



Stellungnahme

thinkING generations -
Innovationen für Deutschland

Mai 2015



Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Standort, Technologien und Innovationsfähigkeit	7
2.1	Stärken und Schwächen: Das Profil der deutschen Wirtschaft	7
2.2	Innovationsfähigkeit als Voraussetzung für Innovationsleistung	8
2.2.1	Wissen und Können entlang der Wertschöpfungskette	9
2.2.2	Können, was andere nicht können	10
2.2.3	Lern- und innovationsförderliche Unternehmensstrukturen	11
2.2.4	Innovation durch Kooperation	12
2.3	Stärken und Schwächen des Innovationsstandorts Deutschland im Überblick	13
3	Handlungsfelder	15
3.1	Technikaufgeschlossenheit sichern	15
3.2	Kompetenzen im technischen Bereich aufbauen	16
3.3	Innovationsprozesse und Wissenstransfer in den Unternehmen verbessern	19
3.4	Chancenorientierte Innovations- und Technologieförderung optimieren	21
3.5	Mit Clustern Wandel gestalten und Innovationsprozesse öffnen	23

1 Zusammenfassung

Deutschland ist ein führender Technologie- und Innovationsstandort mit einem hochleistungsfähigen industriellen Kern. „**Made in Germany**“ gilt nach wie vor weltweit als Garant für Qualität, Präzision und Zuverlässigkeit von Produkten und Dienstleistungen und bildet gleichzeitig die Basis unseres wirtschaftlichen Erfolgs. Nicht zuletzt in der starken deutschen Ingenieurskultur und Ingenieurskunst liegt die hervorragende Reputation des Innovationsstandorts Deutschland begründet.

Dem aktuellen Zustand, viel mehr aber noch den Perspektiven des Innovationsstandorts Deutschland widmet sich der diesjährige **27. Deutsche Ingenieurtag**. Sein Motto „**thinkING generations – Innovationen für Deutschland**“ betont die Bedeutung vorausschauenden und generationenübergreifenden Denkens und Handelns bei der Lösung heutiger und künftiger Herausforderungen. Hierzu liefert diese Stellungnahme nicht nur eine umfassende Analyse, sondern identifiziert insbesondere erfolgskritische Handlungsfelder und liefert konkrete Empfehlungen, damit Deutschland auch in Zukunft seinen Spitzenplatz in Europa und im internationalen Wettbewerb behaupten kann.

Ganz entscheidend wird die Perspektive der deutschen Volkswirtschaft von unserer Fähigkeit abhängen, auch in Zukunft Innovationen marktfähig und zeitnah zu realisieren. Zentrale Ausprägungen dieser **Innovationsfähigkeit** sind:

- großes Fachwissen und Können der Menschen (Humankapital),
- Wissen in komplexe Produkte umsetzen zu können (Komplexitätskapital),
- Wissensbestände im Unternehmen nutzen (Strukturkapital) und
- über Unternehmensgrenzen hinweg (Beziehungskapital) zusammenzubringen.

Darüber hinaus wirkt eine Gesellschaft, die technologischen Innovationen gegenüber offen ist und sich im besten Fall sogar dafür begeistern lässt, wie ein Katalysator für die Innovationsdynamik.

Bislang ist das Innovations- und Technologieprofil der deutschen Volkswirtschaft durch **einzigartige Stärken** geprägt: Unser duales Bildungssystem aus Praxis- und Theorievermittlung an zwei koordinierten

Lernorten garantiert hochwertige und bedarfsgerechte Qualifikationen. Die Zahl der Studierenden steigt, und die Zahl der Promotionen gerade auch in MINT-Fächern ist beachtlich. Die Kooperationsmöglichkeiten durch spezialisierte Bildung und differenzierte Forschungs- und Wirtschaftsstrukturen sind ausgezeichnet. Unter dem Strich resultiert daraus die sehr ausgeprägte Fähigkeit, durch die konsequente Nutzung und Integration fortschrittlicher Technologien Produkte herstellen zu können, die im Weltmarkt führend sind.

Auf der anderen Seite bestehen jedoch **strategische Defizite**, die nicht ignoriert werden dürfen: Beispielsweise ist eine zu geringe Präsenz und sind klare Rückstände in neuen und wissensbasierten Branchen und Technikfeldern (wie etwa Kommunikationstechnik, Cloud- und Netzwerktechnologien) festzustellen. Technische Allgemeinbildung findet in den Schulen nach wie vor praktisch nicht statt. Dies erschwert es, den Nachwuchs für technische Berufe zu interessieren und die Aufgeschlossenheit der Bevölkerung neuen Technologien gegenüber weiter zu verbessern. Die Dynamik zwischen beruflicher und akademischer Bildung ist zu gering. Lebenslanges Lernen ist immer noch eher ein akademisches Postulat, denn gelebter Alltag. Die Abbruchquote in den Ingenieurwissenschaften an unseren Universitäten und Fachhochschulen ist mit durchschnittlich 30 Prozent trotz Verbesserungen in den letzten Jahren noch zu hoch. Und die theoretisch hervorragenden Kooperationsmöglichkeiten zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, aber auch zwischen Unternehmen untereinander, werden in der Praxis zu wenig genutzt. Fazit: Das Risiko nimmt zu, dass Deutschland in eine gefährliche „Sandwich-Position“ gerät – und zwar zwischen Innovations-Champions wie Südkorea, USA oder Japan auf der einen und Kostenführern wie China auf der anderen Seite.

Innovationen entstehen durch ein Zusammenspiel von gesellschaftlicher Nachfrage und neuen technologischen Möglichkeiten. Der Prozess von der Idee zur Innovation verläuft vor allem dann erfolgreich, wenn eine neue Technologie auf Offenheit in der Bevölkerung stößt oder gar von ihr nachgefragt wird.

Um die **Technikaufgeschlossenheit** unserer Gesellschaft zu sichern, empfiehlt der VDI, insbesondere die technische Allgemeinbildung in Deutschland zu stärken. Mit technischer Allgemeinbildung werden noch mehr junge Menschen zu technikinteressierten und -mündigen Bürgern. Sie sind damit in der Lage,

ein unvoreingenommenes Urteil über technologische Innovationen zu fällen und neue Techniken, Projekte oder Verfahrensabläufe nicht auf Basis von unreflektierter Sorge oder Angst abzulehnen.

Neue Beteiligungsmöglichkeiten in Form von technologiebezogenen Stakeholder-Dialogen bieten zudem durch Transparenz und Partizipation die Möglichkeit, unbegründete Ängste abzubauen und Offenheit zu schaffen.

Angesichts des demografischen Wandels stehen wir immer drängender auch vor der Frage, wie dem **Fachkräfteengpass** wirksam entgegen getreten werden kann. In einer rohstoffarmen Volkswirtschaft wie Deutschland drohen Überalterung der Gesellschaft und der damit verbundene Mangel an technisch ausgebildetem Nachwuchs zur Wachstums- und damit Wohlstandsbremse zu werden. Qualifizierte Ingenieure und gut ausgebildete Fachkräfte sind hierzulande für kontinuierliches Wirtschaftswachstum eine unverzichtbare Ressource. Wie also lassen sich in Deutschland dauerhaft **Kompetenzen im technischen Bereich** aufbauen? Der VDI fordert, mit der Nachwuchsförderung bereits in der Schule zu beginnen und eine technische Allgemeinbildung stärker in den Unterricht zu integrieren. Auch im Bereich Hochschule rät der VDI zu einer umfassenden Qualitätsoffensive: Die Ziele dabei müssen sein, die Qualität der Lehre weiter zu verbessern, für beruflich Qualifizierte den Zugang zum Studium zu erleichtern, das Ingenieurstudium praxisrelevanter und berufsqualifizierender zu gestalten, die Abbruchquoten weiter zu reduzieren, aber dabei das hohe Niveau der Ausbildung beizubehalten. Um dauerhaft die Verfügbarkeit technisch qualifizierter Nachwuchskräfte zu sichern, müssen **Schulen und Hochschulen** gemeinsam Anstrengungen unternehmen.

Der **Innovationsprozess** von der Idee bis zum im Markt erfolgreichen Produkt findet prinzipiell im Unternehmen statt. Als zentrale Akteure unseres Innovationssystems müssen Unternehmen folglich noch stärker darin befähigt werden, neues Wissen und Erkenntnisse – das technologische Know-how ihrer besten Köpfe – in Produkte und Dienstleistungen umzusetzen, die am Markt erfolgreich sein können. Nur Unternehmen, die konsequent in Forschung, Innovation und die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften investieren, werden sich auch künftig im globalen Wettbewerb behaupten können. In den Unternehmen müssen vor allem Umsetzungsbarrieren bei Innovationen überwunden, neue Formen des Wissens- und Technologietransfers entwickelt und neue Geschäftsmodelle besser integriert werden.

Die **Forschungs- und Innovationspolitik** bildet schließlich den strategischen Rahmen unseres Inno-

vationssystems mit einem vielfältigen Mix an Förderinstrumenten. Deren Ziel muss es sein, bedarfs- und problemorientiert („demand pull“) aus der Forschung heraus möglichst rasch vielversprechende neue Produkte und Dienstleistungen zu fördern. Konkrete Innovationsförderung kann jedoch auch technologische Neuerungen hervorbringen, die zunächst unabhängig von am Markt vorhandenen Kundenbedürfnissen entwickelt werden („technology push“). Der VDI empfiehlt, Schlüsseltechnologien wie Bio- und Nanotechnologie, Mikrosystemtechnik, Informations- und Kommunikationstechnologien, Medizintechnik, Energieforschung sowie optische Technologien im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung stärker zu fördern, Förderprogramme verstärkt an den Facetten der Innovationsfähigkeit (Human-, Komplexitäts-, Struktur- und Beziehungskapital) auszurichten und bei der Ausgestaltung von Förderpolitik verstärkt programmübergreifenden Foresightprozesse sowie programmbezogene Evaluationen zu berücksichtigen.

Eine enge und symbiotische Zusammenarbeit von in Clustern organisierten regionalen und überregionalen Netzwerken aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen steigert die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. **Clusterpolitik** ist deshalb ein zentraler Bestandteil der deutschen Innovationspolitik – nicht nur über Branchengrenzen hinweg, sondern auch durch die intensivere Nutzung regionaler Stärken zur Erschließung internationaler Märkte. Der VDI empfiehlt, **mit Clustern Wandel zu gestalten und Innovationsprozesse zu öffnen**: Dazu zählt die stärkere Nutzung der Potenziale von Clustern zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen. Ihr Entscheidungswissen sollte für Transformationsprozesse noch besser bereitgestellt werden.

Ingenieurinnen und Ingenieure sind zentrale Wissensträger für technische Lösungen und damit eine treibende Kraft gesellschaftlicher Entwicklung. Ihr Beitrag zu technologischer Innovation ist unverzichtbar für mehr wirtschaftliches Wachstum, neue Arbeitsplätze, eine sichere Energieversorgung, den intelligenten Umgang mit natürlichen Ressourcen und die Eindämmung des Klimawandels. Ingenieure verfügen damit über die Kompetenz zur Lösung prioritärer Zukunftsaufgaben. Als Sprecher der Ingenieurinnen und Ingenieure setzt sich der VDI daher für politische Rahmenbedingungen ein, innerhalb derer sich das große Innovationspotenzial der Ingenieure zum Wohle der Gesellschaft voll entfalten kann. Mit seinen Handlungsempfehlungen will der VDI einen konstruktiven Beitrag zu einer dringend notwendigen Debatte darüber leisten, wie die Wettbewerbsfähigkeit des Innovations- und Technikstandorts Deutschland auch für zukünftige Generationen gesichert werden kann.

2 Standort, Technologien und Innovationsfähigkeit

2.1 Stärken und Schwächen - das Profil der deutschen Wirtschaft

Deutschlands Position als ein weltweit führender Innovations- und Technologiestandort ist das Resultat eines historischen Entwicklungsprozesses. Im Zentrum dieses Prozesses stand und steht die herausragende Fähigkeit unseres produzierenden Gewerbes und unserer produktionsnahen Dienstleistungen, disziplinen- und branchenübergreifende Systemlösungen sowie kundenspezifisch maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln und zu vermarkten.

Dieses Erfolgsprofil ist einzigartig und findet sich in dieser Form in keinem anderen Land der Welt.

Die **einzigartige deutsche Innovationsarchitektur**, die bis heute zu den wichtigsten Stärken des Lands zählt, entwickelte sich schon früh: Bereits Ende des 19. Jahrhunderts – im Gleichklang mit der beginnenden Industrialisierung – legten hierzulande bahnbrechende Erfindungen und damit verbundene technische Quantensprünge die Grundlagen für neue Industrien in Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Maschinenbau und Chemie. Die während dieser Zeit gegründeten hochinnovativen Unternehmen bilden bis heute das Fundament der deutschen Wirtschaft. Beflügelt wurde der Aufstieg zum Technologieland zudem von der starken Entwicklung der Ingenieurwissenschaften an den deutschen Hochschulen.

Konsequent hat Deutschland seither ein außergewöhnlich **hohes Produktions- und Innovationsniveau** realisiert. Möglich war diese Spezialisierung auf Innovation und beste Qualität – getragen gerade auch von kleinen und mittelständischen Unternehmen – durch das Zusammenspiel verschiedenster Faktoren:

- leistungsfähige, gewachsene und mittelständisch geprägte Industriestrukturen mit starker Vernetzung,
- Orientierung hin auf die Weltmärkte,
- enge Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft,
- Konzentration auf Verfahrensinnovationen mittlerer FuE-Intensität,
- duales Bildungssystem mit hochqualifizierten Fachkräften und Akademikern,
- optimale Finanzierungsmöglichkeiten, oft durch Hausbanken, und nicht zuletzt
- eine ausgeprägte Ingenieurskultur.

Daraus resultierte ein komplexes Innovationssystem, das sich mit robuster Eigendynamik stetig optimiert hat und über eine im internationalen Maßstab beeindruckende Leistungsfähigkeit verfügt.

Für die zukünftige Entwicklung des Standorts Deutschland ist die kontinuierliche **Modernisierung und Weiterentwicklung dieses Innovationsprofils** überlebenswichtig. Ansätze in dieser Richtung sind zum Beispiel das Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“, die Energiewende sowie die Elektromobilität und das autonome Fahren in der Automobilindustrie.

Im **Maschinenbau** ist Deutschland mit Abstand weltweit führend. Diese Stellung gilt es zu verteidigen. Die Chancen hierzu stehen gut. Denn in diesem Sektor können deutsche Unternehmen auf eine lange Tradition zurückblicken und profitieren dabei von der Größe des europäischen Heimatmarkts mit seiner starken industriellen Basis. Darüber hinaus sichern sie selbst mit ihrer hohen Innovationskraft und ihrem ständigen Streben nach technologischer Führerschaft Deutschlands Position auf dem Weltmarkt. In jüngster Zeit hat sich der deutsche Maschinenbau insbesondere im rasant wachsenden Bereich der Industrieroboter und der Automation eine dominante Marktstellung erobert. Die Verknüpfung dieser Stärken mit den neuen Chancen der Digitalisierung kann das Profil Deutschlands in diese Richtung weiter schärfen.

Die **Automobilindustrie** ist nach wie vor der umsatzstärkste Wirtschaftszweig in Deutschland. Gleichzeitig ist Deutschland Europas größter Absatzmarkt sowohl für Pkw-Hersteller als auch für die Zulieferindustrie. Damit dies so bleibt, müssen auch in dieser etablierten Industrie die dynamischen Herausforderungen aufgrund neuer Materialien, alternativer Antriebe, steigender Sicherheits- und Umweltauflagen, digitaler Vernetzung und autonomer Steuerungskonzepte bewältigt werden. Möglicherweise ist es sogar erforderlich, völlig neue Branchen, Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle zu konzipie-

ren. Und: Automatisierung wird auch im Bereich der Fahrzeugindustrie als wesentlicher Wirtschaftsfaktor für Deutschland an Gewicht gewinnen.

Zu den Schlüsselbranchen in Deutschland zählt auch die **Elektrotechnik**. Ihr hoher Innovationsgrad spiegelt sich insbesondere in der Höhe der Zukunftsaufwendungen wider: Die Investitionen in Forschung und Entwicklung (FuE) sowie Aus- und Weiterbildung beliefen sich 2013 auf mehr als 23 Milliarden Euro. In den Einzeldisziplinen der Elektrotechnik – Automatisierungstechnik, elektrische Antriebe, Lichttechnik, Prozessautomatisierung, Batterien – werden die Grundlagen für wichtige Zukunftsthemen wie nachhaltige Mobilität, Energieeinsparung und Industrie 4.0 gelegt.

Im **Klimaschutz** und in den **Umwelttechnologien** nimmt Deutschland ebenfalls eine internationale Führungsrolle ein. Einer der Hauptgründe: Als weltgrößter Absatzmarkt für erneuerbare Energien bietet Deutschland eine erstklassige Basis für neue Entwicklungen. Hightech-Bereiche wie die Wind-, Solar- und Bioenergie bis hin zu Energieeffizienz und Energiespeicherung werden dadurch vorangetrieben. Doch auch hier gilt: Wir müssen die spezifischen Stärken des deutschen Innovationssystems konsequenter nutzen, um zu innovativen Geschäftsmodellen und zu branchenübergreifenden Systemlösungen zu kommen.

Vor allem überzeugt das deutsche Innovationsmodell bislang durch Kompetenzerweiterung und **inkrementelle Innovation** entlang gewachsener sektoraler Pfade. Mit anderen Worten: Deutsche Unternehmen und die deutsche Forschung setzen ganz bewusst auf die Adaption von Spitzentechnologie in traditionellen Branchen, weniger auf die Erreichung von Durchbruchinnovationen.

Diese **Durchbruchinnovationen**, die Schaffung völlig neuer Kompetenzen und der Aufbau komplett neuer wissensbasierter Industrien, gelingen dagegen eher selten. Dazu verfügt Deutschland noch nicht über die erforderlichen unterstützenden Strukturen im (Wagnis-)Kapitalmarkt, bei der Innovationsfinanzierung und im politisch-regulatorischen Umfeld. Und auch die Sozialisationsmuster der Beschäftigten sind tendenziell weniger auf unternehmerisches Risiko als auf Karrieren in bereits existierenden starken Unternehmen und Branchen ausgerichtet.

Gerade im Vergleich zu bedeutenden Hochtechnologieländern wie den USA zeigen sich entsprechend auch die **Schwächen des Innovationsstandorts Deutschland** – wenn auch mit unterschiedlicher Relevanz:

- zu wenig Unternehmensgründungen in neuen Technikfeldern,
- mangelnde oder zu langsame wirtschaftliche Verwertung naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse (zum Beispiel im Bereich Smart Home)
- unzureichende Ausschöpfung der enormen Potenziale im Bereich FuE,
- Rückstände in wissensbasierten Branchen mit hartem Kostenwettbewerb (unter anderem Elektronik- und Computerindustrie),
- relative Schwäche bei Produkten mit sehr hoher Forschungsintensität gemessen am Anteil der FuE-Ausgaben am Umsatz (zum Beispiel Life Sciences) sowie
- Akzeptanzprobleme und Abwanderungstendenzen bei wichtigen Hochtechnologien wie beispielsweise der Gentechnik.

Generell besteht die Gefahr, dass das deutsche Innovationssystem in zentralen Technologiefeldern in eine gefährliche „Sandwich-Position“ gerät: zwischen die Spitzenreiter in den internationalen Innovationsrankings (zum Beispiel Südkorea, USA und Japan) und die Länder mit niedrigeren Produktions- und Lohnkosten wie China, die auch zunehmend innovativer werden.

Vor diesem Hintergrund lauten die akuten **Kernfragen zur Zukunft Deutschlands**: Wie lassen sich die Stärken unseres Innovationssystems zukünftig weiter ausbauen, sodass es den Herausforderungen eines steigenden Wettbewerbsdrucks durch Globalisierung und kürzere Produktionszyklen gewachsen ist? Wäre es etwa empfehlenswert, erfolgreiche Strategien anderer Länder zu kopieren (zum Beispiel Konzentration auf Startups), um unsere Schwächen zu beseitigen? Die strategische Debatte über die Suche nach dem „Königsweg“ zur künftigen Sicherung unseres Innovationssystems wird nach Auffassung des VDI bisher bei Weitem nicht ausreichend geführt.

2.2 Innovationsfähigkeit als Voraussetzung für Innovationsleistung

Schon heute müssen die erfolgskritischen Fähigkeiten und strukturellen Voraussetzungen erkannt, erhalten und weiter ausgebaut werden, die Deutschland auch in Zukunft in die Lage versetzen, mit anspruchsvollen Produkten und Dienstleistungen im harten Wettbe-

werb auf den Weltmärkten zu bestehen. Was aber genau sind die bestimmenden **Elemente von Innovationsfähigkeit?**

Innovationsfähigkeit hat immer etwas mit Wissen zu tun. Mit dem Wissen der Beschäftigten, der Unternehmen sowie der Kooperationsnetzwerke zwischen Unternehmen auf der einen und Forschungs- und Bildungseinrichtungen auf der anderen Seite. Davon ausgehend lassen sich vier tragende Säulen (sogenannte „Kapitale“) von Innovationsfähigkeit identifizieren:

- Humankapital,
- Komplexitätskapital,
- Strukturkapital und
- Beziehungskapital.

2.2.1 Wissen und Können entlang der Wertschöpfungskette

An erster Stelle steht das „**Humankapital**“, ein weitverbreiteter und häufig verwendeter Begriff, der das gesamte Wissen und Können der Menschen umfasst, die an Wertschöpfungsprozessen teilhaben. Produktion auf Weltniveau erfordert ein hohes Maß an Kompetenzen auf allen Stufen der Wertschöpfung. Deshalb geht es beim Stichwort Humankapital um schulische, akademische ebenso wie um berufliche Bildung, um Aus- und Weiterbildung sowie um lebenslanges Lernen. Gerade die Rolle der Weiterbildung für die Innovationsfähigkeit wird oft unterschätzt. Dabei nimmt ihre Bedeutung stetig zu. Erstens aufgrund des demografischen Wandels, der eine Verlängerung der Erwerbsbiografien mit sich bringt, und zweitens wegen der beschleunigten technologischen und wirtschaftlichen Wandlungsprozesse.

Das für Deutschland charakteristische duale System der Berufsausbildung (parallele Ausbildung in Betrieb und Berufsschule) und eine gut ausgebaute Infrastruktur für die berufliche Fort- und Weiterbildung sorgen für eine breite Verfügbarkeit qualitativ hochwertig ausgebildeter Fachkräfte. Sie entsprechen den Anforderungen des Markts und ergänzen das wachsende Potenzial der Hochschulabsolventen sehr gut.

Mit rund 2,7 Millionen gab es im Wintersemester 2014/15 so viele Studierende in Deutschland wie nie zuvor – bei jährlichen Zuwachsraten zwischen fünf und sieben Prozent seit 2010. Insbesondere der im internationalen Vergleich sehr hohe Anteil von Absolventen in MINT-Fächern (MINT = Mathematik,

Informatik, Naturwissenschaft und Technik) ist mit Blick auf die technologische Leistungs- und Innovationsfähigkeit Deutschlands erfreulich. Mit einem Anteil von rund 30 Prozent aller Absolventen im MINT-Segment liegt Deutschland in der OECD hinter Südkorea und Finnland auf einem sehr guten dritten Platz.

Umgekehrt entscheiden sich allerdings immer weniger junge Menschen für eine reine Berufsausbildung: Wurden 2010 noch ca. 560.000 neue Auszubildende gezählt, so erreichte deren Anzahl mit nur noch rund 531.000 im Jahr 2013 einen historischen Tiefstand. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage der Attraktivität der beruflichen Bildung mit besonderer Dringlichkeit. Denn gerade die besondere Qualität des deutschen Berufsbildungssystems ist ein stabiles Fundament der Innovationsfähigkeit Deutschlands.

Empirische Befunde und Erfahrungen aus der Wirtschaft deuten darauf hin, dass Fach- und Führungskräfte, die sowohl beruflich als auch akademisch ausgebildet wurden, für die Wirtschaft immer wichtiger werden – vor allem in technologisch anspruchsvollen Bereichen. Deutliche Indizien dafür liefert die Statistik: Von 2004 bis 2013 verdoppelte sich die Anzahl sogenannter dualer Studiengänge (Hochschulstudium mit fest integrierten Praxisblöcken in Unternehmen) auf ca. 1.000. Im gleichen Zeitraum stieg die Zahl der anbietenden Unternehmen auf mehr als das Doppelte, nämlich von rund 18.000 auf 40.000. Und schließlich nahm auch die Anzahl der dual Studierenden bundesweit um rund die Hälfte von rund 41.000 auf 64.000 zu.

Die Frage der Durchlässigkeit zwischen beruflicher und hochschulischer Bildung hat ebenfalls eine strategische Bedeutung. Folgende Motivations- und Anreizmechanismen gilt es zu berücksichtigen:

- Je deutlicher ein berufsbegleitendes Studium eine reale Option für beruflich qualifizierte wird, desto attraktiver wird die berufliche Bildung.
- Je mehr beruflich Gebildete im späteren Berufsverlauf ein berufsbegleitendes Studium aufnehmen (können), umso besser wird sich der Bedarf an hochqualifizierten Fach- und Führungskräften decken lassen.
- Je stärker sich die Durchlässigkeit zwischen beruflicher und akademischer Bildung durchsetzt, umso mehr werden Hochschulen gerade in den technischen Fächern hochmotivierte Studierende gewinnen können.

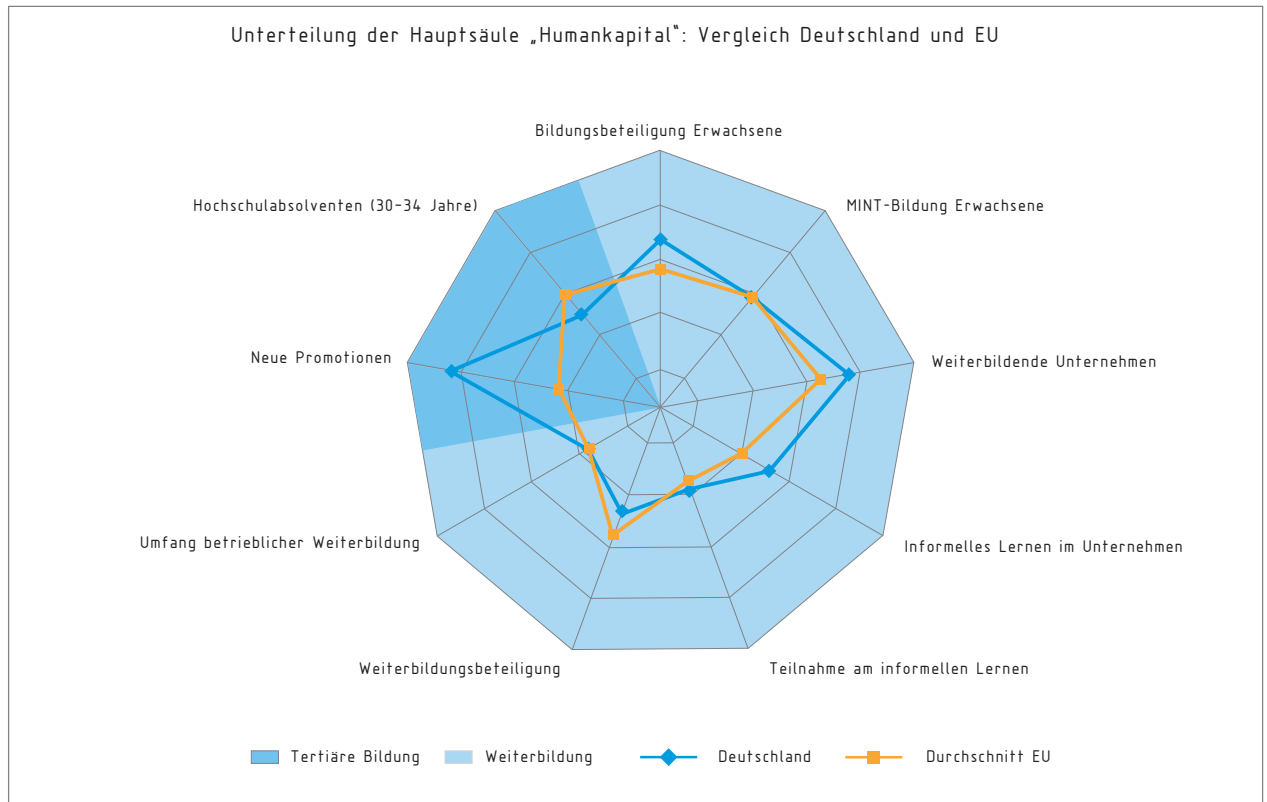


Abbildung 1: Indikatoren zum Humankapital, Quelle: iit-Innovationsfähigkeitsindikator

Durchlässige Studienformate, die sich speziell an beruflich Qualifizierte wenden, steigern zudem die Attraktivität der Ingenieurkarriere als erfolgversprechenden Weg des „sozialen Aufstiegs durch Bildung“. Abbildung 1 zeigt Deutschlands Performance im Bereich des „Humankapitals“ im EU-Vergleich: Zwar liegt Deutschland bei der Zahl der Hochschulabsolventen noch leicht unter dem EU-Durchschnitt, dafür zeigen sich im Bereich der Promotionen in MINT-Fächern und der Weiterbildung in Unternehmen deutliche Stärken.

2.2.2 Können, was andere nicht können

Spezialwissen in den Köpfen von Mitarbeitern allein reicht nicht aus, um anspruchsvolle Produkte herstellen und wirtschaftlich erfolgreich vermarkten zu können. Dazu braucht es mehr. Und genau davon lebt Deutschland im Kern: komplexe Investitionsgüter produzieren und erfolgreich vermarkten zu können wie kein anderer. International empirische Vergleiche belegen, dass drei besondere Eigenschaften zu den Schlüsselfähigkeiten der deutschen Industrie zählen:

- die Vielfalt nützlichen Wissens und
- die Fähigkeit, diese Vielfalt in der Produktion komplexer Produkte zusammenzuführen sowie
- diese komplexen Güter erfolgreich zu vermarkten.

Diese Fähigkeit wird als „**Komplexitätskapital**“ bezeichnet. Volkswirtschaften, die darüber verfügen, können komplexe Güter herstellen, die nicht viele andere Länder produzieren, und sind zudem in der Lage, diese erfolgreich zu exportieren. Insbesondere die Fähigkeit, vielfältige Spezialkompetenzen immer wieder neu zu kombinieren, was Volkswirtschaften in diesem Sinne „komplex“ und „schlau“ macht, ist eine Voraussetzung für wirtschaftlichen Erfolg.

Prototypisch stehen dafür der deutsche Maschinenbau mit seinen vielen „Hidden Champions“ im Mittelstand. Diese starken Mittelständler sind in der Öffentlichkeit oft relativ unbekannt („hidden“), meist inhabergeführt und nicht börsennotiert, belegen aber auf ihrem Heimatmarkt wie auch im Weltmarkt einen Spitzenplatz. In ihnen kommt das Komplexitätskapital der deutschen Wirtschaft besonders stark zum Vorschein.

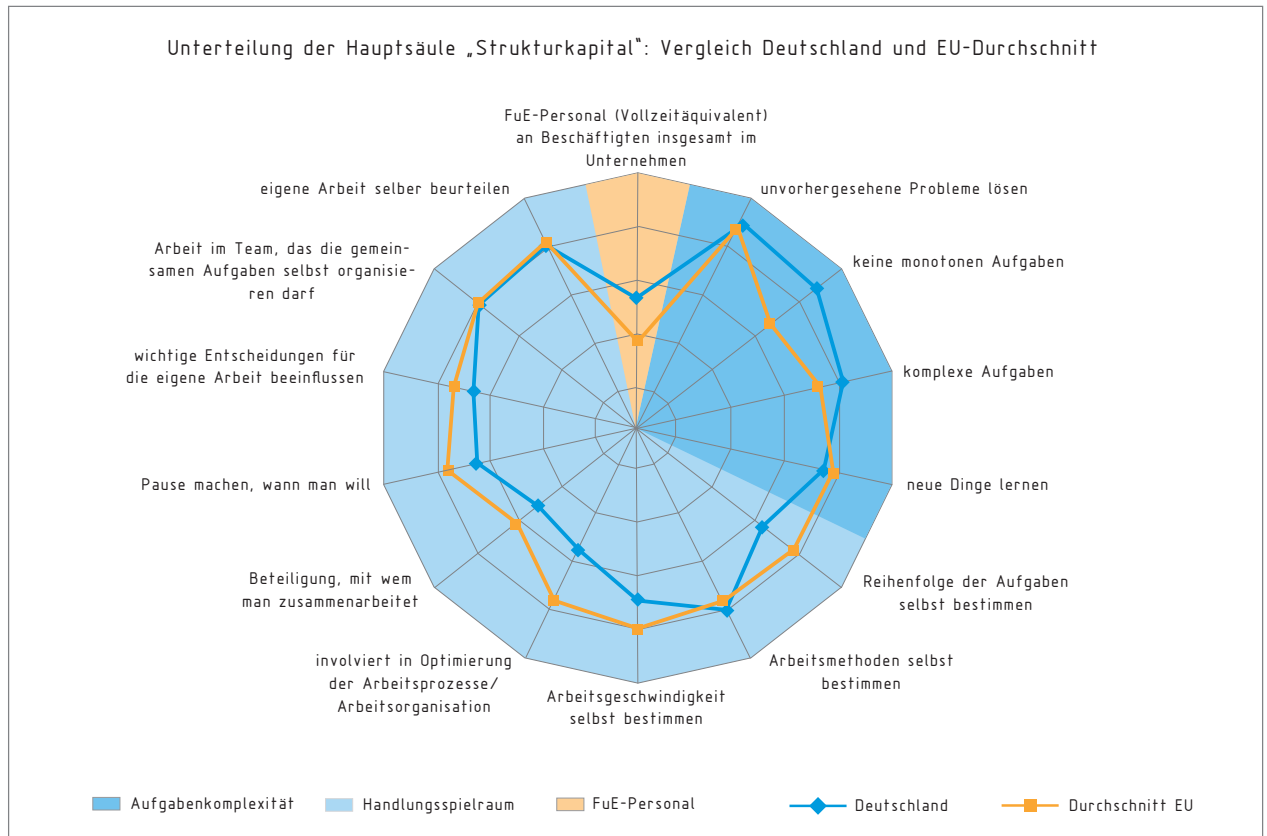


Abbildung 2: Indikatoren zum Strukturkapital, Quelle: iit-Innovationsfähigkeitsindikator

In der Kategorie des Komplexitätskapitals teilt sich Deutschland weltweit gemeinsam mit Japan einen Spitzenplatz. Auch in Europa schneidet Deutschland beim Komplexitätskapital besonders gut ab. Unter den vier Elementen der Innovationsfähigkeit ist das Komplexitätskapital hierzulande besonders stark ausgeprägt und der eigentliche Katalysator für die überdurchschnittliche Innovationsfähigkeit Deutschlands.

2.2.3 Lern- und innovationsförderliche Unternehmensstrukturen

Neben der Vielfalt nützlichen und verwertbaren Wissens braucht Innovationsfähigkeit in den Unternehmen verlässliche Strukturen, die es erlauben und explizit fördern, auch über Abteilungsgrenzen hinweg miteinander zu kommunizieren, zu kooperieren und Kreativität zu entwickeln. Solche lern-, kooperations- und kreativitätsförderlichen organisationsimmanenten Strukturen werden als „Strukturkapital“ bezeichnet.

Dazu gehört eine Unternehmenskultur, die neue Ideen und innovative Impulse wertschätzt und belohnt. Messen lassen sich solch günstigen Strukturen im Arbeitsalltag unter anderem daran, inwieweit die Beschäftigten ihre Arbeitsprozesse und bedingungen flexibel gestalten können und daran, inwieweit ständiges Lernen und Kreativität zu den alltäglichen Anforderungen gehören.

In den europaweit verfügbaren Indikatoren für solche Arbeitsbedingungen lassen sich zwei hierfür bedeutsame Faktoren unterscheiden: der Handlungsspielraum und die Aufgabenvielfalt bzw. -komplexität. Während im Bereich des **Handlungsspielraums** fast alle Indikatoren in Deutschland im EU-Vergleich unterdurchschnittlich ausgeprägt sind, zeigen sich bei der **Aufgabenkomplexität** deutlich überdurchschnittliche Werte (siehe Abbildung 2). Dies bedeutet zweierlei: Die hohe Komplexität der Produkte der deutschen Wirtschaft korrespondiert mit einer hohen Aufgabenkomplexität, die wiederum zu hohen Lernpotenzialen in der Arbeit führt. Allerdings werden die Lernpotenziale nicht vollständig ausgeschöpft, wie die relativ geringen Werte bezüglich der Handlungsspielräume

der Beschäftigten zeigen. Hier könnte von der offenen, partizipativen skandinavischen Betriebskultur mit ihrer hohen Flexibilität und flachen Hierarchiemustern noch einiges gelernt werden.

Ein weiterer wichtiger Indikator für das Strukturkapital ist der Anteil des Personals im Bereich Forschung und Entwicklung. Er misst indirekt das Vorhandensein und die Bedeutung von FuE-Abteilungen und liegt in Deutschland deutlich höher als im europäischen Durchschnitt.

2.2.4 Innovation durch Kooperation

In einer besonders kooperativen Umgebung sind Unternehmen außergewöhnlich gut in der Lage, Innovationen zu realisieren – also neue Entwicklungen zu erkennen und in konkrete Produkte, Prozesse und Dienstleistungen umzusetzen. Solche Innovations-„Ökosysteme“ zeichnen sich aus durch intensive Zusammenarbeit zwischen Unternehmen untereinander sowie zwischen Unternehmen und anderen Akteuren des Innovationssystems, darunter insbesondere Hochschulen und andere Forschungs- und Bildungseinrichtungen. Diese Wissens-, Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke bilden das „**Beziehungskapital**“ der Unternehmen und der Volkswirtschaft.

Ein Blick auf unser Innovationssystem zeigt eine für Deutschland typische Vielzahl von Akteuren: Im Bereich der Forschung und Entwicklung bestehen neben den Hochschulen vier große spezialisierte Organisationen, die von der Grundlagenforschung bis zur anwendungsnahen Forschung den gesamten Prozess der Wissensproduktion abdecken: Max-Planck-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Leibniz-Gemeinschaft und Fraunhofer-Gesellschaft. Das Vorhandensein derart qualitativer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen ist eine deutsche Besonderheit, die es in vergleichbaren Industrienationen nicht gibt.

Diese differenzierte Hochschul- und Forschungslandschaft bietet zunächst vielfältige Anknüpfungspunkte für Kooperationen in Forschung und Entwicklung zwischen kleinen, mittleren und großen Betrieben einerseits und Hochschulen sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen andererseits. Hier spielen die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft aufgrund ihrer hohen Anwendungsorientierung und Öffnung für die Bedürfnisse von KMU eine besondere Rolle.

Diese Potenziale unserer differenzierten Wissenschaftslandschaft werden allerdings noch nicht in

vollem Maße genutzt. Gerade Kooperationen zwischen Hochschulen und außerhochschulischer Forschung bieten noch viele ungenutzte Möglichkeiten – dies gilt auch für FuE-Kooperationen zwischen mittelständischen Unternehmen untereinander sowie zwischen ihnen und Forschungseinrichtungen.

Hochschulen sind in besonderer Weise dazu prädestiniert, Wissenstransfer zwischen Forschung und Praxis zu leisten. Insbesondere, weil sie in internationale Wissensströme wie auch in regionale Kooperationen eingebunden sind. Allerdings sind die deutschen Hochschulen für diese Aufgaben nicht optimal positioniert: erstens ist die Ausstattung mit Ressourcen unzureichend (beispielsweise in einigen Transferstellen), zweitens fehlt die Orientierung an einer offensiven Kooperation. Stattdessen wird die Selbstwahrnehmung immer noch beherrscht von den „traditionellen“ Aufgaben der Forschung und der Lehre, anders als zum Beispiel in den USA. Wissenschafts- und forschungspolitische Förderinstrumente müssen in Zukunft stärker darauf ausgerichtet sein, Hochschulen in beide Richtungen zu stärken.

Erhebliche Potenziale liegen in einer stärkeren Vernetzung von Forschungs- und Entwicklungskooperationen mit Weiterbildungsangeboten für regionale Unternehmen und Branchen. In der technologisch-orientierten wissenschaftlichen Weiterbildung entwickeln sich allerdings derzeit **neue Formen des berufsbegleitenden Lernens** in realen FuE-Projekten (zum Beispiel das Projekt FAST, der „Freiburg Academy of Science and Technology“ oder die forschungsorientierte Weiterbildung „ContinuING“ an der TU Hamburg-Harburg): Mitarbeiter der Unternehmen arbeiten hier in gemeinsamen FuE-Projekten mit Hochschulen zusammen; diese Projektarbeit ist zugleich eine Weiterbildungsmaßnahme, die mit einem Hochschulzertifikat abschließt. Die Zertifikate können im Idealfall auf berufsbegleitende Studiengänge angerechnet werden. Ein gutes Beispiel für das Bemühen um neue Wege, das stärker wahrgenommen und unterstützt werden sollte. Die FuE-Projekte tragen dazu bei, gerade für kleine und mittelständische Unternehmen niedrigschwellige Angebote der Kooperation mit Hochschulen bereitzustellen.

Zur Förderung der Kooperation und Vernetzung in der Wirtschaft ist es wichtig, zumindest in zentralen Industrien komplette Wertschöpfungsketten in Deutschland zu erhalten und – wo nötig – auszubauen. Innovationsprozesse profitieren sehr von der unkomplizierten, auf organisationaler und persönlicher Nähe basierenden Kommunikation entlang der Wertschöpfungskette.

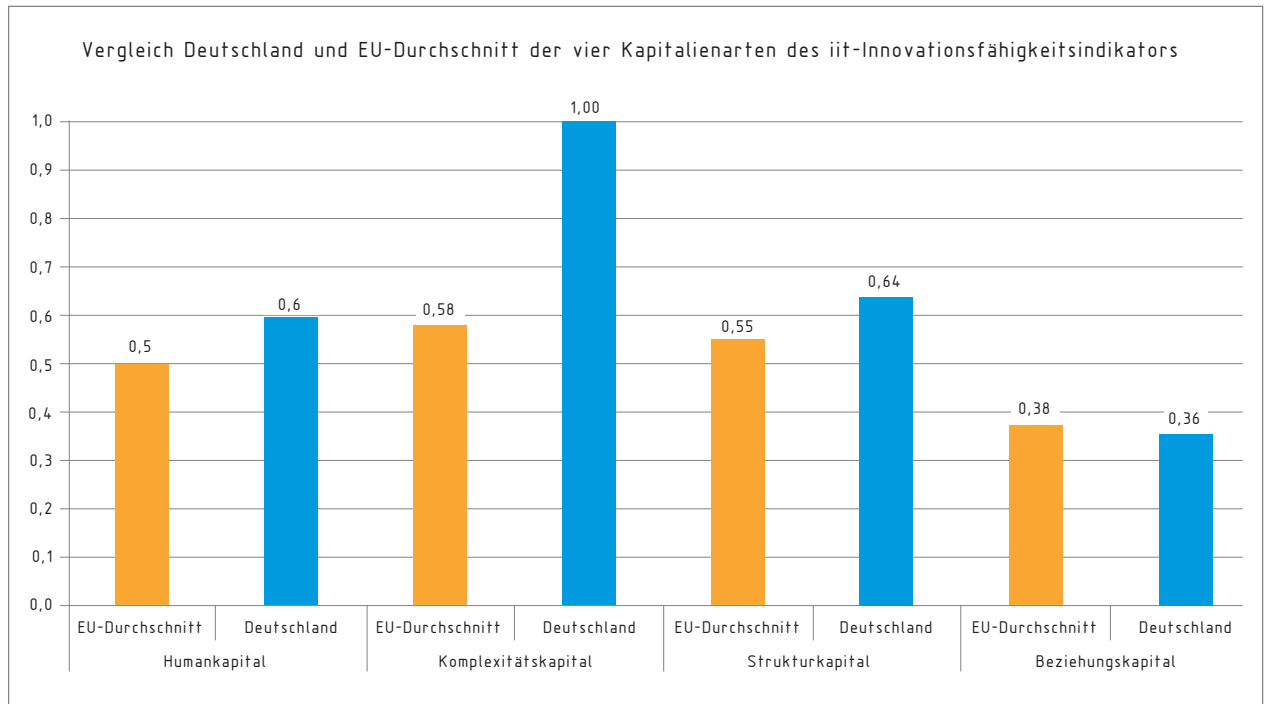


Abbildung 3: Indikatoren zum Human-, Komplexitäts-, Struktur- und Beziehungskapital, Quelle: iit-Innovationsfähigkeitsindikator

2.3 Stärken und Schwächen des Innovationsstandorts Deutschland im Überblick

Abbildung 3 fasst die Gesamtposition Deutschlands bei allen vier Indikatoren der Innovationsfähigkeit („Kapitalienarten“) zusammen: Im europaweiten Vergleich schneidet Deutschland überdurchschnittlich gut im Bereich des Komplexitätskapitals ab, das heißt, deutsche Unternehmen haben gegenüber ihre europäischen Wettbewerbern dadurch einen Vorsprung, dass sie besonders komplexe Produkte herstellen und erfolgreich vermarkten können. Auch im Human- und Strukturkapital liegt Deutschland über dem EU-Durchschnitt. Lediglich im Bereich des Beziehungskapitals besteht Nachholbedarf. Ein Hemmnis liegt hier in der unzureichenden Nutzung von Möglichkeiten zu FuE-Kooperationen, insbesondere bei KMU.

Neben den vier bisher betrachteten Aspekten der Innovationsfähigkeit spielen auch das **gesellschaftliche Klima** und die kulturelle Haltung zu Wissenschaft, Forschung, Entwicklung, Technologie und Innovation eine große Rolle für die Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften. Dies insbesondere in zweierlei Hinsicht:

Erstens werden die individuellen Entscheidungen über Bildungs- und Berufsverläufe in starkem Maße beeinflusst von der Wertschätzung und der Aufmerksamkeit, die den jeweiligen Wissensgebieten und Berufsfeldern in der Gesellschaft entgegen gebracht wird.

Zweitens wird gerade bei großen (Infrastruktur-)Projekten – wie etwa im Rahmen der Energiewende – deutlich, wie stark Innovation von gesellschaftlicher Zustimmung abhängt. Eine solche Akzeptanz ist keinesfalls zu verwechseln mit Technikgläubigkeit. Vielmehr geht es darum, Bürgerinnen und Bürger darin zu unterstützen, zu gut informierten, wissensbasierten Einschätzungen der Potenziale, Risiken und Implikationen technischer Entwicklungen und Innovationen zu kommen. Anders ausgedrückt: Es geht darum, die **Technikkompetenz der Bevölkerung** (englisch: „technological literacy“) zu vertiefen. Aus diesen beiden Aspekten – Berufsorientierung und technisch-wissenschaftlicher Bewertungsfähigkeit – erklärt sich die besondere Bedeutung der **technischen Allgemeinbildung**.

	Stärken	Schwächen
Humankapital	<ul style="list-style-type: none"> ■ Duales Bildungssystem sorgt für hochwertige und bedarfsgerechte Qualifikationen. ■ steigende Studierendenzahlen ■ viele Promotionen, gerade auch in MINT-Fächern 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chancen der Durchlässigkeit zwischen beruflicher und Hochschulischer Bildung werden noch nicht hinreichend genutzt. ■ duales Berufsbildungssystem in Gefahr ■ noch zu geringe Beteiligung am lebenslangen Lernen ■ unzureichende Vermittlung technischer Allgemeinbildung an Schulen ■ relativ hohe Abbruchquote bei Ingenieurstudiengängen
Komplexitätskapital	<ul style="list-style-type: none"> ■ sehr ausgeprägte Fähigkeit, hochkomplexe Produkte herstellen und erfolgreich vermarkten zu können 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Herausforderung, diese Fähigkeit zu erhalten und auszubauen, etwa durch gezielte FuE-Förderung in interdisziplinären Systemtechnologien
Strukturkapital	<ul style="list-style-type: none"> ■ anspruchsvolle, wissens- und lernintensive Arbeitsanforderungen in der Industrie als Folge des sehr ausgeprägten Komplexitätskapitals 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Partizipation und Mitgestaltung der Beschäftigten in Unternehmen unterdurchschnittlich ausgeprägt, insbesondere im Vergleich zu den skandinavischen Ländern zu starre Arbeitsorganisation
Beziehungskapital	<ul style="list-style-type: none"> ■ hervorragende Kooperationsmöglichkeiten durch differenzierte und spezialisierte Wirtschafts-, Forschungs- und Bildungsstrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ unzureichende Nutzung der hervorragenden Kooperationsmöglichkeiten, z. B. zu wenige FuE-Kooperationen mit KMU-Beteiligung

Die Facetten der Innovationsfähigkeit – Human-, Komplexitäts-, Struktur- und Beziehungskapital sowie die gesellschaftliche Haltung zu Wissenschaft, Innovation und Technologie – werden von **vielen Akteuren des deutschen Innovationssystems** gestaltet: **Unternehmen** investieren durch Weiterbildung in Humankapital, gestalten Arbeitsorganisation und -bedingungen mehr oder weniger innovationsfreundlich und pflegen in unterschiedlicher Form und Intensität Kontakte in ihren „Ökosystemen“. **Schule und Wissenschaft** legen die Grundlagen zum Ausbau des Humankapitals. Die **Politik** prägt durch gesetzliche Regelungen

und Förderprogramme alle Elemente der Innovationsfähigkeit. **Verbände und Organisationen** – von den Sozialpartnern bis zu Fach- und Berufsverbänden tragen insbesondere durch Information und Vernetzung ihrer Mitglieder zur Innovationsfähigkeit bei. So sieht auch der **VDI** seine Rolle in der Entwicklung, Verbreitung und Vernetzung technologischen Wissens in Deutschland. Im folgenden Kapitel werden **zentrale Handlungsfelder** für die weitere Stärkung des Technologie- und Innovationsstandorts erläutert.

3 Handlungsfelder

3.1 Technikaufgeschlossenheit sichern

Analyse

Die breite Durchdringung technologischer Innovationen im Markt steht und fällt mit der Aufgeschlossenheit einer Gesellschaft gegenüber technischem Fortschritt. Grundsätzliche Vorbehalte, Skepsis oder gar Ängste können zur unreflektierten Ablehnung neuer Technologien führen – und damit dem Wirtschaftsstandort sowie der Gesellschaft insgesamt erheblich schaden. Denn Potenziale für Wachstum und Beschäftigung blieben dann ungenutzt. Gesellschaftliche Herausforderungen könnten nicht gelöst werden, weil leistungsfähige Technologien und Ressourcen nicht genutzt werden.

Nicht jede technologische Innovation hat zwingend das Potenzial, langfristigen Nutzen für die Gesellschaft zu stiften. Aber eine unvoreingenommene, sachliche und angemessen intensive sowie ausgewogene Prüfung von Chancen und Risiken sollte am Anfang eines jeden Versuchs stehen, technologisches Neuland zu entdecken.

Die Deutschen sind nicht per se technikfeindlich. Laut repräsentativen Umfragen im Auftrag der EU-Kommission¹ sind 76 Prozent der Befragten davon überzeugt, dass Wissenschaft und Technik grundsätzlich einen positiven Einfluss auf die Gesellschaft ausüben. Mit dieser Einstellung liegt Deutschland gut im europäischen Mittelfeld. Dennoch stoßen Technologien, die in anderen hochentwickelten Volkswirtschaften und Demokratien als Chance verstanden werden, in Deutschland nicht selten auf Zurückhaltung, Skepsis oder gar Ablehnung, insbesondere wenn sich Bürgerinnen und Bürger persönlich von Einsatz der Technologien betroffen fühlen. Im Bereich der Energieerzeugung und -verteilung beispielsweise lehnt die Mehrheit der Bevölkerung nahezu jede Technologie sowie jede Form von Infrastrukturmodernisierung ab. Egal, ob es sich um nukleare oder fossile Kraftwerke, Windparks, Geothermie, die Gewinnung von Schiefergas oder den Netzausbau handelt.

Grundlage für Aufgeschlossenheit neuen Technologien gegenüber ist eine verbreitete **Technikmündig-**

keit. Sie bezeichnet die Fähigkeit, technische Entwicklungen zu verstehen, deren Folgen für sich, die Gesellschaft und die Umwelt abschätzen und bewerten zu können sowie sie zu nutzen. Eine hinreichende Technikmündigkeit der Bevölkerung sicherzustellen, ist eine gemeinsame Aufgabe von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Medien, zivilgesellschaftlichen Akteuren und natürlich den Ingenieuren. Mit technischer Allgemeinbildung in Schulen, außerschulischen Projekten und Bildungseinrichtungen lassen sich bereits junge Menschen zu technikmündigen Bürgern entwickeln und fördern.

Eine weitere wichtige Voraussetzung für Technologieaufgeschlossenheit ist ein **offener und glaubwürdiger Dialog** über die Chancen und Risiken neuer Technologien im Innovationsprozess. Eine partizipative Innovationskultur, die zivilgesellschaftliche Akteure, künftige Nutzer und Konsumenten bereits in den Prozess der Technikgenese einbezieht und deren Nutzen, aber auch Unbedenklichkeit in kommunikativen Plattformen offen und transparent vermittelt, fördert mittel- und langfristig die Innovationskraft Deutschlands.

Ein konstruktiver und vor allem institutionalisierter früher Dialog zwischen Unternehmen, Behörden und Öffentlichkeit schafft die Möglichkeit, frühestmöglich die inhaltliche Auseinandersetzung mit relevanten Stakeholdern zu führen. So können Zielkonflikte erkannt, gegenseitiges Verständnis und Vertrauen aufgebaut und Handlungsspielräume für akzeptable Technologieentwicklungen gefunden werden.

Ein guter Dialogprozess beginnt bereits mit der Idee zur Innovation und besteht auch über den Marktstart hinaus fort. Er greift Bedenken auf, bietet adressatengerechte Information, transparente Aufklärung über Forschungsergebnisse und erläutert in einer verständlichen Sprache Chancen und Risiken der neuen Technologie. Auf diese kommunikative Weise können Vorurteile und Vorbehalte vermieden werden. So kann bei Bürgerinnen und Bürgern ein Gefühl echter Teilhabe geweckt werden – bis hin zu der Bereitschaft, den Innovationsprozess partizipativ mitzugestalten.

¹ Eurobarometer, „Responsible Research and Innovation“, November 2013.

Die Bundesregierung hat die gesellschaftliche Technologieaufgeschlossenheit und Schaffung von Beteiligungsmöglichkeiten zum Thema ihrer neu aufgelegten **Hightech-Strategie** gemacht. Sie teilt die Auffassung, dass sich Innovationen nur dann durchsetzen, wenn sie von den Menschen verstanden, angenommen und angewendet werden. Deshalb schlägt sie vor, reale und virtuelle Bürgerdialoge auf eine breitere Basis zu stellen. Der VDI begrüßt diesen Ansatz und ist auch selbst mit der Richtlinie VDI 7000 „Frühe Öffentlichkeitsbeteiligung bei Industrie- und Infrastrukturprojekten“ bereits hier aktiv.

VDI-Forderungen

- **Technische Allgemeinbildung aktiv stärken:** Um die Technikmündigkeit der Bevölkerung zu verbessern und damit die Aufgeschlossenheit gegenüber technologischen Innovationen zu erhöhen, fordert der VDI, dringend die technische Allgemeinbildung zu stärken. Die primäre Verantwortung hierfür liegt in der Schule, wo die systematische Befassung mit Technik länderübergreifend, über alle Schulformen und Jahrgangsstufen hinweg erfolgen sollte. Dies erfordert mehr Techniklehrer, eine bessere Technikausbildung der Lehrer sowie die Verankerung des Technikunterrichts an allen Schulen bundesweit. Darüber hinaus müssen in Kooperationen zwischen Schulen, Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und Stiftungen stärker auch außerschulische Angebote, bei denen sich Kinder und Jugendliche mit Technik befassen, nachhaltig konzipiert und umgesetzt werden.
- **Technologiebezogene Stakeholderdialoge stärken:** Sich die Akzeptanz der breiten – realen und digitalen – Öffentlichkeit und der betroffenen Stakeholder zu sichern, ist heute Voraussetzung für langfristige technologische Innovationen – besonders, aber nicht nur im Infrastrukturbereich. In diesem Kontext empfiehlt der VDI deshalb die Schaffung einer neuen Dialogkultur zwischen Akteuren aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, in deren Rahmen frühzeitig Bedenken hinsichtlich neuer Technologien und Investitionen artikuliert und adressiert werden können. Vorbildhaft existieren beispielsweise im Bereich Nanotechnologie bereits zahlreiche positive Beispiele für partizipativ angelegte und technikbezogene Dialogforen, in denen sich interessierte Bürgerinnen und Bürger über Chancen und Risiken fundiert und ebenso verständlich informieren können. Schon im Stadium des Innovationsprozesses von neuen, potenziell umstrittenen Technologien sollten derartige technikorientierte Dialogformate

fest institutionalisiert werden. Der VDI engagiert sich mit seiner Richtlinie VDI 7000 hier bereits aktiv in den Bundesländern.

3.2 Kompetenzen im technischen Bereich aufbauen

Analyse

Das Humankapital ist einer der entscheidenden Faktoren für die Innovations- und damit Wettbewerbsfähigkeit einer rohstoffarmen Volkswirtschaft. Ein **hohes Maß an Kompetenz** aller Menschen, die über **sämtliche Stufen hinweg am Wertschöpfungsprozess** beteiligt sind, ist notwendig, um Spitzenprodukte und Dienstleistungen, die auf dem Weltmarkt erfolgreich sind, zu entwickeln, zu erzeugen und zu vermarkten. Eine besondere Rolle spielt dabei in einem Industrieland wie Deutschland die ausreichende Verfügbarkeit gut qualifizierter Fach- und Führungskräfte im technischen Bereich, sowohl akademisch als auch beruflich ausgebildet.

Das **duale Berufsausbildungssystem aus schulischer und betrieblicher Bildung** ist ein Erfolgsmodell und neuerdings auch wieder ein Exportschlager, der auch künftig erhalten und weiterentwickelt werden muss. Dank dieses lang etablierten Systems verfügen deutsche Unternehmen über überdurchschnittlich gut qualifizierte Fachkräfte. Nur mit diesen lässt sich dauerhaft Produktion am Standort Deutschland halten und weiter ausbauen. Der Bedarf an gut ausgebildeten technischen Fachkräften wird auch künftig hoch sein.

Diese **Fachkräfte** in Kombination mit exzellent ausgebildeten **Ingenieurinnen und Ingenieuren** spielen eine zentrale Rolle für den Innovationsprozess und die technologische Wettbewerbsfähigkeit unserer Unternehmen. Allein der Beitrag der Ingenieure zur Wertschöpfung der deutschen Volkswirtschaft belief sich im Jahr 2014 auf rund 211 Milliarden Euro. Kaum ein anderer Berufsstand erbringt einen größeren Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Leistung Deutschlands.

Umso schwerer wiegt, dass es nach wie vor aktuell und perspektivisch einen **Engpass bei qualifiziertem Ingenieurnachwuchs** gibt. Auf einen Arbeit suchenden Ingenieur kommen in Deutschland durchschnittlich mehr als zwei offene Stellen. Speziell im Maschinen- und Fahrzeugbau, in der Energie- und in der Elektrotechnik ist das Verhältnis sogar eins zu drei. Im Durchschnitt gelingt Absolventen eines Ingenieurstudiums in Deutschland nach nur drei Monaten Suche der Berufseinstieg. Umgekehrt jedoch können viele Stellen für Ingenieure nicht zeitnah besetzt werden.

Im kommenden Jahrzehnt wird sich der Ingenieur-mangel noch verschärfen, denn die **demografische Entwicklung** führt im Ingenieurarbeitsmarkt zu weiteren Engpässen. Zu wenige junge Ingenieurinnen und Ingenieure folgen auf die in den Ruhestand gehenden älteren Ingenieure. Die Verschiebungen sind immens: Laut einer gemeinsamen Studie von VDI und dem Institut der Deutschen Wirtschaft Köln (IW) entfällt die stärkste Zunahme von erwerbstätigen Ingenieuren mit plus 40 Prozent im Untersuchungszeitraum 2005 bis 2011 auf die Altersgruppe der über 50-Jährigen. Deren Anteil ist damit von weniger als 30 Prozent im Jahr 2005 auf über 35 Prozent bis 2011 gestiegen. Im gleichen Zeitraum aber sank der Anteil des mittleren Alterssegments der 35- bis 49-Jährigen um mehr als sieben Prozentpunkte. Im Vergleich zu allen anderen europäischen Staaten sind die deutschen Ingenieure damit die ältesten. Und in Zukunft werden zwischen 40.000 und 50.000 Ingenieur/-innen pro Jahr altersbedingt aus dem Erwerbsleben ausscheiden.

Der Anteil von Frauen im Ingenieurberuf und auch der Frauenanteil in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen haben sich in den vergangenen Jahren erhöht. Dies ist allerdings vor allem auf eine generell gestiegene Studierneigung von Frauen zurückzuführen. Weiterhin besteht Verbesserungsbedarf. Denn noch immer gibt es eine vergleichsweise **zu geringe Anzahl Ingenieurinnen** in Deutschland. Der Anteil von Frauen im Ingenieurberuf in Deutschland (18,6 Prozent) liegt noch immer unter dem europäischen Durchschnitt (19,7 Prozent).

Qualitativ hochwertiger Unterricht über Technik an Schulen kann das Interesse junger Menschen an technischen Zusammenhängen erhöhen und deren Berufs- und Studienwahlentscheidung beeinflussen. In die schulpolitische Realität in Deutschland findet diese Erkenntnis allerdings nur unzureichend Eingang. Trotz einiger positiver Ansätze in den vergangenen Jahren bildet die **technische Allgemeinbildung** in Deutschland bislang einen Flickenteppich. Insbesondere an Gymnasien fehlt es fast durchgängig an einer systematischen Befassung mit Technik. Die unzureichende Koordination zwischen den Bundesländern führt darüber hinaus zu einer inakzeptablen Heterogenität landesspezifischer Lösungen, die die Vergleichbarkeit der Leistungen erschwert. Insbesondere fehlt es an bundesweit einheitlichen und verbindlichen Bildungsstandards für technische Allgemeinbildung.

Dem Ingenieurmangel lässt sich schließlich auch mit einer **Qualitätsoffensive bei der Ingenieurausbildung** entgegenwirken. Deutschland ist bereits heute weltweit bekannt für seine sehr gute ingenieurwissen-

schaftliche Ausbildung: Die technischen Universitäten und Fachhochschulen genießen international einen hervorragenden Ruf. Dennoch lassen sich Strukturdefizite feststellen: Vielfach fehlt es den Absolventen an ausreichender berufsqualifizierender Praxisorientierung. Studierende beklagen sowohl an Universitäten als auch Fachhochschulen mancherorts die geringe Flexibilität im Studium und einen sehr hohen Prüfungsdruck. Rund 30 Prozent aller Studienanfänger der Ingenieurwissenschaften brechen ihr Studium ab. Hauptsächlich Ursachen hierfür sind Leistungsdefizite und Überforderung in mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagenfächern, aber auch finanzielle Gründe sowie Diskrepanzen zwischen den Erwartungen der Studierenden an das Studium und der Realität im Studium.

Von erheblicher Bedeutung für das Nachwuchsproblem ist auch der **Zugang zum Studium**: So sollte das Ingenieurstudium für Facharbeiter mit Zusatzqualifikationen noch offener gestaltet werden. Mit der Öffnung des Hochschulstudiums für neue Gruppen von Studieninteressierten soll der erfolgreiche Einstieg möglichst vieler Studienanfänger in das Ingenieurstudium gewährleistet werden. Rechtlich sind die Voraussetzungen hierfür bereits weitgehend geschaffen. Heutzutage haben Meister, Techniker und Facharbeiter mit Berufserfahrung Zugang zum Hochschulstudium. Verbesserungspotenzial besteht jedoch insbesondere bei der Umsetzung der Verfahren zur Anrechnung vorhandener Qualifikationen sowie der Entwicklung von Studienangeboten für Berufstätige.

Wenngleich der Schwerpunkt bei der Gewinnung technischen Nachwuchses darin liegen muss, im Inland alle vorhandenen Potenziale zu nutzen, lässt sich der hohe und zunehmende Bedarf an Ingenieuren nicht ausschließlich durch Absolventen deutscher Hochschulen abdecken. Auch international erworbene ingenieurwissenschaftliche und technische Fachkenntnisse bzw. Hochschulabschlüsse sollten daher hierzulande in Übereinstimmung mit dem Grundgedanken der Bologna-Reform in vereinfachten Prozessen anerkannt und damit unnötige Hürden für den Zugang qualifizierter **ausländischer Ingenieur/-innen** zum deutschen Arbeitsmarkt abgebaut werden.

VDI-Forderungen

- **Sicherung des Ingenieur Nachwuchses beginnt in der Schule:** Bei der Nachwuchssicherung im ingenieurwissenschaftlichen Bereich sollte längerfristig gedacht und daher bereits im Schulalter mit technischer (Vor-)Bildung begonnen werden. Der

VDI fordert eine bundesweite Strategie zur Einführung von technischer Allgemeinbildung über alle Schulformen und Jahrgangsstufen hinweg.

- **Junge Frauen zum Ingenieurstudium ermutigen:** Das große Potenzial von jungen Frauen als Ingenieur- und Techniknachwuchs ist besser zu nutzen. Essenziell ist, bereits vor und in der Schule tradierte Denkmuster aufzubrechen, die bei Mädchen häufig unbegründete Berührungsängste vor Technik und dem Ingenieurstudium erzeugen. Das Fundament für mehr Frauen in Technikberufen muss in den Schulen gelegt werden.
 - **Qualitätsoffensive für die Hochschulbildung:** Die Rahmenbedingungen für eine noch bessere Qualität von Studium und Lehre sollten unter anderem durch zusätzliches Lehrpersonal und eine bessere Betreuungsrelation, höhere Länderinvestitionen in die Lehrinfrastruktur, aber auch die verbesserte hochschuldidaktische Qualifizierung der Lehrenden optimiert werden. Zur Steigerung der Qualität der Hochschulausbildung tragen außerdem bei:
 - Die Beschreibung der angestrebten Lernergebnisse für die Ebene Bachelor und Master über alle Studienprogramme hinweg,
 - die verstärkte Vermittlung praktischer Anwendungsbezüge durch problem- und projektbasierte Lernformen sowie höhere Praxisanteile,
 - die Erhöhung des Anteils fachübergreifender Studieninhalte auf rund 20 Prozent sowie
 - die verbesserte hochschuldidaktische Qualifizierung der Lehrenden auch mithilfe gezielter und nachhaltiger Weiterbildung.
 - **Berufsqualifizierung der Absolventen stärken:** Die praktische Relevanz des gelernten Wissens und seiner Umsetzung in konkrete berufsqualifizierende Kompetenzen sind für das Ingenieurstudium fundamental. Die Integration von Praxissemestern und -modulen ist aber in der Regel in Fachhochschulstudiengängen höher als bei der Universitätsausbildung. An den Universitäten werden insbesondere Bachelor-Absolventen häufig nicht ausreichend auf eine Industrielaufbahn vorbereitet. Der VDI empfiehlt daher, auch im universitären Studium die Berufspraxis bei der Formulierung der Anforderungsprofile stärker in den Vordergrund zu stellen, ohne das wissenschaftlich geprägte Profil der Universitäten zu schwächen. Beispielsweise durch die Absolvierung von Industriepraktika oder die Vergabe praxisrelevanter Abschlussarbeiten.
- Nachwuchsengeure sollten durch Professoren unterrichtet werden, die selbst Industrieerfahrung vorweisen können.
- **Zugang zum Studium durchlässig gestalten:** Für beruflich Qualifizierte sollte der Zugang zum ingenieurwissenschaftlichen Studium noch durchlässiger gestaltet werden. Hierzu müssen die Hochschulen erprobte und qualitätssichernde Verfahren zur Anrechnung von vor dem Studium erworbenen Kompetenzen verbindlich und transparent einführen.
 - **Abbruchquote im Ingenieurstudium weiter reduzieren:** Schulen und Hochschulen müssen den Studienabbruch gemeinsam als strategische Herausforderung begreifen. In den allgemeinbildenden Schulen ist es erforderlich, Kenntnisse in Mathematik, Naturwissenschaften und Technik stärker zu entwickeln. Nur Studierende, die eine ausreichende Kompetenz in diesen Fächern mitbringen, sind den Anforderungen eines Ingenieurstudiums gewachsen. Bereits vorhandene Maßnahmen in der Vorphase des Studiums, wie Brückenkurse in mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen und die Feststellung der Eignung von Studienanwärtern sowie damit verbundene Auswahlverfahren für geeignete Studierende, sollten weiter ausgebaut werden. Der VDI begrüßt daher Initiativen, wie etwa die der TU9, die gemeinsam mit weiteren Hochschulen in Deutschland einen Mathematik-Brückenkurs entwickelt haben, der Studienanfängern künftig hilft, sich auf die Mathematikvorlesungen im Studium vorzubereiten. Auch die gezielte Beratung von Studieninteressierten in der gymnasialen Oberstufe muss forciert werden, um angehenden Studierenden ein realistisches Bild hinsichtlich der Anforderungen zu vermitteln und sie hierdurch dabei zu unterstützen, die für sie richtige Wahl des Studienfachs zu treffen. Schließlich sollte Studienabbrüchen verstärkt auch durch geeignete didaktische Maßnahmen und individuelle Beratung bereits in der Studieneingangsphase vorgebeugt werden. Die Politik sollte die Anreizsysteme in den Hochschulen und ihre Zielvereinbarungen mit der Hochschulleitung so verändern, dass hohe Anfängerzahlen bei geringen Absolventenzahlen nicht belohnt werden.
 - **Ausbildung des Ingenieurs zum „Innovationsmanager“ interdisziplinär gestalten:** Ingenieure/-innen sind im Unternehmen die zentralen Wissensträger für neue technische Lösungen. Mit der Entdeckung neuer Geschäftsfelder in verschmelzenden Bereichen von Industrie und Dienstleistung werden auch die Kompetenzanforderungen an

Ingenieure komplexer, die den klassischen Ingenieur aus seiner Spezialistenrolle als Träger von ausschließlich technischem Know-how herausholt. Zusatzqualifikationen im Bereich interdisziplinärer Technikfelder in Marketing, Kommunikation, Finanzen und Governance von Innovationen statten den Ingenieur mit Qualifikationen aus, die ihn im Unternehmen künftig zum „Innovationsmanager“ machen. Neue interdisziplinäre Ansätze und die schnittstellenübergreifende Vermittlung fachfremder „skills“, die die Ingenieurausbildung stärker auf den Erwerb von nicht technischen, auch kommunikativen Innovationskompetenzen hin ausrichten, machen aus den Ingenieurinnen und Ingenieuren von Morgen noch bessere „Innovationsmotoren“. Diese arbeiten nicht nur an einer neuen technischen Entwicklung, sondern können auch bereits im Technikgeneseprozess die Vermarktung, Finanzierung und mögliche Kundenakzeptanz einer neuen Technik antizipieren.

- **Weiterbildung zur Förderung der individuellen Innovationsfähigkeit stärken:** Eine besser in die Arbeitsprozesse und Lebenskontexte integrierte Weiterbildung sollte zunächst einmal von den individuellen Talenten und Fähigkeiten des Einzelnen ausgehen und nicht nur standardisiert Wissen vermitteln. Darüber hinaus ist es wichtig, die konkret zu bewältigenden Aufgaben zu berücksichtigen und die Weiterbildungsmaßnahmen auch von persönlichen Zielen abzuleiten. Eine solche individualisierte, aufgabenbezogene Weiterbildung für Innovationen existiert heute allenfalls in Ansätzen.
- **Ausländische Ingenieurstudienabschlüsse einfacher anerkennen:** Der hohe Bedarf an Ingenieuren lässt sich mit dem eigenen nationalen Nachwuchs nicht vollständig decken. Durch die vereinfachte Anerkennung von im Ausland erworbenen Studienabschlüssen im technischen und ingenieurwissenschaftlichen Bereich könnten auch ausländische Absolventen hierzulande einfacher freie Stellen besetzen. Die engineeriNG Card, der Berufsausweis für Ingenieurinnen und Ingenieure, vereinfacht den Nachweis und die Anerkennung von im Ausland erworbenen beruflichen Qualifikationen. Dies fördert die berufliche Mobilität und leistet damit einen Beitrag zur Deckung des Ingenieurbedarfs auf dem deutschen Arbeitsmarkt mit international ausgebildeten Fachkräften.

3.3. Innovationsprozesse und Wissenstransfer in den Unternehmen verbessern

Analyse

Die Unternehmen in Deutschland müssen in Zukunft noch stärker als bisher in ihrer Fähigkeit unterstützt werden, neues Wissen in solche Produkte und Dienste umzusetzen, die am Markt erfolgreich sind. Denn es wird deutlich weniger Wissen in Wertschöpfung umgewandelt als allgemein vermutet. Sowohl im verarbeitenden Gewerbe als auch in wissensintensiven Dienstleistungen wächst seit Jahren die **Lücke zwischen FuE-Ergebnissen und den daraus resultierenden Innovationen** – messbar unter anderem am schrumpfenden Anteil von Marktneuheiten am Gesamtumsatz der Industrie. So ging dieser für die Industrie von 5,4 Prozent (2006) auf 3,7 Prozent (2013) zurück, für die Gesamtwirtschaft von 3,5 auf 2,6 Prozent. In wichtigen Teilbereichen leidet die deutsche Wirtschaft – wie weiter oben bereits angedeutet – in dieser Hinsicht unter einem strukturellen Defizit an Innovationsfähigkeit.

Natürlich stellt sich vor allem für die Unternehmen selbst die Herausforderung, **die eigene Fähigkeit** zur Innovation zu stärken. Die innovationsökonomische Forschung definiert diese Fähigkeit zur **Innovation als einen umfassenden Prozess** – und zwar von der Suche nach neuem Wissen, über dessen Bewertung und Integration in das Unternehmen bis hin zur Verwertung in Geschäftsmodellen. Dieser Prozess hat in den vergangenen Jahrzehnten stark an Komplexität zugenommen. Während früher der Innovationserfolg meist dem Management interner FuE-Prozesse zugeschrieben wurde, gelten heute die **Interaktion mit externen Akteuren** und die Nutzung deren Wissens als Schlüsselfaktoren. Entsprechend müssen Human-, Struktur- und Beziehungskapital systematisch gefördert und koordiniert genutzt werden, um die Fähigkeit von Unternehmen zu stärken, externes Wissen erfolgreich in interne Innovationsprozesse einzubinden.

Dieser Wissenstransfer im Sinne von „**Open Innovation**“, das heißt die Öffnung des Innovationsprozesses von Unternehmen für externe Stakeholder und damit die strategische Nutzung der Außenwelt zur Vergrößerung des eigenen Innovationspotenzials, erfordert von Unternehmen allerdings auch neue Strategien, Kreativität und Kompetenzen zur Nutzung dieser

Ressourcen sowie zum Management derartiger Prozesse. Die explosionsartige Entwicklung fundamentaler Disziplinen übergreifenden Wissens macht neue Strategien erforderlich. Sowohl bei der Identifikation als auch bei der Aneignung, Bewertung und Verwertung von neuem – externem – Wissen müssen die Unternehmen neue strategische Ansätze entwickeln. Bei der Bewertung des Wissens ist der Überblick über den gesamten Innovationsprozess eine wichtige Voraussetzung. Dies ist jedoch mit hohen Unsicherheiten verbunden, denn beispielsweise bergen das spätere Geschäftsmodell oder die Akzeptanz einer neuen Technologie oft unkalkulierbare Risiken. Auch die Aneignung des Wissens erfordert neue Strategien: Die **Kombination von externem und internem Wissen** birgt in Unternehmen großen Koordinierungsaufwand sowie erhebliches Konfliktpotenzial. Gründe liegen unter anderem in unterschiedlichen „Philosophien“ (zum Beispiel Elektroauto versus Verbrennungsmotor) sowie Disziplinen (Elektronik und Fahrzeugbau). Unternehmen müssen sich gegenüber der Außenwelt öffnen, indem sie sowohl externes Wissen von Kunden, Zulieferern, anderen Branchen oder Hochschulen integrieren als auch internes Wissen extern verfügbar machen und die eigenen Wissensinteressen offener kommunizieren.

Innovationen werden aber auch immer häufiger nicht nur durch die reine Technik im Sinne neuer Produkte, sondern durch **innovative Geschäftsmodelle** realisiert. Solche neuartigen Geschäftsmodelle zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie technologie- und branchenübergreifend funktionieren. Aktuell zeigt sich dieser Wandlungsdruck zum Beispiel in der Automobilindustrie: Neue Dienstleistungen auf Basis mobiler Internet-Zugänge, Smartphone-GPS und leistungsfähige Abrechnungssysteme ermöglichen hohe Mobilität auch ohne eigenes Auto. Damit stehen die Automobilhersteller vor der strategischen Frage, ob sie künftig zum Zulieferer derartiger Mobilitätsanbieter werden sollen. Vor vergleichbaren Herausforderungen steht auch die Energiebranche: Im Zuge des Umstiegs auf regenerative Energiequellen wandelt sich eine wachsende Zahl von Haushalten vom Konsumenten zum Produzenten von Strom und Wärme. Damit steht für die traditionellen Energieversorger plötzlich nicht mehr die Bereitstellung von Strom im Vordergrund, sondern die umfassende Koordination von Energieangebot und Energienachfrage im Systemverbund.

Über diese beiden exemplarisch genannten Branchen hinaus stehen nahezu alle Unternehmen vor der akuten Aufgabe, solche Veränderungen rechtzeitig zu erkennen und entsprechend proaktiv zu handeln. Dies ist in der Regel mit gewaltigen Anstrengungen verbunden. Schon

das Erkennen von frühen Signalen bereitet den betroffenen Unternehmen oft erhebliche Schwierigkeiten. Denn erstens entwickeln sich solche Innovation jenseits der traditionell bekannten Technikgrenzen und Kundenwünschen und die Sensorik des Unternehmens ist auf diese unbekannt Bereiche zumeist nicht ausgerichtet. Zweitens würde eine tiefgreifende Umstellung des Geschäftsmodells in einem etablierten Unternehmen eine Vielzahl der existierenden Organisationseinheiten infrage stellen oder radikal verändern – was naturgemäß erhebliche Widerstände weckt.

VDI-Forderungen

- **Umsetzungsbarrieren bei Innovationen überwinden:** Um die vielfältigen Barrieren bei der Umsetzung von Wissen in Wertschöpfung zu überwinden, müssen Politik, Forscher und Unternehmen neue Formen der Kooperation entwickeln. Es kommt darauf an, neues gemeinsames Verhalten zwischen Akteuren aus unterschiedlichen Institutionen einzubringen. Da diese Akteure gleichzeitig miteinander im Wettbewerb stehen können, wird dieses Verhalten häufig durch **Coopetition** geprägt sein, also eine Dualität von Konkurrenz und Kooperation. Die Risikobewältigung in Innovationsfeldern durch **Coopetition** wird zu einer Schlüsselkompetenz, für die die theoretischen und praktischen Grundlagen zu schaffen sind. In ersten Ansätzen zeigt sich erfolgreiche Coopetition heute bei der entstehenden Zusammenarbeit von Maschinenbauern und IT-Unternehmen im Rahmen von Industrie 4.0.
- **Neue Formen des Wissens- und Technologietransfers entwickeln:** Innovatoren brauchen mehr transdisziplinäre Zusammenarbeit und die Stärkung von entsprechenden (auch webbasierten) Kooperations- und Lerninfrastrukturen. Ein kultureller Wandel im Innovationssystem hin zu einer verbesserten Kommunikation zwischen Spezialisten unterschiedlicher Bereiche bedarf einer konkreten Handlungsebene, um wirksam zu werden. Den geeigneten Rahmen hierfür bilden „Communities of Practice“ in Innovationsfeldern. In der Unternehmenspraxis hat sich bei vergleichbaren Aufgaben eine gezielte Community-Entwicklung bewährt. Diese positiven Erfahrungen gilt es auf die Zusammenarbeit zwischen Politikern, Beamten, Wissenschaftlern, Unternehmern und Managern zu übertragen.
- **Neue Geschäftsmodelle besser in Innovationsprozesse integrieren:** Um Geschäftsmodelle besser in den komplexen Innovationsprozess zu integrieren, sollten Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen und Technologiefeldern

gezielt zusammenarbeiten. Zusätzlich sollten diese Kooperationen innovationspolitisch durch staatlich geförderte „Cross-industry“-Projekte begleitet werden. Ein vielversprechender Ansatz, Geschäftsmodell-Innovationen interaktiv zu erproben und zu entwickeln, sind gemeinsame Innovationsplattformen für Wissenschaftler, Vertreter aus etablierten und jungen Unternehmen sowie Akteure aus öffentlichen Organisationen. Einige Unternehmen betreiben solche „Open-Innovation“-Aktivitäten bereits erfolgreich. Derartige Plattformen müssen offen für Anregungen von außen sein, gleichzeitig aber auch ihren Mitgliedern einen Schutz des erarbeiteten geistigen Eigentums bieten. Dann können diese zu Keimzellen für neue Geschäftsbereiche und Unternehmen mit entsprechenden Beteiligungsstrukturen werden.

- **Innovations- und Führungskulturen miteinander synchronisieren:** Innovationskulturen kommt eine besonders hohe Bedeutung zu, denn vielfach scheitern Innovationen an der Organisationsstruktur und der Führungskultur in den Unternehmen. Entsprechend müssen die innerbetriebliche Kommunikation und die Schulung der Führungskräfte und Mitarbeiter neu ausgerichtet werden. Denn Innovation wird in einer Organisation von sozialen Prozessen getrieben. Entscheidend ist letztlich, wie Ideen entwickelt werden und welche sich durchsetzen, welche Faktoren dafür förderlich sind, aber auch welche Hemmnisse im Weg stehen. Meist sind Innovationen „Bottom-up-Prozesse“, die sich außerhalb etablierter Routinen, eingefahrener Strukturen und sogar durch Grenzüberschreitungen vollziehen. Nicht selten sind es auch technische Spezialisten (Ingenieurinnen und Ingenieure), die sich mit ihrer neuen Idee innerhalb der Organisation durchsetzen müssen. Deshalb ist die Form und Art der Organisation wichtig: Solche an der Basis wurzelnden Prozesse vertragen sich oft nicht mit „Top-down-Strukturen“, die nicht selten durch tradierte Entscheidungsmuster zu einem Innovationsblocker werden.

3.4 Chancenorientierte Innovations- und Technologieförderung optimieren

Analyse

Das deutsche Forschungs- und Innovationssystem zeichnet sich durch **große Vielfalt und Komplexität** aus. Neben den Hochschulen besteht eine Vielzahl von außerhochschulischen Forschungseinrichtungen. Großunternehmen prägen den Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland ebenso wie in ihren jeweiligen Geschäftsfeldern sehr starke und innovative mittelständische Betriebe unterschiedlichster Spezialisierung.

Vor diesem Hintergrund wundert es nicht, dass auch die Forschungs- und Innovationsförderung über ein vielfältiges Portfolio an Instrumenten verfügt. Technologiespezifische stehen neben themenoffenen Programmen, etwa für den Mittelstand. Spitzenforschung im Grundlagenbereich, angewandte Forschung, Lehre und Weiterbildung werden mit spezifischen Instrumenten adressiert. Im Hinblick auf die komplexe Natur des deutschen Wirtschafts- und Innovationsstandorts ist diese Vielfalt nicht etwa als „Wildwuchs“, sondern als eine grundsätzlich stabile und angemessene Architektur zu bewerten.

Wissenschaft und Forschung sind zentrale Elemente der Innovationsfähigkeit Deutschlands. Vor dem Hintergrund der föderalen Verfassung der Bundesrepublik sind gute Rahmenbedingungen einer fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern in der Bildungs-, Wissenschafts- und Innovationspolitik von entscheidender Bedeutung. Besonders wichtige Handlungsfelder für Bund und Länder sind zunächst in der Hochschulpolitik die Entwicklung der Qualität der Lehre, der Ausbau der wissenschaftlichen Weiterbildung und die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

In der Forschungspolitik sind gute Rahmenbedingungen und deutliche Anreize für die **Kooperation** zwischen Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen einerseits sowie zwischen der Forschung insgesamt und der Praxis andererseits wichtige Ziele. Wie bereits in der Analyse des Beziehungskapitals ausgeführt, werden die herausragenden Kooperationsmöglichkeiten innerhalb des deutschen Innovationssystems allerdings nicht ausreichend wahrgenommen.

Bei der Ausgestaltung der gemeinsamen Hochschul- und Forschungspolitik des Bundes und der Länder sind vor allem zwei, teilweise konkurrierende Aspekte zu berücksichtigen. Hochschulen und Forschungseinrichtungen wünschen sich verlässliche Rahmenbedingungen einschließlich einer angemessenen Grundfinanzierung. Andererseits können **kompetitive Elemente** notwendige Innovationsimpulse setzen. Beispiele für solche kompetitiven Elemente sind die „Exzellenzinitiative“ im Bereich der Forschung, der „Qualitätspakt Lehre“ im Bereich des traditionellen Studiums und der Bund-Länder-Wettbewerb „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“ im Bereich der wissenschaftlichen Weiterbildung beziehungsweise des berufs begleitenden Studiums.

Zu Recht versucht die Bundesregierung mit ihrer Hightech-Strategie durch die Formulierung **prioritärer Zukunftsaufgaben** Forschung und Entwicklung

hin zu den großen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen zu orientieren: **Digitale Wirtschaft und Gesellschaft, Nachhaltiges Wirtschaften und Energie, Innovative Arbeitswelt, Gesundes Leben, Intelligente Mobilität und Zivile Sicherheit.** Dadurch wird die Bedeutung von Forschung und Technologie für wirtschaftliche Entwicklung, Wohlstand und Lebensqualität deutlich.

Auch Zukunftsprojekte tragen zur Fokussierung auf zentrale Herausforderungen bei. Gerade Industrie 4.0, wenn auch derzeit noch häufig nur als „Marketing-Schlagwort“ benutzt, bietet potenziell die Chance, in einem für Deutschlands Position nach außen wie im Inneren wesentlichen Gebiet interdisziplinär und integrativ neue Lösungen zu entwickeln. Dies gilt sowohl mit Blick auf Produktionstechnologien neuen Typs, neue Geschäftsmodelle und die Zukunft der Arbeitswelt. Neben diesen bedarfs- und problemorientierten Ansätzen ist auch FuE in **Querschnitts- und Schlüsseltechnologien** notwendig, auch wenn der direkte Bezug zu den sozioökonomischen Herausforderungen nicht immer unmittelbar erkennbar ist. Neben dem „demand pull“ besteht weiterhin eine wichtige Funktion für den „Technology Push“-Ansatz in der Innovationsförderung. Neue technologische Möglichkeiten schaffen oftmals Anwendungen, die zuvor kaum vorstellbar waren. Von der SMS bis Facebook: Die Geschichte der Informations- und Kommunikationstechnologie ist voll von spektakulären Beispielen dafür.

Eine besondere Anforderung an zukünftige Technologiepolitik wird darin bestehen, die auf **technologische Durchbrüche orientierte Forschung** und ihre Ergebnisse schneller und flexibler in bedarfs- und problemorientierte Entwicklung einzubinden. Methoden der technologisch-wirtschaftlich-gesellschaftlichen Vorausschau („Foresight“) können für diese flexible Koordinierung einer bedarfs- und technologieorientierten Forschung und Entwicklung von großem Nutzen sein. Ein zentrales Merkmal der Innovationsfähigkeit Deutschlands ist das hohe Komplexitätskapital – die ausgeprägte Fähigkeit, eine Vielfalt an nützlichem Wissen zu entwickeln und zu koordinieren, um einzigartige, komplexe Produkte herstellen zu können. Für die Erhaltung und Entwicklung dieser Fähigkeit sind interdisziplinäre FuE-Projekte, die auf konkrete Produktentwicklungen abzielen, besonders geeignet. Wegen der vielfältigen und neuartigen Anforderungen ist beispielsweise das Gebiet der erneuerbaren Energien – deren Erzeugung, Speicherung und Verteilung – ein fruchtbares Feld für solche interdisziplinäre Verbundforschung.

Obwohl alle diese Förderprogramme auf Innovationen selbst – konkrete Produkt- und Prozessinnovationen – ausgerichtet sind, werden oftmals Aspekte der Innovationsfähigkeit implizit oder explizit mitgefördert. So dienen etwa Verbundprojekte dem Aufbau und der Festigung des Beziehungskapitals der Beteiligten. Auch Humankapitalbildung ist oftmals impliziter, gelegentlich auch expliziter Gegenstand von Technologieprogrammen. Beispiele für explizite Maßnahmen sind etwa begleitende Angebote für Promovierende oder Maßnahmen zur Entwicklung von Qualifikationsbildern und Qualifizierungsmaßnahmen im Gebiet der jeweiligen Technologien. Diese Möglichkeiten der in Technologieprogramme integrierten Förderung von Innovationsfähigkeit sollten wesentlich systematischer und breiter genutzt werden.

VDI-Forderungen

- **Schlüsseltechnologien stärker fördern:** Bei der Weiterentwicklung der Hightech-Strategie sollte – neben den auf Bedarfsfelder fokussierten Maßnahmen – die Förderung von Schlüsseltechnologien (zum Beispiel Bio- und Nanotechnologie, Mikrosystemtechnik, Informations- und Kommunikationstechnologien, Energieforschung, optische Technologien) einen besonderen Platz erhalten. Damit würden innovative, möglicherweise sogar branchenerstörende Technologieentwicklungen als „Technology Push“ auch dann wirksam werden, wenn konkrete Bedarfe noch nicht absehbar sind.
- **Zukunftstechnologien ganzheitlich betrachten:** Zentrale Zukunftsprojekte wie Industrie 4.0 sollten ganzheitlich alle technisch, ökonomisch und sozial relevanten Gestaltungsdimensionen ansprechen. Am Beispiel der Industrie 4.0 bedeutet dies auch, den Veränderungen der Geschäftsprozesse und der Arbeitswelt besondere Aufmerksamkeit zu schenken und die Erforschung und Entwicklung von geeigneten Modellen zu fördern. Nicht nur beim Thema Industrie 4.0 ist eine erfolgreiche Mittelstandsförderung – etwa im Rahmen des „Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand“ – von zentraler Bedeutung.
- **Förderprogramme an Innovationsfähigkeit orientieren:** Förderprogramme sollten alle Facetten der Innovationsfähigkeit (Human-, Komplexitäts-, Struktur- und Beziehungskapital) ausgewogen ansprechen. Dafür geeignete Maßnahmen sind etwa Kompetenzentwicklungsmaßnahmen auch in Technologieprogrammen und eine verstärkte Förderung interdisziplinärer Verbünde über etablierte Kooperationsbeziehungen hinaus.

- **Wissenschaftspolitik zukunftsfähig gestalten:** Der Beschluss zur Lockerung des Kooperationsverbots zwischen Bund und Ländern in der Wissenschafts- und Forschungspolitik war ein dringend notwendiger Schritt zur Modernisierung unseres Wissenschaftssystems, der auch als Vorbild für unser Schulsystem gelten sollte. Eine bessere Kooperation zwischen hochschulischer und außerhochschulischer Forschung über alle Programme hinweg und mit gezielten Anreizstrukturen kann diesen ersten Reformschritt sinnvoll ergänzen. In der deutschen Hochschulpolitik sollte die richtige Balance gefunden werden zwischen dem Interesse der Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen nach verlässlichen Rahmenbedingungen einerseits und der Innovationsförderung durch kompetitive Maßnahmen und Programme andererseits.
- **Förderpolitik strategisch begreifen:** Eine zielgerichtete und lernfähige Förderpolitik benötigt Maßnahmen der vorausschauenden, der begleitenden und der rückblickend-bewertenden Wirkungsanalyse und Evaluation. Solche Maßnahmen sollten sowohl programmübergreifend (wie etwa als „Foresight“) als auch programmbezogen (als begleitende, Ex-post- und Ex-ante-Evaluationen) systematisch und flächendeckend etablierte Bestandteile der Förderpolitik sein.
- **Grundlagenforschung praxisnah gestalten:** Besondere Aufmerksamkeit bedarf der Schließung der Lücke zwischen der theoretisch-wissenschaftlich ausgerichteten und oftmals abstrakten Grundlagenforschung einerseits und der anwendungsorientierten Forschung andererseits. Die Grundlagenforschung sollte praxisnah gestaltet werden, um einen ersten Schritt in Richtung wirtschaftlicher Wertschöpfung oder gesellschaftlicher Anwendung zu gehen. Der VDI begrüßt spezifische Maßnahmen im Bereich der Validierungsförderung, die eine bessere Überführung von wissenschaftlicher Erkenntnis in konkrete Produkte und Dienstleistungen erreichen sollen. Diese sollten weiter ausgebaut werden.

3.5 Mit Clustern Wandel gestalten und Innovationsprozesse öffnen

Analyse

Cluster, definiert als „geografische Konzentrationen miteinander verbundener Unternehmen und Institutionen in einem bestimmten Themenfeld“², sind zu

einem festen Bestandteil wirtschafts-, struktur- und innovationspolitischer Strategien geworden. Damit handelt es sich bei Clustern eigentlich um ein empirisches Phänomen: Akteure in einem Themenfeld bzw. einer Branche sind de facto oftmals regional konzentriert. Hieraus entstehen positive Effekte dadurch, dass der Wettbewerb zwischen Akteuren gestärkt wird und Synergieeffekte genutzt werden. Beispiele sind Synergien bei Wissensgenerierung und -austausch (zwischen Hochschulen und Unternehmen, aber auch zwischen Unternehmen untereinander), gemeinsame Infrastrukturen und Zuliefer- bzw. Absatznetzwerke, gut funktionierende regionale Arbeitsmärkte oder projektbezogene Kooperationen.

Clusterpolitik zielt darauf ab, Cluster in ihrer Entwicklung und ihrer Leistungsfähigkeit zu stärken und die oben skizzierten Synergieeffekte besser zu nutzen. Als wichtigste Instrumente haben sich dabei die Unterstützung von Clusterorganisationen und von Innovationsprojekten, an denen mehrere Akteure aus einem Cluster beteiligt sind, etabliert. Clusterstrategien sind weltweit ein **Instrument für mehr Wirtschaftswachstum, Innovation und Beschäftigung im regionalen Kontext**.

In der deutschen Innovationspolitik spielt die Unterstützung von Clustern bereits eine zentrale Rolle. Auf Bundesebene sind insbesondere der „Spitzenclusterwettbewerb“, mit dem leistungsfähige Cluster auf dem Weg in die internationale Spitzengruppe unterstützt werden, das Programm „go-cluster“ als clusterpolitische Exzellenzmaßnahme und die Innovationsinitiative „Unternehmen Region“ für die neuen Bundesländer zu nennen.

Das Clusterkonzept unterliegt einem permanenten Wandel, der aktuell insbesondere vom Aspekt der **Öffnung** geprägt ist – und zwar im Hinblick auf die Öffnung des Clusters zur Mitgestaltung großer **gesellschaftlicher Transformationsprozesse**. Überdies geht es heutzutage auch darum, die Unternehmen im Cluster dabei zu unterstützen, neue Themen und Märkte zu erschließen und neue Wege beim Innovationsmanagement zu gehen. Clustermanagementorganisationen unterstützen Unternehmen zum Beispiel darin, neue Technologien und Märkte für sich zu erschließen, indem sie entsprechendes Strategiewissen bereitstellen. Sie tragen außerdem aktiv dazu bei, dass Akteure aus bisher nicht miteinander verbundenen Wertschöpfungsketten miteinander ins Gespräch kommen. Dabei geht es um eine **langfristige Partnerschaft von öffentlicher Hand und privaten Clusterakteuren**.

² Porter, M. E. (1998): Clusters and the New Economics of Competition, Harvard Business Review, November-December 1998.

Clusterstrategien orientieren sich dennoch viel zu häufig an herkömmlichen Branchenstrukturen. Das größte Innovations- und zugleich Wachstumspotenzial besteht jedoch an den **Schnittstellen von Branchen und Wertschöpfungsketten**. Erfolgreiche Lösungsansätze aus einer Branche können in andere Branchen transferiert werden und dort gänzlich neue Produkte oder Dienstleistungen nach sich ziehen. Ein Beispiel ist die Nutzung von Lösungen aus dem Flugzeugbau für die Off-Shore-Windenergieerzeugung. Clusterorganisationen haben also das Potenzial, neue Kooperationsformen zu ermöglichen, um unterschiedliche Branchen und deren Akteure miteinander zu verknüpfen.

Innovationsprojekte in Clustern folgen oftmals einer am Gedanken des regionalen Innovationssystems orientierten Logik. Aber: Regionale Spezialisierung bedeutet zugleich überregionale und damit auch internationale Zusammenarbeit und die **Einbindung in globale Wertschöpfungsketten**. Letztendlich kommt es für die Cluster und ihre Akteure mehr denn je darauf an, weltmarktfähige Produkte auf den Leitmärkten der Zukunft anbieten zu können, also jenen Märkten, von denen zukünftig die größten Wachstumsimpulse ausgehen werden. Häufig sind dies Märkte, auf denen globale Herausforderungen wie der Klimawandel oder die demografische Entwicklung nachfragewirksam werden. Die Erschließung dieser Märkte geschieht nicht im Alleingang, es bedarf eines gemeinsamen Engagements der Bereitstellung angemessener Ressourcen in Clustermanagementorganisationen.

VDI-Forderungen

- **Cluster in gesellschaftliche Transformationsprozesse einbeziehen:** Die Politik ist für die Rahmenbedingungen zur Standortoptimierung verantwortlich. Bei der Erfüllung dieser Aufgabe muss



Prof. Dr.-Ing. Udo Ungeheuer
Präsident des VDI

sie zunehmend als Promotor für Zukunftsmärkte und als Moderator für eine verbesserte Zusammenarbeit auftreten: Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft müssen für den Standort immer mehr und gemeinsame Verantwortung übernehmen. Hierzu müssen strategische Partnerschaften mit Clustern etabliert und entsprechende Kapazitäten bei den Clusterorganisationen zur Bewältigung öffentlicher Aufgaben und anstehender gesellschaftlicher Transformationsprozesse wie zum Beispiel der Energiewende ausgebaut werden.

- **Entscheidungswissen für die Gestaltung von Transformationsprozessen bereitstellen:** Im Zuge von Standortoptimierung wird das Benchmarking mit Vergleichsregionen eine zunehmend größere Rolle spielen. Hierzu sollte strategisches Entscheidungswissen etwa zu volkswirtschaftlichen Schlüsselgrößen, regionalen Strategien oder Schlüsselakteuren systematisch bereitgestellt werden. Dies erfordert einen besseren Zugang („Open Access“) zu bereits verfügbarem Wissen sowie die Unterstützung des interregionalen und internationalen Erfahrungsaustauschs. Cluster sollten ihr Wirken daher in konkreten Projekten transparent gestalten und über die Grenzen ihrer Clusterorganisation hinaus zur Verfügung stellen.
- **Potenzial von Clustern bei der Öffnung von Innovationsprozessen besser nutzen:** Die Rolle von Clustern sollte in forschungs-, technologie- und innovationspolitischen Programmen zunehmend Berücksichtigung finden, und zwar insbesondere mit Hinblick auf ihre Rolle bei der Erschließung neuer Wertschöpfungsketten und internationaler Märkte sowie der Entwicklung und Durchsetzung von Geschäftsmodellinnovationen oder von sozialen Innovationen.



Dipl. Wirtsch.-Ing. Ralph Appel
Direktor und geschäftsführendes
Präsidiumsmitglied des VDI

Der VDI

Sprecher, Gestalter, Netzwerker

Ingenieure brauchen eine starke Vereinigung, die sie bei ihrer Arbeit unterstützt, fördert und vertritt. Diese Aufgabe übernimmt der VDI Verein Deutscher Ingenieure. Seit über 150 Jahren steht er Ingenieurinnen und Ingenieuren zuverlässig zur Seite. Mehr als 12.000 ehrenamtliche Experten bearbeiten jedes Jahr neueste Erkenntnisse zur Förderung unseres Technikstandorts. Das überzeugt: Mit rund 154.000 Mitgliedern ist der VDI die größte Ingenieurvereinigung in Deutschland. Als drittgrößter Regelssetzer ist er Partner für die deutsche Wirtschaft und Wissenschaft.

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.
Dirk Manske
Strategie und Kommunikation
Leiter Politik und Allgemeine Öffentlichkeitsarbeit
Tel. +49 211 6214-354
manske@vdi.de
www.vdi.de

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.
Annika Lander
Strategie und Kommunikation
Referentin Politische Öffentlichkeitsarbeit
Tel. +49 211 6214-653
lander@vdi.de
www.vdi.de