

Forschung und Entwicklung zu „Manufacturing, Produktions- und Prozessmanagement in Österreich“

Endbericht

Karl-Heinz Leitner
Bernhard Dachs
Wolfram Rhomberg
Georg Zahradnik

Mai 2009

ARC--sys-0197

Forschung und Entwicklung zu „Manufacturing, Produktions- und Prozessmanagement in Österreich“

Endbericht

Karl-Heinz Leitner¹
Bernhard Dachs¹
Wolfram Rhomberg¹
Georg Zahradnik¹

Mai 2009

ARC--sys-0197

¹ Technology Policy Department

Inhalt

	Executive Summary	1
1	Einleitung	5
2	Forschung und Entwicklung zu Produktions- und Prozesstechnologien in Österreich	6
2.1	Abgrenzung des Sektors: Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien	6
2.2	Industrielle Forschung und Entwicklung zu Produktions- und Prozesstechnologien	10
2.3	Forschung und Entwicklung zu Produktions- und Prozesstechnologien im universitären und außeruniversitären Bereich	16
2.4	Resümee	20
3	Die technologische Spezialisierung Österreichs in Produktions- und Prozesstechnologien	21
3.1	Patentierungsaktivitäten in Österreich im internationalen Vergleich	23
3.2	Entwicklung der relativen technologischen Spezialisierung im Zeitverlauf	26
3.3	Entwicklung der Patentaktivitäten auf IPC 3-Steller Ebene	28
3.4	Resümee	32
4	Die Diffusion von Produktions- und Prozesstechnologien in Österreich	33
4.1	Verbreitung und Diffusionspotenzial ausgewählter Produktionstechnologien	33
4.2	Diffusionsgrad im internationalen Vergleich	37
4.3	Diffusionsgrad nach Branche, Größe und Exportintensität	38
4.4	Probleme und Barrieren bei der Einführung von Produktionstechnologien	41
4.5	Resümee	43
5	Technologische Trends und Herausforderungen	44
6	Synthese und Handlungsempfehlungen	52
6.1	Synthese der Befunde für Österreich	52
6.2	Schlussfolgerungen	56
7	Anhang	62

Executive Summary

Die Anwendung existierender und die Entwicklung neuer Produktionstechnologien ist das Fundament für den Erhalt und die Stärkung des Industriestandorts Österreich. Der erstmalige Einsatz von innovativen Fertigungsverfahren, unabhängig davon, ob diese innerhalb des Betriebs entwickelt oder zugekauft werden, kann zu Steigerungen der Produktivität und in weiterer Folge zu neuen Produkten führen und ist daher Motor für wirtschaftliche Entwicklung. Die Wirtschafts- und Innovationspolitik hat in den vergangenen Jahren vor allem auf europäischer Ebene, jüngst auch auf nationaler Ebene, das Thema einer wettbewerbsfähigen Produktion (Manufacturing) wieder verstärkt betont, nachdem lange Zeit Fragen der New Economy, wissensbasierten Wirtschaft und der Dienstleistungen die Agenda dominiert haben. Nicht zuletzt auf Grund der aktuellen Wirtschaftskrise ist zukünftig zu erwarten, dass die industrielle Produktion als Kern der „Realwirtschaft“ eine weitere Aufwertung erfahren wird.

Neue Basistechnologien und wissenschaftliche Erkenntnisse im Bereich Nanotechnologie, Materialwissenschaften, Simulation und dgl., aber auch neue Bedürfnisse der Konsumenten, stellen technologisch und organisatorisch neue Herausforderungen für den gesamten produzierenden Sektor dar. Während in den 1980er Jahren numerisch kontrollierte Maschinen (CNC) und in den 1990er Jahren Computer Aided Manufacturing (CAM) in der Industrie intensiv diskutiert wurden, sind es nunmehr die Digitale Fabrik, Zero-Waste-Production, Nano-Manufacturing, 3D-Simulation oder Desktop Manufacturing, die die industrielle Produktion verändern werden.

Mit der vorliegenden Studie werden die Ausgangssituation, Bedeutung und die Perspektiven der Forschung und Entwicklung (F&E) im Bereich „Manufacturing, Produktions- und Prozessmanagement“ in Österreich analysiert. Darunter sollen Produktionstechnologien und -prozesse im weitesten Sinn verstanden werden, die eine flexible, effiziente und umweltfreundliche Herstellung von etablierten oder neuen Produkten ermöglichen. Derartige Technologien werden vor allem innerhalb einiger spezifischer Branchen, wie dem Maschinenbau entwickelt.

Welches sind die wichtigsten Branchen, in denen Produktions- und Prozesstechnologien erzeugt werden und auch F&E eine wichtige Rolle spielt? Dazu werden diejenigen Branchen identifiziert, die die Güter herstellen, die im produzierenden Sektor insgesamt die größten Positionen im Bereich der Anlageinvestitionen darstellen. Die Analyse der Wirtschaftsstatistik zeigt, dass vor allem die Sektoren Maschinenbau (NACE 29), Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik (NACE 32) sowie Medizin-, Mess- u. Regelungstechnik (NACE 33) als relevant für die Entwicklung und Herstellung von Produktions- und Prozesstechnologien eingestuft werden müssen.

In diesen Sektoren sind folgende Gruppen besonders relevant:

- Herstellung von Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie (NACE 29.1)
- Herstellung von sonstigen Maschinen unspezifischer Verwendung (NACE Gruppe 29.2)
- Herstellung von Werkzeugmaschinen (NACE Gruppe 29.4)
- Herstellung von Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige (NACE Gruppe 29.5)
- Herstellung von nachrichtentechnischen Geräten und Einrichtungen (NACE 32.2)
- Herstellung von Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten (NACE 33.2)
- Herstellung von industriellen Prozesssteuerungsanlagen (NACE 33.3)

Diese sieben Wirtschaftsklassen werden für diese Studie als Sektor „Herstellung von Produktions- und Prozesstechnologie“ definiert.

Insgesamt sind in diesen Sektoren (= Bereich Produktions- und Prozesstechnologien) rund 87.000 Personen beschäftigt. 2006 wurden rund 7 Mrd. Euro Wertschöpfung erbracht, dies deckt rund 16% der Wertschöpfung der gesamten Sachgüterindustrie in Österreich ab.

Die Analyse der F&E-Aktivitäten der Unternehmen in diesen Sektoren zeigt, dass die F&E-Aufwendungen insgesamt rund 1 Mrd. Euro betragen und rund 9.000 Beschäftigte umfasst, was in Summe beinahe ein Drittel aller F&E-Ausgaben des produzierenden Bereichs Österreichs ausmacht und zugleich ein Indiz für eine sehr hohe F&E-Intensität ist.

F&E im Bereich der Produktionstechnologien wird aber nicht nur von den Erzeugern derartiger Produkte selbst durchgeführt sondern auch von den Anwendern. Unternehmen, die neue Produktionstechnologien akquirieren, betreiben F&E-Tätigkeiten, um Technologien und Prozesse anzupassen und zu optimieren (Prozessinnovationen). Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien betreiben nicht nur F&E im gegenständlichen Bereich (Bsp. Maschinenbauer forschen zu Maschinen) sondern haben selbst breit gefächerte Themenstellungen wie die Entwicklung von Software bis hin zu Entwicklungstätigkeiten, die die Anwendungsbereiche von Produktions- und Prozesstechnologien einschließen (Bsp. Maschinenbauer forschen zur Metallverarbeitung). Da von der Statistik Austria keine genaue Differenzierung der F&E-Aktivitäten nach Innovationstyp (Produktinnovation versus Prozessinnovation) vorgenommen wird, ist es jedoch nicht möglich das Ausmaß der F&E für Prozessinnovationen quer über alle Branchen eindeutig auszuweisen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn in den betrachteten Branchen F&E Aufwendungen für Produkte getätigt werden, die per se keine Produktions- und Prozesstechnologien sind oder als Komponenten in solche eingebaut werden. Dies ist nach vorliegender Definition insbesondere bei der Nachrichten- und Elektrotechnik teilweise der Fall.

Die oben definierten Sektoren umfassen zu einem Gutteil auch diejenigen F&E-Aktivitäten, die im Bereich Nanotechnologie durchgeführt werden, welche sich technologisch vor allem an der Schnittstelle zwischen dem klassischem Maschinenbau und der Elektrotechnik befindet. Die Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien im Zusammenhang mit der Entwicklung von Produktions- und Prozesstechnologien (Bsp. Prozesssteuerungssoftware) ist hier nur so weit erfasst, als derartige Entwicklungen von den Unternehmen in den oben angeführten Branchen erfolgen. Vermutlich existieren in Österreich nur wenige spezialisierte Unternehmen im Sektor Büromaschinen, die IKT-basierte Produkte für den Einsatz in der Produktion erzeugen.

Neben dem privaten Sektor wird F&E zu Produktionstechnologien auch im universitären und außer-universitären Bereich durchgeführt. Unsere Analyse zeigt, dass sich insgesamt rund 3.150 MitarbeiterInnen im universitären und außeruniversitären Forschungsbereich mit der Entwicklung oder Verbesserung von neuen Produktionstechnologien befassen bzw. dazu wissenschaftliche Grundlagen liefern.

Auf Basis einer Patentanalyse kann die technologische Stärke in den hier dargestellten Sektoren weiter untersucht und mit anderen Ländern verglichen werden. Gemeinsam umfassen die Produktions- und Prozesstechnologienpatente über 28% aller österreichischen Patente im Zeitraum von 2003 bis 2005, das sind in etwa 400 Patente pro Jahr. Die Analyse illustriert, dass die Anteile der einzelnen Technologiefelder am Patentaufkommen in Österreich relativ nahe am Wert für die gesamte EU sowie Deutschlands und der Schweiz liegen. Ausgeprägte Spezialisierungen lassen sich Österreichs auf Basis der 3-Steller Klassifikation nicht beobachten. Die deutlichste Spezialisierung im Vergleich zur gesamten Europäischen Union zeigt sich in Österreich für das Feld der „*Werkzeugmaschinen*“, eine Spezialisierung die sich in den letzten 10 Jahren noch verstärkt hat. Einen deutlich unterdurchschnittlichen Anteil am Patentaufkommen weist indes das Feld „*nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen*“ auf. Wird die tiefere Gliederung der 4-Steller Ebene verwendet, zeigt sich, dass die Felder „*Papiermaschinen*“, „*Transport- oder Lagervorrichtung*“, „*Hub-, Verhol- oder Schubvorrichtungen*“ sowie „*Aufzüge; Rolltreppen oder Fahrsteige*“ als besondere österreichische Stärken betrachtet werden können.

Neben F&E-Aktivitäten in denjenigen Sektoren, die neue Produktions- und Prozesstechnologien herstellen („push-innovation“) ist auch ein Blick auf die Nachfrageseite („pull-innovation“) interessant. Also, der Frage, in welchem Ausmaß die österreichische Industrie als gesamte moderne Produktionstechnologien einsetzt. Die von ARC systems research seit 2004 regelmäßig durchgeführte Erhebung des „European Manufacturing Survey“ (EMS) erlaubt hier einen Befund zu ziehen. Was die Verbreitung von modernen Fertigungstechnologien in der produzierenden Industrie Österreichs betrifft, liefern die Daten Evidenz, dass vergleichsweise ältere Technologien wie CAD, CAM und PPS (Produktionsplanungs- und Steuerungssoftware) bereits weit verbreitet sind und kaum mehr Diffusionspotenzial besitzen. Quer über alle Branchen und Größenklassen hinweg wollen im Durchschnitt weniger als 15% der befragten Betriebe derartige Technologien zukünftig einführen. Hingegen haben die Bildverarbeitung in der Produktion, Prozessintegrierte Qualitätskontrolle, Supply Chain Management und die Simulation zur Prozessauslegung noch großes Anwendungspotenzial in der österreichischen Industrie.

Im Allgemeinen setzen die Branchen Metall, Maschinen, Fahrzeuge und Elektro häufiger moderne Produktionstechnologien ein als andere produzierende Branchen. Ferner haben exportintensive Unternehmen eine größere Notwendigkeit für den Einsatz von Produktions- und Prozesstechnologien. Das internationale Wettbewerbsumfeld verlangt hier entsprechend effiziente und flexible Produktionsprozesse. Wie zu erwarten, steigt auch mit zunehmender Unternehmensgröße der Einsatz von Produktionstechnologien.

Insgesamt zeigen die in dieser Studie aufbereiteten statistischen und empirischen Daten, dass F&E im Bereich der Produktions- und Prozesstechnologien in Österreich durchaus als Stärke bewertet werden kann: Eine überdurchschnittlich hohe Spezialisierung, hohe F&E-Aufwendungen und Innovationsoutput sowie eine intensive Zusammenarbeit zwischen Industrie und Wissenschaft können hier angeführt werden. Des Weiteren sind die Innovationsbarrieren im Vergleich zu anderen produzierenden Sektoren nur moderat ausgeprägt, wobei der Mangel an qualifiziertem Personal die wichtigste Barriere darstellt, Finanzierung und marktbezogene Barrieren hingegen unterdurchschnittliche Bedeutung aufweisen.

Neben einer quantitativen Abgrenzung und Analyse der F&E im Bereich Manufacturing in Österreich wurden in dieser Studie auch die wesentlichen technologischen und organisatorischen Herausforderungen zusammengefasst. In den letzten Jahren sind auf internationaler Ebene eine ganze Reihe von Projekten und Initiativen durchgeführt worden, die die längerfristige Entwicklung untersucht und Visionen, Herausforderungen und Roadmaps entwickelt haben. Projekte wie ManVis 2020, FUTMAN 2020, oder die Manufuture Plattform können hier angeführt werden, die zahlreiche renommierte Experten aus Industrie, Wissenschaft und Politik involviert haben.

Diese Studien beschreiben die zukünftige Produktion als eine, die hoch effizient, kundenorientiert, schlank, innovativ, adaptiv und umweltfreundlich ist. Um diese Ziele erreichen zu können, sind moderne Produktionstechnologien zu entwickeln. Wichtige Handlungsfelder für F&E sind dabei: Prozesstechnologie für die Verarbeitung neuer Materialien, intelligenter mechatronischer Systeme für Automatisierung und Robotik, Entwicklung von IKT für die stärkere Einbindung des Kunden in den Entwicklungs- und Produktionsprozess, Entwicklung neuer Modellierungs- und Simulationswerkzeuge, Nanotechnologie, Weiße Biotechnologie sowie die Entwicklung von Produktionstechnologien, die eine stärkere Individualisierung der Produkte/Produktion ermöglichen.

Auf Grund der hohen Kosten und Risiken, die für die Entwicklung der nächsten Generation von Fertigungstechnologien notwendig sind, wird dabei vor allem kooperative F&E eingefordert. Die „Konvergenz“ und „Integration“ von Technologien spielt im Bereich der Produktionsforschung eine zunehmend wichtige Rolle. In der Vergangenheit war vor allem die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien von Bedeutung. Zukünftig wird auch die Mikroelektronik noch an Bedeutung gewinnen – Stichwort Nanomanufacturing. Vielfach können derartige Technologien nur

von interdisziplinären Teams entwickelt werden. Dies erfordert neue Kooperationen, sowohl innerhalb der Industrie als auch bei den Universitäten und Forschungseinrichtungen. Alle Studien und Expertengruppen weisen auch darauf hin, dass die Entwicklung und Nutzbarmachung avancierter Produktionstechnologien neue Unternehmensstrukturen und Geschäftsmodelle erfordern.

F&E zu Produktions- und Prozesstechnologien hat eine große Bedeutung für den Industriestandort Österreich und der Bereich ein großes Zukunftspotenzial. Vor dem Hintergrund der allgemein gut ausgebauten und ausdifferenzierten Förderlandschaft in Österreich stellt sich die Frage, ob F&E im Bereich der Produktionstechnologien noch spezifischer Förderungen oder Schwerpunktsetzungen bedarf. Im Allgemeinen ist ein Großteil der Förderprogramme in Österreich thematisch offen und viele Projekte haben einen produktionstechnischen Bezug. Des Weiteren wurden die Möglichkeiten, die im Zuge der Etablierung jüngerer Initiativen wie etwa den Kompetenzzentrenprogrammen entstanden sind, von Industrie und Wissenschaft für Fragen der Produktionsforschung genutzt und damit vorhandene Stärken, Pfade und Strategien weiter ausgebaut. Mit den thematischen Programmen zur Nanotechnologie, Fabrik der Zukunft und Informations- und Kommunikationstechnologien (FIT-IT) wurden bereits in der Vergangenheit wichtige Themen und Aspekte forciert. Vor allem im Rahmen der Nanotechnologie-Initiative geht es nun darum, das Programm professionell weiter zu entwickeln.

Aktuell sehen wir keine unmittelbare Lücke in der Förderlandschaft oder eine ausgeprägte Innovationsbarriere, die ein eigenes Förderprogramme oder eine F&E-Förderschiene für den Bereich Manufacturing notwendig machen würden. Solange etablierte Programme wie das COMET Programme, die CD Labors und dgl. thematisch offen bleiben, ist gewährt, dass innovative F&E im Bereich Produktionstechnologien Bottom-up gefördert wird und so die existierende Stärken sukzessive ausgebaut werden können.

Insgesamt können vor allem in der Förderung von interdisziplinären F&E-Projekten zukünftig wichtigen Impulse erwartet werden. Eine Barriere wird dabei derzeit innerhalb der Universitäten gesehen, die entsprechend darin zu unterstützen sind, derartige Schwerpunkte fakultäts- und institutsübergreifend flexibel auf- und umsetzen zu können. Alle Maßnahmen, die die Koordination und Abstimmung der F&E-Agenda zwischen Unternehmen und F&E-Einrichtungen unterstützen sind ebenfalls zu begrüßen, vor allem dann, wenn es gelingt, in ausgewählten Themenstellungen grundlagenorientierte Fragen zu adressieren.

Diffusionsorientierte Förderungen und Maßnahmen sollen weiterhin forciert werden, um insbesondere die bei der Implementierung auftretenden Risiken und Probleme (z.B. Kosten der Implementierung, Software- und Schnittstellenprobleme, unzureichende betriebliche Qualifikation, mangelnde technologische und organisatorische Kompatibilität) abzufedern. Dabei sind vor allem Maßnahmen notwendig, die neben der technologischen Prozessinnovation auch die flankierende Organisationsentwicklung unterstützen bzw. auch helfen können, mögliche betriebliche Akzeptanzprobleme bei der Einführung von Prozessinnovation zu lösen. Damit kann FTI-Politik gezielt zu einer erhöhten Diffusion von Prozessinnovationen in österreichischen Produktionsunternehmen beitragen.

1 Einleitung

Die Fähigkeit, international konkurrenzfähige Produkte herzustellen, ist zentral für das Wirtschaftswachstum eines hoch industrialisierten wissensbasierten Landes. Dabei können innovative, kostengünstige, umweltfreundliche als auch qualitative Produkte und Dienstleistungen nur auf Basis innovativer Produktionstechnologien hergestellt werden. Damit ist Forschung und Entwicklung (F&E) mit dem Ziel der Verbesserung von Produktionstechnologien und -prozessen für den gesamten produzierenden Sektor essenziell: dies umfasst F&E, die Unternehmen selbst durchführen, um die eigenen Produktionsprozesse zu optimieren, F&E im Zusammenhang mit der Einführung und Anpassung von Produktionstechnologien als auch die F&E derjenigen Unternehmen, die neue Produktionstechnologien entwickeln und in Form von Produkten und Diensten anbieten. Die Interaktion zwischen den Produzenten und den Anwendern ist dabei wichtig und in Österreich in vielen Bereichen traditionell stark verankert. Der (erstmalige) Einsatz eines Fertigungsverfahrens in einem Betrieb kann zu Steigerungen der Produktivität und in weiterer Folge zu neuen Produkten führen und wurde bereits von Josef Schumpeter (1939) als eigentliche Triebfeder der wirtschaftlichen Entwicklung identifiziert.

Vor dem Hintergrund der Bedeutung von modernen Produktionstechnologien hat der Rat für Forschung und Technologieentwicklung „Manufacturing, Produktions- und Prozessmanagement“ als ein mögliches Schwerpunktthema identifiziert, das in Österreich zukünftig gezielter gestärkt werden sollte. Dabei wird auch auf Ergebnisse von europäischen Initiativen referenziert (Bsp. EU 2006), die in diesem Bereich eine wichtige Schlüsseltechnologie erkennen. Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Ausgangssituation und das Potenzial des Themas „Manufacturing, Produktions- und Prozessmanagement“ für Österreich zu untersuchen.

Dabei gilt es zunächst, eine Definition dieses Bereichs vorzunehmen. Eine Definition ähnlich wie etwa von der OCED für den IKT-Sektor vorgenommen wurde, ist für „Manufacturing Technologies“ in der Literatur bislang nicht vorgestellt worden. Wir wollen in dieser Studie „Manufacturing, Produktions- und Prozessmanagement“ als diejenigen Technologien und Methoden definieren, die Unternehmen dabei helfen, ihre Produkte und Dienstleistungen effizienter und effektiver zu produzieren. Die flexiblere und ökologischere Produktion ist hierbei zunehmend essentiell. Ebenso sind häufig gänzlich neue Produktionstechnologien die Voraussetzung für die Herstellung neuer Produkte, etwa im Bereich Nanotechnologie; somit bedingen Prozess- und Produktinnovationen einander. Entsprechend kann auch von „Manufacturing Technologies“ oder „Produktions- und Prozesstechnologien“ gesprochen werden, die im Fokus dieser Studie stehen.¹

Diese Abgrenzung korrespondiert mit der Strategie der europäischen „Manufature Platform“, die neben organisatorischen Maßnahmen vor allem den Einsatz von neuen „Manufacturing Technologies“ als zentralen Meilenstein zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit von Europa als Produktionsstandort sieht. Die „Key Technology Expert Group“ der Kommission (EU 2006) sieht „Manufacturing“ als horizontale Technologie, die zunehmend andere Technologien integriert oder nutzt. Manufacturing soll daher hier als Technologie verstanden werden und nicht als der gesamte produzierende Sektor der Wirtschaft.² F&E im Bereich Manufacturing verhilft produzierenden Unternehmen zum Einsatz verbesserter, alternativer oder neuer Formen der Produktion. Es handelt sich dabei also um Technologien, wie sie derzeit schwerpunktmäßig im Programm „Nanowissenschaften, Nanotechnologien, Werkstoffe und Produktionstechnologien“ (NMP) des FP 7 gefördert werden.

1 Im deutschsprachigen Raum wird hier auch noch häufig von Produktionsforschung gesprochen, im Englischen findet auch der Begriff Industrial oder Manufacturing Engineering Verwendung.

2 Wenngleich die Expert Group vereinzelt vom gesamten produzierenden Sektor spricht, geht sie bei den Weiteren Ausführungen vor allem auf die Manufacturing Technologies ein, die die wettbewerbsfähige Produktion überhaupt erst ermöglichen (EU 2006).

Im vorliegenden Bericht erfolgt zunächst eine genauere Abgrenzung des Bereichs „Manufacturing, Produktions- und Prozessmanagement“ (Kapitel 2). Auf Basis dieser Abgrenzung können sodann statistische Daten über F&E im Bereich Manufacturing aufbereitet und deren Entwicklung analysiert werden. Darüber hinaus werden die wichtigsten außeruniversitären und universitären Einrichtungen identifiziert, die sich mit Produktionstechnologien befassen.

Zur Einschätzung der spezifischen Stärken im Bereich der Manufacturing Technologies erfolgt sodann eine Analyse der Patentierungsaktivitäten (Kapitel 3). Dafür werden diejenigen Patentklassen, die den zuvor abgrenzten Sektoren zugeordnet werden können, zugrund gelegt.

Verschiedene Studien zeigen, dass Technologiediffusion eine wesentliche Quelle für Wachstum ist und besonders kleine Länder wie Österreich in großem Umfang vom weltweit existierenden Pool an Technologien profitieren (vgl. Keller 2004). Entsprechend wird in dieser Studie auch der Einsatz und die Diffusion von unterschiedlichen Produktionstechnologien innerhalb der Industrie untersucht, wozu auf Ergebnisse des European Manufacturing Survey (EMS) zurückgegriffen wird, der in einigen europäischen Ländern inklusive Österreich regelmäßig durchgeführt wird (Kapitel 4).

Eine Analyse der technologischen Trends und Herausforderungen im Bereich der Manufacturing Technologies erfolgt in Kapitel 5. Hier wird vornehmlich auf existierende europäische und nationale Studien zurückgegriffen.

Schließlich werden in Kapitel 6 die Ergebnisse der vorangegangenen Arbeiten synthetisiert, die wesentlichen Stärken und Schwächen zusammengefasst und vor dem Hintergrund aktueller nationaler und internationaler innovationspolitischer Rahmenbedingungen Schlussfolgerungen für die österreichische FTI-Politik und im Besonderen dem Rat für Forschung und Technologieentwicklung gezogen.

2 Forschung und Entwicklung zu Produktions- und Prozesstechnologien in Österreich

2.1 Abgrenzung des Sektors: Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien

Ziel des Kapitels ist es, eine Arbeitsdefinition für Produktions- und Prozesstechnologien zu finden. Wir können hier nicht auf bestehende statistische Nomenklaturen zurückgreifen; diese bieten weder eine Aufzählung der zugehörigen Produkte und Technologien noch eine abschließende Liste der Branchen, die sie erzeugen. Wir werden deshalb eine Arbeitsdefinition aus den Eigenschaften und Funktionen von Produktions- und Prozesstechnologien ableiten, um damit die dazugehörigen statistischen Klassen zu identifizieren.

Branchen, die Produktions- und Prozesstechnologien erzeugen, werden auf Basis der europäischen Systematik der Wirtschaftstätigkeiten NACE (STATISTIK AUSTRIA 2003) identifiziert. Die NACE gliedert verschiedene Wirtschaftstätigkeiten in Abschnitte (NACE 1-Steller), Abteilungen (Ebene der NACE 2-Steller), Gruppen (Ebene der NACE 3-Steller) und weitere tiefer gehende Gliederungen. Wir werden uns auf die Ebene der 2-Steller (Abteilungen) und 3-Steller (Gruppen) konzentrieren, da tiefer gehende Gliederungen oft nur mehr von einer kleinen Zahl von Unternehmen besetzt sind und Daten über diese Unternehmen deshalb oft aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht werden dürfen.

Zur Identifikation der relevanten Abteilungen und Gruppen werden wir zuerst mit Hilfe der österreichischen Input-Output-Tabelle 2004 zeigen, welche Güter als Produktions- und Prozesstechnologien angesehen werden können. Die Input-Output-Tabelle stellt die gesamtwirtschaftlichen Verflechtungen der österreichischen Wirtschaft – welche Güter werden von welchen Sektoren für die Produktion welcher Produkte verwendet – dar. In einem nächsten Schritt werden jene Branchen (NACE 2-Steller) identifiziert, die diese Güter herstellen. Damit identifizieren wir die Branchen, die diejenigen Güter herstellen, die Investitionen in den Produktionsprozess darstellen. Schließlich werden in den identifizierten Branchen auf einer niedrigeren Ebene (NACE 3-Steller) jene Bereiche ausgeschieden, aus deren Beschreibung wir schließen können, dass sie keine Produktions- und Prozesstechnologien erzeugen.

Produktions- und Prozesstechnologien werden mit dem Ziel eingesetzt, neue Produkte herzustellen oder existierende Produkte kostengünstiger, flexibler oder mit einer höheren Qualität zu produzieren. Obwohl zur Erzeugung von Produkten auch ungebundenes Wissen über Produktionsprozesse notwendig ist, konzentrieren wir uns in dieser Arbeit auf Wissen, das in Gütern wie Maschinen gebunden ist. Im Gegensatz zu Vorleistungen wie Rohstoffen gehen diese Investitionsgüter nicht im Endprodukt auf, sondern bleiben über mehrere Jahre im Unternehmen.

Innerhalb der Gruppe „Anlageinvestitionen“ entspricht die Position „Ausrüstungen“ den Investitionsgütern, die im Unternehmen als Investitionen in Produktions- und Prozesstechnologien fungieren. Ein Blick in die österreichische Input-Output-Tabelle 2004 zeigt, dass 2004 Investitionen in Ausrüstungen im Wert von 13,863 Mrd. Euro bewertet zu Herstellungspreisen vorgenommen wurden. Die größte Position darin sind:

- Maschinen (29%).
- Metallerzeugnisse (11,5%),
- Büromaschinen (8,5%),
- Geräte der Elektrizitätserzeugung- und -verteilung (8,5%),
- Medizin-, meß-, steuerungs-, und regelungstechnische Erzeugnisse (7,5%), sowie
- Nachrichtentechnik, Rundfunk- und Fernsehgeräte (5,8%).

Die übrigen Gütergruppen innerhalb der Ausrüstungsinvestitionen haben entweder einen Anteil von unter einem Prozent oder fallen nicht in unsere Definition von Produktions- und Prozesstechnologiegütern. Dazu gehören etwa Möbel, Bauleistungen in Verbindung mit Ausrüstungen oder die Reparatur von Ausrüstungen.

Gemäß der Input-Output-Tabelle werden Produktions- und Prozesstechnologiegüter im überwiegenden Ausmaß von den gleichnamigen Branchen erzeugt. Der Maschinenbau ist etwa der größte Erzeuger von Maschinen, Eigenleistungen der investierenden Branchen machen einen nur sehr kleinen Teil des Aufkommens aus. Wir können deshalb die oben aufgeführten Gütergruppen mit den erzeugenden Branchen gleichsetzen.

Die genannten Branchen enthalten allerdings immer noch eine Reihe von Aktivitäten, die nichts mit der Erzeugung von Produktions- und Prozesstechnologien, wie wir sie in dieser Studie verstehen, zu tun haben. Wir haben deshalb auf Basis der Beschreibung der Tätigkeit in der österreichischen Systematik der Wirtschaftstätigkeiten ÖNACE 2003 (STATISTIK AUSTRIA 2003) all jene Abteilungen ausgesondert, die überwiegend keine Produktions- und Prozesstechnologien enthalten. Dazu gehörten etwa die Herstellung von Büromaschinen und Computern (NACE 30), die zum überwiegenden Teil außerhalb der Produktion in der Administration verwendet werden. Auch die Erzeuger von Metallerzeugnissen (NACE 28) werden ausgeschlossen, weil diese Abteilung ausschließlich die Herstellung „reiner“ Metallerzeugnisse (wie Bauelemente, Behälter und Konstruktionen) umfasst, die in der Regel statisch und unbeweglich sind. Außerdem sind die F&E-Ausgaben der in Frage kommenden

Gruppen sehr gering (vgl. Schiefer 2008), sodass der Schluss nahe liegt, dass in dieser Abteilung Technologien nur angewendet und nicht entwickelt werden. Wir haben auch die Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung (NACE 31) ausgeschlossen, weil viele der erzeugten Produkte keinen Bezug zu Produktions- und Prozesstechnologien aufweisen bzw. die Erzeuger vielfach die Elektrizitätswirtschaft bedienen.³ Ebenso fallen auf der Ebene der Gruppen einige Branchen weg, wie etwa die Erzeugung von landwirtschaftlichen Maschinen (NACE 29.3), Waffen und Munition (NACE 29.6), oder die Erzeugung von Uhren (NACE 33.5).

Übrig bleiben folgende drei Abteilungen, die zum überwiegenden Teil der Erzeugung von Produktions- und Prozesstechnologien zuzurechnen sind. Diese Branchen sind:

- Maschinenbau (NACE 29),
- Rundfunk-, Fernseh- u. Nachrichtentechnik (NACE 32),
- Medizin-, Mess- u. Regelungstechnik; Optik (NACE 33).

Die von uns eingeschlossenen Branchen enthalten damit auch zu einem großen Teil „Mikro- und Nanomanufacturing“, das sich vor allem an der Schnittstelle zwischen dem klassischen Maschinenbau und der Elektrotechnik befindet. Die Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) im Zusammenhang mit der Entwicklung von Produktions- und Prozesstechnologien (Bsp. Prozesssteuerungssoftware) ist nur so weit erfasst, als derartige Entwicklungen von den Unternehmen in diesen drei Branchen durchgeführt werden. Vermutlich sind auch einige wenige spezialisierte Unternehmen, die IKT-basierte Komponenten erzeugen im Sektor Büromaschinen vorhanden, der Anteil dieser ist insgesamt aber klein.

Auf der Ebene der NACE 3-Steller bilden folgende Gruppen die Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien wie sie diese Studie definiert:

3 Elektronikunternehmen, die Generatoren, Leuchten, elektronische Ausrüstung von Motoren oder Elektrizitätsschaltanlagen erzeugen, werden entsprechend nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien nach Branchen gegliedert inkl. Zahl der Unternehmen, Beschäftigte und Wertschöpfung, 2006

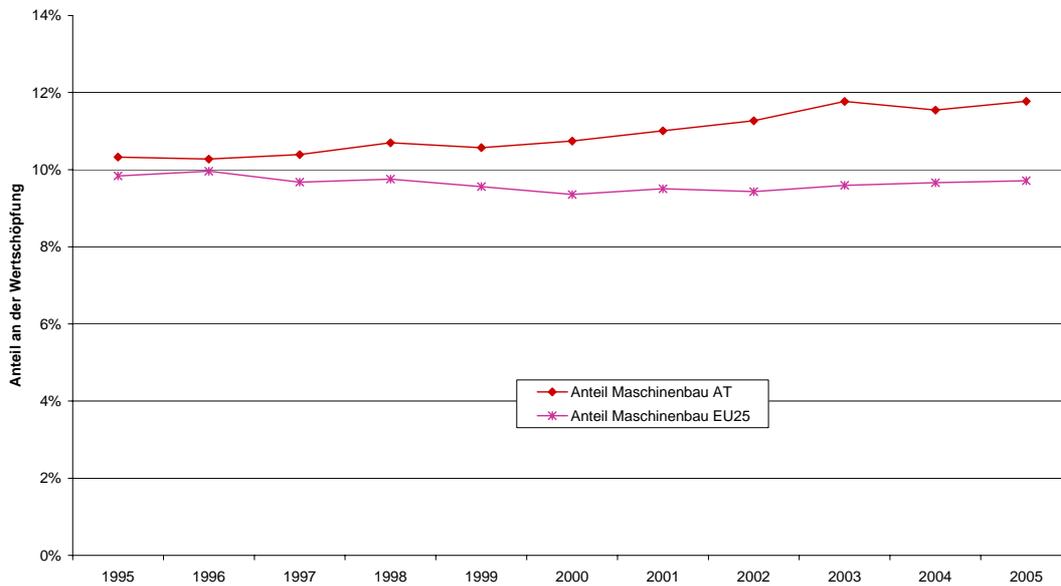
NACE	Bezeichnung	Unternehmen	Beschäftigte	Wertschöpfung 1.000 EUR
29.1	Herstellung von Masch.f.d.Erz.u.Nutz. v.mech.Energie	197	10.367	891.139
29.2	Herstellung v. sonst.Maschinen unspezif. Verwendung	704	23.293	1.755.865
29.4	Herstellung von Werkzeugmaschinen	208	7.346	523.583
29.5	Herstellung von Maschinen f.sonst.Wirtschaftszweige	575	27.720	2.181.463
32.2	Herstellung von nachrichtentechn. Geräten u. Einr.	99	12.736	1.496.302
33.2	Herstellung von Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	285	4.942	338.866
33.3	Herstellung von industr. Prozesssteuerungsanlagen	96	669	39.554
Summe		2.164	87.073	7.226.772
Sachgütererzeugung gesamt		28.712	624.394	44.700.539
Anteil Sachgüter		7,5%	13,9%	16,2%

Beschäftigte im Jahresdurchschnitt 2006 insgesamt; Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten in 1.000 EUR.
Quelle: STATISTIK AUSTRIA, Struktur- und Leistungserhebung 2006, eigene Recherche

Gemeinsam umfassen die in Tabelle 1 identifizierten Wirtschaftszweige 2006 etwa 2.100 Unternehmen und beschäftigen mehr als 87.000 Personen. Ihr Anteil an der österreichischen Sachgüterproduktion beträgt 14% der Beschäftigung und 16% der Wertschöpfung.

Im Weiteren ist es auch interessant, den Anteil der Wertschöpfung im Bereich der Produktions- und Prozesstechnologien mit anderen Ländern zu vergleichen. Auf Grund der in Europa nicht flächendeckend erhobenen statistischen Daten für unsere hier abgegrenzten Sektoren, soll hier exemplarisch nur der Sektor Maschinenbau (NACE 29) positioniert werden. Dieser weist zugleich den größten Anteil auf und kann als besonders charakteristisch angesehen werden. Ein Vergleich der Entwicklung der Wertschöpfung Österreichs zwischen 1995 und 2005 mit den EU-25 Ländern zeigt dabei, dass der Maschinenbausektor in Österreich überdurchschnittlich groß ist und dieser Anteil über den Zeitraum sogar noch zugenommen hat (vgl. Abbildung 1). Es kann hier entsprechend eine steigende Spezialisierung Österreichs konstatiert werden.

Abbildung 1: Anteil des Maschinenbaus an der Wertschöpfung der Sachgüterproduktion Österreichs im europäischen Vergleich



Quelle: EU-Klems-Datenbank, Release March 2008, eigene Berechnungen

Nachdem der Sektor abgrenzt ist, werden im Folgenden Daten zur F&E in diesem Bereich präsentiert.

2.2 Industrielle Forschung und Entwicklung zu Produktions- und Prozesstechnologien

Die im vorigen Kapitel präsentierten Zahlen zeigen die Bedeutung der Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien für Beschäftigung und Wertschöpfung in Österreich. 2006 umfassen diese Wirtschaftszweige etwa 14% der Beschäftigung und 16% der Wertschöpfung der österreichischen Sachgüterproduktion. Welche Bedeutung hat Forschung und Entwicklung (F&E) in diesen Branchen?

Um den Umfang der F&E-Aktivitäten der Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien genau zu bestimmen, wurden von STATISTIK AUSTRIA die Ergebnisse der F&E-Erhebung 2006 für die betreffenden Sektoren gesondert auf der Ebene von NACE 3-Stellern ausgewertet. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 2.

Tabelle 2: F&E-treibende Unternehmen, Ausgaben für F&E und F&E-Beschäftigte von Erzeugern von Produktions- und Prozesstechnologien, 2006

NACE	Bezeichnung	Unternehmen mit F&E	Ausgaben für F&E 1.000 EUR	F&E-Beschäftigte Personen
29.1	H. von Masch.f.d.Erz.u.Nutz. v.mech.Energie	32	102.223	974
29.2	H. v. sonst.Maschinen unspezif.Verwendung	74	73.664	912
29.4	H. von Werkzeugmaschinen	33	64.282	741
29.5	H. von Maschinen f.sonst.Wirtschaftszweige	120	192.650	2.029
32.2	H. von nachrichtentechn. Geräten u. Einr.	14	477.119	3.479
33.2	H. von Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	59	60.774	914
33.3	H. von industr. Prozesssteuerungsanlagen	5	3.764	81
Summe Produktions- und Prozesstechnologien		337	974.416	9.130
Sachgütererzeugung insgesamt		1.324	3.159.392	29.360
Unternehmenssektor insgesamt		2.335	4.020.184	40.408
Anteil Sachgüter		25,5%	30,8%	31,1%
Anteil Unternehmenssektor		14,4%	24,4%	22,5%

Quelle: STATISTIK AUSTRIA, F&E-Erhebung 2006

Die Ausgaben der Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien für F&E wie oben definiert machten 2006 etwa 1 Mrd. EUR aus. Der Hauptteil der Ausgaben findet sich bei den Erzeugern von nachrichtentechnischen Geräten und den Herstellern von Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige. Insgesamt entfallen auf die Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien rund 30% der F&E-Ausgaben und F&E-Beschäftigten der Sachgüterproduktion und rund ein Viertel der F&E-Ausgaben bzw. F&E-Beschäftigten des österreichischen Unternehmenssektors. Die Bedeutung des Sektors für F&E ist also wesentlich größer als für Beschäftigung.

Die Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien weisen im Branchenschnitt eine starke F&E-Orientierung auf. Die Unternehmen geben im Durchschnitt 13,5% der Wertschöpfung für F&E aus. 10,5% des Personals sind mit F&E beschäftigt. Die F&E-Intensität des gesamten Sektors Produktions- und Prozesstechnologien liegt weit über dem Durchschnitt der Sachgüterproduktion (Tabelle 3).

F&E-intensivster Teilbereich der Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien sind die Hersteller von nachrichtentechnischen Geräten. In dieser Branche ist mehr als ein Viertel des Personals in F&E tätig, die F&E-Ausgaben erreichen mehr als 30% der Wertschöpfung. Allerdings scheinen diese F&E-Ausgaben auf einige wenige Unternehmen konzentriert zu sein; nur 14% aller Unternehmen der Branche NACE 32.2 betreiben F&E-Aktivitäten. Im Vergleich dazu liegt der Anteil der forschenden Unternehmen unter den Herstellern von Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige bei mehr als 20%.

Tabelle 3: F&E-Intensität von Erzeugern von Produktions- und Prozesstechnologien, 2006

NACE	Bezeichnung	Anteil F&E-treibender Unternehmen	F&E-Personal in % der Beschäftigten	Ausgaben in % der Wertschöpfung
29.1	H. von Masch.f.d.Erz.u.Nutz. v.mech.Energie	16,2%	9,4%	11,5%
29.2	H. v. sonst.Maschinen unspezif.Verwendung	10,5%	3,9%	4,2%
29.4	H. von Werkzeugmaschinen	15,9%	10,1%	12,3%
29.5	H. von Maschinen f.sonst.Wirtschaftszweige	20,9%	7,3%	8,8%
32.2	H. von nachrichtentechn. Geräten u. Einr.	14,1%	27,3%	31,9%
33.2	H. von Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	20,7%	18,5%	17,9%
33.3	H. von industr. Prozesssteuerungsanlagen	5,2%	12,1%	9,5%
	Sektor Produktions- und Prozesstechnologien	15,6%	10,5%	13,5%
	Sachgütererzeugung insgesamt	4,6%	4,7%	7,1%

Quelle: STATISTIK AUSTRIA, F&E-Erhebung 2006, Struktur- und Leistungserhebung 2006

Neben den erzeugenden Branchen findet sich naturgemäß beträchtliche F&E-Aktivitäten zu Produktions- und Prozesstechnologien außerhalb der oben aufgelisteten Wirtschaftszweige, genauso wie die oben genannten Branchen F&E-Aktivitäten außerhalb der Produktions- und Prozesstechnologien unternehmen. Dafür gibt es zwei Gründe: erstens betreiben nicht nur die Erzeuger sondern auch die Anwender verschiedener Produktions- und Prozesstechnologien F&E-Aktivitäten um ihrer Technologien zu verbessern und zu optimieren. Genauso müssen die Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien die zugrunde liegenden Produkte und Produktionsprozesse ihrer Kunden verstehen und investieren deshalb in F&E außerhalb ihrer Kernkompetenzen. Zweitens haben einige Technologien den Charakter von ‚generischen‘ Technologien oder ‚general purpose‘-Technologien (Helpman 1998; Lipsey *et al.* 2005), die in einer Reihe von Branchen Anwendung finden können. Beispiele dafür sind eine Reihe von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). IKT-bezogene F&E (Bsp. Softwareentwicklung) findet sich in beinahe allen Branchen der Sachgüterproduktion und des Dienstleistungssektors.

Statistik Austria hat in der F&E-Erhebung 2006 die Ausgaben für Forschung und Entwicklung nicht nur nach Wirtschaftszweigen (z. B. Maschinenbau), sondern auch nach Produktgruppen (z. B. Maschinen, Software) erhoben. Diese Daten erlauben es, auch die ‚nicht-charakteristische‘ F&E-Aktivität, also etwa die F&E-Aktivitäten von Maschinenbauern im Bereich Software zu erfassen.

Wenngleich die Daten dieser Statistik nicht in dem Detaillierungsgrad vorliegen wie in den vorigen Tabellen verwendet wurde, ermöglicht eine derartige Analyse zu illustrieren, wie viel F&E im Bereich Produktions- und Prozesstechnologien außerhalb der oben definierten Branchen durchgeführt wird. Wir haben die Abteilungen so weit wie möglich eingeschränkt, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die Produzenten von Produktions- und Prozesstechnologien umfassen im Folgenden die gesamten drei NACE-Abteilungen Maschinenbau (NACE 29), Rundfunk-, Fernseh- u. Nachrichtentechnik ohne elektronische Bauelemente (NACE 32 ohne 32.1) und Medizin-, Mess- u. Regelungstechnik; Optik ohne Medizintechnik (NACE 33 ohne 33.1).

Die Ergebnisse von Statistik Austria zeigen, dass die F&E-Ausgaben für Produktions- und Prozesstechnologien nach Branchen auf Ebene der NACE 2-Steller jene nach Produktgruppen leicht übersteigen (1 Mrd vs. 900 Mio EUR).⁴ Der Grund dafür sind umfangreiche ‚nicht-charakteristische‘ F&E-Aktivitäten außerhalb der eigenen Fachgebiete. So entfällt von den F&E-Ausgaben der Unternehmen des Maschinenbaus (433 Mio. EUR) 67 Mio. auf F&E im Bereich Automobilbau und 12 Mio. auf F&E im Bereich Elektrizitätserzeugung. Beides sind die Kernkompetenzen zweier wichtiger Kundengruppen des Maschinenbaus; Wissen in diesen Bereichen ist Voraussetzung dafür, Maschinen an diese Branchen liefern zu können. Ähnliches findet sich auch bei den Erzeugern von Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik, die umfangreiche F&E im Breichen wie Maschinenbau, Software, Elektrotechnik oder Medizintechnik betreiben. F&E zu Produktions- und Prozesstechnologien außerhalb des Sektors betreiben außerdem Nutzer dieser Technologien wie der Automobilbau sowie technische Büros und Anbieter von kommerziellen F&E-Dienstleistungen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, wie sich F&E-Ausgaben zu Produktions- und Prozesstechnologien zwischen den Produktions- und Prozesstechnologien produzierenden Branchen und anderen Teilen des Unternehmenssektors verteilen. Die Tabelle illustriert damit, in welchem Ausmaß in einer Branche Produkte der eigenen Branche erforscht und entwickelt werden und in welchem Ausmaß an branchenfremden Produkten geforscht und entwickelt wird.

In der Spalte „Gesamte F&E-Ausgaben“ finden sich die F&E-Ausgaben der österreichischen Wirtschaft nach Produktgruppe für jede der drei Teilbereiche der Produktions- und Prozesstechnologien. Insgesamt werden zu Maschinen in *allen* Branchen F&E-Aufwendungen im Umfang von 475 Mio. EUR geleistet. Die mittlere Spalte zeigt den Anteil dieser Ausgaben, die bei den Erzeugern von Produktions- und Prozesstechnologien aufgebracht werden. Die rechte Spalte schließlich zeigt die Höhe dieser Ausgaben im *charakteristischen Sektor*. Im Falle von Maschinen ist dies der Maschinenbau. Von den 475 Mio. EUR F&E-Aufwendungen zu Maschinen entfallen 315 Mio. EUR oder 66% auf den Maschinenbau. Anders ausgedrückt finden ein Drittel der F&E-Aktivitäten zu Maschinen *außerhalb* des Maschinenbaus statt. Diese Aktivitäten finden sich in Anwenderbranchen oder bei externen technischen Büros oder F&E-Dienstleistern. Sie umfassen auch F&E-Aktivitäten von Unternehmen, die akquirierte Produktionstechnologien an die eigenen Erfordernisse anpassen (Adaption einer Maschine; inkrementelle Prozessinnovationen).

Tabelle 4: F&E-Ausgaben für Produktions- und Prozesstechnologien nach Produktgruppen, 2006, in 1.000 EUR

	Gesamte F&E-Ausgaben in allen Sektoren 1.000 EUR	davon im Bereich Produktions- und Prozesstechnologien 1.000 EUR	davon im charakteristischen Sektor 1.000 EUR
Maschinen	475.787	358.580	315.463
Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik ohne elektr. Bauelemente	325.027	309.518	307.650
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik ohne Medizintechnik	115.976	56.327	52.504

PPT: Produktions- und Prozesstechnologien (NACE 29, 32 und 33). Quelle: STATISTIK AUSTRIA, F&E-Erhebung 2006, eigene Berechnungen

⁴ Damit kann gefolgert werden, dass Unternehmen im selben Umfang branchenfremde F&E betreiben, wie in anderen Branchen F&E für die eigene Branche durchgeführt wird.

Eine weitere interessante Frage im Kontext der Analyse der Bedeutung von Produktions- und Prozesstechnologien ist jene nach dem Ausmaß der F&E, die bei den Anwendern neuer Produktionstechnologien für Prozessinnovationen durchgeführt werden. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Anwender im produzierenden Sektor einen nicht unerheblichen Anteil ihrer F&E für Prozessinnovationen im Betrieb, etwa die Anpassung an die betrieblichen Besonderheiten neu angeschaffter Produktionstechnologien und deren laufende Optimierung, aufwenden. Statistik Austria differenziert zwar F&E-Aufwendungen zwischen Grundlagenforschung, Angewandeter Forschung und Experimenteller Entwicklung, befragt die Unternehmen jedoch nicht, ob F&E primär für die Entwicklung neuer Produkte oder die Verbesserung des Produktionsprozesses durchgeführt wird. Damit kann eine derartige Quantifizierung der F&E-Aktivitäten nicht durchgeführt werden. Traditionell spielen in der österreichischen Industrie Prozessinnovationen jedoch eine vergleichsweise hohe Rolle, wie der Community Innovation Survey regelmäßig zeigt.

Der Community Innovation Survey (CIS) erlaubt es insgesamt zu analysieren, ob sich diese relativ hohen F&E-Aufwendungen auch im Innovationsoutput widerspiegeln. Genauere Daten für die von uns abgegrenzten Sektoren liegen in diesem Zusammenhang zwar nicht vor, der Maschinenbau (NACE 29) wird jedoch separat in den Statistiken ausgewiesen und kann als guter Repräsentant für unseren Bereich betrachtet werden. Die Auswertungen der Statistik Austria (2008) zeigen dabei, dass der Maschinenbau die innovativste Branche Österreichs ist, wird der Umsatzanteil mit Produktinnovationen als Indikator herangezogen, und steht hier bei 30% liegt. An der zweiten Stelle folgen der Fahrzeugbau (NACE 34-35) und Büromaschinen, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik (NACE 30-33) mit jeweils 25%. In letzteren sind ebenfalls einige Subsektoren zu finden, die in dieser Studie als relevant für Produktionsforschung erachtet wurden. Auch was den Anteil der Unternehmen betrifft, die innovationsaktiv sind, liegt der Maschinenbau mit 70% aller Unternehmen im Spitzfeld. Dass viele Entwicklungen hier kundenspezifisch durchgeführt werden und damit andere Voraussetzungen vorliegen, als etwa in der Metallindustrie oder der Lebensmittelindustrie, muss hier gewiss berücksichtigt werden und erklärt ebenfalls die sehr hohe Innovationsrate.

Was den Innovationstyp betrifft, setzt der Maschinenbau sowohl auf Produkt- als auch Prozessinnovationen. In beiden Kategorien gehört er zu den vier innovativsten produzierenden Sektoren. 55% der Unternehmen haben etwa zwischen 2004 und 2006 eine Produktinnovation umgesetzt, 53% haben eine Prozessinnovation realisiert. Der Durchschnitt über alle Branchen liegt hier im Vergleich bei 23% und 39%. Auch bei den Marktneuheiten, die als Indikator für die Innovationshöhe liegt, kann der Maschinenbau punkten. Bei immerhin 80% der eingeführten Produktinnovationen handelte es sich laut Angaben der Unternehmen um eine Marktneuheit. Damit nimmt der Sektor hinter der Chemischen Industrie die zweite Position in Österreich ein. Auch der Zweig Büromaschinen, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik (NACE 30-33), in dem sich einige Subsektoren befinden, die wir abgegrenzt haben, ist der Anteil der Marktneuheiten mit insgesamt 39% sehr hoch. Insgesamt können die von uns identifizierten Sektoren, die F&E zu Produktions- und Prozesstechnologien durchführen daher als überdurchschnittlich innovativ betrachtet werden.

Abschließend können die 15 größten Unternehmen (nach Beschäftigten) in den hier definierten Sektoren auf Basis des „Trend 500 Rankings“ aus 2008 angeführt werden:

Tabelle 5: Die 15 bedeutendsten Unternehmen in Österreich, die Produktions- und Prozesstechnologien entwickeln

	Anzahl Beschäftigte gesamt	F&E-Beschäftigte gesamt	F&E-Beschäftigte im Bereich Produktions- und Prozesstechnologien ⁵
Siemens Gruppe Österreich	30.000	2.700 ⁶	1.200 ⁷
Andritz AG	12.000	300	300 ⁸
A-Tec-Industries	13.000	350	300 ⁹
Fronius International GmbH	2.200	270	250 ¹⁰
Hoerbiger Kompressortechnik Holding GmbH	6.400	250	220 ¹¹
Engel Ludwig AG	3.700	200 ¹²	200
Infineon Technologies Austria AG	2.900	1000	200 ¹³
Bernecker + Rainer Industrie-Elektronik GmbH	1.700	200	150
SEZ AG	880	180	180
MCE AG	6.600	100	100
Voith Paper GmbH	1.000	80	80
austriamicrosystems AG	1100	300	60 ¹⁴
Lisec GmbH	1.500	60	60
Starlinger Gruppe	1.000	60	60
Greiner Holding AG	7.800	60	60 ¹⁵

5 Entsprechender Anteil am gesamten F&E-Personal auf Basis der Geschäftstätigkeiten des gesamten Unternehmens im Bereich Manufacturing.

6 F&E-Mitarbeiter der Siemens AG Österreich laut Geschäftsbericht, ohne verbundene Unternehmen (Gruppe).

7 Angaben aus dem Geschäftsbericht 2008 sowie eigene Hochschätzung. Der Bereich Manufacturing der Siemens Gruppe Österreich umfasst vor allem die Tätigkeiten der Siemens VAI Metals Technologies (ehemaliger VA Industrieanlagenbau der VA Tech), Siemens Industrial Manufacturing, Engineering and Applications (SIMEA), Industrie Solutions (I IS) und Industry Automation and Drive Technologies (I IA&DT).

8 Quelle: Annual Report 2009

9 Quelle: Homepage und Geschäftsberichte der Gesellschaften. Umfasst die F&E-Tätigkeiten der Gesellschaften EMCO, ATB und DST, für die jeweils auf Basis der F&E-Quote die Anzahl der F&E-Mitarbeiter geschätzt wurde.

10 Abgeschätzt auf Basis des Umsatzanteils, der im Bereich Schweißtechnik erbracht wird.

11 Hochrechnung auf Basis der F&E-Quote, bereinigt um den Anteil des Geschäfts, der mit der Automotive Industry gemacht wird.

12 Auf Basis der F&E-Quote, für die die Anzahl der Mitarbeiter hochgerechnet wurde.

13 Laut Angaben des Geschäftsberichts 2008 macht der Umsatz der Division „Industrial und Multimarket“ rund 30%, der dabei aber auch Anwendungen für private Anwender (Haushaltselektronik) sowie Medizintechnik umfasst; Annahme: 20% des gesamten Umsatzes (und der F&E) werden für die Industrie durchgeführt.

14 Annahme auf Basis der Informationen aus dem Geschäftsbericht: 20% des Geschäfts/F&E erfolgen im Markt Industry.

15 Umfasst den Unternehmensverbund Greiner Tool.Tec (gesamt 1.400 Beschäftigte).

2.3 Forschung und Entwicklung zu Produktions- und Prozesstechnologien im universitären und außeruniversitären Bereich

Nachdem eine Erfassung der F&E-Aktivitäten im Unternehmensbereich vorgenommen wurde, werden im Folgenden die F&E-Aktivitäten im universitären und außeruniversitären Bereich dargestellt.

Die Statistik Austria erhebt keine F&E-Daten, die über die 1-stellige Wissenschaftsklassifikation (Bsp. Technische Wissenschaften, Sozialwissenschaften, etc.) hinausgeht und eine genauere Erfassung des Bereichs Manufacturing ermöglicht. Daher wurden hier die wichtigsten Fakultäten und Institute auf Basis öffentlich publizierter Informationen recherchiert. Neben Universitäten und der Akademie der Wissenschaften finden sich auch die außeruniversitären Forschungseinrichtungen und private gemeinnützige Forschungsgesellschaften.¹⁶ Zunehmend führen auch Fachhochschulen F&E durch, die im Rahmen von Studiengängen zu Automatisierungstechnik, Mechatronik, High Tech Manufacturing und dgl. F&E-Projekte abwickeln.¹⁷

Es gilt auch, für diese Analyse eine entsprechende Abgrenzung zu finden, um F&E im Bereich Produktions- und Prozesstechnologien zu identifizieren. Während dies bei angewandeter F&E einfacher ist, gestaltet sich dies bei grundlagenorientierteren Themen oder Querschnittsthemen wie Sensortechnologie, Informationssysteme oder Materialphysik schwieriger, da Ergebnisse derartiger F&E-Aktivitäten für viele Anwendungen nutzbar gemacht werden können. Es wurde ein breiteres Verständnis des F&E-Prozesses zugrunde gelegt und die Anzahl der Beschäftigten bei relevanten Instituten vollständig gezählt, auch wenn mitunter Aktivitäten durchgeführt werden, die sich nicht ausschließlich mit Fragen der Produktion befassen. Auch existieren innerhalb von größeren recherchierten Organisationseinheiten wie Fakultäten oder Departments einzelne kleinere Institute oder Abteilungen, die sich nicht unmittelbar mit Fragen der Produktion beschäftigen (Bsp. Energiewirtschaft) und nicht herausgerechnet wurden. Nicht erfasst wurden Arbeiten in den Natur- und Formalwissenschaften (Bsp. Physik, Mathematik), die jedoch zweifelsohne Grundlagen zur Entwicklung von Produktionstechnologien oder Lösung spezifischer Probleme liefern können.

Die wichtigsten F&E-Institutionen inkl. einer groben Erfassung der Beschäftigten (inkl. Drittmittel-Finanzierte)¹⁸, die für den Bereich Produktions- und Prozesstechnologien relevant sind, finden sich in folgender Tabelle:

16 Letzterer Bereich wird von der Statistik Austria in Österreich im Sektor Forschung und Entwicklung (NACE 73) erfasst. In diesem Sektor wurden 2006 in den drei Produktgruppen Maschinenbau, Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik sowie Mess-, Steuer-, und Regelungstechnik 9.460.- Tsd Euro in F&E investiert.

17 Die FH OÖ hat dazu etwa eine eigene Gesellschaft gegründet (FH OÖ Forschungs- und Entwicklungs GmbH), das FH Voralberg das Forschungszentrum Prozess- und Produkt-Engineering aufgebaut.

18 Nicht immer explizit ausgewiesen oder unterschieden wird zwischen Wissenschaftl. Personal und Administr. Personal, ebenso wenig zwischen Angestellten und freien Dienstnehmern bzw. Drittmittel-finanzierten Forschern. Bei einigen Institutionen wurde eine Durchschnittsgröße für eine Einheit zugrunde gelegt und so die Gesamtzahl hochgerechnet.

Tabelle 6: Nicht-Industrielle F&E-Einrichtungen

		F&E-Beschäftigte
Universitäten und Fachhochschulen		
<p>Technische Universität Wien¹⁹</p> <p>Fakultät für Maschinenbau und Betriebswissenschaften Institut für Thermodynamik und Energiewandlung Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau Institut für Leichtbau und Struktur-Biomechanik Institut für Strömungsmechanik und Wärmeübertragung Institut für Mechanik und Mechatronik Institut für Managementwissenschaften</p> <p>Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Institut für Elektrische Mess- und Schaltungstechnik Institut für Mikroelektronik Institut für Festkörperelektronik Institut für Sensor- und Aktuatorssysteme Institut für Elektrische Antriebe und Maschinen Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik Institut für Computertechnik Institut für Photonik Institut für Breitbandkommunikation Institut für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik Zentrum für Mikro- und Nanostrukturen</p>	<p>378</p> <p>475</p>	<p>853</p>
<p>Technische Universität Graz²⁰</p> <p>Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften Institute of Production Science and Management Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie Institut für Fahrzeugsicherheit Institut für Fahrzeugtechnik Institut für Fertigungstechnik Institut für Festigkeitslehre Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung Institut für Leichtbau Institut für Maschinenbau- und Betriebsinformatik Institut für Maschinenelemente und Entwicklungsmethodik Institut für Mechanik Institut für Strömungslehre und Wärmeübertragung Institut für Technische Logistik Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik Institut für Unternehmungsführung und Organisation Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik Institut für Wärmetechnik Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik</p>	<p>175</p>	<p>513</p>

19 Quelle: Personalstatistik der Technischen Universität Wien (www.tu-wien.ac.at), Wissenschaftliches Personal (ohne allgemeines Personal, ohne Lehrlinge).

20 Quelle: Facts&Figures 2007, TU Graz, Annahme: Quote des Wissenschaftlichen Personals am Gesamtpersonal, das für die Gesamtuniversität ausgewiesen wurde (61%) wurde für die Abschätzung des Personals pro Institut herangezogen.

Institut für Elektrische Messtechnik Institut für Maschinenlehre und hydraulische Antriebstechnik Institut für Mikroelektronik und Mikrosensorik Institut für Nachrichtentechnik/Informationstechnik Institut für Rechnergestützte Methoden im Maschinenbau Institut für Regelungstechnik und Prozessautomatisierung Institut für Robotik Institut für Strömungslehre und Wärmeübertragung Institut für Technische Mechanik		
Universität für Bodenkultur²³		130
Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik	130	
Fachhochschule²⁴		132
FH Wels Campus 02 FH der Wirtschaft FH Joanneum FH Technikum Wien FH Campus Wien FH Technikum Kärnten FH Vorarlberg Management Center Innsbruck FH Steyr FH Wiener Neustadt FH Hagenberg		
Außeruniversitäre Einrichtungen		
Akademie der Wissenschaften²⁵		35
Erich-Schmid-Institut für Materialwissenschaft	35	
Austrian Cooperative Research (ACR)²⁶		290
HFA - Holzforschung Austria	75	
ÖGI - Österreichisches Gießerei-Institut	35	
ofi - Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik	140	
SZA - Schweißtechnische Zentralanstalt	40	
Austrian Research Centers		67
Bereich Nano-Systemtechnologien	27	
Leichtmetall-Kompetenzzentrum	40	
Joanneum Research²⁷		112
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme	40	
Institut für Digitale Bildverarbeitung	12	
Institut für Chemische Prozessverarbeitung und -kontrolle	30	
Institut für Nanostrukturierte Materialien und Photonik	15	
Laserzentrum Leoben	15	
Kompetenzzentren²⁸		410 ²⁹

23 Quelle: Homepage des Departments: www.boku.ac.at

24 Quelle: Homepages der Fachhochschulen, Abschätzung der F&E-MitarbeiterInnen

25 Quelle: Homepage der Akademie: www.oeaw.ac.at

26 Quelle: Homepage der ACR, www.acr.at

27 Quelle: Homepages der Institute, Geschäftsbericht 2008.

28 Quelle: www.ffg.at, Homepages der Zentren

29 Laut Angaben der FFG ist der geplante Beschäftigungszahl für alle Kompetenzzentren bis 2011 470.

ACCM - Austrian Center of Competence of Mechatronics, Linz	90	
IMPPE - Integrated Research in Materials, Processing and Product Engineering, Leoben	70	
CEST - Centre of Excellence in Electrochemical Surface Technology and Materials, Wr. Neustadt	45	
CTR - CTR Carinthian Tech Research AG, Villach	45	
K1-MET - Competence Center for excellent Technologies in Advanced Metallurgical and Environmental Process Development, Linz	25	
SCCH - Software Competence Center Hagenberg, Hagenberg	60	
Wood COMET, Linz	60	
ECV - Embedded Computer Vision, Wien	15	
Christian Doppler Labors³⁰		180
Advanced Hard Coatings, MU Leoben	17	
Betriebsfestigkeit, MU Leoben	24	
Embedded Software Systems, Universität Salzburg	6	
Ferroische Materialien, TU Wien	8	
Laser - Assistierte Diagnostik, Uni Linz	7	
Lokale Analyse von Verformung und Bruch, MU Leoben	12	
Metallurgische Grundlagen von Stranggießprozessen, MU Leoben	7	
Multi-Phase Modelling of Metallurgical Processes, MU Leoben	12	
Neuartige Funktionalisierte Materialien, TU Graz	7	
Oberflächen- und Grenzflächenanalytik, TU Wien	7	
Sekundärmetallurgie der Nichteisenmetalle, MU Leoben	12	
Technologie-CAD in der Mikroelektronik, TU Wien	10	
Werkstoffmechanik von Hochleistungslegierungen, TU München	17	
Werkstoffmodellierung und Simulation, MU Leoben	23	
Automated Softwareengineering	11	
Profactor³¹		80
Gesamt		3152

2.4 Resümee

Zusammenfassend zeigen die Daten zu F&E-Ausgaben und F&E-Personal im Bereich Produktions- und Prozesstechnologien, dass:

- die Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien einen beträchtlichen Teil der F&E-Ausgaben des österreichischen Unternehmenssektors aufbringen,
- Produktions- und Prozesstechnologien ein sehr F&E-orientierter Sektor der heimischen Wirtschaft mit überdurchschnittlich viel forschenden Unternehmen und hoher F&E-Intensität ist,
- die Ausgaben der Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien für F&E wie oben definiert in 2006 etwa 1 Mrd. EUR betragen,
- insgesamt rund 30% der F&E-Ausgaben und F&E-Beschäftigten der Sachgüterproduktion und rund ein Viertel der F&E-Ausgaben bzw. F&E-Beschäftigten des österreichischen Unternehmenssektors auf die Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien entfallen,

³⁰ Quelle: Zahlen zur Verfügung gestellt von der Christian Doppler Forschungsgesellschaft

³¹ Geschäftsbericht 2008, Homepage: www.profactor.at

- Forschung zu Produktions- und Prozesstechnologien über den Sektor hinaus auch in Anwenderbranchen wie der Automobilindustrie oder bei spezialisierten Dienstleistern wie technischen Büros stattfindet³²,
- auch die Kompetenzen der Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien breit gefächert sind und auch Anwendungsbereiche von Produktions- und Prozesstechnologien einschließen müssen.
- die Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien rund 9.000 Beschäftigte im F&E-Bereich aufweisen,
- sich die hohen F&E-Aufwendungen auch beim Innovationsoutput wieder finden und die Unternehmen zu den innovativsten Unternehmen Österreichs gehören,
- die Innovationsbarrieren im Sektor Maschinenbau (als wichtiger Repräsentant) des Bereichs Produktions- und Prozesstechnologien vor allem beim Mangel an qualifiziertem Personal liegen während marktbezogene Faktoren und Finanzierung eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen,
- sich im Bereich der universitären und außeruniversitären Forschungslandschaft rund 3150 Personen mit der Entwicklung oder Verbesserung von neuen Produktionstechnologien befassen bzw. dazu wissenschaftliche Grundlagen liefern.

3 Die technologische Spezialisierung Österreichs in Produktions- und Prozesstechnologien

Ausgehend von der Sektorabgrenzung können Produktions- und Prozesstechnologien auch nach Patentenaktivitäten charakterisiert werden. Dazu werden Patentdaten des europäischen Patentamts genutzt und all diejenigen Patente identifiziert, die technologisch den von uns definierten Branchen zugeordnet werden können.³³

Die technologische Spezialisierung Österreichs innerhalb der Produktions- und Prozesstechnologien kann mit der Hilfe von Patentdaten gemessen werden. Vorteil der Verwendung von Patentdaten ist unter anderem die gute Datenlage. Es ist ein Vergleich über mehrere Jahre hinweg möglich und es können auch unterschiedliche Technologien einfach verglichen werden. Patente erfassen technologische Erfindungen und verfügen über eine einheitliche Klassifizierung, den IPC-Code. Bei der Verwendung von Patentdaten sind jedoch auch einige Einschränkungen zu berücksichtigen: So hängt die Patentierung sehr stark von der Branche bzw. dem Technologiefeld ab und auch der wirtschaftliche Nutzen von Patenten ist höchst unterschiedlich. Weiters werden in bestimmten Branchen andere Methoden zum Schutz des geistigen Eigentums, zum Beispiel Verschwiegenheit, als wirksameres Mittel im Vergleich zum Patentschutz angesehen.

Zur Anwendung kommen die von der OECD aufbereiteten Patentdaten des Europäischen Patentamts (EPO). Unter österreichischen Patenten werden Patente mit einem österreichischen Erfinder verstanden, unabhängig vom Land des Eigentümers des Patents. Erfindungen ausländischer Unternehmen in Österreich werden somit als österreichische Erfindungen gewertet. Als Referenzzeitpunkt wird das Anmeldedatum, nicht das Datum der Patenterteilung, verwendet, da dieses auf Grund der

³² Eine genauere Quantifizierung der F&E-Aufwendungen bei den Anwendern (für Prozessinnovationen) kann jedoch auf Basis der aktuell zur Verfügung stehenden F&E-Daten nicht vorgenommen werden.

³³ Ein Patent verfügt unter anderem über die folgenden in diesem Zusammenhang relevanten Informationen: 1) Länderangaben zu Erfinder und Eigentümer des Patents, 2) Zeitpunkt der Patentanmeldung und der Patenterteilung, und 3) International Patent Classification Code (IPC Code), mit dessen Hilfe ein Patent einer bestimmten Technologie zugeordnet werden kann.

mitunter mehrjährigen Dauer zwischen Anmeldung und Erteilung deutlich näher am Zeitpunkt der Erfindung liegt. Dadurch sind allerdings nur Daten bis zum Jahr 2005 verfügbar. Weiters kommen „fractional counts“ zur Anwendung, ein Patent mit mehreren Erfindern aus verschiedenen Ländern wird anteilig auf die Länder aufgeteilt.

Mit Hilfe einer Konkordanztabelle (siehe Anhang) können Patente über deren IPC Code so genannten technologischen Feldern zugeordnet werden, die in ihrer Systematik der NACE Klassifizierung entsprechen. Es ist jedoch zu beachten, dass Patente in einem bestimmten Technologiefeld nicht nur von Unternehmen aus dem namensgleichen Industriesektor angemeldet werden und Unternehmen in einen Wirtschaftssektor nicht ausschließlich Patente im namensgleichen Technologiefeld anmelden. Eine Übersicht über die sieben Technologiefelder im Bereich der Produktions- und Prozesstechnologien liefert Tabelle 7.

Tabelle 7: Patente in Produktions- und Prozesstechnologien, gegliedert nach Technologiefeldern, 2003-2005

Technologiefeld	Anzahl IPC Klassen	Patente	Anteil
Masch.f.d.Erz.u.Nutz. v.mech.Energie	19	146	3,5%
sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung	34	205	4,9%
Werkzeugmaschinen	24	162	3,9%
Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	80	292	7,0%
nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen	20	188	4,5%
Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumente	13	154	3,7%
industrielle Prozesssteuerungsanlagen	4	33	0,8%
Summe Produktions- und Prozesstechnologien	194	1.180	28,2%
Summe alle Technologien	631	4.187	100%
Anteil Produktions- und Prozesstechnologien	30,7%	28,2%	

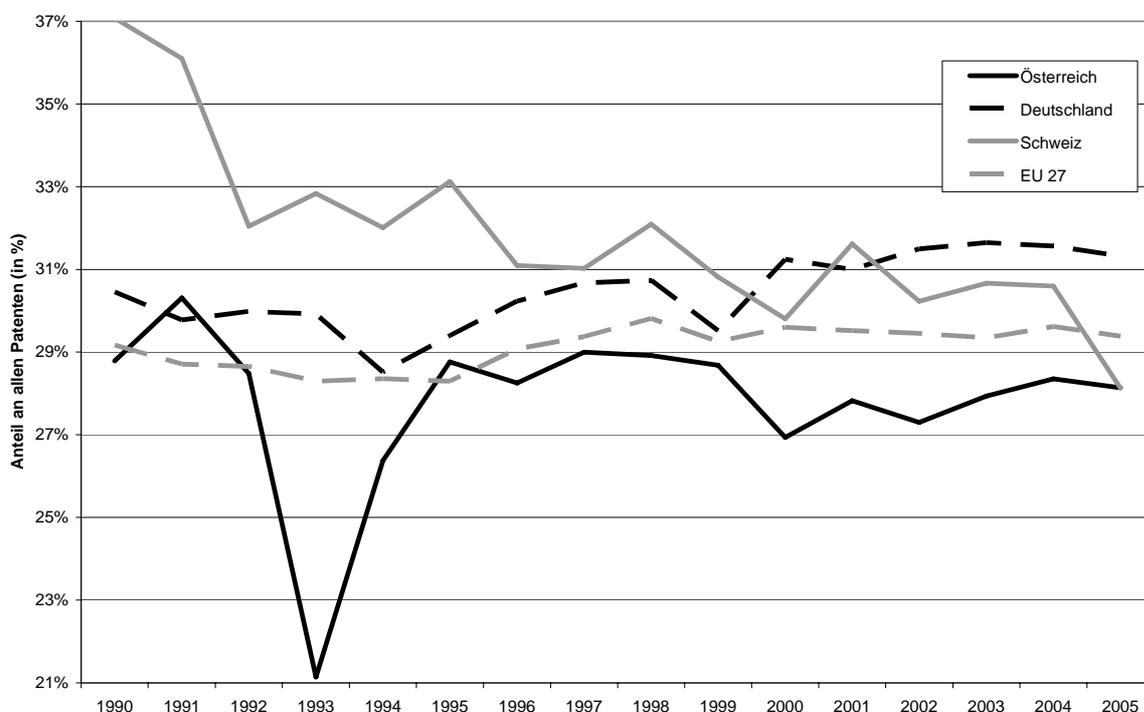
Quelle: durch die OEDC aufbereitete EPO Patente, eigene Berechnung

Insgesamt können 194 Patenklassen (IPC-3-Steller) unseren 7 technologischen Feldern, d.h. unseren 7 Branchen zugeordnet werden. Gemeinsam umfassen die Produktions- und Prozesstechnologienpatente über 28% aller österreichischen Patente im Zeitraum von 2003 bis 2005, das sind in etwa 400 Patente pro Jahr. Zur Erinnerung, der F&E-Anteil des Bereichs Produktions- und Prozesstechnologien macht rund 24% der F&E-Aufwendungen des gesamten Unternehmenssektors aus.

3.1 Patentierungsaktivitäten in Österreich im internationalen Vergleich

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung des Anteils der Patente im Bereich der Produktions- und Prozesstechnologien an allen Patenten im Zeitverlauf für Österreich, Deutschland, die Schweiz und die EU 27. Es zeigt sich, dass der Anteil in Österreich seit 1994 annähernd konstant bei Werten zwischen 27 und 29% liegt und sich damit knapp unter dem Wert der EU mit 29 bis 30% in den letzten Jahren befindet. Während in Deutschland der Anteil der Produktions- und Prozesstechnologien am Gesamtpatentaufkommen in der Schweiz. Der auffällige kurzfristige Einbruch beim Anteil im Jahr 1993 ist bei einem Blick auf die absoluten Zahlen weit weniger dramatisch als er auf den ersten Blick wirkt, die Zahl der Produktions- und Prozesstechnologiepatente ging um 37 Stück zurück während gleichzeitig die Gesamtzahl leicht anstieg.

Abbildung 2: Anteil der Patente in Produktions- und Prozesstechnologien am Gesamtpatentaufkommen von 1990 bis 2005 in Österreich, Deutschland, der Schweiz und EU 27

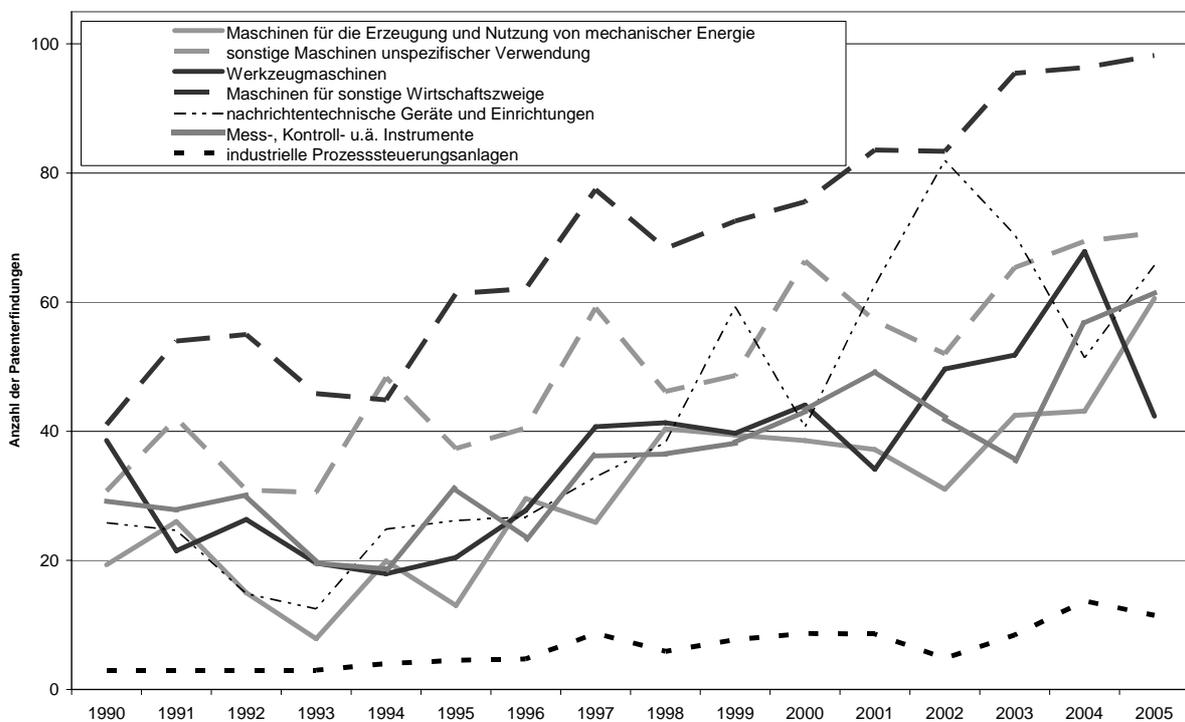


Quelle: durch die OECD aufbereitete EPO Patente, eigene Berechnung

Eine Stagnation der Patentanteile in Produktions- und Prozesstechnologien darf auf Grund des Anstieges am Gesamtpatentaufkommen im selben Zeitraum jedoch nicht als absoluter Rückgang bei der Patentaktivität im Bereich der Produktions- und Prozesstechnologien missverstanden werden. Absolut gesehen erhöhte sich die Anzahl der Patente in den Produktions- und Prozesstechnologien in Österreich von unter 200 pro Jahr in den frühen 1990er Jahren auf 410 im Jahr 2005. Der Anstieg des Patentaufkommens in den Produktions- und Prozesstechnologien verlief in ähnlicher Weise wie der des gesamten österreichischen Patentaufkommens.

Dieser Anstieg wird auch beim Blick auf die Entwicklung der sieben Technologiefelder innerhalb der Produktions- und Prozesstechnologien (siehe Abbildung 3) klar ersichtlich. Im Zeitraum von 1990 bis 2005 ist in allen Technologiefeldern ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Die größte absolute Bedeutung hat über den gesamten Zeitverlauf das Feld „Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige“, die sich von rund 50 pro Jahr Anfang der 1990er auf 97 im Durchschnitt der Jahre 2003 bis 2005 erhöht hat. Das zweitgrößte Technologiefeld ist „sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung“ mit einer annähernden Verdoppelung der Patente pro Jahr seit den frühen 1990ern. An dritter Stelle folgen die „nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen“, mit 63 Patenten im Durchschnitt der Jahre 2003 bis 2005 kam es hier zu mehr als einer Verdreifung im Vergleich zu den frühen 1990ern. Die mit 54 (Werkzeugmaschinen), 51 („Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten“) bzw. 49 („Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie“) Patenten pro Jahr im Durchschnitt des Zeitraums 2003 bis 2005 folgenden Technologiefelder weisen ebenso etwa eine Verdreifung seit den frühen 1990ern auf. Auch die Entwicklung im Betrachtungszeitraum verlief sehr ähnlich. Auf deutlich niedrigerem Niveau bewegen sich die Patentanmeldungen pro Jahr bei den „industriellen Prozessteuerungsanlagen“ mit zuletzt guten 10 Patenten pro Jahr. Auch hier kam es zu einem deutlichen Anstieg im Zeitverlauf.

Abbildung 3: Zahl der Patenterfindungen je Technologiefeld, 1990 bis 2005



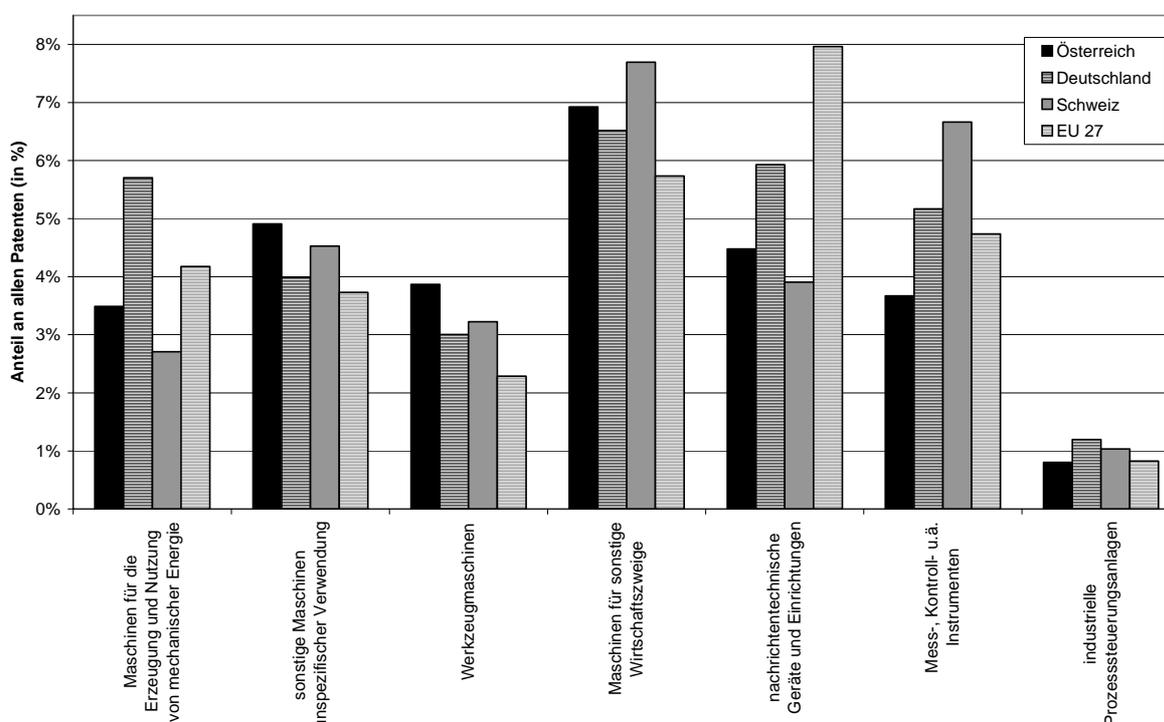
Quelle: durch die OEDC aufbereitete EPO Patente, eigene Berechnung

Die absolute Zahl der Patenterfindungen pro Technologiefeld und Jahr lässt aber noch keine Aussagen über die technologische Spezialisierung Österreichs zu. Dazu ist es notwendig, den Anteil der Technologiefelder am Patentaufkommen in Österreich mit dem entsprechenden Wert in anderen Ländern bzw. der gesamten Europäischen Union zu vergleichen. Hat ein Technologiefeld in Österreich einen (deutlich) höheren Anteil am Gesamtpatentaufkommen der EU, kann von einer höheren Spezialisierung Österreichs in diesem Technologiefeld gesprochen werden. Betrachtet wird hierbei der Zeitraum von 2003 bis 2005 (siehe Abbildung 4).

Beim Vergleich mit Deutschland, der Schweiz und der Europäischen Union lassen sich zwei Technologiefelder mit einer deutlich überdurchschnittlichen Spezialisierung Österreichs identifizieren: „Werkzeugmaschinen“ und „sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung“.

„Werkzeugmaschinen“ haben in Österreich einen Anteil von 3,9% am gesamten Patentaufkommen und damit einen deutlich höheren Anteil als in Deutschland (3,0%), der Schweiz (3,2%) und der Europäischen Union (2,3%). Ähnlich ist es bei den „sonstigen Maschinen unspezifischer Verwendung“, die in Österreich 4,9% der Patente ausmachen; das ist etwas mehr als in der Schweiz mit 4,5% und deutlich mehr als in Deutschland und der Europäischen Union mit 4,0 bzw. 3,7%. Wie bereits erwähnt hat den größten Anteil an den Produktions- und Prozesstechnologien in Österreich das Technologiefeld „Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige“. Mit 6,9% ist der Anteil in diesem Feld auch deutlich über dem Wert der Europäischen Union (5,7%) und etwas über dem Deutschlands (6,5%). In der Schweiz hat dieses Feld jedoch mit 7,7% einen noch größeren Anteil als in Österreich.

Abbildung 4: Technologieprofil Österreichs im Vergleich zu Deutschland, der Schweiz und der Europäische Union (Anteile der Technologiefelder, 2003-2005)



Quelle: durch die OEDC aufbereitete EPO Patente, eigene Berechnung

Die anderen vier Technologiefelder der Produktions- und Prozesstechnologien haben in Österreich einen Anteil unter dem Wert für die gesamte Europäische Union. „Maschinen für die Erzeugung und Nutzung mechanischer Energie“ machen in Österreich 3,5% aller Patente aus, etwas weniger als in der gesamten Europäischen Union mit 4,2%. In Deutschland hat dieses Feld mit 5,7% einen deutlich höheren Anteil als in Österreich, während in der Schweiz der Anteil mit 2,7% am geringsten ist. Den größten Unterschied zum Wert der EU weist das Technologiefeld „nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen“ auf. In Österreich hat dieses Feld mit nur 4,5% einen deutlich geringeren Anteil als in der EU, Deutschland liegt mit 5,9% zwischen den beiden Werten, in der Schweiz ist der Anteil mit 3,9% am geringsten. Dieses Technologiefeld ist EU weit mit Abstand das Größte der sieben betrachteten Felder, das allerdings in Österreich nur an dritter Stelle liegt. Der Anteil der „Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten“ ist in Österreich mit 3,7% deutlich geringer als in Deutschland (5,2%), der Schweiz (6,7%) und der gesamten EU (4,7%). „Industrielle Prozesssteuerungsanlagen“ haben in

allen drei Ländern sowie der gesamten EU mit jeweils rund einem Prozent den geringsten Anteil am Patentaufkommen aller betrachteten Technologiefelder. In Österreich ist dieser Anteil geringfügig kleiner als in den anderen beiden betrachteten Ländern und nahe am Wert der gesamten EU.

Es können somit zusammenfassend an dieser Stelle folgende Aussagen zur technologischen Spezialisierung Österreichs in Produktions- und Prozesstechnologien getroffen werden:

- Die Anteile der einzelnen Technologiefelder am Patentaufkommen in Österreich sind im wesentlich relativ nahe am Wert für die gesamte EU sowie Deutschlands und der Schweiz. Ausgeprägte Spezialisierungen lassen sich auf dieser Aggregationsebene nicht beobachten.
- Die Unterschiede zu Deutschland und der Schweiz sind nochmals etwas geringer als zu der europäischen Union. Mit der einzigen Ausnahme der „Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten“ (hier hat Österreich eine geringere Spezialisierung) ist das Spezialisierungsmuster Österreichs und der Schweiz sogar äußerst ähnlich.
- Die deutlichste Spezialisierung im Vergleich zur gesamten Europäischen Union findet sich im Bereich der „Werkzeugmaschinen“. Einen deutlich unterdurchschnittlichen Anteil am Patentaufkommen weist das Technologiefeld „nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen“ auf.

3.2 Entwicklung der relativen technologischen Spezialisierung im Zeitverlauf

Im Weiteren soll die technologische Spezialisierung im Zeitverlauf beobachten werden, wozu der so genannte RCA-Index („revealed comparative advantage“) berechnet wird, der sich formal wie folgt bildet:

$$RCA_i = \frac{\frac{P_{ij}}{\sum_j P_{ij}}}{\frac{\sum_i \sum_j P_{ij}}{\sum_i P_{ij}}}$$

wobei:

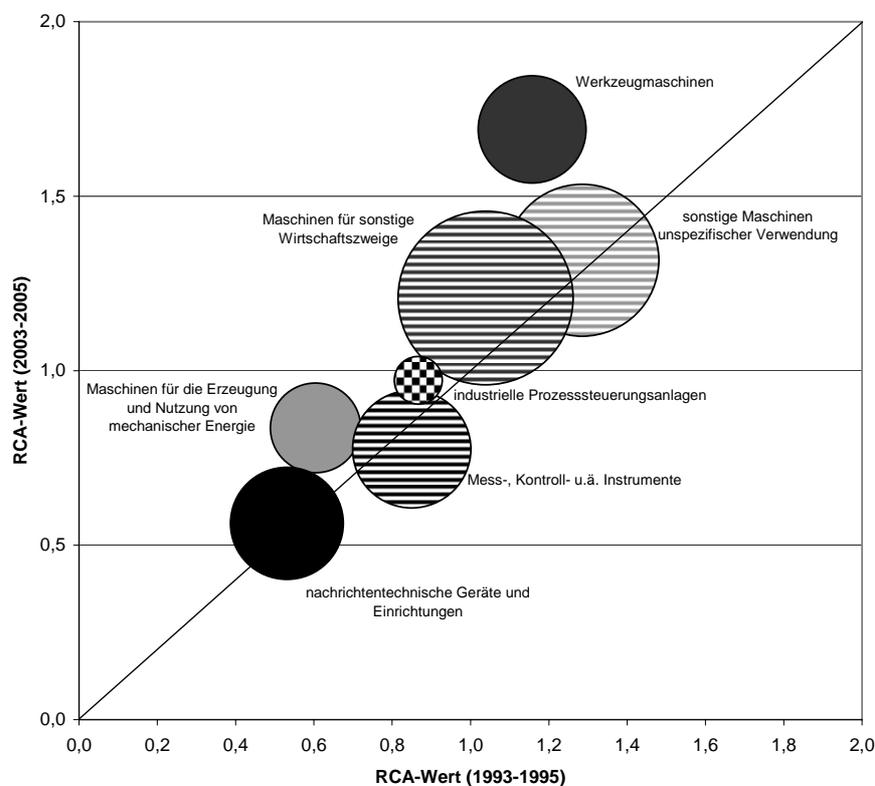
- P Zahl der Patenterteilungen am EPO
- i Land
- j Technologiefeld

Ein Indexwert von größer (kleiner) als 1 bedeutet somit, dass das betreffende Technologiefeld einen überdurchschnittlichen (unterdurchschnittlichen) Anteil am Gesamtpatentaufkommen in Österreich im Vergleich zur EU hat. Der Vorteil des RCA-Index gegenüber einer bloßen Betrachtung der Anteile ist, dass nur Änderungen, die vom Vergleichsraum (hier die EU) abweichen, zu einer Änderung des Indexwertes führen.

Vergleicht man nun wie in Abbildung 5 dargestellt (die Blasengröße stellt die Anzahl der Patente im betreffende Technologiefeld dar), die aktuellen RCA-Werte (Periode von 2003 bis 2005) mit denen des Zeitraums von 1993 bis 1995, so zeigt sich die mit Abstand stärkste Änderung bei den

„Werkzeugmaschinen“. Hier stieg der RCA-Wert von 1,2 auf 1,7, d.h. aus einer leichten Spezialisierung wurde eine deutliche Spezialisierung. Die zweitstärkste Änderung weisen die „Maschinen für die Erzeugung und Nutzung mechanische Energie“ auf. Der RCA-Wert stieg von 0,6 auf 0,8 und somit hat sich die relative Schwäche Österreichs in diesem Technologiefeld verringert. Ebenfalls einen Anstieg gab es bei den „sonstigen Maschinen unspezifischer Verwendung“. Der RCA-Wert hat sich von 1,0 auf 1,2 erhöht, eine neu entstandene leichte Spezialisierung. Einen geringen Anstieg gab es auch bei den „industriellen Prozesssteuerungsanlagen“, mit RCA-Werten von 0,9 im Zeitraum 1993 bis 1995 bzw. 1,0 im Zeitraum 2003 bis 2005 blieb die Bedeutung in etwa auf dem Niveau der gesamten EU. Die leichte Spezialisierung im Feld „sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung“ blieb im Vergleich konstant, sowie die unterdurchschnittliche Bedeutung der „nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen“. Einzig bei den „Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten“ gab es einen leichten Rückgang des RCA-Werts von 0,9 auf 0,8.

Abbildung 5: Spezialisierungsportfolio: RCA-Indizes Österreichs im zeitlichen Vergleich (Periode 1993 bis 1995 gegenüber 2003 bis 2005)



Quelle: durch die OECD aufbereitete EPO Patente, eigene Berechnung

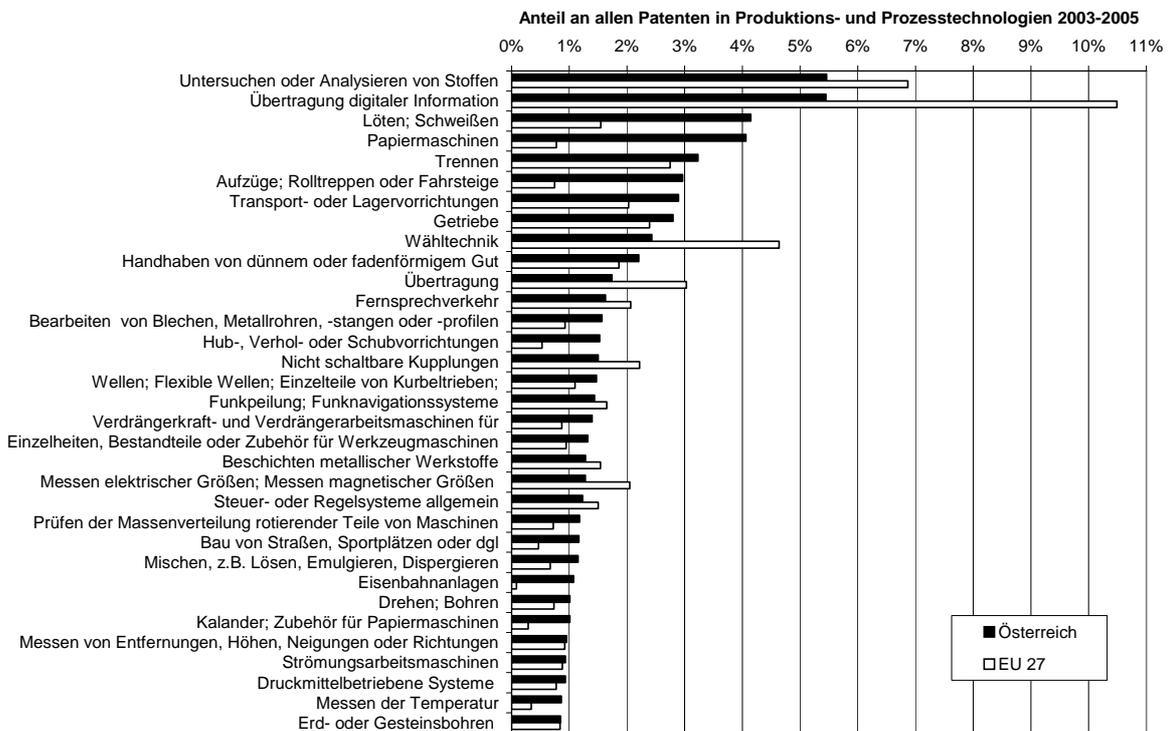
Insgesamt können auf der Ebene der sieben bisher betrachteten Technologiefelder relativ wenige spezifische Spezialisierungen Österreichs identifiziert werden. Da gerade die beiden Technologiefelder „sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung“ und „Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige“ sowohl einen großen Anteil am Patentaufkommen aufweisen, als auch als Spezialisierung zu betrachten sind, ist es sinnvoll einen Blick auf eine Ebene unter den Technologiefeldern zu werfen, d.h. den einzelnen Patentklassen.

3.3 Entwicklung der Patentaktivitäten auf IPC 3-Steller Ebene

Wie oben erwähnt, wurden 194 IPC 3-Steller Klassen als Produktions- und Prozesstechnologien identifiziert. 64,1% aller österreichischen Patente in den Produktions- und Prozesstechnologien im Zeitraum von 2003 bis 2005 entfallen dabei auf nur 33 Klassen, die in Abbildung 6 dargestellt werden. Es handelt sich hierbei um alle Klassen, die zehn oder mehr Patente im Beobachtungszeitraum in Österreich beinhalten. Eine Gesamtübersicht über Anzahl und Anteil aller Patente nach Patentklassen befindet sich im Anhang.

Die beiden Patentklassen mit dem größten Anteil sind „Untersuchen oder Analysieren von Stoffen durch Bestimmen ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften“ und „Übertragung digitaler Information“ mit einem Anteil von 5,5 bzw. 5,4% an allen Produktions- und Prozesstechnologien. In beiden Fällen ist dieser Anteil deutlich kleiner als der entsprechende Wert für die EU. Insbesondere die Übertragung digitaler Information ist in der gesamten EU mit einem Anteil von 10,5% von deutlich größerer Bedeutung als in Österreich.

Abbildung 6: Anteil der 33 größten Patentklassen auf IPC 3-Steller Ebene an allen Produktions- und Prozesstechnologiepatenten im Zeitraum 2003 bis 2005 in Österreich und der EU



Quelle: durch die OEDC aufbereitete EPO Patente, eigene Berechnung

Im Technologiefeld „Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten“ hat die Klasse „Untersuchen oder Analysieren von Stoffen“ eine herausragende Bedeutung mit 41,9% aller Patente in diesem Feld. Durch diese herausragende Bedeutung innerhalb des Feldes und der unterdurchschnittlichen Bedeutung der Klasse im Vergleich zur EU kann das unterdurchschnittliche abschneiden Österreichs im gesamten Feld erklärt werden. Weitere Patentklassen von Bedeutung in diesem Feld sind: „Funkpeilung; Funknavigationssysteme; Bestimmen der Entfernung oder der Geschwindigkeit mittels Funkwellen; Orten oder Ermitteln der Anwesenheit mittels Reflexion oder Wiederausstrahlung von Funkwellen; vergleichbare Anordnungen mit anderen Wellen“ (1,4% Anteil an den Produktions- und

Prozesstechnologiepatenten in Österreich) „Messen elektrischer Größen; Messen magnetischer Größen“ (1,3% Anteil) und „Prüfen der statischen oder dynamischen Massenverteilung rotierender Teile von Maschinen oder Konstruktionen; Prüfen von Konstruktionsteilen oder Apparaten, soweit nicht anderweitig vorgesehen“ (1,2% Anteil). Der Vergleichswert der EU liegt im ersten Fall mit 1,6% etwas höher, im zweiten Fall mit 2,0% deutlich höher und im dritten Fall ist der Anteil in der EU mit 0,7% deutlich geringer.

„Übertragung digitaler Information“, mit wie erwähnt im Vergleich zur EU unterdurchschnittlicher Bedeutung in Österreich bei gleichzeitig absoluter Größe, trägt über 34% aller Patente zum Technologiefeld „nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen“ bei. Weitere Patentklassen von Bedeutung sind „Wähltechnik“ mit einem Anteil von 2,4% an allen Produktions- und Prozesstechnologiepatenten bzw. 15,3% des Technologiefeldes, „Übertragung“, 1,7% aller Produktions- und Prozesstechnologiepatenten bzw. 10,9% Feld und „Fernsprechverkehr“ 1,6% bzw. 10,2%. Diese vier Klassen haben alle samt in Österreich eine unterdurchschnittliche Bedeutung und machen gleichzeitig rund 70% des Technologiefeldes aus und erklären somit das relativ schwache Abschneiden Österreichs in diesem Technologiefeld.

„Löten oder Schweißen; Schneiden durch örtliches Zuführen von Hitze, z.B. Brennschneiden; Arbeiten mit Laserstrahlen“ hat in Österreich einen Anteil von 4,6% an allen Produktions- und Prozesstechnologienpatenten, während der Anteil in der gesamten EU nur 1,5% ist. 30,2% der Patente im Technologiefeld *Werkzeugmaschinen* fallen in Österreich in diese Patentklasse. Auch die nächst größten Werkzeugmaschinenpatentklassen, „Bearbeiten oder Verarbeiten von Blechen, Metallrohren, -stangen oder -profilen ohne wesentliches Abtragen des Werkstoffs; Stanzen“, „Einzelheiten, Bestandteile oder Zubehör für Werkzeugmaschinen“ und „Drehen; Bohren“ haben allesamt einen höheren Anteil in Österreich (1,6%, 1,3% und 1,0%) als in der EU (0,9%, 0,9% und 0,7%) und gemeinsam mit „Löten oder Schweißen“ sind diese Patentklassen für fast 60% aller Werkzeugmaschinenpatente in Österreich verantwortlich und erklären somit die Spezialisierung Österreichs in diesem Feld.

Eine sehr stark ausgeprägte Spezialisierung Österreichs ist „Papiermaschinen; Verfahren zur Papierherstellung auf diesen“ im Technologiefeld „Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige“. Deren Anteil ist mit 4,1% etwa fünfmal so hoch wie in der EU. Zweitgrößte Patentklasse in diesem Feld ist „Handhaben von dünnem oder fadenförmigem Gut, z.B. Folien, Bahnen, Kabeln“, mit einem Anteil von 2,2%, leicht über dem EU-Niveau. Während die drittgrößte Patentklasse des Feldes, „Beschichten metallischer Werkstoffe; Beschichten von Werkstoffen mit metallischen Stoffen; Oberflächenbehandlung metallischer Werkstoffe durch Diffusion in die Oberfläche, durch chemische Umwandlung oder Substitution; Beschichten allgemein durch Vakuumbedampfen, durch Aufstäuben, durch Ionenimplantation oder durch chemisches Abscheiden aus der Dampfphase“ mit einem Anteil von 1,3% knapp unter dem Wert der EU liegt.

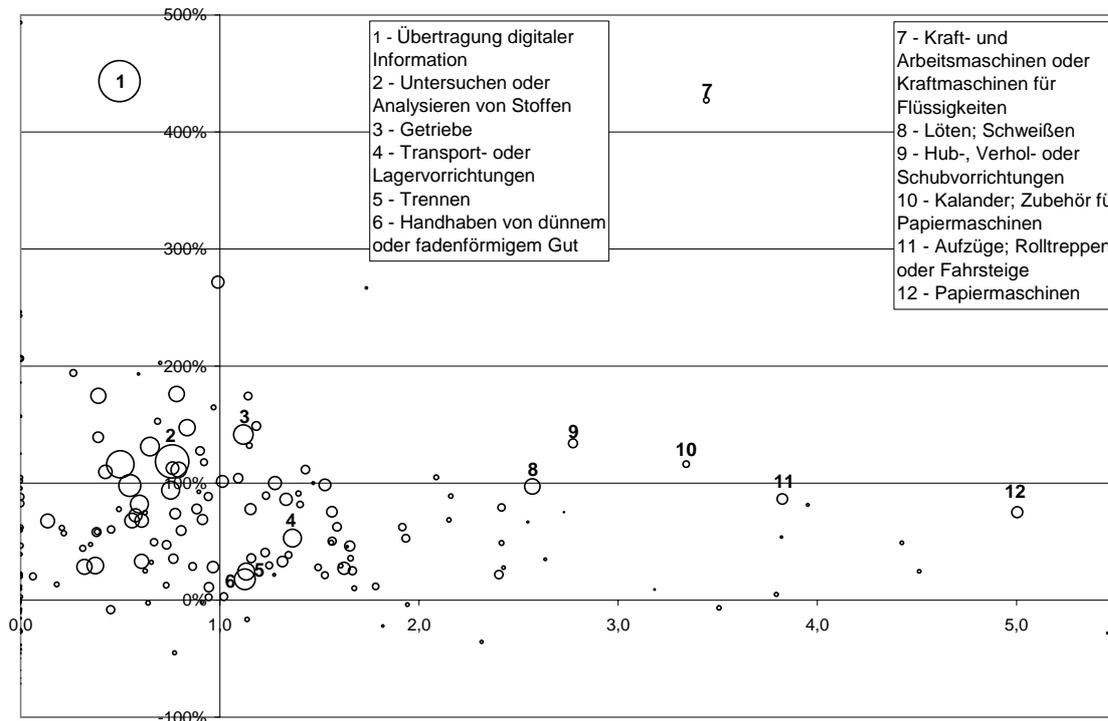
Die größten dem Technologiefeld „sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung“ zugehörigen Patentklassen sind „Trennen“, „Aufzüge; Rolltreppen oder Fahrsteige“ und „Transport- oder Lagervorrichtungen, z.B. Förderer zum Laden oder Abladen; Werkstättenfördersysteme; pneumatische Rohrförderanlagen“ mit jeweils etwa 3% Anteil an allen Produktions- und Prozesstechnologiepatenten in Österreich. In Summe entfallen auf diese drei Patentklassen gut 50% der Patente im Technologiefeld. Bei den „Aufzüge; Rolltreppen oder Fahrsteige“ handelt es sich auch um eine eindeutige Spezialisierung Österreichs, während die Werte der beiden anderen Klassen nur leicht über dem Wert der EU liegen. Auch die viert- und fünftgrößten Patentklassen in diesem Feld sind eine eindeutige Spezialisierung. So haben „Hub-, Verhol- oder Schubvorrichtungen, soweit nicht anderweitig vorgesehen, z.B. Vorrichtungen mit unmittelbarer Kräfteinwirkung auf die Last“ mit 1,5% Anteil an allen Produktions- und Prozesstechnologiepatenten in Österreich eine deutlich höhere Bedeutung als in der EU. Der entsprechende Wert ist hier nur 0,5%.

Das Technologiefeld „*Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie*“ besteht zu rund der Hälfte aus den vier Patentklassen „*Getriebe*“, „*Nicht schaltbare Kupplungen*“, „*Wellen; Flexible Wellen; Einzelteile von Kurbeltrieben; Drehkörper, außer Getriebeelemente; Lager*“ und „*Verdrängerkraft- und Verdrängerarbeitsmaschinen für Flüssigkeiten; Arbeitsmaschinen, insbesondere Pumpen*“, wobei „*Getriebe*“ 2,8% der Produktions- und Prozesstechnologiepatenten ausmachen, während die anderen drei Klassen jeweils rund 1,5% Anteil haben. „*Getriebe*“ liegen damit etwas über dem EU-Niveau, „*nicht schaltbare Kupplungen*“ etwas unter EU-Niveau, die restlichen beiden Patentklassen etwas über dem EU-Niveau.

Im kleinsten Technologiefeld, „*industrielle Prozesssteuerungsanlagen*“, hat die Patentklasse „*Steuer- oder Regelsysteme allgemein; funktionelle Elemente solcher Systeme; Überwachungs- oder Prüfanordnungen für solche Systeme oder Elemente*“ einen Anteil von 43,2%. Auf Grund der geringen Größe des gesamten Feldes sind das aber nur 1,2% aller Produktions- und Prozesstechnologiepatenten, ein Wert der wie der für das gesamte Feld knapp unter dem entsprechenden für die EU (1,5%) liegt. Weitere 30% der Patente in diesem Technologiefeld entfallen auf die Klasse „*Messen der Temperatur; Messen von Wärmemengen; Temperaturfühler, soweit nicht anderweitig vorgesehen*“, der Anteil von 0,9% an allen Produktions- und Prozesstechnologiepatenten liegt hier deutlich über dem Wert der EU von 0,3%, allerdings auf sehr niedrigem Niveau. Absolut gesehen handelt es sich um gerade mal 10 Patente im Dreijahreszeitraum in dieser Klasse.

Bildet man nun die RCA-Werte auf Ebene der IPC-Klassen und vergleicht diese einerseits mit dem Wachstum der Klasse (93/95 zu 03/05) in der gesamten EU und andererseits deren absoluten Bedeutung (die Blasengröße stellt die absolute Anzahl der Patente in der jeweiligen Klasse im Zeitraum 2003 bis 2005 dar, die zu Grunde liegenden Zahlen finden sich im Anhang), so können Aussagen darüber getroffen werden, ob die bereits identifizierten Spezialisierungen Österreichs in stark oder schwach wachsenden bzw. absolut bedeutenden Klassen liegen (siehe Abbildung 7). In der Abbildung rechts oben liegende Werte sind somit Spezialisierungen in stark wachsenden Technologien, links oben Technologien mit hohen Wachstumsraten EU-weit aber unterdurchschnittlicher Spezialisierung Österreichs und rechts unten Spezialisierungen Österreichs in Technologien mit geringen Wachstumsraten EU-weit.

Abbildung 7: RCA Wert alle Produktions- und Prozesstechnologiepatentklassen für Österreich auf IPC 3-Steller Ebene im Vergleich zum Wachstum in der EU und der absoluten Bedeutung in der EU (Blasengröße)



Quelle: durch die OEDC aufbereitete EPO Patente, eigene Berechnung

Einige markante Felder können hier ausgegriffen und interpretiert werden. In den beiden EU-weit absolut gesehen größten Patentklassen, „Untersuchen oder Analysieren von Stoffen durch Bestimmen ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften“ und „Übertragung digitaler Information“, ist auch das EU-weite Wachstum relativ bzw. sehr hoch. Hier ist Österreich unterdurchschnittlich stark in großen und schnell wachsenden Technologien vertreten. Bei den „Getrieben“ verfügt Österreich über die bereits erwähnte leichte Spezialisierung, in einer relativ großen und stark wachsenden Technologie. Bei den „Transport und Ladevorrichtungen“ ist Österreich deutlich stärker spezialisiert, jedoch ist zwar die Bedeutung vergleichbar mit den zuvor genannten Getrieben, das Wachstum aber deutlich geringer. „Trennen“ sowie „Handhaben von fadenförmigen Gütern“ sind jeweils Technologien mit einer relativ großen absoluten Bedeutung und einer leichten Spezialisierung Österreichs, jedoch mit vergleichsweise geringen Wachstumsraten.

„Kraft- und Arbeitsmaschinen oder Kraftmaschinen für Flüssigkeiten“ weisen sehr hohe Wachstumsraten auf und Österreich hat in dieser Technologie einen sehr hohen RCA-Wert von 3,4. die absolute Bedeutung EU weit ist aber sehr gering. So wurden in dieser Technologie EU-weit in den Jahren 2003 bis 2005 nur 96 Patente angemeldet, 9 davon in Österreich. Auf Grund der geringen Anzahl kann hier (noch) nicht von einer Spezialisierung gesprochen werden, eher von einer guten Ausgangslage in einem stark wachsenden aber (noch) relativ kleinen Feld.

„Löten; Schweißen“ ist die größte Technologie mit einer starken Spezialisierung Österreichs, es handelt sich hier um eine im Durchschnitt wachsende Technologie. Bei den „Hub-, Verhol- oder Schubvorrichtungen“ ist zwar sowohl das Wachstum in der EU als auch die Spezialisierung in Österreich etwas höher, dafür die absolute Bedeutung deutlich geringer. Ähnliches gilt für „Kalandar, Zubehör für Papiermaschinen“, eine starke Spezialisierung Österreichs bei relativ hohem Wachstum steht einer geringen absoluten Bedeutung gegenüber. „Papiermaschinen“ stellen wie schon erwähnt eine sehr starke Spezialisierungen Österreichs dar.

3.4 Resümee

Abschließend können unter Berücksichtigung einzelnen Patentklassen folgende Aussagen über die technologische Spezialisierung Österreichs innerhalb der Produktions- und Prozesstechnologien getroffen werden:

- Österreich ist überdurchschnittlich im Technologiefeld „Werkzeugmaschinen“ spezialisiert. Die Spezialisierung hat sich in den letzten 10 Jahren noch verstärkt. Die größte Bedeutung hat hier „Löten und Schweißen“, aber auch andere Technologien innerhalb des Feldes können als Stärke betrachtet werden.
- Die hohe relative wie absolute Bedeutung der beiden Technologiefelder „Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige“ und „sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung“ kann durch eine sehr starke Spezialisierung in einzelnen Technologien, die in diese Felder fallen erklärt werden. Besonders erwähnenswert sind hier „Papiermaschinen“, „Transport- oder Lagervorrichtung“, „Hub-, Verhol- oder Schubvorrichtungen“ sowie „Aufzüge; Rolltreppen oder Fahrsteige“.
- Die niedrige Spezialisierung bei den „nachrichtentechnische Geräten und Einrichtungen“ zieht sich durch die einzelnen Technologien innerhalb des Feldes und ist auch im Zeitverlauf konstant geblieben. Trotzdem hat dieses Technologiefeld absolut gesehen eine gewisse Bedeutung, wenn auch eine deutlich geringere als in der gesamten EU.
- Die restlichen drei Technologiefelder, „Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie“, „Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten“ und „industrielle Prozesssteuerungsanlagen“ liegen jeweils relativ nahe oder knapp unter dem EU-Schnitt. Die Spezialisierung hat sich im Zeitverlauf nicht grundlegend geändert und es sind auch auf der Ebene der einzelnen Technologien keine auffällig vom Wert der gesamten EU abweichenden Spezialisierungen feststellbar.

4 Die Diffusion von Produktions- und Prozesstechnologien in Österreich

Die Adoption und Diffusion von neuen Produktionstechnologien in der österreichischen Industrie stellt einen wichtigen Wettbewerbsfaktor für Produktivität und Wachstum dar. Während in den vorangegangenen Ausführungen die Angebotsseite („push-innovation“) untersucht wurde, wird nun die Nachfrageseite („pull-innovation“) betrachtet. Es wird der Frage nachgegangen, welche Verbreitung ausgewählte Produktionstechnologien in Österreich haben und wie das zukünftige Potenzial eingeschätzt werden kann. Des Weiteren werden wichtige Barrieren für die Einführung von neuen Produktionstechnologien aufgezeigt.

Basis dafür bilden die Primärdaten des European Manufacturing Survey (EMS) 2006. Diese Erhebung wurde vom Bereich ARC systems research im Rahmen des internationalen Forschungsnetzwerkes unter der Federführung des Fraunhofer ISI Instituts in Deutschland durchgeführt und hat zum Ziel, die Prozessinnovationen im produzierenden Bereich zu untersuchen. Die Erhebung richtete sich dabei an sämtliche Produktionsbetriebe (NACE 15 bis 37) mit einer Mitarbeiteranzahl von 20 oder mehr Beschäftigten und Standort in Österreich.

Insgesamt wurden 281 Unternehmen befragt. Die höchste Beteiligung wurde mit 61 Betrieben in der Metallbranche erreicht, die niedrigste mit 25 Unternehmen in der Elektrobranche. Die Verteilung der einzelnen Branchen in der Stichprobe spiegelt die Gesamtpopulation gut wider. In Hinblick auf die Größenstruktur sind Kleinbetriebe mit 40,6%, Mittelbetriebe mit 42,7% und Großbetriebe mit 16,7% vertreten. Im Vergleich zur Grundgesamtheit (die korrespondierenden Anteile sind: 51,1%, 37,8% und 11,1%) sind Kleinbetriebe etwas unterrepräsentiert und Mittel- und Großbetriebe etwas überrepräsentiert. Diese geringfügigen Abweichungen der Stichprobe sollten berücksichtigt werden, wenn der Verbreitungsgrad und daraus resultierende Diffusionspotenzial einzelner Produktionstechnologien auf die Population aller österreichischen Industriebetriebe ab 20 MitarbeiterInnen bewertet wird.

4.1 Verbreitung und Diffusionspotenzial ausgewählter Produktionstechnologien

Die empirische Erhebung erlaubt zunächst einen Befund über die allgemeine Bedeutung von Prozessinnovationen bei den produzierenden Unternehmen. Im Allgemeinen räumen viele österreichische Produktionsunternehmen technischen Prozessinnovationen einen hohen Stellenwert im Rahmen der hier differenzierten Innovationsstrategien Produktinnovation, Prozessinnovation und Organisatorische Innovation ein: bei immerhin einem Drittel der untersuchten Unternehmen stellt Prozessinnovation den ersten Platz dar. Insgesamt legen 41% aller Unternehmen den Schwerpunkt auf die Entwicklung neuer Produkte (Produktinnovation), gefolgt von 33% auf technische Prozessinnovationen im Produktionsprozess (Prozessinnovationen) und 14 % auf organisatorische Maßnahmen (Organisatorische Innovationen).

Die tatsächliche Diffusion bzw. das Diffusionspotenzial von Prozessinnovationen bzw. Produktionstechnologien lässt sich dabei auf unterschiedliche Weise darstellen. Einen Überblick gibt die Verbreitung der insgesamt 11 untersuchten Produktionstechnologien, die im Rahmen der EMS-Erhebung in Österreich unterschieden wurden. Folgende Produktionstechnologien wurden einer Auswertung unterzogen:

- *CAM, CAD und Industrieroboter*
 - o CAM - Computer Aided Manufacturing - Rechnergestützte Maschinen oder Anlagen

- CAD - Computer Aided Design - Rechnergestützte Konstruktion/Gestaltung/Design
- CAD-CAM - Vernetzung von Konstruktion/Gestaltung und Maschinenprogrammierung
- Industrieroboter/Handhabungssysteme
- *Produktsimulation und Prozesssimulation*
 - Virtual Reality oder 3D-Simulation zur Produktauslegung, -design, -struktur (Produktsimulation)
 - Simulation zur Prozessauslegung (Prozesssimulation)
- *Logistik und Planung*
 - Rechnergeführte Lager-/Materialflusssysteme (Flow Management)
 - Produktionsplanungs- und Steuerungssoftware (PPS/ERP)
 - Austausch von Dispositionsdaten (Supply Chain Management)
- *Qualitätskontrolle im Prozess*
 - Bildverarbeitung in der Produktion (Qualitätskontrolle, Prozessführung)
 - Prozessintegrierte Qualitätskontrolle (Inline, z.B. mit Laser, Ultraschall, Sensoren)

Eine erste Auswertung zeigt, dass von diesen 11 Produktionstechnologien im Jahr 2006 durchschnittlich 4,5 Technologien implementiert waren. Lediglich 8% der untersuchten Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten verfügen über keine der abgefragten Fertigungstechniken. Demgegenüber haben rund 10% der Betriebe 9 oder mehr Anwendungen im Betrieb eingesetzt und stellen somit das „top level“ der Anwender innovativer Produktions- und Prozesstechnologien dar. Berücksichtigt man ausschließlich jene Betriebe, die zumindest eine der 11 genannten Produktionstechnologien eingesetzt haben, so beläuft sich der Durchschnitt auf 5 Anwendungen. Der Umfang des Einsatzes derartiger Produktionstechnologien kann auch als Technologisierungsgrad bezeichnet werden.

CAD und CAM sind die am weitesten verbreiteten Technologien und nur noch ein geringer Anteil von Firmen hat Pläne für ihre Einführung (vgl. Abbildung 8). Die meisten Unternehmen, die CAD und CAM bislang nicht eingeführt haben, sehen keine betrieblichen Anwendungsmöglichkeiten. CAD und CAM sind damit Technologien, die in eine Sättigungsphase mit geringem verbleibendem Diffusionspotenzial eingetreten sind.

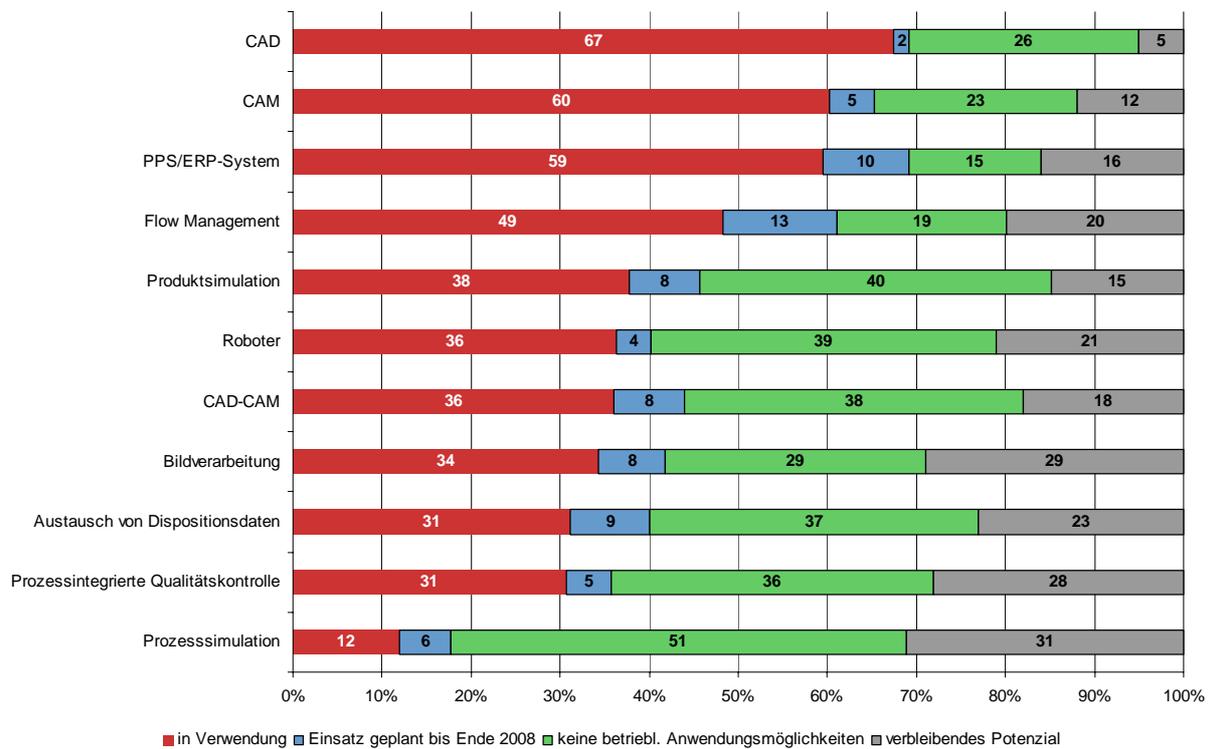
Nach CAD und CAM folgen Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen (PPS/ERP) und rechnergeführten Lager- und Materialflusssystemen (Flow Management). Sie zählen mit einem Diffusionsgrad von rund 5 bzw. 6 von 10 Betrieben zu den am häufigsten verwendeten Anwendungen.

Knapp 36% der Unternehmen verfügten zum Zeitpunkt der Befragung 2006 über ein Modul zur Vernetzung von CAD und CAM. Weitere 8% planten einen Einsatz bis Ende 2008. Daher ist bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit einem Diffusionsgrad von rund 44% zu rechnen. Ebenfalls 36% der österreichischen befragten Produktionsunternehmen gaben an, über Industrieroboter/Handhabungssysteme zu verfügen. Da bis 2008 weitere 4% einen Einsatz planen, ist kurzfristigen von einer Verbreitung von 40% auszugehen. Das Diffusionspotenzial bei diesen Produktionstechniken beläuft sich auf weitere 20% der befragten Betriebe.

Mit Frühjahr 2006 geben 34% der Betriebe an, Bildverarbeitung in der Produktion zu verwenden. Einen Einsatz bis Ende 2008 planten weitere 8%. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann somit von einem Diffusionsgrad von 42% ausgegangen werden.

Am unteren Ende der Verbreitung rangieren Module zur Prozesssimulation, prozessintegrierten Qualitätskontrolle sowie das Supply Chain Management mit anderen Unternehmen (Austausch von Dispositionsdaten). Module zur prozessintegrierten Qualitätskontrolle kamen 2006 in 31% der befragten Produktionsunternehmen zur Anwendung. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt planten weitere 5% einen Einsatz. Damit zählen diese Technologien in Österreich zu den vergleichsweise weniger verbreiteten. Gleichzeitig lassen sich hier mit knapp 30% die höchsten gegenwärtigen Diffusionspotenziale beobachten. Die vergleichsweise geringe Zahl von Firmen, die Technologien zur Prozesssimulation bereits eingeführt haben (12% im Jahr 2006) sowie das verbleibende Verbreitungspotenzial von 31% weisen auf eine relativ geringe Anwendungsreife hin. Gleichzeitig sieht rund 50% der befragten Unternehmen gegenwärtig prinzipiell keine betrieblichen bzw. branchenrelevanten Anwendungsmöglichkeiten, was der höchste diesbezügliche Anteil bei den untersuchten Produktionstechnologien darstellt.

Abbildung 8: Diffusion 2006, geplanter Einsatz bis 2008 und Diffusionspotenzial, in % der befragten Unternehmen



Quelle: EMS-Erhebung Österreich 2006, ARC systems research

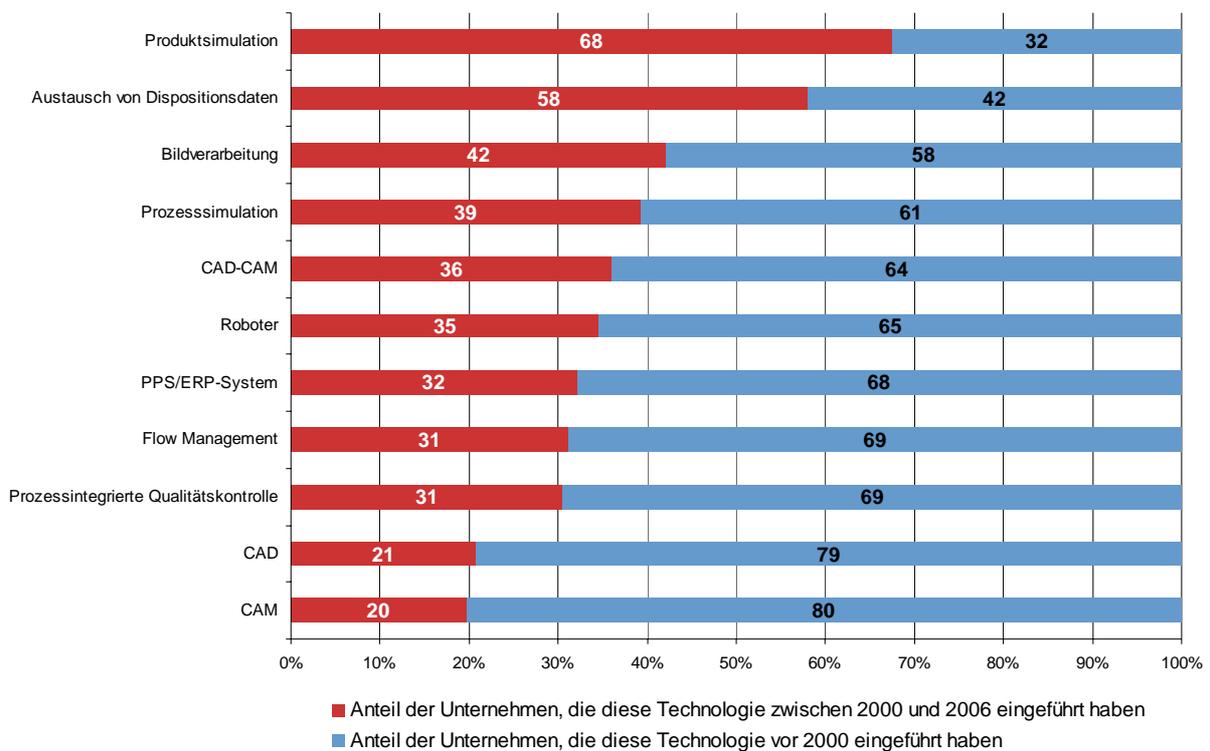
Unter Berücksichtigung der Unternehmen, die gegenwärtig keine betrieblichen Anwendungsmöglichkeiten für die unterschiedlichen Produktionstechnologien sehen sowie auch jener Betriebe, die die jeweilige Technologie bereits zum Einsatz bringen bzw. deren Einsatz bis Ende 2008 planen, weisen insbesondere „ältere“ Technologien wie CAD, CAM, Industrieroboter, rechnergeführte Lager-/Materialflusssysteme und PPS/ERP-Systeme das geringste verbleibende Diffusionspotenzial auf. Eine Ausnahme ist dabei die „jüngere“ Technologie VR 3D Produktsimulation, die erst mit Anfang der 1990er Jahre zum Ersten mal in den Betrieben zum Einsatz kam, aber mit 15% bereits ein vergleichsweise geringes Diffusionspotenzial bei hoher Anwendungsreife und Wachstumsdynamik aufweist.

Die größten verbleibenden Verbreitungspotenziale lassen sich in den vergleichsweise „jüngeren“ Bereichen Qualitätskontrolle im Prozess (prozessintegrierte Qualitätskontrolle, Bildverarbeitung in der Produktion) sowie bei den Anwendungen Prozesssimulation und Supply Chain Management (Austausch von Dispositionsdaten) feststellen. Das Diffusionspotenzial im Prozesssimulationsbereich

ist dabei mit rund 30% am höchsten, im Produktsimulationsbereich nach einer starken Wachstumsphase mit 15% bereits vergleichsweise gering. Hier sehen jedoch gleichzeitig immerhin rund 40% der Betriebe gegenwärtig keine Anwendungsmöglichkeiten. Hier scheint es gegenwärtig branchen- und unternehmensspezifische Diffusionsgrenzen zu geben.

Im Weiteren kann auch der Reifegrad der bereits eingeführten Produktionstechnologien untersucht werden (vgl. Abbildung 9). So zeigt die Grafik, dass sich Virtual Reality (Simulation zur Produktauslegung) und Supply Chain Management (Austausch von Dispositionsdaten mit anderen Unternehmen) durch eine hohe Verbreitungsdynamik seit dem Jahr 2000 auszeichnen. Es handelt sich dabei um relativ junge Technologien, die bereits eine hohe Anwendungsreife besitzen und die sich zur Zeit in einer Wachstumsphase befinden. Mehr als die Hälfte bis zwei Drittel aller befragten Unternehmen, die die Technologien eingeführt haben, haben dies seit dem Jahr 2000 getan.

Abbildung 9: Unterschiedliche Produktionstechnologien und die Dynamik ihrer Diffusion, in % der befragten Unternehmen



Quelle: EMS-Erhebung Österreich 2006, ARC systems research

Seit Mitte der 1990er Jahre ist die Verbreitung von Lager-/Materialflusssystemen (Flow Management) von einem kontinuierlichen Aufwärtstrend gekennzeichnet, der sich laut Einsatzplanungen der Betriebe bis 2008 noch weiter dynamisiert hat. Die Diffusion von PPS/ERP-Systemen verzeichnete kurz vor dem Jahrtausendwechsel einen starke Vorwärtsbewegung, seit dem Jahr 2000 eine nachfolgende kontinuierliche Entwicklung.

Bei Modulen zur Qualitätskontrolle im Prozess, d.h. Anwendungen zur Bildverarbeitung in der Produktion (Qualitätskontrolle, Prozessführung) sowie zur prozessintegrierten Qualitätskontrolle (Inline, z.B. mit Laser, Ultraschall, Sensoren) kam es ab 1995 es zu einer Dynamisierung im Diffusionsverlauf, der sich auch gegenwärtig kontinuierlich fortsetzt. Gleichzeitig lassen sich in diesen beiden Bereichen die größten verbleibenden Verbreitungspotenziale festmachen (vgl. oben). Am anderen Ende der Skala befinden sich CAD und CAM, die von rund 80 Prozent der befragten Unternehmen bereits vor dem Jahr 2000 eingeführt wurden.

Die Verbreitung der Prozesssimulation in österreichischen Produktionsbetrieben ist hingegen moderat mit einem entsprechend verbleibenden Diffusionspotenzial, während Produktsimulation (Virtual Reality, 3D) ein sehr dynamischen Diffusion innerhalb der Industrie aufweist und vor allem in jüngster Vergangenheit eingeführt wurde.

Des Weiteren zeigen die Daten des EMS 2006, dass der Einsatz neuer Produktionstechnologien auch häufig im Zusammenhang mit organisatorischen Innovationen erfolgt und sich diese wechselseitig begünstigen und erfordern. So gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen der Anzahl der eingeführten Produktionstechnologien und umgesetzter organisatorischer Innovationen wie Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP), Dezentralisierung von Funktionen, Just-in-time Anlieferung und Nullpufferprinzip, die ebenfalls erhoben wurden (hier nicht näher diskutiert).

4.2 Diffusionsgrad im internationalen Vergleich

Wie steht es mit der Verbreitung von modernen Produktionstechnologien im internationalen Vergleich? Wie oben angeführt, handelt es sich beim EMS-Survey um ein internationales Forschungsvorhaben, bei dem mehrere europäische Länder beteiligt sind. Ein erster internationaler Vergleich wurde hier von Avadikyan und Lhuillery (2007) durchgeführt, auf den hier referenziert werden kann.

Die folgende Tabelle zeigt die Adoption derjenigen Produktionstechnologien, die in Österreich, Deutschland, der Schweiz, Frankreich und Spanien vergleichend untersucht wurden.

Tabelle 8: Verbreitung von Produktionstechnologien im internationalen Vergleich, in % der befragten Unternehmen

	Deutschland	Schweiz	Österreich	Spanien	Frankreich	Insgesamt
CAM	63	58	60	46	60	60
CAD	74	73	67	73	62	73
Roboter	34	36	36	52	38	36
Produktsimulation	41	44	38	38	39	41
Prozesssimulation	17	13	12	19	14	15
Flow Management	49	45	49	13	24	45
PPS/ERP-System	65	70	59	57	56	65
Austausch von Dispositionsdaten	33	34	31	15	33	32
Bildverarbeitung	35	32	34	20	27	33
Prozessintegrierte Qualitätskontrolle	33	34	31	22	29	32

Quelle: EMS-Erhebung 2006, Avadikyan und Lhuillery (2007)

Dieser Vergleich zeigt, dass Österreich in etwa im Mittelfeld liegt, was die Adoption von neuen Fertigungstechnologien betrifft. Österreich kann bei keiner Technologie als Nachzügler bezeichnet werden und nimmt bei rechnergeführten Lager-/Materialflusssystemen (Flow Management) gemeinsam mit Deutschland sogar die Spitzenposition ein. Auch bei der Bildverarbeitung weist Österreich im Vergleich mit ausgewählten europäischen Ländern eine relative hohe Verbreitung auf.

4.3 Diffusionsgrad nach Branche, Größe und Exportintensität

Die Adoption von neuen Produktionstechnologien wird von unterschiedlichen Unternehmensmerkmalen beeinflusst bzw. begünstigt. Zu den wichtigsten Einflussfaktoren zählen dabei die Exportintensität eines Unternehmens, die Branchenzugehörigkeit und die Unternehmensgröße, die ihrerseits betriebliche Anwendungsmöglichkeiten und das Überwinden möglicher Nutzungsbarrieren beeinflussen.

Was die Branche betrifft, wird CAM in den Branchen Chemie und Kunststoff wie auch im Ernährungsgewerbe unterdurchschnittlich oft zum Einsatz gebracht (vgl. Tabelle 9). Generell weist die letzt genannte Branche insbesondere in den Bereichen CAM, CAD und Industrieroboter sowie Simulation einen signifikant unterdurchschnittlichen Verbreitungsgrad auf. CAD, Prozesssimulation sowie Module im Bereich Logistik und Planung werden eindeutig öfters in den Sektoren Maschinen/Fahrzeuge sowie Elektro verwendet. Roboter/Handhabungssysteme werden mit einem Diffusionsanteil von mehr als 50% in der Metallbranche am häufigsten eingesetzt.

Tabelle 9: Diffusion nach Wirtschaftsbranchen (NACE-Code), in % der befragten Unternehmen

	Holz und Möbel (20, 36)	Metall (27, 28)	Maschinen, Fahrzeuge (29, 34, 35)	Elektro (31, 32, 33)	Chemie und Kunststoff (24, 25)	Ernährungs- gewerbe (15)	Sonstige (17, 18, 21, 22, 26, 37)	Gesamt
CAM	68	61	67	64	45	40	62	59
CAD	65	80	85	88	59	17	55	67
CAD-CAM Vernetzung	44	48	47	40	17	3	30	36
Roboter	26	51	40	40	38	20	26	36
Produktsimulation	41	46	56	56	24	7	19	37
Prozesssimulation	15	16	13	20	10	3	4	12
Flow Management	35	48	65	64	48	40	34	48
PPS/ERP-System	53	62	76	72	59	33	47	59
Austausch von Dispositionsdaten	24	36	35	52	28	20	21	31
Bildverarbeitung	29	36	29	36	41	27	38	34
Prozessintegrierte Qualitätskontrolle	18	34	29	36	31	33	30	30

Anmerkung: Fett herausgehobene Anteilswerte weisen auf einen statistisch signifikanten Unterschied im Vergleich zum Gesamtwert hin.

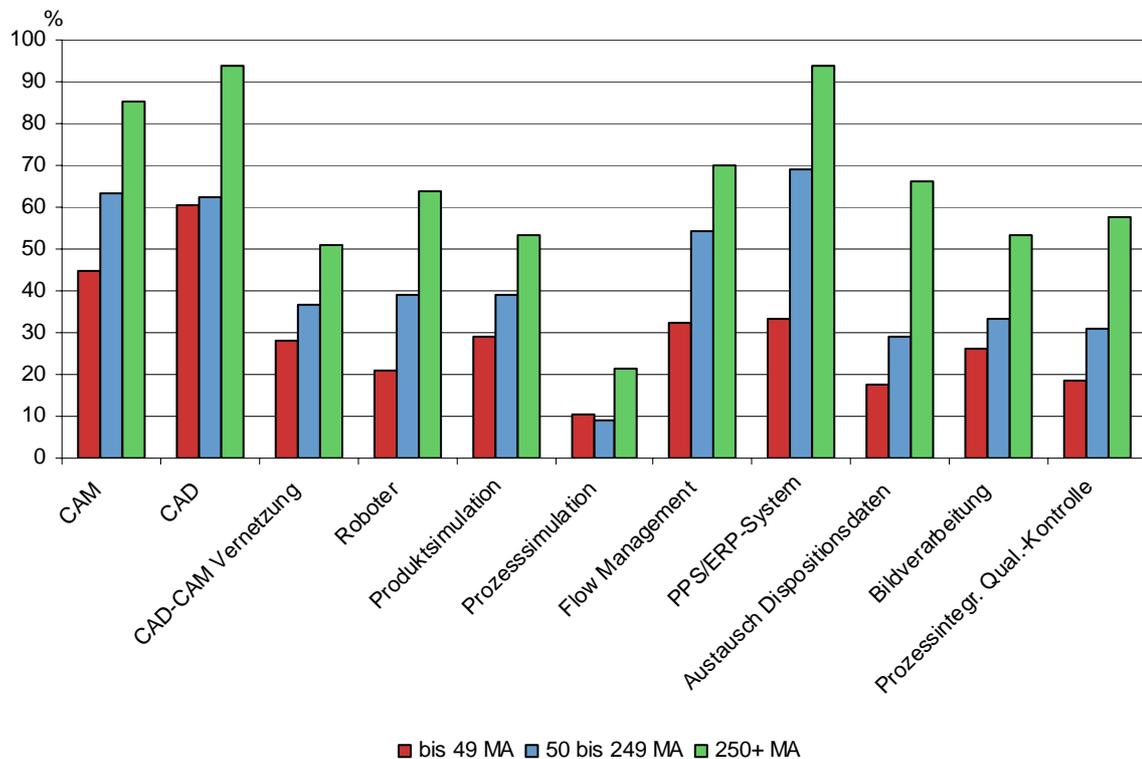
Quelle: EMS-Erhebung Österreich 2006, ARC systems research

Branchen mit einem überdurchschnittlich hohen Einsatz von Technologien sind Metall (5,2 Technologien), Maschinen/Fahrzeuge (5,4) und Elektro (5,7). Die letzt genannten beiden Branchen sind zudem die exportintensivsten Sektoren (80 % bzw. 67 % Exportanteil). Das Ernährungsgewerbe hat demgegenüber im Schnitt lediglich 2,4 Technologien eingesetzt.

Zwischen der Größe eines Unternehmens (Umsatz/Beschäftigte) und der Verbreitung von Produktions- und Prozessinnovationen (Typologie und Technologisierungsgrad) lässt sich Weiters ein relativ starker Zusammenhang beobachten. Die Unternehmensgröße beeinflusst die technologische Intensität positiv. Demnach haben laut Stichprobe Kleinunternehmen bis maximal 49 MitarbeiterInnen im Schnitt rund 3 Technologien im Betrieb eingesetzt, während Mittelunternehmen von 50 bis 249 MitarbeiterInnen im Durchschnitt bereits knapp 5 Produktionstechnologien zum Einsatz bringen. In Großunternehmen ab 250 Beschäftigten sind es bereits 7 Technologien.

Weiters lassen sich nach Betriebsgröße auch Unterschiede bei der Bedeutung der verschiedenen Technologien identifizieren (welche Technologien werden öfters bzw. weniger oft eingesetzt) (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Diffusion nach Beschäftigtengrößenklassen, in % der befragten Unternehmen



Quelle: EMS-Erhebung Österreich 2006, ARC systems research

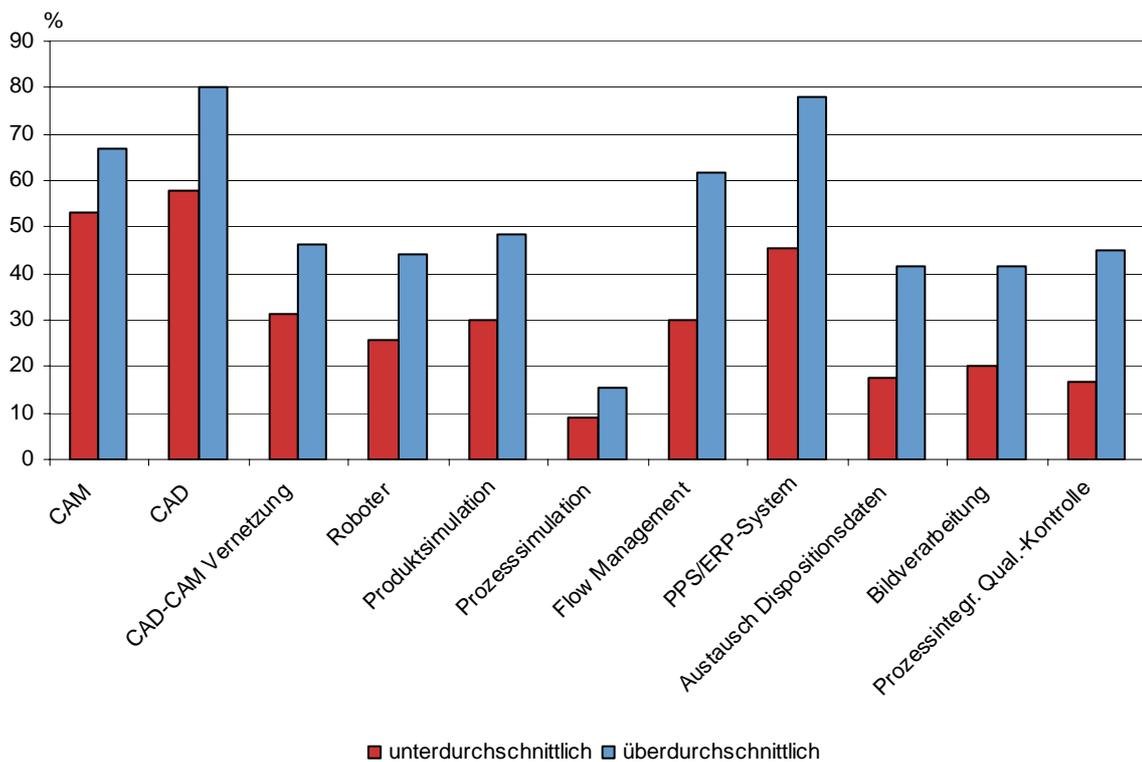
KMU haben bei allen 11 beobachteten Technologien einen niedrigeren Verbreitungsanteil als Großbetriebe. Dies trifft insbesondere auf Kleinunternehmen zu, die ihrerseits etwa CAM und Roboter eindeutig weniger oft einsetzen als Mittel- und insbesondere Großbetriebe. Zudem sind auch Logistik- und Planungstechnologien in Kleinunternehmen weniger oft verbreitet, während in Mittelunternehmen PPS/ERP-Systeme und Flow Management bereits überdurchschnittlich oft vertreten sind. Simulationssysteme, CAD und Module zur Qualitätskontrolle kommen speziell in (exportorientierten) Großbetrieben vor.

Zwischen der Exportquote und dem Technologisierungsgrad der Betriebe besteht eine enge Beziehung (Lachenmaier und Wößmann, 2004). Einerseits sind Innovationen die treibende Kraft für höhere Exporte von Unternehmen, da diese Unternehmen ihre Innovationen auch international vermarkten wollen. Andererseits zwingt der höhere Konkurrenzdruck auf internationalen Märkten Unternehmen mit einem hohen Exportanteil zu Prozessinnovationen um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die Daten der vorliegenden Erhebung bestätigen diesen Zusammenhang: So haben Unternehmen, die eine überdurchschnittliche Exportintensität im Sample aufweisen im Schnitt knapp 6 Technologien im Betrieb eingesetzt, während Unternehmen mit einer unterdurchschnittlichen Exportquote lediglich 3,5 Technologien zum Einsatz bringen. Die Untersuchung zeigt auch, dass in exportorientierten Branchen häufiger Prozesstechnologien zum Einsatz gebracht, die insbesondere im Bereich Logistik und Planung wie auch Qualitätskontrolle angesiedelt sind.

Im Detail lässt sich beobachten, dass überdurchschnittlich exportorientierte Unternehmen sämtliche 11 untersuchten Technologien öfters zum Einsatz bringen. Bemerkenswert ist dabei insbesondere der Unterschied in den Bereichen Logistik und Planung, Qualitätsmanagement sowie CAD (vgl. Abbildung 11).

Abbildung 11: Diffusion nach Exportintensität, in % der befragten Unternehmen



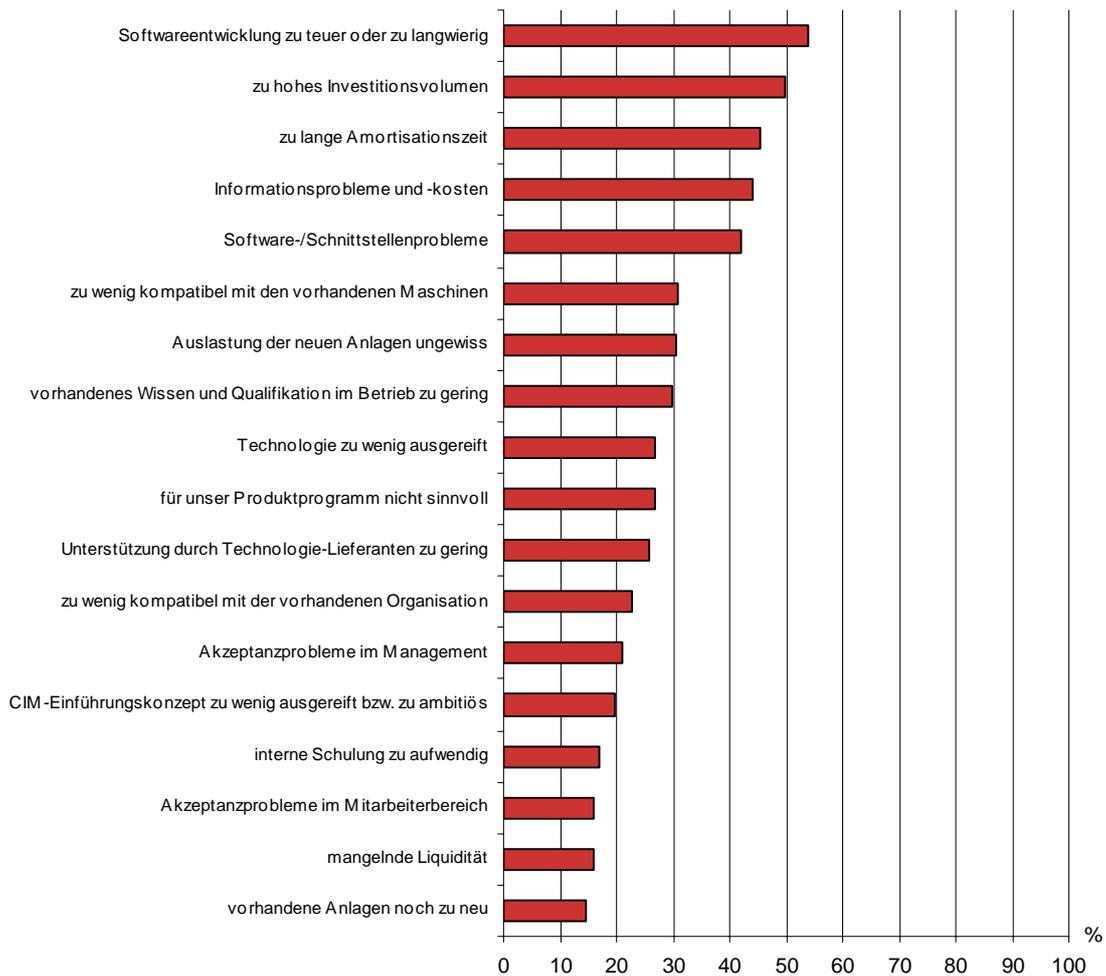
Quelle: EMS-Erhebung Österreich 2006, ARC systems research

4.4 Probleme und Barrieren bei der Einführung von Produktionstechnologien

Neben der Analyse der Verbreitung und des gegenwärtigen Diffusionspotenzials und deren Bestimmungsfaktoren ist für die vorliegende Studie auch die Frage der Barrieren im Zusammenhang mit dem Einsatz neuer Produktionstechnologien interessant. Um diese Fragen beantworten zu können, wird in Folge zunächst auf eine weitere, bereits existierende Analyse empirischer Untersuchungsdaten zurückgegriffen: Im Rahmen der Evaluierung des ITF-Programms FlexCIM, die von ARC systems research gemeinsam mit internationalen Partnern im Jahr 1999 durchgeführt wurde, wurden sämtliche Betriebe der österreichischen Produktion ab 20 MitarbeiterInnen (NACE 15 bis 37) zu Problemen in Zusammenhang mit CIM befragt. Insgesamt antworteten hier 301 Unternehmen, was einer Rücklaufquote von rund 8 % entspricht. Eine Non-Response Analyse bestätigt, dass die erfassten Betriebe repräsentativ für die Grundgesamtheit der befragten Gruppe von Industriebetrieben sind. An der prinzipiellen Aussagekraft der Befragungsergebnisse dürfte sich bis dato nichts Wesentliches geändert haben. Wiewohl bei der Befragung die Barrieren im Einsatz von CIM Technologien abgefragt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass derartige Barrieren für eine breite Palette von Produktionstechnologien gelten.

Die wichtigsten hemmenden Faktoren im Zusammenhang mit der Einführung von CIM-Elementen sind mit den Kosten der Softwareentwicklung, der Technologie und der Informationsbeschaffung verbunden. Software- und Schnittstellenprobleme im Betrieb spielen ebenfalls eine große Rolle (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 12: Bedeutung von Problemen bei der Einführung von CIM-Technologien, in % der Firmen, die das Problem für wichtig bzw. sehr wichtig halten



Quelle: FlexCIM-Erhebung 1999, Berechnungen ARC

Die untersuchten Hemmnisfaktoren lassen sich zu 6 Hauptkomponenten zusammenfassen: „Mangel an qualifiziertem Personal“, „Finanzierungsprobleme“, „Technologieprobleme“, „Organisatorische Probleme“, „Vorhandene Anlagen noch zu neu“ und „Mangelnde Kompatibilität“.

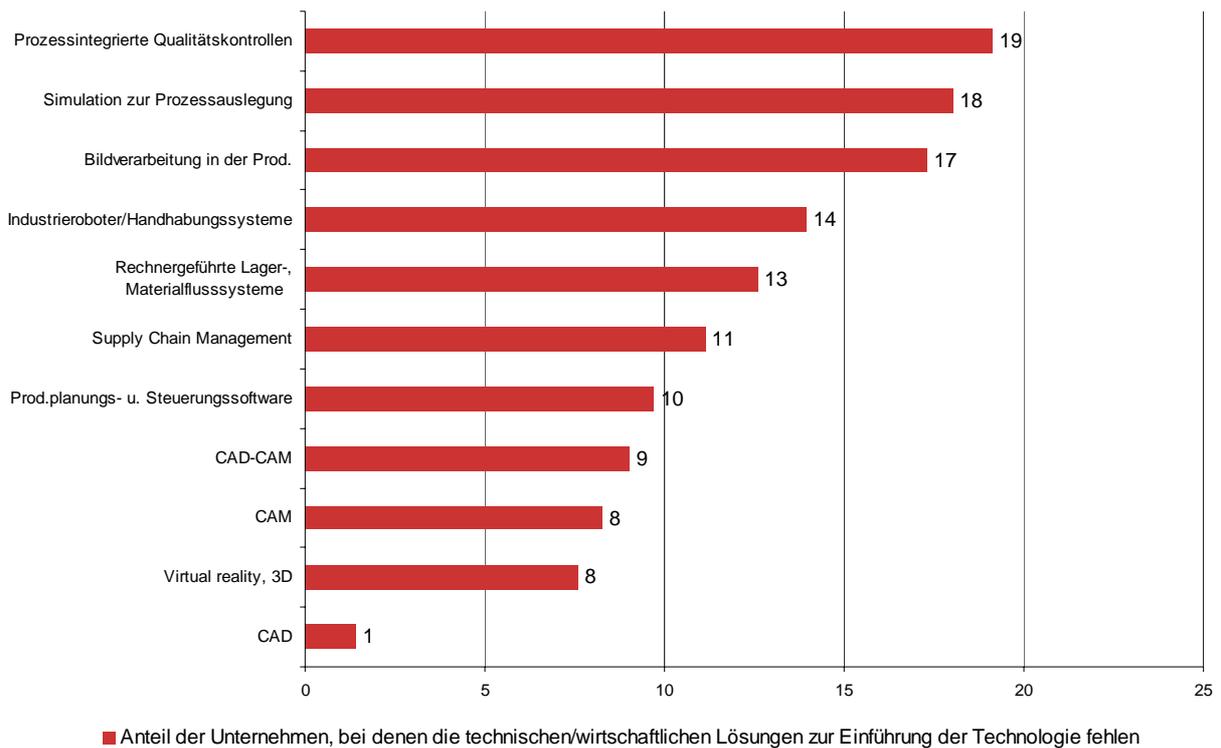
Die wesentlichsten Probleme und Barrieren bei der Einführung neuer Produktionstechnologien sind mit Finanzierungsproblemen (Kosten der Softwareentwicklung, der Technologie und der Informationsbeschaffung) verbunden. Ein zu hohes Investitionsvolumen nennen 50% der Unternehmen als wichtiges bzw. sehr wichtiges Problem. Finanzierungsprobleme spielen dabei bei kleinen Betrieben eine deutlich größere Rolle als bei größeren Betrieben.

Gerade umgekehrt verhält es sich bei Technologieproblemen (Software- und Schnittstellen, technologische Ausgereiftheit/Leistungsfähigkeit), die auch eine zentrale Rolle spielen und bei größeren Unternehmen dominanter sind. Analog dazu gehören die mangelnde Kompatibilität mit dem bestehenden Produktprogramm und der Organisation zu den Problemen und Barrieren, die insbesondere für größere Betriebe ein bedeutsameres Problem darstellen als für kleinere Betriebe. Insgesamt ist dieses Problemfeld die für die Betriebe von mittlerer Bedeutung. Auch eine mittlere Bedeutung wird dem Mangel an qualifiziertem Personal und der Ungewissheit hinsichtlich der

Auslastung der neuen Anlagen beigemessen. Demgegenüber spielen Akzeptanz- oder Schulungsprobleme sowie das Alter mit bestehenden Anlagen laut Aussagen der befragten Betriebe nur eine untergeordnete Rolle.

Folgende Abbildung 13 zeigt nun die Bedeutung der wirtschaftlichen und technischen Barrieren bei der Einführung derjenigen 11 Technologien, die im Rahmen der EMS-Erhebung analysiert wurden.

Abbildung 13: Bedeutung von technologischen/wirtschaftlichen Barrieren nach unterschiedlichen Anwendungen, in % der befragten Unternehmen



Quelle: EMS-Erhebung Österreich 2006, ARC systems research

Die höchste Anwendungsbarriere in Form des Fehlens von technischen bzw. wirtschaftlichen Lösungen weist die prozessintegrierten Qualitätskontrollen mit 19% der befragten Produktionsbetriebe auf. Bei der Prozesssimulation ist der entsprechende Anteil mit 18%, bei der Bildverarbeitung mit 17% ebenfalls relativ hoch. Auch bei Industrierobotern und rechnergeführten Lager-/Materialflusssystemen (Flow Management) liegt der entsprechende Anteil mit 14% bzw. 13% über dem durchschnittlichen Anteil an Unternehmen, die technisch/wirtschaftliche Barrieren als Implementierungshindernis anführen (12%). Zu derartigen Barrieren können etwa hohe Kosten bei der Implementierung, technische Probleme mit Schnittstellen oder mangelnde Kompatibilität mit dem bestehenden Produktprogramm gezählt werden.

4.5 Resümee

Die in diesem Kapitel vorgestellten Ergebnisse der Verbreitung von Produktions- und Prozesstechnologien zeigt, dass CAD (67%) und CAM (59%), Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen (PPS/EPS) (59%) und rechnergeführte Lager- und Materialflusssystemen (Flow Management) (48%) von der österreichischen Industrie bereits in einem hohen Ausmaß eingesetzt werden. Dies weist zugleich auf ein geringes verbleibendes Diffusionspotenzial dieser Technologien

hin. Am anderen Ende der Skale rangieren Module zur Prozesssimulation (12%), prozessintegrierten Qualitätskontrolle (30%) sowie Supply Chain Management (31%), die noch ein vergleichsweise hohes Diffusionspotenzial aufweisen und von denen auszugehen ist, dass sie von der heimischen Industrie aktuell und zukünftig nachgefragt werden (pull-Innovationen). Bei der Nachfrage nach derartigen Technologien können österreichische Unternehmen zugleich als Pionierkunden, Lead Users und avancierte Nachfrager fungieren und führen vermutlich selbst Anpassungsinnovationen durch. Sie sind damit wichtiger Teil des Innovationssystems im Bereich Manufacturing.

Die Größe des Unternehmens, die Branche und die Exportintensität bestimmten dabei das Diffusionspotenzial. So ist das verbleibende Diffusionspotenzial bei Kleinbetrieben höher als bei größeren Unternehmen, da diese bereits öfters die hier abgefragten Produktionstechnologien zur Anwendung bringen. Insgesamt sind der Einsatz und die Integration neuer Produktionstechnologien in den bestehenden Betrieb in der Regel teuer und technologisch/organisatorisch komplex, und die Amortisationszeiten vor allem in Kleinbetrieben im Allgemeinen lang. Voraussetzung zum Erschließen dieses Diffusionspotenziales bei kleineren Unternehmen in der jeweiligen Branche ist einerseits die Überwindung von Barrieren und andererseits die Erschließung von Anwendungsmöglichkeiten auch in diesen Betrieben. Kleinere Unternehmen in exportorientierten Bereichen der Sektoren Metall, Maschinen, Fahrzeuge und Elektronik sind dabei als Zielgruppe für die weitere Diffusion von technologischen Anwendungen besonders relevant.

Hier können erste Folgerungen für die Politik gezogen werden. Aus der Analyse der Barrieren für die Einführung von neuen Produktionstechnologien ergibt sich zunächst nicht automatisch ein Handlungsbedarf für die Politik. Intervention ist nicht notwendig, wenn es sich um Technologien handelt, deren Durchdringung bereits sehr hoch und das Diffusionspotenzial niedrig ist (z.B. CAD, CAM, Industrieroboter) oder die derzeit ohnehin bereitwillig von den Unternehmen angenommen werden (z.B. Virtual reality 3D oder Supply Chain Management). Vielmehr sollte sich die Politik bei Maßnahmen zur Überwindung dieser Hindernisse auf Bereiche mit technologischem Diffusionspotenzial konzentrieren, deren Verbreitung stockt (z.B. Prozesssimulation) und die gleichzeitig den technologischen Unterschied ausmachen, d.h. einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil bei ansteigender Exportorientiertheit Österreichs ermöglichen und die Unternehmensperformance verbessern (z.B. Module zur Qualitätskontrolle im Prozess).

5 Technologische Trends und Herausforderungen

Im Folgenden werden Ergebnisse einiger internationaler Projekte vorgestellt, die sich mit der Frage befassen, welche technologischen und strukturellen Trends zukünftig für den produzierenden Sektor an Bedeutung gewinnen werden. Auch prominente Wissenschaftler, Beratungsunternehmen und große Industriekonzerne haben Trends und Roadmaps für den Bereich Manufacturing beschrieben, auf die hier jedoch nicht gesondert eingegangen wird, auch da zahlreiche Experten in die unten angeführten Projekte eingebunden waren.

European Manufacturing Visions ManVis 2020

Ziel des Projekts, das im 6.RP als Specific Support Action (SSA) im Jahr 2003 initiiert wurde, war die Entwicklung von innovativen und kreativen Visionen für die Entwicklung des europäischen Manufacturing Sektors. Die Notwendigkeit der Definition von F&E-Prioritäten für das 7. RP (Bereiche Nanotechnologie, Materialien und Produktion - NMP), der anhaltende Trend zur Auslagerung der Produktion außereuropäischen Standorten und der Befund, dass die Innovationsfähigkeit des produzierenden Sektors erhöht werden muss, haben dieses Projekt angestoßen.

Dazu wurde eine Delphi-Befragung mit zwei Befragungsrunden durchgeführt, an der sich mehr als 3.000 Experten aus 22 europäischen Ländern beteiligten. Ergebnisse wurden unter anderem auf einer Konferenz im Jahr 2005 in Slowenien diskutiert und haben auch Inputs für die Manufuture Plattform (siehe unten) geliefert.

Innerhalb von ManVis wurden unterschiedliche Szenarien und Strategien zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit diskutiert: Als ein Weg wurde die Stärkung der lokalen Vernetzung zwischen Produzenten und Anwendern („localized manufacturing clusters“) betrachtet, der auch häufig als erfolgsversprechend gesehen wird, um eine umweltfreundliche Produktion zu realisieren. Als alternatives und proaktiveres Szenario wurde die Etablierung einer „High end world class manufacturing“ Vision diskutiert, die nach Expertenmeinung geringe Effekte auf die Beschäftigung hat, jedoch existierende Jobs halten kann. Hier wurde vor allem auf die Notwendigkeit der Forschung im Bereich Nanotechnologie und Automatisierung hingewiesen. Die Schaffung einer „Eco-Sustainable Manufacturing“ Vision wurde ebenfalls als mögliches längerfristiges Ziel bis 2020 debattiert. Forschung zu neuen Materialien, umweltfreundliche Produkte und Energieeffizienz stehen hier prioritär auf der Forschungsagenda. Entsprechende Regulierungen wären hier notwendig, um die Nachfrage anzustoßen und die bereits existierenden Stärken der europäischen Industrie zu forcieren.

Unabhängig vom konkreten längerfristigen Ziel wurden folgende F&E-Themen als zentral erachtet:

- Prozesstechnologie für die Verarbeitung neuer Materialien
- Einsatz intelligenter mechatronischer Systeme für Automatisierung und Robotik
- Entwicklung neuer Schnittstellen für die Mensch-Maschine-Interaktion
- Entwicklung von IKT für die stärkere Einbindung des Kunden in den Entwicklungs- und Produktionsprozesses
- Entwicklung neuer Modellierungs- und Simulationswerkzeuge
- Nanotechnologie
- Weiße Biotechnologie
- Entwicklung von Produktionstechnologien, die eine stärkere Individualisierung der Produkte/Produktion ermöglichen
- Entwicklung spezifischer Technologien für die stärkere Vernetzung (inkl. Logistik) von KMUs
- Nutzung von IKT-basierten Instrumenten in traditionellen Produktionssektoren

IMTI Manufacturing Roadmap

Diese Roadmap wurde von einigen US-amerikanischen Organisationen und Experten entwickelt. Die Integrated Manufacturing Technology Roadmap (IMTR) stuft etwa als besonders relevant ein: Intelligent Control Systems, Science-based Manufacturing, Zero life-cycle Waste, Engineered Material&Surfaces und Freeform Manufacturing.

Diese, wie auch die anderen hier angeführten Initiativen und Studien weisen dabei darauf hin, dass die Entwicklung und Nutzbarmachung avancierter Produktionstechnologien neue Kooperationsmodelle, Unternehmensstrukturen und Geschäftsmodelle erfordern.

Manufacture Challenges for 2020

Auch diese internationale Studiengruppe hat sich mit Herausforderungen und Anforderungen für die wettbewerbsfähige Produktion von Morgen beschäftigt. Exemplarisch können hier folgende Herausforderungen angeführt werden:

- Achieve concurrency in all operations.
- Integrate human and technical resources to enhance workforce performance and satisfaction.
- Reduce production waste and product environmental impact to “near zero.”
- Reconfigure manufacturing enterprises rapidly in response to changing needs and opportunities.
- Develop innovative manufacturing processes and products with a focus on decreasing physical dimensions.

IMS Vision 2020

Das IMS Visions 2020 Forum ist eine internationale Expertengruppe, die von der IMS (Intelligent Manufacturing Systems) getragen und unterstützt wird und unter der Federführung einer US-Forschungseinrichtung Szenarien für den Manufacturing Bereich entwickelte. Ähnlich wie andere Expertengruppen wird auch hier eine Reihe von potenziellen Technologien angeführt, die vor allem Informations- und Kommunikationstechnologien nutzbar machen.

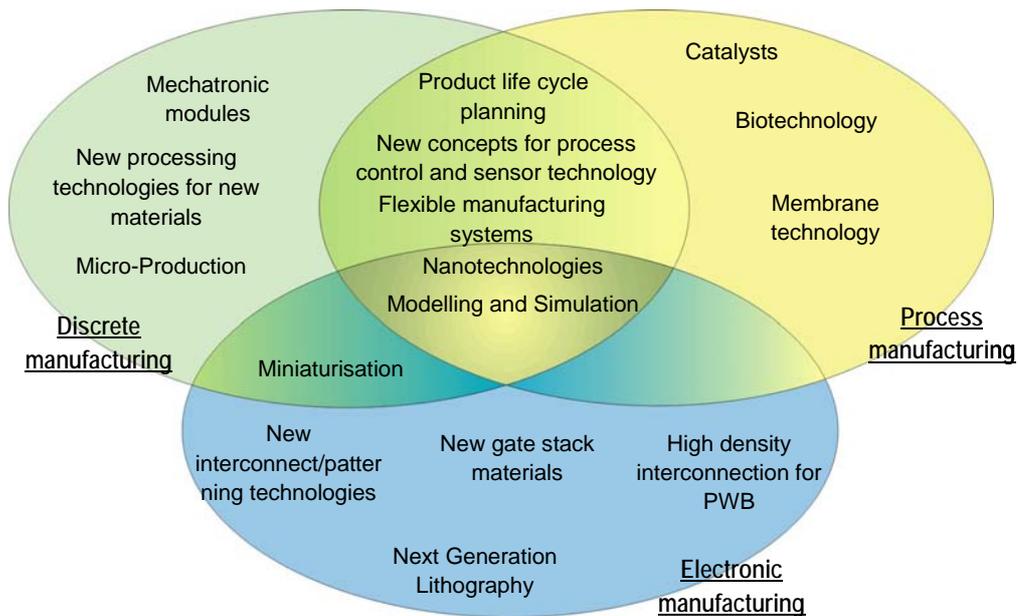
The Future of Manufacturing 2020 (FUTMAN 2020)

Das Projekt FUTMAN, an dem auch die ARC beteiligt waren, hatte zum Ziel, die technologischen und strukturellen Herausforderungen für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Produktion in Europa zu identifizieren und die Kommission bei der Ausgestaltung des 6. Rahmenprogramms zu unterstützen. Dabei wurden Fragen der Entwicklung und Bedeutung neuer Materialien und der erforderlichen Transformationsprozesse adressiert und auch einige Sektoren vertiefend untersucht.

Diese Studie wurde dabei zu einem Zeitpunkt initiiert, als in der Öffentlichkeit und der politischen Agenda die Chancen der wissensbasierten Wirtschaft und Dienstleistungswirtschaft propagiert wurden und sich der produzierende Sektor in einer Defensive befand. Die Bedeutung und Voraussetzungen für die Aufrechterhaltung und eines möglichen Ausbaus von Europa als Produktionsstandort wurde von FUTMAN im Besonderen thematisiert.

Was die technologischen Herausforderungen betrifft, wurden einige Themen in den drei Bereichen Mechanical, Process, und Electronic Manufacturing auf Basis zahlreicher Experteninterviews und Recherchen identifiziert. Die graphische Darstellung (vgl. Abbildung 14) zeigt auch die Themen, die an den Schnittstellen angesiedelt sind und interdisziplinäre F&E erfordern.

Abbildung 14: Schlüsselfelder der Produktionstechnologie 2020



Quelle: Fraunhofer ISI

European Commission's High Level Group on Key Technologies for Europe (Manufacturing Report 2005)

Die Expertengruppe der Europäischen Kommission hat im Jahr 2005 zentrale technologische Herausforderungen und Trends für den Bereich Manufacturing identifiziert. Als generische Herausforderung gilt dabei die Etablierung von interdisziplinärer F&E zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Die Expertengruppe sieht dabei vor allem in der Submikrometerbereich (submicron manufacturing) und der unternehmensweiten Simulation und Modellierung Breakthrough-Technologien. Auf Grund der hohen Kosten und Risiken, die für die Entwicklung der nächsten Generation von Fertigungstechnologien notwendig sind, wird die kooperative F&E eingefordert.

Diese Expertengruppe weist auch die Notwendigkeit hin, eine Strategische Forschungsagenda (Strategic Research Agenda - SRA) sowie Europäische Technologieplattformen (European Technology Platforms - ETP) zu etablieren, was durch die Manufature Initiative im Weiteren auch erfolgte (siehe unten).

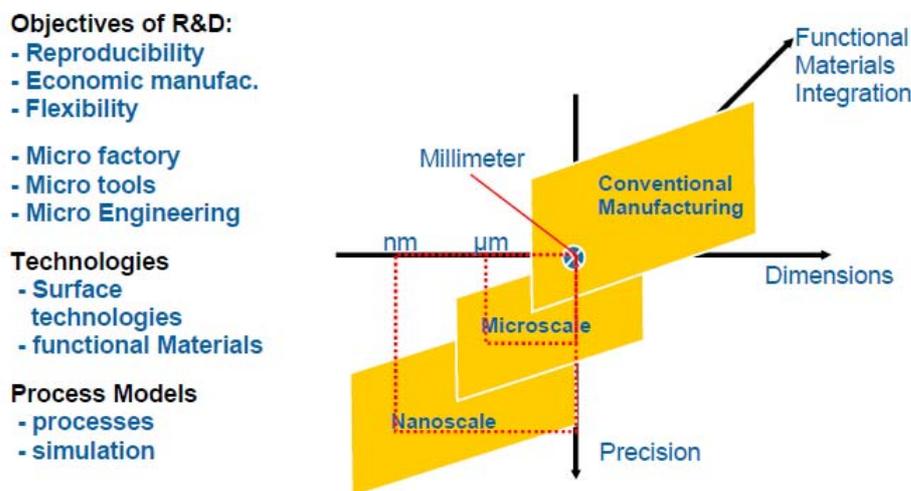
Auf Basis einiger bereits oben angeführter Foresight-Studien (IMTI, FUTMAN, IMS Vision) fasst die Expertengruppe die wesentlichen Herausforderungen für den Bereich Manufacturing zusammen. Die sieben „Challenges“ sind:

1. *Increasing competitive global economic climate*
2. *Anticipate new market and societal needs*
3. *Rapid advances in science and technology*
4. *Increase supply chain efficiency*
5. *Environmental challenges and sustainable requirements*
6. *Integrate new knowledge and improve workforce skills*
7. *Societal values and public acceptance of technology*

Forderungen an Unternehmen werden sodann beschrieben, die eine Liste von Begriffen wie *customer-responsive, reconfigurable, lean, efficient, innovative und environmental sustainable* beinhaltet.

Interessanter als dieser allgemeine „Forderungskatalog“ sind die Konsequenzen, die sich für die F&E-Agenda ergeben. Folgende Abbildung visualisiert die F&E-Herausforderungen für die europäische produzierende Industrie. Dabei wird ein besonders großes Potenzial im Einsatz von neuen Materialien für innovative, kundenspezifische und umweltfreundlichen Produkte gesehen, die häufig gänzlich neue Produktionsverfahren benötigen, die auf der Mikro- und Nanoscale realisiert werden. Derartige Verfahren basieren auf Erkenntnissen der atomaren und molekularen Physik und Chemie, um Produkt- und Materialeigenschaften gezielt kontrollieren bzw. steuern zu können. In vielen Fällen handelt es sich hier auch um organische Materialien, die biologische Entwicklungsverfahren erfordern. Das Expertenpapier betont hier den stetigen Trend zu Miniaturisierung, der small-scale production und der zunehmenden Produktion in Labor bzw. unter Reinraumbedingungen.

Abbildung 15: Miniaturisierung als zentrale Herausforderung für die Produktion von Morgen



Quelle: da Costa (2005)

Die Entwicklung und der Einsatz neuer Materialien, der stärkeren Integration und Nutzung von Informationstechnologien, Modellierung und Simulation und dem Einsatz gänzlich neuer Produktionsverfahren wurden von dieser Expertengruppe als wesentlich erachtet. Neue Informationstechnologien fungieren dabei als „Enabling Technology“ und ermöglichen Simulation, Modellierung und die Realisierung der „digitalen Fabrik“. Aber auch unterschiedlichste Sensoren werden an Bedeutung gewinnen.

Diese Ausführungen haben zur Formulierung von konkreten Zielen und Themen für das Arbeitsprogramm und die Ausgestaltung des NMP (Nanosciences, Nanotechnology, Materials and New Production Technologies) Programms des 7 RP beigetragen. Relevante F&E-Themen werden in diesem Report im Anhang aufgelistet.

Als allgemeine Empfehlungen für die Forschungs- Technologie-, und Innovationspolitik (FTI-Politik) wird formuliert:

1. Etablierung eines interdisziplinären F&E-Programms zwischen unterschiedlichen Akteuren und Disziplinen, das die Vernetzung und Verbindungen zwischen den unterschiedlichen Communities stärkt: Engineering, Mathematik, Physik, Chemie, Management Science, Computer Science, Komplexitätsforschung, Biologie, und Kognitivwissenschaften sollten damit noch stärker als in der Vergangenheit zusammenarbeiten. Das Monitoring der F&E-Tätigkeiten außerhalb des etablierten Produktionsbereichs mit potenziellem Anwendungspotenzial wird hier ebenso angeführt.
2. Ausbau der längerfristigen Forschung mit einem Schwerpunkt auf Querschnittstechnologien wie adaptive Fertigungssysteme, Informationstechnologien oder Modellierung und Simulation.
3. Ausbau und Stärkung der Grundlagenforschung mit dem Ziel der Entwicklung von Breakthrough Technologien wie Submikrometer-Prozesstechnologien und Unternehmensmodellierung und Simulation.

MANUFACTURE Plattform

Die „Manufuture Technology Platform“ wurde im Zuge der Diskussion der Umsetzung des Lisbon-Ziels etabliert und sollte den erforderlichen strukturellen Wandel in der produzierenden Industrie unterstützen. Im Dezember 2003 wurde eine erste Vision für die europäische Industrie präsentiert, im Weiteren wurden Konferenzen organisiert, Studien durchgeführt und eine High Level Group (HLG) etabliert. Insgesamt sind in die zahlreichen Initiativen und Aktivitäten mehr als 200 Experten aus allen europäischen Ländern eingebunden und umfassen alle relevanten Interessengruppen wie Unternehmen, Verbände und Forschungsreinrichtungen. Getragen wird diese europäische Initiative dabei vornehmlich von Maschinenbauunternehmen, die ihre Bedürfnisse für die Ausrichtung der Forschungsförderung auf europäischer Ebene bündeln und in Kooperationen mit Forschungseinrichtungen auf- und ausbauen können. Wie in anderen Ländern wurde auch in Österreich eine nationale Plattform initiiert (www.manufuture.at). In Österreich nimmt die Forschungsgesellschaft Profactor (vgl. auch Tabelle 6) repräsentative Aufgaben wahr. Eine entsprechende Governance-Struktur ermöglicht dabei die Koordination und Harmonisierung der Forschungsinteressen auf nationaler und europäischer Ebene.

Die Manufuture Studie (Manufuture 2004) zieht folgenden Schlussfolgerungen bzw. fordert ein:

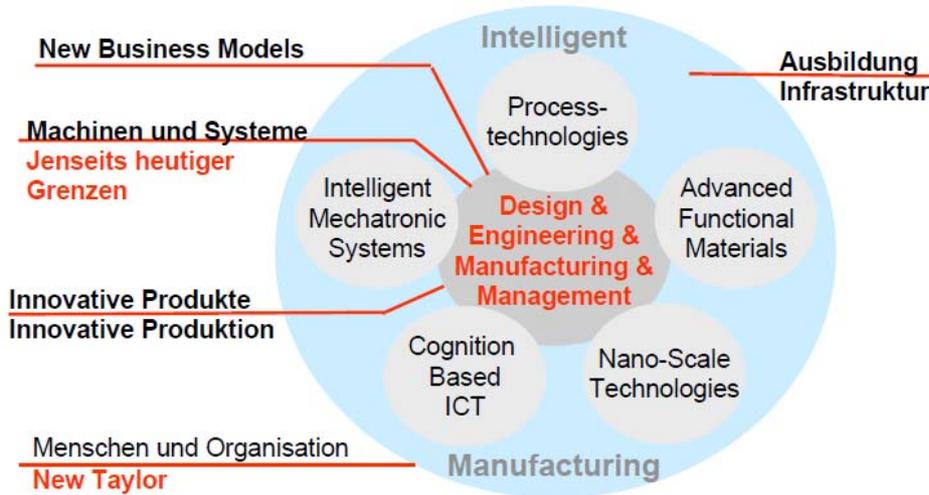
1. Die industrielle Transformation ist eine Notwendigkeit.
2. Neue Ansätze für die Produktion sind gefordert,
3. Ein kompetitives F&E-System ist durch das Zusammenspiel von F&E, Infrastruktur und Ausbildung zu schaffen.

Die Manufuture HLG sieht in der Vernetzung, der Einführung adaptiver und digitaler Produktion oder der Schaffung eines unterstützenden Umfelds wesentliche Herausforderungen bzw. Handlungsfelder. Die Expertengruppe fordert aber auch Entrepreneurship Training, die Ausrichtung akademischer Forschung auf Bedürfnisse der Industrie und die Verankerung stärker multidisziplinärerer Forschung und Ausbildung in den Curricula. Manufacturing Engineering und Industrial Engineering ist eine Technologie, die auf viele Disziplinen zurückgreift: Mathematik, Physik, Chemie, Architektur, Informatik. Dies ist entsprechend bei der strategischen F&E-Planung und Ausbildungsplanung zu berücksichtigen.

Von der Manufuture Plattform wie auch anderen Studiengruppen wird die „Digitale Fabrik“ wiederholt thematisiert. Die Digitale Fabrik ist ein Werkzeug zur schnellen Veränderung und Adaption der Produktion. Mit Hilfe von Simulationen kann das Verhalten von Produktionssystemen analysiert werden.

Die Produktion ist dabei zunehmend vernetzt, wie eine prominente Mitglied der Manufature Expertengruppe zum Ausdruck bringt: „Die Produktion der Zukunft ist ein komplexes und adaptionsfähiges Netzwerk aus einzelnen miteinander vernetzten und teilautonomen Leistungseinheiten. Die Aktivierung synergetischer Potentiale kann durch ein Systematisiertes Management und Standardisierung der Schnittstellen erreicht werden“ (Westkämpfer 2007). Von Westkämpfer werden etwa folgende Handlungsfelder der Produktionsforschung gesehen:

Abbildung 16: Handlungsfelder der Produktionsforschung



Quelle: Westkämpfer (2007)

Eine Kernaufgabe der Manufature Plattform ist die Etablierung einer Strategischen Forschungsagenda – Strategic Research Agenda (SRA). Thematisch wurden dazu fünf Cluster definiert: 1. New materials, processes, and products in manufacturing, 2. Information Technology, 3. Modelling und Simulation, 4. Manufacturing Processes and Equipment, und 5. Enterprise Integration.

2006 wurde die Strategic Research Area der Manufature Plattform präsentiert. Basierend auf einer Analyse der wesentlichen technologischen und sozio-ökonomischen Triebkräften (Drivers) wurden (siehe auch HLG) fünf Eckpfeiler (= enabling technologies) für die Entwicklung neuer innovativer Technologien und die erforderliche industriellen Transformation definiert:

1. New Added-Value Products and Services
2. New Business Models
3. Advanced Industrial Engineering
4. Emerging Manufacturing Science and Technologies
5. Infrastructures and Education.

Diese fünf Eckpfeiler und Ziele werden von der Expertengruppe als „Roadmap for industrial transformation“ bezeichnet. Für diese fünf Bereiche wurden bzw. werden aktuell kurz- und längerfristige F&E-Ziele definiert.

Exemplarisch können für den Bereich „Advanced Industrial Engineering“ folgende Prioritäten bzw. Ziele angeführt werden: Digital manufacturing, adaptive manufacturing, networking manufacturing, knowledge-based manufacturing und „New Taylor“. Für das strategische Ziel 5 (Infrastructure and

Education), das vor allem auf die Transformation des F&E-Systems abzielt, wurden hingegen Ziele und Maßnahmen wie die Förderung von „Test-beds for innovating production“ oder die Reform der Ausbildungsprogramme für Ingenieure und Techniker gefordert, die stärker interdisziplinäre Gesichtspunkte berücksichtigen soll.

Innerhalb der Manufuture Initiative wurden auch Working Groups etabliert, die F&E-Ziele zu einzelnen thematischen Schwerpunkten der SRA umsetzen. Hier kann etwa die MINAM-Initiativen erwähnt werden, welche sich mit Micro- und Nanomanufacturing befasst und eine Roadmap für unterschiedliche Technologien und Anwendungen erarbeitet hat (MINAM 2008). Diese fungiert mittlerweile als eigene europäische Technologieplattform (ETP).

Während andere Technologieplattformen auf europäischer Ebene vor allem auf einzelne spezifische Technologien oder Industriesektoren fokussiert sind, zielt Manufuture darauf ab, die gemeinsame technologische Basis der industriellen Produktion zu stärken. Manufuture sieht sich dabei als Netzwerk, das die europäische, nationale und regionale Ebene der Produktionsforschung verlinkt. Entsprechend existieren (bzw. sind im Entstehen) nationale und regionale Manufuture Plattformen.

Aktuell wird auch diskutiert, die Manufuture Plattform in eine Joint Technology Initiative (JTI) überzuführen, die als eigenständiges Förderprogramm noch stärker die Bedürfnisse der Industrie nachkommen soll. Partner einer JTI sind dabei private wie auch öffentliche Organisationen. Für eine mögliche aktive Beteiligung Österreichs wurde auch eine Studie durchgeführt (Schnabel et al. 2009), die das Potenzial für Österreich analysiert. Diese Studie empfiehlt eine aktive Teilnahme Österreichs an einer möglichen Manufuture JTI unter der Voraussetzung, dass es erstens gelingt sich innerhalb der wichtigen Organe der JTI zu verankern, und zweitens, dass in ausgewählten Themenstellungen eine Schwerpunktbildung in Österreich (nationale Subplattformen) vorgenommen werden kann. Dazu ist nach Meinung der Autoren eine nationale Programmlinie erforderlich, um gemeinnützige österreichische F&E-Einrichtungen beim Aufbau der kritischen Massen (Ziel sind rund 100 Mitarbeiter pro Thema) zu unterstützen und so EU-weite Forschungsexzellenz zu erzielen.³⁴

Im Rahmen dieser Studie wurde auch eine Befragung von Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Intermediären vorgenommen. Dabei wurde in Bezug auf das aktuelle Arbeitsprogramm und möglicher Schwerpunkte folgende Prioritätenreihung vorgenommen: 1. „Adaptive Produktion“, 2. „Emergente Technologien“, und 3. „Digitales Engineering“. Die von Manufuture propagierten Themen „Neue Geschäftsmodelle“ und „Netzwerk Produktion“ wurden hingegen als weniger bedeutend eingestuft. Das Thema „IKT für die Produktion“ wurde prinzipiell als relevant eingestuft, vor allem aber als „Enabler“ gesehen, - mit dem Hinweis, dass die Themen vor allem aus dem Blickwinkel der Produktion zu definieren seien.

Als Themenfelder für mögliche Subplattformen werden hier angeführt: Maschinenkonzepte und Fertigungsprozesse, Steuerung- und Sensortechnik, Automatisierungstechnik, Informationssysteme für die Fertigungswirtschaft, Materialwissenschaften, Herstellprozesse und Verfahrenstechnik.

³⁴ Diese Erhebung zeigt auch, dass der Anteil der Finanzierung der F&E-Aktivitäten durch europäische Förderprogramme relativ gering ist. Dies wird von Seiten der Befragten auf die geringe Erfolgswahrscheinlichkeit bei den EU Programmen wie auch der mangelnden Kapazität zurückgeführt, wobei letzteres vor allem für die Beteiligung an grundlagenorientierten Forschungsprojekten gilt.

6 Synthese und Handlungsempfehlungen

6.1 Synthese der Befunde für Österreich

Wie ist die aktuelle Position Österreichs in Bezug auf F&E zu Produktions- und Prozesstechnologien zusammenfassend zu bewerten und wie kann die Zukunft eingeschätzt werden? Dazu können einige Befunde synthetisiert werden (vgl. auch Tabelle 10 für einen Überblick):

Der Unternehmensbereich, in dem neue Produktions- und Prozesstechnologien entwickelt werden, umfasst in Österreich rund 87.000 Beschäftigte und macht damit rund 16% der Wertschöpfung des gesamten produzierenden Bereichs aus. Die F&E-Aufwendungen des Unternehmensbereichs können dabei in etwa mit 1 Mrd. Euro beziffert werden. Insgesamt zählen die von uns identifizierten Sektoren zu den besonders F&E-intensiven Sektoren Österreichs. Betrachtet man den Maschinenbau als wichtigen Repräsentant dieses Bereichs, zeigt sich im europäischen Vergleich, dass Österreich sogar überdurchschnittlich stark spezialisiert ist, was die Größe des Sektors als gesamtes betrifft, und diese **Spezialisierung** in den letzten Jahren sogar noch gestiegen ist.

Den österreichischen Unternehmen gelingt es dabei auch, die hohen F&E-Aufwendungen erfolgreich in **Innovationen** umzusetzen. Betrachtet man wiederum den Maschinenbau-Sektor, ist dieser laut CIS 4 überhaupt die innovativste Branche in Österreich, wird der Anteil des Umsatzes, der mit Produktinnovationen erzielt wird, als Indikator herangezogen (Statistik Austria 2008). Auch bei den Marktneuheiten, die als ein Indikator für die Innovationshöhe betrachtet werden können, kann der Maschinenbau punkten: bei immerhin 80% der eingeführten Produktinnovationen handelte es sich laut Angaben der Unternehmen um eine Marktneuheit.

Insgesamt sind die **Innovationsaktivitäten** zu Produktions- und Prozesstechnologien stark auf spezifische Kundenbedürfnisse ausgerichtet, wobei die Existenz innovativer Kunden (Lead User) und avancierter Nachfrage durch die Industrie zweifelsohne von großer Bedeutung ist. Im Allgemeinen spielt die räumliche Nähe zwischen Produzenten und Anwendern in diesem Bereich eine große Rolle (Wengel und Shapira 2004). Österreich hat auch einige große Unternehmen wie Andritz, VAI Siemens und Engel (vgl. auch Tabelle 5), die in ausgewählten Feldern (teilweise Nischen) in der Vergangenheit durchaus radikalere Innovationen entwickelt haben. Trotz der hohen Marktneuheiten laut CIS ist der Innovationspfad mit wenigen Ausnahmen (Leitner 2003) jedoch tendenziell als inkrementell zu beschreiben, wird berücksichtigt, dass die Marktneuheiten nicht immer auf neuen Technologien beruhen.

Des Weiteren ist ein Blick auf Studien zu **Innovationsbarrieren** wie dem aktuellen CIS 4 interessant. Hier kann erneut der Sektor Maschinenbau als größter Erzeuger von Produktions- und Prozesstechnologien herangezogen werden. Dabei zeigt die jüngste Innovationserhebung (Statistik Austria 2008), dass der Maschinenbau die größte Innovationsbarriere vor allem bei den wissensbezogenen Innovationsbarrieren sieht. Insgesamt rund 32% der innovationsaktiven Maschinenbauunternehmen in Österreich betrachten einen dieser Faktoren (Mangel an qualifizierten MitarbeiterInnen, Mangel an technologischen Informationen, Mangel an Marktinformationen, Schwierigkeit bei der Suche nach Kooperationspartnern) als ein großes Innovationshemmnis, – der Durchschnittswert über alle Branchen liegt hingegen nur bei 24%. Dabei stellt der Mangel an qualifizierten MitarbeiterInnen den zentralen Engpass bei rund 25% der innovationsaktiven Unternehmen dar. Nur die Textilindustrie, die Fahrzeugindustrie und die Kunststoffindustrie weisen hier in Österreich ähnlich hohe Werte auf. Die IWI-Studie zu Innovation in der Maschinen- und Metallwarenindustrie, die ähnliche Innovationsbarrieren wie der CIS abfragt, kommt hier übereinstimmend zu ähnlichen Befunden (Schneider 2006) und ortet im Mangel an Fachpersonal den zentralen Engpass. Bei den Innovationskosten und der Finanzierung liegt der Maschinenbau im Mittelfeld im Vergleich zu allen anderen Branchen. Die fehlende Finanzierung im eigenen Unternehmen oder der Unternehmensgruppe spielt indes eine untergeordnete Rolle, der Wert liegt

hier bei 15%, während über alle Branchen betrachtet die fehlende Finanzierung mit 21% das häufigste Innovationshemmnis in Österreich darstellt. Marktbezogene Faktoren, – die über alle Branchen hinweg an dritter Stelle gereiht sind (Bsp. unsichere Nachfrage oder Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen) –, spielen im Maschinenbau eine vergleichsweise geringere Rolle.

Die österreichische Industrie ist jedoch nicht nur ein innovativer Entwickler von Produktionstechnologien sondern setzt – auch im internationalen Vergleich – intensiv neue Produktionstechnologien ein. Die innovativsten **Anwender** sind dabei exportorientierte Unternehmen. Prozesstechnologien sind dort besonders wichtig, um international reüssieren zu können. Wie zu erwarten, stellen aber auch die Branche und die Unternehmensgröße einen Bestimmungsfaktor für den Einsatz innovativer Produktionstechnologien dar. Eine detaillierte Erfassung der F&E-Aktivitäten, die bei den Anwendern von Produktionstechnologien bzw. im produzierenden Sektor als gesamtes durchgeführt werden, um Produktionstechnologien an die betrieblichen Erfordernisse anzupassen oder zu verbessern (Prozessinnovationen) ist auf Basis der aktuell zur Verfügung stehenden F&E-Daten jedoch nicht möglich.

Die Zusammenarbeit zwischen Industrie und gemeinnützigen **Forschungseinrichtungen** kann als durchaus gut bezeichnet werden, analysiert man die Projektfinanzierung von Seiten der Industrie, die einen hohen Anteil der F&E-Finanzierung an den österreichischen außeruniversitären Forschungseinrichtungen darstellt (vgl. Schnabl et al. 2009) aber auch bei den universitären Einrichtungen eine zunehmende Rolle gewinnt (vg. Leitner et al. 2007). Der CIS 4 zeigt in diesem Kontext ferner, dass der Maschinenbau überdurchschnittlich häufig, nämlich zu 64% mit Universitäten oder Fachhochschulen kooperiert (Durchschnitt über alle Sektoren: 42%) (Statistik Austria 2008). Die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Wissenschaft zu Themen der Produktionsforschung wurde im Rahmen von neue geschaffenen Einrichtungen wie CD-Labors und Kompetenzzentren in den letzten Jahren stetig ausgebaut und institutionalisiert. Dabei zeigt sich, dass sich ein Großteil der neu geschaffenen Einrichtungen mit Fragen der Produktionstechnologien befasst (vgl. auch Tabelle 6). Diese kooperativen Einrichtungen sind dabei vorwiegend Bottom-up entstanden und reflektieren daher existierende Stärken und organisatorische F&E-Strategien. Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bei grundlagenorientierter Forschungstätigkeit in Österreich in vielen Bereichen die kritischen Massen fehlen, um radikale neue Technologien auf breiter Basis zu entwickeln.

Produktionstechnologien spielen naturgemäß an den technischen und naturwissenschaftlichen Fakultäten österreichischer Universitäten eine große Rolle. Alle in dieser Studie angeführten **Universitäten** (vgl. Tabelle 6) haben Schwerpunkte im Bereich der Produktionstechnologien formuliert. Die Technische Universität hat etwa als fakultätsübergreifende Kompetenzfelder definiert: „Material Science / industrielle Technologien“; „Computational Science and Engineering“. Die Technische Universität hat „Production Science und Management“ als Exzellenzfeld definiert. Die Montanuniversität Leoben „Sustainable Produktion and Technology“. „Mechatronik“ ist ein Exzellenzschwerpunkt der Universität Linz. Die Studie von Schnabl et al. (2009) findet in diesem Zusammenhang, dass universitäre Einrichtungen, die im Bereich der Produktionstechnologien tätig sind und tendenziell eng abgegrenzt wurden, bislang kaum FWF-Projekte durchführen.

Trotz der allgemeinen skeptischen Einstellung gegenüber neuen Technologien, wie sie Innovationsstudien über Österreich immer wieder verorten (Innovationsindikator Deutschland 2007) wird im Allgemeinen die **Einstellung** der Bevölkerung zu „Österreich als Industriestandort“ als Stärke betrachtet. Im Gegensatz zur Arbeit von Schnabl et al. (2009) sehen wir daher nicht die Notwendigkeit für einen „Kulturwandel“ hin zu einer „industriellen Wertschöpfung“ in Österreich, - und zwar in Folge einer in der jüngsten Vergangenheit zu starken Betonung der Dienstleistungsgesellschaft oder wissensbasierten Wirtschaft durch Politik und Medien. Wie angeführt ist der Anteil des produzierenden Sektors in Österreich im Vergleich zu anderen europäischen Ländern überdurchschnittlich hoch.

Die Frage, ob sich der zukünftige **industrielle Wandel** eher inkrementell oder radikal vollzieht, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Wenngleich Visionen wie die Digitale Fabrik, Desktop Manufacturing oder Mikrofabriken große Potenziale aufweisen und die Akteure mobilisieren, finden groß angekündigte Revolutionen nicht immer statt. Dennoch hat Österreich nicht ausreichende Kapazitäten, um wirklich neue radikale Technologien zu entwickeln hat sich aber auch schon in der Vergangenheit gut in Nischen positioniert und neue Technologien rasch aufgegriffen und mit etablierten Technologien kombiniert.

Die **FTI-Politik** und **Förderlandschaft** in Österreich kann im Allgemeinen als durchaus effektiv und sehr gut ausgebaut bezeichnet werden und adressiert vielfach direkt oder indirekt Fragen der Produktionsforschung. Angeführt werden können hier:

- Programme der **FFG**: Die Basisprogramme (u.a. Basisförderung, BRIDGE, Forschungs-Headquarter, Innovationsscheck, Start up-Förderung) sind in der Regel thematisch nicht fokussiert und fördern defacto vielfach F&E im Produktionsbereich. Bei den Strukturprogrammen (Kompetenzzentren, Ausbau der Forschung an Fachhochschulen und anwendungsorientierten Forschungseinrichtungen) werden Schwerpunkte an etablierten Einrichtungen gefördert. Auch diese befassen sich zu einem Gutteil mit Fragen der Produktionsforschung. Bei den thematischen Programmen können FIT-IT, die NANO Initiative und die Programmlinie Fabrik der Zukunft (Nachhaltig Wirtschaften) angeführt werden.
- Programme der **AWS** unterstützen ebenfalls durch vielfältige Maßnahmen die Entwicklung, vor allem aber auch den Einsatz von neuen Produktionstechnologien. Programme für die Technologieförderung, die Internationalisierung oder das Wachstum von Unternehmen sind hier zu erwähnen. Auch der Technologietransfer von F&E-Einrichtungen zur industriellen Anwendung wird gefördert (Bsp. aws ProTrans).
- Auf Ebene der **Bundesländer** sind in den letzten Jahren ebenfalls eine Reihe von Programmen und Initiativen gestartet worden wie etwa zahlreiche Cluster-Initiativen, die Ko-Finanzierungen zum Ausbau der F&E-Infrastruktur oder die Etablierung spezifischer Innovationsfördermaßnahmen.
- Die Beteiligung Österreichs an **europäischen Forschungsprogrammen** ist im Bereich Manufacturing als durchschnittlich einzustufen. Die Evaluierung der österreichischen Beteiligungen am 6. Rahmenprogrammen an den produktionsforschungsrelevanten Programmen NMP und IST-NMP (PROVISO 2007) zeigt eine nur geringfügig unterdurchschnittliche Beteiligung und Bewilligungsquote Österreichs. Im Allgemeinen kann hier von einer leicht unterdurchschnittlichen bis durchschnittlichen Performance im europäischen Vergleich gesprochen werden, auch was den Anteil der verschiedenen Akteure wie große Unternehmen, KMU und Universitäten betrifft (PROVISO 2007). Eine Auswertung der bisherigen Beteiligung österreichischer Organisationen am 7. RP im NMP-Programm zeigt, dass sich die Performance auf durchschnittlichem Niveau fortsetzt (PROVISO 2008). Die Studie von Schnabl et al. (2009), die eine Befragung von F&E-betreibenden österreichischen Organisationen durchgeführt hat, zeichnet hier ein schlechteres Bild und illustriert, dass nach Angaben der befragten F&E-Einrichtungen EU-Programme bisher kaum genutzt wurden. Vor allem die höheren Erfolgsaussichten und die unbürokratischer Entwicklung werden dort als Gründe angeführt, sich bei der Forschungsfinanzierung stärker national zu orientieren.
- Insgesamt wird auch von der europäischen Kommission bzw. dem Innovation Scoreboard der österreichischen FTI-Politik ein durchwegs gutes Zeugnis ausgestellt. Der aktuelle CIS 2006 zeigt in diesem Zusammenhang erneut, dass anteilmäßig Unternehmen der Sektoren Maschinenbau (NACE 29) mit 53%, Fahrzeugbau (NACE 34-35) mit 68% sowie Büromaschinen, Datenverarbeitung, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik (NACE 30-33) mit 58% aller Unternehmen besonders häufig eine öffentliche Förderung für Innovationsaktivitäten erhalten.

Tabelle 10: SWOT-Analyse zur Ausgangssituation der F&E im Bereich Produktionstechnologien in Österreich

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> - Überdurchschnittliche Spezialisierung - Hohe F&E-Quote und Innovationsoutput - Hohe Exportfähigkeit - Traditionell etablierte Industriekultur - Patentstatistiken zeigt keine großen Unterschiede zu den starken Nationen Deutschland und der Schweiz Österreich - Werkzeugmaschinen stellt eine besondere Stärke dar (Patente) - Fehlende Finanzierung (CIS 5) außerhalb des Unternehmens ist weniger ein Problem als in anderen Branchen - Existenz einiger großer Unternehmen, kleinbetriebliche Struktur nicht so stark ausgeprägt wie in anderen Sektoren - Allgemein gut ausgebaute Förderlandschaft im Bereich F&E - In vielen Bereichen existiert eine enge Koppelung zwischen Produzenten und Anwender (Bsp. Papiermaschinen, Kunststoffmaschinen) und hohe Kundenorientierung - Enge Interaktion und Kooperation zwischen Unternehmen und gemeinnützigen Forschungseinrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Patenten geringere Spezialisierung im Feld nachrichtentechnische Geräten und Einrichtungen - Diffusionsbarrieren für neue Produktionstechnologien vor allem organisatorischer Natur - Mangel and Qualifikation spezifisches Innovationshemmnis bei Maschinenbauunternehmen - Interdisziplinäre Zusammenarbeit an Universitäten teilweise noch immer schwierig - Für grundlagenorientierte F&E fehlen die kritischen Massen - Österreichisches Lobbying für Themen auf EU-Ebene schwieriger (z.B. JTIs, Rahmenprogramme) als für große Länder - Nur durchschnittliche Performance bei den relevanten EU-Rahmenprogrammen zu Manufacturing
Chancen	Bedrohungen
<ul style="list-style-type: none"> - Produktivität, Wachstum, Beschäftigung, Export - Universitäten haben vielfach auf Mechatronic, Nano-Manufacturing und Neue Materialien gesetzt - Etablierung einer nationalen Ziel oder einer Vision für den Bereich Manufacturing - Integration von Dienstleistungen - Nachhaltige Produktion und Umwelttechnologien - Stärkere Nutzung europäischer Förderprogramme - Stärker interdisziplinär formulierte F&E-Programme auf Seiten der Universitäten 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurzfristig sind die exportorientierten Unternehmen besonders betroffen - Weiteres Catching-up der osteuropäischen Nachbarländer mit vielfach traditionellen Stärken im Maschinenbau - Weiter verstärkte Konkurrenz durch südostasiatische Länder wie Indien und China - Auf neue radikale technologische Paradigmen bzw. disruptive Technologien wird zu langsam reagiert

Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt werden aktuell auch einige spezifische Maßnahmen zur Stärkung der Produktionsforschung in Österreich diskutiert, die hier angeführt werden können:

- Der Fachverband der Maschinen & Metallwarenindustrie (FMMI) plant gemeinsam mit der Gewerkschaft Metall-Textil-Nahrung (g.mtn) die Brancheninitiative „Innovatives Metall. Mit dieser Initiative soll der MMI ein Österreich weites „Knowledge Center“ zur Verfügung gestellt werden, das ein für die Branche wichtiges und entsprechend nachgefragtes Leistungsangebot erarbeitet und anbietet. „Innovatives Metall“ versteht sich laut Eigendefinition als ein strategischer „Think Tank“ mit dem Ziel, die Innovationskraft der Maschinen- und Metallwarenindustrie weiter zu stärken und speziell KMU den Zugang zu F&E zu erschließen. Dabei soll die Initiative innerhalb von 5 Jahren zu einem international ausgerichteten Wissens- und Kompetenzzentrum werden, und dabei mit seinem Leistungsportfolio die Erschließung zukünftiger Technologien, Produkte und Prozesse unterstützen. Gleichzeitig möchte „Innovatives Metall“ als Initiator, Planer und Begleiter die „niederschwellige“ Heranführung von KMU „in den Bereich der technologieorientierten Anwendungsforschung und Entwicklung“ betreiben. Ziele der Initiative sind dementsprechend i) die Stärkung der Innovationskraft der Branche, Verstärkung des Technologietransfers, und ii) Entwicklung von bedarfsorientierten Aus- und Weiterbildungsprogrammen.
- Aktuell wird für die weitere Entwicklung der Manufuture-Initiative auch die Etablierung bzw. Überführung in eine Joint Technology Initiative (JTI) diskutiert. Eine Studie für Möglichkeiten der österreichischen Beteiligung wurde im Sommer 2008 beauftragt (Schnabl et al. 2009). Die Studie empfiehlt die Beteiligung an dieser JTI unter der Voraussetzung, dass eine nationale Schwerpunktbildung zum Thema Produktionsforschung erfolgt, um die prinzipiellen Chancen einer europäischen Initiative auch für Österreich effektiv umsetzen zu können.

Insgesamt kann demzufolge durchaus von einer Stärke Österreichs bei der F&E zu Produktions- und Prozesstechnologien gesprochen werden.

6.2 Schlussfolgerungen

Vor dem Hintergrund der oben aufbereiteten Befunde sehen wir aktuell folgende Betätigungsfelder für die FTI-Politik:

- Die „Konvergenz“ und „Integration“ von Technologien spielt im Bereich der Produktionsforschung eine zunehmend wichtige Rolle: In der Vergangenheit war vor allem die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien von Bedeutung. Zukünftig wird auch die Mikroelektronik noch an Bedeutung gewinnen – Stichwort Nanomanufacturing. Dies erfordert neue Kooperationen, sowohl innerhalb wie auch zwischen Industrie, Universitäten und Forschungseinrichtungen. Gefordert ist entsprechend noch stärker als in der Vergangenheit interdisziplinäre Forschung und das Aufsetzen von interdisziplinären F&E-Programmen. Vor allem auf Seiten der Universitäten verhindern strukturelle und organisatorische Barrieren nach wie vor die effektive fakultäts- oder institutsübergreifende Kooperation und die Etablierung neuer innovativer Curricula. Vor allem Universitäten sind entsprechend dahingehend zu fördern, ihr interdisziplinäres Potenzial besser auszuschöpfen.
- Diffusionsorientierte Förderungen und Maßnahmen – die insgesamt derzeit einen vergleichsweise geringen Stellenwert haben – sollen forciert werden, um insbesondere die bei der Implementierung auftretenden Risiken und Probleme (z.B. Kosten der Implementierung, Software- und Schnittstellenprobleme, unzureichende betriebliche Qualifikation, mangelnde technologische und organisatorische Kompatibilität) abzufedern. Dabei sind vor allem Maßnahmen notwendig, die neben der technologischen Prozessinnovation auch die flankierende Organisationsentwicklung unterstützen bzw. auch helfen können, mögliche

betriebliche Akzeptanzprobleme bei der Einführung von Prozessinnovation zu lösen. Die diffusionsorientierte Förderpolitik sollte dabei zukünftig im Bereich der direkten Finanzierung noch konsequenter auf KMU abgestimmt werden, auch um Mitnahmeeffekte in großen Betrieben zu vermeiden.

- Insgesamt hat F&E zu Produktions- und Prozesstechnologien eine große Bedeutung für den Industriestandort Österreich und der Bereich insgesamt ein großes Zukunftspotenzial. Dabei sehen wir aktuell jedoch keine unmittelbare Lücke in der Förderlandschaft oder eine ausgeprägte Innovationsbarriere, die ein eigenes Förderprogramm, eine F&E-Förderschiene oder ein Programm-Management für den Bereich Manufacturing notwendig machen würden. Solange etablierte Programme wie das COMET Programme, die CD Labors und dgl. thematisch offen bleiben, ist gewährt, dass innovative F&E im Bereich Produktionstechnologien Bottom-up gefördert wird und so die existierende Stärken sukzessive ausgebaut werden können.
- Spezifische F&E-Förderprogramme sind nur dann sinnvoll, wenn radikale neue Technologien und Anwendungen entwickelt werden. Insgesamt wird ein derartiger Bedarf, wenn überhaupt, in nur wenigen potenziellen Feldern gesehen (Bsp. Nanomanufacturing, Zero-Waste-Production), die gemeinsam mit den Akteuren zu präzisieren wären. Mit der österreichischen Manufuture Plattform und Innovatives Metall sind dabei Instrumente vorhanden bzw. in Planung, die es ermöglichen, mögliche Schwerpunkte zu identifizieren. Auch die weitere Vernetzung zwischen den Akteuren und eine stärkere Orientierung und Vernetzung auf europäischer Ebene (Rahmenprogrammprojekte) kann dadurch ausgebaut werden.
- Im Allgemeinen sind vor allem Ausbildung, Qualifikation und Schulung ein zentrales Thema und gleichzeitig Innovationsbarriere für den Bereich Manufacturing, sowohl was die Entwicklung neuer als auch die Diffusion von Technologien betrifft. Ein weiteres forciertes Vorgehen in Abstimmung mit der Bildungspolitik ist von Seiten der FTI-Politik erforderlich, was als generische Maßnahme betrachtet werden kann.

Referenzen

Avadikyan, A., Lhuillery, A. (2007)

Diffusion of new technologies and organisational concepts in Europe: a comparison between five countries, Bulletin EMS, Number 4, December_2007, BETA, Strasbourg.

BDI (2008)

Innovationsindikator Deutschland 2007.

Bleaney, M., Wakelin, K. (2002)

Efficiency, Innovation and Exports. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 64(1), 3-15.

Bozeman, B. (2000)

Technology transfer and public policy: a review of research and theory. Research Policy, 29 (2000), 627-655.

Cohen, W. M. (1995)

Empirical Studies of Innovative Activity. In Stoneman, P. (Ed.), Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change. Oxford, Cambridge: Blackwell, 182-264.

da Costa, J.S. (2005)

Manufacturing. Background paper for the European Commission's High Level Group on Key Technologies for Europe, July 2005, Brussels.

Falk, M. und Leo, H. (2004)

Die Innovationsaktivitäten der österreichischen Unternehmen - Empirische Analysen auf Basis der Europäischen Innovationserhebung 1996 und 2000. Wien: WIFO.

Geroski, P. A. (1999)

Models of Technology Diffusion. Discussion Paper No. 2146, Centre for Economic Policy Research.

Geyer, A., Rammer, C., Pointner, W., Polt, W., Hollenstein, H., Donzé, L. und Arvanitis, S. (2000)

Evaluierung des ITF-Programms FlexCim. Wien: ARC systems research; Joanneum Research; Konjunkturforschungsstelle ETH Zürich; Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung.

Greenhalgh, C. A., Taylor, P. (1990)

Innovation and Export Volumes and Prices: A Disaggregated Study. CEPR Discussion Papers Nr. 487. www.cepr.org/pubs/dps/DP487.asp

Gumplmayr, J. (1993)

Neue Technologien und Qualifikationsbedarf - Eine Befragung oberösterreichischer Maschinen- und Stahlbauunternehmen. Linz, Universität Linz, Dipl. Arbeit.

Hall, B. H. (2005)

Innovation and Diffusion. In Fagerberg, J., Mowery, D. C. und Nelson, R. R. (Eds.), The Oxford Handbook of Innovation. Oxford: Oxford University Press.

Helpman, E. (1998)

General Purpose Technologies and Economic Growth", Helpman, E. (Hg.), Cambridge [Mass], MIT Press.

Herndlhofer, H. (1993)

Probleme der Beurteilung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit von CIM. Wien, Universität Wien, Diss.

Hipp, C., Tether, B. und Miles, I. (2000)

The Incidence and Effects of Innovation in Services: Evidence from Germany. International Journal of Innovation Management, 4, 417-453.

Hörmann, R. (1990)

Wirtschaftliche Rechtfertigung einer computerintegrierten Produktion. Graz, Universität Graz, Dipl. Arbeit.

IMTI (2000)

Integrated Manufacturing Technology Initiative – Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Project – An Overview of the IMTR Roadmaps, IMTI, Juli 2000.

Kaltenecker, M. (1992)

Wirtschaftlichkeit eines Produktionsplanungs- und Steuerungssystems im CIM-Konzept. Wien, Wirtschaftsuniversität Wien, Dipl. Arbeit.

Karshenas, M., Stoneman, P. (1991)

Technological Diffusion. In Stoneman, P. (Ed.), Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change. Oxford: Blackwell.

Keller, W. (2004)

International Technology Diffusion, Journal of Economic Literature, 42(3), S. 752-758.

Kinkel, S., Lay, G. und Wengel, J. (2004)

Innovation: Mehr als Forschung und Entwicklung. Wachstumschancen auf anderen Innovationspfaden. Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung, 33.

Kuprian, A. M. (2005)

ERP-Systeme in kleineren und mittleren Organisationseinheiten des privaten und öffentlichen Sektors. Innsbruck, Universität Innsbruck, Dipl. Arbeit.

Lachenmaier, S., Wößmann, L. (2004)

Does innovation cause exports? Evidence from exogenous innovation impulses and obstacles using German micro data. CESIFO Working Paper Nr. 1178. Munich.

Leeb, G. (1991)

Empirische Untersuchung von CIM-Konzepten in zwei österreichischen Unternehmen. Linz, Universität Linz, Dipl. Arbeit.

Leitner K-H. (2003)

Von der Idee zum Markt: Die 50 besten Innovationen Österreich. Erfolgsgeschichten der österreichischen Industrie zwischen 1975 und 2000, böhlau Verlag, Wien.

Leitner, K-H., Hölzl, W., Nones, B., Streicher, G. (2007)

Finanzierungsstruktur von Universitäten. Internationale Erfahrungen zum Verhältnis zwischen Basisfinanzierung und kompetitiver Forschungsfinanzierung, Studie im Rahmen der Arbeitsgruppe TIP, beauftragt vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kunst, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie sowie Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten und Arbeit, Wien, 2007.

Leo, H., Falk, R., Friesenbichler, K. and Hölzl, W. (2006)

Forschung und Innovation als Motor des Wachstums. WIFO-Weißbuch, Teilstudie 8. WIFO, Vienna.

Lipsey, R.G., Carlaw, K.I. und Bekar, C.T. (2005)

Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long Term Economic Growth, Oxford University Press, Oxford.

Malerba, F. (2005)

Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs across Sectors. In Fagerberg, J., Mowery, D. C. und Nelson, R. R. (Eds.), The Oxford Handbook of Innovation. Oxford: Oxford University Press.

MANUFUTURE - A vision for 2020

Report of the High-Level Group, November 2004, ISBN 92-894-8322-9.

MANUFUTURE Strategic Research Agenda, assuring the future of manufacturing in Europe

Manufuture Platform full report n° 1/2006, Brüssel.

MINAM Micro- and Nanomanufacturing Strategic Research Agenda

Brüssel, Januar 2008.

Peneder, M. (2001)

Eine Neubetrachtung des Österreich-Paradox. WIFO Monatsberichte, 2001(12), 737-748.

Pointner, W., Polt, W., (Hrsg.) (2005)

Diffusionsorientierte Technologiepolitik, eine vergleichende Wirkungsanalyse für Österreich, die Schweiz, Deutschland und die USA. Vol. 5. Graz: Leykam.

Polz, R. (2002)

PPS-Softwarenutzung in KMUs. Steyr, Fachhochschule Steyr, Studiengang Produktion und Management, Dipl. Arbeit.

PROVISO Programmbericht 6. Rahmenprogramm der EU (2002-2006). Thematische Priorität 3. Nanowissenschaften und -technologien, Werkstoffe und neue Produktionsverfahren (NMP)

PROVISO Ref.Nr.: PRnmp1272pro150207, April 2007, Wien

PROVISO-Überblicksbericht. 7. EU-Rahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration (2007–2013)

Wien, November 2008

Rammer, C. und Schmidt, T. (2007)

Non-technical and Technological Innovation: Strange Bedfellows? Discussion Paper No. 047-052.

Schachner, W. (1993)

Eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von flexiblen Montagesystemen im CIM-Konzept. Wien, Technische Universität Wien, Dipl. Arbeit.

Schiefer, A. (2008)

Forschung und experimentelle Entwicklung (F&E) im Unternehmenssektor 2006, Statistische Nachrichten, 2008(11), 1012-1044.

Schmoch, U., Laviell, F., Patel, P., Frietsch, R. (2003)

Linking Technology Areas to Industrial Sectors, Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

Schnabl, A., Müllbacher, S., Dippenaar, S., Skrivanek, I., Weberberger, I., Fessler, K., Bleicher, F., Berger, D. (2009)

MANUFUTURE JTI, Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie, Wien.

Schneider, H. W. (2004a)

IKT in Österreich - Grundlagen als Beitrag zur IKT-Debatte. Wien: Industriewissenschaftliches Institut.

Schneider, H. W. (2004b)

Österreich - Ein IKT Land? Wirtschaftspolitische Blätter, 49 (2004), 367-375.

Schneider, H. W. (2006)

Forschung, Technologie und Innovation in der Maschinen und Metallwaren Industrie. Ergebnisse einer empirischen Erhebung, IWI Studie 132, IWI, Wien.

Schumpeter, J. A. (1939)

Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process, McGraw-Hill. New York.

STATISTIK AUSTRIA (2003)

Systematik der Wirtschaftstätigkeiten, ÖNACE 2003, Statistik Austria, Wien.

STATISTIK AUSTRIA (2008)

Innovation 2004-2006. Ergebnisse der Fünften Europäischen Innovationserhebung (CIS 2006), Statistik Austria, Wien.

Summary Report on IMS Vision 2020 Forum - Refreshing the Vision of IMS"

Beckmann, Center, Irvine, California, USA, February 2000.

The Future of Manufacturing in Europe 2015-2020 – The Challenge for Sustainability

March 2003, EUR 20705 EN.

Visionary Manufacturing Challenges for 2020

National Academy Press, 1998, ISBN 0-309-06182-2.

Wengel, J., Shapira, P. (2004)

Machine tools: the remaking of a traditional sectoral innovation system, in: Malerba, F. (Hrsg.). Sectoral Systems of Innovation. Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe, Cambridge University Press, 243-286.

Westkämpfer, E. (2006)

Manufuture Road Mapping, Präsentation, Fraunhofer Alliance Production, Stuttgart, 4th-5th July 2006.

7 Anhang

Tabelle A: Zur Anwendung gekommener Teil der IPC Konkordanz nach (Schmoch et al. 2003)

29.1	29.2	29.4	29.5		32.2	33.2	33.3
B23F	A62C	B21D	A21C	B67B	G09B	F15C	G01K
F01B	B01D	B21F	A22B	B67C	G09C	G01B	G01L
F01C	B04C	B21H	A22C	B68F	H01P	G01C	G05B
F01D	B05B	B21J	A23N	C13C	H01Q	G01D	G08C
F03B	B61B	B23B	A24C	C13D	H01S	G01F	
F03C	B65G	B23C	A41H	C13G	H02J	G01H	
F03D	B66B	B23D	A42C	C13H	H03B	G01J	
F03G	B66C	B23G	A43D	C14B	H03C	G01M	
F04B	B66D	B23H	B01F	C23C	H03D	G01N	
F04C	B66F	B23K	B02B	D01B	H03F	G01R	
F04D	C10F	B23P	B02C	D01D	H03G	G01S	
F15B	C12L	B23Q	B03B	D01G	H03H	G01W	
F16C	F16G	B24B	B03C	D01H	H03M	G12B	
F16D	F22D	B24C	B03D	D02G	H04B		
F16F	F23B	B25D	B05C	D02H	H04J		
F16H	F23C	B25J	B05D	D02J	H04K		
F16K	F23D	B26F	B06B	D03C	H04L		
F16M	F23G	B27B	B07B	D03D	H04M		
F23R	F23H	B27C	B07C	D03J	H04Q		
	F23J	B27F	B08B	D04B	H05K		
	F23K	B27J	B21B	D04C			
	F23L	B28D	B22C	D05B			
	F23M	B30B	B26D	D05C			
	F24F	E21C	B31B	D06B			
	F24H		B31C	D06G			
	F25B		B31D	D06H			
	F27B		B31F	D21B			
	F28B		B41B	D21D			
	F28C		B41C	D21F			
	F28D		B41D	D21G			
	F28F		B41F	E01C			
	F28G		B41G	E02D			
	G01G		B41L	E02F			
	H05F		B41N	E21B			
			B42B	E21D			
			B42C	E21F			
			B44B	F04F			
			B65B	F16N			
			B65C	F26B			
			B65H	H05H			

Tabelle B: Übersicht der ausgewerteten IPC-Klassen (Technologiefeld, Bezeichnung der IPC Klasse, Anteile an allen Patenten, an den Produktions- und Prozesstechnologiepatenten, am Technologiefeld in Österreich und der EU sowie die RCA-Werte für Österreich und das Wachstum der IPC-Klasse von 1993/95 zu 2003/2005 in der EU)

IPC-Klasse	Technologiefeld	IPC-Klassen Bezeichnung	Österreich					Europäische Union 27				
			Anzahl	Anteil an allen Patenten	Anteil an Prod.- u. Prozesstechn.	Anteil am Tech.-feld	RCA	Anzahl	Anteil an allen Patenten	Anteil an Prod.- u. Prozesstechn.	Anstieg von 93-95 zu 03-05	
G01N	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	Untersuchen oder Analysieren von Stoffen durch Bestimmen ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften	64,4	1,5%	5,5%	41,9%	0,76	3235,1	2,0%	6,9%	118%	
H04L	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen	Übertragung digitaler Information, z.B. Telegrafieverkehr	64,3	1,5%	5,4%	34,3%	0,50	4942,1	3,1%	10,5%	443%	
B23K	Werkzeugmaschinen	Löten; Schweißen; Beschichten oder Plattieren durch Löten oder Schweißen; Schneiden durch örtliches Zuführen von Hitze, z.B. Brennschneiden; Arbeiten mit Laserstrahlen	48,9	1,2%	4,1%	30,2%	2,57	727,2	0,5%	1,5%	97%	
D21F	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	Papiermaschinen; Verfahren zur Papierherstellung auf diesen	47,9	1,1%	4,1%	16,4%	5,00	366,0	0,2%	0,8%	75%	
B01D	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung	Trennen	38,1	0,9%	3,2%	18,6%	1,13	1293,9	0,8%	2,7%	18%	
B66B	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung	Aufzüge; Rolltreppen oder Fahrsteige	35,0	0,8%	3,0%	17,0%	3,82	349,6	0,2%	0,7%	86%	
B65G	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung	Transport- oder Lagervorrichtungen, z.B. Förderer zum Laden oder Abladen; Werkstättenfördersysteme; pneumatische Rohrförderanlagen	34,2	0,8%	2,9%	16,6%	1,37	955,8	0,6%	2,0%	53%	
F16H	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie	Getriebe	33,0	0,8%	2,8%	22,6%	1,12	1126,9	0,7%	2,4%	141%	
H04Q	Nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen	Wähltechnik	28,7	0,7%	2,4%	15,3%	0,50	2184,0	1,4%	4,6%	116%	

B65H	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	Handhaben von dünnem oder fadenförmigem Gut, z.B. Folien, Bahnen, Kabeln	26,0	0,6%	2,2%	8,9%	1,13	877,2	0,5%	1,9%	24%
H04B	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen	Übertragung	20,5	0,5%	1,7%	10,9%	0,55	1426,5	0,9%	3,0%	98%
H04M	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen	Fernsprechverkehr	19,2	0,5%	1,6%	10,2%	0,75	971,7	0,6%	2,1%	94%
B21D	Werkzeugmaschinen	Bearbeiten oder Verarbeiten von Blechen, Metallrohren, -stangen oder -profilen ohne wesentliches Abtragen des Werkstoffs; Stanzen	18,5	0,4%	1,6%	11,4%	1,62	435,3	0,3%	0,9%	27%
B66F	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung	Hub-, Verhol- oder Schubvorrichtungen, soweit nicht anderweitig vorgesehen, z.B. Vorrichtungen mit unmittelbarer Krafterwirkung auf die Last	18,0	0,4%	1,5%	8,8%	2,77	247,9	0,2%	0,5%	134%
F16D	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie	Nicht schaltbare Kupplungen	17,7	0,4%	1,5%	12,1%	0,65	1043,7	0,7%	2,2%	131%
F16C	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie	Wellen; Flexible Wellen; Einzelteile von Kurbeltrieben; Drehkörper, außer Getriebeelemente; Lager	17,3	0,4%	1,5%	11,9%	1,28	518,3	0,3%	1,1%	100%
G01S	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	Funkpeilung; Funknavigationssysteme; Bestimmen der Entfernung oder der Geschwindigkeit mittels Funkwellen; Orten oder Ermitteln der Anwesenheit mittels Reflexion oder Wiederausstrahlung von Funkwellen; vergleichbare Anordnungen mit anderen Wellen	17,0	0,4%	1,4%	11,0%	0,84	775,4	0,5%	1,6%	147%
F04B	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie	Verdrängerkraft- und Verdrängerarbeitsmaschinen für Flüssigkeiten; Arbeitsmaschinen, insbesondere Pumpen	16,4	0,4%	1,4%	11,3%	1,53	411,0	0,3%	0,9%	98%

B23Q	Werkzeugmaschinen	Einzelheiten, Bestandteile oder Zubehör für Werkzeugmaschinen, z.B. Anordnungen zum Kopieren oder Steuern (Werkzeuge für Dreh- oder Bohrmaschinen und ähnliche Werkzeuge allgemein B23B 27/00); Werkzeugmaschinen allgemein in Bezug auf die Bauart bestimmter Einzelheiten oder Bestandteile; Kombinationen oder Aneinanderreihungen von Metallbearbeitungsmaschinen, die nicht auf ein bestimmtes Metallbearbeitungsergebnis ausgerichtet sind	15,6	0,4%	1,3%	9,6%	1,33	446,1	0,3%	0,9%	86%
C23C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	Beschichten metallischer Werkstoffe; Beschichten von Werkstoffen mit metallischen Stoffen; Oberflächenbehandlung metallischer Werkstoffe durch Diffusion in die Oberfläche, durch chemische Umwandlung oder Substitution; Beschichten allgemein durch Vakuumbedampfen, durch Aufstäuben, durch Ionenimplantation oder durch chemisches Abscheiden aus der Dampfphase	15,1	0,4%	1,3%	5,2%	0,79	726,6	0,5%	1,5%	111%
G01R	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	Messen elektrischer Größen; Messen magnetischer Größen	15,1	0,4%	1,3%	9,8%	0,60	964,5	0,6%	2,0%	82%
G05B	industrielle Prozesssteuerungsanlagen	Steuer- oder Regelsysteme allgemein; funktionelle Elemente solcher Systeme; Überwachungs- oder Prüfanordnungen für solche Systeme oder Elemente	14,5	0,3%	1,2%	43,2%	0,78	708,1	0,4%	1,5%	176%
G01M	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	Prüfen der statischen oder dynamischen Massenverteilung rotierender Teile von Maschinen oder Konstruktionen; Prüfen von Konstruktionsteilen oder Apparaten, soweit nicht anderweitig vorgesehen	13,9	0,3%	1,2%	9,0%	1,56	339,7	0,2%	0,7%	75%
E01C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	Bau von Straßen, Sportplätzen oder dgl.; Decken dafür; Maschinen oder Hilfsgeräte für den Bau oder das Ausbessern	13,8	0,3%	1,2%	4,7%	2,40	219,2	0,1%	0,5%	22%
B01F	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	Mischen, z.B. Lösen, Emulgieren, Dispergieren	13,6	0,3%	1,2%	4,7%	1,65	314,8	0,2%	0,7%	46%
B61B	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung	Eisenbahnanlagen; Ausrüstung dafür, soweit nicht anderweitig vorgesehen	12,7	0,3%	1,1%	6,2%	12,0 2	40,3	0,0%	0,1%	-22%
B23B	Werkzeugmaschinen	Drehen; Bohren	11,9	0,3%	1,0%	7,4%	1,32	346,2	0,2%	0,7%	33%
D21G	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	Kalander; Zubehör für Papiermaschinen	11,9	0,3%	1,0%	4,1%	3,34	136,1	0,1%	0,3%	116%

G01C	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten	Messen von Entfernungen, Höhen, Neigungen oder Richtungen; Geodäsie; Navigation; Kreiselgeräte; Fotogrammetrie oder Videogrammetrie	11,3	0,3%	1,0%	7,3%	0,99	434,2	0,3%	0,9%	272%
F04D	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie	Strömungsarbeitsmaschinen	11,0	0,3%	0,9%	7,5%	1,01	414,7	0,3%	0,9%	101%
F15B	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie	Druckmittelbetriebene Systeme allgemein; druckmittelbetriebene Stellorgane, z.B. Servomotoren; Einzelheiten von druckmittelbetriebenen Systemen, soweit nicht anderweitig vorgesehen	11,0	0,3%	0,9%	7,5%	1,16	363,8	0,2%	0,8%	78%
G01K	industrielle Prozesssteuerungsanlagen	Messen der Temperatur; Messen von Wärmemengen; Temperaturfühler, soweit nicht anderweitig vorgesehen	10,2	0,2%	0,9%	30,2%	2,41	160,8	0,1%	0,3%	79%
E21B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige	Erd- oder Gesteinsbohren (Bergbau, Steinbruchbetrieb E21C; Herstellen von Schächten, Vortreiben von Stollen, Strecken, Tunnels E21D); Gewinnung von Öl, Gas, Wasser oder von löslichen oder schmelzbaren Stoffen oder einer Trübe oder eines Schlammes mineralischer Rohstoffe aus Bohrlöchern	10,0	0,2%	0,8%	3,4%	0,97	395,4	0,2%	0,8%	28%
G01D	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten		9,7	0,2%	0,8%	6,3%	0,76	485,8	0,3%	1,0%	113%
F16K	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie		9,6	0,2%	0,8%	6,6%	0,61	606,9	0,4%	1,3%	33%
B08B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		9,5	0,2%	0,8%	3,3%	1,59	228,3	0,1%	0,5%	63%
B23D	Werkzeugmaschinen		9,5	0,2%	0,8%	5,9%	1,93	187,6	0,1%	0,4%	53%
H05K	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		9,3	0,2%	0,8%	4,9%	0,56	631,2	0,4%	1,3%	68%

D21B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		9,0	0,2%	0,8%	3,1%	9,69	35,5	0,0%	0,1%	38%
F03B	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie	Kraft- und Arbeitsmaschinen oder Kraftmaschinen für Flüssigkeiten	8,7	0,2%	0,7%	5,9%	3,44	96,2	0,1%	0,2%	427%
B21B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		8,5	0,2%	0,7%	2,9%	1,67	194,3	0,1%	0,4%	25%
G01B	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten		8,3	0,2%	0,7%	5,4%	0,61	523,7	0,3%	1,1%	68%
B26D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		8,0	0,2%	0,7%	2,7%	1,43	213,7	0,1%	0,5%	111%
B65B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		8,0	0,2%	0,7%	2,7%	0,38	814,8	0,5%	1,7%	29%
F24H	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		8,0	0,2%	0,7%	3,9%	1,56	195,3	0,1%	0,4%	50%
B05C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		8,0	0,2%	0,7%	2,7%	1,92	158,8	0,1%	0,3%	62%
F25B	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		7,7	0,2%	0,6%	3,7%	1,18	247,5	0,2%	0,5%	149%
F28D	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		7,7	0,2%	0,6%	3,7%	1,09	268,0	0,2%	0,6%	104%
G01F	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten		7,6	0,2%	0,6%	4,9%	0,58	501,8	0,3%	1,1%	72%
F24F	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		7,5	0,2%	0,6%	3,6%	1,16	247,5	0,2%	0,5%	36%
B24B	Werkzeugmaschinen		7,2	0,2%	0,6%	4,4%	0,91	300,4	0,2%	0,6%	69%
D21D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		7,1	0,2%	0,6%	2,4%	5,81	46,9	0,0%	0,1%	12%

B66C	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		7,0	0,2%	0,6%	3,4%	1,23	217,8	0,1%	0,5%	40%
H01Q	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		7,0	0,2%	0,6%	3,7%	0,39	683,9	0,4%	1,5%	174%
G01L	industrielle Prozesssteuerungsanlagen		6,9	0,2%	0,6%	20,6%	0,78	340,4	0,2%	0,7%	74%
H01S	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		6,8	0,2%	0,6%	3,6%	0,95	276,1	0,2%	0,6%	11%
H03M	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		6,7	0,2%	0,6%	3,6%	0,88	289,5	0,2%	0,6%	78%
F16F	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie		6,1	0,1%	0,5%	4,1%	0,43	543,2	0,3%	1,2%	109%
B07B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		6,0	0,1%	0,5%	2,1%	3,51	65,4	0,0%	0,1%	-7%
E02D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		6,0	0,1%	0,5%	2,1%	0,81	284,1	0,2%	0,6%	59%
F26B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		6,0	0,1%	0,5%	2,1%	1,78	128,6	0,1%	0,3%	12%
H01P	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		6,0	0,1%	0,5%	3,2%	1,53	150,0	0,1%	0,3%	21%
B41F	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		5,5	0,1%	0,5%	1,9%	0,32	659,8	0,4%	1,4%	28%
E02F	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		5,5	0,1%	0,5%	1,9%	1,23	170,5	0,1%	0,4%	89%

H02J	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		5,5	0,1%	0,5%	2,9%	0,77	274,0	0,2%	0,6%	35%
B25J	Werkzeugmaschinen		5,3	0,1%	0,5%	3,3%	1,14	178,3	0,1%	0,4%	174%
G01J	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten		5,3	0,1%	0,4%	3,4%	0,90	222,6	0,1%	0,5%	128%
B23P	Werkzeugmaschinen		5,1	0,1%	0,4%	3,1%	1,40	138,4	0,1%	0,3%	82%
A62C	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		5,0	0,1%	0,4%	2,4%	1,35	142,0	0,1%	0,3%	39%
B02C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		5,0	0,1%	0,4%	1,7%	1,02	187,2	0,1%	0,4%	3%
B05D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		5,0	0,1%	0,4%	1,7%	0,94	202,8	0,1%	0,4%	89%
B07C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		5,0	0,1%	0,4%	1,7%	1,49	127,8	0,1%	0,3%	28%
B21F	Werkzeugmaschinen		5,0	0,1%	0,4%	3,1%	4,42	43,2	0,0%	0,1%	49%
B26F	Werkzeugmaschinen		5,0	0,1%	0,4%	3,1%	4,51	42,3	0,0%	0,1%	25%
B30B	Werkzeugmaschinen		5,0	0,1%	0,4%	3,1%	1,25	153,0	0,1%	0,3%	30%
E21D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		5,0	0,1%	0,4%	1,7%	3,79	50,3	0,0%	0,1%	5%
F27B	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		5,0	0,1%	0,4%	2,4%	2,41	79,1	0,0%	0,2%	49%
D05C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		4,3	0,1%	0,4%	1,5%	13,4 2	12,3	0,0%	0,0%	-24%

F03D	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie		4,3	0,1%	0,4%	3,0%	0,58	287,5	0,2%	0,6%	698%
B23C	Werkzeugmaschinen		4,3	0,1%	0,4%	2,6%	1,66	98,0	0,1%	0,2%	36%
F04C	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie		4,3	0,1%	0,4%	2,9%	0,73	221,4	0,1%	0,5%	47%
D03D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		4,0	0,1%	0,3%	1,4%	0,86	176,9	0,1%	0,4%	29%
H05H	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		3,8	0,1%	0,3%	1,3%	2,09	70,2	0,0%	0,1%	105%
B28D	Werkzeugmaschinen		3,8	0,1%	0,3%	2,3%	2,16	67,2	0,0%	0,1%	89%
F28F	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		3,5	0,1%	0,3%	1,7%	0,39	342,8	0,2%	0,7%	139%
H03H	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		3,5	0,1%	0,3%	1,9%	0,94	141,6	0,1%	0,3%	2%
B25D	Werkzeugmaschinen		3,4	0,1%	0,3%	2,1%	0,92	139,1	0,1%	0,3%	118%
A21C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		3,3	0,1%	0,3%	1,1%	1,68	76,0	0,0%	0,2%	10%
B21J	Werkzeugmaschinen		3,3	0,1%	0,3%	2,1%	2,15	59,2	0,0%	0,1%	68%
B03C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		3,0	0,1%	0,3%	1,0%	1,56	73,5	0,0%	0,2%	49%
B27B	Werkzeugmaschinen		3,0	0,1%	0,3%	1,9%	1,39	82,2	0,1%	0,2%	91%

B66D	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		3,0	0,1%	0,3%	1,5%	2,43	47,3	0,0%	0,1%	28%
D04B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		3,0	0,1%	0,3%	1,0%	0,67	171,1	0,1%	0,4%	49%
F01D	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie		3,0	0,1%	0,3%	2,1%	0,17	683,0	0,4%	1,5%	633%
F04F	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		3,0	0,1%	0,3%	1,0%	3,95	29,0	0,0%	0,1%	81%
F16M	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie		3,0	0,1%	0,3%	2,1%	1,15	99,8	0,1%	0,2%	132%
F23B	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		3,0	0,1%	0,3%	1,5%	7,64	15,0	0,0%	0,0%	114%
D05B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		2,5	0,1%	0,2%	0,9%	1,61	59,4	0,0%	0,1%	29%
H04J	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		2,4	0,1%	0,2%	1,3%	0,45	203,8	0,1%	0,4%	-8%
H03F	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		2,3	0,1%	0,2%	1,2%	0,38	233,8	0,1%	0,5%	58%
B24C	Werkzeugmaschinen		2,3	0,1%	0,2%	1,4%	1,94	44,3	0,0%	0,1%	-4%
A22C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		2,0	0,0%	0,2%	0,7%	0,45	168,1	0,1%	0,4%	60%
B03B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		2,0	0,0%	0,2%	0,7%	2,32	33,0	0,0%	0,1%	-36%

B03D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		2,0	0,0%	0,2%	0,7%	5,46	14,0	0,0%	0,0%	-28%
B05B	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		2,0	0,0%	0,2%	1,0%	0,14	559,9	0,4%	1,2%	68%
B27C	Werkzeugmaschinen		2,0	0,0%	0,2%	1,2%	2,63	29,0	0,0%	0,1%	35%
B41C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		2,0	0,0%	0,2%	0,7%	0,97	78,8	0,0%	0,2%	165%
E21C	Werkzeugmaschinen		2,0	0,0%	0,2%	1,2%	3,82	20,0	0,0%	0,0%	54%
G08C	industrielle Prozesssteuerungsanlagen		2,0	0,0%	0,2%	5,9%	0,69	111,2	0,1%	0,2%	153%
H03G	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		2,0	0,0%	0,2%	1,1%	1,14	67,2	0,0%	0,1%	-17%
B22C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,9	0,0%	0,2%	0,6%	0,73	98,0	0,1%	0,2%	13%
B04C	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	1,64	23,3	0,0%	0,0%	46%
B06B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,0	0,0%	0,1%	0,3%	0,91	41,9	0,0%	0,1%	-2%
B21H	Werkzeugmaschinen		1,0	0,0%	0,1%	0,6%	1,74	22,0	0,0%	0,0%	267%
B44B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,0	0,0%	0,1%	0,3%	2,55	15,0	0,0%	0,0%	67%
B67B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,0	0,0%	0,1%	0,3%	0,66	58,1	0,0%	0,1%	32%
C13D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,0	0,0%	0,1%	0,3%	6,03	6,3	0,0%	0,0%	-44%

D01D	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,0	0,0%	0,1%	0,3%	0,63	61,1	0,0%	0,1%	25%
D02G	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,0	0,0%	0,1%	0,3%	0,49	77,4	0,0%	0,2%	78%
E21F	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		1,0	0,0%	0,1%	0,3%	3,04	12,6	0,0%	0,0%	529%
F16G	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	0,27	144,1	0,1%	0,3%	194%
F23G	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	0,77	49,4	0,0%	0,1%	-45%
F23H	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	3,18	12,0	0,0%	0,0%	9%
F23J	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	1,27	30,0	0,0%	0,1%	22%
F23K	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	1,47	26,0	0,0%	0,1%	100%
F23L	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	1,82	21,0	0,0%	0,0%	-22%
G01G	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	0,31	122,2	0,1%	0,3%	44%
G01H	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten		1,0	0,0%	0,1%	0,7%	0,90	42,7	0,0%	0,1%	92%
G09B	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	0,38	99,3	0,1%	0,2%	58%
H03B	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	0,62	61,2	0,0%	0,1%	75%

H03D	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		1,0	0,0%	0,1%	0,5%	0,64	59,7	0,0%	0,1%	-2%
F03G	Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie		0,7	0,0%	0,1%	0,5%	0,70	36,3	0,0%	0,1%	203%
B31B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		0,5	0,0%	0,0%	0,2%	0,21	92,0	0,1%	0,2%	62%
B41N	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		0,5	0,0%	0,0%	0,2%	0,35	54,3	0,0%	0,1%	48%
D03C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		0,5	0,0%	0,0%	0,2%	0,22	88,0	0,1%	0,2%	57%
D04C	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		0,5	0,0%	0,0%	0,2%	2,73	7,0	0,0%	0,0%	75%
D06B	Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige		0,3	0,0%	0,0%	0,1%	0,18	70,3	0,0%	0,1%	13%
H04K	nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen		0,3	0,0%	0,0%	0,2%	0,59	21,5	0,0%	0,0%	193%
F23D	sonstige Maschinen unspezifischer Verwendung		0,3	0,0%	0,0%	0,1%	0,06	154,7	0,1%	0,3%	20%
G12B	Mess-, Kontroll- u.ä. Instrumenten		0,2	0,0%	0,0%	0,1%	0,26	29,5	0,0%	0,1%	883%