

Potenzialerhebung Leitprojekte

Themenkomplexe im Bereich Wien, Juli 2014
Produktion für
Leitprojektausschreibungen in
„Produktion der Zukunft“ und
„IKT der Zukunft“

Potenzialerhebung Leitprojekte

Themenkomplexe im Bereich Produktion
für Leitprojektausschreibungen in
„Produktion der Zukunft“ und „IKT der Zukunft“

Björn Budde
Philipp Hold
Henrik Gommel
Jürgen Minichmayr
Wolfram Rhomberg
Beatrix Wepner

Potenzialerhebung Leitprojekte

Themenkomplexe für mögliche Leitprojektausschreibungen
in „Produktion der Zukunft“ und „IKT der Zukunft“

Björn Budde¹
Philipp Hold²
Henrik Gommel²
Jürgen Minichmayr²
Wolfram Rhomberg¹
(Projektleitung)
Beatrix Wepner¹

Endbericht

AIT-IS-Report, Vol. 91

Juli 2014

Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der
Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG
im Rahmen der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“

¹ AIT Austrian Institute of Technology GmbH

² Fraunhofer Austria Research GmbH

Inhalt

Executive Summary	1
1 Einleitung	4
2 Ziele und Methodik des Vorhabens	5
3 Identifikation und Aufbereitung der Themen	8
3.1 Identifikation von Themen durch Bibliometrie-Analyse	8
3.2 Identifikation von Themen durch Desktop-Recherche	10
3.3 Identifikation von Themen durch Experten-Befragung	18
3.4 Aufbereitung der identifizierten Themen für die Industrieworkshops	19
3.5 Themenkonsultation in den Industrieworkshops	22
4 Bewertung und Selektion der Themen	23
4.1 Überblick Bewertungen	23
4.1.1 Betriebliche Relevanz	23
4.1.2 Noten nach Workshop	25
4.1.3 Eignung für Leitprojekt	27
4.2 Adaptive und flexible Produktion	29
4.3 Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung	30
4.4 Intelligente Maschinen und Anlagen	32
4.5 Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau	34
4.6 Generative Fertigung	35
4.7 Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette	37
4.8 Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen	39
4.9 Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine-Kooperation	41
4.10 Zusammenfassende Reihung der empfohlenen Themenkomplexe für Produktion der Zukunft	43
4.11 Themen an der Schnittstelle von IKT zur Produktion – IKT als Enabler für Produktion	44
4.11.1 Kurzdarstellung der vier Themenfelder der Ausschreibung „IKT der Zukunft“ (2. Ausschreibung 2013)	45
4.11.2 Ergebnisse der Analyse und Expertenkonsultation	47
4.12 Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0	50
5 Anhang	53
5.1 Bibliometrie: Analytierte Fachjournale	53
5.1.1 Suchstrategien zur Identifikation von Themen	53
5.1.2 Identifizierte Einzelthemen der Suchstrategie 1 in alphabetischer Reihenfolge	59
5.1.3 Identifizierte Einzelthemen der Suchstrategie 2 in alphabetischer Reihenfolge	60
5.2 EU Projekte im 7. Rahmenprogramm zu „Industrial Manufacture“	62
5.3 Interviewpartner und Interviewleitfaden	65
5.4 Liste der an den Workshops teilnehmenden Organisationen	73
6 Literatur und Referenzen	74

Executive Summary

Im Bereich der österreichischen Produktionsforschung gilt es, bestehende Kräfte in Industrie und Forschung national sowie grenzüberschreitend verstärkt zu bündeln und zu fokussieren, um auf Basis gemeinsamer Ziele und Herausforderungen den innovativen Vorsprung bei Produktionstechnologien und Produktionsstandorten gegenüber globalen Mitbewerbern nicht nur zu behaupten, sondern sogar auszubauen.

Das FFG Förderformat „Leitprojekte“ möchte diese notwendigen Forschungs- und Innovationsanstrengungen der Industrie gezielt unterstützen und dabei explizit Forschungsvorhaben fördern, die eine langfristige Standortsicherung durch wettbewerbsfähige Innovationsleistungen gewährleisten und die Erschließung neuer Leitmärkte vorantreiben.

Als Leitprojekte sind dabei strategisch und inhaltlich klar definierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte von substantiellem Umfang hinsichtlich inhaltlichem und finanziellem Projektvolumen, Anzahl an Projektpartnern und Laufzeit zu verstehen. Derartige Leitprojekte im Bereich Produktion und IKT zielen auf die technologische Realisierbarkeit von Systemlösungen mit langfristiger Wachstumsperspektive ab. Zudem soll Forschungskompetenz aufgebaut bzw. erweitert werden, um auch die Attraktivität österreichischer Forschungseinrichtungen für europäische und internationale Kooperationen zu erhöhen.

Solche Leitprojekte im Bereich produktionsrelevanter Forschung werden im Jahr 2014 das erste Mal, wie auch voraussichtlich in den kommenden Jahren im Rahmen der BMVIT FTI-Initiativen „Produktion der Zukunft“ und „IKT der Zukunft“ von der FFG ausgeschrieben. Die vorliegende Projektstudie soll diese Ausschreibungen unterstützen, indem sie wissenschaftlich und methodisch fundierte Aussagen präsentiert, welche Forschungs- und Entwicklungsthemen bzw. Themenkomplexe im Bereich industrieller Produktion potenziell – im Sinne der obigen Anforderungen einerseits wie auch in Hinblick auf den Bedarf seitens Industrie und Forschung andererseits – in Frage kommen können.

Das Projekt „Potenzialerhebung Leitprojekte – Themenkomplexe für Leitprojektausschreibungen in Produktion der Zukunft und IKT der Zukunft“ hat die Identifikation, Bewertung und Beschreibung von zukunftssträchtigen Themen bzw. Themenkomplexen für Leitprojekte im Bereich Produktion zum Ziel. Dabei werden, wie in der Projektausschreibung vom Mai 2013 gefordert, zumindest drei zukunftssträchtige Themen bzw. Themenkomplexe für Leitprojekte im Rahmen der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“ vorgeschlagen. Zudem wird ein Thema/Themenkomplex für die FTI-Initiative „IKT der Zukunft“, an der Schnittstelle von IKT zur Produktion, aus den IKT relevanten Produktion-Leitprojekthemen extrahiert und als eigenes Leitprojekthema beschrieben.

Die Identifikation und Definition der Leitprojekthemen erfolgte durch einen mehrstufigen, breit angelegten Prozess, in dessen Rahmen eine Kombination aus quantitativen und qualitativen Methoden zum Einsatz kam. Nach einer Analyse der Akteurslandschaft, aufbauend auf vergangenen und aktuellen Aktivitäten im Bereich produktionsrelevanter Forschung, erfolgte ein Screening nationaler und internationaler Dokumente, Studien und Strategiedokumente nach relevanten und zukunftssträchtigen Themen mit Relevanz für die Produktionsforschung. Die ersten Analyseschritte wurden durch eine bibliometrische Analyse produktionsrelevanter Publikationen sowie eine Expertenkonsultation in Interviewform ergänzt. Einen Schwerpunkt der Erhebung stellte die Konsultationsphase im Rahmen von drei Industrieworkshops in Dornbirn, Graz und Linz dar. Ausgehend von umfangreichen Recherchen, Erhebungen und Analysen werden folgende Themenkomplexe für möglich Ausschreibungen in „Produktion der Zukunft“ und „IKT der Zukunft“ empfohlen.

Für „Produktion der Zukunft“:

Themen der Kategorie 1:

- **Adaptive und flexible Produktion**
- **Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung**

Zusammenfassende Begründung: Beide Themenkomplexe wurden in der Konsultationsphase mit einer sehr hohen betriebliche Relevanz bewertet und weisen eine durchwegs sehr hohe Zustimmung bei der Eignung für ein Leitprojekt auf. Zudem handelt es sich dabei um Themen, die potenziell für viele Branchen relevant sind und dabei direkt auf die Wettbewerbsfähigkeit des österreichischen Produktionsstandortes abzielen. Die Themenkomplexe sind sehr anschlussfähig an weitere, ergänzende Themenkomplexe, können aber auch als allgemeine Zielsetzung für andere Themen aufgefasst werden.

Themen der Kategorie 2:

- **Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine- Kooperation**
- **Generative Fertigung**
- **Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen**

Zusammenfassende Begründung: Diesen drei Themenkomplexen wird das höchste Zukunftspotenzial, sowohl aus strategisch, wettbewerblicher Sicht als auch aus Sicht von Forschung & Innovation attestiert. Insbesondere in den Themenkomplexen „Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine-Kooperation“ sowie „Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen“ wird zudem ein gesellschaftspolitischer bzw. ökologischer Mehrwert gesehen. Alle drei Themenkomplexe haben mehrheitlich eine hohe betriebliche Relevanz (bei jeweils zwei von drei Workshops), sowie mehrheitlich auch eine hohe bzw. sehr hohe Zustimmung bei der Eignung des Themenkomplexes für ein Leitprojekt. Das Potenzial, erfolgreiche Projekte mit „Leuchtturmcharakter“ zu generieren und eine Vorreiterrolle einzunehmen, wird bei diesen drei aktuellen Themen am höchsten eingestuft.

Themen der Kategorie 3:

- **Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau**
- **Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette**
- **Intelligente Maschinen und Anlagen**

Zusammenfassende Begründung: Alle drei Themenkomplexe haben eine hohe betriebliche Relevanz sowie eine hohe Zustimmung bei der Eignung des Themenkomplexes für ein Leitprojekt. Insbesondere die beiden Themen „Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette“ und „Intelligente Maschinen und Anlagen“ können einen wichtigen Beitrag zur weiteren Steigerung von Produktivität leisten, sind aber gleichzeitig auch „Enabler“ für übergeordnete Themen bzw. Zielsetzungen (siehe „Kategorie 1“). Der Themenkomplex „Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau“ kann auf der Produktseite zu Innovationen und damit zu einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit führen sowie darüber hinaus auch einen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz leisten.

Für „IKT der Zukunft“:

Forschungs- und Entwicklungsthemen der IKT haben eine wesentliche „Enabler“-Funktion bei der Umsetzung der produktionsspezifischen Leitprojekt-Themenkomplexe, insbesondere:

(1) „Adaptive und flexible Produktion“, (2) „Intelligente Maschinen und Anlagen“, (3) „Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung“, (4) „Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette“, (5) Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschinen-Kooperation sowie (6) „Datenmanagement“ (Datenanalyseverfahren, Datenerfassung, -verarbeitung, und -sicherheit).

An der Schnittstelle von IKT zur Produktion wurde aus den oben betrachteten Themenkomplexen zusätzlich der übergreifende Themenkomplex

➤ „Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0“

als IKT Leitprojektthema extrahiert und empfohlen.

Cyber-Physikalische Produktionssysteme (CPPS) als wesentlicher Bestandteil der Konzepte der „Industrie 4.0“ zeichnen sich durch eine hochgradige Vernetzung der physikalischen, sozialen und virtuellen Welt sowie durch die intelligente Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien aus und helfen den Herausforderungen steigender Komplexität in einem dynamischen Umfeld zu begegnen. Die Herausforderungen fokussieren sich entlang der Funktionsrealisierung von CPPS, wie Datenübernahme, -verarbeitung und -verwaltung, Erstellung und Bearbeitung von Modellen, Programmen und Datensätzen im Zusammenhang mit Produkten, Produktion und After Sales, Simulation, Überwachung und Monitoring, Visualisierung, Analyse und Auswertung sowie Regelung und Maßnahmeneinleitung durch entsprechende Entscheidungslogiken. Durch die Schaffung ganzheitlicher Modellierungs- und Entwicklungswerkzeuge soll die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Disziplinen und Systemen erhöht und die Gesamtproduktivität gesteigert werden.

1 Einleitung

Die Entwicklung und Herstellung von international wettbewerbsfähigen Produkten ist ein Schlüsselfaktor für den Erfolg und das Bestehen österreichischer Unternehmen im internationalen Wettbewerb. Obwohl zahlreiche produzierende Unternehmen eine hervorragende Wettbewerbsposition inne halten, gilt es, diese vor dem Hintergrund eines stetig steigenden internationalen Wettbewerbsdrucks zu wahren bzw. auszubauen. Neben dieser ökonomischen und beschäftigungspolitischen Dimension ist die produzierende Industrie auch in zunehmendem Maße mit Herausforderungen wie etwa dem Klimawandel und Ressourcenknappheit konfrontiert.

Um unter diesen herausfordernden Rahmenbedingungen auch in Zukunft eine bedeutende Rolle spielen zu können und ihrer gesellschaftlichen Verantwortung gerecht zu werden, ist es erforderlich noch stärker als bisher Innovationen zu entwickeln und erfolgreich am Markt zu etablieren, um sowohl die Produktivität als auch die Effizienz in Hinblick auf Energie und Ressourcen zu steigern. Zudem wird die alternde Gesellschaft in den westlichen Industrienationen die österreichische Sachgüterindustrie vor neue Herausforderungen stellen, aber auch neue Chancen bieten, welche mit Hilfe von innovativen Technologien, Produkten und Dienstleistungen genutzt werden sollten.

In der europäischen und österreichischen Industrie besteht somit ein großer Handlungsbedarf für intelligente und innovative Produktionsprozesse, welche die Voraussetzung für eine wettbewerbsfähige, effiziente und ökologisch verantwortungsvolle Produktion von Sachgütern sind. Dieser Problemaufriss macht deutlich, dass die Zukunft der österreichischen Industrie zu einem großen Ausmaß von einer gezielten Modernisierung ganzheitlicher Produktionsprozesse und der Gestaltung innovativer, wettbewerbsfähiger und nachhaltiger Produkte abhängig ist. Dazu notwendige Forschung und Entwicklung (F&E) wird in Kooperation von Industrie, Wissenschaft und öffentlicher Hand bereits vorangetrieben. F&E-Programme und Technologieinitiativen auf nationaler und internationaler Ebene zeigen dies bereits.

Nun gilt es, auch im Bereich der österreichischen Produktionsforschung, bestehende Kräfte in Industrie und Forschung national sowie grenzüberschreitend verstärkt zu bündeln und zu fokussieren, um auf Basis gemeinsamer Ziele und Herausforderungen den innovativen Vorsprung bei Produktionstechnologien und -prozessen und folglich Produkten gegenüber globalen Mitbewerbern nicht nur zu behaupten, sondern sogar auszubauen.

Das FFG Förderformat „Leitprojekte“ möchte diese notwendigen Forschungs- und Innovationsanstrengungen der Industrie gezielt unterstützen, und dabei explizit Forschungsvorhaben fördern, welche strategische Zukunftsfragestellungen von gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Bedeutung adressieren, eine langfristige Standortsicherung durch wettbewerbsfähige Innovationsleistungen gewährleisten und die Erschließung neuer Leitmärkte vorantreiben. Leitprojekte im Bereich Produktion sind strategisch und inhaltlich definierte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die auf die technologische Realisierbarkeit von Systemlösungen mit langfristiger Wachstumsperspektive abzielen. Zudem soll im Rahmen solcher über die Grenzen sichtbarer „Leuchttürme“ Forschungskompetenz aufgebaut bzw. erweitert werden, um auch die Attraktivität österreichischer Forschungseinrichtungen für europäische und internationale Kooperationen zu erhöhen.

Solche Leitprojekte im Bereich produktionsrelevanter Forschung werden im Jahr 2014 das erste Mal, wie auch voraussichtlich in den kommenden Jahren im Rahmen der BMVIT FTI-Initiativen „Produktion der Zukunft“ und „IKT der Zukunft“ von der FFG ausgeschrieben. Vorliegende Projektstudie soll diese Ausschreibungen unterstützen, indem sie wissenschaftlich und methodisch fundierte Aussagen darüber macht, welche Forschungs- und Entwicklungsthemen bzw. Themenkomplexe im Bereich industrieller Produktion potenziell – im Sinne der obigen Anforderungen einerseits wie auch in Hinblick auf den Bedarf seitens Industrie und Forschung andererseits – in Frage kommen könnten.

2 Ziele und Methodik des Vorhabens

Das Projekt „Potenzialerhebung Leitprojekte – Themenkomplexe für Leitprojektausschreibungen in Produktion der Zukunft und IKT der Zukunft“ hat die Identifikation, Bewertung und Definition von zukunfts-trächtigen Themen bzw. Themenkomplexen für Leitprojekte im Bereich Produktion zum Ziel. Dabei werden, wie in der Projektausschreibung vom Mai 2013 gefordert, zumindest drei zukunfts-trächtigen Themen bzw. Themenkomplexen für Leitprojekte im Rahmen der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“ vorgeschlagen. Zudem wird ein Thema/Themenkomplex für die FTI-Initiative „IKT der Zukunft“, an der Schnittstelle von IKT zur Produktion, aus den IKT relevanten Produktions-Leitprojekthemen extrahiert und als eigenes Leitprojekthema weiterentwickelt und definiert.

Die vorliegende Studie liefert eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Auswahl von Themenfeldern für die Ausschreibung von Leitprojekten im Bereich Produktion. Dies ist erforderlich, um Leitprojekte gezielt in vielversprechenden Zukunftsthemen ausschreiben zu können. Das bedeutet in Themenfeldern, in denen Akteure aus Österreich bereits auf bestehenden Kompetenzen aufbauen und somit nationale Innovationsketten bzw. Wertschöpfungsketten auf- und ausgebaut werden können.

Die gegenständliche Studie soll auch dazu beitragen, die strategischen Ziele der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“ zu erreichen, welche wiederum darauf abzielen, die österreichische Sachgüterindustrie dabei zu unterstützen, die zukünftigen ökonomischen, gesellschaftlichen und ökologischen Herausforderungen erfolgreich zu adressieren.

Methodisch setzt das Projekt auf eine Kombination von qualitativen und quantitativen Zugängen (Bibliometrie, Dokumenten- und Datenbankanalyse, Expertenbefragungen) sowie insbesondere auf eine breit angelegte Konsultationsphase im Rahmen von drei Industrieworkshops in Dornbirn, Graz und Linz.

Die Studienergebnisse beinhalten eine klare Begründung für die ausgewählten Themenkomplexe sowie die Bewertungen seitens der Vertreter der Industrie in Hinblick auf betriebliche Relevanz und Eignung der Themen für die Durchführung von Leitprojekten im Bereich Produktion (Kapitel 4). Die inhaltlichen Zwischenergebnisse und Analysen, welche zur letztendlich Auswahl und Begründung der vorgeschlagenen Themenkomplexe geführt haben sowie die dabei eingesetzten Methoden und Erhebungswerkzeuge sind in Kapitel 3 „Identifikation und Aufbereitung der Themen“, Kapitel 4 „Bewertung und Selektion der Themen“ sowie im Anhang beschrieben und dargestellt.

Ausgehend von den Anforderungen der Ausschreibung verfolgte das im Rahmen des vorliegenden Studienberichtes dokumentierte Projekt konkret folgende *drei Zielsetzungen*:

1. Identifikation möglicher Themenkomplexe für Leitprojekte
2. Bewertung, Selektion und Begründung der Themenkomplexe
3. Beschreibung/Charakterisierung und Formulierung

Übergeordnetes Ziel war es somit zu gewährleisten, dass am Ende der Projektlaufzeit auch tatsächlich jene Themen für mögliche Leitprojekte identifiziert, selektiert, beschrieben und begründet werden, welche (1) den bereits definierten Anforderungen/Kriterien an ein Leitprojekt auch wirklich entsprechen, d.h. (2) den (F&E-)Bedarf der verschiedenen Produktionsbranchen entlang der Wertschöpfungsketten eindeutig adressieren und somit (3) von diesen gemeinsam mit der Forschung/Wissenschaft auch als gefördertes Leitprojekt beantragt bzw. als Forschungsprojekt nachhaltig verfolgt werden.

Weitere Subziele des Projektes sind, laut Ausschreibung, die „Mobilisierung potentieller Antragsteller“ und eine „Abschätzung der Kosten und Effekte“ von Leitprojekten. In Hinblick auf

letztere Subzielsetzung dürfen die Studienautoren an dieser Stelle festhalten, dass dieses Ziel nicht erreicht werden konnte. Grund dafür ist, dass sich im Laufe des Konsultationsprozesses in den Industrieworkshops gezeigt hat, dass zum Erhebungszeitpunkt im Frühjahr 2014 zwar konkrete Aussagen über potenzielle Themenkomplexe gemacht werden konnten, jedoch über konkrete Projekte und Projektpartnerschaften in den jeweiligen Themenkomplexen noch keine Aussagen gemacht werden konnten oder gemacht werden wollten. Daher lässt sich in dieser Studie auch noch nicht abschätzen, welche monetären Projektvolumen bzw. Förderkosten zu erwarten sind. Aus demselben Grund sind auch mögliche Effekte von durchgeführten Leitprojekten innerhalb der vorgeschlagenen Themenkomplexe, auch im Vergleich zu anderen FTI-Förderformaten der FFG, zum Zeitpunkt der Studienausfertigung noch nicht abschätzbar. Vor diesem Hintergrund finden sich dazu auch keine Aussagen im vorliegenden Bericht. Einen Beitrag zur Mobilisierung potentieller Antragsteller im Rahmen des Projektes konnte jedoch mit Sicherheit, alleine mit der Durchführung der Experteninterviews und der Workshops in drei Bundesländern, geleistet werden.

Methodik

Um den Projektzielen gerecht werden zu können war ein Mix verschiedener qualitativer und quantitativer Methoden, d.h. Erhebungs-, Dokumentations-, Konsultations- und Analyseschritte erforderlich.

Im Überblick sind diese folgenden methodischen Arbeitsschritte – im Detail dokumentiert in den Kapitel 3 und 4 sowie im Anhang:

Identifikation, Analyse und Aufbereitung (Ergebnisdokumentation siehe in Kapitel 3):

1. Bibliometrische Analyse und Aufbereitung der Themenkomplexe aus der Bibliometrie
2. Desk-Research: Analyse von Studien, Ausschreibungen und von Forschungsthemen aus anonymisierten Förderdaten aus dem Bereich Produktionsforschung
3. Expertenbefragung entlang eines Interviewleitfaden (Experten aus Forschung und von Clusterverbänden sowie Interessensvertretungen; basierend auf einer Akteursanalyse)
4. Komparative Analyse der von einander unabhängigen drei Erhebungsschritte bzw. -ergebnisse
5. Validierung, Synthese, Ableitung und Formulierung von 15 Themenkomplexen für den Konsultationsprozess in den Industrieworkshops (siehe unten)

Konsultation, Bewertung und Selektion unter der Prämisse von Ausgewogenheit und Transparenz (Ergebnisdokumentation siehe in Kapitel 4):

1. Vorbereitung von drei Industrieworkshops in Dornbirn, Graz und Linz mit dem Ziel einer möglichst ausgeglichenen und breiten Teilnahme
 - a. Industrielle Akteursanalyse und Versendung von Einladungen in Abstimmung mit dem Projektauftraggeber
 - b. Erstellung eines Workshop Designs, inhaltlicher Diskussionsgrundlagen und eines Bewertungsschemas für die Bewertung von betrieblicher Relevanz und potenzieller Eignung für Leitprojekte im Bereich Produktion
2. Durchführung der Workshops Frühjahr 2014 vor Ort: Ergänzung, Bewertung und Auswahl von Themenkomplexen in den Industrieworkshops (Teilnehmerliste siehe im Anhang):
 - a. Sammlung von F&E Themen vor dem Hintergrund industrieller Herausforderungen
 - b. Zuordnung der gesammelten Themen zu den im Vorfeld identifizierten 15 Themenkomplexen
 - c. Ergänzung der 15 Themenkomplexe auf insgesamt 21 Themenkomplexe

- d. Bewertung der Themenkomplexe in Hinblick auf betriebliche Relevanz
 - e. Zusammenfassung und Clusterung
 - f. Bewertung der Themenkomplexe in Hinblick auf Eignung für Ausschreibung und Durchführung eines Leitprojektes in „Produktion der Zukunft“ – vor dem Hintergrund der Charakteristika und Anforderungen an ein FFG Leitprojekt
3. In weiterer Folge Durchführung von Konsultationen mit Experten aus dem Bereich IKT an der Schnittstelle zur Produktion; mit dem Ziel der Extrahierung und Synthese eines eigenen IKT Leitprojektthema aus relevanten Produktions-Leitprojektthemen

Schriftliche Ausarbeitung der Themenkomplexe und Empfehlungen (Kapitel 4):

1. Analyse der Ergebnisse aus den Industrieworkshops
2. Empfehlung, Beschreibung und Reihung der Themenkomplexe für „Produktion der Zukunft“
3. Empfehlung und Beschreibung des Themenkomplexes für „IKT der Zukunft“, IKT an der Schnittstelle zur Produktion
4. Formulierung von Textvorschlägen für eine mögliche Ausschreibung in „Produktion der Zukunft“ (siehe Anhang)

3 Identifikation und Aufbereitung der Themen

Das folgende Kapitel stellt die einzelnen Schritte zur Identifikation und Aufbereitung der Themen und das Vorgehen zur Identifikation von Themen durch Bibliometrie-Analyse, durch Desktop-Recherche sowie durch Befragung von nationalen und internationalen Experten dar. Des Weiteren verdeutlicht das folgende Kapitel das Vorgehen im Rahmen dieser Studie zur Konsultation der identifizierten Themen für die Industrie-Workshops.

3.1 Identifikation von Themen durch Bibliometrie-Analyse

Ziel der bibliometrischen Analyse war die Identifikation von Themen, die in der wissenschaftlichen Produktionsforschungs-Community stark diskutiert werden. Der Vorteil der bibliometrischen Verfahren basiert auf der Möglichkeit von inhaltsbasierter Strukturierung der Information, Identifizierung von Unterthemen, Visualisierung der Struktur des Inhaltes und der Verbindungen untereinander. Im ersten Schritt wurde eine geeignete Suchstrategie im Projektteam definiert. Die genaue Suchstrategie findet sich im Anhang. Im Falle der Produktionsforschung wurde die Suche so definiert, dass Publikationen aus ausgewählten wissenschaftlichen Journalen in einem geeigneten Zeitraum herangezogen wurden. Die Journale zeichneten sich durch hohen Impact Faktor und hohe thematische Relevanz aus.

Die Auswertung der Daten wurde mittels der am AIT entwickelten Software BibTechMon™ vorgenommen. Die dreidimensionale Grafik (Abbildung 1 und Abbildung 2) ist ein Maß für die Dichte der Cluster. Die Höhe zeigt an, wie viele Papers jeweils in einem Cluster liegen. Je höher die „Berge“ sind, desto mehr Papers liegen in diesem Cluster, desto mehr wird in diesem Bereich in den analysierten Journalen publiziert.

Dabei wurden klar zu identifizierende Cluster mit starken Vernetzungen als Themen benannt. Vor allem am äußeren Rand liegende Papers zeigen keine Vernetzung zu anderen Publikationen. Sehr nah zusammen liegende Themen mit starker Vernetzung untereinander sind thematisch eng miteinander verwandt und können oft zu größeren Themenkreisen zusammengefasst werden.

Zentrale F&E Themen/Cluster, die mit Hilfe der bibliometrischen Analyse in zwei unabhängigen Suchstrategien identifiziert werden konnten und somit in der wissenschaftlichen Produktionsforschungs-Community stark diskutiert werden, wurden mit englischen Bezeichnungen versehen, da dies der vorrangigen Publikationssprache entspricht.

Eine vollständige Liste der identifizierten Themen mit den englischen Originalbegriffen findet sich im Anhang.

Diese Themen lassen sich zu **fünf Themenkomplexen** zusammenfassen. Als weitere kleinere Themen fanden sich Publikationen im Managementbereich zu Qualitätskontrolle und ISO 9001 sowie Umweltmanagementsystemen und ISO 14001.

- **Flexible, wandlungsfähige Produktion:** Dieser Themenbereich umfasst Subthemen wie Agile Fertigung, Bestimmung und Optimierung zyklischer Planungssysteme für Produktionszellen oder zellulare (dezentrale, fraktale, holonische) Produktionssysteme. Beispiele: Agile Manufacturing, flexible job shop scheduling.
- **Optimierung von Fertigungsprozessen:** CNC Computer Numerical Control, Modellierung von Fertigungsprozessen, CAM und ähnliches sind Problemstellungen in diesem Schwerpunkt. Beispiele: Multi axis machining tools, sheet forming, milling stability.
- **Optimierung der gesamten Supply-Chain** beschäftigt sich mit Fragestellungen zu Bewältigung des Bullwhip-Effekts, Bestandsmanagement, Kostenoptimierung, Outsourcing oder

Nachfragesteuerung. Neue kleinere Themen waren „Sustainable Supply Chain Management“ und Systeme des nachhaltigen Materialkreislaufs für Rohstoffe, Geräte und Gerätekomponenten. Ebenso waren Lieferantenauswahl / Multikriterielle Bewertung, Lagerhaltung und Systeme sowie automatische Lagerhaltung und Organisation von Logistik Themen. Beispiele: Supply Chain Management, strategic trade-offs, integration, Bullwhip effect in supply chains, Warehouse Design and Storage Systems.

- **Produktionsplanung- und Steuerung:** Optimierung der Ablaufplanung, Auftragsreihenfolgeplanung, Leerzeitenreduktion, Losgrößenoptimierung und ähnliches sind Problemstellungen in diesem Schwerpunkt. Beispiele: Production planning of mixed model assembly lines, assembly line balancing, lot scheduling problems.
- **Werkstoffe (Metalle/Oberflächen/Composites):** Vorrangig werden Werkstoffe wie Metalle, Legierungen und Composite behandelt, seitens der Fertigungsmethoden wurden Prägen, Fräsen, Mikrobearbeitung, Blechumformung ,generelle Verarbeitbarkeit und Abrieb als Themen gefunden. Beispiele: Friction stir welding, sheet forming, milling stability.

Abbildung 1: Hauptthemen der Forschungsfronten aus Suchstrategie 1

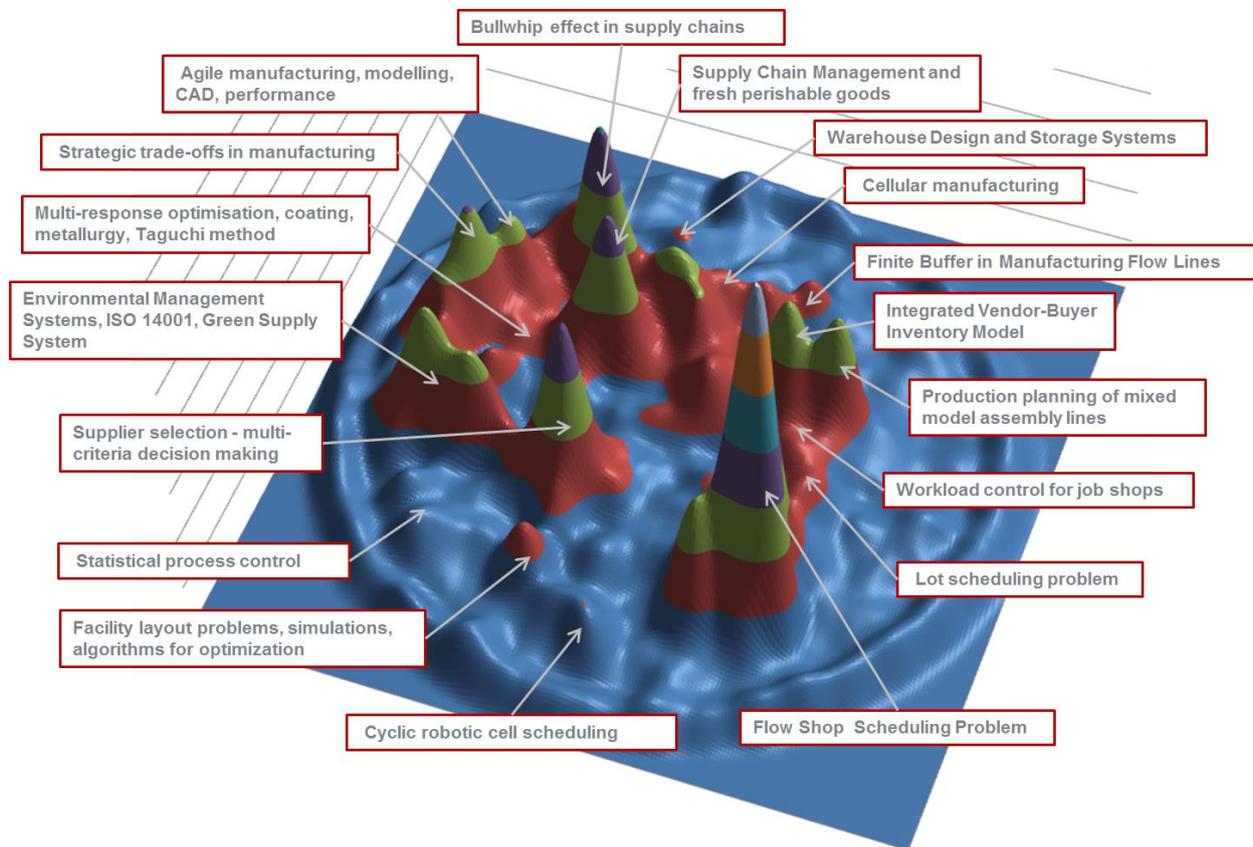
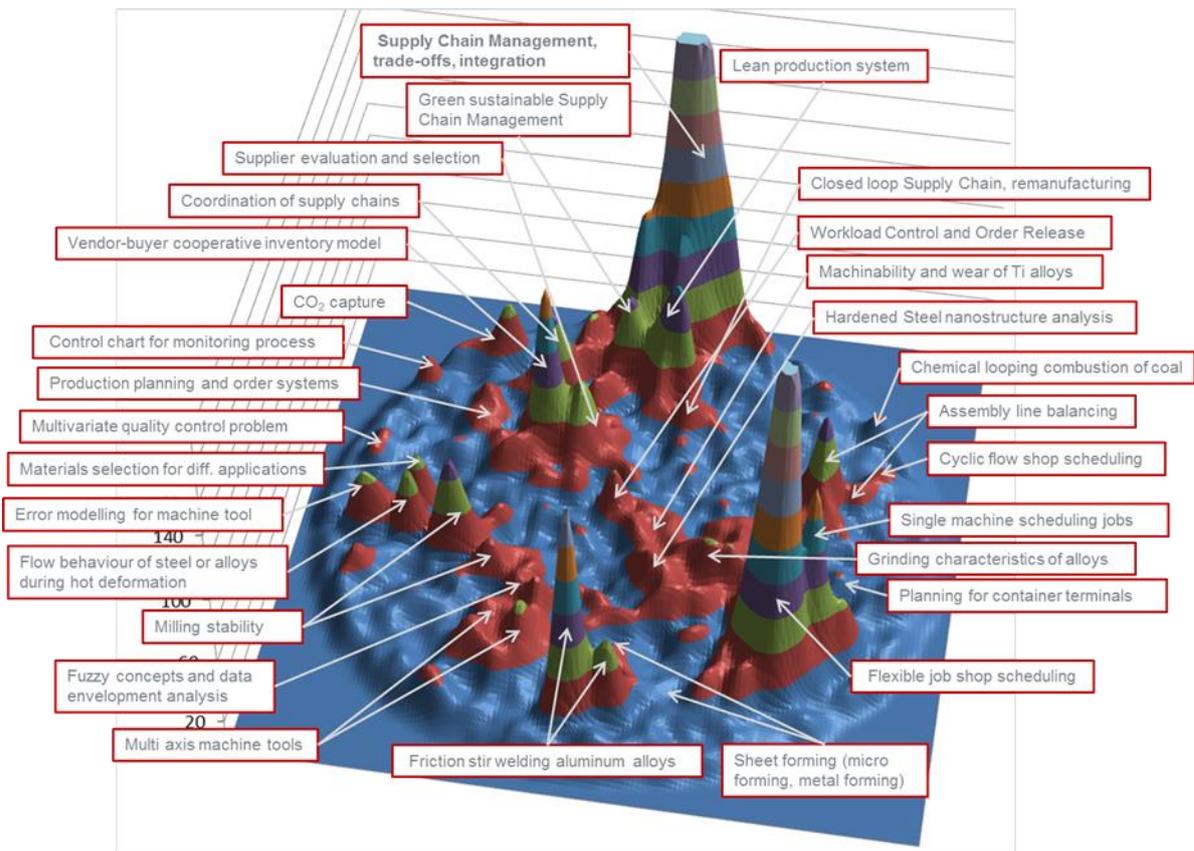


Abbildung 2: Hauptthemen der Forschungsfronten aus Suchstrategie 2



3.2 Identifikation von Themen durch Desktop-Recherche

Im Vorfeld und im Rahmen der Studie wurden anhand einer Desktop-Recherche auch Publikationen, insbesondere Ausschreibungen, Studien sowie nationale und internationale F&E-Projekte, die sich mit zukünftigen produktionsrelevanten Forschungsfeldern im Bereich Produktion und IKT beschäftigen, analysiert.

Analyse von Publikationen, Studien und Ausschreibungen

Dabei zeigte sich, dass das Feld der Produktionsforschung nicht nur die Produktion innerhalb der Betriebsstätte selbst, sondern auch die Interdependenzen mit relevanten vor- und nachgelagerten Bereichen der Produktion und der Wertschöpfungskette untersucht.

Im Zuge laufender Beobachtung wurden relevante Ausführungen der Produktionsforschung im Hinblick auf den Stand der Forschung inhaltlich in Themenfelder geclustert und qualitativ analysiert.

Folgende nationale und internationale Studien wurden der Themenanalyse unterzogen:

- Hightech-Strategie 2020 für Deutschland¹
- Herausforderungen für die Produktion(-sforschung) 2020²
- Technologieprognosen Internationaler Vergleich³
- Foresight Prozess⁴
- IKT 2020 - Forschung für Innovation⁵
- Themenkonsolidierung für die Rahmeninitiative „Smart Production“⁶
- Draft Horizon 2020 - Work Programme 2014-2015⁷
- 8. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Kommission⁸
- Die Strategische Forschungsagenda Deutschland – Ergebnis des Roadmapping Prozesses MANUFUTURE DE⁹
- Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0¹⁰

Wie die Analyse der Studien zeigt, unterliegen die Wertschöpfungsbereiche und Aufgaben der Produktionsforschung starken Interdependenzen. Die aufgezeigten Themenkomplexe sind daher nicht trennscharf voneinander abzugrenzen.

Folgende Themenfelder konnten identifiziert werden:

Themenfeld „Ressourceneffizienz“

Dieses Themenfeld umfasst in erster Linie die energie- und materialeffiziente Ausrichtung der Produktion mit dem Ziel die Produktionskosten zu reduzieren und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts zu halten bzw. zu stärken. Hierbei sollen leistungsfähige, ressourceneffiziente und robuste Fertigungs- und Produktionsprozesse entwickelt werden. Dabei ist nicht nur der effiziente Einsatz von Energie und Werkstoffen zu adressieren, sondern gleichermaßen auch der Einsatz von Betriebs- und Gefahrenstoffen.¹¹ Zusätzlich zur ganzheitlich ressourceneffizienten Gestaltung von Produktionssystemen berücksichtigt dieses Themenfeld auch die Gestaltung „grüner Produkte“.¹² Zusammen mit organisatorischen Maßnahmen zum energieeffizienten Verhalten von Organisationen zielt dieses Forschungsfeld darauf ab ressourcenverbrauchsoptimierte und energieautarke Produktionsstätten zu entwickeln.¹³

1 vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010)

2 vgl. Abele, T. (2010)

3 vgl. Verband deutscher Ingenieure (2013)

4 vgl. Cuhls, K. et al. (2009)

5 vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2007)

6 vgl. Rhomberg, W. et al. (2009)

7 vgl. European Commission - Research and Innovation (2010)

8 vgl. Riemann et al. (2013)

9 vgl. Westkämper, E. (2007)

10 vgl. Acatech (2013):

11 vgl. Westkämper, E. (2007)

12 vgl. Riemann et al. (2013)

13 vgl. Cuhls, K. et al. (2009)

Themenfeld „Flexibilität und Wandlungsfähigkeit“

Dieses Themenfeld umfasst in erster Linie Maßnahmen zur Steigerung der Fähigkeit, auf unterschiedlichste Veränderungen im Umfeld der Produktion reaktiv und/oder proaktiv reagieren zu können. Insbesondere die Veränderungstreiber „Individualisierung der Kundenwünsche“ und „abnehmende Prognostizierbarkeit von Absatzmengen“ führen zu immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen und zunehmender Variantenvielfalt und erfordern eine immer schnellere Reaktionsfähigkeit der Unternehmen.¹⁴ Grundsätzliche Zielsetzung ist es also, über eine gesteigerte Veränderungsfähigkeit der Wertschöpfungsnetzwerke, Produktionsstrukturen und -prozesse, eine Verkürzung von Entwicklungszyklen (Produkt und Produktion) zu erreichen, Kundenindividualität in der Produktion zu ermöglichen (Built-to-Order Strategien) und dabei gleichzeitig ein robustes Gesamtsystem zu erhalten. Diese Fähigkeiten sind zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit im Sinne des „Low-Cost-High-Tech“ essenziell für eine Produktion in Hochlohnländern.

Themenfeld „Rohstoffe / Kreislaufwirtschaft“

Dieses Themenfeld widmet sich der optimierten Erstverwendung, Wiederverwendung, Wiederverwertung und Substitution von (kritischen) Rohstoffen in bestehenden und zukünftigen Produkten entlang ihres gesamten Lebenszyklus. Besonderes Augenmerk soll hierbei auf strategische Rohstoffe gelegt werden, da eine sichere und bezahlbare Versorgung mit Rohstoffen für technologieführende Nationen von großer Bedeutung ist. Neben Energieressourcen, die verstärkt im Themenfeld „Ressourceneffizienz“ adressiert werden, gelangt die Versorgung an metallischen und mineralischen Rohstoffen stärker in den Mittelpunkt der Diskussion.¹⁵ Aufgrund der starken Abhängigkeit Österreichs vom internationalen Rohstoffhandel, ist es notwendig, drohende Rohstoffknappheit mit innovativen Lösungen hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu entgegnen.

Themenfeld „Biotechnologie“

Dieser Themenbereich adressiert die stoffliche Verwertung von Biomasse und hat besonderen Fokus auf prozess- und verfahrenstechnische Fragestellungen zur Verarbeitung nachwachsender Roh- und Reststoffe mit dem Ziel der Substitution von Materialien in bestehenden Produkten oder der Verwendung bei der Herstellung innovativer Produkte.¹⁶

Themenfeld „Material und Oberfläche“

Dieses Themenfeld widmet sich den Themen High-Tech-Materialien, Oberflächen und Nanotechnologie. Neben konventionellen Materialien im anorganischen (Keramiken, Stähle, Nichteisenmetalle) und organischen (Kunststoffe, Verbundwerkstoffe) Bereich, sollen auch innovative Lösungen in neuen Werkstoffklassen (biodegenerative Materialien, biokompatible langzeitstabile Materialsysteme, Smart Materials, piezoelektrische Materialien) gefunden werden.¹⁷ Hierbei kommen unterschiedlichste Anwendungsfelder wie beispielsweise Leichtbau, Hochtemperaturanwendungen oder Anwendungen im Energie- und Gesundheitsbereich in Frage. Auch hinsichtlich der Untersuchungsgebiete ist dieses Themenfeld breit aufgestellt: vom reinen Werkstoff-Engineering und der Untersuchung von Verbindungstechnologien, dazugehörige Tests- und Simulationsverfahren zum Material- und Strukturverhalten bis hin zu Lösungen des Recyclings der Materialien und Materialverbünde. Übergeordnetes Ziel dieses Themenfeldes ist die Steigerung

¹⁴ vgl. Karl, F., G. Reinhart, et al. (2012)

¹⁵ vgl. Faulstich, M. (2010)

¹⁶ vgl. Cuhls, K. et al. (2009)

¹⁷ vgl. Cuhls, K. et al. (2009)

der Wettbewerbsfähigkeit durch innovative Materialien und Oberflächen, die es erlauben bestehende Produkte zu optimieren oder gänzlich neue Produkte zu realisieren.

Themenfeld „Produkt- und Prozessentwicklung“

Dieses Themenfeld widmet sich den zukünftigen Herausforderungen in der Entwicklung von Produkten und Prozessen mit dem übergeordneten Ziel der Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit durch beispielsweise schnellere „time-to-market“, kürzere Anlaufzeiten durch die integrierte Entwicklung von Produkt und Prozess sowie Kostenvorteile durch die lebenszyklusorientierte Entwicklung von Produkt und Prozessen (bspw. „design for logistics“, „design for assembly“, „design for postponement“, „design for quality“, „design for remanufacturing“).^{18 19 20}

Neben der bereits angesprochenen und weitläufig in der Praxis umgesetzten integrierten Produkt- und Prozessentwicklung im Sinne eines ausgeprägten Simultaneous Engineering stehen Themen wie „Virtuelle Methoden der Produkt- und Prozessentwicklung“, Imitationsschutz, Miniaturisierung und Intelligenz im Fokus dieses Themenkomplexes. Die enge Verknüpfung bzw. Überschneidung zu allen anderen oben genannten Themenfeldern zeigt den Querschnittscharakter dieses für Innovationen wichtigen Themengebietes.

Themenfeld „Wertschöpfungsmaximierung“

Dieses Themenfeld hat wie das vorangegangene starken Querschnittscharakter und fokussiert auf die Wertschöpfungsmaximierung entlang des ganzen Lebenszyklus von Produkten und Prozessen. Dies kann zum einen in Form innovativer Fertigungsverfahren und Produktionstechnologien realisiert werden, zum anderen spielt die intelligente Verknüpfung von Produkten mit komplementären Dienstleistungen zu sogenannten „hybriden Produkten“ hierbei eine große Rolle.

Themenfeld „Digitale Fabrik / Industrie 4.0“

Das Themenfeld „Digitale Fabrik / Industrie 4.0“ ist das aktuell am meisten diskutierte Themenfeld in der Produktionsforschung und steht sowohl in einem direkten, interdisziplinären Zusammenhang mit dem Forschungsfeld der Informations- und Kommunikationstechnologien (bspw. „IKT der Zukunft“) als auch in indirektem Zusammenhang mit den Themenfeldern „Produkt- und Prozessentwicklung“, „Material und Oberflächen“, „Ressourceneffizienz“, „Flexibilität und Wandlungsfähigkeit“ resultierend im Themenfeld der „Wertschöpfungsmaximierung“.²¹

Der Trend, industrielle, technische Prozesse mit dazugehörigen Geschäftsprozessen durch Informations- und Kommunikationstechnologien umfassend miteinander zu verknüpfen, um neue Möglichkeiten der Wertschöpfung in der industriellen Produktion zu ermöglichen und zu realisieren, ist augenscheinlich nicht umkehrbar. Diese Entwicklung wird als der nächste Entwicklungsschritt, der industriellen Revolution, gesehen – nach der Mechanisierung, der Elektrifizierung und der Informatisierung/Digitalisierung der Industrie – und zurzeit in der Wissenschaft und den Medien als „Industrie 4.0“ bezeichnet und diskutiert.²²

¹⁸ vgl. Rhombert, W. et al. (2009)

¹⁹ vgl. Westkämper, E. (2007)

²⁰ vgl. Riemann et al. (2013)

²¹ vgl. Acatech (2013)

²² ebenda

Die Anwendung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglicht eine weltweite Vernetzung von Objekten wie Technologien, Maschinen und Anlagen, Produkten und Menschen, bis hin zu Alltagsgegenständen, welche in Echtzeit und ad-hoc vernetzt miteinander innerhalb so genannter „Cyber-Physical Systems“ kommunizieren. Cyber-Physical Systems umfassen demnach Objekte, welchen durch Programmierbarkeit, Speichervermögen, Sensoren und Kommunikationsfähigkeiten eine „künstliche Intelligenz“ verliehen wird. Über das Internet können durch Maschine-zu-Maschine-Kommunikation autonom Informationen ausgetauscht werden, Aktionen ausgelöst und Systeme sich gegenseitig steuern.²³

Des Weiteren steht der Mensch im Themenfokus „Industrie 4.0“. Neue, digitale und virtuelle Arbeitssysteme (Arbeitsplätze und -organisationen) unterliegen in der „Industrie 4.0“ einem Wandel, sodass sich der Mensch durch eine informationstechnische Unterstützung verstärkt auf kreative, wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren kann und zu einer höheren Innovationseffektivität und -effizienz beiträgt. Auch die Möglichkeiten der Einbindung kooperativer Roboter und Arbeitsassistenzsysteme bei der Gestaltung altersgerechter und ergonomischer Produktions- und Arbeitssysteme werden in diesem Themenfeld genannt (Riemann, Mertens et al. 2010), wodurch demographischen Aspekten wie Fachkräftemangel und Gesellschaftsalterung Rechnung getragen wird.²⁴

Die im Abschlussbericht des Arbeitskreises „Industrie 4.0“ – im Rahmen der deutschen Hightech Strategie der Bundesrepublik Deutschland gegründet – genannten und zu verwirklichenden Charakteristika zeigen dabei die starke strategische Ausrichtung und die zu erwartende Vielzahl an wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen, die dieses Thema beinhaltet:

- Horizontale Integration²⁵ über Wertschöpfungsnetzwerke
- Digitale Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette
- Vertikale Integration²⁶ und vernetzte Produktionssysteme

Weitere Themenfelder aus Sicht der „Informations- und Kommunikationstechnologien“ (IKT)

Informations- und Kommunikationstechnologien fungieren als wichtiger Enabler für Innovationen und Effizienzsteigerungen im Produktionsbereich und werden in Zukunft eine noch stärkere Treiberrolle einnehmen. Vor diesem Hintergrund sind folgende Forschungs- und Entwicklungsfelder aus Sicht der „Informations- und Kommunikationstechnologie“ von Bedeutung:²⁷

Intelligente Softwaresysteme und „Embedded System“: Als Innovationstreiber können sie maßgeblich die Wertschöpfung in Produktionssystemen steigern und neue Geschäftsmodelle erschließen.

Schlagwörter sind: Internet der Dinge und Dienste, Eingebettete Systeme; Selbststeuernde Systeme,

²³ ebenda

²⁴ ebenda

²⁵ „Unter horizontaler Integration versteht man in der Produktions- und Automatisierungstechnik sowie IT die Integration der verschiedenen IT-Systeme für die unterschiedlichen Prozessschritte der Produktion und Unternehmensplanung, zwischen denen ein Material-, Energie- und Informationsfluss verläuft, sowohl innerhalb eines Unternehmens (beispielsweise Eingangslogistik, Fertigung, Ausgangslogistik, Vermarktung) aber auch über mehrere Unternehmen (Wertschöpfungsnetzwerke) hinweg zu einer durchgängigen Lösung.“ Acatech (2013), S. 84

²⁶ „Unter vertikaler Integration versteht man in der Produktions- und Automatisierungstechnik sowie IT die Integration der verschiedenen IT-Systeme auf den unterschiedlichen Hierarchieebenen (beispielsweise die Faktor- und Sensorebene, Steuerungsebene, Produktionsleitebene, Manufacturing and Execution Ebene, Unternehmensplanungsebene) zu einer durchgängigen Lösung.“ Acatech (2013), S. 84

²⁷ vgl. Hightech-Strategie Deutschland 2020, Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010); Horizon 2020 Programm, European Commission (2013) u.a.

Grid-Anwendungen und –Infrastruktur, virtuelle/erweiterte Realität, Simulation, Informationslogistik und Softwareentwicklungen für Cyber-Physikalische Systeme, neue Formen der Mensch-Maschine-Interaktion, Entscheidungsunterstützungssystem oder Maschinelles Lernen.

Moderne Kommunikationssysteme: Längst durchdringen sie alle Bereiche unseres Lebens. Insbesondere das Internet ist unverzichtbare Basis für zentrale Wirtschaftsbereiche wie Finanzen, Produktion und Dienstleistungen.
Schlagwörter sind: Neue Kommunikationsstandards; Dienste und Anwendungen; kognitive drahtlose Kommunikationssysteme; Internet der Zukunft; autonome Sensorsysteme zur selbstständig vernetzten Kommunikation; Assistenzsysteme; Netzwerkinformationstheorie; etc.

IT-Sicherheit: Mit zunehmender Verbreitung und Bedeutung der Informations- und Kommunikationssysteme sowie zunehmenden Datenvolumen steigt auch das Risiko für Störungen, Missbrauch und Angriffe auf die Sicherheit.
Schlagwörter sind: Cyber Security; Schutz von Internet-Infrastrukturen; Security by Design; neue Herausforderungen zum Schutz von IT-Systemen und Identifikation von Schwachstellen; sicherer Austausch von Daten zwischen IT-Systemen; Schutz personenbezogener Daten; etc.

Ergänzung und Aktualisierung der Desktop-Recherche

Die bisher betrachteten Ergebnisse der Desktop-Recherche wurden im Zuge der Studie um eine Analyse der folgenden Quellen ergänzt.

- Industrie 4.0 - Whitepaper F&E Themen²⁸
- Strukturstudie: „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“²⁹
- Produktionsarbeit der Zukunft³⁰
- Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation³¹
- Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems³²
- Potenziale und Einsatz von Big Data³³
- Industrie 4.0: Innovationen für die Produktion von morgen³⁴

Ferner wurden im Zuge der Destop-Recherche sieben spezifische, anwendungsorientierte Forschungsausschreibungen des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Kontext der zu untersuchenden Themenschwerpunkte analysiert.

28 vgl. Plattform Industrie 4.0 (2014a)

29 vgl. Fraunhofer IPA (2014)

30 vgl. Fraunhofer IAO (2013)

31 vgl. VDI/VDE-Gesellschaft (2013)

32 vgl. Geisberger, E., Broy, M (2012)

33 vgl. BITKOM (2014)

34 vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014)

- Förderung im Programm "Forschung für die Produktion von morgen" zum Themenfeld "Hochleistungsfertigungsverfahren für die Produkte von Morgen - Technologieinnovationen auf dem Weg zur intelligenten Fertigung"³⁵
- Fördermaßnahme "r4 - Innovative Technologien für Ressourceneffizienz - Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe"³⁶
- Förderung von Forschungsinitiativen auf dem Gebiet der "IT-Sicherheit für Kritische Infrastrukturen" im Rahmen des Förderprogramms "IKT 2020 - Forschung für Innovationen"³⁷
- Förderung von Forschungsvorhaben auf dem Gebiet "Management und Analyse großer Datenmengen (Big Data)" im Rahmen des Förderprogramms "IKT 2020 - Forschung für Innovationen"³⁸
- Förderung des Wettbewerbs "Interdisziplinärer Kompetenzaufbau im Forschungsschwerpunkt Mensch-Technik-Interaktion für den demografischen Wandel"³⁹
- Förderung zum Themenfeld "Photonische Prozessketten" im Rahmen der Programme "Photonik Forschung Deutschland" und "Werkstofftechnologien für Industrie und Gesellschaft (WING)"⁴⁰
- Forschungsvorhaben auf dem Gebiet "Virtuelle Techniken für die Fabrik der Zukunft - Ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0" im Rahmen des Förderprogramms "IKT 2020 - Forschung für Innovationen"⁴¹

Analyse von nationalen und internationalen F&E-Projekten

Weiters wurden 115 bewilligte Projekte der FFG-Förderschiene „Intelligente Produktion“ (Jahre 2011-2013) sowie des Programmes „IKT der Zukunft“ (Jahr 2012) anonymisiert inhaltlich ausgewertet. Ebenso wurden Einreichungen österreichischer Organisationen in den Eurostars und Eureka Programmschienen, sowie 111 Projekte aus dem Bereich „Industrial Manufacturing“ im 7. EU Rahmenprogramm⁴² analysiert.

Die F&E Projekte befassten sich im Wesentlichen mit folgenden Schwerpunkten:

- **Produkt- und Prozessoptimierung:** Optimierung der Steuerung von Produktionsabläufen, Schnittstellen, interne Kreisläufe, Kapazitätsplanung oder Optimierung von Wartung und Instandhaltung; in EU Projekten in unterschiedlichen Sparten (Polymere, Solarzellen, Betonstrukturen, Werkzeuge) sowie selbstlernende Systeme, Hochpräzisionswerkzeuge und im Bereich der Sensorik

35 vgl. BMBF (2013a)

36 vgl. BMBF (2013b)

37 vgl. BMBF (2013c)

38 vgl. BMBF (2013d)

39 vgl. BMBF (2013e)

40 vgl. BMBF (2013f)

41 vgl. BMBF (2013g)

42 Die Liste der Projekte ist im Anhang zu finden; AIT EUPRO Datenbank (basierend auf CORDIS)

- **Herstellungsmethoden und Verarbeitungsverfahren:** Einsatz von Lasertechnik in der Fertigung, Entwicklung von Verfahren für spezielle Anwendungen (z.B. Multilayer-leiterplatten), Verbesserung von Verfahren zur Herstellung neuer Oberflächenbeschichtungen für spezielle Anwendungen (z.B. im Bereich der Medizinprodukte oder der Einsatz von Nanostrukturen für Sicherheitsaufdrucke)
- **Entwicklung und Optimierung neuer Werkstoffe:** Biomembrane für Knochenimplantate bis hin zu Metallen und Kohlefaserverbundwerkstoffen; In EU Projekten waren sowohl Leichtbaukomponenten, Composites und Textilien vorrangig als auch Methoden zur Herstellung von selbstorganisierenden Monoschichten sowie für die Analyse von Nanostrukturen
- **Nachhaltige Produktion:** Recycling und Rückgewinnung kritischer Rohstoffe und seltener Erden sowie Biogasnutzung und Energierückgewinnung
- **Querschnittsthemen** z.B. im Bereich der Entwicklung und nachfolgenden Verarbeitung von neuen Werkstoffen, wie den erwähnten faserverstärkten Kunststoffen oder von Biowerkstoffen

Zusammenfassung:

Auf Grundlage der durchgeführten Desktop-Recherche konnten folgende spezifische Themenkomplexe identifiziert werden:

- Leistungsfähige, ressourceneffiziente und robuste Produktionsprozesse
- Automatisierte Fertigungssysteme für eine wandlungsfähige, flexible Produktion
- High-Tech-Produktionstechnologien für Low-Cost-Produkte
- Generative Fertigung
- Grüne Produktionstechnologien und Fabriken
- Biobased Industrie/ Bioraffinerie
- Funktionalisierung, Nutzung und Verarbeitung neuer Werkstoffe
- Werkstoff-Engineering: Hightech-Materialien, Oberflächen, Nanotechnologien, Composites und Miniaturisierung
- Energie- und Ressourceneffizienz in der industriellen Produktion
- Kreislaufwirtschaft/ Recycling
- Management globaler Wertschöpfungsketten
- Hybride Wertschöpfung
- Maximierung der Wertschöpfung über den Life-Cycle
- Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung unter Berücksichtigung sämtlicher Bereiche der Wertschöpfungskette
- Integrierte Qualitätssicherung zur Prozessregulierung
- Ganzheitliche Simulation von Prozessen und Maschinen hinsichtlich Zeit, Qualität und Ressourcen
- Virtuelle Methoden zur Prozess- und Produktentwicklung
- Nutzung großer Datenmengen in der Produktion
- Mensch-Maschine-Interaktion
- Industrie 4.0

- Vertikale und horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette
- Durchgängiges Engineering
- Cyber-Physikalische Produktionssysteme
- Mensch in Kooperation mit der Industrie 4.0

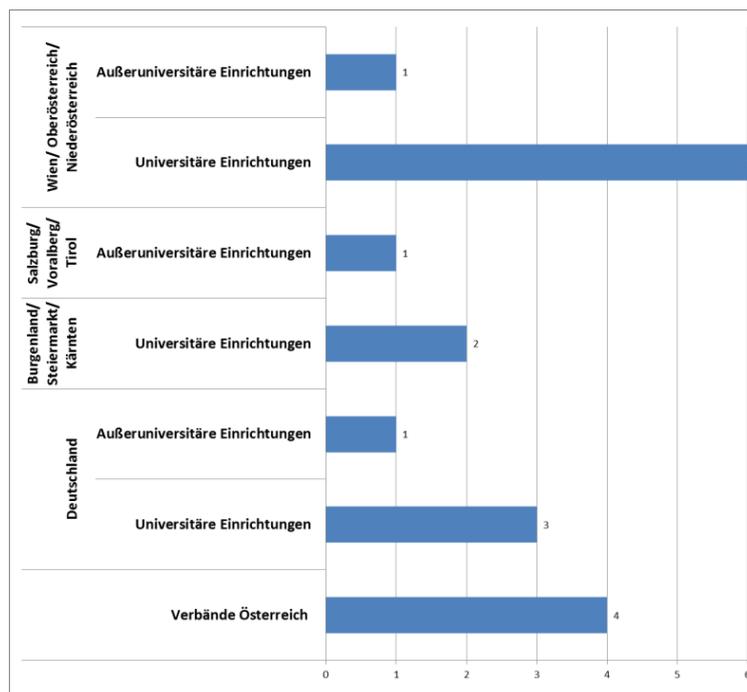
Insgesamt konnten somit 20 Themenkomplexe durch die Desktop-Recherche identifiziert werden.

3.3 Identifikation von Themen durch Experten-Befragung

Im Zuge der Studie wurden in Summe 18 deutschsprachige Experten universitärer (11 Experten) und außeruniversitärer (3 Experten) Forschungseinrichtungen, sowie vier Experten österreichischer Unternehmensverbände entsprechend dem im Anhang angefügten Interviewleitfaden befragt.

Dabei galt es, seitens der Experten produktionsrelevante Themenkomplexe zu identifizieren, welche als geeignet für FFG Leitprojekte angesehen werden könnten und den aktuellen Forschungsbedarf zu nennen.

Abbildung 3: Überblick über die befragten Experten



Die Auswahl der Experten beruhte dabei auf einer breit angelegten Analyse der deutschsprachigen Akteurs-Landschaft im Bereich produktionsrelevanter Forschung mit Fokus Österreich.

In den unabhängig voneinander durchgeführten Interviews wurden von den Experten folgende Themenkomplexe genannt:

- Adaptive und flexible Fertigung (Losgröße 1, kundenindividuelle Produktion)
- Generative Fertigung / Rapid-Prototyping

- Verkürzung der Ramp-Up-Phase
- Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung
- Kollaborative Planungssysteme
- Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine Schnittstelle
- Zusammenspiel von Mensch und vollautomatisierter Produktion/ Fertigung/ Montage
- Multi-Material-Design: Automatische Prozessketten, Hybride Werkzeuge, Fügetechnologien, Oberflächen, Fertigungsprozesse mit Fokus auf Leichtbau
- Rohstoffrückgewinnung (Zero-Waste) - Übergreifende Aufarbeitungstechnologien
- Bioverfahren zur (Rohstoff-) Rückgewinnung
- Energieeffizienz in der Fertigung
- Industrie 4.0: Horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette
- Industrie 4.0: Intelligente Investitionsgüter (Sensorik/Aktuatorik)
- Industrie 4.0: Internetbasierte Dienstleistungen (Apps im Bereich der Produktion und Produktionsüberwachung)
- Informationsmanagementsysteme für kleine und mittlere Betriebe
- (Hochleistungs-) Fertigungsprozesse entwickeln, verbessern und Prozessketten verkürzen
- Abstimmung bzw. Steuerung von Maschinen aufeinander erhöhen
- Neue Bearbeitungsverfahren für neue und intelligente Werkstoffe
- Fertigungs- und Entwicklungsmethoden im Leichtbau (z.B. CFK oder neuartige Metalle)
- Industrie 4.0 als Sammlung von Lösungen zur effizienten und beschleunigten Produktion in kleinen Serien
- Industrie 4.0: Entwicklung, Einsatz und Anbindung neuartiger Sensoren
- Verbesserte Oberflächen in Produkt und Prozess

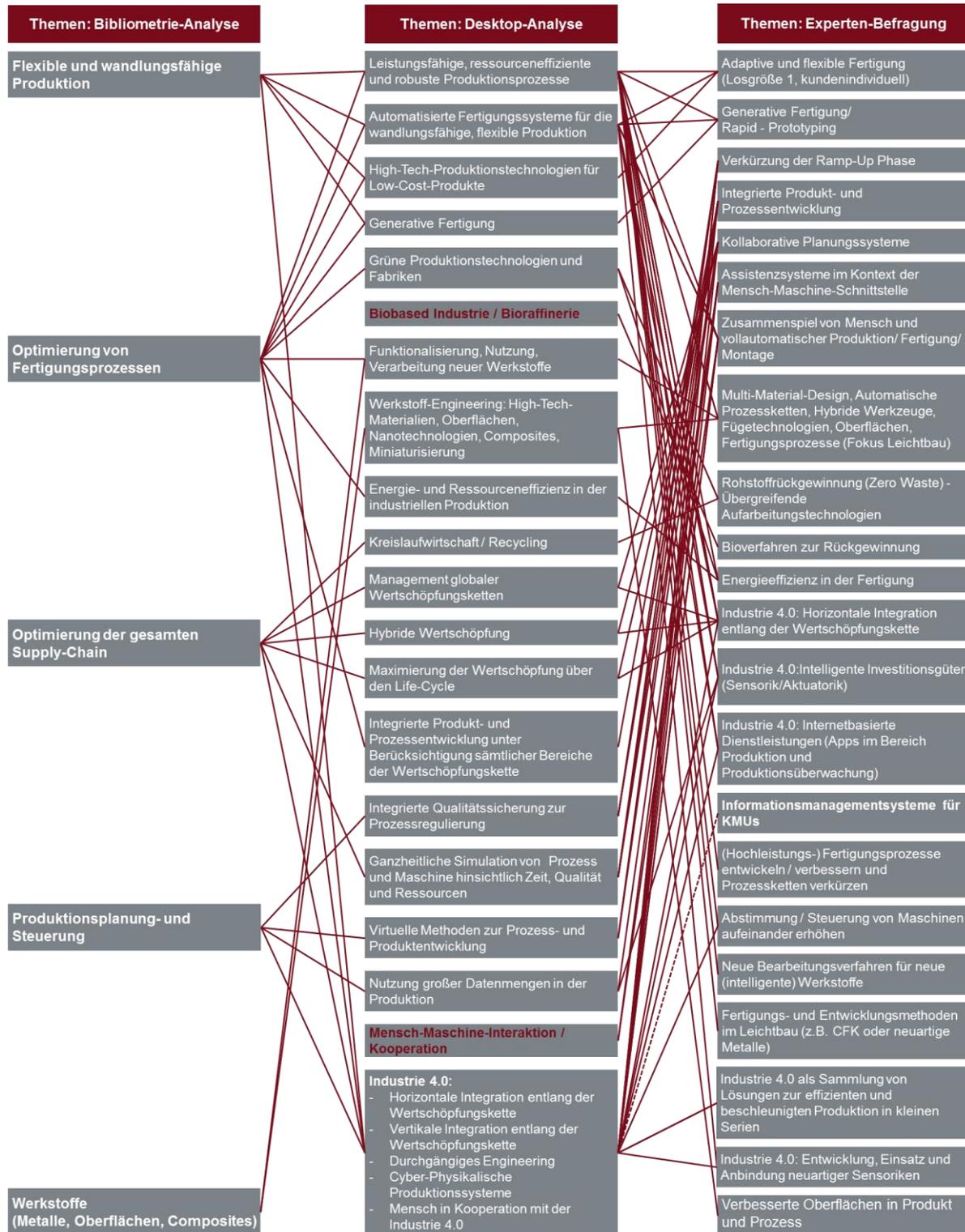
Insgesamt konnten somit 22 Themenkomplexe durch die Expertenbefragung identifiziert werden.

3.4 Aufbereitung der identifizierten Themen für die Industrieworkshops

Sowohl die Themenidentifikation der Bibliometrie-Analyse, der Desktop-Recherche als auch der Experteninterviews wurde unabhängig und parallel von einander durchgeführt. Bibliometrie-Analyse und Desktop-Recherche dienten in erster Linie dazu, die in der Experten-Befragung genannten Themen für FFG Leitprojekte mit weiteren Quellen zu spiegeln und in Hinblick auf Relevanz und Bedeutung zu validieren.

Wie die folgende Grafik verdeutlicht, konnten in den drei unabhängigen methodischen Schritten Themen identifiziert werden, welche stark miteinander verknüpft sind, d.h. in allen drei Erhebungsschritten vorkamen bzw. wechselseitig zuordenbar sind. Dies ist ein starker Hinweis für eine ausgewogene und wechselseitig gestützte Identifikation der relevanten und wichtigen produktionsrelevanten Themen und folglich Themenkomplexe.

Abbildung 4: Thematische Verknüpfung der identifizierten Themen

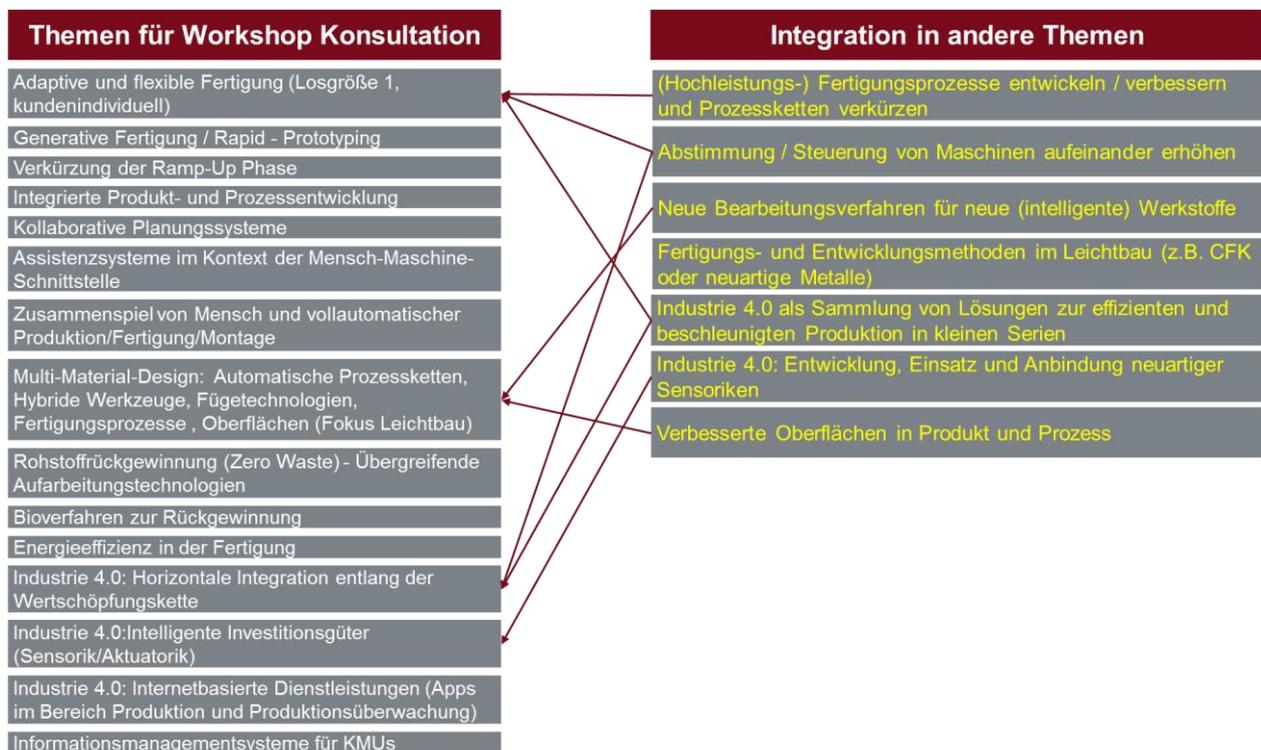


Die Grafik verdeutlicht die starke Verbindung zwischen den unterschiedlichen Themen bzw. Themenkomplexen. Lediglich die Themen „Biobased Industry/Bioraffinerie“ und „Mensch-Maschine-Kooperation“ als Ergebnis der Desktop-Recherche stehen weder mit den fünf identifizierten Themenkomplexen der Bibliometrie-Analyse noch mit den Subthemen der Bibliometrie-Analyse in direkter Verbindung (vgl. oben). Diese Themenfelder finden sich jedoch in den Themen, welche in der Experten-Befragung genannt wurden, wieder.

Bei genauer Betrachtung der Themen aus der Experten-Befragung wurde deutlich, dass einige der identifizierten Themen direkte Subthemen der identifizierten Themenkomplexe sind. Ausgehend davon wurden die Themen zur besseren Handhabung **für die Konsultation in den Industrie-workshops zu 15 Themenkomplexen zusammengefasst** bzw. integriert.⁴³

Als Basis für die Integration und die Auswahl der Themenkomplexe dienten jene Themen, welche in der Experten-Befragung genannt und welche mit Hilfe der beiden anderen methodischen Schritte verdichtet und validiert wurden. Die Integration der Subthemen sowie die Auswahl der 15 Themenkomplexe für die Konsultation in den drei Industrieworkshops werden in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 5: Integration von Themen zur Themenkonsultation in den Industrie-Workshops



Diese 15 Themenkomplexe (vgl. dazu auch Fotoprotokoll der Industrieworkshops im Anhang) waren somit die inhaltliche Ausgangsbasis für die folgende Selektion und Bewertung in den Industrie-workshops (siehe Kapitel 4):

⁴³ Gemeinsam mit den in den Workshops genannten F&E-Subthemen werden diese Subthemen in der inhaltlichen Beschreibung der Themenkomplexe jedoch wieder aufgegriffen bzw. berücksichtigt (als Thematische Stoßrichtungen und Lösungsansätze, siehe in Kapitel 4).

- Adaptive und flexible Fertigung
- Generative Fertigung / Rapid Prototyping
- Verkürzung der Ramp-Up Phase
- Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung
- Kollaborative Planungssysteme
- Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine-Schnittstelle
- Zusammenspiel von Mensch und vollautomatischer Produktion/ Fertigung/ Montage
- Multi-Material-Design: Automatische Prozessketten, Hybride Werkzeuge, Fügetechnologien, Fertigungsprozesse, Oberflächen (Fokus Leichtbau)
- Rohstoffrückgewinnung (Zero-Waste) - Übergreifende Aufarbeitungstechnologien
- Bioverfahren zur Rückgewinnung
- Energieeffizienz in der Fertigung
- Industrie 4.0: Horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette
- Industrie 4.0: Intelligente Investitionsgüter (Sensorik/ Aktuatorik)
- Industrie 4.0: Internetbasierte Dienstleistungen (Apps im Bereich der Produktion und Produktionsüberwachung)
- Informationssysteme für KMUs

3.5 Themenkonsultation in den Industrieworkshops

Die ausgewählten 15 Themenkomplexe wurden in den Industrieworkshops diskutiert und um spezifische Handlungsfelder aus Sicht der Industrie ergänzt. Es zeigte sich, dass die im Vorfeld durch Experten und das Projektteam identifizierten F&E-Themen durchwegs auch von den teilnehmenden Vertretern der Industrie genannt wurden (ohne die bisher vorliegenden Studienergebnisse zu kennen).

Bei dem Industrieworkshop in Linz wurden die identifizierten 15 Themenkomplexe durch die Workshop-Teilnehmer noch um folgende Themenkomplexe erweitert.

- Industrie 4.0 Daten, in der Folge auch zusammenfassend „Datenmanagement“ (Datenanalyseverfahren, Datenerfassung, -verarbeitung, und -sicherheit)
- Industrie 4.0 Standards
- Emissions-/ Schadstoffreduzierung

Ebenso in Dornbirn wurden die identifizierten Themenkomplexe um folgende Themenkomplexe erweitert:

- Neue Werkstoffe in der Wertschöpfungskette
- Identifizierung textiler Fertigungskompetenzen, Ableitung neuer Handlungsfelder und Anwendungsbereiche
- Maßhaltige Umformprozesse von Grobblechen

Insgesamt wurden demnach 21 relevante Themenkomplexe für Leitprojekte identifiziert. Die spezifische Bewertung und Selektion der Themen wird in dem folgendem Kapitel 4 verdeutlicht.

4 Bewertung und Selektion der Themen

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der in den drei Workshops (Graz, Linz, Dornbirn) durchgeführten Bewertungen mit Vertretern aus Wirtschaft und Forschung (Liste der TeilnehmerInnen, siehe Anhang) dargestellt. Wie die Liste der teilnehmenden Experten zeigt, wurde hierbei gezielt eine Vielzahl an Akteuren aus unterschiedlichen Branchen in den Bewertungsprozess einbezogen, um ein ausgewogenes Bild zu generieren, welches über branchenspezifische Einschätzungen hinausgeht.

Die Bewertung und Selektion der Themen wurde hierbei in den jeweiligen Workshops nach demselben im Vorhinein festgelegten Ablauf durchgeführt. Nach der Ergänzung und Definition der (weiteren) Themen (wie im vorhergehenden Kapitel 3.5 beschrieben) wurden die Themenkomplexe von den Experten hinsichtlich ihrer betrieblichen Relevanz bewertet. Hierzu wurden die TeilnehmerInnen gebeten die jeweiligen Themengebiete, welche zuvor erläutert wurden, mit Schulnoten betreffend ihrer betrieblichen Relevanz zu beurteilen (1 = sehr relevant, 5 = nicht relevant).

Nachdem die betriebliche Relevanz eines Themenkomplexes nicht zwangsläufig bedeutet, dass dieser auch für die Ausschreibung bzw. Durchführung eines Leitprojektes geeignet ist, wurden die TeilnehmerInnen in einem zweiten Schritt gebeten, jeden Themenkomplex hinsichtlich der Eignung als Leitprojektthema (gemäß den Anforderungen der FFG) zu beurteilen. Hier konnten die TeilnehmerInnen für jeden Themenbereich einen grünen Punkt (Thema ist geeignet) oder einen roten Punkt (Thema ist nicht geeignet) vergeben.

Die im Folgenden dargestellten und diskutierten Bewertungen sind das Resultat von drei Workshops, in denen insgesamt 49 Experten aus dem Bereich der Produktion bzw. Produktionsforschung eingebunden waren. Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass die Bewertungen einen ausgewogenen Querschnitt der Einschätzungen der relevanten Akteure in Österreich wiedergibt.

4.1 Überblick Bewertungen

In diesem Kapitel werden die Bewertungen überblicksartig für alle Themenkomplexe dargestellt, bevor ab Kapitel 4.2 die Bewertungen und Einschätzungen für jeden Themenkomplex im Detail diskutiert werden. Die Bewertungen und Einschätzungen ab Kapitel 4.2 enthalten somit eine ausführliche Beschreibung der Themenkomplexe, während in folgendem Kapitel eine überblicksartige Darstellung der Bewertungen im Rahmen der Workshops im Mittelpunkt steht.

4.1.1 Betriebliche Relevanz

Folgendes Kapitel zeigt die Bewertung der betrieblichen Relevanz der Themengebiete. Hierzu wurde der Mittelwert aus allen abgegebenen Bewertungen berechnet und in aufsteigender Reihenfolge von den relevantesten zu den weniger relevanten Themen gereiht. Da in den beiden Workshops in Linz und in Dornbirn, neben den zur Bewertung vordefinierten Themenkomplexen, noch zusätzliche genannt wurden (siehe Kapitel 3.5), wurden auch diese bewertet. Nachdem diese Themenkomplexe allerdings nur in jenem Workshop bewertet wurden, in dem sie hinzugefügt wurden (siehe Kapitel 3.5) sind diese Themen farbig hervorgehoben. Dies bedeutet, dass die F&E-Themen „Industrie 4.0

Daten“, „Emissions-/Schadstoffreduzierung“ und „Industrie 4.0 Standards“ nur im Rahmen des Workshops in Linz bewertet wurden⁴⁴. Die Themen „neue Werkstoffe in der Wertschöpfungskette“, „Identifizierung textiler Fertigungskompetenzen, Ableitung neuer Handlungsfelder“ sowie „Maßhaltige Umformprozesse von Grobblechen“ wurden nur im Rahmen des Workshops in Dornbirn bewertet.

Hinsichtlich der Bewertung zeigt sich, dass insbesondere das Thema „Adaptive und flexible Fertigungsverfahren“ mit einem Mittelwert von 1,51 als besonders relevant bewertet wurde. Mit einem Mittelwert von 1,79 folgt das Thema der „Integrierten Produkt- und Prozessentwicklung“. Darüber hinaus wurden die Themen „Intelligente Investitionsgüter (Sensorik/ Aktuatorik)“, „Generative Fertigung / Rapid Prototyping“ und „Multimaterial Design & Fertigungsverfahren (Fokus Leichtbau)“ mit einer durchschnittlichen Bewertung von besser als 2 als sehr relevant eingestuft. Mit einer durchschnittlichen Bewertung von knapp über 2 wurden die Themen „Assistenzsysteme Mensch – Maschine“, „Industrie 4.0 Integration entlang der Wertschöpfungskette“ und die beiden nur in Linz bewerteten Themen, „Industrie 4.0 Daten“ und „Emissions/Schadstoffreduzierung“ bewertet. Auf Position 10 folgt das Thema „Energieeffizienz in der Produktion“. Die Bewertungen der weiteren Themen lassen sich aus untenstehender Abbildung 6 ablesen. Hierbei gilt es allerdings zu bedenken, dass einige als weniger relevant betrachtete Themen durchaus sehr relevant und vielversprechend für einzelne Branchen oder Unternehmen sein können, diese aber insgesamt als weniger relevant bewertet wurden, da die Experten aus anderen Branchen keine Anknüpfungspunkte für ihre Organisation sehen konnten. Dennoch könnten einige dieser Themen geeignet sein, um sie im Rahmen anderer Förderformate abseits von Leitprojekten weiterzuverfolgen, z.B. für themenspezifische Ausschreibungen.

⁴⁴ Zudem wurden in Linz auch die Themen „Rechtliche Rahmenbedingungen“ sowie „EFRA Runde“ eingebracht. Da dies aber keine F&E Themen sind, wurden diese nicht weiter, im Sinne der Eignung für Leitprojekte, diskutiert.

Abbildung 6: Überblick Bewertung der betrieblichen Relevanz

	Mittelwert	Position
Adaptive und flexible Fertigungsverfahren	1,51	1
Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung	1,79	2
Intelligente Investitionsgüter (Sensorik/Aktuatorik)	1,87	3
Generative Fertigung / Rapid Prototyping	1,97	4
Multimaterial Design & Fertigungsverfahren (Fokus: Leichtbau)	1,97	5
Assistenzsysteme Mensch - Maschine	2,03	6
Industrie 4.0 - Integration entlang der Wertschöpfungskette	2,06	7
LINZ: Sonstiges Thema 1: Industrie 4.0 Daten	2,08	8
LINZ: Sonstiges Thema 3: Emissions/Schadstoffreduzierung	2,09	9
Energieeffizienz in der Produktion	2,12	10
Mensch & Automation	2,27	11
Rohstoff - Rückgewinnung	2,40	12
LINZ: Sonstiges Thema 2: Industrie 4.0 Standards	2,42	13
Kollaborative Planungssysteme	2,42	14
DORNBIRN: Sonstiges Thema 3: neue Werkstoffe in der Wertschöpfungskette	2,75	15
Verkürzung der Ramp up Phase	2,91	16
DORNBIRN: Sonstiges Thema 2: Identifizierung textiler Fertigungskompetenzen, Ableitung neuer Handlungsfelder	3,00	17
Informationssysteme für KMUs	3,31	18
Internetbasierte DL für die Produktion	3,48	19
Bioverfahren zur (Rück-)Gewinnung	3,71	20
DORNBIRN: Sonstiges Thema 1: Masshaltige Umformprozesse von Grobblechen	4,14	21

4.1.2 Noten nach Workshop

Nachdem die Bewertung der betrieblichen Relevanz zwischen den drei durchgeführten Workshops unterschiedlich ausgefallen ist, sind in Abbildung 7 die Gesamtdurchschnitte auch nach den jeweiligen Workshops dargestellt. Da die Zahl der TeilnehmerInnen zwischen den Workshops variiert hat, wurde der Gesamtdurchschnitt nicht aus den Werten der drei Workshops berechnet, sondern aus der Gesamtzahl der Teilnehmer.

Es zeigt sich, dass sich die generelle Bewertung der Experten zwischen den drei Workshops unterscheidet. Während in Graz eine Durchschnittsnote von 2,07 vergeben wurde, fällt diese in Linz (2,47) und Dornbirn (2,57) etwas höher aus. Dennoch lassen sich einige relevante Unterschiede in der Bewertung erkennen, welche ein besseres Verständnis für die Gesamtbenotung ermöglichen. Das Thema „Adaptive und flexible Fertigungsverfahren“ wurde zwar in allen drei Workshops als sehr relevant eingestuft, wobei aber gerade in Linz das Thema als besonders relevant eingeschätzt wurde. Die Bewertung der Themen „Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung“, „Intelligente Investitionsgüter“, „Multimaterial Design & Fertigungsverfahren“ war in den einzelnen Workshops relativ ähnlich. Interessante Unterschiede zeigen sich beim Thema „Generative Fertigung / Rapid Prototyping“, welches in Graz und Linz als äußerst relevant eingestuft wurde (Note 1,46 und 1,64), allerdings in Dornbirn mit einer Note von 3,11 als weniger relevant eingeschätzt wurde. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte etwa die unterschiedliche Industriestruktur in Vorarlberg im

Vergleich zu Steiermark und Oberösterreich sein. Auffällig ist auch die unterschiedliche Bewertung beim Thema „Rohstoffrückgewinnung“: Während dieses Thema in Graz und Dornbirn als sehr relevant eingestuft wurde, ist die Bewertung in Linz mit einem Wert von 3,29 weitaus zurückhaltender. Dies kann einerseits im Zusammenhang mit der Industrie- und Branchenstruktur stehen, aber auch mit dem Umstand, dass Rohstoffrückgewinnung in einigen vertretenen Unternehmen bereits seit Jahren durchgeführt wird und aus diesem Grund im Vergleich kein akuter F&E Bedarf gesehen wird. Bei den Themen „Industrie 4.0 – horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette“ war die Beurteilung in Graz und Linz wesentlich positiver als in Dornbirn, was wiederum einerseits mit der Branchenstruktur, andererseits auch mit der Bekanntheit und Vertrautheit mit den Chancen und Herausforderungen des Themas Industrie 4.0 zusammenhängen könnte, welche bei den Akteuren aus Oberösterreich und der Steiermark höher einzuschätzen ist.

Auffällig ist des Weiteren die sehr positive Bewertung des Themas „Mensch & Automation“ in Graz, während dieses Thema in Linz und Dornbirn als weniger relevant eingeschätzt wurde. Zu erklären ist dies einerseits damit, dass viele der Aspekte des Themas „Mensch und Automation“ in Linz und Dornbirn unter dem Thema „Assistenzsysteme Mensch – Maschine“ subsummiert wurden und andererseits ist die Einschätzung in Vorarlberg mit der Rolle der Textilindustrie zu erklären, in welcher der Automatisierungsgrad und die Potentiale zur Automatisierung sich grundsätzlich von den in Oberösterreich und der Steiermark stark vertretenen Branchen unterscheiden.

Abbildung 7: Bewertung der betrieblichen Relevanz nach Workshop

	GESAMT	Graz	Linz	Dornbirn
Adaptive und flexible Fertigungsverfahren	1,51	1,47	1,10	2,00
Generative Fertigung / Rapid Prototyping	1,97	1,46	1,64	3,11
Verkürzung der Ramp up Phase	2,91	3,44	2,69	2,70
Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung	1,79	1,92	1,77	1,67
Assistenzsysteme Mensch - Maschine	2,03	1,71	1,92	2,75
Mensch & Automation	2,27	1,42	2,58	3,00
Multimaterial Design & Fertigungsverfahren (Fokus: Leichtbau)	1,97	2,17	1,85	1,89
Rohstoff - Rückgewinnung	2,40	1,83	3,29	1,78
Bioverfahren zur (Rück-)Gewinnung	3,71	3,36	4,18	3,50
Energieeffizienz in der Produktion	2,12	1,85	2,42	2,11
Industrie 4.0 - horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette	2,06	1,36	2,08	2,89
Intelligente Investitionsgüter (Sensorik/Aktuatorik)	1,87	1,64	2,09	1,89
Internetbasierte DL für die Produktion	3,48	3,78	3,20	3,50
Informationssysteme für KMUs	3,31	2,56	3,43	3,89
Kollaborative Planungssysteme	2,42	2,36	2,54	2,33
Sonstiges Thema 1: Industrie 4.0 Daten	2,08		2,08	
Sonstiges Thema 2: Industrie 4.0 Standards	2,42		2,42	
Sonstiges Thema 3: ERFA Runde	2,62		2,62	
Sonstiges Thema 4: rechtl. Rahmenbedingungen	3,25		3,25	
Sonstiges Thema 5: Emissions/Schadstoffreduzierung	2,09		2,09	
Sonstiges Thema 1: Masshaltige Umformprozesse von Grobblechen	4,14			4,14
Sonstiges Thema 2: Identifizierung textiler Fertigungskompetenzen, Ableitung neuer Handlungsfelder	3,00			3,00
Sonstiges Thema 3: neue Werkstoffe in der Wertschöpfungskette	2,75			2,75
<i>keine zusätzlichen Themen Graz</i>				
MITTELWERT GESAMT Workshop		2,07	2,47	2,57

4.1.3 Eignung für Leitprojekt

In einem weiteren Schritt wurden die TeilnehmerInnen in den Workshops gebeten, die Eignung der Themenkomplexe für die Ausschreibung und Durchführung eines Leitprojektes zu beurteilen. Vor diesem Schritt wurden gemeinsam mit den Experten nochmals die Kriterien für Leitprojekte (siehe auch Kapitel 1) besprochen und vergegenwärtigt.

Grundsätzlich zeigt sich, dass die als besonders relevant eingestuft Themenkomplexe auch als geeignet für die Durchführung eines Leitprojektes betrachtet werden. Abbildung 8 zeigt sowohl die Bewertung der Relevanz (Spalte Mittelwert), die Position des Themas bezogen auf Relevanz (Spalte

Rang Relevanz) als auch die Position bezogen auf die Zustimmung (Rang Zustimmung). Zudem wurden zur Reihung der Themen die beiden Ränge aus der Kategorie Relevanz und der Zustimmung addiert und gereiht (Reihung nach Spalte Total Rang). Des Weiteren ist rechts ein Überblick über die Zustimmungsraten (Prozent der TeilnehmerInnen welche Thema als geeignet für ein Leitprojekt beurteilt haben) je Workshop dargestellt.

Abbildung 8: Bewertung der betrieblichen Relevanz und der Eignung für Leitprojekte nach Workshop, Gesamtrang nach Themenkomplexen

	Zustimmungsraten								
	Mittelwert	Rang Relevanz	Rang Zustimmung	GESAMT (Ränge addiert)	TOTAL RANG	GESAMT	Graz	LinZ	Dornbirn
Adaptive und flexible Fertigungsverfahren	1,51	1	1	2	1	97,30%	93,33%	100,00%	100,00%
Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung	1,79	2	3	5	2	91,43%	91,67%	84,62%	100,00%
Intelligente Investitionsgüter (Sensorik/Aktuatorik)	1,87	3	5	8	3	85,71%	77,78%	100,00%	77,78%
Multimaterial Design & Fertigungsverfahren (Fokus: Leichtbau)	1,97	5	4	9	4	87,50%	80,00%	85,71%	100,00%
Industrie 4.0 - horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette	2,06	7	6	13	5	81,82%	87,50%	90,91%	50,00%
Generative Fertigung / Rapid Prototyping	1,97	4	9	13	6	71,88%	84,62%	100,00%	0,00%
Rohstoff - Rückgewinnung	2,40	12	2	14	7	96,55%	100,00%	91,67%	100,00%
Assistenzsysteme Mensch - Maschine	2,03	6	10	16	8	65,63%	91,67%	76,92%	0,00%
LINZ: Sonstiges Thema: Industrie 4.0 Daten	2,08	8	8	16	9	75,00%		75,00%	
Energieeffizienz in der Produktion	2,12	10	7	17	10	77,78%	70,00%	87,50%	77,78%
LINZ: Sonstiges Thema: Emissions/Schadstoffreduzierung	2,09	9	11	20	11	61,54%		61,54%	
Mensch & Automation	2,27	11	13	24	12	54,55%	83,33%	53,85%	12,50%
Kollaborative Planungssysteme	2,42	14	12	26	13	56,67%	22,22%	92,31%	37,50%
DORNBIRN: Sonstiges Thema: neue Werkstoffe in der Wertschöpfungskette	2,75	15	15	30	14	42,86%			42,86%
DORNBIRN: Sonstiges Thema: Identifizierung textiler Fertigungskompetenzen, Ableitung neuer Handlungsfelder	3,00	17	14	31	15	50,00%			50,00%
Verkürzung der Ramp up Phase	2,91	16	16	32	16	37,50%	28,57%	40,00%	42,86%
LINZ: Sonstiges Thema: Industrie 4.0 Standards	2,42	13	20	33	17	0,00%		0,00%	
Informationssysteme für KMUs	3,31	18	17	35	18	27,27%	42,86%	25,00%	14,29%
Internetbasierte DL für die Produktion	3,48	19	18	37	19	25,00%	0,00%	33,33%	33,33%
Bioverfahren zur (Rück-)Gewinnung	3,71	20	19	39	20	23,81%	20,00%	30,00%	16,67%
DORNBIRN: Sonstiges Thema: Masshaltige Umformprozesse von Grobblechen	4,14	21	21	42	21	0,00%			0,00%

Es zeigt sich, dass die Themen „Adaptive und flexible Fertigungsverfahren“ sowie „Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung“ mit über 90% sehr hohe Zustimmungsraten haben. Diese sind auch in allen drei Workshops sehr hoch (tlw. 100%). Die beiden Themen „Intelligente Investitionsgüter“ und „Multimaterial Design & Fertigungsverfahren“ wurden ebenfalls als sehr gut geeignet beurteilt – mit Zustimmungsraten über 85%. Die Themen „Industrie 4.0 – horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette“ und „Generative Fertigung / Rapid Prototyping“ wurden von etwa 80% der TeilnehmerInnen als geeignet eingeschätzt, wobei insbesondere die Einschätzungen in Dornbirn diese Rate deutlich senken (hier wurden diese Themen von 50% bzw. 0% der TeilnehmerInnen als geeignet eingeschätzt). Diese Bewertung ist ähnlich wie die Bewertung der betrieblichen Relevanz im Zusammenhang mit der unterschiedlichen Industriestruktur in Vorarlberg zu sehen.

Das Thema „Rohstoff – Rückgewinnung“, ist besonders hervorzuheben, da dies durchgehend in allen Workshops mit sehr hohen Zustimmungsraten (100%, 92%, 100%) als geeignet für ein Leitprojekt gesehen wird. Dies auch in Linz, trotz der im vorhergehenden Bewertungsschritt eher zurückhaltenden Bewertung der betrieblichen Relevanz (zum Thema „Rohstoff-Rückgewinnung“ siehe Kapitel 4.8).

In den folgenden Kapiteln 4.2 bis 4.9 werden nun die als besonders relevant und geeignet für ein Leitprojekt beurteilten Themenkomplexe detaillierter diskutiert und definiert, bzw. auf die Spezifika in der Bewertung eingegangen. Zudem werden Stoßrichtungen für mögliche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in dem jeweiligen Themenkomplex beispielhaft angeführt. Die Titel der Themenkomplexe wurden nach Analyse der in den Workshops zugeordneten F&E Themen und auf

Grundlage des Feedbacks der TeilnehmerInnen geringfügig überarbeitet um eine bessere Verständlichkeit und Lesbarkeit zu erreichen.⁴⁵

4.2 Adaptive und flexible Produktion

▪ Potentialabschätzung

Der Themenkomplex *Adaptive und flexible Produktion* wird als potentiell **Leitprojektthema empfohlen**.

Adaptive und flexible Produktionsverfahren wurden im Rahmen der Unternehmensworkshops im Hinblick auf die betriebliche Relevanz sehr gut benotet. Der Mittelwert der Benotungen beträgt 1,51 was mit einigem Abstand die beste Bewertung der betrieblichen Relevanz darstellt. Darüber hinaus wurde das Thema in allen drei Workshops als sehr relevant eingestuft (Graz 1,47, Linz, 1,10, Dornbirn 2,00). Auch bei der Beurteilung der Eignung des Themenkomplexes als Leitprojekt schätzten über 97% der Workshop TeilnehmerInnen das Thema als für ein Leitprojekt geeignet ein (Graz 93%, Linz 100%, Dornbirn 100%). Diese Einschätzung lässt darauf schließen, dass dieser Themenkomplex nicht nur für viele Branchen relevant ist, sondern auch in einer Vielzahl von Branchen das Potential gesehen wird, hier Leitprojekte durchzuführen.

Zudem wurden im Rahmen der Workshops von den TeilnehmerInnen 13 Forschungs- und Entwicklungsthemen genannt, welche diesem Themenkomplex zugeordnet wurden, was neben dem Themenkomplex integrierte Produkt- und Prozessentwicklung mit ebenfalls 13 Themen die höchste Anzahl ist. Dies ist ein Indiz dafür, dass im Themenkomplex Adaptive und flexible Produktion auch von Seiten der Unternehmen und Forschungseinrichtungen das Potential besteht konkrete Leitprojektideen zu entwickeln.

Ergänzend zu den 13 unmittelbar zum Themenkomplex genannten Lösungsansätzen können insbesondere auch Lösungsansätze bzw. F&E Themen aus den Themenkomplexen „Intelligente Maschinen und Anlagen“ sowie „Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette“ einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der allgemeinen Zielsetzungen einer Adaptiven und flexiblen Produktion leisten.

Der Mehrwert von Leitprojekten in diesem Themenbereich liegt somit vor allem in einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie. Erfolgreiche Leitprojekte können es somit ermöglichen, dass künftige Fertigungsprozesse und -verfahren eine aufwandsarme und schnelle Herstellung kundenindividueller Bauteile ermöglichen, ohne dass dies mit Qualitätseinbußen verbunden wäre. Leitprojekte können dazu beitragen notwendige Fertigungsverfahren individueller und flexibler zu gestalten, um somit ein größeres Spektrum an Bauteilen herstellen zu können.

45 Adaptive und flexible Fertigungsverfahren = Adaptive und flexible Produktion, Intelligente Investitionsgüter (Sensorik/Aktuatorik) = Intelligente Maschinen und Anlagen, Multimaterial Design & Fertigungsverfahren (Fokus: Leichtbau) = Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau, Generative Fertigung / Rapid Prototyping = Generative Fertigung, Industrie 4.0 – horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette = Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette, Rohstoffrückgewinnung = Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen, Assistenzsysteme Mensch Maschine & Mensch Automation = Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine-Kooperation

- **Handlungsbedarf:**

Volatile Märkte erfordern adaptive und flexible Produktionen, vor allem in Bezug auf Reduktion und Beherrschung zunehmender Komplexität, welche unter anderem aus bedarfsseitigen Schwankungen und stetig kürzer werdende Lebenszyklen resultiert. Heutige Produktionsprozesse und -verfahren sind vielfach in Bezug auf eine effektive und effiziente Herstellung vieler gleichartiger Bauteile hin optimiert. Die Herstellung kleiner Lose und Unikate erfordert dabei hohe zeitliche und kostenintensive Aufwände.

- **Definition:**

Durch adaptive und flexible Produktionsstrukturen in Unternehmen müssen Anpassungen des Produktionsprozesses sowohl kurzfristig, etwa durch Umrüsten und Bearbeiten von Produktionsanlagen, als auch langfristig, etwa in der Planung und Inbetriebnahme von Anlagen, mit geringstem Aufwand realisiert werden können. Künftige Produktionsprozesse und -verfahren sollen ermöglichen, eine aufwandsarme und schnelle Herstellung kundenindividueller Bauteile ohne Qualitätseinbußen. Entsprechende Produktionsverfahren lassen sich individuell und flexibel miteinander koppeln und ermöglichen ein großes Spektrum an herstellbaren Bauteilen bzw. Produkten.⁴⁶ Die adaptive und flexible Produktion betrifft Unternehmens- und Produktionsnetzwerke ebenso wie einzelne Arbeitsplätze, Maschinen, Anlagen und Fertigungsprozesse.

- **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze** (nicht erschöpfend):

- Entwicklung resilienter Produktionssysteme zur Realisierung einer robusten, flexiblen und wandlungsfähigen Produktion
- Lösungen zur flexiblen und wandlungsfähigen Werkstattfertigung
- Entwicklung von (Hochleistungs-) Fertigungsprozessen zur Verkürzung von Prozessketten
- Entwicklung von dezentralen, selbststeuernden Produktionssystemen zur schnelleren und effizienteren Steuerung bzw. Abstimmung von Maschinen untereinander
- Entwicklung durchgängiger Simulationslösungen zur Produktionsplanung- und Steuerung (unternehmensintern und -übergreifend)
- Integriertes Produktions- und Qualitätsmanagement zur flexiblen Produktion variabler Los- bzw. Chargengrößen.
- Rekonfigurierbare Produktionssysteme Automatisierungslösungen zur wirtschaftlichen Produktion kleiner Losgrößen bei geringen Herstellkosten
- Entwicklung effizienter Unikatproduktionslösungen, bspw. mit Hilfe eines Baukastensystems
- Produktionsautomatisierung mit Hilfe lernender Robotersysteme

4.3 Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung

- **Potentialabschätzung**

Der Themenkomplex *Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung* wird als potentielles **Leitprojektthema empfohlen**.

⁴⁶ vgl. Syska, A. (2006)

Der Themenkomplex wurde im Hinblick auf die betriebliche Relevanz mit einem Mittelwert von 1,79 ebenfalls als sehr relevant eingestuft, und somit nach dem Themenkomplex adaptive und flexible Fertigung als das zweit relevanteste Thema eingeschätzt. Diese Einschätzung stimmt in allen drei Workshops weitgehend überein (Graz 1,92, Linz 1,77, Dornbirn 1,67) was auch in diesem Themenkomplex darauf schließen lässt, dass das Thema für eine Vielzahl an Branchen relevant ist.

Auch bei der Beurteilung der Eignung des Themenkomplexes als Leitprojekt schätzten über 91% der Workshop TeilnehmerInnen das Thema als für ein Leitprojekt geeignet ein (Graz 92%, Linz 84,62%, Dornbirn 100%). Diese Einschätzung lässt darauf schließen, dass dieser Themenkomplex nicht nur für viele Branchen grundsätzlich relevant ist, sondern auch in einer Vielzahl von Branchen das Potential gesehen wird, hier Leitprojekte durchzuführen.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der Workshops von den TeilnehmerInnen 13 Forschungs- und Entwicklungsthemen genannt, welche diesem Themenkomplex zugeordnet wurden, was neben dem Themenkomplex adaptive und flexible Fertigung mit ebenfalls 13 Themen die höchste Anzahl ist. Dies ist ein Indiz dafür, dass im Themenkomplex adaptive und flexible Fertigung auch von Seiten der Unternehmen und Forschungseinrichtungen das Potential besteht konkrete Leitprojektideen zu entwickeln.

Ergänzend zu den 13 unmittelbar genannten Lösungsansätzen könnten auch Lösungsansätze bzw. F&E Themen aus den Themenkomplex „Kollaborative Planungssysteme“ angeführt werden. Zudem gibt es gemeinsame Ziele mit den Lösungsansätze bzw. F&E Themen aus dem Themenkomplex „Verkürzung der Ramp-Up Phase“.

Der Mehrwert von Leitprojekten in diesem Themenbereich liegt vor allem in einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie. Die erfolgreiche Durchführung von Leitprojekten in diesem Bereich könnte einen wesentlichen Beitrag dazu leisten die Trennung zwischen Produkt- und Prozessentwicklung bzw. der Produktionsplanung aufzulösen. Eine ineinandergreifende Produkt- und Prozessentwicklung kann dazu beitragen sowohl neue Möglichkeiten im Bereich der Produktinnovation zu erschließen als auch die Produktionskosten zu senken und die Planungssicherheit zu erhöhen. Leitprojekte können einen Beitrag leisten, eine integrierte Produkt und Prozessentwicklung zu etablieren um somit auch eine Verkürzung der „Time to Market“ zu erreichen, was wiederum ein entscheidender Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit ist.

▪ **Handlungsbedarf:**

Lebenszyklen verkürzen sich, Variantenvielfalt und folglich Komplexität steigt in volatilen Märkten, vor allem wenn ein Produkt an unterschiedlichen Standorten entwickelt und produziert wird. Die Reduzierung der „Time to Market“ stellt einen zentralen Wettbewerbsvorteil der produzierenden Industrie dar. Produkt- und Prozessentwicklung bzw. Produktionsplanung läuft heute zu meist getrennt und zeitlich auf einander folgend ab. Vor diesem Hintergrund werden Produktionsmöglichkeiten, Auswirkungen auf Produktion und Logistik und die hiermit einhergehenden Produktionskosten erst zu spät ersichtlich. Hohe Abstimmungsaufwände sowie hohe Änderungsaufwände durch konstruktionsbedingte Produktionsprobleme sind die Folgen.

▪ **Definition:**

Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung stellt einen interdisziplinären Ansatz dar, einen effektiven und effizienten Produktentstehungsprozess zu realisieren, welcher durch übergreifende Abstimmung und Integration disziplinspezifischer Einzelmethoden charakterisiert ist. Die Produkt- und Prozessentwicklung verläuft ineinandergreifend parallelisiert, um mögliche technische und organisatorische Hindernisse und Produktionskosten bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung zu erkennen und zu bewerten sowie die Planungssicherheit zu erhöhen.⁴⁷ Lösungskonzepte gehen dabei über den aktuellen Stand der Technik und bekannte Ansätze, wie bspw. „Simultaneous Engineering“, „Design to Cost“ oder „Design for Assembly“ deutlich hinaus.

▪ **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze** (nicht erschöpfend):

- Aufbau eines durchgängigen Datenmanagementsystems von der Produktentwicklung bis zur Produktion
- Simulationsunterstützung während der Produkt- und Prozessentwicklung
- Lösungen der integrierten Produkt- und Prozessentwicklung unter Berücksichtigung der Optimierung von Fertigungsprozesse und der Verkürzung von Prozessketten
- Re-Konfigurierbare Systeme zur integrierten Produkt- und Prozessentwicklung „Factory-Lab“, zur Entwicklung, Erprobung und Evaluierung von integrierten Produkt- und Prozessentwicklungskonzepten bzw. -lösungen
- Automatisierung bzw. Teilautomatisierung von Entwicklungsprozessen
- Integrierte Produkt und Prozessentwicklung zur effizienten Unikatfertigung („Losgröße 1“)
- Design to Cost: Simulation und Bewertung von resultierenden Produktionskosten bereits in der Konstruktionsphase

4.4 Intelligente Maschinen und Anlagen

▪ **Potentialabschätzung**

Der Themenkomplex *Intelligente Maschinen und Anlagen* wird ebenfalls als potentiell **Leitprojekthema empfohlen**.

Der Themenkomplex wurde im Hinblick auf die betriebliche Relevanz mit einem Mittelwert von 1,87 bewertet, was den dritten Rang in dieser Bewertung bedeutet. Das Thema wurde in allen drei Workshops als relevant eingestuft, wobei das Thema in Linz als geringfügig weniger relevant eingeschätzt wurde (Graz: 1,64, Linz: 2,09, Dornbirn: 1,89). Dennoch kann festgestellt werden, dass das Thema als vergleichsweise sehr relevant eingestuft wurde, was wiederum darauf schließen lässt, dass der Themenkomplex für eine Vielzahl an Branchen relevant ist.

Der Themenbereich wurde ebenfalls als geeignet für die Durchführung eines Leitprojekts beurteilt. Im Durchschnitt schätzen knapp 86% der Workshop TeilnehmerInnen das Thema als geeignet ein, wobei die Zustimmungsraten generell relativ hoch waren und zwischen 78% (Graz und Dornbirn) und 100% in Linz schwanken. Abschließend lässt sich also feststellen, dass das Thema als gut geeignet für die Durchführung eines Leitprojektes eingeschätzt wird. Die durchgehend gute

47 Eversheim, W., Schuh, G. (2005)

Bewertung in Bezug auf die betriebliche Relevanz und die relativ hohe Zustimmung zur Eignung des Themas lässt darauf schließen, dass auch dieses Thema für eine Mehrzahl an Branchen relevant und für ein Leitprojekt geeignet ist.

Weiters ist die Nennung von 9 Forschungs- und Entwicklungsthemen von Seiten der Workshop TeilnehmerInnen, ein Indiz, dass von Seiten der Industrie und Forschungseinrichtungen hier Anknüpfungspunkte bestehen und somit das Potential gegeben ist, konkrete Leitprojekte zu entwickeln und zu beantragen.

Ergänzend zu den 13 unmittelbar genannten Lösungsansätzen können insbesondere auch Lösungsansätze bzw. F&E Themen aus dem Themenkomplex „Daten“ einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der allgemeinen Zielsetzungen „intelligenter Maschinen und Anlagen“ leisten.

Der Mehrwert von Leitprojekten im Themenbereich Intelligente Investitionsgüter liegt vor allem in einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie. Leitprojekte in diesem Themenbereich können dazu beitragen mit Hilfe von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien die Komplexität in Produktionsunternehmen zu beherrschen. Neuartige Sensorik und Aktuatorik, welche im Rahmen von Leitprojekten entwickelt und insbesondere implementiert werden können dazu beitragen die Produktion effizienter zu gestalten bzw. auch (neue) Wertschöpfungsmöglichkeiten zu erschließen. Im Rahmen eines Leitprojektes entwickelte Algorithmen, Methoden und Modelle zur Informationsfilterung, -aufbereitung und Weiterverarbeitung können einen Beitrag leisten, mit der steigenden Komplexität besser umzugehen.

▪ **Handlungsbedarf:**

Vernetzungs-, Produkt-, Daten- und Strukturkomplexität steigen durch die Globalisierung und durch den Wunsch nach Individualität in der Produktion kontinuierlich an und wirken der Marktforderung nach Reaktions- und Anpassungsfähigkeit entgegen. Bei intelligenten Maschinen und Anlagen handelt es sich auch um Produktionstechnologien und im erweiterten Sinne um Produktionsobjekte, die am Produktionsprozess beteiligt sind, welche sich durch die Integration so genannter Embedded Systems auszeichnen und sich intelligent (selbstoptimierend) steuern können.⁴⁸

▪ **Definition:**

Intelligente Maschinen und Anlagen dienen der Komplexitätsbeherrschung und -reduktion in industriellen Produktionsprozessen in dem sie maßgeblich dazu beitragen, Informationen innerhalb eines volatilen Systems aufzunehmen, relevante Informationen zu identifizieren und zu verarbeiten und schließlich eine Entscheidung (Aktion) zu treffen im Sinne einer Wertschöpfungssteigerung oder Optimierung innerhalb des Produktionsprozesses zu treffen

▪ **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze (nicht erschöpfend):**

- Entwicklung und Implementierung spezifischer Algorithmen, Methoden und Modelle der Informationserfassung, -aufbereitung und -verarbeitung zur intelligenten Integration innerhalb von Produktionsplanungs- und Steuerungsprozessen

48 Acatech (2013)

- Entwicklung, Einsatz und Anbindung neuartiger Sensoren und Aktuatorik zur Erschließung (neuer) Wertschöpfungspotenziale in der industriellen Produktion
- IKT-basierte Qualitätssicherung und -kontrolllösungen zur echtzeitfähigen Integration in den Produktionsprozess
- Integrierte Bauteilüberwachung / Traceability

4.5 Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau

▪ Potentialabschätzung

Der Themenkomplex *Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau* wird ebenfalls als potentiell **LeitprojekttHEMA empfohlen**.

Der Themenkomplex wurde im Hinblick auf die betriebliche Relevanz mit einem Mittelwert von 1,97 bewertet, was den vierten Rang in dieser Bewertung bedeutet. Das Thema wurde in allen drei Workshops als relevant eingestuft, wobei das Thema in Graz als geringfügig weniger relevant eingeschätzt wurde (Graz: 2,17, Linz: 1,85, Dornbirn: 1,89). Dennoch kann festgestellt werden, dass das Thema als vergleichsweise sehr relevant eingestuft wurde, was wiederum darauf schließen lässt, dass der Themenkomplex für eine Vielzahl an Branchen relevant ist.

Der Themenbereich wurde ebenfalls als geeignet für die Durchführung eines Leitprojekts beurteilt. Im Durchschnitt schätzen knapp 88% der Workshop TeilnehmerInnen das Thema als geeignet ein, wobei die Zustimmungsraten generell relativ hoch waren und zwischen 80% (Graz), 86% (Dornbirn) und 100% in Linz schwanken. Es lässt sich also feststellen, dass das Thema als gut geeignet für die Durchführung eines Leitprojektes eingeschätzt wird. Die durchgehend gute Bewertung in Bezug auf die betriebliche Relevanz und die relativ hohe Zustimmung zur Eignung des Themas lässt darauf schließen, dass auch dieses Thema für eine Mehrzahl an Branchen relevant und für ein Leitprojekt geeignet ist.

Im Rahmen der Workshops wurden 5 Forschungs- und Entwicklungsthemen genannt. Obwohl in anderen Themenbereichen doch teils deutlich mehr Themen genannt wurden, ist davon auszugehen, dass grundsätzlich Potential für die Entwicklung und Konkretisierung von Ideen für Leitprojekte in diesem Themenkomplex vorhanden ist. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund einer breiten, nationalen Kompetenzbasis im Materialbereich.

Der Mehrwert von Leitprojekten im Themenkomplex Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau liegt sowohl in einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie als auch im Bereich Energieeffizienz. Durch den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen und -strukturen besteht ein großes Potential energieeffizientere Systeme zu entwickeln und herzustellen bzw. auch Einsparungen bei der Herstellung von Leichtbaukomponenten zu erzielen. Um dies zu erreichen, sind sowohl die Materialien/Verbünde, die Designprozesse sowie die Herstellungsprozesse zu entwickeln, optimieren bzw. aneinander anzupassen. Die individuelle Kombination und Optimierung von unterschiedlichen und neuen Werkstoffen und Materialien unter Berücksichtigung der örtlichen Bauteilanforderungen ermöglicht leichtere und bessere Bauteile als mit herkömmlichen Werkstoffen. Hierbei besteht auch das Potential, neue Verwendungs-

zusammenhänge und Funktionalisierungen zu entwickeln. Hierdurch wird nicht nur den Bau von leichteren und günstigen Bauteilen in Konsumprodukten ermöglicht, auch der Bau von lokal optimierten Werkzeugen ist möglich und verbessert auf diese Weise andere Fertigungsprozesse.

▪ **Handlungsbedarf:**

Fehlendes Wissen über Kombinationsmöglichkeiten und Füge-techniken verhindern einen simultanen und lokal abhängigen Einsatz von Werkstoffverbänden bzw. Verbundwerkstoffen, wodurch erhebliche Potentiale einzelner Materialien innerhalb eines Systems nicht genutzt werden. Darüber hinaus fehlt es an effizienten und effektiven Entwicklungs- und Produktionsprozessen, was die Verarbeitung der bereits teuren Leichtbauwerkstoffe zusätzlich verteuert. Dabei ist ein bloßes Übertragen aus dem Bereich herkömmlicher Werkstoffe nicht ausreichend und kann gegenwärtig nicht das Potential von Leichtbauwerkstoffen und -strukturen erschließen.

▪ **Definition:**

Leichtbau kann mit unterschiedlichen Methoden erreicht werden. Aufgrund der engen Verknüpfung der Leichtbaumethoden untereinander ist eine exakte Abgrenzung einzelner Themen nicht immer möglich. Ein Ansatz, der mehrere Aspekte des Leichtbaus in sich vereinigt, ist das Multi-Material-Design. Das Ziel dieser Methode ist es, für jedes Bauteil das ideale Material und darauf aufbauend den idealen Fertigungsprozess zu finden und die Bauteile zu Baugruppen zusammenzufügen unter optimierter Ressourcennutzung und Gewährleistung einer hohen Qualität.⁴⁹

▪ **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze** (nicht erschöpfend):

- Innovative Bearbeitungsverfahren für neue (intelligente) Werkstoffe/ Oberflächen unter Gewährleistung einer gleichbleibend hohen Produktqualität
- Verbesserte Oberflächenbearbeitungs- und -veredelungsverfahren für neue (intelligente) Werkstoffe
- Entwicklung von neuartigen Konstruktionsmethoden und -prinzipien zur Entwicklung von Leichtbauteilen
- Transfer von Produktionsverfahren auf andere Anwendungen, bspw. bei der Herstellung von Verbundwerkstoffen

4.6 Generative Fertigung

▪ **Potentialabschätzung**

Der Themenkomplex *Generative Fertigung* wird als potentiell **Leitprojektthema empfohlen**.

Der Themenkomplex wurde im Hinblick auf die betriebliche Relevanz mit einem Mittelwert von 1,97 bewertet, was gleichauf mit Multi-Material-Design und Fertigungsprozesse (Fokus Leichtbau) den vierten Rang in dieser Bewertung bedeutet. Das Thema wurde in zwei Workshops sogar als sehr relevant eingestuft (Graz: 1,46, Linz: 1,64). In Dornbirn wurde das Thema als deutlich weniger relevant bewertet (Dornbirn: 3,11), was auch damit zu erklären sein könnte, dass die im Workshop vertretenen Textilbetriebe diese Fertigungstechnik bis dato eher als „Konkurrenztechnologie“ sehen.

⁴⁹ e-mobil (2012)

Dennoch kann festgestellt werden, dass das Thema als vergleichsweise sehr relevant eingestuft wurde, was wiederum darauf schließen lässt, dass der Themenkomplex für eine Vielzahl an Branchen relevant ist.

Der Themenbereich wurde ebenfalls als geeignet für die Durchführung eines Leitprojekts beurteilt. Im Durchschnitt schätzen knapp 72% der Workshop TeilnehmerInnen das Thema als geeignet ein, wobei die Zustimmungsraten in Linz mit 100% und Graz 85% sehr hoch waren. In Dornbirn war dem gegenüber gar keine Zustimmung für dieses Thema vorhanden (0%). Es lässt sich also feststellen, dass das Thema in Ostösterreich als sehr gut geeignet für die Durchführung eines Leitprojektes eingeschätzt wird. Die überwiegend gute Bewertung in Bezug auf die betriebliche Relevanz und die mehrheitlich hohe Zustimmung zur Eignung des Themas lässt darauf schließen, dass auch dieses Thema für eine Mehrzahl an Branchen relevant und für ein Leitprojekt geeignet ist.

Im Rahmen der Workshops wurden jedoch lediglich 3 Forschungs- und Entwicklungsthemen genannt. Obwohl in anderen Themenbereichen doch teils deutlich mehr Themen genannt wurden, ist davon auszugehen, dass grundsätzlich Potential für die Entwicklung und Konkretisierung von Ideen für Leitprojekte in diesem Themenkomplex vorhanden sind, da es sich um ein dynamisch aufkommendes F&E Thema mit großem Zukunftspotenzial, auch in Österreich, handelt.

Der Mehrwert von Leitprojekten im Themenkomplex Generative Fertigung liegt insbesondere in der Verbesserung der Produktivität durch Erhöhung von Prozesseffizienz und Reaktionsgeschwindigkeit sowie insbesondere in der Möglichkeit zur Produktinnovation für den Endkunden; durch eine vergleichsweise neue und „radikal“ andere Fertigungsweise (additive Verfahren). Zudem kann damit auch ein Beitrag zur Steigerung der Energie- und Rohstoffeffizienz geleistet werden. Somit kann das Thema insgesamt zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie beitragen. Dieser Mehrwert kommt konkret dadurch zustande, dass generative Fertigungsverfahren es künftig ermöglichen, mit geringem Planungsaufwand Prototypen oder Serienteile aus verschiedenen und hochwertigen Werkstoffen (Metalle/Kunststoffe/Keramiken/Verbundwerkstoffe) herzustellen. Die Fertigungsanlagen können dabei vollautomatisiert mit relativ geringen Durchlaufzeiten Bauteile herstellen, die einerseits auf Grund einer sehr komplexen Geometrie nicht anders herstellbar wären und andererseits keine oder geringe Nacharbeit erfordern. Generative Fertigungsverfahren ermöglichen es das Gewicht von Bauteilen durch spezifische Fertigungsarten deutlich zu senken. Dabei benötigt die generative Fertigung keine speziellen Werkzeuge. Nicht verwendetes Material kann zur Gänze wiederverwendet werden. Weiters bietet die generative Fertigung nahezu unbegrenzte gestalterische und konstruktive Freiheiten. Durch eine hierzu notwendige und optimierte Konstruktionsmethodik gelingt es, die Steifigkeit von Bauteilen zu erhöhen und die Form des Bauteils aktiv zu kontrollieren, was somit einen großen Fortschritt in Bezug auf die Produktqualität bedeuten kann.

- **Handlungsbedarf:**

Die Herstellung komplexer Funktionsteile ist zu meist mit hohem Planungs- und Fertigungsaufwand verbunden. Zudem ist die Produktion kleiner Losgrößen oder von Einzelprodukten, z.B. von Ersatzteilen oft mit hohen Kosten verbunden. Des Weiteren können virtuelle Modelle (CAD) nicht immer einen hinreichenden Eindruck über die Funktionsfähigkeit geben und machen daher eine aufwendige Prototypenfertigung erforderlich. Zur verbreiteten industriellen Anwendung bedarf es noch Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Derzeit sind beispielsweise im Vergleich zu konventionellen umformenden oder spanabhebenden Fertigungsverfahren nur wenige qualifizierte Werkstoffe verfügbar. Zudem müssen Prozesse eine hohe Stabilität und Wiederholgenauigkeit aufweisen, um auch für die Serienanwendung

attraktiver zu werden. Weiterer Bedarf entsteht in der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und bei der Integration in bestehende Produktionssysteme mit traditionellen Fertigungstechnologien.

▪ **Definition:**

Generative Fertigung (engl. Additive Manufacturing) bezeichnet Verfahren zur schnellen und wirtschaftlichen Fertigung von Modellen, Mustern, Prototypen, Werkzeugen und Endprodukten. Die Generative Fertigung erfolgt auf Basis von computergenerierten Konstruktionsdaten aus formlosem oder formneutralem Material mittels chemischer und/oder physikalischer Prozesse. Dabei benötigt die generative Fertigung keine speziellen Werkzeuge, erzeugt kaum Abfall und nicht verwendetes Material kann wiederverwendet werden. Weiters bietet die generative Fertigung nahezu unbegrenzte gestalterische und konstruktive Freiheiten.^{50 51}

▪ **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze** (nicht erschöpfend):

- Generative Fertigungsverfahren und deren Anwendung zur Herstellung von serienfähigen Bauteilen oder Produkten
- Nutzung und Weiterentwicklung der vorhandenen Möglichkeiten auch in Hinblick auf eine Vereinfachung von Arbeitsvorbereitungsverfahren
- Weiterentwicklung generativer Fertigungsprozesse und Materialien
- Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle unter Integration generativer Fertigungsverfahren entlang der Wertschöpfungskette unternehmens- und branchenübergreifend

4.7 Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette

▪ **Potentialabschätzung**

Der Themenkomplex *Integration von IKT Lösungen entlang der Wertschöpfungskette* wird als potentielles **Leitprojektthema empfohlen**.

Der Themenkomplex wurde im Hinblick auf die betriebliche Relevanz mit einem Mittelwert von 2,06 bewertet, was den siebten Rang in dieser Bewertung bedeutet. Das Thema wurde in Graz als sehr relevant eingestuft (1,36), Linz liegt mit einer Bewertung von 2,08 im Durchschnitt. In Dornbirn wurde das Thema als deutlich weniger relevant bewertet (Dornbirn: 2,89), was auch damit zu erklären sein könnte, dass das Thema einer durchgängigen, unternehmensübergreifenden Integration mit Hilfe von IKT-Lösungen, zumindest unter diesem Begriff, in Vorarlberg noch vergleichsweise weniger im Bewusstsein der Unternehmensvertreter stand. Nichts desto trotz wurde auch in Vorarlberg eindeutig der Bedarf geäußert, Fertigungskompetenzen unternehmensübergreifend besser als bisher zu integrieren. Somit kann festgestellt werden, dass das Thema als vergleichsweise relevant eingestuft wurde, was wiederum darauf schließen lässt, dass der Themenkomplex grundsätzlich für eine Vielzahl an Branchen, nicht zuletzt insbesondere in der Automobilindustrie, relevant ist.

⁵⁰ Breuninger, J. et al. (2013)

⁵¹ Záh, M. F. (2006)

Der Themenbereich wurde ebenfalls als geeignet für die Durchführung eines Leitprojekts beurteilt. Im Durchschnitt schätzen knapp 82% der Workshop TeilnehmerInnen das Thema als geeignet ein, wobei die Zustimmungsraten in Linz mit 91% und Graz mit knapp 88% sehr hoch waren. In Dornbirn war dem gegenüber die Zustimmung für dieses Thema geteilt (50%). Es lässt sich also feststellen, dass das Thema insbesondere in Ostösterreich als sehr gut geeignet für die Durchführung eines Leitprojektes eingeschätzt wird. Die überwiegend gute Bewertung in Bezug auf die betriebliche Relevanz und die mehrheitlich hohe Zustimmung zur Eignung des Themas lässt darauf schließen, dass auch dieses Thema für eine Mehrzahl an Branchen relevant und für ein Leitprojekt geeignet ist.

Im Rahmen der Workshops wurden jedoch nur 3 Forschungs- und Entwicklungsthemen genannt. Obwohl in anderen Themenbereichen doch teils deutlich mehr Themen genannt wurden, ist davon auszugehen, dass grundsätzlich Potential für die Entwicklung und Konkretisierung von Ideen für Leitprojekte in diesem Themenkomplex vorhanden sind, da es sich um ein sehr generisches und integratives Thema mit grundsätzlich vielen möglichen Lösungsansätze handelt.

Ergänzend zu den 13 unmittelbar genannten Lösungsansätzen können insbesondere auch Lösungsansätze bzw. F&E Themen aus dem Themenkomplex „Daten“ einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Zielsetzungen „Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette“ leisten.

Der Mehrwert von Leitprojekten im Themenkomplex *Integration von IKT Lösungen entlang der Wertschöpfungskette* liegt insbesondere in der Verbesserung der Produktivität durch Erhöhung von Prozesseffizienz und Reaktionsgeschwindigkeit sowie insbesondere im Potenzial, die zusehende Komplexität von Produktionsprozessen und deren Anforderungen besser zu beherrschen, und damit wiederum die Effizienz zu steigern. Somit kann das Thema insgesamt zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie beitragen. Durch die Entwicklung und Konzeption durchgängiger Lösung von Produktions- und Automatisierungstechniken sowie ganzheitlicher Informationstechnologie-Systeme für unterschiedliche Prozessschritte der Produktion und Unternehmensplanung kann ein zudem ein wesentlicher Beitrag zu Flexibilisierung und Wandlungsfähigkeit von Produktionsunternehmen geleistet werden, in dem die richtige Information, in der richtigen Qualität, am richtigen Ort zur richtigen Zeit zur Verfügung steht. Die heutige Vielzahl an Medienbrüchen innerhalb von Produktionsunternehmen kann durch eine durchgängige Digitalisierung der Daten von Engineering über Zulieferer bis zum Kunden überwunden werden. Eine effektive digitale Einbindung von Kunden und Zulieferern kann hierdurch realisiert werden.

- **Handlungsbedarf:**

Unterschiedliche Prozessschritte der Produktion und der Unternehmensplanung, zwischen denen ein Material-, Energie- und Informationsfluss verläuft, basieren aktuell zumeist auf einer Vielzahl unterschiedlicher IT-Systeme, welche vorwiegend Insellösungen darstellen. Sowohl zwischen den unterschiedlichen Funktionsbereichen eines Unternehmens als auch durch eine mangelnde IKT-Integration innerhalb der unternehmensübergreifenden Supply-Chain (Wertschöpfungskette) kommt es vor allem an Schnittstellen zu erheblichen Verlusten von Informationen, welche der Notwendigkeit nach Flexibilität und Wandlungsfähigkeit des Unternehmens entgegen wirkt.

- **Definition:**

Unter Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette ist die Integration verschiedener Informationstechnologie-Systeme für unterschiedliche Prozessschritte der Produktion und Unternehmensplanung, zwischen denen ein Material-, Energie- und Informationsfluss verläuft, sowohl

innerhalb eines Unternehmens (beispielsweise Eingangslogistik, Fertigung, Ausgangslogistik, Vermarktung) aber auch über mehrere Unternehmen (Wertschöpfungskette bzw. Supply-Chain) hinweg, zu einer durchgängigen Lösung zu verstehen. Die Vielzahl an Medienbrüchen innerhalb von Produktionsunternehmen kann durch eine durchgängige Digitalisierung der Daten von Engineering über Zulieferer bis zum Kunden überwunden werden. Eine effektive digitale Einbindung von Kunden und Zulieferern kann hierdurch realisiert werden.⁵²

- **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze** (nicht erschöpfend):
 - Ganzheitliche Informationsmanagementsysteme insbesondere für KMUs
 - Einheitliche Lösungen für die Digitalisierung von Daten vom Engineering bis zur Auslieferung, vom Lieferanten bis zum Kunden, zur Steigerung der Produktivität
 - Weiterentwicklung von Konzepten zur Produktivitätssteigerung zur Realisierung von smarten und effizienten Wertschöpfungsketten bzw. -systemen
 - Orchestrierung von Daten, Mensch, Maschinen und Anlagen zur effektiven und effizienten Interaktion entlang der Wertschöpfungskette
 - Lösungen zur effizienten und beschleunigten Produktion in kleinen Serien

4.8 Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen

- **Potentialabschätzung**

Der Themenkomplex *Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen* wird als potentiell **Leitprojektthema empfohlen**.

Das Thema wurde im Rahmen der Unternehmensworkshops in Graz (Note: 1,83) und Dornbirn (Note: 1,78) als betrieblich sehr relevant bewertet. Der Mittelwert der Benotungen beträgt jedoch insgesamt 2,40, was auf die vergleichsweise schlechtere Benotung in Linz (Note: 3,29) zurückzuführen ist. Gleichzeitig schätzten bei der Beurteilung der Eignung des Themenkomplexes als Leitprojekt knapp 97% aller Workshop TeilnehmerInnen das Thema als für ein Leitprojekt geeignet ein (Graz 100%, Linz 92%, Dornbirn 100%). Damit liegt das Thema bei dieser Bewertung an 2. Stelle, nahezu gleichauf mit dem Thema „Adaptive und flexible Fertigung“. Die insgesamt positive Bewertung, insbesondere bei der Eignung, lässt darauf schließen, dass dieser Themenkomplex nicht nur für etliche Branchen relevant ist, sondern auch in einer Vielzahl von Branchen das Potential gesehen wird, hier Leitprojekte durchzuführen.

Zudem wurden im Rahmen der Workshops von den TeilnehmerInnen 4 Forschungs- und Entwicklungsthemen genannt, welche diesem Themenkomplex zugeordnet wurden. Diese recht geringe Anzahl mag ein Indiz dafür sein, dass das Thema für die Unternehmen noch einer genaueren Spezifizierung als F&E Thema bedarf, wenn auch die Bedeutung und strategische Relevanz für die österreichischen Produktionsunternehmen ganz klar zum Ausdruck kommt.

Der Mehrwert von Leitprojekten in diesem Themenbereich liegt vor allem in einer Steigerung der Rohstoffeffizienz und Rohstoffunabhängigkeit der österreichischen Industrie und damit in einem strategisch zusehends wichtigen Bereich für den österreichischen bzw. europäischen Standort.

⁵² Acatech (2013)

Zudem hat das Thema damit nicht nur einen wettbewerblichen, sondern auch einen explizit ökologischen Mehrwert, den die anderen Themen in dieser Form nicht aufweisen können. Denn durch effiziente Trenn- und Aufbereitungstechnologien lassen sich künftig zu recycelnde Produkte und Mischabfälle sowie Nebenprodukte, welche im Kontext der industriellen Produktion entstehen, in ihre einzelne Rohstoffe bzw. Materialien und Komponenten sortenrein trennen bzw. wieder aufbereiten. Einzelne Rohstoffe und Materialien können auf einem hohen, gleichbleibenden Qualitätsniveau gewonnen werden und stehen in deren Folge den industriellen Produktions- und Fertigungsverfahren als sekundäre Rohstoffe zur Verfügung.

Ist eine gleichbleibende Qualität bei alternativen und rückgewonnen Rohstoffen nicht zu erzielen, so gilt es industrielle Produktions- und Fertigungsverfahren dahin gehend zu ertüchtigen, qualitativ gleichbleibende Produkte zu erzeugen. Die Rückführung von zu recycelnden Produkten, Rohstoffen und Materialien wird durch innovative Rückführungskonzepte und -lösungen realisiert. Dadurch endet am Ende eines Lebenszyklus eines Produkts nur dessen Funktion - der sekundäre Rohstoff bzw. das Material kann wieder aufbereitet werden und zur Produktion qualitativ hochwertiger und neuer Produkte verwendet werden. Neben der Rückgewinnung von sekundären Rohstoffen können auch die Gewinnung und Verwendung von alternativen Rohstoffen, die nachhaltiger sind und vergleichbare Eigenschaften aufweisen, erforscht werden.

- **Handlungsbedarf:**

Rohstoffe stellen mehr als ein Drittel aller Güter dar und bilden dabei das Rückgrat einer hochentwickelten Industriegesellschaft. Weltweit steigt die Nachfrage nach Rohstoffen und natürliche Vorkommnisse schwinden mit steigender Geschwindigkeit. Die Gefahr von Rohstoffknappheit und die Abhängigkeit von Drittländern steigen für die heimische industrielle Produktion. Die Gewinnung von sekundären Rohstoffen bietet vor dem Hintergrund einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft große Potenziale für Produktionsunternehmen. Große Potenzialen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und Reduktion der Abhängigkeit von primären Rohstoffen werden ebenso der Gewinnung alternativer Rohstoffe zugeschrieben. Dabei führen häufig Verunreinigungen dazu, dass eine gleichbleibend hohe Produktqualität bei der Nutzung von sekundären und alternativen Rohstoffen nicht gewährleistet werden kann. Industrielle Produktions- und Fertigungsverfahren sind dahin gehend zu ertüchtigen, dass trotz einer schwankenden Rohstoffqualität, qualitativ gleichbleibende und hochwertige Produkte erzeugt werden können. In diesem Zusammenhang fehlt es an wirtschaftlich einsetzbaren Lösungen bei industriellen Produktionsunternehmen.

- **Definition:**

Rohstoffrückgewinnung ist im Folgenden definiert als jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden.⁵³

- **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze (nicht erschöpfend):**

- Übergreifende Aufbereitungstechnologie sowie integrierte Produktionstechnische und prozessuale Lösungen entlang der gesamten Supply-Chain
- Recycling gerechte Konstruktion

53 In Anlehnung an die Definition des deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG 2014) 3 Abs. 25

- Recyclinglösungen von Produkten und Produktionsabfällen in einer geschlossenen Wertschöpfungskette (Kreislaufwirtschaft)
- Gewährleistung von gleich bleibend hoher Produktqualität bei schwankender Rohstoffqualität oder Beimischung von Recyclaten sowohl in Aufbereitungsprozessen als auch in Produktions- und Fertigungsprozessen
- Steigerung der Rohstoffsicherheit zur Gewährleistung der Produktions- und Prozesssicherheit in industriellen Produktionsprozessen
- Sicherstellung der Materialeffizienz entlang der gesamten Supply-Chain

4.9 Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine-Kooperation

▪ Potentialabschätzung

Der Themenkomplex *Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine-Kooperation* wird als potentes **Leitprojektthema empfohlen**.

Das Thema wurde im Rahmen der Unternehmensworkshops in Graz (Note: 1,71) und Linz (Note: 1,92) als betrieblich sehr relevant bewertet. Der Mittelwert der Benotungen beträgt insgesamt 2,03, was auf die vergleichsweise schlechtere Benotung in Dornbirn (Note: 2,75) zurückzuführen ist.

Der Themenbereich wurde mehrheitlich ebenfalls als geeignet für die Durchführung eines Leitprojekts beurteilt. Im Durchschnitt schätzen knapp 66% der Workshop TeilnehmerInnen das Thema als geeignet ein, wobei die Zustimmungsraten in Linz mit 77% und insbesondere in Graz mit 92% sehr hoch waren. In Dornbirn war dem gegenüber gar keine Zustimmung für dieses Thema vorhanden (0%). Es lässt sich also feststellen, dass das Thema in Ostösterreich als sehr gut geeignet für die Durchführung eines Leitprojektes eingeschätzt wird. Die überwiegend gute Bewertung in Bezug auf die betriebliche Relevanz und die mehrheitlich hohe bis sehr hohe Zustimmung zur Eignung des Themas lässt darauf schließen, dass auch dieses Thema für eine Mehrzahl an Branchen relevant und für ein Leitprojekt geeignet ist.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der Workshops von den TeilnehmerInnen 10 Forschungs- und Entwicklungsthemen genannt, welche diesem Themenkomplex zugeordnet wurden, was die dritthöchste Anzahl bei den genannten Lösungsansätzen ist. Dies ist ein Indiz dafür, dass im Themenkomplex „Assistenzsysteme“ auch von Seiten der Unternehmen und Forschungseinrichtungen das Potential besteht konkrete Leitprojektideen zu entwickeln.

Der Mehrwert von Leitprojekten in diesem Themenbereich liegt vor allem in einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen in der Produktion, nicht zuletzt auch für ältere ArbeitnehmerInnen. Durch eine Steigerung der Prozesseffizienz und eine bessere Beherrschung von Komplexität, nicht zuletzt durch den Arbeitnehmer selbst, werden auch Produktivitätssteigerungen erzielt. Somit hat das Thema damit nicht nur einen wettbewerblichen, sondern auch einen explizit gesellschaftlichen Mehrwert, den die anderen Themen in dieser Form nicht aufweisen können. Denn durch die Entwicklung praktikabler Robotik- und Assistenzsysteme wird eine ergonomisch gerechte Unterstützung des Mitarbeiters in Echtzeit möglich. Weiters kann mit interaktiven Systemen mit wahlfreier und symmetrischer Multimodalität sowie mit direkten, personalisierten „Mensch-Roboter“ bzw. „Mensch-Maschinen“ Kooperationen auch die Leistungs- und Ausdauerfähigkeit der Beschäftigten erhöht werden. Hierdurch gelingt es auch vor dem Hintergrund des Demografischen Wandels und einer kontinuierlichen Steigerung des Durchschnittsalters der Beschäftigten, Arbeitssystemproduktivität zu

stabilisieren und sogar zu steigern. Entscheidend dabei ist eine intuitive, multimodale, aktive und passive Ausgestaltung der Mensch-Maschinen Unterstützung (vereinfachte Steuerung).

▪ **Handlungsbedarf:**

Arbeiten in einer sich ständig veränderten Arbeitsumgebung mit immer komplexeren Arbeitsinhalten, Arbeitsanforderungen, Werkzeugen und Technologien führt zu steigenden Anforderungen an die kognitiven und physischen Fähigkeiten sowie an das Wissen der beteiligten Personalressourcen und an das Arbeitsvermögen von Mitarbeitern. Vor dem Hintergrund des Demografischen Wandels und eines steigenden Durchschnittsalters der Mitarbeiter in der industriellen Produktion besteht die Anforderung, die Arbeitssystem-Produktivität weiter zu verbessern. Hierzu bedarf es der simultanen Betrachtung und Optimierung der Faktoren „Mensch“, „Maschine“ und „Organisation“. Entscheidend dabei ist eine intuitive, multimodale, aktive und passive Ausgestaltung der Mensch-Maschinen-Kooperation.

▪ **Definition:**

„Mensch-Maschinen-Kooperation“ umfasst die Wechselwirkung und Zusammenspiel von Mensch und Technik zur Erzielung möglichst optimaler Arbeitsergebnisse unter humanen Arbeitsbedingungen. Das Teilsystem „Maschine“ umschreibt dabei alle technischen Systeme. Bei den Teilsystemen „Mensch“ und „Organisation“ handelt es sich um eine oder mehrere Personen innerhalb einer Arbeitsorganisation, welche in möglichst geordneter Weise und in verschiedenen „Phasen“ mit Maschinen und Anlagen interagieren. Hierbei dienen Assistenzsysteme in der industriellen Produktion dazu, den Mitarbeiter in einer vielfachen Weise sowohl bei geistigen bzw. kognitiven Belastungen als auch bei physischen Belastungen bei der Ausübung von Tätigkeiten zu unterstützen und präventiv die Mitarbeiter vor gesundheitlichen Schäden zu bewahren.^{54 55}

▪ **Stoßrichtungen für mögliche F&E-Vorhaben / Lösungsansätze (nicht erschöpfend):**

- Lösungen zur alters- und altersgerechten Mensch-Maschinen-Kooperation und Interaktion
- Smart Systems - Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien zur Realisierung einfacher, intuitiver und kontextadaptiver Maschinenbedienung
- Human-Maschine-Interface (HMI) – Integration von Human Centered Design
- Smart Automation - situations- und kontextgerechte Automatisierung in Kollaboration mit dem Menschen und dessen Qualifikation
- Gestaltung effizienter Kooperations- und Interaktionsmöglichkeiten entlang der Supply-Chain durch Einsatz mobiler Endgeräte
- Systeme zur Komplexitätsreduktion und zur Simulation von Auswirkungen von Fehlern und Störfällen
- Einsatzmöglichkeiten der Augmented Reality bzw. der Virtual Reality zur Bedienerführung

54 Acatech (2013)

55 Bokranz, R.; Landau, K. (2011)

4.10 Zusammenfassende Reihung der empfohlenen Themenkomplexe für Produktion der Zukunft

Aus den acht empfohlenen Themenkomplexen für Leitprojektausschreibungen schlagen die Studienautoren folgende Priorisierung bzw. Reihung entlang folgender Kategorien 1 bis 3 vor:

Themen der Kategorie 1:

- Adaptive und flexible Produktion
- Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung

Zusammenfassende Begründung: Beide Themenkomplexe haben eine sehr hohe betriebliche Relevanz, sowie eine durchwegs sehr hohe Zustimmung bei der Eignung des Themenkomplexes für ein Leitprojekt. Zudem handelt es sich dabei um Themen die potenziell für viele Branchen relevant sind und dabei direkt auf die Wettbewerbsfähigkeit des österreichischen Produktionsstandortes abzielen. Zudem sind diese beiden Themenkomplexe auch sehr anschlussfähig an weitere, ergänzende Themenkomplexe.

Themen der Kategorie 2:

- Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine- Kooperation
- Generative Fertigung
- Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen

Zusammenfassende Begründung: Diese drei Themenkomplexe sind aus unserer Sicht jene Themen mit dem höchsten Zukunftspotenzial, sowohl aus strategisch, wettbewerblicher Sicht als auch aus Sicht von Forschung & Innovation. Weiters sehen wir insbesondere in den Themenkomplexen „Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschine-Kooperation“ sowie „Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen“ einen gesellschaftspolitischen bzw. ökologischen Mehrwert, der diese Themenkomplexe vergleichsweise auszeichnet. Alle drei Themenkomplexe haben mehrheitlich eine hohe betriebliche Relevanz (bei jeweils 2 von drei Workshops), sowie mehrheitlich auch eine hohe bzw. sehr hohe Zustimmung bei der Eignung des Themenkomplexes für ein Leitprojekt. Insbesondere das Thema „Gewinnung von alternativen und sekundären Rohstoffen“ genießt durchwegs eine sehr hohe Zustimmung. Das Potenzial; erfolgreiche Projekte mit „Leuchtturmcharakter“ zu generieren und eine Vorreiterrolle einzunehmen wird bei diesen drei, noch jüngeren Themen, am höchsten eingestuft.

Themen der Kategorie 3:

- Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau
- Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette
- Intelligente Maschinen und Anlagen

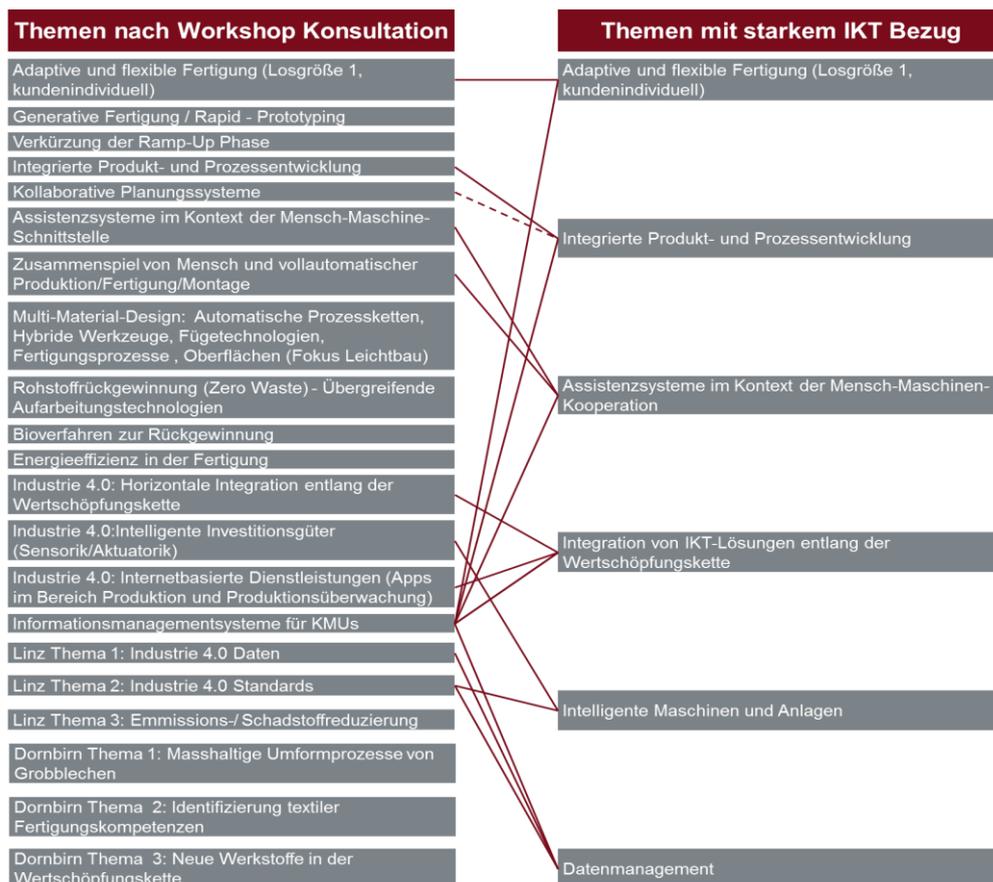
Zusammenfassende Begründung: Alle drei Themenkomplexe haben eine hohe bzw. sehr hohe betriebliche Relevanz sowie eine hohe Zustimmung bei der Eignung des Themenkomplexes für ein Leitprojekt. Insbesondere die beiden Themen „Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette“ und „Intelligente Maschinen und Anlagen“ können einen wichtigen Beitrag zur weiteren Steigerung von Produktivität leisten, sind aber gleichzeitig auch „Enabler“ für übergeordnete Themen bzw. Zielsetzungen (siehe „Kategorie 1“) und damit diesen auch indirekt zuordenbar. Der

Themenkomplex „Multi-Material-Design: Konstruktions- und Fertigungsprozesse für den Leichtbau“ kann auf der Produktseite zu Innovationen und damit zu einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit führen, sowie darüber hinaus auch einen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz leisten. Im Vergleich zu den anderen, obigen Themenkomplexen sehen wir aber keine besonders hohe Priorität in Hinblick auf unmittelbar bevorstehende Ausschreibungen, da das Thema Leichtbau bereits vielfach in Österreich beforscht und umgesetzt wird. Gleichzeitig handelt es sich um ein vergleichsweise branchen- bzw. anwendungsspezifisches Thema.

4.11 Themen an der Schnittstelle von IKT zur Produktion – IKT als Enabler für Produktion

Ausgehend von der Identifikation und Bewertung potenzieller Leitprojektt Themen aus dem Bereich der Produktion hat sich gezeigt, dass IKT relevante Forschungsthemen insbesondere als Enabler für die Themenkomplexe (1) „Adaptive und flexible Produktion“, (2) „Intelligente Maschinen und Anlagen“, (3) „Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung“, (4) „Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette“, (5) „Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschinen-Kooperation“ sowie (6) „Industrie 4.0 - Daten“⁵⁶ bzw. „Datenmanagement“ (Datenanalyseverfahren, Datenerfassung, -verarbeitung, und -sicherheit) besonders relevant sind bzw. diese Themenkomplexe einen starken IKT-Bezug aufweisen.

Abbildung 9: IKT relevante Forschungsthemen insbesondere als Enabler



⁵⁶ Nennungen aus dem Workshop: „Ganzheitliche IT-Systemarchitektur“, „IT-Systemarchitektur: Modularität für Produktion, Fertigung und Service“, „Datenschutz“, „Datensicherheit“

Basierend darauf wurden in weitere Folge Fachgespräche mit IKT Experten darüber geführt, inwieweit und welche konkreten IKT relevanten Herausforderungen bzw. IKT relevanten Forschungs- und Entwicklungsbedarfe (Stoßrichtungen) nun zu den operativen Zielsetzungen der oben genannten Leitprojekt-Themenkomplexen entscheidende Beiträge leisten können (IKT in der „Enablerfunktion“).

Neben einer Zuordnung dieser produktionsrelevanten IKT F&E-Bedarfe und Herausforderungen zu den IKT relevanten Leitprojektthemen aus dem Bereich der Produktion wurden diese gleichzeitig auch den vier spezifischen Themenfeldern der Regelausschreibung „IKT der Zukunft“, „Systems of Systems“, „Sichere Systeme“, „Intelligente Systeme“ und „Schnittstellen von Systemen“ zugeordnet (siehe Kapitel 4.11.2). Folglich wurde die Empfehlung für ein eigenes **IKT Leitprojektthema an der Schnittstelle zur Produktion** erarbeitet (Kapitel 4.11.3).

4.11.1 Kurzdarstellung der vier Themenfelder der Ausschreibung „IKT der Zukunft“ (2. Ausschreibung 2013)

Im Folgenden werden die vier Themenfelder entlang der Regelausschreibung „IKT der Zukunft“ aufgeführt:

Themenfeld A) Komplexe IKT-Lösungen beherrschen: Systems of Systems

„Systeme, die in der Lage sind, auch bei Störungen und Veränderungen der Umwelt ihre grundlegende Organisationsweise zu erhalten, anstatt in einen qualitativ anderen Systemzustand überzugehen, werden in zukünftigen technologischen Systemen eine große Rolle spielen.

Mit steigender Komplexität von Computersystemen steigt auch die Herausforderung, ihre Korrektheit (z.B. durch Verfahren des rigorous systems engineering) sicherzustellen. In solchen Systemen können durch die Interaktion zwischen Komponenten auf Systemebene neue, emergente Eigenschaften entstehen, die auf der Ebene der individuellen Komponenten nicht vorhanden sind.

Im Forschungsgebiet **rigorose Entwurfsmethoden** (rigorous systems engineering) geht es um die Erforschung neuartiger Methoden und Tools zu den Themen Fehlertoleranz, Verifikation, Validierung, formale Modellierung und formale Korrektheit.

Adaptive Systeme in Form komplexer Netzwerke aus verteilten Agenten sind in der Lage, sich an veränderte Bedingungen anzupassen. Die Kontrolle eines derartigen Systems ist dezentral und Entscheidungen bzw. Ergebnisse sind das Resultat einer Interaktion zwischen einzelnen Agenten. Hier ist auch die Schaffung von Architekturen angesprochen, die die Weiterentwicklung von bestehenden Systemen vereinfachen.

Für Aufgaben, bei denen menschlicher Einsatz aus Gründen des Risikos nicht möglich oder aus Gründen der anfallenden Kosten nicht sinnvoll ist, kommen autonome Systeme zum Einsatz. **Autonome Systeme** verfügen über ein Bild von sich und der Welt und sind in der Lage, Aufgaben selbstständig durchzuführen und ihr Verhalten während der Durchführung an unerwartete Situationen oder Ereignisse anzupassen.⁵⁷

Themenfeld B) Vertrauen rechtfertigen: Sichere Systeme

„Die fortschreitende Digitalisierung und die enge Vernetzung in Wirtschaft und Gesellschaft führen zu höherer Wertschöpfung, Wohlstand und höherem Lebensstandard, aber auch zu mehr Abhängigkeit von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Diese IKT-Lösungen können unmittelbar sichtbar werden, wenn IKT-Werkzeuge in Form von Soft- oder Hardware benutzt werden. Aber auch IKT-

57 FFG (2013), S. 6

gestützte Systeme, Mechanismen, Abläufe, Kommunikationswege und Vorgänge werden hier im Begriff IKT-System mit eingeschlossen. Die Abhängigkeit basiert auf einem Vertrauensvorschuss der Benutzerinnen und Benutzer an IKT-Werkzeuge, unabhängig davon, welche Rolle die IKT im konkreten Fall spielt. Dieses Vertrauen wird in diesem Rahmen unter dem Begriff „Trust“ (engl. Vertrauen) zusammengefasst. Vertrauenswürdige IKT-Werkzeuge haben folgende Eigenschaften:

Zuverlässigkeit: Das vorliegende System verhält sich für einen bestimmten Zweck in der vordefinierten Art und Weise und ist in der Lebensdauer angemessen lange funktionstüchtig bzw. aufrüstbar. Diese Merkmale werden unter dem Begriff Zuverlässigkeit zusammengefasst.

Security: Sowohl die Systeme zur Informationsverarbeitung als auch jene zur -weitergabe verhindern den unbefugten Zugriff dritter auf die Daten und die verwendeten Verarbeitungseinheiten und beinhalten somit den Schutz vor missbräuchlicher Verwendung der IKT-Werkzeuge unabhängig davon, ob es um die Daten oder die Funktionen der IKT-Werkzeuge geht. Für ein hohes Niveau an Sicherheit werden hardwareseitig Beiträge aus den Key Enabling Technologies erwartet.

Datenschutz/-sicherheit: Die personen- bzw. unternehmensbezogenen Daten des Einzelnen sind vor Missbrauch geschützt, was eine grobe Definition von Datenschutz darstellt. Die IKT-Werkzeuge sind so eingestellt, dass durch die Funktion kein Schadensfall entstehen kann, was einer Sicherung der durch IKT-Systeme erwünschten Wirkungen entspricht.“⁵⁸

Themenfeld C) Daten durchdringen: Intelligente Systeme

„Viele Faktoren, u.a. im Endnutzerebereich das starke Wachstum von Mobile Computing, social networks und kostengünstige digitale Foto- und Videokameras, sind Wegbereiter einer rasant wachsenden Menge an benutzergenerierten Daten. Zugleich werden mehr und mehr Daten automatisch generiert und ausgetauscht, wie zum Beispiel in Netzwerken aus Überwachungskameras oder anderen Sensoren oder überhaupt durch die Kommunikation zwischen Maschinen (M2M). Darüber hinaus werden vermehrt öffentliche Daten auch für die Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und aus den isolierten Datensilos befreit (Open Data).

Intelligentes Datenmanagement schlägt die Brücke von reinen Daten zu Information und Wissen. Im Vordergrund steht die Verknüpfung und Nutzbarmachung der vorhandenen und laufend neu hinzukommenden Daten. Diese Aufgabe geht über eine reine Suche weit hinaus – im Vordergrund steht die Realisierung innovativer Dienste und Anwendungen.

In Forschungsaktivitäten zu **Suche und Analyse** wird die Verarbeitung und Analyse von Daten in beliebiger Form (z.B. Bilder, Videos, Tondokumente, menschliche Sprache) behandelt. Herausforderungen sind auch Aggregation bzw. Fusion von multimodalen bzw. heterogenen Daten sowie neue, skalierbare Methoden zum Umgang mit Echtzeit-Datenströmen und Datenkomplexität.

Semantische Verarbeitung erweitert Daten um Struktur und ermöglicht das Verstehen und den Umgang mit strukturierten Daten auf vielfältige Weise. Diese Erweiterung der Daten um semantische Informationen führt zu inhaltlicher Erschließung und maschineller Verarbeitung.

Kognitive Systeme machen den nächsten Schritt: Sie modellieren menschliches Verständnis und menschlichen Intellekt und erforschen darauf aufbauend kognitive technische Systeme.“⁵⁹

⁵⁸ FFG (2013), S. 6 f.

⁵⁹ FFG (2013), S. 7 f.

Themenfeld D) Interoperabilität gewährleisten: Schnittstellen von Systemen

„Die fortschreitende Digitalisierung und die enge Vernetzung im Wirtschaftsleben führen zu höherer Wertschöpfung, Wohlstand und höherem Lebensstandard, aber auch zu mehr Abhängigkeit von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Diese IKT-Lösungen können unmittelbar sichtbar werden, wenn IKT-Werkzeuge in Form von Soft oder Hardware benutzt werden. Aber auch IKT-gestützte Systeme, Mechanismen, Abläufe und Vorgänge werden hier im Begriff IKT-System mit eingeschlossen. Für ein reibungsloses Funktionieren dieser Problemlösungen ist die Kommunikation und Vernetzbarkeit zwischen den Komponenten notwendig.

Die **Schnittstelle** ist der Teil eines Systems, der der Kommunikation dient. Diese Kommunikationswege beinhalten nicht nur die Schnittstellen zwischen Software oder Hardware untereinander, sondern auch miteinander und nicht nur für den jetzigen Zeitpunkt, sondern auch für zukünftige Kommunikationspartner. Um die Reibungsverluste zwischen einzelnen IKT-Komponenten gering zu halten, ist die sorgfältige Entwicklung und Auswahl von Schnittstellenkonzepten und **Technologien und Werkzeugen für Schnittstellen** unerlässlich. Neue Technologien können Verbesserungen des Informationsdurchsatzes ermöglichen, wobei neue Methoden des Schnittstellendesigns das flexible Zusammenspiel von Software und Hardware (Elektronik, Photonik) erlauben.

Für Benutzerinnen und Benutzer von IKT-Produkten stellt die **Kompatibilität** die Möglichkeit dar, die Produkte verschiedener Hersteller austauschen oder in Kombination verwenden zu können. So müssen zum Beispiel beim IKT-unterstützten Wohnen die verschiedenen IKT-Systeme in Haushalten bei steigender Automatisierung, Fernsteuerung und Autonomie richtig zusammenarbeiten. IKT gewinnt auch in der Gesundheitsversorgung bei der zentralen und dezentralen medizinischen Diagnostik in Form von verteilten Systemen stetig an Bedeutung. Dass dabei die Kommunikation und damit die Schnittstellen zwischen den Einzelsystemen richtig funktionieren müssen, ist unerlässlich. Auch die Kommunikation zwischen der IKT und dem Menschen rückt mehr in den Forschungsbereich der IKT. Standardisierung ist in diesem Zusammenhang vor allem volkswirtschaftlich wesentlich. Das Eingehen auf Standardisierung kann auf zwei Ebenen erfolgen: Einerseits durch die Erfüllung von Standards und andererseits durch die Vorgabe von Standards.“⁶⁰

4.11.2 Ergebnisse der Analyse und Expertenkonsultation

In Bezug auf das Thema „**Adaptive und flexible Produktion**“ zeigt sich aus IKT-Perspektive, dass für diesen Themenkomplex das Thema „**Intelligente Maschinen und Anlagen**“ nicht nur in enger Verbindung steht, sondern auch eine zentrale Enabler-Funktion einnimmt, um eine adaptive und flexible Produktion zu realisieren.

Ergänzend zu den in Kapitel 4.2 und in Kapitel 4.4 dargestellten Beschreibungen der Themenkomplexe, zeigen sich aus IKT-Sicht vor allem Forschungs- und Entwicklungsherausforderungen in den IKT Themenfeldern „Systems of Systems“, „Intelligente Systeme“ sowie „Schnittstellen von Systemen“.

Der spezifische Handlungsbedarf aus IKT-Perspektive liegt in der durchgängigen Verknüpfung von IKT-Lösungen mit Maschinen und Anlagen sowie in der gleichzeitigen simulationsgestützten Bewertung der Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten von adaptiven Produktionssystemen.

Der Themenkomplex „Intelligente Maschinen und Anlagen“ verlangt zudem nach IKT Methoden zur Realisierung lernfähiger Systeme. Solche Methoden sollen auf Basis von Erfahrungen und Fallbeispielen, in Form von aggregierten Daten, statistische Modelle bilden um mögliche zukünftige Zustände zu prognostizieren und somit auch auf komplexe Problemstellungen entsprechend reagieren zu können. Des Weiteren sollen adaptive Lernverfahren eine kontinuierliche Anpassung der Prognosemodelle an sich verändernde Umgebungsvariablen ermöglichen. Zusammenhänge in Produktionssystemen und -netzwerken sollen mittels Netzwerkanalyseverfahren quantifiziert und in maschinellen Lernverfahren berücksichtigt werden.

60 FFG (2013), S. 8

- **Folgende spezifische IKT F&E Stoßrichtungen wurden dabei bspw. identifiziert:**
 - Entwicklung von Prognoseverfahren
 - Adaptive Systeme (Architekturen zur Weiterentwicklung komplexer, selbststeuernder Netzwerke)
 - Tools zur gleichzeitigen Simulation von Hardware- und Softwarekomponenten, die in ein umfassendes Produktionssystem integriert sind
 - Domänenübergreifende Schnittstellen, Datenaustauschstandards und Protokolle
 - Entwicklung von Lernfähigen Systemen

Ergänzend zu den in Kapitel 4.3 dargestellten Beschreibungen des Themenkomplexes „**Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung**“ zeigt sich vor allem ein IKT Forschungs- und Entwicklungsbedarf innerhalb des IKT Themenfeldes „Systems of Systems“.

Der zentrale Handlungsbedarf liegt darin, eine zurzeit sehr differenzierte IKT-Tool-Landschaft zu orchestrieren. Zukünftige Tools müssen mit unterschiedlichen Systemen interagieren und mit domänenspezifischen Datenmodellen arbeiten können; mehrere Tools wiederum auch mit einander interagieren können und ein aktives Änderungsmanagement ermöglichen. Um Adaptivität und Flexibilität in der Produktion (vgl. oben) zu erzielen, müssen diese Tools auch in der Lage sein, die reale Prozessentstehung zu unterstützen bzw. mit dieser zu interagieren.

- **Folgende spezifische IKT F&E Stoßrichtungen wurden dabei bspw. identifiziert:**
 - Werkzeuge zur integrierten Produkt- und Prozessentwicklung sowie Prozessentstehung
 - Modellierung und Evaluierung von autarken Verhaltensstrukturen
 - Erweiterte Planungsmodelle zur Entwicklung von Produkten und Produktionssystemen, insbesondere von Cyber-physischen Systemen

Ergänzend zu den in Kapitel 4.7 dargestellten Beschreibungen des Themenkomplexes „**Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette**“ zeigt sich vor allem ein IKT Forschungs- und Entwicklungsbedarf innerhalb der IKT Themenfelder „Intelligente Systeme“ und „Schnittstellen von Systemen“.

Der zentrale Handlungsbedarf besteht darin, der Unternehmensplanung IKT-Tools zur Verfügung zu stellen, die einen permanenten Zugriff auf die zunehmend automatisierten Prozessschritte in der Produktion gewährleisten. Dabei sind es vor allem „**Internetbasierte Dienstleistungen**“ die dazu geeignet sind, einen dauerhaften IKT-Zugriff entlang der Wertschöpfungskette zu realisieren.

- **Folgende spezifische IKT F&E Stoßrichtungen wurden dabei bspw. identifiziert:**
 - Maschinelles bzw. automatischer Zugriff von IKT-Tools und IKT-Dienstleistungen entlang der Wertschöpfungskette
 - Cloud Computing und Cloud Manufacturing Lösungen
 - Sicherheitslösungen für durchgängige, standardisierte Betriebsplattformen für die Industrie

Ergänzend zu den in Kapitel 4.9 dargestellten Beschreibungen des Themenkomplexes „**Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschinen Kooperation**“ zeigt sich vor allem ein IKT Forschungs- und Entwicklungsbedarf innerhalb des IKT Themenfeldes „Intelligente Systeme“.

Die zentrale Herausforderung liegt dabei in der Visualisierung von menschlichem und maschinellen Kooperationsverhalten.

- **Folgende spezifische IKT F&E Stoßrichtungen wurden dabei bspw. identifiziert:**
 - Einheitliche Lösungen für die Digitalisierung und Visualisierung von Daten

- Interaktive Visualisierungslösungen für große Datenmengen bzw. komplexe Datenstrukturen
- 3D-Erfassung: Computer Vision
- Echtzeitfähige Aufbereitung von Daten und Informationen zur Entscheidungsunterstützung
- Interaction Design für cyberphysische Arbeitssysteme

Vor dem Hintergrund der produktionstechnischen Notwendigkeit einer kontinuierlich steigenden Vernetzung der physikalischen, sozialen und virtuellen Produktionswelten mit dem Ziel einer intelligenten Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien („Industrie 4.0“), kommt dem Thema „**Datenmanagement**“ (Datenanalyseverfahren, Datenerfassung, -verarbeitung, -sicherheit) eine zunehmende Bedeutung zu. Insbesondere wurden Aspekte der gezielten Aggregation und Aufbereitung, der automatisierten Erkennung/Dedektion der Semantik von Entitäten in Rohdaten, sowie von Daten aus heterogenen Datenquellen sowie Risiken und Datensicherheit genannt. Es zeigte sich vor allem ein IKT-Forschungs- und Entwicklungsbedarf innerhalb des IKT-Themenfeldes „Intelligente Systeme“.

Der zentrale Handlungsbedarf besteht u.a. darin, aus einer Vielzahl unterschiedlicher Produktionsdaten die relevanten und richtigen Daten, an der richtigen Stelle, zur richtigen Zeit, in der richtigen Qualität zur Verfügung zu haben, um der Entscheidungsunterstützung und -findung auf allen unternehmerischen Hierarchieebenen zu dienen.

Die von Prozessen, Produkten, Maschinen und Anlagen in der Produktion erzeugen Datenströme, die in Summe zu großen Datenvolumina führen und mit klassischen IKT Ansätzen nur bedingt verarbeitet und ausgewertet werden können, stellen eine weitere Herausforderung dar. Um die Entwicklung neuartiger IKT Anwendungen für die Produktion zu ermöglichen, werden deshalb neue Datenverarbeitungsansätze benötigt, die horizontal skalieren und Datenströme in Echtzeit verarbeiten können. Darauf aufbauende Datenanalyse- und visualisierungsverfahren sollen die Durchdringung großer Datenvolumina ermöglichen.

▪ **Folgende spezifische IKT F&E Stoßrichtungen wurden dabei bspw. identifiziert:**

- Data Mining
- Verarbeitung großer Datenvolumina
- Horizontal skalierbare Datenverarbeitungsinfrastrukturen und Analyseverfahren in der Produktion
- Visual Analysis
- Adaptive maschinelle Lern- und Prognoseverfahren
- Quantitative Netzwerkanalyseverfahren (Netzwerkextraktion, Metriken/Kennzahlen, skalierbare Verfahren)

Aus den oben angeführten und beschriebenen Ergebnissen wird ersichtlich, dass Forschungs- und Entwicklungsthemen der IKT eine wesentliche Treiberrolle einnehmen können und übergreifende Bedeutung bei der Umsetzung der folgenden Leitprojekt-Themenkomplexe haben:

- (1) „Adaptive und flexible Produktion“
- (2) „Intelligente Maschinen und Anlagen“
- (3) „Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung“
- (4) „Integration von IKT-Lösungen entlang der Wertschöpfungskette“
- (5) „Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschinen-Kooperation“
- (6) „Datenmanagement“ (Datenanalyseverfahren, Datenerfassung, -verarbeitung, -sicherheit)

Grundsätzlich könnten diese sechs Themenkomplexe auch als Leitprojektthemen aus IKT der Zukunft an der Schnittstelle zur Produktion fungieren.

Die größte Eignung weisen aus Sicht der Autoren die Themen-(2) „Intelligente Maschinen und Anlagen“, (5) „Assistenzsysteme im Kontext der Mensch-Maschinen-Kooperation“ und (6) „Datenmanagement“ auf.

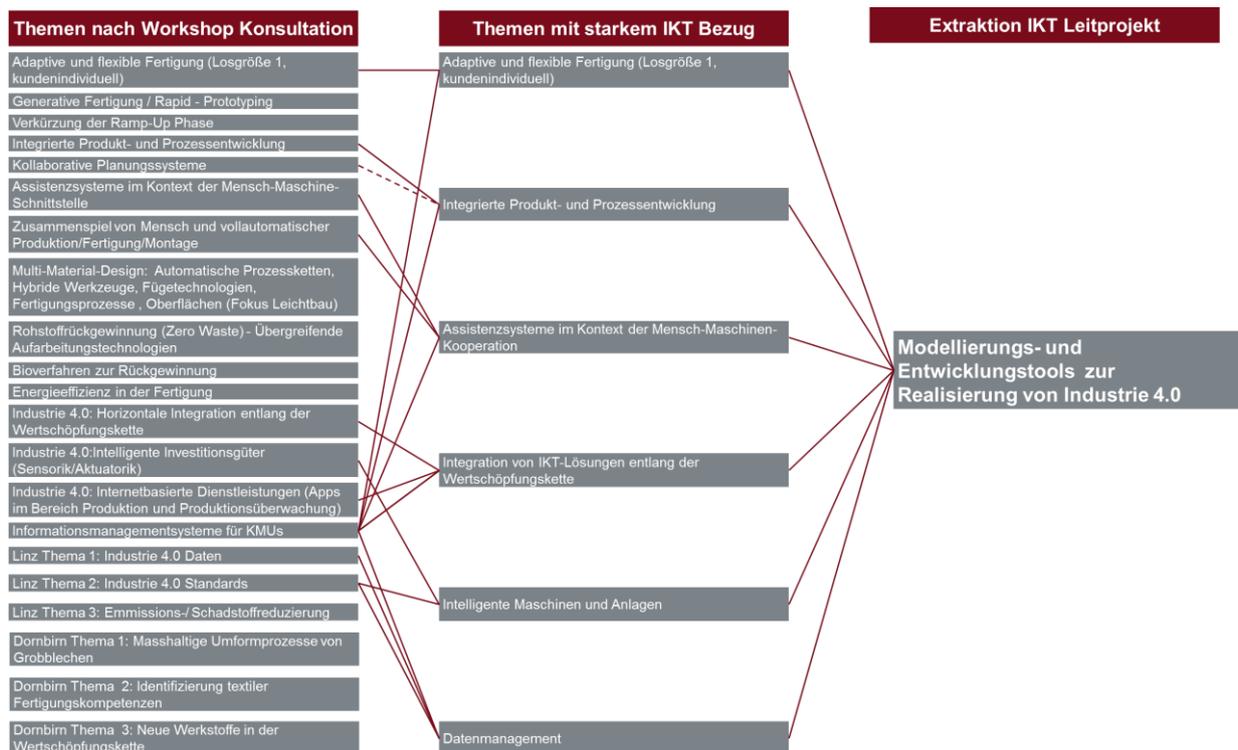
4.12 Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0

Empfehlung für ein Leitprojektthema an der Schnittstelle von IKT zur Produktion:

„Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0“ Ergänzend zu den bereits in Kapitel 4.11 beschriebenen IKT-Themen, lassen sich gemeinsame IKT-Aspekte identifizieren, die sich in den Konzepten bzw. unter dem Klammerbegriff der „Cyber-Physikalischen Systeme“ (CPS) subsummieren lassen.

An der Schnittstelle von IKT zur Produktion wird daher aus den oben betrachteten Themenkomplexen der übergreifende Themenkomplex „Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0“ als IKT Leitprojektthema extrahiert und empfohlen.

Abbildung 10: Extraktion des Themenkomplexes „Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0“



Der Themenkomplex „Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0“ adressiert dabei zentrale operative Zielsetzungen aus dem Bereich der Produktion, welche im Rahmen der IKT relevanten Leitprojektthemen von Experten aus der Produktions- und IKT-Forschung sowie von Industriebetrieben genannt wurden. Die konkreten Zielsetzungen dabei sind:

- Integration unterschiedlicher Disziplinen und Schaffung gemeinsamer Modellierungs- und Entwicklungswerkzeuge
- Reduktion der Durchlaufzeiten von Entwicklungs- und Produktionsplanung zu schnelleren Bereitstellung bzw. Anpassung von Produkten
- Beitrag um Produktions- und Logistikprozesse kostengünstiger, flexibler und produktiver sowie energie- und ressourceneffizienter weiterzuentwickeln
- Intelligenter Umgang mit großen Datenmengen der Produktion zur schnelleren und genaueren Planung und Entscheidungsfindung

▪ Potentialabschätzung:

Die Realisierung von Cyber-Physikalische-Produktionssysteme ist ein hoch komplexes Vorhaben, welches sich, wie dargestellt, auf überlappende Handlungsfelder erstreckt. Industrie 4.0 adressiert in erster Linie ca. 25.000 Unternehmen in Österreich, die sich auf die Herstellung von Waren fokussieren. Da Industrie 4.0 jedoch in einem Gesamtsystems von intelligenten Produkten, vernetzten Fabriken, Kunden, Lieferanten und Schnittstellen zu „Smart Mobility“, „Smart Logistics“, „Smart Grid“ und „Smart Buildings“ integriert ist, nimmt das Thema Industrie 4.0 auf ca. 300.000 österreichische Unternehmen Einfluss, mit einer jahresdurchschnittlichen Gesamtbeschäftigung von ca. 2,6 Mio. Menschen, die einen Umsatzerlös von ca. 650 Mrd. Euro erwirtschaften (Leistungs- und Strukturstatistik, 2012).⁶¹ Das Thema Industrie 4.0 ist eines der dominierenden Themen der Jahre 2013 und 2014 im Kontext der Zukunft der produzierenden Industrie. Der dargestellte Themenkomplex „Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0“ ist einer der zentralen Aspekte, bei denen die IKT einen maßgeblichen Beitrag zur Realisierung der Industrie 4.0 leistet. Zudem fokussiert das Thema bis zu 17.662 österreichische Unternehmen in dem Bereich der Informations- und Kommunikationsbranche mit etwa 102.623 Beschäftigten.

Der Mehrwert von Leitprojekten in diesem Themenbereich liegt somit vor allem in einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Produktionsunternehmen und eine Wertschöpfungssteigerung der anbietenden Informations- und Kommunikationsunternehmen. Hierbei ist ein Fokus auf die österreichische KMU-Landschaft zu legen, wobei es insbesondere Lösungen bedarf, welche kostengünstig und innerhalb der nächsten Jahre zur Anwendung gebracht werden können.

Erfolgreiche Leitprojekte können es somit ermöglichen, Cyber-Physikalische-Produktionssysteme zu realisieren und einen wesentlichen Beitrag zu dem Konzept der „Industrie 4.0“⁶² zu liefern.

Die Empfehlung des Themenkomplexes „Modellierungs- und Entwicklungstools zur Realisierung von Industrie 4.0“ beruht neben diesen Erkenntnissen vor allem auch darauf auf, dass das Thema eine direkte Enabler-Funktion für die oben dargestellten sechs produktionsorientierten Themenkomplexe mit IKT-Bezug und deren Potentiale hat.

▪ Definition

Cyber-Physikalische Systeme (CPS) stellen die Basis von Industrie 4.0 dar. Sie schlagen die Brücke zwischen der physikalischen und der digitalen Welt. Sie umfassen eingebettete Systeme, Produktions-, Logistik-, Engineering-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken.

Unter CPS sind offene soziotechnische Systeme zu verstehen, welche sich durch eine hochgradige Vernetzung der physikalischen, sozialen und virtuellen Welt sowie durch die intelligente Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien charakterisieren und den Herausforderungen steigender Komplexität der Systemkonstruktion innerhalb eines komplexen und dynamischen Umfeldes entgegen.⁶³ Unter einem Cyber-Physikalischen Produktionssystem (CPPS) ist die Anwendung von Cyber Physikalischen Systemen in der produzierenden Industrie und die Befähigung zur durchgängigen Betrachtung von Produkt, Produktionsmittel und Produktionssystem unter Berücksichtigung sich ändernder Prozesse zu verstehen.⁶⁴ Die Funktionen von CPS werden durch Programme in Form von Firmware oder Software umgesetzt, wobei sie unterschiedlich räumlich verteilt und zusammengesetzt sein können.

⁶¹ Quelle: Statistik Austria: Leistungs- und Strukturdaten, Online. Eingesehen am 16.06.2014

⁶² Acatech (2013)

⁶³ vgl. Geisberger, E., Broy, M. (2012)

⁶⁴ vgl. Plattform Industrie 4.0 (2014b)

Zur Realisierung CPPS ist die Entwicklung und technische Realisierung einer Architektur notwendig, in welcher die Mechanismen und Funktionen von CPPS festgelegt werden.

▪ **Handlungsbedarf:**

Der Handlungsbedarf fokussiert sich entlang der Funktionsrealisierung von CPPS, wie Datenübernahme, -verarbeitung und -verwaltung, Erstellung und Bearbeitung von Modellen, Programmen und Datensätzen im Zusammenhang mit Produkten, Produktion und After Sales, Simulation, Überwachung und Monitoring, Visualisierung, Analyse und Auswertung sowie Regelung und Maßnahmeneinleitung durch entsprechende Entscheidungslogiken, wodurch ein wesentlicher Beitrag zur Realisierung von Industrie 4.0 zu leisten ist. Durch die Schaffung ganzheitlicher Modellierungs- und Entwicklungswerkzeuge soll die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Disziplinen und Systemen erhöht und die Gesamtproduktivität gesteigert werden.

Mit diesem Handlungsbedarf sind auch die beispielhaft angeführten IKT F&E Stoßrichtungen eng verbunden.

▪ **Stoßrichtungen (nicht erschöpfend):**

Zur Zielerreichung werden aufbauend auf den oben identifizierten Erkenntnissen folgende Stoßrichtungen bzw. F&E Themen an der Schnittstelle von IKT zur Produktion – IKT als Enabler für Produktion – empfohlen:

- Entwicklung von Softwarewerkzeugen für die Strukturierung, Entwicklung, Integration und den Betrieb der für Industrie 4.0 relevanten Informations- und Produktionssystemen sowie zur Verfügung Stellung in Form von Software-Applikationen und Software-Services
- Tools zur gleichzeitigen Simulation von Hardware- und Softwarekomponenten, die in ein umfassendes Produktionssystem integriert sind
- Werkzeuge zur integrierten Produkt- und Prozessentwicklung sowie Prozessentstehung
- Modellierung, Simulation und Evaluierung von autarken Verhaltensstrukturen
- Einheitliche Lösungen für die Digitalisierung, Visualisierung und Analyse von Daten
- Echtzeitfähige Aufbereitung von Daten und Informationen zur Entscheidungsunterstützung und Verbesserung der Planungsgenauigkeit
- Maschinelle, echtzeitfähige und horizontal skalierbare Lern- und Prognoseverfahren

5 Anhang

5.1 Bibliometrie: Analyisierte Fachjournale

5.1.1 Suchstrategien zur Identifikation von Themen

Die Definition der zu analysierenden Journale wurde im Projektteam festgelegt. Im zweiten Schritt wurde nach Rücksprache mit dem Auftraggeber und nach Angaben der Interviewpartner die Suchstrategie erweitert und eine neue Suche und Analyse vorgenommen. Es wurde aufgrund des sehr komplexen Themas „Produktion“ von einer reinen Stichwortsuche abgesehen, die zu vielschichtig gewesen wäre und trotzdem potentielle Lücken aufgewiesen hätte. Daher wurden die wichtigsten Publikationsmedien untersucht und die dort adressierten Themen identifiziert. Die Einschränkungen in der Suchstrategie ergeben sich aufgrund der mit 15.000 beschränkten möglichen Datenmenge für die Software, es wurden daher in der zweiten Suche lediglich die Publikationen der letzten beiden Jahre in Betracht gezogen. Diese bilden auch den aktuellsten Stand der Forschung ab. Die beiden Suchstrategien sind im Anschluss beschrieben. Die Hauptthemen wurden inhaltlich gruppiert und flossen in Arbeitspaket 2 ein, der Bewertung potentieller Themenfelder für zukünftige Leitprojekte.

Suchstrategie 1:

Tabelle 1: Journale für Bibliometrische Analyse, ausgewählt nach hohem Impact Factor und hoher thematischer Relevanz

Journal Name	Impact factor	5-year Impact factor
Annals of operations research	1,029	1,243
Journal of manufacturing systems	1,070	1,072
International journal of advanced manufacturing technology	1,205	1,423
International journal of industrial ergonomics	1,208	1,399
Robotics and computer integrated manufacturing	1,230	1,765
Journal of intelligent manufacturing	1,278	2,162
IIE transactions	1,287	1,647
Production and operations management	1,315	2,316
International journal of production research	1,460	1,733
International journal of precision engineering and manufacturing	1,585	1,384
European journal of industrial engineering	1,596	1,390
Industrial management data systems	1,674	1,650
International journal of production economics	2,081	2,594
CIRP annals manufacturing technology	2,251	2,659
Composites part a applied science and manufacturing	2,744	3,453
Journal of cleaner production	3,398	3,587

Einschränkungen der Suchstrategie 1

- Zeitraum 2009-2013 (Abfragedatum 22.11.2013)
- Länder: ausgeschlossen wurden Cyprus, Bosnia Hercegovina, Bulgaria, Byelarus, Ukraine, Venezuela, Luxembourg, Uruguay, Fiji, Morocco, Ecuador, Latvia, Sri Lanka, Brunei, Costa Rica, Peru, Tanzania, Bahrain, Honduras, Argentina, Iraq, Algeria, Azerbaijan, Slovakia,

Burkina Faso, Vietnam, Cameroon, Bangladesh, Congo, Iceland, Jamaica, Lebanon, Kazakhstan, Kuwait, Lithuania, Oman, Macedonia, Philippines, Madagascar, Croatia, Montenegro, Cuba, Nepal, Nigeria, Syria, Qatar, Trinidad Tobago

- Es wurden lediglich „Publications , conference Papers und Reviews“ analysiert: ausgeschlossen wurden Editorial Material, Correction, Letter, Biographical Item, Book Reviews
- Keine Papers mit der Web of Science Category “Social Sciences” and “Mathematical Methods”

Summe: 14.897 papers von 2009-2013, identifiziert wurden 61 Einzelthemen

Suchstrategie 2

Journale für Bibliometrische Analyse, nach Vorschlägen durch Interviewpartner und Auftraggeber

- Advanced engineering informatics
- Applied ergonomics
- CIRP annals manufacturing technology
- Computer aided design
- Computers in industry
- Computers industrial engineering
- Control engineering practice
- Control engineering practice
- Ergonomics
- European journal of industrial engineering
- Flexible services and manufacturing journal
- IEEE transactions on components PACKAGING and manufacturing technology
- IEEE transactions on control systems technology
- IEEE transactions on engineering management
- IEEE transactions on industrial informatics
- International journal of advanced manufacturing technology
- International journal of computer integrated manufacturing
- International journal of greenhouse gas control
- International journal of industrial ergonomics
- International journal of machine tools manufacture
- International journal of operations production management
- International journal of physical distribution logistics management
- International journal of precision engineering and manufacturing
- International journal of production economics
- International journal of production research
- Journal of construction engineering and management ASCE
- Journal of intelligent manufacturing
- Journal of management in engineering
- Journal of manufacturing science and engineering transactions of the ASME
- Journal of operations management
- Journal of process control
- Journal of scheduling
- Machining science and technology
- Materials & design
- Materials and manufacturing processes
- Mechanism and machine theory
- Probability in the engineering and informational sciences
- Proceedings of the institution of mechanical engineers part b journal of engineering manufacture
- Production and operations management
- Production planning control
- Quality engineering
- Research in engineering design
- Research technology management
- Robotics and computer integrated manufacturing
- Robotics and computer integrated manufacturing

Einschränkungen der Suchstrategie 2

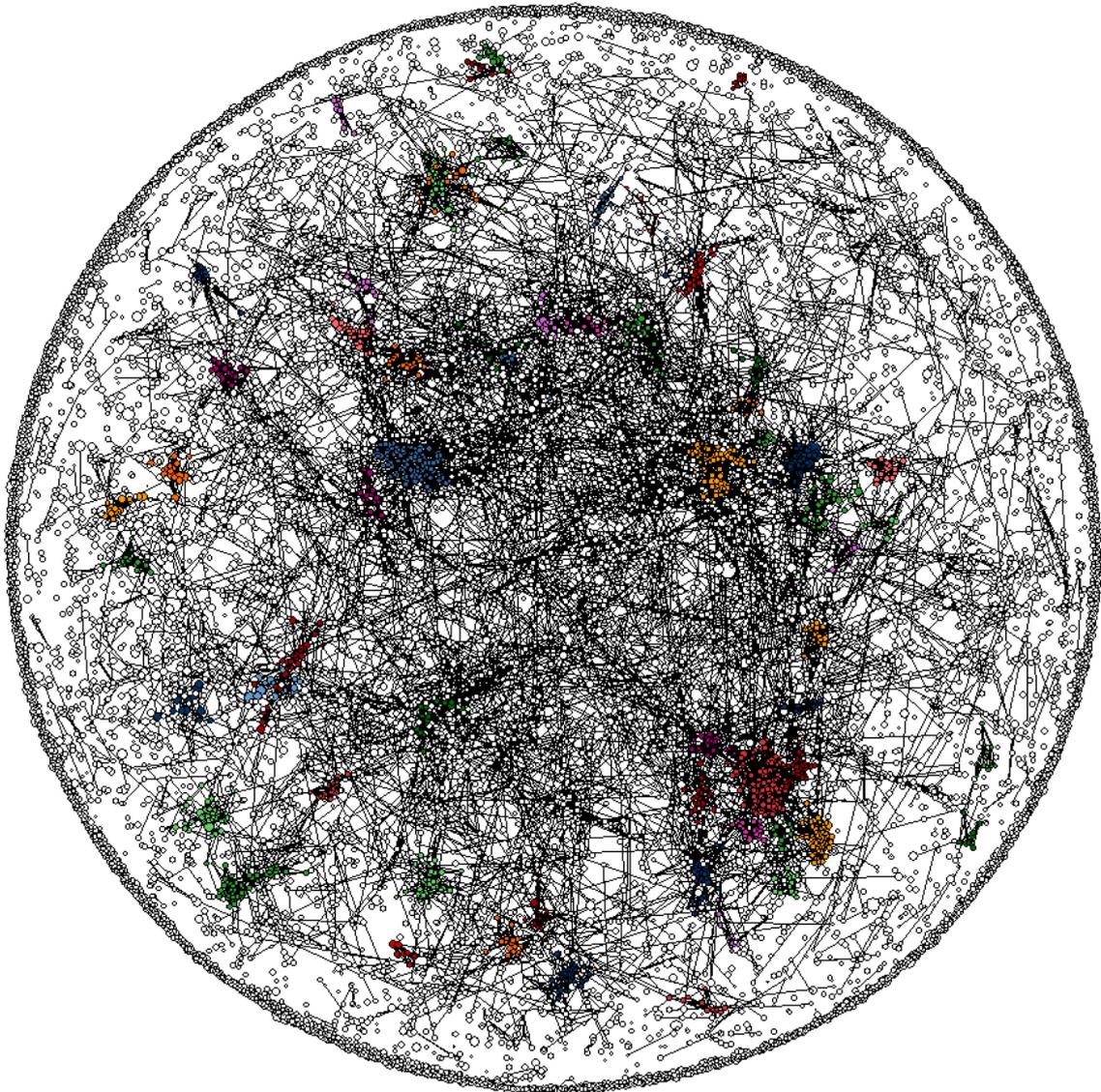
- Zeitraum 2012-2014 (Abfragedatum 27.01.2014)

Summe: 14,746 Papers in den letzten beiden Jahren, identifiziert wurden 60 Einzelthemen

Nach Strukturierung der Daten wurden diese mittels der am AIT entwickelten Software BibTechMon™ analysiert. Diese Software basiert auf der sogenannten Co-Objekt Analyse. Im Fall der hier analysierten Forschungsfronten ist ein Objekt ein in einem Journal erschienener Artikel oder ein Konferenzbeitrag. Die einzelnen Knoten sind ein Paper, die Größe des Knotens ist ein Maß für die Anzahl der Referenzen, die in diesem Paper zitiert werden. Die Knoten sind verknüpft über ihre Referenzen, also die sogenannte Wissensbasis. Je mehr Referenzen zwei Papers gemeinsam haben desto stärker sind ihre Anziehung zu einander und die Linie, die sie verbindet. Sie liegen dann im Netzwerk sehr nah beisammen und bilden gemeinsam mit andern ähnlich verwandten Papers einen „Cluster“. Diese Cluster werden in einer zweidimensionalen Grafik identifiziert und Themen extrahiert. Die dreidimensionale Grafik zeigt an, wie viele Papers jeweils in einem Cluster liegen. Je höher die „Berge“ sind, desto mehr Papers liegen in diesem Cluster, desto mehr wird also in diesem Bereich in den analysierten Journalen publiziert.

Ziel war die Identifikation von Themen, die in der Community stark diskutiert werden. Daher wurden nur klar zu identifizierende Cluster mit starken Vernetzungen als Themen benannt, weiße Kreise zeigen wenig Vernetzung, beschäftigen sich unter Umständen mit Einzelthemen. Vor allem am äußeren Rand liegende Papers zeigen keine Vernetzung zu anderen Papers. Abbildung 9 zeigt die zweidimensionale Auswertung der ersten Suchstrategie, die dreidimensionalen Darstellungen sind in Kapitel 3.1 zu finden.

Abbildung 11: Forschungsfronten in der Produktionsforschung analysiert mit BibTechMon™,



Identifizierte Themen sind farbig dargestellt. Ein Knoten bedeutet ein Paper, die Größe der Knoten ist ein Maß für die Zahl an im Paper zitierten Referenzen, die Verbindungslinien geben an, wie und ob ein Paper mit anderen vernetzt ist, angezeigt sind lediglich die stärksten 14.000 Verbindungen.

5.1.2 Identifizierte Einzelthemen der Suchstrategie 1 in alphabetischer Reihenfolge

- Agile manufacturing, modelling, CAD, performance
- Assembly line sequencing problem
- Assembly sequence planning
- Autonomous Vehicle Storage and Retrieval
- Bullwhip effect in supply chains
- Carbon nanotube in alloys, AI
- Cellular manufacturing
- CNC machine tool, Thermal error modeling
- Composite manufacturing

- Cyclic robotic cell scheduling
- Data driven bottleneck detection, Maintenance
- Deadlock prevention in Flexible Manufacturing Systems
- Economic-order-quantity EOQ-based model
- Environmental Management Systems, ISO 14001
- Exponentially Weighted Moving Average EWMA controllers in semiconductor manufacturing
- Facility layout problems, simulations, algorithms for optimization
- Finite Buffer in Manufacturing Flow Lines
- Flow Shop Scheduling Problem (different Subtopics)
- Forecasting and stock control
- Forming process for steel, metal, polycarbonate
- Green Supply Chain Management
- Hot stamping of steel and alloys
- Industrial symbiosis, eco-industrial park, sustainability
- Integrated vendor-buyer inventory model
- Interlaminar fracture analysis of composites
- Inventory rationing, ordering and rationing decisions
- Job cycle time estimation, scheduling in semiconductor, wafer manufacturing
- Linear, nonlinear profiles in quality control, phase I and II
- Lot scheduling cross docking systems
- Lot scheduling problem
- Lot sizing and scheduling problem
- Make-to-order and make-to-stock policies
- Manufacturing processes, electric discharge machining EDM
- Micro electrochemical machining
- Micromechanical micro milling machining or ductile regime machining
- Multi-response optimization, coating, metallurgy, Taguchi method
- NURBS interpolator for CNC Computer Numerical Control
- Preventive maintenance
- Product service systems
- Production planning of mixed model assembly lines
- Production process controlled by Kanban and CONWIP
- Resin transfer molding, process monitoring, glass fiber, composites manufacturing
- Standardized management systems implementation, ISO 9001, empirical study
- Statistical process control, neural networks
- Statistical process control, quality control, Economic design of different control chart
- Strategic trade-offs in manufacturing
- Supplier selection - multi-criteria decision making - data envelopment analysis
- Supply Chain Management and fresh perishable goods
- System reliability of a manufacturing network
- Theory of Constraints
- Tool path planning for -axis flank milling of ruled surfaces
- Warehouse Design and Storage Systems
- Workload control for job shops

5.1.3 Identifizierte Einzelthemen der Suchstrategie 2 in alphabetischer Reihenfolge

- Assembly line balancing
- Assembly sequence planning and assembly line balancing optimization
- Automated storage and retrieval systems
- Bonding of titanium to copper or stainless steel

- Bullwhip effect in supply chains
- Chemical looping combustion of coal
- Closed loop supply chain remanufacturing
- CO₂ capture
- Control chart for monitoring process
- Control for batch processes and D controller
- Coordination of supply chains
- Cyclic Flowshop Scheduling
- Cyclic staff scheduling work shifts
- Dead time compensator for stable processes
- Design structure matrix DSM change management
- Design-Build Request for Proposals
- Electrical discharge machining EDM
- Electrochemical micromachining
- Error modelling for machine tool
- Facility layout problem: dynamic, robust, multi floor
- Flexible job shop scheduling
- Flexible manufacture systems
- Flow behavior of steel or alloys during hot deformation
- Flow shop scheduling
- Friction stir welding aluminum alloys
- Fuzzy concepts and data envelopment analysis
- Geopolymer concrete
- Green sustainable supply chain management
- Hardened Steel nanostructure analysis
- Incremental Sheet Forming
- Interpolator for CNC machining
- Interpolator for CNC machining)
- Investigation of Grinding Characteristic alloys
- Lead free solder alloys
- Lean production systems
- Machinability and wear prediction of Ti alloys
- Magnetic Abrasive Finishing
- Magnetorheological finishing process
- Materials selection for different applications
- Micro forming, Sheet metal, Wafer fabrication
- Milling stability of alloys
- Multi axis machine tools
- Multivariate quality control problem
- Natural fibers and composites
- Optimization problems in the manufacturing area
- Planning for container terminals
- Production planning and order systems
- Profile monitoring quality control
- Rotary ultrasonic milling
- Scheduling problems
- Scheduling truck and hub sequencing
- Sheet metal forming
- Single machine scheduling jobs
- Supplier evaluation and selection
- Supply chain integration and performance

- Supply chain management trade offs integration
- Vendor-buyer cooperative inventory model
- Wear characteristics of alloys
- Workability and strain hardening of composites
- Workload Control and Order Release

5.2 EU Projekte im 7. Rahmenprogramm zu „Industrial Manufacture“

Titel der F&E Projekte entnommen aus der EUPRO Datenbank. Die Datenbank EUPRO ist eine Datenbank, die umfassende, systematische und bereinigte Informationen zu den über 60.000 Forschungsprojekten (Titel, Inhalt, Laufzeit, Kosten, etc.) und ihren Teilnehmern (Name, Organisationstyp, Standort, Kontaktperson, etc.) vom ersten bis zum siebten EU-Rahmenprogramm basierend auf den öffentlich zugänglichen CORDIS-Daten enthält. Abfrage im 7. Rahmenprogramm NMP und ICT nach Keywords „Manufactur*“ und „Production“ in Titel, Kurzbeschreibung, Keywords, Programmschlagwörtern

- Engineered self-organized multi-component structures with novel controllable electromagnetic functionalities
- Radiochemistry on chip
- Plug-in Adaptronic Modules for real-time errors (thermal & vibration) compensation and superfine positioning in reconfigurable high precision machine tools
- Integrated synthesis and purification of single enantiomers
- Bottom-up resolution of functional enantiomers from self-organised mono-layers
- Bio-inspired self-assembled nano-enabled surfaces
- Multi-functional analytical focused ion beam tool for nanotechnology
- Equipment and methodology for multi-dimensional scanning probe microscopy
- Development of a clean and energy self-sustained building in the vision of integrating H2 economy with renewable energy sources
- A web-based repository of nanoscience and nanotechnology publications, database of researchers and online forum, to inform and facilitate networking between EU and ICPC RTD
- European observatory for science-based and economic expert analysis of nanotechnologies, cognisant of barriers and risks, to engage with relevant stakeholders regarding benefits and opportunities
- Combined SIMS-SFM Instrument for the 3-dimensional chemical analysis of nanostructures
- Toolbox for directed and controlled self-assembly of nano-colloids
- Continuous Annular Electro-Chromatography
- Production Dependent Adaptive Machine Tool
- Development of a rapid configuration system for textile production machinery based on the physical behaviour simulation of precision textile structures
- Self reconfigurable intelligent swarm fixtures
- Adaptive Control for Metal Cutting
- Design and development of an innovative ecoefficient low-substrate flexible paper packaging from renewable resources to replace petroleum based barrier films
- Micro fabrication production technology for MEMS on new emerging smart textiles/flexibles
- Novel approaches for the development of customized skin treatments and services (test case: dead sea minerals and conventional drugs)
- Development of new agrotexiles from renewable resources and with a tailored biodegradability
- Rolled multi material layered 3D shaping technology
- Flexible production technologies and equipment based on atmospheric pressure plasma processing for 3D nano structured surfaces
- Nanopatterning, production and applications based on nanoimprinting lithography
- Aligned natural fibres and textiles for use in structural composite applications
- Development of sustainable composite materials
- Complex structural and multifunctional parts from enhanced wood-based composites - eWPC

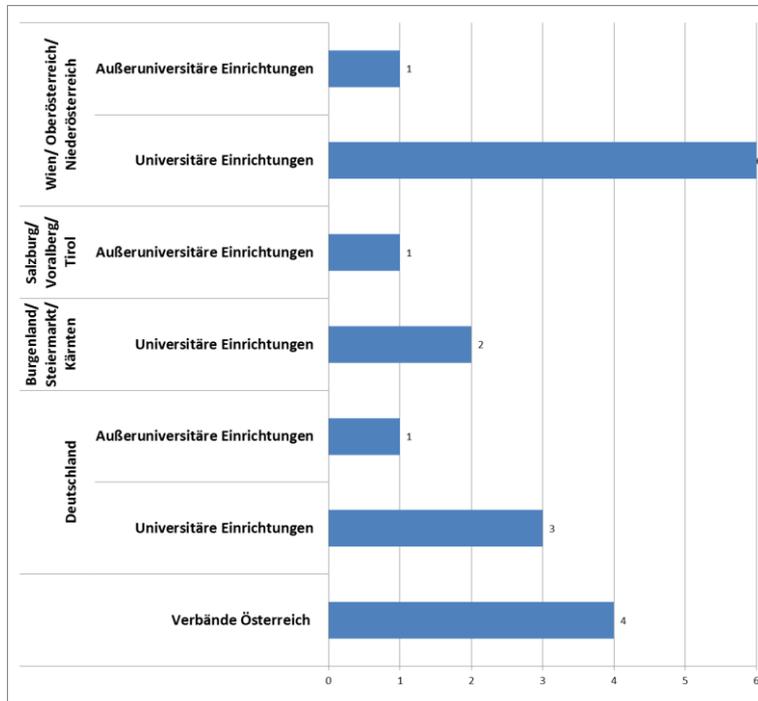
- Novel temperature regulating fibres and garments
- Innovative advanced wood-based composite materials and components
- Business models for user centred products
- Consumer open innovation and open manufacturing interaction for individual garments
- Single molecule workstation
- Flexible patterning of complex micro structures using adaptive embossing technology
- Process intensification methodologies for liquid-liquid systems in structured equipment
- Early recognition, monitoring and integrated management of emerging, new technology related risks
- CompoLight: rapid manufacturing of lightweight metal components
- Step up in polymer based RM processes
- Lean product and process development
- Multi-level protection of materials for vehicles by smart nanocontainers
- Intelligent manufacture from powder by advanced laser assimilation
- Future industrial model for SMEs
- Development of photovoltaic textiles based on novel fibres
- Multi-scale formation of functional nanocrystal-molecule assemblies and architectures
- Strengthening the industries competitive position by the development of a logistical and technological system for spare parts that is based on on-demand production
- New production technologies of complex 3D Micro-devices through multiprocess integration of ultra precision engineering techniques
- Customised Wearable Functionality and Eco-Materials Extending the limits of Apparel Mass customisation
- Modelling of interface evolution in advanced welding
- Self-learning control system for freeform milling with high energy fluid jets
- Converging technologies for micro systems manufacturing
- Integrated european industrial risk reduction system
- Multi-scale modelling of interfacial phenomena in acrylic adhesives undergoing deformation
- Self-learning sheet metal forming system
- Adhesion and cohesion at interfaces in high performance glassy systems
- A Process chain and equipment for volume production of polymeric microtubular components for medical device applications
- Framework of integrated technologies for user centred products
- Modelling of electronic processes at interfaces in organic-based electronic devices
- High-throughput production platform for the manufacture of light emitting components
- Ankle and foot orthotic personalisation via rapid manufacturing
- Special shoes movement
- Fast ramp-up and adaptive manufacturing environment
- Engineering exotic phenomena at oxide interfaces
- Integrated cost-effective construction process for transport infrastructures, based on a flexible industrialisation of FRP components
- Advanced Lasers for Photovoltaic INdustrial processing Enhancement
- Flexible, fast and future production processes
- Enhanced nano-fluid heat exchange
- Modelling of interfaces for high performance solar cell materials
- New industrial technologies for tailor-made concrete structures at mass customised prices
- Combining process intensification-driven manufacture of microstructured reactors and process design regarding to industrial dimensions and environment
- Leadership in fiber technology
- Extending the process limits of laser polymer welding with high-brilliance beam sources
- Reliable self-learning production systems based on context aware services
- Self optimising measuring machine tools
- A pilot line of antibacterial and antifungal medical textiles based on a sonochemical process
- Micro and nanocrystalline silicide - Refractory metals FGM for materials innovation in transport applications
- Thermal management with carbon nanotube architectures
- Self-learning control of tool temperature in cutting processes
- Nano/micro integration in micromanufacturing
- European manufacturing platform for photonic integrated circuits

- Integration of emerging soft nanotechnology into the functionalisation of textiles
- High volume piezoelectric thin film production process for microsystems
- Scale-Up Nanoparticles in Modern Papermaking
- The development and scale-up of innovative nanotechnology-based processes into the value chain of the lubricants market
- A user-oriented, knowledge-based suite of Construction Industry Life Cycle Cost Analysis (CILECCTA) software for pan-European determination and costing of sustainable project options
- intelligent REactive polymer composites MOolding
- Efficient and Precise 3D Integration of Heterogeneous Microsystems from Fabrication to Assembly
- Femtosecond laser printer for glass microsystems with nanoscale features
- Cooperation Environment For Rapid Design prototyping and New Integration Concepts for Factory of the Future
- A Web-based Collaboration System for Mass Customization
- Self-learning modular manufacturing platform for flexible, patient-specific cell production
- Sustainable Mass Customization - Mass Customization for Sustainability
- Photopolymer based customized additive manufacturing technologies
- Flexible Compression Injection Moulding Platform for Multi-Scale Surface Structures
- Distributed Cloud product specification and supply chain manufacturing execution infrastructure
- Customer-oriented and eco-friendly networks for healthy fashionable goods
- New μ -CHP network technologies for energy efficient and sustainable districts
- WaferLevelOptics - Specific Technological Developments to Create an Intelligent and Scalable Production Platform for Glass Optics Manufacturing
- Energy-Hub for residential and commercial districts and transport
- Advanced Magnetic nanoparticles deliver smart Processes and Products for Life
- Holistic, extensible, scalable and standard Virtual Factory Framework
- SmartNets The Transformation from Collaborative Knowledge Exploration Networks into Cross Sectoral and Service Oriented Integrated Value Systems
- Large scale manufacturing technology for high-performance lightweight 3D multifunctional composites
- Supporting SMEs towards a new phase to European Research Area on new processes, adaptive manufacturing systems and the factory of the future.
- Sustainable value creation in manufacturing networks
- Architecting Manufacturing Industries and systems for Adaptability
- A new generation of fibre-based diagnostic sensors
- Roll-to-roll Paper Sensors
- SuPLight - Sustainable and efficient Production of Light weight solutions
- Autonomous Printed Paper products for functional Labels and Electronics
- Catalytic membrane Reactors based on New Materials for C1-C4 valorization
- Integrated Process Chain for Automated and Flexible Production of Fibre-Reinforced Plastic Products

5.3 Interviewpartner und Interviewleitfaden

In der folgenden Grafik wird die regionale Verteilung der befragten Experten dargestellt.

Abbildung 12: Verteilung der befragten Experten



Der Interviewleitfaden hatte bei den durchgeführten Interviews die Funktion einer methodischen Unterstützung. Der Interviewleitfaden ist somit klar von der Form eines Fragebogens abzugrenzen. Die Auswertung der Forschungs- und Entwicklungsthemen seitens der Experten erfolgte entlang des Interview-Leitfadens. Die Auswahl dieser Themen (siehe Kapitel 3.3) basierte primär auf den Informationen der offenen Fragestellungen. Auf Grund einer zu geringen Zahl bei den Experten-Antworten bei den geschlossenen Fragen konnte diese nicht quantitativ bzw. sinnvoll ausgewertet werden.

Abbildung 13: Interviewleitfaden



Interviewleitfaden:
Potenzialerhebung für österreichische Leitprojekte im Themenfeld Produktion

Interviewer: _____ **Ort:** _____ **Datum:** _____

Art des Interviews: telefonisch persönlich kombiniert (telefonisch und persönlich)

Interviewpartner: _____

Funktion des Interviewpartners: _____

Forschungsakteur: **Industrieakteur:** wenn ja – welche Branche: _____

1. Zum Vorhaben:

Das Austrian Institute of Technology (AIT) führt in Zusammenarbeit mit Fraunhofer Austria, Geschäftsbereich Produktions- und Logistikmanagement, eine Studie zur Potenzialerhebung für österreichische Leitprojekte im Themenfeld Produktion durch. Die Identifikation und Definition von zukunftssträchtigen Themen bzw. Themenkomplexen für Leitprojekte in den Themenfeldern „Produktion der Zukunft“ und „IKT der Zukunft“ stellt das zentrale Ziel der Studie dar.

Dabei ist es von zentraler Bedeutung, dass die Themen und Themenkomplexe bzw. die darunter fallenden F&E Vorhaben folgende Eigenschaften aufweisen:

- 1. Stärkung eines Sektors / Branche durch Systemlösungen mit Wachstumsperspektive**
- 2. Integration der Wertschöpfungskette**
- 3. Leuchtturmcharakter für Branchen bzw. Sektoren**
- 4. Adressierung spezifischer industrieller Anforderungen**
- 5. Substanzieller Umfang**
 - a. zwei bis vier Jahre Laufzeit
 - b. mind. zwei Mio. Euro Förderbudget pro Projekt
 - c. mind. zwei Unternehmen in Österreich (davon ein KMU)
 - d. mindestens eine Forschungseinrichtung
- 6. Bewusstseins-schaffend in der Öffentlichkeit**
- 7. Internationale Sichtbarkeit der Ergebnisse**

Das Projekt setzt methodisch auf eine Kombination von qualitativen und quantitativen Zugängen sowie insbesondere auf eine breit angelegte Konsultationsphase.

2. (Offene Frage) Worin liegen Ihrer Meinung nach zurzeit die größten Herausforderungen im Bereich der Produktion bzw. im Bereich der Prozesstechnik?

Interviewleitfaden: Potenzialerhebung für österreichische Leitprojekte im Themenfeld Produktion

3. (Offene Frage) Bitte nennen Sie uns vor dem oben beschriebenen Hintergrund 3 bis 5 relevante F&E-Themen, die im Rahmen von österreichischen Leitprojekten verfolgt werden können.

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

4. (Gemeinsame Zuordnung) Bitte ordnen Sie die von Ihnen in Punkt 3 genannten Themen folgenden Überthemen zu. Bei Bedarf können Sie auch weitere Überthemen definieren.

Von Ihnen genannte Themen	1.	2.	3.	4.	5.
Überthemen (vorgegeben und von Ihnen genannt)					
Leistungsfähige, ressourceneffiziente und robuste Produktionsprozesse					
Automatisierte Fertigungssysteme für die wandlungsfähige, flexible Produktion					
High-Tech-Materialien, Oberflächen und Nanotechnologie					
Mensch-Maschine-Interaktion					
Kritische Rohstoffe, Recycling und Substitution					
Biobased Industrie (Biotechnologien)					
Digitale Fabrik / Industrie 4.0 / Planungs- und Simulationswerkzeuge					

Interviewleitfaden: Potenzialerhebung für österreichische Leitprojekte im Themenfeld Produktion

5. (Gemeinsam) Bitte bewerten Sie die von Ihnen genannten Themen (Über- und Unterthemen) und die von uns genannten Überthemen nach folgenden Eigenschaften mit (1 = eher zutreffend und 0 = eher nicht zutreffend).

- Stärkung eines Sektors / Branche durch Systemlösungen mit Wachstumsperspektive
- Integration der Wertschöpfungskette
- Leuchtturmcharakter für Branchen bzw. Sektoren
- Adressierung spezifischer industrieller Anforderungen
- Substantieller Umfang
- Bewusstseinschaffung in der Öffentlichkeit
- Internationale Sichtbarkeit der Ergebnisse

	Internationale Sichtbarkeit der Ergebnisse	Bewusstseinschaffung in der Öffentlichkeit	Substantieller Umfang	Adressierung spezifischer industrieller Anforderungen	Leuchtturmcharakter für Branche / Sektor	Integration der Wertschöpfungskette	Stärkung eines Sektors / Branche durch Systemlösungen mit Wachstumsperspektive
Leistungsfähige, ressourceneffiziente und robuste Produktionsprozesse							
Automatisierte Fertigungssysteme für die wandlungsfähige, flexible Produktion							
High-Tech-Materialien, Oberflächen und Nanotechnologien							
Mensch-Maschine-Interaktion							

Interviewleitfaden: Potenzialerhebung für österreichische Leitprojekte im Themenfeld Produktion

	Internationale Sichtbarkeit der Ergebnisse	Bewusstseinschaffung in der Öffentlichkeit	Substanzieller Umfang	Adressierung spezifischer industrieller Anforderungen	Leuchtturmcharakter für Branche / Sektor	Integration der Wertschöpfungskette	Stärkung eines Sektors / Branche durch Systemlösungen mit Wachstumsperspektive
Kritische Rohstoffe, Recycling und Substitution							
Biobased Industrie (Biotechnologien)							
Digitale Fabrik / Industrie 4.0 / Planungs- und Simulationswerkzeuge							

Interviewleitfaden: Potenzialerhebung für österreichische Leitprojekte im Themenfeld Produktion

8. *(Gemeinsam, optional)* **Wie relevant erachten Sie folgende Über und Unterthemen für potenzielle, österreichische Leitprojekte im Bereich der Produktion?** Nehmen Sie bitte eine Bewertung vor: **1 = sehr geeignet** bis **6=gar nicht geeignet**

Über- und Unterthema	Bewertung <small>(1 = sehr geeignet bis 6 = gar nicht geeignet)</small>	Begründung
Leistungsfähige, ressourceneffiziente und robuste Produktionsprozesse		
Ressourceneffiziente Produktionsverfahren		
Qualitätssicherungstechniken für eine robuste Produktion		
Hochleistungsprozess und -technologie: Methoden zur Verbesserung von ‚Ausbeute‘ und Durchsatz		
Automatisierte Fertigungssysteme für die wandlungsfähige, flexible Produktion		
Flexible, rekonfigurierbare Maschinen und Handlingsysteme		
Intelligente Instandhaltungssysteme zur Verbesserten Systemverfügbarkeit		
High-Tech-Materialien, Oberflächen und Nanotechnologien		
Herstellung und Verarbeitung von hoch entwickelten Werkstoffen und Werkstoffverbänden		
Verbindungstechnologien für hoch entwickelte Werkstoffe und Multimaterialien		
Entwicklung neuer Funktionen durch innovative Oberflächen und Oberflächenverfahren		
Entwicklung und Herstellung von funktionalen Nanomaterialien		
Entwicklung von Methoden zur analytischen Charakterisierung und Modellierung von Nanomaterialien		
Entwicklung und Herstellung von integrierten Nanodevices und Sensoren		
Mensch-Maschine-Interaktion		
Entwicklung von fortgeschrittenen Informationsmodellen, um die Umwandlung von Daten, Informationen, Ereignissen und Entscheidungen in einer kontextuellbasierten Umgebung zu vollziehen		
Entwicklung von Produktionsassistenz-Systemen, Kooperierende Montage und Fertigung		
Entwicklung IKT-basierter Methodiken zur Analyse, Bewertung und Visualisierung auftretender körperlicher Belastungen		
Kritische Rohstoffe, Recycling und Substitution		
Exploration von kritischen Rohstoffen und deren Gewinnung aus primären Quellen		
„Design for Recycling“ – Intelligente Produktnutzungskonzepte		
Entwicklung und Optimierung von Aufbereitungstechnologien und metallurgischen Prozessen für Sekundärrohstoffe		

Seite: 6 / 7

5.4 Liste der an den Workshops teilnehmenden Organisationen

Nr.	Organisation	Workshop
1	AC-Styria	Graz
2	Infineon AG	Graz
3	Berto product engineering	Graz
4	Joanneum	Graz
5	Magna Powertrain	Graz
6	Voestalpine / ASMET	Graz
7	AMS AG	Graz
8	Andritz AG	Graz
9	AVL List GmbH	Graz
10	evolaris next level GmbH	Graz
11	Gigatronik Austria GmbH	Graz
12	ISOVOLTA AG	Graz
13	M&R Automation GmbH	Graz
14	MAGNA E-Car Systems GmbH & Co. OG	Graz
15	Sandvik Mining and Construction GmbH	Graz
16	Treibacher Industrie AG	Graz
17	Tridonic Jennersdorf GmbH	Graz
18	TU Graz	Graz
19	AC Oberösterreich	Linz
20	DSM Fine Chemical Austria Nfg. GmbH & Co KG	Linz
21	Femtolaser GmbH	Linz
22	FILL GmbH	Linz
23	Fronius	Linz
24	GK-Consult	Linz
25	Greiner Holding AG	Linz
26	Linz Center of Mechatronics	Linz
27	Profactor	Linz
28	Recendt - Research Center non destructive Testing	Linz
29	STIWA Automation GmbH	Linz
30	TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co KG	Linz
31	voestalpine Stahl GmbH	Linz
32	Wacker Neuson GmbH	Linz
33	WKO - Sparte Industrie	Linz
34	Doppelmayr Seilbahnen GmbH	Dornbirn
35	FH Vorarlberg	Dornbirn
36	Getzner Group	Dornbirn
37	Grabher Gruppe	Dornbirn
38	Huber Holding	Dornbirn
39	Liebherr Werk Nenzing GmbH	Dornbirn
40	Schöller GmbH & CoKG	Dornbirn
41	V-Research GmbH	Dornbirn
42	Wolford AG	Dornbirn
43	Zumtobel Lighting GmbH	Dornbirn
44	WISTO	Dornbirn

6 Literatur und Referenzen

Abele, T. (2010):

Herausforderungen für die Produktion(sforschung) 2020. PTW TU Darmstadt. 2010

Acatech (2013):

Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbereich des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Mai, 2013

BITKOM (2014):

Potenziale und Einsatz von Big Data. Ergebnisse einer repräsentativen Befragung von Unternehmen in Deutschland. http://www.bitkom.org/files/documents/Studienbericht_Big_Data_in_deutschen_Unternehmen.pdf. Eingesehen am 06.05.2014

BMBF (2013a):

Onlinequelle: www.bmbf.de/foerderungen/21384.php. Eingesehen am 07.11.2013

BMBF (2013b):

Onlinequelle: www.bmbf.de/foerderungen/22528.php. Eingesehen am 07.11.2013

BMBF (2013c):

Onlinequelle: www.bmbf.de/foerderungen/22647.php. Eingesehen am 07.11.2013

BMBF (2013d):

Onlinequelle: www.bmbf.de/foerderungen/21340.php. Eingesehen am 07.11.2013

BMBF (2013e):

Onlinequelle: www.bmbf.de/foerderungen/22797.php. Eingesehen am 07.11.2013

BMBF (2013f):

Onlinequelle: www.bmbf.de/foerderungen/21435.php. Eingesehen am 07.11.2013

BMBF (2013g):

Onlinequelle: www.bmbf.de/foerderungen/21327.php. Eingesehen am 07.11.2013

Bokranz, R.; Landau, K. (2011):

Handbuch Industrial Engineering. Produktivitätsmanagement mit MTM. Schäffer-Poeschel.

Breuninger, J. et al. (2013):

Generative Fertigung mit Kunststoffen. Konzeption und Konstruktion für Selektives Lasersintern. Springer. 2013

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2007):

IKT 2020. Forschung für Innovationen. Berlin. 2007

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010):

Ideen. Innovation. Wachstum. Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. Berlin. 2010

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014):

Industrie 4.0. Innovationen für die Produktion von morgen. Berlin. 2014

Cuhls, K. et al. (2009):

Foresight-Prozess im Auftrag des BMBF. Fraunhofer-Verlag. Karlsruhe/Stuttgart. 2009

e-mobil (2012):

Leichtbau in Mobilität und Fertigung. Chancen für Baden-Württemberg. Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg GmbH. <http://www.ipa.fraunhofer.de/fileadmin/www.ipa.fhg.de/Publikationen/Leichtbaustudie.pdf>. Eingesehen am 15.01.2014

European Commission - Research and Innovation (2013):

Draft Horizon 2020 Work Programme 2014-2015 in the area of 'Secure, Clean and Efficient Energy'. Onlinequelle: http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/work-programmes/secure_clean_and_efficient_energy_draft_work_programme.pdf. Eingesehen am 20.10.2013

Eversheim, W., Schuh, G. (2005):

Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Physica-Verlag. 2005

Faulstich, M. (2010):

r³ - Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Informationspapier zum Forschungs- und Entwicklungsbedarf der gleichnamigen BMBF-Fördermaßnahme.

FFG (2013):

Programm IKT der Zukunft. Ausschreibungsleitfaden. 2. Ausschreibung 2013

Fraunhofer IAO (2013):

Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0.

http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft_-_Industrie_4.0.pdf. Eingesehen am 15.01.2014

Fraunhofer IPA (2014):

Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“. http://mfw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mfw/intern/Dateien/Downloads/Industrie_und_Innovation/IPA_Strukturstudie_Industrie_4.0_BW.pdf. Eingesehen am 15.04.2014

Geisberger, E., Broy, M (2012):

Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems

Karl, F., G. Reinhart, et al. (2012):

Rekonfigurierbarkeit von Betriebsmittel, Kennzahlen zur Bewertung der Rekonfigurationsfähigkeit von Montagebetriebsmitteln. wt Werkstatttechnik online. 102 (2012) 4. S.228-232.

Plattform Industrie 4.0 (2014a):

Industrie 4.0 - Whitepaper FuE Themen. http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung%20Stand%203.%20April%202014.pdf. Eingesehen am 04.04.2014

Plattform Industrie 4.0 (2014b):

CPPS. <http://www.plattform-i40.de/glossar/cyber-physical-production-systems-cpps>. Eingesehen 12.05.2014

Rhomberg, W. et al. (2009):

Strategieinput „Smart Production“

Riemann et al. (2013):

Zusammenfassung der Ergebnisse des BMBF-Strategiegesprächs NMP zum 8. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Kommission. Onlinequelle:

http://www.manufuture.de/Ergebnisse_Produktion_KET_GC_BMBF_Frankfurt%20_5_.pdf. Eingesehen am 20.10.2013

Syska, A. (2006):

Produktionsmanagement. Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler. 2005

VDI/VDE-Gesellschaft (2013):

Thesen und Handlungsfelder. Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation.

Verband deutscher Ingenieure (2013):

Technologieprognosen. Internationaler Vergleich 2013. Düsseldorf. 2013

Westkämper, E. (2007):

Die Strategische Forschungsagenda Deutschland – Ergebnis des Roadmapping Prozesses MANUFUTURE DE. Aktueller Stand und Themenabgleich der Strategischen Forschungsagenda Deutschland mit dem 7. Rahmenprogramm. Stuttgart. 2007

Zäh, M. F. (2006):

Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien: Anwender-Leitfaden zur Auswahl geeigneter Verfahren. Hanser. 2006

Impressum

AIT-IS-Report
ISSN 2075-5694

Herausgeber, Verleger, Redaktion, Hersteller:
AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Innovation Systems Department
1220 Wien, Donau-City-Straße 1
T: +43(0)50550-4500, F: +43 (0)50550-4599
is@ait.ac.at, <http://www.ait.ac.at/departments/innovation-systems/>

