

BEAUFTRAGT VOM

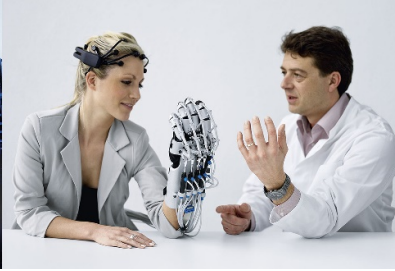


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

 **Fraunhofer**
ISI



© shutterstock.com/Peshkova



© Festo AG & Co. KG



© iStockphoto.com/Nicholas Monu

Evaluation des BMBF-Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (2015-2019) mit der Programmlinie „Zukunft der Arbeit“

Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Ex-Post-Evaluation und der Ex-Ante-Analyse zur künftigen Förderung

Ort: Karlsruhe

Datum: September 2021

Impressum

Evaluation des BMBF-Forschungsprogramms PDA - Zusammenfassung

Projektleitung

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Competence Center Politik und Gesellschaft

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Dr. Marianne Kulicke, marianne.kulicke@isi.fraunhofer.de, Tel. 0721 / 6809-137

Dr. Djerdj Horvat, djerdj.horvat@isi.fraunhofer.de Tel. 0721 / 6809 -371

Autoren

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Marianne Kulicke

Djerdj Horvat

Auftraggeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Heinemannstr. 2

53175 Bonn

Hinweise

Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Auftraggebers wider.

1 Ziele der Evaluation und Vorgehen

Von Oktober 2019 bis September 2021 war das Fraunhofer ISI vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit der Evaluation des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ und mit der Programmlinie „Zukunft der Arbeit“ (PDA) beauftragt. Untersucht wurde dessen Zielerreichung, Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit, bezogen auf alle von Anfang 2015 bis Ende 2019 durchgeführten Förderbekanntmachungen und bewilligten Projekte. Die bewilligten Fördermittel von 591 Mio. EUR für 389 Verbund- oder (in geringem Umfang) Einzelprojekte (1.946 Teilprojekte, davon knapp 1.000 in kleinen und mittleren Unternehmen) lösten 885 Mio. EUR an förderfähigen Projektausgaben und den Einsatz von 290 Mio. EUR Eigenmitteln aus.

Im Evaluationsprozess wurden zudem im Sinne einer **Ex-Ante-Analyse** Erkenntnisse für die programmatische Weiterentwicklung und damit verbundener künftiger Handlungsfelder gewonnen. Sie flossen in die Konzeption des neuen Fachprogramms „Zukunft der Wertschöpfung. Innovation für Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ ein, das im Mai 2021 startete.

Den Kern der Studie bildete eine **Online-Befragung** (Mitte 2020) **der Leitungen von Teilprojekten**, die an Projektverbänden in 24 Förderbekanntmachungen mitwirk(t)en (Beteiligungsquote: 41,3%, 723 Projekte). Die Ergebnisse beziehen sich daher auf Teilprojekte und deren Wirkungen für die durchführenden Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen. Eine Vertiefung einzelner Bekanntmachungen fand in Fallstudien statt. Teil der Befragung war zudem die erste Runde einer **Delphi-Befragung** zur Weiterentwicklung des Fachprogramms PDA. Die Fördernehmer konnten Einschätzungen zu den Herausforderungen, Forschungsbedarfen und möglichen Forschungsfragen abgeben (zu sechs Themenfeldern der Produktions-, Dienstleistungs- und Arbeitsforschung). Auch weitere Personen waren zur Delphi-Befragung eingeladen. In der zweiten Delphi-Runde, ab Ende 2020, fand eine Reflektion der Erkenntnisse aus der ersten Runde sowie eine weitere Vertiefung von Forschungsbedarfen und –fragen statt. Der Ex-Ante-Analyse diente zudem ein Workshop zur Abgrenzung der möglichen Themenfelder, ein Szenarien-Workshop, Expertengespräche sowie umfangreiche Literatur- und Webanalysen. Diese empirischen Schritte wurden durch die Corona-Pandemie erheblich erschwert, die zu Verlängerungen von noch in Umsetzung befindlichen FuE-Projekten führte und abgeschlossene Projekte in der Übertragung ihrer Ergebnisse in die angestrebte Anwendung beeinträchtigte.

Der **Evaluationsansatz** zur rückschauenden Betrachtung trug dem hohen Anteil laufender oder gerade erst abgeschlossener Vorhaben Rechnung. Untersucht wurden: (1) die **Mobilisierungseffekte**

aus der Veröffentlichung einer Bekanntmachung (auf Verbundbildung, inhaltliche Konzeption der Projekte), (2) Wirkungen aus der **Durchführung der FuE-Projekte** in der Förderlaufzeit, (3) **Projekt-ergebnisse oder Outputs** bis Förderende und (4) **ökonomischen, wissenschaftlichen und sonstigen Effekte** aus der Weiterentwicklung der Ergebnisse in die (ökonomische) Verwertung (Plan/Ist). Um die (5) **Wirkungen** hieraus **auf die Anwendungsbereiche oder Zielfelder** der neuen Lösungen für die abgeschlossenen Projekte zu ermitteln, war es noch zu früh, nicht zuletzt durch die Corona-bedingten Beeinträchtigungen, wie 40 Interviews mit Verbundleitungen unterstrichen.

2 Ex-Post-Analyse des Forschungsprogramms PDA

Mobilisierungseffekte der Bekanntmachungen auf Projektkonzeption und Verbundbildung

- Die Fördertätigkeit unterstreicht: Das Forschungsprogramm PDA erzielte im Betrachtungszeitraum 2015 bis 2019 eine **hohe Mobilisierungswirkung** – gerade in der Gruppe der KMU.
- Die aus verschiedenen Teilprojekten aufgebauten Verbundprojekte stützten sich auf diverse Vorarbeiten und Vorkenntnisse der beteiligten Partner. Die **inhaltlichen Grundlagen** der Teilprojekte stammen i.d.R. aus mehreren Quellen. Häufige Kombinationen für neue Projektinhalte sind frühere BMBF-Förderungen und unternehmensfinanzierte FuE. Ein **früher Wissenstransfer** fand statt: In jedem vierten Teilprojekt brachten Partner diese inhaltlichen Grundlagen ein, auf denen die Konzeption der eigenen Arbeiten basierte. Bei 29% der befragten KMU war dies der Fall.
- Mit der **Teilnahme an Verbundprojekten** betraten knapp 2/3 aller Unternehmen **Neuland**. Sie hatten noch keine projektrelevanten Erfahrungen aus ähnlichen Verbund- oder größeren FuE-Projekten. Sie profitieren von den Erfahrungen und vor allem den Kompetenzen der wissenschaftlichen Partner im Technologiefeld bzw. Feld der Innovation und im kooperativen Arbeiten.
- Die BMBF-Förderung mobilisierte in hohem Maße **neue Partnerkonstellationen** und über die Geförderten hinaus eine größere Anzahl weiterer Einrichtungen. Sehr wenige Verbünde waren eine (nochmalige bzw. Anschluss-) Förderung etablierter Beziehungen. Die große Mehrheit stellte eine Neuformierung dar: Ein Teil der Partner kooperierte bereits früher und neue Partner kamen hinzu. In jedem dritten Verbund fanden gänzlich neue Partner zusammen.
- Zur Vorbereitung der Verbundprojekte wurden die **Informationsangebote von PTKA/BMBF** vor Förderung unterschiedlich stark genutzt. Eine deutliche Nachfrage besteht nach Beratungsgesprächen mit dem PTKA, und auch der Internetauftritt ist eine wichtige Informationsquelle.

Phase der Projektdurchführung und Wirkungen daraus

- Die in themengebundenen Bekanntmachungen **vorgegebenen Förderinhalte** wiesen meist eine sehr gute oder gute **Passfähigkeit** zu den aktuellen Forschungsthemen der Geförderten auf.
- Die Unternehmen verfolgen meist mehrere **Innovationsziele** gleichzeitig (z.B. neue organisatorische Lösung und neue Dienstleistung).

- „KMU-innovativ: Innovationen für Produktion und Dienstleistungen“ ist mit seinen Förderanforderungen auf KMU zugeschnitten und gibt dort Anstöße für FuE-Projekte. Die Fördernehmer nutzen dessen **Themenoffenheit**: Ihre Projekte decken einen breiten thematischen Bereich im vorgegebenen Rahmen ab.
- Den **Nutzen eines Begleit- oder wissenschaftlichen Projekts** (vorrangig in der Arbeits- und Dienstleistungsforschung) stuften die Befragten unterschiedlich ein. Für die Hälfte war es hilfreich für die eigenen Aktivitäten, in diesen Fällen trat eine ganze Reihe der intendierten Effekte ein (z.B. Austausch unter den Projekten aus der Förderbekanntmachung und mit sonstigen Forschergruppen oder Unternehmen, Erweitern des Blicks auf weitere Themen, zusätzlicher Informationsinput).
- An den durch das BMBF und den Projektträger organisierten Formaten zum **Erfahrungsaustausch** zwischen Fördernehmern und mit weiteren Unternehmen und Einrichtungen nahm ein deutlicher Teil der Befragten häufig teil. Zu den meisten Formaten gab die Mehrheit einen hohen Nutzen an.
- Die inhaltlichen **Vorgaben des Europäischen Sozialfonds (ESF)** aufgrund der Kofinanzierung von Projekten der Arbeitsforschung passen meist sehr gut oder gut. Die damit verbundenen administrativen/finanziellen Berichtspflichten werden ausgesprochen negativ eingestuft.
- Durch die BMBF-Förderung wird bei einem Drittel der Unternehmen das betreffende Thema **erstmalig** bearbeitet, und sie ist ursächlich, dass auch **neue Themen** in Unternehmen getragen werden. Häufig kommt es bei ihnen auch zu einer deutlichen inhaltlichen Ausweitung von FuE-Arbeiten durch das geförderte Projekt und dass es überhaupt in dieser Form durchführbar war. Besonders ausgeprägt ist der Zufluss an Erkenntnissen aus den kooperativen Arbeiten, was den generellen Förderansatz von PDA - Verbünde aus Wissenschaft und Wirtschaft zu fördern - voll bestätigt.

Wirkungen in Form erzielter Outputs (abgeschlossene Projekte)

- Die Projekte konnten bis Förderende ihre Ziele meist gut oder sehr gut erreichen. Bei den Transferzielen war dies etwas seltener. Nur in knapp jedem fünften der abgeschlossenen Teilprojekte gab es in mind. einem Zielbereich eine spürbare **negative Abweichung**. Die genannten Ursachen sind vielfältig, i.d.R. typisch für solche risikobehaftete FuE-Vorhaben.
- Knapp zwei Drittel der Befragten berichteten über **nicht-intendierte Effekte**. Diese sind sehr oft positiver Natur (oft Ideen für alternative Lösungen oder neue Forschungsarbeiten).
- Um die mit einer Förderung erzielten **Fortschritte in der Entwicklung einer Innovation** zu bewerten, wurden die Konzepte „Technology-Readiness-Level“ für technische Produkt- oder Verfahrensinnovationen, „Social Readiness Level“ für soziale Innovationen (Gestaltung von Arbeitsprozessen und –organisation) und „Service Readiness Level“ für Dienstleistungsinnovationen verwendet. Die Einstufungen nahmen die Verbundleitungen für das bearbeitete Forschungsthema vor. Arbeiten auf Level 1 erfolgten primär vor Projektstart, vor allem in der Produktionsforschung. Die Projekte in dieser Förderlinie haben ihren eindeutigen Schwerpunkt auf TRL 2 bis TRL 7. Projekte der Dienstleistungs- und der Arbeitsforschung weisen ein ähnliches Muster auf: Sie beginnen größtenteils auf Level 2. In allen Förderlinien deckt eine Mehrheit der Projekte auch die Levels 8 und 9 ab, was durch die Einbindung der Anwendungs- und Umsetzungspartner intendiert ist.

- Am Ende des Förderzeitraums stehen bei den Projekten **vielfältige direkte Ergebnisse**, vorrangig ein substanzieller **Zuwachs an Kompetenzen**. Oder die Ergebnisse bestehen in neuen Methoden, Vorgehensweisen, organisatorischen Lösungen usw. Bei KMU kommt es doppelt so häufig wie bei größeren Unternehmen zu Grundlagen für ein neues oder den deutlichen Ausbau eines bestehenden Geschäftsfeldes. Auch Qualifizierungseffekte sind hier stärker ausgeprägt.
- Die Projekte bieten Spielräume, um Forschungsergebnisse im Verlauf der Förderung und danach weit über den Kreis der direkt Mitwirkenden zu verbreiten. Die Projektförderung führte größtenteils zu einer **erhöhten Publikationstätigkeit** bei beteiligten Wissenschaftseinrichtungen.

Anwendung der Projektergebnisse und Wirkungen (abgeschlossene Projekte)

- 90 % der Unternehmen führen nach Förderende noch **Folgeaktivitäten** bis zur Markt- oder Anwendungsreife durch, primär finanziert aus eigenen Mitteln. Zum Befragungszeitpunkt waren diese Aktivitäten häufig noch nicht abgeschlossen. Die Aussagen zu den Wirkungen aus der Umsetzung der Projektergebnisse zeigen daher häufig erst **erwartete Wirkungen** in Bezug auf neue Produkte, Dienstleistungen, Umsätze, Beschäftigung usw. auf.
- Mit den Ergebnissen streben die Unternehmen deutliche Erweiterungen ihrer Leistungsangebote an, was gemäß der vorliegenden Erhebung bis zum **Wirksamwerden** im Durchschnitt **gut 2 bis knapp 4 Jahre** dauert. Die jeweilige Dauer hängt davon ab, ob eine Modifikation des bestehenden Leistungsangebots (durchschnittliche Zeitspanne: 2,2 Jahre), ein neues Produkt (2,9), eine neue Dienstleistung (2,7), ein neues Verfahren (2,5) oder ein neues Geschäftsmodell (3,7) entstehen soll.
- Drei **wichtige ökonomische Effekte** aufgrund einer Teilnahme an BMBF-geförderten Projekten werden von den teilnehmenden Unternehmen angestrebt: „Neue verbesserte Produkte und Dienstleistungen“, „Sicherung von Arbeitsplätzen“ und „Verbesserung der Marktposition (in Deutschland) durch Anstieg von Umsatz und Gewinn“. Für KMU spielen daneben noch „zusätzliche Umsätze“ eine Rolle. Die ökonomischen Effekte für KMU sind in vielen Bereichen ausgeprägter als für größere Unternehmen. Gleiches gilt für **wissenschaftliche Effekte**, mit denen die Kompetenzen gestärkt und die Basis für eine Fortführung der Themen in Folgearbeiten gelegt werden.
- Die **Kooperationen** im Verbundprojekt sind **nicht nur temporär**: Rund die Hälfte der Einrichtungen kooperiert weiter mit Verbundpartnern, bei einem Viertel ist dies geplant oder wird erwogen.
- Der häufigste Weg zum Transfer der **FuE-Erkenntnisse und Erfahrungen** ist die Integration in die Leistungsangebote oder das interne System der Leistungserbringung.
- Die meisten Projekte weisen mehrere **Zielbranchen zur Verbreitung der Projektergebnisse** auf. Es dominiert das Verarbeitende Gewerbe (für knapp zwei Drittel der Maschinen- und Anlagenbau, für ein Drittel der Fahrzeugbau), unternehmensnahe und personennahe Dienstleistungen spielen zusätzlich für Projekte aus der Dienstleistungsforschung eine Rolle.
- **Weitere Transferwege** sind Veranstaltungen in unterschiedlichen Formaten, Vorträge, Diskussionsrunden usw. auf anwendungsbezogenen Fachveranstaltungen, wissenschaftliche Konferenzen, ferner Veröffentlichungen, Homepages der Projekte, u.v.m. - intensiv genutzt bereits in der Förderlaufzeit. Dazu tragen insbesondere die vielfältigen Aktivitäten der Wissenschaftspartner bei.

Erkenntnisse aus den Fallstudien zu 11 Förderbekanntmachungen

- Die Fallstudien verdeutlichen die **spezifischen Ausprägungen an Wirkungen**, je nach thematischer Ausrichtung und Zusammensetzung der Verbünde. Die Unternehmen sind fast alle von erheblichen Beeinträchtigungen betroffen, die die Corona-Pandemie und durch sie implizierte Veränderungen unternehmensintern und in den Wertschöpfungsketten auslösten. Vom Digitalisierungsschub und Änderungen bei Arbeitsgestaltung und -formen erwarten sich die meisten Projekte nach Überwindung der Pandemie eine höhere Relevanz ihrer entwickelten Lösungen
- Wenige Unterschiede zwischen den Förderbekanntmachungen bestehen im großen Ausmaß an Impulsen für einen Wissenstransfer innerhalb der Verbünde, im deutlichen Kompetenzaufbau, bei der hohen Relevanz von Erkenntnissen für neue Forschungsansätze und Folgeprojekte und damit Anstößen für Weiterentwicklungen in den jeweiligen thematischen Feldern.
- Unterschiede betreffen andere Punkte: Gerade in der **Arbeitsforschung** profitieren KMU in besonderem Maße von den Kompetenzen und Erfahrungen ihrer Partner aus der Wissenschaft. Überdurchschnittlich häufig bringen diese Partner die inhaltlichen Grundlagen ein. KMU haben hier seltener projektrelevante Vorerfahrungen. In den Verbänden finden oft gänzlich neue Partner zusammen. Entsprechend hoch bewerten die Unternehmen die wissenschaftlichen Effekte aus der Kooperation für ihre technologischen Kompetenzen und den weiteren Ausbau des FuE-Bereichs.

Bewertung des Forschungsprogramms und dessen Umsetzung

- Die Fördernehmer geben weitgehend gute Bewertungen zur **Ausgestaltung des Förderangebots** von PDA ab. Ausnahmen: Fehlende Möglichkeit für kurzfristig durchführbare Entwicklungsprojekte, geltende Beschränkungen zu ausländischen Partnern sowie – aus Sicht der Wissenschaftseinrichtungen - die Vorgaben zur Verbundkoordination („unternehmensgeführt“).
- Die durch den Projektträger Karlsruhe unterstützte **Programmumsetzung** erhält fast durchweg signifikant hohe Durchschnittsbewertungen. Während der Laufzeit der Projekte bestanden Spielräume, um die verfolgten Konzepte zu modifizieren, falls gewonnene Erkenntnisse und Lerneffekte dies nahelegten, was als Anzeichen von Agilität angesehen werden kann und von einer Reihe von Verbundprojekten genutzt wurde.

Zielerreichung

Die übergeordneten Ziele des Fachprogramms PDA sind sehr ambitioniert und weitreichend, es sollen Anstöße für deutliche Fortschritte in ganzen Branchen- und Technologiefeldern erfolgen. Hierauf wirkt sich eine Vielzahl von Einflussfaktoren förderlich (vor allem Dynamik des digitalen Wandels) oder hindernd (z.B. Fachkräftemangel) aus, u.a. auch aus den politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen (z.B. Beeinträchtigungen im internationalen Warenverkehr). Die fehlende oder kurze Distanz seit Förderende und die Corona-bedingten Beeinträchtigungen lassen belastbare Aussagen zur Zielerreichung des Fachprogramms PDA durch die Evaluation noch nicht zu. Folgende Bewertung kann aber getroffen werden:

- Die themengebundenen Förderbekanntmachungen zu PDA beschreiben dezidiert die Inhalte möglicher Vorhaben, um dadurch die intendierten Ziele zu erreichen. Die Verbundprojekte decken

diese geforderten Förderinhalte sehr gut ab und lassen keine Lücken erkennen. Diese Kongruenz ist Voraussetzung zum Erreichen der Förderziele. Die Befragten stuften Mitte 2020 die Zielerreichung ihrer Projekte meist als gut oder sehr gut ein. Danach scheinen die **Förderziele** der einzelnen Förderbekanntmachungen **weitgehend erreichbar**; es gibt keine empirische Evidenz für ein gravierendes Verfehlen einzelner Ziele. Nur zum Ausmaß der Wirkungen über die Geförderten hinaus, lässt sich noch keine abschließende Bewertung treffen.

Maßnahmen- und Vollzugswirtschaftlichkeit

- Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Wirkungsanalyse bislang bereits einen hohen Nutzen der Förderung aus PDA. Nennenswerte Abweichungen von den Förderzielen oder beim Erreichen der Zielgruppen ließen sich nicht identifizieren. Die im Zeitraum der Evaluation (2015-2019) in PDA eingesetzten Mittel, einschließlich der administrativen Kosten des beliebigen Projektträgers Karlsruhe, belaufen sich auf rund 568 Mio. EUR. Es kann aktuell von einer **ausreichenden Maßnahmenwirtschaftlichkeit** ausgegangen werden.
- Die Befragten beurteilen den Vollzug des Fachprogramms PDA und seiner einzelnen Förderbekanntmachungen **überwiegend positiv**, sie nutzen mehrheitlich Angebote zum Erfahrungsaustausch und stuften sie dann als nützlich ein. Der einzige kritische Punkt ist bei Vorhaben mit einer Ko-Finanzierung aus dem ESF der hohe Aufwand, um den administrativen/finanziellen Berichtspflichten nachzukommen, die sich aus den ESF-Vorgaben ergeben.
- Die Auswertung von Programmkenndaten zeigt zwei Ansatzpunkte für Verbesserungen: (1) Lange Zeiträume ab Veröffentlichung einer Förderbekanntmachung bis zum Start der ausgewählten Fördervorhaben (Ausnahme: KMU-innovativ) sowie (2) geringe Förderwahrscheinlichkeit für eingereichte Projektskizzen aufgrund eines großen Förderinteresses.
- Angesichts der großen Bandbreite an Aufgaben des Projektträgers sowie der hohen Resonanz auf Bekanntmachungen mit einem aufwändigen Begutachtungsverfahren sowie der intensiven Betreuung der Projekte in der Laufzeit ist die **Vollzugswirtschaftlichkeit** als ausreichend einzustufen.

Handlungsoptionen für die weitere Förderung – Ergebnis der Ex-Post-Evaluation

Es wurden Handlungsoptionen zu folgenden Punkten formuliert:

- Möglichkeit von Entwicklungsprojekten, die in kürzeren Zeiträumen umsetzbar und mit einem schnelleren Beantragungsverfahren verbunden sind; dazu wurde ein themenoffener Wettbewerb als Pilot mit einem beschleunigten Antragsverfahren vorgeschlagen;
- generelle Verkürzung des Zeitraums zwischen Einreichung von Projektskizzen und Projektstart;
- Überprüfung der Programmumsetzung in einer Förderlinie, die nicht ganz so positive Bewertungen (zu Abständen, Inhalten usw. von Bekanntmachungen, Beratung bei Antragstellung, Begutachtungsverfahren usw.) durch die Befragten erhält, wie die beiden übrigen Förderlinien;
- Steigerung der Nutzung von Informationsangeboten durch Förderinteressierte im Vorfeld einer Antragstellung zur Erhöhung der Antragsqualität und Vermeidung von nicht förderfähigen Projektskizzen (z.B. Webinare, Podcasts zu den wichtigen Anforderungen);

- vertiefte Untersuchung von Good Practice im Kontext der wissenschaftlichen Begleitprojekte, um deren Nutzen für Projektverbände in allen Forschungsschwerpunkten mit solchen Projekten weiter zu erhöhen;
- Steigerung der Partizipation an den verschiedenen Formen des Erfahrungsaustauschs durch hybride Formate.

3 Ex-Ante-Analyse für die programmatische Weiterentwicklung und damit verbundener künftiger Handlungsfelder

Das Ziel der Ex-Ante-Analyse bestand in der Identifikation neuer Forschungs-, Technologie- und Anwendungspotenziale der Produktions-, Dienstleistungs- und Arbeitsforschung sowie der Forschung zu Wertschöpfung und weiterer verbundener Themen, wie etwa Industrie 4.0.

Themen und Forschungsbedarfe in sechs Themenfeldern

Den Ausgangspunkt für die Ex-Ante-Analyse bildeten die fünf vom Auftraggeber und Projektträger entworfenen Themenfelder für das Nachfolge Programm: Ressourcen und Daten, Marktleistungen und Nutzenversprechen, technische und methodische Innovationen, Vernetzung und Kooperation sowie Dynamik von Wertschöpfungssystemen. In einem Workshop mit Expert:innen aus der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik wurde eine finale Version mit sechs Themenfeldern definiert. Sie diente in der Ex-Ante-Analyse als Grundlage für die Systematisierung der Ergebnisse.

1: Dynamik von Wertschöpfungssystemen: Die letzte Dekade war durch immer komplexer werdende Wertschöpfungssysteme gekennzeichnet. Weltweite Trends, wie die zunehmende Digitalisierung, und unvorhersehbare Ereignisse, wie die Corona-Krise, verdeutlichen Abhängigkeiten, potenzielle Anfälligkeiten und die Notwendigkeit, dieses Zusammenspiel zu verstehen und mögliche Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, um angemessen reagieren zu können. Die permanente Änderung der Partner-, Kunden- und Zulieferstrukturen sowie die fehlenden Kernkompetenzen der KMU für solche Anpassungen sind nur einige der höchstpriorisierten Herausforderungen, die im Kontext des Themenfelds "Dynamik von Wertschöpfungssystemen" von den Expert:innen genannt wurden. Dazu nannten sie die Flexibilität, Agilität, Robustheit und Lernfähigkeit der Akteure sowie die Schaffung von Komplementärleistungen als Themen, die mit dem neuen Forschungsprogramm primär adressiert werden sollten. Für die Bewältigung dieser Herausforderungen werden vor allem neue Ansätze zur Beherrschung von Komplexität und Schaffung von Resilienz benötigt. Außerdem gewinnt das Forschungsthema Führung in den Wertschöpfungssystemen und Re-Lokalisierung von Wertschöpfungsketten in Markt-/Kundennähe statt in Niedriglohnländern wieder stark an Bedeutung.

2: Geschäftsmodelle und Nutzenversprechen: Megatrends wie die Digitalisierung, Künstliche Intelligenz, Nachhaltigkeit und demographische Veränderungen prägen die Formen der Entwicklung und Erstellung von Marktleistungen entscheidend. Neue Geschäftsfelder und -modelle entstehen und bereits existierende unterliegen einem tiefgehenden Wandel. Im diesem Kontext

werden die Digitalisierung analoger Produkte und Dienstleitungen und die daraus entstehenden neuen, plattform- und cloudbasierten Geschäftsmöglichkeiten von den meisten Expert:innen als die wichtigsten Herausforderungen gesehen. Außerdem wird die Umsetzung von intelligenten, vernetzten und hochintegrierten Produkt-Service-Systemen sowie die Etablierung von Co-Creation basierten Geschäftsmodellen als weitere Herausforderung hoch priorisiert. Daraus entstehen Forschungsbedarfe vor allem in Bereichen der Entwicklung von neuen Ansätzen zur Etablierung neuer Geschäftsmodelle mit Berücksichtigung von großen Datenmengen, KI-gestützten Analytics und Cloud-Computing. Zusätzlich spielen die Themen Standardisierung und Regulatorik, aber auch Akzeptanz und Partizipation, eine bedeutende Rolle.

- 3: Der Mensch in der Wertschöpfung:** Um den Unternehmenserfolg in einer sich dynamisch verändernden Arbeitswelt zu sichern, sind Anpassungsfähigkeit und Kompetenzentwicklung der Mitarbeitenden sowie ein kontinuierliches Lernen entlang der Erwerbsbiographie notwendig. In diesem Zusammenhang stellt laut Expert:innen, neben dem demographischen Wandel und der Lebensmodellveränderung, die Digitalisierung weiterhin die wichtigste Herausforderung dar. Z.B. durch die Mensch-Maschine-Interaktion entstehen enorme Anforderungen an Multidimensionalität der Kompetenzanforderungen. In diesem Kontext wird Forschungsbedarf u.a. in der menschengerechten Arbeitsgestaltung, Akzeptanz, Schutz privater Daten sowie Entwicklung neuer Arbeits- und Lernmodelle betont. Außerdem beschreiben die Expert:innen weitere Forschungsbedarfe hinsichtlich der Akzeptanz, Führung und Beteiligung.
- 4: Ressourcen:** In Wertschöpfungssystemen kommt dem erweiterten Ressourcenbegriff eine zentrale Rolle zu. Ressourcen werden zunehmend knapper und die weltweite Konkurrenz wächst. Unternehmen müssen ressourceneffizientere Prozesse, Recyclingverfahren und Möglichkeiten für alternative Ressourcen entwickeln bzw. den Verbrauch von der Wertschöpfung möglichst weitgehend entkoppeln. Zudem steigt der Stellenwert immaterieller Ressourcen, gerade Daten wurden zu einer wertvollen, sich nicht verbrauchenden Ressource für die Wertschöpfung. Nach Expertensicht sind Ressourcenschonung und Verankerung der Nachhaltigkeit die wichtigsten Herausforderungen. Eine weitere hochpriorisierte Herausforderung ist der Umgang mit ungenutzten Ressourcen-Potentialen. Es öffnen sich neue Forschungsbedarfe zur industriellen Symbiose von Ressourcen, starker interdisziplinärer Zusammenarbeit, vollständiger Kreislaufwirtschaft sowie Stärkung einer Nachhaltigkeitskultur in Unternehmen und Gesellschaft. Weiterhin wächst der Bedarf nach Strategien zum Umgang mit Folgeschäden und zur Anpassung/Änderung von Regularien.
- 5: Soziotechnische und methodische Innovationen:** Solche Innovationen bilden eine Grundvoraussetzung der zukünftigen Wertschöpfung im Produzierenden Gewerbe und Dienstleistungssektor. Einerseits bieten neue Technologien, Verfahren und Ansätze neue Möglichkeiten für Unternehmen zur besseren Gestaltung ihrer Prozesse bzw. Leistungserstellung und dadurch Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Andererseits sollen sie rückwirkende Effekte auf die Gesellschaft und vor allem auf die Arbeitsgestaltung haben. Daher stehen nach Expertensicht Herausforderungen wie die stetige Anpassung von Organisationsstrukturen, standardisierte Daten-

schnittstellen zur Zusammenführung verschiedener Systeme und intelligente Wissensmanagementsysteme im Mittelpunkt dieses Themenfeldes. Forschungsbedarfe sehen sie vor allem in der Entwicklung und Erprobung neuer Technologien, Verfahren, Ausrüstungen, Systeme und Konzepte, um Prozessen und die Leistungserstellung zu verbessern (z.B. Verfahren zur Organisationsentwicklung, Plattformen zur Kollaboration zwischen Mitarbeiter:innen und unterstützenden Systemen, Lernkonzepte mit und ohne Technologieeinsatz, hybride Konzepte für das Management impliziter Wissensbeständen).

6: Vernetzung und Kooperation: Die künftige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen hängt zunehmend von einer engeren Zusammenarbeit in Partnerschaften entlang verteilter Wertschöpfungsstrukturen ab. Die größte Herausforderung dabei sehen die Expert:innen in der Kommunikation, Vernetzung und Kollaboration im Zuge der steigenden Komplexität von Wertschöpfungs- und Arbeitssystemen. Ohne Vertrauen, Gleichberechtigung und Teilen gemeinsamer Werte sowie entsprechender Normen und Standards wird die Implementierung solcher Kollaboration in vernetzten Wertschöpfungsstrukturen künftig nicht möglich sein. Ferner werden neue Entscheidungswege und Führungskulturen durch digitale Systeme sowie die starke Interdisziplinarität bedeutender. Die Arbeit in komplexen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsstrukturen erfordert in Unternehmen innovatives Vorgehen zur Komplexitätsreduktion, Bottom-up Ansätze zur kooperativen Planung, Methoden zur Transparenz und (Fehler-)Nachverfolgbarkeit sowie neue Wege der Arbeitsorganisation und -steuerung bei hoher Flexibilität. Außerdem wächst auch hier der Forschungsbedarf nach Blockchain-Technologien in Kollaborationen, Datenschutz und -hoheit sowie geteilte Führung.

Querschnittsthemen

Die am häufigsten genannten Punkte für alle sechs Themenfelder des neuen Forschungsprogramms sind die Künstliche Intelligenz und organisationsbezogenen Themen wie Organisationentwicklung, -anpassung, hybride Formen sowie neue Organisationskonzepte. Themen wie Agilität, Produkt-Service-Systeme, Resilienz und Big Data werden jeweils nur im Kontext von zwei Themenfeldern aufgegriffen.

Entwickelte Zukunftsszenarien zu „Zukunft der Wertschöpfung“

Im zweitägigen Workshops entwickelten Fachexpert:innen aus den relevanten Fachgebieten vier Zukunftsszenarien als Orientierung für die langfristige Entwicklung des neuen Forschungsprogramms:

Szenario 1: Individualisierte Selbstoptimierung

Hedonistische Einstellungen dominieren, es herrscht eine starke Konsumorientierung. Große Datenmengen stehen zur Verfügung, werden aber nicht sinnvoll genutzt, es wird kaum noch geforscht. Fake News, Pseudowissen und Manipulation sind verbreitet - auch im wissenschaftlichen Bereich. Die schlechte Wissensbasis führt zu vielen Fehlentscheidungen. Kooperationen konzentrieren sich auf betriebliche Prozesse.

Ausgewählte Chancen:

- Wirtschaftliche Entwicklung kurz- und mittelfristig positiv
- Kompetenzaufbau im Consumer Markt

Ausgewählte Risiken:

- Weitere Dominanz US-amerikanischer Plattformen
- Planet reagiert und schüttelt die Menschen ab
- Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen

<ul style="list-style-type: none"> • hochwertige Produkte für Konsumenten aus DE mit weiterhin starken Märkten • Kurzfristiger Rückenwind für deutsche Autos • Drohszenarien bewirken Aufwachen und Handeln • Relativer Wohlstand als Basis für Wandel 	<ul style="list-style-type: none"> • Rückfall Deutschlands als ressourcenarmes Land im internationalen Wettbewerb • Abhängigkeit deutscher Unternehmen von großen, internationalen Cloud- und Plattform Anbietern • Mittelschicht leidet • Migrationswellen mit Verschiebung der Arbeitskraft
--	---

Szenario 2: Resiliente Lebensfreude

Bürger:innen erleben eine hohe Lebensqualität und leben sinnstiftend im beruflichen und privaten Umfeld. Belastungen werden gemeinsam bewältigt, Infrastrukturen dazu sind vorhanden, Gemeinwohlorientierung herrscht vor. Es bestehen langlebige Kooperationen und Allianzen, mehrere Abteilungen arbeiten zusammen an einem Prozess, ermöglicht durch standardisierte Schnittstellen. KI strukturiert quasi unendliche Wissensquellen, Wissensgenerierung verliert an Bedeutung, reines Wissen wird durch ML Systeme billig und schnell generiert, von Menschen wird nur noch Kompetenz und Verantwortung erwartet.

<p>Ausgewählte Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verlängerung der Arbeitskraft durch sinkende physische und psychische Belastungen, steigende Arbeitsmotivation von Arbeitskräften bis ins hohe Alter • Lebensqualität als Wettbewerbsfaktor • Große Chance für Geschäftsmodelle mit Public-Value-Komponente • Chance für die Gewinnung von Fachkräften • Erweiterte Wohlstandsindizes - nicht nur BIP, auch Glück • Exporterfolge durch Innovationen • Bessere Vernetzung und Aufwertung gesellschaftlich notwendiger Dienstleistungen 	<p>Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resiliente Lebensfreude in Deutschland bei schlechten Lebensbedingungen andernorts • Zustand nur vorübergehend, da keine Wirtschaftlichkeit • Glückliche Menschen bei sinkender Produktivität • Deutschland konzentriert sich auf sich selbst, fehlendes Verständnis für Herausforderungen andernorts • Langfristig sinkende wirtschaftliche Leistungsfähigkeit
---	--

Szenario 3: „Kampf der Kulturen“

Multidimensionale und heterogene Entwicklung von Werten sowohl regional als auch zwischen gesellschaftlichen Gruppen. Kooperationen sind oft einmalig/wechselnd, mit immer kleineren, flexibleren Einheiten, Vertrauensaufbau muss innerhalb kürzester Zeit erfolgen. Typisch sind fluide, agile, dynamische Kooperationen, über Unternehmensgrenzen hinweg in Ökosystemen. Agiles Arbeiten ist nicht nur in Bezug auf Zeit dominant, sondern auch unternehmensübergreifende, temporäre Organisationsformen werden zunehmend wichtiger. Wissen wird zunehmend in Open-Innovation-Gruppen generiert, Wissensvorsprung gibt es kaum noch. Erfahrungswissen spielt in Organisationen kaum noch eine Rolle, u.a. aufgrund hoher Fluktuation und Kurzlebigkeit von Wissen. Kollaboratives Arbeiten vermehrt Wissen in Unternehmen und Branchen.

<p>Ausgewählte Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung der besten Lösung(en) durch Wettbewerb der regionalen Systeme • Agiles Lernen und Wertschöpfen wird zum Schlüssel • Internationale Chance für Software und Plattformen zu Business Process Management • Innovationsfähigkeit für unsicheres Umfeld durch gute Qualifikationen in Deutschland • Komplexitätsbeherrschung als Kernkompetenz • Diversifizierung und Resilienzstärkung von Organisationen als Wettbewerbsvorteil • Digitale Vernetzung (Industrie 4.0) wichtiger Befähiger • Mittelständische Nischenanbieter (Hidden Champions) können sich gut differenzieren 	<p>Ausgewählte Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängigkeit von Plattformen für flexible Orchestrierung von Wertschöpfung und für Zugang zu Kunden • Deutsche Anbieter setzen auf Werte und Geschäftsmodelle, die sich international nicht durchsetzen • Extrem viele Hürden für Industrie 4.0 • Heterogene Entwicklungen machen Planung der Zukunftsentwicklungen für Unternehmen schwierig, risikoreich • Extreme Hürden für Skalierung von Innovationen und Geschäftsmodellen • Fehlendes Verständnis sowie fehlende Konzepte für anderswertige Regionen • Drohender Verlust der Werte von Patenten
---	--

Szenario 4: Grüner Riese, kleiner Fußabdruck - der Planet wird gerettet

Klimaneutrale und ressourcenschonende Wertschöpfung prägt das Land und den internationalen Erfolg Deutschlands. Ökologische Nachhaltigkeit hat oberste Priorität von der Forschung bis zu Wertschöpfungssystemen. Langlebige Kooperationen und Allianzen werden durch standardisierte Schnittstellen ermöglicht. Wissen wird zunehmend in Open-Innovation-Gruppen generiert, Wissensvorsprung gibt es kaum noch, Erfahrungswissen spielt in Organisationen kaum noch eine Rolle, u.a. aufgrund hoher Fluktuation und Kurzlebigkeit von Wissen. Kollaboratives Arbeiten vermehrt das Wissen in Unternehmen und Branchen.

Ausgewählte Chancen:

- Nachhaltige Produkte als Exportschlager
- Umweltdienstleistungen bilden Grundlage für neue Geschäftsmodelle
- Digitale und ökologische Transformation gleichzeitig meistern
- Keine Abfälle mehr; Ressourcen werden in Kreisläufe geführt
- Mehr Sinnhaftigkeit in der Arbeit
- Digitalisierung erlaubt „komfortablere“ Nachhaltigkeitslösungen
- Export nach China wird schwierig
- Wettbewerbsvorteil schwer kopierbar

Ausgewählte Risiken:

- Wirtschaftlich nicht erfolgreich
- Verzichtsgesellschaft
- negative Beschäftigungseffekte durch Transformation
- Sinnvoll nur bei globaler Koordination
- Beschäftigungsboom im „grünen Sektor“ befeuert Fachkräftemangel
- Hohe Qualifizierungsanforderungen
- Soziale Disparitäten stärker im Fokus
- Dominanz US-amerikanischer Plattformen die Wertschöpfung, wo direkter Zugang zu Konsumenten erforderlich

Nationale Wettbewerbsstrategien anderer Länder im Vergleich

In den nationalen Wettbewerbsstrategien der Regierungen einzelner Länder zeigt sich die strategische Bedeutung, die sie den Themen Produktion, Dienstleistung und innovativen Maßnahmen der Arbeitsgestaltung für die Wertschöpfung beimessen. Die Ex-ante-Analyse verglich die Strategien der führenden Industrienationen USA, Südkorea, China, Frankreich, Italien, Japan und Großbritannien:

- **Hauptgemeinsamkeit Top-Down-Ansatz:** Alle analysierten Politikstrategien verfolgen einen Top-down-Ansatz unter staatlicher Initiative und in enger Zusammenarbeit von Industrie, Wissenschaft und dem Regierungssektor. Ziel ist es, die bestehenden Fertigungsindustrien in die Lage zu versetzen, die Chancen der digitalen Transformation zu nutzen und den damit verbundenen Herausforderungen zu begegnen.
- **Negative Entwicklungen als Ausgangspunkt:** In allen sieben Ländern war die Wahrnehmung von Defiziten oder negativen Entwicklungen Ausgangspunkt zur Formulierung der jeweiligen Strategie, was sich in ihren Zielrichtungen niederschlägt.
- **Auslöser Industrie 4.0:** Die Vorstellung der deutschen Initiative Industrie 4.0 gab Anstoß in den meisten Vergleichsländern, das Thema aufzugreifen. Sie entwickelten an ihre Ausgangsbedingungen adaptierte Konzepte. Und da diese unterschiedlich sind, gilt gleiches für die Konzepte.
- **PDA Kombination nur in Deutschland:** Die kombinierte Betrachtung von Produktion, Arbeit und Dienstleistungen in engem Zusammenhang mit der Produktion oder als Unterstützung von Menschen ist in den Strategien der Vergleichsländer nicht oder weitaus weniger ausgeprägt
- **„Made in China 2025“ - langfristig und weitreichend:** Gemessen an der Ausgangssituation sind deren Ziele am ehrgeizigsten, mit dem längsten Zeithorizont und dem höchsten Mitteleinsatz.

- **Forschung nicht immer im Fokus:** Der Fokus von Industrie 4.0 liegt stärker im Forschungsbereich, Made in China 2025 setzt daneben auf Marktzugangssysteme, die Gestaltung der Rahmenbedingungen und die Entwicklung des Marktumfeldes.
- **Breitere Perspektive der Society 5.0:** I4.0 und Society 5.0 in Japan betonen den Einsatz von Technologien, inkl. IoT-bezogener Technologien, KI und Big-Data-Analyse. Society 5.0 strebt eine supersmarteste Gesellschaft an, das Entstehen von Connected Industries, wo Bereiche weit über die Fertigungsindustrie hinaus miteinander verbunden sind, auch zwischen Unternehmen aus verschiedenen Branchen, Menschen verschiedener Generationen, Hersteller und Verbraucher usw.
- **Verspätete Strategien:** Die britische Industriestrategie wurde von der May-Regierung 2017 beschlossen (etwas später als in den anderen Ländern) und Anfang 2021 durch eine auf Wachstum in weiten Teilen und Regionen der britischen Wirtschaft ausgerichteten Strategie ersetzt.
- **Schwerpunkt KMU:** Die deutsche Förderpolitik zielt auf die Stärkung der Produktions-, Dienstleistungs- und Arbeitsforschung mit einem Schwerpunkt bei KMU. In Vergleichsländern gibt es meist (Ausnahme: Südkorea) keine Fokussierung auf bestimmte Gruppen von Unternehmen.