

»» Zukunftstechnologien für Deutschland: in vielen Feldern gut aufgestellt, aber auch Bedarf zur Nachjustierung

Nr. 321, 2. März 2021

Autor: Dr. Volker Zimmermann, Telefon 069 7431-3725, volker.zimmermann@kfw.de

Welche Technologien werden im nächsten Jahrzehnt die Wirtschaft in Deutschland bewegen? Wo wird (nachhaltiges) Wachstum herkommen? Auf welchen Stärken kann Deutschland aufsetzen, an welchen Stellen müssen wir nachlegen? Und welche Weichen müssen dafür heute gestellt werden? KfW Research hat eine Studie in Auftrag gegeben, die Zukunftstechnologien aus deutscher Sicht ermittelt. Der Fokus liegt dabei auf Technologien, die bereits in mittlerer Frist eine hohe Relevanz auf dem Markt erreichen können.

Die identifizierten Zukunftstechnologien decken eine große Bandbreite ab. Zu ihnen zählen Technologien, die mit Kraftfahrzeugen im Zusammenhang stehen sowie Informations- und Umwelt-/Klimaschutztechnologien. Hinzu kommen Technologien im Zusammenhang von Produktion und Medizin. Bei einer Vielzahl dieser Technologien besitzt Deutschland bereits ausgeprägte Kompetenzen, bei anderen müssen diese erst noch aufgebaut werden.

Bei den Kraftfahrzeugtechnologien – wie hybridelektrische Kfz, Batterietechnik, elektrische Traktionsmotoren, Leichtbau bei Kfz und autonomes Fahren – sind die deutschen Unternehmen technologisch gut aufgestellt. Diese Technologien setzen bei bereits bestehenden, klassischen deutschen Stärken an. Ein weiteres Engagement in der Forschung ist jedoch erforderlich, vor allem um Kompetenzen in der Elektromobilität aufzubauen.

Informationstechnologien stellen für Deutschland eine Herausforderung dar. Ihnen kommt eine wachsende Bedeutung in vielen anderen Technologiefeldern zu. Allerdings sind die technologischen Kompetenzen Deutschlands hier nur mittelstark ausgeprägt. Da es wenig realistisch erscheint, nur durch verstärkte Forschung und Entwicklung in wenigen Jahren international den Anschluss zu erreichen, sollte bei diesen Technologien ein besonderes Augenmerk auf den Aufbau von Kompetenzen in ihrer Anwendung – insbesondere in der Produktionstechnik – gelegt werden.

Umwelt- und Klimaschutztechnologien adressieren direkt gesellschaftliche Bedarfe. Damit diese Technologien wirtschaftlich auch auf kürzere Sicht betriebswirtschaftlich rentabel sind, ist es wichtig, zuverlässige Rahmenbedingungen für deren Nutzung zu schaffen, wie etwa die CO₂-Steuer. Die Anreize, in Umwelt- und Klimaschutz zu investieren, müssen auf breiter Front gestärkt werden.

Produktionstechnologien zählen zu den traditionellen deutschen Stärken. Eine besondere Herausforderung für deutsche Unternehmen ist der neue Markt der additiven Fertigung und die Integration der Informationstechnik.

Zu den Zukunftstechnologien der Medizin zählen beispielsweise neue Impfstoffe, die lange Zeit als ökonomisch wenig attraktiv galten. Mit der Corona-Pandemie haben Impfstoffe eine neue Bedeutung bekommen. Da es in den kommenden Jahren immer wieder ähnlich gefährliche neue Viren geben wird, kann ein erhebliches Wachstumspotenzial angenommen werden.

Gerade für Deutschland als Technologienation ist es wichtig, mithilfe von Innovationen, technischem Fortschritt und Wettbewerbsfähigkeit in zentralen Technologiefeldern Wachstum zu schaffen. Nur so können zukunftssichere Arbeitsplätze geschaffen und der Wohlstand in Deutschland gesichert und vermehrt werden. Die zunehmende Ausrichtung der deutschen Wirtschaftspolitik anhand gesellschaftlicher Bedarfe und damit die Förderung der entsprechenden Technologiefelder spiegelt diese Bedeutung wider.¹

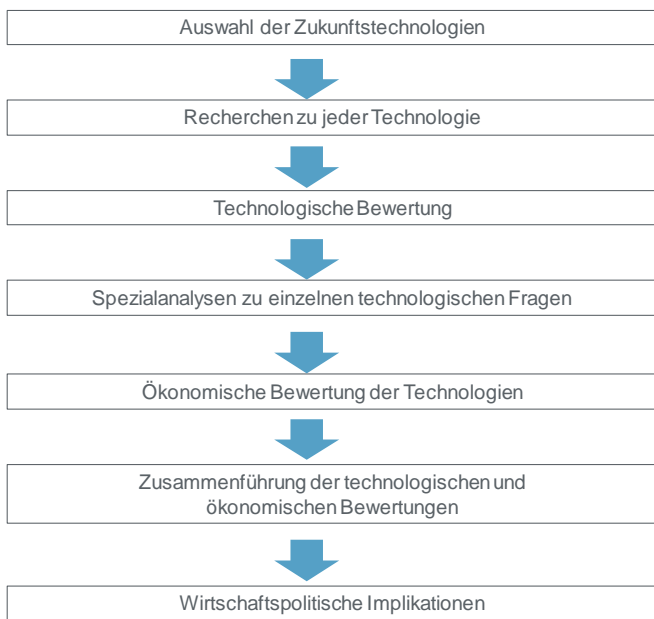
Nicht zuletzt wird auch die Corona-Krise tiefe Spuren in der Wirtschaft und bei den Staatsfinanzen hinterlassen. Der Druck zum effizienten staatlichen Handeln wird weiter steigen. Es wird notwendig sein, insbesondere staatliche Fördermaßnahmen verstärkt in möglichst zukunfts-trächtige Felder zu lenken.

KfW Research hat daher eine Studie beim Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) in Auftrag gegeben, die aus deutscher Sicht Zukunftstechnologien identifiziert. Wesentliches Kriterium für die Auswahl war, dass die Technologien mittelfristig – also im Zeitraum von grob 5 bis 10 Jahren – eine hohe Relevanz am Markt erreichen. Somit sind Technologien angesprochen, die bereits heute kommerziell genutzt werden und ein deutliches Wachstumspotenzial aufweisen. Darüber hinaus sollten auch das bestehende technologische Profil Deutschlands, gesellschaftliche Herausforderungen, wie der Klimawandel, die Stellung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bei diesen Technologien sowie die aktuelle Diskussion über die technologische Souveränität berücksichtigt werden. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchung werden im Folgenden zusammengefasst.²

Identifikation von Zukunftstechnologien anhand der technologischen Position Deutschlands und dem Marktwert aus deutscher Sicht

Zur Vorauswahl potenzieller Zukunftstechnologien aus deutscher Sicht wurden zum einen verschiedene deutsche und internationale Studien zu Zukunftstechnologien und zu gesellschaftlichen Herausforderungen herangezogen. Zum anderen wurden externe Experten sowie Experten des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) dazu befragt. Auf dieser Basis wurde eine Liste von gut 30 Technologien zusammengestellt, die sich auf die Bereiche Informationstechnik, Produktionstechnik, Werkstoffe, Gesundheit, Verkehr, Umwelt/Klima und Energie beziehen. Sie decken somit ein breites Spektrum an Technologien ab.³

Grafik 1: Arbeitsablauf der Untersuchung



Quelle: Schmoch et al. (2021)

Für diese Technologien wurden Recherchestrategien für Patente, Publikationen und Marken entwickelt. Auf dieser Basis konnte für jede Technologie ein Satz von Indikatoren zur technologischen Position Deutschlands ermittelt werden. Diese Indikatoren wurden in einen Gesamtindikator (Composite Indicator) überführt, sodass mit dessen Hilfe ein Ranking vorgenommen werden konnte. Zusätzlich wurde die wirtschaftliche Relevanz einer Technologie anhand ihres aktuellen Marktwerts aus deutscher Sicht ermittelt (Kasten zur Methodik am Ende). Auf dieser Basis wurden die untersuchten Technologien bewertet und wirtschaftspolitische Schlussfolgerungen gezogen (Grafik 1).

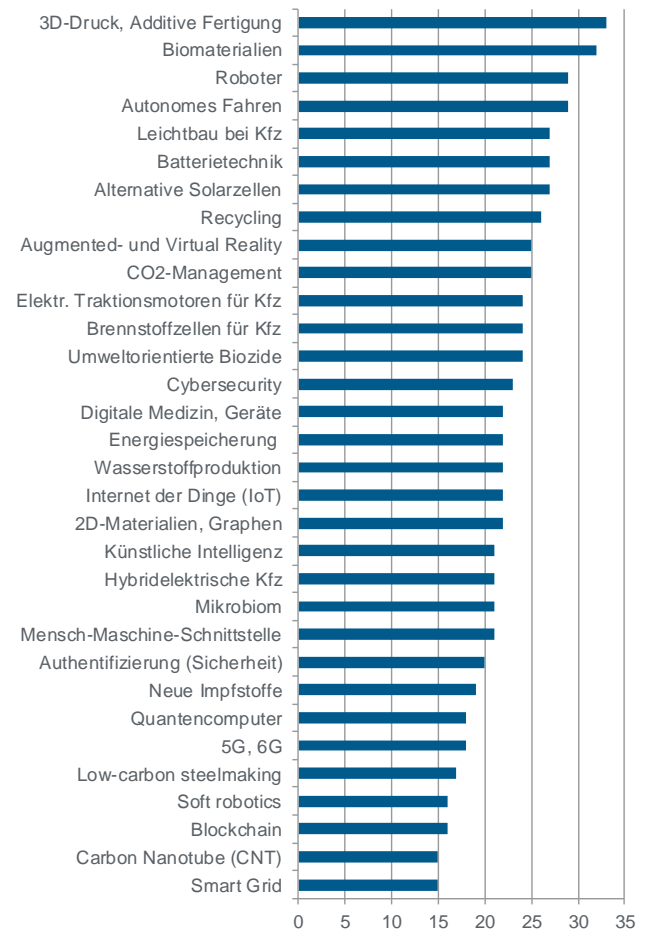
Additive Fertigung, Biomaterialien und für Kfz relevante Technologien auf den vorderen Rängen

Bei der Beurteilung der technologischen Position aus mittelfristiger Perspektive stehen die additive Fertigung und Biomaterialien auf den vorderen Rängen (Grafik 2). Additive Fertigung oder 3D-Druck ist die umfassende Bezeichnung für alle Fertigungsverfahren, bei denen Material Schicht für Schicht aufgetragen und so dreidimensionale Gegenstände erzeugt werden. Diese Verfahren eignen sich vor allem für

die Fertigung hochpräziser Werkstücke mit hoher geometrischer Komplexität in kleinen Serien. Die Bedeutung von Biomaterialien liegt darin begründet, dass sie als nachwachsende Rohstoffe die Problematik der Verknappung konventioneller Rohstoffe lindern können.

Grafik 2: Rangfolge der Zukunftstechnologien nach technologischen Indikatoren aus deutscher Sicht

In Indexpunkten



Quelle: Schmoch et al. (2021)

Darauf folgen autonomes Fahren und Leichtbau bei Kfz. Erwähnenswert ist die gute Stellung bei der Batterietechnik, die einige Experten wegen der Stärke einiger asiatischer Länder für Deutschland als bereits verloren gegeben haben. In der Batterietechnik haben deutsche Hersteller jedoch gut aufgeholt. Sie verfügen über Stärken hinsichtlich alternativer Werkstoffe zu Lithium, hoher Kapazitäten oder der Wiederverwertbarkeit. Mit der Umstellung auf die Elektromobilität wird es wichtig sein, diese Stärken am Markt durchzusetzen.

Auffällig ist schließlich die niedrige Positionierung der Blockchain-Technologie, die in vielen Zukunftsstudien als eine zentrale Zukunftstechnologie aufgefasst wird. Bei Patent-, Publikations- und Markenindikatoren sind Kennziffern wie deutsche Spezialisierung, Anzahl des deutschen Beitrags oder die Größe der Patentfamilie, niedrig. Allerdings weist diese Technologie hohe Werte bei jenen Indikatoren auf, die sich auf den Entwicklungstrend beziehen.

Alternativ wurde ein Ranking berechnet, wenn zusätzlich die Stellung von KMU bei einer Technologie berücksichtigt wird. Dazu wurde der Anteil der Patente, die von KMU angemeldet werden, in die Berechnung aufgenommen. Die Reihung der Technologien verändert sich dadurch jedoch nicht wesentlich. Lediglich bei einzelnen Technologien, wie beispielsweise Recycling (dann Position 4), CO₂-Management (dann Position 5) oder Energiespeicherung (dann Position 9) gibt es deutliche Verschiebungen.

Starke Spreizung der Marktwerte

Auffällig ist die starke Spreizung der Verteilung der Marktwerte (Grafik 3). Sehr hohe Werte bestehen bei den Technologien hybridelektrische Kfz bis hin zur Wasserstoffproduktion, mittlere Werte im Bereich Roboter bis zu elektrischen Traktionsmotoren. Augmented und Virtual Reality steht am Übergang zwischen diesen beiden Bereichen. Sehr niedrig sind die Werte bei den Technologien neue Impfstoffe bis Mikrobiom.

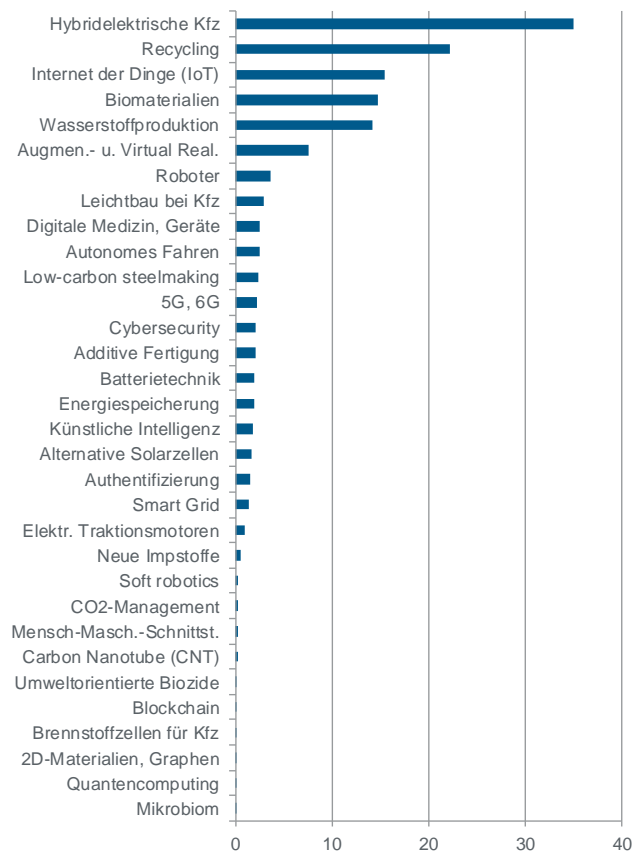
Wasserstoff ist von Bedeutung, da er als Energiequelle in erheblichem Maß zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes beitragen kann. Virtual Reality kann in vielen Bereichen in der Industrie eingesetzt werden, etwa zur Erstellung von virtuellen Prototypen, zur Produktionsplanung, für virtuelles Training oder für ergonomische Bewertungen. Mit Augmented Reality können in Echtzeit zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt werden. Das Mikrobiom und dessen Veränderung stehen im Zusammenhang mit einer Vielzahl von Krankheiten. In dessen Beeinflussung werden große medizinische Potenziale gesehen.

Die Technologie hybridelektrische Kfz auf dem vordersten Rang knüpft an die traditionelle deutsche Stärke bei Kraftfahrzeugen an. Mit Recycling, Biomaterialien und Wasserstoffproduktion stehen drei Technologien im Kontext gesellschaftlicher Herausforderungen ebenfalls weit vorne, die in üblichen Zukunftsstudien häufig nicht erscheinen. Von den Informationstechnologien gehören das Internet der Dinge und Augmented und Virtual Reality zu den bedeutenden Technologien. 5G/6G, Cybersecurity und Künstliche Intelligenz gehören gegenwärtig noch zum mittleren Wertebereich, könnten aufgrund ihres Wachstums in den nächsten Jahren aber eine größere Bedeutung erlangen. Dies gilt insbesondere für die Künstliche Intelligenz, der eine zentrale Rolle für die zukünftige Entwicklung der Produktivität beigemessen wird.

Die Technologien aus dem unteren Wertebereich sind aktuell zumeist noch in einer sehr frühen Phase. Es ist nicht zu erwarten, dass sie in der hier betrachteten mittelfristigen Perspektive wesentlich zur Wertschöpfung in Deutschland beitragen werden. Die herangezogenen Zukunftsstudien betonen jedoch, dass auch diese Technologien auf die lange Sicht ein deutlich höheres Gewicht erreichen werden.

Grafik 3: Marktwert von Technologien aus Sicht deutscher Technologien

In Mrd. EUR



Quelle: Schmoch et al. (2021)

Technologische und wirtschaftliche Stärke fallen oft, aber nicht immer zusammen

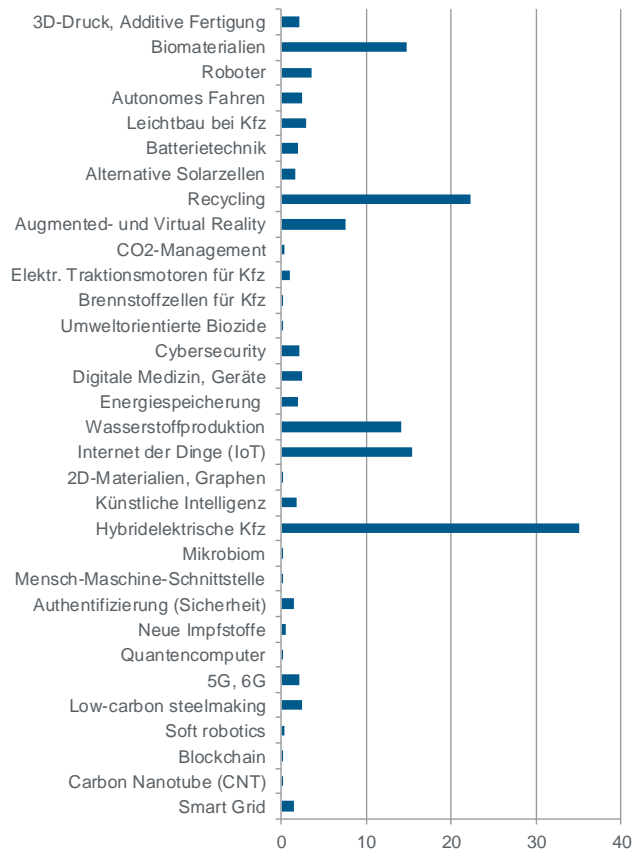
Die Gegenüberstellung von technologischer und wirtschaftlicher Beurteilung zeigt, dass in vielen Fällen der Marktwert und der Technologieindex auf einem ähnlichen Niveau liegen. Das trifft z. B. auf sieben der ersten zehn Technologien mit dem größten Marktwert zu. Sie zählen ebenfalls zu den ersten zehn Technologien des Technologieindex (Grafik 4). Insbesondere bei Recycling, Biomaterialien und Augmented und Virtual Reality, aber auch bei Roboter oder Leichtbau für Kfz ist der Marktwert ausgeprägt.

Dies gilt jedoch nicht für alle Technologien: Im Fall von hybridelektrischen Kfz, Internet der Dinge und Wasserstoffproduktion liegt der Rang des Technologieindex deutlich unter dem Rang nach dem Marktwert. Bei den hybridelektrischen Kfz ist dies auf die unterdurchschnittliche Familiengröße bei Patenten, beim Internet der Dinge auf die niedrige deutsche Spezialisierung, die niedrige absolute Zahl der Patente sowie die unterdurchschnittliche Familiengröße zurückzuführen. Bei der Wasserstoffproduktion liegen alle Werte der technologischen Indikatoren in einem Bereich in der Nähe des Durchschnitts.

Eine ähnliche Situation liegt bei Low-carbon steelmaking, 5G/6G und Smart Grid vor. Auch bei diesen Technologien sind somit erhebliche technologische Anstrengungen erforderlich, um die Wachstumspotenziale der Zukunftstechnologien für Deutschland zu nutzen.

Grafik 4: Marktwert von Technologien im Vergleich zum technologischen Ranking

In Mrd. EUR



Quelle: Schmoch et al. (2021)

Gute Ausgangsposition bei für Kfz relevante Technologien

Die auf den oberen Rängen liegenden Zukunftstechnologien lassen sich in Technologien einteilen, die mit Kraftfahrzeugen im Zusammenhang stehen, sowie zu den Informationstechnologien und den Umwelt- und Klimatechnologien zählen. Hinzu kommen Technologien im Zusammenhang von Produktion und Medizin.

Zu den Kraftfahrzeugtechnologien zählen hybridelektrische Kfz, Batterietechnik, elektrische Traktionsmotoren, Leichtbau bei Kfz und autonomes Fahren. Hier sind die deutschen Unternehmen technologisch insgesamt gut aufgestellt. Bis auf hybridelektrische Kfz liegen diese Technologien beim Ranking der technologischen Stärke Deutschlands auf den vorderen 12 Rängen. Die Aussichten für den deutschen Automobilbau als einer deutschen Schwerpunktindustrie sind deshalb positiv, erfordern aber ein weiteres Engagement in der Forschung. Bei hybridelektrischen Kfz gibt es einen starken Wettbewerb mit Frankreich und vor allem Japan, bei der Batterietechnik mit Japan und Südkorea.

Vor allem sind erhebliche Anstrengungen notwendig, um Kompetenzen in der Elektromobilität aufzubauen. Dies ist unbedingt erforderlich, weil die südostasiatischen Märkte und auch große Teile des US-amerikanischen Marktes hier einen Schwerpunkt setzen. Im Automobilmarkt ist es wichtig, die verschiedenen Märkte mit der gleichen Technologie zu bedienen, um eine hinreichende Rentabilität zu erreichen. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, von staatlicher Seite keine Unterstützung bei verbesserten Verbrennungsmotoren zu gewähren, da diese Technologie schon mittelfristig obsolet ist. Wesentlich sind vor allem klare Rahmenbedingungen zu Gunsten von Elektromobilität und Anreize beim Kauf von E-Mobilen. Ein zentraler Ansatz ist auch die Verbesserung der Ladeinfrastruktur in Deutschland.

Aufholbedarf bei Informationstechnologie

Die Informationstechnologien stellen für Deutschland eine Herausforderung dar. Der zentrale Punkt ist hier, dass die Informationstechnik eine immer größere Bedeutung für Wirtschaftszweige wie Kraftfahrzeuge, Maschinenbau oder Chemie erhält und eine Abhängigkeit von ausländischen Unternehmen problematisch ist. Zu den Informationstechnologien mit Zukunftspotenzial gehören Internet der Dinge, Augmented und Virtual Reality, 5G/6G, Cybersecurity, Authentifizierung, Künstliche Intelligenz, Blockchain, Quantencomputer und abgeleitet auch Roboter, Soft Robotics, digitale Medizin, Smart Grids und autonomes Fahren. Diese Technologien stehen in einem engen Zusammenhang, sodass es nicht sinnvoll erscheint, sich lediglich auf einzelne davon zu konzentrieren.

Man muss aber eingestehen, dass die deutsche Spezialisierung auf alle Bereiche der Informationstechnik bei Patenten und Publikationen stark unterdurchschnittlich ist. Hier ist es wenig realistisch, durch verstärkte Investitionen in Forschung und Entwicklung in wenigen Jahren international den Anschluss zu erreichen. Diese Bereiche sollten zwar durch den Ausbau der entsprechenden Fachbereiche an Hochschulen oder die Ausweitung der Aktivitäten an außeruniversitären Forschungseinrichtungen gefördert werden. Entscheidend ist aber zunächst, die Kompetenz in der Anwendung der Informationstechnologien in der Produktion zu verbessern. Das kann beispielsweise den Aufbau entsprechender Kompetenzen bei Unternehmen der Produktionstechnik betreffen. Dazu sind etwa Unternehmen im Bereich der Softwareentwicklung und -implementation wichtig, die über Kompetenzen in der Produktionstechnik verfügen und so Unternehmen bei der Einführung digitaler Technologien, wie Industrie 4.0, beraten können. Nicht zuletzt ist ein wesentliches Element zur Stärkung der Informationstechnologien der Ausbau der entsprechenden Bildung.

Auch im Sinne der Diskussion über Technologiesouveränität erscheint es angebracht, eigene Kompetenzen in der Informationstechnik aufzubauen und hier eine ausreichende Eigenständigkeit zu erreichen. Während es sich insgesamt bewährt hat, nationale Schwerpunkte in der technologischen Wettbewerbsfähigkeit zu verteidigen und das erarbeitete Profil langfristig stabil zu halten, ist eine dezidierte Verstärkung

der Kompetenzen in der Informationstechnologie eine entscheidende Aufgabe.

Umwelt- und Klimaschutztechnologien bereits auf kurze Frist ökonomisch rentabel machen

Zu den Zukunftstechnologien im Bereich der Umwelt zählen Recycling, Biomaterialien, Wasserstoffproduktion, Low-carbon steelmaking, Energiespeicherung, Smart Grid, CO₂-Management, umweltorientierte Biozide und im weiteren Sinn Batterietechnik und Brennstoffzellen. In der überwiegenden Zahl der Fälle ist die technologische Basis in Deutschland gut. Die entscheidende Frage ist meist, ob sich diese Technologien aus ökonomischer Sicht rechnen. Angesichts der Verknappung von Rohstoffen und der Klimaproblematik ist das mittelfristig sicherlich gegeben, kann aber in der kurzfristigen Sicht problematisch sein. Deshalb ist es wichtig, durch öffentliche Regelungen zuverlässige Rahmenbedingungen zu schaffen, dazu zählt z. B. die kürzlich beschlossene CO₂-Steuer. Viele Maßnahmen müssen auch in den Unternehmen ansetzen. So ist Recycling nicht nur Aufgabe der entsprechenden Branche. Vielmehr müssen Maßnahmen zur Rückführung und zum Aufbereiten von Rohstoffen in Produktionsbetrieben aller Branchen gefördert werden, wofür z. B. auch Steueranreize denkbar wären. Insgesamt sind alle Anreize, die den Umweltschutz mit der Wirtschaft verbinden, vorteilhaft.

Produktionstechnologie: deutsche Stärken um Informationstechnik und additive Fertigung ergänzen

Zu den Produktionstechnologien zählen Roboter, Leichtbau, Low-carbon Steelmaking und additive Fertigung. Die technologischen Voraussetzungen für deutsche Unternehmen sind generell gut. Neben der weiteren Integration der Informationstechnik ist eine besondere Herausforderung die Behauptung deutscher Unternehmen im neuen Markt der additiven Fertigung. Dieser Markt zielt auf Produkte mit komplexer Geometrie und auf die Fertigung in kleiner Serie. Wettbewerbsfaktoren sind technische Qualität, spezifische Lösungen und der Preis. Aktuell sind unter den deutschen Patentanmeldern neben Mittelständlern auch große Unternehmen wie Siemens, BMW, BASF oder Airbus vertreten. Viele neue Anwendungen sind noch experimentell und risikobehaftet. Es ist zu erwarten, dass es hier eine Reihe von Neugründungen gibt, die technisch anspruchsvolle Lösungen für spezifische Anwendungen entwickeln. Wichtig ist hier ein ausreichendes Angebot von Risikokapital.

Hohe Potenziale im medizinischen Bereich

Zu den Zukunftstechnologien der Medizin zählen neue Impfstoffe, digitale Medizin und Mikrobiom. Impfstoffe waren lange Zeit ökonomisch wenig attraktiv und stagnierten in Verkauf und Forschung. Mit der Corona-Pandemie haben Impfstoffe eine neue Bedeutung bekommen. Es wird nach Meinung von Fachleuten in den kommenden Jahren auch immer

wieder neue Viren geben, für die in kurzer Zeit neue Impfstoffe benötigt werden. Dazu können neue Formen von Impfstoffen einen wichtigen Beitrag leisten. Da der Datenstand der vorliegenden Untersuchung vor der Corona-Pandemie liegt, werden diese neuesten Erkenntnisse noch nicht abgebildet. Ein erhebliches Wachstumspotenzial kann jedoch angenommen werden. Gleich mehrere deutsche Unternehmen sind hier gut aufgestellt. Hier gilt es die deutschen Interessen durch geeignete Maßnahmen zu wahren.

Bei der digitalen Gerätemedizin ist die Stellung deutscher Unternehmen im Grundsatz gut. Auch hier gelten die Überlegungen zur Informationstechnologie hinsichtlich der Stärkung der Kompetenz in der Anwendung. In der Mikrobiom-Technologie befindet sich die Forschung noch in einer frühen Phase. Gesicherte Behandlungsverfahren zu Arthritis, Allergien, Autoimmunkrankheiten oder Krebs stehen noch aus. Aus diesem Grund wird die langfristige Bedeutung auf der Basis von Patentanalysen und Marktstudien deutlich unterschätzt. Positiv sind der deutliche Aufwärtstrend und die positive deutsche Spezialisierung bei Publikationen. Eine Förderung muss aktuell vor allem in der Unterstützung der medizinischen Forschung liegen.

Fazit

Deutschland verfügt über ein ausdifferenziertes Technologieprofil, das viele Anknüpfungspunkte für eine zukünftige Wertschöpfung bietet. Diese Stärken sollten nicht leichtfertig aufs Spiel gesetzt, sondern stattdessen kontinuierlich weiterentwickelt werden. Dies gilt beispielsweise hinsichtlich der Kfz-Industrie oder der Produktionstechnik. In beiden Bereichen hat Deutschland in den zurückliegenden Jahrzehnten weit reichende technologische Stärken aufgebaut. Nun müssen die Herausforderungen der Elektroantriebe oder des autonomen Fahrens bzw. der additiven Fertigung oder der Integration der Informationstechnik bewältigt werden. Dagegen ist es hinsichtlich der Informationstechnologien unumgänglich, das Kompetenzspektrum in diese Richtung zu erweitern. Ansonsten wird es Deutschland nicht möglich sein, wertvolles Wertschöpfungspotenzial für Deutschland zu erschließen.

Hinsichtlich der Förderung von Zukunftstechnologien gibt es keinen einheitlichen Ansatz der Erfolg versprechend ist. Aufgrund der großen Unterschiede muss für jede Technologie über spezifische Formen der Förderung nachgedacht werden. Da in dieser Studie der Fokus auf die mittlere Frist gelegt wurde und die betrachteten Technologien in der Regel schon am Markt präsent sind, ist die Unterstützung der Forschung nicht die wichtigste Komponente einer Förderung. Die Schaffung von verlässlichen Rahmenbedingungen am Markt, steuerliche Anreize, Finanzierungshilfen beim Aufbau neuer Aktivitäten im Unternehmen oder am Markt sowie eine gezielte öffentliche Nachfrage sind in dieser Hinsicht oft wichtiger.

Kasten zur Methodik

Berechnung des Gesamtindikators für die technologische Beurteilung

Zur Beurteilung der Technologien wurden die technologische Entwicklung und der Beitrag Deutschlands untersucht. Dazu wurde auf Patente, wissenschaftliche Publikationen und Markenmeldungen zurückgegriffen. Patente spiegeln die kurz- bis mittelfristige Entwicklung einer Technologie, wissenschaftliche Publikationen die eher langfristige Entwicklung wider. Markenmeldungen stehen dafür, wie stark eine Technologie aktuell schon am Markt verfügbar ist.

Hinsichtlich der Patentanmeldungen wurden transnationale Patentanmeldungen verwendet.⁴ Diese haben den Vorteil, dass sie aufgrund ihres multinationalen Charakters eine hohe Wertigkeit aufweisen. Zudem sind damit internationale Vergleiche gut möglich, da „Heimvorteile“, wie sie bei der Betrachtung von Patentanmeldungen bei nationalen Patentämtern entstehen, nicht auftreten. Als konkrete Indikatoren für die Anmeldetätigkeit wurde für jede Technologie der weltweite Trend bei der Entwicklung der Patentanmeldungen, die Spezialisierung Deutschlands auf die betreffende Technologie, die absolute Anzahl an deutschen Patenten sowie die Größe der Patentfamilien (d. h. die Anzahl der Länder, in der ein Patent angemeldet wird) ermittelt. In einer Alternativrechnung wurde zusätzlich der Anteil von KMU an den Patenten berücksichtigt.

Hinsichtlich der wissenschaftlichen Publikationen können die Entwicklung des weltweiten zeitlichen Trends, die Spezialisierung deutscher Publikationen auf die betreffende Technologie, die absolute Häufigkeit deutscher Publikationen sowie deren Zitierquote berücksichtigt werden.⁵ Bezüglich der Markenmeldungen werden ebenfalls der weltweite Trend, die Spezialisierung Deutschlands, und die Anzahl der deutschen Markenmeldungen einbezogen.⁶

Der jeweilige weltweite Trend steht für die Entwicklungstendenz einer Technologie insgesamt. Für Patentanmeldungen stützt sich dieser Wert auf den Zeitraum 2010–2017, für Publikationen auf 2010–2019 und für Marken auf 2010–2018. Die Spezialisierung Deutschlands wird anhand der relativen Spezialisierung auf eine Technologie gemessen.⁷ Der Grad der Spezialisierung und die Anzahl deutscher Patente, Publikationen und Marken geben dabei die deutsche Position bei einer Technologie wieder. Die Angaben zur Spezialisierung und die absolute Anzahl in Deutschland beziehen sich auf den Zeitraum 2015–2017 für Patente, 2017–2019 für Publikationen und 2016–2018 für Marken. Die Größe der Patentfamilie und die Zitierquote bei Publikationen sind Maße für die Qualität eines Patents bzw. einer Publikation. Sie stützen sich auf den Zeitraum 2014–2016 bzw. das Jahr 2017. Die zu Grunde gelegten Zeiträume orientieren sich an der Datenverfügbarkeit und Notwendigkeiten der Berechnung.

Die Werte aller Einzelkennziffern werden in eine 5-stufige Skala überführt. Dann werden für Patente, Publikationen und Marken durch Addition der Werte für die Einzelkennziffern Teilindikatoren berechnet. Bei den Patentkennziffern werden die Anzahl der deutschen Patente und die Größe der Patentfamilie mit dem Faktor 1,5 höher bewertet. Die so gewonnenen drei Teilindikatoren werden dann zu einem Gesamtindex aggregiert. Dabei geht der Teilindikator für die Patente mit dem Gewicht 1,0, die Publikationen mit 0,5 und die Marken mit 0,3 ein.

Berechnung des Marktwerts

Da amtliche Statistiken zum ökonomischen Wert von Technologien nicht existieren und eine Ableitung aus Produktstatistiken oder aus Daten zu Wirtschaftssektoren nicht möglich ist (zu grob klassifiziert oder nicht ausreichend aktuell), wurden Marktstudien zu einzelnen Technologien ausgewertet. Diese wurden anhand von Patentanalysen in die Technologien dieser Studie überführt und auf deutsche Unternehmen heruntergebrochen. Zur Validierung dieses Ansatzes wurde der Marktwert direkt aus Patentanalysen abgeleitet. Dieses erfolgt auf Basis der Zuordnung der Patentanmeldungen zur Wirtschaftszugehörigkeit des Anmelders und weiteren Berechnungen. Im Ergebnis konnte auf diese Weise der Marktwert einer Technologie – gemessen am Umsatz – am aktuellen Rand aus deutscher Sicht ermittelt werden.

¹ Vgl. BMBF (2018): Forschung und Innovation für die Menschen. Die High-Techstrategie 2025, Bundesregierung (2018): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung; BMWi (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie oder BMWi (2021): Leichtbaustrategie für den Industriestandort Deutschland, um nur einige Initiativen zu nennen.

² Vgl. Schmoch, U. et al. (2021): Identifizierung und Bewertung von Zukunftstechnologien für Deutschland. Enderbericht an die KfW.

³ Roboter werden einerseits insgesamt als Technologie aufgefasst, zusätzlich wird das neue Teilgebiet der Softrobotics, das eine erhöhte Flexibilität und Anpassung an die Aufgaben sowie eine erhöhte Sicherheit beim Arbeiten in der Nähe von Menschen ermöglicht, als eigene Technologie untersucht.

⁴ Transnationale Patentanmeldungen sind Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das PCT-Verfahren oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt. Vgl. Neuhäusler, P. und O. Rothengatter (2020): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2019, Studien zum deutschen Innovationssystem 4-2020.

⁵ Die Recherchen zu Publikationen wurden in der multidisziplinären Datenbank Web of Science (WoS) in der Version Scisearch des Anbieters STN durchgeführt.

⁶ Die Recherchen basieren auf Europäischen Marken am Amt der Europäischen Union für Geistiges Eigentum (EUIPO, Alicante).

⁷ Dabei handelt es sich um den bei Patentanalysen üblichen RPA-Wert. Vgl. Soete, L. und S. Wyatt. (1983): The use of foreign patenting as an internationally comparable science and technology indicator. In: Scientometrics 5(1), S. 31–54.