



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Zukunftsstrategie  
Forschung und  
Innovation

# Zukunft der Wertschöpfung

Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit



# Vorwort

Wie sehen die Arbeitswelten der Zukunft aus? Welche Bedürfnisse werden Produkte und Dienstleistungen befriedigen? Wie können Wertschöpfung und Wohlstand in Deutschland klimaneutral und nachhaltig gesichert werden? Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat diese Fragen in den Fokus genommen, als es im März 2021 das Forschungsprogramm „Zukunft der Wertschöpfung“ veröffentlichte. Das Programm betrachtet die Wertschöpfung aus sechs Perspektiven. In jeder Perspektive und besonders in ihrer Gesamtschau entstehen Innovationen in Produktion, Dienstleistung und Arbeit.

Digitalisierung, Globalisierung und der Klimawandel haben gewaltige Auswirkungen auf die Arbeitswelt. Wertschöpfung erfolgt in einem komplexen System im Zusammenspiel von Unternehmen, Gesellschaft, Wissenschaft und Sozialpartnern. Die Vernetzung von industrieller Wertschöpfung in digitalen Plattformen erfährt eine zunehmende Dynamik. Daher sind Arbeit, Dienstleistung und Produktion so zu gestalten, dass sie den Menschen dienen. Forschung und Entwicklung tragen dazu bei, soziotechnische Innovationen, neue Geschäftsmodelle, bessere Arbeitsprozesse und geeignete Lernformen zu entwickeln. Für Deutschland bedeutet eine jede solche Innovation auch einen Schritt zu mehr technologischer Souveränität. Das Ziel ist eine effizientere, resiliente und nachhaltige Wertschöpfung.

Die Forschungsförderung richtet sich am Bedarf von Wirtschaft und Wissenschaft, Gesellschaft und Umwelt aus. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf jungen, kleinen und mittleren Unternehmen. Die Neuauflage dieser Programmbroschüre präsentiert den Fortschritt des Programms seit der Veröffentlichung.

Der Haupttext, also die eigentliche Programmatik, ist unverändert. Aktualisiert sind die thematischen Schwerpunkte, die bei der Umsetzung des Programms entwickelt wurden. Die Aktualisierungen verdeutlichen auch die fortlaufende Suche nach neuen Themen und Handlungsfeldern in diesem agilen und lernenden Programm. Angepasst wurde auch das Kapitel zur Vernetzung mit anderen Programmen.

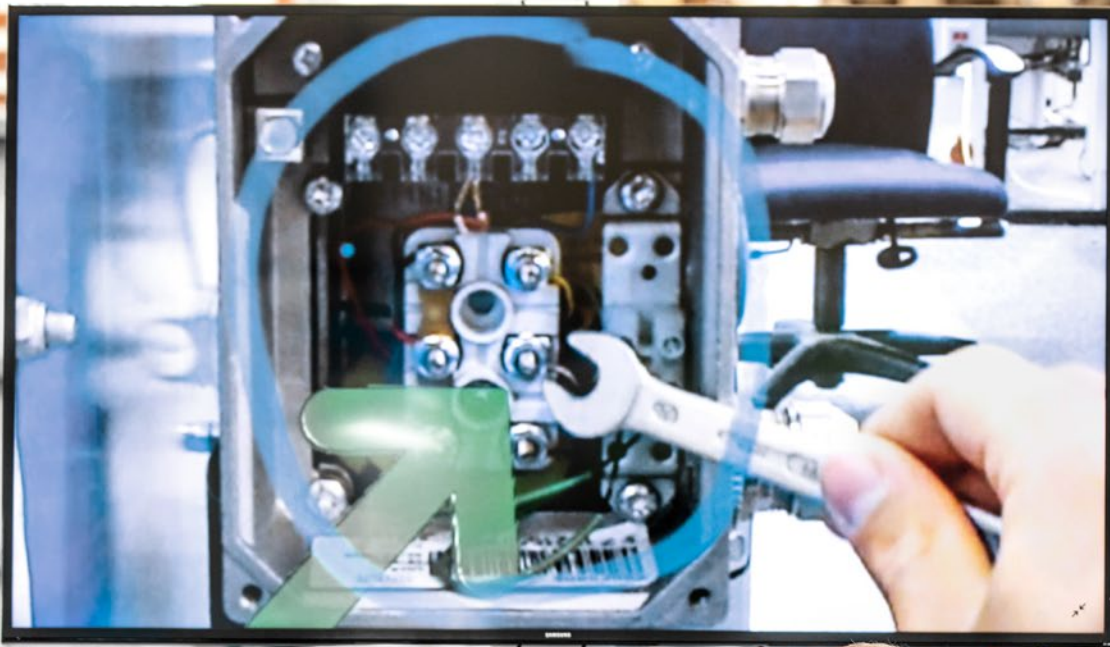
Die Neuauflage ist eine Einladung, auch weiterhin an der Gestaltung der Zukunft der Wertschöpfung in Deutschland mitzuwirken und Perspektiven für das Arbeiten und Wirtschaften von morgen zu entwickeln.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung

# Inhaltsverzeichnis

---

Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“	2
Programmmziel .....	5
Handlungsfelder .....	7
Perspektiven der Forschung zur Wertschöpfung	8
Dynamik von Wertschöpfungssystemen .....	10
Menschen in der Wertschöpfung .....	14
Geschäftsmodelle und Nutzenversprechen .....	16
Ressourcen .....	18
Soziotechnische und methodische Innovationen .....	20
Vernetzung und Kooperation.....	24
Umsetzung der Forschung zur Wertschöpfung	28
Instrumente .....	29
Internationale Zusammenarbeit .....	33
Industrie 4.0 .....	34
Vernetzung .....	36
Lernendes Programm und Evaluation .....	43
Impressum	45



## Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“

Jede Generation organisiert die Strukturen und Prozesse der Wertschöpfung neu, um den Wohlstand zu optimieren. Im Rückblick erscheint jeder dieser Vorgänge als eine industrielle Revolution. Waren die ersten dieser Revolutionen durch Mechanisierung, Automatisierung und Massenproduktion angetrieben, so sind es im Zeitalter von Industrie 4.0 die Digitalisierung, künstliche Intelligenz (KI) sowie die Daten- und Plattformökonomie, die die Veränderungen vorantreiben.

Billige Produkte und große Stückzahlen kennzeichneten die Wertschöpfung der frühen industriellen Revolutionen. Doch längst gehen die Anforderungen an das Ergebnis von Produktion und Dienstleistung hierüber hinaus. Heute werden auch CO<sub>2</sub>-Neutralität, der Erhalt einer hohen Umweltqualität, sozial gerechte Lebensverhältnisse, Qualität der Arbeit, freier Zugang zu Infrastrukturen und Daten, technologische Souveränität, Versorgungssicherheit und nicht zuletzt Kundenbedürfnisse mit der Wertschöpfung verbunden.

In einem weltweiten Wettbewerb ändert sich Wertschöpfung unentwegt. Es entstehen immer neue Produkte, Leistungen, Technologien, Geschäftsmodelle und Kundenbeziehungen. Keine Wettbewerbsposition ist hierbei dauerhaft gesichert. Sie wird durch Unternehmen und ihre Beschäftigten ständig neu errungen – in einem komplexen und dynamischen Umfeld. Die Suche nach Erfolg auf den Märkten erstreckt sich weit über einzelne Unternehmen, Produkte oder Dienstleistungen hinaus und schließt Innovationen im sozialen Raum mit ein.

Das Geflecht der Wertschöpfung ist komplex: Kaum ein Unternehmen bietet allein ein einziges Gut oder eine einzige Dienstleistung an. Prozesse greifen ineinander, Unternehmen hängen von Partnernetzwerken und integrativen Dienstleistungen ab. Erfolg setzt die Interaktion mit der Kundschaft voraus. Das reicht von der Ermittlung individueller Präferenzen bis zum Mitwirken als Konsumenten am Innovationsprozess. Neben privaten Unternehmen wirken öffentliche und gesellschaftliche Organisationen mit. Kurz: Wertschöpfung findet in Systemen und Netzwerken statt.

Ein Teil dieser Systeme wird rechtlich geregelt. Die Unternehmen benötigen den rechtlichen Rahmen und verhandeln ihre Interessen im Kontext der Sozialpartnerschaft. Dies ist umso wichtiger, als Wertschöpfungsprozesse heute den ganzen Erdball umspannen.

Ein anderer, immer größer werdender Teil der Wertschöpfungssysteme wird von autonomen Maschinen und intelligenten Algorithmen gesteuert. Systeme aus Informations- und Kommunikationstechnologien koordinieren sich untereinander weitgehend selbstständig. Sie nutzen digitale Abbilder als Grundlage für die Wertschöpfung und schaffen so reale Produkte, Dienstleistungen und Prozesse. Digitale und analoge Prozesse wirken in der Wertschöpfung schon heute zusammen. Dabei entstehen neue Formen des Wirtschaftens, deren Folgen sich derzeit nur in Teilen erkennen lassen: Plattform-, Datenökonomie und Industrie 4.0 sind erste Ausprägungen dieser neuen Wertschöpfung. Sie und die kommenden Entwicklungen verdienen es, näher betrachtet zu werden.

Durch die Digitalisierung steigt der ökonomische Wert von Daten. Sie enthalten Hinweise auf Wettbewerbsparameter: Im Bestellverlauf verbergen sich Kundenwünsche, Reklamationen weisen auf die Qualität der Produkte hin, Bearbeitungszeiten auf betriebliche Abläufe etc. Die Daten zu interpretieren, wird immer wichtiger für den Unternehmenserfolg.

Dabei treten Branchengrenzen in den Hintergrund. Mobilitätskonzepte beispielsweise konzentrieren sich nicht nur auf das Auto, das Fahrrad oder den Zug. Sie verbinden die Vielfalt der Transportmöglichkeiten beispielsweise mit ergänzenden Dienstleistungen und Konzepten für geteilte Nutzung. Ob ein Fahrzeug als Produkt gesehen wird oder als technische Basis für Dienstleistungen, ist zunächst offen. Je nach konkreter Situation entscheidet sich, ob gekauft oder gemietet, exklusiv genutzt oder geteilt wird. Im Vordergrund stehen Eigenschaften der Produkte für die Verwendung, nicht der Status des Eigentums.

Damit rückt der Mensch in den Mittelpunkt – seine Bedarfe und seine Einschätzung des Wertes einer Leistung. Dies gilt unabhängig davon, ob Produkte hergestellt, Dienstleistungen erbracht werden oder beide Fälle zusammenfallen.

Diese dynamischen Veränderungen in der Wertschöpfung bleiben nicht ohne Wirkungen auf die Bedingungen der Arbeit, die Anforderungs- und Kompetenzprofile etc. Die Arbeitswelten der Zukunft verbinden Mensch und Technik über künstliche Intelligenz und schaffen Interaktion und Kollaboration zwischen Menschen und Maschinen. Daher ist Forschung zur Wertschöpfung immer auch Forschung zur Organisation, Gestaltung und Bewertung von Arbeit. Gesucht werden unter anderem Methoden, Konzepte und Instrumente, um die Wertschöpfung zu gestalten. Zwei Bereiche sind hierbei in Einklang zu bringen: die digitalisierte und automatisierte Technik sowie das Soziale in den Arbeits- und Lebenswelten.

Allen Phänomenen der zukünftigen Wertschöpfung ist eines gemeinsam: Wesentliche Faktoren der Innovationskraft sind Wissenschaft und Forschung. Und diese Forschung braucht ihrerseits Daten zu möglichst allen Facetten der Wertschöpfung. Die Bereitstellung von Daten zur freien Nutzung ist daher kein Selbstzweck.

Für die Forschung zur Wertschöpfung der Zukunft kommt hinzu, dass sich die traditionellen Forschungsfelder immer stärker verbinden. Produktions-, Dienstleistungs- und Arbeitsforschung gehören heute integrativ zusammen. Entsprechend sind Produktions-, Dienstleistungs- und Arbeitsforschung frühzeitig miteinander zu verzahnen, damit die komplexen Beziehungen in der Wertschöpfung erfasst werden können. Das umfasst zwei Aspekte:

Die Forschungstraditionen sind jeweils für sich weiterzuentwickeln, um fachliche Spezifika zu erfassen. Gleichzeitig sind die Traditionen zu kombinieren und zu verzahnen. Nur so ist es möglich, Antworten zu liefern, die für die Weiterentwicklung der Wertschöpfung erforderlich sind. Dies erlaubt einen umfassenden Blick auf die Realität der Wertschöpfung, in der die Fachgrenzen längst überwunden sind.

Jede Dienstleistung braucht Produkte, damit sie erbracht werden kann. Produkte erhalten ihren Wert über die Dienstleistungen, die sich mit ihnen erstellen lassen. Und für beide Aspekte ist es wichtig, dass Führungskräfte, Beschäftigte und betriebliche Interessenvertretungen in der Lage sind, Arbeitsprozesse mitzugestalten.

Genau hier setzt das Forschungsprogramm „Zukunft der Wertschöpfung“ an. Es baut auf der Tradition des Programms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ auf und entwickelt dessen Sichtweisen weiter. Produktions-, Dienstleistungs- und Arbeitsforschung behalten ihre eigenständige Bedeutung genauso wie ihre fachspezifischen Fragestellungen. Der integrative Blick lenkt die Aufmerksamkeit darüber hinaus auf Fragen, die die fachspezifischen Dimensionen der einzelnen Bereiche erweitern. Beispielhaft stehen hierfür die nachfolgenden Fragen:

- Wie entwickelt sich Wertschöpfung unter dem Einfluss sich schnell verändernder Rahmenbedingungen?
- Wie können Systeme der Wertschöpfung gestaltet werden, um menschlichen Bedürfnissen gerecht zu werden und gleichzeitig gesellschaftliche Anforderungen zu erfüllen?

- Wie verändert sich die Rolle des Menschen im Prozess der Wertschöpfung?
- Welche Kompetenzen benötigen Menschen in der Zusammenarbeit mit technischen Systemen?
- Wie lässt sich die Interaktion mit der jeweiligen Kundschaft im Prozess der Wertschöpfung erfolgreich gestalten?
- Aus welchen Technologien gehen neue Produkte, Dienstleistungen oder Produkt-Service-Systeme hervor?
- Wie wird Wissensmanagement so gestaltet, dass es menschliches Wissen und maschinell erzeugte Datenanalysen verbindet?
- Welche neuen Kooperationsformen entstehen mit der Wertschöpfung der Zukunft?

Das Förderprogramm „Zukunft der Wertschöpfung“ ist Teil einer umfassenderen Bildungs-, Forschungs- und Innovationspolitik der Bundesregierung. Es ist eingebettet in die „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“ der Bundesregierung und ergänzt insbesondere die Initiativen der Bundesregierung zu Industrie 4.0 sowie zu smarten Dienstleistungen.

Es unterstützt gleichzeitig die Initiativen der Bundesregierung zur technologischen Souveränität und sichert die Voraussetzung für eine nachhaltige und zukunftssichere Wertschöpfung in Deutschland und Europa.

Die Wertschöpfung der Zukunft steht dabei im Kontext europäischer Normen und Werte wie Menschenrechte, Rechtsstaatlichkeit, Freiheit und Demokratie sowie Nachhaltigkeit. Ebenso berücksichtigt sie Teilhabe, Chancengleichheit und Selbstbestimmung. Der freie Zugang zu Forschungsergebnissen, Infrastrukturen und Schlüsseltechnologien ist dafür wesentlich und Voraussetzung, um Kompetenzen und Schlüsseltechnologien der heutigen Zeit mit den Besten der Welt auf Augenhöhe weiterzuentwickeln.

## Programmziel

Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ist von der Überzeugung getragen, dass Innovationskraft aus der Vielfalt der Ideen entsteht. Die Forschung zur Wertschöpfung der Zukunft sucht nach Handlungsmöglichkeiten, um Produkte, Dienstleistungen und Arbeitsprozesse zu gestalten. Sie fragt nach den technologischen, gesellschaftlichen und organisatorischen Bedingungen, in denen die Wertschöpfung stattfindet, sucht Treiber von Innovationsprozessen und schafft die Basis für die Wirtschaftsleistung in Deutschland.

Die Förderung von Forschung und Entwicklung steht vor der Aufgabe, die Potenziale des Wandels frühzeitig zu erkennen. Sie ermöglicht und begleitet den Strukturwandel der Wertschöpfung, die Suche nach neuen Geschäftsmodellen und Organisationsformen sowie die Entstehung neuer Marktleistungen. In den Projekten sollen Konzepte, Leistungen, Produkte und Verfahren zunächst prototypisch entwickelt werden. Erfolgreiche Lösungen werden danach allen Interessierten zur Verfügung gestellt.

Das BMBF schafft durch das Programm die Basis, um zukunftsfähige Produkte, hochwertige Produktion, kundennahe Dienstleistungen und Arbeit von hoher Qualität zu sichern. Um das Programm umzusetzen, werden insbesondere die folgenden Aspekte in den Blick genommen:

### Handlungsalternativen erschließen

Wertschöpfung entsteht aus der Fähigkeit, vielfältige Lösungen zu entwickeln und umzusetzen. Je nach thematischer Anwendung geht es beispielsweise darum, Schnittstellen zu verstehen und Vernetzung zu gestalten: zwischen Menschen, zwischen Menschen und Maschinen sowie zwischen Maschinen, Unternehmen und Organisationen.

In diesem Zusammenhang konzentriert sich das Programm auf die Dynamik ganzer Systeme der Wertschöpfung sowie auf einzelne Aspekte in diesen Systemen. Deshalb verfolgt die Förderung das Ziel, die Suche nach inspirierenden Möglichkeiten und attraktiven Alternativen zu unterstützen.



## Wissenschaft und Wirtschaft zusammenbringen

---

Unternehmen, Kundschaft, Forschungseinrichtungen und Sozialpartner gestalten die Wertschöpfung der Zukunft im Zusammenspiel. Die Forschungsförderung ermöglicht das gemeinsame Wirken dieser Akteure in Forschung, Entwicklung und Transfer.

Das gilt für Großunternehmen genauso wie für kleine und mittelständische Unternehmen und für alle anderen Organisationen, die am Wertschöpfungsprozess beteiligt sind. Anwendungspartnerschaften zwischen Forschung und Praxis sowie Industriearbeitskreise beschleunigen den Transfer. Kompetenzzentren, Reallabore und thematische Schwerpunkte schaffen Sichtbarkeit. Sie alle haben ihren Platz im Instrumentenkasten der Förderung.

## Nachhaltige Arbeit gestalten

---

Das Leitbild der Nachhaltigkeit gilt für alle Bereiche der Wertschöpfung. Es bietet Perspektiven, um die ökonomische, ökologische und soziale Dimension der Arbeitswelt zu gestalten.

Das Programm unterstützt den Austausch mit allen Interessengruppen, um vielfältige Aspekte bei der Gestaltung von Arbeit zu erfassen: Humanität, Nachhaltigkeit, Inspiration, Emotion, Personalentwicklung, Flexibilität, Prävention, Partizipation, Sozialpartnerschaft etc. Jede einzelne Arbeitswelt ist eine Schnittmenge daraus. Und in jeder Arbeitswelt entscheidet sich auch, wie sicher Arbeitsplätze sind und welchen Raum Arbeit für Selbstbestimmung und soziale Teilhabe bietet.

## Dialoge unterstützen

---

Systeme und Prozesse der Wertschöpfung neu zu organisieren, verwirft etablierte Routinen. Um grundlegende Veränderungen der Wertschöpfung zu gestalten, sind deshalb alle Akteure eingeladen, frühzeitig miteinander in einen Dialog zu treten.

Dieser Dialog hilft dabei, ein gemeinsames Verständnis über Herausforderungen und Handlungsoptionen zu entwickeln. Dies schafft die Grundlage, die Forschungstraditionen zur Wertschöpfung zu integrieren und Anknüpfungspunkte für den Transfer der Ergebnisse zu erarbeiten. Die Forschungsförderung profitiert von diesem Austausch, weil das Wissen vieler Akteure bereits in die Wahl der Forschungsthemen einfließt.





## Handlungsfelder

Umgesetzt wird das Programm in Handlungsfeldern. In Form von Forschungsthemen beschreiben sie den Anwendungsrahmen der Forschung zur Wertschöpfung. Die Handlungsfelder adressieren gesellschaftliche Herausforderungen, soziotechnische Entwicklungen oder branchenspezifische Aspekte.

Es ist unmöglich, die thematische Breite der Forschung und Entwicklung zur Wertschöpfung über die Laufzeit des Programms abschließend zu beschreiben. Die Suche nach Handlungsfeldern ist deshalb Teil der Weiterentwicklung des Programms. Sie wird flankiert durch ein Forschungsprojekt zur Vorausschau, das frühe Signale von Veränderungen in der Wertschöpfung identifiziert und bewertet.

Die vorliegende Neuauflage trägt der Lernfähigkeit des Programms Rechnung, indem alle blauen Themenkästen entsprechend dem inhaltlichen Fortschritt aktualisiert wurden. Die doppelseitigen Kästen beschreiben die aktuellen Handlungsfelder, die die Schwerpunkte des Programms in den kommenden Jahren bilden. Die Maßnahmen in einem Handlungsfeld bauen aufeinander auf, um es aus verschiedenen Perspektiven möglichst umfassend zu bearbeiten. Weitere Themen des Programms sind in den einseitigen Kästen dargestellt.

Mit der Neuauflage wird die Entwicklung folgender Schwerpunkte seit dem Programmstart erfasst: Die Arbeiten in den Handlungsfeldern „Kreislauffähige Wertschöpfung“ und „Resiliente Wertschöpfung“ wurden vertieft, das Handlungsfeld „Datenorientierte Wertschöpfung“ neu begonnen. Zu anderen Themen wurden Aktivitäten gestartet, die dazu dienen, das Potenzial des jeweiligen Themas für ein Handlungsfeld zu erkunden: „Plattformbasierte Wertschöpfung“, „Biointelligente Wertschöpfung“, „Automatisierte Wertschöpfung“ und „Kompetenzorientierte Wertschöpfung“ fallen in diese Kategorie potenzieller Handlungsfelder. Ein besonderer Fokus liegt auf der Forschungsförderung im Mittelstand, der ein eigener Themenkasten gewidmet ist.





# Perspektiven der Forschung zur Wertschöpfung

Damit Wertschöpfung erfolgen kann, werden verschiedene Prozesse zusammengeführt: Menschen bauen Kompetenzen auf und bringen ihre Arbeitsleistungen in die Wertschöpfung ein. Gleichzeitig teilen sie ihre Bedürfnisse mit, damit die Güter und Dienstleistungen erstellt werden, die ihnen Nutzen bringen. Unternehmen kombinieren Ressourcen und menschliche Leistungen, um die Güter und Dienstleistungen zu erstellen und zu verteilen. Sie schaffen dabei soziotechnische Systeme der Wertschöpfung. Da kein Unternehmen alle Leistungen selbst herstellen kann, werden Kooperationen und Netzwerke geschaffen, die über die Grenzen einzelner Unternehmen hinweg Wertschöpfung organisieren und realisieren.

Systeme der Wertschöpfung sind nicht einheitlich aufgebaut. Sie basieren auf unterschiedlichen Prinzipien der Kooperation und technischen Verknüpfung. Sie können als einfache Zulieferbeziehungen oder komplexe digitalisierte Systeme organisiert sein.

Um die Wertschöpfung in einem Handlungsfeld vollständig zu erfassen, müssen deshalb alle wesentlichen Aspekte der Wertschöpfung, die Perspektiven auf Wertschöpfung, betrachtet werden. Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ trägt dieser Tatsache dadurch Rechnung, dass es in allen Handlungsfeldern einen möglichst umfassenden Ausschnitt der folgenden Perspektiven berücksichtigt.



## Plattformbasierte Wertschöpfung

Digitale Wertschöpfung ermöglicht es, besser und schneller auf Kundenbedürfnisse und Marktveränderungen einzugehen. Mit neuen digitalen Technologien können die bestehenden Grenzen der Wertschöpfungsketten überwunden werden. Digitale Plattformen haben die Wertschöpfung in den Verbrauchermärkten auf eine neue Stufe gehoben: Die Art, wie sich Menschen, Technologien und Organisationen vernetzen, wurde grundlegend neu gestaltet. In der Industrie steht diese Entwicklung erst am Anfang: Für industrielle Planung, Produktion und Innovation sind die Möglichkeiten neuer Plattformtechnologien noch lange nicht ausgeschöpft.

Digitale Vernetzung ist ein Treiber dieser Entwicklung, aber an sich kein neues Phänomen. Vielmehr entsteht durch digitale Plattformen und deren Vernetzung eine neue Qualität der Wertschöpfung, die tiefgreifende Veränderungen der etablierten industriellen Strukturen mit sich bringt: Neue Unternehmen werden als Folge der Digitalisierung in etablierten Märkten tätig und schaffen neue Märkte. Etablierte Vertrauensbeziehungen können sich auflösen und müssen neu gestaltet werden. Im Zuge dieser Entwicklung entstehen neue Produkte, Standards, Prozesse und soziale Interaktionen. Arbeit findet in neuen Formen statt. Daten tragen als Ressourcen zur Organisation des Wertschöpfungssystems bei. Neue Rahmenbedingungen müssen geschaffen werden, um Wertschöpfung über Plattformen zu regulieren.

Forschungsbedarf besteht insbesondere zu den Fragen, welche Dynamiken und Kräfte innerhalb von Plattformen sowie zwischen Plattformen wirken. Dies hat Effekte auf die Instrumente und Steuerungskonzepte, mit denen Plattformen organisiert werden können. Zu bestimmen ist auch, unter wel-

chen Bedingungen Plattformen kompatibel sind und kooperieren können.

Analysiert wird, wie aus dem Zusammenspiel von Menschen, Maschinen, Software, künstlicher Intelligenz und Organisationen neue Formen vernetzter Wertschöpfung entstehen. Die Forschung entwickelt Technologien (weiter) und bereitet deren Anwendung vor, zum Beispiel bei cyberphysischen Zwillingen. Erarbeitet werden Gestaltungsmöglichkeiten physisch-digitaler Welten, die als umfassende Plattformen organisiert sind. Der Wandel zu einer „Plattformbasierten Wertschöpfung“ erfordert es ebenso, Arbeit zu reorganisieren. Konzepte sind zu entwickeln, wie die Menschen in einer physisch-digitalen Welt arbeiten wollen und wie Technologien sie dabei unterstützen können.

Die wissenschaftliche Reflexion dieser Entwicklungen findet in und zwischen unterschiedlichen Disziplinen statt. Fast zwangsläufig folgt daraus, dass die „Plattformbasierte Wertschöpfung“ weder einheitlich noch eindeutig definiert ist. Erst wenn die Sichtweisen unterschiedlicher Disziplinen zu einem integrierten Bild zusammengefügt werden, können praxistaugliche Konzepte für Unternehmen erarbeitet werden. Diese Arbeit bildet den Ausgangspunkt vielfältiger Forschung und Entwicklung.

Im Rahmen von Industrie 4.0 wurden bereits viele Vorarbeiten geleistet: Die Plattform Industrie 4.0 bringt mit Wirtschaft, Wissenschaft und Sozialpartnern die relevanten Akteure zusammen, die gemeinsam die Idee eines Datenraums Industrie 4.0 vorantreiben. Hier setzt die Forschung zur „Plattformbasierten Wertschöpfung“ an und nimmt die Zukunft vernetzter Wertschöpfungssysteme in den Fokus.

## Dynamik von Wertschöpfungssystemen

Produkte und Dienstleistungen entstehen aus einer ständig wachsenden Zahl von Prozessen. Wertschöpfung ist weltweit verteilt und vernetzt. Sie ist das Ergebnis eines Zusammenspiels von Unternehmen, öffentlichen Stellen, Privatpersonen und Non-Profit-Organisationen. Wertschöpfungssysteme sind die Beziehungen der handelnden Personen und Organisationen und alle Handlungen zwischen diesen Akteuren.

Geschichtlich waren Wertschöpfungssysteme nicht immer global organisiert. Sie entstanden aus einfachen lokalen Strukturen: Handwerk und Handel boten ihre Leistungen vor Ort an, sie kannten ihre Kundschaft ebenso wie ihre Zulieferer. Die Beziehungen waren übersichtlich.

Mit jedem technologischen Durchbruch und jeder gesellschaftlichen Veränderung erhöhten sich die Dynamik und Komplexität der Wertschöpfung. Es entstand ein System der Arbeitsteilung: Wertschöpfung erfolgte aus der Zusammenarbeit spezialisierter Arbeitskräfte in Industrieunternehmen. Für Einzelbetriebe und die Arbeitskräfte schränkte das die Vielfalt der Aufgaben ein.

Das gesamte System der Wertschöpfung wurde damit komplexer: Einzelne Einheiten waren immer stärker von der Leistung anderer abhängig und die Verantwortung für die Produktion war auf viele Partner verteilt. Die Fähigkeit zur Vernetzung gewann an Bedeutung.

Das Prinzip des arbeitsteiligen Wirtschaftens dominiert die Wertschöpfung bis heute: Unternehmen bringen eigene Stärken in die globalen Netzwerke ein. Zusammenarbeit schafft und erschließt neue Märkte. In diesem Prozess vergrößern sich die Zahl unternehmerischer Optionen und die Abhängigkeiten von anderen. Die Netzwerke der Wertschöpfung werden enger, weil die Bedeutung strategischer Partnerschaften steigt. Wettbewerb wird immer mehr zu einem Wettbewerb von industriellen Ökosystemen, Plattformen und Netzwerken.

Diese Entwicklung ist längst nicht zu Ende, im Gegenteil: Der Trend zur Globalisierung, der lange Zeit als Innovationstreiber galt, scheint durch viele Innovationen gebrochen. Digitalisierung, künstliche Intelligenz, soziale Innovationen etc. treten als neue Antriebskräfte der Wertschöpfung auf.

Sie bergen in Verbindung mit dem Anspruch, Wertschöpfung nachhaltig zu gestalten, disruptives Potenzial und sind der Ausgangspunkt für die Verdrängung alter Produkte, Dienstleistungen und Herstellungsprozesse. Gleichzeitig sind sie Entstehungsorte für neue Systeme der Wertschöpfung.

Die Digitalisierung befördert cloudbasierte Wertschöpfung und einen neuen Typ ökonomischer Leistungen, die unter dem Begriff „Datenökonomie“ gefasst werden. Digitale Ökosysteme entfalten eine bisher nicht gekannte Dynamik und Automation. Sie bieten Platz für neue Geschäftsmodelle und Nutzenversprechen durch hochflexible Softwarelösungen. Beziehungsgeflechte zwischen Unternehmen und zu Endnutzern lösen sich auf und werden fast ohne Zeitverlust durch neuartige Lösungen und Partnerschaften ersetzt. Geteiltes Wissen ist ein Merkmal dieser Wertschöpfung sogar dann, wenn Teile der Netzwerke im direkten Wettbewerb miteinander stehen.

Klassische Industrien stehen vor einem weiteren Wandel:

- Mieten, Tauschen und Teilen ergänzen immer stärker das traditionell dominierende Erwerben von Gütern. Die Bedeutung, Produkte zu besitzen, tritt gegenüber ihrer Nutzung zurück. Produkte werden zu Trägern von Dienstleistungen und diese zur überwiegenden Form der Wertschöpfung.
- Handel findet in Läden und im Internet statt. Das ändert beispielsweise die Rolle von Transportunternehmen. Sie führen heute häufig letzte Bearbeitungsschritte vor der Lieferung durch. Massenproduktion und Personalisierung werden hierdurch „in einem Zug“ ermöglicht, schließen sich nicht mehr aus.

Was am Ende dieser und weiterer Umwälzungen stehen wird, lässt sich nicht vorhersagen. Auf den ersten Blick scheinen einige Entwicklungen dem traditionellen Verständnis von Wettbewerb zu widersprechen. Warum sich beispielsweise neue Formen der Kooperation mit Wettbewerbern trotzdem durchsetzen und ob dies von Dauer sein wird, lässt sich von vielen Disziplinen untersuchen – und integriert betrachten.

Wissenschaft und Forschung sind Teil dieses Prozesses. Sie können davon profitieren, dass Unternehmen Wissen und Daten teilen. Allerdings besteht die Gefahr für die Forschung, dass Daten, die als ökonomische Ressource gesehen werden, nicht mehr kostenfrei zugänglich gemacht werden. Die Datenbasis verbreitert sich. Der Zugang zu den Daten für wissenschaftliche Untersuchungen wird zu organisieren sein.





## Resiliente Wertschöpfung

Wertschöpfung ist eine Folge unterschiedlichster Handlungen und Ereignisse. Wertschöpfung aufrechtzuerhalten, das heißt: die Prozesse zu sichern, auch dann, wenn äußere Einflüsse und Bedingungen sich ändern. Je robuster die Wertschöpfung gegenüber solchen Änderungen ist, umso sicherer ist die Versorgung der Menschen mit Gütern und Dienstleistungen. „Resiliente Wertschöpfung“ meint genau das: die Robustheit der Produktions- und Dienstleistungsprozesse bei externen Veränderungen – wie weitreichend, überraschend und schnell diese sein mögen. Das gilt für alle Ebenen der Wertschöpfung: Unternehmen, ganze Wertschöpfungssysteme, Volkswirtschaften und Wirtschaftsräume.

Der Schwerpunkt der Forschung zur „Resilienten Wertschöpfung“ liegt auf den Bereichen, die aufgrund von Verflechtungen oder Abhängigkeiten besonders anfällig für Störungen sind. Dazu zählen unter anderem Lieferketten, Preise, Personal und Rohstoffe. Die Forschung analysiert, welche Voraussetzungen ein Wertschöpfungssystem haben muss, um resilient zu sein. Die Bedarfe sind so vielfältig wie die Produkte und Dienstleistungen auf dem Markt. Ausgehend von Bestandsanalysen werden Lösungen gesucht, wie dasselbe Produkt bzw. dieselbe Leistung mit alternativen Rohstoffen, anderem Personaleinsatz, anderer Arbeitsorganisation, anderen Partnern etc. hergestellt bzw. erbracht werden kann. Untersucht werden auch die vorhandenen Kompetenzen im Personalbestand. Fehlen Kompetenzen, um abrupte Veränderungen abzufedern, sind diese zu entwickeln und in neuen Konzepten der Personal-

entwicklung zu erproben. Die Forschung sucht dabei nach Möglichkeiten, um Kompetenzen wie systemorientiertes Handeln und einen strategischen Umgang mit Veränderungen aufzugreifen und exemplarisch umzusetzen. Maschinen und Anlagen bedürfen integrierter Lösungen, mit denen sich ihre Leistung flexibel anpassen lässt. Die Produktentwicklung sucht nach alternativen Materialien und Bestandteilen, aus denen ein Produkt in gleicher oder ähnlicher Qualität hergestellt werden kann. Nicht zuletzt ist zu betrachten, wie Wertschöpfungsnetzwerke unter unterschiedlichen Bedingungen funktionieren.

Souveräne Wertschöpfung muss resilient sein. Je widerstandsfähiger Wertschöpfungssysteme und -netzwerke gegen externe Veränderungen sind, umso robuster ist die gesamte Volkswirtschaft bzw. ein gesamter Wirtschaftsraum. Arbeitsplätze können erhalten, Versorgungssicherheit gewährleistet werden. Die Digitalisierung ermöglicht die Auflösung von Verflechtungen und Abhängigkeiten und eröffnet damit das Potenzial für mehr Resilienz. Flexible Prozesse dienen in einer Krise dazu, die Versorgung aufrechtzuerhalten. Solche Optimierungen können sogar neue Marktchancen eröffnen.



## Menschen in der Wertschöpfung

Jeder technologische Durchbruch hat nicht nur die Wirtschaft, sondern auch die Gesellschaft als Ganzes geprägt. Und mit jeder industriellen Revolution entstanden neue Formen der Arbeit. Die Umbrüche gingen häufig von wenigen Menschen und ihren Ideen aus, veränderten aber die Arbeit von Millionen von Menschen und das Zusammenleben.



Für die so entstandenen Tätigkeiten brauchten die Menschen neue Fähigkeiten und Kompetenzen. Gleichzeitig führte keine industrielle Revolution dazu, dass die früheren Formen der Arbeit vollständig verdrängt wurden. Landwirtschaft, Handwerk, industrielle und kaufmännische Facharbeit, IT-Arbeit etc. bestehen nebeneinander. Die Anteile an der Gesamtbeschäftigung haben sich allerdings ständig verschoben – und verschieben sich weiterhin.

Auch in der vierten industriellen Revolution zeigt sich dieses Bild. Im Zeitalter von Industrie 4.0 entstehen durch Digitalisierung und künstliche Intelligenz Tätigkeiten, bei denen Menschen und Maschinen zu „Kollegen“ werden, die zusammenarbeiten. Algorithmen

beispielsweise erledigen die Aufgabe, Kundenwünsche aus fast endlosen Datenmengen herauszulesen.

Menschen können viele Aufgaben nicht mit derselben Geschwindigkeit und Genauigkeit erbringen, wie es den Maschinen möglich ist. Mehr als je zuvor sind deshalb Kreativität und Intuition für die Menschen reserviert. Damit geht einher, dass sich echte Kollaboration zwischen Menschen und Maschinen entwickelt. Aus der Zusammenarbeit beider Fähigkeiten – Datenanalyse und Kreativität – entstehen neue Angebote, Geschäftsmodelle und Verfahren.

Wo sich die Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine verändert, wandeln sich zwangsläufig Arbeitsprozesse, Arbeitsorganisation und in der Folge die Berufe. Der Arbeitsforschung und -gestaltung stellen sich dadurch alte Fragen wieder neu – und neue Fragen kommen hinzu.

Führungskräfte in Personal- und Kompetenzentwicklung sind aufgerufen, Konzepte zu entwickeln, damit Menschen arbeits- und beschäftigungsfähig bleiben. Lernen im Prozess der Arbeit ist nicht neu, aber als Teil mobiler Arbeit bisher nur selten erprobt und in dieser Variante kaum erforscht. Dasselbe gilt für Fragen nach dem Interesse der Beschäftigten, die Kontrolle über die Trennung von beruflichen und privaten Lebensbereichen zu behalten.

Es wäre ein Trugschluss anzunehmen, die Menschen seien in diesen Prozessen ausschließlich die Getriebenen. Im Gegenteil: Sie stoßen die Prozesse mit ihren Fähigkeiten an – als Kundinnen und Kunden, als Innovatoren, als Arbeitskräfte. Die Kompetenzen der Menschen sind zugleich Ausgangspunkt und Folge neuer Wertschöpfungssysteme.

In den Unternehmen verbinden sich Kompetenzen und Einstellungen der Individuen mit den Leitsätzen der Organisation zu Führungs- und Unternehmenskulturen. Sie umfassen auch Verhaltensnormen und Wertvorstellungen in Unternehmen. Und nicht zuletzt bereiten sie den Boden für technologische Souveränität, Prävention, Motivation und Partizipation.





## Kompetenzorientierte Wertschöpfung

Wertschöpfung steht und fällt mit den Fähigkeiten der Menschen. Wo Güter hergestellt und Dienstleistungen erbracht werden, ist diese Aussage selbstverständlich. Sie reicht jedoch viel weiter: Nachhaltigkeit beispielsweise braucht nicht nur Beschäftigte, die Produkte umweltverträglich herstellen, sondern auch Menschen, die sie ressourcenschonend einsetzen. Digitalisierung ist nicht auf Produkt-Service-Systeme begrenzt, sondern auch in der Gesellschaft wird eine digitale Kompetenz vorausgesetzt: bei der Arbeit, beim Konsum, in der Kommunikation etc.

Kompetenz bezeichnet die Fähigkeit und Bereitschaft des einzelnen Menschen, Kenntnisse sowie persönliche, soziale und methodische Fähigkeiten zu nutzen und sich durchdacht, individuell und sozial verantwortlich zu verhalten. Kompetenzen sind damit der Schlüssel zur gesellschaftlichen Teilhabe, reflektierten Handlung und vielseitigen Mitarbeit in der Wertschöpfung. Auf gesamtgesellschaftlicher Ebene tragen Kompetenzen zur Lösung von globalen und nationalen Herausforderungen wie der Klimaneutralität, dem Fachkräftemangel und dem demografischen Wandel bei.

Ein wichtiger Teil der (Weiter-)Entwicklung von Kompetenzen findet außerhalb formaler Bildungsstrukturen statt. Das Einmaleins mag in der Schule gelernt werden, verinnerlicht wird es im Alltag, beispielsweise beim Einkaufen, Spielen oder im Haushalt. Berufsabschlüsse werden in Ausbildungen formal erworben. Die dabei erarbeiteten Kompetenzen werden in der beruflichen Laufbahn in ständiger Personal- und Organisationsentwicklung praktiziert und weiterentwickelt. Die Bedingungen hierfür entstehen nicht von selbst. Sie werden in rückgekoppelten Prozessen geschaffen, genutzt und verändert.

Die Digitalisierung beschleunigt Veränderungen in der Wertschöpfung, die sich unmittelbar auf die Tätigkeitsprofile auswirken. Der unternehmerische Erfolg ist damit abhängig von der Bereitschaft aller Akteure, während der gesamten Berufsbiografie immer wieder neue Kompetenzen zu erwerben. Die Unternehmen selbst müssen dafür zu lernenden Organisationen werden, die das lebenslange Lernen im Arbeitsalltag verankern.

Dies betrifft alle Bereiche der „Kompetenzorientierten Wertschöpfung“: Ausbildung, Weiterbildung, Lernen im Arbeitsprozess, präventive und gesundheitsorientierte Gestaltung von Arbeitssystemen, neue Belastungsformen und Belastungssteuerung, Umgang mit digitalen oder KI-unterstützten Arbeitsumgebungen, Flexibilität von Arbeitszeit und Arbeitsort, neue Führungssituationen – die Liste ließe sich fortsetzen. Aus diesen Aspekten entstehen neue Kompetenzarchitekturen und damit (strategische) Potenziale – insbesondere in systemrelevanten Branchen. Deshalb ist es essenziell, die Forschung zur methodischen Kompetenzentwicklung und -vermittlung außerhalb formaler Bildungsstrukturen auszubauen.

Mit dem Handlungsfeld „Kompetenzorientierte Wertschöpfung“ begegnet das BMBF auch den Herausforderungen des demografischen Wandels. Wer im Beruf kontinuierlich sein Kompetenzprofil erweitert, arbeitet nicht nur am beruflichen Fortschritt. Wer bereit ist, sich im Arbeitsalltag immer wieder neuen Anforderungen zu stellen, eröffnet neue Möglichkeiten für die Wertschöpfung am Standort Deutschland.

## Geschäftsmodelle und Nutzenversprechen

Geschäftsmodelle beschreiben Angebote und geben dadurch ein Nutzenversprechen. Sie legen darüber hinaus auch die Funktionsweise und Strategien der Unternehmen fest und beinhalten Aussagen, ob und wie Gewinne erwirtschaftet werden sollen. Innovationen können in alle Aspekte der Geschäftsmodelle hineinwirken: Sie ermöglichen neue Produkte und Dienstleistungen, neue Verfahren der Herstellung und neue Strategien für die Kundenbeziehungen.

Geschäftsmodelle bauen auf Informationen zu Kundenwünschen auf. Idealerweise sind die Kundinnen und Kunden bereits in frühen Phasen der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen einbezogen. Die Wertschöpfung dann zu organisieren und Güterströme, Leistungs- und Kundenbeziehungen etc. zu gestalten, ist schon auf betrieblicher Ebene eine komplexe Aufgabe. Diese wird umso anspruchsvoller, je mehr die Gestaltung ganze Netzwerke der Wertschöpfung umfasst.

Von der Digitalisierung gehen dabei zwei entgegengesetzte Effekte aus: Cloud-Computing, künstliche Intelligenz und Vernetzung schaffen erweiterte Gestaltungsaufgaben. Gleichzeitig liefern sie aber auch die Instrumente, um diese Aufgaben zu erfüllen.

Die Daten in der Cloud bieten fast unerschöpfliche Hinweise auf versteckte Kundenwünsche und enthalten das Wissen über potenzielle Netzwerkpartner. Die intelligenten Algorithmen erlauben es, diese Datenmengen schnell auszuwerten. Der Weg von den Daten zu den Geschäftsmodellen wird dadurch verkürzt. Gleichzeitig fällt es leichter, Wertschöpfung vollständig zu erfassen: von der Beschaffung über Herstellung, Montage, Absatz und Logistik bis hin zur Nutzung und Wiederverwertung.

Forschung und Entwicklung setzen hier an: Etablierte Verfahren wie „Service Engineering“ und „Service Prototyping“ wurden aus den Erfahrungen von Einzelunternehmen entwickelt. Davon ausgehend werden neue Methoden erforscht und konzipiert, um Leistungen und Produkte in Partnerschaften anzubieten. Das Konzept des „Service Systems Engineering“ ist ein erster Schritt dazu.

Künftige Verfahren werden daran gemessen, ob sie auf Netzwerke und Systeme der Wertschöpfung übertragbar sind. Sie stellen Instrumente bereit, um den Nutzen der Anbieter und Kundschaft zu validieren. Sie bringen zudem die Produktions- und die Dienstleistungslogik miteinander in Einklang und führen sie mit Konzepten der Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung zusammen.

Das umfasst auch die Suche danach, wie Erträge erwirtschaftet werden. Die sogenannte Plattformökonomie zeigt: Es entsteht eine neuartige Form von Marktplätzen. Diese sind datengetrieben und durch künstliche Intelligenz gestützt. Ihre Grundlagen sind Algorithmen und virtuelle Modelle.



## Automatisierte Wertschöpfung

Der technologische Fortschritt bei Digitalisierung und künstlicher Intelligenz verändert die Rolle des Menschen in der Wertschöpfung: Ganze Produktionshallen können funktionieren, ohne dass Menschen involviert sind. Fahrzeuge können ohne steuernde Person über Werksgelände und im Straßenverkehr fahren. Roboter begleiten den Alltag und unterstützen Menschen im Haushalt, in der Pflege oder am Arbeitsplatz. Damit einher geht das Versprechen eines hohen Nutzens: Personalengpässe sollen abgedeckt, bestimmte Tätigkeiten von Maschinen übernommen, Menschen entlastet, kreislauffähige Wertschöpfungsstrukturen unterstützt werden etc.

Das Potenzial dieser „Automatisierten Wertschöpfung“ ist groß – in vielen Bereichen der Wertschöpfung. Entsprechend vielfältig sind die Forschungsbedarfe. Technisch sind Funktionen zu untersuchen bzw. zu gestalten, wie intelligente Controlling-Einheiten, intelligente Greifer bzw. Endfunktionalitäten der Roboter, leistungsfähige Motorsysteme, 3-D-bildgebende Systeme, 6-D-auflösende Kraftsensorik, leistungsfähige KI-Systeme und Software. Je nach Kooperationsstrukturen, Geschäftsmodellen und anderen Bedarfen sind entsprechende technische Systeme zu erarbeiten.

Für jedes System ist die Schnittstelle zu den Menschen zu klären: Soll beispielsweise ein Arbeitsplatz von einem Menschen oder einem Roboter genutzt werden? Ist es möglich, dass sie sich in der Tätigkeit abwechseln oder aber zusammenarbeiten? Wie autonom ist das technische System? Trifft es selbst die letzte Entscheidung – bzw. in welchen Fällen? Welche Risiken bestehen für den Menschen oder für das Ergebnis der Wertschöpfung?

Wenn Menschen und Roboter zusammenarbeiten oder Roboter unmittelbar mit Menschen interagieren, stellt dies besondere Anforderungen an die Steuerung. Denn nur hochsensibel programmierte, durch leistungsfähige KI-Systeme gestützte Roboter sind zur direkten Interaktion mit Menschen in der Lage. Dies betrifft neben Produktion und Dienstleistung im Allgemeinen insbesondere die Tätigkeiten, bei denen Roboter Menschen in sozialen Berufen unterstützen. Dazu müssen die robotischen Systeme der Zukunft nicht nur autonom arbeiten, sondern auch emotional sensitiv sein. Hochsensible autonome Systeme sollen künftig außerdem genutzt werden, um bislang verschlossene technische Anwendungsfelder wie (nanoskalige) medizinische Diagnostik und Therapie sowie den Einsatz an lebensfeindlichen oder schwer zugänglichen Orten (zum Beispiel Tiefsee, geogener Untergrund, Weltall) zu ermöglichen.

Automatisierung durchdringt die wirtschaftliche und gesellschaftliche Wertschöpfung. Sie ermöglicht Fertigungs- und Montageprozesse, die bisher mit klassischen Industrierobotern wegen fehlender Feinfühligkeit und komplexem Programmieraufwand nicht möglich oder nicht rentabel waren. Hybride Mensch-Maschine-Systeme haben das Potenzial, auch kleine Losgrößen wirtschaftlich herzustellen. Dabei ist Automatisierung nicht beschränkt auf den Ersatz bestimmter, heute von Menschen durchgeführten Tätigkeiten. Insbesondere in Verbindung mit KI-Systemen eröffnen sich neue Anwendungsfelder, beispielsweise durch die Integration von Mustererkennung in Bildern zur Identifikation von Oberflächendefekten oder in der Krebsfrühdagnostik. Es bleibt die Herausforderung, die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine zum individuellen und gesellschaftlichen Nutzen zu gestalten.

## Ressourcen

Die Energie- und Ressourceneffizienz zu steigern und, wo immer möglich, erneuerbare Energien zu nutzen, leitet sich schon aus den Kostenüberlegungen der Unternehmen ab. Doch auch gesellschaftlich ist das Ziel formuliert, Energie und Ressourcen so nutzenstiftend und sparsam wie möglich einzusetzen. Die gesellschaftliche Zielsetzung geht weit über reine Kostenargumente hinaus.

Deutschland hat sich im Rahmen seiner Nachhaltigkeitsstrategie zur Energie- und Ressourceneffizienz verpflichtet. Das „Klimaschutzprogramm 2030“, der „Green Deal“ der Europäischen Kommission und die Agenda 2030 der Vereinten Nationen sind die wichtigsten Orientierungspunkte. Mit dem heutigen Stand der Technik lassen sich diese Ziele allerdings nicht realisieren. Technische und soziale Innovationen werden daher integrativ erforscht und gemeinsam entwickelt, um maximale Nachhaltigkeit in Form von grünen Innovationen zu entfalten.

Externe Faktoren wie der Ressourcenverbrauch und der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Produktion und Dienstleistungen treten weiter in den Vordergrund. Das gilt sowohl im Kontext staatlicher und internationaler gesetzlicher Rahmenbedingungen als auch vor dem Hintergrund gewandelter gesellschaftlicher Anforderungen an nachhaltige Geschäftsmodelle.

Zu berücksichtigen sind auf betrieblicher Ebene beispielsweise:

- die Entwicklung von Technologien,
- die Konzentration auf Ressourceneffizienz schon bei der Produktentwicklung,
- die Organisation betrieblicher Prozesse und
- die Entwicklung von Dienstleistungsangeboten, die einer Transformation zu mehr Nachhaltigkeit in der Wertschöpfung dienen.

Unterschiedliche Forschungsfelder sind zu integrieren, um Zusammenhänge zwischen Strukturen der Wertschöpfung und nachhaltigem Einsatz von Ressourcen zu erfassen und zu gestalten. Auch in diesem Zusammenhang sind es Ansätze der Digitalisierung, die die bewährten Verfahren und Konzepte der Forschung und Entwicklung ergänzen.

In der Wertschöpfung wächst mit dem Anteil virtueller Verfahren die Bedeutung der Daten. Sie sind das Pendant zu Material, Energie und Arbeit in der realen Welt. Die Digitalisierung erschließt mit den Daten eine neue Ressource. Die Besonderheit hierbei ist: Daten sind nahezu kosten- und verlustfrei reproduzierbar. Deshalb besitzen sie bisher nicht gekannte ökonomische Eigenschaften.

Sie erhalten ihren Wert, weil sie Auskunft geben. Die Betriebsdaten einer Maschine zeigen nicht nur die Zeit an, in der die Maschine gelaufen ist. Richtig analysiert geben sie Hinweise auf die Auslastung, Fehleranfälligkeit und das Zusammenspiel mit anderen Maschinen etc. Ableiten lassen sich beispielsweise auch Aussagen über das Personal, das die Maschinen bedient und wartet, über die Resilienz der Lieferketten oder die Kundenbindung. Das digitale Abbild der Maschine enthält alle Informationen zur Zusammensetzung der Materialien, zum Zustand von Bauteilen, zum Ressourcenverbrauch, zum Kontext der Nutzung etc.

Die Methoden, wie Daten gewonnen und verarbeitet werden, bestimmen die Qualität der Daten mit. Das bringt neue Chancen mit sich, beispielsweise indem sich Prozesse der Wertschöpfung besser steuern und Daten kommerzialisieren lassen. Gleichzeitig entstehen neue Herausforderungen, beispielsweise geistiges Eigentum zu schützen und Geschäftsgeheimnisse zu wahren.



## Biointelligente Wertschöpfung

„Biointelligente Wertschöpfung“ beschreibt einen interdisziplinären Innovationspfad. Technische und informationelle Produktionssysteme werden mit biologischen Prinzipien kombiniert. Dies geht weit über ein „Lernen von der Natur“ hinaus. Wo Industrie 4.0 die Integration von digitalen Prozessen in die Fertigung gestaltet, fügt die „Biointelligente Wertschöpfung“ diesen Verfahren den Einsatz von biologischen Aspekten hinzu. Biologische Prinzipien oder Prozesse können beispielsweise zur Steuerung von Maschinen und Produktionsprozessen genutzt werden.

Die Biologisierung verändert die Produktion grundlegend. Entsprechend bedeutsam ist es zu untersuchen, ob und wie Unternehmen ihre Produkte und Prozesse biointelligent gestalten können. Die Forschungsfragen dazu betreffen nahezu alle Bereiche der Wertschöpfung. Wie kommunizieren digital gesteuerte Maschinen mit Maschinen, die durch biologische Prozesse gesteuert werden? Welche Möglichkeiten bieten sich für den Eingriff in den Produktionsprozess über ganze Wertschöpfungsnetze hinweg, wenn die Steuerungsprinzipien in diesen Netzen wechseln? Welche Anforderungen an Kompetenzen und Organisationsstrukturen stellt die „Biointelligente Wertschöpfung“? Und wie trägt sie zu Zielen wie Nachhaltigkeit, Ressourcensouveränität und Klimaschutz bei?

Die Biologisierung befähigt Unternehmen zur integrativen Konzeption von Produkt und Produktionssystem. Die Voraussetzungen hierfür sind zu untersuchen, die Folgen zu erfassen. Schließlich sind die Bedingungen zu schaffen, damit die „Biointelligente Wertschöpfung“ erreicht werden kann. Es wird erwartet, dass Produktion hierdurch vermehrt dezentral am Ort des Bedarfs stattfinden und Überschussproduktion vermieden werden kann. Ob dies so ist – bzw. unter welchen Bedingungen dies eintritt –, muss noch gezeigt werden. Noch ist die Idee einer dezentralen, hoch integrierten Verbundstruktur ein Versprechen der Wissenschaft. Und gerade deshalb ist sie einen Blick aus der Sicht von Forschung, Entwicklung und Erprobung wert.

Die Verzahnung biologischer und technischer Systeme mit der Informationstechnik besitzt großes Innovationspotenzial. Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit erwartet die Wissenschaft ressourcenschonende Verfahren und Möglichkeiten, nachwachsende Rohstoffe zu entwickeln. Weitere Vorteile könnten durch leistungsfähigere Materialien, optimierte Produktionsprozesse und effizientere Mechanismen zur Vernetzung entstehen. Wenn es gelingt, solche biointelligenten Systeme in der Produktion zu nutzen, kann dies für die Industrie bedeutende Wettbewerbsvorteile bringen.

## Soziotechnische und methodische Innovationen

Neue Technologien können die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen eröffnen, erhalten und erweitern. Sie können die Position im Wettbewerb aber auch bedrohen. Forschung für Schlüsseltechnologien ist deshalb notwendig, um Wohlstand zu erhalten und auszubauen. Forschung für die Wertschöpfung der Zukunft hat deshalb immer das Ziel, Technologien weiterzuentwickeln, um Maschinen, Fertigungstechnik, Montage, Demontage, Produkte, Dienstleistungen etc. zu verbessern. Anwendungsnahe Forschung erstellt und erprobt hierzu in der Regel Prototypen.

Die Suche nach ersten Anwendungen und guten Beispielen ist in den letzten Jahren dringlicher geworden. Denn die Erwartungen derer, die die Produkte nutzen, ändern sich immer schneller. Entwicklungszyklen wurden und werden in der Folge kürzer.

Um schneller und agiler zu reagieren, arbeiten Unternehmen in der Produktion mit flexiblen und häufig modularen Systemen. Es zeichnet sich ab, dass autonom lernende Systeme sich schon bald selbst steuern, organisieren und programmieren werden. Künstliche Intelligenz wird in die Prozesse und Methoden der Unternehmen einziehen und maschinelles Lernen nutzen.



Auch hierfür wurde das Fundament mit der Digitalisierung gelegt: Sie verwendet virtuelle Beschreibungen komplexer Prozesse und ermöglicht es, Abläufe zu simulieren, zu analysieren und mit geringerem Aufwand zu optimieren. Die realen Prozesse werden dann an die digital entwickelten Vorgaben angepasst. Der Unterschied in der Geschwindigkeit zwischen realen und virtuellen Verfahren ist extrem. In Millisekunden lassen sich Änderungen virtuell testen, deren reale Umsetzung dann Wochen oder Monate braucht.

Zudem wird dabei die Organisation der Mensch-Maschine-Beziehungen weitgehend im virtuellen Raum entworfen und strukturiert. Im Idealfall werden Daten aus verschiedenen Kontexten erfasst und für unterschiedliche Zwecke untersucht. Bestehende Konzepte und Methoden der Personal-, Organisations- und Kompetenzentwicklung sind häufig nicht mehr in der Lage, die Veränderungen abzubilden. Noch weniger sind sie geeignet, die Prozesse zu steuern.

Durch anwendungsnahe Forschung zu neuen Konzepten zu gelangen, ist der erste Schritt. Die Konzepte in möglichst vielen Bereichen anzuwenden, stellt eine eigenständige Aufgabe dar. Wie schnell diese Herausforderung gemeistert werden kann, hängt entscheidend von der Struktur der Wirtschaft ab. In Deutschland ist der Anteil der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) an der Gesamtheit der Unternehmen relativ hoch. Hieraus resultiert eine Vielfalt anwendungsnaher Lösungen, Konzepte, Angebote, Unternehmenskulturen etc.

Jedes KMU erschafft eine „Domäne spezifischen Wissens“, viele davon hoch spezialisiert. Nicht selten gehen in solch spezifischen Anwendungsbereichen übergreifende Aspekte verloren, weil der Fokus auf der eigenen Domäne bleibt. In diesem Umfeld diffundieren Innovationen häufig langsam. Für das Gesamtsystem folgt daraus oft: Technische Standards wie gemeinsame Protokolle zur Maschinensteuerung und soziale Innovationen wie kooperative Arbeitsmodelle lassen sich relativ schwer umsetzen.



Doch genau solche übergreifenden Ansätze werden in nahezu allen Unternehmen und Organisationen benötigt, um die Digitalisierung im gesamten Mittelstand und in den KMU zu nutzen. Die Forschung zur Gestaltung der digitalen Transformation in Deutschland leistet hier ihren Beitrag.



## Datenorientierte Wertschöpfung

Unternehmen nutzen digitale Technologien, um Daten zu ermitteln, zusammenzuführen und auszuwerten. Viele dieser Prozesse werden von intelligenten Algorithmen übernommen. Diese Apps und KI-Systeme erschaffen neue Konzepte der Wertschöpfung und sind selbst eine neue Art, Wertschöpfung zu gestalten. Dabei werden sie zu Produkten der Datenökonomie. Sie eröffnen neuartige wirtschaftliche Chancen, bedrohen jedoch etablierte Branchen, Produkte und Verfahren. Wie sich diese Entwicklung auswirkt, ist nicht sicher. Gerade deshalb ist Forschung und Entwicklung über Möglichkeiten, Grenzen, Trends und Schwerpunkte der „Datenorientierten Wertschöpfung“ wichtig.

Digitalisierung macht große Datenmengen über alle Bereiche der Wirtschaft zugänglich. Das Handlungsfeld „Datenorientierte Wertschöpfung“ beschreibt die Wertschöpfung im digitalen Raum, die beispielsweise über und zwischen Plattformen stattfindet. Sie baut auf digitalen Zwillingen, Industrie-4.0-Technologien, künstlicher Intelligenz und anderen Digitaltechnologien auf. Die Erschließung und Verknüpfung neuer Datenquellen können zusätzlich domänenübergreifende Leistungen schaffen.

Das Ziel von Forschung und Entwicklung ist es zu erproben, wie Unternehmen und Einrichtungen datenorientierte Lösungen auf ihre eigenen zukünftigen Bedarfe zuschneiden. Sie entwickeln Datenstrategien für die Bereiche, in denen Daten genutzt werden sollen. Darauf aufbauend sind Konzepte zu

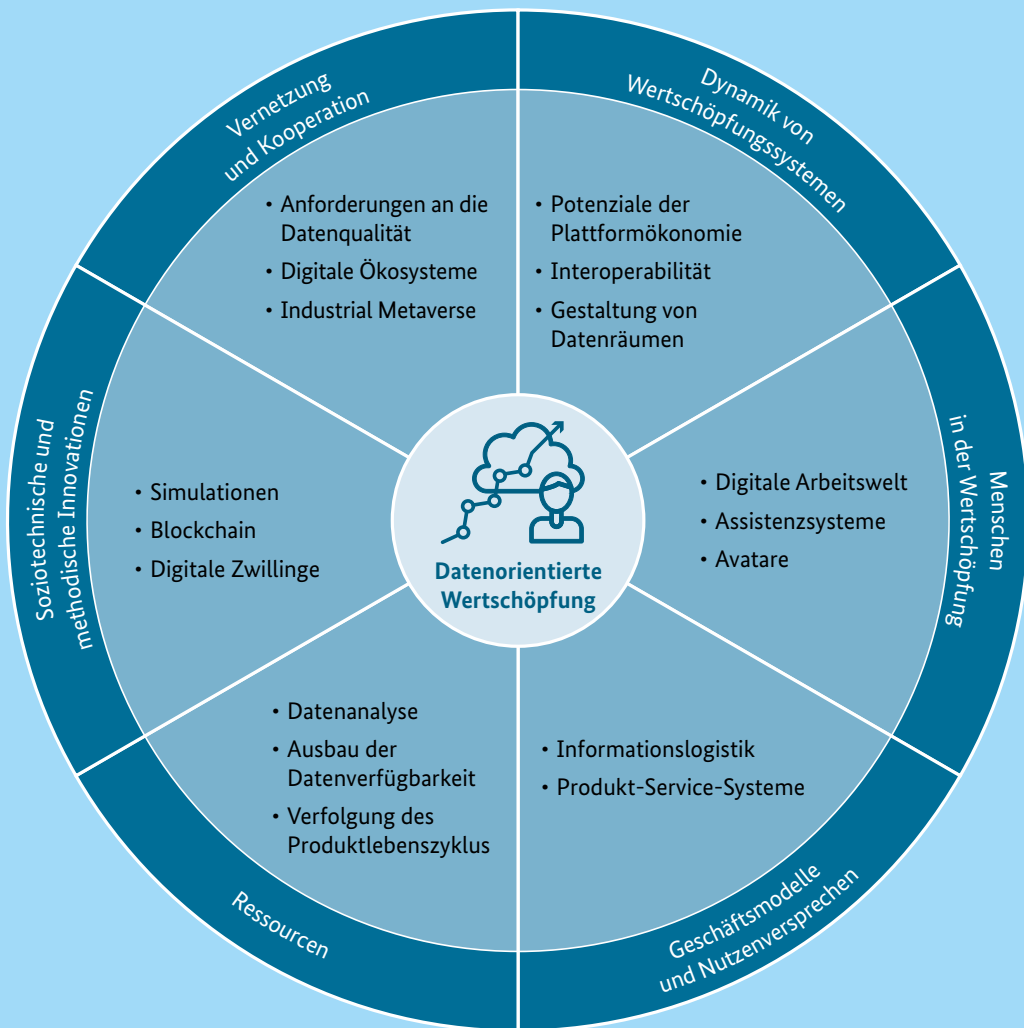
entwickeln, wie sie Daten zum unternehmerischen oder gesellschaftlichen Nutzen auswerten, zum Beispiel um Zeit, Kosten und Ressourcen einzusparen und neue Potenziale zu ermitteln.

Für neue Geschäftsmodelle muss ausgelotet werden, was den Nutzen im digitalen Raum ausmacht. Für die Menschen in der Wertschöpfung werden Methoden zum Aufbau solcher Kompetenzen benötigt. Selbstbestimmtes Mitwirken an datenbasierten Interaktionen muss erlernt werden. Erkenntnisse dazu sind in Personal-, Organisations- und Kompetenzentwicklung abzubilden.

Schließlich benötigen Unternehmen Lösungen für die Sicherheit ihrer Daten und Konzepte für eine vertrauensvolle, virtuelle Zusammenarbeit, gerade wenn sie häufig in unternehmensübergreifenden Plattformen tätig sind.

Die Zukunft der „Datenorientierten Wertschöpfung“ ist geprägt von einer Unternehmenskultur, in der Daten als strategische Ressource anerkannt werden, um geschäftlichen Erfolg und Innovation voranzutreiben. Die Zusammenarbeit von Unternehmen wird neu verhandelt werden, indem viele unterschiedliche Partner in digitalen Ökosystemen kooperieren. Die „Datenorientierte Wertschöpfung“ unterstützt die grüne Transformation, da sie mehr Energieeffizienz, die Nutzung erneuerbarer Energien, nachhaltige Mobilität und Kreislauffähigkeit ermöglicht.





## Vernetzung und Kooperation

Der Begriff „Industrie 4.0“ beschreibt, dass sich produzierende Unternehmen, Beschäftigte und Kundschaft mithilfe von intelligenten Komponenten, Maschinen und Produkten in Echtzeit digital verbinden. Deutschland hat das Feld der Lösungen für Industrie 4.0 in den letzten Jahren dominiert und geprägt, sowohl auf Anbieter- als auch auf Anwenderseite. Mittlerweile betrifft das Feld alle Branchen, nicht nur die Industrie. Handwerk, Landwirtschaft, Handel und Dienstleistungen – sie alle beanspruchen für sich,

den Status „4.0“ erreicht zu haben, und sehen sich auf dem Weg zu dessen Weiterentwicklung. Allerdings ist das Tempo ungleich, mit dem Dienstleistung, Handel, Produktion, Handwerk und Landwirtschaft den Weg in eine digitalisierte Wertschöpfung gehen. Diese Diskrepanz kann die Wertschöpfung insgesamt schwächen.



Wieder ist die digitale Vernetzung Ursache für die Herausforderungen und zugleich notwendig, um diese zu lösen. Sie findet auf vier Ebenen statt:

- bei Menschen im beruflichen und privaten Alltag,
- bei Maschinen und intelligenten Komponenten,
- bei vernetzten Produkten sowie
- bei Unternehmen und Organisationen.

Dieses Zusammenspiel wird auf allen Ebenen neu definiert. Die mittelständisch geprägten deutschen Unternehmen streben an, dass Digitalisierung rasch und flächendeckend gelingt und vernetzte Wertschöpfung zusammenhängend gestaltet wird. Die Partner im Netzwerk sind selten auf dem gleichen Stand der Digitalisierung. Häufig schätzen sie die Bedeutung der digitalen Vernetzung unterschiedlich ein.

Einigkeit besteht allerdings in einem Punkt: Digitalisierung braucht schnelle und sichere Infrastrukturen, die offen gegenüber Technologien sind, um den Austausch von Daten und deren Verfügbarkeit zu gewährleisten. Sie bilden gleichzeitig die Voraussetzung dafür, Datensouveränität und pluralistisches Handeln im Markt in Deutschland und Europa zu garantieren. Zukünftige Formen der Zusammenarbeit knüpfen an diese Strukturen an.

In einem solchen Netzwerk entstehen komplexe und symbiotische Formen der Kooperation und Kollaboration. Unterschiedliche Technologien, Methoden und Kulturen treffen hier zusammen. Vertrauen, Loyalität und Fürsorge beziehen sich nicht mehr auf ein Unternehmen, sondern reichen darüber hinaus. Diese Schlüsselkonzepte der Organisations- und Führungslehre liegen immer mehr im Netzwerk.

Vernetzte und interaktive Prozesse der Wertschöpfung sind für alle Beteiligten so übersichtlich wie möglich zu gestalten. Eine hohe Dynamik für Innovationen entsteht an den Schnittstellen. In der Regel lassen sich hier Prototypen für erfolgreiche Vernetzung ableiten, auch hinsichtlich der spezifischen Anforderungen bei KMU und Mittelstand.

Für den Datenfluss gilt dasselbe: Viele Prozesse der Innovation verlangen nach geregelter und möglichst uneingeschränktem Zugang zu Daten. Das gilt sowohl für das Erkenntnisinteresse der Wissenschaft als auch für die Interessen der Unternehmen. Kenntnisse zu teilen ist nicht länger nur eine Gefahr, es wird immer häufiger zu einer Notwendigkeit, wo die Partner Wissen aus verschiedenen Domänen in Innovationen und Marktleistungen zusammenbringen.

Für die Forschung heißt das: Gesucht werden Methoden, um transdisziplinäre Zusammenarbeit zu gestalten. Dies betrifft Mensch-Mensch-Systeme ebenso wie Maschinen-Maschinen-Systeme und Mensch-Maschinen-Systeme. Die Methoden beziehen sich auf betriebliche Organisation und überbetriebliche Vernetzung und schließen auch Formen sozialer Innovationen mit ein.



## Kreislauffähige Wertschöpfung

Wertschöpfung der Zukunft nutzt alle Ressourcen optimal – ein hoher Anspruch, der wahrscheinlich niemals vollständig erreicht wird, dem man aber mit modernen Technologien und Konzepten nahekommen kann. Ein Beispiel auf dem Weg zur verwendungsoptimierten Wertschöpfung ist die Idee, Rohstoffe zurückzugewinnen und erneut in die Produktion zu bringen; der alte Begriff hierfür war „Recycling“. Später wurde aus diesem Konzept die Kreislaufwirtschaft abgeleitet: Rohstoffe werden gewonnen, im Produkt verwendet, nach der Nutzung aufbereitet und erneut eingesetzt. Glasflaschen, Kunststoffhüllen, Aluminiumdosen etc. – die Idee: Aus Alt mach Neu.

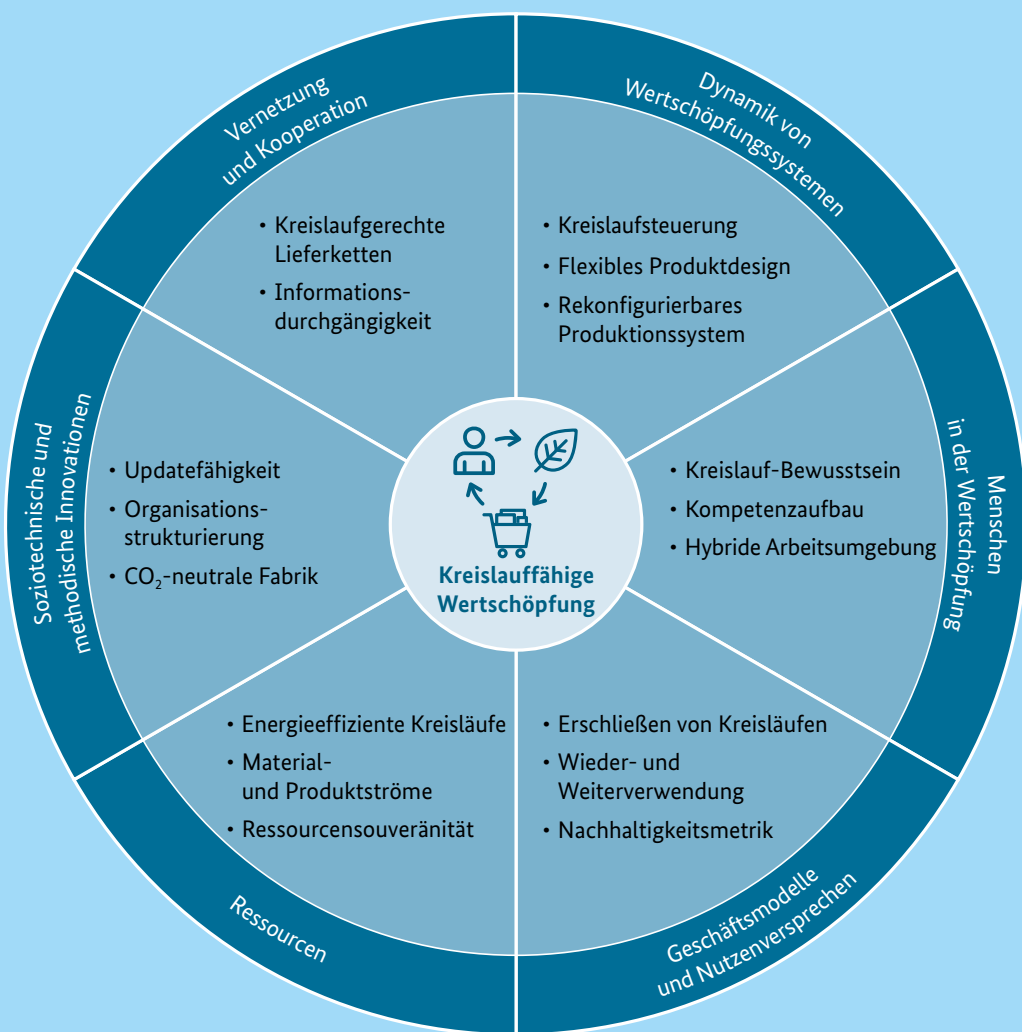
Heute setzen die Prozesse früher an und reichen über einzelne Rohstoffzyklen hinaus. Denn die Idee der Wiederverwertung schließt ganze Bauteile, Komponenten, ja Maschinen und Werkshallen ein. Bereits deren Planung steht im Zeichen der Wiederverwertung. Dank digitaler Technologien können Daten zu wiederverwertbaren Elementen über den gesamten Prozess der Wertschöpfung hinweg erfasst, geteilt und genutzt werden. Mit der Kreislauffähigkeit der Wertschöpfung beginnt diese Entwicklung hin zur verwendungsoptimierten Wertschöpfung: Sie ist ein wichtiger Start, nicht das Ziel. Die Forschung und Entwicklung ebnet den Weg dorthin.

Wenn aus einer linearen eine zirkuläre Wertschöpfung entsteht, erfasst dies alle wirtschaftlichen Bereiche. Die Technologien für Produktion, Montage, Demontage und Recycling sind zu überdenken. Dasselbe gilt für die Dienstleistungen, insbesondere

zum Sammeln, Sortieren, Handeln und Verteilen. Auf Basis ökonomischer und ökologischer Betrachtungen entstehen Wieder- bzw. Weiterverwendungskonzepte. Dazu sind alle Teilprozesse so zu gestalten, dass sie ineinandergreifen können. Im Idealfall sind einzelne Elemente branchenübergreifend nutzbar.

Auf der Basis von Industrie-4.0-Technologien ist ein durchgängiger Datenfluss im gesamten Wertschöpfungssystem zu etablieren. Dies ist Grundlage für Lösungen wie rekonfigurierbare Produktionssysteme. Die Herausforderung, Stoff-, Material- und Produktströme verwendungsoptimiert zu steuern und dabei wirtschaftlich tragfähige Geschäftsmodelle aufzubauen, bedarf vielfältiger Innovationen. Betroffen sind viele Bereiche, beispielsweise der Bereich der technischen Forschung, der Organisationsforschung, der Forschung zur Kompetenzbildung, der Entwicklung von Simulationsmodellen. Nicht zuletzt besteht eine große Herausforderung im Transfer erfolgreicher Modelle in andere Wertschöpfungssysteme.

„Kreislauffähige Wertschöpfung“ ist ein Kernelement für eine nachhaltige Wirtschaftsweise. Sie schafft Flexibilität für eine dynamische Steuerung von Material-, Komponenten- und Produktströmen. Verbunden mit den Möglichkeiten der Digitalisierung bietet sie Potenzial für innovative Lösungen und einen effektiven Klima- und Ressourcenschutz. Gleichzeitig eröffnet sie Chancen für internationale Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität.





# Umsetzung der Forschung zur Wertschöpfung

Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ fördert Forschungsvorhaben in einem breiten Themenspektrum. Im Vergleich zu früheren Förderperioden sind drei Aspekte zu bedenken:

- Die Partnerstrukturen der Projekte werden komplexer. Gefördert werden neben Unternehmen und Forschungseinrichtungen auch Akteure der Zivilgesellschaft, da ihr Beitrag zur Wertschöpfung sich in der Vergangenheit deutlich erhöht hat. Um dieser Tatsache gerecht zu werden, nutzt das Programm verschiedene Förderinstrumente und bietet so variable Möglichkeiten zur Partizipation an der Forschung.
- Die Wertschöpfung geht über nationale Grenzen hinaus. Förderprojekte passen sich diesem Umstand an. Auch in nationalen Projekten kooperieren die Verbände mehr als früher mit internationalen Partnern.
- Das Programm ist Teil der Förderpolitik der Bundesregierung und der Förderung anderer Akteure. Es ist mit einer großen Zahl von Initiativen, Strategien und Programmen vernetzt.

## Instrumente

Die Instrumente, die im Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ eingesetzt werden, umfassen den gesamten Prozess von der Suche nach thematischen Schwerpunkten über die prototypische Entwicklung von Lösungen bis hin zum Transfer dieser Ergebnisse an möglichst viele Akteure im Wertschöpfungsprozess.

Die meisten Innovationen entstehen schrittweise aus technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen. Die Mehrzahl der Instrumente wurde entwickelt, um die Förderbedarfe in den verschiedenen Phasen der Innovation – von den ersten Innovationskeimen bis zum Transfer – optimal zu unterstützen. Ergänzt werden diese Instrumente durch ein Projekt zur Vorausschau.

Neben der Wirkung einzelner Instrumente ist es wichtig, die Kombination zu finden, die für ein Handlungsfeld und das Programm insgesamt die besten Ergebnisse verspricht.

### Vorausschau stärken

Kein Akteur in der Wertschöpfung kann die Themen heute schon benennen, die in den kommenden Jahren für die Forschung zur Wertschöpfung der Zukunft prioritär sein werden. Das gilt für Unternehmen wie für Sozialpartner, für Forschungseinrichtungen und Transferplattformen genauso wie für öffentliche Stellen und das Programm selbst.

Deshalb ist es wichtig, systematisch nach Handlungsfeldern und -bedarfen zu suchen. Hierzu dient ein wissenschaftliches Projekt, das mit dem Programmstart begonnen hat. Es erprobt Methoden zur systematischen Vorausschau, mit denen frühe Signale für Veränderungen in der Wertschöpfung identifiziert werden sollen. Diese können Hinweise auf neue Handlungsbedarfe geben. Davon ausgehend initiiert das Projekt die wissenschaftliche und gesellschaftliche Diskussion zu Zukunftsfragen der Wertschöpfung.

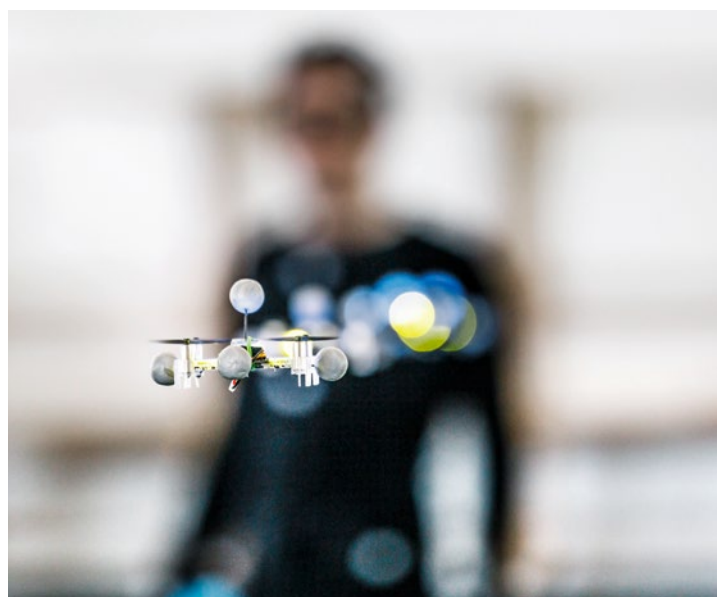
Die Arbeit des Projekts ist nicht auf das Programm beschränkt. Vielmehr stehen die Erkenntnisse aus dem Projekt öffentlich zur Verfügung. Aus den Methoden und Inhalten erhalten insbesondere wissenschaftliche

Einrichtungen und forschende Unternehmen Hinweise für ihre eigenen Strategien und Entscheidungen. Diese sollen ihnen helfen, schneller zu reagieren und Auswirkungen besser zu verstehen. Für das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ bietet das Projekt einen Anknüpfungspunkt, um Handlungsfelder frühzeitig zu erkennen.

### Innovationskeime entdecken

Frühe Phasen der Innovation fördert das BMBF, um Potenziale neuer Technologien und Konzepte für die Wertschöpfung zu bewerten. Ziel ist es, Grundlagen für industrielle Anwendungen zu erschließen und frühzeitig zu prüfen, in welchen betrieblichen Umgebungen sie durchführbar sind. In kurzen Projektlaufzeiten wird festgestellt, ob eine Idee in weiterführende Ansätze der Produktions-, Dienstleistungs- und Arbeitsforschung münden kann. Wissenschaftliche Projekte zu Querschnittsfragen flankieren diesen Ansatz.

In den Vorhaben arbeiten vorwiegend Verbände aus der Wissenschaft. Projektideen werden nach Veröffentlichung einer Förderrichtlinie themenoffen eingereicht. Die Projekte eignen sich zudem zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses.





## Innovationen im Mittelstand fördern

Die deutsche Wirtschaftskraft baut in großem Maße auf der Innovationsstärke des Mittelstands auf. Dessen Unternehmen integrieren neue Technologien und Modelle in ihre Wertschöpfungsprozesse und tragen so zu deren Verbreitung bei. Deshalb sind ihre Produkt-, Dienstleistungs- und Prozessinnovationen so wichtig für die deutsche Wirtschaft. Darüber hinaus bieten sie Beschäftigung über alle Qualifikationsniveaus und beteiligen sich an der Ausbildung von Fachkräften.

Mittlerweile schätzen auch andere Länder das Potenzial ihres Mittelstands hoch ein. Ihre mittelständischen Unternehmen entwickeln sich zu Weltmarktführern in Schlüsselindustrien weiter. Dadurch steigt der Wettbewerbsdruck für die deutschen Unternehmen. Wo sie in Forschung und Entwicklung investieren, legen die mittelständischen Unternehmen die Grundlage für den zukünftigen Erfolg der deutschen Wirtschaft.

Der Mittelstand umfasst Unternehmen unterschiedlichster Branchen, Größen, Eigentumsverhältnisse und Innovationsintensität. Entsprechend vielfältig sind die Bedarfe und Interessen. Hat sich eine Innovation in einem Unternehmen bewährt, ist weitere Entwicklungsarbeit für den Transfer in andere Unternehmen nötig. Innovationen für die betriebliche Wertschöpfung umfassen unterschiedliche Bereiche: Verbesserungen auf Produktebene, neue Geschäftsmodelle, sparsamer Einsatz von Material und Rohstoffen, eine effiziente Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung. All dies ist notwendig, um im Wettbewerb weiterhin erfolgreich zu sein.

Nicht weniger wichtig ist die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen. Über digitale Vernetzung wie Industrie-4.0-Technologien werden Daten und Wissen ausgetauscht. In diesen Wertschöpfungsnetzwerken liegt großes Potenzial für Innovationen, zum Beispiel für die Entwicklung von Kreisläufen oder für die Resilienz von Wertschöpfung. Der Austausch mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen kann weitere Impulse für Innovationen in Unternehmen und Wertschöpfungsnetzwerken setzen.

Unternehmen kennen die eigenen Abläufe, den Markt, ihre Wettbewerber und damit auch das Potenzial möglicher Innovationsaktivitäten am besten. Das Programm setzt bei den besonderen Interessen des Mittelstands an. Um die Bedingungen kleiner und mittlerer Unternehmen zu berücksichtigen, fördert das Programm Forschung und Entwicklung im Mittelstand zusätzlich in einer eigenen Förderrichtlinie „KMU-innovativ: Zukunft der Wertschöpfung“. Diese ermöglicht eine Einreichung von Projektideen mit kurzer Laufzeit zu regelmäßigen Stichtagen. Die Förderung ist themenoffen für alle Bereiche und Formen der betrieblichen Wertschöpfung im Mittelstand angelegt. Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken. Dabei werden die Unternehmen selbst zum Impulsgeber für die Forschungsthemen. Sie entscheiden anhand der betrieblichen Notwendigkeiten, zu welchen Fragestellungen und mit welchen Partnern sie forschen und entwickeln. Dadurch wird ein unmittelbarer Nutzen für die Unternehmen sichergestellt.



## Prototypisch entwickeln

Prototypische Beispiele zu entwickeln, gehört zu den Hauptaufgaben der Forschung im Programm „Zukunft der Wertschöpfung“. Die Projektförderung des BMBF unterstützt hierzu vorwettbewerbliche Projekte. Die thematischen Schwerpunkte dieser Förderung werden in gesonderten Richtlinien veröffentlicht.

Üblicherweise wird ein zweistufiges Verfahren genutzt, bei dem zunächst Ideenskizzen eingereicht werden. Aus den eingereichten Skizzen werden diejenigen Projekte ausgewählt, die zur Antragstellung aufgefordert werden. Ergebnisse der Projekte dienen als Referenzmodelle und sind die guten Fallbeispiele, die sich für den Transfer eignen.

Projekte zu dieser Phase der Innovation besitzen in der Regel eine Laufzeit von drei Jahren. In den Projekten sind Zwischenevaluationen durchzuführen, um die Strukturen und Zwischenergebnisse der Projekte zu überprüfen. Die Projektpläne und die Zusammensetzung des Verbundes werden daraufhin gegebenenfalls angepasst.

## Innovationen verbreiten

Häufig reichen Prototypen als Grundlage für den Transfer nicht aus, weil die große Zahl und die Vielfalt der Marktakteure erschweren, dass neue Ideen diffun-

dieren. In Deutschland stellen KMU über 70 Prozent der Arbeitsplätze. Jedes KMU besitzt Alleinstellungsmerkmale und „Domänenwissen“ über seine spezifischen Märkte.

Daher wird ein Förderangebot spezifisch auf KMU zugeschnitten. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ: Zukunft der Wertschöpfung“ stellt kurze Fristen bis zur Förderentscheidung in Aussicht. Projekte mit kurzer Laufzeit werden zu Stichtagen eingereicht. Unterstützt werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für alle Bereiche und Formen der betrieblichen Wertschöpfung.

## „Orte der Innovation“ etablieren

Die besten Köpfe aus Wissenschaft und Wirtschaft erreichen die besten Ergebnisse häufig dann, wenn sie gemeinsam arbeiten. Ansätze wie offene Innovation und Ko-Kreation führen – auch über kurzfristige Projekte – neue Ideen und Partnerschaften in einer bestehenden Entwicklungsumgebung zusammen.

Für das Treffen dieser Köpfe braucht es Orte der Zusammenarbeit. Diese bieten Forschungsvorhaben Zugang zu wissenschaftlichen Methoden und Technologien. Gepaart mit Angeboten zur Information und Vernetzung in weiteren Partnerschaften ermöglichen Innovationsorte den Transfer in die wirtschaftliche Anwendung. Die „Orte der Innovation“ sind offen für



Wissenschaft und Wirtschaft. Sie bilden die Brücke von der industriellen Grundlagenforschung zur Anwendung. Hierzu entwickeln sie beispielsweise experimentelle Demonstratoren und sorgen durch diese Form des Transfers für die Diffusion von Forschungsergebnissen.

Die „Orte der Innovation“ greifen Erfahrungen auf, wie sie beispielsweise in Innovationslaboren in den vergangenen Jahren gesammelt wurden. Nach der Förderung tragen sich die Standorte durch ein eigenes Geschäftsmodell selbst.

## Transformation unterstützen

---

Es werden Projekte gefördert, die systemische Innovationen unterstützen. Die Förderung richtet sich an Netzwerke, Cluster und Kooperationen, die über einzelne Sektoren hinausgehen. Wirtschaft, Wissenschaft und weitere Bereiche werden frühzeitig verbunden.

Die Strukturen und Teilprojekte sind flexibel angelegt. Sie werden in Evaluationen überprüft und bei Bedarf während der Projektlaufzeit angepasst. Langfristige Allianzen integrieren die sechs Perspektiven auf die Wertschöpfung in einem Handlungsfeld.

Die Projekte knüpfen eine frühzeitige Verbindung zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und weiteren Interessenverbänden, damit alle Akteure gemeinsam die Wertschöpfung mitgestalten. Sie sind gut geeignet für Organisationen, die zuvor nicht an Förderprojekten beteiligt waren. Die Förderung erfolgt auf der Basis gesonderter Förderrichtlinien. Darin werden auch Regelungen veröffentlicht, nach denen ggf. eine Fortführung der Förderung nach Evaluationen möglich ist.

## Transfer gestalten, Partner vernetzen, Ergebnisse kommunizieren

---

Transfer bedeutet: Ergebnisse zusammenführen, gute Beispiele und Prototypen verbreiten und positive Impulse streuen. Hierzu stehen grundsätzlich zwei Wege offen, die auch kombiniert werden können. Die Projektergebnisse werden zum einen in einen gesellschaftlichen Diskurs gestellt. Zum anderen werden beispielsweise Prototypen in die betriebliche Praxis

überführt. In beiden Fällen werden nach Abschluss der Vorhaben Forschungsergebnisse öffentlich frei zugänglich gemacht.

In den Projekten werden bereits Maßnahmen für den Transfer vorgesehen. So ist ein Plan für die Verwertung der Ergebnisse vorzulegen und die Kooperation mit Multiplikatoren zu organisieren. Daneben haben sich Instrumente wie Tagungen, Veröffentlichungen, Auftritte in sozialen Medien bewährt.

Wichtige Transferpartner sind insbesondere Gewerkschaften, Arbeitgeberverbände, Industrieverbände und Kammern. Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ arbeitet unter anderem mit dem Transfernetzwerk der Plattform Industrie 4.0, der Plattform Lernende Systeme und der Initiative Neue Qualität der Arbeit zusammen und nutzt die ganze Breite verfügbarer Transferinstrumente.

Für den Transfer in die wissenschaftliche Arbeit bestehen spezielle Instrumente: Integration in die akademische Lehre und Dissertationen sind zwei prominente Beispiele. Jede thematische Bekanntmachung fördert zudem ein wissenschaftliches Projekt, das übergeordnete Aspekte im Handlungsfeld untersucht.

In manchen Fällen verursacht der Transfer hohe Kosten oder Ausgaben, die von den Verbundpartnern nicht getragen werden können. In gesonderten Anwendungsprojekten ist es möglich, den Transfer zu unterstützen. Die Projekte verfügen über eine Verbundstruktur, die im Zusammenwirken von Forschung und Unternehmen Entwicklungsaufgaben bis hin zu Pilotanwendungen ermöglicht.

Das Programm selbst nutzt die sozialen Medien und eröffnet neue Kanäle für den Wissenstransfer. Ein YouTube-Kanal ermöglicht die Kommunikation von Forschungsergebnissen in die breite interessierte Öffentlichkeit. Außerdem wird eine Handbuchreihe zur Theorie und Praxis der Zukunft der Wertschöpfung erarbeitet. Sie wird schrittweise veröffentlicht und umfasst Bände zu jeder Perspektive und zu wichtigen Handlungsfeldern.

## Internationale Zusammenarbeit

Netzwerke der Wertschöpfung enden nicht an nationalen Grenzen. Dementsprechend betrachtet die Forschung zur Wertschöpfung viele Fragestellungen im internationalen Kontext und arbeitet dazu in internationalen Teams oder Verbänden.

Die deutsche Wissenschaft kooperiert mit den besten Einrichtungen weltweit. Dies erfolgt in Projekten der wissenschaftlich-technologischen Zusammenarbeit (WTZ), in denen die Forschungspartner durch das jeweilige Partnerland gefördert werden. Für bilaterale Kooperationen in der Forschung schaffen die Abkommen Deutschlands zur WTZ den Rahmen. Die wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit ist das wichtigste Instrument für die Kooperation mit Staaten außerhalb der Europäischen Union.

Innerhalb der Europäischen Union setzt das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation „Horizont Europa“ mit einer Laufzeit von 2021 bis 2028 den Rahmen für europäische Spitzenforschung und Innovationspartnerschaften. Es schafft die Grundlage für eine nachhaltige und technologische Transformation in Europa. Mit ihrer Beteiligung an „Horizont Europa“ prägen deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen den europäischen Forschungsraum mit. Der Zugang zum Rahmenprogramm wird durch die nationalen Kontaktstellen in den Mitgliedsländern erleichtert. Die Kontaktstellen für Deutschland beraten zu den unterschiedlichen Forschungsbereichen.



## Industrie 4.0

Industrie 4.0 steht für den tiefgreifenden Wandel industrieller Wertschöpfung durch digitale Vernetzung. Im Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ wird Industrie 4.0 kontinuierlich weiterentwickelt: mit wissenschaftlicher Expertise, innovativen Ideen und Vernetzung – von Menschen und Technologien.

Die Plattform Industrie 4.0 vereint rund 350 Akteure aus Industrie, Verbänden, Gewerkschaften, Wissenschaft und Politik. Geleitet wird sie gemeinsam von Unternehmen und Sozialpartnern, Vertreterinnen und Vertretern der Wissenschaft sowie vom BMBF und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Drei Handlungsstränge prägen ihre Aktivitäten: fachliche Vordenkerschaft, (inter-)nationale Kooperationen und Unterstützung des Mittelstands beim Praxistransfer. Die Plattform Indus-

trie 4.0 hat sich national und international zu einem zentralen Knotenpunkt etabliert.

Im Forschungsbeirat Industrie 4.0 kommen ehrenamtliche Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft und forschenden Unternehmen zusammen. Er ist ein unabhängiges, strategisches und interdisziplinär besetztes Netzwerk, das als Impulsgeber und Sensor für neue wissenschaftliche und technologische Entwicklungen der Industrie 4.0 fungiert. Um Industrie 4.0 fachlich weiterzuentwickeln und vorwettbewerblich umzusetzen, nutzt der Forschungsbeirat den direkten Austausch mit den verschiedenen Gremien der Plattform Industrie 4.0. Die Forschungsergebnisse und Expertisen des Forschungsbeirats stehen allen Akteuren der Plattform Industrie 4.0 und der Öffentlichkeit zur Verfügung.





GAIA-X hat sich zu einem wichtigen Baustein für den Datenraum Industrie 4.0 entwickelt. Die Initiative GAIA-X wurde gemeinsam von BMBF und BMWK sowie von Unternehmen der Plattform Industrie 4.0 ins Leben gerufen. Ziel ist es, ein sicheres und vernetztes Daten- und Infrastruktur-Ökosystem aufzubauen, das den höchsten Ansprüchen an digitale Souveränität genügt und Innovationen fördert. GAIA-X soll dazu beitragen, ein offenes Ökosystem in Europa zu schaffen. Über verschiedene Wirtschafts- und Fachbereiche hinweg sollen Daten sicher und vertrauensvoll verfügbar gemacht, zusammengeführt und geteilt

werden können. Es soll ein transparentes Infrastruktur-Ökosystem bilden, das Zugang zu einem breiten und spezialisierten Produkt- und Serviceportfolio von Cloud-Anbietern und somit passgenaue Lösungen für Unternehmen und Institutionen ermöglicht. GAIA-X soll verschiedene Elemente über offene Schnittstellen und Standards miteinander vernetzen, um Daten zu verknüpfen und eine Innovationsplattform zu schaffen. Mit diesen Entwicklungen trägt GAIA-X dazu bei, einen Datenraum Industrie 4.0 zu etablieren – eine Initiative, die von der Plattform Industrie 4.0 initiiert wurde und aktiv vorangetrieben wird.

## Vernetzung

Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ besitzt viele Anknüpfungspunkte zu Initiativen der Bundesregierung und anderer Ressorts sowie zu Forschungsprogrammen des BMBF. Die folgenden Beispiele zeigen, wie die ausgewählten Initiativen mit einzelnen Aspekten des Programms vernetzt sind.

### Initiativen der Bundesregierung

Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ ist Bestandteil der Forschungs- und Innovationspolitik der Bundesregierung. Es fügt sich ein in die „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“, deren Ziel es ist, die Innovationskraft Deutschlands zu stärken und die technologische Souveränität Europas zu sichern. Mit Innovationen für das Wertschöpfungssystem leistet es einen Beitrag, um die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu sichern, die Resilienz von Wertschöpfungssystemen zu stärken und die Wirtschaftskraft auszubauen.

Das Programm fördert den Aufbau nachhaltiger Wertschöpfung in Bezug auf Rohstoffe, Maschinen, Kompetenzen, Strukturen etc. Es trägt damit zu allen Initiativen bei, die sich für einen verantwortungsvollen Umgang mit natürlichen und menschlichen Ressourcen einsetzen. Viele dieser Initiativen bauen auf der Agenda 2030 auf. Darin haben die Vereinten Nationen 17 globale Ziele formuliert, die ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit anstreben. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie beschreibt Ansatzpunkte für Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft, um diese Ziele in konkrete Maßnahmen zu überführen. Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ trägt insbesondere zu den Zielen „Innovationen unterstützen“, „Nachhaltig wirtschaften als Chance für alle“ und „Nachhaltig produzieren und konsumieren“ bei.

Das Ziel der Bundesregierung, die Digitalisierung in Deutschland voranzutreiben, betrifft in großem Maße auch die Wertschöpfung. Wo immer es darum geht, Prozesse, Produkte und Dienstleistungen zu





optimieren, leistet die Digitalisierung einen Beitrag. Das Programm unterstützt den Einsatz digitaler Technologien und die Nutzung von Daten in allen Aspekten der Wertschöpfung. Beiträge entstehen dadurch zu allen darauf ausgelegten Initiativen und Strategien, beispielsweise zur Datenstrategie der Bundesregierung, zur Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, zur Blockchain-Strategie der Bundesregierung und den Strategien zur Digitalisierung der Bundesministerien für Wirtschaft und Klimaschutz beziehungsweise für Digitales und Verkehr.

## KI-Aktionsplan

---

Mit der Strategie Künstliche Intelligenz setzt die Bundesregierung einen Rahmen für eine ganzheitliche politische Gestaltung der Entwicklung und Anwendung künstlicher Intelligenz. Gleichzeitig unterstützt sie Unternehmen dabei, die Potenziale der KI-Tech-

nologien zu erschließen, um erfolgreich im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Viele Aspekte des Programms „Zukunft der Wertschöpfung“ hängen hiermit zusammen, so zum Beispiel: Wo Produktionstechnologien mit Methoden maschinellen Lernens verknüpft werden, entstehen Möglichkeiten, betriebliche Abläufe zu optimieren. Neuartige Algorithmen verbessern das Dienstleistungsangebot zahlreicher produzierender Unternehmen. Die Arbeitsumgebungen und Abläufe ändern sich für die Beschäftigten, wenn Instanzen künstlicher Intelligenz mit ihnen interagieren und zur Entscheidungsfindung beitragen. Mit dem KI-Aktionsplan hat das BMBF ein Update seines Beitrags zur KI-Strategie vorgelegt. Im Fokus steht dabei insbesondere, die exzellente Basis Deutschlands bei KI-Forschung und -Kompetenzen in sicht- und messbare wirtschaftliche Erfolge und einen konkreten spürbaren Nutzen für die Gesellschaft umzusetzen. Ein Fokus liegt daher auf Maßnahmen zum KI-Einsatz in der Industrie 4.0 und der Robotik.

## Soziale Innovationen und Wirkungsmessung

---

Soziale Innovationen sind neue Praktiken oder Organisationsmodelle, die gesellschaftliche Herausforderungen nachhaltig lösen. Soziale Innovationen tragen auf vielfältige Art zur Wertschöpfung bei. Mit einer Plattform für Soziale Innovationen sollen Akteure im Themenfeld Soziale Innovationen spezifisch auch zu Wirkungsmessung informiert, vernetzt und befähigt werden. In der Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen werden ebenso Ziele im Bereich Wirkungsmessung adressiert. Die Messung und Wirkung von soziotechnischen bzw. sozialen Wertschöpfungspotenzialen sind eine wissenschaftliche Herausforderung. Verschiedene Wissenschaftsbereiche widmen sich der Indikatorik von sozialen Innovationen, stehen aber noch am Beginn einer Definition von Wertschöpfungsindikatoren.

## Foresight im BMBF

---

Mit seinen Foresight-Prozessen nimmt das BMBF mögliche und machbare Entwicklungen in den kommenden zehn Jahren in den Blick. Ziel ist es, schon

heute Orientierungswissen für die Welt von morgen zu schaffen. Die Frage, wie Wertschöpfung in möglichen Formen der Zukunft aussehen könnte, ist dabei zentral. In Zusammenarbeit mit einzelnen Fachreferaten wurden vertiefte Foresight-Studien zu Themen wie „Die Zukunft des Vertrauens in digitalen Welten“, „Entgrenzung zwischen Biologie und Technologie“ oder „Purpose Economy“ erarbeitet. Aktuell stehen bei Foresight im BMBF vor allem die zukünftige Entwicklung im Bereich der Schlüsseltechnologien sowie die Identifikation möglicher neuer Schlüsseltechnologien im Fokus.

## „Vom Material zur Innovation“ – Rahmenprogramm zur Förderung der Materialforschung

---

Neue Werkstoffe helfen, die Material- und Energieeffizienz zu steigern, die Lebensqualität zu verbessern und die Wettbewerbsfähigkeit sowie die Ressourcensouveränität Deutschlands zu erhöhen. Die Materialforschung in Deutschland nutzt verstärkt digitale Verfahren. Die Ergebnisse aus der Materialforschung werden in verschiedenen Prozessen der Wertschöp-







fung eingesetzt. Industrie 4.0 arbeitet zum Beispiel an einer intelligenten Vernetzung sämtlicher Produktionskomponenten und -systeme. Weitere Schnittstellen und zum Teil gemeinsame Förderaktivitäten bestehen in den Forschungsbereichen „Biologisierung der Technik“, „Kreislaufwirtschaft“ und „Leichtbau“.

### „Aktionsplan Robotikforschung – Innovationspotenziale der KI-basierten Robotik erschließen“

Deutschland steht in den kommenden Jahren vor großen gesellschaftlichen Herausforderungen, wie etwa dem demografischen Wandel. Die Robotik ist dabei eine Schlüsseltechnologie, die beispielsweise durch den mit KI verknüpften, intelligenten Einsatz weiter an Bedeutung gewinnen wird. Sie besitzt großes Potenzial für Disruptionen in branchenübergreifenden Anwendungsspektren. Mit dem Aktionsplan bündelt das BMBF die Forschungsaktivitäten im Bereich Robotik und richtet sie strategisch für die nächsten Jahre aus. Die Vernetzung von Spitzenforschung und die Fachkräfteentwicklung werden gezielt gefördert, um aus der Forschung Lösungen für die intelligente Robotik zu liefern.

### Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA)

Die FONA-Strategie trägt zur Umsetzung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation der Bundesregierung bei. Sie formuliert drei strategische Ziele, zu denen Forschung einen entscheidenden Beitrag für eine nachhaltige Zukunft leisten kann: Klimaziele erreichen, Lebensräume und natürliche Ressourcen erforschen, schützen und nutzen, Gesellschaft und Wirtschaft weiterentwickeln – gut leben im ganzen Land.

Die Ziele werden in acht Handlungsfeldern konkretisiert und mit Umsetzungsschritten und Meilensteinen unteretzt, die sich an aktuellen Forschungs- und Innovationsbedarfen orientieren. Dazu zählen Zukunftslösungen für den Schutz von Klima, Umwelt und Ressourcen sowie für eine sichere Energie-, Rohstoff- und Ernährungsversorgung, aber auch technologische und soziale Innovationen für die Transformation von Städten und Regionen. Mit der FONA-Strategie beschleunigt das BMBF die Erforschung, Entwicklung und Nutzung grüner Innovationen, die den nachhaltigen Umbau von Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben.



## Programmfamilie „Innovation & Strukturwandel“

Mit der Programmfamilie „Innovation & Strukturwandel“ setzt das BMBF eine spezifische, themenoffene Innovationsförderung für strukturschwache Regionen um. Ziel ist es, die regional vorhandenen wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Innovationspotenziale zu unterstützen und für einen nachhaltigen Strukturwandel nutzbar zu machen.

Durch eine gezielte Stärkung der Innovationsökosysteme in strukturschwachen Regionen können sich langfristig auch die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und die Beschäftigungsperspektiven verbessern. Das Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ liefert in Zusammenarbeit mit dem Programm „REGION.innovativ“ Beiträge zur Untersuchung von Transformationsprozessen in regionalen Arbeitsnetzwerken und zur Kompetenzerweiterung für den Mittelstand.

## Forschungsprogramm „Miteinander durch Innovation – Interaktive Technologien für Gesundheit und Lebensqualität“

Das Programm „Miteinander durch Innovation“ hat die Verbesserung von Gesundheit und Lebensqualität durch interaktive Technologien zum Ziel. Technik soll bewusst und mit Fokus auf nutzerzentrierte Lösungen gestaltet werden. Die zwei thematischen Säulen „Digital unterstützte Gesundheit und Pflege“ sowie „Lebenswerte Räume: smart, nachhaltig und innovativ“ sind auf aktuelle gesellschaftliche Herausforderungen ausgerichtet, zu deren Bewältigung interaktive Technologien einen wichtigen Beitrag leisten können.

Das Programm zielt darauf ab, Technik und Soziales in den Lebenswelten der Menschen in Einklang zu bringen. Hierbei fördert das BMBF unter anderem Projekte, die mithilfe interaktiver Technologien wie künstlicher Intelligenz, virtueller Realität und Robotik Arbeitsprozesse unterstützen. Ferner beschäftigen

sich die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit der Frage, welche Kompetenzen Menschen in der Zusammenarbeit mit technischen Systemen benötigen. Teil des Programms sind zudem spezifisch auf KMU und Start-ups zugeschnittene Förderangebote, die dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis dienen.

### Fachprogramm Medizintechnik „Patientenversorgung verbessern, Innovationskraft stärken“

---

Innovationen in der Medizintechnik sind ein wichtiger Faktor, um die Patientenversorgung zu verbessern, die Leistungsfähigkeit des Gesundheitssystems auszubauen und die Wettbewerbsfähigkeit der Branche zu steigern. Das auf den Empfehlungen des Nationalen Strategieprozesses Medizintechnik beruhende Fachprogramm Medizintechnik zielt darauf ab, innovative Ansätze aus der Forschung schneller in die Gesundheitsversorgung zu bringen.

Erreicht werden soll dies innerhalb der Laufzeit von zehn Jahren durch eine versorgungsorientierte Innovationsförderung im Dienste der Patientinnen und Patienten mit einem breiten Spektrum an Förderinstrumenten und Maßnahmen. Die Herausforderungen der mittelständisch geprägten Medizintechnikbranche im Wandel des Innovationssystems werden prioritär adressiert. Durch programmatische Erfolgskriterien werden die Effekte der Innovationsförderung erfasst.

### Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung

---

Das BMBF fördert mit dem ESF Plus-Programm „Nachhaltig im Beruf – zukunftsorientiert ausbilden“ weitere Projekte zur (Berufs-)Bildung für nachhaltige Entwicklung. Das Programm zielt darauf ab, Ergebnisse vorangegangener BMBF-Förderungen in die Umsetzung zu bringen und stärker mit bestehenden Angeboten der Berufsbildung zu verzahnen. Ein Schwerpunkt des Programms liegt auf der nachhal-





tigkeitsbezogenen Qualifizierung des auszubildenden Personals. Damit leistet das BMBF unter anderem einen Beitrag zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung und der Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 sowie der bestehenden Standardberufsbildposition „Umweltschutz und Nachhaltigkeit“.

## Initiative „Neue Qualität der Arbeit“

Die Initiative „Neue Qualität der Arbeit“ (INQA) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) begleitet Unternehmen und Organisationen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Unternehmenskultur, bei der der Mensch im Mittelpunkt steht. Mit Praxiswissen, Beratung, Selbstchecks, Vernetzungsangeboten und Projektförderungen hilft sie Betrieben und Beschäftigten dabei, sich zukunftsfit aufzustellen und Fachkräfte zu sichern. Die Schnittstelle zum Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ liegt im Transfer. Ergebnisse der Arbeitsforschung sind in der Regel noch nicht in der Breite angekommen. INQA greift sie auf, damit der Transfer in die betriebliche Praxis und in die Gesellschaft gelingt, und steht dazu in Kontakt

mit wichtigen Multiplikatoren. Eine wichtige Verbindung stellen die Zukunftszentren des BMAS dar. Die Zukunftszentren entwickeln und erproben besonders mit KMU innovative Qualifizierungskonzepte, um die Selbstlern- und Gestaltungskompetenz von KMU, ihren Beschäftigten und Selbstständigen, insbesondere Solo-Selbstständigen, in den Veränderungsprozessen zu fördern und ihre Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit im digitalen, demografischen und ökologischen Wandel zu stärken. Übergeordnetes Ziel ist es, schwerpunktmäßig KMU bei der ko-kreativen Einführung digitaler Technologien und KI-basierter Systeme zu unterstützen und diese gemeinsam mit den Beschäftigten menschengerecht zu gestalten. Einen weiteren Baustein zum Transfer in die betriebliche Praxis stellen die INQA-Experimentierräume dar. 2023 sind die Projekte des Aufrufs „Organisationale Resilienz durch gut gestaltete Arbeitsbedingungen“ gestartet. Im betrieblichen Kontext wird erprobt, wie Maßnahmen in den zentralen Themenfeldern der Arbeitswelt Führung, Diversity, Gesundheit und Kompetenz zur Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit beitragen können.

## Lernendes Programm und Evaluation

Umfeld und Rahmenbedingungen für die Wertschöpfung sind am Standort Deutschland einem permanenten Wandel unterworfen. Das Programm berücksichtigt diese Dynamik durch eine offene, lernfähige und wandlungsfähige Programmsteuerung mit einem flexibel einsetzbaren Instrumentarium. Maßnahmen zur Vorausschau ermöglichen, Veränderungen zu analysieren, um Handlungsfelder und Förderschwerpunkte während der Laufzeit anzupassen. Entsprechend wurden in der vorliegenden Neuauflage die Handlungsfelder und Themen in den blauen Kästen aktualisiert.

Das Programm berücksichtigt die Evaluationsergebnisse der Vorgängermaßnahmen und orientiert sich am aktuellen Stand der Forschung. Zum Ende seiner Laufzeit soll es nach den vorgegebenen Richtlinien evaluiert werden. Im Rahmen einer Wirkungsanalyse werden die Programmziele sowie deren Zielerreichungsgrad bewertet und Handlungsempfehlungen für zukünftige Fördermaßnahmen formuliert. Die Evaluation soll effiziente Prozessstrukturen aufzeigen und gegebenenfalls Optimierungsbedarf für die Zukunft offenlegen. Die Ergebnisse gehen in die thematische Weiterentwicklung der Forschungsförderung zur Wertschöpfung ein.



Aktuelle Informationen zum Forschungsprogramm „Zukunft der Wertschöpfung –  
Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ finden Sie unter:  
**[zukunft-der-wertschoepfung.de](http://zukunft-der-wertschoepfung.de)**



# Impressum

## Herausgeber

Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Zukunft von Arbeit und  
Wertschöpfung; Industrie 4.0  
53175 Bonn

## Bestellungen

schriftlich an  
Publikationsversand der Bundesregierung  
Postfach 48 10 09  
18132 Rostock  
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de  
Internet: bmbf.de  
oder per  
Tel.: 030 18 272 272 1  
Fax: 030 18 10 272 272 1

## Stand

März 2021 (aktualisierte Version Januar 2024)

## Text

BMBF/Projektträger Karlsruhe

## Gestaltung

familie redlich AG – Agentur für Marken und Kommunikation,  
KOMPAKTMEDIEN – Agentur für Kommunikation GmbH  
(Version 2021)  
neues handeln AG (aktualisierte Version 2024)

## Druck

BMBF

## Bildnachweise

Titel: Festo SE & Co. KG und Adobe Stock/安琦王  
S. 2, 11, 21, 29, 31: Fraunhofer IML/Michael Neuhaus  
S. 5, 15, 40: Markus Breig (KIT/CroM)  
für BMBF/Otto GmbH & Co. KG  
S. 6/7, 34: Markus Breig (KIT/CroM) für BMBF/cirp GmbH  
S. 8: Markus Breig (KIT/CroM) für BMBF/TRUMPF GmbH + Co. KG  
S. 9: Fraunhofer IAO/Ludmilla Parsyak  
S. 12/13: Adobe Stock/Eman Suardi (generiert mit KI)  
S. 14, 20: Markus Breig (KIT/CroM)  
für BMBF/TU Braunschweig/NFF  
S. 17, 24: Markus Breig (KIT/CroM)  
für BMBF/Open Hybrid LabFactory e. V.  
S. 19: Adobe Stock/lucia2311  
S. 22/23: Adobe Stock/Nay  
S. 26/27, 35: Adobe Stock/Gorodenkoff  
S. 28: WITTENSTEIN SE  
S. 30: Markus Breig (KIT/CroM) für BMBF/KIT-ifab  
S. 33: Adobe Stock/DC Studio  
S. 36: Cynthia Ruf (KIT/CroM) für BMBF/wagner GmbH  
S. 37: ART-KON-TOR/Fraunhofer IWU  
S. 38: Adobe Stock/Itsanan  
S. 39: Markus Breig (KIT/CroM) für BMBF/TU Braunschweig/IWF  
S. 41: Cynthia Ruf (KIT/CroM) für BMBF/Fraunhofer IML  
(Hintergrund KI-generiert durch neues handeln AG)  
S. 42: Cynthia Ruf (KIT/CroM) für BMBF/  
Werkstätten Esslingen-Kirchheim gGmbH  
S. 43: U. Völkner/Fotoagentur FOX

Diese Publikation wird als Fachinformation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

