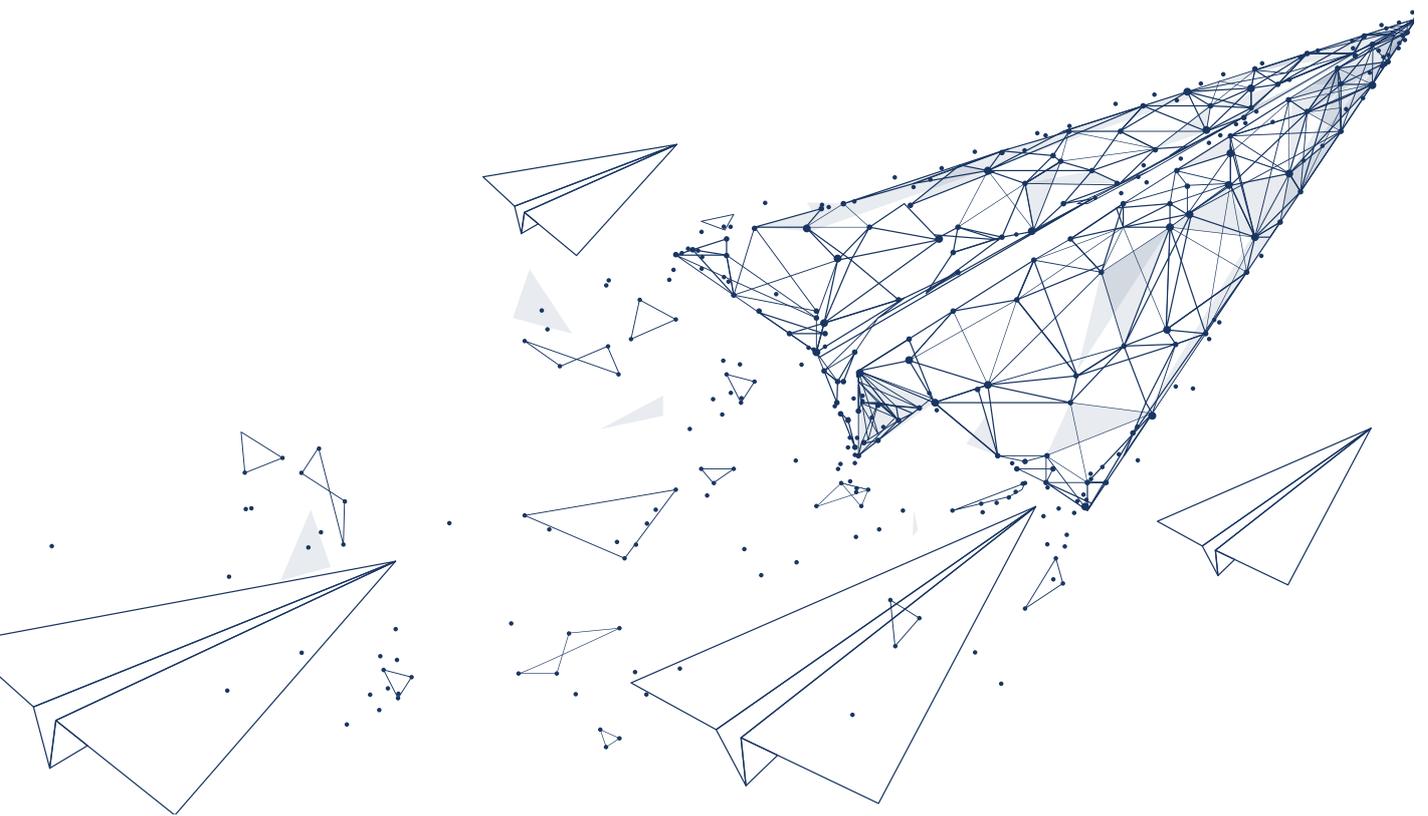


FUTURE R&D: ERFOLGREICH IN DIE ZUKUNFT

Trends und Erfolgsfaktoren in der industriellen Forschung und Entwicklung





Frank Wagner, Marco Kayser, Michaela Keßelring

FUTURE R&D: ERFOLGREICH IN DIE ZUKUNFT

Trends und Erfolgsfaktoren in der industriellen Forschung
und Entwicklung

FRAUNHOFER VERLAG

Vorwort

Auch in den kommenden Jahren muss sich die industrielle Forschung und Entwicklung (F&E) ständig verändern und anpassen, um erfolgreich neue Produkte, Verfahren, Dienstleistungen, Lösungen und auch Geschäftsmodelle für globalisierte Märkte und internationale Kunden anbieten zu können.

Da die F&E per Definition auf die Zukunft ausgerichtet ist, wollen wir mit der vorliegenden Studie den F&E-Verantwortlichen in der Industrie eine Unterstützung für die strategische und operative Zukunftsorientierung anbieten.

»Die industrielle F&E unterliegt einem kontinuierlichen Wandel, welcher durch Diskontinuitäten, technologische Trends und Änderungen im Marktumfeld begleitet wird.«¹

Dieses Zitat, aus dem Vorwort der Trendstudie von 2015, gilt heute noch genauso wie damals. Aktuelle geopolitische und wirtschaftliche Turbulenzen destabilisieren die Märkte, neue technologische Trends wie die Digitalisierung der Industrien erzeugen neue Gewinner und Verlierer. Dies bietet Chancen, vor allem für kleine und mittelständische Unternehmen, die diese Potenziale erkennen und für ein profitables Wachstum nutzen können.

In der »Agenda 2022«² beschreibt Fraunhofer mit den »Prioritären Strategischen Initiativen« wichtige technologische Systemlösungen für die Zukunft und den Standort Deutschland. Nicht nur die Themen »Künstliche Intelligenz« und »Kognitive Systeme«, die auch in den Umfrageergebnissen erwähnt wurden, sondern auch Forschungsthemen wie »Quantentechnologie«, »Programmierbare Materialien« und die »Biologische Transformation« werden immer wichtiger und »haben eine hohe Relevanz für die deutsche und europäische Wirtschaft und Gesellschaft«³.

Unsere F&E-Umfrage untersucht Trends und Ziele, sowie Einfluss- und Erfolgsfaktoren in der industriellen F&E aus der Sicht von technologieorientierten Unternehmen. Nach den beiden Studien von 2010⁴ und 2015 »FuE – Fit für die Zukunft«, ist dies bereits die dritte Ausgabe der Trendstudie. Bereits in den 90er Jahren untersuchte die empirische Studie »F&E heute«⁵ die damalige Situation der industriellen F&E in Deutschland. Wir freuen uns diese langjährige Tradition nun mit dieser Veröffentlichung fortschreiben zu können.

¹ Wagner, F. (Hrsg.): FuE – Fit für die Zukunft. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2015.

² Fraunhofer-Gesellschaft e. V. (Hrsg.): Fraunhofer-Jahresbericht 2018. Online: <https://www.fraunhofer.de/de/mediathek/publikationen/fraunhofer-jahresbericht.html>. Zugriff am 15.11.2019.

³ Fraunhofer-Gesellschaft e. V. (Hrsg.): Fraunhofer-Jahrestagung und Verleihung der Fraunhofer-Forschungspreise im Jubiläumsjahr. Presseinformation, 8. Mai 2019. Online: <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2019/mai/im-zeichen-einer-70-jaehrigen-erfolgsgeschichte.html>. Zugriff am 15.11.2019.

⁴ Wagner, F.; Finger, J.: Future Trends and Challenges of R&D – Results of an empirical Study within Manufacturing Industry. Proceedings of the R&D Management Conference. Manchester, 30.06. – 2.07.2010.

⁵ Bullinger, H.-J.: F&E-heute – Industrielle Forschung und Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland (IAO-Studie). München: GFMT-Verlag, 1990.

Die dritte Ausgabe der F&E-Studie fokussiert sich nicht nur auf die aktuellen Trends, welche die industrielle F&E beeinflussen und gestalten, sondern setzt diese auch in den Kontext der Ziele, der Einfluss- und vor allem der Erfolgsfaktoren. Damit wollen wir bewusst die Relevanz und Nutzbarkeit für die industrielle F&E erhöhen und F&E-Verantwortlichen aus der Praxis aktuelle Informationen und Anregungen bieten.

Die mittelfristigen Trends und Ziele sowie Einfluss- und Erfolgsfaktoren der industriellen F&E in dieser Studie sind konsistent und komplementär zu der eher längerfristigen Vorausschau des »Impulspapiers«⁶ des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung mit seinen fünf Thesen zur Zukunft der Innovation sowie den Ergebnissen des Projekts »Foresight Fraunhofer«⁷ mit dem Fokus auf der angewandten Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft. Beide Studien orientieren sich am Zeithorizont 2030. Die fünf Thesen des Impulspapiers sind von signifikanter Bedeutung für die zukunftssichere Gestaltung der industriellen F&E:

1. »2030 sind Offenheit, Lernfähigkeit und Kooperation die Leitbilder von Innovation.«
2. »2030 stehen integrierte Lösungen im Mittelpunkt des Innovationsgeschehens.«
3. »2030 sind Innovationsprozesse durchgängig digitalisiert.«
4. »2030 steht Wissen allen offen – es kommt darauf an, es nutzbringend anzuwenden.«
5. »2030 verfügt Europa mit Blick auf Datensicherheit und -souveränität über ein Alleinstellungsmerkmal im globalen Wettbewerb.«

Ergänzend dazu sind die Ergebnisse des Foresight Projekts sehr themenorientiert und werden in Kapitel 5 »Fraunhofer Zukunftsthemen« kurz dargestellt.

Die mögliche Extrapolation unserer Studienergebnisse mit den beschriebenen Erfolgs- und Einflussfaktoren des Impulspapiers sowie den Portfolien der Zukunftsthemen der Foresight Studie auf den Zeithorizont von 2030 ermöglicht Unternehmen eigene Interpretationen und einen interessanten und ggfs. auch notwendigen Entscheidungs- und Gestaltungsspielraum.

Die vorliegende Studie gliedert sich im Wesentlichen in drei Teile: Die Dokumentation der Ergebnisse der Umfrage, Interviews mit internationalen Experten aus der industriellen F&E, die diese Ergebnisse aus ihrer Sicht kommentieren und interpretieren sowie ein kurzer Auszug aus und Querverweis auf die »Agenda Fraunhofer 2022« sowie die »Fraunhofer Zukunftsthemen«.

Die Interpretation der Ergebnisse unserer Studie durch Experten aus der Industrie soll den praktischen Nutzwert der Erkenntnisse nochmals erhöhen.

Auf Basis der Studienergebnisse und dem regen Interesse der Teilnehmer werden wir ein industrielles Netzwerkprojekt initiieren, das Unternehmen bei der

⁶ Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung (Hrsg.): Wandel verstehen, Zukunft gestalten – Impulse für die Zukunft der Innovation. Online: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-491577.html>. Zugriff am 15.11.2019.

⁷ Fraunhofer-Gesellschaft e. V. (Hrsg.): Foresight Fraunhofer – Zukunftsthemen für die angewandte Forschung. Online: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-541003.html>. Zugriff am 15.11.2019.

Interpretation und Nutzung der Trends und Faktoren, sowie bei der Umsetzung in individuellen – d. h. firmenspezifischen F&E-Strategien, Roadmaps, Initiativen und Projekten - unterstützen wird. Die Teilnehmer des Netzwerkprojekts profitieren zudem von einer exklusiven Studie, die sich auf die Identifikation und Nutzung von externen Erfolgsfaktoren eines »R&D Ecosystems« fokussieren wird.

Wie in den letzten Jahren, hoffen wir, Ihnen auch mit dieser Studie wieder einige Anregungen, Motivation und erste Lösungsansätze für die Gestaltung einer leistungsfähigen und »zukunftsorientierten« industriellen F&E geben zu können. Bitte sprechen Sie uns jederzeit an, wenn wir Sie mit »Rat und Tat« unterstützen können.

Stuttgart, November 2019

Frank Wagner

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Hintergrund und Zielsetzung der Studie | 7 |
| 2 | Ergebnisse der F&E-Trendstudie..... | 8 |
| 2.1 | Einleitung | 8 |
| 2.1.1 | Rahmenbedingungen und Durchführung..... | 8 |
| 2.1.2 | Allgemeine Angaben zu den involvierten Unternehmen | 9 |
| 2.2 | F&E-Trends, -Ziele und Erfolgsfaktoren..... | 11 |
| 2.2.1 | Die wichtigsten Trends in der F&E..... | 11 |
| 2.2.2 | Ziele in der F&E | 18 |
| 2.2.3 | Erfolgsfaktoren in der F&E..... | 19 |
| 2.2.4 | Einflussfaktoren | 20 |
| 2.3 | Zusammenfassung | 21 |
| 3 | Fallstudien | 22 |
| 3.1 | Technology & Innovation Management bei Siemens..... | 22 |
| 3.2 | Forschungsmanagement bei Testo..... | 25 |
| 3.3 | Innovationsmanagement bei Evonik..... | 27 |
| 3.4 | Research & Innovation Management at NCC AB | 29 |
| 3.5 | Managing Electrical Drives in Asien-Pazifik | 31 |
| 3.6 | R&D Management at Danfoss A/S | 35 |
| 3.7 | Entwicklungsmanagement bei TRUMPF | 37 |
| 3.8 | Digital Strategy at REDARC..... | 39 |
| 4 | Technologietrends aus der Agenda Fraunhofer 2022 | 41 |
| 5 | Fraunhofer Zukunftsthemen | 45 |
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 47 |
| 7 | Ein herzliches Dankeschön | 48 |

1 Hintergrund und Zielsetzung der Studie

Neue Technologien und technologische Konzepte, wie z. B. der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) im Produktionsumfeld oder das Internet der Dinge und Dienste (IoT) lassen auf neue Anwendungspotenziale in produzierenden Unternehmen schließen. Diese stehen vor der Herausforderung, sich im Wettbewerb auf globaler Ebene zu behaupten und neue Anreize zu schaffen.

Der F&E als Innovationstreiber in produzierenden Unternehmen kommt dabei eine bedeutende Rolle zu. Ihre Aufgabe ist es, zukünftige, technologische Entwicklungen und deren Relevanz für das Unternehmen abzuschätzen und Maßnahmen einzuleiten, die den langfristigen Erfolg am Markt sichern.

»Intelligent risks are based on wide and voracious data gathering checked against gut instinct; while dumb decisions are built from too narrow a base on inputs.«⁸

Um zukünftige Trends und Technologien rechtzeitig zu erkennen und perspektivisch einordnen zu können, muss ein Bewusstsein hinsichtlich der Herausforderungen in der industriellen F&E geschaffen werden. Dazu ist eine ganzheitliche Betrachtung der F&E über verschiedene Dimensionen hinweg notwendig.

Vor diesem Hintergrund führte das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO eine Expertenumfrage zu aktuellen F&E-Trends in Unternehmen durch. Befragt wurden F&E-Mitarbeiter und -Führungskräfte in produzierenden Unternehmen. Ziel der Umfrage war es, relevante Trends, Erfolgsfaktoren und Ziele von F&E-Bereichen in Industrieunternehmen über verschiedene Branchen zu ermitteln. Zusätzlich wurden Einflussfaktoren abgefragt, die sich in den kommenden zehn Jahren auf den F&E-Bereich auswirken sollen.

An der Umfrage beteiligten sich insgesamt mehr als 100 Experten aus verschiedenen, internationalen Unternehmen, vorrangig aus den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau sowie Automobilindustrie. Bei einem Großteil der Befragten handelte es sich um F&E-Mitarbeiter und -Führungskräfte. Die Mehrheit der Befragten wies dabei eine Betriebszugehörigkeit von mehr als acht Jahren auf.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Befragung wurden vorab bereits als wissenschaftliche Publikation in den Fachmedien veröffentlicht.⁹

⁸ Daniel Kahneman, Nobelpreisträger (Wirtschaft).

⁹ Kayser, M., Wagner, F., Keßelring, M.: F&E-Trendumfrage 2018 – Trends und Erfolgsfaktoren in der industriellen Forschung und Entwicklung. In: wt Werkstattstechnik online 109 (2019), Nr.3, S.199-202.

2 Ergebnisse der F&E-Trendstudie

Das folgende Kapitel enthält die wichtigsten Informationen und Ergebnisse aus der F&E-Trendumfrage. Zunächst wird die Vorgehensweise der Befragung vorgestellt sowie Angaben zu den involvierten Unternehmen gemacht. Anschließend erfolgt die Auswertung der Ergebnisse zu den F&E-Trends, -Zielen sowie Erfolgs- und Einflussfaktoren. Einzelne Trends werden genauer beleuchtet und mit Beispielen veranschaulicht. Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung, in der die Kernaussagen der Trendumfrage kurz und prägnant wiedergegeben werden.

2.1 Einleitung

Für die Breitenerhebung wurden ca. 5 000 F&E-Experten aus unterschiedlichen Branchen des produzierenden Gewerbes per E-Mail kontaktiert. Es wurden Fragebögen, sowohl in deutscher als auch englischer Sprache, versendet. Die Antworten konnten im Zeitraum Februar bis Mai 2018 per Post oder mithilfe eines Online-Umfragetools¹⁰ übermittelt werden.

Von den eingereichten Fragebögen wurden 105 in der finalen Auswertung berücksichtigt. Dies entspricht einer Rücklaufquote von knapp 2%. Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) beteiligten sich zu ca. 34% an der Umfrage. Dieser Wert wurde durch die Anzahl der im Unternehmen beschäftigten Mitarbeiter (< 250) und den Jahresumsatz (max. 50 Mio. EUR) errechnet.

2.1.1 Rahmenbedingungen und Durchführung

Als Grundlage für die Durchführung der Umfrage diente der bereits für die Studie in 2015 verwendete Fragebogen. Dieser wurde im Vorfeld der Studie überarbeitet und um aktuelle Trends ergänzt. Insgesamt wurden 38 F&E-Trends für die Studie vorausgewählt und anhand der Dimensionen F&E-Strategie, -Organisation, -Prozesse, -Methoden & Tools und -Mitarbeiter strukturiert (Abb. 1).

Die Befragten konnten anschließend mittels einer 6-stufigen Skala mit den Werten – *Keine bis sehr gering, Gering, Eher gering, Eher hoch, Hoch* und *Sehr hoch* - die Relevanz der verschiedenen F&E-Trends für die nächsten 2–5 Jahre bewerten. Mithilfe eines Freitextfelds konnten die Teilnehmer weitere relevante Trends ergänzen.

¹⁰ LimeSurvey GmbH: An Open Source survey tool. Stand: 2017. Online: www.limesurvey.org. Zugriff am 15.11.2019.



Abb. 1
Strukturierung der Umfrage nach den fünf F&E-Dimensionen¹¹

2.1.2 Allgemeine Angaben zu den involvierten Unternehmen

Zur Einordnung der befragten Unternehmen wurden im Fragebogen sowohl die Unternehmensgröße als auch der jährliche Umsatz evaluiert. Dies erlaubt eine Abschätzung darüber, zu welchen Teilen sich KMU oder größere Unternehmen an der Studie beteiligten.

Der überwiegende Teil der befragten Unternehmen beschäftigt 250 oder mehr Mitarbeiter (ca. 60 %). Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern waren zu ungefähr einem Drittel an der Umfrage beteiligt. Die Aufteilung der befragten Unternehmen nach Anzahl der Mitarbeiter ist in Abb. 2 dargestellt.

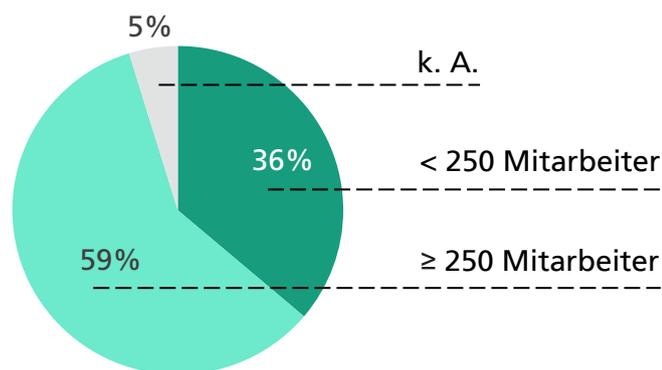
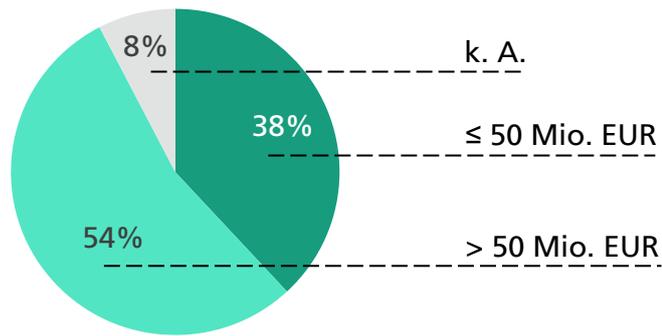


Abb. 2
Anzahl der Mitarbeiter in den involvierten Unternehmen

Aus der Auswertung des Jahresumsatzes der Unternehmen geht hervor, dass über die Hälfte der Teilnehmer jährlich mehr als 50 Mio. EUR Umsatz erzielen. Die Unternehmen, deren Jahresumsatz sich ungefähr auf diesen Wert beläuft oder darunterliegt, waren zu ca. 40 % in der Studie vertreten. Abb. 3 veranschaulicht die Verteilung zwischen den beteiligten Unternehmen.

¹¹ Wagner, F. (Hrsg.): FuE – Fit für die Zukunft. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2015.

Abb. 3
Unterteilung der Unternehmen
nach Jahresumsatz



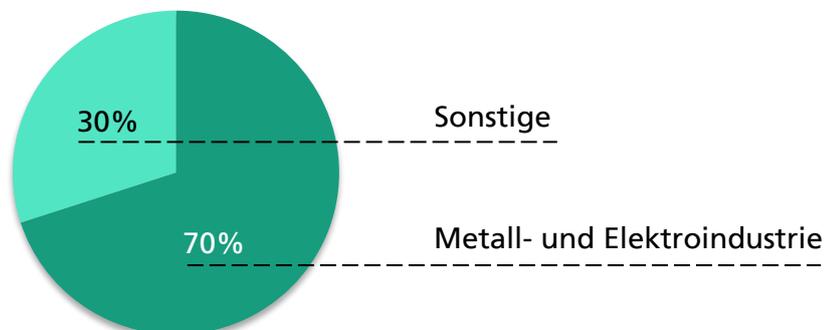
Anhand der beiden Kenngrößen »Anzahl der Mitarbeiter« und »Jahresumsatz« resultierte für KMU eine Beteiligungsquote von ca. 34 %. Dabei wurden all diejenigen Unternehmen berücksichtigt, die weniger als 250 Mitarbeiter zählen und deren jährlicher Umsatz 50 Mio. EUR nicht übersteigt.

Um die Branchenzugehörigkeit der Unternehmen zu ermitteln, wurde im Fragebogen die Art von Lösungen (Produkte, Services, etc.), welche die Unternehmen anbieten, abgefragt. Darauf basierend wurde eine Unterteilung zwischen Metall- und Elektroindustrie und sonstigen Branchen vorgenommen. Erstere Kategorie beinhaltet alle Teilnehmer aus den Bereichen Elektronik, Medizintechnik und Weiße Ware, IT-Industrie sowie Metallverarbeitung und Maschinenbau. Zu »Sonstige« zählen Teilnehmer aus der Bauwirtschaft, Holz- und Möbelindustrie sowie industrienahen Dienstleistungen.

Grund für die Konsolidierung war die geringe Trennschärfe zwischen Maschinen- und Anlagenbau, Automobilindustrie und Elektrotechnik- und Elektronikindustrie. Vor allem bei Zulieferern mit einem diversifizierten Produktportfolio ist der Übergang fließend.

Abb. 4 verdeutlicht, dass die Mehrheit der befragten Unternehmen aus der metallverarbeitenden Industrie und dem Maschinenbau stammt. Weitere Branchen des produzierenden Gewerbes sind mit insgesamt ca. 30 % vertreten.

Abb. 4
Unterteilung der Unternehmen
nach Branchenzugehörigkeit



2.2 F&E-Trends, -Ziele und Erfolgsfaktoren

Im folgenden Abschnitt werden die wesentlichen Ergebnisse der Trendumfrage dargestellt. Zunächst werden die für die F&E relevantesten Trends erläutert. Im Anschluss wird auf die wesentlichen Ziele und Erfolgsfaktoren in der F&E eingegangen. Abschließend werden relevante Einflussfaktoren auf die F&E diskutiert.

2.2.1 Die wichtigsten Trends in der F&E

Der Fokus der Befragung lag auf der Evaluierung gegenwärtiger und zukünftiger F&E-Trends, um Rückschlüsse auf deren Relevanz für die nächsten 2–5 Jahren ziehen zu können. Der Fragebogen war dabei so konzipiert, dass die Befragten die Bedeutung von 38 vorausgewählten Trends aus den Bereichen F&E-Strategie, -Organisation, -Prozesse, -Methoden & Tools sowie -Mitarbeiter auf einer 6-stufigen Skala mit – *Keine bis sehr gering, Eher gering, Gering, Eher hoch, Hoch* und *Sehr hoch* - bewerten konnten.

Die Auswahl der relevantesten F&E-Trends erfolgte anhand von »Top-2-Boxes« (T2B). Bei dieser Methode werden lediglich die beiden höchstmöglichen Bewertungsoptionen in die Auswertung miteinbezogen (*Hoch* und *Sehr hoch*). Abb. 5 zeigt alle Trends, denen über die Hälfte (min. 50 %) der Befragten eine sehr hohe oder hohe Relevanz einräumten.

| Rang | T2B | F&E-Trend |
|------|-----|--|
| 1 | 78 | Gezielte Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter |
| 2 | 72 | Aufbau/ Weiterentwicklung von Fach und/ oder Projektlaufbahnen |
| 2 | 72 | Strukturierte Beobachtung neuer Trends und Technologien |
| 4 | 69 | Einbeziehung von Kunden (Customer Co-Development, Co-Design) |
| 4 | 69 | Agile Entwicklungsprozesse (Scrum, Design Thinking, Lean Startup, etc.) |
| 6 | 67 | Schaffen einer besonderen Innovationskultur in der F&E |
| 7 | 66 | Steigerung der Arbeitgeberattraktivität |
| 7 | 66 | Integrierte Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen |
| 9 | 64 | Digitalisierung von F&E-Prozessen (Workflows, PDM-/ PLM-Systeme) |
| 10 | 63 | Steigerung der F&E-Effektivität (Verstärkte Ausrichtung an strat. Zielen) |
| 11 | 62 | Vernetzung der F&E mit anderen Unternehmensbereichen |
| 12 | 61 | Einsatz von Modularisierungs- und Plattformkonzepten |
| 12 | 61 | Ganzheitliche Berücksichtigung von Geschäftsmodellen |
| 14 | 59 | Flexibilisierung der F&E (Interne Strukturen, Prozesse) |
| 15 | 58 | Schlanke Prozesse in der Entwicklung (Lean Development) |
| 16 | 56 | Steigerung der Durchgängigkeit und Effizienz aller F&E-Prozesse |
| 16 | 56 | Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern in F&E-Netzwerken |
| 18 | 53 | Zielgerichteter Einsatz strategischer F&E-Methoden (z.B. Roadmapping) |

Abb. 5
Die wichtigsten F&E-Trends nach Top-2-Boxes (Angaben in Prozent)

Um die relevantesten Trends noch präziser einzugrenzen, können diese nach »Top-Box« (TB) priorisiert werden. Dabei finden nur die Trends mit maximaler Zustimmung Berücksichtigung (*Sehr hoch*). Abb. 6 zeigt alle Trends, denen über 30 % der Befragten eine sehr hohe Bedeutung zusprachen.

Abb. 6
Die wichtigsten F&E-Trends
nach Top-Boxes (Angaben in
Prozent)

| Rang | TB | F&E-Trend |
|------|----|--|
| 1 | 36 | Strukturierte Beobachtung neuer Trends und Technologien |
| 1 | 36 | Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern in F&E-Netzwerken |
| 3 | 35 | Einbeziehung von Kunden (Customer Co-Development, Co-Design) |
| 3 | 35 | Agile Entwicklungsprozesse (Scrum, Design Thinking, Lean Startup, etc.) |
| 3 | 35 | Steigerung der F&E-Effektivität (Verstärkte Ausrichtung an strat. Zielen) |
| 6 | 34 | Gezielte Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter |
| 7 | 33 | Digitalisierung von F&E-Prozessen (PDM-/ PLM-Systeme) |

Die sieben Trends, die sich nach TB-Auswertung ergeben, stellen ein ausgewogenes Verhältnis an Trends, die bereits in der letzten Studie relativ weit oben in der Rangliste zu finden waren, als auch einer Reihe von neuen Trends, dar. Zu Letzteren zählen die *Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern in F&E-Netzwerken*, *agile Entwicklungsprozesse* sowie *Digitalisierung von F&E-Prozessen*.

Im Folgenden soll nun auf die sieben F&E-Trends näher eingegangen und weiterführende Informationen im Kontext des F&E-Managements bereitgestellt werden.

Strukturierte Beobachtung neuer Trends und Technologien

Ein wichtiger Wettbewerbsfaktor in Zeiten volatiler Märkte und sich schnell verändernder Kundenanforderungen ist ein formalisiertes und strukturiertes Technologiemanagement. Ziel dabei ist es, technologische Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, um Risiken zu reduzieren, Chancen zu nutzen und geeignete Maßnahmen zur strategischen Planung in der F&E abzuleiten. Je nach Branche und Produktlebenszyklen liegt der Prognosehorizont bei bis zu zehn Jahren – in einzelnen Fällen sogar zwanzig Jahre oder länger. Unterstützung zur Ableitung von Trends und neuen Technologien bieten primär zukunftsorientierte Veröffentlichungen, wie z. B. die Online-Medien gängiger Markt- und Technologieforschungszentren (z. B. Frost & Sullivan, Gartner, etc.) sowie mehrerer Fraunhofer-Institute, unter anderem auch die des Fraunhofer IAO. Darüber hinaus kann der Besuch von Messen, Hausausstellungen bei Kunden und Zulieferern, Branchennetzwerke und vor allem das gezielte Adressieren von externen Experten dabei unterstützen, neues Wissen zu technologischen Entwicklungen und marktseitigen Trends zu generieren.

Um abgeleitetes Wissen zu formalisieren, eignen sich bewährte Ansätze aus dem Technologiemanagement, wie z. B. der Aufbau und die Implementierung eines Technologie- und Trend Radars nach STEEP¹². Hierbei werden für die im Radar verorteten Trends mithilfe sogenannter Trend-Datenblätter (engl. Fact Sheets) weiterführende Informationen dokumentiert (z. B. technische Funktionsweisen, Abbildungen, Skizzen, Experten, Ansprechpartner im Unternehmen, etc.). Ergänzend können moderne Software-Tools eingesetzt werden. Diese ermöglichen es, den Prozess von der Datenerhebung bis zur Einspeisung der Daten zu verschlanken (z. B. durch die Integration mobiler Endgeräte) und erleichtern die Interaktion mittels verschiedener Konfigurationsmöglichkeiten und Darstellungsformen.

¹² STEEP – Analyse soziokultureller, technologischer, ökonomischer, ökologischer und politischer Faktoren.

Eine gute Übersicht über die verschiedenen Methoden zur Technologiebeobachtung und -bewertung bietet die syncTech-Veröffentlichung¹³.

Die klassischen Ansätze zur Technologiebeobachtung und -vorausschau, wie z. B. Szenariotechnik oder Trendradar, basieren bis dato auf der Auswertung einer großen Menge meist unzureichend strukturierter Daten. Die Informationsgewinnung ist zumeist manuell und zeitintensiv (z. B. Desktop-Recherchen, Patentanalysen, Transkribieren und Auswerten von Experteninterviews, etc.). Dieser Umstand macht es besonders KMU schwer, die zeitlichen und finanziellen Ressourcen aufzubringen. In Zukunft dürfte es deshalb immer wichtiger werden, sich in der F&E neue Lösungen zur Datengewinnung und -auswertung zu Nutzen zu machen, wie z. B. KI oder maschinelles Lernen.

Auf der Grundlage moderner Software-Lösungen und selbstlernenden Algorithmen kann sowohl die Forschung, als auch die Industrie ihre Trendvorhersagen präzisieren und an das dynamische Umfeld anpassen. Selbstlernende Algorithmen basieren auf statistischen Computermodellen, die in der Lage sind, Datenmuster zu erkennen und aus früheren Ereignissen zu »lernen«. Um das Potenzial antizipativer Systeme ausschöpfen zu können, ist jedoch noch weiterer Forschungsaufwand notwendig. Dabei bedarf es zunächst detaillierter Trainingsprogramme für die Algorithmen, die als Ausgangspunkt fürs »Lernen« dienen. Zudem müssen die Problemstellung sowie der Suchraum so aufeinander abgestimmt sein, dass durch die Datenanalyse eine repräsentative Aussage ermöglicht wird.

Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern in F&E-Netzwerken

Der Aufwand für industrielle F&E sowie die Dynamik, mit der sich diese weiterentwickelt, steigen zunehmend. Daher wird ein flexibler Zugang zu Wissen und Kapazitäten außerhalb des eigenen Unternehmens immer wichtiger. Weiterhin verursachen Investitionen in Sprunginnovationen und die Entwicklung von Schlüsseltechnologien zusätzlichen Aufwand und führen zu F&E-Allianzen – teilweise sogar mit Wettbewerbern.

Die Kooperationsmodelle reichen vom Technologieeinkauf, »normalen« F&E-Kooperationen bis hin zur Errichtung gemeinsamer F&E-Einrichtungen, inklusive Testumgebungen. Während früher vor allem Interessengemeinschaften zwischen Partnern ähnlicher Wertschöpfungstiefe entstanden, nimmt seit einigen Jahren die Bedeutung von Verbänden zwischen produzierenden Unternehmen und Zulieferern, externen Forschungseinrichtungen sowie insbesondere Start-ups stark zu.

Die Wahl der Kooperationsform und den -partnern hängt stark vom Ziel, das mit der Kooperation verfolgt wird, ab. Ziele von Unternehmen, die sich in F&E-Kooperationen engagieren, sind typischerweise der Zugang zu Ressourcen und Domänenwissen, das Erweitern bestehender Kompetenzen, sowie Risikominimierung und schnellere Entwicklungszyklen.

¹³ Warschat, J.; Schimpf, S.; Korell, M. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2015.

Neben den Vorteilen, die eine Kooperation mit sich bringt, bestehen ebenfalls eine Reihe von Risiken. Dabei spielen sowohl allgemeine Herausforderungen, wie interkulturelle Unterschiede, als auch etwaige Reibungsverluste durch unzureichend geklärte Eigentums- und Verwertungsrechte eine große Rolle. Dies trifft sowohl auf das von den jeweiligen Partnern mit in die Kooperation eingebrachte Knowhow zu, als auch auf das Wissen, das während der gemeinsamen F&E-Aktivitäten generiert wird. Hier ist es notwendig, bereits zu Beginn des gemeinsamen Vorhabens eindeutige rechtliche Rahmenbedingungen zu schaffen.

Durch die zunehmend globale Zusammenarbeit erhöht sich auch der Anteil an Mitarbeitern und Teams, die darauf angewiesen sind, an verschiedenen Standorten und über verschiedene Zeitzonen hinweg, zusammenzuarbeiten. Dies erfordert sowohl den Einsatz eines effektiven Projektmanagements als auch die entsprechende IT-Unterstützung mittels Web-Meetings und virtuellen, kollaborativen F&E-Tools.

Derzeit werden verschiedene technische Tools für die virtuelle Zusammenarbeit über Standorte hinweg entwickelt und angeboten (z. B. Smartsheet). Der Mehrwert dieser Lösungen ist insbesondere dann gegeben, wenn Nutzer Datenobjekte simultan online bearbeiten können, ohne dass Informationen verloren gehen. Dateiänderungen und -zugriffe werden dabei in unterschiedlichen Versionen abgespeichert und lassen sich durch andere Nutzer nachverfolgen.

Einbeziehung von Kunden (in den Entwicklungsprozess)

Erfolgreiche Unternehmen mit stetigem Wachstum haben eines gemeinsam – sie besitzen ein grundlegendes Verständnis für die Bedürfnisse ihrer Kunden, involvieren diese stark in den Prozess zur Lösungsfindung und begeistern mit innovativen Lösungen auf Basis artikulierter und nicht artikulierter Wünsche. Von zentraler Bedeutung hierfür ist ein auf Kundenfeedback ausgerichteter F&E-Prozess. Zur Ermittlung von Kundenanforderungen dienen üblicherweise Fokusgruppen, Kundenbefragungen, Lead-User-Workshops sowie Online-Umfragen. Online-Entwicklerplattformen und Anwenderkonferenzen erlauben es, potenzielle Endanwender direkt in den Entwicklungsprozess einzubinden.

Für viele Unternehmen gestaltet sich die Generierung von Kundenfeedback mittels traditioneller Methoden jedoch sehr aufwendig und lässt meist keine genauen Aussagen zu. Fokusgruppen sind, z. B., ressourcenintensiv und liefern häufig subjektiv eingefärbte Ergebnisse. Kundenbefragungen sind ebenfalls mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden und es ist schwierig, eine statistisch repräsentative Stichprobe zu erhalten. Beide Methoden stützen sich zudem auf die Fertigkeiten des Interviewers. Die Verbreitung von Online-Umfragen wird durch datenschutzrechtliche Restriktionen zunehmend erschwert.

Um zielgerichtet an Kundenfeedback zu gelangen, bieten sich partizipative Methoden und Ansätze wie z. B. Design Thinking oder Co-Creation an. Während sich Ersteres an der Beobachtung von Nutzerverhalten orientiert, wie z. B. mittels »(N)etnographie«, werden bei Letzterem die späteren Endanwender direkt in den Design- und Entwicklungsprozess eingebunden. Somit lassen sich Synergieeffekte erzielen und Kosten für Marktforschungsaktivitäten sparen. Als Beispiel hierfür dienen firmeninitiierte Ideen- und Designwettbewerbe, bei denen

Anwender ihre Ideen einreichen können. Die erfolgreichsten Einreichungen werden anschließend mit den Ideengebern prototypisch umgesetzt. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Kunden und Zulieferer mittels gezielter Aktivitäten vor Ort stärker in den Entwicklungsprozess einzubeziehen, wie z. B. bei der Entwicklung integrierter, digitaler Lösungen oder IT-Dienstleistungen.

Zudem entstehen immer mehr Start-ups, die sich mit kundenorientierten Data-mining-Lösungen beschäftigen. Die Lösungen sind zumeist branchenunabhängig und somit breitflächig kompatibel. Eine Herausforderung bei diesen Lösungen besteht darin, Datensätze zu bereinigen und statistische Ereignisse korrekt zu deuten. Beispielsweise muss überprüft werden, ob die zur Auswertung herangezogenen Daten tatsächlich einer »echten« Person entstammen oder am Computer generiert wurden. Ebenfalls stellen die Semantik und die transportierten Emotionen in den Aussagen von Personen noch eine große Herausforderung für die KI dar.

Eine Gruppe von Wissenschaftlern am Fraunhofer IAO in Stuttgart forscht derzeit an neuro-ergonomischen Themen zur Optimierung der Technikgestaltung. Durch die Messung von Gehirnaktivitäten können Forscher unter anderem Rückschlüsse auf die Nutzungserfahrung von Kunden im Umgang mit verschiedenen Technologien ziehen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden dazu genutzt, die Bedienbarkeit (engl. Usability) technischer Geräte zu verbessern.¹⁴

Agile Entwicklungsprozesse

Volatile Märkte und sich rasch verändernde Kundenanforderungen erfordern flexible und dynamische Prozesse. Agilität, im Kontext der F&E, bedeutet die Abkehr von einer über mehrere Jahre getakteten, linearen F&E-Programmplanung hin zu einem iterativen und adaptiven Vorgehen. Dieses planerische Umdenken ermöglicht es Projektteams, erfolgreich in komplexen und dynamischen Umfeldern zu agieren und innovative Lösungen auf den Weg zu bringen.

Anstelle starrer Linienstrukturen und feingegliedelter Arbeitspaketstrukturen, durchlaufen agile Teams sogenannte »Sprints« innerhalb klar definierten Zeiträumen. Nach jedem Sprint wird der erzielte Arbeitsfortschritt im Team evaluiert und darauf basierend die folgende Iterationsschleife geplant. Dies erfordert eine klare Rollenverteilung sowie ein hohes Maß an Eigeninitiative und -verantwortung bei den Mitarbeitern und Teams. Weitere Prinzipien nichtlinearer Entwicklung sind Scrum, Design Thinking, Lean Startup und Kanban. Einige dieser Methoden lassen sich sogar miteinander kombinieren (siehe Gartner¹⁵).

Die Praktikabilität agiler Prinzipien variiert stark zwischen den verschiedenen Unternehmensbereichen. So sind agile Methoden in der Softwareentwicklung, aus der dieses Prinzip stammt, naturgemäß einfacher zu etablieren als in der F&E komplexer physischer Produkte. Zusätzlich erschweren hierarchische Strukturen und Denkweisen sowie geringe organisatorische Flexibilität die Implementierung agiler Prinzipien. Agiles Denken und Arbeiten geht einher mit ei-

¹⁴ Online: <https://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/1665-neurolab-labor-fuer-neuroarbeitswissenschaft.html>. Zugriff am 15.11.2019.

¹⁵ Online: <https://www.gartner.com/en/documents/3200917>. Zugriff am 15.11.2019.

nem kulturellen Wandel in der Organisation. Ehemals starre Prozesse und Entscheidungsstrukturen müssen aufgeweicht werden und Mitarbeiter und Führungskräfte in agilen Arbeitsweisen und -methoden geschult werden. Anschließend können erste Projekte ausgerollt werden, in denen die Beteiligten ihre hinzugewonnene Methodenkompetenz einsetzen und schrittweise verbessern können.

Steigerung der F&E-Effektivität

Getreu dem Motto – »Es bringt nichts, hoch effizient und schnell in die falsche Richtung zu laufen« - spielt die F&E-Effektivität grundsätzlich eine wichtigere Rolle als die F&E-Effizienz. Viele Firmen haben in der Vergangenheit große Anstrengungen unternommen ihre F&E-Prozesse zu verschlanken und flexibel zu gestalten. Jedoch fehlt es häufig an der Überzeugung, die richtigen Prioritäten gesetzt zu haben, bzw. die »richtigen Dinge zu tun«.

Als Grundlage für eine gesteigerte F&E-Effektivität dient zunächst die Entwicklung und Kommunikation einer F&E-Strategie. Diese sollte von der Unternehmensstrategie abgeleitet sein und die zur Erfüllung strategischer Unternehmensziele notwendigen F&E-Aktivitäten beinhalten. Ebenfalls sollten Prognosen zu zukünftigen Entwicklungen von Märkten oder Technologien berücksichtigt werden, um sowohl Chancen als auch Risiken in der F&E-Strategie ausreichend zu adressieren. Strategische Planungstools wie Roadmapping oder Portfolio-technik können hierbei Unterstützung bieten.

Eine besondere Herausforderung ist die strategische Ausrichtung und Effektivität von KMU, die meist nur über begrenzte F&E-Mittel verfügen. Oft sind einzelne Personen, wie z. B. der Geschäftsführer oder Eigentümer für die langfristige Planung sowie die Einschätzung zukünftiger, technologischer Entwicklungen verantwortlich. Anstelle einer kritischen Reflexion der Lage unter Einbeziehung relevanter Stakeholder, basieren Entscheidungen häufig auf Intuition.

Um Entscheidungen abzusichern und damit den langfristigen Erfolg für das Unternehmen sicherzustellen, ist es erforderlich, unter Einbeziehung verschiedener Interessengruppen, strategische Ziele für die F&E zu formulieren, Leitplanken für die Auswahl von F&E-Projekten zu schaffen sowie Verantwortlichkeiten für die Beobachtung relevanter Technologiefelder festzulegen. Dadurch entsteht bei allen Beteiligten ein gemeinsames Verständnis für die längerfristigen Ziele und die zur Zielerreichung benötigten Kompetenzen und Ressourcen.

Gezielte Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter

Kompetenzen sind kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten einer Person, die es erlauben, bestimmte Probleme zu lösen oder erfolgreich mit variablen Situationen umzugehen.¹⁶ Kompetenz ist somit eine Kombination von »Wissen« mit der Fähigkeit, dieses problemlösend einzusetzen. Dies stellt eine maßgebliche Herausforderung für die Entwicklung von Kompetenzen dar, da spezifische Fähigkeiten zielgerichteter Entwicklungsmaßnahmen bedürfen. In diesem Zusam-

¹⁶ Weinert, F.E. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz (2001) S. 17-31.

menhang versteht man unter gezielter Kompetenzentwicklung die Kombination verschiedener Maßnahmen, mit denen sich Kompetenzen von einzelnen Mitarbeitern und Teams beeinflussen lassen.

Gestiegene Anforderungen an den Aufbau und die Sicherung von Mitarbeiterkompetenzen in der F&E sind die Folge eines zunehmenden globalen Wettbewerbs und einer zunehmenden Digitalisierung. Viele deutsche Unternehmen sehen den hohen Innovationsgrad ihrer Produkte als den entscheidenden Erfolgsfaktor – und damit die Problemlösungskompetenz ihrer F&E-Mitarbeiter. Beispielsweise steht die Automobil- und Zulieferbranche vor der Herausforderung, traditionelle F&E-Kompetenzen wie Konstruktion und Motorenentwicklung in Richtung alternative Antriebe, autonome Systeme und neue Mobilitätskonzepte weiterzuentwickeln. Dadurch steigt u. a. der Bedarf an ausgebildeten Fachkräften im Bereich Mechatronik, Elektrotechnik, Sensorik und Softwareentwicklung.

Um den veränderten Anforderungen gerecht zu werden, gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten im Kompetenzmanagement, wie z. B. gezielte Schulung der Mitarbeiter, Maßnahmen zur Teambildung, Mentoring-Programme sowie professionelles Coaching. Neue Methoden zur Kompetenzentwicklung machen sich webbasierte, interaktive Lernkonzepte zu Nutze. Durch die virtuelle Wechselbeziehung zwischen der Lerngemeinschaft auf der einen Seite und dem Wissensdienstleister auf der anderen Seite kann die Kompetenzentwicklung flexibel gestaltet und skalierbar gemacht werden. Vor allem Online-Lernplattformen sowie individuelle Lernmodule haben hier stark an Bedeutung gewonnen. Auf Basis des jeweiligen Wissensstands werden personalisierte Entwicklungspläne erstellt und Mitarbeiter können selbstgesteuert Kompetenzen aufbauen.

Digitalisierung der F&E Prozesse

Digitale Kontinuität in F&E-Prozessen gilt als wesentlicher Erfolgsfaktor für eine effiziente und zielgerichtete F&E. Ziel ist es, dass von der ursprünglichen Produktidee über das Design, die Herstellung und die Lebensdauer des Produkts alle mit dem Prozess verbundenen Daten gepflegt und den Teammitgliedern über eine einzige Plattform zugänglich sind.¹⁷

Die fortschreitende Digitalisierung sowie neue Technologien bieten die Möglichkeit, komplexe Abläufe und große Datenmengen, die während der Produktentstehung anfallen, systematisch abzubilden. Dadurch lassen sich komplexe Vorhaben in einzelne Teilaufgaben mit geringerer Komplexität herunterbrechen und im Rahmen eines einheitlichen, teamorientierten und strukturierteren Prozesses umsetzen.

Idealerweise wird dabei der gesamte Produktlebenszyklus von der Konzeption bis zum Betrieb und in manchen Fällen bis zur Außerbetriebnahme betrachtet. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende IT-Infrastruktur, die es erlaubt, anfallende Daten über verschiedene, modulare Systeme hinweg mitzuführen und spätere Anpassungen der Produktspezifikationen im Sinne eines Änderungsmanagements festzuhalten.

¹⁷ McLean, M. (Hrsg.); Davis, B.H. (Hrsg.): Time and Bits: Managing Digital Continuity. Getty Research Institute, 1999.

Ein durchgängiges, bidirektionales Produkt-Daten-Management (PDM) bietet hierbei Unterstützung. Mithilfe des Einsatzes von Simulationswerkzeugen lassen sich Produktfunktionen schnell und kostengünstig absichern. Dabei wird ein digitales Abbild eines physischen Produkts erstellt (Digitaler Zwilling), das sowohl Konstruktionsdaten als auch Echtzeitdaten, die während des Produktgebrauchs generiert werden, beinhaltet. Durch den Einsatz von KI lassen sich Muster oder Anomalien in großen multivariaten Datensätzen erkennen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt kommt den Kompetenzen der F&E-Mitarbeiter zu. Bei der Einführung neuer, digitaler Arbeitsweisen und unterstützender Software-Tools gilt es, Mitarbeiter frühzeitig in die Prozessgestaltung einzubinden und Arbeitsabläufe zu definieren, die eine digitale und konsistente Arbeitsweise fördern. Dies ermöglicht es, technische Problemstellungen ganzheitlich anzugehen und systemorientierte Lösungen zu entwickeln.

Zusammenfassung der Trends

Die oben aufgeführten Trends, die von den Teilnehmern mehrheitlich als am Relevantesten bewertet wurden, bilden einen repräsentativen Querschnitt aus den in Kapitel 2.1.1 beschriebenen F&E-Dimensionen. F&E- Methoden & Tools sind dabei besonders prominent vertreten (*Strukturierte Beobachtung neuer Trends und Technologien, Einbeziehung von Kunden in den Entwicklungsprozess und Digitalisierung von F&E-Prozessen*).

Erstmals in der Bestenliste vertreten sind *Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern in F&E-Netzwerken, Agile Entwicklungsprozesse und Digitalisierung von F&E-Prozessen*. Im Rahmen der Interviews wird ebenfalls deutlich, dass diese Themen ein hohes Interesse bei F&E-Managern auslösen (siehe Kapitel 3). Weiterhin lassen sich marktseitig zurzeit eine Vielzahl an Beratungsangeboten für agile Vorgehensweisen sowie die Digitalisierung von F&E- und Geschäftsprozessen beobachten. Die Notwendigkeit einer stärkeren Außenorientierung von F&E-Aktivitäten lässt sich aktuell ebenfalls bei mehreren Unternehmen beobachten und gab den Anstoß für die Initiierung eines Netzwerkprojekts.

2.2.2 Ziele in der F&E

Auf die Frage, welches die wichtigsten Ziele in der F&E seien, gab fast ein Drittel der Befragten eine *Überdurchschnittliche Erfüllung der Kundenerwartungen* an. Knapp dahinter liegen *Kurze Entwicklungszeiten* mit 27% sowie das *Hervorbringen von Sprunginnovationen* mit 24%. *Geringe Entwicklungskosten* nannten knapp 15% der Teilnehmer. Ein sehr geringer Anteil der F&E-Experten verfolgt keine der oben genannten Ziele in der F&E. Abb. 7 zeigt die Ergebnisse zu den wichtigsten Zielen in der F&E im Überblick.

Die Auswertung zeigt, dass neben der Optimierung der traditionellen Zielparame- ter – Kosten, Zeit und Qualität - das Hervorbringen von Sprunginnovationen immer stärker in den Vordergrund der F&E rückt.

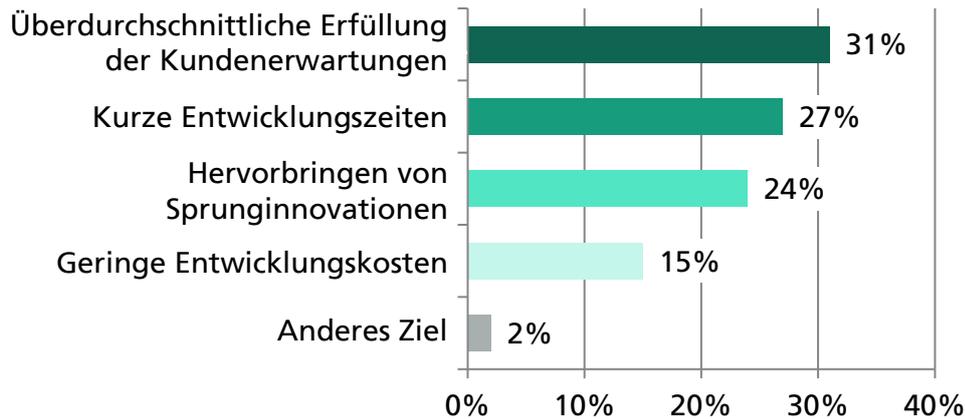


Abb. 7
Die wichtigsten F&E-Ziele

Sprunginnovationen bezeichnen eine komplett neue Technologie oder Idee, die aus dem interdisziplinären Zusammenwirken verschiedener Bereiche entsteht und auf eine neue Art Probleme löst. Sie entstehen vor allem dann, wenn experimentell agiert wird und neue, unerprobte Methoden zur Prototypen-Entwicklung und Problemlösung genutzt werden.¹⁸

Die Befragten nannten, im Rahmen der Freitextnennungen, einen in der F&E-Praxis vorherrschenden »Zielmix«. Dabei werden im Wesentlichen die folgenden Kernziele verfolgt:

- Umsetzen von Kunden-Roadmaps
- Innovieren bestehender Märkte
- Schaffen neuer Märkte mithilfe von Sprunginnovationen.

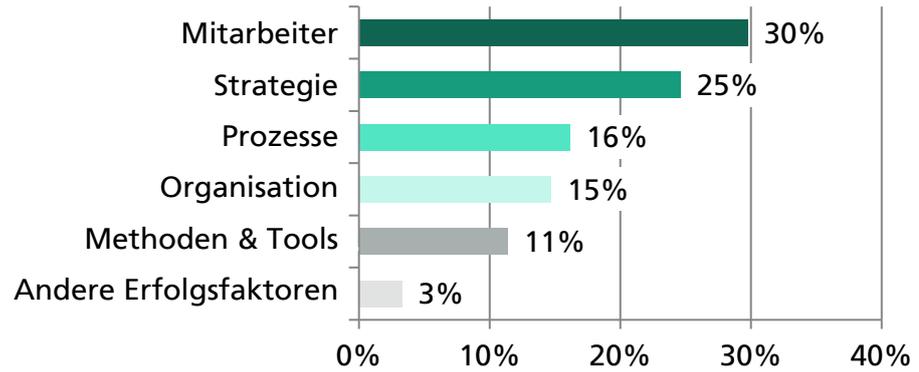
2.2.3 Erfolgsfaktoren in der F&E

Ein Erfolgsfaktor ist eine Größe, die eine kausale Abhängigkeit zum Erfolg des Unternehmens hat. Hierbei handelt es sich um Faktoren, auf die sich aus dem Unternehmen heraus direkt Einfluss nehmen lässt (z. B. Produktqualität oder Innovationsfähigkeit). Sie unterscheiden sich daher von Einflussfaktoren, die einen externen Einfluss auf das Unternehmen ausüben (z. B. politische oder wirtschaftliche Rahmenbedingungen, gesellschaftliche Trends). Diese Faktoren lassen sich lediglich über die Zeit hinweg beobachten und können zu gegebenem Zeitpunkt mit in die Entscheidungsfindung einfließen.

Die Teilnehmer wurden gefragt, welche der Bereiche F&E-Strategie, -Organisation, -Prozesse, -Mitarbeiter sowie -Methoden & Tools Sie als die wichtigsten Erfolgsfaktoren einschätzen. Mehrfachnennungen waren bei der Abstimmung erlaubt. Abb. 8 zeigt die relevantesten Erfolgsfaktoren für die F&E in absteigender Reihenfolge.

¹⁸ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Forschung und Innovation für die Menschen: Die Hightech-Strategie 2025. Online: <https://www.hightech-strategie.de/de/hightech-strategie-2025-1726.html>. Zugriff am 15.11.2019.

Abb. 8
Die wichtigsten
Erfolgsfaktoren in der F&E



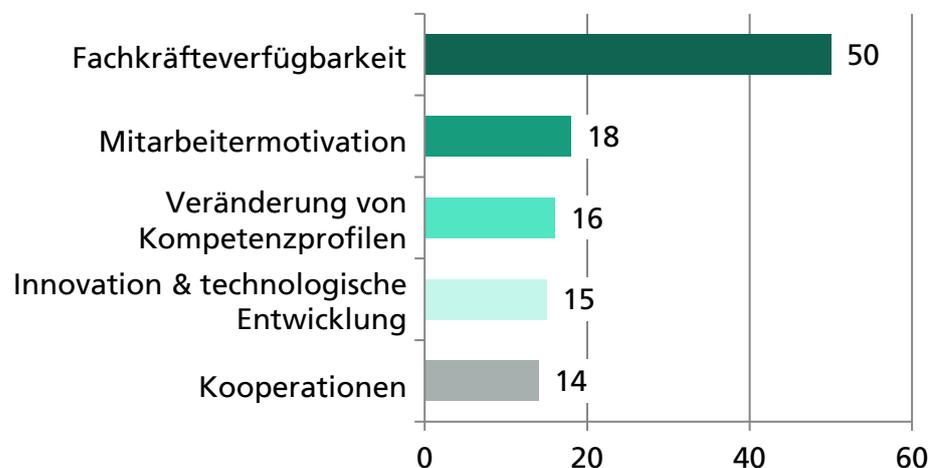
Die Ergebnisse spiegeln deutlich wider, dass nach wie vor eine abgestimmte *F&E-Strategie* sowie *-Mitarbeiter*, die in der Lage sind, diese operativ umzusetzen, zu den relevantesten Erfolgsfaktoren zählen. So ist es wenig verwunderlich, dass zu diesen beiden Faktoren die meisten Freitextnennungen erfolgten. Im Bereich Strategie sprachen sich die Befragten für stärkere Kundenorientierung, die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle sowie vermehrte F&E-Kooperationen aus. Die Bereitschaft Veränderungen mitzutragen und sich für neue Themen und Aufgaben zu begeistern wurde vorwiegend im Bereich Mitarbeiter genannt.

2.2.4 Einflussfaktoren

Einflussfaktoren sind externe Umweltfaktoren, die direkt oder indirekt einen Einfluss auf den Unternehmenserfolg haben. Wie oben bereits erwähnt, können diese Faktoren unterschiedlichen Ursprungs sein. Gesellschaftliche, technologische, ökonomische, ökologische sowie politische Faktoren können hierbei eine Rolle spielen (z. B. demographische Entwicklung, Zinspolitik, etc.).

Die Studienteilnehmer wurden gebeten, im Rahmen einer Freitextnennung die relevantesten Einflussfaktoren auf die F&E für die kommenden zehn Jahre zu benennen. Dabei hatten die Befragten die Möglichkeit Mehrfachnennungen anzugeben. Abb. 9 zeigt die fünf am Häufigsten genannten Einflussfaktoren.

Abb. 9
Die wichtigsten
Einflussfaktoren auf die F&E



Die Auswertung zeigt, dass der *Zugang zu Fachkräften* nach wie vor eine große Herausforderung für produzierende Unternehmen darstellt. KMU haben zudem häufig das Problem, dass nicht genügend qualifizierte Bewerber auf das Unternehmen aufmerksam werden und Bewerbungen deshalb oftmals ausbleiben. Die Nähe zu Forschungseinrichtungen und Universitäten, sowie eine frühe Einbindung von Nachwuchskräften während des Studiums, können dem entgegenwirken.

Eine innovative Unternehmenskultur sowie ein CEO, der diese Werte konsequent verkörpert, bilden die Grundlage für *zufriedene und motivierte Mitarbeiter*. Die äußere Wahrnehmung auf den Innovationsgrad eines Unternehmens wirkt sich unmittelbar auf die Verfügbarkeit von Talenten aus. Innovative Unternehmen, wie z. B. SpaceX, Tesla oder Google, haben den Vorteil, aus einer breiten Masse an Bewerbern, die für ihre Aufgaben geeignetsten Kandidaten rekrutieren zu können.

2.3 Zusammenfassung

In den vorherigen Abschnitten wurden die wichtigsten F&E-Trends und -Ziele sowie Erfolgs- und Einflussfaktoren vorgestellt. Im Folgenden werden die Kernaussagen der Studie nochmals zusammengefasst.

Neben der *gezielten Weiterentwicklung von Mitarbeiterkompetenzen*, gelten ein *strukturiertes Technologie- und Trend-Monitoring* sowie der konsequente *Einsatz agiler Entwicklungsmethoden* als die wesentlichen Treiber und Befähiger einer zukunftsorientierten F&E. Durch die *Kooperation mit Partnern in F&E-Netzwerken* und die *Einbeziehung von Kunden in F&E-Prozesse* lassen sich Kosten einsparen und Risiken minimieren. Weitere Effizienz lässt sich durch die *Digitalisierung von F&E-Prozessen* erreichen. Die Orientierung an strategischen Unternehmenszielen sorgt darüber hinaus für eine *zusätzliche Steigerung der F&E-Effektivität*.

Neben der Optimierung der Zielparameter *Kosten-Zeit-Qualität* rückt das *Herbringen von Sprunginnovationen* immer stärker in den Fokus der F&E. Für F&E-Bereiche stellt dies sowohl ein sehr attraktives, als auch, nach traditionellem Verständnis, schwer zu planendes Ziel dar.

Eine *abgestimmte F&E-Strategie* sowie *-Mitarbeiter*, die in der Lage sind, diese operativ umzusetzen, zählen zu den wichtigsten Erfolgsfaktoren. Der *Zugang zu Fachkräften*, die den *geänderten Kompetenzerfordernungen* am Markt gerecht werden sowie ein *wissens- und technologieintensives Umfeld*, das einer hohen *Mitarbeitermotivation* zuträglich ist, zählen zu den wettbewerbsrelevanten Einflussfaktoren.

Damit sind qualifizierte und motivierte Mitarbeiter nicht nur ein Kostenfaktor, sondern der wichtigste Einfluss- und Erfolgsfaktor in der industriellen F&E.

3 Fallstudien

Um zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren und technologische Trends abzuschätzen, verfolgen die F&E-Abteilungen produzierender Unternehmen verschiedene Ansätze. Im Interview geben die F&E-Experten mehrerer, global agierender Unternehmen ihre Einschätzung zur Plausibilität der Ergebnisse der Studie ab und berichten von spannenden Fakten aus der F&E-Praxis.

3.1 Technology & Innovation Management bei Siemens



Dr. Norbert Lütke-Entrup bekleidet bei der **Siemens AG** die Position des **Head of Technology & Innovation Management**.

Als Strategieleitung der Konzernforschung unterstützt Dr. Lütke-Entrup die Forschungstätigkeiten von Siemens, indem er Schwerpunktfelder (»Company Core Technologies«) ermittelt und deren Umsetzung in konzernweiten Netzwerken unterstützt. Insgesamt sind 14 solcher Netzwerke zu Feldern wie beispielsweise Datenanalyse & künstliche Intelligenz, Cyber-Security oder Additive Fertigungsverfahren aktiv. Darüber hinaus nimmt Dr. Lütke-Entrup technologiebegleitende Funktionen wie z. B. Normung, technisches Recht oder die Mitgestaltung von Innovationspolitik wahr.

Fraunhofer IAO: *Wie beurteilen Sie die Ergebnisse zu den F&E-Trends?*

Dr. Norbert Lütke-Entrup: Über die Gewichtung der verschiedenen Trends lässt sich trefflich streiten. Ein wesentlicher Trend ist der verstärkte Einzug digitaler Technologien in das F&E-Umfeld. Beispielsweise werden heute keine komplexen Anlagen mehr entwickelt ohne deren umfangreiche Simulation. Sogar Werkstoffe und neue Materialien entstehen vermehrt »in silico«, nicht »in vitro«. Auch Datenanalysen und Big-Data-Ansätze werden für die F&E immer wichtiger. Daher wird von Entwicklern jeder Gattung vermehrt erwartet, dass sie diese und weitere digitale Werkzeuge sicher beherrschen.

Zu einem erfolgreichen F&E-Mitarbeiter gehören jedoch nicht nur technische Fähigkeiten. Nachdem Innovationszyklen immer schneller werden und ein arbeitsteiliges, sequenzielles Abarbeiten von Produktentstehungsprozessen kaum mehr zeitgemäß ist, wird von F&E-Mitarbeitern vermehrt auch ein geschäftlich-strategisches Grundverständnis verlangt – bis hin zur Fähigkeit, ganzheitlich in Geschäftsmodellen zu denken und kommerzielle Verwertung neuer Technologien mitzugestalten. Dazu gehört es auch, Geschäftsideen zu skizzieren oder die möglichen Auswirkungen neuer Technologien auf die Unternehmensstrategie zu erfassen und zu vermitteln.

Da ein einzelner F&E-Mitarbeiter ein derart breites Kompetenzportfolio nur selten abdecken kann, rückt das Arbeiten in interdisziplinären Teams immer mehr in den Mittelpunkt. Dies erlaubt es F&E-Mitarbeitern, über das Abarbeiten von Roadmaps hinaus bei Themen wie Geschäftsentwicklung, Innovation und der späteren Umsetzung am Markt aktiv mitzuwirken.

Agile Entwicklungsprozesse werden sich immer weiterverbreiten. Das bedeutet eine Abkehr von mehrjährigen, strategischen Projektplanungen. Themen werden immer agiler festgelegt, vermehrt auch unterjährig. Umgesetzt werden Entwicklungsvorhaben in sogenannten »Sprints« von typischerweise wenigen Wochen, wobei nach jedem »Sprint« das Ergebnis evaluiert und über das weitere Vorgehen entschieden wird. Dies findet nicht nur im Bereich Softwareentwicklung, sondern zunehmend bei der Entwicklung von Hardware-Komponenten statt.

Neue Trends und Technologien werden vermehrt in Netzwerken identifiziert, weniger durch internes, strukturiertes Beobachten. Dazu muss das Unternehmen gut vernetzt sein und die richtigen Impulse erfahren. Beispielsweise ist Siemens zu jedem beliebigen Zeitpunkt in >100 vorwettbewerblichen Verbundforschungsprojekten aktiv. Darüber hinaus hat das Unternehmen durch die haus-eigene Venture Capital Einheit »Next47« unmittelbaren Einblick in Start-up-Unternehmen weltweit. Eine systematische Darstellung aller identifizierten Trends, etwa in Form eines Radars, findet jedoch nicht statt, stattdessen liegt der Fokus auf der schnellen Exploration einzelner Trends.

Expertenkarrieren sind bei Siemens ausreichend etabliert. Sie sorgen dafür, dass technisch hochspezialisierte und herausragende Mitarbeiter auch ohne einen Wechsel in eine Management-Position auf der Karriereleiter Fortschritte machen können.

Die Einbindung von Kunden in den Entwicklungsprozess spielt eine wichtige Rolle. Dies ist häufig kein einfaches Unterfangen, so dass der »Tone from the top« eine wichtige Rolle spielt. Für diese oft als »Co-Creation« bezeichnete Form der Zusammenarbeit gibt es eine wachsende Zahl von Referenzprojekten. Dies gilt insbesondere für den digitalen Bereich, bei dem Siemens in sogenannten »MindSphere Application Centers« mit dem Kunden vor Ort digitale Anwendungen und Lösungen entwickeln.

Die Kooperation in F&E-Netzwerken, beispielsweise mit Forschungspartnern wie Universitäten und Forschungseinrichtungen, spielt ebenfalls eine wichtige Rolle und sollte in der Rangliste weiter oben verortet sein.

IAO: Welche übergeordneten Ziele verfolgen Sie in der F&E?

Lütke-Entrup: Bei Innovation geht es nicht nur darum, Kundenerwartungen gerecht zu werden, sondern auch darum, neue Kundenbedürfnisse zu wecken und zu befriedigen. Aus Sicht des Unternehmens ist ein vorrangiges Ziel zum Beispiel, ein digitales Portfolio an Technologien, Applikation und Geschäftsmodellen zu erarbeiten und damit für die Kunden völlig neue Wertschöpfungspotenziale zu erschließen. Ein Beispiel hierfür ist die Gewährleistung der Verfüg-

barkeit von Hochgeschwindigkeitszügen im Sinne eines Performance Contracting. Dabei werden die Züge mittels Datenanalyse soweit überwacht, dass drohende Fehlfunktionen genügend rechtzeitig erkannt werden, um diese rechtzeitig zu unterbinden. Somit entwickelt sich aus einem traditionellen Service-Geschäft eine völlig neue Art der Wertschöpfung, bei der Technologie der wesentliche Treiber ist. Eine moderne Entwicklungsabteilung sollte es sich zum Ziel setzen, solche Entwicklungspfade zu erkennen und zu fördern.

Sprunginnovationen eignen sich hingegen nur sehr begrenzt als Zielsetzung für eine F&E-Abteilung. Diese kann zwar mögliche Sprunginnovationen rechtzeitig erkennen und z. B. durch geeignete Demonstratoren illustrieren. Die Frage einer Umsetzung am Markt wird jedoch in der Regel zu einer sehr strategischen Entscheidung – insbesondere, wenn die Sprunginnovation das Bestandsgeschäft gefährdet. Sprunginnovationen sind in erster Linie ein Thema für die Geschäftsleitung, die F&E-Abteilung muss hier jedoch beratend unterstützen und natürlich im Bedarfsfall die Umsetzung treiben.

Als weiteren Aspekt der F&E-Ziele sei das Thema Agilität genannt. Es reicht heute nicht mehr aus, nach Lastenheft zu entwickeln und zwei Jahre später mit dem Produkt auf den Markt zu kommen, denn bis dahin können wesentliche Anforderungen an das Produkt überholt sein. Die Entwicklung »auf Sicht« gewinnt daher an Bedeutung, und dafür müssen Prozesse und Methoden in der F&E genügend Freiraum bieten. Die (Weiter-)Entwicklung von agilen Strukturen und Prozessen ist daher ein weiteres relevantes Ziel in der F&E.

IAO: *Welche zählen Sie zu den wichtigsten Erfolgsfaktoren in der F&E?*

Lütke-Entrup: Das Ranking zu den Erfolgsfaktoren entspricht den Erfahrungen von Siemens. Letztlich werden fähige Mitarbeiter benötigt, es müssen Strategie und F&E miteinander verzahnt sein, und Prozesse müssen auf Agilität, Time-to-market, etc. ausgerichtet sein.

IAO: *Welche Einflussfaktoren haben die größte Auswirkung auf die F&E?*

Lütke-Entrup: Einflussfaktoren lassen sich vor allem unter dem Sammelbegriff »Future of Work« zusammenfassen. Junge Mitarbeiter möchten heute anders arbeiten als ihre Eltern. Sie haben einen sehr starken Wunsch sich mit ihren eigenen Ideen zu verwirklichen anstatt lediglich Spezifikationen nach Vorgabe zu implementieren – und dafür erwarten sie vom Arbeitgeber nicht nur den nötigen Freiraum, sondern auch Unterstützung. Sie erwarten ferner ein gewisses Maß an Flexibilität im eigenen Arbeiten und eine entsprechende Ausstattung mit geeigneten Geräten, die das mobile Arbeiten ermöglichen. Die Kommunikationsweise ist stark durch WhatsApp und Facebook beeinflusst. In Summe hat die junge Generation ein stärkeres Bestreben, sich mit eigenen Ideen einzubringen, sowie den Wunsch nach einer zeitgemäßen Arbeitsumgebung. Diesen Wünschen müssen Unternehmen entgegenkommen.

Weitere Einflussfaktoren sind i.d.R. regionalspezifisch und müssen differenziert nach Regionen betrachtet werden.

3.2 Forschungsmanagement bei Testo



Dr. Axel Gomeringer ist **Bereichsleiter Forschung** bei der **Testo SE & Co. KGaA**.

Das im Schwarzwald beheimatete Unternehmen bietet Messgeräte und Messlösungen für die Kälte-, Klima- und Umwelttechnik an. Mit rund 3 000 Mitarbeitern weltweit arbeitet die Testo SE & Co. KGaA an innovativen und smarten Lösungen. Zu diesen zählen unter anderem ein cloud-basiertes Messdaten-Monitoring-System oder per Smartphone bedienbare Geräte wie die Smart Probes.

Fraunhofer IAO: *Wie beurteilen Sie die Ergebnisse zu den F&E-Trends?*

Dr. Axel Gomeringer: Die hier dargestellten Ergebnisse spiegeln zu großen Teilen die Unternehmenspraxis wieder. In der Praxis werden diese jedoch nicht als »Trends« wahrgenommen, sondern eher als allgemeine Herausforderungen. Mit den Themen Kompetenzbildung und Fachlaufbahnen setzen wir uns intensiv auseinander. Neben den menschlichen Aspekten innerhalb des Unternehmens sehen wir in der Kundeneinbindung in F&E-Prozesse großes Potenzial. Dabei stellt sich die Frage nach der Rollenverteilung im Unternehmen. Produktmanager und Forscher müssen verstärkt miteinander kooperieren. Und zwar nicht nur unidirektional, sondern vielmehr ist der Austausch zwischen den Abteilungen essentiell. Produktmanager, die klassischerweise näher am Kunden stehen, sollten neue technologische Entwicklungen kennen und mit den Kunden diskutieren. Gleiches gilt für F&E-Manager, die an neuen Technologien arbeiten. Diese sollten, in Absprache mit den Produktmanagern, bereits in Forschungsprojekten den Kundennutzen im Blick haben.

IAO: *Wie bewerten Sie die Vollständigkeit der F&E-Trends?*

Gomeringer: Beim Thema Ressourcenverteilung stellt sich die Frage nach der Priorisierung von Aktivitäten. Die Marktrelevanz muss sowohl im frühen Forschungsstadium als auch bei der späteren Produkteinführung gegeben sein. Dabei spielt das Zusammenspiel zwischen Produkt und Business Development, zwischen technischem und visuellem Design und der Sicherung der Einsatzbarkeit im Markt eine wichtige Rolle. Weiterhin gilt es abzuwägen, ob die neue Technologie Wettbewerbsvorteile im Markt erzielen kann und ob dieser Einfluss so signifikant ist, dass es sich lohnt F&E-Aufwände darin zu investieren. Es ist wenig wertschöpfend, Aufwände in Dinge zu stecken, bei denen im Nachhinein festgestellt wird, dass nicht genügend Marktpotenzial vorhanden ist. F&E-Arbeit muss sich lohnen.

IAO: *Wie fließen die Trends in die F&E-Praxis ein?*

Gomeringer: Im Rahmen eines im Unternehmen etablierten Prozesses werden aus Scouting-Aktivitäten, Scannen auf Konferenzen, Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungsinstituten, Forschungsthemen und Technologien identifiziert. Diese werden anschließend in einem Trend-Radar verortet. Der Radar bildet die Ausgangsbasis zur Initiierung weiterer, anknüpfender Scouting-Projekte. Dabei werden die Themen nochmal genauer unter die Lupe genommen, präzise aufgearbeitet und schließlich in Berichtsform zusammengefasst. Auf dieser Basis generieren wir plausible Ergebnisse und können Entscheidungen über neue Technologieprojekte treffen.

IAO: *Welche Trends haben Sie außerdem noch auf dem Radar?*

Gomeringer: Das Thema Digitalisierung wird die F&E noch stärker beschäftigen. Digitale Prozesse sind schnelllebig und werden F&E-Prozesse zunehmend durchdringen. Aus Marktperspektive spielt das Thema Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle. Für den Messgerätebereich von Testo ist das eine große Chance. Partikelmesstechnik und Abgasmesstechnik sind bereits heute integraler Bestandteil der Nachhaltigkeitsdiskussion.

3.3 Innovationsmanagement bei Evonik



Dr. Daniel Witthaut ist **Head of Corporate Innovation Strategy** bei der **Evonik Industries AG**.

Evonik ist eines der führenden Unternehmen in der Spezialchemie. Als Head of Corporate Innovation Strategy unterstützt Dr. Witthaut den Evonik-Vorstand bei der Ausrichtung und Steuerung der Innovationsaktivitäten des Konzerns.

Fraunhofer IAO: Welche Ziele verfolgen Sie in Ihrer F&E?

Dr. Daniel Witthaut: Ziele unserer Innovationsaktivitäten sind zum einen der Erhalt unserer sehr guten Wettbewerbspositionen, als auch das zusätzliche Umsatz- und Gewinnwachstum durch Innovationen. Gerade für ein angestrebtes Wachstum über dem jeweiligen Marktwachstum sind Sprunginnovationen, oder, wie wir intern sagen »transformative Innovationen«, von essentieller Bedeutung. Diese Innovationsprojekte finden in Feldern mit hoher Ungewissheit statt und sind daher auch eine besonders hohe Herausforderung. Um diese Innovationsprojekte besser zu managen und die Erfolgchancen zu erhöhen, haben wir erst kürzlich mit »Create Innovation« ein Programm aufgesetzt, mit dem Ziel, Projekte mit hoher Unsicherheit schneller zum Erfolg oder Abbruch zu führen. Schwerpunkt des Programms ist es, den Umgang mit Unsicherheiten einzuüben – und d. h. zu lernen, flexibel und schnell zu agieren.

IAO: Würden Sie die transformative Innovation als Hauptziel Ihrer F&E definieren?

Witthaut: Nein. Das Hauptziel ist die Erhaltung der führenden Wettbewerbspositionen und dafür sind inkrementelle Innovationen weiterhin wichtig. Rund 70 % der Innovationen bleiben weiterhin inkrementeller Natur. Wachstum erfordert jedoch das »Hervorbringen von Sprunginnovationen«.

Letztlich kann man vereinfacht sagen, dass sich über inkrementelle Innovationen die Wettbewerbsfähigkeit über einen gewissen Zeitraum aufrechterhalten lässt, um jedoch deutlich über dem Markt zu wachsen, muss man transformativen Innovationen Raum und Ressourcen geben.

IAO: Welche Bedeutung messen Sie den F&E-Trends der Umfrage bei?

Witthaut: Die Innovationskultur in der F&E hat eine sehr hohe Bedeutung. Leider ist dies in vielen Unternehmen noch nicht allzu sehr verankert. Dennoch stellt diese einen essentiellen Erfolgsfaktor in der F&E dar. Beispielsweise hat der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) festgestellt, dass die größte Hürde für Innovation oftmals eine mangelnde Innovationskultur innerhalb des Unternehmens ist.

Hierzu zählen Risikoaversion, eine fehlende Lernkultur, der Umgang mit Fehlern und ebenso die Bewältigung von Misserfolgen. Bei Evonik haben wir mehrere Initiativen, um eine gute Innovationskultur sicherzustellen, wie beispielsweise unsere jährlich stattfindenden »Entrepreneurship- und Innovation Awards«. Hierbei statten wir gute Ideen unserer Mitarbeiter mit Zeit und Geld für die Weiterentwicklung ihrer Idee aus, oder zeichnen Mitarbeiter aus, die ihre Produkt-, Verfahrens- oder Geschäftsmodell-Ideen bereits bis kurz vor eine Markteinführung geführt haben.

Die Einbindung von Kunden in F&E-Prozesse sowie die strukturierte Beobachtung von Trends und Technologien, findet bei Evonik ebenfalls statt. Im Kontext der Weiterentwicklung von F&E-Experten, haben wir neben der Management-Laufbahn eine Gradingssystem-unabhängige Bewertung von Fachexperten, mit denen wir Fachkarrieren bei Evonik fördern.

IAO: *Welche weiteren Trends spielen, speziell in Ihrer Branche, eine Rolle?*

Witthaut: Die Welt wird immer komplexer, volatiler und schnelllebiger und die Herausforderungen, gerade in Bezug auf Nachhaltigkeit, werden immer größer. Vor diesem Hintergrund sehe ich, dass insbesondere transformative Innovationen immer mehr in sogenannten Innovationsökosystemen entstehen. Also nicht nur in bilateraler Zusammenarbeit mit beispielsweise Kunden, sondern in einem ganzheitlichen System mit Technologieanbietern, Lieferanten und anderen Experten entlang der Wertschöpfungskette. Dies verringert das Risiko des Scheiterns und erhöht die Geschwindigkeit. Ich halte dies für einen Trend, der nicht nur in der chemischen Industrie immer wichtiger wird. Die Zusammenarbeit mit Start-ups wird ebenfalls immer wichtiger und eine Zusammenarbeit mit einem Start-up kann natürlich ein Teil eines Innovationsökosystems sein.

IAO: *Welchen Trend halten Sie zukünftig für am wichtigsten?*

Witthaut: Persönlich halte ich die Entwicklung der Mitarbeiter für am wichtigsten. Wir können nur offen sein für neue Innovationskonzepte, wie z. B. das Arbeiten in Innovationsökosystemen oder die Kooperation mit Start-ups, wenn wir unsere Mitarbeiter in jegliche Change-Prozesse miteinbeziehen.

3.4 Research & Innovation Management at NCC AB



Prof. adj. Dr. Christina Claeson-Jonsson, is Head of Research & Innovation at NCC AB.

NCC is one of Scandinavia's leading construction and real estate development companies with a turnover of almost SEK 57 billion and 16 300 employees. NCC is engaged in the development of commercial real estate and the construction of housing, offices, industrial facilities, public buildings, civil engineering and other infrastructure. In addition to her work at NCC, Prof. adj. Dr. Christina Claeson-Jonsson is an adjunct professor at the renowned Chalmers University of Technology.

Fraunhofer IAO: *Do you consider the outcome of the study plausible?*

Prof. adj. Dr. Christina Claeson-Jonsson: I agree with the results. In some cases the ranking does not fully correspond to what we have in the construction industry but I think you have captured the most relevant trends. In particular, I appreciate that the human factor plays a central role. It is important for companies to recognize that the shortage of skilled workers must first and foremost be countered internally through targeted skill development. The focus shifts to the development of internal resources.

IAO: *How do you increase the competence base, also on an interdisciplinary level?*

Claeson-Jonsson: There is need for more collaboration. This includes subcontractors, universities, material suppliers and even our competitors in some cases (e.g. in health and safety). In Sweden there exists a private fund for research and development for contractors to which they pay a certain amount as a result of a union agreement. At the moment, we are involved in several cooperation projects with competitors in order to increase the competence base for the whole sector. In the public sector, clients are a little bit reluctant to demand a certain type of quality solution if only one supplier can meet this request. This is because it is their job to get the most value for the money. If we can increase the competence level overall in the sector, including us, public clients will eventually ask for higher competences. Later, we as a company, can use these skills as a competitive factor. For us that is very important. We do that within the construction sector where we cooperate with companies in order to raise the overall competence of the sector, and within the area health and safety, however, health and safety is something we do not compete on because we say you should never compete on health and safety, instead we try to share experience and we do a lot of collaborative work together.

In construction, safety on site is a huge issue, as construction is a rather dangerous profession. Therefore, we need to increase safety on site. And this is why we need to design our sites to use selected technologies when possible without violating union rules or any associated legal restriction.

IAO: *What is the main driver in optimizing safety on the sites?*

Claeson-Jonsson: I think we need to use technology better, we need to change behavior, and we need to change the processes. So it is the awareness and the way you handle risk. You should never put a person in danger when you try to optimize costs.

At this point, I think, that the human machine interface such as Augmented and Virtual Reality (AR and VR) becomes increasingly important. The majority of our customers comes from industries apart from the construction business. They often find it difficult to read technical drawings and to imagine the realization of technical designs. This frequently leads to diverging expectation between customers and developers. By using AR and VR, technical drawings can be visualized in a vivid way, thus lowering barriers and improving the coordination process. This makes planning processes more efficient and minimizes uncertainties. We also use VR technologies for safety training. By visualizing the construction sites employees can familiarize themselves with the special features of a construction site before entering the first time. This makes it possible to raise awareness of potential sources of danger and to train appropriate risk prevention measures.

IAO: *What do you consider the greatest success factors in the construction industry?*

Claeson-Jonsson: Digitization is probably one of the biggest areas of potential. While many other industries are embracing digitization, for the construction industry it remains a struggle. Typical influences such as debris, dust and climatic influences put special demands on the use of mobile devices, equipment and user interfaces which decreases the applicability of some technologies. However, we employ drones for tunnel construction, for observing the status quo of large construction sites as well as to support the risk assessment for a construction site. In some cases, so-called »enabling technologies« such as robots or 3D printing processes are already implemented.

IAO: *What challenges do you deal with at the moment?*

Claeson-Jonsson: In order to succeed we have to attract motivated people from different backgrounds and genders and generate an environment in which the motivation sustains. When talking about gender diversity, we still see few women in the construction business. Not only that, at least 50 % of the customers are women, but we have to intensify our efforts in attracting female workers. We see a decisive competitive advantage in making the construction industry more diverse. This does not exclusively apply for women but for workers of all races and ethnicities. In order to do so, we must provide flexible working models to all our employees. As an example, the Nordic countries allow parental leave for parents regardless of their gender, and we see that fathers stay home while the mothers work. As a company, we have to ensure that we support alternative work modes. By establishing an attractive working environment and to have a diverse mix of employees ultimately benefits the company, as it provides the best environment for innovation and the future.

3.5 Managing Electrical Drives in Asien-Pazifik



Das vorliegende Interview gibt die Antworten von **Dr. Norman Roth, regionaler Präsident der Region Asien-Pazifik des Bosch Geschäftsbereichs Electrical Drives**, wieder.

Die Bosch-Gruppe ist ein international führendes Technologie- und Dienstleistungsunternehmen. Die Aktivitäten des Unternehmens umfassen die vier Unternehmensbereiche Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods sowie Energy and Building Technology. Als führender Anbieter im Internet der Dinge (IoT) bietet Bosch innovative Lösungen für Smart Home, Smart City, Connected Mobility und Industrie 4.0.

Der Geschäftsbereich Electrical Drives gehört dem Unternehmensbereich Mobility Solutions an. Sein Angebot umfasst Motoren und Antriebe für Komfortanwendungen wie Fensterheber, Sitzverstellung und Schiebedach, leistungsstarke Stellmotoren für elektrische Lenkungen, ABS, ESP® und weitere Anwendungen im Motorraum sowie Front- und Heckwischanlagen inklusive der Wischerblätter. Hinzu kommt ein umfassendes Angebot für das motorseitige Thermomanagement mit Motorkühlungsmodulen, Pumpen und Ventile für Kühlsysteme und Klimagebläsekomponenten. Abgerundet wird das Portfolio durch Antriebe für neue Mobilitätslösungen wie Elektrofahrräder oder eScooter.

In seiner Position als regionaler Präsident der Region Asien-Pazifik des Geschäftsbereichs Electrical Drives hat Dr. Norman Roth die Management- und Umsatzverantwortung für rund zehn Standorte in Indien, Korea, Japan, Thailand (ASEAN) und China.

Fraunhofer IAO: *Wie schätzen Sie die Plausibilität der Ergebnisse der Umfrage ein?*

Dr. Norman Roth: Die Ergebnisse beinhalten sicherlich die wichtigsten Trends, Ziele, Einfluss- und Erfolgsfaktoren. Da die Umfrage nicht branchenspezifisch durchgeführt wurde, ist sie recht allgemein, d. h., für die jeweiligen Branchen würde noch die eine oder andere Nennung hinzukommen.

Auch innerhalb der Region Asien-Pazifik sehen die aufgezeigten Trends leicht unterschiedlich aus: In Japan beispielsweise herrscht ein vergleichsweise geringer Kompetenzmangel. In Thailand, Vietnam oder Westchina ist die Situation wiederum anders; hier besteht erheblicher Nachholbedarf. Ähnliches gilt für die Erfüllung von Kundenerwartungen und kurzen Entwicklungszeiten. In China ist es entscheidend, mit einem guten Produkt möglichst schnell im Markt zu sein, während die japanischen Fahrzeughersteller gewiss zu den technisch anspruchsvollsten Kunden weltweit zählen. Hier ist Exzellenz gefragt. In Indien hingegen haben wir den Fahrzeugmarkt, in dem wir weltweit mit die niedrigsten Preise erzielen, d. h., hier geht es in erster Linie um möglichst geringe (Entwicklungs-) kosten.

Ein weiterer interessanter Punkt ist das Thema Kooperation. Die klassischen Lieferanten-Kunden-Beziehungen, wie wir sie von früher kennen, wird es schon in naher Zukunft nicht mehr geben. Bei Themen wie Autonomes Fahren, Elektrifizierung oder Konnektivität handelt es sich um Bereiche von enormer Komplexität, oftmals eingebettet in ein komplettes Ökosystem. Hier haben wir heute schon die Situation, dass ein Partner gleichzeitig Kunde, Lieferant und Wettbewerber sein kann. Man kann sich leicht vorstellen, dass der Bedarf an intelligenten Kooperationsmodellen in diesem Bereich stark steigen wird. Auch Compliance wird in diesem Zusammenhang weiter an Bedeutung gewinnen, da es, insbesondere aus Compliance-Sicht, nicht immer einfach ist, mit einem Partner zusammenzuarbeiten, der gleichzeitig Kunde und Wettbewerber ist.

IAO: *Haben Sie ein Kochrezept für erfolgreiche Kooperationsmodelle?*

Roth: Dieses Thema kann sicherlich ausgiebig diskutiert werden und es gibt hierzu keine kurze Antwort. Daher nein, ich habe kein Kochrezept, aber ich kann einige Hinweise geben:

1. Zunächst muss der sogenannte »Strategic Fit« gegeben sein. Die Frage, was jeder Partner in einer Kooperation einbringen kann, muss sehr genau diskutiert und verstanden werden.
2. Aus meiner Erfahrung ist es wichtig, dass die grundlegende Firmenphilosophie, Mission und Vision gut zusammenpassen. Beispiel: Eine langfristig agierende Firma wie Bosch könnte mit einem Partner, der kurzfristig gewinnmaximierend agiert, schnell in Zielkonflikte geraten.
3. Die Art der Kooperation muss sehr genau geregelt sein. Es gibt viele verschiedene Kooperationsmodelle von kompletten Übernahmen, Joint Ventures bis hin zu einfachen (strategischen) Partnerschaften. Je nach Rahmenbedingungen und Anforderungen an die Partnerschaften muss das Modell sorgsam gewählt werden.
4. Eines der meist unterschätzten Themen ist meiner Meinung nach der rechtliche Aspekt von Partnerschaftsmodellen. Themen wie Produkthaftung und Compliance haben enorm an Bedeutung gewonnen und deshalb müssen Kooperationsvereinbarungen vertraglich mit äußerster Sorgfalt geregelt werden. Kleine Ungenauigkeiten in Vertragswerken können später zu erheblichem Ärger und Kosten führen.

IAO: *Stimmen Sie der Aussage zu, dass Standardisierung ein geeignetes Tool zur Reduzierung von Komplexität ist?*

Roth: Ich argumentiere hier gerne mit der sogenannten Stacey-Matrix, die das Maß an Übereinstimmung hinsichtlich Anforderungen gegen das Maß der Gewissheit bzgl. Technologien, Werkzeugen und Methoden visualisiert. In F&E-Bereichen, in denen die Anforderungen akzeptiert und die geforderten Technologien, Werkzeuge und Methoden klar sind, kann die F&E-Arbeit erheblich standardisiert werden. In Bereichen mit dynamischen Anforderungen und hoher Unsicherheit (wie z. B. in der Konsumgüterindustrie) sind eventuell agile und weniger standardisierte Vorgehensweisen angebracht. In Summe bin ich der

Meinung, dass wir auch in der F&E-Arbeit Prozesse, Methoden und Werkzeuge noch viel stärker standardisieren sollten.

IAO: *Wie schätzen Sie die Trends in Bezug auf die Zukunft ein?*

Roth: Das Internet der Dinge/Konnektivität, Elektrifizierung, Autonomes Fahren und Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen zählen in meiner Branche zu den großen Trends. Auch die Nutzung von Daten ist hierbei von entscheidender Bedeutung. In der Region Asien-Pazifik hört man oft die Aussage »Daten sind das Öl der Zukunft«.

Künstliche Intelligenz ist eines der am häufigsten diskutierten Themen im Rahmen von Industrietagungen und Fachkonferenzen. Wir haben zunehmend Pilotanwendungen in unseren Werken und Bosch misst diesem Thema in Summe eine große Bedeutung bei; eine flächendeckende Anwendung steht hingegen noch aus, wird aber sicherlich kommen. Die digitale Transformation im Zusammenhang mit Industrie 4.0-Anwendungen ist auf dem besten Weg industrieller Standard bei Bosch zu werden. Alle Werke in Asien-Pazifik beschäftigen sich intensiv mit dem Thema.

Zu den Industrie 4.0-Anwendungen zähle ich die Schaffung von »Digitalen Zwillingen«, d. h. virtuelle Abbilder von Fabriken, die additive Fertigung und Big Data Analytics. Gleichzeitig entwickeln wir auch smarte Produkte, die softwarebasiert elektronisch gesteuert werden können. Hier spielt natürlich IT-Sicherheit eine große Rolle.

IAO: *Wie beurteilen Sie die Erfolgsfaktoren?*

Roth: Die Erfolgsfaktoren, wie Mitarbeiter, Strategie und Prozesse, lassen sich für die Praxis bestätigen. Auch in unserer Strategielandkarte bilden die Mitarbeiterin bzw. der Mitarbeiter die Basis und ich denke, dies wird auch in Zukunft so bleiben. Der »Krieg um Talente« ist voll im Gange, d. h., wir vertreten die Ansicht, dass wir das beste Team benötigen, um der Beste am Markt zu sein. Entscheidend ist ebenfalls die Strategie. Dabei gilt es, das Gesamtbild im Blick zu behalten und sich der Alleinstellungsmerkmale des Produktes bzw. der Dienstleistung bewusst zu werden bzw. diese herauszuarbeiten.

Strategisch betrachtet muss erneut zwischen den verschiedenen Märkten unterschieden werden. In China erfolgt die Strategieplanung eher kurzfristig und wir nehmen hier auch öfters Anpassungen vor. Hier leben wir sicherlich stärker in einer »VUCA«-Welt als beispielsweise in Mitteleuropa. In Deutschland und Japan wird mittel- bis langfristig geplant und Südkorea siedelt sich irgendwo dazwischen an.

IAO: *Wie beurteilen Sie die Ergebnisse zu den F&E-Trends?*

Roth: Wie bereits gesagt, im Rahmen der Studie sind viele der wichtigsten Trends genannt. In meiner Branche sehe ich das Internet der Dinge/Konnektivität, Elektrifizierung, Autonomes Fahren und Individualisierung als wichtigste Trends.

Vermutlich wäre das Einbinden von Kunden in den Entwicklungsprozess im Bereich B2B höher einzustufen als in der Studie dargestellt. Gerade in sehr komplexen Projekten ist es essenziell, tiefe Anforderungsanalysen gemeinsam mit den Kunden durchzuführen, um zu vermeiden, dass ein bereits vorhandenes Produkt mit viel Aufwand nochmals komplett neu entwickelt wird.

Agile Entwicklungsprozesse würde ich ebenfalls höher einstufen. Vor allem in großen Konzernen und insbesondere in Bereichen mit hoher Technologie/ Methoden-Unsicherheit und sich ändernden Anforderungen ist dies ein wichtiges Thema (s. auch Hinweis zur Stacey-Matrix oben). Die Prozesse müssen hier an die Marktdynamik angepasst werden. Ein Erfolg versprechender Weg dahingehend ist die Institutionalisierung kurzer Verbesserungszyklen. Für mich bedeutet das, den Gedanken der Agilen Entwicklung folgend, kurze, hochfrequente sogenannte Sprints zu durchlaufen und mehrere technische Alternativen parallel zu entwickeln, um sich dann im Team gemeinsam auf die beste Alternative zu verständigen.

3.6 R&D Management at Danfoss A/S



Fabio Klein is **Head of Research and Development** at **Danfoss A/S – Commercial Compressor Business**.

Danfoss is one of the leading companies in the field of heating/ cooling technology, control and drive systems, gas compressors and frequency converters, with headquarters in Denmark. Mr. Klein is responsible for global R&D of scroll/ piston compressors and condensing units with teams located in France, China, US, Germany, Brazil and India.

Fraunhofer IAO: *Do you feel that the identified trends reflect the situation your company is in?*

Fabio Klein: Yes, I agree with the results. Up to this point, I have taken part in various surveys, but this is the first time that the role of the people has been so clearly positioned as the top priority. Of course, the importance of the employees is always a point of discussion, but it is the first time I see a study indicating it so clearly.

I enjoy seeing that the »war for talent« is a central finding. Developing our own talents instead of just recruiting them is increasingly important to us. I regularly ask myself the question: How do I manage to put together the right mix of employee skills, both from a technical and a business point of view?

IAO: *Which influencing factors do you consider critical in order to succeed in the »war for talent«?*

Klein: Increasing product lifecycles are challenging our reaction capability. Until recently, technology roadmaps were set up with a time horizon of ten years. At present, the market changes at a faster pace, which challenges us to think in shorter planning cycles. Real-world predictions that exceed a timeframe of five years are hardly feasible. Consequently, we need employees that work with foresight and are able to flexibly adapt to new situations. It is difficult to find specialists with such skills on the job market, especially since companies try to protect their highly skilled employees.

IAO: *How do you deal with the qualification of your workforce?*

Klein: We have internal projects for the targeted development of highly qualified employees. This is part of our talent management. Here we develop training plans tailored to the individual. In this course of action, we strengthen the profile of our talents, challenge, recognize and support them while providing our employees a platform to gain visibility in and outside the company.

IAO: *Would you consider regional differences between the professionals?*

Klein: When I think about »regional differences« I take into consideration two perspectives: Cultural and co-location. Cultural differences are very positive, once it brings great diversity of thoughts into the work. Whenever it is possible, the physical co-location is implemented, once it rapidly helps the creation of bonds in between project participants and it is a key aspect for fast decisions. However, I acknowledge that the real globalization we have nowadays – project members based on different countries - do not diminish the effectiveness of any tasks. Virtual co-location is here to stay and we have many tools to make it happen!

IAO: *Talking about technologies – which are the technologies that your company considers relevant?*

Klein: All of your trends are important. However, the market we are in is a rather conservative one, still allowing a lot of space for these technologies to come in. The current market is still very focused on energy efficiency, cost, reliability and refrigerants transition (eco-friendly). We monitor the market very closely and we work hard (including with external partners) to accelerate the new technologies' implementation.

IAO: *Do you incorporate external resources such as start-ups for example?*

Klein: We do have some activities with external partners, and I would like to intensify this course of action. Considering how fast new technologies are being developed, establishing new collaborations in the market is crucial for keeping the pace with different technology scenarios and addressing the various markets demands in a fashionable way. It is no more possible to keep running the developments only with internal resources.

3.7 Entwicklungsmanagement bei TRUMPF



Dr. Thomas Schneider ist **Geschäftsführer der Entwicklung** bei der **TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG**.

Mit weltweit rund 13 400 Mitarbeitern ist das Familienunternehmen Markt- und Technologieführer bei Werkzeugmaschinen und Lasern für die industrielle Fertigung. Zudem bietet TRUMPF Softwarelösungen, die den Weg in die Smart Factory ermöglichen.

Fraunhofer IAO: Welche F&E-Ziele würden Sie, aus Ihrer Erfahrung als geschäftsführender Entwicklungsleiter, besonders hervorheben?

Dr. Thomas Schneider: Neben Kosten, Zeit und Qualität ist im Bereich Investitionsgüter und Maschinenbau das Hervorbringen von Sprunginnovationen eine große Herausforderung. Vor allem im digitalen Kontext sind Sprunginnovationen entscheidend. Im Maschinenbau können Entwicklungszeiten bis zu 15 Jahren betragen. Digitale Komponenten und Schnittstellen müssen daher oftmals in laufende Entwicklungsprozesse eingebunden werden. Das kann durch Sprunginnovationen geschehen. Die Umsetzung unterliegt jedoch meist der Anforderung, Bestehendes mitzunehmen.

IAO: Welche Herausforderung sehen Sie beim Hervorbringen von Sprunginnovationen?

Schneider: Die Herausforderung, Sprunginnovationen in ein klassisch-inkrementell entwickeltes Umfeld zu integrieren, besteht zum einen darin, den »innovativen Hut« aufzusetzen. Gleichzeitig muss man aber anerkennen, dass der Rucksack, den man beim Springen trägt, relativ voll ist. Den kann man nicht so einfach abstreifen.

IAO: Wie schafft man es, die richtige Sprunghöhe zu erreichen?

Schneider: Bei TRUMPF verfolgen wir einen ambidexteren Ansatz. Einerseits treiben wir das Re-Engineering des Bestehenden voran, andererseits nehmen wir neue Themen auf, die bis dato im Unternehmen keine Rolle gespielt haben. Das sind z. B. Themen wie KI, Funktechnologien, 5G oder aktuell Lokalisierungstechnologien, um den Materialfluss zwischen den Prozessschritten zu tracken.

IAO: Wie machen Sie sich Ideen zugänglich, die außerhalb des Unternehmens entstehen?

Schneider: Kooperationen sind hierbei ein wichtiger Stellhebel. Um dauerhaft erfolgreich zu sein, muss man die gesamte Klaviatur bespielen – also sich unterschiedliche Quellen zu Nutze machen. Eine gute Vernetzung sowie die Kooperation mit Start-ups und größeren Unternehmen sind stets von Vorteil. Globale Netzwerke helfen uns dabei, neue Lösungen zu entwickeln.

IAO: *Wie bewerten Sie die F&E-Trends?*

Schneider: Zusätzlich zu den bereits genannten Trends, spielt die Transformation der Mitarbeiter eine wichtige Rolle. Damit sind die Mitarbeiter gemeint, die über die vergangenen 20 Jahre das Unternehmen zum Erfolg geführt haben. Diese gilt es zu motivieren und in alle schnellzyklischen Veränderungen einzubinden. Diese Mitarbeiter besitzen wertvolles Domänenwissen für die Maschinenbaubranche. Als Führungskraft sehe ich diese Mitarbeiter als große Chance und Teil der Zukunft.

IAO: *Welcher Erfolgsfaktor spielt für Sie die größte Rolle?*

Schneider: Erfolgsbestimmend ist es, die Unternehmensstrategie für die Entwicklungsbereiche so herunter zu brechen, dass sich jeder Mitarbeiter wiederfindet. Dafür muss zyklisch und transparent aufgezeigt werden, wie die Aktivität des Einzelnen in die Unternehmensstrategie als Ganzes einfließt.

IAO: *Welchen Technologietrends messen Sie eine hohe Bedeutung bei?*

Schneider: Zunächst ist es natürlich so, dass verschiedene Technologien nicht nur aufeinander aufbauen, sondern ihr Erfolg eng miteinander verknüpft ist. Vor diesem Hintergrund gilt es zwei Dinge hervorzuheben. Einerseits ist IT-Sicherheit ein übergeordnetes Thema, da sie der Wegbereiter für den Erfolg aller hier gelisteter Technologien ist. Andererseits geht mit den Technologien wie KI, Konnektivität, digitaler Zwilling und Big Data, die wir unter dem Begriff »I4.0« zusammenfassen, natürlich die Qualifizierung der Mitarbeiter einher. Das ist eine klassische Herausforderung für Maschinenbauer, die sich immer mehr in Richtung eines Softwareunternehmens entwickeln.

3.8 Digital Strategy at REDARC



Mr. Anthony Kittel is the **Owner and Managing Director** of **REDARC Electronics**, an Australian electronics manufacturer based in Lonsdale, South Australia.

REDARC has 40 years of experience in the research, design, development and manufacturing of electronic voltage transformers, inverters, power supplies, battery chargers, battery management and brake force controllers.

Fraunhofer IAO: *What is your opinion on the results of our R&D study?*

Anthony Kittel: In general we have identified the same trends as critical for competing in the upcoming years. Agile development processes are one of the key success factors we are working on at the moment. Here we prioritize the integration of design thinking, lean start-up and especially the scrum mentality in order to reduce product development time. The involvement of customers, co-development and co-design, focus groups. These are all aspects that we are increasingly implementing prior to the product development process.

Structured monitoring of new technologies and trends is done informally within our company. We do indeed acknowledge the importance of a structured monitoring and are sensitive to trends and technologies, especially in terms of electro mobility and automated driving. We have established a research register for identifying and strategically investigating new technologies. If there is one trend to add – this would be the digitalization of R&D processes. In 2015 and 2016, when we had a project with the Fraunhofer IAO, the recommendations for our company were to focus on business model innovation and digitalization.

IAO: *How exactly do you approach digitization?*

Kittel: We are pursuing various initiatives in this regard. As an example, just recently a project was completed to establish digital consistency and real time data processing. In order to do so we launched an Enterprise-Resource-Planning system that centrally links and unites the entirety of our machine data in one system. Next up, we plan the end-to-end digitization of all our business processes – including R&D procedures - with the aim to move forward with paper-less development.

In R&D in particular, we have set up a dedicated team of project managers to take care of R&D processes in a targeted manner. Part of their responsibility is to network R&D with other areas of the company, third party businesses and universities. Our aim is to ensure cross-functional integration of R&D activities. In particular, this means that every department within the company has their representatives in the R&D team.

IAO: *Other than the ones already discussed, do you consider additional trends as relevant?*

Kittel: What is really important for us is the targeted skill development of our employees. In this regard, we are closely cooperating with universities. This means that we match our employees with doctoral students or professors that have similar skill and research profiles. In this way, we enable targeted one-on-one competence development. In addition to, the bilateral exchange, we observe spillover effects that increase the competence level of the entire department. For example, we currently have a PhD student in mathematics working with an R&D expert to develop new algorithms. This improves the overall know-how in the field. Consequently, the ultimate goal is to generate new and innovative products from cooperation. Looking towards the future – skill development is the most important factor.

Wie bereits im Vorwort erwähnt, hat die Fraunhofer-Gesellschaft eine zukunftsorientierte F&E-Roadmap erstellt. Die »Agenda Fraunhofer 2022«¹⁹ enthält derzeit sieben »Prioritäre Strategische Initiativen« (PSI), von denen drei, mit Verweisen auf weiterführende Informationen, im Folgenden dargestellt werden. Bei diesen handelt es sich um PSI mit einer hohen industriellen Relevanz und einem Reifegrad der »fachlichen Orientierung und Themenentwicklung«.

Programmierbare Materialien

»Intelligente Materialien mit programmiertem Verhalten.«

Eine für zukünftige, industrielle Anwendungen hochinteressante und innovative Technologie sind programmierbare Materialien. Für eine Definition zitieren wir Thorsten Pretsch vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP: »Programmierbare Materialien reagieren auf Veränderungen in ihrer Umgebung, indem sie sich in vorherbestimmter Weise anpassen. Ein programmierbares Material kann bei Vorliegen eines Stimulus von einem Zustand in mindestens einen anderen Zustand umschalten. Dabei kommt es zu einer gezielten Änderung eines Parameters wie der Farbe, Geometrie, Härte, Permeabilität, Dämpfung, Leitfähigkeit, des Reibungskoeffizienten oder Magnetismus. Reversibilität ist eine wichtige Bedingung im Verhalten programmierbarer Materialien.«²⁰

Diese chamäleonartigen Eigenschaften eines Materials ermöglichen innovative Produkte und Prozesse. Angestrebte Systemeigenschaften können damit direkt im Material abgebildet werden. Bei einer generativen Gestaltung dieser Materialien bezeichnet man die Technologie auch als »4D-Druck« oder »4D-Printing«.

Der Fraunhofer Think Tank Impuls vom Januar 2016 beschreibt erste innovative Anwendungsfelder: »Materialien, die sich gezielt selbst zusammensetzen, organisieren, restrukturieren und reparieren können, bieten viele Vorteile, da sie sich veränderten Bedingungen autonom anpassen können und Effizienz bieten. Dies ermöglicht bspw. OP-Fäden, die sich durch Körperwärme-Aktivierung selbst zusammenziehen, flache Gegenstände, die sich automatisch zu 3D-Strukturen falten, farbverändernde Oberflächen für personalisierte Objekte oder Rohrleitungen, die sich selbst verändern können. Programmierbare Materialien sind prinzipiell auf fast alle Größen skalierbar und lassen sich zu unterschiedlichen Kombinationen und Aktivierungssequenzen konstruieren.«²¹

Attraktive Applikationsfelder dieser Technologie sind u.a. Biotechnologie und Gesundheit, Verteidigung und Sicherheit sowie die Möglichkeit zur Personalisierung und Anpassung an Umweltbedingungen in der Konsumgüterindustrie.

¹⁹ Fraunhofer-Gesellschaft e. V. (Hrsg.): Fraunhofer-Jahresbericht 2018. Online: <https://www.fraunhofer.de/de/mediathek/publikationen/fraunhofer-jahresbericht.html>. Zugriff am 15.11.2019.

²⁰ Pretsch, T.: Programmierbare Polymere. Fraunhofer-Symposium Netzwerk 2019. München, 26.02.2019.

²¹ Fraunhofer Think Tank: Karma Chameleon! – Programmierbare Materialien (Impulspapier). München, 2016.

Quantentechnologie

»Die Quantentechnologie als nächste technologische Revolution?«

In der lesenswerten BMBF-Publikation »Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt«²² wird der Quantentechnologie das Potenzial zugeordnet, nach der Disruption der Digitalisierung der Industrien, die Grundlage der nächsten, technologischen Revolution zu sein.

»Unsere Welt besteht aber tatsächlich nicht aus Nullen und Einsen, sondern aus Quanten.« Dieses Zitat aus der BMBF-Publikation zeigt das Potenzial dieser Technologie auf. Die damit verbundenen Erwartungen an die Quantentechnologie und deren Systeme, beinhalten die Lösung von Aufgaben, an denen derzeitige Sensoren und Digitalcomputer noch scheitern. Die Veröffentlichung strukturiert die Quantentechnologien der zweiten Generation in die folgenden vier Bereiche:

- Quantenkommunikation
- Quantensensorik und -metrologie
- Quantencomputing und -simulation
- Quantenbasierte, bildgebende Verfahren.

Sie beschreibt den aktuellen Stand der Technik, nationale F&E-Schwerpunkte und erste Anwendungsfelder. Die vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF und Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF koordinierte PSI fokussiert sich auf die Anwendungspotenziale und soll diese »zukünftige Schlüsseltechnologie aus der Grundlagenforschung in die Verwertung überführen.«

Wichtige Anwendungsfelder sind dabei Kommunikation und Sensorik. Insbesondere die Quantenkommunikation ermöglicht eine abhörsichere Kommunikation – auch ohne Vertrauen in die Infrastruktur - wodurch sich erste Anwendungsfelder und Kunden im Bereich von Banken und Regierungen anbieten.²³

Die Quantensensorik kann bereits mit einem industriell interessanten Technologiereifegrad eingeordnet werden. Aktuelle Anwendungsfelder für SQUID-Sensoren (SQUID: Superconducting QUantum Interference Device) zur Messung von Magnetfeldänderungen sind u.a. die Medizintechnik, Geophysik und Archäologie.

Das Fraunhofer IAO sammelt derzeit praktische, industrielle Erfahrungen als Partner beim EU-Projekt »INFACT«²⁴ und hilft bei der Gestaltung von »Reference Sites« für die Validierung von innovativen Technologien, u.a. SQUID-Sensoren, für die nicht-invasive Exploration von Rohstoffen.

²² Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.): Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt. Rahmenprogramm der Bundesregierung. Online: <https://www.bmbf.de/de/quantentechnologien-7012.html>. Zugriff am 15.11.2019.

²³ Tünnermann, A.: Quantentechnologie – Impulse zum Bereich der Quantenkommunikation (Workshop). München, 2018.

²⁴ INFACT. The future of mineral exploration in the EU. Online: <https://www.infactproject.eu/>. Zugriff am 15.11.2019.

Biologische Transformation

»I think the biggest innovations of the 21st century will be at the intersection of biology and technology. A new area is beginning.«

Dieses Zitat von Steve Jobs aus dem Fraunhofer Whitepaper zur Biologischen Transformation²⁵ zeigt das Innovationspotenzial dieses Technologietrends. Bereits in 2017 beschrieb die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) die »Innovationspotenziale der Biotechnologie«²⁶.

»Unter der Biologischen Transformation wird die zunehmende Nutzung von Materialien, Strukturen und Prozessen der belebten Natur in der Technik gesehen; Ziel ist die nachhaltige Wertschöpfung.« Biologische Transformation wird dabei interpretiert als »neuer Ansatz, in dem Natur und Technik kooperieren und konvergieren«.²⁷

Eine Auswahl innovativer Anwendungsfelder beinhaltet Themen wie Bionik, innovative Nahrungsmittel, technische Heimaten für menschliche Zellen sowie Zellen als Sensoren, Biopolymere und biogene Additive, Organismen als Produzenten, biologisierte Robotik und Biomechanik, Insektenbiotechnologie und die kognitive Sensorik der Biologie.

Aus unseren Diskussionen mit Experten der industriellen F&E erscheinen innerhalb dieses Technologietrends drei aktuelle und zukünftige Anwendungsfelder besonders interessant:

- **Bionik** – Eine Vorgehensweise, die technische Probleme nach den Lösungsprinzipien der Natur und Biologie angeht.²⁸ Das »FESTO Bionic Learning Network«²⁹ ist ein industrielles Anwendungsbeispiel und zeigt dazu eine Vielzahl von interessanten Einsatzmöglichkeiten aus der Automatisierungstechnik.
- **Mensch-Technik-Fusion und Bionische Implantate** – Die konsequente Weiterentwicklung von Mensch-Maschinen-Schnittstellen (engl. HMI: Human Machine Interface) führt zu einer Mensch-Technik-Fusion und bionischen Implantaten, welche die natürlichen Fähigkeiten des Menschen erweitern oder wiederherstellen. Die bekannteste und meistverbreitete Anwendung ist das »Cochlea-Implantat«³⁰ der Firma Cochlear als Hörprothese für Gehörlose.

²⁵ Fraunhofer-Gesellschaft e. V. (Hrsg.): Biologische Transformation und Bioökonomie (Whitepaper). Online: <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2018/juni/Biologische-Transformation-Die-Natur-als-Innovationstreiber-in-Produktion-und-Technik.html>. Zugriff am 15.11.2019.

²⁶ acatech (Hrsg.): Innovationspotenziale der Biotechnologie (acatech IMPULS), München: Herbert Utz Verlag 2017.

²⁷ Neugebauer, R. (Hrsg.): Biologische Transformation. Berlin: Springer Vieweg, 2019.

²⁸ Le, T.; Mayrhofer, H.; Appel, H.; Raps, C.: Game-Changing – Innovation mit Bionik. In Bullinger, H.-J.; Bauer, W.; Rüger, M. (Hrsg.): Geschäftsmodell-Innovationen richtig umsetzen – Vom Technologiemarkt zum Markterfolg. Stuttgart: Fraunhofer IAO, 2018.

²⁹ Festo AG & Co. KG. Bionic Learning Network – Neue Impulse für die Fabrik- und Prozessautomatisierung. Online: <https://www.festo.com/group/de/cms/10156.htm>. Zugriff am 15.11.2019.

³⁰ Cochlear Ltd. Cochlear implants & cochlear implant technology. Online: <https://www.cochlear.com/au/home/understand/hearing-and-hl/hl-treatments/cochlear-implant>. Zugriff am 15.11.2019.

- **Synthetische Biologie** – Die Kombination der Biologie mit Ingenieurwissenschaften und Informatik eröffnet neue Potenziale und industrielle Anwendungen bis hin zu biologischen Informationsspeichern mit sehr hoher Speicherdichte. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) definiert dieses Forschungsfeld in einem aktuellen Positionspapier:

»Mit einem synthetisch-biologischen Ansatz werden das Design und die Herstellung von biologischen Systemen mit neuen Funktionalitäten oder einer neuen Kombination von Funktionalitäten angestrebt, zu denen bisher noch kein Pendant aus der Natur bekannt ist.«³¹

Dies beinhaltet unter anderem die Herstellung und Nutzung synthetischer DNA (»Writing DNA«), die DNA-Assemblierung und die Genomeditierung oder Genomchirurgie.

Das Whitepaper »Die Biointelligente Wertschöpfung«³² des Kompetenzzentrums Biointelligenz in Baden-Württemberg beschreibt, nach einer Inspiration und Integration der Technik durch die bzw. mit der Biologie, die Interaktion als dritten Modus und als die Vision der »Biointelligenten Wertschöpfung«.

³¹ Deutsche Forschungsgemeinschaft/ German Research Foundation (DFG) (Hrsg.): Synthetische Biologie/ Synthetic Biology – Standortbestimmung/ Position Paper. Online: https://www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2018/info_wissenschaft_18_71/index.html. Zugriff am 15.11.2019.

³² Kompetenzzentrum Biointelligenz (Hrsg.): Die biointelligente Wertschöpfung – Whitepaper des Kompetenzzentrums Biointelligenz. Online: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/Whitepaper-Biointelligenz.html>. Zugriff am 15.11.2019.

5 Fraunhofer Zukunftsthemen

Zum 70-jährigen Jubiläum der Fraunhofer-Gesellschaft wird beim aktuellen Foresight-Prozess versucht, einen Blick in die Zukunft der angewandten Forschung zu werfen:

»Der Fraunhofer-Foresight-Prozess zeigt Zukunftsthemen, die eine entscheidend positive Auswirkung auf wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen haben könnten.«³³

Als besonderes Merkmal kombiniert dieses Foresight-Projekt das Wissen und die Expertise von allen 72 Instituten mit einem sehr breiten Scanning von Zukunftsthemen. Für die Vorgehensweise und die Ergebnisse sei hier auf die veröffentlichte Studie verwiesen.³⁴ Diese beschreibt detailliert den Einfluss und die Relevanz der »Spotlight«-Themen auf die unterschiedlichen Bereiche der angewandten Forschung mit einer Vorausschau auf das Jahr 2030.

Im *Executive Summary* der Studie wird ersichtlich, wie die Ergebnisse des Fraunhofer-Foresight-Prozesses mit den Ergebnissen der vorliegenden F&E-Trendstudie sowie der Agenda Fraunhofer 2022 zusammenhängen:

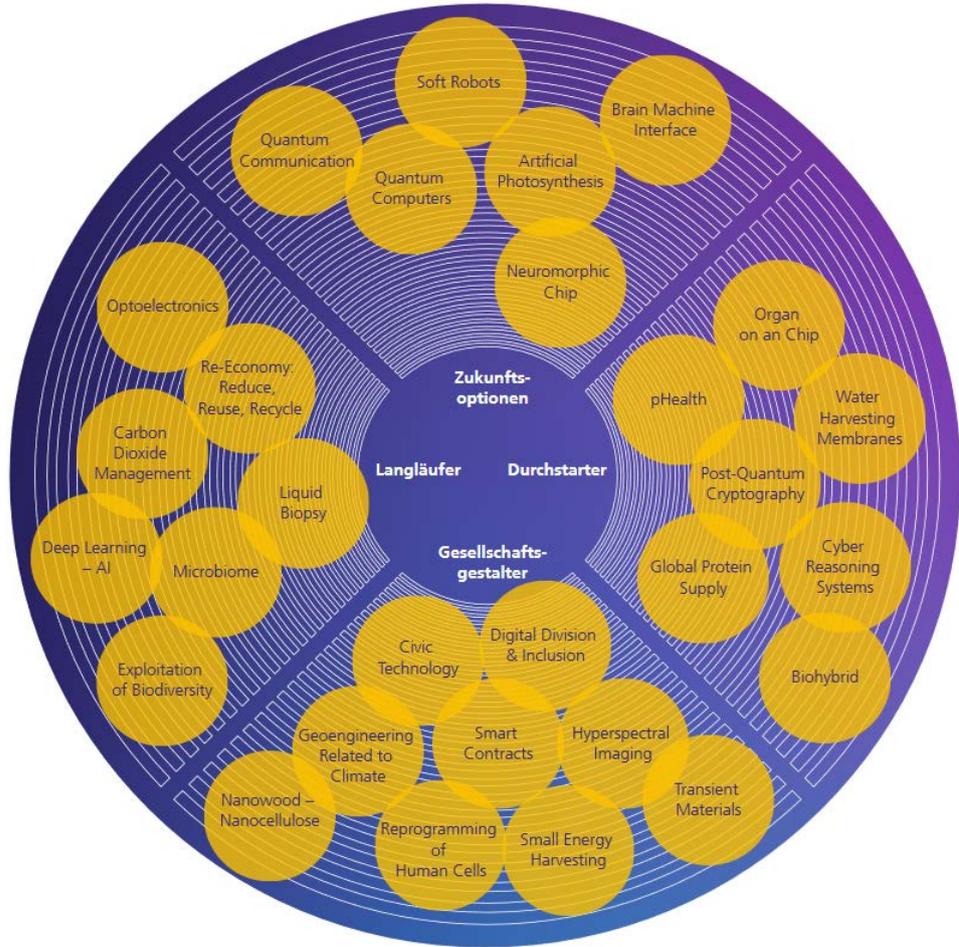
*»Ausgehend von den Befragungsergebnissen wurden Themen identifiziert, die **grundlegende Veränderungen** mit sich bringen werden und daher besondere Aufmerksamkeit erfordern. Zu diesen Themen gehört beispielsweise **Deep Learning – AI, Re-Economy** und die Nutzung und Erhaltung der **Biodiversität**. Darüber hinaus wurden Themen erkannt, von denen eine besonders hohe **Innovationsdynamik** ausgeht. Einige dieser Themen, wie etwa **Biohybrid, Water Harvesting Membrans** und **pHealth**, sind heute schon für die angewandte Forschung sehr relevant, während andere bislang eher Nischenthemen sind, die sich aber dynamisch entwickeln und daher bald auf ein breiteres Interesse stoßen könnten. Viele Themen aus dieser Gruppe haben einen Bezug zur Mikroelektronik, wie **Neuromorphic Chip** oder **Quantum Communication**. Außerdem identifizierte die Studie eine weitere Themengruppe mit besonderer **gesellschaftlicher Relevanz**. Zu diesen zum Teil sehr kontrovers diskutierten Themen gehören etwa das **Geoengineering, Civic Technologies** und **Reprogramming of Human Cells**.« (Hervorhebungen im Originaltext)*

Von den 51 identifizierten »Spotlights« als mögliche zukünftige Themen der angewandten Forschung wird nachfolgend die Abbildung mit der »Übersicht der 30 Themen mit besonderer Zukunftsrelevanz« aus der Studie übernommen. Für eine Erläuterung der »Spotlight«-Themen, deren Einfluss auf die Forschungsbereiche sowie verwendeten Fachbegriffe sei auf die Studie selbst verwiesen.

³³ Fraunhofer-Gesellschaft e. V. (Hrsg.): Foresight Fraunhofer – Zukunftsthemen für die angewandte Forschung. Online: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-541003.html>. Zugriff am 15.11.2019.

³⁴ Ebenda.

Abb. 10
Übersicht der 30 Themen mit
besonderer Zukunftsrelevanz
aus der Studie »Foresight
Fraunhofer« (S. 11)



Eine erfolgreiche industrielle F&E hängt von einer Vielzahl relevanter Erfolgs- und Einflussfaktoren ab. Diese Stellhebel sowie das rechtzeitige Erkennen, Interpretieren und Nutzen von Trends – sowohl aus Technologiesicht, als auch aus der Perspektive von Markt und Umfeld - sind eine wichtige und notwendige Voraussetzung zum Erreichen inhaltlicher Ziele und damit für den zukünftigen Erfolg der F&E und des Unternehmens.

In den Ergebnissen der Studie wurde bei den Zielen der F&E das »klassische Dreieck« der Produktentwicklung – *Kosten, Zeit und Qualität* - durch den *Fokus auf Sprunginnovationen* ergänzt. Die Rangfolge der aktuellen F&E-Trends wird von den Themen der *strukturierten Beobachtung neuer Trends und Technologien, Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern in F&E-Netzwerken* sowie *Einbeziehung von Kunden* und *agilen Entwicklungsprozessen* angeführt. Bei den Erfolgsfaktoren werden die *Mitarbeiter* über die *Strategie* und die *F&E-Prozesse* gestellt. Dieser durchgängige, anthropozentrische Fokus der F&E auf den Faktor Mensch, zeigt sich auch bei den Top 5 der Einflussfaktoren mit *Fachkräfteverfügbarkeit, Mitarbeitermotivation, Veränderung von Kompetenzprofilen* – ergänzt durch *Innovation und technologische Entwicklung, sowie Kooperationen*.

Das Wissen um aktuelle Trends, Erfolgs- und Einflussfaktoren unterstützt den Prozess der systematischen Vorausschau, die Definition von F&E-Strategien sowie die Entwicklung integrierter Roadmaps. In vielen Branchen und industriellen Sektoren ist eine zukunftsfähige, effektive und effiziente F&E ein wesentlicher und notwendiger Bestandteil des zukünftigen Unternehmenserfolgs.

Darüber hinaus beschäftigen wir uns weiterhin mit neuen Fragen, Aufgaben, Herausforderungen und aktuellen Trends im Umfeld der industriellen F&E. Wie auch in den letzten Jahren planen wir eine Fortsetzung dieser Studie – eventuell auch mit weiterführenden Teilstudien zu neuen, innovativen F&E-Themen.

Auch zukünftig finden Sie aktuelle Erkenntnisse, Ergebnisse und Fallbeispiele des industriellen F&E-Managements auf unserer Fraunhofer IAO-Website:

www.rdm.iao.fraunhofer.de

7

Ein herzliches Dankeschön

Diese Arbeit wäre ohne die enorme Bereitschaft der Personen, die uns im Rahmen der Trend-Umfrage und den Interviews für Fragen offen und bereitwillig zur Verfügung standen, nicht möglich gewesen. Da wir den Umfrage-Teilnehmer die Wahrung ihrer Anonymität zugesichert haben, werden deren Namen nicht veröffentlicht. Dennoch gilt ihnen an dieser Stelle unser herzlicher Dank.

Darüber hinaus möchten wir uns in besonderer Form bei den Gesprächsteilnehmern der Interviews bedanken:

Dr. Norbert Lütke-Entrup (Siemens AG)

Dr. Axel Gomeringer (Testo SE & Co. KGaA)

Dr. Daniel Witthaut MBA (Evonik Industries AG)

Adj. Professor Dr. Christina Claeson-Jonsson (NCC AB)

Dr. Norman Roth (Bosch-Gruppe)

Fabio Klein (Danfoss Compressors GmbH)

Dr. Thomas Schneider (TRUMPF GmbH & Co. KG)

Anthony Kittel (REDARC Electronics Pty. Ltd.)

Impressum

Kontaktadresse:

*Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation IAO, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de*

Frank Wagner

Telefon +49 711 970-2029

frank.wagner@iao.fraunhofer.de

Marco Kayser

Telefon +49 711 970-2279

marco.kayser@iao.fraunhofer.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

*Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in
der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.*

ISBN: 978-3-8396-1473-0

urn:nbn:de:0011-n-5660704

<http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-566070.html>

Titelbild: © pickup – stock.adobe/Fraunhofer IAO

Druck und Weiterverarbeitung

IRB Mediendienstleistungen

Fraunhofer-Informationszentrum

Raum und Bau IRB, Stuttgart

*Für den Druck des Buchs wurde chlor- und
säurefreies Papier verwendet.*

© Fraunhofer IAO, 2020

Fraunhofer Verlag

*Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 800469, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart*

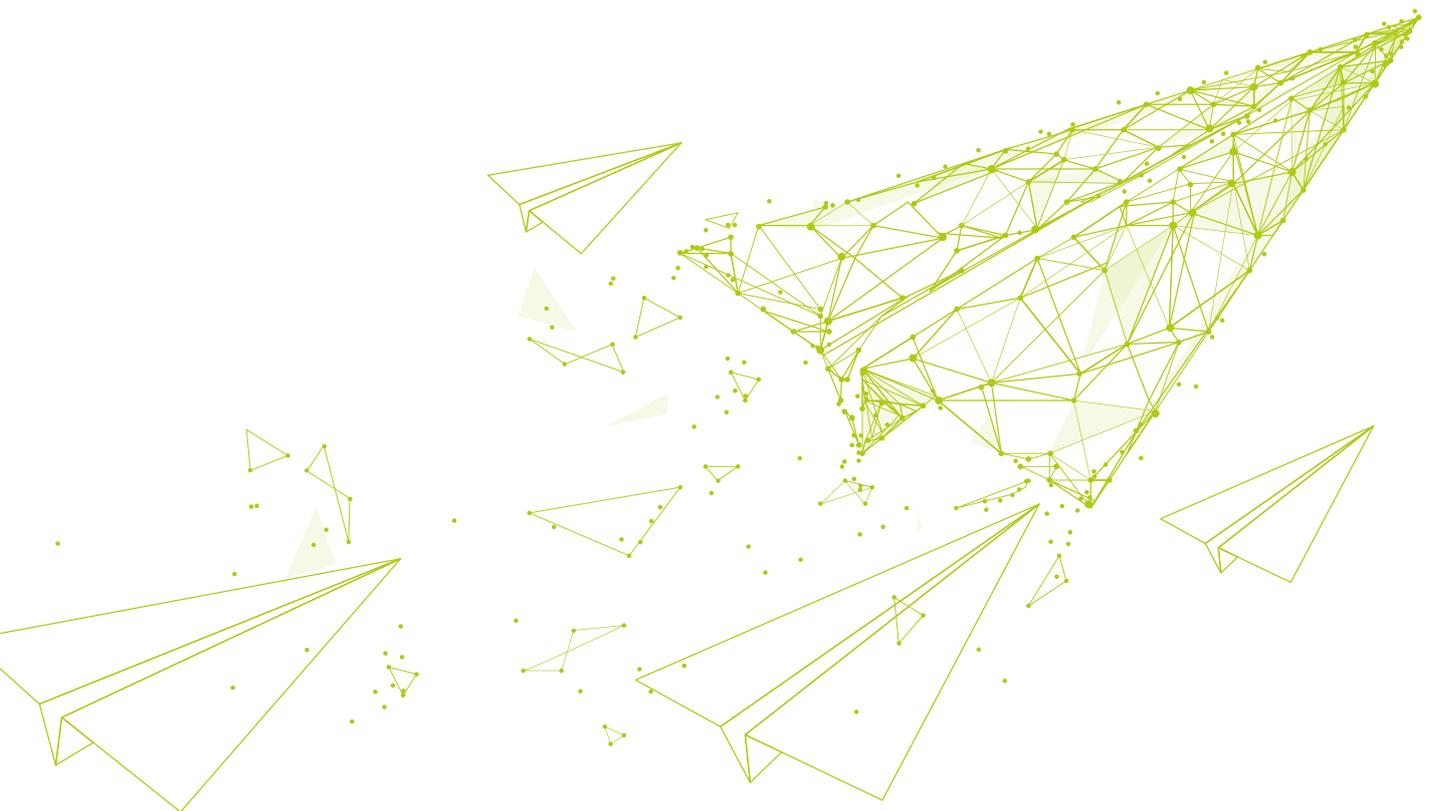
Telefon +49 711 970-2500, Fax -2508

verlag@fraunhofer.de

www.verlag.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten

*Dieses Werk ist einschließlich all seiner Teile urheberrechtlich ge-
schützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheber-
rechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung
des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die
Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Wa-
renbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt
nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der
Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu be-
trachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürf-
ten. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vor-
schriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder
aus ihnen zitiert worden ist, kann das Institut keine Gewähr für
Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.*



ISBN 978-3-8396-1473-0



9 783839 614730