

Die Zukunft der Innovation. Thesen für das Jahr 2030 und wo wir aus der Vergangenheit lernen können

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Wilhelm Bauer
Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO,
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Tel. +49 (0) 711 / 970 20 90, Fax. +49 (0) 711 / 970 20 83
E-Mail: wilhelm.bauer@iao.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Sven Schimpf
Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Tel. +49 (0) 711 / 970 24 57, Fax. +49 (0) 711 / 970 22 99
E-Mail: sven.schimpf@innovation.fraunhofer.de

*„Nur wer die Vergangenheit versteht, kann die Gegenwart verstehen und die Zukunft gestalten.“
August Bebel, 1840-1913*

Zusammenfassung

Innovation wird heute als der bezeichnende Erfolgsfaktor für die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen und europäischen Wirtschaftsraumes dargestellt. Für die Zukunft stellt sich die Herausforderung, diesen Wettbewerbsfaktor unter sich verändernden Rahmenbedingungen aufrechtzuerhalten. Um Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft bei der Orientierung, Positionsbestimmung und Zukunftsgestaltung in Innovationssystemen zu unterstützen, verfolgt der Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung das Ziel, die Zukunft der Innovation zu thematisieren, besser zu verstehen und mit unterschiedlichen Akteuren zu reflektieren. Hierzu wird in diesem Beitrag die Historie der industriellen Innovation entlang der Handlungsfelder des Fraunhofer FuE-Assessments analysiert, insbesondere, um Lerneffekte bezüglich ausgewählter Thesen für Innovation im Jahr 2030 zu ermöglichen. Insbesondere in den Handlungsfeldern der Strategie, der Mitarbeiter und der Organisation, aber auch in kontinuierlichen oder wiederkehrenden Trends und Entwicklungen liegen Potenziale um aus der Vergangenheit zu lernen.

Schlüsselworte

Innovationsmanagement, FuE-Management, Innovation 2030, Historie der Innovation, FuE-Assessment, Zukunft der Innovation, Innovationsvorausschau

Bauer, W. & Schimpf, S. (2018) Die Zukunft der Innovation. Thesen für das Jahr 2030 und wo wir aus der Vergangenheit lernen können. In: J. Gausemeier, W. Bauer & R. Dumitrescu (Hrsg.) Vorausschau und Technologieplanung: 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8. und 9. November 2018, Berlin. Paderborn: Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut. S. 11-26.

The future of innovation. Hypotheses for the year 2030 and where we can learn from the past.

„Only those who understand the past can understand the presence and shape the future.“

August Bebel, 1840-1913

Abstract

Innovation today is described as one of the key success factor for the competitiveness of Germany and Europe. Looking into the future, the retention of this success factor under continuously changing circumstances can be considered a major challenge. The Fraunhofer Group for Innovation Research provides business, government, science, and society with orientation, facilitates them in positioning themselves, and assists in shaping the future in the innovation system and aims at an improved understanding of future innovation and its reflection with these stakeholders. This paper analyses the history of industrial innovation along the action fields of the Fraunhofer R&D assessment model to enable learnings related to selected hypotheses for innovation in the year 2030. As a result, a look into the past seems especially worthwhile in the action fields of strategy, employees and organisation, and also in the context of prospective trends and developments that are continuously or repeatedly mentioned in the context of industrial innovation.

Keywords

Innovation Management, R&D Management, Innovation 2030, History of Innovation, R&D Assessment, Future of Innovation, Innovation Foresight

1 Verständnis „Innovation“ und „Forschung und Entwicklung“

Als Basis einer fundierten Diskussion über die Zukunft der Innovation ist ein gemeinsames Verständnis einiger grundlegender Begrifflichkeiten notwendig. Zu den in diesem Rahmen relevanten Begrifflichkeiten gehören die Begriffe der Innovation inklusive ausgewählter Kategorisierungen, der Forschung und Entwicklung (FuE) sowie der Innovationssysteme. Im Folgenden wird das Verständnis des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung kurz dargestellt und erläutert.

Das Innovationsverständnis im Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung *„umfasst sowohl technische als auch organisatorische sowie soziale Innovationen“*. Eine Innovation wird als *„erfolgreich umgesetzte Idee“* verstanden, wobei die Umsetzung einer innovativen Idee in Form *„neuer Technologien, Produkte, Dienstleistungen, Geschäftsmodelle oder integrierter Lösungen auf Märkten, in Organisationen oder in der Gesellschaft“* erfolgen kann [Fra18]. Forschung und Entwicklung (FuE) wird dabei in Anlehnung an die Definition von Forschung und experimenteller Entwicklung aus dem Frascati-Handbuch als Aktivitätenbereich der *„schöpferischen und systematischen Arbeit zur Erweiterung des Wissensstandes [...]“* [OEC18] mit Schnittmenge zur Innovation verstanden. Die industrielle Innovation wird als Untermenge der Innovation verstanden, die von Unternehmen initiiert, durchgeführt oder wesentlich beeinflusst wird. Heutzutage überschneidet sich die industrielle Innovation stark mit der FuE und wird von dieser wesentlich geprägt.

Zu den derzeit viel diskutierten Kategorisierungen von Innovationen gehört die Abgrenzung von inkrementellen zu radikalen Innovationen ebenso wie die Unterscheidung von erhaltenden zu disruptiven Innovationen. Das Verständnis einer radikalen Innovation basiert auf einer Differenzierung über die Leistungsebene. Von einer radikalen Innovation wird daher gesprochen, wenn eine Innovation im Vergleich zur etablierten Referenzlösung eine deutlich gesteigerte Leistung beispielsweise in Bezug auf Preis, Kosten, Qualität oder einer neuen Zusammensetzung der Leistung erbringt. Präzisiert werden kann dies über die Definition der Sprunghöhe wie beispielsweise von RICHARD LEIFER, der radikale Innovationen durch eine komplett neue Zusammensetzung der Leistungsparameter, eine Leistungssteigerung um mindestens das Fünffache oder eine Kostenreduktion von mehr als 30 Prozent von anderen Innovationen differenziert [Lei00]. Im Gegensatz zur radikalen Innovation erfolgt die Abgrenzung zwischen erhaltenden und disruptiven Innovationen über die Marktebene. Eine disruptive Innovation ist definiert als eine Innovation, die bezüglich ihrer Auswirkung auf den Markt Referenzlösungen substituiert und Investitionen beherrschender Marktteilnehmer obsolet macht. Disruptionen sind daher eng mit einer Veränderung der Machtverhältnisse auf dem Markt verbunden [Dan04]. Da beide Begrifflichkeiten durch unterschiedliche Ebenen definiert werden, kann beispielsweise eine radikale Innovation sowohl erhaltend als auch disruptiv sein. Der Begriff der Sprunginnovation wird in diesem Kontext synonym zur radikalen Innovation verstanden, da er im gängigen Sprachgebrauch durch die Eigenschaft des Leistungssprunges und damit die Überschreitung einer gewissen Sprunghöhe definiert wird. Ebenso wie im Falle einer radikalen Innovation kann eine Sprunginnovation die Machtverhältnisse auf dem Markt in Form einer Disruption verändern oder auch erhalten.

Elementar für die Analyse von Innovation und FuE ist das Verständnis der jeweils relevanten Systeme, der sogenannten Innovationssysteme. Innovationssysteme werden in diesem Kontext als „Kombination aller Akteure und Faktoren“ verstanden, „die Innovationen entlang ihres Lebenszyklus beeinflussen“ [Fra18].

2 Eine kurze Geschichte der industriellen Innovation

Ein Blick in die Vergangenheit ermöglicht es, das bisher Geschehene zu reflektieren und Zusammenhänge besser zu erfassen. Auf dieser Basis können Lerneffekte generiert werden. Schwerpunkt der Analyse der industriellen Innovation sind weniger die Inhalte als die Durchführung der industriellen Innovationsaktivitäten sowie dafür eingerichtete unterstützende Strukturen. Für das Verständnis der industriellen Innovation werden in Anlehnung an die Handlungsfelder des Fraunhofer FuE-Assessments die folgenden Kategorien verwendet: (1) Strategie, (2) Organisation, (3) Prozesse, (4) Mitarbeiter sowie (5) Methoden & Tools [ScB15]. Diese werden im Folgenden jeweils kurz beschrieben und als Basis für die detaillierte Analyse und Darstellung vergangener Entwicklungen entlang der Zeitachse verwendet. Die Analyse wurde auf Basis bestehender Literaturquellen im Themenfeld der industriellen Innovation, des Innovations- und FuE-Managements sowie angrenzender Themen der Innovationsforschung erstellt.

Die Anfänge der industriellen Innovation werden zumeist in das letzte Viertel des 19. Jahrhunderts eingeordnet. Zu den ersten Unternehmen mit eigenen Innovationsbeziehungswise FuE-Aktivitäten gehören deutsche Chemieunternehmen im Bereich der Färbemittel [Fre74], [Mow09]. Die Geschichte der industriellen Innovation wird in der Literatur oftmals in Generationen untergliedert, die jedoch entsprechend den Autoren unterschiedlichen Zeitskalen zugeordnet sind. Im Mittelpunkt dieser Analyse stehen daher nicht die Generationen, sondern die Meilensteine und Entwicklungen entlang der Zeitachse in jedem der fünf Handlungsfelder des Fraunhofer FuE-Assessments.

2.1 Handlungsfeld „Strategie“

Das Handlungsfeld „Strategie“ beinhaltet die kontinuierliche Umfeldbeobachtung, die Analyse der Kernkompetenzen sowie die darauf basierende Entwicklung und Aktualisierung der Innovations- und FuE-Strategie. Die im Folgenden beschriebenen Entwicklungen im Handlungsfeld „Strategie“ sind in Bild 1 zusammengefasst.

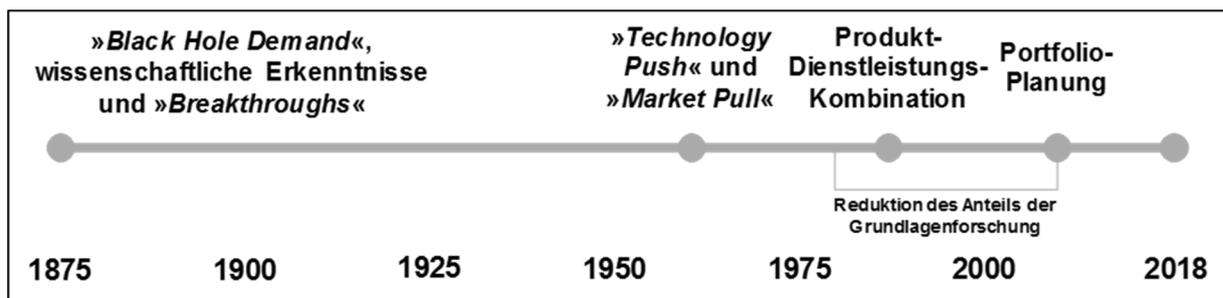


Bild 1: Meilensteine und ausgewählte Entwicklungen im Handlungsfeld „Strategie“

Von Ende des 19. Jahrhunderts bis Mitte der 1960er Jahre war die strategische Ausrichtung der industriellen Innovation größtenteils unabhängig von der strategischen Ausrichtung des Gesamtunternehmens. Der Fokus lag auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und Durchbrüchen – auch bezeichnet als „*Black Hole Demand*“ oder „*Strategy of Hope*“ [Nob04]. Schwerpunkte lagen meist auf technischen Themenfeldern wie der Physik oder der Chemie, oftmals motiviert durch Diversifikationsziele als Alternative zu staatlich regulierten Unternehmenszusammenschlüssen [Mow09].

Ab Mitte der 1960er bis in die 1980er Jahre wurden die bisher vorwiegend technologieseitig getriebenen Innovationsaktivitäten („*Technology Push*“) um eine verstärkte Nachfrageorientierung („*Market Pull*“) ergänzt [Rot94]. Dieses Modell steht bis heute im Mittelpunkt der strategischen Planung zahlreicher Unternehmen. In diesem Zeitraum wurde auch begonnen, die Innovationsstrategie in enger Abstimmung mit der Unternehmensstrategie und den Kernkompetenzen der Unternehmen zu entwickeln [Rot94], [Nio99], [KPP14].

Ab 1985 konnte ein Trend weg von industrieller Innovation im Kontext industrieller Fertigung beobachtet werden. Im Gegensatz zur grundsätzlichen Entwicklung der Integration von Lösungskomponenten wie beispielsweise Produkten, Prozessen und Dienstleistungen zeichneten sich die Bereiche der Informationstechnologien und Biotechnologie ab den 1970er Jahren durch eine zunehmende vertikale Spezialisierung aus [Mow09]. Zwischen 1980 und 2006 nahm der Anteil der Grundlagenforschung in der industriellen Innovation und FuE immer weiter ab. Dies zeigt sich beispielsweise in den USA an einem Rückgang der angemeldeten Patente in der Grundlagenforschung um sieben Prozentpunkte von 28% im Jahr 1985 auf 21% im Jahr 2009 sowie durch einen Rückgang an Publikationen aus der industriellen FuE in wissenschaftlichen Zeitschriften um 52% von 1980 bis zum Jahr 2006 [ABP18].

Seit Beginn des 21. Jahrhunderts wird die Strategie zunehmend mit Hilfe der Portfoliotechnik ausgerichtet. Ziel ist die Ausgewogenheit von Innovationsaktivitäten, beispielsweise anhand der „*70-20-10-Regel*“ des Unternehmens Google oder anhand des Neuigkeitsgrades von Produkten und Märkten entsprechend der Ansoff-Matrix [Nob04], [SRE14]. Als Enabler für die strategische Planung wird die Entwicklung im Bereich Big Data und Data Analytics gesehen, mit der Möglichkeit, Marktbedarfe und technologische Entwicklungen früher zu identifizieren, auf einer größeren Datenbasis zu bewerten und besser in die Zukunft zu projizieren [BAL+17].

2.2 Handlungsfeld „Mitarbeiter“

Das Handlungsfeld „*Mitarbeiter*“ beinhaltet Themen der Personalrekrutierung und -entwicklung sowie die Themen der Motivation, Incentives und Innovationskultur. Die wesentlichen Meilensteine und Entwicklungen im Handlungsfeld „*Mitarbeiter*“ sind in Bild 2 zusammengefasst.

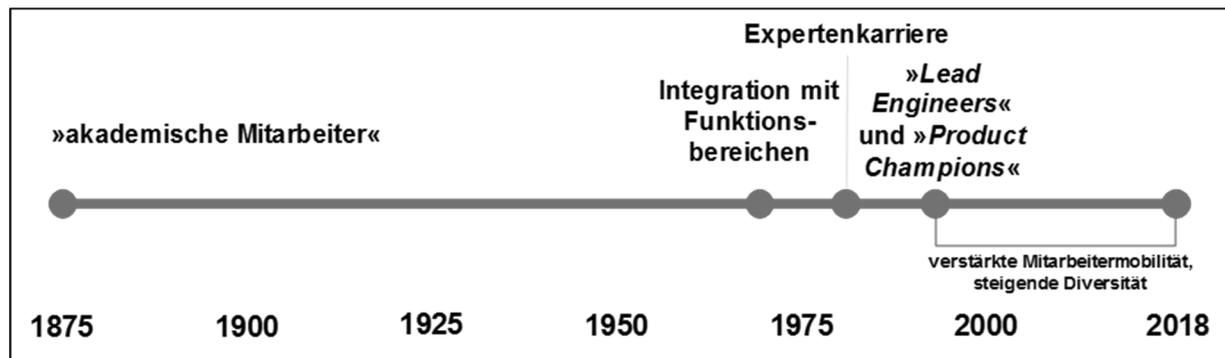


Bild 2: Meilensteine und ausgewählte Entwicklungen im Handlungsfeld „Mitarbeiter“

Vor den 1970er Jahren war die Rolle von Mitarbeitern in der industriellen Innovation vergleichbar mit der Rolle akademischer Mitarbeiter. Ab den 1970er Jahren veränderte sich deren Rolle immer mehr in Richtung der Integration mit anderen organisatorischen Funktionsbereichen. Auch die Verantwortung für die industrielle Innovation veränderte sich in diesem Zeitraum entsprechend in Richtung einer Verteilung zwischen funktionalen und Innovations- beziehungsweise FuE-Managern [Nio99]. Dieser Trend wurde in den 1990er Jahren durch die Etablierung sogenannter „Lead Engineers“ oder „Product Champions“ verstärkt, die über den gesamten Innovationslebenszyklus eine tragende Rolle bei der Entwicklung neuer Lösungen sowie deren Umsetzung im Markt übernehmen [Rot94].

Neben der ursprünglich ausschließlichen Möglichkeit vertikaler Karrierewege im Bereich der industriellen Innovation in Richtung einer Managementfunktion wurde diese in den 1980er Jahren durch spezielle Karrieremöglichkeiten, wie beispielsweise der Expertenkarriere ohne disziplinarische Mitarbeiterverantwortung, ergänzt [WMW11]. Die 1990er Jahre werden als der Anfang einer steigenden Mitarbeitermobilität betrachtet, beschrieben auch als Treiber für die Entstehung regionaler High-Tech-Cluster und die Verbreitung von Technologie-Know-How zwischen Unternehmen [Mow09]. Ebenso ist seit den 1990er Jahren der Anstieg der Interdisziplinarität und Diversität in Teams zu beobachten, beispielsweise unterstützt durch den Trend einer ansteigenden Globalisierung von Innovationsaktivitäten [Nat02], [Mow09]. Seit den 2010er Jahren haben sich zunehmend Möglichkeiten für Mitarbeiter entwickelt, ein eigenes Unternehmen im Rahmen von „Corporate Venturing“ auszugründen.

2.3 Handlungsfeld „Organisation“

Das Handlungsfeld „Organisation“ beinhaltet Organisations- und Kommunikationsstrukturen innerhalb von Unternehmen sowie in deren Partnernetzwerken. Zusammenfassend sind die wichtigsten Meilensteine im Handlungsfeld „Organisation“ in Bild 3 dargestellt.

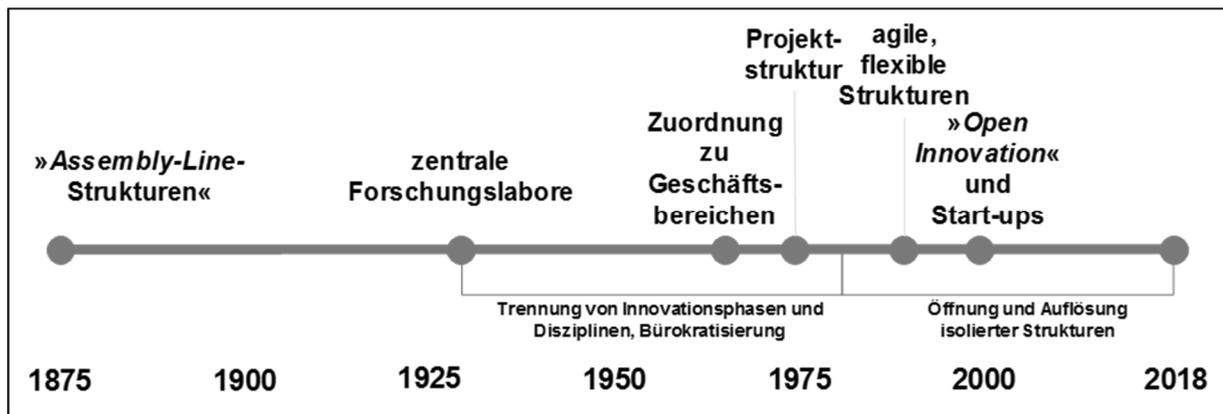


Bild 3: Meilensteine und ausgewählte Entwicklungen im Handlungsfeld „Organisation“

Die ersten Ansätze zur Organisation industrieller Innovation waren bis Mitte der 1960er Jahre in den wesentlichen Punkten vergleichbar mit der damals üblichen Organisation akademischer Forschung: Kompetente Mitarbeiter wurden mit exzellenter Ausstattung versehen, um diese dann „sich selbst zu überlassen und auf das Beste zu hoffen“ [Nob04]. Intern waren Innovationsaktivitäten entsprechend Produktionsprozessen in der sogenannten „Assembly-Line-Struktur“ organisiert. In den 1930er Jahren ist der Startpunkt der legendären Forschungslabore wie beispielsweise dem GE-Forschungszentrum oder den Bell Labs zu verorten [Ger12]. Durch die zunehmende Trennung von Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Produktion in diesen Laboren wurde der Transfer von einer Prozessphase in die nächste, entsprechend einer ambidextren Organisationsstruktur, zu einer wesentlichen Herausforderung. Auch führte die zentrale Struktur der Forschungslabore zu einer immer weiter ansteigenden Bürokratisierung [KeF89], [KKC93]. Ab Mitte der 1960er Jahre nahmen die Organisation nach Geschäftsbereichen und die Definition interner Kunden zu. Mitte der 1970er Jahre wurde die „Assembly-Line-Struktur“ von der noch heute gängigen Projektstruktur abgelöst [Nob04]. In den späten 1970er Jahren war dann die Auflösung der relativ isolierten, zentralen Innovationslabore zugunsten dezentraler Strukturen zu beobachten [Mow09] [RSE91].

Die missionsorientierte Organisation von Innovationsaktivitäten wurde insbesondere in den 1940er bis 1960er Jahren eingesetzt, um technologische Herausforderungen in der Verteidigungsforschung, in der Kommunikationstechnik sowie in Gesundheits- und Umweltthemen zu adressieren [Nio99], [DDW+15]. Missionsorientierung wird heutzutage als geeignete Organisation von Innovationsaktivitäten diskutiert, um große gesellschaftliche Herausforderungen anzugehen [Maz18].

Seit den 1985er Jahren wuchs die Bedeutung offener Organisationsstrukturen, beispielsweise in Kooperation zwischen Wirtschaft und Forschung oder in Zusammenarbeit mit Start-ups, entsprechend dem seit 2003 gängigen Begriff „Open Innovation“ [Nat02], [Che03]. Dieser Trend ist vergleichbar mit der Entwicklung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, in der die pharmazeutische Industrie Innovationszentren mit dem Ziel einer verstärkten Kooperation in der Nähe führender akademischer Forschungseinrichtungen etablierte [MaF05]. Ebenso sind Parallelen zur Entwicklung vor den 1960er Jahren zu sehen, in der ein hoher Spezialisierungsgrad der Innovationsaktivitäten in Unternehmen den Haupttreiber für die

Öffnung von Innovationsstrukturen auf nationaler und internationaler Ebene darstellte [Mow09]. Selbstorganisierte Teams und virtuelle Kooperationen wurden in den 1980er Jahren als die vorherrschende Organisationsform betrachtet, um radikale Innovationen zu generieren. Ebenso wurden bereits ab den 1960er Jahren Start-ups als organisatorische Chance erkannt, um die Nachteile bürokratischer Strukturen von Großunternehmen zu überwinden [KeF89].

Parallel wurde die industrielle Innovation seit den 1990er Jahren verstärkt durch japanische Managementtechniken beeinflusst, mit Merkmalen wie dem „*Chief Engineer*“ zur hierarchischen Befähigung von FuE-Managern auch weit in spätere Lebenszyklusphasen hinein [Rot94]. Ebenso hielten zu diesem Zeitpunkt agile und flexible Unternehmensstrukturen, begleitet von schnellen Kommunikationskanälen, Einzug in die industrielle Innovation [KKC93], [Nio99].

Seit Anfang der 1980er Jahre wurden Organisationsstrukturen verstärkt an spezialisierte Funktionsbereiche angepasst. Durch diese Entwicklung werden Innovationsstrukturen in Großunternehmen als besonders geeignet für inkrementelle Innovationen beschrieben, wohingegen Venture-finanzierte Start-ups als besonders geeignet für schnell wachsende und bahnbrechende Aktivitäten gesehen werden [KeF89].

Seit Anfang des 21. Jahrhunderts bilden verteilte und „*sourcing-orientierte*“ Organisationsstrukturen in Netzwerken den Kern organisatorischer Strukturen, mit einer wachsenden Bedeutung von Innovationsaktivitäten außerhalb klassischer FuE-Abteilungen [Nob04]. Auch die Aktivitäten im Bereich des „*Corporate Venturing*“ haben seit den 2010er Jahren zugenommen.

2.4 Handlungsfeld „Prozesse“

Das Handlungsfeld „*Prozesse*“ deckt den Innovationsprozess von den frühen Phasen der Anforderungsanalyse und Ideengenerierung bis zum Ende des Innovationslebenszyklus ab und berücksichtigt darüber hinaus Strukturen zur kontinuierlichen Verbesserung bestehender Prozesse. Bild 4 zeigt einen Überblick der Meilensteine und ausgewählten Entwicklungen im Handlungsfeld „*Prozesse*“.

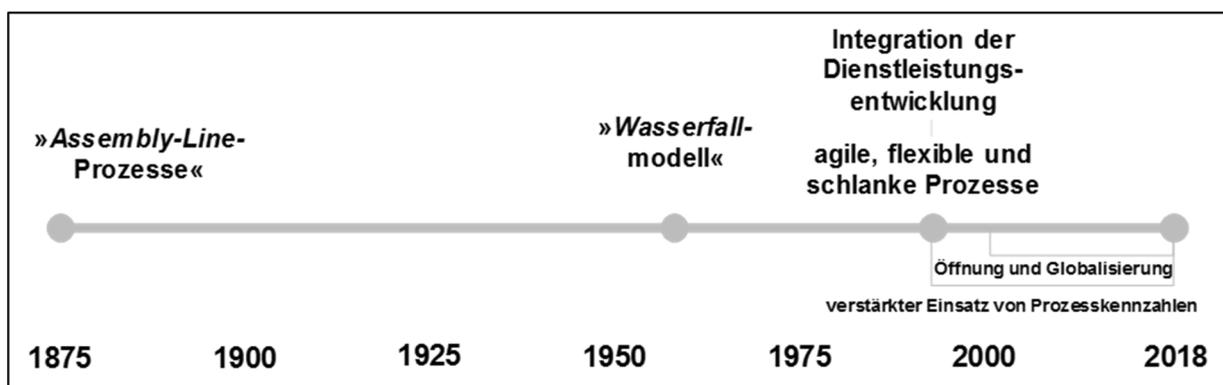


Bild 4: Meilensteine und ausgewählte Entwicklungen im Handlungsfeld „Prozesse“

Prozesse der industriellen Innovation vor den 1960er Jahren werden im Wesentlichen ebenso wie die Organisation entsprechend einer Produktionslinie als „*Assembly-Line-Prozesse*“ mit

dem Markt als Endpunkt beschrieben [KeF89]. Diese wurden ab den 1960er Jahren von traditionellen projektbasierten Prozessmodellen abgelöst, die aufgrund ihres linearen Charakters auch als „*Wasserfallmodelle*“ bezeichnet werden [Nio99]. Mitte der 1990er Jahre entwickelte sich die Quantifizierung und Messung von Prozessparametern, mit dem Schwerpunkt auf der Entwicklungsgeschwindigkeit als wesentlichem Wettbewerbsfaktor der industriellen Innovation [Nio99], [Rot94]. Entsprechend dem Handlungsfeld „*Organisation*“ waren die 1990er Jahre der Startpunkt für die Einführung agiler und flexibler Innovationsprozesse, beispielsweise auf Basis der Prinzipien des „*Lean Development*“ oder des agilen Manifests [KKC93], [MoL06], [FoH01]. In diesem Zeitraum entstanden auch durch die Globalisierung getriebene, international verteilte Prozessstrukturen [Rot94].

Im 21. Jahrhundert wurden (1) offene Innovation, (2) frühe Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, (3) Ergänzung von Wissen aus emergenten Technologiefeldern und emergenten Märkten, (4) Vernetzung mit spezialisierten Zulieferern und frühen Nutzern und (5) Entrepreneurship als charakterisierende Eigenschaften der industriellen Innovationsprozesse genannt [BHV+06].

2.5 Handlungsfeld „*Methoden & Tools*“

Das Handlungsfeld „*Methoden & Tools*“ beinhaltet Vorgehensweisen, IT-Anwendungen und Methoden, die Innovationsaktivitäten unterstützen. Ein Überblick über wesentliche Meilensteine und ausgewählte Entwicklungen im Handlungsfeld der Methoden & Tools findet sich in Bild 5.

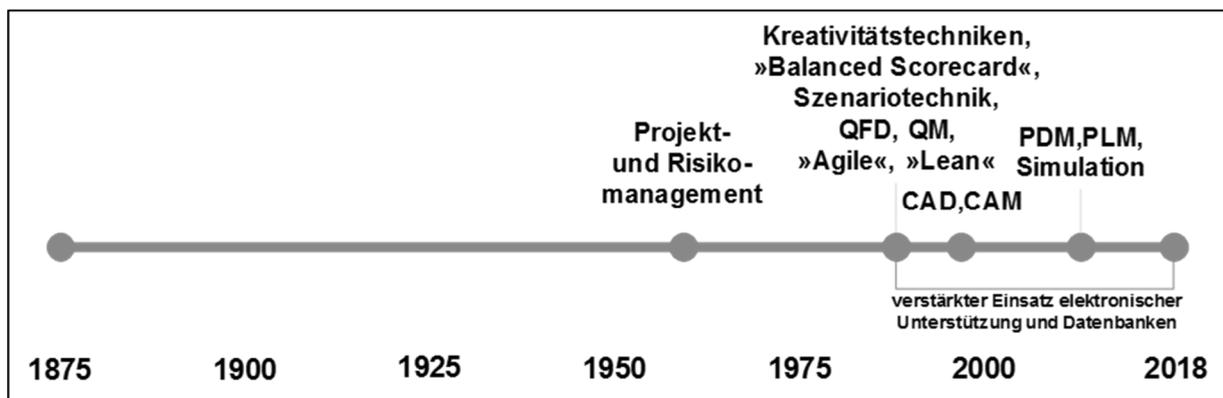


Bild 5: Meilensteine und ausgewählte Entwicklungen im Handlungsfeld „*Methoden & Tools*“

Für die Zeit vor den 1960er Jahren gibt es wenige Ausführungen zum Einsatz von Methoden und Tools in der industriellen Innovation. Die 1960er Jahre werden als Startpunkt für den Einsatz von Projekt- und Risikomanagement-Methoden beschrieben [Nio99]. Die frühen 1990er Jahre stellen den Startpunkt für Kreativitätsmethoden, beispielsweise getrieben durch die Theorie des kreativen Problemlösens, dar [Al'84].

Japanisch geprägte Managementmethoden wie beispielsweise „*Six Sigma*“, „*Kanban*“, „*Lean Development*“ und agile Vorgehensweisen wie „*Extreme Programming*“ oder „*Scrum*“ wurden ab den 1990er Jahren in der industriellen Innovation eingesetzt. In diesem Zeitraum liegt auch

der Beginn des verstärkten Einsatzes von Qualitätsmanagementmethoden wie „*Quality Function Deployment*“ [Rot94]. In der zweiten Hälfte der 1990er Jahre begann die Verwendung von CAD-Systemen entlang der Wertschöpfungskette mit dem Ziel, Zulieferer, Hersteller und Nutzer vertärkt zu vernetzen. Entsprechend ist seit dieser Zeit der steigende Einsatz von Simulationstechniken, getrieben von Entwicklungen in zugrundeliegenden Algorithmen, Rechnertechnologien und Vorgehensweisen, zu beobachten [Rot94]. Umfangreiche interne Datenbanken wurden bereits in diesem Zeitraum als zentrale Methode für die Datenanalyse, den Datenaustausch und digital gestützte Innovation genannt. Dieses Themenfeld wurde in den 2010er Jahren wesentlich durch die Entwicklung leistungsfähiger Produktdatenmanagementsysteme (PDM), Produktlebenszyklusmanagementsysteme (PLM) sowie die Analyse großer Datenmengen geprägt. Weitere Fortschritte ermöglichen den kosteneffizienten Einsatz digitaler Zwillinge für die Simulation und Anwendung maschinellen Lernens oder künstlicher Intelligenz [OJS+16], [BAL+17].

Die Entwicklung der „*Balanced Scorecard*“ in den 1990er Jahren führte zu einem verstärkten Einsatz von Leistungsbewertung und Messmodellen [KeB99], [BrB04]. Eingeschränkt durch die Grenzen eindimensionaler Messungen und Prognosen, begann in den 1990er Jahren eine steigende Anzahl an Unternehmen, die strategische Ausrichtung auf Basis multipler Zukunftsszenarien unter Berücksichtigung der Systemperspektive zu entwickeln [GFS95].

Seit den 2000er Jahren verschiebt sich das technisch geprägte Verständnis von Prototypen und Experimenten hin zu einer design- und nutzerzentrierten Definition [Kel01].

3 Thesen für die Zukunft der Innovation

Ausgewählte Expertinnen und Experten der Institute des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung haben innovationssystemrelevante Trends in einem offenen Dialog identifiziert, geclustert und priorisiert, um zu den fünf wichtigsten Einflussgrößen für das europäische Innovationssystem zu gelangen [Fra18]. Die Entwicklung der priorisierten Einflussgrößen wurde auf Basis eigener Einschätzungen in die Zukunft projiziert, um zu den aus Sicht der Beteiligten wahrscheinlichsten singulären Trends zu gelangen. Auf dieser Basis wurden in einem kontinuierlichen Abstimmungsprozess fünf Thesen für Innovation im Jahr 2030 entwickelt, mit der Zielstellung, dass diese widerlegbar sind. Die innovationssystemrelevanten Trends sowie die daraus entwickelten Thesen werden im Folgenden näher erläutert.

3.1 Innovationssystemrelevante Trends

Die folgenden fünf innovationssystemrelevanten Trends wurden identifiziert: (1) digitale Transformation, (2) steigende Komplexität, (3) immer breitere Akteursbasis in Innovationsaktivitäten, (4) ansteigende Verfügbarkeit von Wissen sowie (5) Entwicklung in Richtung ganzheitlicher und systemischer Lösungen. In einer Literaturanalyse der seit 1994 genannten innovationssystemrelevanten Trends konnte eine Kontinuität der genannten Trends und Entwicklungen festgestellt werden. Insbesondere die Entwicklungen der digitalen Transformation einschließlich einer kontinuierlich ansteigenden elektronischen Unterstützung

von Innovationsaktivitäten sowie der Trend zur Öffnung von Innovationsaktivitäten gegenüber externen Akteuren wurden kontinuierlich über die letzten Jahrzehnte als wesentliche Einflussfaktoren der industriellen Innovation genannt [BaS18].

3.2 Thesen „Innovation 2030“

Aus den ausgewählten innovationssystemrelevanten Trends wurden fünf Thesen für die Zukunft der Innovation für den Zeithorizont bis zum Jahr 2030 entwickelt (Bild 6), wobei die Trends nicht notwendigerweise alleinstehend zu einer These führen, sondern mehr als eine These beeinflussen können. Im Impulspapier „Wandel verstehen, Zukunft gestalten. Impulse für die Zukunft der Innovation“ werden darüber hinaus Herausforderungen und Aufgaben für Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft exemplarisch abgeleitet [Fra18].

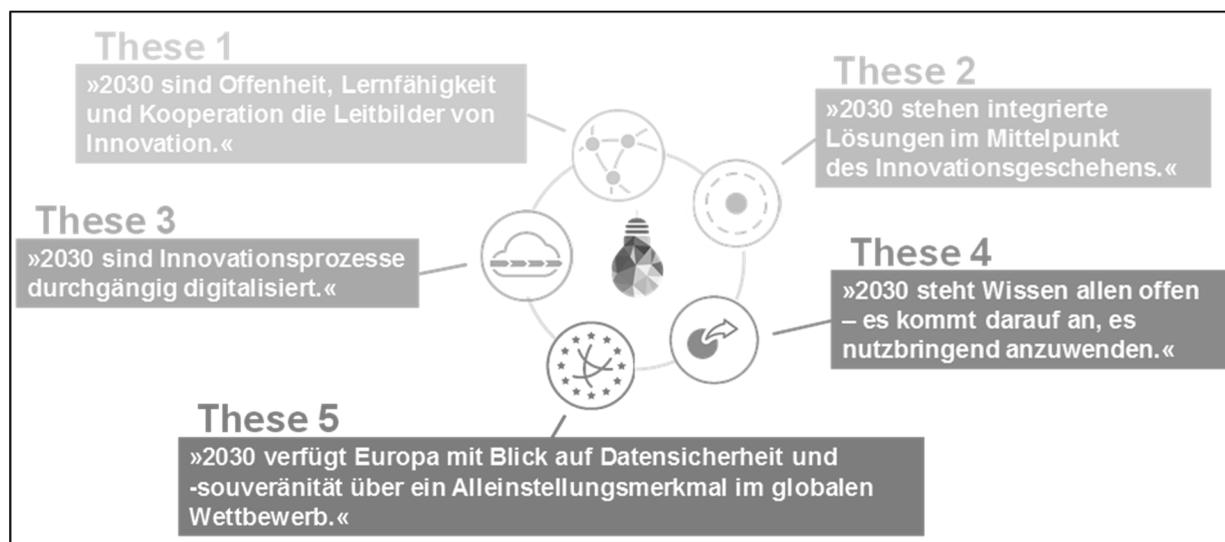


Bild 6: Fünf Thesen für Innovation im Jahr 2030 [Fra18]

Zielsetzung der Thesen für Innovation im Jahr 2030 ist es, eine Grundlage für die Reflexion zukünftiger Innovationssysteme für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft zur Verfügung zu stellen, um auch in Zukunft den Wettbewerbsfaktor der Innovationsfähigkeit bestmöglich nutzen zu können [Fra18]:

1) Innovation jenseits von FuE-Abteilungen:

„2030 sind Offenheit, Lernfähigkeit und Kooperation die Leitbilder von Innovation.“

Entsprechend der These, dass Innovation 2030 durch Offenheit, Lernfähigkeit und Kooperation geprägt sein wird und zu einem wesentlichen Anteil jenseits von FuE-Abteilungen stattfindet, sollten Akteure in Frage stellen, inwieweit bereits heute die Verflechtung von Innovationsaktivitäten in der eigenen FuE berücksichtigt wird. Dies beinhaltet beispielsweise die Kooperation mit Partnern wie Zulieferern und Kunden, aber auch die Zusammenarbeit mit einem größeren Kreis an Akteuren verschiedener Disziplinen und Mindsets, wie beispielsweise der Maker-Bewegung, Bürgerinnen und Bürgern oder anderen Industrien. Im Kontext dieser These ist auch zu klären, wie adaptiv eine Organisation und wie agil Prozesse aufgestellt sein müssen, um neuen, sich schneller ändernden und kooperationsorientierten Anforderungen gerecht zu werden.

2) Integrierte Lösungen und Wertschöpfungssysteme:

„2030 stehen integrierte Lösungen im Mittelpunkt des Innovationsgeschehens.“

Die zweite These lautet, dass 2030 integrierte Lösungen im Mittelpunkt des Innovationsgeschehens stehen, oftmals hochgradig in die Wertschöpfungssysteme der Kunden integriert und entsprechend dem Nutzwert individualisiert. Im Rahmen dieser These muss thematisiert werden, ob vor- und nachgelagerte Aktivitäten des Wertschöpfungssystems in Innovationsprozessen explizit berücksichtigt werden und inwieweit der Nutzwert entwickelter Lösungen kontinuierlich hinterfragt und angepasst wird. Insbesondere Themen wie die Digitalisierung und die Entwicklung neuer Produktionstechnologien wirken im Rahmen dieser These als Katalysatoren für die steigende Individualisierung von Produkten, Prozessen und integrierten Lösungen.

3) Durchgängig digitalisierte Innovationsprozesse

„2030 sind Innovationsprozesse durchgängig digitalisiert.“

Der Trend zur Digitalisierung steht im Mittelpunkt der dritten These, laut der Innovationsprozesse im Jahr 2030 durchgängig digitalisiert sein werden. Die Digitalisierung, kombiniert mit den Fortschritten im Bereich des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz, ermöglicht die maschinelle Integration von Marktanforderungen sowie gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen in die Planung und Durchführung von Innovationsaktivitäten bis hin zur automatisierten Entwicklung inkrementeller Innovationen. Diese Integration erlaubt eine verbesserte Abstimmung und Planung im Spannungsfeld zwischen heutigen und zukünftigen Marktanforderungen sowie technologischen Möglichkeiten. Die Themenfelder des Datenmanagements und der Datensicherheit gewinnen in diesem Kontext bis 2030 wesentlich an Relevanz.

4) Disziplinenübergreifende Anwendung von Wissen

„2030 steht Wissen allen offen – es kommt darauf an, es nutzbringend anzuwenden.“

Interdisziplinäre Nutzung von Wissen einhergehend mit gesteigerter Komplexität wird 2030 im Kontext von „Open Science“ dazu führen, dass Wissen offen zugänglich ist und die nutzbringende Anwendung im Mittelpunkt erfolgreicher Innovationen steht. Durch die Öffnung der Innovationssysteme können insbesondere Akteursgruppen, die traditionell nicht wissenschaftsaffin waren, in den Innovationsprozess eingebunden werden. Dies ermöglicht die Entwicklung ganzheitlicher Lösungen unter Einbeziehung aller Betroffenen, die in soziale Systeme und Interaktionen hochgradig eingebunden sind.

5) Europäisches digitales Ökosystem

„2030 verfügt Europa mit Blick auf Datensicherheit und -souveränität über ein Alleinstellungsmerkmal im globalen Wettbewerb.“

6) Datensicherheit und -souveränität als Alleinstellungsmerkmale Europas im globalen Wettbewerb stehen im Mittelpunkt dieser These für das Jahr 2030. Die kulturelle Diversität und die Verankerung gemeinsamer Werte ermöglichen die Entwicklung eines europäischen Steuerungs- und Regulierungssystems mit positiver Auswirkung auf digitale Innovationen und Wertschöpfung.

Die dargestellten Thesen für Innovation im Jahr 2030 stellen die Grundlage zur Reflexion und Diskussion mit Akteuren im Innovationssystem dar, um Innovationsfähigkeit auch unter

zukünftigen Rahmenbedingungen als Alleinstellungsmerkmal im Wettbewerb zu gewährleisten.

4 Wo sich ein Blick in die Vergangenheit lohnt

Die Thesen für Innovation im Jahr 2030 sowie die in der Literatur genannten Entwicklungen lassen Kontinuitäten über die letzten Jahrzehnte hinweg erkennen. Neben einer wiederkehrenden Nennung der steigenden Komplexität als konstante Rahmenbedingung gehören zu den kontinuierlich genannten Trends die Öffnung von Innovationsaktivitäten sowie die verstärkte elektronische Unterstützung von Innovationsprozessen.

In der Untersuchung der Historie der industriellen Innovation entsprechend der Handlungsfelder des Fraunhofer FuE-Assessments zeigt sich, dass es Entwicklungen gibt, die bereits in der Vergangenheit im Mittelpunkt standen, dann in ihrer Bedeutung rückläufig waren und in einer Art Zyklus mit zeitlichem Abstand wieder an Bedeutung gewannen. Hierzu gehört im Handlungsfeld „*Strategie*“ die Orientierung in Richtung radikaler Innovationen in den Anfängen der industriellen Innovation, wiederkehrend in heutigen Diskussionen zu radikalen oder disruptiven Innovationen. Im Handlungsfeld „*Mitarbeiter*“ ist heute eine Rückkehr zur ursprünglich breiten Verantwortung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der industriellen Innovation entlang des Innovationslebenszyklus und die entsprechende Abkehr von der darauffolgenden verstärkten disziplinarischen und funktionalen Aufteilung zu beobachten. Im Handlungsfeld „*Organisation*“ wurde der Zeitraum zwischen den 1930er bis zu den 1970er Jahren von zentralen Forschungslaboren dominiert. In den letzten Jahrzehnten ist eine Rückkehr zu offenen Strukturen zu beobachten, wie sie in den Anfängen der industriellen Innovation bereits üblich war. Diese war damals eine durch Ressourcenknappheit ausgelöste Notwendigkeit und ist heute eher durch die Komplexität von Innovationsvorhaben getrieben. Eine wiederholt stark diskutierte Entwicklung stellt auch die Missionsorientierung dar, heutzutage insbesondere als Mittel zur Entwicklung radikaler Innovationen und zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen. Diese stand bereits in den 1940er bis 1960er Jahren im Mittelpunkt des Interesses, insbesondere, um wesentliche technologische Herausforderungen zu meistern. Die Entwicklungen in den Handlungsfeldern „*Prozesse*“ und „*Methoden & Tools*“ gleichen eher einer iterativen Weiterentwicklung. Prozesse der industriellen Innovation haben sich über die Historie hinweg von unstrukturierten über linear-angeordnete hin zu flexiblen und agilen Prozessstrukturen entwickelt. Ebenso lässt sich eine immer weiter gehende methodische Unterstützung beobachten, getrieben insbesondere in den letzten Jahrzehnten durch kontinuierlich wachsende elektronische und digitale Möglichkeiten.

Ein Blick in die Vergangenheit scheint demnach im Themenfeld der industriellen Innovation insbesondere in den Handlungsfeldern „*Strategie*“, „*Mitarbeiter*“ und „*Organisation*“, aber auch bezüglich kontinuierlich genannter oder wiederkehrender Trendprognosen als lohnenswert, um die Gegenwart besser zu verstehen und die Zukunft erfolgreich zu gestalten.

5 Resümee

„Nur wer die Vergangenheit kennt, kann die Gegenwart verstehen und die Zukunft gestalten“. Entsprechend diesem Zitat von AUGUST BEBELD in diesem Beitrag die Historie der industriellen Innovation entlang der Handlungsfelder des Fraunhofer FuE-Assessments analysiert, um daraus Erkenntnisse für ein besseres Verständnis der Gegenwart und die Gestaltung der Zukunft abzuleiten. Kombiniert mit den Thesen des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung für Innovation im Jahr 2030 werden Themenfelder identifiziert, für die ein Blick in die Vergangenheit lohnenswert erscheint. Sowohl für Industrie als auch für Wissenschaft lohnt sich ein Blick in die Vergangenheit insbesondere in den Handlungsfeldern der „Strategie“, „Mitarbeiter“ und „Organisation“, da in diesen Feldern heute aktuelle Themen und Ansätze zum Teil bereits in der Vergangenheit eine hohe Bedeutung erfahren haben.

Mit der Zusammenfassung der Historie der industriellen Innovation soll ein Beitrag dazu geleistet werden, dass Akteure aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft einen Einblick in vergangene Themen und Entwicklungen bekommen und hierdurch entsprechend ihres situativen Kontextes Lerneffekte für Innovationsaktivitäten erzielen können. Die Thesen für die Zukunft der Innovation dienen hierbei als Wegweiser zur Reflexion aktueller und geplanter Innovationstätigkeiten.

6 Danksagung

Unser Dank gilt allen Mitwirkenden bei der Erstellung der Thesen für Innovation im Jahr 2030 im Rahmen des Impulspapiers „Wandel verstehen, Zukunft gestalten: Impulse für die Zukunft der Innovation“, insbesondere Prof. MICHAEL LAUSTER, Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT, Prof. THORSTEN POSSELT, Institutsleiter des Fraunhofer-Zentrums für Internationales Management und Wissensökonomie IMW, THOMAS MORSZECK, stitutsleiter des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB und Prof. MARION WEISSENBERGER-EIBL, Institutsleiterin des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI. Darüber hinaus gilt unser Dank den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Institute des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung sowie der Fraunhofer-Gesellschaft, die am Impulspapier mitgewirkt haben, insbesondere Dr. RENÉ BANTES, Dr. ANNETTE BRAUN, TINA KLAGES, Prof. PETER OHLHAUSEN, CORNELIA REIMOSER und Dr. DIANA WORMS.

Literatur

- [ABP18] ARORA, A.; BELENZON, S.; PATACCONI, A.: The decline of science in corporate R&D. In Strategic Management Journal, 2018, 39; S. 3–32
- [AI'84] AL'TŠULLER, G. S.: Creativity as an exact science. The theory of the solution of inventive problems. Gordon and Breach, New York, NY, 1984
- [BAL+17] BLACKBURN, M.; ALEXANDER, J.; LEGAN, J. D.; KLABJAN, D.: Big Data and the Future of R&D Management. In Research-Technology Management, 2017, 60; S. 43–51
- [BaS18] BAUER, W.; SCHIMPF, S.: Understanding the history of industrial innovation: developments and milestones in key action fields of R&D management. In (Politecnico di Milano Hrsg.): R&D Management Conference 2018 "R&Designing Innovation: Transformational Challenges for Organizations and Society", 2018

- [BHV+06] BERKHOUT, A. J.; HARTMANN, D.; VAN DER DUIN, P.; ORTT, R.: Innovating the innovation process. In *International Journal of Technology Management*, 2006, 34; S. 390–404
- [BrB04] BREMSER, W. G.; BARSKY, N. P.: Utilizing the balanced scorecard for R&D performance measurement. In *R&D Management*, 2004, 34; S. 229–238
- [Che03] CHESBROUGH, H. W.: *Open innovation. The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press, Boston, Mass., 2003
- [Dan04] DANNEELS, E.: Disruptive Technology Reconsidered. A Critique and Research Agenda. In *Journal of Product Innovation Management*, 2004, 21; S. 246–258
- [DDW+15] DACHS, B.; DINGES, M.; WEBER, K. M.; ZAHRADNIK, G.; WARNKE, P.; TEUFEL, B.: *Herausforderungen und Perspektiven missionsorientierter Forschungs- und Innovationspolitik*. AIT Austrian Institute of Technology, Innovation Systems Department; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Wien, Karlsruhe, 2015
- [FoH01] FOWLER, M.; HIGHSMITH, J.: The agile manifesto. In *Software development*, 2001, 9; S. 28–35
- [Fra18] Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung (Hrsg.): *Wandel verstehen, Zukunft gestalten. Impulse für die Zukunft der Innovation*, Stuttgart, 2018
- [Fre74] FREEMAN, C.: *The economics of industrial innovation*. Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, 1974
- [Ger12] GERTNER, J.: *The idea factory. Bell Labs and the great age of American innovation*. Penguin Press, New York, NY, 2012
- [KeB99] KERSSSENS-VAN DRONGELEN, I. C.; BILDERBEEK, J.: R&D performance measurement. More than choosing a set of metrics. In *R&D Management*, 1999, 29; S. 35–46
- [KeF89] KENNEY, M.; FLORIDA, R.: The evolution of research and development in US industry: from corporate R&D laboratory to venture capital financed startups. In *Hitotsubashi Journal of Commerce and Management*, 1989; S. 41–51
- [Kel01] KELLEY, T.: Prototyping is the shorthand of innovation. In *Design Management Journal (Former Series)*, 2001, 12; S. 35–42
- [KKC93] KESLER, M.; KOLSTAD, D.; CLARKE, W. E.: Third Generation R&D. The Key to Leveraging Core Competencies. In *The Columbia Journal of World Business*, 1993; S. 34–44
- [KPP14] KENSEN, A. K.; PRETORIUS, J.-H.; PETORIUS, L.: Towards the sixth generation of R&D management: an exploratory study. In (IAMOT Hrsg.): *Proceedings of the International Conference for the International Association of Management of Technology*, 2014
- [Lei00] LEIFER, R.: *Radical innovation. How mature companies can outsmart upstarts*. Harvard Business School Press, Boston, Mass., 2000
- [MaF05] MACGARVIE, M.; FURMAN, J. L.: *Early academic science and the birth of industrial research laboratories in the US pharmaceutical industry*. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass., 2005
- [Maz18] MAZZUCATO, M.: *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union. A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*, 2018
- [MoL06] MORGAN, J. M.; LIKER, J. K.: *The Toyota product development system. Integrating people, process, and technology*. Productivity Press, New York, NY, 2006
- [Mow09] MOWERY, D. C.: Plus ça change: Industrial R&D in the "third industrial revolution". In *Industrial and Corporate Change*, 2009, 18; S. 1–50
- [Nat02] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Hrsg.): *Future R & D environments. A report for the National Institute of Standards and Technology*. National Academy Press, Washington, D.C., 2002
- [Nio99] NIOSI, J.: Fourth-Generation R&D From Linear Models to Flexible Innovation. In *Journal of Business Research*, 1999, 45; S. 111–117
- [Nob04] NOBELIUS, D.: Towards the sixth generation of R&D management. In *International Journal of Project Management*, 2004, 22; S. 369–375

- [OEC18] OECD: Frascati-Handbuch 2015: Leitlinien für die Erhebung und Meldung von Daten über Forschung und experimentelle Entwicklung Messung von wissenschaftlichen, technologischen und Innovationstätigkeiten. OECD Publishing, Paris, 2018
- [OJS+16] OTTO, B.; JÜRJENS, J.; SCHON, J.; AUER, S.; MENZ, N.; WENZEL, S.; CIRULLIES, J.: Industrial Data Space. Digitale Souveränität über Daten. Fraunhofer-Gesellschaft, München, 2016
- [Rot94] ROTHWELL, R.: Towards the Fifth□generation Innovation Process. In International Marketing Review, 1994, 11; S. 7–31
- [ScB15] SCHUBERT, M.; BINZER, J.: Das Fraunhofer IAO FuE-Assessment. In (WAGNER, F. HRSG.): FuE - Fit für die Zukunft. Trends und Erfolgsfaktoren in der Forschung und Entwicklung. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2015; S. 65–77
- [SRE14] SCHMIDT, E.; ROSENBERG, J.; EAGLE, A.: How Google works. Murray (Ebook), London, 2014
- [WMW11] WOHLFART, L.; MOLL, K.; WILKE, J.: Karriere- und Anreizsysteme für die Forschung und Entwicklung. Aktuelle Erkenntnisse und zukunftsweisende Konzepte aus Wissenschaft und betrieblicher Praxis. Fraunhofer-Verl., Stuttgart, 2011

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Wilhelm Bauer ist geschäftsführender Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und stellvertretender Institutsleiter des eng kooperierenden Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart. Damit führt er eine Forschungsorganisation mit etwa 650 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Er verantwortet dabei Forschungs- und Umsetzungsprojekte in den Bereichen Innovationsforschung, Technologiemanagement, Leben und Arbeiten in der Zukunft und Smarter Cities. Als Mitglied in verschiedenen Gremien berät er Politik und Wirtschaft. Bauer ist Autor von mehr als 350 wissenschaftlichen und technischen Veröffentlichungen. An den Universitäten Stuttgart und Hannover ist er Lehrbeauftragter. Er erhielt die Ehrung des Landes Baden-Württemberg als „Übermorgenmacher“ und ist Technologiebeauftragter des Landes Baden-Württemberg. Bauer ist Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung.

Dr.-Ing. Sven Schimpf koordiniert als Geschäftsführer die Aktivitäten des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung. Er arbeitet seit 2002 als interdisziplinärer Forscher und Vordenker bei der Fraunhofer-Gesellschaft. Während seiner Arbeit im Team FuE-Management am Fraunhofer IAO schloss er 2010 die Promotion an der Universität Stuttgart ab. Er war in zahlreiche nationale und internationale Forschungs- und Industrieprojekte involviert, ist regelmäßig in der Hochschullehre und Bewertungsgremien verschiedener Zeitschriften und Forschungsförderer tätig, insbesondere in den Themenfeldern des strategischen FuE-, Technologie- und Innovationsmanagements. 2017 übernahm er die Rolle der Geschäftsführung des neu gegründeten Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung.