenziale erwarten die um ein Vielfaches größer sind als die „Best-Practice“ Beispiele der Konzept-Bausteine für sich (z.B. 3D Drucken). Außerdem ist zu erwarten, dass ohne einheitlichen Ansatz sich die Einzelpotenziale einander entgegenwirken bzw. negative Auswirkungen haben.

Als Beispiel für solche Risiken sei die Datenflut genannt, die digital vernetzte Systeme als „Big Data“ anhäufen und die ohne maß- und sinnvolle Analyseverfahren Anwendern nur Kosten verursachen.

Generell besteht die größte Gefahr bei der Einführung bzw. der Umsetzung des Industrie 4.0 Konzeptes in einer technologischen Überinvestition, die zudem aufgrund der bei IKT Komponenten üblichen kurzen Technologiezyklen nach wenigen Jahren, lange vor dem Break Even obsolet geworden sind.

4. Handlungsbedarf

Begleitend zu den in den anderen Arbeitskreisen beschriebenen Handlungspunkten, ist es dringend notwendig ein, auf die österreichische Infrastruktur bzw. die Bedürfnisse der Industrieunternehmen zugeschnittenes, informations- und materialflussoptimiertes Produktionsmanagementkonzept zu entwickeln.

- Wirtschaftliche PPS Verfahren für KMUs, welche eines geringen Vor-Ort Investments bedürfen und die erforderliche hohe Rechen- und Speicherleistung beispielsweise durch Cloud-Technologien zur Verfügung stellen.
- Entwicklung von rekonfigurierbaren Arbeits-/Produktionssystemen für die Kombination von menschlicher Arbeit und Automatisierter Produktion, die sich dynamisch an die physikalischen, sensorischen und kognitiven Fähigkeiten der ArbeitnehmerInnen anpassen bzw. anpassen lassen.
- Kooperationsprojekte zur Gestaltung und Einführung von Energiemanagementsystemen für und bei KMUs
- Modellierung der Wirkungszusammenhänge zwischen Prozesszuständen und Produktqualität

5. Forschungsbedarf

Neben der ingenieurwissenschaftlichen Herausforderung der Systemgestaltung eines einheitlichen Produktionsmanagementkonzepts (Systems Engineering) gibt es noch eine Reihe von ungelösten Problemen, die es wissenschaftlich zu erforschen gilt. In der folgenden Liste sind die aus heutiger Sicht relevanten Themen angeführt:

- Modellierung und Simulation von Prozessen/Abläufen, Maschinen und Individuen für komplexe Produktionssysteme – z.B.:
 - Realtime Datenintegration in (Simulations-) Modellen zur Überwachung bzw. Optimierung von Produktionssystemen
 - Adaptive Modelle (Granularität, Zeitschritte) zur performanten Simulation von großen Produktionssystemen
- Potenziale integrierter SCM- und Produktionssystemübergreifender PPS Ansätze
 - Potenziale integrierter Produkt- und Produktionsplanung
 - Leistungsfähigkeit und Anwendungsvorteile (Cloud-) basierter Optimierungsverfahren
 - Produktionsmanagement-Aspekte und Potenziale lokaler Produktion von digital definierten Produkten (z.B.: mittels Computer gesteuerter (generativer) Fertigungsverfahren, etc..)
 - Identifikation von Produktionsstrategien zur Synchronisation von Technologie- und Produktlebenszyklen
- Modelle von Wirkungszusammenhängen zwischen Prozesszuständen und Produktqualität



Arbeitskreis F: „Menschen in der Arbeitswelt“

Koordinator: Univ.-Prof. W. Sihn

1. Stand und Ausgangssituation

Die im Kontext des Kern-Begriffs der Industrie 4.0 angestrebte Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), formierend als Cyber-Physisches System (CPS), in Produktionssysteme führt zu der Entstehung von Cyber-Physischen-Produktionssystemen (CPPS) im Sinne einer intelligenter Fabrik (Smart Factory) mit dem Ziel Produktivität sowie Flexibilität kontinuierlich zu erhöhen und den zentralen Herausforderungen volatiler Märkte zu entgegnen. Bei der Entwicklung und Umsetzung von Produktionssystemen hat die Vergangenheit gezeigt, dass vor allem eine Gesamtbetrachtung der Faktoren Mensch, Technik und Organisation zu einer nachhaltigen Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen geführt hat. Zur Realisierung langfristig stabiler und wirtschaftlich vorteilhafter Produktionsprozesse im Kontext der Industrie 4.0 stehen vor allem die Untersuchung und die zielgerichtete Gestaltung der Wirkzusammenhänge zwischen Mensch, Technik und Organisation im Fokus.

Aktuell wird das Thema der Industrie 4.0 vor allem im Kontext einer stark technologiegetriebenen Veredelung von Produkten oder Systemen gesehen, die zielgerichtete Vernetzung und Interaktion mit dem Mensch und der Organisation steht dabei hinten an.

2. Perspektive und Vision

Durch den Einzug von Cyber Physischen Produktionssystemen in die Fabrik der Zukunft werden sich heutige Arbeitssysteme in der Produktion und in der Logistik grundlegend verändern. Um die Potenziale und Chancen der Industrie 4.0 ganzheitlich zu erschließen, sind die Organisation sowie der Mensch in künftigen Produktionssystemen in den Mittelpunkt zu stellen. Die Technik soll dabei die

kognitive und physische Leistungsfähigkeit des Mitarbeiters durch die richtige Balance von Unterstützung und Herausforderung fördern – insbesondere im Hinblick auf industrielle Assistenzsysteme, die Mensch-Technik-Kooperation sowie Aspekte der Qualifizierung. Die Implementierung von Industrie 4.0-Technologien und Fertigungstechniken sowie -methoden in bestehende Organisationsformen und Strukturen ist mit maßgeblichen Restrukturierungsmaßnahmen verbunden, welche vor allem aufbau- und ablauforganisatorische Maßnahmen der Fabrikorganisation in den Vordergrund rücken. Durch die Vernetzung der digitalen Datenwelt mit physischen Fertigungsprozessen ergeben sich grundlegend veränderte Formen der Prozesssteuerung und der Organisation von Fabrikabläufen, welche in der Lage sein werden, sich in sehr kurzer Zeit auf die Produktion von beliebigen Produkten umstellen zu können. Basierend auf den technologischen Möglichkeiten heutiger Informations- und Kommunikationstechniken stellt sich ferner die Frage, in wie weit die Automatisierung der Zukunft auch genutzt und umgesetzt wird und welche Rolle der Mensch in dem Arbeitssystem der Zukunft spielen wird. Gegenwärtig werden diesbezüglich drei verschiedene Szenarien diskutiert. Im Werkzeug-Szenario unterstützt ein CPS als eine Art Werkzeug die weiterhin dominante Rolle des Mitarbeiters. Tätigkeitsprofile der Menschen verschieben sich innerhalb dieses Szenarios hin zu informatorischen und organisatorischen Inhalten, einfache physische Aufgaben werden automatisiert erledigt. Im Hybrid-Szenario findet eine Kooperation zwischen den vernetzten Technologien und den Beschäftigten statt, um Kontroll- und Steuerungsaufgaben interaktiv zu lösen. Des Weiteren wird im Automatisierungsszenario ein Zukunftsbild aufgezeigt, indem das CPS die alleinige Steuerungsfunktion in einem Arbeitssystem übernimmt. Aus heutiger Sicht sprechen viele Gründe dafür, dass sich eine Form des Werkzeug-Szenarios durchsetzen wird (vgl. Schlund/Gerlach, 2013). Zentrales Merkmal von CPPS ist die humanzentrierte Erweiterung eines CPS. Dabei charakterisieren sich CPPS nicht nur durch eine Verschmelzung des digitalen und physischen Raumes, sondern integrieren auch menschliches Wissen, kognitive Fähigkeiten und soziokulturelle Verflechtungen.

3. Chancen und Risiken

Gemäß den 17 Thesen der Industrie 4.0 ermöglicht die Integration von CPS in den Fabrikkontext vielfältige Möglichkeiten und Chancen für eine humanorientierte Gestaltung der Arbeitsorganisation. Durch intelligente Assistenzsysteme und i.e.S. durch intelligente Mensch-Maschinen Schnittstellen ergeben sich vor allem Chancen für eine alterns- und altersgerechte Arbeitsgestaltung. Industrie 4.0 ist als sozio-technisches System zu verstehen, und bietet die Chance, das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter zu erweitern, ihre Qualifikationen und Handlungsspielräume zu erhöhen sowie ihren Zugang zu Wissen deutlich zu verbessern. Durch lernförderliche Arbeitsmittel und kommunizierbare Arbeitsformen tragen CPPS zu einer erhöhten Lehr- und Lernproduktivität bei. Erste Untersuchungen haben ergeben, dass es im Arbeits-system der Zukunft zu einer Vielzahl an psychischen Beanspruchungen des Mitarbeiters kommen kann. Diese sind vor allem durch einen kurzzyklischen Wechsel der Arbeitstätigkeiten, der Zunahme problemlösender Tätigkeiten, dem hochflexiblen Mitarbeiterereinsatz sowie dem Gebrauch neue mobile Kommunikationstechniken determiniert (vgl. Dombrowski, 2014). Weitere Risiken in diesem Kontext bestehen darin, die adressierten Chancen und Möglichkeiten nicht adäquat in der betrieblichen Praxis auf Grund fehlender übergreifender Sicherheitskonzepte sowie mitarbeiterbezogenen datenrechtlichen Regelungen zu realisieren.

4. Handlungsbedarf

Die Mensch-Maschinen Interaktion wird sich in der Industrie 4.0 deutlich erhöhen. Die direkte funktionale und informationelle Distanz zum Arbeitssystem, in welchem der Mensch agiert, wird sich dabei deutlich erhöhen. Vor allem bei Störungen besteht hierbei die Gefahr, dass es zu schwer bewältigenden Arbeitssituationen kommt, da der Mitarbeiter entsprechende Qualifikationen im automatisierten Routinebetrieb nur schwer aufbauen konnte. Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen des Mitarbeiters in der Industrie 4.0 werden folglich steigen. Gegenwärtig unklar sind deren qualitative als auch quantitative Ausprägung, sowie die Ausgestaltung entsprechender Bildungskonzepte im Bereich der Aus- und Weiterbildung zur Entgegnung. Die aufgezeigten Chancen und Möglichkeiten der Industrie 4.0 zeigen, dass mit einer sinkenden physischen Beanspruchung des Menschen in der Industrie 4.0 zu rechnen ist - vielfache Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten sind dabei zu intensivieren sowie spezifische Konzepte für die Mensch-Maschinen-Interaktion praxisorientiert zu entwickeln und umzusetzen. Darüber hinaus haben Untersuchungen ergeben, dass es im Arbeitssystem der Zukunft zu einer Vielzahl an neuen bzw. andersartigen physischen aber auch vor allem an psychischen Beanspruchungen des Mitarbeiters kommen kann. Von steigenden Beanspruchungen ist dabei vor allem durch den kurzzyklischen Wechsel der Arbeitstätigkeiten, der Zunahme problemlösender Tätigkeiten, dem hochflexiblen Mitarbeiterinsatz sowie dem Gebrauch neuer mobiler Kommunikationstechniken auszugehen. Smarte Produktions- und Fertigungslösungen der Industrie 4.0 werden keineswegs in einem Plug-and-Play-Verfahren in den Betrieben implementiert werden - denn nur in sehr seltensten Fällen wird die intelligente Fabrik als Gesamtkonzept auf die „grüne Wiese“ gestellt werden. Bei der Umsetzung der Industrie 4.0 in den klassischen Fabrikbetrieb wird es sich um einen sukzessiven Prozess handeln mit vielfältigen und wechselseitigen Abstimmungsprozessen zwischen den Systemen auf der einen Seite und den betrieblichen Bedingungen auf der anderen Seite. Innerhalb der Einführungsphasen von Industrie 4.0-Systemen sind dabei die Einführungstätigkeiten als auch die dahinterstehende Arbeitsorganisation hoch flexibel und problemlösend aufzustellen.

5. Forschungsbedarf

- Ermittlung quantitative Beschäftigungsfolgen sowie sozio-ökonomische Effekte

Gegenwärtig werden Diskussionen im Kontext des Menschen in der zukünftigen Produktion vor allem auf qualitativer Ebene geführt. Lediglich abgegrenzte und nicht ganzheitliche Szenarien werden in diesem Kontext betrachtet. Vor dem Hintergrund der Beantwortung validierter und belastbarer Aussagen von Beschäftigungsfolgen durch den Einzug intelligenter Produktions- und Fertigungstechniken im Kontext der Industrie 4.0 sind ganzheitliche Szenarien zu entwickeln und auf breiter Basis in Bezug auf deren Beschäftigungsfolgen sowie in Bezug auf deren sozio-ökonomischen Effekte in Österreich zu erforschen.

- Standards für nachhaltige Arbeitsprozesse und -organisationen im Sinne steigender Produktivität

Basierend auf der Integration moderner Informations- und Kommunikationstechnologien sind Konzepte, Methoden und Werkzeuge für die Tätigkeits- und Arbeitsstrukturen sowie für die Arbeitsorganisation der Industrie 4.0 zu entwickeln. Sie sind dabei als Garant zur Erzielung der Akzeptanz, der Leistungs- und Entwicklungsfähigkeit, des Wohlbefindens und der Gesundheit arbei-

tender Menschen im Sinne nachhaltiger und steigender Produktivität auszurichten. Vor dem Begriff der Prävention 4.0 gilt es, praxistaugliche Ergonomie Konzepte für neue Formen der Mensch-Maschine Interaktion zu erforschen und entsprechende Integrationsmethoden und Werkzeuge für den Praxiseinsatz zu entwickeln, welche unter anderem kurzzyklische Wechsel von Arbeitstätigkeiten, Zunahme problemlösender Tätigkeiten im Arbeitsalltag, Selbstorganisation und Autonomie des Mitarbeiters, den hochflexiblen Mitarbeiterinsatz sowie den Gebrauch und den Umgang mit neue mobile Kommunikationstechniken berücksichtigen. Klassische Gestaltungsparadigmen des „Advanced Industrial Engineerings“ sind dabei aufzugreifen und weiterzuentwickeln. Des Weiteren sind Formen und Konzepte sowie entsprechende Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung kompetenzförderlicher Arbeitssysteme zu erforschen und zu entwickeln. Lernförderliche Arbeitsmittel unterstützen dabei die Arbeitsorganisation. Die Erforschung entsprechenden Aufbau- und Ablaufstrukturen für notwendige neue Formen der Arbeitsorganisation sind dabei auf die explizite Nutzung informeller und sozialer Prozesse der Kommunikation sowie Kooperation hin zu untersuchen. Zu entwickelnde Methoden und Werkzeuge sind dabei für das spezifische Nutzbarmachen impliziten Prozesswissens der Mitarbeiter zu ertüchtigen. Bei der Gestaltung der entsprechenden Mensch-Maschine Schnittstellen ist dabei zu achten, dass das System den Menschen situationsgerecht unterstützt. Die Technologien im Arbeitssystem der Zukunft verstehen dabei den Menschen, sensorisch werden Rückmeldungen des Menschen (auch in Bezug auf seine Leistungsfähigkeit) verarbeitet und der interne Zustand der Maschine wird dem Mitarbeiter intuitiv und verständlich visualisieren mitgeteilt. Hierzu gilt es entsprechende Sensoren, Aktoren, Relationsdatenbanken, Algorithmen, Konzepte sowie Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung zu entwickeln.

- Standards für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit

Gegenwärtig fehlt es ferner an rechtlichen, technischen sowie organisatorischen Standards für Datensicherheit und Arbeitsschutz sowie Arbeitssicherheit. Es gilt hier entsprechende Test- und Prüfvorschriften zu entwickeln und entsprechende Vorgehensmethoden der Industrie zur Verfügung zu stellen. Entsprechende Sicherheitsaspekte (Safety und Security) sind dabei so zu gestalten, dass eine Adaptierung schon beim Design der intelligenten Produktionsanlagen berücksichtigt werden kann. Hierzu sind entsprechende Lösungen abgeleitet aus den Anforderungen des Arbeitssystems zu entwickeln.

- Aus- und Weiterbildungskonzepte

Die Qualifikations- und Kompetenzerfordernungen der Mitarbeiter in der Industrie 4.0 werden sich ändern. Gegenwärtig werden Diskussionen in diesem Kontext vor allem auf qualitativer Ebene geführt. Lediglich abgegrenzte und nicht ganzheitliche Szenarien werden in diesem Kontext betrachtet. Vor dem Hintergrund der Beantwortung validierter und belastbarer Aussagen zur Entwicklung und Gestaltung notwendiger Aus- und Weiterbildungskonzepte im Kontext der Industrie 4.0 sind ganzheitliche Szenarien zu entwickeln und auf breiter Basis zu erforschen. Basierend auf diesen Ergebnissen ist ferner eine entsprechende Ist-/Soll-Analyse mit bereits existierenden Aus- und Weiterbildungskonzepten in Österreich vorzunehmen. Unter Berücksichtigung auch betriebsinterner Aus- und Weiterbildungskonzepte sind entsprechende Maßnahmen abzuleiten und Konzepte zu entwickeln.

- Arbeitspolitische Anpassungen

Um die Chancen und Möglichkeiten der Industrie 4.0 in Österreich zielorientiert anzugehen und Risiken zu minimieren sind heute gültige Arbeitszeit- und Entgeltmodelle auf Ihre Anwendbarkeit der Anforderungen der Industrie 4.0 zu überprüfen und anzupassen. Gegenwärtig werden Diskussionen in diesem Kontext vor allem auf qualitativer Ebene geführt. Lediglich abgegrenzte und nicht ganzheitliche Szenarien werden in diesem Kontext betrachtet. Vor dem Hintergrund der Beantwortung validierter und belastbarer Aussagen zur Entwicklung und Gestaltung notwendiger arbeitspolitischer Maßnahmen im Kontext der Industrie 4.0 sind ganzheitliche Szenarien zu entwickeln und auf breiter Basis zu erforschen.



Zusammenfassung und Empfehlung

Wie die detaillierte Darstellung der sechs etablierten Arbeitskreise der Ö-WGP zeigen, sind zur Absicherung des Produktionsstandortes Österreich zahlreiche und teils weitreichende Maßnahmen notwendig, die möglichst rasch, interaktiv und nachhaltig gestaltet umgesetzt werden müssen.

Die Vielfalt und die notwendige Entwicklungstiefe der beteiligten Fachdisziplinen (IT, Sensoren und Aktoren, Modellierung und Simulation, Automation, CPS, kognitive Methoden und neue Geschäfts- und Servicemodelle) erfordern ein verstärktes Zusammenwirken der Expertinnen und Experten im Bereich der Wirtschaft und der Wissenschaft mit finanzieller Unterstützung durch die öffentliche Hand und durch Fachverbände.

Die wichtigen Grundbausteine der Industrie 4.0 müssen in den Curricula der technischen Studienzeige unserer Universitäten und Fachhochschulen Einzug finden und mit aktuellen Ergebnissen aus laufenden und zukünftigen F&E-Programmen, sowie mit Blick weit über die nationale Grenze hinaus, verdichtet werden. Deshalb muss es auch selbstverständlich sein, sich möglichst aktiv und in großer Zahl an internationalen Projekten, wie bspw. Horizon 2020 oder KIC-AVM, zu beteiligen.

Es müssen insbesondere visionäre Ideen entwickelt und Leuchtturmprojekte möglichst rasch definiert und gestartet werden, um den Anschluss an international wirkende Themenführer zu ermöglichen. Dazu sind alle interessierten Personen und Organisationen aufgefordert.

Die Ö-WGP sieht sich in diesem Sinne als Schlüsselstelle für zukunftsorientierte Entwicklungen einer modernen Produktionstechnik mit all ihren wissensintensiven Subbereichen. Durch Beratung der Förderstellen, Fachverbände, Forschungsstellen, und durch den Austausch von Schlüsseldokumenten, Veranstaltungen von Weiterbildungsseminaren und durch die Koordination der wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiet will die Ö-WGP ein Weichensteller und Wegbegleiter für den wissenschaftlichen Nachwuchs und für viele Entscheidungsträger sein.