

Innovationsfähige Kreativität in der Technikforschung

1. Technikwissenschaftliches Innovationsverständnis

Die Darstellung und Erforschung der Zusammenhänge von Entstehung, Entwicklung, Durchsetzung, Verbreitung und Rückführung innovativer Technologien ist Gegenstand einer Vielzahl von Wissenschaftsbeiträgen. Im Zentrum des Interesses stehen dabei neben der Technik selbst vor allem auch solche Einflüsse, die zu bestimmten Ausprägungen ihrer Anwendung führen und so zu ihrem Erfolg oder Scheitern beitragen.

Die interdisziplinäre Innovationsforschung vollzieht sich vor dem Hintergrund eines zunehmenden Bewusstseins der Zusammenhänge zwischen technischer, wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und politischer Veränderung.

Es gibt eine große Bandbreite an Forschungsansätzen und Konzepten, die unterschiedliche wissenschaftliche Traditionen, Fachdisziplinen und Interessenlagen widerspiegeln.

Die Innovationsforschung, die in ihrem Ursprung den Wirtschaftswissenschaften zugeordnet wird, entwickelt sich zu einer integrativen, multidisziplinären Wissenschaft. Starke Einflüsse gehen von den Theorien und empirischen Analysen der technikgeschichtlichen Forschung, der technisch-ökonomischen Innovationsforschung sowie der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung aus (Abb. 1).¹

Erkenntnisdefizite in der innovationswissenschaftlichen Forschung erfordern Analysen des wissenschaftstheoretischen Status von Innovationssystemen. Eine technologische Innovationstheorie ist in ihrer Gesamtheit auf den Wirkzusammenhang aller Einflussparameter von Innovationsprozessen mit dem Ziel gerichtet, deren Transformationsfunktion prozesstechnisch zu optimieren.

Die Forschungsmethodik der Technikwissenschaften hat sich als eine Funktion konkreter Wechselwirkungen zwischen industrieller Praxis und erkenntnisleitender wissenschaftlicher Theorie empirisch herausgebildet, wobei die Forderung

1 Spur, G.: Technologie und Management. München-Wien: Carl Hanser Verlag 1998, S. 163ff.

Abbildung 1: Bandbreite innovationswissenschaftlicher Forschung



nach innovativen Entwicklungen, Technologien und Produkten ein zentrales Anliegen ist. Der methodische Weg führt überwiegend von einer letztlich praktischen Problemstellung über die Gewinnung empirischen Wissens durch Messung, Beobachtung, Experiment, Modellgenerierung und Simulation hin zur Aufstellung von Theorien und Paradigmen, die nicht nur erforschte Sachverhalte systematisch reflektieren, sondern auch auf die Praxis zurückweisende neue Forschungsperspektiven beinhalten.

Diese umfassende Perspektive vermittelt eine hohe Komplexität der Technikwissenschaften. Entsprechend umfangreich und kompliziert sind aber auch die Fragestellungen, die zur theoretischen und methodischen Begründung zu bewältigen sind.

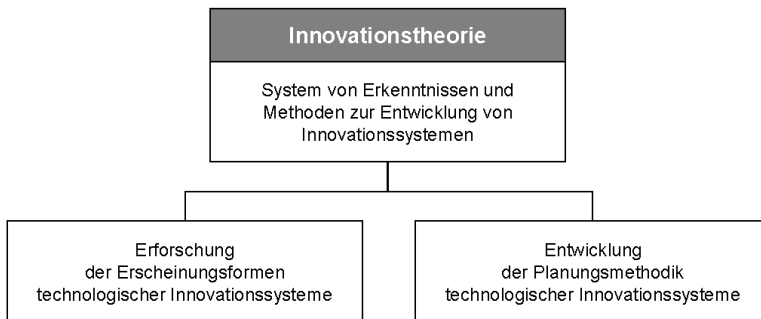
Technologische Innovationsforschung zielt sowohl auf neue Erkenntnisse über strukturelle und funktionale Gesetzmäßigkeiten ihres Gegenstandes als auch auf die technologische und wirtschaftliche Umsetzung dieser Erkenntnisse. Das heißt, Technikforschung ist in ihrem Kern innovationstreibender Technologietransfer. Die Triebkräfte resultieren aus dem technologischen Innovationsbedarf der industriellen Produktionswirtschaft. Diese stellt zugleich die entscheidenden Maßstäbe und Instrumente zur Bewertung innovativer Problemlösungen bereit.

Die Gliederung einer Innovationstheorie nach Einzeldisziplinen ist angesichts ihrer Komplexität und Verfeinerung nicht zwingend notwendig. Allerdings stellt sich die Frage nach den Kriterien oder Prinzipien einer systemischen Klassifizierung. Banse² weist darauf hin, dass es nicht nur um formale Ordnungsgesichtspunkte, sondern „in erster Linie um eine theoretisch tiefgründige Klärung der Wechselbeziehungen im System der Technikwissenschaften“ geht.

2 Banse, G.; Wendt, H. (Hrsg.): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Berlin: Verlag Technik 1986.

Die Technikwissenschaften verfolgen die Aufgabe, theoretische Erkenntnisse zu gewinnen und Methoden zu entwickeln, mit deren Hilfe Handlungsempfehlungen für innovative Aufgaben gegeben werden können (Abb. 2). Die Innovationsforschung erarbeitet allgemeine Erkenntnisse über Aufbereitung, Lösungsfindung, Umsetzung und Nutzung technischer Innovationssysteme. Sie erklärt auch die grundsätzlichen Entscheidungssituationen in technologischen Innovationsprozessen. Bedarfsorientierte Innovationsansätze sind auf problembestimmte Zielsysteme gerichtet. Dem Fortschritt geht ein Bedarf an Innovationen voraus. Die Zielorientierung führt zur Frage nach dem Weg zum Neuen. Dieser ist mehrläufig, es gibt mehrere Ansätze zur Lösungsfindung. Dabei werden die Vorlaufphasen zur Realisierung des Neuen zunehmend komplexer.

Abbildung 2: Kategorien technologischer Innovationsforschung



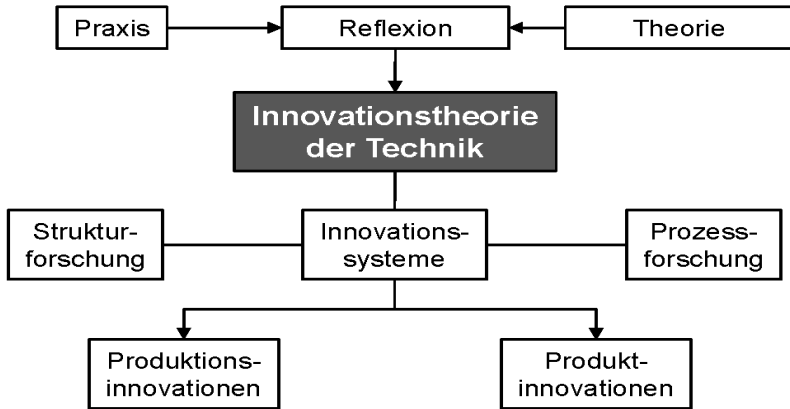
Die Dynamik des fortschreitenden Wandlungsprozesses der Technik bildet einen permanenten Innovationsgradienten, der nicht nur die Richtung der technologischen Entwicklung, sondern durch seine Steilheit auch die Geschwindigkeit des Wandels bestimmt. Seine systemische Komplexität erfordert Strategien, die methodisch umfangreichen und schwierigen Problemstellungen theoretisch wie praktisch gewachsen sind.

Eine Innovationslehre der Technikwissenschaften existiert bisher überwiegend und primär als implizierter Bestandteil der Forschungspraxis. Eine der grundlegenden Aufgaben ist es, Struktur und Wirkungsweise aller theoretischen und praktischen Bestimmungsgrößen zum Aufbau einer Innovationsmethodik zu analysieren.

Der hohe Integrationsgrad von industrieller Praxis und Forschung bedingt auch in methodischer Hinsicht eine starke Dominanz der konkreten Anwendungserfordernisse, denen die methodologische Reflexion und Verallgemeine-

rung der praktischen Erfahrungen untergeordnet bleibt.

Abbildung 3: *Differenzierung technologischer Innovationssysteme*



Die Entwicklung der Technik zeigt, dass die Anwendungsorientierung ein in die Methodik der Innovationsforschung übergreifendes Moment bildet.³ Zielorientierte Problemlösungen erhalten ihren Sinn erst durch ihre Nützlichkeit aus technischer oder wirtschaftlicher Sicht. Die Innovationsforschung hat sich als eine Funktion konkreter Wechselwirkungen zwischen industrieller Praxis und erkenntnisleitender wissenschaftlicher Theorie empirisch herausgebildet, wobei Produktionsinnovationen und Produktinnovationen zu unterscheiden sind (Abb. 3). Die Erkenntnisdefizite über die Methodik der technologischen Innovationsforschung verweisen auf notwendige wissenschaftstheoretische Analysen. Eine Vertiefung der Erkenntnisse über den Wissenschaftsbegriff, über den Entwicklungsstand disziplinärer Integration und Differenzierung sowie über die Vernetzung der technologischen Innovationsforschung wäre auch aus wissenschaftssystematischer Sicht von aktueller Bedeutung. Das gilt sowohl unmittelbar für die technologische und wirtschaftliche Praxis als auch wissenschaftsimmanent für ihre Funktion als eine diese Praxis befördernde Theorie.⁴

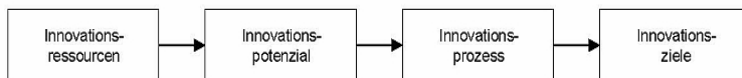
Ein Innovationssystem bildet nach innen eine kausale Ordnung innovationsbezogener Transformationsfunktionen zur Realisierung vorgegebener Zielfunktionen. Es basiert auf Innovationsressourcen, die ein zweckbestimmtes Innovati-

3 Parthey, H.: Das Problem und Merkmale seiner Formulierung in der Forschung. – In: Problem und Methode in der Forschung. Hrsg. v. Heinrich Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1978. S. 11 – 36.

4 Ebenda.

onspotential bilden, um einen Innovationsprozess zur Erfüllung der Innovationsziele einzuleiten (Abb. 4).

Abbildung 4: Zielorientierende Transformationsfunktion von Innovationssystemen



Es handelt es sich um die Wandlung von Ressourcen der Naturwelt in eine technologisch betriebene Nutzwelt der Gesellschaft. Diese Transformationsfunktion muss bei wachsender Komplexität immer mehr Einflussgrößen berücksichtigen und auch mehreren Zielen gleichzeitig gerecht werden. Hinsichtlich der systemischen Verknüpfung bestehen Ordnungsstrukturen und Beziehungen sowohl nach innen als auch nach außen.

Innovationssysteme werden funktional gegliedert sowie durch Strukturen und Prozesse modellhaft abgebildet. Sie müssen bei wachsender Komplexität der Wirtschaftsstrukturen immer mehr Einflussgrößen berücksichtigen und auch mehreren Zielen gleichzeitig gerecht werden. Ihre systemische Verknüpfung erfolgt durch kausale Beziehungen sowohl nach innen als auch nach außen. Neben dem natürlichen Umsystem sind Einflüsse sozio-technischer und sozio-ökonomischer Umsysteme zu berücksichtigen. Die innere Funktionsverknüpfung von Innovationssystemen wird durch ihre Zellenstruktur, die äußere Funktionsverknüpfung durch ihre Netzstruktur dargestellt. Es lassen sich also zellenstrukturierte und netzstrukturierte Innovationssysteme unterscheiden. Sie erfüllen über eine Menge von Elementen und zwischen ihnen bestehenden Relationen durch planmäßige Wirkung ein vorgegebenes Innovationsziel. Sie lassen sich durch eine Hüllfläche von ihrer Umgebung abgegrenzt vorstellen.

Technische Innovationssysteme können funktional als statische, strukturierende Transformationen oder als dynamische, prozessorientierte Transformationen ausgebildet sein. Sie können hinsichtlich ihrer Wirkfelder auch als Innovationswerke verstanden werden (Abb. 5).⁵

5 Spur, G.: Innovation als Begriff. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)3, S. 181.

Abbildung 5: Wirkfelder technologischer Innovationssysteme



Naturtechnische Innovationssysteme sind an die Naturpotenziale Boden, Wasser oder Luft gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Naturwerke materialtechnisch oder energietechnisch orientiert. Ihre Eingangsoperanden bilden einen Eingriff in die Natur. Hierzu gehören Innovationen der Bergbautechnik, Hüttentechnik, Chemietechnik, der Land- und Fischereitechnik sowie Innovationen der gesamten Energietechnik.

Bautechnische Innovationssysteme sind als stationäre Artefakte an die Bodennatur gebunden. Ihre Transformationsoperanden wirken als ortsgebundene Bauwerke durch Strecken-, Flächen- oder Raumfunktionen. Hierzu gehören der gesamte Hoch- und Tiefbau, der Verkehrsbau und der Wasserbau.

Produktionstechnische Innovationssysteme sind als distributiv angelegte Artefakte an ihre Produktionsmittel gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Produktwerke durch ihre gebrauchstechnische Nutzungsfunktion bestimmt. Hierzu gehören die gesamte Geräte- und Maschinenteknik, die Automobiltechnik, Schiffstechnik, Flugtechnik, Textiltechnik und Drucktechnik, aber auch die stoffliche Veredelungstechnik und Haustechnik sowie alle Produkte der Lebensmittel-, Kulturtechnik und Nachrichtentechnik.

Netztechnische Innovationssysteme sind als kommunikativ strukturierte Artefakte an ihre material-, energie- oder informationsorientierten Netzwerke gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Netzwerke durch ihre logistische Verfügbarkeits- und Verteilungsfunktion zeit-, ort- und mengenbestimmt.

Diensttechnische Innovationssysteme sind als handlungsbezogene, soziotechnisch angelegte Artefakte an den Menschen gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Dienstwerke auf Optimierung der Lebens- und Arbeitsgestaltung gerichtet. Hierzu gehören Innovationssysteme der Verwaltungstechnik, Handelstechnik, Versorgungs- und Entsorgungstechnik, der Medientechnik und der Gesundheitstechnik.

2. *Technologische Innovationsfähigkeit*

In der öffentlichen Diskussion besteht Übereinstimmung hinsichtlich der Notwendigkeit, die Umsetzung von neuen Erkenntnissen der Forschung in industriell nutzbare Produkte zu intensivieren. Die Entwicklung neuer Produkte, Methoden, Prinzipien und Vorgehensweisen erfordert Kreativität in Verbindung mit marktbezogener Sachkenntnis und spezifische Erfahrung. Innovationen sind mit dem Eindringen in Neuland verbunden. Dies bedeutet auch eine komplexe Erschließung bisher nicht bearbeiteter Problemfelder.

Phasensprünge sind selten, der Fortschritt ist meist evolutionär und mühsam. Eine zeitliche Streckung des Innovationsprozesses verursacht oft höhere Kosten als die eigentliche Erfindung selbst. In diesem Zusammenhang muss auch auf den hohen Investitionsaufwand hingewiesen werden, der in einer modernen Forschung unverzichtbar ist, um Spitzentechnologien zu realisieren.

Die Förderung forschungsintensiver Innovationen kann durch Subventionen unterstützt werden. Dies geschieht durch Beauftragung im staatlichen Bereich, durch marktstrategische Förderung von Schlüsseltechnologien, durch Anreizsysteme zur Unternehmensgründung und durch intensive Förderung der Grundlagenforschung. Allerdings muss das Fördersystem des Staates so organisiert sein, dass ein nachhaltiger Innovationsdruck entsteht, dem die Wirtschaft nicht ausweichen kann. Die Weiterentwicklung zur Innovationswirtschaft hängt zunehmend von der Wettbewerbsfähigkeit der Innovationsträger ab. Dabei fällt dem Bildungssystem unserer Industriegesellschaft eine wichtige Schlüsselfunktion zu. Technologische Innovationen stellen sich als neue Dimension gesellschaftlicher Verantwortung dar. Sie erfordern nicht nur Kompetenz, sondern auch strategisches Denkvermögen und die Kraft zur politischen Durchsetzung. Die Weltwirtschaft steht im globalen Wettbewerb ihrer Innovationskulturen und damit unter permanentem Handlungsdruck.

In einer hochentwickelten Industriegesellschaft ist die Innovationskreativität von zukunftsentscheidender Bedeutung. Der Erfolg des Neuen entsteht nicht durch Zufall, er entsteht durch zielorientiert geführte Innovationsprozesse. Sowohl methodisches Können als auch kreative Kunstfertigkeit lassen Neues entstehen. Kreative Fragestellungen führen zu neuen Forschungsaufgaben. Sie aktivieren neue Strukturen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit. Das Neue sichert die Zukunft. Der Zukunft wegen müssen wir das Neue wollen. Wissenschaftler und Erfinder sind als Unternehmer die Träger der Innovationen von morgen. Eine gezielte Aktivierung neuer Innovationskulturen wird an Bedeutung gewinnen.

Das Erfinden ist eine Kunstfertigkeit zur Schaffung des Neuen, gestaltet durch innovative Kreativität, die Wissen und Können, Handlungsfähigkeit und Inspiration vereinigt und sich der innovativen Vernunft als Regulativ bedient. Das Ergebnis ist meistens ein Gemeinschaftsprodukt, wirksam als Netzwerk individueller Leistungen. Benötigt wird spezialisiertes Wissen, das sich im gemeinsamen Können offenbart. Hohe Komplexität im Neuen erfordert Gemeinschaftsarbeit. Dabei erhält die Motivation im Sinne von Teamgeist eine besondere Bedeutung.

Eine entscheidende Aufgabe des Innovationsmanagements ist die zielprofilierete Aufbereitung des Innovationsprozesses, um durch kooperatives und simultanes Forschen, Entwickeln, Produzieren und Vermarkten die Umsetzungszeit für das Neue weiter zu verkürzen.

Der ökonomische Imperativ technologischer Innovationen fordert größten Nutzen bei möglichst geringem Aufwand. Dieses bedeutet auch, eine produktive Entfaltung des technologischen Kreativpotenzials zu schaffen. Die Ansätze hierfür liegen in einer vernetzten Aktivierung der Innovationsdynamik sowohl innerhalb des Unternehmens als auch im Umfeld der Zulieferer. Die Entfaltungsmöglichkeiten der technologischen Kreativität liegen in der zielprofilierten Aktivierung von Wissen und Können sowohl im Unternehmen als auch im erreichbaren Umfeld. Sie bedürfen einer spezifischen Stimulierung aller verfügbaren Ressourcen, die zu einer vernetzten Innovationsdynamik führen. Triebkräfte sind die Kreativitätspotenziale der Innovationskultur in Verbindung mit einer zielgerichteten Handlungsfähigkeit der Innovationsplanung (Abb. 6).

Die Reform der Produktionswirtschaft erfolgt durch technologiegetriebenen Innovationsdruck, der von theoretischem Wissen, praktischer Erfahrung, entscheidungsstarker Handlungsfähigkeit sowie von kreativer Einfühlung in die Zukunftsprobleme der Wirtschaft geprägt ist.

Mit der zunehmend wissenschaftsbestimmten, global vernetzten Technik stehen der Gesellschaft Innovationspotenziale zur Verfügung, die in ihrer Komplexität und Mächtigkeit bisher nicht gekannte Dimensionen erreicht haben. Zur Bewertung technischer Innovationspotenziale müssen vergleichbare Parameter definiert werden. Diese unterliegen zeitlichen Veränderungen. Auch verläuft die Entwicklung nicht immer stetig. Komplexität und Wechselwirkung der Einflussparameter erschweren eine Voraussage über die Chancen ihrer Umsetzung.

Aus einem komplexen Innovationspotenzial lassen sich unterschiedliche Innovationsprozesse ableiten, die zu mehreren Wahrheiten führen und durchaus nebeneinander wettbewerbsfähig bestehen können. Es ist auch möglich, dass kreative Lösungswege durch Randbedingungen eingeschränkt, gehemmt oder verhindert werden. Die besonderen Schwierigkeiten liegen in der Einschätzung des Risikos.

Abbildung 6: Zielspektrum der Innovationsplanung



Technologischer Fortschritt bedarf einer permanenten wissenschaftlichen Analyse durch eine innovationsorientierte Begleitforschung. Damit würde ein prozessorientiertes Wissenschaftssystem von Erkenntnissen und Methoden entstehen, das nicht nur der optimalen Gestaltung und Führung von technologischen Wirksystemen dient, sondern auch die kreative Entfaltung des verfügbaren Innovationspotenzials gezielt fördert.

Der Erfolg basiert auf strategischer Aufarbeitung der Innovationsfähigkeit, gestützt auf Wissen und Können, immer reguliert durch kreative Vernunft und mit Verantwortung für das eigene Handeln verbunden.

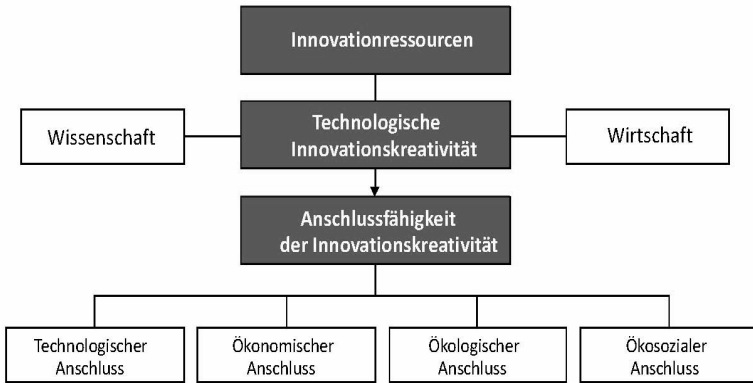
Die Anschlussfähigkeit der Innovationskreativität führt zur Frage nach der Orientierung der stetigen Weiterentwicklung zum Neuen, nach den Kriterien zur Optimierung von Innovationszielen (Abb. 7). Gefragt ist eine technologische Kreativität, die einen leistungsstarken Innovationsdruck erzeugt.

Die Innovationsfähigkeit von Kreativpotenzialen kennzeichnet ihr Vermögen, gestellte Innovationsprobleme zielgerecht zu lösen. Sie vermittelt eine Aussage über die Erreichung der Leistungsziele von Innovationen.

Innovationen entwickeln sich in einem Kreativitätspotenzial, das auf Empfindung und Eingebung, auf Wissen und Können, aber auch auf Handlungsvermögen und Entscheidungsfähigkeit beruht. Die Innovationsaufbereitung erfordert Gemeinschaftssinn in Verbindung mit individuell geprägter Leistungsbereitschaft. Die Fähigkeit zur kreativen Zusammenarbeit erweist sich auch an der Aufgeschlossenheit für die Ideen des Anderen. Deshalb ist Kommunikationsfähigkeit genauso gefragt wie Verfügbarkeit über Wissen und Können.

Eine wesentliche Leitfunktion für erfolgreiches Innovationsmanagement ist die Aktivierung aller verfügbaren Handlungs- und Wissenspotenziale. Der innovative Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis ist noch immer unter-

Abbildung 7: Anschlussfähigkeit der technologischen Innovationskreativität



entwickelt. Die produktive Entfaltung der wissenschaftlichen Kreativpotenziale ist eine wichtige Aufgabe des Innovationsmanagements. Die Wettbewerbswirtschaft hat den Erwartungsdruck gegenüber Wissenschaft und Forschung gesteigert. Innovationsfähige Kreativität ist gefragt. Sie bewirkt durch einen leistungskreativen Innovationsdruck eine produktive Unruhe am Markt. Phasensprünge werden sichtbar, die sich schrittweise durch marktorientierte Innovationschübe entwickeln, getrieben von der integrativen Eigendynamik technologischer Kreativität.

3. Technologische Innovationskreativität

Innovationsfähige Kreativität ist eine Kunstfertigkeit zur Schaffung des Neuen, dadurch gekennzeichnet, dass sie Wissen mit Können, Handlungsfähigkeit mit Inspiration vereint und durch innovative Vernunft reguliert wird.

Innovationsfähige Kreativität ist auf Neues gerichtet, sie verarbeitet das Neue, das sie entdeckt, aber auch das, was durch sie als Neues erfunden wird. Fragestellungen führen zum Anschluss an das Alte, um mit dem Neuen die Zukunft zu wagen. Der Zukunft wegen müssen wir das Neue wollen. Um das Neue zur Nutzung zu führen, muss es bedarfsgerecht gestaltet und zeitgerecht angeboten werden.

Die Lösung von Innovationsproblemen erfordert sowohl methodisches Können als auch praktische Fertigkeit. Die Tätigkeit von Ingenieuren hat noch immer einen Hauch der Renaissance, als ihr Tun den „Nützlichen Künsten“

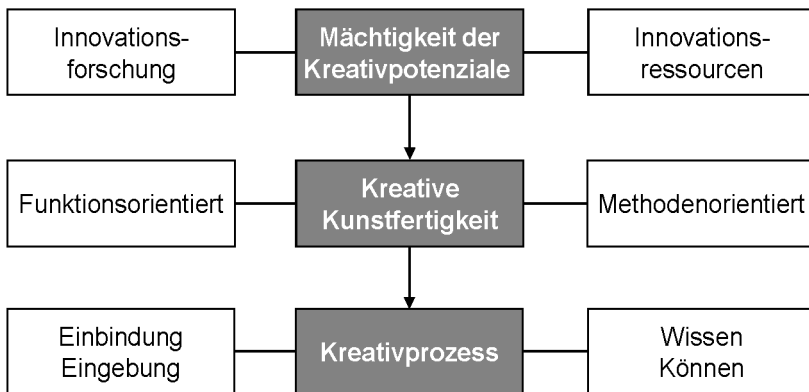
zugeordnet wurde. Allerdings ist ihr Wirkfeld heute weniger künstlerisch als wissenschaftlich profiliert. Jedoch bleibt die Ingenieurkunst des Individuums für das persönliche Erfolgserlebnis unverzichtbar.

Ein wichtiges Kriterium für den Erfolg von Innovationsprojekten ist eine gezielte Handlungsfähigkeit, die auch Durchsetzungsvermögen einschließt. Dabei gilt es, technischen Sachverstand mit wirtschaftlichem Handeln zu verbinden, wobei der Zeitdruck auf Innovationsprozesse enorm gestiegen ist.

Der ökonomische Zwang im Innovationsmanagement erfordert großen Nutzen bei möglichst geringem Aufwand. Grundlage ist eine Maximierung der Leistungsintensität des verfügbaren Innovationspotenzials. Dies bedeutet auch, eine zielgerichtete volle Entfaltungsmöglichkeit der technologischen Kreativität zu schaffen.

Die Mächtigkeit der Kreativpotenziale bereichert nicht nur die technologische Forschung, sie bildet auch die Quelle des technologischen Fortschritts und vermittelt eine zielorientierte Umsetzung durch anwendungsorientierte Kreativprozesse (Abb. 8).

Abbildung 8: Mächtigkeit der Kreativitätspotentiale



Wachstumsstarke Wirtschaftskulturen bewirken durch die kreative Mächtigkeit ihres Innovationspotenzials eine fortwährende Herausforderung der werktechnischen Kunstfertigkeit des Menschen. Durch das komplexe Eindringen der Informationstechnik in alle Wissensgebiete hat der schöpferische Geist des Menschen Entwicklungsmöglichkeiten erhalten, die alle bisherigen Vorstellungen übertreffen. Als Folge dieser Kreativität entstehen virtuelle Systeme, die über digitale Modelle in einer Hilfswelt zur Natur betrieben werden können. Innovati-

onskulturen entstehen heute nicht nur aus dem Kreativitätspotenzial einzelner Unternehmen, sie sind auch das Ergebnis einer neuen Qualität des digital vernetzten Zeitgeistes.⁶

Die Digitalisierung realer Welten basiert in hohem Maße auf schöpferischen Fähigkeiten. Sie ist auch das Ergebnis einer sich dynamisch entwickelnden mentalen Kunstfertigkeit des Menschen. Es handelt sich dabei um eine überwiegend rational-systematisch geprägte Kreativität gepaart mit einem unverzichtbaren realen Bezug. Die zukünftigen Entfaltungsmöglichkeiten virtueller Gestaltungsmittel sind immens und in ihrer speziellen Verzweigung schwerlich voraussehbar. Die Ingenieurkunst bedient sich zunehmend einer hoch qualifizierten Modellierungstechnik, um durch Simulation die Realität des Zukünftigen mit möglichst geringem Risiko gegenwärtig zu erfahren. Eine solche Virtualisierung des Geplanten erfordert allerdings einen großen Aufwand und macht auf Dauer nur dann Sinn, wenn sie an ihrer wirtschaftlichen Wirkung gemessen werden kann. Die Digitalisierung der Innovationsplanung treibt zu digitalen Investitionen, schiebt neue zielgerichtete Kreativitätspotenziale als Innovationskeil in den Markt.

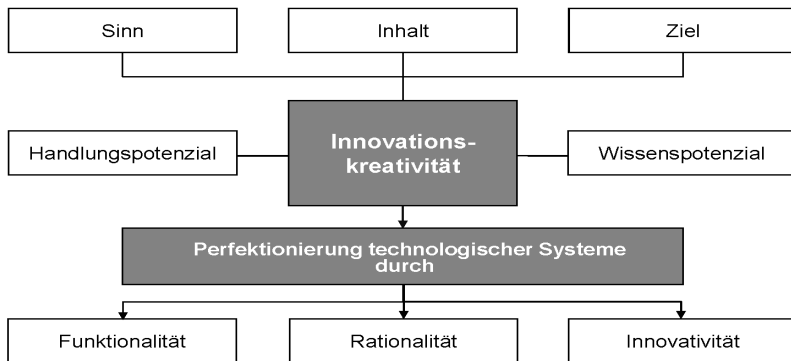
Die globale Dynamik des Wettbewerbs der Produktionswirtschaft führt zu einem Paradigmenwechsel der Produktionstechnik. Die Neue Fabrik ist ein Produkt des globalen Wettbewerbs. Sie kombiniert Wertschöpfung mit Beschäftigung. Sie bewirkt eine bewusst eingeleitete Veränderung der produktionswirtschaftlichen Arbeitswelt. Ein solcher Wandel verändert die gesellschaftliche Position der Wissenschaften und fordert zu Fragen nach einem neuen Selbstverständnis heraus. Die neuen Produktionsinnovationen werden immer mehr das Produkt wissenschaftlich-technischer Kreativpotenziale. Sie entstehen durch problemorientiertes Denken, systematisches Planen und ökonomisches Umsetzen. Das Neue muss realisiert werden und den angestrebten Zweck erfüllen. Erst die praktische Wirksamkeit gibt einer Innovation ihre Erfüllung.

Technologische Systeme geben nur dann einen Sinn, wenn ihre Prozesse funktionieren. Dies setzt voraus, dass sie gebaut und praktisch wirksam sind. Der Nutzen entscheidet über den Wert. Die bauliche Funktionsfähigkeit ist unverzichtbar. Funktionalität, Rationalität und Innovativität bilden zusammengefasst die Sachzwänge zur Perfektionierung der Kreativprozesse von Innovationssystemen (Abb. 9).

6 Jaworski, J. / Zurlino, F.: Innovationskultur: Vom Leidensdruck zur Leidenschaft. Frankfurt am Main: Campus Verlag 2009, S. 51.

Innovationssysteme sind hinsichtlich ihrer Zielsetzung unterschiedlichen Risiken ausgesetzt. Um diese zu beseitigen, ist schon in der Planungsphase eine systematische Gegensteuerung erforderlich, auch Risikomanagement genannt.

Abbildung 9: Perfektionierung der Kreativprozesse von Innovationssystemen



Zunächst gilt es, die Risiken zu identifizieren, also das Risikoprofil zu ermitteln, was sich bei hoher Komplexität der Produktionssysteme als sehr schwierig erweist. Die systematische Erfassung der Risikoparameter wird als Risikonetzwerk dargestellt und zur integrativen Bewertung aller Risikopotenziale verwendet.

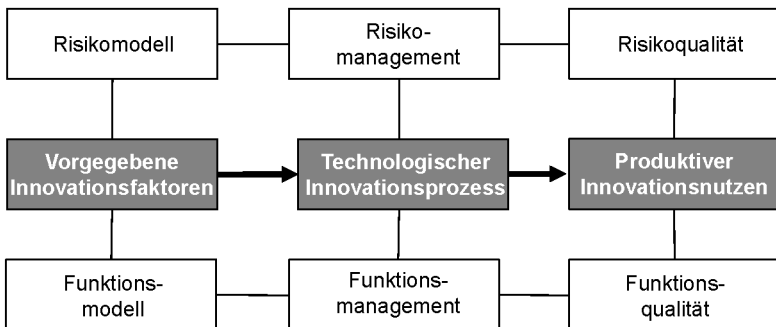
Hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrer nachhaltigen Wirkung sind die Risiken zu gewichten. Dabei sind auch Wechselwirkungen zu beachten und Gegenmaßnahmen vorzuhalten. Mehrläufige Lösungsmodelle zur Fehlerkompensation sind eine wichtige Voraussetzung für flexible Handlungsmöglichkeiten im Fall des Risikoeintritts. Um sicherzugehen, kommt es auch „auf die Reserve“ an.

Zur Beherrschung der Risikomatrix muss ein systematischer Maßnahmenkatalog aufbereitet werden, der als komplexes Risikosystem verstanden werden kann. Dabei kommt es sowohl auf gute Vorausplanung als auch auf zügige Handlungsfähigkeit an. Zu unterscheiden sind Einzelrisiken, die in singulären Prozessen auftreten, und Netzwerkrisiken, die aus komplexen Wechselwirkungen entstehen. Maßnahmen zur Verminderung des Risikos sind meistens kostenintensiv. Viele Fehlleistungen sind aus Erfahrung voraussehbar. Ganz oben steht das Risiko des menschlichen Versagens.

Die Risikohaftigkeit komplexer Innovationsprozesse führt zwangsweise zu systemischen Vorsorgeplanungen. Hier sind Methoden des Qualitätsmanagements

geeignet, die durch rechnerunterstützte Regulierung entscheidungsschwierige Teilprozesse absichern. Insbesondere gilt diese Forderung nach begleitender Risikoabschätzung für kapitalintensive Innovationsprozesse. Angestrebt werden informationsintegrierte, dezentral wirksame Regulative, deren autonome Intelligenz eine periphere Überwachung aller relevanten Prozessschritte ermöglicht. Eine solche risikobezogene Ablauforganisation würde konsequenterweise digital modelliert werden und damit eine Simulation von Innovationsprozessen ermöglichen. Dies dient zur Entlastung der ereignisorientierten Planungsarbeiten bei komplexen technologischen Problemen und bildet ein Instrumentarium, das von der mühsamen Überwachung komplexer Handlungsabläufe entbindet. Ein solches Planungsmanagement führt in Kombination mit einem Risikomanagement zu einer optimierten Verarbeitung von Planungsquanten und damit auch zur Steigerung der Innovationsproduktivität (Abb. 10).

Abbildung 10: Funktionenorientiertes Risikomanagement von Innovationssystemen



Über die Methodik einer vorlaufenden simulativen Planung können Möglichkeiten erschlossen werden, Innovationsprozesse in ihrer Zuverlässigkeit, Robustheit, Sicherheit und Produktivität zu verbessern. Mit Hilfe spezifischer Algorithmen lassen sich sowohl strategische Zielsetzungen als auch operative Einzelabläufe in ihrer kommunikativen Verknüpfung durch Anpassung der Parameter optimieren.

Der globale Zwang zur permanenten Innovatisierung technologischer Produktionsprozesse ist eine Herausforderung zur Neugestaltung technischer Planungssysteme. Mangelnde Planungsverlässlichkeit führt zu instabiler Verfügbarkeit der meist sehr kapitalintensiven Investitionen und damit zu erheblichen Kostensteigerungen.

Eine solche Planungskultur darf nicht nur an technologischen Kriterien gemessen werden, sondern sie muss sich auch an den Kriterien der ökonomischen Vernunft ausrichten. Der permanente Innovationsdruck erzwingt eine neue Qualität planerischer Arbeitsleistung und ermöglicht dadurch eine periodische Erzeugung des Neuen. Gewissermaßen als Handlungsbevorratung denkbar, kann das Neue bei Bedarf kurzfristig abgerufen werden. Dabei verlagert sich der Schwerpunkt der Innovationsstrategie zunehmend auf informationstechnische Werkzeuge dezentral organisierter Zulieferbetriebe, die im Netzwerkverbund untereinander abgestimmt agieren.

Die technologische Innovationskreativität hat ein vernetztes Wirkungsfeld, das sich in Produktorientierung und Produktionsorientierung aufteilt. Sie ist ein Teilgebiet des Innovationsmanagements, das durch kreativ-gestaltende Tätigkeiten der Entscheidung, der Durchsetzung, der Verwirklichung und der neutralen Aufsicht bestimmt wird.

4. Problemorientierte Innovationskreativität

Die Entwicklung der Technik lehrt, dass Kreativität zur Realität des jeweiligen Entwicklungsstandes der Technik anschlussfähig sein muss, um erfolgreich wirken zu können. Das Neue ist zum Wandel des Gegenwärtigen befähigt und leitet den Fortschritt ein. Damit stellt sich aber auch die Frage nach der Orientierung dieser Weiterentwicklung zum Neuen, nach den Kriterien zur Bewertung von Innovationen.

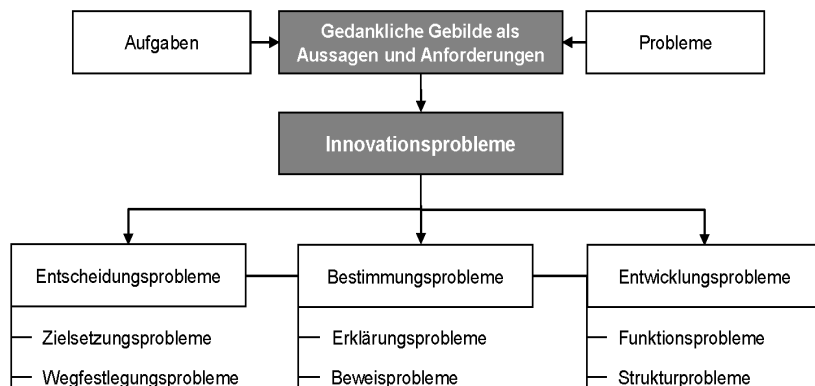
Technologische Kreativität ist komplex und gleichzeitig spezifisch angelegt. Ideen allein reichen nicht aus, um Innovationsprozesse auszulösen. Es kommt auf die innovationskreative Mächtigkeit der gedanklichen Erkenntnisssysteme an, um methodisch einen Kreativprozess zur Lösung aufbereiteter Problemstellungen einzuleiten und zielorientiert unter Absicherung gegen zu erwartende Risiken zum geplanten Erfolg zu führen.

Intelligenz und Kreativität sind zwei sich teilweise überschneidende Kompetenzen. Kreative Ideengenerierung zur optimalen Lösungsgestaltung erfordert systemisches Denken, aber auch die Realisierung und Umsetzung kontextbezogener Planungsziele. Während es zunächst um die Generierung möglichst vieler und vielfältiger Lösungen geht, müssen diese anschließend konsequent analysiert, geprüft und problemorientiert aufbereitet werden.

Die Problembeschreibung umfasst Zielgrößen und Soll-Situationen, Ausgangsgrößen und Ist-Situationen sowie die Hemmnisse zur Problemlösung. Abbildung 11 zeigt die Aufgliederung der Problemlösungsphase nach Parthey⁷. Technologische Innovationsprozesse sind durch eine große Problemdichte ge-

kennzeichnet, die zu einem hohen Anteil schöpferischer Tätigkeit herausfordert. Die sich stellenden Innovationsprobleme werden mit der Generierung funktions-erfüllender Prinzipien durch kreative Tätigkeiten gelöst.⁸

Abbildung 11: Aufgliederung der Problemlösungsphase (in Anlehnung an Parthey)



Parthey⁹ untersuchte die Problemstruktur der Technikwissenschaften. Er unterscheidet Problemsituationen der Forschung von solchen der Praxis: Forschungsprobleme sind wissenschaftlich formulierte Erkenntnisprobleme, aber nicht jedes wissenschaftlich formulierte Innovationsproblem enthält die Zielstellung, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen. Die Haupttypen lassen sich in Bestimmungsprobleme zur Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in Form von Aussagen und in Entscheidungsprobleme zur Beherrschung des methodischen Vorgehens in der Forschung in der Form von neuen methodischen Regeln und Prinzipien und deren Systeme unterteilen.¹⁰

Für die Technikwissenschaften sind Bestimmungs- und Entscheidungsprobleme, in zunehmendem Maße aber auch ihre Kombination mit Entwurfsproblemen besonders relevant.¹¹ Ein Entwurfsproblem liegt immer dann vor, wenn bekannten

7 Parthey, H.: Das Problem und Merkmale seiner Formulierung in der Forschung. A. a. O..

8 Siehe Parthey, H. / Schlottmann, G., Problemtypen in den Technikwissenschaften. - In: Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Helge Wendt. Berlin: Verlag Technik 1986. S. 44 - 53.

9 Ebenda.

10 Ebenda.

11 Ebenda.

Funktionen funktionserfüllende Strukturen zuzuordnen sind. Am sinnfälligsten tritt dieser Problemtyp im konstruktiven Prozess hervor, wenn zu einer technischen Funktion ein entsprechendes Element gesucht wird. Als Denkmodell erweist sich hierbei die Black-box-Darstellung der Systemtheorie für zweckmäßig. Abhängig vom Fachgebiet werden in der Regel mehrere mögliche Inhalte, d. h. mehrere bekannte Strukturen als funktionserfüllend angebbbar sein. Diese Mehrdeutigkeit mit dem Rückgriff auf bekannte Strukturen reduziert das Entwurfsproblem auf ein Entscheidungsproblem.¹²

Aus der Problemdefinition und ihrer Bewertung erfolgt neben der Priorisierung von Problemen eine Einteilung in technologische Probleme und organisatorische Probleme. Diese beiden Kategorien beinhalten jeweils als Prototypen Abweichungsprobleme, Komplexitätsprobleme und Entscheidungsprobleme. In vielen Situationen treten diese Problemtypen gemischt auf und erschweren damit die Problemlösungsprozesse.

Ganzheitlich wirkende Probleme werden möglichst hierarchisch in Teilprobleme gegliedert. Dabei treten verschiedene Problemtypen auf, die identifiziert und unterschiedlich bearbeitet werden müssen. Hierfür kann eine Kategorisierung der Problemarten hilfreich sein.

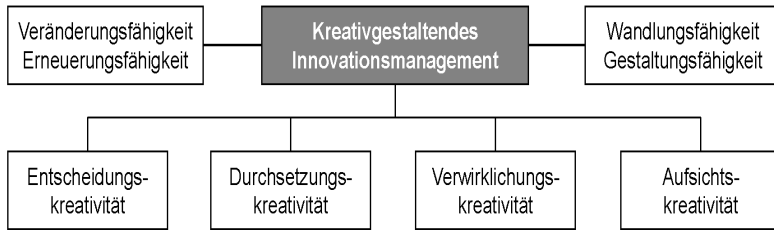
Der Innovationsprozess erfordert somit produktiv-schöpferische Fähigkeiten des Bewusstseins, um Neues durch neue Vorstellungen und neue Gedankenverknüpfungen zu gestalten. Dabei ist zu beachten, dass das Neue allein noch keine Innovation ist: Erst die problemlösenden Effekte leiten den Innovationsprozess ein. Die verfügbare innovationsfähige Kreativität muss komplex und gleichzeitig spezifisch angelegt sein. Das schliche Erfinden reicht nicht aus, um Innovationsprozesse auszulösen. Es kommt auf die innovationskreative Mächtigkeit der gedanklichen Erkenntnisssysteme für zukunftsorientiertes Handeln an, um methodisch einen Kreativprozess zur Lösung von aufbereiteten Problemstellungen einzuleiten und zielorientiert unter Absicherung gegen zu erwartende Risiken zum geplanten Erfolg zu führen.

Das Wirkpotenzial der Innovationskreativität durchdringt den Leistungserstellungsprozess der gesamten Innovationsentwicklung (Abb. 12).

Die individuelle Kreativität hat zwar nach wie vor eine große Bedeutung, ist aber ohne anschlussfähige Netzarbeit kaum wirksam. Technologische Kreativität beruht auf Empfindung und Eingebung, auf Wissen und Können, aber auch auf Handlungsvermögen und Entscheidungsfähigkeit. Sie offenbart Kunst und Können. Von Ideen getrieben entsteht das Neue durch praktisches Handeln.

12 Ebenda.

Abbildung 12: Kreativbestimmte Teilgebiete des Innovationsmanagements



Triebkräfte sind die Kreativitätspotenziale der technologischen Vernunft mit ihrer anschlussfähigen Orientierung auf Probleme einer dynamisch wachsenden Innovationswirtschaft. Die produktive Entfaltung des technologischen Kreativpotenzials liegt in der Verantwortung des Innovationsmanagements.

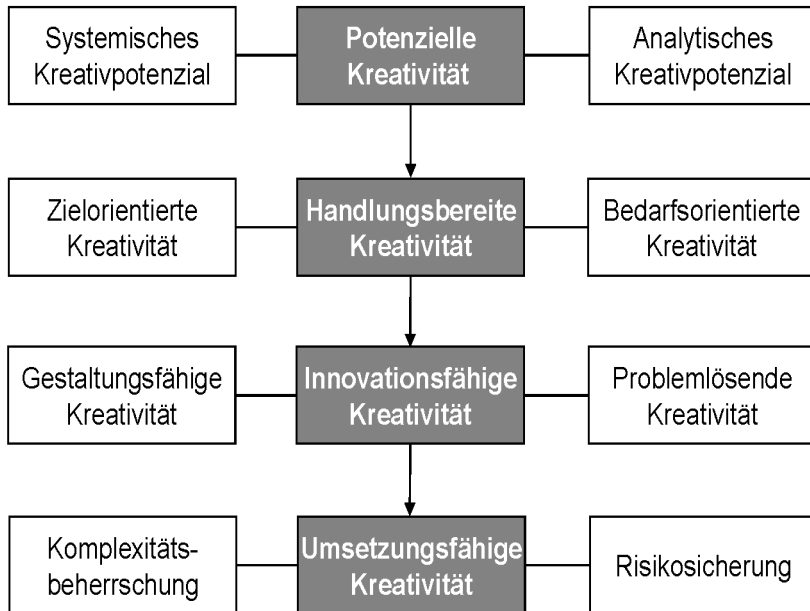
Eine bestimmte Innovationsfunktionalität wird durch verschiedene geometrische und technologische Gestaltungsmöglichkeiten realisiert. Für definierte geometrische Formen und festgelegte Werkstoffe können alternative Herstellungsverfahren zur Anwendung kommen. Die potenziellen Beziehungen müssen in ihrer Vielfalt koordiniert und bestmögliche Zusammenhänge ausgewählt werden. Hierbei ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass technische Innovationsobjekte sich nicht nur aus materiellen Bestandteilen zusammensetzen, sondern verstärkt auch aus immateriellen Komponenten bestehen.

Innovative Kreativität vereint Wissen und Können, Handlungsfähigkeit und Inspiration und bedient sich der innovativen Vernunft als Regulativ. Dabei ist das Ergebnis meistens ein Gemeinschaftsprodukt, wirksam als Netzwerk individueller Leistungen. Es kommt auf spezialisiertes Wissen an, was sich im gemeinsamen Können offenbart. Hohe Komplexität im Neuen erfordert Gemeinschaftsarbeit. Dabei erhält die Motivation im Sinne von Teamgeist eine besondere Bedeutung.

Die großen Innovationen unserer Zeit waren immer ein Netzprodukt des wissenschaftlich-technischen Kreativpotenzials. Schöpferisches Handeln erfährt im Wechselspiel mit erfolgreicher praktischer Anwendung einen unverzichtbaren Antrieb zur Anreicherung der Innovationsprozesse. Dennoch ist es Irrtum zu glauben, dass der Erfolg selbstläufig ist. Innovationsfähige Kreativität bedarf der Pflege aller Wirkfaktoren (Abb. 13).

Die Sicherung der Zukunft steht unter dem Imperativ der kreativen Nutzung aller Innovationspotenziale in Wissenschaft und Wirtschaft. Wenn technologische Innovationen als Teil unserer kulturellen Entwicklung auf Wandel und Fortschritt der Produktionswirtschaft gerichtet sind, dann will die

Abbildung 13: Netzpotenziale innovationsfähiger Kreativität



Innovationsforschung lehren, wie dieses System der kreativen Erneuerung begründet ist und in seiner gesamtwirtschaftlichen Einbettung optimiert werden kann. Die kreative Erneuerung der global vernetzten Technologiekultur ist die Grundaufgabe technologischer Innovationsforschung.¹³

Der technologische Innovationsdruck entspringt handlungsorientierter Kreativität und beweist sich durch das Machbare. Fortschritt wird von bewusster Rationalität geleitet. Er beruht auf wissenschaftlicher Forschung, auf Erklärungsfähigkeit im praktischen Gestalten und auf innovativem Handlungsvermögen. Kreativität wird von der Zweckerationalität zur Schaffung des Neuen durch kulturelle, technologische, ökonomische und politische Wirkfaktoren aktiviert.

Kreativität bewirkt die Entstehung des Neuen. Bereichert durch technologisches Wissen bildet sie die Quelle des Fortschritts und vermittelt eine zielorien-

13 Spur, G.: Kreativitätsmanagement von Innovationssystemen. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106 (2011) 5, S. 377.

tierte Handlungsweise. Die innovative Vernunft wirkt als Richtfeld technologischer Kreativpotenziale zur Schaffung des Neuen.

Wichtig ist die Entwicklung einer kreativen Innovationskultur als Voraussetzung einer gezielten und erfolgreichen Innovationsplanung. Die Zukunftssicherung der Gesellschaft erfordert eine nachhaltige Strategie zur Entwicklung und Nutzung aller nachwachsenden geistigen Ressourcen zur Entwicklung von Kreativität. Die Wirtschaft ist mehr denn je auf eine Selbstaktivierung ihrer kreativen Forschungspotenziale angewiesen. Wachstumsstarke Wirtschaftskulturen setzen eine kreative Mächtigkeit ihres Innovationspotenzials voraus.

Die Produktionswirtschaft des Weltmarktes steht zunehmend unter dem Innovationsdruck einer neuen Technologiekultur, basierend auf komplexer Kommunikationsfähigkeit und schneller Zugänglichkeit zu Informationen sowie gezielter Nutzung eines global vernetzten Kreativitätspotenzials.

Markterfolge sind vom Kreativitätspotenzial des technisch-wissenschaftlichen Fortschritts abhängig. Nachhaltig davon abgeleitete Innovationsprozesse zielen auf eine dauerhafte Stabilisierung der Produktionswirtschaft. Deren existenzielle Basis beruht auf effizienter Nutzung kreativer Ressourcen, getrieben von Erfindungsreichtum im praktischen Gestalten und verknüpft mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung. Dabei bestimmt der technische Fortschritt durch seine komplexe Wirkung nicht nur das Sachpotenzial unserer Wirtschaftswelt, sondern er durchdringt zunehmend unsere Umwelt als Teil unserer Lebenskultur. Die individuelle Kreativität des Einzelnen hat zwar nach wie vor eine große Bedeutung, ist aber ohne soziotechnische Vernetzung kaum noch wirksam. Eine Schlüsselrolle spielt die angepasste Verfügbarkeit von technologischer Kreativität. Sie ist für die Erschließung fortgeschrittener Innovationspotenziale unverzichtbar.

Die technologischen Innovationen der Weltwirtschaft entwickeln sich aus kulturell unterschiedlich geprägten Kreativitätspotenzialen. Ihre informationstechnische Verknüpfung öffnet komplexe Möglichkeiten zur kreativen Entfaltung in einer Weise, die das bisher Vorstellbare übertrifft. Die Zukunft gehört all denen, die über kreative Netzwerke verfügen, um im kulturellen Wettbewerb der innovationsstarken Wirksysteme zu bestehen. Es kommt auf das kreative Können an.

Technologische Innovationen müssen auf den Lebensgesetzen der Natur basieren. Offen bleibt die Frage, an welchem Gesellschaftsbild sich technologische Innovationskulturen orientieren. Das Kreativitätspotenzial der Welt ist offen. Es wirkt als Herausforderung zu einem Wandel der Welt.